

012907

17691

U.S. PTO

EV826334317US

PTO/SB/05 (07-06)

Approved for use through 01/31/2007. OMB 0651-0032

U.S. Patent and Trademark Office. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

UTILITY
PATENT APPLICATION
TRANSMITTAL

(Only for new nonprovisional applications under 37 CFR 1.53(b))

Attorney Docket No.	PA3909US
First Inventor	Carlos Avendano
Title	System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones For Speech Enhancement
Express Mail Label No.	EV 826 334 317 US

112955 U.S. PTO
17699732

012907

APPLICATION ELEMENTS

See MPEP chapter 600 concerning utility patent application contents.

1. ☒ **Fee Transmittal Form** (e.g., PTO/SB/17)
(Submit an original and a duplicate for fee processing)
2. ☒ **Applicant claims small entity status.**
See 37 CFR 1.27.
3. ☒ **Specification** [Total Pages 26]
Both the claims and abstract must start on a new page
(For information on the preferred arrangement, see MPEP 608.01(a))
4. ☒ **Drawing(s)** (35 U.S.C. 113) [Total Sheets 9]
5. **Oath or Declaration** [Total Sheets 3]
 - a. ☒ Newly executed (original or copy)
 - b. ☐ A copy from a prior application (37 CFR 1.63(d))
(for continuation/divisional with Box 18 completed)
 - i. ☐ **DELETION OF INVENTOR(S)**
Signed statement attached deleting inventor(s)
name in the prior application, see 37 CFR 1.63(d)(2) and 1.33(b).
6. ☐ **Application Data Sheet.** See 37 CFR 1.76
7. ☐ **CD-ROM or CD-R** in duplicate, large table or
Computer Program (Appendix)
☐ Landscape Table on CD
8. **Nucleotide and/or Amino Acid Sequence Submission**
(if applicable, items a. - c. are required)
 - a. ☐ Computer Readable Form (CRF)
 - b. ☐ Specification Sequence Listing on:
 - i. ☐ CD-ROM or CD-R (2 copies); or
 - ii. ☐ Paper
 - c. ☐ Statements verifying identity of above copies

ADDRESS TO: Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria VA 22313-1450

ACCOMPANYING APPLICATION PARTS

9. ☒ **Assignment Papers** (cover sheet & document(s))
Name of Assignee Audience, Inc.
10. ☐ **37 CFR 3.73(b) Statement** (when there is an assignee) ☒ **Power of Attorney**
11. ☐ **English Translation Document** (if applicable)
12. ☐ **Information Disclosure Statement** (PTO/SB/08 or PTO-1449)
☐ Copies of citations attached
13. ☐ **Preliminary Amendment**
14. ☒ **Return Receipt Postcard** (MPEP 503)
(Should be specifically itemized)
15. ☐ **Certified Copy of Priority Document(s)**
(if foreign priority is claimed)
16. ☒ **Nonpublication Request** under 35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(i).
Applicant must attach form PTO/SB/35 or equivalent.
17. ☒ **Other:** Check for \$690.00

18. If a CONTINUING APPLICATION, check appropriate box, and supply the requisite information below and in the first sentence of the specification following the title, or in an Application Data Sheet under 37 CFR 1.76:

☐ Continuation ☐ Divisional ☒ Continuation-in-part (CIP) of prior application No.: 11/343,524Prior application information: Examiner Unknown Art Unit: 2644

19. CORRESPONDENCE ADDRESS

☒ The address associated with Customer Number: 22830 OR ☐ Correspondence address below

Name

Address

City

State

Zip Code

Country

Telephone

Email

Signature

Date

January 29, 2007

Name
(Print/Type)

Susan Yee

Registration No.
(Attorney/Agent)

41,388

This collection of information is required by 37 CFR 1.53(b). The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

1769
012907
US PTO

PTO/SB/17 (01-06)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0032

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number

Fees pursuant to the Consolidated Appropriations Act, 2005 (H.R. 4818).

FEE TRANSMITTAL

For FY 2006

☒ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27

TOTAL AMOUNT OF PAYMENT (\$ 690.00)

Complete if Known

Application Number	Unknown
Filing Date	January 26, 2007
First Named Inventor	Carlos Avendano
Examiner Name	Unknown
Art Unit	Unknown
Attorney Docket No.	PA3909US

METHOD OF PAYMENT (check all that apply)

☒ Check ☐ Credit Card ☐ Money Order ☐ None ☐ Other (please identify): _____

☒ Deposit Account Deposit Account Number: 06-0600 Deposit Account Name: Carr & Ferrell LLP

For the above-identified deposit account, the Director is hereby authorized to: (check all that apply)

☐ Charge fee(s) indicated below ☐ Charge fee(s) indicated below, except for the filing fee

☒ Charge any additional fee(s) or underpayments of fee(s) under 37 CFR 1.16 and 1.17 ☒ Credit any overpayments

WARNING: Information on this form may become public. Credit card information should not be included on this form. Provide credit card information and authorization on PTO-2038.

FEE CALCULATION (All the fees below are due upon filing or may be subject to a surcharge.)

1. BASIC FILING, SEARCH, AND EXAMINATION FEES

Application Type	FILING FEES		SEARCH FEES		EXAMINATION FEES		Fees Paid (\$)
	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)	
Utility	300	150	500	250	200	100	500
Design	200	100	100	50	130	65	
Plant	200	100	300	150	160	80	
Reissue	300	150	500	250	600	300	
Provisional	200	100	0	0	0	0	

2. EXCESS CLAIM FEES

Fee Description

Each claim over 20 (including Reissues)

Each independent claim over 3 (including Reissues)

Multiple dependent claims

Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)
50	25
200	100
360	180

Total Claims Extra Claims Fee (\$) Fee Paid (\$)
26 - 20 or HP = 6 x 25 = 150

HP = highest number of total claims paid for, if greater than 20.

Indep. Claims Extra Claims Fee (\$) Fee Paid (\$)
3 - 3 or HP = 0 x 100 = 0

HP = highest number of independent claims paid for, if greater than 3.

3. APPLICATION SIZE FEE

If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper (excluding electronically filed sequence or computer listings under 37 CFR 1.52(e)), the application size fee due is \$250 (\$125 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).

Total Sheets Extra Sheets Number of each additional 50 or fraction thereof Fee (\$) Fee Paid (\$)
- 100 = / 50 = (round up to a whole number) x =

4. OTHER FEE(S)

Non-English Specification, \$130 fee (no small entity discount)

Other (e.g., late filing surcharge): Assignment

Fees Paid (\$)

40

SUBMITTED BY

Signature	<i>Susan Yee</i>	Registration No. (Attorney/Agent) 41,388	Telephone 650.812.3400
Name (Print/Type)	Susan Yee		Date January 29, 2007

This collection of information is required by 37 CFR 1.136. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 30 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

**SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL
MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT**

By: Carlos Avendano

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

[0001] The present application claims the priority benefit of U.S. Provisional Patent Application No. 60/850,928, filed October 10, 2006, and entitled "Array Processing Technique for Producing Long-Range ILD Cues with Omni-Directional Microphone Pair;" the present application is also a continuation-in-part of U.S. Patent Application No. 11/343,524, and entitled "System and Method for Utilizing Inter-Microphone Level Differences for Speech Enhancement," both of which are herein incorporated by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of Invention

[0002] The present invention relates generally to audio processing and more particularly to speech enhancement using inter-microphone level differences.

Description of Related Art

[0003] Currently, there are many methods for reducing background noise and enhancing speech in an adverse environment. One such method is to use two or more microphones on an audio device. These microphones are in prescribed positions and allow the audio device to determine a level difference between the microphone signals. For example, due to a space difference between the microphones, the difference in times of arrival of the signals from a speech source to the microphones may be utilized to localize the speech source. Once localized, the signals can be spatially filtered to suppress the noise originating from the different directions.

[0004] In order to take advantage of the level difference between two omnidirectional microphones, a speech source needs to be closer to one of the microphones. That is, in order to obtain a significant level difference, a distance from the source to a first microphone needs to be shorter than a distance from the source to a second microphone. As such, a speech source must remain in relative closeness to the microphones, especially if the microphones are in close proximity as may be required by mobile telephony applications.

[0005] A solution to the distance constraint may be obtained by using directional microphones. Using directional microphones allow a user to extend an effective level difference between the two microphones over a larger range with a narrow inter-level difference (ILD) beam. This may be desirable for applications such as push-to-talk (PTT) or videophones where a speech source is not in as close a proximity to the microphones, as for example, a telephone application.

[0006] Disadvantageously, directional microphones have numerous physical drawbacks. Typically, directional microphones are large in size and do not fit well in small telephones or cellular phones. Additionally, directional microphones are difficult to mount as they required ports in order for sounds to arrive from a plurality of directions. Slight variations in manufacturing may result in a mismatch, resulting in more expensive manufacturing and production costs.

[0007] Therefore, it is desirable to utilize the characteristics of directional microphones in a speech enhancement system, without the disadvantages of using directional microphones, themselves.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0008] Embodiments of the present invention overcome or substantially alleviate prior problems associated with noise suppression and speech enhancement. In general, systems and methods for utilizing inter-microphone level differences (ILD) to attenuate noise and enhance speech are provided. In exemplary embodiments, the ILD is based on energy level differences of a pair of omni-directional microphones.

[0009] Exemplary embodiments of the present invention use a non-linear process to combine components of the acoustic signals from the pair of omni-directional microphones in order to obtain the ILD. In exemplary embodiments, a primary acoustic signal is received by a primary microphone, and a secondary acoustic signal is received by a secondary microphone (e.g., omni-directional microphones). The primary and secondary acoustic signals are converted into primary and secondary electric signals for processing.

[0010] A differential microphone array (DMA) module processes the primary and secondary electric signals to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal. In exemplary embodiments, the primary and secondary electric signals are delayed by a delay node. The cardioid primary signal is then determined by taking a difference between the primary electric signal and the delayed secondary electric signal, while the cardioid secondary signal is determined by taking a difference between the secondary electric signal and the delayed primary electric signal. In various embodiments the delayed primary electric signal and the delayed secondary electric signal are adjusted by a gain. The gain may be a ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

[0011] The cardioid signals are filtered through a frequency analysis module which takes the signals and mimics the frequency analysis of the cochlea (i.e., cochlear domain) simulated in this embodiment by a filter bank. Alternatively, other filters such as short-time Fourier transform (STFT), sub-band filter banks, modulated complex

lapped transforms, cochlear models, wavelets, etc. can be used for the frequency analysis and synthesis. Energy levels associated with the cardioid primary signal and the cardioid secondary signals are then computed (e.g., as power estimates) and the results are processed by an ILD module using a non-linear combination to obtain the ILD. In exemplary embodiments, the non-linear combination comprises dividing the power estimate associated with the cardioid primary signal by the power estimate associated with the cardioid secondary signal. The ILD may then be used as a spatial discrimination cue in a noise reduction system to suppress unwanted sound sources and enhance the speech.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0012] FIG. 1a and FIG. 1b are diagrams of two environments in which embodiments of the present invention may be practiced.

[0013] FIG. 2 is a block diagram of an exemplary audio device implementing embodiments of the present invention.

[0014] FIG. 3 is a block diagram of an exemplary audio processing engine.

[0015] FIG. 4a illustrates an exemplary implementation of the DMA module, frequency analysis module, energy module, and the ILD module.

[0016] FIG. 4b is an exemplary implementation of the DMA module.

[0017] FIG. 5 is a block diagram of an alternative embodiment of the present invention.

[0018] FIG. 6 is a polar plot of a front-to-back cardioid directivity pattern and ILD diagram produced according to embodiments of the present invention.

[0019] FIG. 7 is a flowchart of an exemplary method for utilizing ILD of omnidirectional microphones for speech enhancement.

[0020] FIG. 8 is a flowchart of an exemplary noise reduction process.

DESCRIPTION OF EXEMPLARY EMBODIMENTS

[0021] The present invention provides exemplary systems and methods for utilizing inter-microphone level differences (ILD) of at least two microphones to identify frequency regions dominated by speech in order to enhance speech and attenuate background noise and far-field distracters. Embodiments of the present invention may be practiced on any audio device that is configured to receive sound such as, but not limited to, cellular phones, phone handsets, headsets, and conferencing systems. Advantageously, exemplary embodiments are configured to provide improved noise suppression on small devices and in applications where the main audio source is far from the device. While some embodiments of the present invention will be described in reference to operation on a cellular phone, the present invention may be practiced on any audio device.

[0022] Referring to FIG. 1a and FIG. 1b, environments in which embodiments of the present invention may be practiced are shown. A user provides an audio (speech) source 102 to an audio device 104. The exemplary audio device 104 comprises two microphones: a primary microphone 106 relative to the audio source 102 and a secondary microphone 108 located a distance, d , away from the primary microphone 106. In exemplary embodiments, the microphones 106 and 108 are omni-directional microphones.

[0023] While the microphones 106 and 108 receive sound (i.e., acoustic signals) from the audio source 102, the microphones 106 and 108 also pick up noise 110. Although the noise 110 is shown coming from a single location in FIG. 1a and FIG. 1b, the noise 110 may comprise any sounds from one or more locations different than the audio source 102, and may include reverberations and echoes.

[0024] Embodiments of the present invention exploit level differences (e.g., energy differences) between the acoustic signals received by the two microphones 106 and 108 independent of how the level differences are obtained. In FIG. 1a, because the

primary microphone 106 is much closer to the audio source 102 than the secondary microphone 108, the intensity level is higher for the primary microphone 106 resulting in a larger energy level during a speech/voice segment, for example. In FIG. 1b, because directional response of the primary microphone 106 is highest in the direction of the audio source 102 and directional response of the secondary microphone 108 is lower in the direction of the audio source 102, the level difference is highest in the direction of the audio source 102 and lower elsewhere.

[0025] The level difference may then be used to discriminate speech and noise in the time-frequency domain. Further embodiments may use a combination of energy level differences and time delays to discriminate speech. Based on binaural cue decoding, speech signal extraction, or speech enhancement may be performed.

[0026] Referring now to FIG. 2, the exemplary audio device 104 is shown in more detail. In exemplary embodiments, the audio device 104 is an audio receiving device that comprises a processor 202, the primary microphone 106, the secondary microphone 108, an audio processing engine 204, and an output device 206. The audio device 104 may comprise further components necessary for audio device 104 operations. The audio processing engine 204 will be discussed in more details in connection with FIG. 3.

[0027] As previously discussed, the primary and secondary microphones 106 and 108, respectively, are spaced a distance apart in order to allow for an energy level differences between them. Upon reception by the microphones 106 and 108, the acoustic signals are converted into electric signals (i.e., a primary electric signal and a secondary electric signal). The electric signals may themselves be converted by an analog-to-digital converter (not shown) into digital signals for processing in accordance with some embodiments. In order to differentiate the acoustic signals, the acoustic signal received by the primary microphone 106 is herein referred to as the primary acoustic signal, while the acoustic signal received by the secondary microphone 108 is herein referred to as the secondary acoustic signal.

[0028] The output device 206 is any device which provides an audio output to the user. For example, the output device 206 may be an earpiece of a headset or handset, or a speaker on a conferencing device.

[0029] FIG. 3 is a detailed block diagram of the exemplary audio processing engine 204, according to one embodiment of the present invention. In exemplary embodiments, the audio processing engine 204 is embodied within a memory device. In operation, the acoustic signals (i.e., X_1 and X_2) received from the primary and secondary microphones 106 and 108 are converted to electric signals and processed through a differential microphone array (DMA) module 302. The DMA module 302 is configured to use DMA theory to create directional patterns for the close-spaced microphones 106 and 108. The DMA module 302 may determine sounds and signals in a front and back cardioid region about the audio device 104 by delaying and subtracting the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Signals (i.e., sounds) received from these cardioid regions are hereinafter referred to as cardioid signals. In one example, sounds from a sound source 102 within the cardioid region are transmitted by the primary microphone 106 as a cardioid primary signal. Sounds from the same sound source 102 are transmitted by the secondary microphone 108 as a cardioid secondary signal.

[0030] For a two-microphone system, the DMA module 302 can create two different directional patterns about the audio device 104. Each directional pattern is a region about the audio device 104 in which sounds generated by an audio source 102 within the region may be received by the microphones 106 and 108 with little attenuation. Sounds generated by audio sources 102 outside of the directional pattern may be attenuated.

[0031] In one example, one directional pattern created by the DMA module 302 allows sounds generated from an audio source 102 within a front cardioid region around the audio device 104 to be received, and a second pattern allows sounds from a

second audio source 102 within a back cardioid region around the audio device 104 to be received. Sounds from audio sources 102 beyond these regions may also be received but the sounds may be attenuated.

[0032] The cardioid signals from the DMA module 302 are then processed by a frequency analysis module 304. In one embodiment the frequency analysis module 304 takes the cardioid signals and mimics the frequency analysis of the cochlea (i.e., cochlear domain) simulated by a filter bank. In one example, the frequency analysis module 304 separates the cardioid signals into frequency bands. Alternatively, other filters such as short-time Fourier transform (STFT), sub-band filter banks, modulated complex lapped transforms, cochlear models, wavelets, etc. can be used for the frequency analysis and synthesis. Because most sounds (e.g., acoustic signals) are complex and comprise more than one frequency, a sub-band analysis on the acoustic signal determines what individual frequencies are present in the complex acoustic signal during a frame (e.g., a predetermined period of time). In one embodiment, the frame is 8 ms long.

[0033] Once the frequencies are determined, the signals are forwarded to an energy module 306 which computes energy level estimates during an interval of time (i.e., power estimates). The power estimate may be based on bandwidth of the cochlea channel and the cardioid signal. The power estimates are then used by the inter-microphone level difference (ILD) module 308 to determine the ILD.

[0034] In various embodiments, the DMA module 302 sends the cardioid signals to the energy module 306. The energy module 306 computes the power estimates prior to the analysis of the cardioid signals by the frequency analysis module 304.

[0035] Referring to FIG. 4a, one implementation of the DMA module 302, frequency analysis module 304, energy module 306, and the ILD module 308 is provided. In this implementation, the acoustic signals received by the microphones 106 and 108 are processed by the DMA module 302. The exemplary DMA module 302

delays the primary acoustic signal, X_1 , via a delay node 402, z^{-1} . Similarly, the DMA module 302 delays the secondary acoustic signal, X_2 , via a second delay node 40, z^{-1} .

[0036] In exemplary embodiments, a cardioid primary signal (C_f) is mathematically determined in the frequency domain (Z transform) as

$$C_f = X_1 - z^{-1} g X_2$$

while the cardioid secondary signal (C_b) is mathematically determined as

$$C_b = g X_2 - z^{-1} X_1.$$

The gain factor, g , is computed by the gain module 406 to equalize the signal levels. Prior art systems can suffer loss of performance when the microphone signals have different levels. The gain module is further discussed herein.

[0037] In various embodiments, the cardioid signals can be processed through the frequency analysis module 304. The filter coefficient may be applied to each microphone signal. As a result, the output of the frequency analysis module 304 may comprise a filtered cardioid primary signal, $\alpha C_f(t, \omega)$ and a filtered cardioid secondary signal, $\beta C_b(t, \omega)$, where t represents the time index ($t=0, 1, \dots, N$) and ω represents the frequency index ($\omega=0, 1, \dots, K$).

[0038] The energy module 306 takes the signals from the frequency analysis module 304 and calculates the power estimates associated with the cardioid primary signal (C_f) and the cardioid secondary signal (C_b). In exemplary embodiments, the power estimates may be mathematically determined by squaring and integrating an absolute value of the output of the frequency analysis module 304. Power estimates of the signals from the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are referred to herein as components. For example, the energy level associated with the primary microphone signal may be determined by

$$E_f(t, \omega) = \int_{\text{frame}} |C_f(t', \omega)|^2 dt',$$

and the energy level associated with the secondary microphone signal may be determined by

$$E_b(t, \omega) = \int_{\text{frame}} |C_b(t', \omega)|^2 dt'.$$

[0039] Given the calculated energy levels, the ILD may be determined by the ILD module 308. In exemplary embodiments, the ILD is determined in a non-linear manner by taking a ratio of the energy levels, such as

$$ILD(t, \omega) = E_f(t, \omega) / E_b(t, \omega)$$

Applying the determined energy levels to this ILD equations results in

$$ILD(t, \omega) = \frac{\int_{\text{frame}} |C_f(t', \omega)|^2 dt'}{\int_{\text{frame}} |C_b(t', \omega)|^2 dt'}.$$

[0040] By nonlinearly combining the energy level (i.e., component) of the cardioid primary signal with the energy level (i.e., component) of the cardioid secondary signal, sounds from audio sources 102 within a front-to-back cardioid region (depicted in FIG. 6) about the audio device 104 may be effectively received. The spatial extent over which the signal can be retrieved can be specified and controlled by the ILD region selected. In contrast, if the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are combined linearly (e.g., the signals are subtracted,) sounds from audio sources 102 within a hypercardioid region may be effectively received. The hypercardioid region may be larger (broader) than the front-to-back cardioid ILD region selected, thus the non-linear combination via ILD can produce a narrower and more spatially selective beam.

[0041] Once the ILD is determined, the signals are processed through a noise reduction system 310. Referring back to FIG. 3, in exemplary embodiments, the noise

reduction system 310 comprises a noise estimate module 312, a filter module 314, a filter smoothing module 316, a masking module 318, and a frequency synthesis module 320.

[0042] According to an exemplary embodiment of the present invention, a Wiener filter is used to suppress noise/enhance speech. In order to derive the Wiener filter estimate, however, specific inputs are needed. These inputs comprise a power spectral density of noise and a power spectral density of the primary acoustic signal.

[0043] In exemplary embodiments, the noise estimate is based only on the acoustic signal from the primary microphone 106. The exemplary noise estimate module 312 is a component which can be approximated mathematically by

$$N(t, \omega) = \lambda_l(t, \omega)E_1(t, \omega) + (1 - \lambda_l(t, \omega)) \min[N(t-1, \omega), E_1(t, \omega)]$$

according to one embodiment of the present invention. As shown, the noise estimate in this embodiment is based on minimum statistics of a current energy estimate of the primary acoustic signal, $E_1(t, \omega)$ and a noise estimate of a previous time frame, $N(t-1, \omega)$. As a result, the noise estimation is performed efficiently and with low latency.

[0044] $\lambda_l(t, \omega)$ in the above equation is derived from the ILD approximated by the ILD module 308, as

$$\lambda_l(t, \omega) = \begin{cases} \approx 0 & \text{if } ILD(t, \omega) < threshold \\ \approx 1 & \text{if } ILD(t, \omega) > threshold \end{cases}$$

That is, when ILD at the primary microphone 106 is smaller than a threshold value (e.g., $threshold = 0.5$) above which speech is expected to be, λ_l is small, and thus the noise estimator follows the noise closely. When ILD starts to rise (e.g., because speech is present within the large ILD region), λ_l increases. As a result, the noise estimate module 312 slows down the noise estimation process and the speech energy does not contribute significantly to the final noise estimate. Therefore, exemplary embodiments of the present invention may use a combination of minimum statistics and voice activity detection to determine the noise estimate.

[0045] A filter module 314 then derives a filter estimate based on the noise estimate. In one embodiment, the filter is a Wiener filter. Alternative embodiments may contemplate other filters. Accordingly, the Wiener filter may be approximated, according to one embodiment, as

$$W = \left(\frac{P_s}{P_s + P_n} \right)^\phi,$$

where P_s is a power spectral density of speech and P_n is a power spectral density of noise. According to one embodiment, P_n is the noise estimate, $N(t, \omega)$, which is calculated by the noise estimate module 312. In an exemplary embodiment, $P_s = E_1(t, \omega) - \gamma N(t, \omega)$, where $E_1(t, \omega)$ is the energy estimate associated with the primary acoustic signal (e.g., the cardioid primary signal) calculated by the energy module 306, and $N(t, \omega)$ is the noise estimate provided by the noise estimate module 312. Because the noise estimate changes with each frame, the filter estimate will also change with each frame.

[0046] γ is an over-subtraction term which is a function of the ILD. γ compensates bias of minimum statistics of the noise estimate module 312 and forms a perceptual weighting. Because time constants are different, the bias will be different between portions of pure noise and portions of noise and speech. Therefore, in some embodiments, compensation for this bias may be necessary. In exemplary embodiments, γ is determined empirically (e.g., 2-3 dB at a large ILD, and is 6-9 dB at a low ILD).

[0047] ϕ in the above exemplary Wiener filter equation is a factor which further limits the noise estimate. ϕ can be any positive value. In one embodiment, nonlinear expansion may be obtained by setting ϕ to 2. According to exemplary embodiments, ϕ is determined empirically and applied when a body of $W = \left(\frac{P_s}{P_s + P_n} \right)$ falls below a

prescribed value (e.g., 12 dB down from the maximum possible value of W , which is unity).

[0048] Because the Wiener filter estimation may change quickly (e.g., from one frame to the next frame) and noise and speech estimates can vary greatly between each frame, application of the Wiener filter estimate, as is, may result in artifacts (e.g., discontinuities, blips, transients, etc.). Therefore, an optional filter smoothing module 316 is provided to smooth the Wiener filter estimate applied to the acoustic signals as a function of time. In one embodiment, the filter smoothing module 316 may be mathematically approximated as

$$M(t, \omega) = \lambda_s(t, \omega)W(t, \omega) + (1 - \lambda_s(t, \omega))M(t-1, \omega)$$

, where λ_s is a function of the Wiener filter estimate and the primary microphone energy, E_1 .

[0049] As shown, the filter smoothing module 316, at time (t) will smooth the Wiener filter estimate using the values of the smoothed Wiener filter estimate from the previous frame at time ($t-1$). In order to allow for quick response to the acoustic signal changing quickly, the filter smoothing module 316 performs less smoothing on quick changing signals, and more smoothing on slower changing signals. This is accomplished by varying the value of λ_s according to a weighed first order derivative of E_1 with respect to time. If the first order derivative is large and the energy change is large, then λ_s is set to a large value. If the derivative is small then λ_s is set to a smaller value.

[0050] After smoothing by the filter smoothing module 316, the primary acoustic signal is multiplied by the smoothed Wiener filter estimate to estimate the speech. In the above Wiener filter embodiment, the speech estimate is approximated by $S(t, \omega) = C_f(t, \omega) * M(t, \omega)$, where $C_f(t, \omega)$ is the cardioid primary signal. In exemplary embodiments, the speech estimation occurs in the masking module 318.

[0051] Next, the speech estimate is converted back into time domain from the cochlea domain. The conversion comprises taking the speech estimate, $S(t, \omega)$, and adding together the phase shifted signals of the cochlea channels in a frequency synthesis module 320. Once conversion is completed, the signal is output to the user.

[0052] It should be noted that the system architecture of the audio processing engine 204 of FIG. 3 is exemplary. Alternative embodiments may comprise more components, less components, or equivalent components and still be within the scope of embodiments of the present invention. Various modules of the audio processing engine 204 may be combined into a single module. For example, the functionalities of the frequency analysis module 304 and energy module 306 may be combined into a single module. Furthermore, the functions of the ILD module 308 may be combined with the functions of the energy module 306 alone, or in combination with the frequency analysis module 304. As a further example, the functionality of the filter module 314 may be combined with the functionality of the filter smoothing module 316.

[0053] Referring now to FIG. 4b, a practical implementation of the DMA module 302 according to one embodiment of the present invention. In exemplary embodiments, microphone differences are compensated by using a filter 412, $F(z)$, that equalizes the microphones 106 and 108. Since the filter 412 is a non-causal filter, in some embodiments, a delay is applied to the primary microphone signal with a delay node 414, $D(z)$. The application of the delay node 414 results in an alignment of the two channels.

[0054] To implement a fractional delay, allpass filters 416 and 418 (e.g., $A_1(z)$ and $A_2(z)$) are applied to the signals. However, the application of the allpass filters 416 and 418 introduces a delay. As a result, two more delay nodes 420 and 422 (e.g., $D_1(z)$ and $D_2(z)$) are required.

[0055] A secondary acoustic signal magnitude may be modified to match a magnitude of the primary acoustic signal by applying a gain which is computed by the gain module 406. The gain module 406 computes the magnitude of both signals (e.g., X_1 and X_2) and derives the gain, g , as the ratio between the magnitude of the primary acoustic signal to the magnitude of the secondary acoustic signal. The gain can then be used to calculate the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal [Notice the change I made to the figure CA].

[0056] Since the allpass filters 416 and 418 produce a desired fractional delay up to one-half the Nyquist frequency, the processing is applied at twice the system sampling rate.

[0057] As a result, a sampling rate conversion (SRC) node 424 and 426 is provided. The outputs of the SRC nodes 424 and 426 are the cardioid primary and cardioid secondary signals, C_f and C_b .

[0058] FIG. 5 is a block diagram of an alternative embodiment of the present invention. In this embodiment, the acoustic signals from the microphones 106 and 108 are processed by a frequency analysis module 304 prior to processing by a DMA module 302. According to the present embodiment, the frequency analysis module 304 takes the acoustic signals (i.e., X_1 and X_2) and mimics a cochlea implementation using a filter bank, such as a fast Fourier transform. Alternatively, other filters such as short-time Fourier transform (STFT), sub-band filter banks, modulated complex lapped transforms, cochlear models, wavelets, etc. can be used for the frequency analysis and synthesis. The output of the frequency analysis module 304 may comprise a plurality of signals (e.g., one per sub-band or tap.)

[0059] The secondary acoustic signal magnitude is modified to match the magnitude of the primary acoustic signal by computing the magnitude of both signals and deriving the gain, g , as the ratio between the magnitude of the primary acoustic

signal to the magnitude of the secondary acoustic signal. Subsequently, the signals may be processed through the DMA module 302. In the present embodiment, phase shifting of the signals (e.g., using $e^{j\omega\tau_f}$) is utilized to achieve a fractional delay of the signals.

[0060] The remainder of the process through the energy module 306 and the ILD module 308 is similar to the process described in connection with FIG. 4a, but on a per sub-band or tap basis.

[0061] FIG. 6 is a polar plot of a front-to-back cardioid directivity pattern 602 and ILD diagram produced according to exemplary embodiments of the present invention. The cardioid directivity pattern 602 illustrates a range in which the acoustic signals may be received. As shown, by using the non-linear combination process and delay lines (e.g., 420 and 422), the range of the cardioid directivity pattern 602 may be extended in the forward and backward directions (i.e., along the x-axis). The extension in the forward and backward directions allows significant ILD cues to be obtained from acoustic sources further away from the microphones 106 and 108. As a result, the omni-directional microphones 106 and 108 can achieve acoustic characteristics that mimic those of directional microphones.

[0062] Referring now to FIG. 7, a flowchart of an exemplary method for utilizing ILD of omni-direction microphones for noise suppression and speech enhancement is shown. In step 702, acoustic signals are received by the primary microphone 106 and the secondary microphone 108. In exemplary embodiments, the microphones are omni-directional microphones. In some embodiments, the acoustic signals are converted by the microphones to electronic signals (i.e., the primary electric signal and the secondary electric signal) for processing.

[0063] Differential array analysis is then performed on the acoustic signals by the DMA module 302. In exemplary embodiments, the DMA module 302 is configured to determine the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal by delaying,

subtracting, and applying a gain factor to the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Specifically, the DMA module 302 determines the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed secondary electric signal. Similarly, the DMA module 302 determines the cardioid secondary signal by taking a difference between the secondary electric signal and a delay primary electric signal.

[0064] In step 706, the frequency analysis module 304 performs frequency analysis on the cardioid primary and secondary signals. According to one embodiment, the frequency analysis module 304 utilizes a filter bank to determine individual frequencies present in the complex cardioid primary and secondary signals.

[0065] In step 708, energy estimates for the cardioid primary and secondary signals are computed. In one embodiment, the energy estimates are determined by the energy module 306. The exemplary energy module 306 utilizes a present cardioid signal and a previously calculated energy estimate to determine the present energy estimate of the present cardioid signal.

[0066] Once the energy estimates are calculated, inter-microphone level differences (ILD) are computed in step 710. In one embodiment, the ILD is calculated based on a non-linear combination of the energy estimates of the cardioid primary and secondary signals. In exemplary embodiments, the ILD is computed by the ILD module 308.

[0067] Once the ILD is determined, the cardioid primary and secondary signals are processed through a noise reduction system in step 712. Step 712 will be discussed in more detail in connection with FIG. 8. The result of the noise reduction processing is then output to the user in step 714. In some embodiments, the electronic signals are converted to analog signals for output. The output may be via a speaker, earpieces, or other similar devices.

[0068] Referring now to FIG. 8, a flowchart of the exemplary noise reduction process (step 712) is provided. Based on the calculated ILD, noise is estimated in step 802. According to embodiments of the present invention, the noise estimate is based only on the acoustic signal received at the primary microphone 106. The noise estimate may be based on the present energy estimate of the acoustic signal from the primary microphone 106 and a previously computed noise estimate. In determining the noise estimate, the noise estimation is frozen or slowed down when the ILD increases, according to exemplary embodiments of the present invention.

[0069] In step 804, a filter estimate is computed by the filter module 314. In one embodiment, the filter used in the audio processing engine 208 is a Wiener filter. Once the filter estimate is determined, the filter estimate may be smoothed in step 806. Smoothing prevents fast fluctuations which may create audio artifacts. The smoothed filter estimate is applied to the acoustic signal from the primary microphone 106 in step 808 to generate a speech estimate.

[0070] In step 810, the speech estimate is converted back to the time domain. Exemplary conversion techniques apply an inverse frequency of the cochlea channel to the speech estimate. Once the speech estimate is converted, the audio signal may now be output to the user.

[0071] The above-described modules can be comprises of instructions that are stored on storage media. The instructions can be retrieved and executed by the processor 202. Some examples of instructions include software, program code, and firmware. Some examples of storage media comprise memory devices and integrated circuits. The instructions are operational when executed by the processor 202 to direct the processor 202 to operate in accordance with embodiments of the present invention. Those skilled in the art are familiar with instructions, processor(s), and storage media.

[0072] The present invention is described above with reference to exemplary embodiments. It will be apparent to those skilled in the art that various modifications

may be made and other embodiments can be used without departing from the broader scope of the present invention. Therefore, these and other variations upon the exemplary embodiments are intended to be covered by the present invention.

CLAIMS

1. A system for enhancing speech, comprising:
 - a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal;
 - a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and
 - an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.
2. The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.
3. The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain.
4. The system of claim 3 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.
5. The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

6. The system of claim 1 further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
7. The system of claim 1 further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
8. The system of claim 1 further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference.
9. The system of claim 1 further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.
10. The system of claim 9 further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.
11. The system of claim 1 further comprising a masking module configured to determine a speech estimate.
12. The system of claim 11 further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output.

13. The system of claim 1, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal.

14. A method for enhancing speech, comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

15. The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between the primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

16. The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain.

17. The method of claim 16 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

18. The method of claim 14 wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.
19. The method of claim 14 wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal.
20. The method of claim 14 further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.
21. The method of claim 14 further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference.
22. The method of claim 21 further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.
23. The method of claim 22 further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal
24. The method of claim 22 further comprising smoothing the filter estimate.
25. The method of claim 14 wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal is of a sub-band of the primary electric signal.

26. A machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for enhancing speech, comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid primary signal to obtain an inter-microphone level difference.

**SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL
MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT**

ABSTRACT

[0073] Systems and methods for utilizing inter-microphone level differences (ILD) to attenuate noise and enhance speech are provided. In exemplary embodiments, primary and secondary acoustic signals are received by omni-directional microphones, and converted into primary and secondary electric signals. A differential microphone array module processes the electric signals to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal. The cardioid signals are filtered through a frequency analysis module which takes the signals and mimics a cochlea implementation (i.e., cochlear domain). Energy levels of the signals are then computed, and the results are processed by an ILD module using a non-linear combination to obtain the ILD. In exemplary embodiments, the non-linear combination comprises dividing the energy level associated with the primary microphone by the energy level associated with the secondary microphone. The ILD is utilized by a noise reduction system to enhance the speech of the primary acoustic signal.

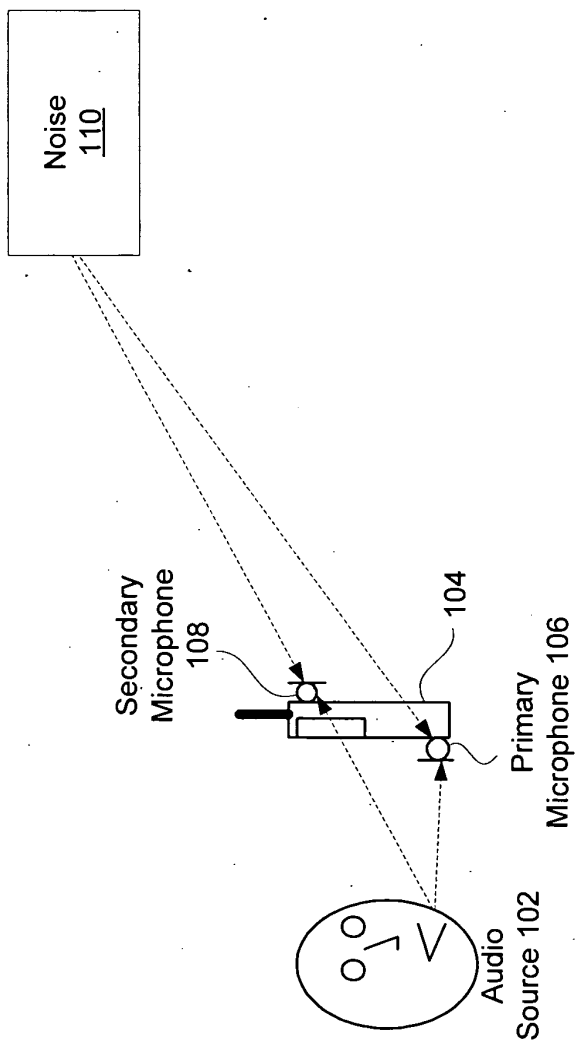


FIG. 1a

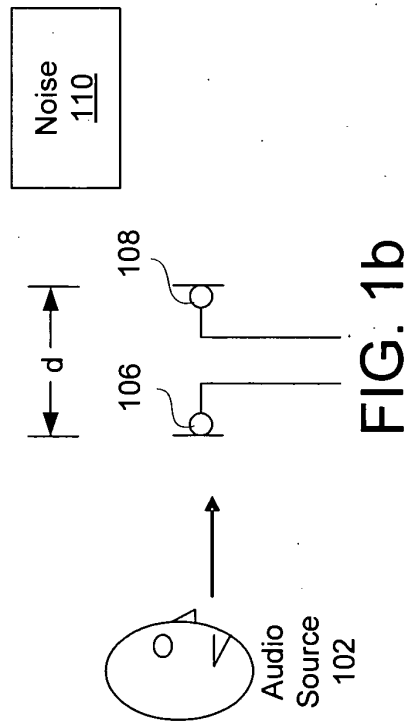


FIG. 1b

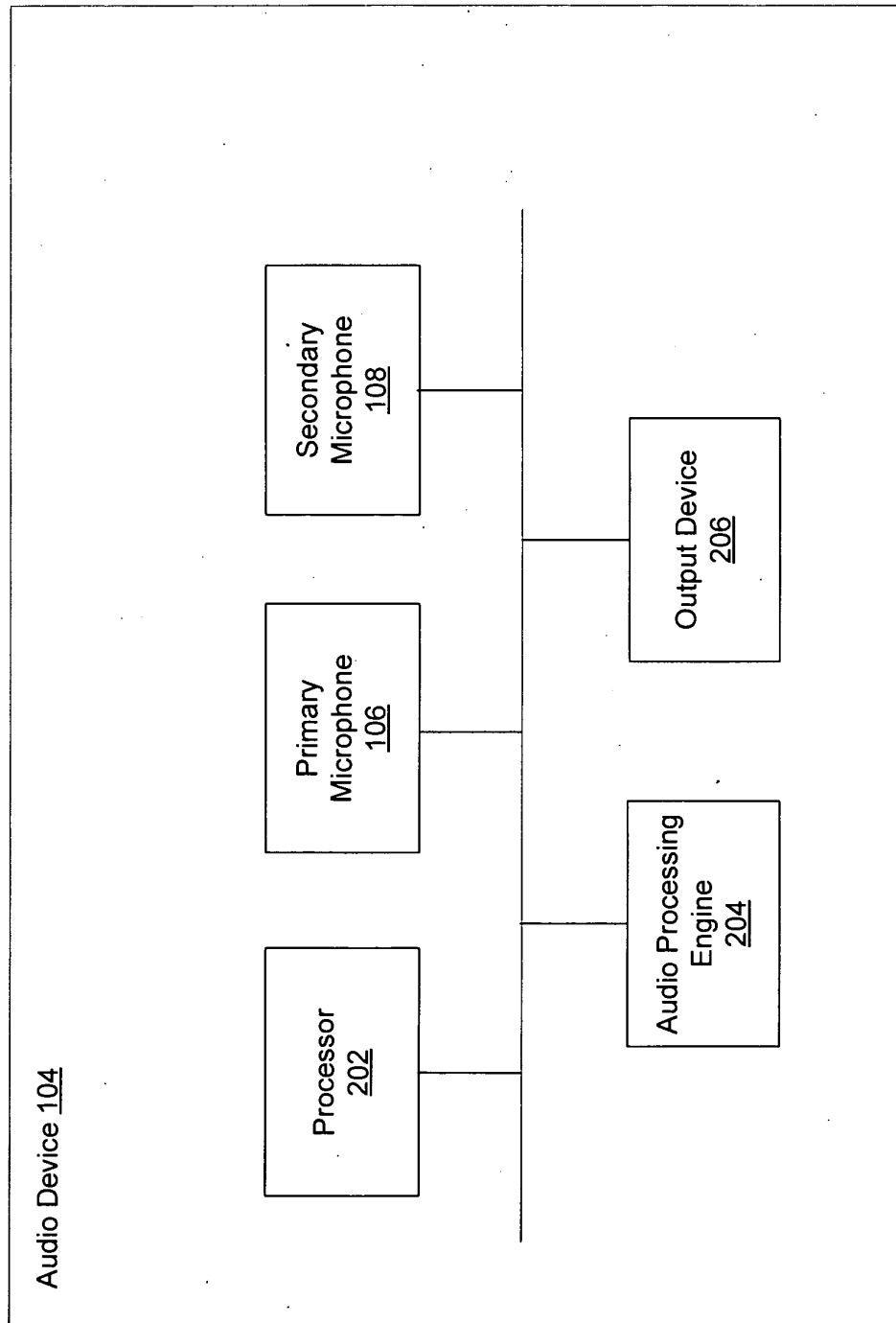


FIG. 2

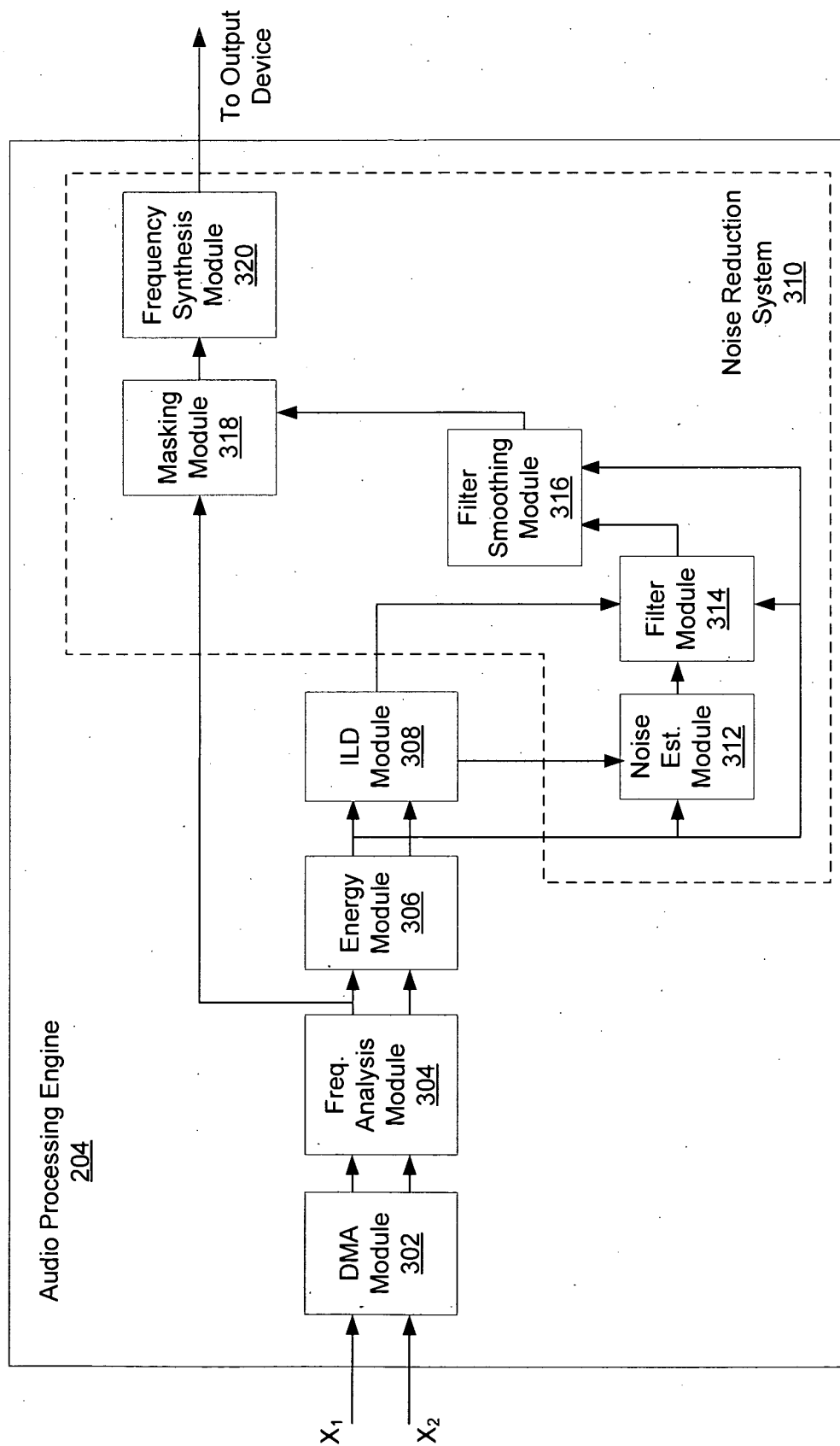


FIG. 3

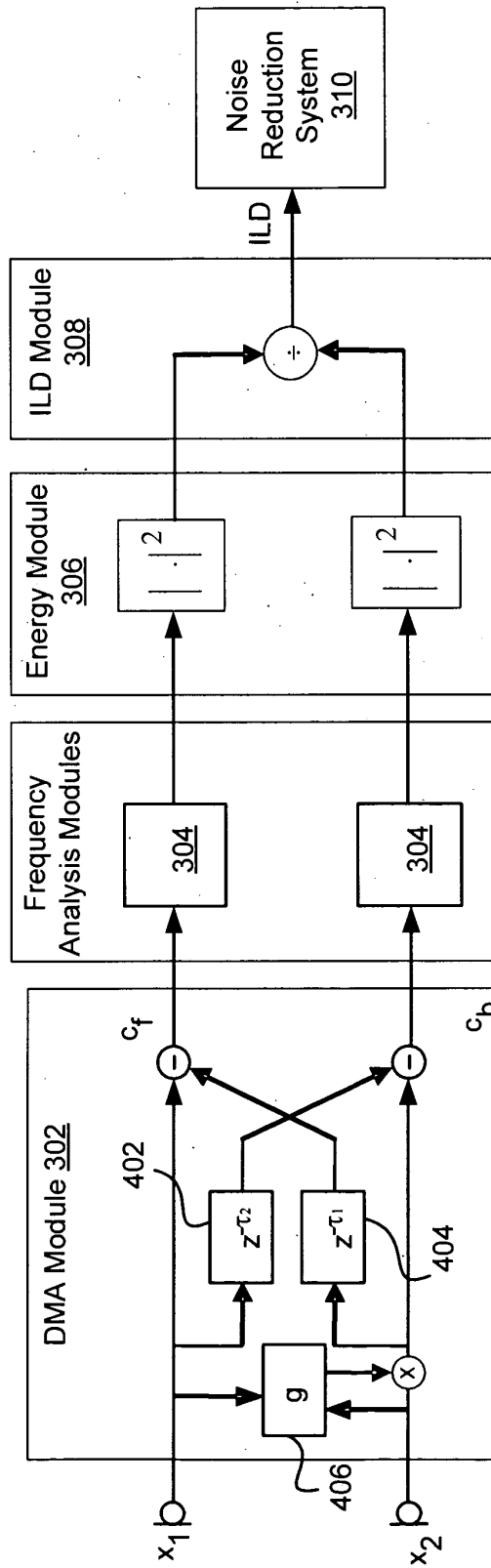
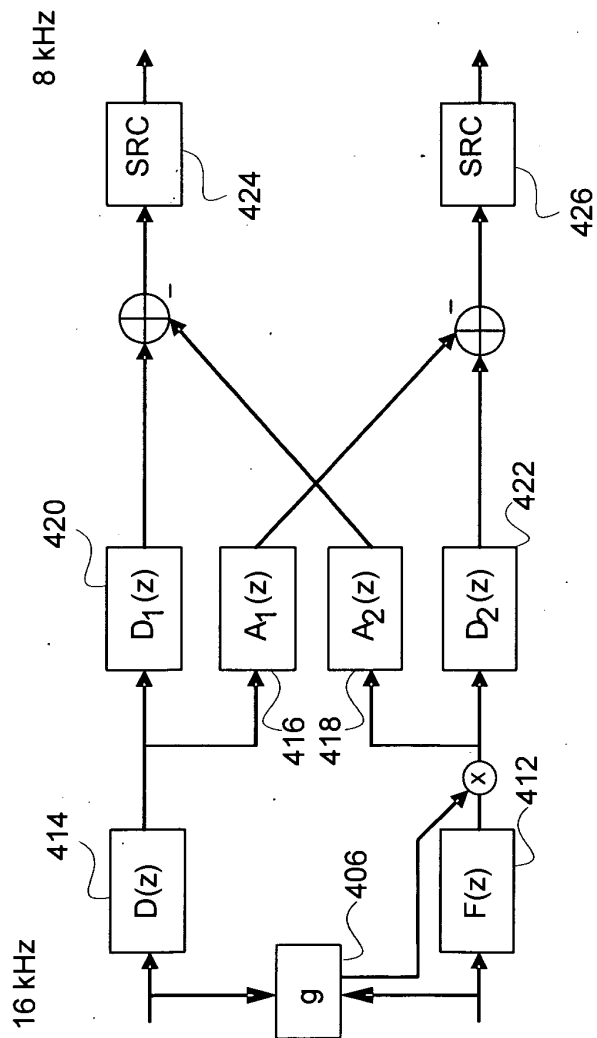


FIG. 4a



$D(z)$ → delay line $L = 64$
 $F(z)$ → FIR filter $L = 129$ (128th order)
 $D_1(z)$ → delay line $L = 10$
 $D_2(z)$ → delay line $L = 10$
 $A_1(z)$ → IIR filter 10th order
 $A_2(z)$ → IIR filter 10th order

FIG. 4b

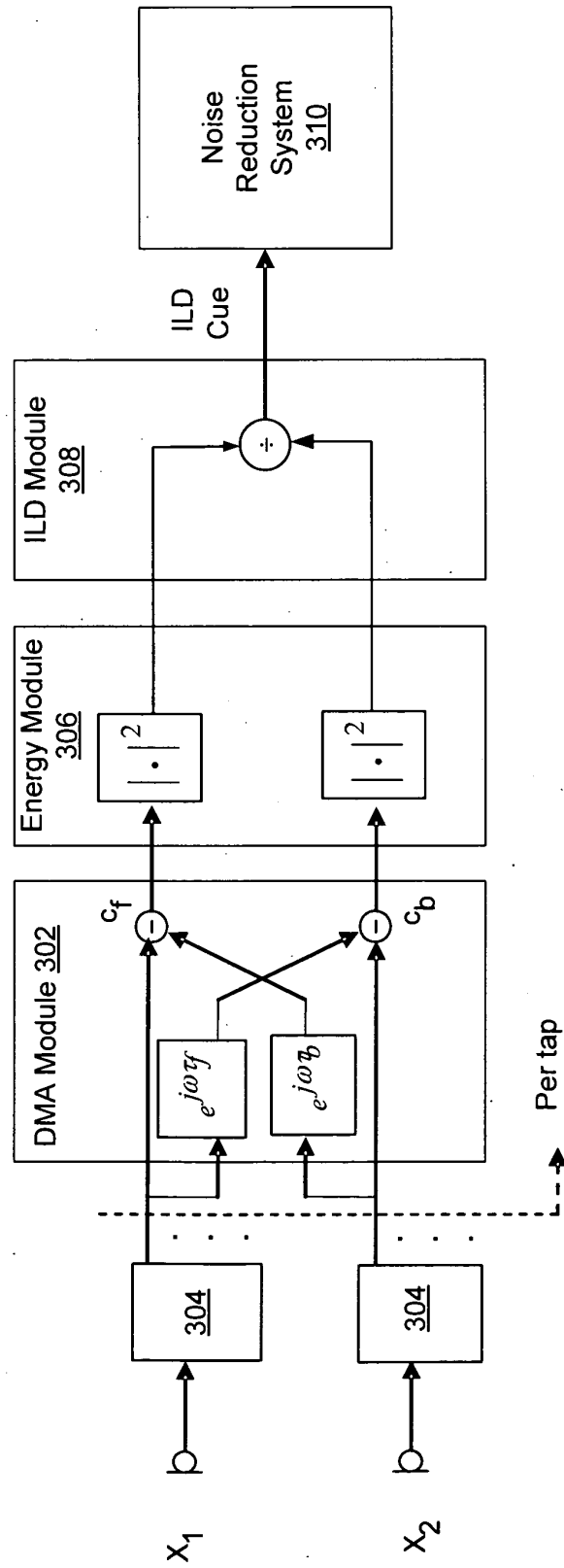


FIG. 5

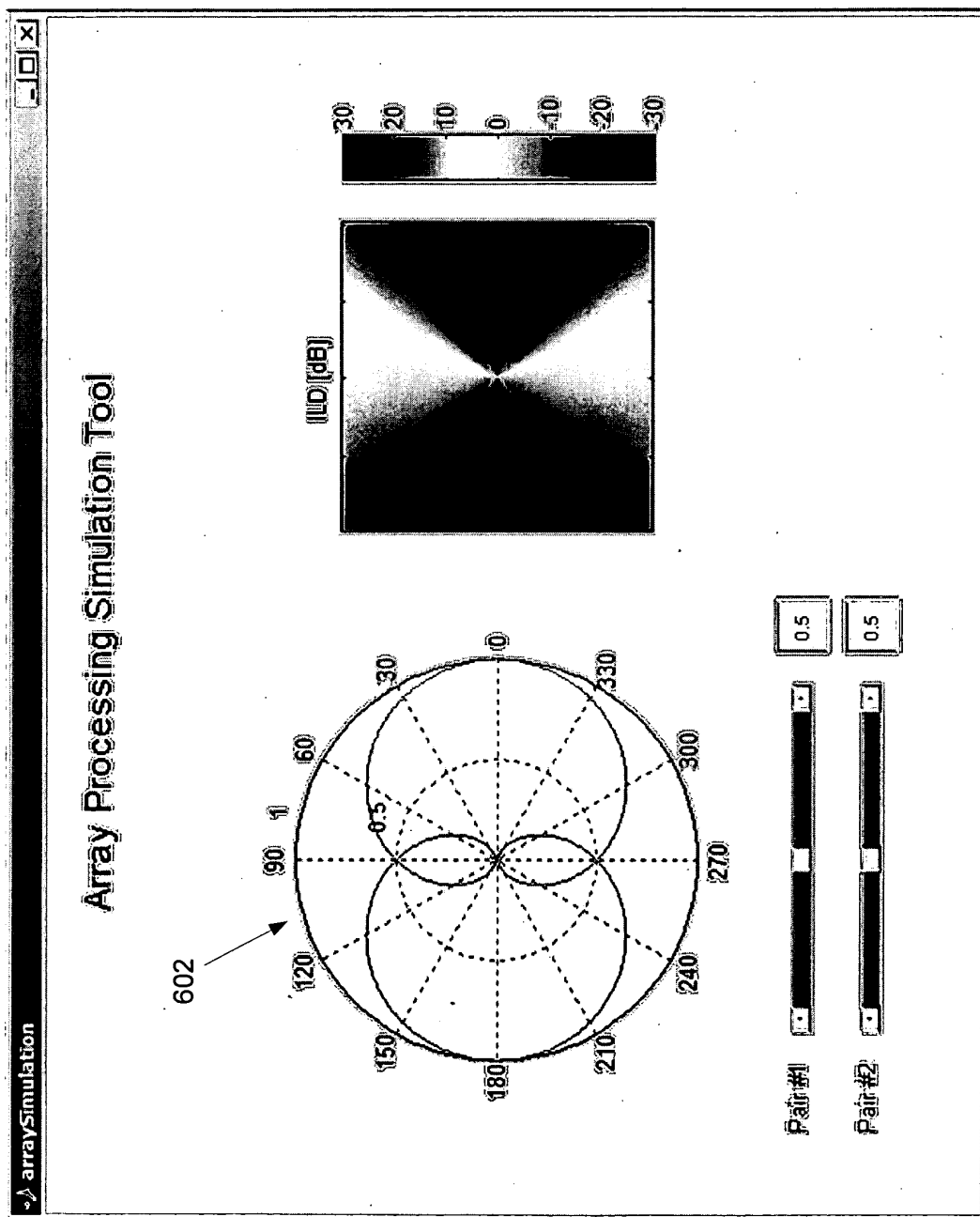


FIG. 6

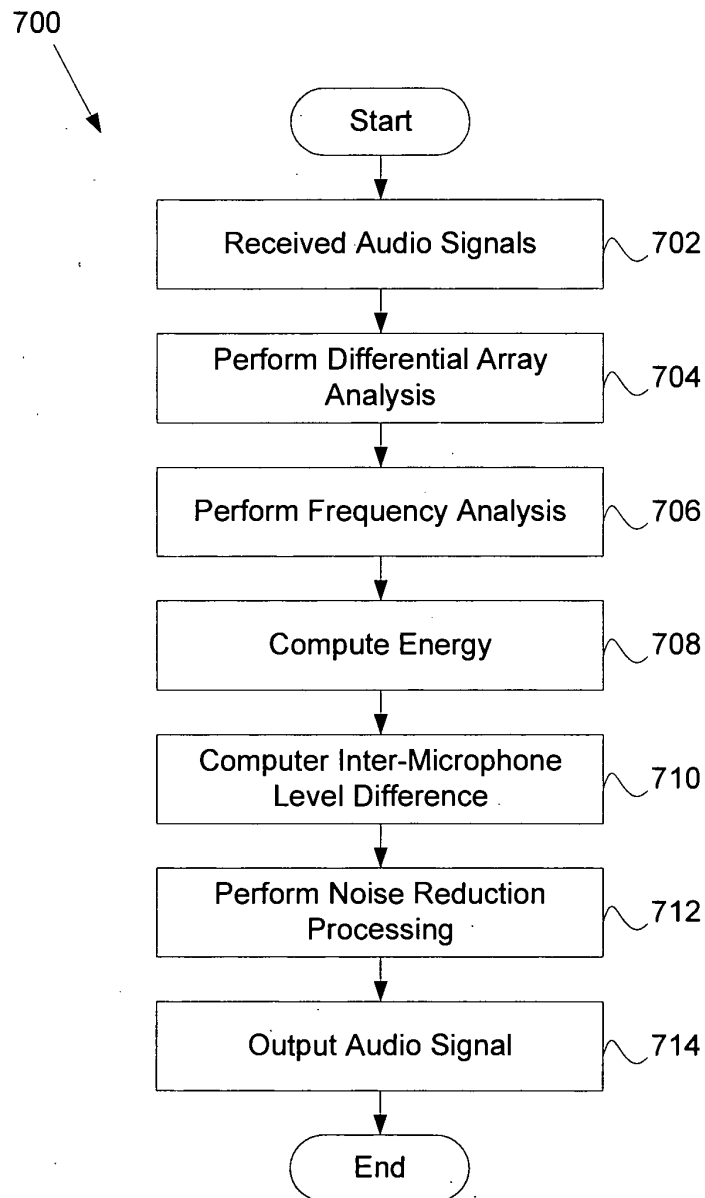


FIG. 7

712

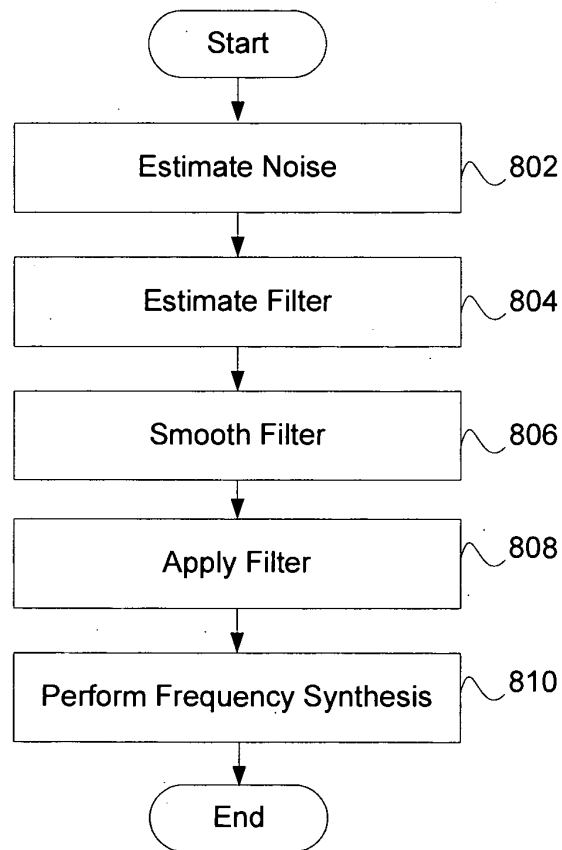


FIG. 8

DECLARATION AND POWER OF ATTORNEY FOR PATENT APPLICATION

As a below named inventor, I hereby declare that:

My residence, post office address and citizenship are as stated below next to my name.

I believe I am an original and first inventor of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention entitled

“System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones For Speech Enhancement”

the specification of which is attached hereto.

I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above-identified specification, including the claims, as amended by any amendment specifically referred to above.

I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, §1.56, including for continuation-in-part applications, material information which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT international filing date of the continuation-in-part application.

I hereby claim foreign priority benefits under Title 35, United States Code §119(a)-(d) or (f) or §365(b) of any foreign application(s) for patent, inventor's or plant breeder's rights certificate(s), or §365(a) of any PCT international application which designated at least one country other than the United States of America, listed below and have also identified below, by checking the box, any foreign application for patent, inventor's or plant breeder's rights certificate(s), or any PCT international application having a filing date before that of the application on which priority is claimed.

Prior Foreign Application(s):

<u>Number</u>	<u>Country</u>	<u>Foreign Filing Date</u>	<u>Priority Claimed?</u>	<u>Certified Copy Attached?</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	☐ ☐	☐ ☐
(Number)	(Country)	(MM/DD/YYYY)	Yes No	Yes No
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	☐ ☐	☐ ☐
(Number)	(Country)	(MM/DD/YYYY)	Yes No	Yes No

I hereby claim the benefit under Title 35, United States Code §119(e) of any United States provisional application(s) listed below.

Prior Provisional Applications:

60/850,928
(Application Number)

October 10, 2006
(Filing Date)

(Application Number)

(Filing Date)

I hereby claim the benefit under Title 35, United States Code §120 of any United States application(s), or §365(c) of any PCT International application designating the United States, listed below and, insofar as the subject matter of each of the claims of this application is not disclosed in the prior United States or PCT International application in the manner provided by the first paragraph of Title 35, United States Code §112, I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, §1.56 which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT International filing date of this application.

Prior U.S. or PCT Applications Designating the U.S.:

11/343,524
(Application Number)

January 30, 2006
(Filing Date)

Pending
(Status -- patented, pending, abandoned)

(Application Number)

(Filing Date)

(Status -- patented, pending, abandoned)

POWER OF ATTORNEY: I hereby appoint the attorney(s) and/or agent(s) associated with the customer number **22830** to prosecute this application and to transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith.

SEND ALL CORRESPONDENCE TO:

Customer Number 22830
Carr & Ferrell LLP
2200 Geng Road
Palo Alto, CA 94303
Phone: (650) 812-3400
Fax: (650) 812-3444

ATTORNEY'S DOCKET NO.: PA3909US

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

Full name of first inventor: Carlos Avendano Citizenship: U.S.A.*Print First Name, Middle Name or Initial (if applicable), Last Name*Inventor's signature:  Dated: 1/29/07*(Permanent ink only)**(Date of Signature)*Mailing Address: 1330 Villa Street, Mountain View, CA 94041*(Where the inventor customarily receives mail: Number, Street, City, State, Zip Code)*Residence Address: Campbell, CA*(if the inventor lives at a location different than his/her mailing address)*

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD

Substitute for Form PTO-875 Effective December 8, 2004

Application or Docket Number

11699732

APPLICATION AS FILED - PART I

(Column 1)

(Column 2)

SMALL ENTITY

OR

OTHER THAN
SMALL ENTITY

FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA
BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A
SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (l), or (m))	N/A	N/A
EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(d), (e), or (f))	N/A	N/A
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	26 minus 20 =	6
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	3 minus 3 =	0
APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$250 (\$125 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).	
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))		

RATE (\$)	FEE (\$)
N/A	150.00
N/A	\$250
N/A	\$100
X\$ 25 =	150
X100 =	
+180=	
TOTAL	650

RATE (\$)	FEE (\$)
N/A	300.00
N/A	\$500
N/A	\$200
X\$50 =	
X200 =	
+360=	
TOTAL	

* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.

APPLICATION AS AMENDED - PART II

(Column 1)

(Column 2)

(Column 3)

SMALL ENTITY

OR

OTHER THAN
SMALL ENTITY

AMENDMENT A	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
Total (37 CFR 1.16(g))	Minus	**	=
Independent (37 CFR 1.16(n))	Minus	***	=
Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))			
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))			

RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
X\$ 25 =	
X100 =	
+180=	
TOTAL ADD'L FEE	

RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
X\$50 =	
X200 =	
+360=	
TOTAL ADD'L FEE	

(Column 1)

(Column 2)

(Column 3)

AMENDMENT B	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
Total (37 CFR 1.16(g))	Minus	**	=
Independent (37 CFR 1.16(n))	Minus	***	=
Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))			
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))			

RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
X\$ 25 =	
X100 =	
+180=	
TOTAL ADD'L FEE	

RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
X\$50 =	
X200 =	
+360=	
TOTAL ADD'L FEE	

* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.

** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20".

*** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3".

The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.

This collection of information is required by 37 CFR 1.16. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

PATENT APPLICATION SERIAL NO. _____

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT AND TRADEMARK OFFICE
FEE RECORD SHEET

02/01/2007 JBALINAN 00000014 11699732

01 FC:2011	150.00 OP
02 FC:2111	250.00 OP
03 FC:2311	100.00 OP
04 FC:2202	150.00 OP

PTO-1556
(5/87)

U.S. Government Printing Office: 2002 — 489-267/60033

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

**NONPUBLICATION REQUEST
UNDER
35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(i)**

First Named Inventor

Carlos Avendano

Title

System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement

Attorney Docket Number

PA3909US

I hereby certify that the invention disclosed in the attached application **has not and will not be** the subject of an application filed in another country, or under a multilateral agreement, that requires publication at eighteen months after filing.

I hereby request that the attached application not be published under 35 U.S.C. 122(b).


Signature

January 29, 2007

Date

Susan Yee

41,388

Typed or printed name

Registration Number, if applicable

650.812.3400

Telephone Number

This request must be signed in compliance with 37 CFR 1.33(b) and submitted with the application **upon filing**.

Applicant may rescind this nonpublication request at any time. If applicant rescinds a request that an application not be published under 35 U.S.C. 122(b), the application will be scheduled for publication at eighteen months from the earliest claimed filing date for which a benefit is claimed.

If applicant subsequently files an application directed to the invention disclosed in the attached application in another country, or under a multilateral international agreement, that requires publication of applications eighteen months after filing, the applicant **must** notify the United States Patent and Trademark Office of such filing within forty-five (45) days after the date of the filing of such foreign or international application. **Failure to do so will result in abandonment of this application (35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(iii)).**

This collection of information is required by 37 CFR 1.213(a). The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 6 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

EV826334317US

PTO/SB/05 (07-06)

Approved for use through 01/31/2007. OMB 0651-0032

U.S. Patent and Trademark Office. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

U.S. PTO

UTILITY
PATENT APPLICATION
TRANSMITTAL

(Only for new nonprovisional applications under 37 CFR 1.53(b))

Attorney Docket No.	PA3909US
First Inventor	Carlos Avendano
Title	System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones For Speech Enhancement
Express Mail Label No.	EV 826 334 317 US

APPLICATION ELEMENTS

See MPEP chapter 600 concerning utility patent application contents.

1. ☒ **Fee Transmittal Form** (e.g., PTO/SB/17)
(Submit an original and a duplicate for fee processing)
2. ☒ **Applicant claims small entity status.**
See 37 CFR 1.27.
3. ☒ **Specification** [Total Pages 26]
Both the claims and abstract must start on a new page
(For information on the preferred arrangement, see MPEP 608.01(a))
4. ☒ **Drawing(s)** (35 U.S.C. 113) [Total Sheets 9]
5. **Oath or Declaration** [Total Sheets 3]
 - a. ☒ Newly executed (original or copy)
 - b. ☐ A copy from a prior application (37 CFR 1.63(d))
(for continuation/divisional with Box 18 completed)
 - i. ☐ **DELETION OF INVENTOR(S)**
Signed statement attached deleting inventor(s)
name in the prior application, see 37 CFR 1.63(d)(2) and 1.33(b).
6. ☐ **Application Data Sheet.** See 37 CFR 1.76
7. ☐ **CD-ROM or CD-R** in duplicate, large table or
Computer Program (Appendix)
☐ Landscape Table on CD
8. **Nucleotide and/or Amino Acid Sequence Submission**
(if applicable, items a. - c. are required)
 - a. ☐ Computer Readable Form (CRF)
 - b. **Specification Sequence Listing on:**
 - i. ☐ CD-ROM or CD-R (2 copies); or
 - ii. ☐ Paper
 - c. ☐ Statements verifying identity of above copies

ADDRESS TO:
 Commissioner for Patents
 P.O. Box 1450
 Alexandria VA 22313-1450

ACCOMPANYING APPLICATION PARTS

9. ☒ **Assignment Papers** (cover sheet & document(s))
Name of Assignee Audience, Inc.
10. ☐ **37 CFR 3.73(b) Statement** (when there is an assignee) ☒ **Power of Attorney**
11. ☐ **English Translation Document** (if applicable)
12. ☐ **Information Disclosure Statement** (PTO/SB/08 or PTO-1449)
☐ Copies of citations attached
13. ☐ **Preliminary Amendment**
14. ☒ **Return Receipt Postcard** (MPEP 503)
(Should be specifically itemized)
15. ☐ **Certified Copy of Priority Document(s)**
(if foreign priority is claimed)
16. ☒ **Nonpublication Request** under 35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(i).
Applicant must attach form PTO/SB/35 or equivalent.
17. ☒ **Other:** Check for \$690.00

18. If a CONTINUING APPLICATION, check appropriate box, and supply the requisite information below and in the first sentence of the specification following the title, or in an Application Data Sheet under 37 CFR 1.76:

☐ Continuation ☐ Divisional ☒ Continuation-in-part (CIP) of prior application No.: 111343,524

Prior application information:

Examiner UnknownArt Unit: 2644

19. CORRESPONDENCE ADDRESS

☒ The address associated with Customer Number: 22830 OR ☐ Correspondence address below

Name					
Address					
City	State	Zip Code			
Country	Telephone	Email			

Signature	<u>Susan Yee</u>	Date	January 29, 2007
Name (Print/Type)	Susan Yee	Registration No. (Attorney/Agent)	41,388

This collection of information is required by 37 CFR 1.53(b). The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

1769
012907
US PTO

PTO/SB/17 (01-06)
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0032
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number

Fees pursuant to the Consolidated Appropriations Act, 2005 (H.R. 4818). FEE TRANSMITTAL For FY 2006		Complete if Known	
☒ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27		Application Number	Unknown
		Filing Date	January 26, 2007
		First Named Inventor	Carlos Avendano
		Examiner Name	Unknown
		Art Unit	Unknown
TOTAL AMOUNT OF PAYMENT	(\$ 690.00)	Attorney Docket No.	PA3909US

METHOD OF PAYMENT (check all that apply)

☒ Check
 ☐ Credit Card
 ☐ Money Order
 ☐ None
 ☐ Other (please identify): _____

☒ Deposit Account
 Deposit Account Number: 06-0600
 Deposit Account Name: Carr & Ferrell LLP

For the above-identified deposit account, the Director is hereby authorized to: (check all that apply)

☐ Charge fee(s) indicated below
 ☐ Charge fee(s) indicated below, except for the filing fee

☒ Charge any additional fee(s) or underpayments of fee(s) under 37 CFR 1.16 and 1.17
 ☒ Credit any overpayments

WARNING: Information on this form may become public. Credit card information should not be included on this form. Provide credit card information and authorization on PTO-2038.

FEE CALCULATION (All the fees below are due upon filing or may be subject to a surcharge.)

1. BASIC FILING, SEARCH, AND EXAMINATION FEES

Application Type	FILING FEES		SEARCH FEES		EXAMINATION FEES		Fees Paid (\$)
	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)	
Utility	300	150	500	250	200	100	500
Design	200	100	100	50	130	65	
Plant	200	100	300	150	160	80	
Reissue	300	150	500	250	600	300	
Provisional	200	100	0	0	0	0	

2. EXCESS CLAIM FEES

Fee Description	Fee (\$)	Small Entity Fee (\$)
Each claim over 20 (including Reissues)	50	25
Each independent claim over 3 (including Reissues)	200	100
Multiple dependent claims	360	180

Total Claims **Extra Claims** **Fee (\$)** **Fee Paid (\$)**
26 - 20 or HP = 6 x 25 = 150
 HP = highest number of total claims paid for, if greater than 20.

Indep. Claims **Extra Claims** **Fee (\$)** **Fee Paid (\$)**
3 - 3 or HP = 0 x 100 = 0
 HP = highest number of independent claims paid for, if greater than 3.

3. APPLICATION SIZE FEE

If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper (excluding electronically filed sequence or computer listings under 37 CFR 1.52(e)), the application size fee due is \$250 (\$125 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).

Total Sheets	Extra Sheets	Number of each additional 50 or fraction thereof	Fee (\$)	Fee Paid (\$)
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

4. OTHER FEE(S)

Non-English Specification, \$130 fee (no small entity discount)

Other (e.g., late filing surcharge): Assignment 40

SUBMITTED BY			
Signature	<i>Susan Yee</i>	Registration No. (Attorney/Agent) 41,388	Telephone 650.812.3400
Name (Print/Type)	Susan Yee		Date January 29, 2007

This collection of information is required by 37 CFR 1.136. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 30 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING or 371(c) DATE	GRP ART UNIT	FIL FEE REC'D	ATTY. DOCKET NO	DRAWINGS	TOT CLAIMS	IND CLAIMS
11/699,732	01/29/2007	2615	650	PA3909US	9	26	3

CONFIRMATION NO. 7721

22830
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA94303

FILING RECEIPT

Date Mailed: 02/26/2007

Receipt is acknowledged of this regular Patent Application. It will be considered in its order and you will be notified as to the results of the examination. Be sure to provide the U.S. APPLICATION NUMBER, FILING DATE, NAME OF APPLICANT, and TITLE OF INVENTION when inquiring about this application. Fees transmitted by check or draft are subject to collection. Please verify the accuracy of the data presented on this receipt. **If an error is noted on this Filing Receipt, please mail to the Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria Va 22313-1450. Please provide a copy of this Filing Receipt with the changes noted thereon. If you received a "Notice to File Missing Parts" for this application, please submit any corrections to this Filing Receipt with your reply to the Notice. When the USPTO processes the reply to the Notice, the USPTO will generate another Filing Receipt incorporating the requested corrections (if appropriate).**

Applicant(s)

Carlos Avendano, Campbell, CA;

Assignment For Published Patent Application

Audience, Inc.

Power of Attorney: The patent practitioners associated with Customer Number 22830

Domestic Priority data as claimed by applicant

This appln claims benefit of 60/850,928 10/10/2006
and is a CIP of 11/343,524 01/30/2006

Foreign Applications

If Required, Foreign Filing License Granted: 02/26/2007

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is
US11/699,732

Projected Publication Date: Request for Non-Publication Acknowledged

Non-Publication Request: Yes

Early Publication Request: No

** SMALL ENTITY **

Title

System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement

Preliminary Class

381

PROTECTING YOUR INVENTION OUTSIDE THE UNITED STATES

Since the rights granted by a U.S. patent extend only throughout the territory of the United States and have no effect in a foreign country, an inventor who wishes patent protection in another country must apply for a patent in a specific country or in regional patent offices. Applicants may wish to consider the filing of an international application under the Patent Cooperation Treaty (PCT). An international (PCT) application generally has the same effect as a regular national patent application in each PCT-member country. The PCT process **simplifies** the filing of patent applications on the same invention in member countries, but **does not result** in a grant of "an international patent" and does not eliminate the need of applicants to file additional documents and fees in countries where patent protection is desired.

Almost every country has its own patent law, and a person desiring a patent in a particular country must make an application for patent in that country in accordance with its particular laws. Since the laws of many countries differ in various respects from the patent law of the United States, applicants are advised to seek guidance from specific foreign countries to ensure that patent rights are not lost prematurely.

Applicants also are advised that in the case of inventions made in the United States, the Director of the USPTO must issue a license before applicants can apply for a patent in a foreign country. The filing of a U.S. patent application serves as a request for a foreign filing license. The application's filing receipt contains further information and guidance as to the status of applicant's license for foreign filing.

Applicants may wish to consult the USPTO booklet, "General Information Concerning Patents" (specifically, the section entitled "Treaties and Foreign Patents") for more information on timeframes and deadlines for filing foreign patent applications. The guide is available either by contacting the USPTO Contact Center at 800-786-9199, or it can be viewed on the USPTO website at <http://www.uspto.gov/web/offices/pac/doc/general/index.html>.

For information on preventing theft of your intellectual property (patents, trademarks and copyrights), you may wish to consult the U.S. Government website, <http://www.stopfakes.gov>. Part of a Department of Commerce initiative, this website includes self-help "toolkits" giving innovators guidance on how to protect intellectual property in specific countries such as China, Korea and Mexico. For questions regarding patent enforcement issues, applicants may call the U.S. Government hotline at 1-866-999-HALT (1-866-999-4158).

LICENSE FOR FOREIGN FILING UNDER

Title 35, United States Code, Section 184

Title 37, Code of Federal Regulations, 5.11 & 5.15

GRANTED

The applicant has been granted a license under 35 U.S.C. 184, if the phrase "IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED" followed by a date appears on this form. Such licenses are issued in all applications where the conditions for issuance of a license have been met, regardless of whether or not a license may be required as set forth in 37 CFR 5.15. The scope and limitations of this license are set forth in 37 CFR 5.15(a) unless an earlier license has been issued under 37 CFR 5.15(b). The license is subject to revocation upon written notification. The date indicated is the effective date of the license, unless an earlier license of similar scope has been granted under 37 CFR 5.13 or 5.14.

This license is to be retained by the licensee and may be used at any time on or after the effective date thereof unless it is revoked. This license is automatically transferred to any related applications(s) filed under 37 CFR 1.53(d). This license is not retroactive.

The grant of a license does not in any way lessen the responsibility of a licensee for the security of the

subject matter as imposed by any Government contract or the provisions of existing laws relating to espionage and the national security or the export of technical data. Licensees should apprise themselves of current regulations especially with respect to certain countries, of other agencies, particularly the Office of Defense Trade Controls, Department of State (with respect to Arms, Munitions and Implements of War (22 CFR 121-128)); the Bureau of Industry and Security, Department of Commerce (15 CFR parts 730-774); the Office of Foreign AssetsControl, Department of Treasury (31 CFR Parts 500+) and the Department of Energy.

NOT GRANTED

No license under 35 U.S.C. 184 has been granted at this time, if the phrase "IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED" DOES NOT appear on this form. Applicant may still petition for a license under 37 CFR 5.12, if a license is desired before the expiration of 6 months from the filing date of the application. If 6 months has lapsed from the filing date of this application and the licensee has not received any indication of a secrecy order under 35 U.S.C. 181, the licensee may foreign file the application pursuant to 37 CFR 5.15(b).

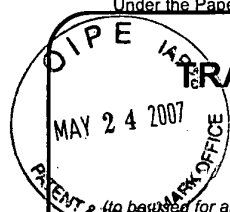
Ifw

PTO/SB/21 (09-04)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.



TRANSMITTAL FORM

(to be used for all correspondence after initial filing)

Total Number of Pages in This Submission

11

Application Number	11/699,732
Filing Date	January 29, 2007
First Named Inventor	Carlos Avendano
Art Unit	2615
Examiner Name	Unknown
Attorney Docket Number	PA3909US

ENCLOSURES (Check all that apply)

☐ Fee Transmittal Form ☐ Fee Attached ☐ Amendment/Reply ☐ After Final ☐ Affidavits/declaration(s) ☐ Extension of Time Request ☐ Express Abandonment Request ☒ Information Disclosure Statement ☐ Certified Copy of Priority Document(s) ☐ Reply to Missing Parts/Incomplete Application ☐ Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53	☐ Drawing(s) ☐ Licensing-related Papers ☐ Petition ☐ Petition to Convert to a Provisional Application ☐ Power of Attorney, Revocation ☐ Change of Correspondence Address ☐ Terminal Disclaimer ☐ Request for Refund ☐ CD, Number of CD(s) _____ ☐ Landscape Table on CD	☐ After Allowance Communication to TC ☐ Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences ☐ Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief) ☐ Proprietary Information ☐ Status Letter ☒ Other Enclosure(s) (please identify below): 1) Confirmation postcard; 2) Duplicate of IDS; 3) PTO/SB/08 (x2); 4) Copies of 3 cited nonpatent references
Remarks Total page number does not include postcard and nonpatent references		

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm Name	Carr & Ferrell LLP	Cust. No. 22830
Signature	<i>Susan Yee</i>	
Printed name	Susan Yee	
Date	May 21, 2007	Reg. No. 41,388

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:			
Signature	<i>Susan Yee</i>		
Typed or printed name	Susan Yee, Reg. No. 41,388	Date	May 21, 2007

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



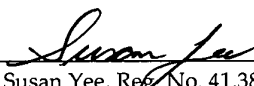
IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILING DATE: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones for
Speech Enhancement
ART UNIT: 2615
EXAMINER: Unknown
ATTY.DKT.NO.: PA3909US

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Mail Stop Amendment, Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313-1450, on the date printed below:

Dated: May 21, 2007

By: 
Susan Yee, Reg. No. 41,388

MAIL STOP AMENDMENT
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. §§ 1.56, and 1.97-1.98

SIR:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08 listing several references; copies of the non-

patent literature are enclosed. The Examiner is requested to make these references of official record in the application. The references cited may be material to examination of the application and are submitted in compliance with Applicant's duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56.

No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

Applicant believes no fee is due with this submission. If a fee is due, however, the Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600. A copy of this statement is submitted in duplicate for this purpose.

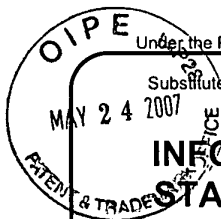
Respectfully submitted,
Carlos Avendano

Dated: May 21, 2007

By: _____


Susan Yee, Reg. No. 41,388
Carr & Ferrell LLP
2200 Geng Road
Palo Alto, CA 94303
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.



Substitute for form 1449/PTO

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT

(Use as many sheets as necessary)

Sheet 1

of 3

Complete if Known

Application Number	11/699,732
Filing Date	January 29, 2007
First Named Inventor	Carlos Avendano
Art Unit	2615
Examiner Name	Unknown
Attorney Docket Number	PA3909US

U. S. PATENT DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Document Number	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number-Kind Code ² (if known)			
		US- 4,649,505	03-10-1987	Zinser, Jr. et al.	
		US- 5,319,736	06-07-1994	Hunt	
		US- 5,381,473	01-10-1995	Andrea et al.	
		US- 5,694,474	12-02-1997	Ngo et al.	
		US- 6,002,776	12-14-1999	Bhadkamkar et al.	
		US- 6,061,456	05-09-2000	Andrea et al.	
		US- 6,072,881	06-06-2000	Linder	
		US- 6,222,927	04-24-2001	Feng et al.	
		US- 6,317,501	11-13-2001	Matsuo	
		US- 6,363,345	03-26-2002	Marash et al.	
		US- 6,430,295	08-06-2002	Handel et al.	
		US- 6,584,203	06-24-2003	Elko et al.	
		US- 6,717,991	04-06-2004	Gustafsson et al.	
		US- 6,738,482	05-18-2004	Jaber	
		US- 6,760,450	07-06-2004	Matsuo	
		US- 6,785,381	08-31-2004	Gartner et al.	
		US- 6,795,558	09-21-2004	Matsuo	
		US- 7,099,821	08-29-2006	Visser et al.	
		US- 7,171,008	01-30-2007	Elko	

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Foreign Patent Document	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T ⁶
		Country Code ³ -Number ⁴ -Kind Code ⁵ (if known)				

Examiner
SignatureDate
Considered

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. ¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² See Kinds Codes of USPTO Patent Documents at www.uspto.gov or MPEP 901.04. ³ Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ⁴ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁵ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁶ Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO

**INFORMATION DISCLOSURE
STATEMENT BY APPLICANT**

(Use as many sheets as necessary)

Sheet 2

of 3

Complete if Known

Application Number	11/699,732
Filing Date	January 29, 2007
First Named Inventor	Carlos Avendano
Art Unit	2615
Examiner Name	Unknown
Attorney Docket Number	PA3909US

U. S. PATENT DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Document Number	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number-Kind Code ² (if known)			
		US- 2001/0016020	08-23-2001	Gustafsson et al.	
		US- 2001/0031053	10-18-2001	Feng et al.	
		US- 2002/0009203	01-24-2002	Erten	
		US- 2002/0041693	04-11-2002	Matsuo	
		US- 2002/0080980	06-27-2002	Matsuo	
		US- 2002/0106092	08-08-2002	Matsuo	
		US- 2002/0116187	08-22-2002	Erten	
		US- 2003/0039369	02-27-2003	Bullen	
		US- 2003/0072460	04-17-2003	Gonopolskiy et al.	
		US- 2003/0099345	05-29-2003	Gartner et al.	
		US- 2003/0138116	07-24-2003	Jones et al.	
		US- 2003/0169891	09-11-2003	Ryan et al.	
		US- 2005/0185813	08-25-2005	Sinclair et al.	
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Foreign Patent Document	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T ⁶
		Country Code ³ -Number ⁴ -Kind Code ⁵ (if known)				

Examiner
SignatureDate
Considered

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. ¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² See Kinds Codes of USPTO Patent Documents at www.uspto.gov or MPEP 901.04. ³ Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ⁴ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁵ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁶ Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND

TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT <i>(Use as many sheets as necessary)</i>		Complete if Known	
		Application Number	11/699,732
		Filing Date	January 29, 2007
		First Named Inventor	Carlos Avendano
		Art Unit	2615
		Examiner Name	Unknown
Sheet 3	of 3	Attorney Docket Number	PA3909US

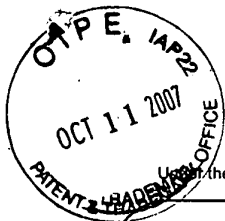
NON PATENT LITERATURE DOCUMENTS			
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc.), date, page(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ²
		AVENDANO, CARLOS, "Frequency-Domain Source Identification and Manipulation in Stereo Mixes for Enhancement, Suppression and Re-panning Applications," 2003 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, October 19-22, 2003, pp. 55-58, New Paltz, New York, USA.	
		WIDROW, B. et al., "Adaptive Antenna Systems," December 1967, pp. 2143-2159, Vol. 55 No. 12, Proceedings of the IEEE.	
		ELKO, GARY W., "Differential Microphone Arrays," Audio Signal Processing for Next-Generation Multimedia Communication Systems, 2004, pp. 12-65, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA.	

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached. This collection of information is required by 37 CFR 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.



PTO/SB/36 (07-05)
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

RESCISSION OF PREVIOUS NONPUBLICATION REQUEST (35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(ii)) AND, IF APPLICABLE, NOTICE OF FOREIGN FILING (35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(iii))	Application Number	11/699,732
	Filing Date	January 29, 2007
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Title	System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones for Speech Enhancement
	Atty Docket Number	PA3909US
	Art Unit	2615
	Examiner	Unknown

Send completed form to:
Mail Stop PG Pub
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450
FAX: (571) 273-8300

A request that the above-identified application not be published under 35 U.S.C. 122(b) (nonpublication request) was included with the above-identified application on filing pursuant to 35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(i).
I hereby **rescind** the previous nonpublication request.

If a notice of foreign or international filing is or will be required by 35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(iii) and 37 CFR 1.213(c), I hereby provide such notice. This notice is being provided no later than forty-five (45) days after the date of such foreign or international filing.

If a notice of subsequent foreign or international filing required by 35 U.S.C. 122(b)(2)(B)(iii) and 37 CFR 1.213(c) was not filed within forty-five (45) days after the date of filing of the foreign or international application, the application is ABANDONED, and a petition to revive under 37 CFR 1.137(b) is required. See 37 CFR 1.137(f).

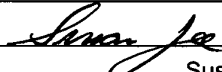
	October 9, 2007
Signature	Date
Susan Yee	41,388
Typed or printed name	Registration Number, if applicable
650-812-3400	
Telephone Number	

This request must be signed in compliance with 37 CFR 1.33(b).

If information or assistance is needed in completing this form, please contact the Pre-Grant Publication Division at (703)605-4283 or by e-mail at PGPub@USPTO.gov.

CERTIFICATE OF MAILING OR TRANSMISSION

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Mail Stop PG Pub, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, or facsimile transmitted to the U.S. Patent and Trademark Office on the date shown below.

Signature	
Name (Print/Type)	Susan Yee, Reg. No. 41,388
Date	October 9, 2007

This collection of information is required by 37 CFR 1.213(b). The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 6 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Mail Stop PG Pub, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



IFW

PTO/SB/21 (09-04)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

TRANSMITTAL FORM (to be used for all correspondence after initial filing)	Application Number	11/699,732	
	Filing Date	January 29, 2007	
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2615	
	Examiner Name	Unknown	
Total Number of Pages in This Submission	2	Attorney Docket Number	PA3909US

ENCLOSURES (Check all that apply)		
☐ Fee Transmittal Form	☐ Drawing(s)	☐ After Allowance Communication to TC
☐ Fee Attached	☐ Licensing-related Papers	☐ Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
☐ Amendment/Reply	☐ Petition	☐ Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
☐ After Final	☐ Petition to Convert to a Provisional Application	☐ Proprietary Information
☐ Affidavits/declaration(s)	☐ Power of Attorney, Revocation Change of Correspondence Address	☐ Status Letter
☐ Extension of Time Request	☐ Terminal Disclaimer	☒ Other Enclosure(s) (please identify below):
☐ Express Abandonment Request	☐ Request for Refund	1) Confirmation postcard;
☐ Information Disclosure Statement	☐ CD, Number of CD(s) _____	2) Rescission of Previous Nonpublication Request (1 pg)
☐ Certified Copy of Priority Document(s)	☐ Landscape Table on CD	
☐ Reply to Missing Parts/ Incomplete Application	Remarks	
☐ Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53	Total page number does not include postcard.	

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT			
Firm Name	Carr & Ferrell LLP	Cust. No. 22830	
Signature			
Printed name	Susan Yee		
Date	October 9, 2007	Reg. No.	41,388

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING			
I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:			
Signature			
Typed or printed name	Susan Yee, Reg. No. 41,388	Date	October 9, 2007

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(c) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US

CONFIRMATION NO. 7721

22830
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA94303

Date Mailed. 10/18/2007

NOTICE OF NEW OR REVISED PROJECTED PUBLICATION DATE

The above-identified application has a new or revised projected publication date. The current projected publication date for this application is 01/24/2008. If this is a new projected publication date (there was no previous projected publication date), the application has been cleared by Licensing & Review or a secrecy order has been rescinded and the application is now in the publication queue.

If this is a revised projected publication date (one that is different from a previously communicated projected publication date), the publication date has been revised due to processing delays in the USPTO or the abandonment and subsequent revival of an application. The application is anticipated to be published on a date that is more than six weeks different from the originally-projected publication date.

More detailed publication information is available through the private side of Patent Application Information Retrieval (PAIR) System. The direct link to access PAIR is currently <http://pair.uspto.gov>. Further assistance in electronically accessing the publication, or about PAIR, is available by calling the Patent Electronic Business Center at 1-866-217-9197.

Questions relating to this Notice should be directed to the Office of Patent Publication at 1-888-786-0101.

PART 1 - ATTORNEY/APPLICANT COPY



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US

22830
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA 94303

CONFIRMATION NO. 7721 NONPUBLICATION RESCISSION LETTER



Date Mailed: 10/19/2007

Communication Regarding Rescission Of Nonpublication Request and/or Notice of Foreign Filing

Applicant's rescission of the previously-filed nonpublication request and/or notice of foreign filing is acknowledged. The paper has been reflected in the Patent and Trademark Office's (USPTO's) computer records so that the earliest possible projected publication date can be assigned.

The projected publication date is 01/24/2008.

If applicant rescinded the nonpublication request before or on the date of "foreign filing,"¹ then no notice of foreign filing is required.

If applicant foreign filed the application after filing the above application and before filing the rescission, and the rescission did not also include a notice of foreign filing, then a notice of foreign filing (not merely a rescission) is required to be filed within 45 days of the date of foreign filing. See 35 U.S.C. § 122(b)(2)(B)(iii), and Clarification of the United States Patent and Trademark Office's Interpretation of the Provisions of 35 U.S.C. § 122(b)(2)(B)(ii)-(iv), 1272 Off. Gaz. Pat. Office 22 (July 1, 2003).

If a notice of foreign filing is required and is not filed within 45 days of the date of foreign filing, then the application becomes abandoned pursuant to 35 U.S.C. § 122(b)(2)(B)(iii). In this situation, applicant should either file a petition to revive or notify the Office that the application is abandoned. See 37 CFR 1.137(f). Any such petition to revive will be forwarded to the Office of Petitions for a decision. Note that the filing of the petition will not operate to stay any period of reply that may be running against the application.

Questions regarding petitions to revive should be directed to the Office of Petitions at (571) 272-3282. Questions regarding publications of patent applications should be directed to the patent application publication hotline at (703) 605-4283 or by e-mail pgpub@uspto.gov.

¹ Note, for purpose of this notice, that "foreign filing" means "filing an application directed to the same invention in another country, or under a multilateral international agreement, that requires publication of applications 18 months after filing".



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(c) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US

CONFIRMATION NO. 7721

22830
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA94303

Title: System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement

Publication No. US-2008-0019548-A1

Publication Date: 01/24/2008

NOTICE OF PUBLICATION OF APPLICATION

The above-identified application will be electronically published as a patent application publication pursuant to 37 CFR 1.211, et seq. The patent application publication number and publication date are set forth above.

The publication may be accessed through the USPTO's publically available Searchable Databases via the Internet at www.uspto.gov. The direct link to access the publication is currently <http://www.uspto.gov/patft/>.

The publication process established by the Office does not provide for mailing a copy of the publication to applicant. A copy of the publication may be obtained from the Office upon payment of the appropriate fee set forth in 37 CFR 1.19(a)(1). Orders for copies of patent application publications are handled by the USPTO's Office of Public Records. The Office of Public Records can be reached by telephone at (703) 308-9726 or (800) 972-6382, by facsimile at (703) 305-8759, by mail addressed to the United States Patent and Trademark Office, Office of Public Records, Alexandria, VA 22313-1450 or via the Internet.

In addition, information on the status of the application, including the mailing date of Office actions and the dates of receipt of correspondence filed in the Office, may also be accessed via the Internet through the Patent Electronic Business Center at www.uspto.gov using the public side of the Patent Application Information and Retrieval (PAIR) system. The direct link to access this status information is currently <http://pair.uspto.gov/>. Prior to publication, such status information is confidential and may only be obtained by applicant using the private side of PAIR.

Further assistance in electronically accessing the publication, or about PAIR, is available by calling the Patent Electronic Business Center at 1-866-217-9197.

Pre-Grant Publication Division, 703-605-4283

Doc code :IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (10-08)

Approved for use through 11/30/2008. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2615	
	Examiner Name	Vivian C. Chin	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	4649505		1987-03-10	Zinser, Jr. et al.	
	2	4658426		1987-04-14	Chabries et al.	
	3	5208864		1993-05-04	Kaneda	
	4	5319736		1994-06-07	Hunt	
	5	5381473		1995-01-10	Andrea et al.	
	6	5402496		1995-03-28	Soli et al.	
	7	5574824		1996-11-12	Slyh et al.	
	8	5602962		1997-02-11	Kellermann	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	9	5694474		1997-12-02	Ngo et al.	
	10	5757937		1998-05-26	Itoh et al.	
	11	5796819		1998-08-18	Romesburg	
	12	6002776		1999-12-14	Bhadkamkar et al.	
	13	6061456		2000-05-09	Andrea et al.	
	14	6072881		2000-06-06	Linder	
	15	6222927	B1	2001-04-24	Feng et al.	
	16	6317501	B1	2001-11-13	Matsuo	
	17	6363345	B1	2002-03-26	Marash et al.	
	18	6430295	B1	2002-08-06	Handel et al.	
	19	6549630	B1	2003-04-15	Bobisuthi	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	20	6717991	B1	2004-04-06	Gustafsson et al.	
	21	6738482	B1	2004-05-18	Jaber	
	22	6760450	B2	2004-07-06	Matsuo	
	23	6785381	B2	2004-08-31	Gartner et al.	
	24	6795558	B2	2004-09-21	Matsuo	
	25	6882736	B2	2005-04-19	Dickel et al.	
	26	6917688	B2	2005-07-12	Yu et al.	
	27	6978159	B2	2005-12-20	Feng et al.	
	28	7031478	B2	2006-04-18	Belt et al.	
	29	7155019	B2	2006-12-26	Hou	
	30	7171008	B2	2007-01-30	Elko	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	31	7174022	B1	2007-02-06	Zhang et al.	
	32	7206418	B2	2007-04-17	Yang et al.	
	33	7246058	B2	2007-07-17	Burnett	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20010016020	A1	2001-08-23	Gustafsson et al.	
	2	20010031053	A1	2001-10-18	Feng et al.	
	3	20020009203	A1	2002-01-24	Erten	
	4	20020041693	A1	2002-04-11	Matsuo	
	5	20020080980	A1	2002-06-27	Matsuo	
	6	20020106092	A1	2002-08-08	Matsuo	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	7	20020116187	A1	2002-08-22	Erten	
	8	20030026437	A1	2003-02-06	Janse et al.	
	9	20030039369	A1	2003-02-27	Bullen	
	10	20030072460	A1	2003-04-17	Gonopolskiy et al.	
	11	20030099345	A1	2003-05-29	Gartner et al.	
	12	20030138116	A1	2003-07-24	Jones et al.	
	13	20030147538	A1	2003-08-07	Elko	
	14	20030169891	A1	2003-09-11	Ryan et al.	
	15	20040133421	A1	2004-07-08	Burnett et al.	
	16	20050049864	A1	2005-03-03	Kaltenmeier et al.	
	17	20050060142	A1	2005-03-17	Visser et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS			
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1		☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

EXAMINER SIGNATURE	
Examiner Signature	Date Considered

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2615
	Examiner Name	Vivian C. Chin
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☒ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Susan Yee/	Date (YYYY-MM-DD)	2009-02-02
Name/Print	Susan Yee	Registration Number	41388

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: Carlos Avendano

APPLICATION NO.: 11/699,732

FILED: January 29, 2007

TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones
for Speech Enhancement

EXAMINER: Vivian C. Chin

GROUP ART UNIT: 2615

ATTY.DKT.NO.: PA3909US

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. § 1.56, and 1.97-1.98

SIR:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08, listing several references. The Examiner is requested to make these references of official record in the application.

The references cited may be material to examination of the application and are submitted in compliance with Applicant's duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56. No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

Applicant believes no fee is due with this submission. If a fee is due, however, the Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

February 2, 2009

By: /Susan Yee/
Susan Yee, Reg. No. 41,388
Carr & Ferrell LLP
2200 Geng Road
Palo Alto, CA 94303
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Doc code :IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (10-08)

Approved for use through 11/30/2008. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2615	
	Examiner Name	Vivian C. Chin	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	7099821	B2	2006-08-29	Visser et al.	
	2	7146316	B2	2006-12-05	Alves	
	3	7142677	B2	2006-11-28	Gonopolskiy	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

[Add](#)

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20050152559	A1	2005-07-14	Gierl et al.	
	2	20050185813	A1	2005-08-25	Sinclair et al.	
	3	20050213778	A1	2005-09-29	Buck et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	4	20050276423	A1	2005-12-15	Aubauer et al.	
	5	20060120537	A1	2006-06-08	Burnett et al.	
	6	20070021958	A1	2007-01-25	Visser et al.	
	7	20070027685	A1	2007-02-01	Arakawa et al.	
	8	20070033020	A1	2007-02-08	(Kelleher) Francois et al.	
	9	20070078649	A1	2007-04-05	Hetherington et al.	
	10	20070116300	A1	2007-05-24	Chen	
	11	20070150268	A1	2007-06-28	Acero et al.	
	12	20070154031	A1	2007-07-05	Avendano et al.	
	13	20070165879	A1	2007-07-19	Deng et al.	
	14	20030061032	A1	2003-03-27	Gonopolskiy	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	15	20060074646	A1	2006-04-06	Alves et al.	
--	----	-------------	----	------------	--------------	--

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. Add

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Remove

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² j	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	04184400	JP		1992-07-01	Yoshio		☐
	2	06269083	JP		1994-09-22	Toru et al.		☐
	3	62110349	JP		1987-05-21	Miura		☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button. Add

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Remove

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1	MARC MOONEN et al. "Multi-Microphone Signal Enhancement Techniques for Noise Suppression and Dereverberation," source(s): http://www.esat.kuleuven.ac.be/sista/yearreport97/node37.html .	☐
	2	STEVEN BOLL et al. "Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Two Microphone Adaptive Noise Cancellation", source(s): IEEE Transactions on Acoustic, Speech, and Signal Processing. Vol. v ASSP-28, n 6, December 1980, pgs. 752-753.	☐
	3	CHEN LIU et al. "A two-microphone dual delay-line approach for extraction of a speech sound in the presence of multiple interferers", source(s): Acoustical Society of America. Vol. 110, 6, December 2001, pgs. 3218-3231.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2615
	Examiner Name	Vivian C. Chin
	Attorney Docket Number	PA3909US

4	COHEN et al. "Microphone Array Post-Filtering for Non-Stationary Noise", source(s): IEEE. May 2002	☐
5	JINGDONG CHEN et al. "New Insights into the Noise Reduction Wiener Filter", source(s): IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. Vol. 14, 4, July 2006, pgs. 1218-1234.	☐
6	RAINER MARTIN et al. "Combined Acoustic Echo Cancellation, Dereverberation and Noise Reduction: A two Microphone Approach", source(s): Annales des Telecommunications/Annals of Telecommunications. Vol. 29, 7-8, July -Aug 1994, pgs. 429-438.	☐
7	MITSUNORI MIZUMACHI et al. "Noise Reduction by Paired-Microphones Using Spectral Subtraction", source(s): 1998 IEEE. pgs. 1001-1004.	☐
8	LUCAS PARRA et al. "Convolutional blind Separation of Non-Stationary", source(s): IEEE Transactions on Speech and Audio Processing. Vol 8, 3, May 2008, pgs. 320-327.	☐
9	ISREAL COHEN. "Multichannel Post-Filtering in Nonstationary Noise Environment", source(s): IEEE Transactions on Signal Processing. Vol. 52, 5, May 2004, pgs. 1149-1160.	☐
10	R.A. GOUBRAN. "Acoustic Noise Suppression Using Regressive Adaptive Filtering", source(s): 1990 IEEE. pgs. 48-53	☐
11	IVAN TASHEV et al. "Microphone Array of Headset with Spatial Noise Suppressor", source(s): http://research.microsoft.com/users/ivantash/Documents/Tashev_MAforHeadset_HSCMA_05.pdf . (4 pages).	☐
12	MARTIN FUCHS et al. "Noise Suppression for Automotive Applications Based on Directional Information", source(s): 2004 IEEE. pgs. 237-240.	☐
13	JEAN-MARC VALIN et al. "Enhanced Robot Audition Based on Microphone Array Source Separation with Post-Filter", source(s): Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, September 28- October 2, 2004, Sendai, Japan. pgs. 2123-2128.	☐
14	JONT B. ALLEN. "Short Term Spectral Analysis, Synthesis, and Modification by Discrete Fourier Transform", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Vol ASSP-25, 3. June 1977. pgs. 235-238.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2615
	Examiner Name	Vivian C. Chin
	Attorney Docket Number	PA3909US

15	JONT B. ALLEN et al. "A Unified Approach to Short-Time Fourier Analysis and Synthesis", Proceedings of the IEEE. Vol. 65, 11, November 1977. pgs. 1558-1564.	☐
16	C. Avendano, "Frequency-Domain Techniques for Source Identification and Manipulation in Stereo Mixes for Enhancement, Suppression and Re-Panning Applications," in Proc. IEEE Workshop on Application of Signal Processing to Audio and Acoustics, Waspaa, 03, New Paltz, NY, 2003.	☐
17	B. Widrow et al., "Adaptive Antenna Systems," Proceedings IEEE, Vol. 55, No. 12, pp. 2143-2159, December, 1967.	☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2615
	Examiner Name	Vivian C. Chin
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☒ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Susan Yee/	Date (YYYY-MM-DD)	2008-02-02
Name/Print	Susan Yee	Registration Number	41388

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Carlos Avendano

APPLICATION NO.: 11/699,732

FILED: January 29, 2007

TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones
for Speech Enhancement

EXAMINER: Vivian C. Chin

GROUP ART UNIT: 2615

ATTY.DKT.NO.: PA3909US

COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

**List of Co-Pending Patents or Patent Applications That May Be Directed
Towards Similar Subject Matter**

Examiner's Initials	Application Number	First-Named Inventor	Title	Filing Date
	11/343,524	Carlos Avendano	System and Method for Utilizing Inter-Microphone Level Differences for Speech Enhancement	01/30/2006

DERWENT-ACC-NO: 1992-272247

DERWENT-WEEK: 199233

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Sound noise suppressor for voice response unit - estimates noise level from power spectrum difference between output signals of two microphones NoAbstract

PATENT-ASSIGNEE: NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP[NITE]

PRIORITY-DATA: 1990JP-0313388 (November 19, 1990)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES MAIN-IPC JP 04184400 A July 1, 1992

N/A

007

G10L 003/02

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO APPL-DATE JP 04184400A N/A

1990JP-0313388

November 19, 1990

INT-CL (IPC): G10L003/02, G10L009/00 , H04R003/00

ABSTRACTED-PUB-NO:

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

TITLE-TERMS: SOUND NOISE SUPPRESS VOICE RESPOND UNIT ESTIMATE
NOISE LEVEL POWER SPECTRUM DIFFER OUTPUT SIGNAL TWO
MICROPHONE NOABSTRACT

DERWENT-CLASS: P86 W04

EPI-CODES: W04-T; W04-V;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1992-208187

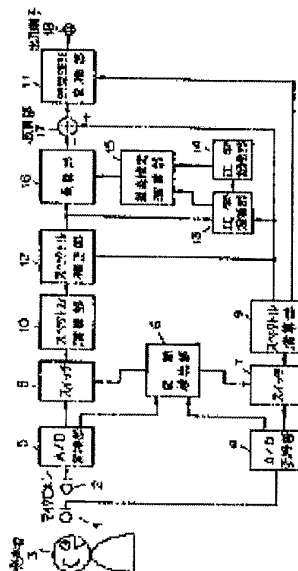
NOISE REMOVING DEVICE

Patent number: JP4184400
Publication date: 1992-07-01
Inventor: NAKADAI YOSHIO
Applicant: NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE
Classification:
- international: **G10L15/20; G10L21/02; H04B1/10; H04R3/00; G10L15/00; G10L21/00; H04B1/10; H04R3/00; (IPC1-7): G10L3/02; G10L9/00; H04R3/00**
- european:
Application number: JP19900313388 19901119
Priority number(s): JP19900313388 19901119

Report a data error here

Abstract of JP4184400

PURPOSE:To allow the noise removal which is strong to the input of noises having time changes, hardly removes voice components and has a high noise removing capacity by decreasing noise components and removing the voice components from the signals in which the noises and voices coexist. **CONSTITUTION:**The noises are received in the environment where there are the ambient noises and the outputs of A/D converting sections 4 and 5 are respectively inputted to spectrum computing sections 9 and 10 where the filter coeff. of a spectrum correcting section 12 is learned by utilizing the ratio of the long time average value to the short-time power spectra. The ratio of the spectra of the voices of an uttering person 3 is calculated in the state of having no ambient noises and the state of having the noises. The waveforms of the sections decided to be the voices by a segment detecting section 6 from the digital waveforms by the A/D converting section 4 to 5 of the voices of the uttering person 3 are subjected to the correction by the spectrum correcting section 12 only for the output of the spectrum computing section 10 and are respectively sent to a ratio computing section 13. The noise component are estimated by a noise estimating computing section 15 on accordance with the results of the calculation. The results of the calculation of the estimated noise power spectra are sent to a subtraction section 17 and are subtracted, by which the voice waveforms after the noise removal are obt'd.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-184400

⑤ Int. Cl.³ 識別記号 庁内整理番号 ⑬ 公開 平成4年(1992)7月1日
G 10 L 3/02 3 0 1 8842-5D
9/00 F 8622-5H
H 04 R 3/00 3 2 0 8622-5H
審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 雑音除去装置

⑯ 特 願 平2-313388

⑰ 出 願 平2(1990)11月19日

⑱ 発 明 者 中 藁 芳 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 草 野 卓

明 細 書

1. 発明の名称

雑音除去装置

2. 特許請求の範囲

(1) 同一発声者からの音声信号をその発声者に近接した2か所の位置から同時に受信できる第1および第2の信号入力器と、

これら第1、第2の信号入力器からの出力をそれぞれパワースペクトルに変換する第1、第2のスペクトル演算手段と、

上記第2の信号入力器の出力パワースペクトルに対する上記第1の信号入力器の出力パワースペクトルの比率を求める比率演算手段と、

周囲雑音が存在しない状態での収容時の上記比率を記憶する比率記憶手段と、

上記記憶した比率と、現在計算される上記比率と、上記第2の信号入力器の出力パワースペクトルとからその出力パワースペクトルに重畳されている雑音パワースペクトルを推定する雑音推定演算手段と、

この推定雑音パワースペクトルを上記第1の信号入力器の出力パワースペクトルより除去する減算手段と、

を具備する雑音除去装置。

3. 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

この発明は、雑音と音声とが混在する信号から、雑音成分を低減し音声成分を取り出す雑音除去装置に関するものである。

「従来の技術」

従来より、音声認識装置などにおいて、自動車騒音下などの種々の雑音環境下でも音声の特徴を安定して得ることを目的として、音声入力段にさまざまな雑音除去手法を用いることが提案されている。

例えば、装置の信号入力器を1組とし、入力される信号について予め目的とする音声信号を含む音声区間と音声信号を含まない雑音区間とがわかっているときに、雑音区間についてその平均パワースペクトルを求め、音声区間全体にわたってこ

の平均パワースペクトルを差し引いて雑音除去を行う方法がある。

また、信号入力器を2組とし、信号入力器に2組に同時に入力される信号について、音声信号と雑音とのSN比が大きい入力信号パワースペクトルからSN比の小さい入力信号パワースペクトルを差し引いて雑音除去を行う方法がある。

「発明が解決しようとする課題」

前者の方法では、雑音パワースペクトルが時間の変動を伴う場合に、除去しようとする雑音パワースペクトルと実際の雑音パワースペクトルとの間に違いが生じ、音声成分を除去してしまうなどの不適切な雑音除去をなす場合がある。つまり雑音は一般的に、時間的に安定した確率分布をもって発生することは保証されていない。従って、音声区間外で求めた雑音パワースペクトルを用いて音声区間内の雑音パワースペクトルを除去する方法は、両者のパワースペクトルが異なった振幅値を持つ可能性があるため、雑音除去方法として適切ではない。

することにある。

「課題を解決するための手段」

この発明では、発声者の近くに位置する第1の信号入力器と、この第1の信号入力器に近接して位置する第2の信号入力器との2組の信号入力器を用い、それぞれの入力信号に対し短時間信号分析を行い信号パワースペクトルがスペクトル演算手段でそれぞれ求められ、周囲雑音のない場合に発声者によって音声が発声されたときの2つの入力信号のパワースペクトルの比率が比率記憶手段に予め記憶され、除去を目的とする周囲雑音のある場合に発声者によって音声が発声されたときの2つの入力信号のパワースペクトルの比率が比率演算手段で求められ、この比率と、先に記憶しておいたパワースペクトルの比率とを比較することにより、周囲雑音がある場合とない場合とでのパワースペクトルの比率の差分から信号パワースペクトル中の周囲雑音のパワースペクトル成分が雑音推定演算手段で推定され、この推定雑音パワースペクトル成分を発声者の近くに位置する信号入

後者の方法では、信号入力器の配置方法により2つの入力信号のSN比が近い値を持つような場合に、除去する側の信号パワースペクトルに音声成分が混在するために、1入力による場合と同様に音声成分も除去するような不適切な除去結果を生じる。また、この方法では、除去する側の信号パワースペクトルに音声成分が混入することを防ぐ目的で、一方の信号入力器を発声者から離して配置する対処方法が取られるが、このときには2組の信号入力器に入力される雑音信号のパワースペクトルの間に時間相関性が成立しなくなり、除去しようとするパワースペクトルと実際の雑音パワースペクトルとの間に違いが生じ、不適切な雑音除去をなす場合がある。

この発明の目的は、雑音環境下で2つの音声入力器を用いて、従来より存在する1つの信号入力器による雑音除去装置および2つの信号入力器による雑音除去装置と比較して、時間変化のある雑音の入力に強く、また、音声成分の除去が生じにくく、雑音除去能力の高い、雑音除去装置を提供

力器で受信したパワースペクトル成分から演算手段で除去されて、雑音を除去した音声パワースペクトルが得られる。

つまり、発声者の位置が固定で、周囲雑音が複数の信号入力器に対してほぼ同一に入力される場合、複数の信号入力器のうち、発声者に最も近い信号入力器に対する他の信号入力器のパワースペクトルの比率を観測すれば、雑音が多く存在する場合とあまり存在しない場合とではパワースペクトルの比率が異なるため、存在しない場合の比率と存在する場合の比率とを比較して入力信号中の雑音パワースペクトルを推定することが可能となり、この推定パワースペクトルを発声者に最も近い信号入力器のパワースペクトルから除去することにより雑音除去された音声パワースペクトルを得るものである。

「実施例」

第1図にこの発明の実施例を示す。マイクロホン1および2は、いずれも同一周波数帯域の音声信号を入力するものであり、マイクロホン1は雑

特開平4-184400(3)

音を除去した音声信号を取り出すことを目的とした音声信号入力器であり、また、マイクロホン2は推定雑音パワースペクトルを生成し、これをマイクロホン1の信号パワースペクトルより除去することを目的とした音声信号入力器である。マイクロホン1および2の指向特性は、同一であり、例えば、単一指向性マイクロホンとする。この実施例では、マイクロホン1および2は、周囲雑音の雑音源より遠くに配置し、また、マイクロホンを発声者に近接配置したときはマイクロホンの位置が発声者からわずかに遠くに移動しても音圧レベルの減少効果が大いことを利用して雑音除去および音声区間検出を行うものであるため、マイクロホン1の音声対雑音比がマイクロホン2のそれよりも大きくなるようにする。すなわち、マイクロホン2よりもマイクロホン1の方を発声者3に近接させて配置するものとする。

発声者3と2つのマイクロホン1、2までの各距離およびマイクロホン1から2までの距離は、任意であるが、両マイクロホン1、2で受信する

周波数帯域内の信号について2つのマイクロホン1、2間での位相のずれが無いように配置することが望ましい。例えば、発声者3からマイクロホン1までの距離を40cm、マイクロホン1から2までの距離を5cmとし、発声者3およびマイクロホン1、2の位置関係はこれらが一直線上に並ぶようにする。また、2つのマイクロホン1、2間およびこれらと発声者3との配置関係は発声者3の発声中には固定されているものとする。

A/D変換部4および5は、それぞれマイクロホン1および2の各出力アナログ波形信号を同一のサンプリング周波数でデジタル波形信号に変換するものである。このとき、サンプリング周波数はナイキストのサンプリング定理からマイクロホン1および2の受信する周波数帯域の上限値の2倍より大きいものとし、例えば、マイクロホン1および2の受信する周波数帯域が300Hzから4kHzとすると、A/D変換部4および5のサンプリング周波数は、例えば、10kHzとする。

区間検出部6は、A/D変換部4および5の出

力波形を入力して、A/D変換部4および5の出力波形に音声を含むかどうかを検出するものである。スイッチ7および8は、区間検出部6の検出結果から音声区間と判断された場合にA/D変換部4および5の各出力をそれぞれスイッチ7および8を通じてスペクトル演算部9および10にそれぞれ供給する。

スペクトル演算部9および10は、それぞれA/D変換部4および5の出力波形から短時間パワースペクトルを計算する。パワースペクトルを計算する区間長(分析フレーム長)は、例えば、A/D変換部4および5のサンプリング周波数10kHzに対し256サンプル毎、すなわち25.6ms毎とし、パワースペクトルの計算には、例えば、高速フーリエ変換を使用する。また、スペクトル演算部9からは、短時間パワースペクトル計算時に分離したA/D変換部4の出力波形の位相情報を時間波形変換部11へ送る。

スペクトル補正部12はマイクロホン1および2とA/D変換部4および5で生じたマイク

ホン1と2との間のパワースペクトル形状の違いを補正するデジタルフィルタである。比率演算部13は、スペクトル演算部9および10で計算されたパワースペクトルの比率を計算するものであり、比率記憶部14は、比率演算部13の計算結果を記憶するものである。雑音推定演算部15は、比率演算部13の計算結果と比率記憶部14の記憶数値とから、スペクトル演算部10で計算されたマイクロホン2で受信される音声信号中に含まれる雑音パワースペクトルの割合を計算する。乗算部16は、雑音推定演算部15の計算結果を、スペクトル演算部10で計算したパワースペクトルに乘じ、推定雑音パワースペクトルを出力する。減算部17は、スペクトル演算部9で計算したパワースペクトルより乗算部16で出力される推定雑音パワースペクトルを除去する。時間波形変換部11は、減算部17の出力パワースペクトルとA/D変換部4の出力波形の位相情報とから雑音除去後の時間波形を得るものである。出力端子18は時間波形変換部11の出力が出力される出力端

である。

この実施例での動作を説明する。まず、マイクロホン 2 からの音声信号のパワースペクトルをマイクロホン 1 からの音声信号のパワースペクトルへ適合させるスペクトル補正部 12 のフィルタ係数は既に学習されて決定されているものとする。この学習方法は、例えば、除去を目的とする周囲雑音のある環境において、マイクロホン 1 および 2 により雑音を受信させ、スイッチ 7 および 8 により A/D 変換部 4 および 5 の出力をスペクトル演算部 9 および 10 にそれぞれ入力させ、これにより得られる短時間パワースペクトルの長時間平均値の比率を利用してスペクトル補正部 12 のフィルタ係数を学習させるものである。すなわち、スペクトル演算部 9 および 10 の各 1 フレーム当りの短時間パワースペクトルの 100 フレーム間の平均値の値をそれぞれ $MP_1(\omega)$ 、 $MP_2(\omega)$ とすると、スペクトル補正部 12 のフィルタ係数 $FP(\omega)$ は(1) 式で求められる。

$$FP(\omega) = MP_1(\omega) / MP_2(\omega) \quad (1)$$

としたとき、 K_r があるしきい値 K_{th} に対して、 $K_r \geq K_{th}$ となる区間について音声区間であると判定するものである。この判定結果より、音声と判定された区間について、区間検出部 6 からの信号によりスイッチ 7 および 8 が閉じられ、A/D 変換部 4 および 5 の各デジタル波形出力は、スペクトル演算部 9 および 10 にそれぞれ送られる。スペクトル演算部 9 および 10 で計算されたパワースペクトルは、スペクトル演算部 10 の出力については、スペクトル補正部 12 による補正を受けて、それぞれ比率演算部 13 に送られる。比率演算部 13 においては、スペクトル演算部 9 および 10 から送られたパワースペクトル波形を一定時間長分、例えば、100 フレーム分蓄積し、(3) 式および(4) 式のように比率を求める。スペクトル演算部 9 で計算されたパワースペクトルを $P_1(\omega)$ 、スペクトル演算部 10 で計算されスペクトル補正部 12 によって補正されたパワースペクトルを $P_2(\omega)$ とし、 $P_1(\omega)$ および $P_2(\omega)$ の各 100 フレーム間の平均値をそれぞれ $AP_1(\omega)$ および A

ここで、 ω はフーリエ変換の計算ポイントであり、例えば、 $0 \leq \omega \leq 5 \text{ kHz}$ の範囲である。このようにしてスペクトル演算部 10 からスペクトル演算部 9 へのパワースペクトルの適合は、スペクトル演算部 10 の出力にフィルタ係数 $FP(\omega)$ を乗じて求める。

次に、周囲雑音がない状態で発声者 3 によって発声された音声のマイクロホン 1、2 間のパワースペクトルの比率を算出する。周囲雑音がない状態は、例えば、マイクロホン 1 および 2 を周囲雑音のない場所で使用することにより実現できる。発声者 3 が任意の音声を発声すると、音声はマイクロホン 1 および 2 により受信され、A/D 変換部 4 および 5 に送られ、デジタル波形信号として出力される。この波形から、区間検出部 6 により、音声かどうか判定される。区間検出部 6 の波形検出アルゴリズムは、例えば、A/D 変換部 4 および 5 の出力波形の短時間パワーをそれぞれ K_1 、 K_2 とするとき、その比率 K_r を

$$K_r = K_1 / K_2 \quad (2)$$

$P_2(\omega)$ とすると、比率演算部 13 で求めるパワースペクトル比率 $R(\omega)$ および長時間パワースペクトル比率 $AR(\omega)$ は、

$$R(\omega) = P_1(\omega) / P_2(\omega) \quad (3)$$

$$AR(\omega) = AP_1(\omega) / AP_2(\omega) \quad (4)$$

となる。一般に、受信する音声信号のゆらぎにより、 $R(\omega)$ の値は $AR(\omega)$ の値よりも安定せずばらつく。この実施例では、パワースペクトル比率として、 $R(\omega)$ の代わりに $AR(\omega)$ を採用する。 $AR(\omega)$ は比率記憶部 14 へ送られて記憶される。

次に、除去を目的とする周囲雑音がある状態で発声者 3 によって発声された音声のマイクロホン 1、2 間のパワースペクトルの比率を算出する。このときの 2 つのマイクロホン 1、2 および発声者 3 の配置関係は上記の周囲雑音がない状態で発声者 3 に発声してもらった場合と同一である。上記の周囲雑音がない状態での発声と同様に、発声者 3 が任意の音声を発声すると、音声はマイクロホン 1 および 2 により受信され、A/D 変換部 4

および5によりデジタル波形信号として出力される。この波形から、区間検出部6により、音声を含む区間かそうでないかが判定され、音声と判定された区間の波形は、スイッチ7および8を介して、スペクトル演算部9および10に送られる。スペクトル演算部9および10で計算されたパワースペクトルは、スペクトル演算部10の出力についてのみスペクトル補正部12による補正を受けて、それぞれ比率演算部13に送られる。

比率演算部13では、上記の場合と同様に、スペクトル演算部9の出力およびスペクトル補正部12の出力をそれぞれ $P_{n1}(\omega)$ 、 $P_{n2}(\omega)$ としたとき、雑音のある場合のパワースペクトル比率 $Q(\omega)$ を(5)式により求める。

$$Q(\omega) = P_{n1}(\omega) / P_{n2}(\omega) \quad (5)$$

次に、 $R(\omega)$ および $Q(\omega)$ の計算結果をもとに、雑音推定演算部15により、 $P_{n2}(\omega)$ における雑音成分を推定する。

マイクロホン1および2で観測される雑音のパワースペクトルをそれぞれ $N_1(\omega)$ および $N_2(\omega)$ 、

また、音声のパワースペクトルをそれぞれ $S_1(\omega)$ および $S_2(\omega)$ とすると、 $P_{n1}(\omega)$ および $P_{n2}(\omega)$ は、

$$P_{n1}(\omega) = S_1(\omega) + N_1(\omega) \quad (6)$$

$$P_{n2}(\omega) = S_2(\omega) + N_2(\omega) \quad (7)$$

となる。ここで、スペクトル補正部12により、マイクロホン1、2間で雑音に対するパワースペクトル補正を行っていることから、

$$N_1(\omega) = N_2(\omega) \quad (8)$$

の関係が成立する。また、比率演算部13で求めるパワースペクトル比率 $R(\omega)$ と長時間パワースペクトル比率 $AR(\omega)$ とにおいて、パワースペクトル比率が音声信号に依存せず、発声者3とマイクロホン1および2との位置関係だけに依存して決定されると仮定すれば、

$$R(\omega) = AR(\omega) \quad (9)$$

の関係が成立する。さらに(3)式においてマイクロホン1および2に入力される信号は発声者3による音声信号が主で周囲雑音信号が無視できるほど小さいものと仮定すれば、 $R(\omega)$ は、

$$N_2(\omega) = G(\omega) P_{n2}(\omega) \quad (16)$$

ただし、

$$G(\omega) = \frac{1}{X(\omega) + 1} \quad (17)$$

が得られる。よって、(15)式、(16)式および(17)式によりマイクロホン2の入力信号のパワースペクトル $P_{n2}(\omega)$ から、比率記憶部14に記憶した $AR(\omega)$ および現に入力されたマイクロホン1、2の出力のパワースペクトルの比率 $Q(\omega)$ を使用して、その時、入力された雑音信号パワースペクトル $N_2(\omega)$ が推定されたことになる。ただし、マイクロホン1および2の位置関係から以下の不等式が成立することが必要である。

$$AR(\omega) \geq Q(\omega) \geq 1 \quad (18)$$

理想的には、全ての ω について(18)式は成立する。ところが、実際には雑音成分のゆらぎにより、 ω によっては(18)式が成立しない場合がある。よって、これらの方程式をもとに、雑音推定演算部15では、(18)式が成立しない場合の近似推定を含めて、以下のようなアルゴリズムで(15)式および

$$R(\omega) = S_1(\omega) / S_2(\omega) \quad (10)$$

と書き換えられる。そこで、(8)式、(9)式、(10)式、(11)式、(12)式、(13)式に代入し、また、

$$X(\omega) = S_2(\omega) / N_2(\omega) \quad (11)$$

なる $X(\omega)$ を定義すると、(6)式および(7)式は次のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} P_{n1}(\omega) &= S_1(\omega) + N_1(\omega) \\ &= AR(\omega) S_2(\omega) + N_2(\omega) \\ &= \{AR(\omega) X(\omega) + 1\} N_2(\omega) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} P_{n2}(\omega) &= S_2(\omega) + N_2(\omega) \\ &= \{X(\omega) + 1\} N_2(\omega) \end{aligned} \quad (13)$$

従って、 $Q(\omega)$ は、

$$\begin{aligned} Q(\omega) &= P_{n1}(\omega) / P_{n2}(\omega) \\ &= \frac{AR(\omega) X(\omega) + 1}{X(\omega) + 1} \end{aligned} \quad (14)$$

となる。(14)式を変形すると、

$$X(\omega) = \frac{Q(\omega) - 1}{AR(\omega) - Q(\omega)} \quad (15)$$

となり、また、(13)式から、

(17)式の推定を行う。まず、高速フーリエ変換の計算ポイント ω 毎に(18)式が成立するかどうかを確認する。次に、(18)式が成立するものについて、(15)式の分母である、

$$M(\omega) = AR(\omega) - Q(\omega) \quad (19)$$

を計算し、 $M(\omega) = 0$ となる ω については、 $G(\omega) = 0$ を代入し、 $M(\omega) > 0$ となる ω については(15)式および(17)式を計算して $G(\omega)$ を得る。また、雑音パワースペクトルのゆらぎによって(18)式が成立しない ω については、同一フレームのパワースペクトル上で、(18)式が成立する ω について $Q(\omega)$ の値を累計し、その平均値 Q_{ave} を求める。ここで、

$$M_{ave}(\omega) = AR(\omega) - Q_{ave} \quad (20)$$

を求め、 $M_{ave}(\omega) > 0$ となる ω については、

$$X(\omega) = \frac{Q(\omega) - 1}{M_{ave}(\omega)} \quad (21)$$

を求め、近似的な $X(\omega)$ を算出し、(17)式に代入して $G(\omega)$ を得る。また、 $M_{ave}(\omega) \leq 0$ となる ω については $G(\omega) = 0$ とする。このよ

うにして高速フーリエ変換の計算ポイント ω 毎に $G(\omega)$ を算出し、最後に、事前に設定したしきい値 G_{th} に対し $G(\omega) > G_{th}$ となる $G(\omega)$ について、 $G(\omega) = G_{th}$ として、雑音パワースペクトルのゆらぎにより $G(\omega)$ が巨大な値をとる場合を制限して、雑音推定演算部15での $G(\omega)$ の計算を完了する。

この $G(\omega)$ は雑音推定演算部15から乗算部16へ送られる。乗算部16では、 $G(\omega)$ をもとに(16)式の計算が行われ、推定雑音パワースペクトル $N_z(\omega)$ が算出される。この算出結果は減算部17へ送られ、スペクトル演算部9で計算したパワースペクトル $P_{n1}(\omega)$ より推定雑音パワースペクトル $N_z(\omega)$ が減算され、つまり、

$$P_{s1}(\omega) = P_{n1}(\omega) - N_z(\omega) \quad (22)$$

なる演算が行われ、雑音除去された信号パワースペクトル $P_{s1}(\omega)$ を得る。この $P_{s1}(\omega)$ は、時間波形変換部11へ送られ、先にスペクトル演算部9より伝送された位相情報を利用して逆フーリエ変換されて、雑音除去後のデジタルの時間

波形信号として出力端子18より得る。

音声認識装置などで、特に元の時間波形信号に戻す必要がない場合は、雑音除去後の音声パワースペクトル $P_{s1}(\omega)$ を得るようにしてもよい。

以降、音声区間についてはこれらの雑音除去操作が行われ、出力端子18より雑音除去後の音声波形を得る。

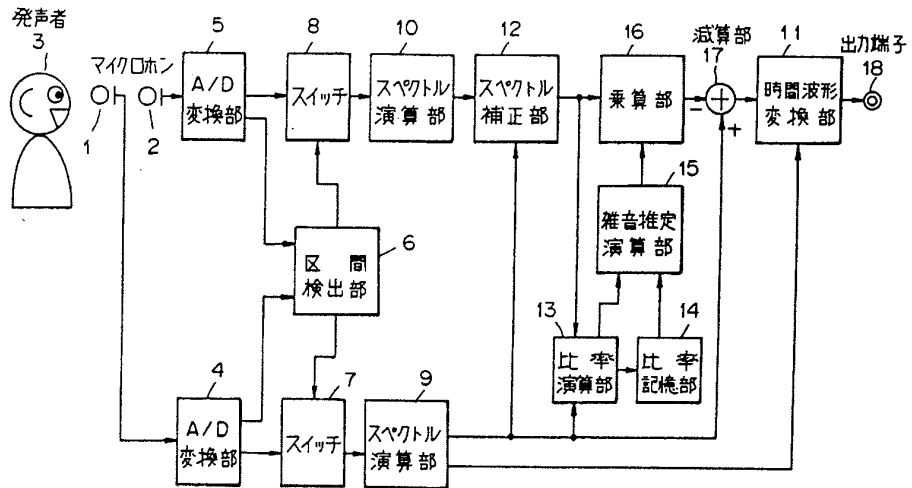
「発明の効果」

以上述べたように、この発明では、①2組の入力器によって雑音の混在する音声を入力することにより、音声に重畳する雑音パワースペクトルと同一の時間変化をする雑音パワースペクトルを推定することが容易となる、②1組の入力器のみ使用した従来の雑音除去方式よりも雑音の時間変動に対して追従性が良くなり、音声パワースペクトルの成分を誤って除去するなどの不適切な雑音除去を防ぐことができる、効果を有する。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の実施例を示すブロック図である。

図 1



DERWENT-ACC-NO: 1994-346040

DERWENT-WEEK: 200122

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Noise suppression equipment for microphone - uses digital filters and adaptive noise cancellation circuit to determine noise level

PATENT-ASSIGNEE: SONY CORP[SONY]

PRIORITY-DATA: 1993JP-0076371 (March 10, 1993)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO PUB-DATE LANGUAGE PAGES MAIN-IPC JP 06269083 A September 22, 1994 N/A

011

H04R 003/00

JP 3154151 B2

April 9, 2001

N/A

012

H04R 003/00

APPLICATION-DATA:

PUB-NO APPL-DESCRIPTOR APPL-NO APPL-DATE JP 06269083A N/A

1993JP-0076371

March 10, 1993

JP 3154151B2

N/A

1993JP-0076371

March 10, 1993

JP 3154151B2

Previous Publ.

JP 6269083

N/A

INT-CL (IPC): G10L003/02, G10L015/20 , G10L021/02 , H03H017/02 , H03H017/04 , H03H021/00 , H04R001/40 , H04R003/00

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 06269083A

BASIC-ABSTRACT:

The equipment consists of two microphones (11, 12) whose outputs are digitised using A/D convertors (13, 14). The output of these convertors are passed through a subtraction circuit (15) to get a differential signal. The output of the first A/D convertor is passed through a band pass filter (22). The differential signal is passed through another band pass filter (23). These outputs serve as main input and reference input to an adaptive noise cancellation circuit (10).

The output of the first A/D convertor is passed through a high pass filter (21) whose cut-off frequency is fixed in advance. The outputs of this filter and the noise cancellation circuit are passed through an adder (24). The output of the adder is passed through a D/A convertor (16) and the audio signal without wind noise is obtained at the output terminal (17).

USE/ADVANTAGE - E.g for use in carried in built-in-camera VTR and in recording and reproduction of audio signal. Reduces wind noise.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/8

TITLE-TERMS: NOISE SUPPRESS EQUIPMENT MICROPHONE DIGITAL FILTER
ADAPT NOISE CANCEL CIRCUIT DETERMINE NOISE LEVEL

DERWENT-CLASS: P86 U22 W04

EPI-CODES: U22-G01A5; U22-G01D; W04-B10; W04-G03; W04-M01K; W04-M01X;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1994-271812

MICROPHONE EQUIPMENT

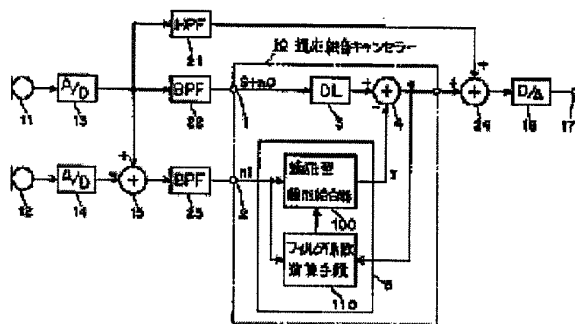
Patent number: JP6269083
Publication date: 1994-09-22
Inventor: SASAKI TORU; OKUBO HITOSHI; MIZUUCHI TAKAYUKI; GYOTOKU KAORU
Applicant: SONY CORP
Classification:
- international: G10L15/20; G10L21/02; H03H17/00; H03H17/02; H03H17/04; H03H21/00; H04B3/04; H04R1/40; H04R3/00; G10L15/00; G10L21/00; H03H17/00; H03H17/02; H03H17/04; H03H21/00; H04B3/04; H04R1/40; H04R3/00; (IPC1-7): H04R3/00; G10L3/02; H03H17/02; H03H17/04; H03H21/00; H04R1/40
- european:
Application number: JP19930076371 19930310
Priority number(s): JP19930076371 19930310

Report a data error here

Abstract of JP6269083

PURPOSE:To obtain a microphone equipment capable of obtaining excellent sound collection quality while sufficiently reducing wind noise.

CONSTITUTION:First and second microphone elements 11, 12 are arranged close to each other. A difference output of the 1st and 2nd microphone elements is obtained from a subtractor circuit 15. A component of a predetermined band whose frequency is a predetermined frequency or over in the output signal of the 1st microphone element 11 is extracted by a 1st filter 21. A component of a predetermined band whose frequency is below a predetermined frequency in output signals of the 1st microphone element 11 is extracted by a 2nd filter and the extracted signal component is used for a major input signal and it is fed to an adaptive noise canceller 10. A component for a predetermined band whose frequency is below a predetermined frequency in the difference output from the subtractor circuit 15 is extracted by a 3rd filter and the extracted signal component is applied to the adaptive noise canceller 10 as a reference input signal. The output signal of the 1st filter and the output signal of the adaptive noise canceller 10 are added by an adder circuit 24 and the sum is led out at an output terminal 17.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-269083

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

(51)IntCl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 R 3/00	3 2 0	7346-5H		
G 1 0 L 3/02	3 0 1 E	9379-5H		
H 0 3 H 17/02	L	7037-5 J		
17/04	A	7037-5 J		
21/00		7037-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-76371

(22)出願日 平成5年(1993)3月10日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 佐々木 徹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 大久保 仁

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 水内 崇行

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 弁理士 佐藤 正美

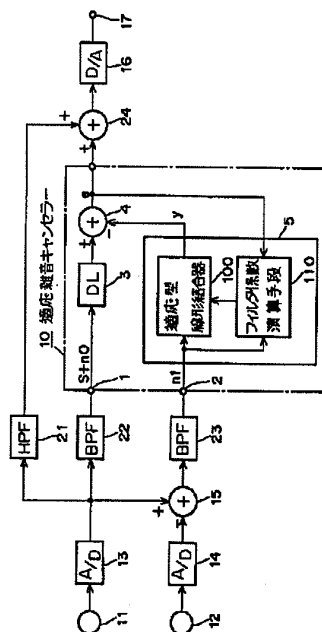
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マイクロホン装置

(57)【要約】

【目的】 風雑音を十分に低減しながら、良好な収音品質が得られるマイクロホン装置を実現する。

【構成】 第1及び第2のマイクロホン素子11及び12を近接して配置する。第1及び第2のマイクロホン素子の出力の差分出力を、減算回路15から得る。第1のマイクロホン素子11の出力信号の内の所定周波数以上の所定帯域の成分を第1のフィルタ21で抽出する。第1のマイクロホン素子11の出力信号の内の所定周波数以下の所定帯域の成分を第2のフィルタで抽出し、抽出した信号成分を主要入力信号として適応雑音キャンセラー10に供給する。減算回路15からの差分出力の内の所定周波数以下の所定帯域の成分を第3のフィルタで抽出し、抽出した信号成分を参照入力信号として適応雑音キャンセラー10に供給する。第1のフィルタの出力信号と、適応雑音キャンセラー10の出力とを加算回路24で加算して、出力端子17に導出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 近接して配置した第1及び第2のマイクロホン素子と、

上記第1及び第2のマイクロホン素子の出力の差分出力を得る手段と、

主要入力信号に含まれる雑音成分を、参照入力信号に基づいて適応的に低減するようにする適応雑音キャンセラーと、

上記第1のマイクロホン素子の出力信号の内の所定周波数以上の所定帯域の成分を抽出する第1のフィルタと、

上記第1のマイクロホン素子の出力信号の内の所定周波数以下の所定帯域の成分を抽出し、抽出した信号成分を上記主要入力信号として上記適応雑音キャンセラーに供給する第2のフィルタと、

上記第1及び第2のマイクロホン素子の差分出力の内の所定周波数以下の所定帯域の成分を抽出し、抽出した信号成分を上記参照入力信号として上記適応雑音キャンセラーに供給する第3のフィルタと、

上記第1のフィルタの出力信号と、上記適応雑音キャンセラーの出力とを加算して、装置出力とする加算手段とを備えるマイクロホン装置。

【請求項2】 請求項1に記載のマイクロホン装置において、

上記第3フィルタの出力信号のレベルに応じて、上記適応雑音キャンセラーの適応動作を制御することを特徴とするマイクロホン装置。

【請求項3】 請求項1に記載のマイクロホン装置において、

上記第1のフィルタの出力信号のレベルに応じて、上記適応雑音キャンセラーの適応動作を制御することを特徴とするマイクロホン装置。

【請求項4】 請求項1に記載のマイクロホン装置において、

上記第3フィルタの出力信号のレベルと、上記第1のフィルタの出力信号のレベルとの比に応じて、上記適応雑音キャンセラーの適応動作を制御することを特徴とするマイクロホン装置。

【請求項5】 請求項1に記載のマイクロホン装置において、

上記第2のフィルタは、上記第1のマイクロホン素子の出力信号の内の所定周波数以下の帯域を複数帯域に分割して、各分割帯域毎の成分を抽出するものであり、

上記第2のフィルタにより抽出された各分割帯域の信号成分は、各分割帯域に対応して設けられた複数の適応雑音キャンセラーに、それぞれ主要入力信号として供給され、

上記第3のフィルタは、上記第1及び第2のマイクロホン素子の差分出力の内の所定周波数以下の帯域を上記複数帯域に分割して、各分割帯域毎の成分を抽出するものであり、

上記第3のフィルタにより抽出された各分割帯域の信号成分は、上記複数の適応雑音キャンセラーに、それぞれ参照入力信号として供給され、

上記第1のフィルタの出力信号と、上記複数の適応雑音キャンセラーの複数の出力とを上記加算手段において加算するようにしたことを特徴とするマイクロホン装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、例えば、カメラ一体型VTRに搭載するマイクロホンやスピーチ/歌唱用マイクロホンなど広範囲に利用できるマイクロホン装置に関し、特に、自然風、呼気、空調などの気流にさらされるマイクロホン装置に大きな効果を発揮するものである。

【0002】

【従来の技術】マイクロホンは、音波による音圧の変化を振動板の機械的な振動に変換し、この機械的振動に基づき電気音響変換系を動作させて、電気信号を得るようにするものが多い。このため、マイクロホンで希望音声を受音する場合、希望音声以外の何等かの要因によって振動板に機械的振動が与えられると、これが希望音声に対しては、雑音となる。この場合に、上記の要因が風であれば、風による雑音（以下、これを風雑音と称する）が発生する。

【0003】マイクロホンにおいて発生する風雑音を低減する方法としては、

- (1) ウィンドスクリーン（風防）の使用
- (2) 電気的／音響的ハイパスフィルタの使用
- (3) 低音域で無指向性を示す構成の採用

などが、従来、良く用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記(1)の方法は、一般に、ウィンドスクリーンの外形寸法が大きいほど、また、マイクロホン素子とウィンドスクリーン内壁との距離が大きいほど、風雑音は小さくなるので、十分に風雑音を低減させようとするれば、ウィンドスクリーンは大きなものを用意しなくてはならないという問題がある。この問題は、機器の小型化や携帯性に大きな支障になる。

【0005】また、風雑音は低音域主体の雑音であるから、上記(2)の固定的な電気的／音響的ハイパスフィルタを使用する方法は有効であるが、風雑音を低減させようすると、同時に希望音源の低音域をも低減させてしまい、収音品質を低下させてしまう欠点がある。

【0006】さらに、上記(3)の方法は、マイクロホンの指向性が有指向性であるよりも無指向性である方が、風雑音が低いという事実から使用されている。しかし、この方法による風雑音の低減効果はあまり大きくはなく、その上、実際にはマイクロホン装置を構成する際の筐体の影響などもあって、風雑音が充分低いレベルに

ならない。

【0007】出願人は、以上の問題点を回避して、風雑音を十分に低減することができるようにする方法を、特願平3-349274号として、先に、提案している。この方法は、適応雑音キャンセラーを応用したものである。

【0008】図8は、この先に提案したマイクロホン装置の一例の構成を示すブロック図で、同図において、10は、適応雑音キャンセラーである。まず、この適応雑音キャンセラーについて説明する。

【0009】適応雑音キャンセラー10において、1は主要入力端子、2は参照入力端子であって、主要入力端子1を通じて入力された主要入力信号は遅延回路3を介して合成回路4に供給される。また、参照入力端子2を通じて入力された参照入力信号は、適応フィルタ回路5を介して合成回路4に供給され、遅延回路3からの信号から減算される。この合成回路4の出力は、適応フィルタ回路5に帰還されると共に、出力端子6に導出される。

【0010】この適応雑音キャンセラーにおいては、主要入力信号としては、希望信号 s と、これと無相関の雑音信号 n_0 とが加算されたものが入力される。一方、参照入力信号としては、雑音信号 n_1 が入力される。参照

$$\begin{aligned} E[e^2] &= E[s^2] + E[(n_0 - y)^2] + 2E[s(n_0 - y)] \\ &= E[s^2] + E[(n_0 - y)^2] \end{aligned}$$

となる。適応フィルタ回路5が収束するものとすれば、適応フィルタ回路5は、 $E[e^2]$ が最小になるよう※

$$E_{\min}[e^2] = E[s^2] + E_{\min}[(n_0 - y)^2]$$

となる。

【0015】すなわち、 $E[e^2]$ が最小化されることによって $E[(n_0 - y)^2]$ が最小化され、適応フィルタ回路5の出力 y は、雑音信号 n_0 の推定量になる。そして、合成回路4からの出力の期待値は、希望信号 s のみとなる。すなわち、適応フィルタ回路5を調整して全出力パワーを最小化することは、減算出力 e が、希望音声信号 s の最小二乗推定値になることに等しい。

【0016】なお、適応フィルタ回路5はアナログ信号処理回路で実現する場合とデジタル信号処理回路で実現する場合の、いずれでも可能であるが、一般的には、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）を用いたデジタル処理回路の構成とされる。

【0017】図8の例では、以上説明した適応雑音キャンセラー10を用いて風雑音を低減するマイクロホン装置を次のようにして実現している。すなわち、図8のマイクロホン装置においては、互いに近接して2個のマイクロホン素子11及び12を配置する。これらマイクロホン素子11、12は同特性のものが用いられ、例えば無指向性マイクロホンユニットが用いられる。

【0018】そして、一方のマイクロホン素子11の出力がA/Dコンバータ13によりデジタル信号に変換さ

*入力の雑音信号 n_1 は、希望信号 s とは無相関であるが、雑音信号 n_0 とは相関があるようにされている。

【0011】適応フィルタ回路5は、参照入力雑音信号 n_1 をフィルタリングして、雑音信号 n_0 に近似する信号 y を出力する。この場合は、適応フィルタ回路5においては、所定の適応のアルゴリズムにより、合成回路4の減算出力（残差出力） e が最小になるように、参照入力雑音信号 n_1 のフィルタリングのフィルタ係数を更新してゆく。

10 【0012】この適応フィルタ回路5の出力信号 y として、雑音信号 n_0 と逆相、等振幅の信号を得るようにすることもできる。遅延回路3は、適応フィルタ回路5での演算処理に要する時間遅れや適応フィルタでの伝播時間その他を補償して、減算処理する信号との時間合わせをするためのものである。

【0013】以下に、適応雑音キャンセラーの原理について説明する。

【0014】今、希望信号 s 、雑音 n_0 、雑音 n_1 、出力信号 y が統計的に定常であり、平均値が0であると仮定すると残差出力 e は、

$$e = s + n_0 - y$$

となる。これを二乗したものの期待値は、希望信号 s が雑音 n_0 及び出力 y と無相関であるから、

※に、適応フィルタ係数を更新するものである。このとき、 $E[s^2]$ は影響を受けないので、

れ、そのデジタル信号が主要入力信号として、適応雑音キャンセラー10の主要入力端子1に供給される。また、他方のマイクロホン素子12の出力がA/Dコンバータ14によりデジタル信号に変換され、そのデジタル信号が減算回路15に供給される。

【0019】この減算回路15においては、A/Dコンバータ13からのマイクロホン素子11の出力のデジタル信号と、この他方のマイクロホン素子12の出力のデジタル信号との差分が求められ、その差分出力が参照入力信号として、適応雑音キャンセラー10の参照入力端子2に供給される。

【0020】そして、適応雑音キャンセラー10の出力端子6に得られる信号は、D/Aコンバータ16によりアナログ信号に戻され、マイクロホン装置の出力信号として出力端子17に導出される。

【0021】この図8のマイクロホン装置の風雑音の低減動作について説明する。このマイクロホン装置により、風雑音が生じるような環境において、收音を行った場合、マイクロホン素子11及び12の出力は、收音音声信号に風雑音が含まれるものとなる。

【0022】上述したように、2個のマイクロホン素子11及び12は、近接して配置されているので、音声

は、これら2個のマイクロホン素子11、12に非常に相関の強い状態で收音される。一方、風によりマイクロホン素子11とマイクロホン素子12とに発生する風雑音は、それぞれのマイクロホン素子に固有となるため、両マイクロホン素子の風雑音の間に相関はない。

【0023】したがって、減算回路15において、2個のマイクロホン素子11及び12の出力の差分演算が行われると、音声信号はキャンセルされ、減算回路15からは風雑音のみの成分が得られる。図8の構成において、主要入力として適応雑音キャンセラー10に供給されるマイクロホン11の出力信号中の風雑音成分と、減算回路15からの風雑音成分とは相関があり、この減算回路15からの風雑音の成分が上述したように、適応雑音キャンセラー10の参照入力となっているので、出力端子17には、主要入力中の風雑音が適応雑音キャンセラー10により十分に低減される。

【0024】以上説明したように、図8の構成によれば、上記のようにして風雑音を低減することができるが、音声入力に及ぼす歪みの発生が問題として残る。すなわち、前述したように、適応雑音キャンセラーにおける希望入力信号は不要雑音信号と無相関であることが前提である。しかし、実際にはマイクロホンの風雑音と希望音声の低域成分とは完全に無相関とはならず、結果的に希望音声信号が無歪みで出力されることはない。

【0025】具体的には、変調歪みのような非線形歪みが音声信号出力に付加されたり、音声信号レベルが低減されてしまうなどの現象として現われる。特に音声信号レベルが相対的に大きい場合、あるいは適応フィルタを例えばデジタルFIRフィルタで構成したときにそのタップ数が小さい場合に、顕著である。

【0026】風雑音の低減効果と、希望音声への歪みの影響とは、いわゆるトレードオフの関係にあり、風雑音を十分に抑圧しようとする、適応雑音低減処理により、主要入力中の希望音声に大きな歪み加わり、良好な收音品質にするという目的に反してしまう。また、希望音声への歪みを抑えようとする、風雑音の低減効果が低くなり、やはり良好な收音品質は得にくくなる。

【0027】この発明は、上記の問題点を解消して、風雑音を十分に低減しながら、良好な收音品質を得ることができるマイクロホン装置を提供することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明によるマイクロホン装置は、基本的には適応雑音キャンセラーを応用して風雑音を低減するものであるが、風雑音が低音域主体の雑音であることに鑑み、適応雑音キャンセラーを主要入力の低音域に対してのみ働かせるようにすることを特徴とする。

【0029】すなわち、この発明によるマイクロホン装置は、後述する実施例の参照符号を対応させると、近接

して配置した第1及び第2のマイクロホン素子11及び12と、上記第1及び第2のマイクロホン素子の出力の差分出力を得る手段15と、主要入力信号に含まれる雑音成分を、参照入力信号に基づいて適応的に低減するようにする適応雑音キャンセラー10と、上記第1のマイクロホン素子11の出力信号の内の所定周波数以上の所定帯域の成分を抽出する第1のフィルタ21と、上記第1のマイクロホン素子11の出力信号の内の所定周波数以下の所定帯域の成分を抽出し、抽出した信号成分を上記主要入力信号として上記適応雑音キャンセラー10に供給する第2のフィルタ22と、上記第1及び第2のマイクロホン素子11及び12の差分出力の内の所定周波数以下の所定帯域の成分を抽出し、抽出した信号成分を上記参照入力信号として上記適応雑音キャンセラー10に供給する第3のフィルタ23と、上記第1のフィルタ21の出力信号と、上記適応雑音キャンセラー10の出力とを加算して、装置出力とする加算手段24とを備える。

【0030】上記第1～第3のフィルタ21～23は、適応動作を風雑音にある程度限定するためのもので、それぞれバンドパスフィルタで構成することができる。また、第1のフィルタ21は、その目的からハイパスフィルタでも良い。第2及び第3のフィルタ22及び23は、その目的からローパスフィルタで構成することができる。

【0031】

【作用】マイクロホンの風雑音は、低音域例えば数100Hz以下を主成分とする雑音である。一方、音声信号は約1000Hz以上に分布している。上記の構成のこの発明によれば、第1のフィルタにより第1のマイクロホン素子11により收音された音声信号の内の例えば数1000Hz以上の中高域の周波数成分が抽出される。上記の風雑音の性質から第1のフィルタの出力には、風雑音の成分は殆ど含まれない。この第1のフィルタ21の出力は、そのまま加算手段24に供給される。

【0032】一方、第2のフィルタ22からは、第1のマイクロホン素子11により收音された音声信号の低域成分と、風雑音の主成分が得られ、これが適応雑音キャンセラー10の主要入力とされる。同様に、第3のフィルタ23からは、第1及び第2のマイクロホン素子11及び12の出力の差分の低域成分、すなわち、風雑音の主成分が得られ、これが適応雑音キャンセラー10の参照入力とされる。

【0033】この状態で、適応動作させられると、適応雑音キャンセラー10の出力信号としては、風雑音成分がキャンセルされた收音音声の低域成分が得られる。加算手段では、この低域成分と、適応処理の影響を全く受けていない收音音声の中高域成分とが加算される。この加算出力が装置出力となるので、風雑音が十分に低減され、かつ、品質の良い收音音声信号が得られる。

【0034】

【実施例】以下、この発明によるマイクロホン装置の一実施例を、図を参照しながら説明する。図1は、この発明によるマイクロホン装置の一実施例を示すブロック図で、前述した図8の例と対応する部分には同一符号を付してある。

【0035】ところで、前述もしたように、マイクロホンの風雑音は数100Hz以下を主成分とする雑音である。一方、音声信号は約100Hz以上に分布している。図2に、風雑音と、音声信号の平均パワースペクトラムの一例を示す。図2において、実線31は風速2m/secのときの風雑音のパワースペクトラム、実線32は風速4m/secのときの風雑音のパワースペクトラム、実線33は男性話声のパワースペクトラムである。

【0036】この図2から、風雑音の低減は数100Hz以下について行われればよく、数100Hz以上の周波数成分については何ら処理の対象とせずに出力すればよいことが分かる。

【0037】このため、図1の例においては、近接して配置された1対のマイクロホン素子11及び12の内の一方のマイクロホン素子11の出力は、A/Dコンバータ13によりデジタル信号に変換された後、ハイパスフィルタ21に供給される。このハイパスフィルタ21は、カットオフ周波数が例えば700Hzのものが使用され、マイクロホン素子11の出力信号のうち、風雑音が殆ど含まれない中高域成分を抽出する。

【0038】そして、このハイパスフィルタ21の出力信号は、適応雑音キャンセラー10の出力端子6とD/Aコンバータ16との間に設けられた加算回路24に供給される。なお、ハイパスフィルタ21の代わりに、必要音声帯域以上の周波数帯域を通過帯域としないバンドパスフィルタを用いても良い。

【0039】A/Dコンバータ13の出力信号は、また、バンドパスフィルタ22に供給される。このバンドパスフィルタ22は、例えば100Hz~700Hzを通過帯域とするもので、マイクロホン素子11の低域成分と、風雑音の主成分を通過させる。なお、バンドパスフィルタ22の通過帯域の上側の周波数は、ハイパスフィルタ21のカットオフ周波数に必ずしも一致させなくてもよい。このバンドパスフィルタ22の出力信号は、主要入力として適応雑音キャンセラー10の主要入力端子1に供給される。

【0040】また、減算回路15からのマイクロホン素子11とマイクロホン素子12の差分信号のデジタル信号は、バンドパスフィルタ22と同様な特性のバンドパスフィルタ23に供給されて、風雑音の成分のみが抽出され、これが適応雑音キャンセラー10の参照入力端子2に入力される。

【0041】適応雑音キャンセラー10の適応フィルタ

回路5は、図3にも示すように、FIRフィルタ型の適応型線形結合器100と、フィルタ係数演算回路110からなっている。この適応フィルタ回路5は、マイクロコンピュータを搭載するDSPにより、ソフトウェアとして構成することができる。フィルタ係数の更新のアルゴリズムは、この例では、計算量が少なく、実用的であるため多用されているLMS（最小平均自乗）法を用いる。

【0042】LMS法について、図3を参照しながら説明する。図3に示すように、適応型線形結合器100は、それぞれ単位サンプリング時間の遅延時間 Z^{-1} を有する複数の遅延回路DL1, DL2, ……DLm (mは正の整数)と、入力雑音 n_1 及び各遅延回路DL1, DL2, ……DLmの出力信号と加重係数（フィルタ係数）との掛け算を行う加重回路MX0, MX1, MX2, ……MXmと、加重回路MX0~MXmの出力を加算する加算回路101を備える。加算回路101の出力は、図8の例で説明した信号 y である。

【0043】加重回路MX0~MXmに供給する加重係数は、フィルタ係数演算回路110で、LMSアルゴリズムにより、合成回路4からの残差信号 e と、参照入力 n_1 とに基づいて形成される。このフィルタ係数演算回路110で実行されるアルゴリズムは、次のようになる。

【0044】今、時刻 k における入力ベクトル X_k を、図3にも示すように、

$$X_k = [x_{0k} \ x_{1k} \ x_{2k} \ \cdots \ x_{mk}]^T$$

とし、出力を y_k 、加重係数を w_{jk} ($j=0,1,2,\cdots,m$)とすると、入出力の関係は、次の数1に示すように、

【0045】

【数1】

$$y_k = \sum_{j=0}^m w_{jk} x_{jk}$$

となる。

【0046】そして、時刻 k における加重ベクトル W_k を、

$$W_k = [w_{0k} \ w_{1k} \ w_{2k} \ \cdots \ w_{mk}]^T$$

と定義すれば、入出力関係は、

$$y_k = X_k^T \cdot W_k$$

で与えられる。ここで、希望の応答を d_k とすれば、残差 e_k は次のように表される。

$$e_k = d_k - y_k$$

$$= d_k - X_k^T \cdot W_k$$

LMS法では、加重ベクトルの更新を、

$$W_{k+1} = W_k + 2\mu \cdot e_k \cdot X_k \quad \cdots (1)$$

なる式(1)により順次行っていく。ここで、 μ は適応の速度と安定性を決める利得因子（ステップゲイン）である。

【0047】以上説明したような図1の構成においては、適応雑音キャンセラー10では、マイクロホン素子11で收音された音声のうち、風雑音の主成分が含まれている低音域のみについて、主要入力であるマイクロホン素子11の出力中の風雑音をキャンセルするように適応処理を行う。その結果、適応雑音キャンセラー10の出力端子6には、風雑音が低減除去されたマイクロホン素子11の出力の低域成分が得られる。

【0048】そして、加算回路24において、この適応雑音キャンセラー10の出力信号と、風雑音成分を殆ど含まないマイクロホン素子11の出力の中高域成分とが加算されるので、出力端子17には、風雑音成分が低減されたマイクロホン素子11の收音音声信号が得られるものである。

【0049】なお、図1の例の場合においても、音声のレベルや適応動作の設定によっては歪みが生じることもあるが、マイクロホン素子11の信号の中高域成分は適応処理の影響を全く受けないで、ハイパスフィルタ21を介して出力されるので、全体としての音声品質の改善は十分に達成される。

【0050】また、図1の例においては、100Hz以下の成分は、風雑音には多く含まれるが、音声信号には殆ど含まれないので、バンドパスフィルタ22及び23を用いて100Hz以下の周波数成分は抽出しない。しかし、バンドパスフィルタ22及び23の代わりにローパスフィルタを用いて、100Hz以下の周波数成分についても適応雑音キャンセラー10により、雑音低減処理を行うようにしてももちろん良い。

【0051】図4は、この発明によるマイクロホン装置の他の実施例を示すブロック図である。この例は、適応雑音キャンセラー10の参照入力、そのときの風雑音の大きさを表しているのので、この参照入力信号レベルの大きさを検出することにより、適応雑音キャンセラー10の適応処理動作を制御するものである。

【0052】すなわち、図4の例においては、バンドパスフィルタ23の出力信号は、参照入力として、適応雑音キャンセラー10に供給されると共に、レベル検出回路25に供給され、その信号レベルが検出される。そして、このレベル検出回路25のレベル検出出力が適応雑音キャンセラー10の適応フィルタ回路5のフィルタ係数演算回路110にその係数更新の制御信号として供給される。その他は、図1の例と同様である。

【0053】フィルタ係数演算回路110では、レベル検出回路25の出力を受けて、参照入力信号（つまり、風雑音）のレベルに応じて、前述したフィルタ係数の更新式（1）のステップゲイン μ の大きさを制御する。すなわち、風雑音が大きいときには、適応雑音キャンセラー10の雑音低減効果を大きくすべく、そのステップゲイン μ を大きめに設定し、風雑音が小さいときには、適応雑音キャンセラー10の雑音低減効果をさほど大きく

する必要もないので、そのステップゲイン μ を小さめに設定する。こうして、音声信号が風雑音で聴き取りづらくなならないように対処できる。

【0054】図5は、この発明によるマイクロホン装置の他の実施例を示すブロック図である。図1の例において、ハイパスフィルタ21の出力には風雑音は殆ど含まれないので、この出力は、音声信号の中高域成分が主体であると言える。したがって、このハイパスフィルタ21の出力信号のレベルの大きさは、音声信号の大きさを間接的に表していると解釈できる。図5の例は、上記の点を考慮して、ハイパスフィルタ21の出力信号のレベルに応じて、図4の例と同様に、適応雑音キャンセラーの動作を制御するものである。

【0055】すなわち、図5の例においては、ハイパスフィルタ21の出力信号は加算回路24に供給されると共に、レベル検出回路26に供給され、その信号レベルが検出される。そして、このレベル検出回路26のレベル検出出力が適応雑音キャンセラー10の適応フィルタ回路5のフィルタ係数演算回路110に、その係数更新の制御信号として供給される。その他は、図1の例と同様である。

【0056】フィルタ係数演算回路110では、レベル検出回路26の出力を受けて、ハイパスフィルタ21の出力信号レベル（つまり、音声信号レベル）に応じてフィルタ係数の更新のための、前記式（1）のステップゲイン μ の大きさを制御する。すなわち、例えば音声レベルが大きいときには、適応雑音キャンセラー10の雑音低減効果をさほど大きくする必要もないので、そのステップゲイン μ を小さめに設定し、音声レベルが小さい時には、ステップゲイン μ を大きく設定するように制御する。こうして、この例においても、音声信号に加わる歪みを適宜小さくでき、良好な收音品質が得られる。

【0057】図6は、この発明によるマイクロホン装置のさらに他の実施例を示すブロック図である。この例は、適応雑音キャンセラー10の参照入力と、ハイパスフィルタ21の出力信号のレベルを比較することは、その時点での信号対雑音比を（間接的に）監視することになることを利用する。

【0058】すなわち、音声信号レベルが風雑音レベルよりも相対的に十分大きければ、適応雑音キャンセラー10の雑音低減効果をさほど大きくする必要はなく、むしろ音声品質を良好に保つことを優先したほうが好ましい。逆に風雑音レベルが相対的に大きい場合は、適応雑音キャンセラー10による雑音低減効果を大きくし、音声品質を少々犠牲にしても、その信号対雑音比を向上させるほうがよい。そこで、図6の例では、その時点での信号対雑音比に応じて適応雑音キャンセラー10の適応動作を制御するようにする。

【0059】これを実現するために、図6の例においては、ハイパスフィルタ21の出力信号と、バンドパスフ

フィルタ23の出力信号は、レベル比検出回路27に供給され、このレベル比検出回路27において、両信号のレベル比が検出される。そして、このレベル比検出回路27で検出された両信号のレベル比が、適応雑音キャンセラー10の適応フィルタ回路5のフィルタ係数演算回路110にその係数更新の制御信号として供給される。その他は、図1の例と同様である。

【0060】フィルタ係数演算回路110では、上記レベル比に応じてフィルタ係数更新式(1)におけるステップゲイン μ を制御する。例えば、その信号対雑音比が大きいときにはステップゲイン μ を小さめに設定し、逆に信号対雑音比が小さいときにはステップゲイン μ を大きくする。こうして、良好な収音品質がえられる。

【0061】図7は、この発明のさらに他の実施例のブロック図である。この例は、風雑音が存在する低音域を複数通りに分割し、各分割帯域毎に適応雑音キャンセラーを用いた処理を行うようにした例である。この例によれば、各分割帯域毎に適応的に風雑音が低減されるので、より効果的に風雑音を低減することが可能になる。

【0062】図7の例は、風雑音が存在する低音域を2分割した場合の例である。すなわち、図1の例のバンドパスフィルタ22及び23の代わりに、100Hz～500Hzの帯域を2分割して、その上側の分割帯域を通過帯域とするバンドパスフィルタ221及び231と、その下側の分割帯域を通過帯域とするバンドパスフィルタ222及び232とを設ける。そして、A/Dコンバータ13の出力信号をバンドパスフィルタ221及び222にそれぞれ供給すると共に、減算回路15の出力信号をバンドパスフィルタ231及び232に供給する。

【0063】また、各分割帯域数に応じて適応雑音キャンセラー51及び52を設ける。そして、バンドパスフィルタ221及び222の出力を、それぞれ適応雑音キャンセラー51及び52の主要入力端子1に供給し、バンドパスフィルタ231及び232の出力を、それぞれ適応雑音キャンセラー51及び52の参照入力端子2に供給する。

【0064】この例の場合、各帯域毎の適応雑音キャンセラー51、52の適応フィルタ回路5におけるフィルタ係数の更新におけるステップゲイン μ の大きさは、その帯域毎に適切な値に設定される。もっとも、前述した図4～図6の例のように、参照入力レベルあるいは主要入力レベル、さらには、両者のレベル比に応じて適応的にステップゲインを制御する構成とすることもできる。

【0065】適応雑音キャンセラー51及び52の出力信号は、加算回路24に供給され、ハイパスフィルタ21からのマイクロホン素子11の収音出力信号の中高域成分と加算され、D/Aコンバータ16に供給され、アナログ信号に戻され、出力端子17に導出される。

【0066】図7の例は、低音域を2分割にした例であ

るが、3分割以上に分割してももちろん良い。

【0067】以上説明したマイクロホン装置によれば、特殊なセンサーなどを用意しなくとも、通常のマイクロホン素子を2個用意することで、風雑音を低減させることができる。この場合に、2個のマイクロホン素子は、近接して配置されるため、機器の小型化に貢献できる。

【0068】また、2個のマイクロホン素子をそれぞれ左右のチャンネルに振り分けることもできるので、ステレオマイクロホンを構成する場合でも、マイクロホン素子を増やすことなく実現できる。

【0069】図4～図6の例によれば、風雑音レベルや音声信号レベルの大小によって、適応雑音キャンセラーの風雑音低減効果を適宜制御できるため、良好な収音品質と風雑音抑圧効果を同時に得ることができる。

【0070】さらに、風雑音低減動作が自動的であるため、使用者は他の作業、例えばカメラ一体型VTRで撮影中に、モニター映像の監視などに集中できる。

【0071】なお、上述の例では、2個のマイクロホン素子11、12は、無指向性のマイクロホンを使用した。これらのマイクロホン素子は、どのような指向性であってもよい。しかし、無指向性マイクロホンを使用すれば、扱いが容易で、安価なため、実用上の効果は大きい。

【0072】また、2個のマイクロホン素子を組み合わせ、他の指向性を得ることも容易である。さらには、低域では殆ど無指向性で、中高域では単一指向性とするのもやはり容易である。もちろん、3個以上のマイクロホン素子を利用して、この発明の主旨に沿った信号を得ることも可能である。

【0073】なお、以上の例においては、ハイパスフィルタ21、バンドパスフィルタ22、23、221、222、231、232のカットオフ周波数は、固定としたが、図2に示したように、風雑音のパワースペクトラムは、風速に応じて周波数変化することに鑑み、これらフィルタをローオフ周波数可変の構成として、風速に応じて適切なカットオフ周波数に制御するように構成することができる。カットオフ周波数可変のフィルタは、例えばIIR型デジタルフィルタを用い、その加重係数を変更することにより、実現することができる。

【0074】カットオフ周波数の変更は、マニュアル操作で行ってもよいし、風速を計測する手段を設けて、自動的に行うようにすることもできる。

【0075】また、A/Dコンバータ13、14は、マイクロホン素子11、12に直接接続せずに、バンドパスフィルタ22、23の出力側に接続してもよい。その場合には、ハイパスフィルタ21、バンドパスフィルタ22、23はアナログ回路で構成される。また、D/Aコンバータ16は、適応雑音キャンセラー10の出力部に挿入されることになる。

【0076】また、適応雑音キャンセラーの出力にバン

ドパスフィルタ22、23と同様の周波数特性のバンドパスフィルタを挿入してもよい。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、風雑音が低音域に主として存在していることに鑑み、マイクロホンで収音した音声を低域成分と、風雑音の成分が殆ど存在しない中高域成分とに分け、低域成分についてのみ、適応雑音キャンセラーを応用して風雑音を低減除去し、その風雑音を除去した低域成分と中高域成分とを加算して出力信号を得るようにしたので、収音した音声の中高域成分は、適応雑音キャンセラーの影響は全く受けず、十分に風雑音が抑圧された良好な品質の収音出力音声信号が得られる。

【0078】また、この発明においては、風雑音レベルや音声信号レベルの大小によって、適応雑音キャンセラーの風雑音低減効果を適宜制御するようにしたので、良好な収音品質と十分な風雑音抑圧効果を同時に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明によるマイクロホン装置の一実施例を示すブロック図である。

【図2】風雑音と音声信号の平均パワースペクトラムの一例を示す図である。

【図3】適応フィルタ回路の構成例を示すブロック図である。

【図4】この発明によるマイクロホン装置の他の一実施

例を示すブロック図である。

【図5】この発明によるマイクロホン装置の他の一実施例を示すブロック図である。

【図6】この発明によるマイクロホン装置の他の一実施例を示すブロック図である。

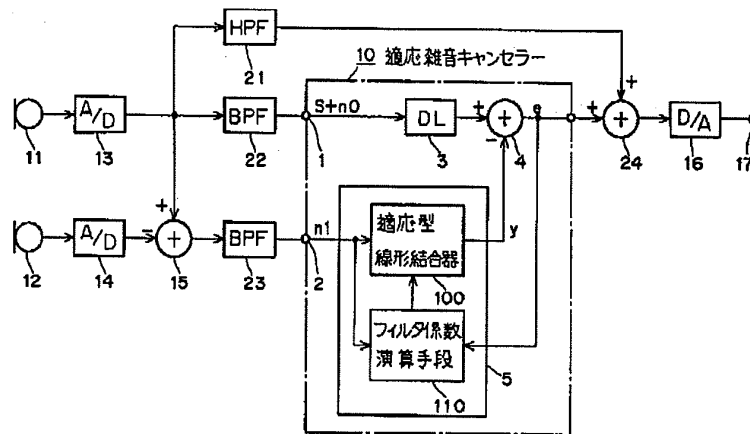
【図7】この発明によるマイクロホン装置の他の一実施例を示すブロック図である。

【図8】先願のマイクロホン装置の一実施例を示すブロック図である。

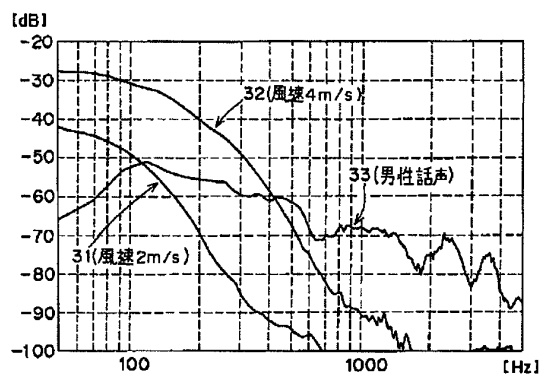
10 【符号の説明】

- | | |
|-------|------------|
| 10 | 適応雑音キャンセラー |
| 1 | 主要入力端子 |
| 2 | 参照入力端子 |
| 4 | 合成回路 |
| 5 | 適応フィルタ回路 |
| 11、12 | マイクロホン素子 |
| 13、14 | A/Dコンバーター |
| 15 | 減算回路 |
| 16 | D/Aコンバーター |
| 17 | 装置出力端子 |
| 21 | ハイパスフィルタ |
| 22、23 | バンドパスフィルタ |
| 24 | 加算回路 |
| 25、26 | レベル検出回路 |
| 27 | レベル比検出回路 |

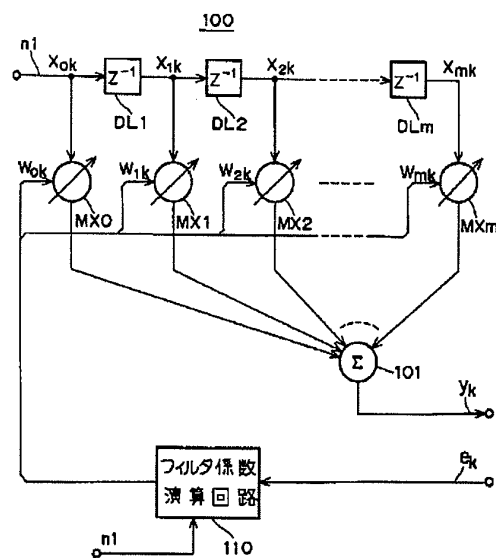
【図1】



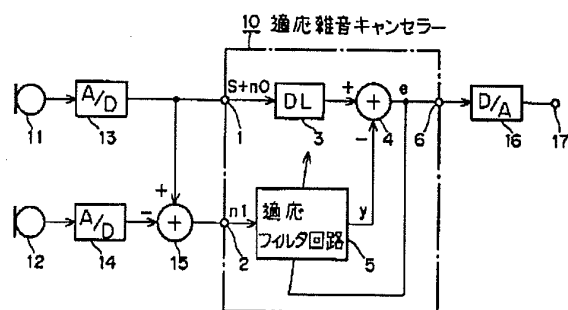
【図2】



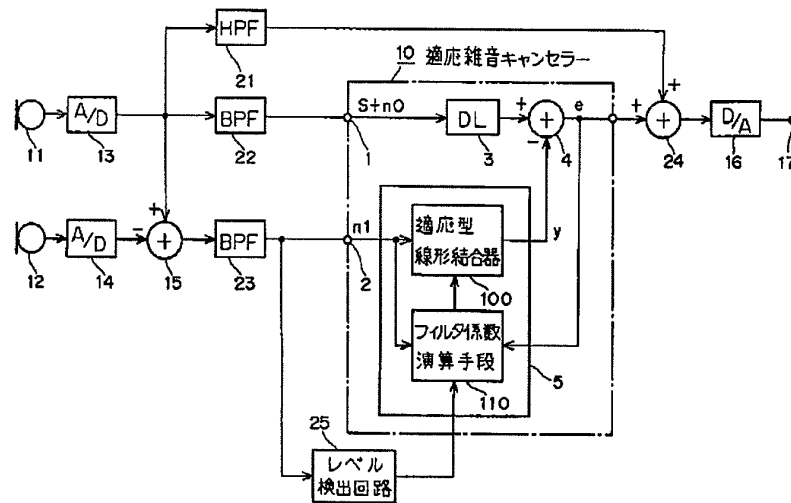
【図3】



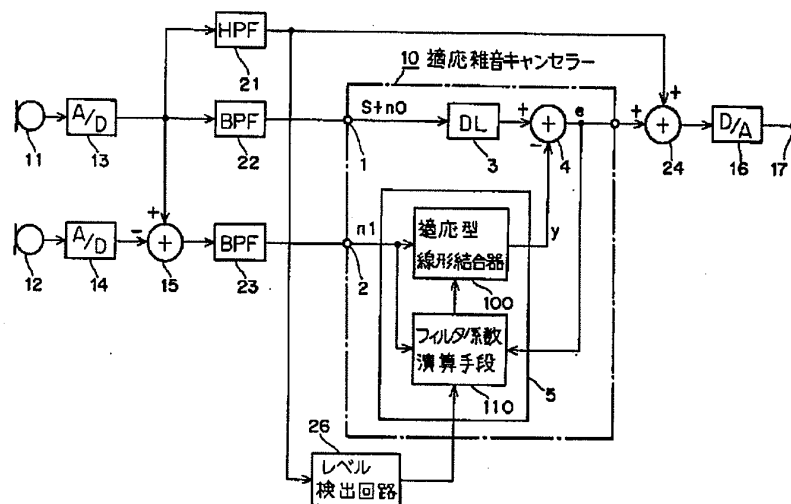
【図8】



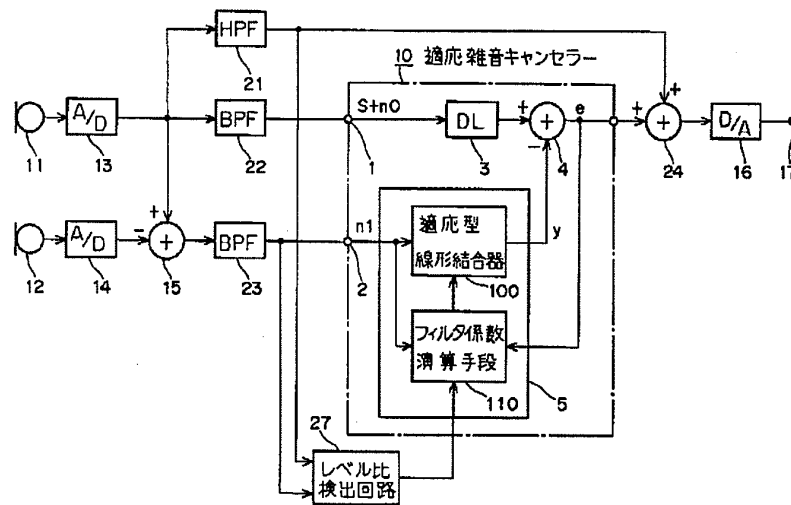
【図4】



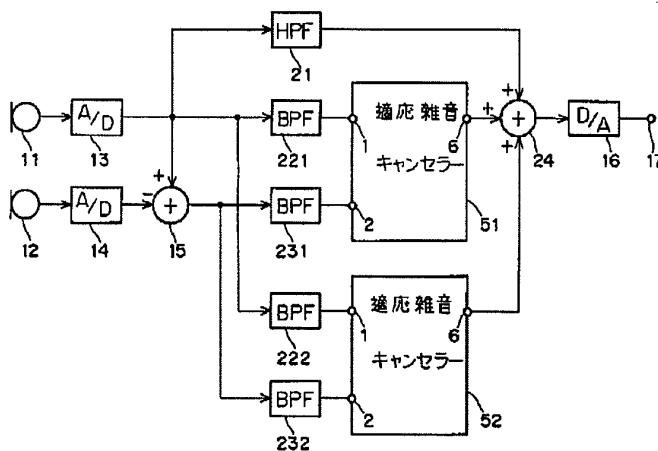
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁵

H04R 1/40

識別記号

320 Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72)発明者 行徳 薫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
株式会社内

TRANSMITTER

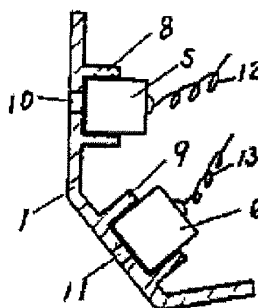
Patent number: JP62110349
Publication date: 1987-05-21
Inventor: MIURA KENZO
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- international: **H04M1/03; H04R3/00; H04M1/03; H04R3/00; (IPC1-7):**
H04M1/03; H04R3/00
- european:
Application number: JP19850251321 19851108
Priority number(s): JP19850251321 19851108

Report a data error here

Abstract of JP62110349

PURPOSE: To effectively suppress ambient noise etc., by using two microphones, arranging them to make the mouth of a speaker come near the extension of a line connecting the microphones and taking out the difference of output of these microphones.

CONSTITUTION: Faces of a box 1 to which microphones 5, 6 are attached are formed to chevron-shape, and microphones 5, 6 are attached to each face to face to each other, and arranged to make a voice producing source such as the mouth of a speaker come close to the extension of a line connecting the microphones 5, 6. When microphones 5, 6 are arranged thus, and the difference of their output is taken out, their directional characteristics show 8-shape to the direction of voice producing source. Accordingly, ambient noise, that is, sound coming from the direction other than the voice producing source is suppressed remarkably, and only voice from the voice producing source can be transmitted effectively.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-110349

⑤ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)5月21日

H 04 M 1/03
H 04 R 3/00

3 2 0

7608-5K
8524-5D

審査請求 未請求 発明の数 1 (全3頁)

⑭ 発明の名称 送話器

⑮ 特 願 昭60-251321

⑯ 出 願 昭60(1985)11月8日

⑰ 発 明 者 三 浦 研 造 横浜市港北区綱島東4丁目3番1号 松下通信工業株式会社内

⑱ 出 願 人 松下電器産業株式会社 門真市大字門真1006番地

⑲ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

送話器

2. 特許請求の範囲

2個のマイクロホンを結ぶ線の延長線上に近い位置に発音源が来るように上記2個のマイクロホンを配置し、これらのマイクロホンの出力差を取り出して送話するように構成した送話器。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は電話機、インターホン、無線機その他の機器に使用する送話器に関する。

従来の技術

一般に電話機、インターホン、その他の機器に使用する送話器は発音源が極めて近接することから炭素型のマイクロホンが使用されることが多い。しかしながら、この種のものでは省電力化、小型化が困難であり、最近では小型のエレクトレット型コンデンサマイクロホンが使用されることも多い。

発明が解決しようとする問題点

ところで、エレクトレット型のコンデンサマイクロホンは入力音圧に対する出力電圧の直線性が良好で感度も非常に高いため、送話者からの音声の他に周囲の騒音もそのまま拾われ伝送されることになり、受話者にとってはそれがかえって邪魔になり、必要な送話者からの音声の識別できなくなるという問題があった。また、周囲の騒音がそのまま伝送されると、その中には企業秘密に属すること、個人のプライバシーに関することなどが含まれていることがあることから副次的に企業秘密や、プライバシー等が漏洩することがあるという問題があった。

本発明は以上のような従来の欠点を除去するものであり、簡単な構成で周囲の騒音を抑制し、送話者からの音声のみ明瞭に伝送できる優れた送話器を提供することを目的とするものである。

問題点を解決するための手段

本発明は上記目的を達成するために2個のマイクロホンを使用し、これらのマイクロホンを結ぶ線

の延長線の近くに送話者の口(発音源)が来るように上記2個のマイクロホン5, 6を配置し、これらのマイクロホンの出力の差を取出してそれを伝送するように構成したものである。

作 用

したがって、本発明によれば、周囲の騒音等は、2つのマイクロホンで互に相殺され、送話者からの音声のみが明瞭に伝送されることになるという作用を有する。

実 施 例

第1図～第3図は本発明の送話器の一実施例を示すものであり、図中1は電話機等のハンドセットを構成する筐体、2は筐体1の一方に内蔵された受話器、3は受話器2を筐体1の他方に内蔵されたコネクタ4に接続するリード線、5, 6は筐体1の他方にそれぞれ間隔をおいて配置された無指向性のエレクトレット型コンデンサマイクロホン、7は筐体1に内蔵されマイクロホン5, 6の出力を入力する差動増幅回路、8, 9は筐体1に一体に形成されそれぞれマイクロホン5, 6を支

持する支持体、10, 11はマイクロホン5, 6に対向して筐体1に形成された音孔、12, 13, 14はそれぞれマイクロホン5, 6と差動増幅回路7、差動増幅回路7とコネクタ4を互に接続するリード線である。

尚、筐体1のマイクロホン5, 6を取付ける面はく字状に形成され、そのそれぞれの面にマイクロホン5, 6が対向するように取付けられている。そして、これらのマイクロホン5, 6は、上記マイクロホン5, 6を結ぶ線の延長線の近くに送話者の口等の発音源が来るように配置されている。

第4図はマイクロホン5, 6と発音源の関係を示したものであり、マイクロホン5, 6はそれを結ぶ線の延長線上に発音体が位置するように配置されている。第4図に示すようにマイクロホン5, 6を配置し、その出力の差を取出すようにすると、その指向特性は第5図に示すように発音源の方向に対し8の字型の指向特性を示す。したがって、このようにすると周囲の騒音すなわち発音源以外の方向から到来する音に対してはそれが著しく抑

圧され、発音源からの音声のみ効果的に伝送できるようになる。そして、周波数特性をとると第6図に示すようにマイクロホン5と発音源の距離がたとえば1cmと極めて小さく、発音源が指向特性の0度の位置にあるときに最も平坦で良好な特性を示す。すなわち、発音源が指向特性の90度の位置にあるときには低減が著しく低減され、また発音源が指向特性の0度の位置にあるときでも発音源とマイクロホン5の間の距離がたとえば50cmと比較的大きい場合には低減が比較的大きく低減される。しかしながら、発音源が指向特性の0度の位置にあり、かつ発音源とマイクロホン5の間の距離が比較的小さい場合には第6図実線で示すようにほぼ全周波数範囲に亘って平坦で、かつ高感度な周波数特性を得ることができ、したがって、この点でも発音源からの音声のみ効果的に伝送できることになる。

このように、上記実施例によれば2つのマイクロホン5, 6を使用し、それを結ぶ線の延長線上又はそれに近い位置に発音源が来るように上記2

つのマイクロホン5, 6を配置し、これらのマイクロホン5, 6の出力の差を取出し伝送するように構成しており、したがって、発音源からの音声のみ効果的に伝送し、発音源以外の方向から来る周囲の騒音に対してはそれを大きく抑圧することができる。そして、上記実施例によればマイクロホン5, 6として無指向性のマイクロホンを使用し、差動増幅回路7によって上記マイクロホン5, 6の出力の差を電氣的に取出すように構成しており、したがって、筐体1に形成する音孔10, 11も比較的小さくすることができるといふ利点を有する。また、上記実施例では、発音源とマイクロホン5の間の距離をいくらにするか明確にしているが、電話機やインターホン、無線機等に使用する送話器では通常その距離が10cm以下と極めて小さく、したがって、先述したようにほぼ全周波数範囲に亘って平坦な周波数特性が得られるという利点を有する。

発明の効果

本発明は上記実施例より明らかなように2つの

マイクロホンを使用し、それを結ぶ線の延長線上又はそれに近い位置に送話者の口等の発音源が来るように上記2つのマイクロホンを配置し、これらのマイクロホンの出力の差を取出して伝送するように構成したものであり、したがって、周囲の騒音等は効果的に抑圧され、発音源からの音声は明瞭に伝送されるという利点を有する。

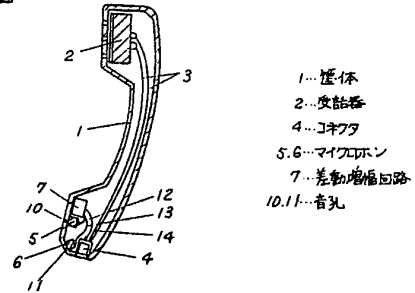
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の送話器における一実施例の断側面図、第2図は同要部の拡大断側面図、第3図は同要部の斜面図、第4図は本発明の送話器を構成する2つのマイクロホンと発音源の関係を示す説明図、第5図は同送話器の指向特性図、第6図は同送話器の周波数特性図である。

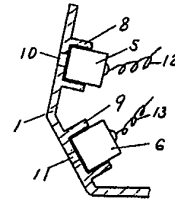
1…筐体、2…受話器、3, 12, 13, 14…リード線、4…コネクタ、5, 6…マイクロホン、7…差動増幅回路、8, 9…支持体、10, 11…音孔。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

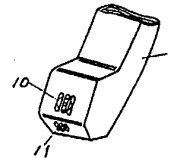
第 1 図



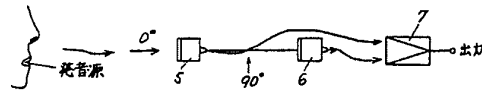
第 2 図



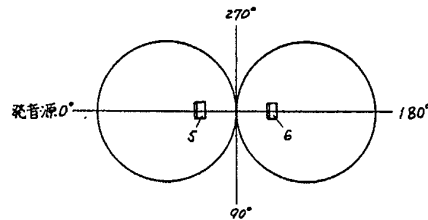
第 3 図



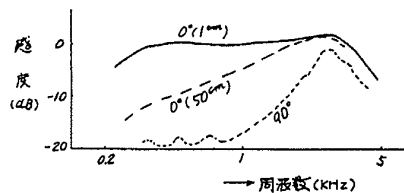
第 4 図



第 5 図



第 6 図



Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	4721374
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	Susan Yee
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	02-FEB-2009
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	19:55:09
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Information Disclosure Statement (IDS) Filed (SB/08)	PA3909US_PTO_SB_08_1.pdf	39991 <small>821f85034c0c666efad02f1e4aa0c411172e78a7</small>	no	8

Warnings:

Information:

This is not an USPTO supplied IDS fillable form					
2	Information Disclosure Statement (IDS) Filed (SB/08)	PA3909US_PTO_SB_08_2.pdf	610265 f0138579e2f90f6df4eaec2c067e5b39e81e143	no	7
Warnings:					
Information:					
3	Information Disclosure Statement Letter	PA3909US_PTO_Letter.pdf	100537 d3d4f201dc91b38d291d1fe9d408fbdcc12a9af0	no	2
Warnings:					
Information:					
4	Information Disclosure Statement Letter	PA3909US_PTO_Copending_Li st.pdf	86365 ce03f2408b8ae56b40cee806f2ec3cc079e27ce	no	1
Warnings:					
Information:					
5	NPL Documents	PA3909US_IDS_Allen1.pdf	686876 31c4198a4f65ec9809d78671fc128ee00ce8f0f9	no	7
Warnings:					
Information:					
6	NPL Documents	PA3909US_IDS_Allen2.pdf	372213 b0f8badb20567c28ccaa438317dcbcd5af62dec	no	4
Warnings:					
Information:					
7	NPL Documents	PA3909US_IDS_Avendano.pdf	377374 6d637a3df3932692a07e61272a7647d987c317f0	no	4
Warnings:					
Information:					
8	NPL Documents	PA3909US_IDS_Boll1.pdf	253736 720347afcee90b8fe1fd8d4c12d7800fa5960ebe	no	2
Warnings:					
Information:					
9	NPL Documents	PA3909US_IDS_Chen.pdf	1564275 da172015838b3c2ac802575fbed4555404ea29326	no	17
Warnings:					
Information:					
10	NPL Documents	PA3909US_IDS_Cohen2.pdf	387172 76c315caa0ac1c7c2de6fd7646bfb552dc75e4b	no	4

Warnings:					
Information:					
11	NPL Documents	PA3909US_IDS_Cohen.pdf	1085762 3f9eda64a93a1d3cad39b1a16bca01c89fc3b143	no	12
Warnings:					
Information:					
12	NPL Documents	PA3909US_IDS_Fuchs.pdf	391667 fa505a6223dac0f4d956f1da0fc39569eecd8488	no	4
Warnings:					
Information:					
13	NPL Documents	PA3909US_IDS_Goubran.pdf	340895 aa1b46ac076e87266fd1bb37b78071c9be261df4	no	6
Warnings:					
Information:					
14	Foreign Reference	PA3909US_IDS_JP04184400_Yoshio.pdf	388389 e2e464632757b3ce2bc9ebec96fbd4297d12f6ae	no	9
Warnings:					
Information:					
15	Foreign Reference	PA3909US_IDS_JP06269083_Toru.pdf	848950 1efa98dcd81bae9bfb3e0aa862f92a7e855368be	no	14
Warnings:					
Information:					
16	Foreign Reference	PA3909US_IDS_JP62110349_Miura.pdf	184461 b03b8c45ae5ab3e3ddf81f6d1b996c0073dc2763	no	4
Warnings:					
Information:					
17	NPL Documents	PA3909US_IDS_Liu.pdf	1220193 f7dc93a72741d90ec111d20a41a4151765c90ce2	no	14
Warnings:					
Information:					
18	NPL Documents	PA3909US_IDS_Martin.pdf	813636 d96dced25204e8de4c26877940a694c4e8771de9	no	11
Warnings:					
Information:					
19	NPL Documents	PA3909US_IDS_Mizumachi.pdf	343011 704e776619c944a42a6f730145fa233b25e9ef3	no	4

Warnings:					
Information:					
20	NPL Documents	PA3909US_IDS_Moonen.pdf	83003 7a49e303ccf047b75ce1670f563a4c9df34a0e44	no	2
Warnings:					
Information:					
21	NPL Documents	PA3909US_IDS_Parra.pdf	852566 6ac4e4b05a80477dc5f62e88d00c7f1c3f64dbfe	no	8
Warnings:					
Information:					
22	NPL Documents	PA3909US_IDS_Tashev.pdf	326809 9488d61607d85b1e871a9c24b07025836eb2b814	no	4
Warnings:					
Information:					
23	NPL Documents	PA3909US_IDS_Valin.pdf	536749 72c79464ba7dd7b7fbc7308f344e065db5d01ca6	no	6
Warnings:					
Information:					
24	NPL Documents	PA3909US_IDS_Widrow1.pdf	1355580 d3c65facc9302cea847bd89bd461340c84560414	no	17
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			13250475		
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>					

IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: Carlos Avendano

APPLICATION NO.: 11/699,732

FILED: January 29, 2007

TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones
for Speech Enhancement

EXAMINER: Vivian C. Chin

GROUP ART UNIT: 2615

ATTY.DKT.NO.: PA3909US

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. § 1.56, and 1.97-1.98

SIR:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08, listing several references. The Examiner is requested to make these references of official record in the application.

The references cited may be material to examination of the application and are submitted in compliance with Applicant's duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56. No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

Applicant believes no fee is due with this submission. If a fee is due, however, the Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

February 18, 2009

By: /Susan Yee/
Susan Yee, Reg. No. 41,388
Carr & Ferrell LLP
2200 Geng Road
Palo Alto, CA 94303
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20030072382	A1	2003-04-17	Raleigh et al	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS			
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2615	
	Examiner Name	Vivian C. Chin	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	1		☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button			
EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature		Date Considered	
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.			
<small> ¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached. </small>			

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2615
	Examiner Name	Vivian C. Chin
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☒ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Susan Yee/	Date (YYYY-MM-DD)	2009-02-18
Name/Print	Susan Yee	Registration Number	41388

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	4816839
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	Susan Yee
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	18-FEB-2009
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	18:33:18
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Information Disclosure Statement Letter	PA3909US_Supplemental_IDS_Letter.pdf	100540 e1fee7edb0b822dd3afcb342ba35e6ed9fca75e	no	2

Warnings:

Information:

2	Information Disclosure Statement (IDS) Filed (SB/08)	PA3909US_Supplemental_IDS_ SB08.pdf	25167 2bab6b6097bb46b129d26af34744cd45c1f bdcbb9	no	3
Warnings:					
Information:					
This is not an USPTO supplied IDS fillable form					
Total Files Size (in bytes):			125707		
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>					



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830 7590 04/07/2011 CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			EXAMINER KIM, PAUL	
			ART UNIT 2614	PAPER NUMBER
			MAIL DATE 04/07/2011	DELIVERY MODE PAPER

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Office Action Summary	Application No.	Applicant(s)	
	11/699,732	AVENDANO, CARLOS	
	Examiner	Art Unit	
	PAUL KIM	2614	

-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --
Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 3 MONTH(S) OR THIRTY (30) DAYS, WHICHEVER IS LONGER, FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

Status

- 1) ☒ Responsive to communication(s) filed on 29 January 2007.
- 2a) ☐ This action is **FINAL**. 2b) ☒ This action is non-final.
- 3) ☐ Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

Disposition of Claims

- 4) ☒ Claim(s) 1-26 is/are pending in the application.
- 4a) Of the above claim(s) _____ is/are withdrawn from consideration.
- 5) ☐ Claim(s) _____ is/are allowed.
- 6) ☒ Claim(s) 1-26 is/are rejected.
- 7) ☐ Claim(s) _____ is/are objected to.
- 8) ☐ Claim(s) _____ are subject to restriction and/or election requirement.

Application Papers

- 9) ☐ The specification is objected to by the Examiner.
- 10) ☒ The drawing(s) filed on 29 January 2007 is/are: a) ☒ accepted or b) ☐ objected to by the Examiner.
Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).
Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).
- 11) ☐ The oath or declaration is objected to by the Examiner. Note the attached Office Action or form PTO-152.

Priority under 35 U.S.C. § 119

- 12) ☐ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
- a) ☐ All b) ☐ Some * c) ☐ None of:
1. ☐ Certified copies of the priority documents have been received.
2. ☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. _____.
3. ☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this National Stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).
- * See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

Attachment(s)

- | | |
|--|---|
| 1) ☒ Notice of References Cited (PTO-892) | 4) ☐ Interview Summary (PTO-413) |
| 2) ☐ Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948) | Paper No(s)/Mail Date. _____ |
| 3) ☒ Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08) | 5) ☐ Notice of Informal Patent Application |
| Paper No(s)/Mail Date <u>2/18/2009, 2/2/2009, 2/2/2009, 5/24/2007</u> . | 6) ☐ Other: _____ |

DETAILED ACTION

Claim Rejections - 35 USC § 101

1. 35 U.S.C. 101 reads as follows:

Whoever invents or discovers any new and useful process, machine, manufacture, or composition of matter, or any new and useful improvement thereof, may obtain a patent therefor, subject to the conditions and requirements of this title.

2. Claim 26 is rejected under 35 U.S.C. 101 because the claimed invention is directed to non-statutory subject matter.

3. The claim recites, *inter alia*, “a machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for enhancing speech” After close inspection, the Examiner respectfully notes that the disclosure, as a whole, does not specifically identify what may be included as a computer readable storage medium and what is not to be included as a computer readable storage medium.

4. An Examiner is obliged to give claims their broadest reasonable interpretation consistent with the specification during examination. The broadest reasonable interpretation of a claim drawn to a computer readable medium (also called machine readable medium and other such variations) typically covers forms of non-transitory tangible media and transitory propagating signals *per se* in view of the ordinary and customary meaning of computer readable media, particularly when the specification is silent. See MPEP 2111.01. When the broadest reasonable interpretation of a claim

covers a signal, *per se*, the claim must be rejected under 35 U.S.C. § 101 as covering non-statutory subject matter.

5. Therefore, given the silence of the disclosure and the broadest reasonable interpretation, the computer readable storage medium of the claim may include transitory propagating signals. As a result, the claim pertains to non-statutory subject matter.

6. However, the Examiner respectfully submits a claim drawn to such a computer readable medium that covers both transitory and non-transitory embodiments may be amended to narrow the claim to cover only statutory embodiments to avoid a rejection under 35 U.S.C. § 101 by adding the limitation “a non-transitory machine readable medium having embodied thereon a program executable by a processor” to the claim. Such an amendment would typically not raise the issue of new matter, even when the specification is silent because the broadest reasonable interpretation relies on the ordinary and customary meaning that includes signals *per se*. For additional information, please see the Patents' Official Gazette notice published February 23, 2010 (1351 OG 212).

Claim Rejections - 35 USC § 103

7. The following is a quotation of 35 U.S.C. 103(a) which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

(a) A patent may not be obtained though the invention is not identically disclosed or described as set forth in section 102 of this title, if the differences between the subject matter sought to be patented and the prior art are such that the subject matter as a whole would have been obvious at the time the invention was made to a person having ordinary skill in the art to which said subject matter pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

8. Claims 1-26 are rejected under 35 U.S.C. 103(a) as being unpatentable over Elko (US Pub. 20030147538) in view of Ryan (US Pub. 20030169891).

Regarding claim 1, Elko discloses a system for enhancing speech (see abstract), comprising:

a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal (see paragraphs 8 and 95);

a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (see paragraph 26).

Elko fails to disclose an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference (see paragraphs 38 and 40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's inter-microphone level difference module with a

system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 2, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.

However, Ryan discloses wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal (see paragraph 70).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's DMA module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 3, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 4, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 3, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

However, Ryan discloses wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal (see paragraph 42).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's gain with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a well balanced value for the gain.

Regarding claim 5, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 6, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal (see Elko, paragraph 63).

Regarding claim 7, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.

However, Ryan discloses further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal (see paragraph 39).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's energy module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 8, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference (see Elko, paragraph 51).

Regarding claim 9, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.

However, Ryan discloses further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal (see paragraph 28).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's filter module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 10, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 9, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

However, Ryan discloses further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal (see paragraph 28).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's filter smoothing module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 11, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, further comprising a masking module configured to determine a speech estimate (see Elko, paragraph 52).

Regarding claim 12, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 11, as discussed above, further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output (see Elko, paragraph 52).

Regarding claim 13, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal (see Elko, paragraph 105).

Regarding claim 14, Elko discloses a method for enhancing speech (see abstract), comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone (see paragraphs 8 and 95);

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (see paragraph 26).

Elko fails to disclose non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference (see paragraphs 38 and 40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's non-linearly combining components with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 15, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between the primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

However, Ryan discloses wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between the primary electric signal and a delayed secondary electric signal (see paragraph 70).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's method of determining the cardioid primary signal with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 16, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 17, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 16, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

However, Ryan discloses wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal (see paragraph 42).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's gain with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a well balanced value for the gain.

Regarding claim 18, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 19, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein non-linearly combining comprises dividing the component of

the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal (see Elko, paragraph 29).

Regarding claim 20, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.

However, Ryan discloses further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame (see paragraph 39).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's energy module with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 21, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference (see Elko, paragraph 51).

Regarding claim 22, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 21, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference (see paragraphs 39-40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's determining a filter estimate with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 23, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 22, as discussed above, further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal (see Elko, paragraph 52).

Regarding claim 24, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 22, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising smoothing the filter estimate.

However, Ryan discloses further comprising smoothing the filter estimate (see paragraph 28).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's smoothing the filter estimate with a method for

enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 25, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal is of a sub-band of the primary electric signal (see Elko, paragraph 105).

Regarding claim 26, Elko discloses a machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for enhancing speech (see abstract; paragraph 119), comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone (see paragraphs 8 and 95);

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (see paragraph 26).

Elko fails to disclose non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid primary signal to obtain an inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid primary signal to obtain an inter-microphone level difference (see paragraphs 38 and 40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's non-linearly combining components with a method

for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Conclusion

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to PAUL KIM whose telephone number is (571) 270-7697. The examiner can normally be reached on Monday - Thursday, 8 AM - 4 PM EST.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Vivian Chin can be reached on (571) 272-7848. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free). If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

Application/Control Number: 11/699,732
Art Unit: 2614

Page 16

/P. K./
Examiner, Art Unit 2614

/VIVIAN CHIN/
Supervisory Patent Examiner, Art Unit 2614

Notice of References Cited	Application/Control No. 11/699,732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS	
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614	Page 1 of 1

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Name	Classification
*	A	US-2003/0147538	08-2003	Elko, Gary W.	381/92
*	B	US-2003/0169891	09-2003	Ryan et al.	381/92
	C	US-			
	D	US-			
	E	US-			
	F	US-			
	G	US-			
	H	US-			
	I	US-			
	J	US-			
	K	US-			
	L	US-			
	M	US-			

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Country	Name	Classification
	N					
	O					
	P					
	Q					
	R					
	S					
	T					

NON-PATENT DOCUMENTS

*		Include as applicable: Author, Title Date, Publisher, Edition or Volume, Pertinent Pages)
	U	
	V	
	W	
	X	

*A copy of this reference is not being furnished with this Office action. (See MPEP § 707.05(a).)
Dates in MM-YYYY format are publication dates. Classifications may be US or foreign.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
 United States Patent and Trademark Office
 Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
 P.O. Box 1450
 Alexandria, Virginia 22313-1450
 www.uspto.gov

BIB DATA SHEET

CONFIRMATION NO. 7721

SERIAL NUMBER 11/699,732	FILING or 371(c) DATE 01/29/2007 RULE	CLASS 381	GROUP ART UNIT 2614	ATTORNEY DOCKET NO. PA3909US		
APPLICANTS Carlos Avendano, Campbell, CA; ** CONTINUING DATA ***** This appln claims benefit of 60/850,928 10/10/2006 and is a CIP of 11/343,524 01/30/2006 ** FOREIGN APPLICATIONS ***** ** IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED *** SMALL ENTITY ** 02/26/2007						
Foreign Priority claimed ☐ Yes ☒ No 35 USC 119(a-d) conditions met ☐ Yes ☒ No Verified and /PAUL KIM/ Acknowledged Examiner's Signature		☐ Met after Allowance Initials	STATE OR COUNTRY CA	SHEETS DRAWINGS 9	TOTAL CLAIMS 26	INDEPENDENT CLAIMS 3
ADDRESS CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025 UNITED STATES						
TITLE System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement						
FILING FEE RECEIVED 650	FEES: Authority has been given in Paper No. _____ to charge/credit DEPOSIT ACCOUNT No. _____ for following:		☐ All Fees ☐ 1.16 Fees (Filing) ☐ 1.17 Fees (Processing Ext. of time) ☐ 1.18 Fees (Issue) ☐ Other _____ ☐ Credit			

EAST Search History**EAST Search History (Prior Art)**

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L4	2615	(381/313,312,91,92,122).OCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 15:40
S1	1	(11/699732).APP.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 05:56
S2	20	((CARLOS) near2 (AVENDANO)). INV.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	ON	2011/01/27 06:07
S3	53	("20010016020" "20010031053" "20020009203" "20020080980" "20020106092" "20020116187" "20030039369" "20030072460" "20030099345" "20030138116" "20030169891" "20050185813" "4649505" "4658426" "5208864" "5319736" "5381473" "5402496" "5574824" "5602962" "5694474" "5757937" "5796819" "6002776" "6061456" "6072881" "6222927" "6317501" "6363345" "6381176" "6430295" "6549630" "6584203" "6717991" "6738482" "6760450" "6760805" "6785381" "6795558" "6831865" "6882736" "6917688" "6978159" "7031478" "7089349" "7099821" "7142677" "7146316" "7155019" "7171008" "7174022" "7206418" "7246058").PN.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	ON	2011/01/27 06:09
S5	1	("20030147538").PN.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 07:30
S6	1	(11/343524).APP.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 07:33

1/ 27/ 2011 3:47:57 PM**C:\ Documents and Settings\ pkim2\ My Documents\ EAST\ Workspaces\ 11699732.wsp**

Search Notes 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
381	313, 312, 91, 92, 122	1/27/2011	PK

SEARCH NOTES		
Search Notes	Date	Examiner
EAST - see EAST search notes	1/26/2011	PK
Inventor search - Carlos Avendano	1/26/2011	PK

INTERFERENCE SEARCH			
Class	Subclass	Date	Examiner

/P. K./ Examiner.Art Unit 2614	
-----------------------------------	--

<i>Index of Claims</i> 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

✓	Rejected	-	Cancelled	N	Non-Elected	A	Appeal
=	Allowed	÷	Restricted	I	Interference	O	Objected

☐ Claims renumbered in the same order as presented by applicant ☐ CPA ☐ T.D. ☐ R.1.47										
CLAIM		DATE								
Final	Original	01/27/2011								
	1	✓								
	2	✓								
	3	✓								
	4	✓								
	5	✓								
	6	✓								
	7	✓								
	8	✓								
	9	✓								
	10	✓								
	11	✓								
	12	✓								
	13	✓								
	14	✓								
	15	✓								
	16	✓								
	17	✓								
	18	✓								
	19	✓								
	20	✓								
	21	✓								
	22	✓								
	23	✓								
	24	✓								
	25	✓								
	26	✓								

Receipt date: 02/02/2009

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

11699732 - GAI: 2614

Approved for use through 11/30/2008. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2615	
	Examiner Name	Vivian C. Chin	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	4649505		1987-03-10	Zinser, Jr. et al.	
	2	4658426		1987-04-14	Chabries et al.	
	3	5208864		1993-05-04	Kaneda	
	4	5319736		1994-06-07	Hunt	
	5	5381473		1995-01-10	Andrea et al.	
	6	5402496		1995-03-28	Soli et al.	
	7	5574824		1996-11-12	Slyh et al.	
	8	5602962		1997-02-11	Kellermann	

Receipt date: 02/02/2009 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	9	5694474		1997-12-02	Ngo et al.	
	10	5757937		1998-05-26	Itoh et al.	
	11	5796819		1998-08-18	Romesburg	
	12	6002776		1999-12-14	Bhadkamkar et al.	
	13	6061456		2000-05-09	Andrea et al.	
	14	6072881		2000-06-06	Linder	
	15	6222927	B1	2001-04-24	Feng et al.	
	16	6317501	B1	2001-11-13	Matsuo	
	17	6363345	B1	2002-03-26	Marash et al.	
	18	6430295	B1	2002-08-06	Handel et al.	
	19	6549630	B1	2003-04-15	Bobisuthi	

Receipt date: 02/02/2009 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	20	6717991	B1	2004-04-06	Gustafsson et al.	
	21	6738482	B1	2004-05-18	Jaber	
	22	6760450	B2	2004-07-06	Matsuo	
	23	6785381	B2	2004-08-31	Gartner et al.	
	24	6795558	B2	2004-09-21	Matsuo	
	25	6882736	B2	2005-04-19	Dickel et al.	
	26	6917688	B2	2005-07-12	Yu et al.	
	27	6978159	B2	2005-12-20	Feng et al.	
	28	7031478	B2	2006-04-18	Belt et al.	
	29	7155019	B2	2006-12-26	Hou	
	30	7171008	B2	2007-01-30	Elko	

Receipt date: 02/02/2009 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	31	7174022	B1	2007-02-06	Zhang et al.	
	32	7206418	B2	2007-04-17	Yang et al.	
	33	7246058	B2	2007-07-17	Burnett	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20010016020	A1	2001-08-23	Gustafsson et al.	
	2	20010031053	A1	2001-10-18	Feng et al.	
	3	20020009203	A1	2002-01-24	Erten	
	4	20020041693	A1	2002-04-11	Matsuo	
	5	20020080980	A1	2002-06-27	Matsuo	
	6	20020106092	A1	2002-08-08	Matsuo	

Receipt date: 02/02/2009 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	7	20020116187	A1	2002-08-22	Erten	
	8	20030026437	A1	2003-02-06	Janse et al.	
	9	20030039369	A1	2003-02-27	Bullen	
	10	20030072460	A1	2003-04-17	Gonopolskiy et al.	
	11	20030099345	A1	2003-05-29	Gartner et al.	
	12	20030138116	A1	2003-07-24	Jones et al.	
	13	20030147538	A1	2003-08-07	Elko	
	14	20030169891	A1	2003-09-11	Ryan et al.	
	15	20040133421	A1	2004-07-08	Burnett et al.	
	16	20050049864	A1	2005-03-03	Kaltenmeier et al.	
	17	20050060142	A1	2005-03-17	Visser et al.	

Receipt date: 02/02/2009 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1		☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/Paul Kim/	Date Considered	01/27/2011
--------------------	------------	-----------------	------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

Receipt date: 02/02/2009

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

11699732 - GAI: 2614

Approved for use through 11/30/2008. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS							Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1	7099821	B2	2006-08-29	Visser et al.		
	2	7146316	B2	2006-12-05	Alves		
	3	7142677	B2	2006-11-28	Gonopolskiy		

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

Add

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							Remove
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1	20050152559	A1	2005-07-14	Gierl et al.		
	2	20050185813	A1	2005-08-25	Sinclair et al.		
	3	20050213778	A1	2005-09-29	Buck et al.		

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 02/02/2009		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2615	
			Examiner Name	Vivian C. Chin	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	4	20050276423	A1	2005-12-15	Aubauer et al.	
	5	20060120537	A1	2006-06-08	Burnett et al.	
	6	20070021958	A1	2007-01-25	Visser et al.	
	7	20070027685	A1	2007-02-01	Arakawa et al.	
	8	20070033020	A1	2007-02-08	(Kelleher) Francois et al.	
	9	20070078649	A1	2007-04-05	Hetherington et al.	
	10	20070116300	A1	2007-05-24	Chen	
	11	20070150268	A1	2007-06-28	Acero et al.	
	12	20070154031	A1	2007-07-05	Avendano et al.	
	13	20070165879	A1	2007-07-19	Deng et al.	
	14	20030061032	A1	2003-03-27	Gonopolskiy	

Receipt date: 02/02/2009 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	15	20060074646	A1	2006-04-06	Alves et al.	
--	----	-------------	----	------------	--------------	--

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² j	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	04184400	JP		1992-07-01	Yoshio		☐
	2	06269083	JP		1994-09-22	Toru et al.		☐
	3	62110349	JP		1987-05-21	Miura		☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button.

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1	MARC MOONEN et al. "Multi-Microphone Signal Enhancement Techniques for Noise Suppression and Dereverberation," source(s): http://www.esat.kuleuven.ac.be/sista/yearreport97/node37.html .	☐
	2	STEVEN BOLL et al. "Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Two Microphone Adaptive Noise Cancellation", source(s): IEEE Transactions on Acoustic, Speech, and Signal Processing. Vol. v ASSP-28, n 6, December 1980, pgs. 752-753.	☐
	3	CHEN LIU et al. "A two-microphone dual delay-line approach for extraction of a speech sound in the presence of multiple interferers", source(s): Acoustical Society of America. Vol. 110, 6, December 2001, pgs. 3218-3231.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

4	COHEN et al. "Microphone Array Post-Filtering for Non-Stationary Noise", source(s): IEEE. May 2002	☐
5	JINGDONG CHEN et al. "New Insights into the Noise Reduction Wiener Filter", source(s): IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. Vol. 14, 4, July 2006, pgs. 1218-1234.	☐
6	RAINER MARTIN et al. "Combined Acoustic Echo Cancellation, Dereverberation and Noise Reduction: A two Microphone Approach", source(s): Annales des Telecommunications/Annals of Telecommunications. Vol. 29, 7-8, July -Aug 1994, pgs. 429-438.	☐
7	MITSUNORI MIZUMACHI et al. "Noise Reduction by Paired-Microphones Using Spectral Subtraction", source(s): 1998 IEEE. pgs. 1001-1004.	☐
8	LUCAS PARRA et al. "Convolutional blind Separation of Non-Stationary", source(s): IEEE Transactions on Speech and Audio Processing. Vol 8, 3, May 2008, pgs. 320-327.	☐
9	ISREAL COHEN. "Multichannel Post-Filtering in Nonstationary Noise Environment", source(s): IEEE Transactions on Signal Processing. Vol. 52, 5, May 2004, pgs. 1149-1160.	☐
10	R.A. GOUBRAN. "Acoustic Noise Suppression Using Regressive Adaptive Filtering", source(s): 1990 IEEE. pgs. 48-53	☐
11	IVAN TASHEV et al. "Microphone Array of Headset with Spatial Noise Suppressor", source(s): http://research.microsoft.com/users/ivantash/Documents/Tashev_MAFforHeadset_HSCMA_05.pdf . (4 pages).	☐
12	MARTIN FUCHS et al. "Noise Suppression for Automotive Applications Based on Directional Information", source(s): 2004 IEEE. pgs. 237-240.	☐
13	JEAN-MARC VALIN et al. "Enhanced Robot Audition Based on Microphone Array Source Separation with Post-Filter", source(s): Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, September 28- October 2, 2004, Sendai, Japan. pgs. 2123-2128.	☐
14	JONT B. ALLEN. "Short Term Spectral Analysis, Synthesis, and Modification by Discrete Fourier Transform", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Vol ASSP-25, 3. June 1977. pgs. 235-238.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

15	JONT B. ALLEN et al. "A Unified Approach to Short-Time Fourier Analysis and Synthesis", Proceedings of the IEEE. Vol. 65, 11, November 1977. pgs. 1558-1564.	☐
16	C. Avendano, "Frequency-Domain Techniques for Source Identification and Manipulation in Stereo Mixes for Enhancement, Suppression and Re-Panning Applications," in Proc. IEEE Workshop on Application of Signal Processing to Audio and Acoustics, Waspaa, 03, New Paltz, NY, 2003.	☐
17	B. Widrow et al., "Adaptive Antenna Systems," Proceedings IEEE, Vol. 55, No. 12, pp. 2143-2159, December, 1967.	☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/Paul Kim/	Date Considered	01/27/2011
--------------------	------------	-----------------	------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

Receipt date: 02/18/2009

11699732 - GAI: 2614

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

Approved for use through 11/30/2008. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20030072382	A1	2003-04-17	Raleigh et al	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS		
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2615		
	Examiner Name	Vivian C. Chin		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	1		☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button			
EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature	/Paul Kim/		Date Considered 01/27/2011
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.			
<small> ¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached. </small>			

Receipt date: 05/24/2007

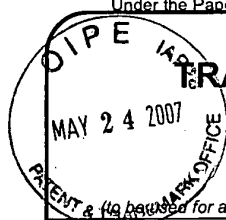
11699732 - 2614

PTO/SB/21 (09-04)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.



TRANSMITTAL FORM

Total Number of Pages in This Submission

11

Application Number 11/699,732
Filing Date January 29, 2007
First Named Inventor Carlos Avendano
Art Unit 2615
Examiner Name Unknown
Attorney Docket Number PA3909US

ENCLOSURES (Check all that apply)

- | | | |
|--|--|---|
| ☐ Fee Transmittal Form
☐ Fee Attached
☐ Amendment/Reply
☐ After Final
☐ Affidavits/declaration(s)
☐ Extension of Time Request
☐ Express Abandonment Request
☒ Information Disclosure Statement

☐ Certified Copy of Priority Document(s)
☐ Reply to Missing Parts/Incomplete Application
☐ Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53 | ☐ Drawing(s)
☐ Licensing-related Papers
☐ Petition
☐ Petition to Convert to a Provisional Application
☐ Power of Attorney, Revocation
☐ Change of Correspondence Address
☐ Terminal Disclaimer
☐ Request for Refund
☐ CD, Number of CD(s) _____
☐ Landscape Table on CD | ☐ After Allowance Communication to TC
☐ Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
☐ Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
☐ Proprietary Information
☐ Status Letter
☒ Other Enclosure(s) (please identify below):
1) Confirmation postcard;
2) Duplicate of IDS;
3) PTO/SB/08 (x2);
4) Copies of 3 cited nonpatent references |
|--|--|---|

Remarks

Total page number does not include postcard and nonpatent references

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm Name	Carr & Ferrell LLP	Cust. No. 22830
Signature		
Printed name	Susan Yee	
Date	May 21, 2007	Reg. No. 41,388

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:

Signature			
Typed or printed name	Susan Yee, Reg. No. 41,388	Date	May 21, 2007

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./



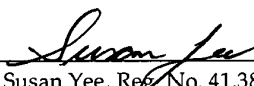
IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILING DATE: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones for
Speech Enhancement
ART UNIT: 2615
EXAMINER: Unknown
ATTY.DKT.NO.: PA3909US

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Mail Stop Amendment, Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313-1450, on the date printed below:

Dated: May 21, 2007

By: 
Susan Yee, Reg. No. 41,388

MAIL STOP AMENDMENT
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. §§ 1.56, and 1.97-1.98

SIR:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08 listing several references; copies of the non-

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

patent literature are enclosed. The Examiner is requested to make these references of official record in the application. The references cited may be material to examination of the application and are submitted in compliance with Applicant's duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56.

No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

Applicant believes no fee is due with this submission. If a fee is due, however, the Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600. A copy of this statement is submitted in duplicate for this purpose.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

Dated: May 21, 2007

By: _____


Susan Yee, Reg. No. 41,388
Carr & Ferrell LLP
2200 Geng Road
Palo Alto, CA 94303
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

Receipt date: 05/24/2007

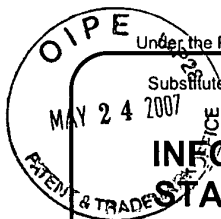
11699732 - GAU: 2614

PTO/SB/08A (07-05)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.



Substitute for form 1449/PTO

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT

(Use as many sheets as necessary)

Sheet 1

of 3

Complete if Known

Application Number	11/699,732
Filing Date	January 29, 2007
First Named Inventor	Carlos Avendano
Art Unit	2615
Examiner Name	Unknown
Attorney Docket Number	PA3909US

U. S. PATENT DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Document Number	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number-Kind Code ² (if known)			
		US- 4,649,505	03-10-1987	Zinser, Jr. et al.	
		US- 5,319,736	06-07-1994	Hunt	
		US- 5,381,473	01-10-1995	Andrea et al.	
		US- 5,694,474	12-02-1997	Ngo et al.	
		US- 6,002,776	12-14-1999	Bhadkamkar et al.	
		US- 6,061,456	05-09-2000	Andrea et al.	
		US- 6,072,881	06-06-2000	Linder	
		US- 6,222,927	04-24-2001	Feng et al.	
		US- 6,317,501	11-13-2001	Matsuo	
		US- 6,363,345	03-26-2002	Marash et al.	
		US- 6,430,295	08-06-2002	Handel et al.	
		US- 6,584,203	06-24-2003	Elko et al.	
		US- 6,717,991	04-06-2004	Gustafsson et al.	
		US- 6,738,482	05-18-2004	Jaber	
		US- 6,760,450	07-06-2004	Matsuo	
		US- 6,785,381	08-31-2004	Gartner et al.	
		US- 6,795,558	09-21-2004	Matsuo	
		US- 7,099,821	08-29-2006	Visser et al.	
		US- 7,171,008	01-30-2007	Elko	

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No. ¹	Foreign Patent Document	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T ⁶
		Country Code ³ -Number ⁴ -Kind Code ⁵ (if known)				

Examiner
Signature

/Paul Kim/

Date
Considered

01/27/2011

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. ¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² See Kinds Codes of USPTO Patent Documents at www.uspto.gov or MPEP 901.04. ³ Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ⁴ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁵ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁶ Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

Receipt date: 05/24/2007

11699732 - GAU: 2614

PTO/SB/08A (07-05)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO		Complete if Known	
INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT <i>(Use as many sheets as necessary)</i>		Application Number	11/699,732
		Filing Date	January 29, 2007
		First Named Inventor	Carlos Avendano
		Art Unit	2615
		Examiner Name	Unknown
Sheet 2 of 3	Attorney Docket Number	PA3909US	

U. S. PATENT DOCUMENTS					
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Document Number	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
		Number-Kind Code ² (if known)			
		US- 2001/0016020	08-23-2001	Gustafsson et al.	
		US- 2001/0031053	10-18-2001	Feng et al.	
		US- 2002/0009203	01-24-2002	Erten	
		US- 2002/0041693	04-11-2002	Matsuo	
		US- 2002/0080980	06-27-2002	Matsuo	
		US- 2002/0106092	08-08-2002	Matsuo	
		US- 2002/0116187	08-22-2002	Erten	
		US- 2003/0039369	02-27-2003	Bullen	
		US- 2003/0072460	04-17-2003	Gonopolskiy et al.	
		US- 2003/0099345	05-29-2003	Gartner et al.	
		US- 2003/0138116	07-24-2003	Jones et al.	
		US- 2003/0169891	09-11-2003	Ryan et al.	
		US- 2005/0185813	08-25-2005	Sinclair et al.	
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			
		US-			

FOREIGN PATENT DOCUMENTS						
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Foreign Patent Document	Publication Date MM-DD-YYYY	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T ^a
		Country Code ³ -Number ⁴ -Kind Code ⁵ (if known)				

Examiner Signature	/Paul Kim/	Date Considered	01/27/2011
--------------------	------------	-----------------	------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. ¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² See Kinds Codes of USPTO Patent Documents at www.uspto.gov or MPEP 901.04. ³ Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ⁴ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁵ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁶ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

Receipt date: 05/24/2007

11699732 - GAU: 2614

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Substitute for form 1449/PTO INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT <i>(Use as many sheets as necessary)</i>		Complete if Known	
		Application Number	11/699,732
		Filing Date	January 29, 2007
		First Named Inventor	Carlos Avendano
		Art Unit	2615
		Examiner Name	Unknown
Sheet 3	of 3	Attorney Docket Number	PA3909US

NON PATENT LITERATURE DOCUMENTS			
Examiner Initials*	Cite No. ¹	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc.), date, page(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ²
		AVENDANO, CARLOS, "Frequency-Domain Source Identification and Manipulation in Stereo Mixes for Enhancement, Suppression and Re-panning Applications," 2003 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, October 19-22, 2003, pp. 55-58, New Paltz, New York, USA.	
		WIDROW, B. et al., "Adaptive Antenna Systems," December 1967, pp. 2143-2159, Vol. 55 No. 12, Proceedings of the IEEE.	
		ELKO, GARY W., "Differential Microphone Arrays," Audio Signal Processing for Next-Generation Multimedia Communication Systems, 2004, pp. 12-65, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA.	

Examiner Signature	/Paul Kim/	Date Considered	01/27/2011
--------------------	------------	-----------------	------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ Applicant's unique citation designation number (optional). ² Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached. This collection of information is required by 37 CFR 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20080260175	A1	2008-10-23	Elko	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS		
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

	1		☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button			
EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature		Date Considered	
<p>*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.</p>			
<p>¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.</p>			

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☒ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/ James Drapinski /	Date (YYYY-MM-DD)	2011-06-30
Name/Print	James Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	10434105
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	James William Drapinski
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	30-JUN-2011
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	22:50:33
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Transmittal Letter	3909US_IDS_Statement_to_PT O.pdf	78040 1d2a35496b8d0c1c186ef061f876c47e46b21d03	no	2

Warnings:

Information:

2	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	3909US_IDS_SB08.pdf	30257 47bd5eea72d6709a9b39d46dd439d59573 ae6af2	no	3
Warnings:					
Information:					
This is not an USPTO supplied IDS fillable form					
Total Files Size (in bytes):			108297		
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>					

**IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANT(S): Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILED: January 29, 2007
TITLE: System and method for utilizing omni-directional microphones
for speech enhancement
EXAMINER: Kim, Paul
GROUP ART UNIT: 2614
CONFIRMATION NO.: 7721
ATTY.DKT.NO.: PA3909US

MAIL STOP AMENDMENT
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

**SUPPLEMENTAL INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. § 1.56, and 1.97-1.98
& Statement Under 37 C.F.R. § 1.97(e)(2)**

EXAMINER:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08, listing a reference. The Examiner is requested to make this reference of official record in the application.

The reference cited may be material to examination of the application and is submitted in compliance with the Applicants' duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56. Additionally, the Applicants wish to make the Examiner aware of, and invite the Examiner to consider, as is appropriate, the following office action from the following U.S. patent application:

- Office Action mailed March 30, 2011 in U.S. patent application number 11/343,524, filed January 30, 2006.
- Office Action mailed April 28, 2011 in U.S. patent application number 11/825,563, filed July 6, 2007.

No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

Applicants hereby declare, pursuant to 37 C.F.R. § 1.97(e)(2), that no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application and, to the knowledge of the person signing the certification after having made a reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 C.F.R. § 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement.

The Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

June 30, 2011

By: / James Drapinski /
James Drapinski, Reg. No. 46,242
Carr & Ferrell LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
T: 650.812.3400
F: 650.812.3444

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILING DATE: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement
EXAMINER: Paul Kim
ART UNIT: 2614
CONF. NO.: 7721
ATTY.DKT. NO.: PA3909US

MAIL STOP AMENDMENT
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

RESPONSE A

Sir:

In response to the non-final Office Action (*Office Action*) mailed April 7, 2011, the Applicant submits the following response. **Amendments, remarks, and a conclusion** begin on pages **two, nine, and thirteen**, respectively. The requisite fee for an extension of time up to the current date is included herewith.

PA3909US

IN THE CLAIMS

This listing of claims will replace all prior versions and listing of claims in the application:

1. (original) A system for enhancing speech, comprising:
 - a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal;
 - a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and
 - an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.
2. (currently amended) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between [[the]] a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.
3. (original) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain.

4. (original) The system of claim 3 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.
5. (currently amended) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the ~~level-~~
~~equalized~~ secondary electric signal and a delayed primary electric signal.
6. (original) The system of claim 1 further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
7. (original) The system of claim 1 further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
8. (original) The system of claim 1 further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference.
9. (original) The system of claim 1 further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.
10. (original) The system of claim 9 further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

11. (original) The system of claim 1 further comprising a masking module configured to determine a speech estimate.

12. (original) The system of claim 11 further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output.

13. (original) The system of claim 1, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal.

14. (original) A method for enhancing speech, comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

15. (currently amended) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between [[the]] a delayed primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

16. (original) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain.

17. (original) The method of claim 16 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

18. (original) The method of claim 14 wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

19. (original) The method of claim 14 wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal.

20. (original) The method of claim 14 further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.

21. (original) The method of claim 14 further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference.

22. (original) The method of claim 21 further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

23. (original) The method of claim 22 further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal

24. (original) The method of claim 22 further comprising smoothing the filter estimate.

25. (currently amended) The method of claim 14 wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are each ~~is~~ of a sub-band of the primary electric signal.

26. (currently amended) A non-transitory machine computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program ~~providing instructions for being~~ executable by a processor to perform a method for enhancing speech, the method comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid primary signal to obtain an inter-microphone level difference.

27. (new) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between a level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

28. (new) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a level-equalized secondary electric signal.

AMENDMENTS TO THE SPECIFICATION

Please replace paragraph [0055] of the specification as originally filed with the following amended paragraph:

A secondary acoustic signal magnitude may be modified to match a magnitude of the primary acoustic signal by applying a gain which is computed by the gain module 406. The gain module 406 computes the magnitude of both signals (e.g., X_1 and X_2) and derives the gain, g , as the ratio between the magnitude of the primary acoustic signal to the magnitude of the secondary acoustic signal. The gain can then be used to calculate the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal ~~[Notice the change I made to the figure CA].~~

REMARKS

In the *Office Action*, the Examiner rejected claims 1-26. No claims are canceled by this response. Claims 2, 5, 15, 25, and 26 are amended. Claims 27 and 28 are added. No new matter is introduced. Support for the amended claims may be found, for example, at paragraphs [0021], [0035], and [0036] of the pending application (*Instant Application*) as originally filed. Based on the following remarks, the Applicant respectfully requests reconsideration of the *Instant Application*.

Rejection under § 101

Claim 26 was rejected under 35 U.S.C. § 101 for being directed to non-statutory subject matter. Although the Applicant does not necessarily agree with the Examiner, claim 26 is amended to recite a “non-transitory computer readable storage medium” in order to advance prosecution of the *Instant Application*. The Applicant respectfully requests that the rejection under § 101 be withdrawn.

Rejection under § 103(a)

The Examiner rejected claims 1-26 under 35 U.S.C. § 103(a) as obvious over U.S. Patent Application Publication Number 2003/0147538 (*Elko*) in view of U.S. Patent Application Publication Number 2003/0169891 (*Ryan*). Because the combination of *Elko* and *Ryan* fails to render obvious each limitation of claims 1-26, the Applicant asserts that these claims are patentable over the art.

The cited art does not teach or suggest “an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.”

Claim 1 as amended recites, among other features: “an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.” Components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal may be non-linearly combined, for example, by taking a ratio. *Instant Application*, paragraph [0039]. The Examiner acknowledged that *Elko* does not teach this claimed feature: “*Elko* fails to disclose an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.” *Office Action*, 4. Instead, the Examiner relied on *Ryan* to teach this feature: “(see paragraphs 38 and 40).”

The Applicant respectfully disagrees with the Examiner’s interpretation of *Ryan*. *Ryan* merely teaches splitting “the single input signal into four distinct frequency bands,” channel processing the four distinct frequency bands individually with a plurality of channel processing/twin detector blocks, and then “the four channel signals are summed by a summer.” *Ryan*, Figure 3B, and paragraphs [0035]-[0038] and [0040]. As known in the art, a linear combination is an expression constructed from a set of terms by multiplying each term by a constant and adding the results. Clearly, the processing and subsequent summation of the four channel signals is a linear combination. In contrast, the claimed invention includes a non-linear combination. Thus *Elko* and *Ryan*, either individually or in theoretical combination, do not teach the claimed “an inter-microphone level difference module configured to non-linearly

combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.”

The cited art does not teach or suggest “the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.”

Claim 2 as amended recites, among other features: “the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.” The Examiner acknowledged that *Elko* does not teach this feature: “*Elko* fails to disclose wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level equalized secondary electric signal.” *Office Action*, 5. The Examiner suggested that *Ryan* discloses this feature: “(see paragraph 70).” *Office Action*, 5.

The Applicant respectfully disagrees with the Examiner’s interpretation of *Ryan*. *Ryan* teaches that only the one output of the summation circuit 118 is equalized. *Ryan*, Figure 5 and paragraph [0074]. That is, neither the front or rear microphone signal is equalized. In contrast, the claimed secondary electric signal is equalized. Hence *Elko* and *Ryan*, either individually or in theoretical combination, do not disclose the claimed “DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.”

To support a conclusion that the claim would have been obvious requires that **all** the claimed elements were known in the prior art and that one skilled in the art could have combined those elements. See *KSR International Co. v. Teleflex Inc.*, 127 S.Ct. 1727, 1739 (2007) (emphasis added); see also MPEP § 2143. Since *Elko* in view of *Ryan* fails to

disclose all the claimed elements of independent claim 1, the rejection of claim 1 under Section 103 is overcome and thus claim 1 is patentable. Additionally, as independent claims 14 and 26 include similar elements to those of independent claim 1, claims 14 and 26 are likewise patentable for at least the same reasons. Similarly, *Elko* in view of *Ryan* fails to disclose all the claimed elements of dependent claim 2, and the rejection of claim 2 under Section 103 is overcome and thus claim 2 is patentable. In addition, dependent claim 15 includes similar elements to those of dependent claim 2, so claim 15 is likewise patentable for at least similar reasons.

Furthermore, as a dependent claim incorporates by reference all the limitations of the claim from which it depends (see 35 U.S.C. § 112 ¶ 4), claims 2-13, 16-25, and 27-28 are patentable for at least the same reasons as the independent claim from which they depend in addition to their separate distinguishing characteristics. The Applicant has, for brevity, chosen not to individually discuss the additional distinguishing characteristics of the dependent claims, aside from claims 2 and 15. The Applicant's silence should not be interpreted as belief that the dependent claims are patentable only by virtue of their dependence on a patentable independent claim.

CONCLUSION

It is respectfully submitted that the *Instant Application* is now in condition for allowance, and such action is requested. If the Examiner has any questions regarding the case, the Examiner is invited to contact the Applicant's undersigned representative.

The requisite fee for an extension of time up to the current date is included herewith. The Commissioner is hereby authorized to charge any underpayment or credit any overpayment to Deposit Account No. 06-0600 for any matter in connection with this response, including any fee for extension of time up to the current date, which may be required.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

August 4, 2011

By: /Bruce C. Shem/
Bruce C. Shem, Reg. no. 64,914
CARR & FERRELL LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:		11699732		
Filing Date:		29-Jan-2007		
Title of Invention:		System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement		
First Named Inventor/Applicant Name:		Carlos Avendano		
Filer:		Bruce Clovis Shem/Carol Tran		
Attorney Docket Number:		PA3909US		
Filed as Small Entity				
Utility under 35 USC 111(a) Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
Pages:				
Claims:				
Claims in excess of 20	2202	2	26	52
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Extension-of-Time:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Extension - 1 month with \$0 paid	2251	1	65	65
Miscellaneous:				
Total in USD (\$)				117

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	10666439
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	Bruce Clovis Shem
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	04-AUG-2011
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	14:51:53
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$117
RAM confirmation Number	1127
Deposit Account	060600
Authorized User	
<p>The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows:</p> <p>Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.16 (National application filing, search, and examination fees)</p> <p>Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.17 (Patent application and reexamination processing fees)</p>	

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.19 (Document supply fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.20 (Post Issuance fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1		Audience_3909US_Amendment_Response_A.pdf	131459	yes	13
			14791be0136339dc9c9a1f00d187dc0cc97ce20		
	Multipart Description/PDF files in .zip description				
	Document Description		Start	End	
	Specification		1	1	
	Claims		2	8	
	Applicant Arguments/Remarks Made in an Amendment		9	13	
Warnings:					
Information:					
2	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	31502	no	2
			6ecec0617f8c903841a3dde256b39c4e59f1faca3		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			162961		

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD Substitute for Form PTO-875					Application or Docket Number 11/699,732		Filing Date 01/29/2007		☐ To be Mailed	
APPLICATION AS FILED – PART I										
(Column 1)			(Column 2)		SMALL ENTITY ☒ OR		OTHER THAN SMALL ENTITY			
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE (\$)	FEE (\$)	OR	RATE (\$)	FEE (\$)			
☐ BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A	N/A			N/A				
☐ SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (j), or (m))	N/A	N/A	N/A			N/A				
☐ EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A	N/A			N/A				
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	minus 20 =	*	X \$ =		OR	X \$ =				
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	minus 3 =	*	X \$ =			X \$ =				
☐ APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$250 (\$125 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).									
☐ MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))										
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.			TOTAL			TOTAL				
APPLICATION AS AMENDED – PART II										
(Column 1)			(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY OR		OTHER THAN SMALL ENTITY	
AMENDMENT	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)	OR	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)		
	Total (37 CFR 1.16(j))	Minus	**	=	X \$ =		OR	X \$ =		
	Independent (37 CFR 1.16(h))	Minus	***	=	X \$ =		OR	X \$ =		
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))									
			TOTAL ADD'L FEE			OR	TOTAL ADD'L FEE			
(Column 1)			(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY OR		OTHER THAN SMALL ENTITY	
AMENDMENT	08/04/2011	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)	OR	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)	
	Total (37 CFR 1.16(j))	* 28	Minus	** 26	= 2	X \$26 =	52	OR	X \$ =	
	Independent (37 CFR 1.16(h))	* 3	Minus	*** 3	= 0	X \$110 =	0	OR	X \$ =	
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))									
			TOTAL ADD'L FEE		52		OR	TOTAL ADD'L FEE		
<p>* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.</p> <p>** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20".</p> <p>*** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3".</p> <p>The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.</p>										

Legal Instrument Examiner:
/Chantae Dessau/

This collection of information is required by 37 CFR 1.16. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830	7590	12/06/2011		
CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			EXAMINER KIM, PAUL	
			ART UNIT 2614	PAPER NUMBER
			MAIL DATE 12/06/2011	DELIVERY MODE PAPER

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Office Action Summary	Application No. 11/699,732	Applicant(s) AVENDANO, CARLOS	
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614	

-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --

Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 3 MONTH(S) OR THIRTY (30) DAYS, WHICHEVER IS LONGER, FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

Status

1) ☒ Responsive to communication(s) filed on 04 August 2011.

2a) ☒ This action is **FINAL**. 2b) ☐ This action is non-final.

3) ☐ Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

Disposition of Claims

4) ☒ Claim(s) 1-28 is/are pending in the application.

4a) Of the above claim(s) _____ is/are withdrawn from consideration.

5) ☐ Claim(s) _____ is/are allowed.

6) ☒ Claim(s) 1-28 is/are rejected.

7) ☐ Claim(s) _____ is/are objected to.

8) ☐ Claim(s) _____ are subject to restriction and/or election requirement.

Application Papers

9) ☐ The specification is objected to by the Examiner.

10) ☐ The drawing(s) filed on _____ is/are: a) ☐ accepted or b) ☐ objected to by the Examiner.
 Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).
 Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).

11) ☐ The oath or declaration is objected to by the Examiner. Note the attached Office Action or form PTO-152.

Priority under 35 U.S.C. § 119

12) ☐ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
 a) ☐ All b) ☐ Some * c) ☐ None of:
 1. ☐ Certified copies of the priority documents have been received.
 2. ☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. _____.
 3. ☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this National Stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).
 * See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

Attachment(s)

1) ☐ Notice of References Cited (PTO-892)

2) ☐ Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948)

3) ☒ Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08)
 Paper No(s)/Mail Date 6/30/2011.

4) ☐ Interview Summary (PTO-413)
 Paper No(s)/Mail Date. _____.

5) ☐ Notice of Informal Patent Application

6) ☐ Other: _____.

DETAILED ACTION

Claim Rejections - 35 USC § 103

1. The following is a quotation of 35 U.S.C. 103(a) which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

(a) A patent may not be obtained though the invention is not identically disclosed or described as set forth in section 102 of this title, if the differences between the subject matter sought to be patented and the prior art are such that the subject matter as a whole would have been obvious at the time the invention was made to a person having ordinary skill in the art to which said subject matter pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

2. Claims 1-28 are rejected under 35 U.S.C. 103(a) as being unpatentable over Elko (US Pub. 20030147538) in view of Ryan (US Pub. 20030169891).

Regarding claim 1, Elko discloses a system for enhancing speech (see abstract), comprising:

a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal (see paragraphs 8 and 95);

a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (see paragraph 26).

Elko fails to disclose an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference (see paragraphs 38 and 40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's inter-microphone level difference module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 2, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.

However, Ryan discloses wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal (see paragraph 70).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's DMA module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 3, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 4, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 3, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

However, Ryan discloses wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal (see paragraph 42).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's gain with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a well balanced value for the gain.

Regarding claim 5, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 6, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal (see Elko, paragraph 63).

Regarding claim 7, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.

However, Ryan discloses further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal (see paragraph 39).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's energy module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 8, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference (see Elko, paragraph 51).

Regarding claim 9, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.

However, Ryan discloses further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal (see paragraph 28).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's filter module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 10, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 9, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

However, Ryan discloses further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal (see paragraph 28).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's filter smoothing module with a system for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 11, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, further comprising a masking module configured to determine a speech estimate (see Elko, paragraph 52).

Regarding claim 12, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 11, as discussed above, further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output (see Elko, paragraph 52).

Regarding claim 13, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal (see Elko, paragraph 105).

Regarding claim 14, Elko discloses a method for enhancing speech (see abstract), comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone (see paragraphs 8 and 95);

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (see paragraph 26).

Elko fails to disclose non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference (see paragraphs 38 and 40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's non-linearly combining components with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 15, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

However, Ryan discloses wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed secondary electric signal (see paragraph 70).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's method of determining the cardioid primary signal with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 16, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 17, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 16, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

However, Ryan discloses wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal (see paragraph 42).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's gain with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a well balanced value for the gain.

Regarding claim 18, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 19, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal (see Elko, paragraph 29).

Regarding claim 20, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.

However, Ryan discloses further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame (see paragraph 39).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's energy module with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 21, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference (see Elko, paragraph 51).

Regarding claim 22, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 21, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference (see paragraphs 39-40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's determining a filter estimate with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 23, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 22, as discussed above, further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal (see Elko, paragraph 52).

Regarding claim 24, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 22, as discussed above.

Elko fails to disclose further comprising smoothing the filter estimate.

However, Ryan discloses further comprising smoothing the filter estimate (see paragraph 28).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's smoothing the filter estimate with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 25, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above, wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are each of a sub-band of the primary electric signal (see Elko, paragraph 105).

Regarding claim 26, Elko discloses a non-transitory computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program being executable by a processor to perform a method for enhancing speech (see abstract; paragraph 119), the method comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone (see paragraphs 8 and 95);

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (see paragraph 26).

Elko fails to disclose non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid primary signal to obtain an inter-microphone level difference.

However, Ryan discloses non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid primary signal to obtain an inter-microphone level difference (see paragraphs 38 and 40).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's non-linearly combining components with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Regarding claim 27, Elko in view of Ryan discloses a system of claim 1, as discussed above, wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between a level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal (see Elko, paragraphs 99 and 102).

Regarding claim 28, Elko in view of Ryan discloses a method of claim 14, as discussed above.

Elko fails to disclose wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a level-equalized secondary electric signal.

However, Ryan discloses wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a level-equalized secondary electric signal (see paragraph 70).

Therefore, it would've been obvious to a person of ordinary skill in the art, at the time of invention, to include Ryan's signal determining method with a method for enhancing speech of Elko. The motivation would be to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument.

Response to Arguments

3. Applicant's arguments filed 8/4/2011 have been fully considered but they are not persuasive. Applicant is reminded that the specifications are not the measure of invention. Therefore, limitations contained therein cannot be read into the claims for the purpose of avoiding the prior art. In re Sporck, 55 CCPA 743, 386 F.2d 924, 155 USPQ 687 (1968). It is not necessary that the references actually suggest, expressly or in so many words, the changes or improvements that applicant has made. The test for combining references is what the references as a whole would have suggested to one of ordinary skill in the art. In re Sheckler, 168 USPQ 716 (CCPA 1971); In re McLaughlin 170 USPQ 209 (CCPA 1971); In re Young 159 USPQ 725 (CCPA 1968). In response to applicant's arguments that the prior art references fail to disclose the claimed limitations "an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference" and "wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal," the limitations have been interpreted reasonably broad to read on the prior art references, as discussed above.

Conclusion

4. THIS ACTION IS MADE FINAL. Applicant is reminded of the extension of time policy as set forth in 37 CFR 1.136(a).

A shortened statutory period for reply to this final action is set to expire THREE MONTHS from the mailing date of this action. In the event a first reply is filed within TWO MONTHS of the mailing date of this final action and the advisory action is not mailed until after the end of the THREE-MONTH shortened statutory period, then the shortened statutory period will expire on the date the advisory action is mailed, and any extension fee pursuant to 37 CFR 1.136(a) will be calculated from the mailing date of the advisory action. In no event, however, will the statutory period for reply expire later than SIX MONTHS from the mailing date of this final action.

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to PAUL KIM whose telephone number is (571)270-7697. The examiner can normally be reached on Monday - Thursday, 8 AM - 4 PM EST.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Vivian Chin can be reached on (571) 272-7848. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free). If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

/P. K./
Examiner, Art Unit 2614

/VIVIAN CHIN/
Supervisory Patent Examiner, Art Unit 2614

Search Notes 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
381	313, 312, 91, 92, 122	1/27/2011	PK
381	95, 110, 122, 94.1, 94.2, 94.3, 94.7	12/2/2011	PK
704	226, 227, 233, 275	12/2/2011	PK

SEARCH NOTES		
Search Notes	Date	Examiner
EAST - see EAST search notes	1/26/2011	PK
Inventor search - Carlos Avendano	1/26/2011	PK
Search consultation - Xu Mei (Primary, AU 2614)	8/10/2011	PK
Updated search - see EAST search notes	12/2/2011	PK

INTERFERENCE SEARCH			
Class	Subclass	Date	Examiner
USPGPUBS Text Search		12/2/2011	PK

/P. K./ Examiner.Art Unit 2614	
-----------------------------------	--

Receipt date: 06/30/2011

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

11699732 - GALL:2614

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20080260175	A1	2008-10-23	Elko	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS		
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	1		☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button			
EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature	/Paul Kim/		Date Considered 12/02/2011
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.			
<small> ¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached. </small>			

EAST Search History

EAST Search History (Prior Art)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L2	6224	((381/91,92,95,110,122) or (704/226,233,275)).CCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 13:54
L3	1835	((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer))) and (distance or separat\$4)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:54
L4	164	L3 and L2	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:54
L5	1508	((381/94.1,94.2,94.3,94.7) or (704/227)).CCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 13:55
L6	67	L3 and L5	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
L7	21458	(inter with (level or microphone))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
L8	80	L7 and I2	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
L9	33	L7 and I5	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
S1	1	(11/699732).APP.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 05:56
S2	20	((CARLOS) near2 (AVENDANO)).INV.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	ON	2011/01/27 06:07
S3	53	("20010016020" "20010031053" "20020009203" "20020080980" "20020106092" "20020116187" "20030039369" "20030072460" "20030099345" "20030138116" "20030169891" "20050185813" "4649505" "4658426" "5208864" "5319736" "5381473" "5402496" "5574824" "5602962" "5694474" "5757937" "5796819" "6002776" "6061456" "6072881" "6222927" "6317501" "6363345" "6381176" "6430295" "6549630" "6584203" "6717991" "6738482" "6760450" "6760805" "6785381" "6795558" "6831865" "6882736" "6917688" "6978159"	US-PGPUB; USPAT	ADJ	ON	2011/01/27 06:09

		"7031478" "7089349" "7099821" "7142677" "7146316" "7155019" "7171008" "7174022" "7206418" "7246058").PN.				
S5	1	("20030147538").PN.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 07:30
S6	1	(11/343524).APP.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 07:33
S7	2615	(381/313,312,91,92,122).CCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 15:40
S8	55	("6381176" "20020116187" "20050185813" "5319736" "5402496" "7206418" "20030169891" "5796819" "6549630" "7146316" "6831865" "5381473" "6795558" "7099821" "7155019" "7246058" "20020106092" "20030072460" "6317501" "6760450" "5208864" "5574824" "6882736" "20030147538" "6760805" "20020009203" "20030039369" "6430295" "6584203" "6717991" "5602962" "6917688" "20010016020" "20030099345" "6002776" "6061456" "6363345" "7171008" "6978159" "20020080980" "5694474" "4658426" "5757937" "7142677" "7089349" "20010031053" "20030138116" "4649505" "6072881" "6222927" "6738482" "6785381" "7031478" "7174022" "20080260175").PN.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 08:23
S9	1	("20060133621").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2011/12/02 08:26
S10	7369	speech with enhanc\$6	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:46
S11	1	(speech with enhanc\$6) same (primary with secondary with microphone\$2) same (different\$5 with microphone\$2 with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:48
S12	12	(speech with enhanc\$6) same (different\$5 with microphone\$2 with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:48
S13	111	(speech with enhanc\$6) and (different\$5 with microphone\$2 with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:49
S14	1	(speech with enhanc\$6) same (cardioid with primary with secondary with signal)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:52
S15	3	(speech with enhanc\$6) same (microphone\$2 with array) same (primary with secondary with signal)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:52
S16	6224	((381/91,92,95,110,122) or (704/226,233,275)).CCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 12:57
S17	1508	((381/94.1,94.2,94.3,94.7) or (704/227)).CCLS.	US-PGPUB;	OR	OFF	2011/12/02 12:59

			USPAT			
S18	1835	((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer))) and (distance or separat\$4)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:03
S19	2321	((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:04
S20	9	(inter-microphone with level with differenc\$4)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:06
S21	21458	(inter with (level or microphone))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:10
S22	58	S19 and S21	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:11

12/ 2/ 2011 1:56:57 PM

C:\Users\pkim2\Documents\EAST\Workspaces\11699732.wsp

<i>Index of Claims</i> 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

✓	Rejected	-	Cancelled	N	Non-Elected	A	Appeal
=	Allowed	÷	Restricted	I	Interference	O	Objected

☐ Claims renumbered in the same order as presented by applicant ☐ CPA ☐ T.D. ☐ R.1.47										
CLAIM		DATE								
Final	Original	01/27/2011	12/02/2011							
	1	✓	✓							
	2	✓	✓							
	3	✓	✓							
	4	✓	✓							
	5	✓	✓							
	6	✓	✓							
	7	✓	✓							
	8	✓	✓							
	9	✓	✓							
	10	✓	✓							
	11	✓	✓							
	12	✓	✓							
	13	✓	✓							
	14	✓	✓							
	15	✓	✓							
	16	✓	✓							
	17	✓	✓							
	18	✓	✓							
	19	✓	✓							
	20	✓	✓							
	21	✓	✓							
	22	✓	✓							
	23	✓	✓							
	24	✓	✓							
	25	✓	✓							
	26	✓	✓							
	27		✓							
	28		✓							

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILING DATE: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement
EXAMINER: Paul Kim
ART UNIT: 2614
CONF. NO.: 7721
ATTY.DKT. NO.: PA3909US

MAIL STOP AF
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

RESPONSE B

Examiner Kim:

In response to the Final Office Action (*Final Office Action*) mailed December 6, 2011, the Applicant submits the following response. **Listing of Claims, Remarks, and Conclusion** begin on pages **two, seven, and thirteen**, respectively.

PA3909US

IN THE CLAIMS

This listing of claims will replace all prior versions and listing of claims in the application:

1. (original) A system for enhancing speech, comprising:
 - a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal;
 - a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and
 - an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.
2. (previously presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.
3. (original) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain.

4. (original) The system of claim 3 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.
5. (previously presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.
6. (original) The system of claim 1 further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
7. (original) The system of claim 1 further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
8. (original) The system of claim 1 further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference.
9. (original) The system of claim 1 further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.
10. (original) The system of claim 9 further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

11. (original) The system of claim 1 further comprising a masking module configured to determine a speech estimate.

12. (original) The system of claim 11 further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output.

13. (original) The system of claim 1, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal.

14. (original) A method for enhancing speech, comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

15. (previously presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

16. (original) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain.

17. (original) The method of claim 16 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

18. (original) The method of claim 14 wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

19. (original) The method of claim 14 wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal.

20. (original) The method of claim 14 further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.

21. (original) The method of claim 14 further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference.

22. (original) The method of claim 21 further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

23. (original) The method of claim 22 further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal

24. (original) The method of claim 22 further comprising smoothing the filter estimate.

25. (previously presented) The method of claim 14 wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are each of a sub-band of the primary electric signal.

26. (previously presented) A non-transitory computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program being executable by a processor to perform a method for enhancing speech, the method comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

27. (previously presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between a level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

28. (previously presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a level-equalized secondary electric signal.

REMARKS

In the *Final Office Action*, the Examiner rejected claims 1-28. No claims are canceled, amended, or added by this response. Claims 1-28 remain pending. Based on the following remarks, the Applicant respectfully requests reconsideration of the pending application (*Instant Application*).

Rejection under § 101

In the Office Action mailed April 7, 2011 (*Previous Office Action*), Claim 26 was rejected under 35 U.S.C. § 101 for being directed to non-statutory subject matter. In the Response filed on August 4, 2011 (*Response A*), claim 26 was amended to recite a “non-transitory computer readable storage medium” in order to advance prosecution of the *Instant Application*. Since the Examiner did not explicitly address the § 101 rejection in the *Final Office Action*, the Applicant believes that the § 101 rejection is withdrawn. The Applicant respectfully requests confirmation.

Rejection under § 103(a)

The Examiner rejected claims 1-28 under 35 U.S.C. § 103(a) as obvious over U.S. Patent Application Publication Number 2003/0147538 (*Elko*) in view of U.S. Patent Application Publication Number 2003/0169891 (*Ryan*). Because the theoretical combination of *Elko* and *Ryan* fails to render obvious each limitation of claims 1-26, the Applicant asserts that these claims are patentable over the art.

The cited art does not teach or suggest (a) “an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference” and (b) “the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.”

In *Response A*, the Applicant explained that: (1) the Examiner acknowledged that *Elko* does not teach these claimed features (*Previous Office Action*, 4-5) and (2) *Ryan* did not teach the claimed features, either. *Response A*, 10-12. For brevity, the explanation is not repeated herein.

In the *Final Office Action*, the Examiner appears to agree with the Applicant that *Elko* and *Ryan* do not teach the claimed features, because as understood, the Examiner states that such teaching or suggestion is unnecessary:

It is not necessary that the references actually suggest, expressly or in so many words, the changes or improvements that the applicant has made.
Final Office Action, 15.

The Applicant respectfully disagrees.

The Applicant maintains that to support a conclusion that the claim would have been obvious **requires that all the claimed elements were known in the prior art** and that one skilled in the art could have combined those elements. See *KSR International Co. v. Teleflex Inc.*, 127 S.Ct. 1727, 1739 (2007) (emphasis added); see also MPEP § 2143. The Applicant further maintains that neither *Elko* nor *Ryan* disclose the claimed **non-linear** combination and a delayed and **level-equalized** secondary electric signal.

The Examiner suggested that the Applicant is improperly imputing limitations from the *Instant Application* into the claims:

Applicant is reminded that the specifications are not the measure of invention. Therefore, limitations contained therein cannot be read into the claims for the purpose of avoiding prior art. In re Sporck, 55 CCPA 743, 386 F.2d 924, 155 USPQ 687 (1968).
Final Office Action, 15.

However, the limitations which the Applicant explained distinguish the claims over the prior art are clearly contained within the claims. For example, claim 1 recites in part “configured to **non-linearly** combine components.” By way of further example, claim 2 in part recites “a delay and **level-equalized secondary electric signal**.”

The Examiner contends that the claim limitations given their **broadest reasonable interpretation** are taught by *Elko* and *Ryan*:

In response to applicant's arguments that the prior art references fail to disclose the claimed limitations "an inter-microphone level difference module configured to nonlinearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference" and "wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal," the limitations have been **interpreted reasonably broad to read on the prior art references**, as discussed above.

Final Office Action, 15 (emphasis added).

The Applicant respectfully disagrees with the Examiner's interpretation of the claims.

The broadest reasonable interpretation must be consistent with the specification:

The Patent and Trademark Office ("PTO") determines the scope of claims in patent applications not solely on the basis of the claim language, but upon giving claims their broadest reasonable construction "**in light of the specification as it would be interpreted by one of ordinary skill in the art.**" *In re Am. Acad. of Sci. Tech. Ctr.*, 367 F.3d 1359, 1364[, 70 USPQ2d 1827] (Fed. Cir. 2004).

MPEP, § 2111 (quoting *Phillips v. AWH Corp.*, 415 F.3d 1303, 75 USPQ2d 1321 (Fed. Cir. 2005)). Emphasis added).

Applicant respectfully submits that a reasonably broad interpretation of the claims in light of the specification does **not** read on *Elko* and *Ryan*.

For example, claim 1 recites in part “configured to **non-linearly** combine components.” The Examiner contended that ¶¶ [0038] and [0040] of *Ryan* disclose the claimed feature (*Final Office Action*, 3):

The channel processing blocks 58A-58D can be configured to employ a twin detector average detection scheme while compressing the input signals. This twin detection scheme includes both slow and fast attack/release tracking modules that allow for fast response to transients (in the fast tracking module), while preventing annoying pumping of the input signal (in the slow tracking module) that only a fast time constant would produce. The outputs of the fast and slow tracking modules are compared, and the compression slope is then adjusted accordingly. The compression ratio, channel gain, lower and upper thresholds (return to linear point), and the fast and slow time constants (of the fast and slow tracking modules) can be independently programmed and saved in memory 44 for each of the plurality of channel processing blocks 58A-58D. *Ryan*, ¶ [0038].

After channel processing is complete, the four channel signals are **summed by summer** 60 to form a composite signal. This composite signal is then coupled to the post-filter 62, which may apply a post-processing filter function as discussed above. Following post-processing, the composite signal is then applied to a notch-filter 64, that attenuates a narrow band of frequencies that is adjustable in the frequency range where hearing aids tend to oscillate. This notch filter 64 is used to reduce feedback and prevent unwanted “whistling” of the device. Preferably, the notch filter 64 may include a dynamic transfer function that changes the depth of the notch based upon the magnitude of the input signal. *Ryan*, ¶ [0040] (emphasis added).

Clearly, at best *Ryan* teaches a **linear** combination (i.e., summing) and does not teach or suggest a **non-linear** combination. *Response A*, 10-11. In contrast, at least ¶ [0040] of the *Instant Application* as filed teaches “**non-linearly** combining.” At the time of invention, one of ordinary skill in the art would not substitute a linear combination with a non-linear combination, or otherwise use one in the place of the other. The broadest reasonable interpretation of the claims and specification of the *Instant Application* does **not** read on the **linear** combination of *Ryan*.

By way of further example, claim 2 in part recites “a delay and **level-equalized secondary electric signal**.” The Examiner contended that ¶ [0070] of *Ryan* discloses the claimed feature (*Final Office Action*, 3):

The front and rear microphones 110, 112 are preferably omnidirectional microphones that receive an acoustical waveform and generate a front and rear microphone signal, respectively. The front microphone signal is coupled to the front allpass filter 114, and the rear microphone signal is coupled to the time delay circuit 115. The time delay circuit 115 implements a time-of-flight delay that compensates for the distance between the front and rear microphones 110, 112 and determines the specific nature of the directional microphone pattern (i.e., cardioid, hypercardioid, bi-directional, etc.).

Ryan, ¶ [0070].

Clearly, *Ryan* does not teach or suggest that either the front or the rear microphone signal is equalized. *Response A*, 11. In contrast, at least ¶ [0052] of the *Instant Application* teaches “a filter 402, $F(z)$, that equalizes the microphones.” At the time of invention, one of ordinary skill in the art would not replace an equalized signal with a non-equalized signal, or otherwise use one in the place of the other. The broadest reasonable interpretation of the claims and specification of the *Instant Application* does **not** read on the **non-equalized** microphones of *Ryan*.

The Examiner’s statement that “the limitations have been interpreted reasonably broad to read on the prior art references” is conclusory. A clear articulation of the rationale or reason(s) behind the Examiner’s broad interpretation is **not** present in the *Final Office Action* (*Final Office Action*, 15), as required by MPEP § 2142:

[R]ejections on obviousness cannot be sustained with mere conclusory statements; instead, there must be some articulated reasoning with some rational underpinning to support the legal conclusion of obviousness
MPEP, § 2142 (quoting *In re Kahn*, 441 F.3d 977, 988, 78 USPQ2d 1329, 1336 (Fed. Cir. 2006)).

Accordingly, in the event that the Examiner maintains the § 103 rejection of the claims, the Applicant respectfully requests the finality of the *Final Office Action* be withdrawn and the reasoning provided.

As explained above, the rejection of claim 1 under § 103 is overcome and thus claim 1 is patentable. Additionally, as independent claims 14 and 26 include similar elements to those of independent claim 1, claims 14 and 26 are likewise patentable for at least the same reasons. Similarly, *Elko* in view of *Ryan* fails to disclose all the claimed elements of dependent claim 2, and the rejection of claim 2 under § 103 is overcome and thus claim 2 is patentable. In addition, dependent claim 15 includes similar elements to those of dependent claim 2, so claim 15 is likewise patentable for at least similar reasons.

Furthermore, as a dependent claim incorporates by reference all the limitations of the claim from which it depends (see 35 U.S.C. § 112 ¶ 4), claims 2-13, 16-25, and 27-28 are patentable for at least the same reasons as the independent claim from which they depend in addition to their separate distinguishing characteristics. The Applicant has, for brevity, chosen not to individually discuss the additional distinguishing characteristics of the dependent claims, aside from claims 2 and 15. The Applicant's silence should not be interpreted as belief that the dependent claims are patentable only by virtue of their dependence on a patentable independent claim.

CONCLUSION

It is respectfully submitted that the *Instant Application* is now in condition for allowance, and such action is requested. If the *Instant Application* is not allowed, then the Applicant requests that the finality of the *Final Office Action* be withdrawn, because the final rejection is premature as explained above. Should the Examiner have any questions regarding the case, the Examiner is invited to contact the Applicant's undersigned representative.

The Commissioner is hereby authorized to charge any underpayment or credit any overpayment to Deposit Account No. 06-0600 for any matter in connection with this response, including any fee for extension of time up to the current date, which may be required.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

February 6, 2012

By: /Bruce C. Shem/
Bruce C. Shem, Reg. no. 64,914
CARR & FERRELL LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Electronic Acknowledgement Receipt

EFS ID:	12003542
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	Bruce Clovis Shem
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	06-FEB-2012
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	17:19:35
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1		3909US_Response.pdf	145926 <small>75bf38cd1bd9a02f4116b20c513b8c4c54939e5d</small>	yes	13

	Multipart Description/PDF files in .zip description		
	Document Description	Start	End
	Amendment After Final	1	1
	Claims	2	6
	Applicant Arguments/Remarks Made in an Amendment	7	13
Warnings:			
Information:			
Total Files Size (in bytes):		145926	
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>			

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD Substitute for Form PTO-875					Application or Docket Number 11/699,732		Filing Date 01/29/2007		☒ To be Mailed	
APPLICATION AS FILED – PART I										
(Column 1)			(Column 2)		SMALL ENTITY ☒ OR		OTHER THAN SMALL ENTITY			
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE (\$)	FEE (\$)	OR	RATE (\$)	FEE (\$)			
☐ BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A	N/A			N/A				
☐ SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (j), or (m))	N/A	N/A	N/A			N/A				
☐ EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A	N/A			N/A				
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	minus 20 =	*	X \$ =		OR	X \$ =				
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	minus 3 =	*	X \$ =			X \$ =				
☐ APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$250 (\$125 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).									
☐ MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))										
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.			TOTAL			TOTAL				
APPLICATION AS AMENDED – PART II										
(Column 1)			(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY OR		OTHER THAN SMALL ENTITY	
AMENDMENT	02/06/2012	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)		RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	* 28	Minus	** 28	= 0	X \$30 =	0	OR	X \$ =	
	Independent (37 CFR 1.16(h))	* 3	Minus	*** 3	= 0	X \$125 =	0	OR	X \$ =	
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))									
						TOTAL ADD'L FEE	0	OR	TOTAL ADD'L FEE	
(Column 1)			(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY OR		OTHER THAN SMALL ENTITY	
AMENDMENT		CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)		RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus	**	=	X \$ =		OR	X \$ =	
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus	***	=	X \$ =		OR	X \$ =	
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))									
						TOTAL ADD'L FEE		OR	TOTAL ADD'L FEE	
<p>* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.</p> <p>** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20".</p> <p>*** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3".</p> <p>The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.</p>										

Legal Instrument Examiner:
/NICHELE PETERSON/

This collection of information is required by 37 CFR 1.16. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830	7590	02/14/2012		
CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			EXAMINER KIM, PAUL	
			ART UNIT	PAPER NUMBER
			2614	
			MAIL DATE	DELIVERY MODE
			02/14/2012	PAPER

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Advisory Action Before the Filing of an Appeal Brief	Application No. 11/699,732	Applicant(s) AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

--The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --

THE REPLY FILED 06 February 2012 FAILS TO PLACE THIS APPLICATION IN CONDITION FOR ALLOWANCE.

1. ☒ The reply was filed after a final rejection, but prior to or on the same day as filing a Notice of Appeal. To avoid abandonment of this application, applicant must timely file one of the following replies: (1) an amendment, affidavit, or other evidence, which places the application in condition for allowance; (2) a Notice of Appeal (with appeal fee) in compliance with 37 CFR 41.31; or (3) a Request for Continued Examination (RCE) in compliance with 37 CFR 1.114. The reply must be filed within one of the following time periods:

a) ☐ The period for reply expires _____ months from the mailing date of the final rejection.

b) ☒ The period for reply expires on: (1) the mailing date of this Advisory Action, or (2) the date set forth in the final rejection, whichever is later. In no event, however, will the statutory period for reply expire later than SIX MONTHS from the mailing date of the final rejection.

Examiner Note: If box 1 is checked, check either box (a) or (b). ONLY CHECK BOX (b) WHEN THE FIRST REPLY WAS FILED WITHIN TWO MONTHS OF THE FINAL REJECTION. See MPEP 706.07(f).

Extensions of time may be obtained under 37 CFR 1.136(a). The date on which the petition under 37 CFR 1.136(a) and the appropriate extension fee have been filed is the date for purposes of determining the period of extension and the corresponding amount of the fee. The appropriate extension fee under 37 CFR 1.17(a) is calculated from: (1) the expiration date of the shortened statutory period for reply originally set in the final Office action; or (2) as set forth in (b) above, if checked. Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of the final rejection, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

NOTICE OF APPEAL

2. ☐ The Notice of Appeal was filed on _____. A brief in compliance with 37 CFR 41.37 must be filed within two months of the date of filing the Notice of Appeal (37 CFR 41.37(a)), or any extension thereof (37 CFR 41.37(e)), to avoid dismissal of the appeal. Since a Notice of Appeal has been filed, any reply must be filed within the time period set forth in 37 CFR 41.37(a).

AMENDMENTS

3. ☐ The proposed amendment(s) filed after a final rejection, but prior to the date of filing a brief, will not be entered because

(a) ☐ They raise new issues that would require further consideration and/or search (see NOTE below);

(b) ☐ They raise the issue of new matter (see NOTE below);

(c) ☐ They are not deemed to place the application in better form for appeal by materially reducing or simplifying the issues for appeal; and/or

(d) ☐ They present additional claims without canceling a corresponding number of finally rejected claims.

NOTE: _____. (See 37 CFR 1.116 and 41.33(a)).

4. ☐ The amendments are not in compliance with 37 CFR 1.121. See attached Notice of Non-Compliant Amendment (PTOL-324).

5. ☐ Applicant's reply has overcome the following rejection(s): _____.

6. ☐ Newly proposed or amended claim(s) _____ would be allowable if submitted in a separate, timely filed amendment canceling the non-allowable claim(s).

7. ☐ For purposes of appeal, the proposed amendment(s): a) ☐ will not be entered, or b) ☐ will be entered and an explanation of how the new or amended claims would be rejected is provided below or appended.

The status of the claim(s) is (or will be) as follows:

Claim(s) allowed: _____.

Claim(s) objected to: _____.

Claim(s) rejected: _____.

Claim(s) withdrawn from consideration: _____.

AFFIDAVIT OR OTHER EVIDENCE

8. ☐ The affidavit or other evidence filed after a final action, but before or on the date of filing a Notice of Appeal will not be entered because applicant failed to provide a showing of good and sufficient reasons why the affidavit or other evidence is necessary and was not earlier presented. See 37 CFR 1.116(e).

9. ☐ The affidavit or other evidence filed after the date of filing a Notice of Appeal, but prior to the date of filing a brief, will not be entered because the affidavit or other evidence failed to overcome all rejections under appeal and/or appellant fails to provide a showing a good and sufficient reasons why it is necessary and was not earlier presented. See 37 CFR 41.33(d)(1).

10. ☐ The affidavit or other evidence is entered. An explanation of the status of the claims after entry is below or attached.

REQUEST FOR RECONSIDERATION/OTHER

11. ☒ The request for reconsideration has been considered but does NOT place the application in condition for allowance because:
Applicant is reminded that the test for obviousness is not whether the features of the reference may be bodily incorporated into the other to produce the claimed subject matter but simply what the references make obvious to one of ordinary skill in the art. The claimed limitations have been interpreted reasonably broad to read on the prior art references, as discussed in the final rejection.

12. ☐ Note the attached Information *Disclosure Statement*(s). (PTO/SB/08) Paper No(s). _____

13. ☐ Other: _____.

/VIVIAN CHIN/ Supervisory Patent Examiner, Art Unit 2614	/P. K./ Examiner, Art Unit 2614
---	------------------------------------

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILING DATE: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement
EXAMINER: Paul Kim
ART UNIT: 2614
CONF. NO.: 7721
ATTY.DKT. NO.: PA3909US

MAIL STOP AF
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

RESPONSE B

Examiner Kim:

In response to the Final Office Action (*Final Office Action*) mailed December 6, 2011, the Applicant submits the following response. **Listing of Claims, Remarks, and Conclusion** begin on pages **two, seven, and thirteen**, respectively.

OK TO ENTER UPON FILING OF APPEALS BRIEF: /P.K./

PA3909US



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830	7590	02/28/2012		
CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			EXAMINER KIM, PAUL	
			ART UNIT	PAPER NUMBER
			2614	
			MAIL DATE	DELIVERY MODE
			02/28/2012	PAPER

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Summary of Record of Interview Requirements

Manual of Patent Examining Procedure (MPEP), Section 713.04, Substance of Interview Must be Made of Record

A complete written statement as to the substance of any face-to-face, video conference, or telephone interview with regard to an application must be made of record in the application whether or not an agreement with the examiner was reached at the interview.

Title 37 Code of Federal Regulations (CFR) § 1.133 Interviews

Paragraph (b)

In every instance where reconsideration is requested in view of an interview with an examiner, a complete written statement of the reasons presented at the interview as warranting favorable action must be filed by the applicant. An interview does not remove the necessity for reply to Office action as specified in §§ 1.111, 1.135. (35 U.S.C. 132)

37 CFR §1.2 Business to be transacted in writing.

All business with the Patent or Trademark Office should be transacted in writing. The personal attendance of applicants or their attorneys or agents at the Patent and Trademark Office is unnecessary. The action of the Patent and Trademark Office will be based exclusively on the written record in the Office. No attention will be paid to any alleged oral promise, stipulation, or understanding in relation to which there is disagreement or doubt.

The action of the Patent and Trademark Office cannot be based exclusively on the written record in the Office if that record is itself incomplete through the failure to record the substance of interviews.

It is the responsibility of the applicant or the attorney or agent to make the substance of an interview of record in the application file, unless the examiner indicates he or she will do so. It is the examiner's responsibility to see that such a record is made and to correct material inaccuracies which bear directly on the question of patentability.

Examiners must complete an Interview Summary Form for each interview held where a matter of substance has been discussed during the interview by checking the appropriate boxes and filling in the blanks. Discussions regarding only procedural matters, directed solely to restriction requirements for which interview recordation is otherwise provided for in Section 812.01 of the Manual of Patent Examining Procedure, or pointing out typographical errors or unreadable script in Office actions or the like, are excluded from the interview recordation procedures below. Where the substance of an interview is completely recorded in an Examiners Amendment, no separate Interview Summary Record is required.

The Interview Summary Form shall be given an appropriate Paper No., placed in the right hand portion of the file, and listed on the "Contents" section of the file wrapper. In a personal interview, a duplicate of the Form is given to the applicant (or attorney or agent) at the conclusion of the interview. In the case of a telephone or video-conference interview, the copy is mailed to the applicant's correspondence address either with or prior to the next official communication. If additional correspondence from the examiner is not likely before an allowance or if other circumstances dictate, the Form should be mailed promptly after the interview rather than with the next official communication.

The Form provides for recordation of the following information:

- Application Number (Series Code and Serial Number)
- Name of applicant
- Name of examiner
- Date of interview
- Type of interview (telephonic, video-conference, or personal)
- Name of participant(s) (applicant, attorney or agent, examiner, other PTO personnel, etc.)
- An indication whether or not an exhibit was shown or a demonstration conducted
- An identification of the specific prior art discussed
- An indication whether an agreement was reached and if so, a description of the general nature of the agreement (may be by attachment of a copy of amendments or claims agreed as being allowable). Note: Agreement as to allowability is tentative and does not restrict further action by the examiner to the contrary.
- The signature of the examiner who conducted the interview (if Form is not an attachment to a signed Office action)

It is desirable that the examiner orally remind the applicant of his or her obligation to record the substance of the interview of each case. It should be noted, however, that the Interview Summary Form will not normally be considered a complete and proper recordation of the interview unless it includes, or is supplemented by the applicant or the examiner to include, all of the applicable items required below concerning the substance of the interview.

A complete and proper recordation of the substance of any interview should include at least the following applicable items:

- 1) A brief description of the nature of any exhibit shown or any demonstration conducted,
- 2) an identification of the claims discussed,
- 3) an identification of the specific prior art discussed,
- 4) an identification of the principal proposed amendments of a substantive nature discussed, unless these are already described on the Interview Summary Form completed by the Examiner,
- 5) a brief identification of the general thrust of the principal arguments presented to the examiner,
(The identification of arguments need not be lengthy or elaborate. A verbatim or highly detailed description of the arguments is not required. The identification of the arguments is sufficient if the general nature or thrust of the principal arguments made to the examiner can be understood in the context of the application file. Of course, the applicant may desire to emphasize and fully describe those arguments which he or she feels were or might be persuasive to the examiner.)
- 6) a general indication of any other pertinent matters discussed, and
- 7) if appropriate, the general results or outcome of the interview unless already described in the Interview Summary Form completed by the examiner.

Examiners are expected to carefully review the applicant's record of the substance of an interview. If the record is not complete and accurate, the examiner will give the applicant an extendable one month time period to correct the record.

Examiner to Check for Accuracy

If the claims are allowable for other reasons of record, the examiner should send a letter setting forth the examiner's version of the statement attributed to him or her. If the record is complete and accurate, the examiner should place the indication, "Interview Record OK" on the paper recording the substance of the interview along with the date and the examiner's initials.

Doc code: RCEX

Doc description: Request for Continued Examination (RCE)

PTO/SB/30EFS (07-09)

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

REQUEST FOR CONTINUED EXAMINATION(RCE)TRANSMITTAL (Submitted Only via EFS-Web)

Application Number	11/699,732	Filing Date	2007-01-29	Docket Number (if applicable)	PA3909US	Art Unit	2614
First Named Inventor	Carlos Avendano			Examiner Name	Paul Kim		

This is a Request for Continued Examination (RCE) under 37 CFR 1.114 of the above-identified application.

Request for Continued Examination (RCE) practice under 37 CFR 1.114 does not apply to any utility or plant application filed prior to June 8, 1995, or to any design application. The Instruction Sheet for this form is located at WWW.USPTO.GOV

SUBMISSION REQUIRED UNDER 37 CFR 1.114

Note: If the RCE is proper, any previously filed unentered amendments and amendments enclosed with the RCE will be entered in the order in which they were filed unless applicant instructs otherwise. If applicant does not wish to have any previously filed unentered amendment(s) entered, applicant must request non-entry of such amendment(s).

☐ Previously submitted. If a final Office action is outstanding, any amendments filed after the final Office action may be considered as a submission even if this box is not checked.

☐ Consider the arguments in the Appeal Brief or Reply Brief previously filed on _____

☐ Other _____

☒ Enclosed

☒ Amendment/Reply

☐ Information Disclosure Statement (IDS)

☐ Affidavit(s)/ Declaration(s)

☐ Other _____

MISCELLANEOUS

☐ Suspension of action on the above-identified application is requested under 37 CFR 1.103(c) for a period of months _____
(Period of suspension shall not exceed 3 months; Fee under 37 CFR 1.17(i) required)

☐ Other _____

FEES

The RCE fee under 37 CFR 1.17(e) is required by 37 CFR 1.114 when the RCE is filed.

☒ The Director is hereby authorized to charge any underpayment of fees, or credit any overpayments, to Deposit Account No 060600

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT REQUIRED

☒ Patent Practitioner Signature

☐ Applicant Signature

Doc code: RCEX

Doc description: Request for Continued Examination (RCE)

PTO/SB/30EFS (07-09)

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Signature of Registered U.S. Patent Practitioner			
Signature	/Bruce C. Shem/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-03-01
Name	Bruce C. Shem	Registration Number	64914

This collection of information is required by 37 CFR 1.114. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:		11699732		
Filing Date:		29-Jan-2007		
Title of Invention:		System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement		
First Named Inventor/Applicant Name:		Carlos Avendano		
Filer:		Bruce Clovis Shem/Jillian Sweetnam		
Attorney Docket Number:		PA3909US		
Filed as Small Entity				
Utility under 35 USC 111(a) Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Extension-of-Time:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Miscellaneous:				
Request for continued examination	2801	1	465	465
Total in USD (\$)				465

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	12205401
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	System and method for utilizing omni-directional microphones for speech enhancement
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	Bruce Clovis Shem
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	01-MAR-2012
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	18:29:56
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$465
RAM confirmation Number	6580
Deposit Account	060600
Authorized User	
<p>The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows:</p> <p>Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.16 (National application filing, search, and examination fees)</p> <p>Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.17 (Patent application and reexamination processing fees)</p>	

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.19 (Document supply fees)					
Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.20 (Post Issuance fees)					
Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)					
File Listing:					
Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1		3909US_Response.pdf	146451 84a9df7d9c0cc2bc3d94398e95f6f9237c61d0	yes	14
	Multipart Description/PDF files in .zip description				
	Document Description		Start	End	
	Amendment After Final		1	1	
	Claims		2	8	
	Applicant Arguments/Remarks Made in an Amendment		9	14	
Warnings:					
Information:					
2	Request for Continued Examination (RCE)	3909US_Response_RCE_SB_30.pdf	30963 2668322acaf0ff20bb33eb9c998210727655ce89	no	2
Warnings:					
This is not a USPTO supplied RCE SB30 form.					
Information:					
3	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	30222 fae2dc81b5abbe11a50d07efdee3845679926bc9	no	2
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			207636		

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Carlos Avendano
APPLICATION NO.: 11/699,732
FILING DATE: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement
EXAMINER: Paul Kim
ART UNIT: 2614
CONF. NO.: 7721
ATTY.DKT. NO.: PA3909US

MAIL STOP AF
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

RESPONSE C AND REQUEST FOR CONTINUED EXAMINATION

Examiner Kim:

In response to the Final Office Action (*Final Office Action*) mailed December 6, 2011 and the Advisory Action mailed on February 14, 2012 (*Advisory Action*), the Applicant submits the following response. A **Listing of Claims, Remarks, and Conclusion** begin on pages **two, nine, and fourteen**, respectively.

The present response is submitted concurrently with a Request for Continued Examination.

PA3909US

IN THE CLAIMS

This listing of claims will replace all prior versions and listing of claims in the application:

1. (Currently Amended) A system for enhancing speech, comprising:
 - a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal;
 - a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal, the differential microphone array module being further configured to determine the cardioid primary signal based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal;
 - and
 - an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

2. (Previously Presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.
3. (Currently Amended) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary electric signal adjusted by the gain.
4. (Original) The system of claim 3 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.
5. (Previously Presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.
6. (Original) The system of claim 1 further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.

7. (Original) The system of claim 1 further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.

8. (Original) The system of claim 1 further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference.

9. (Original) The system of claim 1 further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.

10. (Original) The system of claim 9 further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

11. (Original) The system of claim 1 further comprising a masking module configured to determine a speech estimate.

12. (Original) The system of claim 11 further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output.

13. (Original) The system of claim 1, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal.

14. (Currently Amended) A method for enhancing speech, comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal;

determining the cardioid primary signal further based at least in part on
delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

15. (Previously Presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

16. (Currently Amended) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary electric signal adjusted by the gain.

17. (Original) The method of claim 16 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

18. (Original) The method of claim 14 wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

19. (Original) The method of claim 14 wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal.

20. (Original) The method of claim 14 further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.

21. (Original) The method of claim 14 further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference.

22. (Original) The method of claim 21 further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

23. (Original) The method of claim 22 further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal

24. (Original) The method of claim 22 further comprising smoothing the filter estimate.

25. (Previously Presented) The method of claim 14 wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are each of a sub-band of the primary electric signal.

26. (Currently Amended) A non-transitory computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program being executable by a processor to perform a method for enhancing speech, the method comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal;

determining the cardioid primary signal further based at least in part on
delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid ~~primary~~ secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

27. (previously presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between a level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

28. (previously presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a level-equalized secondary electric signal.

REMARKS

In the *Final Office Action*, the Examiner rejected claims 1-28. No claims are canceled or added by this response. Claims 1, 3, 14, 16, and 26 are amended. Claims 3, 16, and 26 are amended to correct typographical errors. No new matter is introduced. Support for the claim amendments may be found at least at ¶ [0029] of the present application (*Pending Application*) as originally filed. Claims 1-28 remain pending. Based on the following remarks, the Applicant respectfully requests reconsideration of the *Pending Application*.

Interview Summary

The undersigned representative and James W. Drapinski (Reg. No. 46,242) engaged in a telephonic interview with Examiner Paul Kim on February 23, 2012 (*Telephonic Interview*). Applicants and their representatives extend their sincere thanks to the Examiner for his time and courtesy during the aforementioned interview. During the course of the telephonic interview, the Examiner stated and confirmed that the proposed claim amendments overcome the cited art. These claim amendments are present in the amended claims of the present response. The Examiner also indicated that further search may be needed.

Rejection under § 101

In the Office Action mailed April 7, 2011 (*Previous Office Action*), Claim 26 was rejected under 35 U.S.C. § 101 for being directed to non-statutory subject matter. In the Response filed on August 4, 2011 (*Response A*), claim 26 was amended to recite a “non-transitory computer readable storage medium” in order to advance prosecution of the *Instant Application*. Since the Examiner did not explicitly address the § 101 rejection in the *Final Office Action* or the *Advisory Action*, the Applicant believes that the § 101 rejection is withdrawn. The Applicant respectfully requests confirmation.

Rejection under § 103(a)

Claims 1-28 stand rejected under 35 U.S.C. § 103(a) as obvious over U.S. Patent Application Publication Number 2003/0147538 (*Elko*) in view of U.S. Patent Application Publication Number 2003/0169891 (*Ryan*). The Applicant respectfully traverses.

The cited art does not teach or suggest “the differential microphone array module being further configured to determine the cardioid primary signal based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal.”

Independent Claim 1 as amended recites in part: “the differential microphone array module being further configured to determine the cardioid primary signal based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal.” During the *Telephonic Interview*, the above claim amendment was discussed relative to the cited references. The Examiner stated that the claim amendment overcomes the prior art rejections.

The cited art does not teach or suggest “an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.”

In addition, Claim 1 also in part recites: “an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.” In the *Final Office Action*, the Examiner determined that *Elko* does teach the claimed feature. The Examiner also contended that *Ryan* teaches the claimed feature. *Final Office Action*, page 3, lines 1-7.

The Applicant maintains that to support a conclusion that the claim would have been obvious requires that *all* the claimed elements were known in the prior art and that one skilled in the art could have combined those elements. See *KSR International Co. v. Teleflex Inc.*, 127 S.Ct. 1727, 1739 (2007) (emphasis added); see also MPEP § 2143. The Applicant further maintains that neither *Elko* nor *Ryan*, singly or in any theoretical combination, disclose the claimed non-linear combination.

The Examiner suggested in the *Final Office Action* that the Applicant is improperly imputing limitations from the *Instant Application* into the claims:

Applicant is reminded that the specifications are not the measure of invention. Therefore, limitations contained therein cannot be read into the claims for the purpose of avoiding prior art. In re Sporck, 55 CCPA 743, 386 F.2d 924, 155 USPQ 687 (1968).

Final Office Action, 15.

However, claim 1 clearly recites the claimed feature described: "configured to non-linearly combine components."

The Examiner contends that the claim limitations given their broadest reasonable interpretation are taught by *Elko* and *Ryan*:

In response to applicant's arguments that the prior art references fail to disclose the claimed limitations "an inter-microphone level difference module configured to nonlinearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference" and "wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal," the limitations have been interpreted reasonably broad to read on the prior art references, as discussed above.

Final Office Action, 15.

The claimed limitations have been interpreted reasonably broad to read on the prior art references, as discussed in the final rejection.

Advisory Action, 1.

However, the broadest reasonable interpretation must be consistent with the specification:

The Patent and Trademark Office ("PTO") determines the scope of claims in patent applications not solely on the basis of the claim language, but upon giving claims their broadest reasonable construction "in light of the specification as it would be interpreted by one of ordinary skill in the art." *In re Am. Acad. of Sci. Tech. Ctr.*, 367 F.3d 1359, 1364[, 70 USPQ2d 1827] (Fed. Cir. 2004).

MPEP, § 2111 (quoting *Phillips v. AWH Corp.*, 415 F.3d 1303, 75 USPQ2d 1321 (Fed. Cir. 2005)).

The Applicant respectfully submits that a reasonably broad interpretation of the claims in light of the specification does not read on *Elko* and *Ryan*.

For example, claim 1 recites in part "configured to non-linearly combine components." The Examiner contended that ¶¶ [0038] and [0040] of *Ryan* disclose the claimed feature (*Final Office Action*, 3):

The channel processing blocks 58A-58D can be configured to employ a twin detector average detection scheme while compressing the input signals. This twin detection scheme includes both slow and fast attack/release tracking modules that allow for fast response to transients (in the fast tracking module), while preventing annoying pumping of the input signal (in the slow tracking module) that only a fast time constant would produce. The outputs of the fast and slow tracking modules are compared, and the compression slope is then adjusted accordingly. The compression ratio, channel gain, lower and upper thresholds (return to linear point), and the fast and slow time constants (of the fast and slow tracking modules) can be independently programmed and saved in memory 44 for each of the plurality of channel processing blocks 58A-58D. *Ryan*, ¶ [0038].

After channel processing is complete, the four channel signals are **summed by summer 60** to form a composite signal. This composite signal is then coupled to the post-filter 62, which may apply a post-processing filter function as discussed above. Following post-processing, the composite signal is then applied to a notch-filter 64, that attenuates a narrow band of frequencies that is adjustable in the frequency range

where hearing aids tend to oscillate. This notch filter 64 is used to reduce feedback and prevent unwanted “whistling” of the device. Preferably, the notch filter 64 may include a dynamic transfer function that changes the depth of the notch based upon the magnitude of the input signal.

Ryan, ¶ [0040] (emphasis added).

Clearly, at best *Ryan* teaches a linear combination (i.e., summing) and does not teach or suggest a non-linear combination. In contrast, claim 1 recites in part “configured to non-linearly combine components.” Clearly a linear combination is not the same as a non-linear combination.

For all the above reasons, the rejection of claim 1 under § 103 is overcome and thus claim 1 is patentable. Additionally, as independent claims 14 and 26 include similar elements to those of independent claim 1, claims 14 and 26 are likewise patentable for at least the same reasons.

Furthermore, as a dependent claim incorporates by reference all the limitations of the claim from which it depends (see 35 U.S.C. § 112 ¶ 4), claims 2-13, 16-25, and 27-28 are patentable for at least the same reasons as the independent claim from which they depend in addition to their separate distinguishing characteristics. The Applicant has, for brevity, chosen not to individually discuss the additional distinguishing characteristics of the dependent claims, aside from claims 2 and 15. The Applicant’s silence should not be interpreted as belief that the dependent claims are patentable only by virtue of their dependence on a patentable independent claim.

CONCLUSION

Based on the foregoing amendments and remarks, the Applicant believes the rejections have been overcome, and that the *Pending Application* is in condition for allowance. Should the Examiner have any questions regarding the case, the Examiner is invited to contact the Applicant's undersigned representative.

Although amendments have been made, no acquiescence or estoppel is or should be implied thereby. Rather the amendments are made only to expedite prosecution of the present application, and without prejudice to presentation or assertion in the future of claims on the subject matter affected thereby. The Applicant reserves the right to pursue the original claims and/or similar claims in subsequent amendments, continuations, or other descendants of the present application.

The present response is submitted concurrently with a Request for Continued Examination. The Commissioner is hereby authorized to charge any underpayment or credit any overpayment to Deposit Account No. 06-0600 for any matter in connection with this response, including any fee for extension of time up to the current date, which may be required.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

March 1, 2012

By: /Bruce C. Shem/
Bruce C. Shem, Reg. no. 64,914
CARR & FERRELL LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD Substitute for Form PTO-875					Application or Docket Number 11/699,732		Filing Date 01/29/2007		☐ To be Mailed	
APPLICATION AS FILED – PART I										
(Column 1)			(Column 2)		SMALL ENTITY ☒ OR		OTHER THAN SMALL ENTITY			
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE (\$)	FEE (\$)	OR	RATE (\$)	FEE (\$)			
☐ BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A	N/A			N/A				
☐ SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (j), or (m))	N/A	N/A	N/A			N/A				
☐ EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A	N/A			N/A				
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	minus 20 =	*	X \$ =		OR	X \$ =				
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	minus 3 =	*	X \$ =			X \$ =				
☐ APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$250 (\$125 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).									
☐ MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))										
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.			TOTAL			TOTAL				
APPLICATION AS AMENDED – PART II										
(Column 1)			(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY OR		OTHER THAN SMALL ENTITY	
AMENDMENT	03/01/2012	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)		RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	* 28	Minus	** 28	= 0	X \$30 =	0	OR	X \$ =	
	Independent (37 CFR 1.16(h))	* 3	Minus	*** 3	= 0	X \$125 =	0	OR	X \$ =	
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))									
						TOTAL ADD'L FEE	0	OR	TOTAL ADD'L FEE	
AMENDMENT		CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)		RATE (\$)	ADDITIONAL FEE (\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus	**	=	X \$ =		OR	X \$ =	
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus	***	=	X \$ =		OR	X \$ =	
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))									
						TOTAL ADD'L FEE		OR	TOTAL ADD'L FEE	
<p>* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.</p> <p>** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20".</p> <p>*** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3".</p> <p>The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.</p>										

Legal Instrument Examiner:
/MARCIA GORDON/

This collection of information is required by 37 CFR 1.16. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (01-10)

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	3976863		1976-08-24	Engel	
	2	3978287		1976-08-31	Fletcher, et al.	
	3	4137510		1979-01-30	Iwahara	
	4	4433604		1984-02-28	Ott	
	5	4516259		1985-05-07	Yato, et al.	
	6	4536844		1985-08-20	Lyon	
	7	4581758		1986-04-08	Coker, et al.	
	8	4628529		1986-12-09	Borth, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	9	4630304		1986-12-16	Borth, et al.	
	10	4674125		1987-06-16	Carlson, et al.	
	11	4718104		1988-01-05	Anderson	
	12	4811404		1989-03-07	Vilmur, et al.	
	13	4812996		1989-03-14	Stubbs	
	14	4864620		1989-09-05	Bialick	
	15	4920508		1990-04-24	Yassaie, et al.	
	16	5027410		1991-06-25	Williamson, et al.	
	17	5054085		1991-10-01	Meisel, et al.	
	18	5058419		1991-10-22	Nordstrom, et al.	
	19	5099738		1992-03-31	Hotz	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	20	5119711		1992-06-09	Bell, et al.	
	21	5142961		1992-09-01	Paroutaud	
	22	5150413		1992-09-22	Nakatani, et al.	
	23	5175769		1992-12-29	Hejna, Jr., et al.	
	24	5187776		1993-02-16	Yanker	
	25	5210366		1993-05-11	Sykes, Jr.	
	26	5224170		1993-06-29	Waite, Jr.	
	27	5230022		1993-07-20	Sakata	
	28	5323459		1994-06-21	Hirano	
	29	5341432		1994-08-23	Suzuki, et al.	
	30	5381512		1995-01-10	Holton, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	31	5400409		1995-03-21	Linhard	
	32	5402493		1995-03-28	Goldstein	
	33	5471195		1995-11-28	Rickman	
	34	5473702		1995-12-05	Yoshida, et al.	
	35	5473759		1995-12-05	Slaney, et al.	
	36	5479564		1995-12-26	Vogten, et al.	
	37	5502663		1996-03-26	Lyon	
	38	5544250		1996-08-06	Urbanski	
	39	5583784		1996-12-10	Kapust, et al.	
	40	5587998		1996-12-24	Velardo, Jr., et al.	
	41	5590241		1996-12-31	Park, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	42	5675778		1997-10-07	Jones	
	43	5682463		1997-10-28	Allen, et al.	
	44	5706395		1998-01-06	Arslan, et al.	
	45	5717829		1998-02-10	Takagi	
	46	5729612		1998-03-17	Abel, et al.	
	47	5732189		1998-03-24	Johnston, et al.	
	48	5749064		1998-05-05	Pawate, et al.	
	49	5792971		1998-08-11	Timis, et al.	
	50	5806025		1998-09-08	Vis, et al.	
	51	5809463		1998-09-15	Gupta, et al.	
	52	5825320		1998-10-20	Miyamori, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	53	5839101		1998-11-17	Vahatalo, et al.	
	54	5920840		1999-07-06	Satyamurti, et al.	
	55	5933495		1999-08-03	Oh	
	56	5943429		1999-08-24	Handel	
	57	5956674		1999-09-21	Smyth, et al.	
	58	5974380		1999-10-26	Smyth, et al.	
	59	5978824		1999-11-02	Ikeda	
	60	5983139		1999-11-09	Zierhofer	
	61	5990405		1999-11-23	Auten, et al.	
	62	6097820		2000-08-01	Turner	
	63	6108626		2000-08-22	Cellario, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	64	6122610		2000-09-19	Isabelle	
	65	6134524		2000-10-17	Peters, et al.	
	66	6137349		2000-10-24	Menkhoff, et al.	
	67	6140809		2000-10-31	Doi	
	68	6173255		2001-01-09	Wilson, et al.	
	69	6180273		2001-01-30	Okamoto	
	70	6216103		2001-04-10	Wu, et al.	
	71	6223090		2001-04-24	Brungart	
	72	6226616		2001-05-01	You, et al.	
	73	6263307		2001-07-17	Arslan, et al.	
	74	6266633		2001-07-24	Higgins, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	75	6339758		2002-01-15	Kanazawa, et al.	
	76	6355869		2002-03-12	Mitton	
	77	6381570		2002-04-30	Li, et al.	
	78	6434417		2002-08-13	Lovett	
	79	6449586		2002-09-10	Hoshuyama	
	80	6469732		2002-10-22	Chang, et al.	
	81	6487257		2002-11-26	Gustafsson, et al.	
	82	6496795		2002-12-17	Malvar	
	83	6513004		2003-01-28	Rigazio, et al.	
	84	6516066		2003-02-04	Hayashi	
	85	6529606		2003-03-04	Jackson, Jr. II, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	86	6622030		2003-09-16	Romesburg, et al.	
	87	6718309		2004-04-06	Selly	
	88	6792118		2004-09-14	Watts	
	89	6798886		2004-09-28	Smith, et al.	
	90	6810273		2004-10-26	Mattila, et al.	
	91	6915264		2005-07-05	Baumgarte	
	92	6944510		2005-09-13	Ballesty, et al.	
	93	6982377		2006-01-03	Sakurai, et al.	
	94	6999582		2006-02-14	Popovic, et al.	
	95	7016507		2006-03-21	Brennan	
	96	7020605		2006-03-28	Gao	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	97	7054452		2006-05-30	Ukita	
	98	7065485		2006-06-20	Chong-White, et al.	
	99	7076315		2006-07-11	Watts	
	100	7092529		2006-08-15	Yu, et al.	
	101	7092882		2006-08-15	Arrowood, et al.	
	102	7164620		2007-01-16	Hoshuyama	
	103	7171246		2007-01-30	Mattila, et al.	
	104	7209567		2007-04-24	Kozel, et al.	
	105	7225001		2007-05-29	Eriksson, et al.	
	106	7242762		2007-07-10	He, et al.	
	107	7254242		2007-08-07	Ise, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	108	7359520		2008-04-15	Brennan, et al.	
	109	7412379		2008-08-12	Taori, et al.	
	110	7433907		2008-10-07	Nagai, et al.	
	111	7555434		2009-06-30	Nomura, et al.	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button. [Add](#)

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20020002455		2002-01-03	Accardi, Anthony J. ; et al.	
	2	20020133334		2002-09-19	Coorman, Geert ; et al.	
	3	20020147595		2002-10-10	Baumgarte, Frank	
	4	20020184013		2002-12-05	Walker, Michael	
	5	20030014248		2003-01-16	Vetter, Rolf	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	6	20030033140		2003-02-13	Taori, Rakesh ; et al.	
	7	20030040908		2003-02-27	Yang, Feng ; et al.	
	8	20030063759		2003-04-03	Brennan, Robert L. ; et al.	
	9	20030095667		2003-05-22	Watts, Lloyd	
	10	20030101048		2003-05-29	Liu, Chia-Horng	
	11	20030103632		2003-06-05	Goubran, Rafik ; et al.	
	12	20030128851		2003-07-10	Furuta, Satoru	
	13	20030228023		2003-12-11	Burnett, Gregory C. ; et al.	
	14	20040013276		2004-01-22	Ellis, Richard Thompson ; et al.	
	15	20040047464		2004-03-11	Yu, Zhuliang ; et al.	
	16	20040057574		2004-03-25	Faller, Christof	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	17	20040078199		2004-04-22	Kremer, Hanoh ; et al.	
	18	20040131178		2004-07-08	Shahaf, Mark ; et al.	
	19	20040165736		2004-08-26	Hetherington, Phil ; et al.	
	20	20040196989		2004-10-07	Friedman, Sol ; et al.	
	21	20040263636		2004-12-30	Cutler, Ross ; et al.	
	22	20050025263		2005-02-03	Wu, Gin-Der	
	23	20050027520		2005-02-03	Mattila, Ville-Veikko ; et al.	
	24	20050216259		2005-09-29	Watts, Lloyd	
	25	20050228518		2005-10-13	Watts, Lloyd	
	26	20050288923		2005-12-29	Kok, Chi-Wah	
	27	20060072768		2006-04-06	Schwartz; Stephen R. ; et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

	28	20060098809		2006-05-11	Nongpiur; Rajeev ; et al.	
	29	20060133621		2006-06-22	Chen; Juin-Hwey ; et al.	
	30	20060149535		2006-07-06	Choi; Woo Young ; et al.	
	31	20060184363		2006-08-17	McCree; Alan ; et al.	
	32	20060198542		2006-09-07	Benjelloun Touimi; Abdellatif ; et al.	
	33	20060222184		2006-10-05	Buck; Markus ; et al.	
	34	20070067166		2007-03-22	Pan; Xingde ; et al.	
	35	20070094031		2007-04-26	Chen; Juin-Hwey	
	36	20070100612		2007-05-03	Ekstrand; Per ; et al.	
	37	20070195968		2007-08-23	Jaber; Marwan	
	38	20070230712		2007-10-04	Belt; Harm Jan Willem ; et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

	39	20070276656		2007-11-29	Solbach; Ludger ; et al.	
	40	20080033723		2008-02-07	Jang; Giljin ; et al.	
	41	20080140391		2008-06-12	Yen; Ming Hsiang ; et al.	
	42	20080201138		2008-08-21	Visser; Erik ; et al.	
	43	20080228478		2008-09-18	Hetherington; Phillip A. ; et al.	
	44	20090012783		2009-01-08	Klein; David	
	45	20090012786		2009-01-08	Zhang; Xianxian ; et al.	
	46	20090129610		2009-05-21	Kim; Kyu-hong ; et al.	
	47	20090220107		2009-09-03	Every; Mark ; et al.	
	48	20090238373		2009-09-24	Klein; David	
	49	20090253418		2009-10-08	Makinen; Jorma	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	50	20090271187		2009-10-29	Yen; Kuan-Chieh ; et al.	
	51	20090323982		2009-12-31	Solbach; Ludger ; et al.	
	52	20100094643		2010-04-15	Avendano; Carlos ; et al.	
	53	20100278352		2010-11-04	Petit; Nicolas ; et al.	
	54	20110178800		2011-07-21	Watts; Lloyd	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. **Add**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								Remove
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² ;	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	5053587	JP		1993-03-05	Nakada		☐
	2	2003/069499	WO		2003-08-21	Watts		☐
	3	2010/005493	WO		2010-01-14	Solbach et al.		☐
	4	2007/140003	WO		2007-12-06	Solbach et al.		☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	5	2003/043374	WO		2003-05-22	Watts		☐
	6	2001/74118	WO		2001-10-04	Watts		☐
	7	2007/081916	WO		2007-07-19	Avendano et al.		☐
	8	11-249693	JP		1999-09-17	Takano et al.		☐
	9	10-313497	JP		1998-11-24	Aoki et al.		☐
	10	2005195955	JP		2005-07-21	Amada et al.		☐
	11	2005110127	JP		2005-04-21	Takahashi		☐
	12	2004/010415	WO		2004-01-29	Nomura et al.		☐
	13	2004053895	JP		2004-02-19	Osamu et al.		☐
	14	2005518118	JP		2005-06-16	Watts		☐
	15	2003069499	WO		2003-08-21	Watts		☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	16	2004531767	JP		2004-10-14	Brandman		☐
	17	2002103676	WO		2002-12-27	Brandman		☐
	18	2005148274	JP		2005-06-09	Nagai et al.		☐
	19	2002080362	WO		2002-10-10	Ekstrand		☐
	20	2004533155	JP		2004-10-28	Ekstrand		☐
	21	05-172865	JP		1993-07-13	Waite		☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button **Add**

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS				Remove
--	--	--	--	---------------

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1		☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button **Add**

EXAMINER SIGNATURE			
---------------------------	--	--	--

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/James W. Drapinski/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-03-14
Name/Print	James W. Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

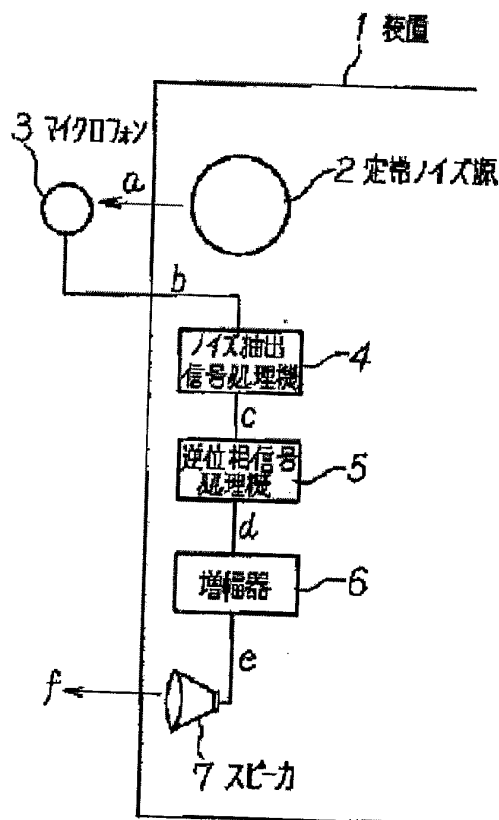
DEVICE NOISE CANCELLATION SYSTEM

Patent number: JP5053587
Publication date: 1993-03-05
Inventor: NAKADA AKIHIKO
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO
Classification:
 - international: **G10K11/178; G10K11/16; G10K11/00; (IPC1-7): G10K11/16**
 - european:
Application number: JP19910213939 19910826
Priority number(s): JP19910213939 19910826

Report a data error here

Abstract of JP5053587

PURPOSE: To suppress the sound pressure in a sound field, where a stationary acoustic noise is generated by a device, following variation of a device noise by generating a signal which is opposite in phase from the stationary acoustic noise and feeding it back. **CONSTITUTION:** A stationary noise source 2 in the device 1 consists generally of a rotary mechanism such as a motor. A microphone 3 converts a stationary random noise (a) that the noise source 2 generates into an electric signal (b). A noise extraction signal processing machine 4 extracts the period, amplitude, and phase of the signal (b). An opposite-phase signal processing machine 5 outputs the signal (d) which is opposite in phase from the signal (b) with the extracted information signal (c). The opposite-phase signal (d) is amplified by an amplifier 6 up to the same amplitude with the noise (a). The amplified electric signal (e) is converted by a speaker 7 into a sound signal (f), which is outputted to the outside. Consequently, the sound pressure of the sound field composite wave composed of the noise (a) and speaker output (f) in a measurement space approximates zero and the noise is suppressed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-53587

(43) 公開日 平成5年(1993)3月5日

(51) Int.Cl.⁵
G 1 0 K 11/16識別記号 庁内整理番号
H 7350-5H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平3-213939

(22) 出願日 平成3年(1991)8月26日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 中田 明彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

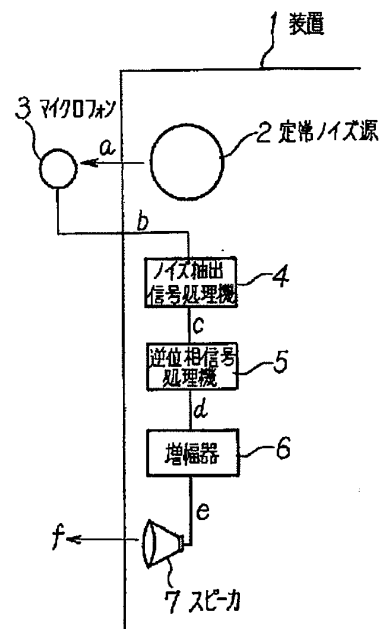
(54) 【発明の名称】 装置ノイズキャンセル方式

(57) 【要約】

【目的】 装置内に存在する定常ランダムノイズの抑制。

【構成】 発明の構成は、装置1から発生した音響ノイズを、マイクロフォン3で電気信号に変換し、この信号から入力信号と逆位相の信号を生成し、スピーカにより音響信号fとして音場へ放射して装置からのノイズと合わせてその音場の音圧を抑圧するものである。

【効果】 装置内の静粛が得られる。



(2)

特開平5-53587

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 装置が発生する定常音響ノイズと逆位相の信号を発生しフィードバックして該定常ノイズの発生する音場の音圧を抑制することを特徴とする装置ノイズキャンセル方式。

【請求項2】 装置が発生する音響ノイズを抑制したい音響空間でその音響ノイズを捉えるマイクロフォンと、そのマイクロフォンの発生する信号からこの信号と逆位相の信号を発生させる逆位相信号発生手段と、該発生した逆位相信号を増幅し音場へ出力する手段とを備えている装置ノイズキャンセラー。

【請求項3】 装置が発生する音響ノイズを抑制したい音響空間でその音響ノイズを捉えるマイクロフォンと、そのマイクロフォンの発生する信号の位相、周期、および振幅を含む定常信号を抽出するノイズ抽出信号処理機と、抽出された情報を基に前記マイクロフォンの発生する信号と180°位相を変化させた信号を発生させる逆位相信号処理機と、発生した逆位相信号を原信号と同じ高さまで増幅する増幅器と、該増幅した音響信号を空間へ出力するスピーカとを備えている装置ノイズキャンセラー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、音響ノイズを制御する方式、特に装置（例えばコンピュータシステム）から出る定常音響ノイズを制御する方式に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のコンピュータ装置は、装置から出る熱気を排気する為のファンやその他の必要な機能を実現する為のモータを実装している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来のコンピュータ装置では、排気ファン及びモータなどにより定常ノイズを発生しており、このノイズは吸音材及び装置筐体の構造強化により抑制している。しかしこの方法はパッシブ型抑制方式であるため、ノイズ特性により抑制材料が異なるので多種の材料を用意しなければならず、また装置ノイズ発生源の経年変化によるノイズ特性変化に追従不可であり、更に製造装置毎に方式が異なる為設計コストが掛かると言う問題点があった。

【0004】 本発明は、コンピュータなどの場合、そのノイズ源は一般にモータ等の回転機構で構成される為、そのノイズ特性がランダム性ノイズではなく周期性を有する定常ランダム性ノイズが主に含まれていることに注目して、この定常ノイズ特性を利用しノイズを抑制する手法を実現しようとするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、装置が発生する定常音響ノイズと逆位相の信号を発生しフィードバックして該定常ノイズの発生する音場の音圧を抑制

2

することを特徴とする装置ノイズキャンセル方式が得られる。

【0006】 また本発明によれば、装置が発生する音響ノイズを抑制したい音響空間でその音響ノイズを捉えるマイクロフォンと、そのマイクロフォンの発生する信号からこの信号と逆位相の信号を発生させる逆位相信号発生手段と、該発生した逆位相信号を増幅し音場へ出力する手段とを備えている装置ノイズキャンセラーが得られる。

【0007】 更に本発明によれば、装置が発生する音響ノイズを抑制したい音響空間でその音響ノイズを捉えるマイクロフォンと、そのマイクロフォンの発生する信号の位相周期、および振幅を含む定常信号を抽出するノイズ抽出信号処理機と、抽出された情報を基に前記マイクロフォンの発生する信号と180°位相を変化させた信号を発生させる逆位相信号処理機と、発生した逆位相信号を原信号と同じ高さまで増幅する増幅器と、該増幅した音響信号を空間へ出力するスピーカとを備えている装置ノイズキャンセラーが得られる。

【0008】

【実施例】 次に本発明について、図面を参照して説明する。

【0009】 図1は本発明の一実施例のブロック図である。装置1内にノイズ発生源2が存在する。このノイズ源は一般にモータ等の回転機構で構成される為、ノイズ特性としてランダム性ノイズではなく、周期性を有する定常ランダム性ノイズが主に含まれている。マイクロフォン3はこの定常ランダム性ノイズである音響信号を電気信号に変換する。ノイズ抽出信号処理機4はこの変換された電気信号のノイズの周期、振幅、および位相を実時間で抽出する。逆位相信号処理機5はこの抽出された情報によりマイクロホンの発生した信号と180°位相を変化させた逆位相信号に変換する。

【0010】 この逆位相信号は増幅器6によりマイクロフォン入力時の信号振幅と同等の振幅まで増幅される。そして増幅された電気信号はスピーカ7により音響信号に変換され外部へ放出される。

【0011】 これにより装置1で発生する定常ノイズ源2の発する音響信号と、各処理機により生成された逆位相信号の音響信号が打ち消され、測定点でのノイズを最大限に抑制する事になる。

【0012】 図2は、図1で説明した信号の流れを示したものである。

【0013】 ノイズ源2のノイズaはマイクロフォン3によりマイクロフォン出力信号bとして忠実に取込まれる。すなわち位相ひずみは発生しない。ノイズ抽出信号処理機4はマイクロフォン出力信号bから位相、周期、振幅の情報信号cを抽出する。この情報信号cを数式で表せば下記の数式1で表せる。

【0014】

(3)

特開平5-53587

3

4

【数1】

$$S_X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

【0015】上記のようにして得られた情報信号cを逆位相信号処理機5へ入れると逆位相信号dが出力される。この逆位相信号dは、振幅がノイズ源と異なる為、増幅器6により振幅し出力信号eとして得る。この信号eを電気信号から音響信号としてスピーカ7から出力f 10として音場へ放射する。

【0016】これによりノイズaとスピーカ出力fを合成すると、得られる測定空間の音場合成波gは、位相が互いに逆と成っているので音圧は0に近づき、ノイズの抑制が実現される。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の装置ノイズキャンセル方式は、ノイズ発生源から出る音響ノイズを電氣的にリアルタイムでフィードバックするアクティブ型ノイズキャンセル方式である為、ノイズ特性に左右 20されず、装置ノイズの変化に追従出来、且つ、ノイズが

定常ノイズであるかぎり装置固有の手法は必要なく一定方法で良い為、開発設計コストは低下する。

【図面の簡単な説明】

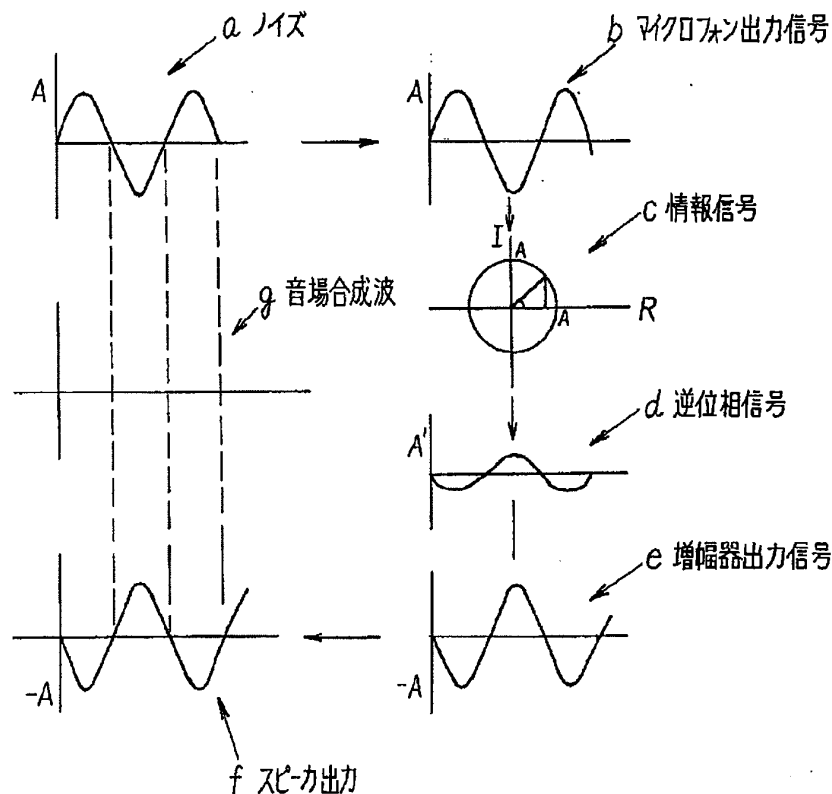
【図1】本発明の一実施例のブロック図である。

【図2】図1の信号の流れと特性を示した図である。

【符号の説明】

- 1 装置
- 2 定常ノイズ源
- 3 マイクロフォン
- 4 ノイズ抽出信号処理機
- 5 逆位相信号処理機
- 6 増幅器
- 7 スピーカ
- a ノイズ
- b マイクロフォン出力信号
- c 情報信号
- d 逆位相信号
- e 増幅器出力信号
- f スピーカ出力
- g 音場合成波

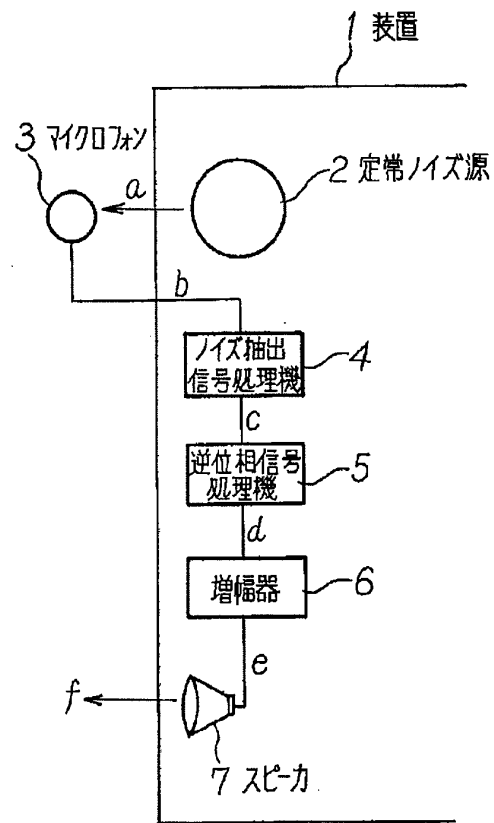
【図2】



(4)

特開平5-53587

【図1】



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

CORRECTED VERSION

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
21 August 2003 (21.08.2003)

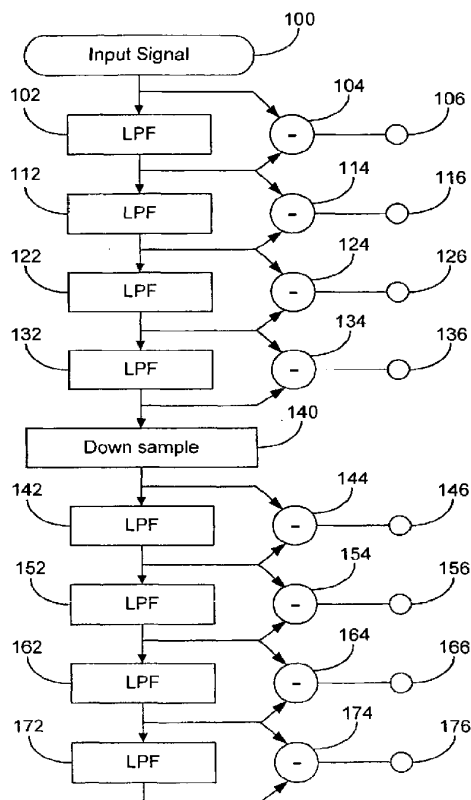
PCT

(10) International Publication Number
WO 2003/069499 A1

- (51) International Patent Classification⁷: **G06F 17/00**, H03G 5/00, G10L 19/00 (74) Agent: VAN PELT, Lee; Van Pelt & Yi LLP, 10050 N. Foothill Blvd., Suite 200, Cupertino, CA 95014 (US).
- (21) International Application Number: PCT/US2003/004124 (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) International Filing Date: 11 February 2003 (11.02.2003) (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI,
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 10/074,991 13 February 2002 (13.02.2002) US
- (71) Applicant: AUDIENCE, INC. [US/US]; 4906 El Camino Real, Suite 205, Los Altos, CA 94022 (US).
- (72) Inventor: WATTS, Lloyd; 500 Chiquita Avenue #2, Mountain View, CA 94041 (US).

[Continued on next page]

(54) Title: FILTER SET FOR FREQUENCY ANALYSIS



(57) Abstract: A system and method are disclosed for analyzing an input signal (100) into a plurality of frequency components. In one embodiment, the input signal (100) is processed with a first set of low pass filters (102-132) to derive a first set of frequency components wherein the first set of low pass filters (102-132) are arranged serially in a chain having a first low pass filter (102) and a last low pass filter (132), the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter (132). The output of the last low pass filter (132) is downsampled (140) to produce a downsampled signal. The downsampled signal is processed with a second set of low pass filters (142-172) to derive a second set of frequency components.

WO 2003/069499 A1

WO 2003/069499 A1

SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(15) Information about Correction:

see PCT Gazette No. 23/2004 of 3 June 2004, Section II

Published:

— *with international search report*

(48) Date of publication of this corrected version:

3 June 2004

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

FILTER SET FOR FREQUENCY ANALYSIS

Cross reference to related applications

This application claims priority to co-pending U.S. Patent Application No. 09/534,682 (Attorney Docket No. ANSCP001) entitled EFFICIENT
5 COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE DIGITAL FILTER CASCADE
filed March 24, 2000, which is incorporated herein by reference for all purposes.

Field of the Invention

The present invention relates generally to signal processing. A system and method for analyzing a signal into frequency components is disclosed.

Background Of The Invention

A useful step in analyzing a signal is the separation of the signal into frequency components. For some time, the fast Fourier transform or FFT algorithm has been used to analyze a time domain signal into its frequency components. For various types of processing, and in particular for processing audio signals, it would be
15 desirable to analyze a signal into its frequency components with improved temporal resolution at high frequencies and better spectral resolution at low frequencies. Numerous techniques have been proposed for accomplishing this. Included among such techniques are systems that use a set of filters to separate the signal being analyzed into different channels or frequency components. Such filter sets operate
20 roughly in a manner that is analogous to a biological cochlea, which includes a series of filtered output signals that correspond to different frequency channels.

Filter sets may be implemented with analog or digital filters. Previous instantiations of filter sets have been limited by practical considerations in designing filters. For example, high order bandpass filters to separate each channel output are expensive to implement. Various approaches have been implemented using combinations of high pass and low pass filters; however, more efficient techniques are needed to allow real time processing of signals for various important applications including speech recognition, source separation of audio signals and stream separation of audio signals.

Brief Description Of The Drawings

The present invention will be readily understood by the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings, wherein like reference numerals designate like structural elements, and in which:

Figure 1 is a block diagram illustrating a filter network used in one embodiment for analyzing an input signal into a plurality of frequency components.

Figure 2 is a diagram illustrating an alternative embodiment wherein the low pass filters are not chained together at their inputs and outputs.

Figure 3 is a signal flow graph of a filter equation.

Figure 4 is a block diagram illustrating the arrangement of the filters.

Figure 5 is a diagram illustrating an example of the filter response of a second-order section with poles only.

Figure 6 is a diagram illustrating a typical filter response where Q_p is the Q of the pole, Q_z is the Q of the zero, f_{cp} is the center frequency of the pole (also referred to as f_p), and f_{cz} is the center frequency of the zero (also referred to as f_z).

Figure 7 is a diagram illustrating filter responses for filters designed according to the critical band.

Figure 8 is a diagram illustrating the phase characteristics for filters designed according to the critical band.

5 Figure 9A is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a voice recognition system.

Figure 9B is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in an audio stream separation system.

10 Figure 9C is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a spatial correlator or sound localization system.

Detailed Description

A detailed description of a preferred embodiment of the invention is provided below. While the invention is described in conjunction with that preferred
15 embodiment, it should be understood that the invention is not limited to any one embodiment. On the contrary, the scope of the invention is limited only by the appended claims and the invention encompasses numerous alternatives, modifications and equivalents. For the purpose of example, numerous specific details are set forth in the following description in order to provide a thorough understanding of the
20 present invention. The present invention may be practiced according to the claims without some or all of these specific details. For the purpose of clarity, technical material that is known in the technical fields related to the invention has not been described in detail so that the present invention is not unnecessarily obscured.

A filter cascade for frequency analysis is disclosed that includes a number of features. In various embodiments, the features are implemented either separately or together. For example, in some embodiments, each frequency component is computed by subtracting the output of a low pass filter from the input to the filter. In this manner a bandpass signal is derived. In some embodiments, low pass filters are chained or cascaded with each filter output being fed to the next filter input in a filter set. The output of the last filter in the set is downsampled, with the filter set itself collectively acting as a high order antialiasing filter. The downsampled filter set output comprised of lower frequency components may then be more efficiently processed. Filters in the cascade may be designed so that the Q of the filters varies with frequency.

U.S. Patent Application No. 09/534,682 which was previously incorporated by reference (hereinafter, "the 682 application") discloses a digital filter cascade for frequency analysis. The filters in the cascade are chained together and sets of filters are separated into octaves with downsampling between octaves. Filter parameters are shared among corresponding filters in different octaves. As described herein, advantages may be realized if filter parameters are varied among octaves in a manner that varies the Q, or sharpness of the filters among octaves. In one embodiment, the Q is varied substantially according to critical bandwidth.

Figure 1 is a block diagram illustrating a filter network used in one embodiment for analyzing an input signal into a plurality of frequency components. An input signal 100 is fed to a low pass filter (LPF) 102. The output of LPF 102 is subtracted from input signal 100 by a subtractor 104. The output at node 106 thus represents the difference between the signal before and after LPF 102. It emphasizes a band or channel of frequencies above the cutoff frequency of LPF 102 and whatever

the upper frequency cutoff of the input signal happens to be. The output of LPF 102 is similarly directed to the input of LPF 112 and the difference between the input and the output of LFP 112 is computed by a subtractor 114 and output at node 116. The output at node 116 represents another frequency channel that emphasizes frequencies
5 between the cutoff frequencies of LPF 102 and LPF 112. In a similar manner, LPF 122 and LPF 132 and subtractor 124 and 134 output other frequency channels at nodes 126 and 136. The output of the nodes may be further processed as is appropriate. For example, in some embodiments, the outputs are half wave rectified and in some embodiments, the gain of the outputs is adjusted to compress or expand
10 the dynamic range.

In different embodiments, second order or higher digital or analog filters may be used. The nature of the filters, of course determines the exact nature of each channel output that generally emphasizes a given frequency band and thus has a general bandpass character. Collectively, the channel outputs represent the frequency
15 components of the signal. Because of the subtraction of each LPF input and output, each channel output represents a band or slice of frequencies and the sum of all the outputs represents the entire input signal.

Because the output of each LPF is fed to the input of the next LPF, forming a chain of low pass filters, the output of the last LPF in the chain has characteristics of a
20 much higher order filter than the order of the last filter. This higher order filtering effect may be exploited when the output of the last filter in the chain is downsampled. Essentially, the chain of low pass filters used to separate out frequency channels collectively act as a high order filter that performs the function of an anti aliasing filter when the signal is downsampled.

An example of this is depicted in Figure 1 where downsampler 140 downsamples the output from LPF 132. It should be noted that only four filters are shown in the chain for the purpose of illustration. In most embodiments, more than four filters would be used to process a frequency range before downsampling. The
5 downsampld signal output from downsampler 140 is then processed by another chain of low pass filters that includes LPF 142, LPF 142, LPF 142, LPF 142 and frequency channel outputs are derived by subtractors 144, 154, 164 and 174 at nodes 146, 156, 166 and 176.

In one embodiment, second order individual filters are used and a chain of 60
10 filters process one octave of the signal before downsampling. Downsampling may be implemented by simply discarding every other sample or any other appropriate technique. The amount of downsampling is determined by the Nyquist criterion. A suitable amount of oversampling may be done as desired. The combined effect of the chain of filters is that of a very high order anti aliasing filter. Thus, downsampling the
15 signal may be done to speed the processing of lower frequency octaves without requiring an expensive high order anti aliasing filter.

It should be noted that the benefit of chaining the low pass filters is realized in certain embodiments without implementing the subtractors to calculate the frequency bands. The output of each low pass filter may be used directly to represent the energy
20 in each frequency channel. The output of the last filter in each chain is downsampled with the filter chain itself performing the function of an antialiasing filter.

Figure 2 is a diagram illustrating an alternative embodiment wherein the low pass filters are not chained together at their inputs and outputs. Input signal 200 is fed into low pass filters 202, 204, 206, and 208. The difference between the input and the
25 output of each low pass filter is calculated by subtractors 212, 214, 216 and 218.

Again, the differences calculated represent an analysis of the frequency bands or channels of the input signal. However, because the output of each filter is not fed to the input of the next filter, the higher order filter effect in the output of the last filter in the chain described above is not realized.

5 The filter cascade may be implemented using either analog or digital filters. In one embodiment, the filters are implemented as digital filters with cutoff frequencies designed to produce the desired channel resolution. Each filter has a set of coefficients (a_0, a_1, a_2, b_1, b_2) associated with it. The output of each filter is calculated according to the following function:

10

$$\text{Equation 1.} \quad y_n = a_0x_n + a_1x_{n-1} + a_2x_{n-2} - b_1y_{n-1} - b_2y_{n-2}$$

where the filter output y_n is a function of the input data x_n at time n , previous inputs x_{n-1} and x_{n-2} , and previous outputs y_{n-1} and y_{n-2} . Figure 3 is a block diagram
15 illustrating this signal flow. The output of the filter y_n is passed to the input x_n of the next filter in the cascade.

The filter response $H(z)$ is given by the following:

20

$$\text{Equation 2.} \quad H(z) = \frac{a_0 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}{1 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}}$$

25

and $z = e^{j * (\omega/\omega_s)}$, $\omega = 2\pi f$, $\omega_s = 2\pi f_s$

where f_s is the sampling frequency.

Substitution of the above into the transfer function of Equation 2 produces a filter response $H(f)$, which is a function of the filter coefficients a_0, a_1, a_2, b_1, b_2 and
30 the sampling rate f_s .

As described in the 682 application, the filter coefficients may be reused between sets of filters with the response of the filters being altered as a result of downsampling between the sets of filters. In the embodiment shown, the filters are evenly distributed over the octaves, resulting in 60 filters per octave. 60 objects are
5 created in a computer. Each object has a set of coefficients as described above, and additionally has ten sets of state variables, corresponding to ten filters running at frequencies that are whole octaves apart. The 60 objects using their first sets of state variables correspond to the first octave group of filters, while the 60 objects using their second sets of state variables (and sampling at a lower frequency) correspond to
10 the second octave group of filters, and so on. In another embodiment, each object contains a set of coefficients, but only one set of state variables, and is run at a single frequency. In this case, 600 objects are required to represent 600 filters.

The filters in the first octave are tuned to the frequencies in the highest octave, 20 kHz to 10 kHz, and are sampled at 44.1 kHz, which satisfies the Nyquist sampling
15 criterion. The filters in the second octave are tuned to half of the frequencies of the corresponding filters in the first octave, and range from 10 kHz to 5 kHz. These filters in the second octave are sampled at 22.05 kHz, half of the first sampling frequency. Coefficients for each filter are stored in memory and applied in the computations for the filters. The cascade response is the sum of responses of
20 individual filters (which are all weak responses by themselves, but when summed, produce a much stronger response). The coefficients of the filters are determined by the desired response.

As the audio signal is passed through each filter, the signal is sampled and filtered before being passed to the next filter. Figure 4 is a block diagram illustrating
25 the arrangement of the filters. At the end of the first octave, the signal is passed into

the first filter in the next octave, which comprises filters sampling at half the sampling rate of the first octave, as stated above. Successive octaves are downsampled in a similar manner, using the same factor of two. In this configuration, each stage acts as an anti-aliasing filter for later stages, removing the high frequencies sufficiently to
5 allow downsampling without aliasing. No extra anti-aliasing filters are required.

Downsampling each successive octave significantly decreases the computational complexity of the system. In addition, the required precision for filter coefficients is lower, and thus, fewer bits are required to represent each coefficient. Digital low-pass filters have the property that the numerical precision required to
10 represent the filter coefficients depends on the ratio between the cutoff frequency and the sampling

frequency. For a given sampling frequency, a filter with a low cutoff frequency will require higher-precision coefficients than a filter with a higher cutoff frequency.

Without the successive downsampling technique, very high-precision filter
15 coefficients (on the order of 23 bits) are required to represent the lowest-cutoff-frequency filters (30 Hz) at the 44 kHz sampling rate. With the successive downsampling technique, lower-precision coefficients (on the order of 12 bits) can be used to represent the 30-Hz cutoff filters, since the sampling rate is much lower in the lowest octave after many downsampling steps. This reduced precision results in
20 lower hardware complexity (less memory, smaller registers, lower-precision arithmetic operators) and thus lower overall cost in a custom hardware implementation.

In the embodiment described in the 682 application, each filter shares filter parameters with filters that are one, two, or more octaves higher or lower, resulting in
25 reduced storage requirements. For example, the highest frequency filter 40 in the first

octave shares filter coefficients with the highest frequency filter 50 in the second octave, the highest frequency filter 60 in the third octave, and so on. The second-highest frequency filter 42 in the first octave shares filter coefficients with the second-highest frequency filters 52 and 62 in the second and third octaves, and with all other
5 corresponding filters (tuned to frequencies that are one, two, or more octaves lower).

Alternatively, it has been determined that the delay at low frequencies can be improved by changing the filter parameters within each octave as described below. For many systems, this is preferable to sharing filter parameters between corresponding filters in different octaves because the benefit from improved delay at
10 low frequencies offsets increased memory storage requirements.

In one embodiment, filter coefficients are tuned to produce a desired Q (quality factor, or degree of sharpness or frequency selectivity) depending on the frequency band (determined by the frequency cutoff) being processed by the filter. Reusing filter coefficients in the cascade results in a cascade with constant Q , and all
15 the filter responses will have the same shape (Q). This “constant- Q ” configuration has the advantages of conceptual simplicity and shared filter coefficients, but has significant delays at low frequencies. For example, for a constant- Q design with a phase accumulation of four cycles at all frequencies, the delay at the 20 kHz tap will be 200 μ s, while the delay at the 20 Hz tap will be 200 ms. Faster performance at
20 low frequencies is desirable to improve the response time of the cascade, which may be accomplished by changing the filter coefficients of the filters in lower octaves.

Figure 5 is a diagram illustrating an example of the filter response of a second-order section with poles only. The filter may be described in terms of the time
25 constant τ and quality factor Q , or in terms of filter coefficients b_1 and b_2

mentioned previously. Tau is the inverse of the center frequency f_c and describes where the peak is, while Q describes how sharp the peak is. As can be seen from Figure 5, a higher Q results in a sharper peak, while f_c indicates where the peak occurs. The equations for the filter are as follows:

$$\begin{aligned}
 5 \quad V_{out}(z) &= \frac{1}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}} V_{in}(z) \\
 &\text{and} \\
 V_{out}(s) &= \frac{1}{1 + \text{Tau } s/Q + \text{Tau}^2 s^2} V_{in}(s)
 \end{aligned}$$

where the relationship between Tau, Q and b_1 , b_2 are given in the "Lyon's Cochlear Model" Apple Technical Report #13 by Malcolm Slaney ©1988 which is
 10 herein incorporated by reference. The filter coefficients for the filter can be determined from the center frequency $f_c=1/\text{Tau}$, and the Q of the filter.

The filters may be designed to have zeros as well as poles, and the equation for such a system is given by

$$15 \quad V_{out}(s) = \frac{1 + \text{Tau}_z s/Q_z + \text{Tau}_z^2 s^2}{1 + \text{Tau}_p s/Q_p + \text{Tau}_p^2 s^2} * V_{in}(s)$$

Figure 6 is a diagram illustrating a typical filter response where Q_p is the Q of the pole, Q_z is the Q of the zero, f_{cp} is the center frequency of the pole (also referred to as f_p), and f_{cz} is the center frequency of the zero (also referred to as f_z). The zeros arrest the dropping gain, and reverse the phase back up to zero. The closer the zero is
 20 to the pole, the sooner these effects occur. If the zero is very close to the pole, the phase trajectory may not get very far (a small fraction of a cycle) before the zero

reverses it. This property is the key to controlling the total amount of phase accumulation through the cascade, and hence the delay response of the cascade.

If 600 filters are used, and implemented with a cascade of 600 poles-only sections, each one would contribute a quarter-cycle of phase accumulation at its best frequency, resulting in a large amount of delay. In one embodiment, the filter cascade is configured so that the center frequencies decrease exponentially through the cascade. The Q 's decrease gradually through the cascade, to give sharp responses at high frequencies, where delay is not an issue, and to give fast responses at low frequencies, where some loss of sharpness is acceptable in return for faster response. This implementation of nonconstant Q filters is particularly useful for signal processing systems used, for example in submarine passive sonar, speech recognition, music transcription, audio stream separation and sound localization. It should be noted that this approach is not limited to downsampled filter cascades, and may be used with filter cascades with no downsampling.

Design of a filter cascade with constant- Q involves choosing the range of cutoff frequencies and the number of taps per octave, such as a frequency range of 20 Hz to 20 kHz, 600 taps, 10 octaves (60 taps/octave). This determines f_p for each tap. Fixed values are chosen for Q_p , Q_z , and $f_{ratio}=f_z/f_p$, based on the sharpness and delay desired through the cascade. In one embodiment, values used for a constant- Q design may be $Q_p = 7.0$, $Q_z = 7.5$, and $f_{ratio} = 1.03$. In another embodiment, the values may be $Q_p = 23$, $Q_z = 26$, and $f_{ratio} = 1.01$.

For a variable- Q filter cascade using 600 taps in 10 octaves, one embodiment may employ the following values: $Q_p = 7.0$, $Q_z = 7.0$, and $f_{ratio} = 1.03$, with a sampling

rate of 44.1 kHz and 2x oversampling in the highest octave. These values are used for the first 360 taps, and then varied linearly over the next 240 taps to $Q_p = 1.6$, $Q_z = 1.6$, and $f_{ratio} = 1.1$ at tap 600 (the lowest frequency tap). This results in a design with broader filter responses at low frequencies, but much faster time response.

5

In another embodiment, the Q_p , Q_z , and f_{ratio} parameters are selected to match the filter responses to appropriate psychophysical critical bandwidth and loudness perception curves. Critical bandwidth is the tuning width of the filter response curves, within which signal components can interact with each other. Critical bandwidth curves are given in Rossing, 1982, "The Science of Sound" (Addison-Wesley, Reading, MA), the disclosure of which is hereby incorporated by reference. The critical bandwidth varies from a little less than 100 Hz at low frequencies to between two and three musical semitones (12% to 19%) at high frequencies. Loudness perception describes how sensitive the filters are to different frequencies. For example, the threshold of audibility at 20 Hz is about 65 dB higher than at 1 kHz.

15

One embodiment of a variable-Q filter cascade uses the following parameters:

Tap 0: $Q_p = 7.0$, $Q_z = 7.0$, $f_{ratio} = 1.03$
 Tap 300: $Q_p = 11.0$, $Q_z = 11.0$, $f_{ratio} = 1.03$
 Tap 360: $Q_p = 9.0$, $Q_z = 11.0$, $f_{ratio} = 1.03$
 Tap 600: $Q_p = 1.6$, $Q_z = 1.6$, $f_{ratio} = 1.01$

20

with linear interpolation of parameters between the specified taps. This piecewise linear variation of the parameters gives a good fit to the psychophysical critical bandwidth and loudness perception curves. Figure 7 is a diagram illustrating filter responses for filters designed according to the critical band. The filter responses are sharp at mid-range frequencies, and very broad at low frequencies, corresponding to the critical bandwidth curve. The filters are more sensitive at mid-range

25

frequencies, and about 65 dB less sensitive at low frequencies, so as to match the loudness perception parameters.

Figure 8 is a diagram illustrating the phase characteristics for filters designed according to the critical band. The phase characteristics of the filters are such that there are about two cycles of phase accumulation at mid-to-high frequencies, but much less at low frequencies. This results in a faster response at low frequencies, where it is needed.

A filter cascade for analyzing a signal into frequency components has been described. In various embodiments, the filter cascade utilizes different techniques to improve temporal resolution at high frequencies and spectral resolution at low frequencies. As a result, each of the disclosed filter cascade embodiments are particularly useful as a component of a voice recognition system. In addition, the filter cascade is useful for audio stream separation and sound localization.

Figure 9A is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a voice recognition system. An audio signal is input to a filter set 902 and the output of the filter set is analyzed by a feature extractor 904. The features are classified by a phoneme classifier 906 that matches features with phonemes included in a phoneme database 908. Words are derived based on the phonemes by a word search block 909 that access a word database 910.

Figure 9B is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in an audio stream separation system such as is described in United States Patent Application No. 60/300,012 (Attorney Docket No. ANSCP003+) by Lloyd Watts (filed June 21, 2001,) entitled: ROBUST HEARING SYSTEMS FOR INTELLIGENT MACHINES which is herein incorporated by reference. An audio signal is input to a filter set 912 and the output of the filter set is analyzed by a set of

feature extractors 914 that extract features. The features are grouped by feature grouping processor 916 into separate streams of associated audio signals.

Figure 9C is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a spatial correlator or sound localization system such as is described in United States Patent Application No. 10/004,141 (Attorney Docket No. ANSCP005) by Lloyd Watts (filed November 14, 2001) entitled: COMPUTATION OF MULTI-SENSOR TIME DELAYS which is herein incorporated by reference. A right channel audio signal is input to a right channel filter set 922 and a left channel audio signal is input to a left channel filter set 924. The outputs of the filter sets are correlated by a binaural processor 926 to determine the time delay between the left and right channel input signals. The direction from which a sound emanates may be determined from the time delay.

Although the foregoing invention has been described in some detail for purposes of clarity of understanding, it will be apparent that certain changes and modifications may be practiced within the scope of the appended claims. It should be noted that there are many alternative ways of implementing both the process and apparatus of the present invention. Accordingly, the present embodiments are to be considered as illustrative and not restrictive, and the invention is not to be limited to the details given herein, but may be modified within the scope and equivalents of the appended claims.

WHAT IS CLAIMED IS:

CLAIMS

1. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:
 - processing the signal with a first set of low pass filters to derive a first set of
 - 5 frequency components wherein the first set of low pass filters are arranged serially in a chain having a first low pass filter and a last low pass filter, the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter;
 - downsampling the output of the last low pass filter to produce a downsampled signal;
 - 10 processing the downsampled signal with a second set of low pass filters to derive a second set of frequency components.
2. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the frequency components are derived by subtracting the output of each low pass filter from the input to the low pass filter.
- 15 3. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the second set of low pass filters have a different Q than the first set of low pass filters.
4. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the second set of low pass filters have a Q
- 20 that is less sharp than the first set of low pass filters.
5. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the second set of low pass filters have a Q that differs from the Q of the first set of low pass filters substantially according to human critical bandwidth.
- 25 6. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:
 - processing the signal with a first low pass filter to produce a first low pass filtered signal;
 - subtracting the first low pass filtered signal from the input signal to derive a
 - 30 first frequency component;
 - processing the signal with a second low pass filter to produce a second low pass filtered signal; and

subtracting the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

7. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

5 processing the signal with a first low pass filter to produce a first low pass filtered signal;

 subtracting the first low pass filtered signal from the input signal to derive a first frequency component;

 processing the low pass filtered signal with a second low pass filter to produce
10 a second low pass filtered signal; and

 subtracting the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

8. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

15 processing the signal with a first filter wherein the first filter is configured to separate part of the signal into a first output frequency channel; and

 processing the signal with a second filter wherein the second filter is configured to separate part of the signal into a second output frequency channel wherein the first frequency channel emphasizes higher frequencies than the second
20 frequency channel; and wherein the second filter has a different Q than the first filter.

9. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 8 wherein the second filter has a Q that is less sharp than the first filter.

10. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 8 wherein the second filter has a Q that differs from the Q of the first filter substantially according to human critical bandwidth.
25

11. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 8 wherein the filters are low pass filters.

12. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:
30

 a first set of low pass filters configured to derive a first set of frequency components wherein the first set of low pass filters are arranged serially in a chain

having a first low pass filter and a last low pass filter, the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter;
a downsampler configured to downsample the output of the last low pass filter to produce a downsampled signal;

- 5 a second set of low pass filters configured to process the downsampled signal to derive a second set of frequency components.

13. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the frequency components are derived by subtracting the output of each low pass filter from the input to the low pass filter.

- 10 14. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the second set of low pass filters have a different Q than the first set of low pass filters.

- 15 15. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the second set of low pass filters have a Q that is less sharp than the first set of low pass filters.

16. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the second set of low pass filters have a Q that differs from the Q of the first set of low pass filters substantially according to critical band.

- 20 17. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the system is used in a voice recognition system.

18. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the system is used for audio stream separation
- 25

19. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the system is used for sound localization.

20. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

- 30 a first low pass filter that outputs a first low pass filtered signal;
 a first processor configured to subtract the first low pass filtered signal from the input signal to derive a first frequency component;
 a second low pass filter that outputs a second low pass filtered signal; and

a second processor configured to subtract the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

21. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

- 5 a first low pass filter that outputs a first low pass filtered signal;
- a first processor configured to subtract the first low pass filtered signal from the input signal to derive a first frequency component;
- a second low pass filter configured to process the low pass filtered signal to produce a second low pass filtered signal; and
- 10 a second processor configured to subtract the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

22. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

- a first filter configured to process the signal wherein the first filter is
- 15 configured to separate part of the signal into a first output frequency channel; and
- a second filter configured to process the signal wherein the second filter is configured to separate part of the signal into a second output frequency channel wherein the first frequency channel emphasizes higher frequencies than the second frequency channel; and wherein the second filter has a different Q than the first filter.

20 23. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 22 wherein the second filter has a Q that is less sharp than the first filter.

24. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 22 wherein the second filter has a Q that differs from

25 the Q of the first filter substantially according to a critical band.

25. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 22 wherein the filters are low pass filters.

1/9

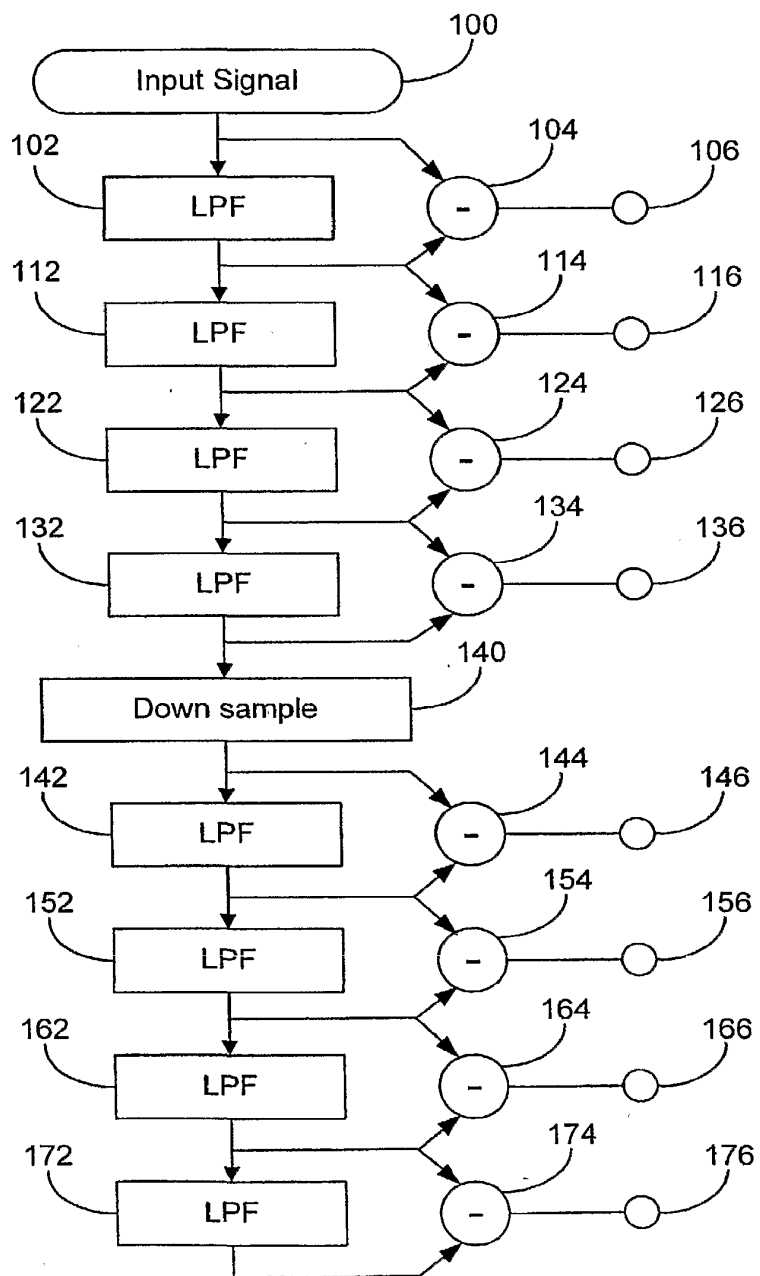
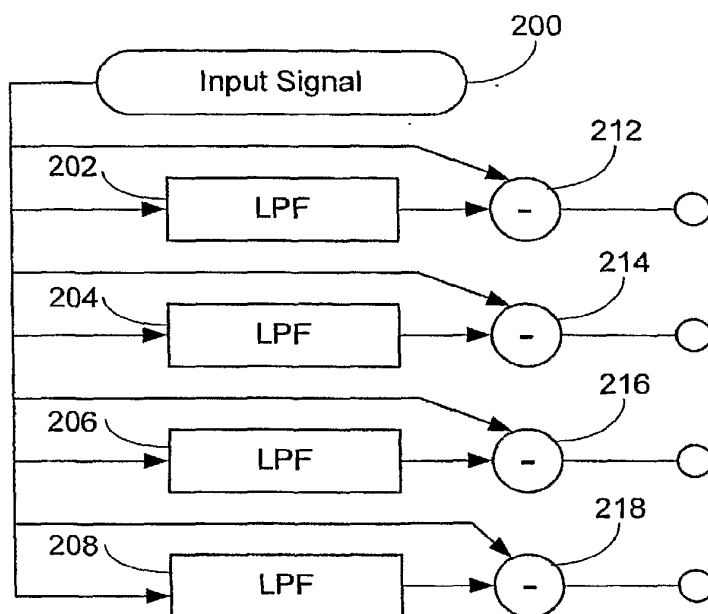


Figure 1
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

2/9



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

3/9

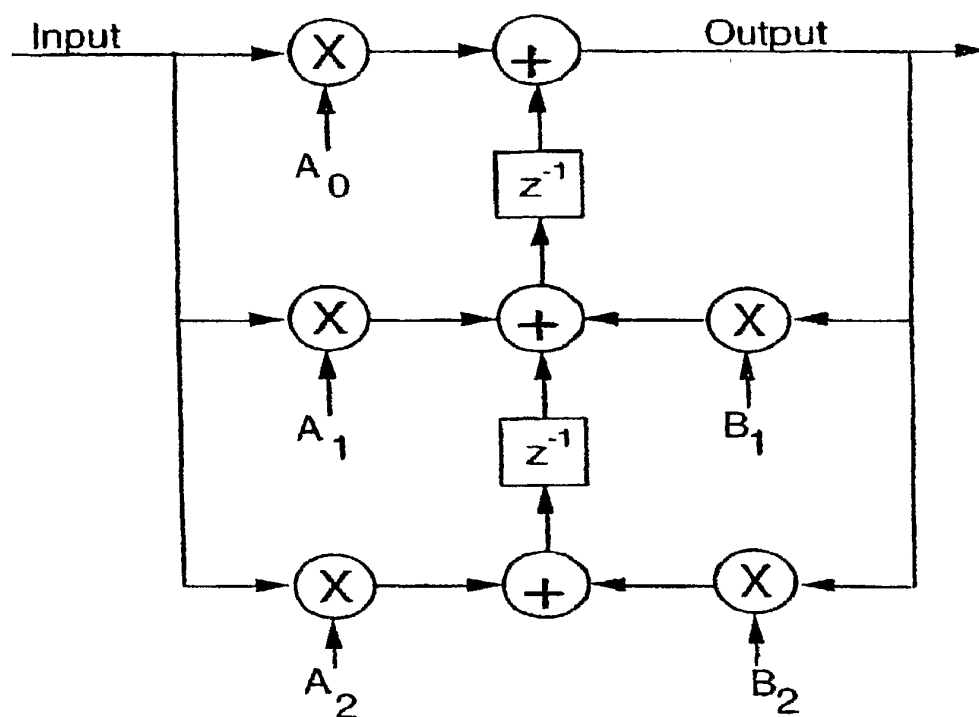
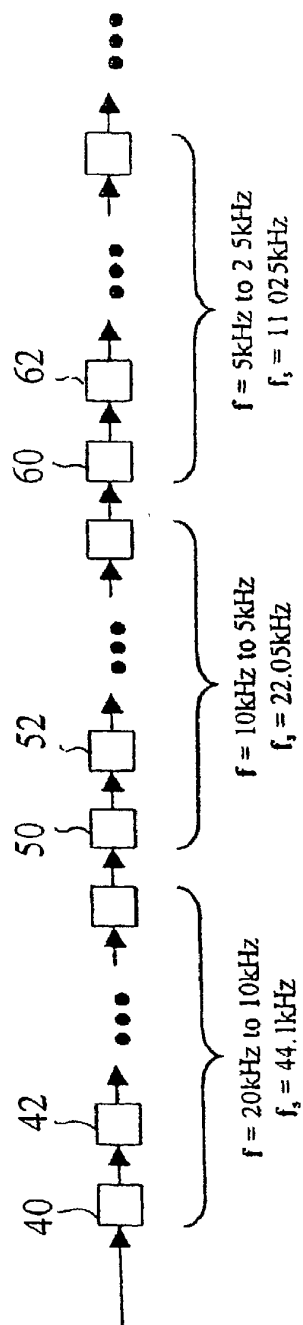


Figure 3

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)



4/9

Figure 4

5/9

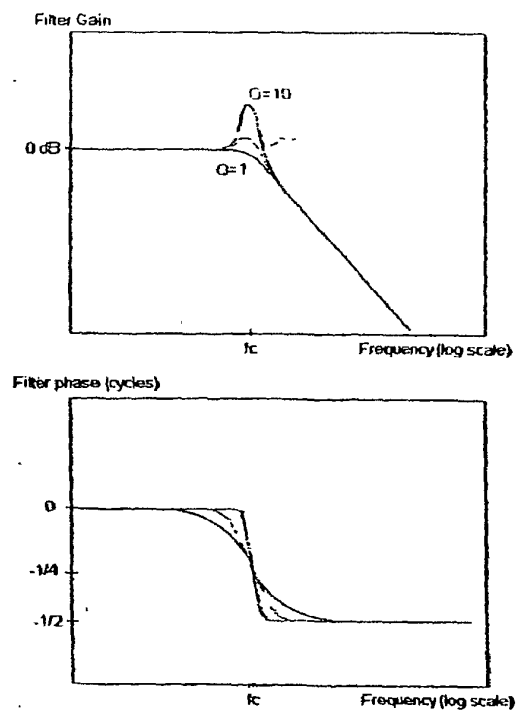


Figure 5

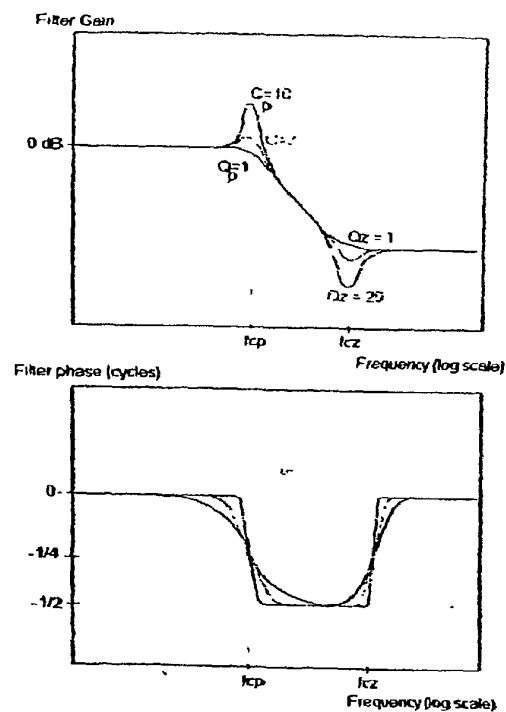


Figure 6

6/9

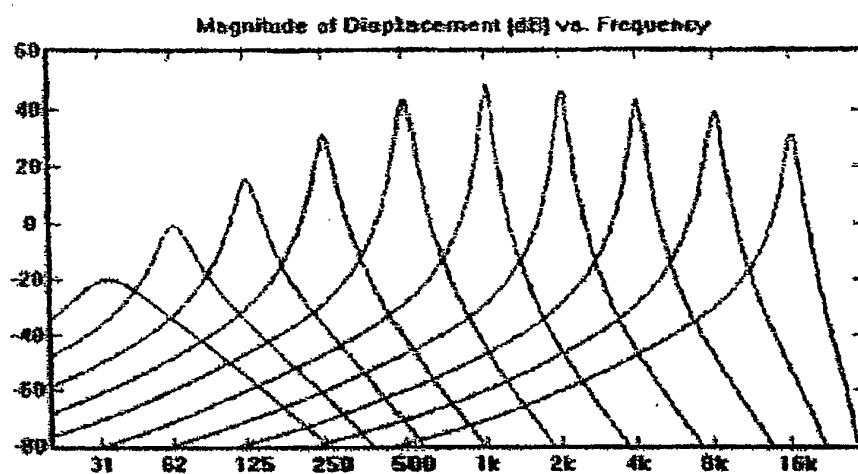


Figure 7

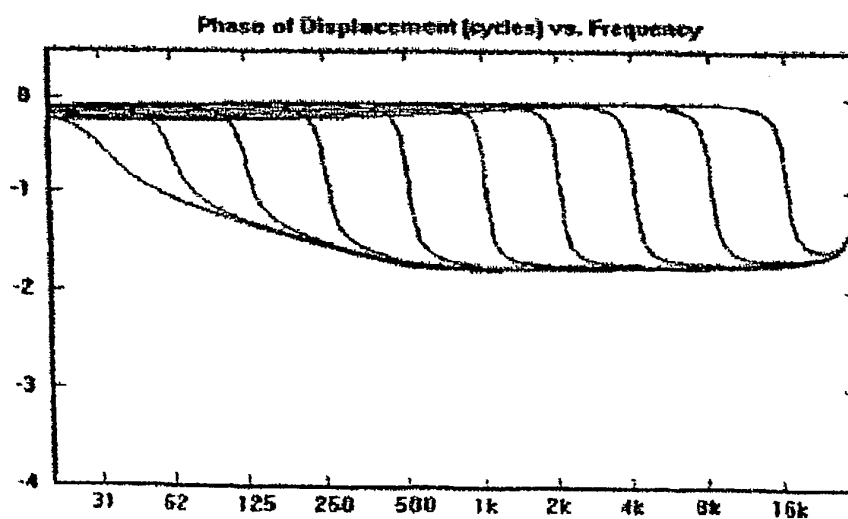


Figure 8

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

7/9

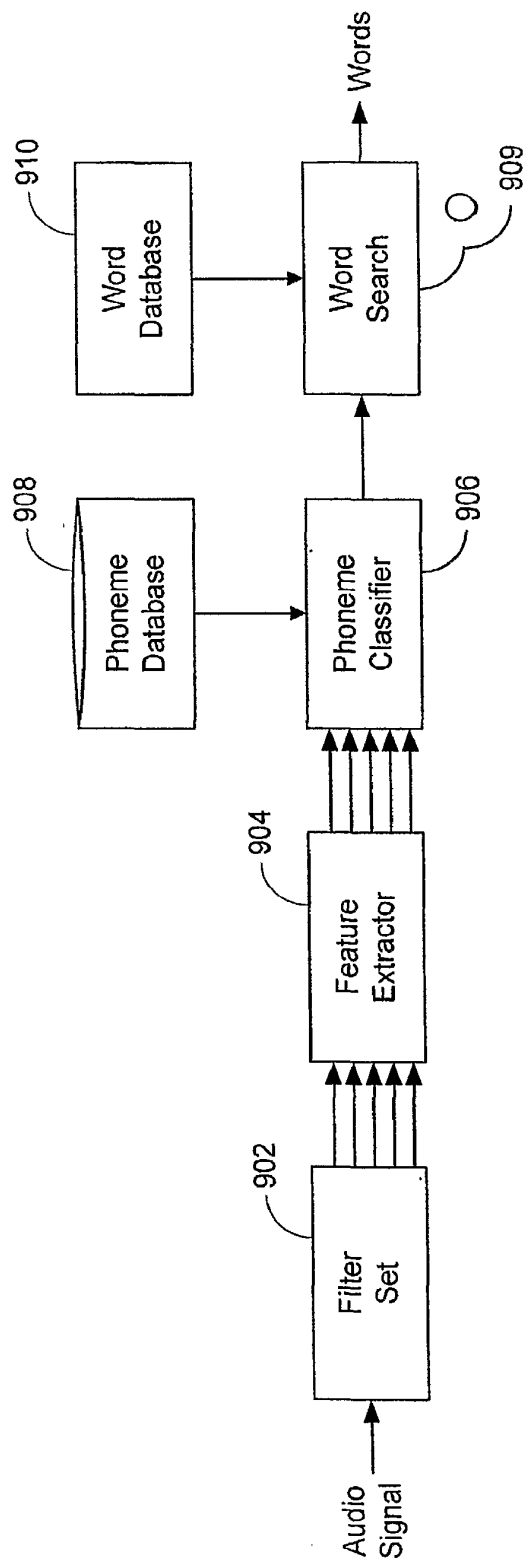


Figure 9A

8/9

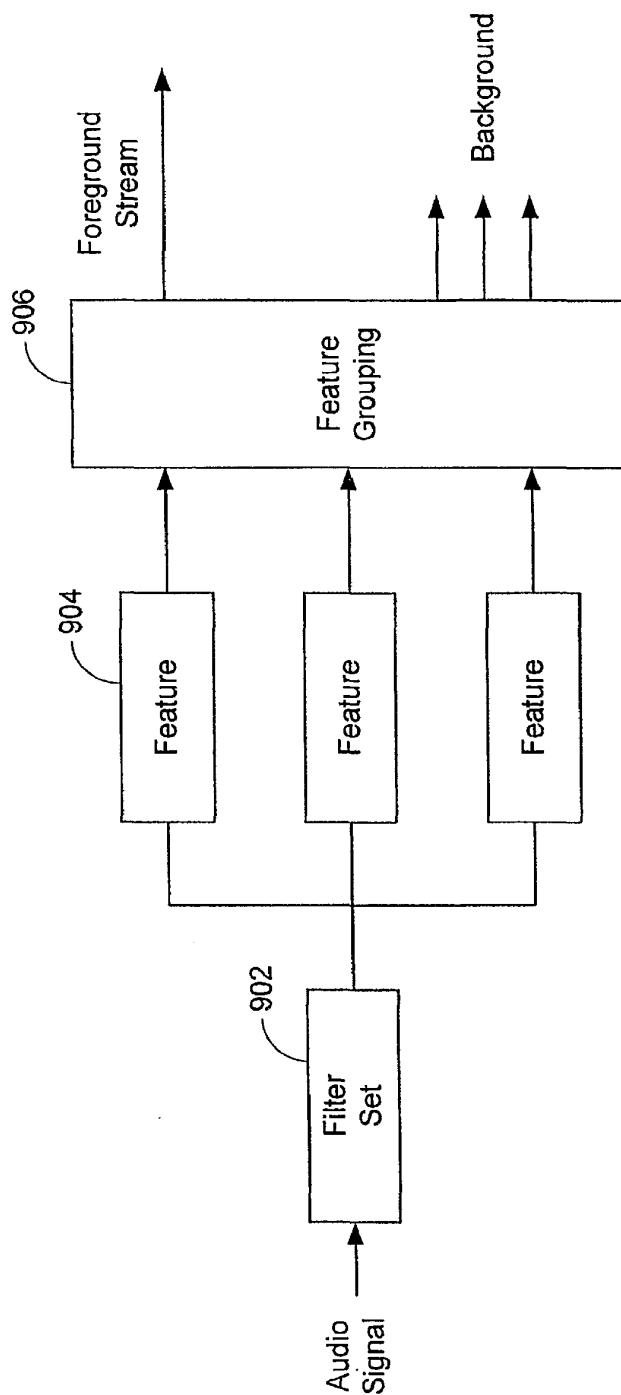


Figure 9B

9/9

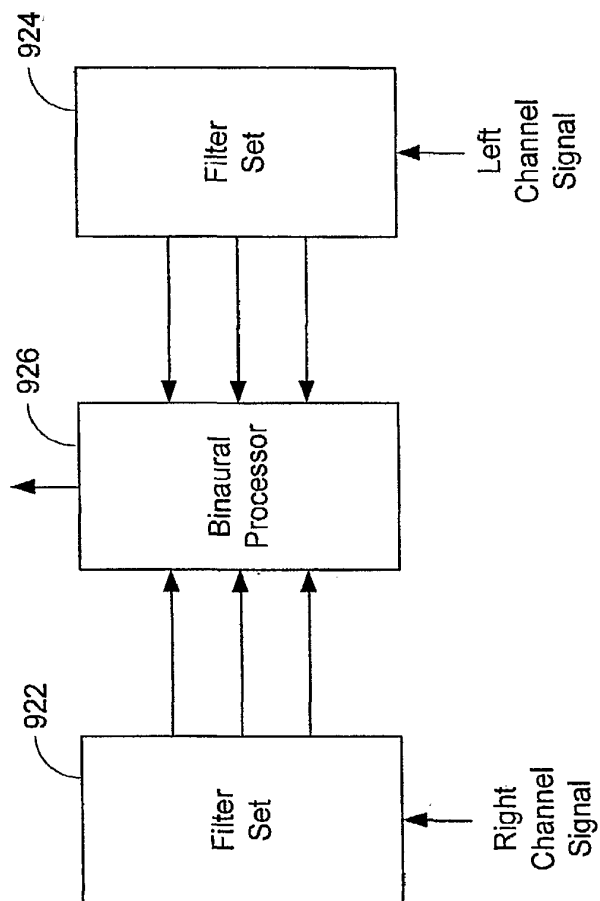


Figure 9C

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/04124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : G06F 17/00; H03G 5/00; G10L 19/00

US CL : 700/94; 381/98; 704/500

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 700/94; 381/98; 704/500

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	US 2002/0147595 A1 (BAUMGARTE) 10 October 2002 (10.10.2002), figures 1, 2 and 7, page 3 and 5.	1,3-5, 8-12, 14-19, 22-25
A	US 6,513,004 B1 (RIGAZIO et al) 28 January 2003 (28.01.2003), entire document.	1-25
A	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), entire document.	1-25
A	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), entire document.	1-25
A	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions of Sigalnl Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592.	1-25

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:		"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&"	document member of the same patent family
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search

05 May 2003 (05.05.2003)

Date of mailing of the international search report

29 MAY 2003

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks
Box PCT
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Forester W Isen

Telephone No. (703) 305-4700

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
14 January 2010 (14.01.2010)



(10) International Publication Number
WO 2010/005493 A1

(51) International Patent Classification:
A61F 11/06 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2009/003813

(22) International Filing Date:
26 June 2009 (26.06.2009)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
12/215,980 30 June 2008 (30.06.2008) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **AUDIENCE, INC.** [US/US]; 440 Clyde Avenue, Mountain View, CA 94043 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **SOLBACH, Ludger** [DE/US]; C/o Audience, Inc., 440 Clyde Avenue, Mountain View, CA 94043 (US). **MURGIA, Carlo** [IT/US]; C/o Audience, Inc., 440 Clyde Avenue, Mountain View, CA 94043 (US).

(74) Agents: **BACHMANN, Stephen** et al.; Carr & Ferrell LLP, 2200 Geng Road, Palo Alto, CA 94303 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR PROVIDING NOISE SUPPRESSION UTILIZING NULL PROCESSING NOISE SUBTRACTION

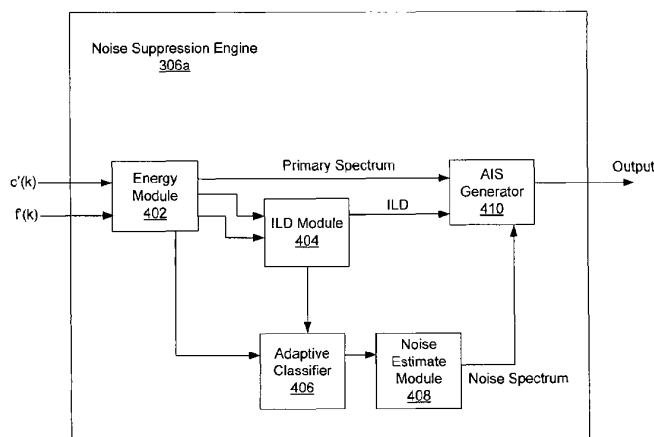


FIG. 4

(57) Abstract: Systems and methods for noise suppression using noise subtraction processing are provided. The noise subtraction processing comprises receiving at least a primary and a secondary acoustic signal. A desired signal component may be calculated and subtracted from the secondary acoustic signal to obtaining a noise component signal. A determination may be made of a reference energy ratio and a prediction energy ratio. A determination may be made as to whether to adjust the noise component signal based partially on the reference energy ratio and partially on the prediction energy ratio. The noise component signal may be adjusted or frozen based on the determination. The noise component signal may then be removed from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal which may be outputted.

**SYSTEM AND METHOD FOR PROVIDING NOISE SUPPRESSION UTILIZING
NULL PROCESSING NOISE SUBTRACTION**

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

[0001] The present application is related to U.S. Patent Application No. 11/825,563, filed July 6, 2007 and entitled "System and Method for Adaptive Intelligent Noise Suppression," and U.S. Patent Application No. 12/080,115, filed March 31, 2008 and entitled "System and Method for Providing Close Microphone Adaptive Array Processing," both of which are herein incorporated by reference.

[0002] The present application is also related to U.S. Patent Application No. 11/343,524, filed January 30, 2006 and entitled "System and Method for Utilizing Inter-Microphone Level Differences for Speech Enhancement," and U.S. Patent Application No. 11/699,732, filed January 29, 2007 and entitled "System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones for Speech Enhancement," which are incorporated by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of Invention

[0003] The present invention relates generally to audio processing and more particularly to adaptive noise suppression of an audio signal.

Description of Related Art

[0004] Currently, there are many methods for reducing background noise in an adverse audio environment. One such method is to use a stationary noise suppression system. The stationary noise suppression system will always provide an output noise that is a fixed amount lower than the input noise. Typically, the stationary noise suppression is in the range of 12-13 decibels (dB). The noise

suppression is fixed to this conservative level in order to avoid producing speech distortion, which will be apparent with higher noise suppression.

[0005] In order to provide higher noise suppression, dynamic noise suppression systems based on signal-to-noise ratios (SNR) have been utilized. This SNR may then be used to determine a suppression value. Unfortunately, SNR, by itself, is not a very good predictor of speech distortion due to existence of different noise types in the audio environment. SNR is a ratio of how much louder speech is than noise. However, speech may be a non-stationary signal which may constantly change and contain pauses. Typically, speech energy, over a period of time, will comprise a word, a pause, a word, a pause, and so forth. Additionally, stationary and dynamic noises may be present in the audio environment. The SNR averages all of these stationary and non-stationary speech and noise. There is no consideration as to the statistics of the noise signal; only what the overall level of noise is.

[0006] In some prior art systems, an enhancement filter may be derived based on an estimate of a noise spectrum. One common enhancement filter is the Wiener filter. Disadvantageously, the enhancement filter is typically configured to minimize certain mathematical error quantities, without taking into account a user's perception. As a result, a certain amount of speech degradation is introduced as a side effect of the noise suppression. This speech degradation will become more severe as the noise level rises and more noise suppression is applied. That is, as the SNR gets lower, lower gain is applied resulting in more noise suppression. This introduces more speech loss distortion and speech degradation.

[0007] Some prior art systems invoke a generalized side-lobe canceller. The generalized side-lobe canceller is used to identify desired signals and interfering signals comprised by a received signal. The desired signals propagate from a desired location and the interfering signals propagate from other locations. The interfering signals are subtracted from the received signal with the intention of cancelling interference.

[0008] Many noise suppression processes calculate a masking gain and apply this masking gain to an input signal. Thus, if an audio signal is mostly noise, a masking gain that is a low value may be applied (i.e., multiplied to) the audio signal. Conversely, if the audio signal is mostly desired sound, such as speech, a high value gain mask may be applied to the audio signal. This process is commonly referred to as multiplicative noise suppression.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0009] Embodiments of the present invention overcome or substantially alleviate prior problems associated with noise suppression and speech enhancement. In exemplary embodiments, at least a primary and a secondary acoustic signal are received by a microphone array. The microphone array may comprise a close microphone array or a spread microphone array.

[0010] A noise component signal may be determined in each sub-band of signals received by the microphone by subtracting the primary acoustic signal weighted by a complex-valued coefficient σ from the secondary acoustic signal. The noise component signal, weighted by another complex-valued coefficient α , may then be subtracted from the primary acoustic signal resulting in an estimate of a target signal (i.e., a noise subtracted signal).

[0011] A determination may be made as to whether to adjust α . In exemplary embodiments, the determination may be based on a reference energy ratio (g_1) and a prediction energy ratio (g_2). The complex-valued coefficient α may be adapted when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio to adjust the noise component signal. Conversely, the adaptation coefficient may be frozen when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio. The noise component signal may then be removed from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal which may be outputted.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0012] FIG. 1 is an environment in which embodiments of the present invention may be practiced.

[0013] FIG. 2 is a block diagram of an exemplary audio device implementing embodiments of the present invention.

[0014] FIG. 3 is a block diagram of an exemplary audio processing system utilizing a spread microphone array.

[0015] FIG. 4 is a block diagram of an exemplary noise suppression system of the audio processing system of FIG. 3.

[0016] FIG. 5 is a block diagram of an exemplary audio processing system utilizing a close microphone array.

[0017] FIG. 6 is a block diagram of an exemplary noise suppression system of the audio processing system of FIG. 5.

[0018] FIG. 7a is a block diagram of an exemplary noise subtraction engine.

[0019] FIG. 7b is a schematic illustrating the operations of the noise subtraction engine.

[0020] FIG. 8 is a flowchart of an exemplary method for suppressing noise in an audio device.

[0021] FIG. 9 is a flowchart of an exemplary method for performing noise subtraction processing.

DESCRIPTION OF EXEMPLARY EMBODIMENTS

[0022] The present invention provides exemplary systems and methods for adaptive suppression of noise in an audio signal. Embodiments attempt to balance noise suppression with minimal or no speech degradation (i.e., speech loss distortion). In exemplary embodiments, noise suppression is based on an audio source location and applies a subtractive noise suppression process as opposed to a purely multiplicative noise suppression process.

[0023] Embodiments of the present invention may be practiced on any audio device that is configured to receive sound such as, but not limited to, cellular phones, phone handsets, headsets, and conferencing systems. Advantageously, exemplary embodiments are configured to provide improved noise suppression while minimizing speech distortion. While some embodiments of the present invention will be described in reference to operation on a cellular phone, the present invention may be practiced on any audio device.

[0024] Referring to FIG. 1, an environment in which embodiments of the present invention may be practiced is shown. A user acts as a speech source 102 to an audio device 104. The exemplary audio device 104 may include a microphone array. The microphone array may comprise a close microphone array or a spread microphone array.

[0025] In exemplary embodiments, the microphone array may comprise a primary microphone 106 relative to the audio source 102 and a secondary microphone 108 located a distance away from the primary microphone 106. While embodiments of the present invention will be discussed with regards to having two microphones 106 and 108, alternative embodiments may contemplate any number of microphones or acoustic sensors within the microphone array. In some embodiments, the microphones 106 and 108 may comprise omni-directional microphones.

[0026] While the microphones 106 and 108 receive sound (i.e., acoustic signals) from the audio source 102, the microphones 106 and 108 also pick up noise

110. Although the noise 110 is shown coming from a single location in FIG. 1, the noise 110 may comprise any sounds from one or more locations different than the audio source 102, and may include reverberations and echoes. The noise 110 may be stationary, non-stationary, or a combination of both stationary and non-stationary noise.

[0027] Referring now to FIG. 2, the exemplary audio device 104 is shown in more detail. In exemplary embodiments, the audio device 104 is an audio receiving device that comprises a processor 202, the primary microphone 106, the secondary microphone 108, an audio processing system 204, and an output device 206. The audio device 104 may comprise further components (not shown) necessary for audio device 104 operations. The audio processing system 204 will be discussed in more details in connection with FIG. 3.

[0028] In exemplary embodiments, the primary and secondary microphones 106 and 108 are spaced a distance apart in order to allow for an energy level difference between them. Upon reception by the microphones 106 and 108, the acoustic signals may be converted into electric signals (i.e., a primary electric signal and a secondary electric signal). The electric signals may, themselves, be converted by an analog-to-digital converter (not shown) into digital signals for processing in accordance with some embodiments. In order to differentiate the acoustic signals, the acoustic signal received by the primary microphone 106 is herein referred to as the primary acoustic signal, while the acoustic signal received by the secondary microphone 108 is herein referred to as the secondary acoustic signal.

[0029] The output device 206 is any device which provides an audio output to the user. For example, the output device 206 may comprise an earpiece of a headset or handset, or a speaker on a conferencing device.

[0030] FIG. 3 is a detailed block diagram of the exemplary audio processing system 204a according to one embodiment of the present invention. In exemplary embodiments, the audio processing system 204a is embodied within a memory

device. The audio processing system 204a of FIG. 3 may be utilized in embodiments comprising a spread microphone array.

[0031] In operation, the acoustic signals received from the primary and secondary microphones 106 and 108 are converted to electric signals and processed through a frequency analysis module 302. In one embodiment, the frequency analysis module 302 takes the acoustic signals and mimics the frequency analysis of the cochlea (i.e., cochlear domain) simulated by a filter bank. In one example, the frequency analysis module 302 separates the acoustic signals into frequency sub-bands. A sub-band is the result of a filtering operation on an input signal where the bandwidth of the filter is narrower than the bandwidth of the signal received by the frequency analysis module 302. Alternatively, other filters such as short-time Fourier transform (STFT), sub-band filter banks, modulated complex lapped transforms, cochlear models, wavelets, etc., can be used for the frequency analysis and synthesis. Because most sounds (e.g., acoustic signals) are complex and comprise more than one frequency, a sub-band analysis on the acoustic signal determines what individual frequencies are present in the complex acoustic signal during a frame (e.g., a predetermined period of time). According to one embodiment, the frame is 8 ms long. Alternative embodiments may utilize other frame lengths or no frame at all. The results may comprise sub-band signals in a fast cochlea transform (FCT) domain.

[0032] Once the sub-band signals are determined, the sub-band signals are forwarded to a noise subtraction engine 304. The exemplary noise subtraction engine 304 is configured to adaptively subtract out a noise component from the primary acoustic signal for each sub-band. As such, output of the noise subtraction engine 304 is a noise subtracted signal comprised of noise subtracted sub-band signals. The noise subtraction engine 304 will be discussed in more detail in connection with FIG. 7a and FIG. 7b. It should be noted that the noise subtracted sub-band signals may comprise desired audio that is speech or non-speech (e.g., music). The results of the noise subtraction engine 304 may be output to the user or

processed through a further noise suppression system (e.g., the noise suppression engine 306). For purposes of illustration, embodiments of the present invention will discuss embodiments whereby the output of the noise subtraction engine 304 is processed through a further noise suppression system.

[0033] The noise subtracted sub-band signals along with the sub-band signals of the secondary acoustic signal are then provided to the noise suppression engine 306a. According to exemplary embodiments, the noise suppression engine 306a generates a gain mask to be applied to the noise subtracted sub-band signals in order to further reduce noise components that remain in the noise subtracted speech signal. The noise suppression engine 306a will be discussed in more detail in connection with FIG. 4 below.

[0034] The gain mask determined by the noise suppression engine 306a may then be applied to the noise subtracted signal in a masking module 308. Accordingly, each gain mask may be applied to an associated noise subtracted frequency sub-band to generate masked frequency sub-bands. As depicted in FIG. 3, a multiplicative noise suppression system 312a comprises the noise suppression engine 306a and the masking module 308.

[0035] Next, the masked frequency sub-bands are converted back into time domain from the cochlea domain. The conversion may comprise taking the masked frequency sub-bands and adding together phase shifted signals of the cochlea channels in a frequency synthesis module 310. Alternatively, the conversion may comprise taking the masked frequency sub-bands and multiplying these with an inverse frequency of the cochlea channels in the frequency synthesis module 310. Once conversion is completed, the synthesized acoustic signal may be output to the user.

[0036] Referring now to FIG. 4, the noise suppression engine 306a of FIG. 3 is illustrated. The exemplary noise suppression engine 306a comprises an energy module 402, an inter-microphone level difference (ILD) module 404, an adaptive classifier 406, a noise estimate module 408, and an adaptive intelligent suppression

(AIS) generator 410. It should be noted that the noise suppression engine 306a is exemplary and may comprise other combinations of modules such as that shown and described in U.S. Patent Application No. 11/343,524, which is incorporated by reference.

[0037] According to an exemplary embodiment of the present invention, the AIS generator 410 derives time and frequency varying gains or gain masks used by the masking module 308 to suppress noise and enhance speech in the noise subtracted signal. In order to derive the gain masks, however, specific inputs are needed for the AIS generator 410. These inputs comprise a power spectral density of noise (i.e., noise spectrum), a power spectral density of the noise subtracted signal (herein referred to as the primary spectrum), and an inter-microphone level difference (ILD).

[0038] According to exemplary embodiment, the noise subtracted signal ($c'(k)$) resulting from the noise subtraction engine 304 and the secondary acoustic signal ($f'(k)$) are forwarded to the energy module 402 which computes energy/power estimates during an interval of time for each frequency band (i.e., power estimates) of an acoustic signal. As can be seen in FIG. 7b, $f'(k)$ may optionally be equal to $f(k)$. As a result, the primary spectrum (i.e., the power spectral density of the noise subtracted signal) across all frequency bands may be determined by the energy module 402. This primary spectrum may be supplied to the AIS generator 410 and the ILD module 404 (discussed further herein). Similarly, the energy module 402 determines a secondary spectrum (i.e., the power spectral density of the secondary acoustic signal) across all frequency bands which is also supplied to the ILD module 404. More details regarding the calculation of power estimates and power spectrums can be found in co-pending U.S. Patent Application No. 11/343,524 and co-pending U.S. Patent Application No. 11/699,732, which are incorporated by reference.

[0039] In two microphone embodiments, the power spectrums are used by an inter-microphone level difference (ILD) module 404 to determine an energy ratio between the primary and secondary microphones 106 and 108. In exemplary

embodiments, the ILD may be a time and frequency varying ILD. Because the primary and secondary microphones 106 and 108 may be oriented in a particular way, certain level differences may occur when speech is active and other level differences may occur when noise is active. The ILD is then forwarded to the adaptive classifier 406 and the AIS generator 410. More details regarding one embodiment for calculating ILD may be found in co-pending U.S. Patent Application No. 11/343,524 and co-pending U.S. Patent Application No. 11/699,732. In other embodiments, other forms of ILD or energy differences between the primary and secondary microphones 106 and 108 may be utilized. For example, a ratio of the energy of the primary and secondary microphones 106 and 108 may be used. It should also be noted that alternative embodiments may use cues other than ILD for adaptive classification and noise suppression (i.e., gain mask calculation). For example, noise floor thresholds may be used. As such, references to the use of ILD may be construed to be applicable to other cues.

[0040] The exemplary adaptive classifier 406 is configured to differentiate noise and distractors (e.g., sources with a negative ILD) from speech in the acoustic signal(s) for each frequency band in each frame. The adaptive classifier 406 is considered adaptive because features (e.g., speech, noise, and distractors) change and are dependent on acoustic conditions in the environment. For example, an ILD that indicates speech in one situation may indicate noise in another situation. Therefore, the adaptive classifier 406 may adjust classification boundaries based on the ILD.

[0041] According to exemplary embodiments, the adaptive classifier 406 differentiates noise and distractors from speech and provides the results to the noise estimate module 408 which derives the noise estimate. Initially, the adaptive classifier 406 may determine a maximum energy between channels at each frequency. Local ILDs for each frequency are also determined. A global ILD may be calculated by applying the energy to the local ILDs. Based on the newly calculated global ILD, a running average global ILD and/or a running mean and variance (i.e.,

global cluster) for ILD observations may be updated. Frame types may then be classified based on a position of the global ILD with respect to the global cluster. The frame types may comprise source, background, and distractors.

[0042] Once the frame types are determined, the adaptive classifier 406 may update the global average running mean and variance (i.e., cluster) for the source, background, and distractors. In one example, if the frame is classified as source, background, or distracter, the corresponding global cluster is considered active and is moved toward the global ILD. The global source, background, and distractor global clusters that do not match the frame type are considered inactive. Source and distractor global clusters that remain inactive for a predetermined period of time may move toward the background global cluster. If the background global cluster remains inactive for a predetermined period of time, the background global cluster moves to the global average.

[0043] Once the frame types are determined, the adaptive classifier 406 may also update the local average running mean and variance (i.e., cluster) for the source, background, and distractors. The process of updating the local active and inactive clusters is similar to the process of updating the global active and inactive clusters.

[0044] Based on the position of the source and background clusters, points in the energy spectrum are classified as source or noise; this result is passed to the noise estimate module 408.

[0045] In an alternative embodiment, an example of an adaptive classifier 406 comprises one that tracks a minimum ILD in each frequency band using a minimum statistics estimator. The classification thresholds may be placed a fixed distance (e.g., 3dB) above the minimum ILD in each band. Alternatively, the thresholds may be placed a variable distance above the minimum ILD in each band, depending on the recently observed range of ILD values observed in each band. For example, if the observed range of ILDs is beyond 6dB, a threshold may be place such that it is midway between the minimum and maximum ILDs observed in each band over a certain specified period of time (e.g., 2 seconds). The adaptive classifier is further

discussed in the U.S. nonprovisional application entitled "System and Method for Adaptive Intelligent Noise Suppression," serial number 11/825,563, filed July 6, 2007, which is incorporated by reference.

[0046] In exemplary embodiments, the noise estimate is based on the acoustic signal from the primary microphone 106 and the results from the adaptive classifier 406. The exemplary noise estimate module 408 generates a noise estimate which is a component that can be approximated mathematically by

$$N(t, \omega) = \lambda_l(t, \omega)E_l(t, \omega) + (1 - \lambda_l(t, \omega))\min[N(t-1, \omega), E_l(t, \omega)]$$

according to one embodiment of the present invention. As shown, the noise estimate in this embodiment is based on minimum statistics of a current energy estimate of the primary acoustic signal, $E_l(t, \omega)$ and a noise estimate of a previous time frame, $N(t-1, \omega)$. As a result, the noise estimation is performed efficiently and with low latency.

[0047] $\lambda_l(t, \omega)$ in the above equation may be derived from the ILD approximated by the ILD module 404, as

$$\lambda_l(t, \omega) = \begin{cases} \approx 0 & \text{if } ILD(t, \omega) < threshold \\ \approx 1 & \text{if } ILD(t, \omega) > threshold \end{cases}$$

That is, when the primary microphone 106 is smaller than a threshold value (e.g., $threshold = 0.5$) above which speech is expected to be, λ_l is small, and thus the noise estimate module 408 follows the noise closely. When ILD starts to rise (e.g., because speech is present within the large ILD region), λ_l increases. As a result, the noise estimate module 408 slows down the noise estimation process and the speech energy does not contribute significantly to the final noise estimate. Alternative embodiments, may contemplate other methods for determining the noise estimate or noise spectrum. The noise spectrum (i.e., noise estimates for all frequency bands of an acoustic signal) may then be forwarded to the AIS generator 410.

[0048] The AIS generator 410 receives speech energy of the primary spectrum from the energy module 402. This primary spectrum may also comprise some residual noise after processing by the noise subtraction engine 304. The AIS

generator 410 may also receive the noise spectrum from the noise estimate module 408. Based on these inputs and an optional ILD from the ILD module 404, a speech spectrum may be inferred. In one embodiment, the speech spectrum is inferred by subtracting the noise estimates of the noise spectrum from the power estimates of the primary spectrum. Subsequently, the AIS generator 410 may determine gain masks to apply to the primary acoustic signal. More detailed discussion of the AIS generator 410 may be found in U.S. Patent Application No. 11/825,563 entitled "System and Method for Adaptive Intelligent Noise Suppression," which is incorporated by reference. In exemplary embodiments, the gain mask output from the AIS generator 410, which is time and frequency dependent, will maximize noise suppression while constraining speech loss distortion.

[0049] It should be noted that the system architecture of the noise suppression engine 306a is exemplary. Alternative embodiments may comprise more components, less components, or equivalent components and still be within the scope of embodiments of the present invention. Various modules of the noise suppression engine 306a may be combined into a single module. For example, the functionalities of the ILD module 404 may be combined with the functions of the energy module 304.

[0050] Referring now to FIG. 5, a detailed block diagram of an alternative audio processing system 204b is shown. In contrast to the audio processing system 204a of FIG. 3, the audio processing system 204b of FIG. 5 may be utilized in embodiments comprising a close microphone array. The functions of the frequency analysis module 302, masking module 308, and frequency synthesis module 310 are identical to those described with respect to the audio processing system 204a of FIG. 3 and will not be discussed in detail.

[0051] The sub-band signals determined by the frequency analysis module 302 may be forwarded to the noise subtraction engine 304 and an array processing engine 502. The exemplary noise subtraction engine 304 is configured to adaptively subtract out a noise component from the primary acoustic signal for each sub-band.

As such, output of the noise subtraction engine 304 is a noise subtracted signal comprised of noise subtracted sub-band signals. In the present embodiment, the noise subtraction engine 304 also provides a null processing (NP) gain to the noise suppression engine 306a. The NP gain comprises an energy ratio indicating how much of the primary signal has been cancelled out of the noise subtracted signal. If the primary signal is dominated by noise, then NP gain will be large. In contrast, if the primary signal is dominated by speech, NP gain will be close to zero. The noise subtraction engine 304 will be discussed in more detail in connection with FIG. 7a and FIG. 7b below.

[0052] In exemplary embodiments, the array processing engine 502 is configured to adaptively process the sub-band signals of the primary and secondary signals to create directional patterns (i.e., synthetic directional microphone responses) for the close microphone array (e.g., the primary and secondary microphones 106 and 108). The directional patterns may comprise a forward-facing cardioid pattern based on the primary acoustic (sub-band) signals and a backward-facing cardioid pattern based on the secondary (sub-band) acoustic signal. In one embodiment, the sub-band signals may be adapted such that a null of the backward-facing cardioid pattern is directed towards the audio source 102. More details regarding the implementation and functions of the array processing engine 502 may be found (referred to as the adaptive array processing engine) in U.S. Patent Application No. 12/080,115 entitled "System and Method for Providing Close-Microphone Array Noise Reduction," which is incorporated by reference. The cardioid signals (i.e., a signal implementing the forward-facing cardioid pattern and a signal implementing the backward-facing cardioid pattern) are then provided to the noise suppression engine 306b by the array processing engine 502.

[0053] The noise suppression engine 306b receives the NP gain along with the cardioid signals. According to exemplary embodiments, the noise suppression engine 306b generates a gain mask to be applied to the noise subtracted sub-band signals from the noise subtraction engine 304 in order to further reduce any noise

components that may remain in the noise subtracted speech signal. The noise suppression engine 306b will be discussed in more detail in connection with FIG. 6 below.

[0054] The gain mask determined by the noise suppression engine 306b may then be applied to the noise subtracted signal in the masking module 308. Accordingly, each gain mask may be applied to an associated noise subtracted frequency sub-band to generate masked frequency sub-bands. Subsequently, the masked frequency sub-bands are converted back into time domain from the cochlea domain by the frequency synthesis module 310. Once conversion is completed, the synthesized acoustic signal may be output to the user. As depicted in FIG. 5, a multiplicative noise suppression system 312b comprises the array processing engine 502, the noise suppression engine 306b, and the masking module 308.

[0055] Referring now to FIG. 6, the exemplary noise suppression engine 306b is shown in more detail. The exemplary noise suppression engine 306b comprises the energy module 402, the inter-microphone level difference (ILD) module 404, the adaptive classifier 406, the noise estimate module 408, and the adaptive intelligent suppression (AIS) generator 410. It should be noted that the various modules of the noise suppression engine 306b functions similar to the modules in the noise suppression engine 306a.

[0056] In the present embodiment, the primary acoustic signal ($c''(k)$) and the secondary acoustic signal ($f''(k)$) are received by the energy module 402 which computes energy/power estimates during an interval of time for each frequency band (i.e., power estimates) of an acoustic signal. As a result, the primary spectrum (i.e., the power spectral density of the primary sub-band signals) across all frequency bands may be determined by the energy module 402. This primary spectrum may be supplied to the AIS generator 410 and the ILD module 404. Similarly, the energy module 402 determines a secondary spectrum (i.e., the power spectral density of the secondary sub-band signal) across all frequency bands which is also supplied to the ILD module 404. More details regarding the calculation of power estimates and

power spectrums can be found in co-pending U.S. Patent Application No. 11/343,524 and co-pending U.S. Patent Application No. 11/699,732, which are incorporated by reference.

[0057] As previously discussed, the power spectrums may be used by the ILD module 404 to determine an energy difference between the primary and secondary microphones 106 and 108. The ILD may then be forwarded to the adaptive classifier 406 and the AIS generator 410. In alternative embodiments, other forms of ILD or energy differences between the primary and secondary microphones 106 and 108 may be utilized. For example, a ratio of the energy of the primary and secondary microphones 106 and 108 may be used. It should also be noted that alternative embodiments may use cues other than ILD for adaptive classification and noise suppression (i.e., gain mask calculation). For example, noise floor thresholds may be used. As such, references to the use of ILD may be construed to be applicable to other cues.

[0058] The exemplary adaptive classifier 406 and noise estimate module 408 perform the same functions as that described in accordance with FIG. 4. That is, the adaptive classifier differentiates noise and distractors from speech and provides the results to the noise estimate module 408 which derives the noise estimate.

[0059] The AIS generator 410 receives speech energy of the primary spectrum from the energy module 402. The AIS generator 410 may also receive the noise spectrum from the noise estimate module 408. Based on these inputs and an optional ILD from the ILD module 404, a speech spectrum may be inferred. In one embodiment, the speech spectrum is inferred by subtracting the noise estimates of the noise spectrum from the power estimates of the primary spectrum. Additionally, the AIS generator 410 uses the NP gain, which indicates how much noise has already been cancelled by the time the signal reaches the noise suppression engine 306b (i.e., the multiplicative mask) to determine gain masks to apply to the primary acoustic signal. In one example, as the NP gain increases, the estimated SNR for the inputs decreases. In exemplary embodiments, the gain mask output from the AIS generator

410, which is time and frequency dependent, may maximize noise suppression while constraining speech loss distortion.

[0060] It should be noted that the system architecture of the noise suppression engine 306b is exemplary. Alternative embodiments may comprise more components, less components, or equivalent components and still be within the scope of embodiments of the present invention.

[0061] FIG. 7a is a block diagram of an exemplary noise subtraction engine 304. The exemplary noise subtraction engine 304 is configured to suppress noise using a subtractive process. The noise subtraction engine 304 may determine a noise subtracted signal by initially subtracting out a desired component (e.g., the desired speech component) from the primary signal in a first branch, thus resulting in a noise component. Adaptation may then be performed in a second branch to cancel out the noise component from the primary signal. In exemplary embodiments, the noise subtraction engine 304 comprises a gain module 702, an analysis module 704, an adaptation module 706, and at least one summing module 708 configured to perform signal subtraction. The functions of the various modules 702 - 708 will be discussed in connection with FIG. 7a and further illustrated in operation in connection with FIG. 7b.

[0062] Referring to FIG. 7a, the exemplary gain module 702 is configured to determine various gains used by the noise subtraction engine 304. For purposes of the present embodiment, these gains represent energy ratios. In the first branch, a reference energy ratio (g_1) of how much of the desired component is removed from the primary signal may be determined. In the second branch, a prediction energy ratio (g_2) of how much the energy has been reduced at the output of the noise subtraction engine 304 from the result of the first branch may be determined. Additionally, an energy ratio (i.e., NP gain) may be determined that represents the energy ratio indicating how much noise has been canceled from the primary signal by the noise subtraction engine 304. As previously discussed, NP gain may be used

by the AIS generator 410 in the close microphone embodiment to adjust the gain mask.

[0063] The exemplary analysis module 704 is configured to perform the analysis in the first branch of the noise subtraction engine 304, while the exemplary adaptation module 306 is configured to perform the adaptation in the second branch of the noise subtraction engine 304.

[0064] Referring to FIG. 7b, a schematic illustrating the operations of the noise subtraction engine 304 is shown. Sub-band signals of the primary microphone signal $c(k)$ and secondary microphone signal $f(k)$ are received by the noise subtraction engine 304 where k represents a discrete time or sample index. $c(k)$ represents a superposition of a speech signal $s(k)$ and a noise signal $n(k)$. $f(k)$ is modeled as a superposition of the speech signal $s(k)$, scaled by a complex-valued coefficient σ , and the noise signal $n(k)$, scaled by a complex-valued coefficient v . v represents how much of the noise in the primary signal is in the secondary signal. In exemplary embodiments, v is unknown since a source of the noise may be dynamic.

[0065] In exemplary embodiments, σ is a fixed coefficient that represents a location of the speech (e.g., an audio source location). In accordance with exemplary embodiments, σ may be determined through calibration. Tolerances may be included in the calibration by calibrating based on more than one position. For a close microphone, a magnitude of σ may be close to one. For spread microphones, the magnitude of σ may be dependent on where the audio device 102 is positioned relative to the speaker's mouth. The magnitude and phase of the σ may represent an inter-channel cross-spectrum for a speaker's mouth position at a frequency represented by the respective sub-band (e.g., Cochlea tap). Because the noise subtraction engine 304 may have knowledge of what σ is, the analysis module 704 may apply σ to the primary signal (i.e., $\sigma(s(k)+n(k))$) and subtract the result from the secondary signal (i.e., $\sigma s(k)+v(k)$) in order to cancel out the speech component $\sigma s(k)$ (i.e., the desired component) from the secondary signal resulting in a noise

component out of the summing module 708. In an embodiment where there is not speech, α is approximately $1/(v-\sigma)$, and the adaptation module 706 may freely adapt.

[0066] If the speaker's mouth position is adequately represented by σ , then $f(k)-\sigma c(k) = (v-\sigma)n(k)$. This equation indicates that signal at the output of the summing module 708 being fed into the adaptation module 706 (which, in turn, applies an adaptation coefficient $\alpha(k)$) may be devoid of a signal originating from a position represented by σ (e.g., the desired speech signal). In exemplary embodiments, the analysis module 704 applies σ to the secondary signal $f(k)$ and subtracts the result from $c(k)$. Remaining signal (referred to herein as "noise component signal") from the summing module 708 may be canceled out in the second branch.

[0067] The adaptation module 706 may adapt when the primary signal is dominated by audio sources 102 not in the speech location (represented by σ). If the primary signal is dominated by a signal originating from the speech location as represented by σ , adaptation may be frozen. In exemplary embodiments, the adaptation module 706 may adapt using one of a common least-squares method in order to cancel the noise component $n(k)$ from the signal $c(k)$. The coefficient may be update at a frame rate according to on embodiment.

[0068] In an embodiment where $n(k)$ is white and a cross-correlation between $s(k)$ and $n(k)$ is zero within a frame, adaptation may happen every frame with the noise $n(k)$ being perfectly cancelled and the speech $s(k)$ being perfectly unaffected. However, it is unlikely that these conditions may be met in reality, especially if the frame size is short. As such, it is desirable to apply constraints on adaptation. In exemplary embodiments, the adaptation coefficient $\alpha(k)$ may be updated on a per-tap/per-frame basis when the reference energy ratio g_1 and the prediction energy ratio g_2 satisfy the follow condition:

$$g_2 \cdot \gamma > g_1/\gamma$$

where $\gamma > 0$. Assuming, for example, that $\hat{\sigma}(k) = \sigma$, $\alpha(k) = 1/(\nu - \sigma)$, and $s(k)$ and $n(k)$ are uncorrelated, the following may be obtained:

$$g_1 = \frac{E\{(s(k) + n(k))^2\}}{|\nu - \sigma|^2 \cdot E\{n^2(k)\}} = \frac{S + N}{|\nu - \sigma|^2 \cdot N}$$

and

$$g_2 = \frac{|\nu - \sigma|^2 \cdot E\{n^2(k)\}}{E\{s^2(k)\}} = |\nu - \sigma|^2 \cdot \frac{N}{S},$$

where $E\{\dots\}$ is an expected value, S is a signal energy, and N is a noise energy. From the previous three equations, the following may be obtained:

$$SNR^2 + SNR < \gamma^2 |\nu - \sigma|^4,$$

where $SNR = S/N$. If the noise is in the same location as the target speech (i.e., $\sigma = \nu$), this condition may not be met, so regardless of the SNR, adaptation may never happen. The further away from the target location the source is, the greater $|\nu - \sigma|^4$ and the larger the SNR is allowed to be while there is still adaptation attempting to cancel the noise.

In exemplary embodiments, adaptation may occur in frames where more signal is canceled in the second branch as opposed to the first branch. Thus, energies may be calculated after the first branch by the gain module 702 and g_1 determined. An energy calculation may also be performed in order to determine g_2 which may indicate if α is allowed to adapt. If $\gamma^2 |\nu - \sigma|^4 > SNR^2 + SNR^4$ is true, then adaptation of α may be performed. However, if this equation is not true, then α is not adapted.

[0069] The coefficient γ may be chosen to define a boundary between adaptation and non-adaptation of α . In an embodiment where a far-field source at 90 degree angle relative to a straight line between the microphones 106 and 108. In this embodiment, the signal may have equal power and zero phase shift between both microphones 106 and 108 (e.g., $\nu = 1$). If the $SNR = 1$, then $\gamma^2 |\nu - \sigma|^4 = 2$, which is equivalent to $\gamma = \sqrt{2}/|1 - \sigma|^4$.

[0070] Lowering γ relative to this value may improve protection of the near-end source from cancellation at the expense of increased noise leakage; raising γ has

an opposite effect. It should be noted that in the microphones 106 and 108, $v=1$ may not be a good enough approximation of the far-field/90 degrees situation and may have to be substituted by a value obtained from calibration measurements.

[0071] FIG. 8 is a flowchart 800 of an exemplary method for suppressing noise in an audio device. In step 802, audio signals are received by the audio device 102. In exemplary embodiments, a plurality of microphones (e.g., primary and secondary microphones 106 and 108) receive the audio signals. The plurality of microphones may comprise a close microphone array or a spread microphone array.

[0072] In step 804, the frequency analysis on the primary and secondary acoustic signals may be performed. In one embodiment, the frequency analysis module 302 utilizes a filter bank to determine frequency sub-bands for the primary and secondary acoustic signals.

[0073] Noise subtraction processing is performed in step 806. Step 806 will be discussed in more detail in connection with FIG. 9 below.

[0074] Noise suppression processing may then be performed in step 808. In one embodiment, the noise suppression processing may first compute an energy spectrum for the primary or noise subtracted signal and the secondary signal. An energy difference between the two signals may then be determined. Subsequently, the speech and noise components may be adaptively classified according to one embodiment. A noise spectrum may then be determined. In one embodiment, the noise estimate may be based on the noise component. Based on the noise estimate, a gain mask may be adaptively determined.

[0075] The gain mask may then be applied in step 810. In one embodiment, the gain mask may be applied by the masking module 308 on a per sub-band signal basis. In some embodiments, the gain mask may be applied to the noise subtracted signal. The sub-bands signals may then be synthesized in step 812 to generate the output. In one embodiment, the sub-band signals may be converted back to the time domain from the frequency domain. Once converted, the audio signal may be

output to the user in step 814. The output may be via a speaker, earpiece, or other similar devices.

[0076] Referring now to FIG. 9, a flowchart of an exemplary method for performing noise subtraction processing (step 806) is shown. In step 902, the frequency analyzed signals (e.g., frequency sub-band signals or primary signal) are received by the noise subtraction engine 304. The primary acoustic signal may be represented as $c(k) = s(k) + n(k)$ where $s(k)$ represents the desired signal (e.g., speech signal) and $n(k)$ represents the noise signal. The secondary frequency analyzed signal (e.g., secondary signal) may be represented as $f(k) = \sigma s(k) + v n(k)$.

[0077] In step 904, σ may be applied to the primary signal by the analysis module 704. The result of the application of σ to the primary signal may then be subtracted from the secondary signal in step 906 by the summing module 708. The result comprises a noise component signal.

[0078] In step 908, the gains may be calculated by the gain module 702. These gains represent energy ratios of the various signals. In the first branch, a reference energy ratio (g_1) of how much of the desired component is removed from the primary signal may be determined. In the second branch, a prediction energy ratio (g_2) of how much the energy has been reduced at the output of the noise subtraction engine 304 from the result of the first branch may be determined.

[0079] In step 910, a determination is made as to whether α should be adapted. In accordance with one embodiment if $SNR^2 + SNR < \gamma^2 |\nu - \sigma|^4$ is true, then adaptation of α may be performed in step 912. However, if this equation is not true, then α is not adapted but frozen in step 914.

[0080] The noise component signal, whether adapted or not, is subtracted from the primary signal in step 916 by the summing module 708. The result is a noise subtracted signal. In some embodiments, the noise subtracted signal may be provided to the noise suppression engine 306 for further noise suppression processing via a multiplicative noise suppression process. In other embodiments,

the noise subtracted signal may be output to the user without further noise suppression processing. It should be noted that more than one summing module 708 may be provided (e.g., one for each branch of the noise subtraction engine 304).

[0081] In step 918, the NP gain may be calculated. The NP gain comprises an energy ratio indicating how much of the primary signal has been cancelled out of the noise subtracted signal. It should be noted that step 918 may be optional (e.g., in close microphone systems).

[0082] The above-described modules may be comprised of instructions that are stored in storage media such as a machine readable medium (e.g., a computer readable medium). The instructions may be retrieved and executed by the processor 202. Some examples of instructions include software, program code, and firmware. Some examples of storage media comprise memory devices and integrated circuits. The instructions are operational when executed by the processor 202 to direct the processor 202 to operate in accordance with embodiments of the present invention. Those skilled in the art are familiar with instructions, processors, and storage media.

[0083] The present invention is described above with reference to exemplary embodiments. It will be apparent to those skilled in the art that various modifications may be made and other embodiments may be used without departing from the broader scope of the present invention. For example, the microphone array discussed herein comprises a primary and secondary microphone 106 and 108. However, alternative embodiments may contemplate utilizing more microphones in the microphone array. Therefore, there and other variations upon the exemplary embodiments are intended to be covered by the present invention.

CLAIMS

What is claimed is:

1. A method for suppressing noise, comprising:
receiving at least a primary and a secondary acoustic signal;
subtracting a desired signal component from the secondary acoustic signal to obtain a noise component signal;
performing a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal;
performing a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio;
adjusting the noise component signal based on the second determination;
subtracting the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal; and
outputting the noise subtracted signal.
2. The method of claim 1 wherein subtracting the desired signal component comprises applying a coefficient representing a source location to the primary acoustic signal to generate the desired signal component.
3. The method of claim 1 wherein the at least one energy ratio comprises a reference energy ratio and a prediction energy ratio.
4. The method of claim 3 further comprising adapting an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio.
5. The method of claim 3 further comprising freezing an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio.

6. The method of claim 1 further comprising determining a NP gain based on the at least one energy ratio indicating how much of the primary acoustic signal has been cancelled out of the noise subtracted signal.
7. The method of claim 6 further comprising providing the NP gain to a multiplicative noise suppression system.
8. The method of claim 1 wherein the primary and secondary acoustic signals are separated into sub-band signals.
9. The method of claim 1 wherein outputting the noise subtracted signal comprises outputting the noise subtracted signal to a multiplicative noise suppression system.
10. The method of claim 9 wherein the multiplicative noise suppression system comprises generating a gain mask based at least on the noise subtracted signal.
11. The method of claim 10 further comprising applying the gain mask to the noise subtracted signal to generate an audio output signal.

12. A system for suppressing noise, comprising:
- a microphone array configured to receive at least a primary and a secondary acoustic signal;
 - an analysis module configured to generate a desired signal component which may be subtracted from the secondary acoustic signal to obtain a noise component signal;
 - a gain module configured to perform a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal;
 - an adaptation module configured to perform a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio, the adaptation module further configured to adjust the noise component signal based on the second determination; and
 - at least one summing module configured to subtract the desired signal component from the secondary acoustic signal and to subtract the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal.
13. The system of claim 12 wherein the analysis module is configured to apply a coefficient representing a source location to the primary acoustic signal to generate the desired signal component.
14. The system of claim 12 wherein the at least one energy ratio comprises a reference energy ratio and a prediction energy ratio.
15. The system of claim 14 wherein the adaptation module is configured to adapt an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio.

16. The system of claim 14 wherein the adaptation module is configured to freeze an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio.
17. The system of claim 12 wherein further comprising a gain module configured to determine a NP gain based on the at least one energy ratio indicating how much of the primary acoustic signal has been cancelled out of the noise subtracted signal.
18. A machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for suppressing noise using noise subtraction processing, the method comprising:
- receiving at least a primary and a secondary acoustic signal;
 - subtracting a desired signal component from the secondary acoustic signal to obtain a noise component signal;
 - performing a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal;
 - performing a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio;
 - adjusting the noise component signal based on the second determination;
 - subtracting the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal; and
 - outputting the noise subtracted signal.
19. The machine readable medium of claim 18 wherein the at least one energy ratio comprises a reference energy ratio and a prediction energy ratio.
20. The machine readable medium of claim 19 wherein the method further comprises adapting an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio.

21. The machine readable medium of claim 19 wherein the method further comprises freezing an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio.

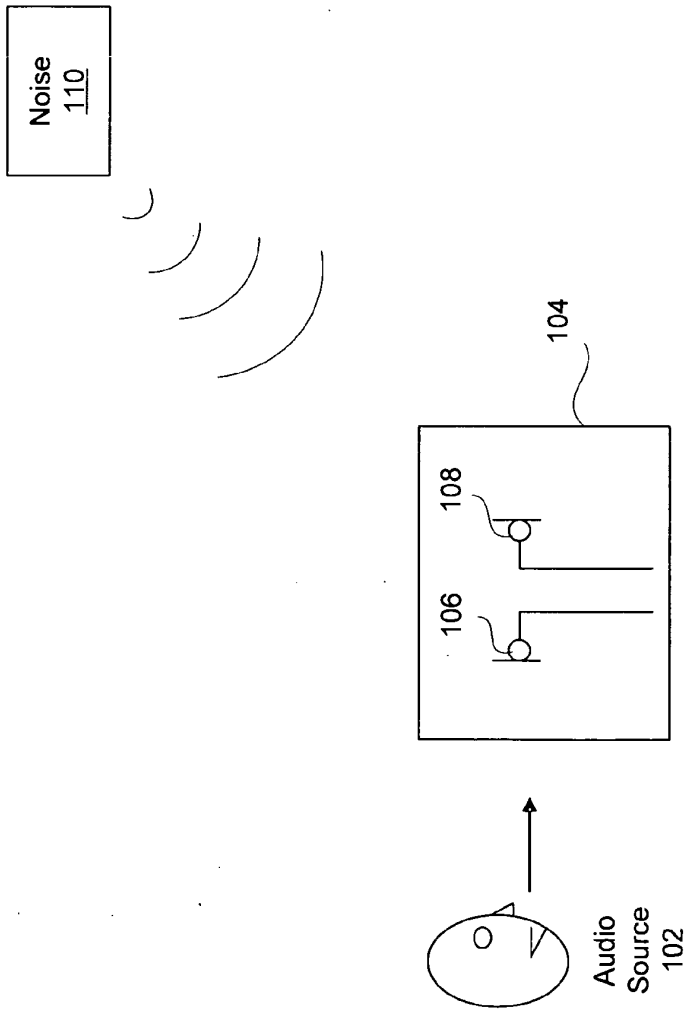


FIG. 1

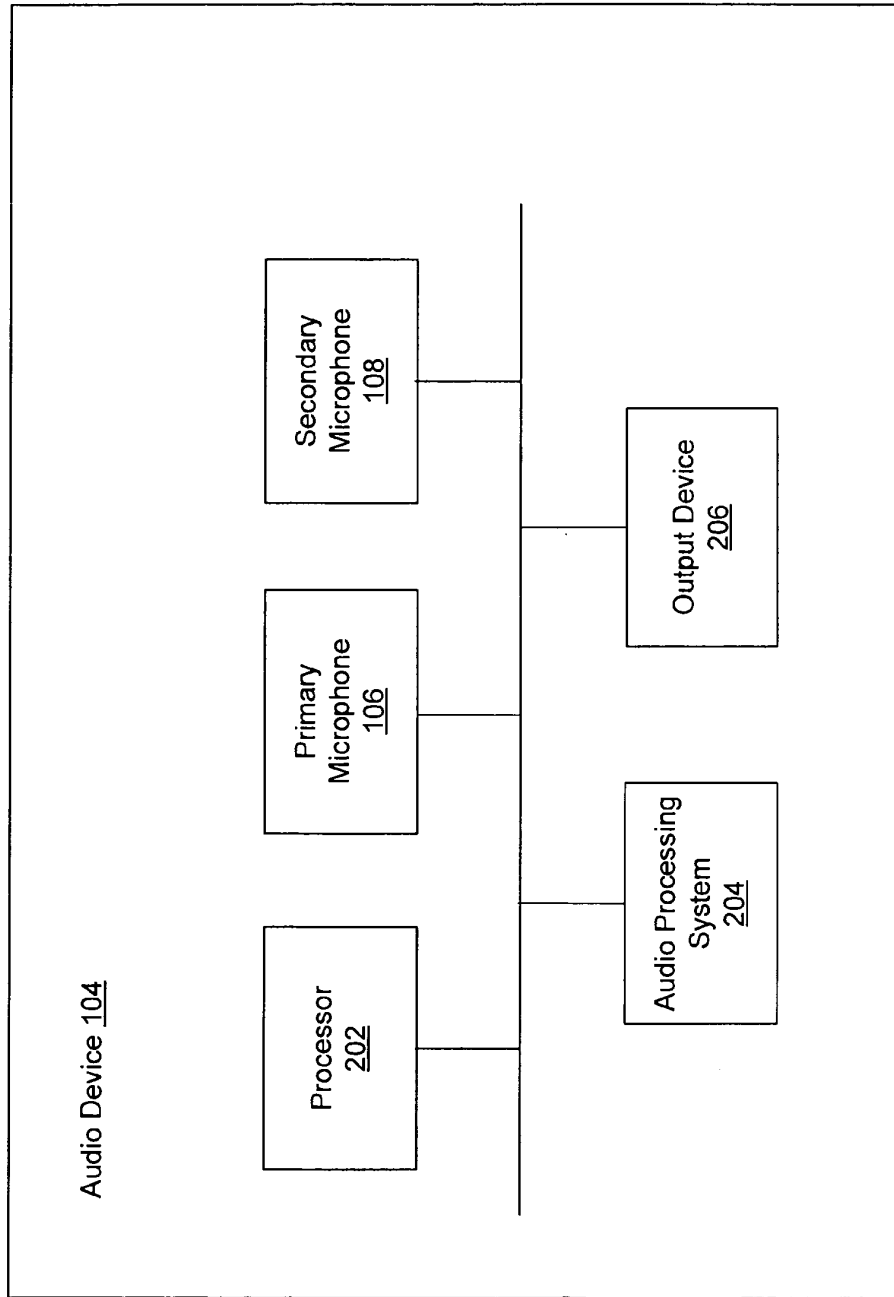


FIG. 2

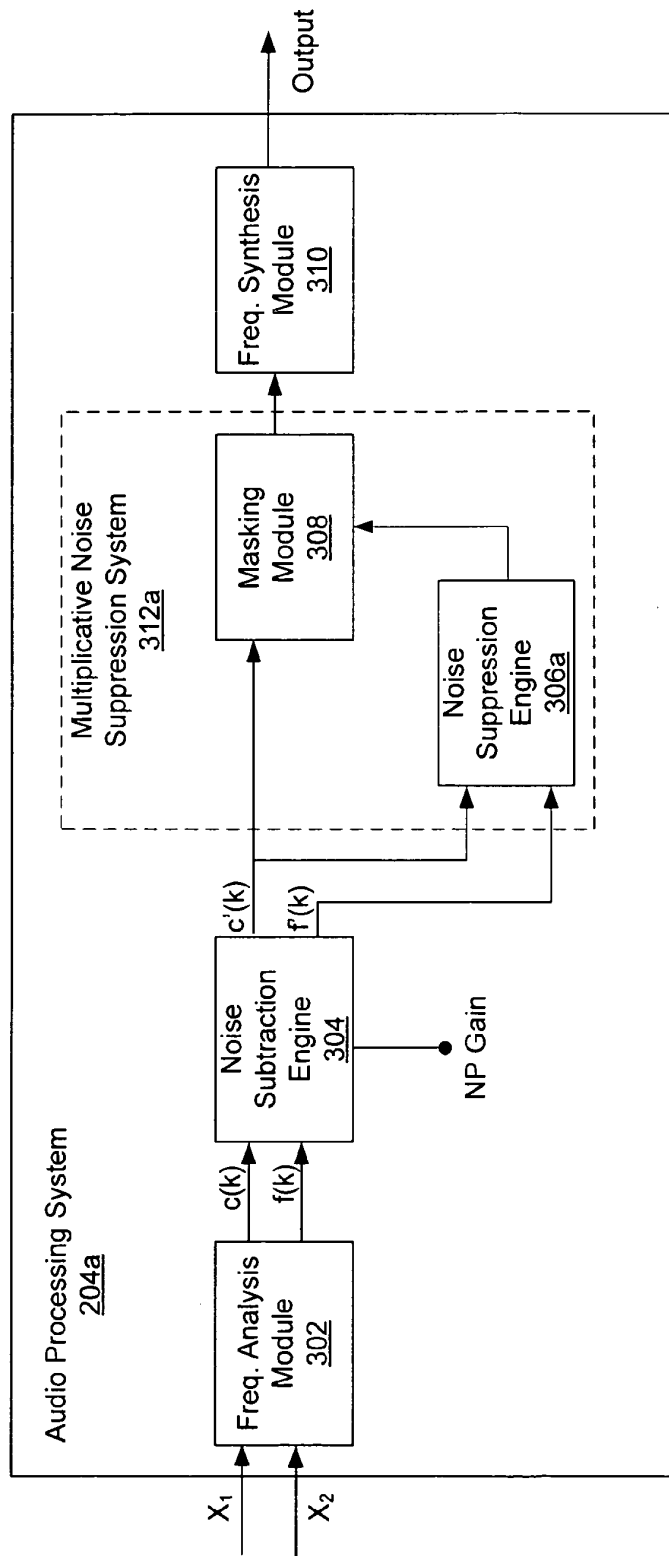


FIG. 3

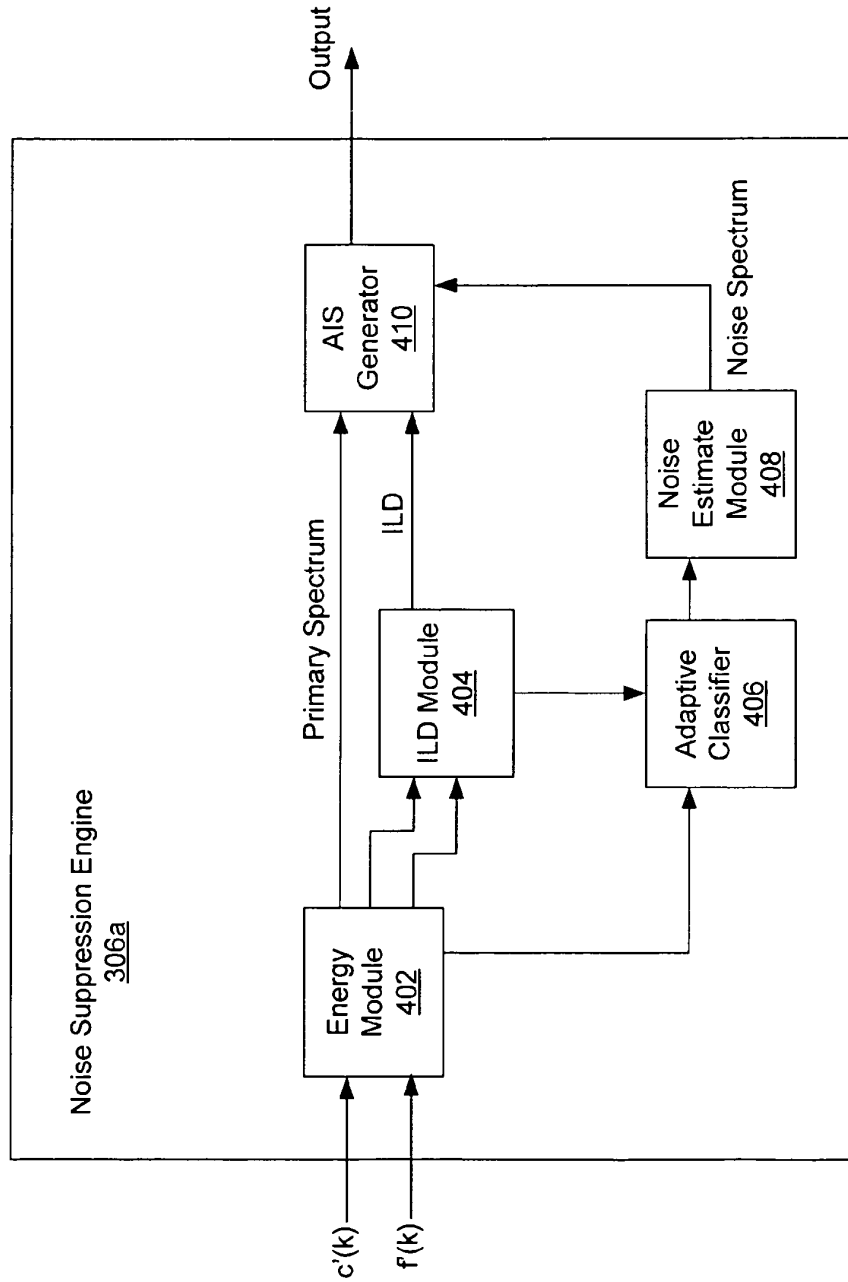


FIG. 4

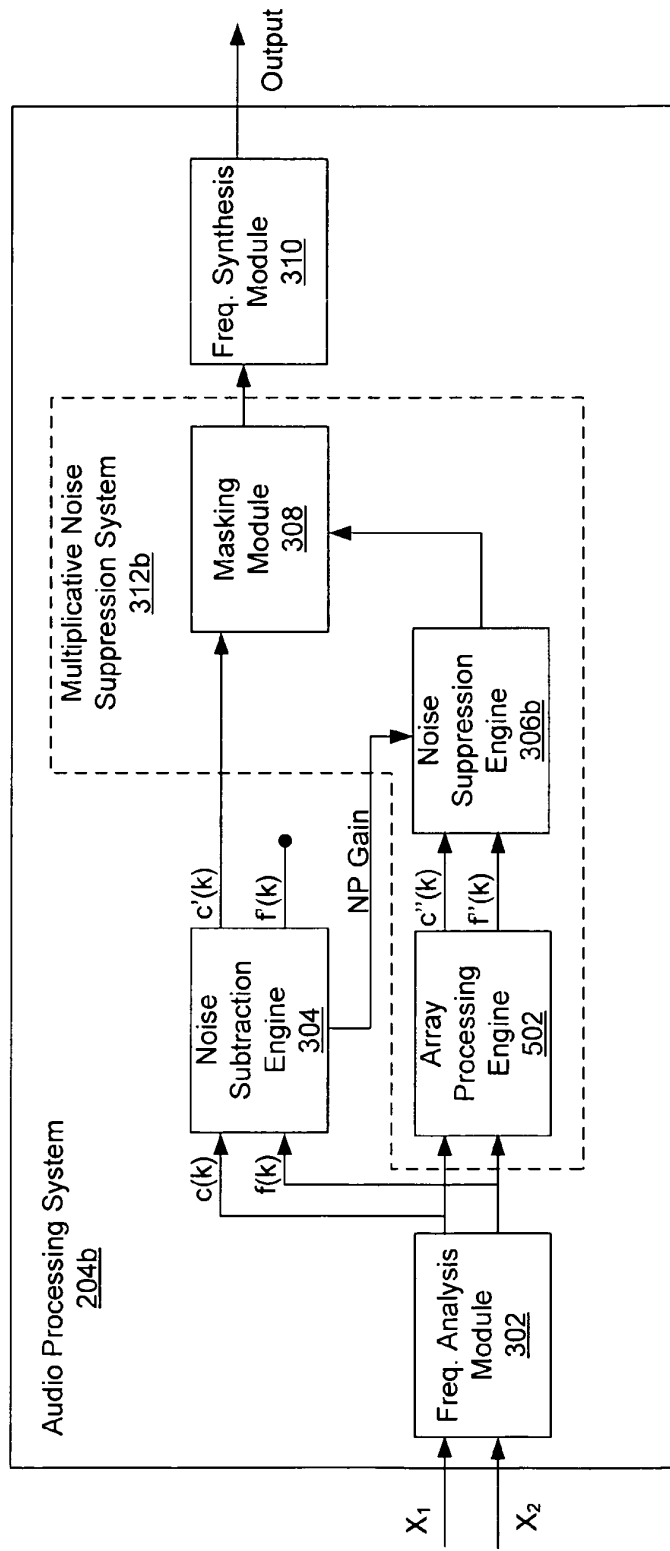


FIG. 5

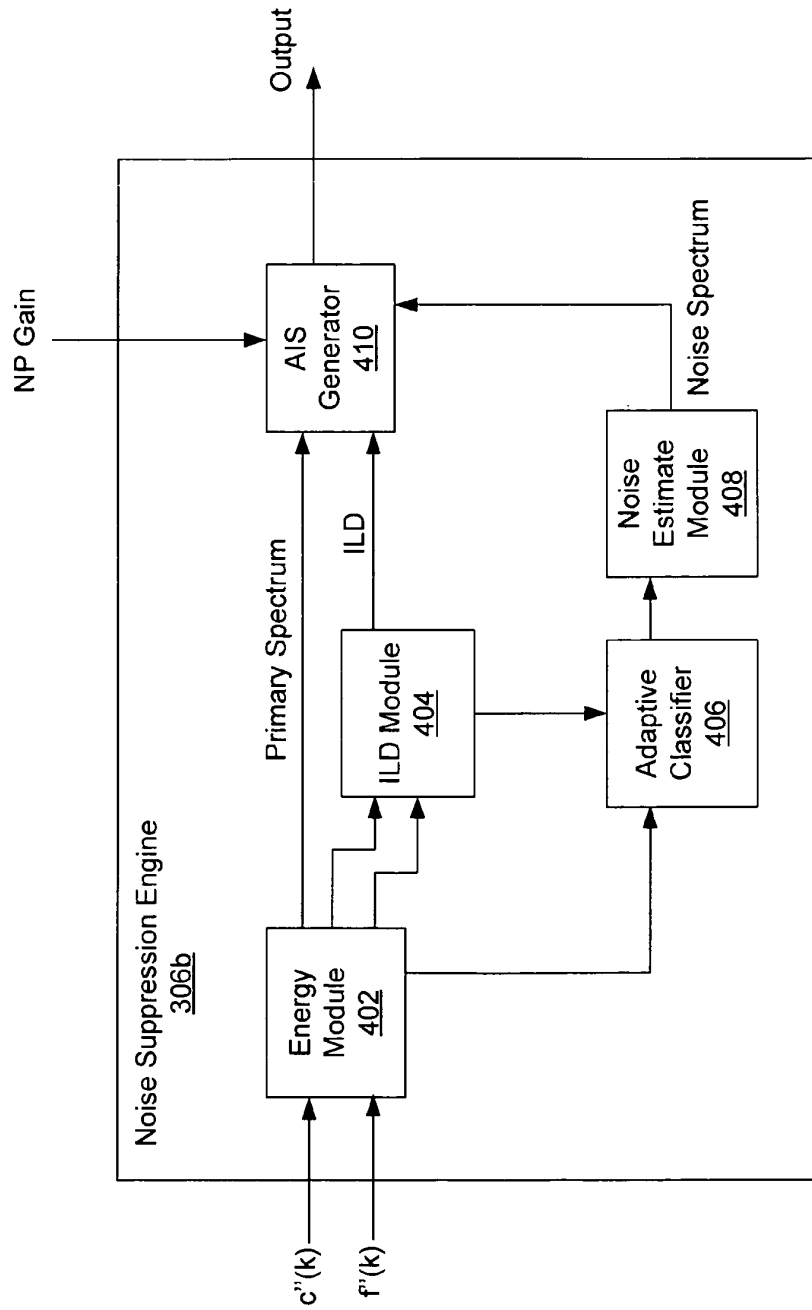


FIG. 6

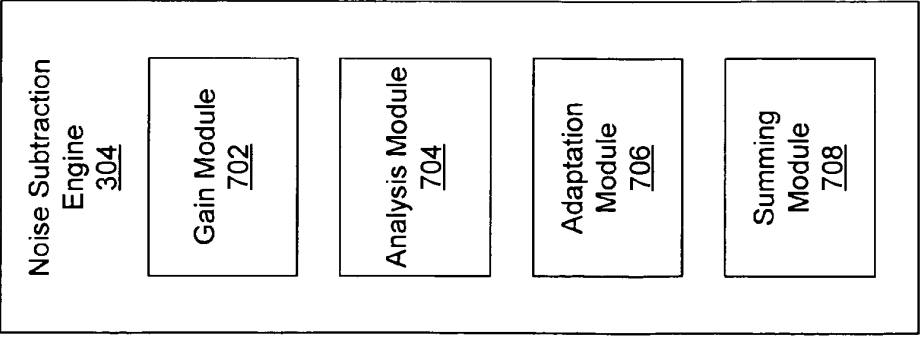


FIG. 7a

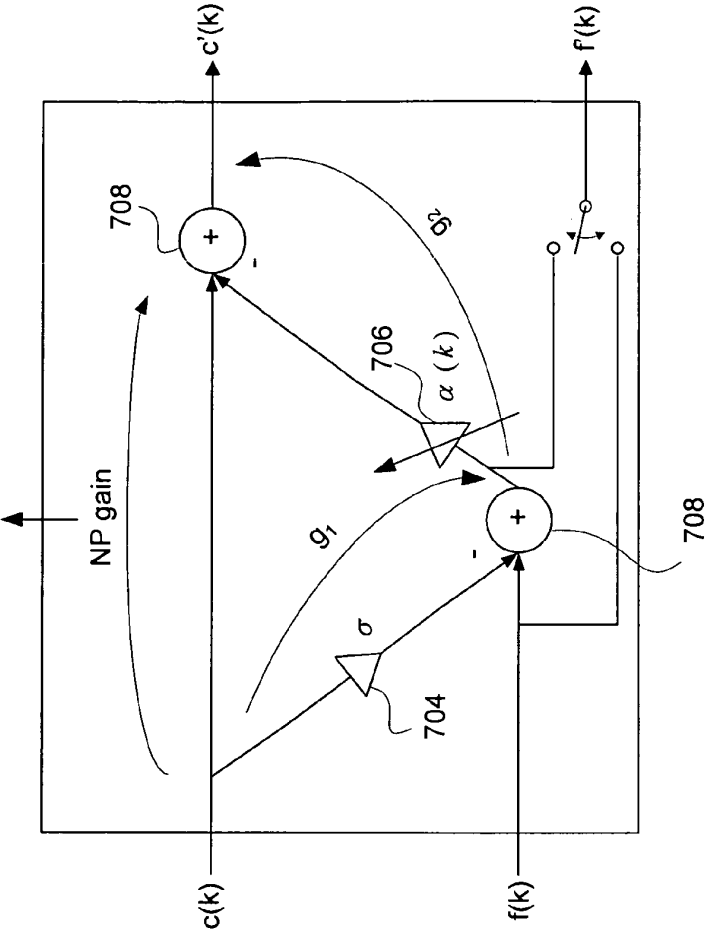


FIG. 7b

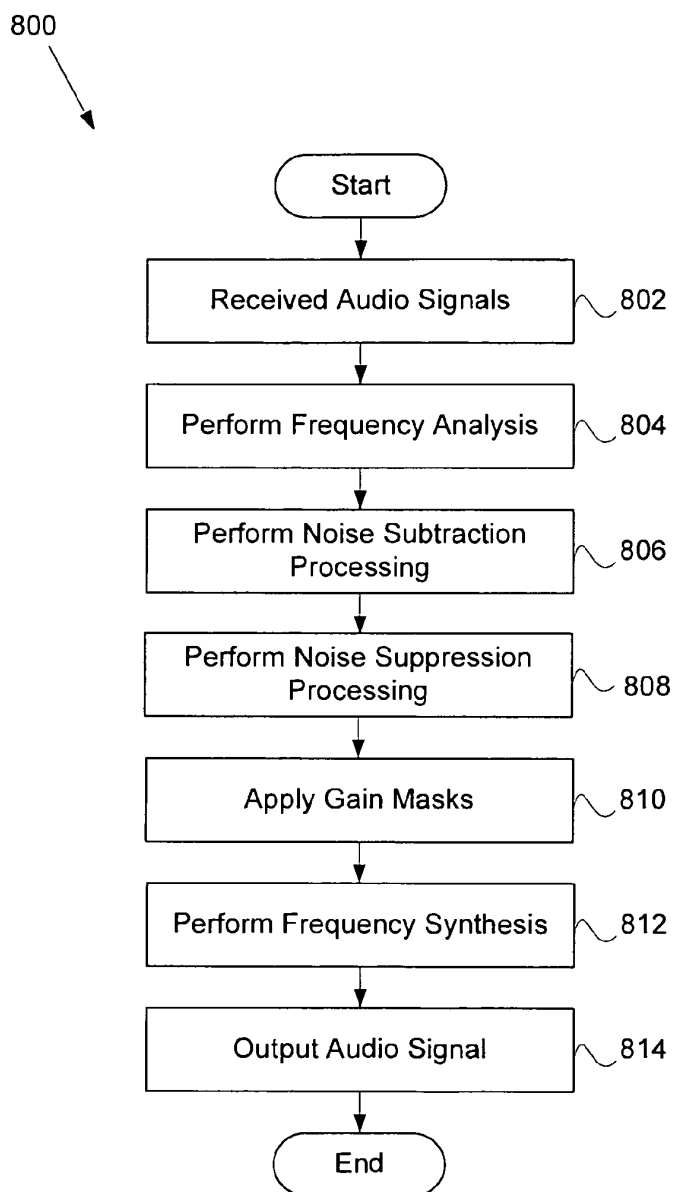


FIG. 8

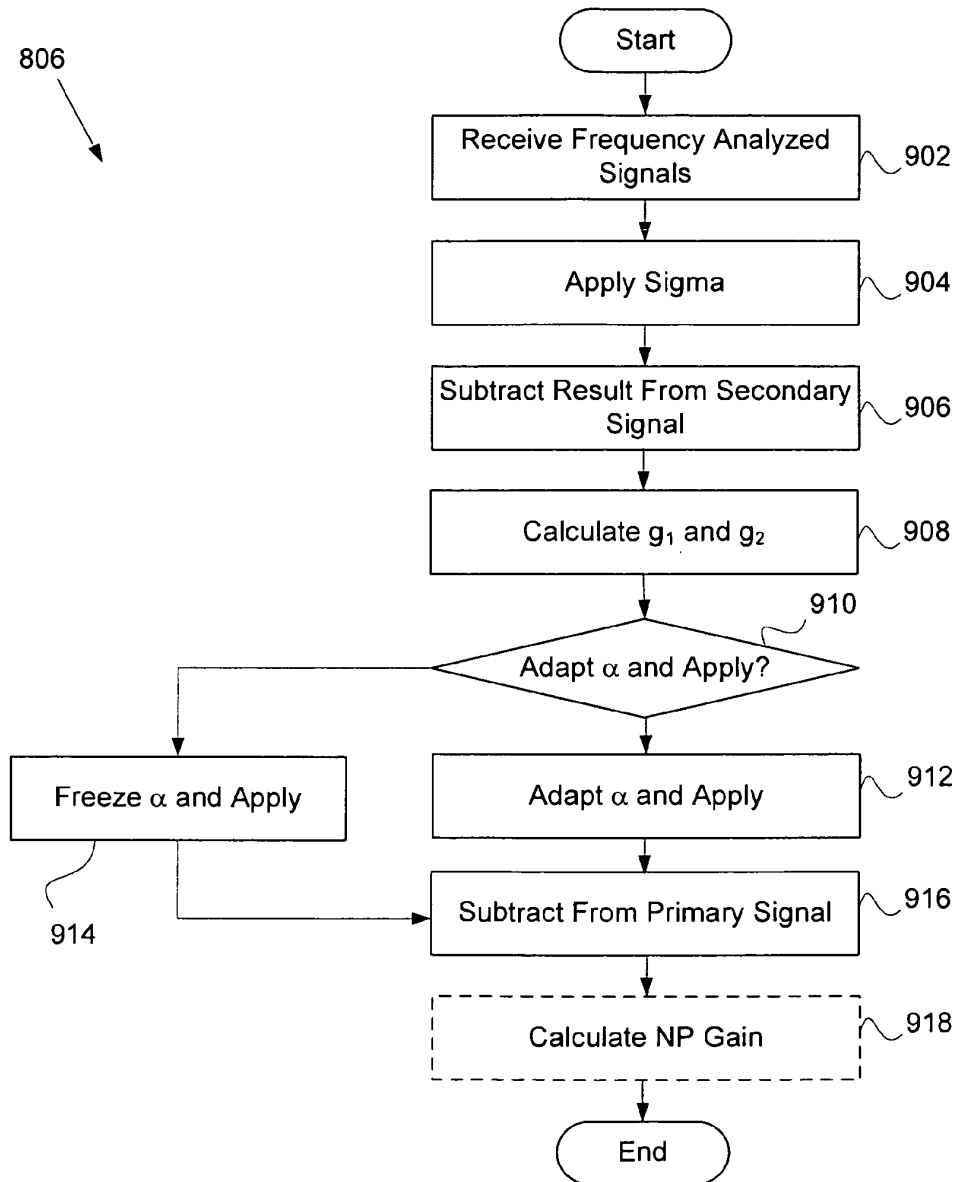


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 09/03813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - A61F 11/06 (2009.01)

USPC - 381/71.11

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

USPC: 381/71.11

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
USPC: 381/71.1; 381/150 (keyword limited - see search terms below)

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PubWEST (PGPB, USPT, USOC, EPAB, JPAB); GOOGLE

Terms: noise, suppress, acoustic, signal, subtract, reference, predict, ratio, gain, mask, filter, coefficient, primary, secondary, microphone, mobile.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/0019548 A1 (Avendano) 24 January 2008 (24.01.2008), entire document, especially abstract, para [0023], [0029], [0031], [0045], [0053], [0061], [0062].	1-21
Y	US 2003/0101048 A1 (Liu) 29 May 2003 (29.05.2003), entire document, especially abstract, para [0006], [0015], [0036], [0037], [0038], [0039].	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone.

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2009 (10.08.2009)

Date of mailing of the international search report

27 AUG 2009

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
6 December 2007 (06.12.2007)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2007/140003 A2(51) International Patent Classification:
G10L 19/00 (2006.01)(21) International Application Number:
PCT/US2007/012628

(22) International Filing Date: 24 May 2007 (24.05.2007)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

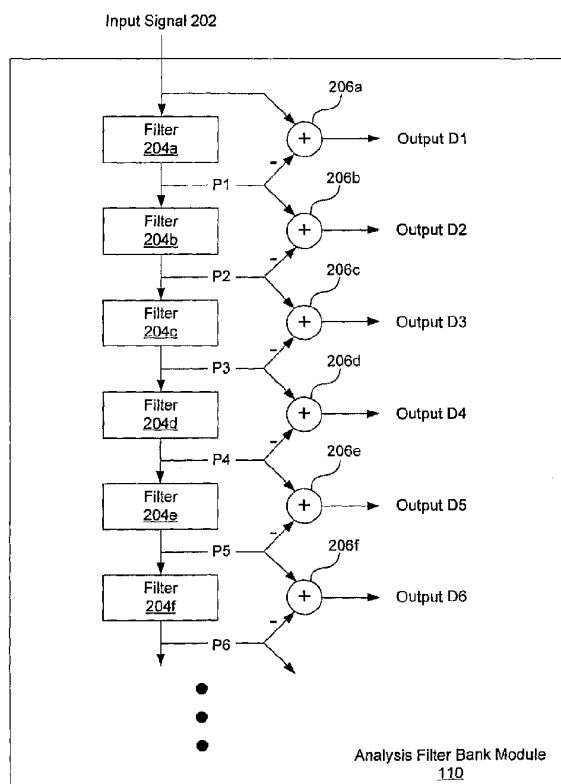
(30) Priority Data:
11/441,675 25 May 2006 (25.05.2006) US(71) Applicant (for all designated States except US): AUDI-
ENCE, INC. [US/US]; 1330 Villa Street, Mountain View,
California 94041 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): SOLBACH, Ludger
[DE/US]; c/o Audience, Inc., 1330 Villa Street, Mountain
View, California 94041 (US). WATTS, Lloyd [CA/US];
c/o Audience, Inc., 1330 Villa Street, Mountain View, Cal-
ifornia 94041 (US).(74) Agents: YEE, Susan et al.; Carr & Ferrell LLP, 2200 Geng
Road, Palo Alto, California 94303 (US).(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AI., AM,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL., IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL., PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR PROCESSING AN AUDIO SIGNAL

(57) Abstract: Systems and methods for audio signal
processing are provided. In exemplary embodiments,
a filter cascade of complex-valued filters are used to
decompose an input audio signal into a plurality of
frequency components or sub-band signals. These
sub-band signals may be processed for phase alignment,
amplitude compensation, and time delay prior to
summation of real portions of the sub-band signals to
generate a reconstructed audio signal.

WO 2007/140003 A2

WO 2007/140003 A2**Published:**

— without international search report and to be republished
upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

SYSTEM AND METHOD FOR PROCESSING
AN AUDIO SIGNAL

By: Ludger Solbach and Lloyd Watts

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

[0001] Embodiments of the present invention are related to audio processing, and more particularly to the analysis of audio signals.

Related Art

[0002] There are numerous solutions for splitting an audio signal into sub-bands and deriving frequency-dependent amplitude and phase characteristics varying over time. Examples include windowed fast Fourier transform / inverse fast Fourier transform (FFT/IFFT) systems as well as parallel banks of finite impulse response (FIR) and infinite impulse response (IIR) filter banks. These conventional solutions, however, all suffer from deficiencies.

[0003] Disadvantageously, windowed FFT systems only provide a single, fixed bandwidth for each frequency band. Typically, a bandwidth which is applied from low frequency to high frequency is chosen with a fine resolution at the bottom. For example, at 100Hz, a filter (bank) with a 50kHz bandwidth is desired. This means, however, that at 8kHz, a 50Hz bandwidth is used where a wider bandwidth such as 400Hz may be more appropriate. Therefore, flexibility to match human perception cannot be provided by these systems.

[0004] Another disadvantage of windowed FFT systems is that inadequate fine frequency resolution of sparsely sampled windowed FFT systems at high frequencies can result in objectionable artifacts (e.g., "musical noise") if modifications are applied, (e.g., for noise suppression). The number

of artifacts can be reduced to some extent by dramatically reducing the number of samples of overlap between the windowed frames size “FFT hop size” (i.e., increasing oversampling). Unfortunately, computational costs of FFT systems increase as oversampling increases. Similarly, the FIR subclass of filter banks are also computationally expensive due to the convolution of the sampled impulse responses in each sub-band which can result in high latency. For example, a system with a window of 256 samples will require 256 multiplies and a latency of 128 samples, if the window is symmetric.

[0005] The IIR subclass is computationally less expensive due to its recursive nature, but implementations employing only real-valued filter coefficients present difficulties in achieving near-perfect reconstruction, especially if the sub-band signals are modified. Further, phase and amplitude compensation as well as time-alignment for each sub-band is required in order to produce a flat frequency response at the output. The phase compensation is difficult to perform with real-valued signals, since they are missing the quadrature component for straight-forward computation of amplitude and phase with fine time-resolution. The most common way to determine amplitude and frequency is to apply a Hilbert transform on each stage output. But an extra computation step is required for calculating the Hilbert transform in real-valued filter banks, and is computationally expensive.

[0006] Therefore, there is a need for systems and methods for analyzing and reconstructing an audio signal that is computationally less expensive than existing systems, while providing low end-to-end latency, and the necessary degrees of freedom for time-frequency resolution.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0007] Embodiments of the present invention provide systems and methods for audio signal processing. In exemplary embodiments, a filter cascade of complex-valued filters is used to decompose an input audio signal into a plurality of sub-band signals. In one embodiment, an input signal is filtered with a complex-valued filter of the filter cascade to produce a first filtered signal. The first filtered signal is subtracted from the input signal to derive a first sub-band signal. Next, the first filtered signal is processed by a next complex-valued filter of the filter cascade to produce a next filtered signal. The processes repeat until the last complex-valued filters in the cascade has been utilized. In some embodiments, the complex-valued filters are single pole, complex-valued filters.

[0008] Once the input signal is decomposed, the sub-band signals may be processed by a reconstruction module. The reconstruction module is configured to perform a phase alignment on one or more of the sub-band signals. The reconstruction module may also be configured to perform amplitude compensation on one or more of the sub-band signals. Further, a time delay may be performed on one or more of the sub-band signals by the reconstruction module. Real portions of the compensated and/or time delayed sub-band signals are summed to generate a reconstructed audio signal.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0009] FIG. 1 is an exemplary block diagram of a system employing embodiments of the present invention;

[0010] FIG. 2 is an exemplary block diagram of the analysis filter bank module in an exemplary embodiment of the present invention;

[0011] FIG. 3 illustrates a filter of the analysis filter bank module, according to one embodiment;

[0012] FIG. 4 illustrates for every six (6) sub-bands a log display of magnitude and phase of the sub-band transfer function;

[0013] FIG. 5 illustrates for every six (6) stages a log display of magnitude and phase of the accumulated filter transfer functions;

[0014] FIG. 6 illustrates the operation of the exemplary reconstruction module;

[0015] FIG. 7 illustrates a graphical representation of an exemplary reconstruction of the audio signal; and

[0016] FIG. 8 is a flowchart of an exemplary method for reconstructing an audio signal.

DETAILED DESCRIPTION OF EXEMPLARY EMBODIMENTS

[0017] Embodiments of the present invention provide systems and methods for near perfect reconstruction of an audio signal. The exemplary system utilizes a recursive filter bank to generate quadrature outputs. In exemplary embodiments, the filter bank comprises a plurality of complex-valued filters. In further embodiments, the filter bank comprises a plurality of single pole, complex-valued filters.

[0018] Referring to FIG. 1, an exemplary system 100 in which embodiments of the present invention may be practiced is shown. The system 100 may be any device, such as, but not limited to, a cellular phone, hearing aid, speakerphone, telephone, computer, or any other device capable of processing audio signals. The system 100 may also represent an audio path of any of these devices.

[0019] The system 100 comprises an audio processing engine 102, an audio source 104, a conditioning module 106, and an audio sink 108. Further components not related to reconstruction of the audio signal may be provided in the system 100. Additionally, while the system 100 describes a logical progression of data from each component of FIG. 1 to the next, alternative embodiments may comprise the various components of the system 100 coupled via one or more buses or other elements.

[0020] The exemplary audio processing engine 102 processes the input (audio) signals inputted via the audio source 104. In one embodiment, the audio processing engine 102 comprises software stored on a device which is operated upon by a general processor. The audio processing engine 102, in various embodiments, comprises an analysis filter bank module 110, a modification module 112, and a reconstruction module 114. It should be noted that more, less, or functionally equivalent modules may be provided in the audio processing engine 102. For example, one or more the modules 110-

114 may be combined into few modules and still provide the same functionality.

[0021] The audio source 104 comprises any device which receives input (audio) signals. In some embodiments, the audio source 104 is configured to receive analog audio signals. In one example, the audio source 104 is a microphone coupled to an analog-to-digital (A/D) converter. The microphone is configured to receive analog audio signals while the A/D converter samples the analog audio signals to convert the analog audio signals into digital audio signals suitable for further processing. In other examples, the audio source 104 is configured to receive analog audio signals while the conditioning module 106 comprises the A/D converter. In alternative embodiments, the audio source 104 is configured to receive digital audio signals. For example, the audio source 104 is a disk device capable of reading audio signal data stored on a hard disk or other forms of media. Further embodiments may utilize other forms of audio signal sensing/capturing devices.

[0022] The conditioning module 106 pre-processes the input signal (i.e., any processing that does not require decomposition of the input signal). In one embodiment, the conditioning module 106 comprises an auto-gain control. The conditioning module 106 may also perform error correction and noise filtering. The conditioning module 106 may comprise other components and functions for pre-processing the audio signal.

[0023] The analysis filter bank module 110 decomposes the received input signal into a plurality of sub-band signals. In some embodiments, the outputs from the analysis filter bank module 110 can be used directly (e.g., for a visual display). The analysis filter bank module 110 will be discussed in more detail in connection with FIG. 2. In exemplary embodiments, each sub-band signal represents a frequency component.

[0024] The exemplary modification module 112 receives each of the sub-band signals over respective analysis paths from the analysis filter bank

module 110. The modification module 112 can modify/adjust the sub-band signals based on the respective analysis paths. In one example, the modification module 112 filters noise from sub-band signals received over specific analysis paths. In another example, a sub-band signal received from specific analysis paths may be attenuated, suppressed, or passed through a further filter to eliminate objectionable portions of the sub-band signal.

[0025] The reconstruction module 114 reconstructs the modified sub-band signals into a reconstructed audio signal for output. In exemplary embodiments, the reconstruction module 114 performs phase alignment on the complex sub-band signals, performs amplitude compensation, cancels the complex portion, and delays remaining real portions of the sub-band signals during reconstruction in order to improve resolution of the reconstructed audio signal. The reconstruction module 114 will be discussed in more details in connection with FIG. 6.

[0026] The audio sink 108 comprises any device for outputting the reconstructed audio signal. In some embodiments, the audio sink 108 outputs an analog reconstructed audio signal. For example, the audio sink 108 may comprise a digital-to-analog (D/A) converter and a speaker. In this example, the D/A converter is configured to receive and convert the reconstructed audio signal from the audio processing engine 102 into the analog reconstructed audio signal. The speaker can then receive and output the analog reconstructed audio signal. The audio sink 108 can comprise any analog output device including, but not limited to, headphones, ear buds, or a hearing aid. Alternately, the audio sink 108 comprises the D/A converter and an audio output port configured to be coupled to external audio devices (e.g., speakers, headphones, ear buds, hearing aid.)

[0027] In alternative embodiments, the audio sink 108 outputs a digital reconstructed audio signal. In another example, the audio sink 108 is a disk device, wherein the reconstructed audio signal may be stored onto a hard disk

or other medium. In alternate embodiments, the audio sink 108 is optional and the audio processing engine 102 produces the reconstructed audio signal for further processing (not depicted in FIG. 1).

[0028] Referring now to FIG. 2, the exemplary analysis filter bank module 110 is shown in more detail. In exemplary embodiments, the analysis filter bank module 110 receives an input signal 202, and processes the input signal 202 through a series of filters 204 to produce a plurality of sub-band signals or components (e.g., P1-P6). Any number of filters 204 may comprise the analysis filter bank module 110. In exemplary embodiments, the filters 204 are complex valued filters. In further embodiments, the filters 204 are first order filters (e.g., single pole, complex valued). The filters 204 are further discussed in FIG. 3.

[0029] In exemplary embodiments, the filters 204 are organized into a filter cascade whereby an output of one filter 204 becomes an input in a next filter 204 in the cascade. Thus, the input signal 202 is fed to a first filter 204a. An output signal, P1, of the first filter 204a is subtracted from the input signal 202 by a first computation node 206a to produce an output D1. The output D1 represents the difference signal between the signal going into the first filter 204a and the signal after the first filter 204a.

[0030] In alternative embodiments, benefits of the filter cascade may be realized without the use of the computation node 206 to determine sub-band signals. That is, the output of each filter 204 may be used directly to represent energy of the signal at the output or be displayed, for example.

[0031] Because of the cascade structure of the analysis filter bank module 110, the output signal, P1, is now an input signal into a next filter 204b in the cascade. Similar to the process associated with the first filter 204a, an output of the next filter 204b (i.e., P2) is subtracted from the input signal P1 by a next computation node 206b to obtain a next frequency band or channel (i.e., output D2). This next frequency channel emphasizes frequencies

between cutoff frequencies of the present filter 204b and the previous filter 204a. This process continues through the remainder of the filters 204 of the cascade.

[0032] In one embodiment, sets of filters in the cascade are separated into octaves. Filter parameters and coefficients may then be shared among corresponding filters (in a similar position) in different octaves. This process is described in detail in U.S. Patent Application Serial No. 09/534,682.

[0033] In some embodiments, the filters 204 are single pole, complex-valued filters. For example, the filters 204 may comprise first order digital or analog filters that operate with complex values. Collectively, the outputs of the filters 204 represent the sub-band components of the audio signal. Because of the computation node 206, each output represents a sub-band, and a sum of all outputs represents the entire input signal 202. Since the cascading filters 204 are first order, the computational expense may be much less than if the cascading filters 204 were second order or more. Further, each sub-band extracted from the audio signal can be easily modified by altering the first order filters 204. In other embodiments, the filters 204 are complex-valued filters and not necessarily single pole.

[0034] In further embodiments, the modification module 112 (FIG. 1) can process the outputs of the computation node 206 as necessary. For example, the modification module 112 may half wave rectify the filtered sub-bands. Further, the gain of the outputs can be adjusted to compress or expand a dynamic range. In some embodiments, the output of any filter 204 may be downsampled before being processed by another chain/cascade of filters 204.

[0035] In exemplary embodiments, the filters 204 are infinite impulse response (IIR) filters with cutoff frequencies designed to produce a desired channel resolution. The filters 204 may perform successive Hilbert

transformations with a variety of coefficients upon the complex audio signal in order to suppress or output signals within specific sub-bands.

[0036] FIG. 3 is a block diagram illustrating this signal flow in one exemplary embodiment of the present invention. The output of the filter 204, $y_{\text{real}}[n]$ and $y_{\text{imag}}[n]$ is passed as an input $x_{\text{real}}[n+1]$ and $x_{\text{imag}}[n+1]$, respectively, of a next filter 204 in the cascade. The term “n” identifies the sub-band to be extracted from the audio signal, where “n” is assumed to be an integer. Since the IIR filter 204 is recursive, the output of the filter can change based on previous outputs. The imaginary components of the input signal (e.g., $x_{\text{imag}}[n]$) can be summed after, before, or during the summation of the real components of the signal. In one embodiment, the filter 204 can be described by the complex first order difference equation

$$y(k) = g * (x(k) + b * x(k-1)) + a * y(k-1) \text{ where } b = r_z * \exp(i * \theta_p) \text{ and } a = -r_p * \exp(i * \theta_p) \text{ and “y” is a sample index.}$$

[0037] In the present embodiment, “g” is a gain factor. It should be noted that the gain factor can be applied anywhere that does not affect the pole and zero locations. In alternative embodiments, the gain may be applied by the modification module 112 (FIG. 1) after the audio signals have been decomposed into sub-band signals.

[0038] Referring now to FIG. 4, an example log display of magnitude and phase for every six (6) sub-bands of an audio signal is shown. The magnitude and phase information is based on outputs from the analysis filter bank module 110 (FIG. 1). That is, the amplitudes shown in FIG. 4 are the outputs (i.e., output D1-D6) from the computation node 206 (FIG. 2). In the present example, the analysis filter bank module 110 is operating at a 16kHz sampling rate with 235 sub-bands for a frequency range from 80Hz to 8kHz. End-to-end latency of this analysis filter bank module 110 is 17.3 ms.

[0039] In some embodiments, it is desirable to have a wide frequency response at high frequencies and a narrow frequency response at low frequencies. Because embodiments of the present invention are adaptable to many audio sources 104 (FIG. 1), different bandwidths at different frequencies may be used. Thus, fast responses with wide bandwidths at high frequencies and slow response with a narrow, short bandwidth at low frequencies may be obtained. This results in responses that are much more adapted to the human ear with relatively low latency (e.g., 12 ms).

[0040] Referring now to FIG. 5, an example of magnitude and phase per stage of an analytic cochlea design is shown. The amplitude shown in FIG. 5 is the outputs of filters 204 of FIG. 2 (e.g., P1-P6).

[0041] FIG. 6 illustrates operation of the reconstruction module 114 according to one embodiment of the present invention. In exemplary embodiments, the phase of each sub-band signal is aligned, amplitude compensation is performed, the complex portion of each sub-band signal is removed, and then time is aligned by delaying each sub-band signal as necessary to achieve a flat reconstruction spectrum and reduce impulse response dispersion.

[0042] Because the filters use complex signals (e.g., real and imaginary parts), phase may be derived for any sample. Additionally, amplitude may also be calculated by $A = \sqrt{(y_{real}[n])^2 + (y_{imag}[n])^2}$. Thus, the reconstruction of the audio signal is mathematically made easier. As a result of this approach, the amplitude and phase for any sample is readily available for further processing (i.e., to the modification module 112 (FIG. 1)).

[0043] Since the impulse responses of the sub-band signals may have varying group delays, merely summing up the outputs of the analysis filter bank module 110 (FIG. 1) may not provide an accurate reconstruction of the audio signal. Consequently, the output of a sub-band can be delayed by the

sub-band's impulse response peak time so that all sub-band filters have their impulse response envelope maximum at a same instance in time.

[0044] In an embodiment where the impulse response waveform maximum is later in time than the desired group delay, the filter output is multiplied with a complex constant such that the real part of the impulse response has a local maximum at the desired group delay.

[0045] As shown, sub-band signals 602 (e.g., S_0 , S_n , and S_m) are received by the reconstruction module 114 from the modification module 112 (FIG. 1). Coefficients 604 (e.g., a_0 , a_n , and a_m) are then applied to the sub-band signal. The coefficient comprises a fixed, complex factor (i.e., comprising a real and imaginary portion). Alternately, the coefficients 604 can be applied to the sub-band signal within the analysis filter bank module 110. The application of the coefficient to each sub-band signal aligns the phases of the sub-band signal and compensates each amplitude. In exemplary embodiments, the coefficients are predetermined. After the application of the coefficient, the imaginary portion is discarded by a real value module 606 (i.e., $\text{Re}\{\}$).

[0046] Each real portion of the sub-band signal is then delayed by a delay Z^{-1} 608. This delay allows for cross sub-band alignment. In one embodiment, the delay Z^{-1} 608 provides a one tap delay. After the delay, the respective sub-band signal is summed in a summation node 610, resulting in a value. The partially reconstructed signal is then carried into a next summation node 610 and applied to a next delayed sub-band signal. The process continues until all sub-band signals are summed resulting in a reconstructed audio signal. The reconstructed audio signal is then suitable for the audio sink 108 (FIG. 1). Although the delays Z^{-1} 608 are depicted after sub-band signals are summed, the order of operations of the reconstruction module 114 can be interchangeable.

[0047] FIG. 7 illustrates a reconstruction graph based on the example of FIG. 4 and FIG. 5. The reconstruction (i.e., reconstructed audio signal) is

obtained by combining the outputs of each filter 206 (FIG. 2) after phase alignment, amplitude compensation, and delay for cross sub-band alignment by the reconstruction module 114 (FIG. 1). As a result, the reconstruction graph is relatively flat.

[0048] Referring now to FIG. 8, a flowchart 800 of an exemplary method for audio signal processing is provided. In step 802, an audio signal is decomposed into sub-band signals. In exemplary embodiments, the audio signal is processed by the analysis filter bank module 110 (FIG. 1). The processing comprises filtering the audio signal through a cascade of filters 204 (FIG. 2), the output of each filter 204 resulting in a sub-band signal at the respective outputs 206. In one embodiment, the filters 204 are complex-valued filters. In a further embodiment, the filters 204 are single pole, complex-valued filters.

[0049] After sub-band decomposition, the sub-band signals are processed through the modification module 112 (FIG. 1) in step 804. In exemplary embodiments, the modification module 112 (FIG. 1) adjusts the gain of the outputs to compress or expand a dynamic range. In some embodiments, the modification module 112 may suppress objectionable sub-band signals.

[0050] A reconstruction module 114 (FIG. 1) then performs phase and amplitude compensation on each sub-band signal in step 806. In one embodiment, the phase and amplitude compensation occurs by applying a complex coefficient to the sub-band signal. The imaginary portion of the compensated sub-band signal is then discarded in step 808. In other embodiments, the imaginary portion of the compensated sub-band signal is retained.

[0051] Using the real portion of the compensated sub-band signal, the sub-band signal is delayed for cross-sub-band alignment in step 810. In one

embodiment, the delay is obtained by utilizing a delay line in the reconstruction module 114.

[0052] In step 812, the delayed sub-band signals are summed to obtain a reconstructed signal. In exemplary embodiments, each sub-band signal/segment represents a frequency.

[0053] Embodiments of the present invention have been described above with reference to exemplary embodiments. It will be apparent to those skilled in the art that various modifications may be made and other embodiments can be used without departing from the broader scope of the invention. Therefore, these and other variations upon the exemplary embodiments are intended to be covered by the present invention.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method for processing audio signals, comprising:
filtering an input signal with a complex-valued filter of a filter cascade to produce a first filtered signal;
subtracting the first filtered signal from the input signal to derive a first sub-band signal;
filtering the first filtered signal with a next complex-valued filter of the filter cascade to produce a next filtered signal; and
subtracting the next filtered signal from the first filtered signal to derive a next sub-band signal.
2. The method of claim 1 wherein the complex-valued filter and the next complex-valued filter are single pole, complex-valued filters.
3. The method of claim 1 further comprising performing phase alignment on one or more of the sub-band signals.
4. The method of claim 3 further comprising disposing of an imaginary portion of the one or more phase aligned sub-band signals.
5. The method of claim 1 further comprising performing amplitude compensation on one or more of the sub-band signals.
6. The method of claim 1 further comprising performing a time delay on one or more of the sub-band signals for cross-sub-band alignment.
7. The method of claim 6 further comprising summing the delayed one or more sub-band signals to generate a reconstructed audio signal.

8. The method of claim 1 further comprising pre-processing the input signal prior to filtering the input signal with the complex-valued filter of the filter cascade.
9. The method of claim 1 further comprising modifying one or more of the sub-band signals based on an analysis path from the filter cascade.
10. The method of claim 1 wherein the sub-band signals are frequency components of the input signal.
11. A system for processing an audio signal, comprising:
an audio processing engine comprising a filter cascade of complex-valued filters configured to derive a plurality of sub-band signals from an input signal, the set of complex-valued filters arranged in the filter cascade whereby an output of each complex-valued filter is passed to a next complex-valued filter in the filter cascade.
12. The system of claim 11 wherein the complex-valued filters are single pole, complex-valued filters.
13. The system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a reconstruction module configured to perform phase alignment on one or more of the sub-band signals.
14. The system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a reconstruction module configured to perform amplitude compensation on one or more of the sub-band signals.

15. The system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a reconstruction module configured to perform a time delay on one or more of the sub-band signals.

16. The system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a modification module configured to modify one or more of the sub-band signals based on an analysis path from the filter cascade.

17. The system of claim 11 further comprising a conditioning module configured to pre-process the input signal prior to filtering the input signal with the filter cascade.

18. A machine-readable medium having embodied thereon a program, the program being executable by a machine to perform a method for processing an audio signal, the method comprising:

filtering an input signal with a complex-valued filter of a filter cascade to produce a first filtered signal;

subtracting the first filtered signal from the input signal to derive a first sub-band signal;

filtering the first filtered signal with a next complex-valued filter of the filter cascade to produce a next filtered signal; and

subtracting the next filtered signal from the first filtered signal to derive a next sub-band signal.

19. The machine-readable medium of claim 18 wherein the complex-valued filter and the next complex-valued filter are single pole, complex-valued filters.

20. The machine-readable medium of claim 18 wherein the method further comprises performing phase alignment on one or more of the sub-band signals.

21. The machine-readable medium of claim 18 wherein the method further comprises performing amplitude compensation on one or more of the sub-band signals.

22. The machine-readable medium of claim 18 wherein the method further comprises performing a time delay on one or more the sub-band signals.

23. The machine-readable medium of claim 18 wherein the method further comprises pre-processing the input signal prior to filtering the input signal with the filter cascade.

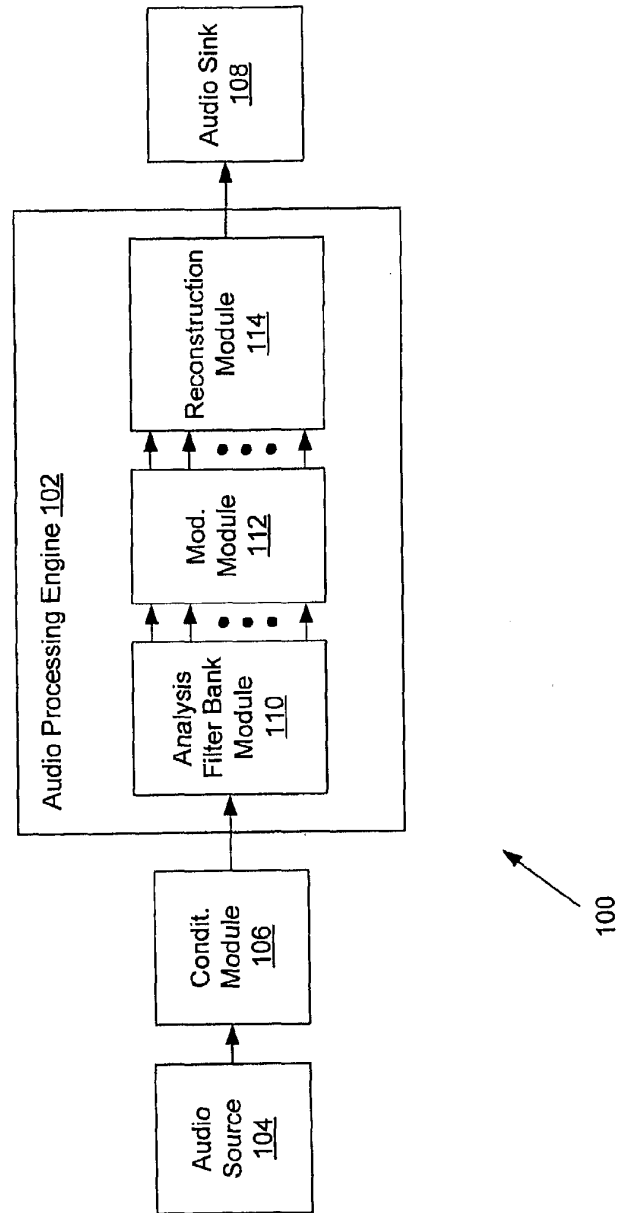


FIG. 1

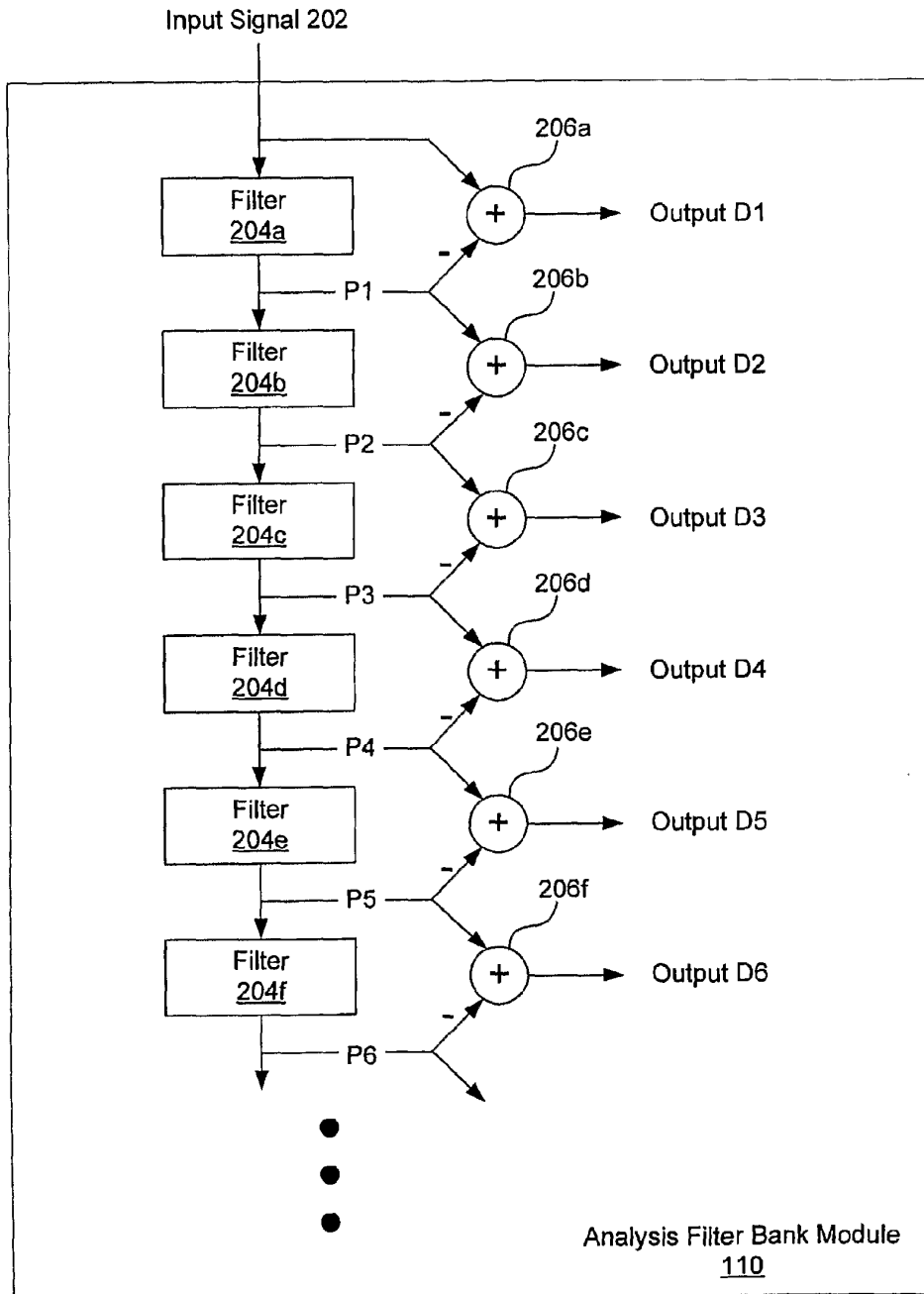


FIG. 2

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

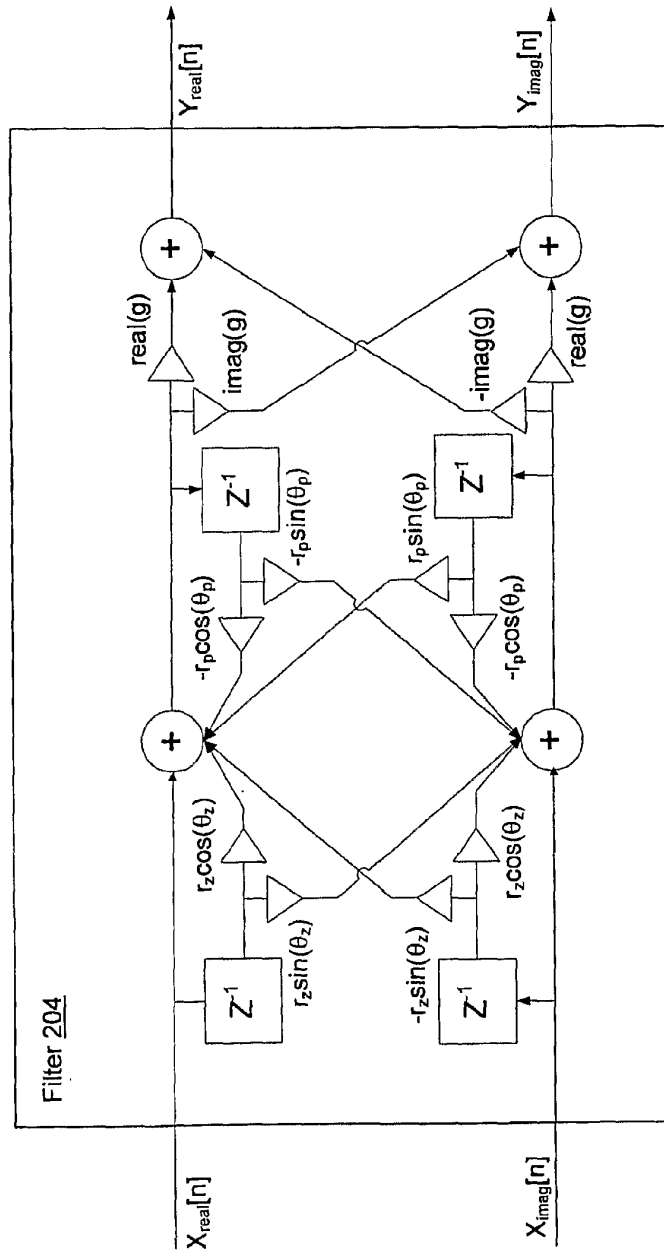


FIG. 3

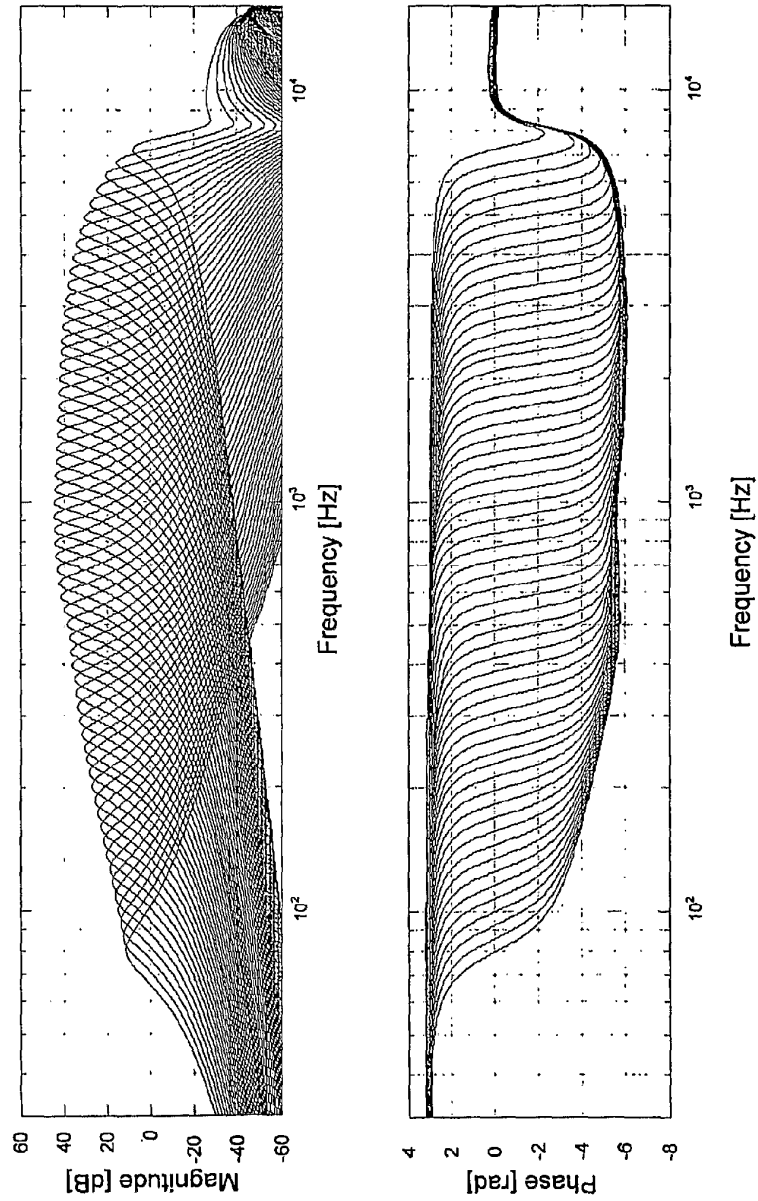


FIG. 4

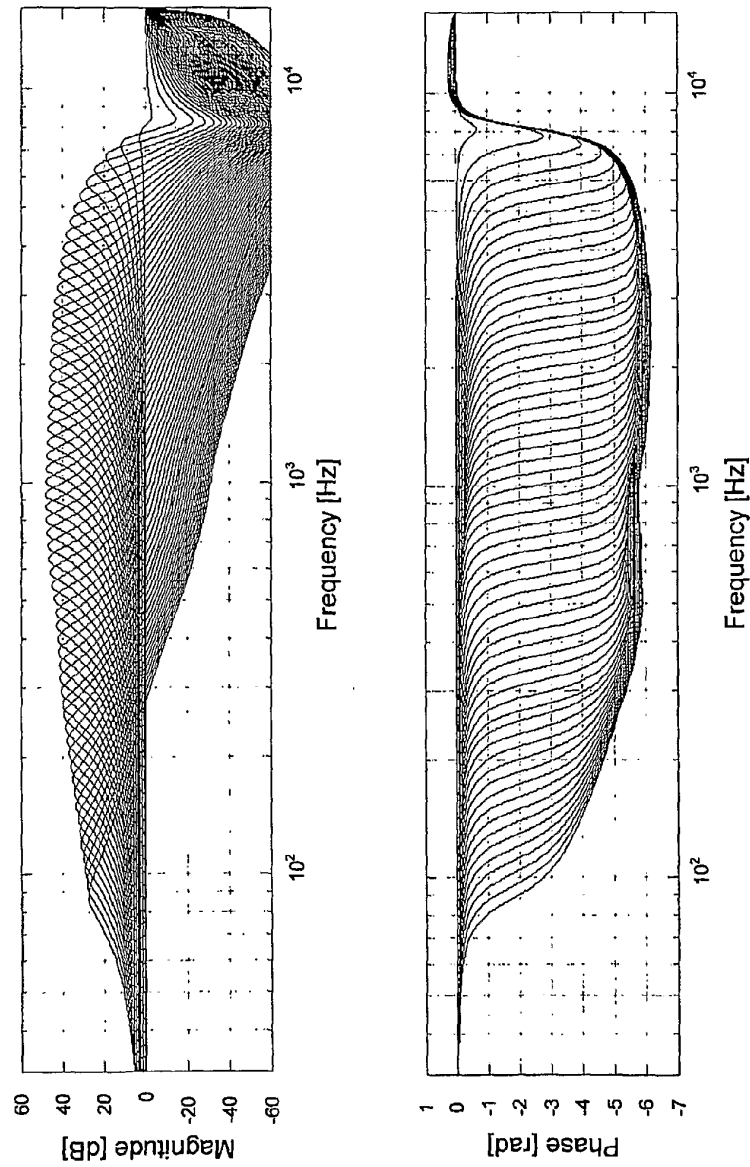


FIG. 5

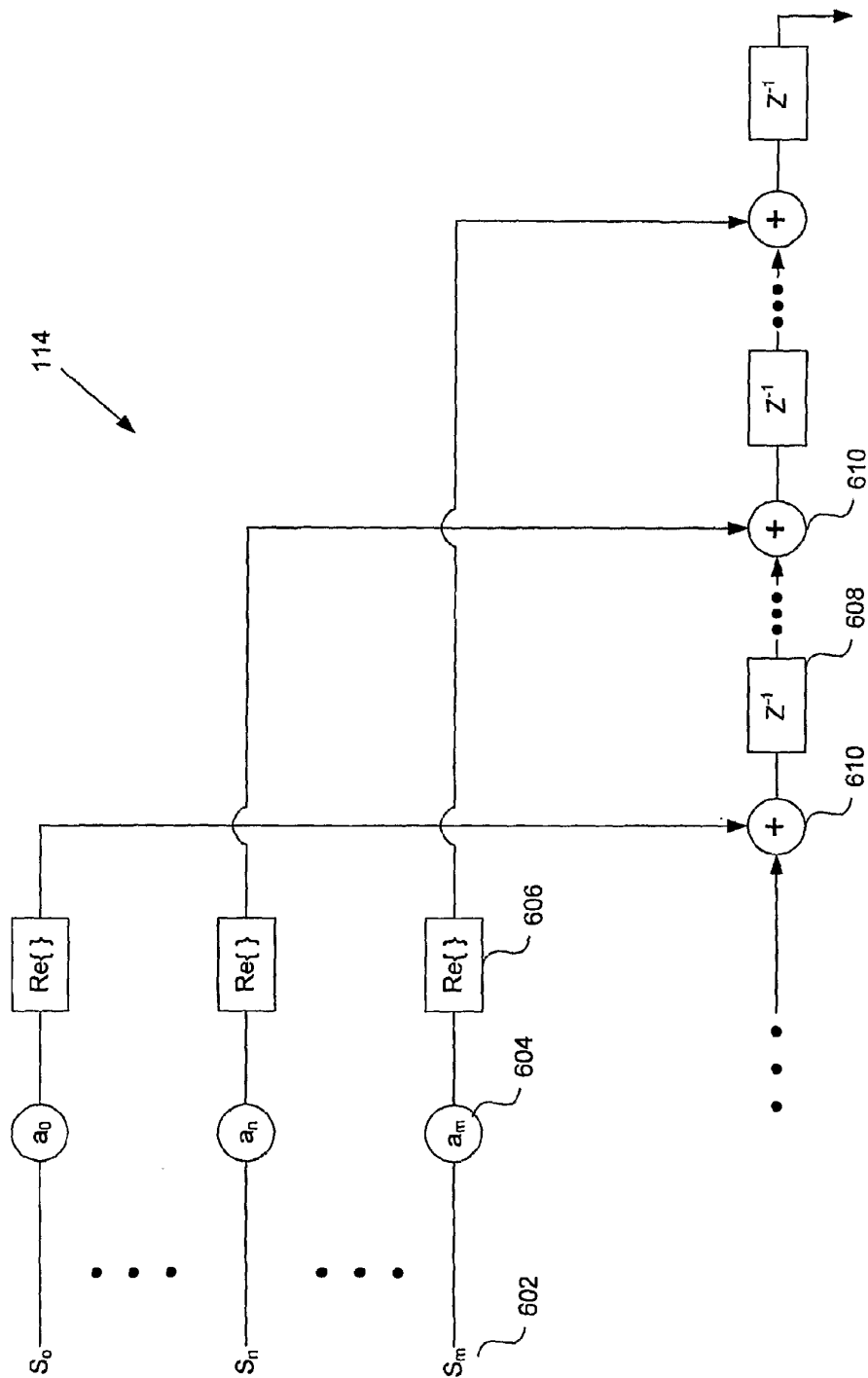


FIG. 6

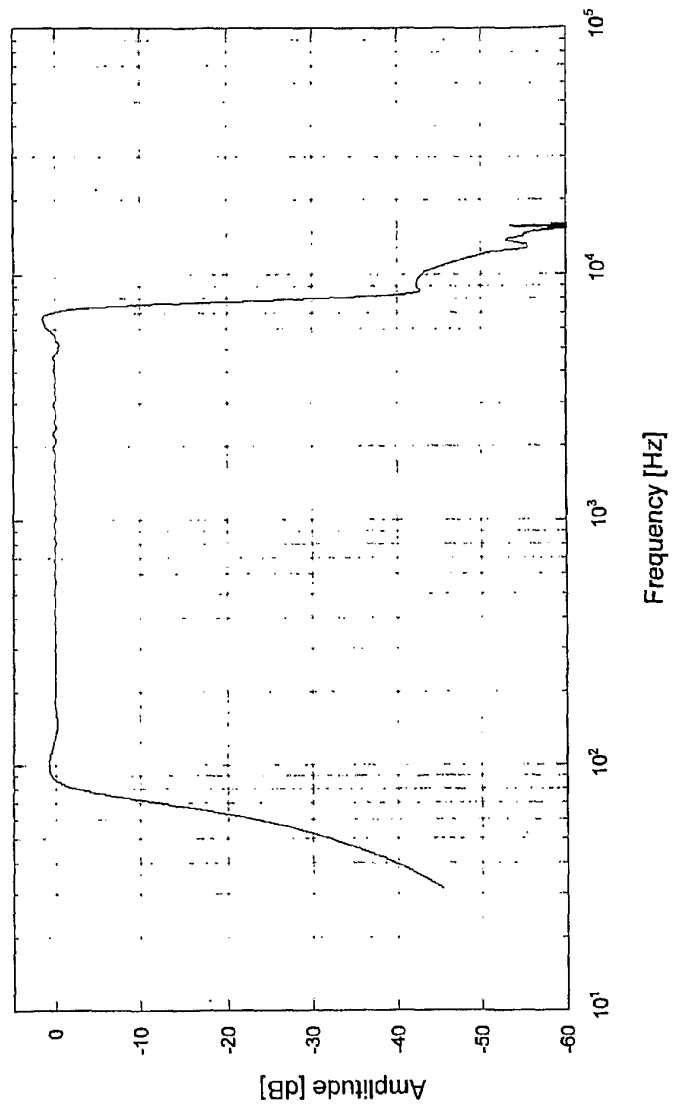


FIG. 7

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

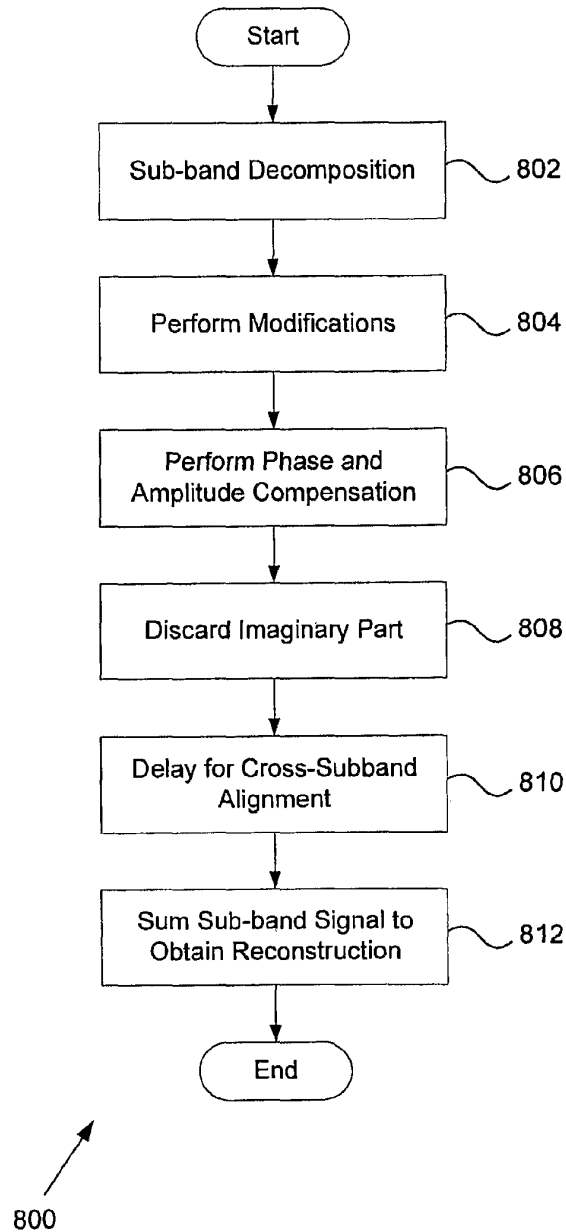


FIG. 8

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
22 May 2003 (22.05.2003)

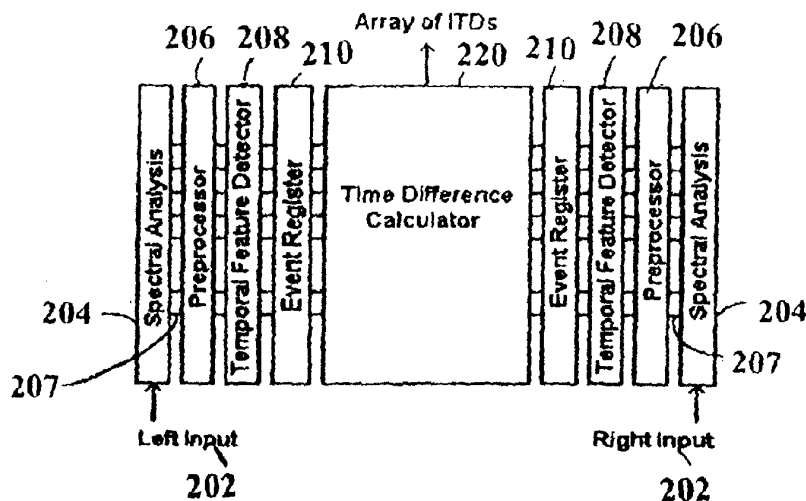
PCT

(10) International Publication Number
WO 03/043374 A1

- (51) International Patent Classification⁷: **H04R 5/00** (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) International Application Number: PCT/US02/36946
- (22) International Filing Date:
14 November 2002 (14.11.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
10/004,141 14 November 2001 (14.11.2001) US
- (71) Applicant: **AUDIENCE, INC.** [US/US]; 4906 El Camino Real, Suite 205, Los Altos, CA 94022 (US).
- (72) Inventor: **WATTS, Lloyd**; 500 Chiquita Avenue #14, Mountain View, CA 94041 (US).
- (74) Agent: **VAN PELT, Lee**; Van Pelt & Yi LLP, 10050 N. Foothill Blvd, Suite 200, Cupertino, CA 95014-5601 (US).
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**
— with international search report
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

[Continued on next page]

(54) Title: COMPUTATION OF MULTI-SENSOR TIME DELAYS



(57) Abstract: Determining a time delay between a first signal received at a first sensor and a second signal received at a second sensor is described. The first signal is analyzed (204) to derive a plurality of first signal channels at different frequencies and the second signal is analyzed (204) to derive a plurality of second signal channels at different frequencies. A first feature detected (208) occurs at a first time in one of the first signal channels. A second feature is detected (208) that occurs at a second time in one of the second signal channels. The first feature is matched with the second feature and the first time is compared to the second time (220) to determine the time delay.

WO 03/043374 A1

WO 03/043374 A1

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

COMPUTATION OF MULTI-SENSOR TIME DELAYS

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application is related to co-pending United States Patent Application No. 09/534,682 (Attorney Docket No. ANSCP001) by Lloyd Watts filed March 24, 2000
5 entitled: "EFFICIENT COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE
DIGITAL FILTER CASCADE" which is herein incorporated by reference for all
purposes.

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates generally to sound localization. Calculation of a
10 multisensor time delay is disclosed.

BACKGROUND OF THE INVENTION

For many audio signal processing applications, it is very useful to localize
sound. Sound may be localized by precisely measuring the time delay between sound
sensors that are separated in space and that both receive the sound. One of the
15 important cues used by humans for localizing the position of a sound source is the
Interaural Time Difference (ITD), that is, the difference in time of arrival of sounds at
the two ears, which are sound sensors separated in space. ITD is usually computed
using the algorithm proposed by Lloyd A. Jeffress in "A Place Theory of Sound
Localization," J. Comp. Physiol. Psychol., Vol. 41, pp. 35-39 (1948), which is herein
20 incorporated by reference.

Figure 1 is a diagram illustrating the Jeffress algorithm. Sound is input to a
right input 102 and a left input 104. A spectral analysis 106 is performed on the two
sound sources, and the outputs from the spectral analysis subsystems are input to
cross correlator 108 which includes an array of delay lines and multipliers that
25 produce a set of correlation outputs. This approach is conceptually simple, but

requires many computations to be performed in a practical application. For example, for sound sampled at 44.1 kHz, with a 600-tap spectral analysis, and a 200-tap cross-correlator size (number of delay stages), it would be necessary to perform 5.3 Billion multiplications/second.

- 5 In order for sound localization to be practically included in audio signal processing systems that would benefit from it, it is necessary for a more computationally feasible technique to be developed.

SUMMARY OF THE INVENTION

- 10 An efficient method for computing the delays between signals received from multiple sensors is described. This provides a basis for determining the positions of multiple signal sources. The disclosed computation is used in sound localization and auditory stream separation systems for audio systems such as telephones, speakerphones, teleconferencing systems, and robots or other devices that require directional hearing.

- 15 It should be appreciated that the present invention can be implemented in numerous ways, including as a process, an apparatus, a system, a device, a method, or a computer readable medium such as a computer readable storage medium or a computer network wherein program instructions are sent over optical or electronic communication links. Several inventive embodiments of the present invention are
20 described below.

- In one embodiment, determining a time delay between a first signal received at a first sensor and a second signal received at a second sensor includes analyzing the first signal to derive a plurality of first signal channels at different frequencies and analyzing the second signal to derive a plurality of second signal channels at different
25 frequencies. A first feature detected that occurs at a first time in one of the first signal channels. A second feature is detected that occurs at a second time in one of the second signal channels. The first feature is matched with the second feature and the first time is compared to the second time to determine the time delay.

These and other features and advantages of the present invention will be presented in more detail in the following detailed description and the accompanying figures which illustrate by way of example the principles of the invention.

5

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention will be readily understood by the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings, wherein like reference numerals designate like structural elements, and in which:

Figure 1 is a diagram illustrating the Jeffress algorithm.

10

Figure 2 is a diagram illustrating a system for calculating a time delay between two sound sensors that receive a signal.

Figure 3 is a diagram illustrating a sampled signal 300 corresponding to one of the output channels of the spectrum analyzer that is input to the temporal feature detector.

15

Figure 4A is a graph depicting the output of one frequency channel for each of two sensors.

Figure 4B is a diagram illustrating a sampled signal that contains a plurality of local peaks.

20

Figure 5 is a flow chart illustrating how a peak event is detected and reported to the event register in one embodiment.

Figure 6 is a diagram illustrating a sample output of the system. The time delay for events measured in each channel is plotted against the frequency of each channel.

Figure 7 is a block diagram illustrating a configuration used in one embodiment where three sensors are used with three time difference calculations being determined.

5

DETAILED DESCRIPTION

A detailed description of a preferred embodiment of the invention is provided below. While the invention is described in conjunction with that preferred embodiment, it should be understood that the invention is not limited to any one embodiment. On the contrary, the scope of the invention is limited only by the
10 appended claims and the invention encompasses numerous alternatives, modifications and equivalents. For the purpose of example, numerous specific details are set forth in the following description in order to provide a thorough understanding of the present invention. The present invention may be practiced according to the claims without some or all of these specific details. For the purpose of clarity, technical
15 material that is known in the technical fields related to the invention has not been described in detail so that the present invention is not unnecessarily obscured.

Figure 2 is a diagram illustrating a system for calculating a time delay between two sound sensors that receive a signal. A signal source produces a signal that is received by sensors 202. The signal from each sensor is input to a spectrum analyzer
20 204. Each spectrum analyzer processes the signal from its inputs and outputs the processed signal which includes a number of separated frequency channels to temporal feature detector. The spectrum analyzer may be implemented in a number of different ways, including Fourier Transform, Fast Fourier Transform, Gammatone filter banks, wavelets, or cochlear models. A particularly useful implementation is
25 the cochlear model described in United States Patent Application No. 09/534,682 (Attorney Docket No. ANSCP001) by Lloyd Watts filed March 24, 2000 entitled: "EFFICIENT COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE DIGITAL FILTER CASCADE" which is herein incorporated by reference for all purposes. In one embodiment, a preprocessor 206 is used between the spectrum analyzer and a

temporal feature detector 208. This preprocessor is configured to perform onset emphasis to eliminate or reduce the effect of environmental reverberations. In one embodiment, onset emphasis is achieved by passing the spectrum analyzer channel output through a high-pass filter. In another embodiment, onset emphasis is achieved
5 by providing a delayed inhibition, such that echoes arriving after a certain amount of time are suppressed.

The signal output from the spectrum analyzer is provided on a plurality of taps corresponding to different frequency bands (channels), as shown by the separate lines 207. In one embodiment, a digital filter cascade is used for each spectrum analyzer.
10 Each filter cascade has n filters (not shown) that each respond to different frequencies. Each filter has an output connected to an input of the temporal feature detector or to an input of the preprocessor which in turn processes the signal and passes it to the temporal feature detector. Each filter output corresponds to a different channel output.

15 The temporal feature detector detects features in the signal and passes them to an event register 210. As the event register receives each event, the event register associates a timestamp with the event, and passes it to time difference calculator 220. When the time difference calculator receives an event from one input, it matches it to an event from the other input, and computes the time difference. This time difference
20 may then be used to determine the position of the signal source, such as in azimuthal position determination systems and sonar (obviating the need for a sonar sweep).

The temporal feature detector greatly reduces the processing required compared to a system that correlates the signals in each of the frequency channels. Feature extraction, time stamping, and time comparison can be far less
25 computationally intensive than correlation which requires a large number of multiplications.

Figure 3 is a diagram illustrating a sampled signal 300 corresponding to one of the output channels of the spectrum analyzer that is input to the temporal feature detector. The temporal feature detector is configured to detect features in the sampled
30 waveform at a corresponding output tap from the spectrum analyzer. Some of the features of signal 300 that may be detected by the feature detector are signal peaks

(local maximums) 302, 304, and 306. In other embodiments, other features such as zero crossings or local minimums are detected.

In detecting a feature, it is desirable to obtain the exact time that a feature occurs, and to accurately obtain a parameter that characterizes or distinguishes the feature. In one embodiment, signal peaks are used as a feature that is detected. The amplitude of each peak may also be measured and used to characterize each peak and to distinguish it from other peaks. A number of known techniques can be used to detect peaks. In one embodiment, peaks are detected by applying the following criteria:

$$x_{n-1} > x_n \text{ and } x_{n-1} > x_{n-2}$$

Figure 4A is a graph depicting the output of one frequency channel for each of two sensors. The channel output shown for Sensor 2 includes three peaks, 402, 404, and 406, each having a different height. Likewise, the channel output for Sensor 1 includes three peaks, 412, 414, and 416 that correspond to the peaks detected by Sensor 2 with a different time delay caused by the physical separation between the two sensors. In one embodiment, each peak is detected using an appropriate method and the time and amplitude of each detected peak event is reported to the event register. Other types of events may be detected and reported as well.

Figure 5 is a flow chart illustrating how a peak event is detected and reported to the event register in one embodiment. The process starts at 600. In step 610, the system receives a sampled point from the channel and assigns a timestamp to it. In step 620, the system determines whether the amplitude of sampled point x_n is less than the amplitude of the preceding sampled point x_{n-1} . In the event that it is, then control is transferred to step 630 and the system determines whether the amplitude of the preceding sampled point x_{n-1} is less than the amplitude of the sampled point x_{n-2} preceding it. In the event that it is, control is transferred to step 640 and x_{n-1} is reported as a peak, along with its timestamp and, optionally, its amplitude.

The peak-finding method described above is appropriate when it is only necessary to obtain nearest-sample accuracy in the timing or the amplitude of the waveform peak. In some situations, however, such as when the spectral analysis step

is performed by a progressively downsampled cochlea model as described in "EFFICIENT COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE DIGITAL FILTER CASCADE" by Watts, which was previously incorporated by reference, it may be useful to use a more accurate peak finding method based on quadratic curve fitting.

- 5 This is done by using the method described above to identify three adjacent samples containing a local maximum, and then fitting a quadratic curve to the three points to determine the temporal position (to subsample accuracy) and the amplitude of the peak.

- 10 In some embodiments, the temporal feature detector is configured to detect valleys. A number of techniques are used to detect valleys. In one embodiment, the following criteria is applied:

$$x_{n-1} < x_n \text{ and } x_{n-1} < x_{n-2}$$

- 15 The valley event x_{n-1} is reported to the event register just as a peak event is reported. As with a peak event, the amplitude of the valley event may be measured and recorded for the purpose of characterizing the valley event.

The temporal feature detector may also be configured to detect zero crossings. In one embodiment, the temporal feature detector detects positive going zero crossings by looking for the following condition:

$$x_n > 0 \text{ and } x_{n-1} \leq 0$$

- 20 The system receives a sampled point x_n and assigns a timestamp to it. If the amplitude of the sampled point x_n is greater than zero, the system further checks whether the amplitude of the preceding sampled point x_{n-1} is less than or equal to zero. If this is the case, the event x_n (or x_{n-1} if equal to zero) may be reported to the event register. Linear interpolation may be used to more exactly determine the time of zero crossing. The time of the zero crossing is reported to the event register, which uses that time to assign a timestamp to the event. If negative going zero crossings are also detected, then the fact that the zero crossing is a positive going one may also be reported to characterize and possibly distinguish the event.
- 25

The zero crossing method has the advantage of being able to use straight-line interpolation to find the timing of the zero crossing with good accuracy, because the shape of the waveform tends to be close to linear in the region near the zero. The peak-finding method allows the system to obtain a reasonably accurate estimate of recent amplitude to characterize the event.

Time difference calculator 220 retrieves events from the event registers, matches the events, and computes the multisensor time delay using the timestamps associated with the events. The time delay between individual events may be calculated or a group of events (such as periodically occurring peaks) may be collected into an event set that is compared with a similar event set detected from another sensor for the purpose of determining a time delay. Just as individual events may be identified by a parameter such as amplitude, a set of events may be identified by a parameter such as frequency or a pattern of amplitudes. Referring back to Figure 4A, there is some ambiguity as to whether Sensor 2 leads Sensor 1 by 0.5 ms or whether Sensor 1 leads Sensor 2 by 1.5ms. One method of resolving the ambiguity if the amplitude or some other property of each event is different is to match events between sensors that have similar amplitudes or amplitude patterns.

Other methods of matching events or sets of events may be used. In one embodiment, the envelope function of a group of peaks is determined and the peak of the envelope function is used as a detected event. Figure 4B is a diagram illustrating a sampled signal that contains a plurality of local peaks 452. Local peaks 452 vary in amplitude and the amplitude variation follows a peak envelope function 454. Peak envelope has a maximum at 456, which does not correspond to a local peak, but nevertheless represents a maximum for the envelope function for a collective event that comprises the group of local peaks. In one embodiment, a quadratic method is used to find the local peaks, and then another quadratic method is used to find the peak of the peak envelope function. This method of defining an acoustic event is useful for many acoustic signals where significant events tend to include several cycles. The envelope of the cycles is likely to be the most identifiable event.

In general, this technique is useful for high frequency signals where the period is small compared to the delay. There may be several events in one channel before

the first event arrives at a second channel. An ambiguity occurs as to which events in either channel correspond to each other. However, the envelope of the events varies more slowly and peaks may not occur as often, so that corresponding events occur less frequently and the ambiguity may be solved. In another embodiment, instead of
5 detecting the envelope, the largest event in a group of events is selected. The result is similar, except that the event is detected at a local peak, instead of at the maximum of the envelope function, which does not necessarily occur at a local peak.

In some embodiments, a more computationally expensive alternative to using the peak envelope function is used. The amplitudes of the local peaks are correlated.
10 While this is less computationally expensive than correlating the signals, the peak of the peak envelope function is preferred because it requires less computing and provides good results.

In one embodiment, the time difference calculator, as it matches the events from each sensor, also determines which sensor detects events first. For certain
15 periodic events, determining which sensor first detects an event may be ambiguous. Referring again back to Figure 4A, if the amplitudes do not differ or are not used to distinguish events, then an ambiguity occurs as to which sensor first detects an event. In the example shown, the frequency is 500 Hz, giving a period of 2 ms. Events from the signal received by sensor #1 follow events from the signal received by sensor #2
20 by 0.5 ms. But events from sensor #2 can also be seen to be following events from sensor #1 by 1.5 ms. This means that either signal #1 leads signal #2 by 1.5 ms, or signal #2 leads signal #1 by 0.5 ms.

In one embodiment, the ambiguity is resolved by defining a maximum multisensor time delay that is possible. Such a maximum may be derived physically
25 from the maximum allowed separation between the sensors. For example, if the sensors are placed to simulate a human head, the maximum multisensor time delay is approximately 0.5 ms, based on the speed of sound in air around a person's head. Thus, the 1.5 ms result is discarded, and the 0.5 ms result (signal 2 leads signal 1) is returned as the time delay. An indication may also be returned that signal 2 leads
30 signal 1.

Figure 6 is a diagram illustrating a sample output of the system. The time delay for events measured in each channel is plotted against the frequency of each channel. Events detected on different channels are grouped and analyzed to determine whether they correspond to a single sound source. The example shown includes event groups 610, 620, 630, and 640. Event group 610 includes events that all occurred at about -0.2ms. The common multisensor time delay calculation across all frequencies indicates that it corresponds to a single sound source. In general, events at different frequency channels that arrive at approximately the same time are likely coming from a common source. The other groups likely represent ambiguities which naturally occur at high frequencies (for which the delay is longer than the period) and can be discarded.

The system groups events detected on different frequency channels and evaluates the groups to determine which groups correspond to a single sound source. In one embodiment, groups are formed by considering all events that are within a set time difference of other events already in the group. For example, all events within a 33 ms video frame are considered in one embodiment.

In one embodiment, an event group is evaluated by computing the standard deviation of the points. If the standard deviation is less than a threshold, then the group is identified as corresponding to a single source and the time delay is recorded for that source. In one embodiment, ratio of the standard deviation to the frequency is compared to a threshold. In some embodiments, the average time delay of the events included in the event group is recorded. In some embodiments, certain events, such as events with a time outside the standard deviation in the group are excluded in calculating time delay for the source.

In other embodiments, other methods are used to automatically decide whether a group of events on different channels correspond to a single source. In one embodiment, the range of the points is compared to a maximum range. In one embodiment, it is determined whether there is a consistent trend in one direction or another with change in frequency. More complex pattern recognition techniques may also be used. In one embodiment, a two dimensional filter that has a strong response when there is a vertical line (see Figure 6) of aligned events occurring at the same

time across different frequencies, with inhibition on either side of the vertical line. This results in accentuation of vertically aligned events such as event 610 and rejection of the sloped/ambiguous events such as events 620,630 and 640.

The multisensor time delay is a strong cue for the azimuthal position of sound sources located around a sensor array. The method of calculating time delay disclosed herein can be applied to numerous systems where a sound source is to be localized. In one embodiment, a sound source is identified and associated with a time delay as described above. The identification is used to identify a person that is speaking based on continuity of position. In one embodiment, a moving person or other sound source of interest is tracked by monitoring ITD measurements over time and using a tracking algorithm to track the source. In one embodiment, a continuity criteria is prescribed for a source that determines whether or not a signal is originating from the source. In one embodiment, the continuity criteria is that the ITD measurement may not change by more than a maximum threshold during a given period of time. In another embodiment where sources are tracked, continuity of the tracked path is used as a continuity criteria. In other embodiments, other continuity criteria are used. The identification may be used to separate the sound source from background sound by filtering out environmental sound that is not emanating from the person or other desired sound source. This may be used in a car (for telematic applications), a conference room, a living room, or other conversational or voice-command situation. In one application used for teleconferencing, a video camera is automatically trained on a speaker by localizing the sound from the speaker using the source identification and time delay techniques described herein.

Figure 7 is a block diagram illustrating a configuration used in one embodiment where three sensors are used with three time difference calculations being determined. The signal from each sensor is processed in a manner as describe above to detect and register the time of events. A time difference calculator is provided to determine the time difference between events detected at each sensor. The three time differences can be used to determine sound source position with greater accuracy. Three or more sensors may be arranged in a planar configuration or multiple sensors may be arranged in multiple planes.

In one embodiment, the time difference is calculated to identify the driver's position as a sound source within an automobile. Sounds not emanating from the driver's position (e.g. the radio, the vent, etc.) are filtered so that background noise can be removed when the driver is speaking voice commands to a cell phone or other voice activated system. The approximate position of the driver's voice may be predetermined and an exact position learned over time as the driver speaks.

Although the foregoing invention has been described in some detail for purposes of clarity of understanding, it will be apparent that certain changes and modifications may be practiced within the scope of the appended claims. It should be noted that there are many alternative ways of implementing both the process and apparatus of the present invention. Accordingly, the present embodiments are to be considered as illustrative and not restrictive, and the invention is not to be limited to the details given herein, but may be modified within the scope and equivalents of the appended claims. For example, embodiments having two and three sensors have been described in detail. In other embodiments, the disclosed techniques are used in connection with more than three sensors and with varying configurations of sensors

WHAT IS CLAIMED IS:

CLAIMS

1. A method of determining a time delay between a first signal received at a first sensor and a second signal received at a second sensor comprising:
analyzing the first signal to derive a plurality of first signal channels at
5 different frequencies;
analyzing the second signal to derive a plurality of second signal channels at different frequencies;
detecting a first feature occurring at a first time in one of the first signal channels;
10 detecting a second feature occurring at a second time in one of the second signal channels;
matching the first feature with the second feature; and
comparing the first time to the second time to determine the time delay.
2. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first
15 feature includes a signal local maximum.
3. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature includes a set of signal local maximums.
4. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature includes a signal local minimum.
- 20 5. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature is a signal local maximum and wherein the amplitude of signal local maximum is used to match the first feature with the second feature.
6. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature is a signal local maximum and wherein the signal local maximum is
25 interpolated from sampled points.
7. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature is a zero crossing.
8. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature is a zero crossing and wherein whether the zero crossing is positive going or
30 negative going is used to match the first feature with the second feature.

9. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature is a peak of an envelope function.
10. A method of determining a time delay as recited in claim 1 further including matching a plurality of features in a plurality of channels and determining a plurality of time delays and comparing the time delays to derive a single time delay that corresponds to a single source.
11. A method of determining a time delay as recited in claim 1 further including matching a plurality of features in a plurality of channels and determining a plurality of time delays and comparing the time delays to validate the event time delay.
12. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the time delay is used to localize a sound source.
13. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the time delay is used to localize a sound source for and a video camera is configured to point at the sound source.
14. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the time delay is used to localize a sound source and background sounds not emanating from the source are filtered.
15. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the time delay is used to localize a sound source that is moving and the sound source is tracked.
16. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the time delay is used to localize a sound source that is moving and the sound source is tracked using a continuity criteria.
17. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein matching the first feature with the second feature includes imposing a maximum possible time delay to remove ambiguities.
18. A method of determining a time delay as recited in claim 1 wherein the first feature and the second feature are periodic and wherein comparing the first time to the second time to determine the time delay includes imposing a maximum possible time delay to determine which feature preceded the other.
19. A system for determining a time delay between a first signal and a second signal comprising:
a first sensor that receives the first signal;

- a second sensor that receives the second signal;
- a spectrum analyzer that analyzes the first signal to derive a plurality of first signal channels at different frequencies and that analyzes the second signal to derive a plurality of second signal channels at different frequencies;
- 5 a feature detector that detects a first feature occurring at a first time in one of the first signal channels and that detects a second feature occurring at a second time in one of the second signal channels;
- an event register that records the occurrence of the first feature and the second feature; and
- 10 a time difference calculator that compares the first time to the second time to determine the time delay.
20. A computer program product for determining a time delay between a first signal received at a first sensor and a second signal received at a second sensor, the computer program product being embodied in a computer readable medium and
- 15 comprising computer instructions for:
- analyzing the first signal to derive a plurality of first signal channels at different frequencies;
- analyzing the second signal to derive a plurality of second signal channels at different frequencies;
- 20 detecting a first feature occurring at a first time in one of the first signal channels;
- detecting a second feature occurring at a second time in one of the second signal channels;
- matching the first feature with the second feature; and
- 25 comparing the first time to the second time to determine the time delay.

1/8

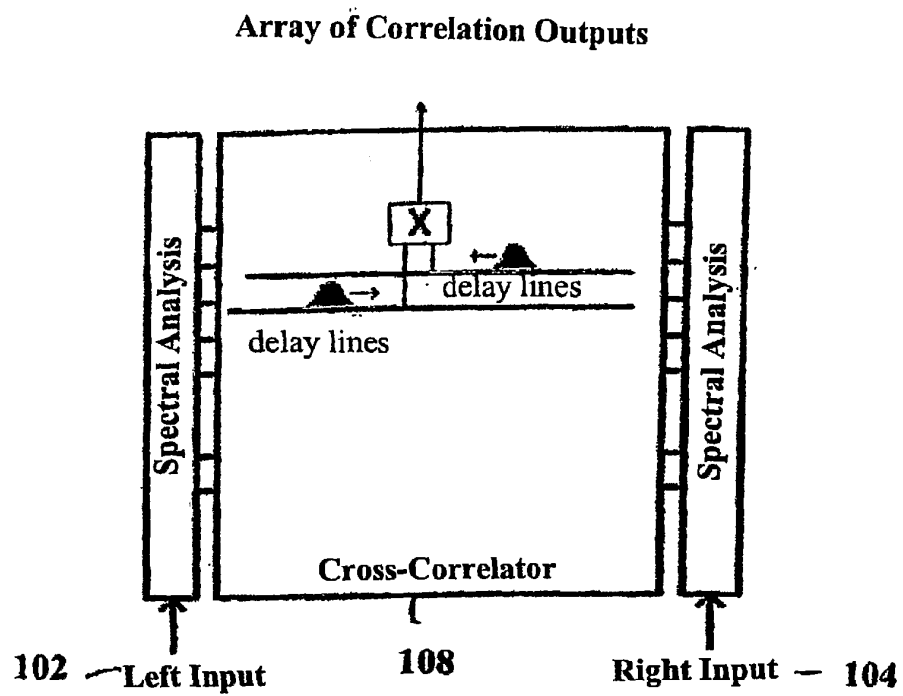


Figure 1

2/8

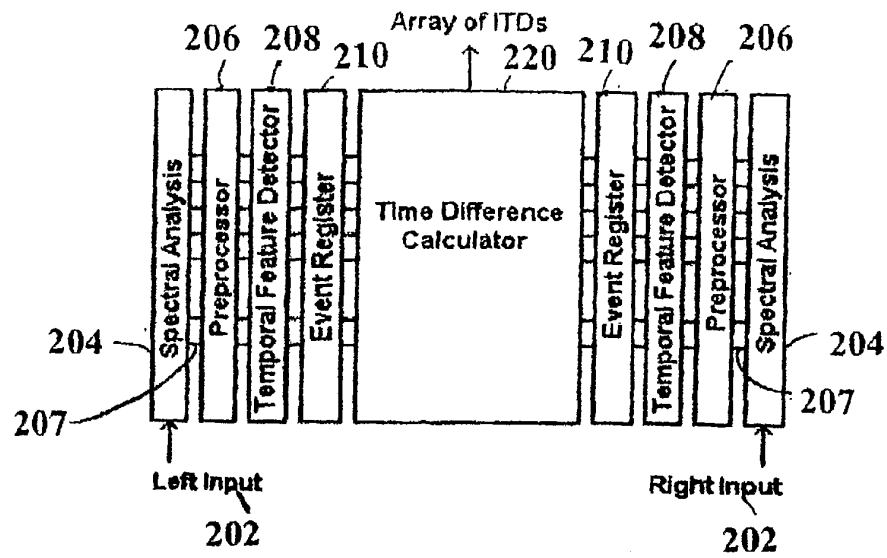


Figure 2

3/8

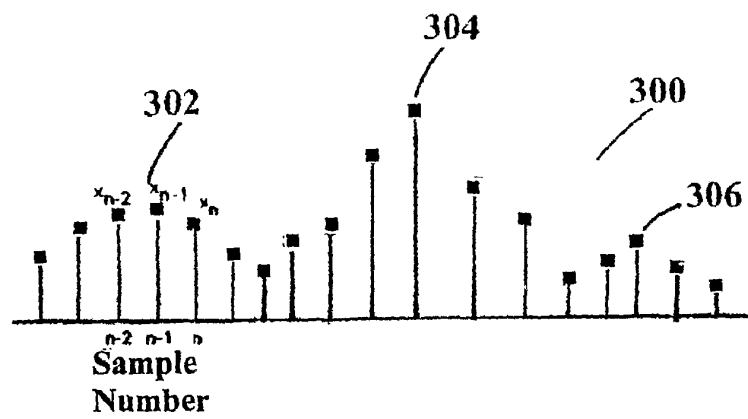


Figure 3

4/8

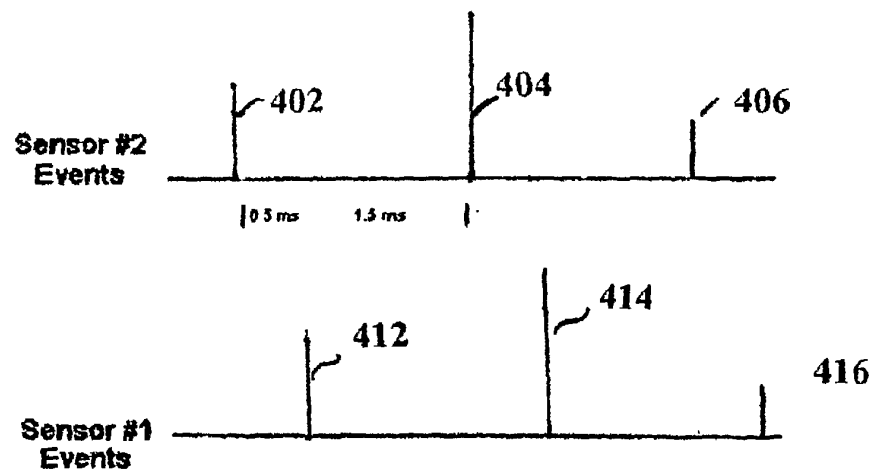


Figure 4A

5/8

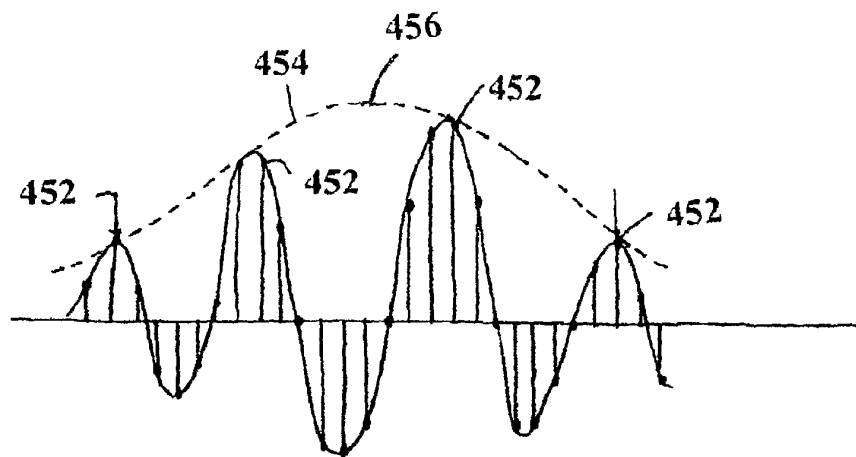
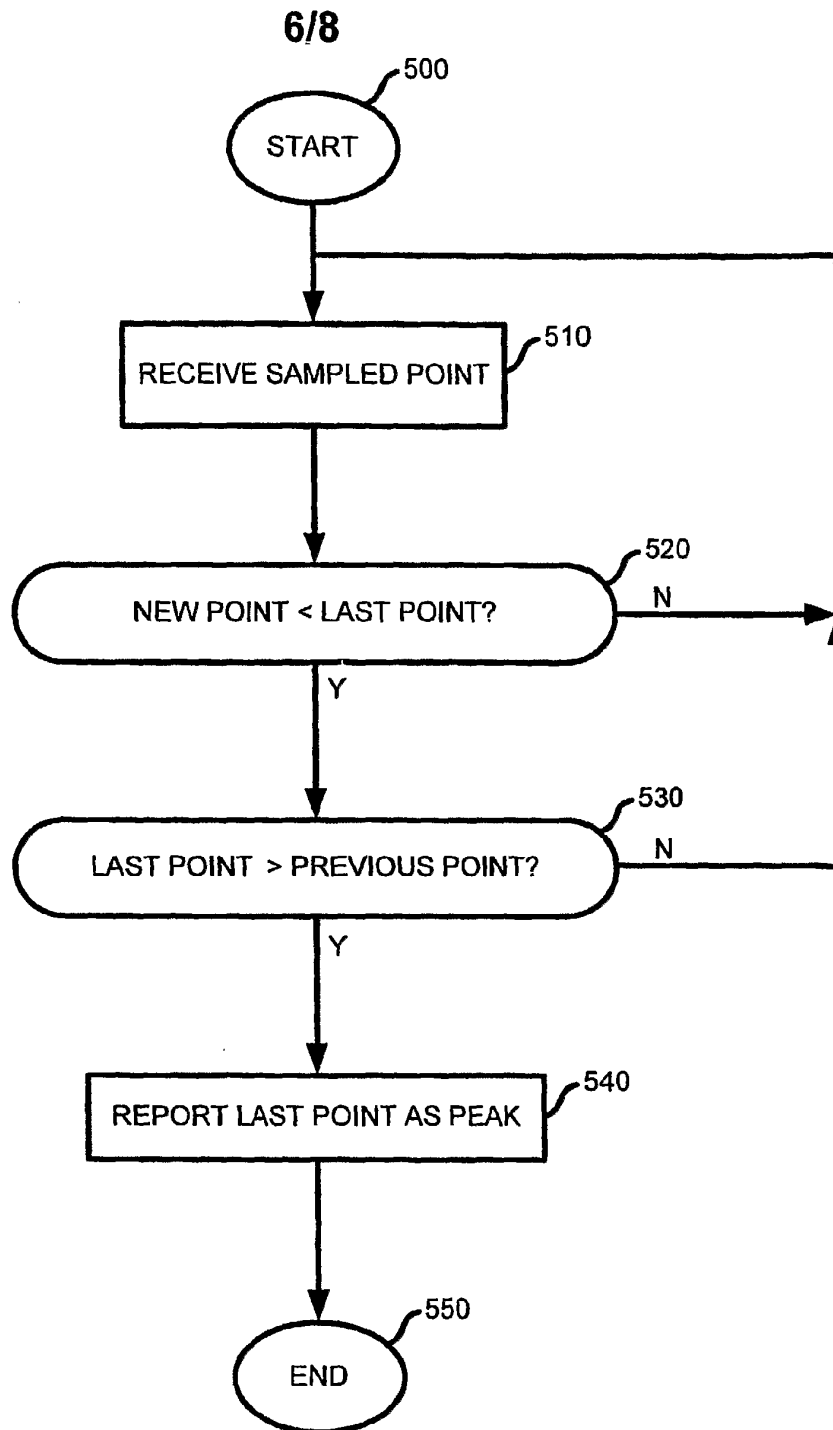


Figure 4B

**FIG. 5**

7/8

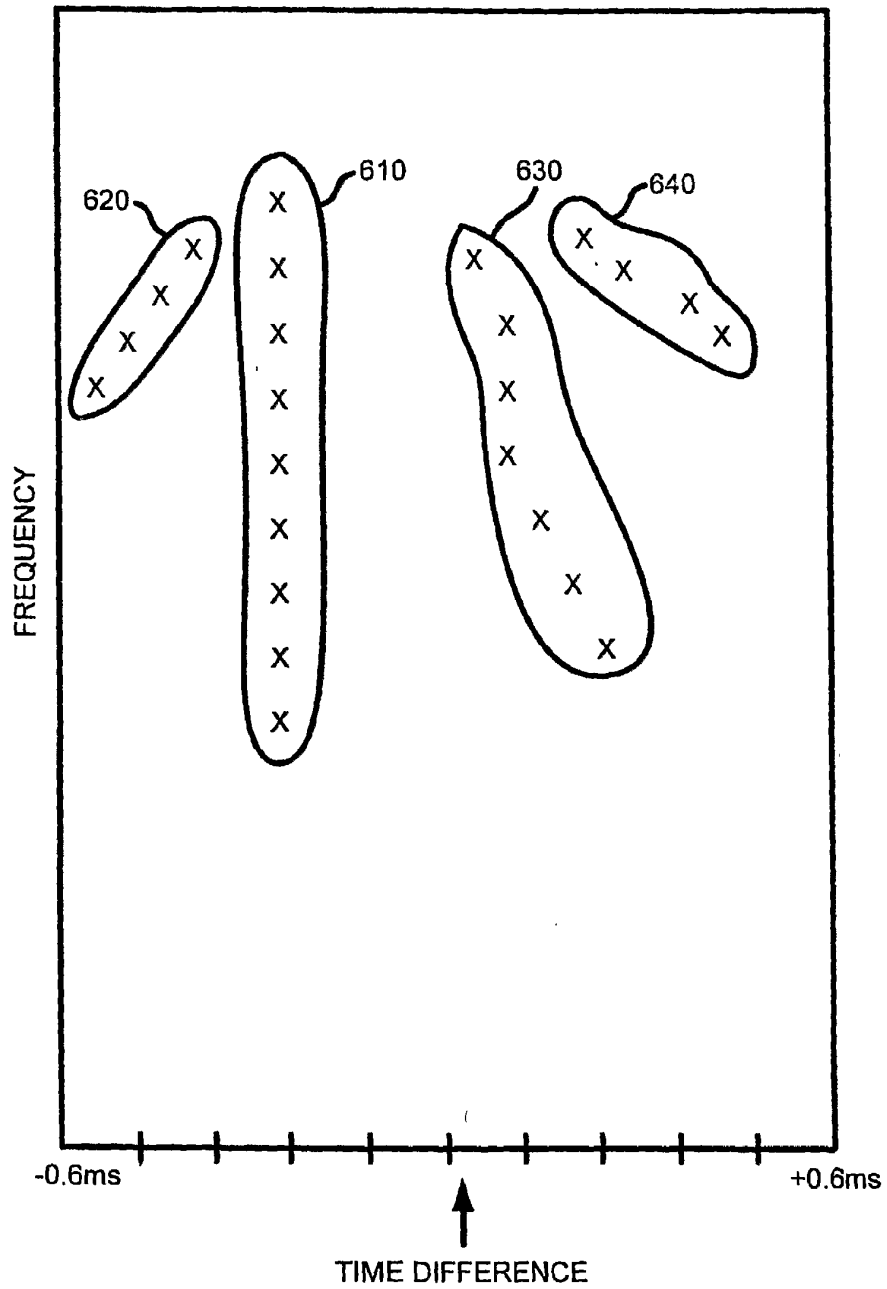


FIG. 6

8/8

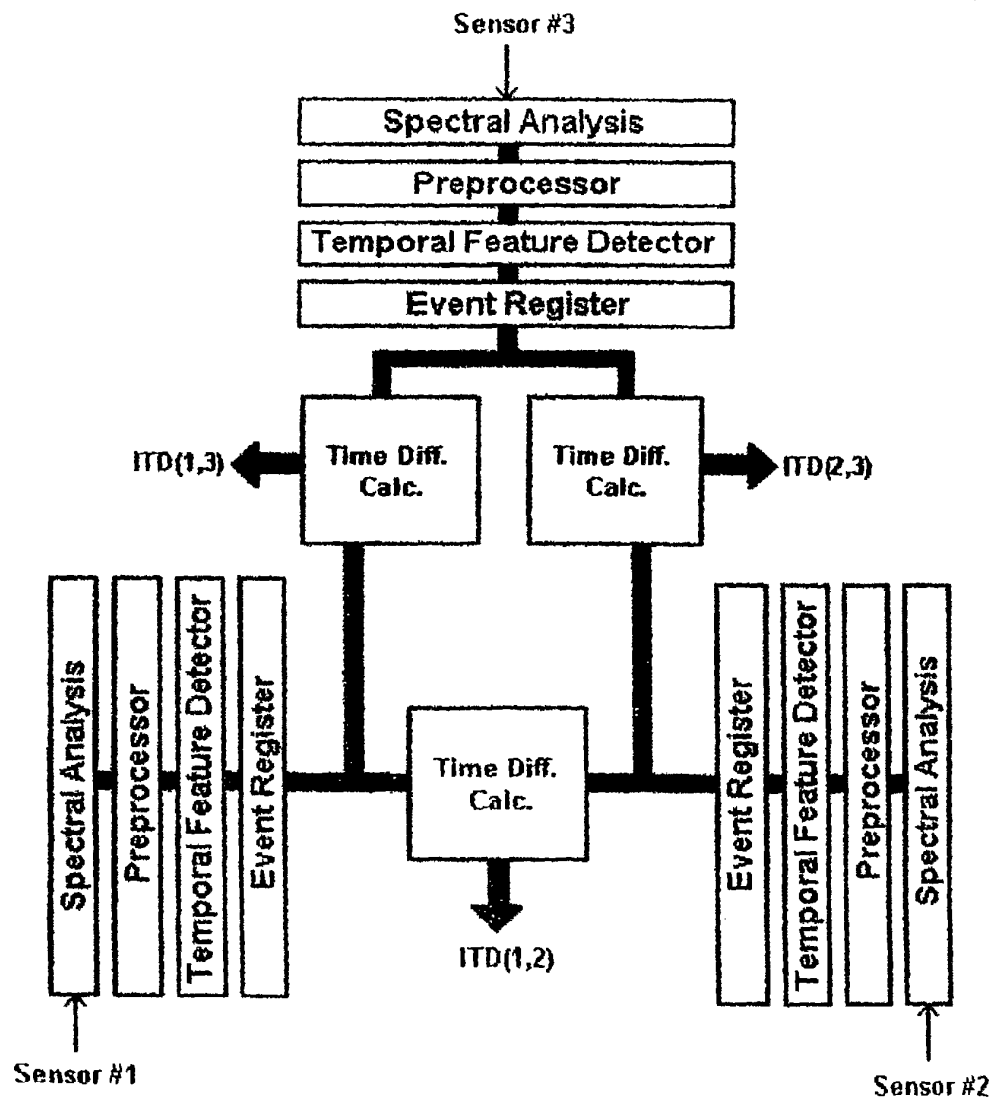


Figure 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US02/36946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H04R 5/00

US CL : 381/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 381/17, 1,309,310,311,300; 379/406.01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,223,090 B1 (BRUNGART) 24 April 2001 (24.04.2001), figures 3, 6, 7	1-20
A	US 5,729,612 A (ABEL et al) 17 March 1998 (17.03.1998), see entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:		"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&"	document member of the same patent family
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search

12 February 2003 (12.02.2003)

Date of mailing of the international search report

03 APR 2003

Name and mailing address of the ISA/US

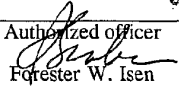
Commissioner of Patents and Trademarks

Box PCT

Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer


Forrester W. Isen

Telephone No. (703) 305-4700

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



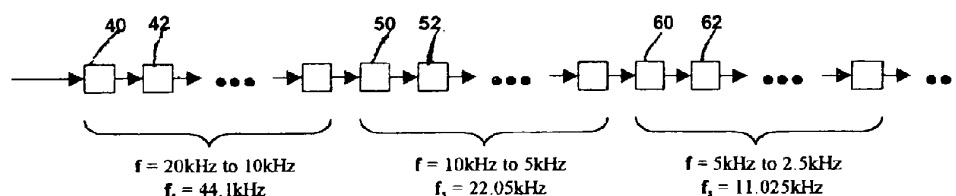
(43) International Publication Date
4 October 2001 (04.10.2001)

PCT

(10) International Publication Number
WO 01/74118 A1

- (51) International Patent Classification⁷: **H04R 25/00**
- (21) International Application Number: PCT/US01/08372
- (22) International Filing Date: 15 March 2001 (15.03.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
09/534,682 24 March 2000 (24.03.2000) US
- (71) Applicant: **APPLIED NEUROSYSTEMS CORPORATION** [US/US]; Suite 205, 4906 El Camino Real, Los Altos, CA 94022 (US).
- (72) Inventor: **WATTS, Lloyd**; 500 Chiquita Avenue #14, Mountain View, CA 94041 (US).
- (74) Agent: **VAN PELT, Lee**; Van Pelt & Yi, LLP, Suite 205, 4906 El Camino Real, Los Altos, CA 94022 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**
— with international search report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) Title: EFFICIENT COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE DIGITAL FILTER CASCADE



(57) Abstract: A system for processing audio signals comprises a sequence of digital filters (40, 42) each configured to process a selected frequency using a set of coefficients. A filter configured to process a certain frequency shares its coefficients with another filter that processes a frequency that is lower than the first frequency by at least one frequency interval, such as octave. The first filter samples at a certain sampling rate, and the second filter's sampling rate is determined by multiplying the first sampling rate by the ratio of the second frequency to the first frequency. The filters are evenly grouped into frequency intervals, such as octaves. Filters in an octave are sampled at a sampling frequency that is at least twice as high as the highest frequency processed in that octave.

WO 01/74118 A1

EFFICIENT COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE
DIGITAL FILTER CASCADE

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates generally to a method, article of manufacture, and apparatus for computing the response of a cascade of digital filters in an efficient manner that provides for high resolution while reducing computational expense and storage requirements. More particularly, this invention relates to modeling a cochlea for real-time processing of acoustic signals using an improved digital filter bank cascade.

BACKGROUND

Much effort has been devoted to modeling hearing, for applications such as automatic speech recognition, noise cancellation, hearing aids, and music. A popular approach is to model the cochlea, a coiled snail-shaped structure that is part of the inner ear as shown in FIG. 1. The cochlea is a spiraling, fluid-filled tunnel embedded in the temporal bone, and converts acoustic signals into electrical signals transmitted to the brain. Sound pressure waves strike the eardrum, causing it to move inward and moving the three small bones of the middle ear, which are the hammer, anvil, and stirrup. The movement of the bones initiates pressure waves in the cochlear fluid. These pressure waves propagate along the cochlear partition, which, as shown in FIG. 2, consists of the basilar membrane BM, tectorial membrane TM, and organ of Corti OC. The organ of Corti OC is a collection of cells, including the sensory hair cells, that sit on the basilar membrane BM. The bases (bottoms) of

these hair cells are connected to nerve fibers NF from the auditory nerve AN, and the apexes (tops) of the hair cells have hair bundles HB. There are two types of hair cells in the cochlea: inner hair cells IHC and outer hair cells OHC.

The human cochlea is believed to contain approximately 4,000 inner hair cells IHC and 12,000 outer hair cells OHC, with four cells radially abreast and spaced every 10 microns along the length of the basilar membrane BM. The tectorial membrane TM lies on top of the surface of the organ of Corti OC. A thin fluid space of about 4 to 6 microns lies between these two surfaces, which shear as the basilar membrane BM moves up and down. The hair cells are primarily transducers that convert displacement of the hair bundle HB (due to shearing between the tectorial membrane TM and the surface of the organ of Corti) into a change in the receptor current flowing through the cell, which is transmitted to the auditory nerve AN and processed by the brain.

Each point on the basilar membrane BM is tuned to a different frequency, with a spatial gradient of about 0.2 octaves/mm for a human, and about 0.32 octaves/mm for a cat. Roughly speaking, the cochlea acts like a bank of filters. The filtering allows the separation of various frequency components of the signal with a good signal-to-noise ratio. The range of audible frequencies is about 20 Hz to 16 kHz in the human cochlea and about 100 Hz to 40kHz in the cat cochlea.

Modeling the function of the cochlea has been an active area of research for many years. For example, U.S. Patent No. 4,771,196, titled "Electronically variable active analog delay line" and issued to Mead and Lyon on September 13, 1988, describes an analog filter

bank cascade for signal processing. This patent, the disclosure of which is hereby incorporated by reference, illustrates an electronically variable active analog delay line that incorporates cascaded differential transconductance amplifiers with integrating capacitors and negative feedback from the output to the input of each noninverting amplifier. "Lyon's Cochlear Model", written in 1988 by Malcolm Slaney as Apple Technical Report #13, describes a digital filter bank cascade developed by Lyon as a model of the cochlea. Further details of the Lyon model may be seen by reference to the technical report, the disclosure of which is hereby incorporated by reference.

This model uses a cascade of second-order filters, each of which requires a number of computations every time the signal is sampled. Each filter has a set of coefficients associated with it, and must also store some previous computations. If the sampling rate is increased, or the number of filters is increased in order to increase resolution, the number of computations rises proportionally. Thus, the desire for better resolution and sampling of the acoustic signal is balanced against the computations required and the storage needed for each filter. A more efficient approach, such as the approach of the present invention, would reduce the computation required for the cascade and allow for a higher quality representation of the signal.

This problem is not limited to digitized signals represented by discrete amplitude levels, nor is it limited to acoustic signals. Rather, it applies to any sampled signal (represented by discrete time values). Although the disclosure herein describes the problem and the invention in the context of audio signal processing, one skilled in the art will

recognize that the invention may be applied to any signal processing using sampling, including electrical waveform sampling and video signal processing.

SUMMARY OF THE INVENTION

It should be appreciated that the present invention can be implemented in numerous ways, including as a process, an apparatus, a system, a device, a method, or a computer readable medium such as a computer readable storage medium or a computer network wherein program instructions are sent over optical or electronic communication links. Several inventive embodiments of the present invention are described below.

Briefly, therefore, this invention provides for a method, article of manufacture, and apparatus for real-time processing of signals. In an embodiment of the invention, a system for processing audio signals comprises a sequence of digital filters each configured to process a selected frequency using a set of coefficients. A filter configured to process a certain frequency shares its coefficients with another filter that processes a frequency that is lower than the first frequency by at least one frequency interval, such as an octave. The first filter samples at a certain sampling rate, and the second filter's sampling rate is determined by multiplying the first sampling rate by the ratio of the second frequency to the first frequency. The filters are evenly grouped into frequency intervals, such as octaves. Filters in an octave are sampled at a sampling frequency that is at least twice as high as the highest frequency processed in that octave.

The advantages and further details of the present invention will become apparent to one skilled in the art from the following detailed description when taken in conjunction with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention will be readily understood by the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings, wherein like reference numerals designate like structural elements, and in which:

FIG. 1 is a sectional view of the inner and outer ear of a human ear;

FIG. 2 is a sectional view of the inner ear of a human ear;

FIG. 3 is a schematic of a signal processing system in accordance with the invention;

FIG. 4 depicts the structure of the cochlear model in a serial filter bank cascade configuration in accordance with the invention;

FIG. 5 is a signal flow graph of a filter equation in accordance with the invention; and

FIG. 6 is a schematic of the filter bank cascade showing its division into octaves and the use of downsampling.

DESCRIPTION OF THE INVENTION

Overview

A signal processing system in accordance with the invention comprises a computer configured with a cascade of digital filters arranged sequentially on a logarithmic frequency scale, through which a signal is passed. The filters are configured to process certain frequencies and are programmed with filter coefficients appropriate to the desired filter

behaviors and frequencies processed. Each successive filter in the sequence is configured to process a lower frequency than the one before it. Each filter also has a tap associated with it for extracting the filter output, and the number of filters and taps is determined by the desired resolution and frequency range. The filters are grouped into octaves, and within an octave group, a sampling rate is used that meets the Nyquist sampling criterion for the highest frequency filter in the octave. The filters in the highest octave use the same filter coefficients as filters in the lower octaves, with each successively lower octave group using a successively lower sampling rate to produce the lower frequency filters. Since the filters in each octave group remove the highest frequencies in the signal, the sampling rate can be reduced between octaves without violating the Nyquist sampling criterion.

In another embodiment of the invention, a filter can be used to process a certain frequency at a certain sampling rate and reused to process other frequencies that are one, two, or more octaves higher or lower, with a corresponding adjustment to the sampling frequency based on the highest frequency in the octave of target frequency. Another filter can be used to process another frequency in the same octave, and be reused to process other frequencies that are one, two, or more octaves higher or lower. In this manner, an array of filters covering a single octave can be used to process signals spanning multiple octaves.

In a further embodiment of the invention, the efficient digital filter bank cascade can be used as a model of a cochlea to process acoustic signals with improved accuracy and resolution, and more efficient use of computational and storage resources.

The response of this cascade of digital filters is thus computed in an efficient manner that provides for high resolution while reducing computational expense and storage requirements.

A detailed description of a preferred embodiment of the invention is provided below. While the invention is described in conjunction with that preferred embodiment, it should be understood that the invention is not limited to any one embodiment. On the contrary, the scope of the invention is limited only by the appended claims and the invention encompasses numerous alternatives, modifications, and equivalents. For the purpose of example, numerous specific details are set forth in the following description in order to provide a thorough understanding of the present invention. The present invention may be practiced according to the claims without some or all of these specific details. For the purpose of clarity, technical material that is known in the technical fields related to the invention has not been described in detail so that the present invention is not unnecessarily obscured.

Detailed Description

In accordance with the invention, a signal processing system comprises a computer configured to analyze signals, such as acoustic or audio signals. In an embodiment of the invention, the signal processing system is in the form of a software program being executed on a general-purpose computer such as an Intel Pentium-based PC running a Windows or Linux operating system, or a workstation running Unix. Other means of implementing the signal processing system may be used, such as a special-purpose hardwired system with instructions burned into a chip such as an application specific integrated circuit (ASIC) or field-programmable gate array (FPGA). As is usual in the industry, the computer (CPU) 10

may have memory 12, a display 14, a keyboard 16, a mass storage device 18, a network interface 20, and other input or output devices 22, shown in FIG. 3. Also shown in FIG. 3 is a signal input device 24 in the form of a microphone, though other types of signal input devices may be used. In accordance with common practice, the memory 12 and the mass storage device 18 can be used to store program instructions and data. The computer may further have more than one central processing unit, such as a multiprocessor Pentium-based system or Sun SPARCstation.

It will be readily apparent to one skilled in the art that more than one computer may be used, such as by using multiple computers in a parallel or load-sharing arrangement or distributing tasks across multiple computer such that, as a whole, they perform the functions of the signal processing system; i.e. they take the place of a single computer. It is intended that the disclosure cover all such configurations as if fully set forth herein.

A signal processing system in accordance with the invention comprises a computer configured with program describing a cascade of digital filters arranged sequentially on a logarithmic frequency scale, through which a signal is passed. The filters are configured to process certain frequencies and are programmed with filter coefficients appropriate to the desired filter behaviors and frequencies processed. Each successive filter in the sequence is configured to process a lower frequency than the one before it. Each filter also has a tap associated with it, and the number of filters and taps is determined by the desired resolution and frequency range. A filter is used to process a signal of a certain frequency at a certain sampling rate, and shares its filter coefficients with filters configured to process signals of frequencies that are one, two, or more octaves lower. The filter also attenuates its target

frequency and passes the signal on to the next filter in the sequence. For each successive filter in the sequence, the sampling rate may be reduced in proportion to the reduction in its target frequency. For convenience, the filters may be grouped into octaves, and each filter in an octave will be sampled at a rate that meets the Nyquist sampling criterion for the highest frequency filter in the octave. Lower octaves will be sampled at successively lower rates.

In another embodiment of the invention, a filter can be used to process a certain frequency at a certain sampling rate and reused to process other frequencies that are one, two, or more octaves higher or lower, with a corresponding adjustment to the sampling frequency based on the target frequency, in accordance with the Nyquist sampling criterion. Another filter can be used to process another frequency in the same octave, and be reused to process other frequencies that are one, two, or more octaves higher or lower. In this manner, an array of filters covering a single octave can be used to process signals spanning multiple octaves. Similarly to the above embodiment, the sampling rate can be reduced as the octave of frequencies being sampled is lowered.

The invention will be illustrated by its use in audio signal processing, utilizing a model of the cochlea. This model describes the propagation of sound in the inner ear and the conversion of acoustic signals into neural signals. It combines a series of filters that model the traveling pressure waves with half-wave rectifiers to detect the energy in the signal and several stages of automatic gain control, as shown in FIG. 4. Sound pressure waves cause displacement of the hair cells and generation of neural signals as described above. This is modeled by the filters, which, like the hair cells, are tuned to specific frequencies. The basilar membrane is attuned to high frequency sounds near the base of the cochlea, where the

sound enters, and senses progressively lower and lower frequencies as the sound pressure wave travels through the cochlea. The filters in the model are arranged similarly, with each filter attuned to a higher frequency than succeeding filters, so that the signal is gradually low-pass filtered.

In this model, the audio signal acquired from the signal input device 24 undergoes some preprocessing, and is then passed through a cascade of sequentially arranged filters 30 to model the propagation of the sound pressure waves through the cochlea, from left to right in the diagram of FIG. 4. Each filter 30 in the cascade has an output that feeds into the input of the next filter 30 in the cascade (if one is present), and a tap that allows data to be extracted from the filter 30, which in this embodiment is the data provided to the filter output. The tap has several stages of processing associated with it, such as a half-wave rectifier 32 and automatic gain control 34. Each filter is attuned to a particular frequency, and has a set of coefficients (a_0, a_1, a_2, b_1, b_2) associated with it. The output of each filter is calculated according to the following function:

$$\text{Equation 1.} \quad y_n = a_0x_n + a_1x_{n-1} + a_2x_{n-2} - b_1y_{n-1} - b_2y_{n-2}$$

where the filter output y_n is a function of the input data x_n at time n , previous inputs x_{n-1} and x_{n-2} , and previous outputs y_{n-1} and y_{n-2} . This formula is illustrated by the signal flow graph in FIG. 5. The output of the filter y_n is passed to the input x_n of the next filter in the cascade.

The filter response $H(z)$ is given by the following:

$$\text{Equation 2.} \quad H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}$$

and

$$z = e^{i \omega / \omega_s}, \quad \omega = 2\pi f, \quad \omega_s = 2\pi f_s$$

where f_s is the sampling frequency.

Substitution of the above into the transfer function of Equation 2 produces a filter response $H(f)$, which is a function of the filter coefficients a_0, a_1, a_2, b_1, b_2 and the sampling rate f_s .

In this audio signal processing embodiment, the frequency range typically used is 20 Hz to 20 kHz, since that is roughly the range of human hearing. With about 4,000 inner hair cells, a human has the equivalent of 4,000 taps spread over ten octaves, or about 400 taps per octave.

The Nyquist Theorem states that when an analog waveform is digitized, only the frequencies in the waveform below half the sampling frequency will be recorded. In order to accurately represent the original waveform, sufficient samples must be recorded to capture the peaks and troughs of the original waveform. If a waveform is sampled at less than its Nyquist frequency (which is twice the frequency of the waveform), the reconstructed

waveform will represent low frequencies not present in the original signal. This phenomenon is called “aliasing”, and the high frequencies are said to be “under an alias”.

Thus, since the highest frequency is 20 kHz, the Nyquist frequency is 40 kHz. The standard sampling rate for CD (compact disc) audio is slightly higher, at 44.1 kHz. A brute force approach would be to represent all 4,000 inner hair cells as 4,000 filters. Equation 1 shows that there are five multiplication operations and four addition operations per filter per sample, for a total of nine operations per filter sample. Thus, a complete representation of a human ear would require

$$44,100 * 4,000 * 9 = 1,587,600,000 \text{ operations per second}$$

Such a large number of operations would make computation of the cochlear model impractical on all but the fastest computers. Digital signal processing chips typically have a multiply-accumulate instruction, and can perform one addition and multiplication as a single unit of computation. The number of computations required for a DSP to compute the formula of Equation 1 would drop to five, lowering the requirement to 882,000,000 operations per second. This is still impractical. Typically, the number of filters is reduced to a much more manageable size, on the order of 125 filters total, covering six octaves, with a sample rate of 16 kHz. Computation of this model requires

$$16,000 * 125 * 9 = 18,000,000 \text{ operations per second}$$

In a DSP, this would be 10,000,000 operations per second. The number of computations required is about two orders of magnitude smaller, but significant degradation of the sampled waveform has taken place. The frequency range has been reduced by four octaves, and the filter density within the range covered is lower, which reduces the resolution. Further, with

the sampling frequency reduced to 16 kHz, the maximum frequency that can accurately be represented by the sampled waveform is now 8 kHz.

Increasing the number of filters to 600 and covering 10 octaves, as well as increasing the sampling frequency to 44.1 kHz results in significant improvement in resolution, and the frequency range covered now more closely approximates that of human hearing. This would require

$$44,100 * 600 * 9 = 238,140,000 \text{ operations per second}$$

or 132,300,000 operations per second in a DSP. This is better than the original number for a complete model, but is still very computationally expensive.

In accordance with the invention, the filters are evenly distributed over the octaves, resulting in 60 filters per octave. In one embodiment, 60 objects are created in a computer. Each object has a set of coefficients as described above, and additionally has ten sets of state variables, corresponding to ten filters running at frequencies that are whole octaves apart. The 60 objects using their first sets of state variables correspond to the first octave group of filters, while the 60 objects using their second sets of state variables (and sampling at a lower frequency) correspond to the second octave group of filters, and so on. In another embodiment, each object contains a set of coefficients, but only one set of state variables, and is run at a single frequency. In this case, 600 objects are required to represent 600 filters.

The filters in the first octave are tuned to the frequencies in the highest octave, 20 kHz to 10 kHz, and are sampled at 44.1 kHz, which satisfies the Nyquist sampling criterion. The filters in the second octave are tuned to half of the frequencies of the corresponding filters in

the first octave, and range from 10 kHz to 5 kHz. These filters in the second octave are sampled at 22.05 kHz, half of the first sampling frequency. Coefficients for each filter are stored in memory and applied in the computations for the filters. As the audio signal is passed through each filter, the signal is sampled and filtered before being passed to the next filter. FIG. 6 shows the arrangement of the filters. At the end of the first octave, the signal is passed into the first filter in the next octave, which comprises filters sampling at half the sampling rate of the first octave, as stated above. Successive octaves are downsampled in a similar manner. The computational requirement for the digital filter bank of the invention would be

$$44,100 * 60 * 9 * (1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + 1/32 + 1/64 + 1/128 + 1/256 + 1/512) \cong$$

47,581,488 operations per second, or 26,434,160 operations per second in a DSP. Thus, downsampling each successive octave has resulted in a fivefold reduction in computational requirements. This is a nontrivial improvement, particularly in the area of embedded signal processing chips, where performance, size, and cost are primary considerations.

For a given set of filter parameters (a_0, a_1, a_2, b_1, b_2) at a particular sampling rate f_s , the second-order filter will have some resonant frequency f_r . If the filter parameters are kept constant while the sampling rate f_s is divided by two, the resonant frequency f_r will also be divided by two, because the transfer function depends on z , which is a normalized frequency variable; i.e. it is normalized by the sampling rate f_s . Thus, scaling the sampling frequency scales the frequency response of the filter by the same amount. In this manner, the filter can be tuned to a frequency that is an octave lower, by sampling at half the original sampling rate without changing the filter coefficients. Downsampling again in this manner produces a filter that runs at yet another octave lower, so long as high frequencies are filtered out before

downsampling. The sampling frequency does not necessarily have to be divided by two, four, or other multiples of two, nor do the filter frequencies have to be grouped by octaves. Any scaling factor may be used, such as ten (resulting in shifts by decades rather than octaves) or other number (resulting in shifts by a corresponding interval on a logarithmic scale), which does not have to be a whole number.

Thus, in the configuration depicted in FIG. 6, any given filter shares filter parameters with filters that are one, two, or more octaves higher or lower. For example, the highest frequency filter 40 in the first octave shares filter coefficients with the highest frequency filter 50 in the second octave, the highest frequency filter 60 in the third octave, and so on. The second-highest frequency filter 42 in the first octave shares filter coefficients with the second-highest frequency filters 52 and 62 in the second and third octaves, and with all other corresponding filters (tuned to frequencies that are one, two, or more octaves lower). It will be apparent that “corresponding” refers to filters that occupy the same relative positions in their respective octaves.

In effect, the filters 40, 50, 60, and other filters in corresponding positions in other octaves are the same filter. Similarly, filters 42, 52, 62, and corresponding filters are the same filter, as are all groups of filters that differ in frequency by whole octaves. A single filter can be used to sample a target frequency, and other target frequencies that are one, two, or more octaves lower, with reduction of the sampling frequency as described above, as long as the Nyquist criterion of removing higher frequencies is observed.

This reduces storage requirements for filter coefficients, because only one set of filter coefficients (for one octave) needs to be stored. Successive octaves may reuse the filter coefficients in accordance with the invention. Another advantage of the invention is that the required precision for filter coefficients is lower, and thus, fewer bits are required to represent each coefficient. In the prior art approach, 20 bits were required for acceptable results, particularly for the low-frequency filter coefficients. The inventive digital filter bank cascade requires about 12 bits to maintain an acceptable level of stability.

The advantage of reducing precision of the filter coefficients is not limited to storage. The reduced number of bits in the operands means that the processing hardware can be made smaller. For example, the arithmetic logic unit can be made smaller, since it does not need to process as many bits, and buses can be made narrower. Further advantages of reduced precision requirements will be readily apparent to one skilled in the art, as will other advantages of the invention.

The foregoing disclosure and embodiment demonstrate the utility of the present invention in dramatically increasing the efficiency of computing digital filter bank cascades for purposes such as audio signal processing, although it will be apparent that the present invention will be beneficial for many other uses.

All references cited herein are intended to be incorporated by reference. Although the present invention has been described above in terms of specific embodiments, it is anticipated that alterations and modifications to this invention will no doubt become apparent to those skilled in the art and may be practiced within the scope and equivalents of the appended

claims. For example, one skilled in the art will recognize that the filters do not necessarily need to be evenly distributed over the octaves, or that the filters do not necessarily need to be used with an audio signal. The present embodiments are to be considered as illustrative and not restrictive, and the invention is not to be limited to the details given herein. It is therefore intended that the following claims be interpreted as covering all such alterations and modifications as fall within the true spirit and scope of the invention.

CLAIMS

What is claimed is:

1. A system for processing audio signals, comprising a sequence of digital filters, wherein each filter is configured to process a selected frequency and at least one filter is configured to process more than one frequency.
2. The system as recited in claim 1, wherein the at least one filter includes coefficients for processing, and the coefficients are used to process more than one frequency.
3. The system as recited in claim 2, wherein the at least one filter is configured to process a first frequency and a second frequency that is at least one interval away from the first frequency.
4. The system as recited in claim 3, wherein the interval is an octave.
5. The system as recited in claim 4, wherein the at least one filter is configured to sample the first frequency at a first sampling rate and the second frequency at a second sampling rate.
6. The system as recited in claim 5, wherein the second frequency is lower than the first frequency and the second sampling rate is lower than the first sampling rate.

7. The system as recited in claim 6, wherein the second sampling rate is lower than the first sampling rate by two raised to the number of octaves spacing between the first frequency and the second frequency.

8. The system as recited in claim 7, wherein the sequence of digital filters is configured to process frequencies in a first octave at the first sampling rate.

9. The system as recited in claim 8, wherein the sequence of digital filters is further configured to process frequencies in a second octave at the second sampling rate.

10. The system as recited in claim 9, wherein each coefficient is represented by fewer than 13 bits.

11. The system as recited in claim 10, wherein each coefficient is represented by 12 bits.

12. A system for processing audio signals, comprising a sequence of digital filters each configured to process a selected frequency, wherein each filter includes coefficients for processing and a first filter configured to process a first frequency shares its coefficients with a second filter configured to process a second frequency.

13. The system as recited in claim 12, wherein the second frequency is spaced apart from the first frequency by at least one frequency interval.

14. The system as recited in claim 13, wherein the second frequency is spaced apart from the first frequency by at least one octave.
15. The system as recited in claim 14, wherein the first filter is configured to sample the first frequency at a first sampling frequency and the second filter is configured to sample a second frequency at a second sampling frequency.
16. The system as recited in claim 15, wherein the second frequency is lower than the first frequency, and the second sampling frequency is lower than the first sampling frequency by a ratio of the first frequency to the second frequency.
17. The system as recited in claim 14, wherein the filters are evenly grouped into at least a first and a second octave, the first filter being in the first octave and the second filter being in the second octave.
18. The system as recited in claim 17, wherein the filters in the first octave are sampled at a first sampling frequency that is at least twice as high as a highest frequency processed by the first octave.
19. The system as recited in claim 18, wherein the second octave is one octave lower than the first octave, and the filters in the second octave are sampled at a second sampling rate that is half as high as the first sampling frequency.

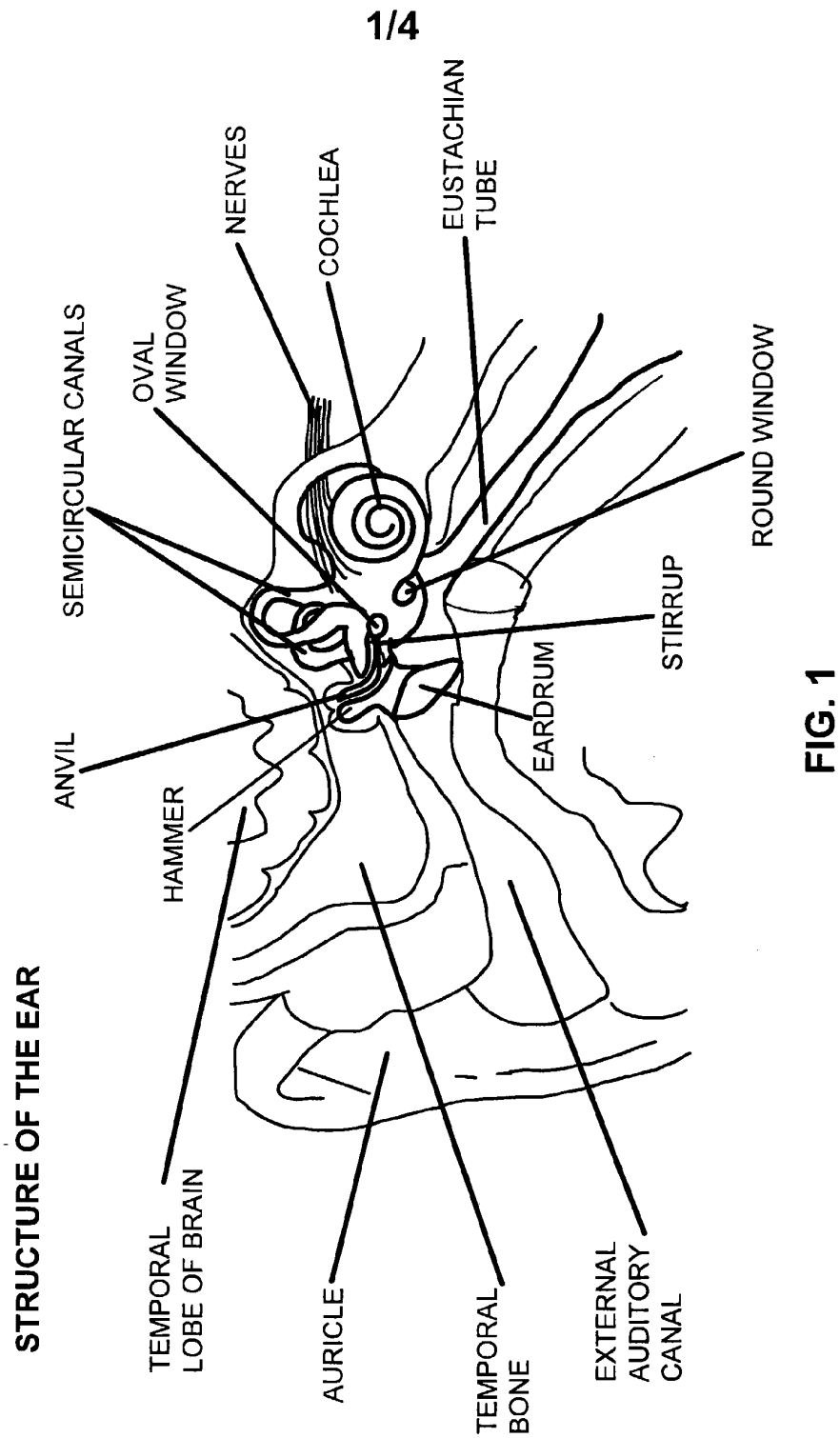
20. The system as recited in claim 19, wherein each filter in the first octave shares its coefficients with each filter in a corresponding position in the second octave.

21. A method for processing an audio signal, comprising the steps of:

- (a) providing a sequence of digital filters each configured to process a selected frequency;
- (b) providing each filter with coefficients for processing its selected frequency such that a first filter configured to process a first frequency shares its coefficients with a second filter configured to process a second frequency; and
- (c) applying the audio signal to the sequence of digital filters.

22. A computer program product for processing an audio signal, comprising a computer usable medium having machine readable code embodied therein for performing the steps of:

- (a) providing a sequence of digital filters each configured to process a selected frequency;
- (b) providing each filter with coefficients for processing its selected frequency such that a first filter configured to process a first frequency shares its coefficients with a second filter configured to process a second frequency; and
- (c) applying the audio signal to the sequence of digital filters.



2/4

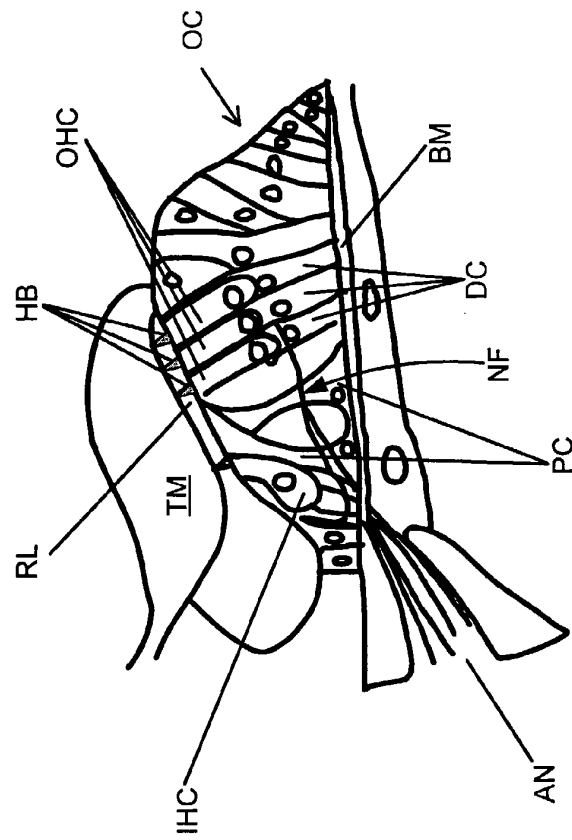


FIG. 2

3/4

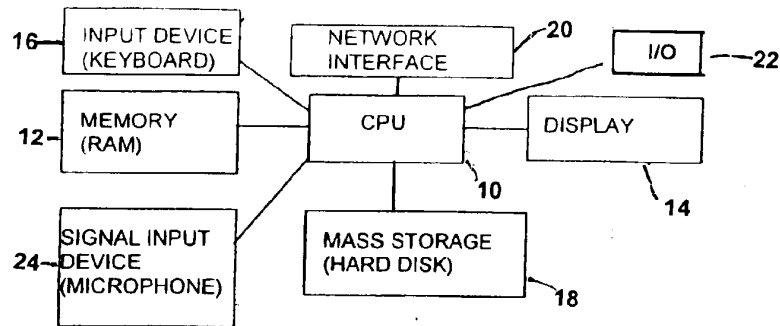


Figure 3

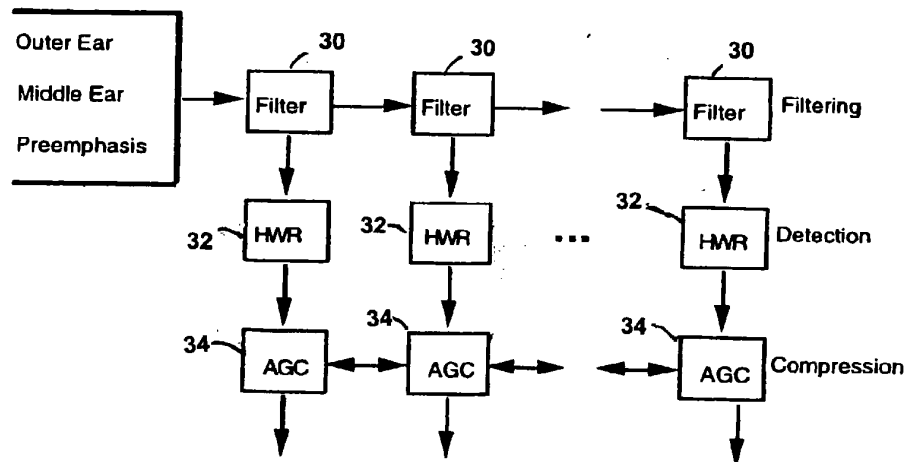


Figure 4

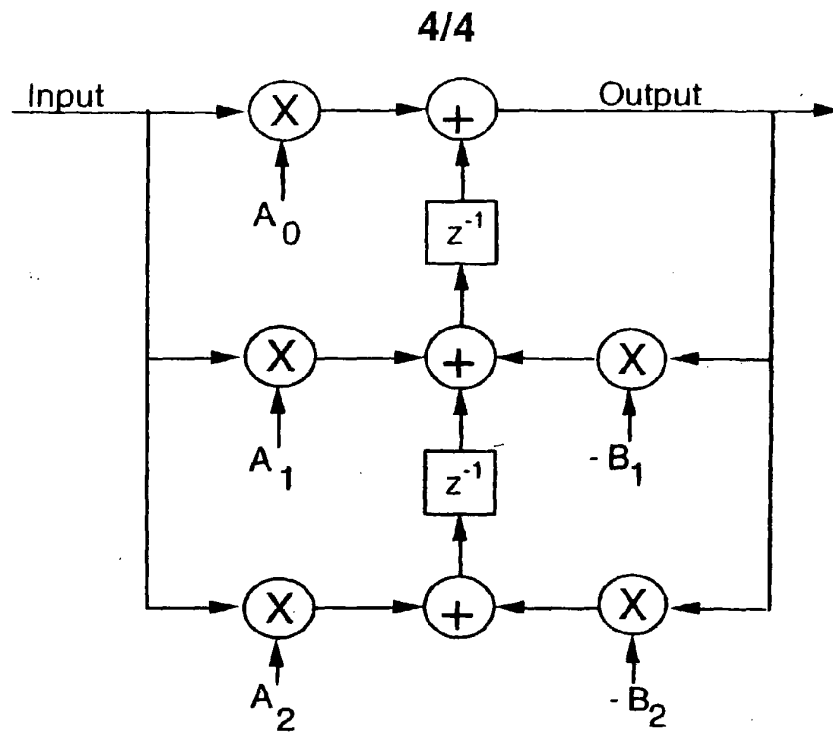


Figure 5

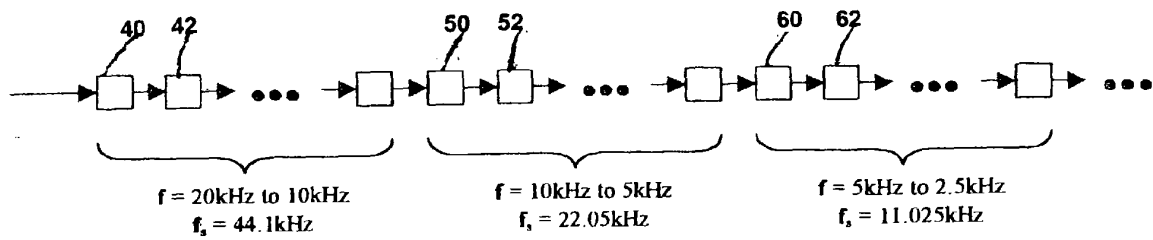


Figure 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US01/08372

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H04R 25/00

US CL : 381/312, 320

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 381/312, 320

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE Explore Web site**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), abstract, figure 1, column 2 lines 22-25	1-4, 12-14, 17, 21, 22
X	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), figures 2 and 4	1-4, 12-14, 17, 21, 22
X	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions on Signal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592	1-4, 12-14, 17, 21, 22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

18 May 2001 (18.05.2001)

Date of mailing of the international search report

08 JUN 2001

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks

Box PCT

Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Forester W. Ise

Telephone No. (703)305-4700

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
19 July 2007 (19.07.2007)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2007/081916 A2

(51) International Patent Classification:
H04R 3/00 (2006.01) **H04R 1/02** (2006.01)

(74) Agents: **KLOKE, Daniel** et al.; Carr & Ferrell LLP, 2200 Geng Road, Palo Alto, California 94303 (US).

(21) International Application Number:
PCT/US2007/000463

(22) International Filing Date: 5 January 2007 (05.01.2007)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/756,826 5 January 2006 (05.01.2006) US
11/343,524 30 January 2006 (30.01.2006) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **AUDIENCE, INC.** [US/US]; 1330 Villa Street, Mountain View, California 94041 (US).

(72) Inventors; and

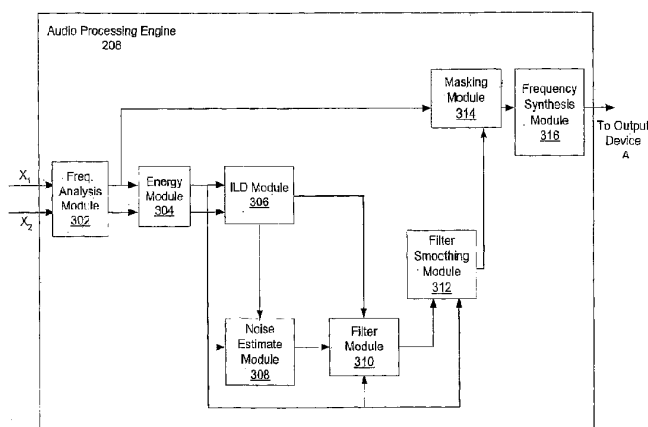
(75) Inventors/Applicants (for US only): **AVENDANO, Carlos** [US/US]; Audience, Inc., 1330 Villa Street, Mountain View, California 94041 (US). **SANTOS, Peter** [US/US]; Audience, Inc., 1330 Villa Street, Mountain View, California 94041 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LI, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING INTER-MICROPHONE LEVEL DIFFERENCES FOR SPEECH ENHANCEMENT



(57) Abstract: Systems and methods for utilizing inter-microphone level differences to attenuate noise and enhance speech are provided. In exemplary embodiments, energy estimates of acoustic signals received by a primary microphone and a secondary microphone are determined in order to determine an inter-microphone level difference (ILD). This ILD in combination with a noise estimate based only on a primary microphone acoustic signal allow a filter estimate to be derived. In some embodiments, the derived filter estimate may be smoothed. The filter estimate is then applied to the acoustic signal from the primary microphone to generate a speech estimate.

WO 2007/081916 A2

WO 2007/081916 A2**Published:**

— without international search report and to be republished
upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

**SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING INTER-MICROPHONE LEVEL
DIFFERENCES FOR SPEECH ENHANCEMENT**

By: Carlos Avendano and Peter Santos

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] Presently, there are numerous methods for reducing background noise in speech recordings made in adverse environments. One such method is to use two or more microphones on an audio device. These microphones are localized and allow the device to determine a difference between the microphone signals. For example, due to a space difference between the microphones, the difference in times of arrival of the signals from a speech source to the microphones may be utilized to localize the speech source. Once localized, the signals can be spatially filtered to suppress the noise originating from different directions.

[0002] Beamforming techniques utilizing a linear array of microphones may create an "acoustic beam" in a direction of the source, and thus can be used as spatial filters. This method, however, suffers from many disadvantages. First, it is necessary to identify the direction of the speech source. The time delay, however, is difficult to estimate due to such factors as reverberation which may create ambiguous or incorrect information. Second, the number of sensors needed to achieve adequate spatial filtering is generally large (e.g., more than two). Additionally, if the microphone array is used on a small device, such as a cellular phone, beamforming is more difficult at lower frequencies because the distance between the microphones of the array is small compared to the wavelength.

[0003] Spatial separation and directivity of the microphones provides not only arrival-time differences but also inter-microphone level differences (ILD) that can be more easily identified than time differences in some applications. Therefore, there is

WO 2007/081916

PCT/US2007/000463

a need for a system and method for utilizing ILD for noise suppression and speech enhancement.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0004] Embodiments of the present invention overcome or substantially alleviate prior problems associated with noise suppression and speech enhancement. In general, systems and methods for utilizing inter-microphone level differences (ILD) to attenuate noise and enhance speech are provided. In exemplary embodiments, the ILD is based on energy level differences.

[0005] In exemplary embodiments, energy estimates of acoustic signals received from a primary microphone and a secondary microphone are determined for each channel of a cochlea frequency analyzer for each time frame. The energy estimates may be based on a current acoustic signal and an energy estimate of a previous frame. Based on these energy estimates the ILD may be calculated.

[0006] The ILD information is used to determine time-frequency components where speech is likely to be present and to derive a noise estimate from the primary microphone acoustic signal. The energy and noise estimates allow a filter estimate to be derived. In one embodiment, a noise estimate of the acoustic signal from the primary microphone is determined based on minimum statistics of the current energy estimate of the primary microphone signal and a noise estimate of the previous frame. In some embodiments, the derived filter estimate may be smoothed to reduce acoustic artifacts.

[0007] The filter estimate is then applied to the cochlea representation of the acoustic signal from the primary microphone to generate a speech estimate. The speech estimate is then converted into time domain for output. The conversion may be performed by applying an inverse frequency transformation to the speech estimate.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0008] FIG. 1a and 1b are diagrams of two environments in which embodiments of the present invention may be practiced;

[0009] FIG. 2 is a block diagram of an exemplary communication device implementing embodiments of the present invention;

[0010] FIG. 3 is a block diagram of an exemplary audio processing engine; and

[0011] FIG. 4 is a flowchart of an exemplary method for utilizing inter-microphone level differences to enhance speech.

DESCRIPTION OF EXEMPLARY EMBODIMENTS

[0012] The present invention provides exemplary systems and methods for recording and utilizing inter-microphone level differences to identify time frequency regions dominated by speech in order to attenuate background noise and far-field distractors. Embodiments of the present invention may be practiced on any communication device that is configured to receive sound such as, but not limited to, cellular phones, phone handsets, headsets, and conferencing systems. Advantageously, exemplary embodiments are configured to provide improved noise suppression on small devices where prior art microphone arrays will not function well. While embodiments of the present invention will be described in reference to operation on a cellular phone, the present invention may be practiced on any communication device.

[0013] Referring to FIG. 1a and 1b, environments in which embodiments of the present invention may be practiced are shown. A user provides an audio (speech) source 102 to a communication device 104. The communication device 104 comprises at least two microphones: a primary microphone 106 relative to the audio source 102 and a secondary microphone 108 located a distance away from the primary microphone 106. In exemplary embodiments, the microphones 106 and 108 are omni-directional microphones. Alternative embodiments may utilize other forms of microphones or acoustic sensors.

[0014] While the microphones 106 and 108 receive sound information from the speech source 102, the microphones 106 and 108 also pick up noise 110. While the noise 110 is shown coming from a single location, the noise may comprise any sounds from one or more locations different than the speech and may include reverberations and echoes.

[0015] Embodiments of the present invention exploit level differences (e.g., energy differences) between the two microphones 106 and 108 independent of how the level differences are obtained. In FIG. 1a because the primary microphone 106 is much closer to the speech source 102 than the secondary microphone 108, the intensity level is

higher for the primary microphone 106 resulting in a larger energy level during a speech/voice segment. In FIG. 1b, because directional response of the primary microphone 106 is highest in the direction of the speech source 102 and directional response of the secondary microphone 108 is lower in the direction of the speech source 102, the level difference is highest in the direction of the speech source 102 and lower elsewhere.

[0016] The level differences may then be used to discriminate speech and noise in the time-frequency domain. Further embodiments may use a combination of energy level difference and time delays to discriminate speech. Based on binaural cue decoding, speech signal extraction or speech enhancement may be performed.

[0017] Referring now to FIG. 2, the exemplary communication device 104 is shown in more detail. The exemplary communication device 200 is an audio receiving device that comprises a processor 202, the primary microphone 106, the secondary microphone 108, an audio processing engine 204, and an output device 206. The communication device 104 may comprise further components necessary for communication device 104 operation, but not related to noise suppression or speech enhancement. The audio processing engine 204 will be discussed in more details in connection with FIG. 3.

[0018] As previously discussed, the primary and secondary microphones 106 and 108, respectively, are spaced a distance apart in order to allow for an energy level difference between them. It should be noted that the microphones 106 and 108 may comprise any type of acoustic receiving device or sensor, and may be omni-directional, unidirectional, or have other directional characteristics or polar patterns. Once received by the microphones 106 and 108, the acoustic signals are converted by an analog-to-digital converter (not shown) into digital signals for processing in accordance with some embodiments. In order to differentiate the acoustic signals, the acoustic signal received by the primary microphone 106 is herein referred to as the primary acoustic signal, while the acoustic signal received by the secondary microphone 108 is herein referred to as the secondary acoustic signal.

[0019] The output device 206 is any device which provides an audio output to the user. For example, the output device 206 may be an earpiece of a headset or handset, or a speaker on a conferencing device.

[0020] FIG. 3 is a detailed block diagram of the exemplary audio processing engine 204, according to one embodiment of the present invention. In one embodiment, the acoustic signals (i.e., X_1 and X_2) received from the primary and secondary microphones 106 and 108 (FIG. 2) are converted to digital signals and forwarded to a frequency analysis module 302. In one embodiment, the frequency analysis module 302 takes the acoustic signals and mimics a cochlea implementation (i.e., cochlea domain) using a filter bank. Alternatively, other filter banks such as short-time Fourier transform (STFT), sub-band filter banks, modulated complex lapped transforms, wavelets, etc. can be used for the frequency analysis and synthesis. Because most sounds (e.g., acoustic signal) are complex and comprise more than one frequency, a sub-band analysis on the acoustic signal determines what individual frequencies are present in the complex acoustic signal during a frame (i.e., a predetermined period of time). In one embodiment, the frame is 4ms long.

[0021] Once the frequencies are determined, the signals are forwarded to an energy module 304 which computes energy level estimates during an interval of time. The energy estimate may be based on bandwidth of the cochlea channel and the acoustic signal. The exemplary energy module 304 is a component which, in some embodiments, can be represented mathematically. Thus, the energy level of the acoustic signal received at the primary microphone 106 may be approximated, in one embodiment, by the following equation

$$E_1(t, \omega) = \lambda_E |X_1(t, \omega)|^2 + (1 - \lambda_E) E_1(t-1, \omega)$$

where λ_E is a number between zero and one that determines an averaging time constant, $X_1(t, \omega)$ is the acoustic signal of the primary microphone 106 in the cochlea domain, ω represents the frequency, and t represents time. As shown, a present energy level of the primary microphone 106, $E_1(t, \omega)$, is dependent upon a previous energy level

of the primary microphone 106, $E_1(t-1, \omega)$. In some other embodiments, the value of λ_E can be different for different frequency channels. Given a desired time constant T (e.g., 4 ms) and the sampling frequency f_s (e.g. 16 kHz), the value of λ_E can be approximated as

$$\lambda_E = 1 - e^{-\frac{1}{Tf_s}}$$

[0022] The energy level of the acoustic signal received from the secondary microphone 108 may be approximated by a similar exemplary equation

$$E_2(t, \omega) = \lambda_E |X_2(t, \omega)|^2 + (1 - \lambda_E) E_2(t-1, \omega)$$

where $X_2(t, \omega)$ is the acoustic signal of the secondary microphone 108 in the cochlea domain. Similar to the calculation of energy level for the primary microphone 106, energy level for the secondary microphone 108, $E_2(t, \omega)$, is dependent upon a previous energy level of the secondary microphone 108, $E_2(t-1, \omega)$.

[0023] Given the calculated energy levels, an inter-microphone level difference (ILD) may be determined by an ILD module 306. The ILD module 306 is a component which may be approximated mathematically, in one embodiment, as

$$ILD(t, \omega) = \left[1 - 2 \frac{E_1(t, \omega) E_2(t, \omega)}{E_1^2(t, \omega) + E_2^2(t, \omega)} \right] * \text{sign}(E_1(t, \omega) - E_2(t, \omega))$$

where E_1 is the energy level of the primary microphone 106 and E_2 is the energy level of the secondary microphone 108, both of which are obtained from the energy module 304. This equation provides a bounded result between -1 and 1. For example, ILD goes to 1 when the E_2 goes to 0, and ILD goes to -1 when E_1 goes to 0. Thus, when the speech source is close to the primary microphone 106 and there is no noise, ILD = 1, but as more noise is added, the ILD will change. Further, as more noise is picked up by both of the microphones 106 and 108, it becomes more difficult to discriminate speech from noise.

[0024] The above equation is desirable over an ILD calculated via a ratio of the energy levels, such as $ILD(t, \omega) = \frac{E_1(t, \omega)}{E_2(t, \omega)}$, where ILD is not bounded and may go to infinity as the energy level of the primary microphone gets smaller.

[0025] In an alternative embodiment, the ILD may be approximated by

$$ILD(t, \omega) = \frac{E_1(t, \omega) - E_2(t, \omega)}{E_1(t, \omega) + E_2(t, \omega)}.$$

Here, the ILD calculation is also bounded between -1 and 1. Therefore, this alternative ILD calculation may be used in one embodiment of the present invention.

[0026] According to an exemplary embodiment of the present invention, a Wiener filter is used to suppress noise/enhance speech. In order to derive a Wiener filter estimate, however, specific inputs are required. These inputs comprise a power spectral density of noise and a power spectral density of the source signal. As such, a noise estimate module 308 may be provided to determine a noise estimate for the acoustic signals.

[0027] According to exemplary embodiments, the noise estimate module 308 attempts to estimate the noise components in the microphone signals. In exemplary embodiments, the noise estimate is based only on the acoustic signal received by the primary microphone 106. The exemplary noise estimate module 308 is a component which can be approximated mathematically by

$$N(t, \omega) = \lambda_t(t, \omega)E_1(t, \omega) + (1 - \lambda_t(t, \omega))\min[N(t-1, \omega), E_1(t, \omega)]$$

according to one embodiment of the present invention. As shown, the noise estimate in this embodiment is based on minimum statistics of a current energy estimate of the primary microphone 106, $E_1(t, \omega)$ and a noise estimate of a previous time frame, $N(t-1, \omega)$. Therefore the noise estimation is performed efficiently and with low latency.

[0028] $\lambda_t(t, \omega)$ in the above equation is derived from the ILD approximated by the ILD module 306, as

$$\lambda_t(t, \omega) = \begin{cases} \approx 0 & \text{if } ILD(t, \omega) < threshold \\ \approx 1 & \text{if } ILD(t, \omega) > threshold \end{cases}$$

That is, when speech at the primary microphone 106 is smaller than a threshold value (e.g., $threshold = 0.5$) above which speech is expected to be, λ_t is small, and thus the noise estimator follows the noise closely. When ILD starts to rise (e.g., because speech is detected), however, λ_t increases. As a result, the noise estimate module 308 slows down

the noise estimation process and the speech energy does not contribute significantly to the final noise estimate. Therefore, exemplary embodiments of the present invention may use a combination of minimum statistics and voice activity detection to determine the noise estimate.

[0029] A filter module 310 then derives a filter estimate based on the noise estimate. In one embodiment, the filter is a Wiener filter. Alternative embodiments may contemplate other filters. Accordingly, the Wiener filter approximation may be approximated, according to one embodiment, as

$$W = \left(\frac{P_s}{P_s + P_n} \right)^\alpha$$

, where P_s is a power spectral density of speech and P_n is a power spectral density of noise. According to one embodiment, P_n is the noise estimate, $N(t, \omega)$, which is calculated by the noise estimate module 308. In an exemplary embodiment, $P_s = E_1(t, \omega) - \beta N(t, \omega)$, where $E_1(t, \omega)$ is the energy estimate of the primary microphone 106 from the energy module 304, and $N(t, \omega)$ is the noise estimate provided by the noise estimate module 308. Because the noise estimate changes with each frame, the filter estimate will also change with each frame.

[0030] β is an over-subtraction term which is a function of the ILD. β compensates bias of minimum statistics of the noise estimate module 308 and forms a perceptual weighting. Because time constants are different, the bias will be different between portions of pure noise and portions of noise and speech. Therefore, in some embodiments, compensation for this bias may be necessary. In exemplary embodiments, β is determined empirically (e.g., 2-3 dB at a large ILD, and is 6-9 dB at a low ILD).

[0031] α in the above exemplary Wiener filter equation is a factor which further suppresses the noise estimate. α can be any positive value. In one embodiment, nonlinear expansion may be obtained by setting α to 2. According to exemplary embodiments, α is determined empirically and applied when a body of $W = \left(\frac{P_s}{P_s + P_n} \right)$

falls below a prescribed value (e.g., 12 dB down from the maximum possible value of W , which is unity).

[0032] Because the Wiener filter estimation may change quickly (e.g., from one frame to the next frame) and noise and speech estimates can vary greatly between each frame, application of the Wiener filter estimate, as is, may result in artifacts (e.g., discontinuities, blips, transients, etc.). Therefore, an optional filter smoothing module 312 is provided to smooth the Wiener filter estimate applied to the acoustic signals as a function of time. In one embodiment, the filter smoothing module 312 may be mathematically approximated as

$$M(t, \omega) = \lambda_s(t, \omega)W(t, \omega) + (1 - \lambda_s(t, \omega))M(t-1, \omega)$$

, where λ_s is a function of the Wiener filter estimate and the primary microphone energy, E_1 .

[0033] As shown, the filter smoothing module 312, at time (t) will smooth the Wiener filter estimate using the values of the smoothed Wiener filter estimate from the previous frame at time (t-1). In order to allow for quick response to the acoustic signal changing quickly, the filter smoothing module 312 performs less smoothing on quick changing signals, and more smoothing on slower changing signals. This is accomplished by varying the value of λ_s according to a weighed first order derivative of E_1 with respect to time. If the first order derivative is large and the energy change is large, then λ_s is set to a large value. If the derivative is small then λ_s is set to a smaller value.

[0034] After smoothing by the filter smoothing module 312, the primary acoustic signal is multiplied by the smoothed Wiener filter estimate to estimate the speech. In the above Wiener filter embodiment, the speech estimate is approximated by $S(t, \omega) = X_1(t, \omega) * M(t, \omega)$, where X_1 is the acoustic signal from the primary microphone 106. In exemplary embodiments, the speech estimation occurs in a masking module 314.

[0035] Next, the speech estimate is converted back into time domain from the cochlea domain. The conversion comprises taking the speech estimate, $S(t, \omega)$, and multiplying this with an inverse frequency of the cochlea channels in a frequency synthesis module 316. Once conversion is completed, the signal is output to user.

[0036] It should be noted that the system architecture of the audio processing engine 204 of FIG. 3 is exemplary. Alternative embodiments may comprise more components, less components, or equivalent components and still be within the scope of embodiments of the present invention. Various modules of the audio processing engine 208 may be combined into a single module. For example, the functionalities of the frequency analysis module 302 and energy module 304 may be combined into a single module. Furthermore, the functions of the ILD module 306 may be combined with the functions of the energy module 304 alone, or in combination with the frequency analysis module 302. As a further example, the functionality of the filter module 310 may be combined with the functionality of the filter smoothing module 312.

[0037] Referring now to FIG. 4, a flowchart 400 of an exemplary method for noise suppression utilizing inter-microphone level differences is shown. In step 402, audio signals are received by a primary microphone 106 and a secondary microphone 108 (FIG. 2). In exemplary embodiments, the acoustic signals are converted to digital format for processing.

[0038] Frequency analysis is then performed on the acoustic signals by the frequency analysis module 302 (FIG. 3) in step 404. According to one embodiment, the frequency analysis module 302 utilizes a filter bank to determine individual frequencies present in the complex acoustic signal.

[0039] In step 406, energy estimates for acoustic signals received at both the primary and secondary microphones 106 and 108 are computed. In one embodiment, the energy estimates are determined by an energy module 304 (FIG. 3). The exemplary energy module 304 utilizes a present acoustic signal and a previously calculated energy estimate to determine the present energy estimate.

[0040] Once the energy estimates are calculated, inter-microphone level differences (ILD) are computed in step 408. In one embodiment, the ILD is calculated based on the energy estimates of both the primary and secondary acoustic signals. In exemplary embodiments, the ILD is computed by the ILD module 306 (FIG. 3).

[0041] Based on the calculated ILD, noise is estimated in step 410. According to embodiments of the present invention, the noise estimate is based only on the acoustic signal received at the primary microphone 106. The noise estimate may be based on the present energy estimate of the acoustic signal from the primary microphone 106 and a previously computed noise estimate. In determining the noise estimate, the noise estimation is frozen or slowed down when the ILD increases, according to exemplary embodiments of the present invention.

[0042] In step 412, a filter estimate is computed by the filter module 310 (FIG. 3). In one embodiment, the filter used in the audio processing engine 204 (FIG. 3) is a Wiener filter. Once the filter estimate is determined, the filter estimate may be smoothed in step 414. Smoothing prevents fast fluctuations which may create audio artifacts. The smoothed filter estimate is applied to the acoustic signal from the primary microphone 106 in step 416 to generate a speech estimate.

[0043] In step 418, the speech estimate is converted back to the time domain. Exemplary conversion techniques apply an inverse frequency of the cochlea channel to the speech estimate. Once the speech estimate is converted, the audio signal may now be output to the user in step 420. In some embodiments, the digital acoustic signal is converted to an analog signal for output. The output may be via a speaker, earpieces, or other similar devices.

[0044] The above-described modules can be comprised of instructions that are stored on storage media. The instructions can be retrieved and executed by the processor 202 (FIG. 2). Some examples of instructions include software, program code, and firmware. Some examples of storage media comprise memory devices and integrated circuits. The instructions are operational when executed by the processor 202 to direct the processor 202 to operate in accordance with embodiments of the

present invention. Those skilled in the art are familiar with instructions, processor(s), and storage media.

[0045] The present invention is described above with reference to exemplary embodiments. It will be apparent to those skilled in the art that various modifications may be made and other embodiments can be used without departing from the broader scope of the present invention. Therefore, these and other variations upon the exemplary embodiments are intended to be covered by the present invention.

CLAIMS

What is claimed is:

1. A method for enhancing speech, comprising:
 - receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;
 - determining a filter estimate during a frame, the filter estimate based on a noise estimate of the primary acoustic signal, an energy estimate of the primary acoustic signal, and an inter-microphone level difference based on the primary and secondary acoustic signals; and
 - applying the filter estimate to the primary acoustic signal to produce a speech estimate.
2. The method of claim 1 further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during the frame.
3. The method of claim 2 wherein the energy estimate of the primary acoustic signal is approximated as $E_1(t, \omega) = \lambda_E |X_1(t, \omega)|^2 + (1 - \lambda_E) E_1(t-1, \omega)$.
4. The method of claim 2 wherein the energy estimate of the secondary acoustic signal is approximated as $E_2(t, \omega) = \lambda_E |X_2(t, \omega)|^2 + (1 - \lambda_E) E_2(t-1, \omega)$.
5. The method of claim 2 further comprising using the energy estimates to determine the inter-microphone level difference for the frame.
6. The method of claim 5 wherein the inter-microphone level difference is approximated by $ILD(t, \omega) = \left[1 - 2 \frac{E_1(t, \omega) E_2(t, \omega)}{E_1^2(t, \omega) + E_2^2(t, \omega)} \right] * \text{sign}(E_1(t, \omega) - E_2(t, \omega))$.

7. The method of claim 5 wherein the inter-microphone level difference is approximated by $ILD(t, \omega) = \frac{E_1(t, \omega) - E_2(t, \omega)}{E_1(t, \omega) + E_2(t, \omega)}$.
8. The method of claim 1 wherein the noise estimate is based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference.
9. The method of claim 8 wherein the noise estimate is approximated as $N(t, \omega) = \lambda_l(t, \omega)E_1(t, \omega) + (1 - \lambda_l(t, \omega))\min[N(t-1, \omega), E_1(t, \omega)]$.
10. The method of claim 1 further comprising smoothing the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.
11. The method of claim 10 wherein the smoothing is approximated as $M(t, \omega) = \lambda_s(t, \omega)W(t, \omega) + (1 - \lambda_s(t, \omega))M(t-1, \omega)$.
12. The method of claim 1 further comprising converting the speech estimate to a time domain.
13. The method of claim 1 further comprising outputting the speech estimate to a user.
14. The method of claim 1 wherein the filter estimate is based on a Wiener filter.
15. A system for enhancing speech on a device, comprising:
 - a primary microphone configured to receive a primary acoustic signal;
 - a secondary microphone located a distance away from the primary microphone and configured to receive a secondary acoustic signal; and

an audio processing engine configured to enhance speech received at the primary microphone, the audio processing engine comprising

- a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the primary acoustic signal
- and an inter-microphone level difference; and
- a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal to generate a filtered acoustic signal, the filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

16. The system of claim 15 wherein the audio processing engine further comprises an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the primary and secondary acoustic signals.

17. The system of claim 15 wherein the audio processing engine further comprises an inter-microphone level difference module configured to determine the inter-microphone level difference.

18. The system of claim 15 wherein the audio processing engine further comprises a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

19. The system of claim 15 wherein the audio processing engine further comprises a masking module configured to determine the speech estimate.

20. A computer readable medium having embodied thereon a program, the program being executable by a machine to perform a method for enhancing speech on a device, the method comprising:

- receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

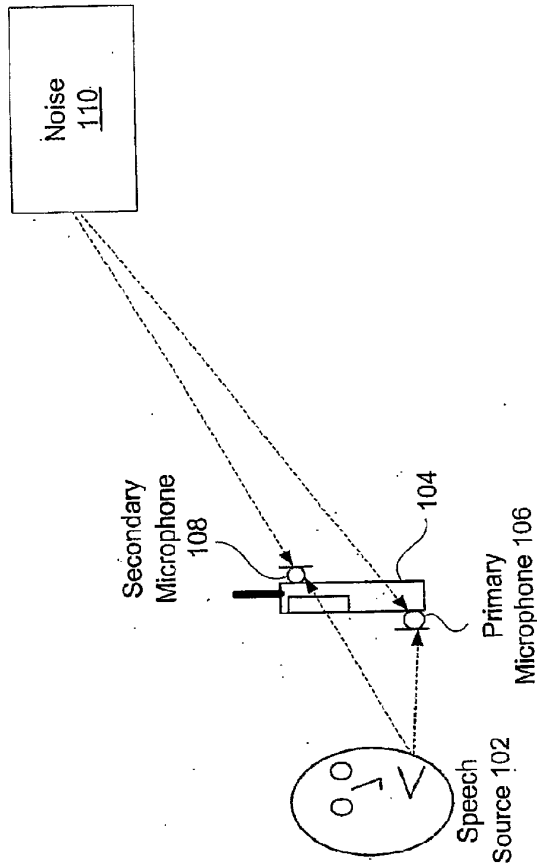
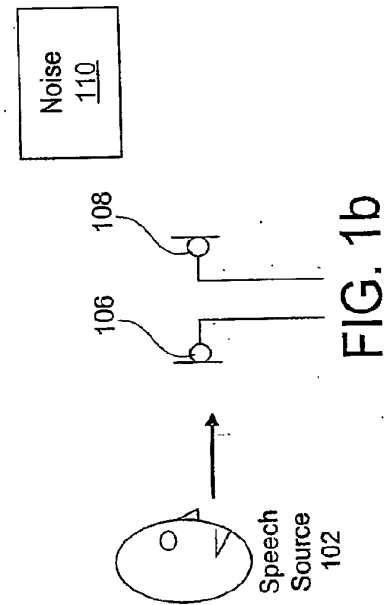
- determining an energy estimate over a frame for each of the acoustic signals;

- using the energy estimates to determine an inter-microphone level difference for the frame;

- generating a noise estimate based on the energy estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference;

- calculating a filter estimate based on the noise estimate and the inter-microphone level difference; and

- applying the filter estimate to the primary acoustic signal to produce a speech estimate.



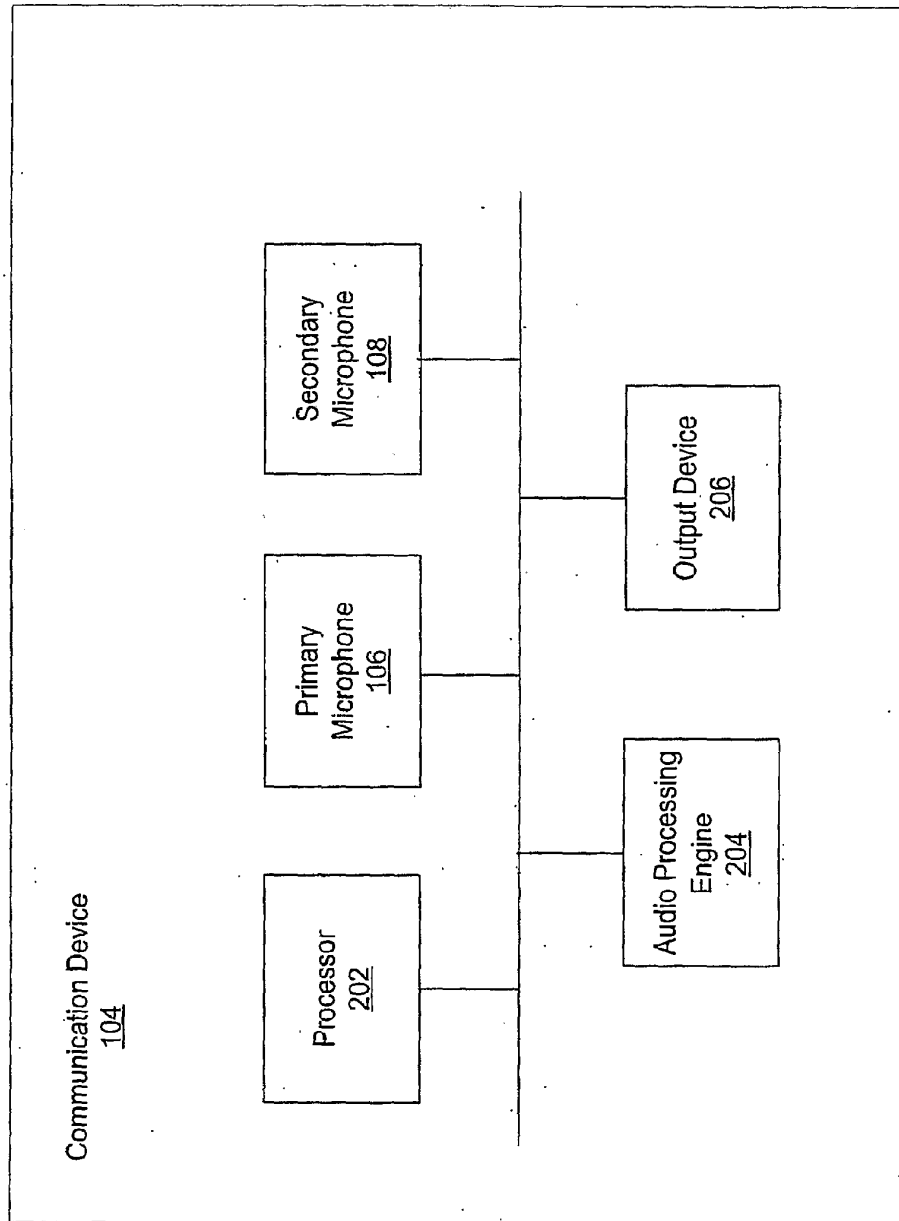


FIG. 2

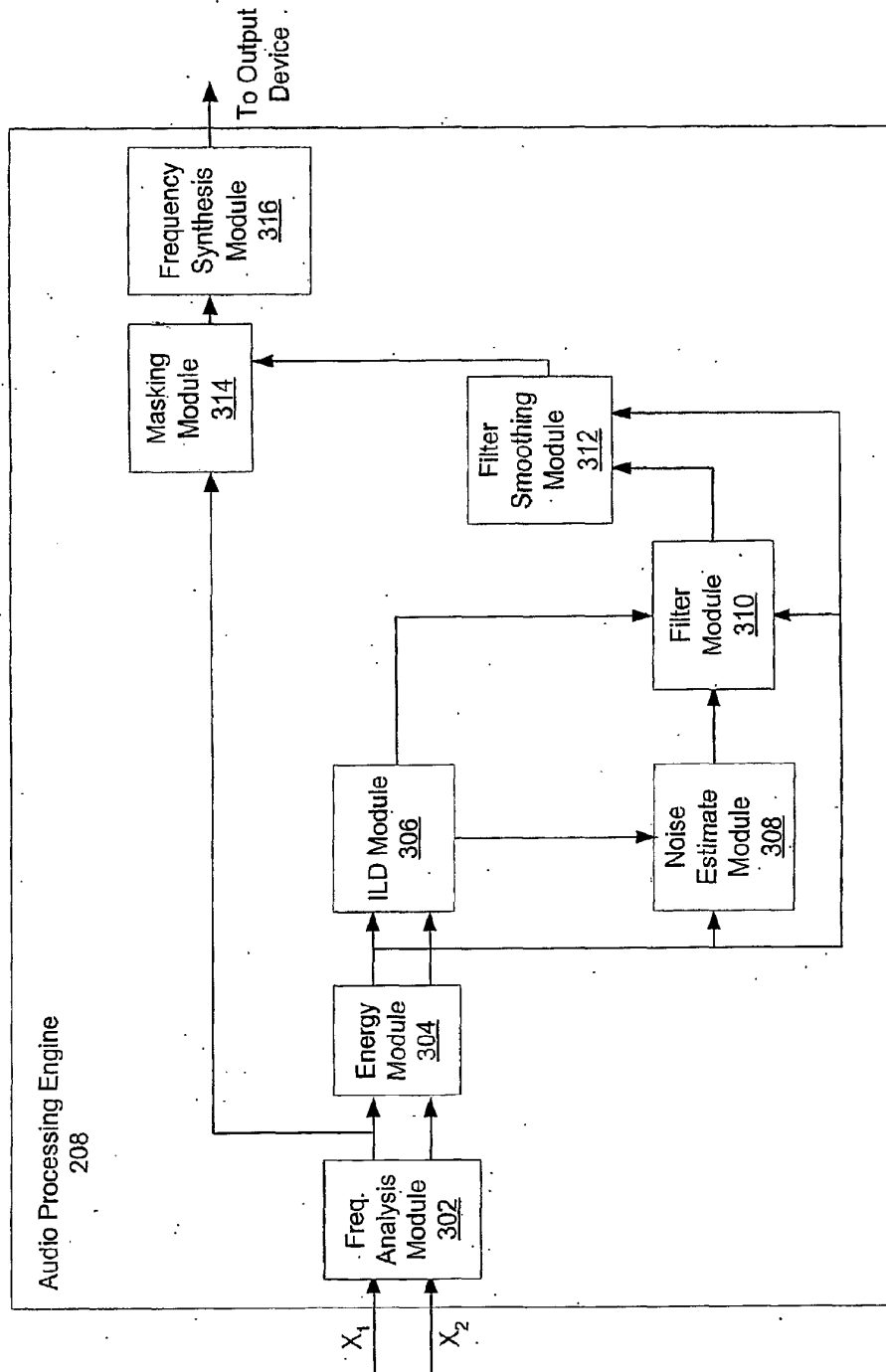


FIG. 3

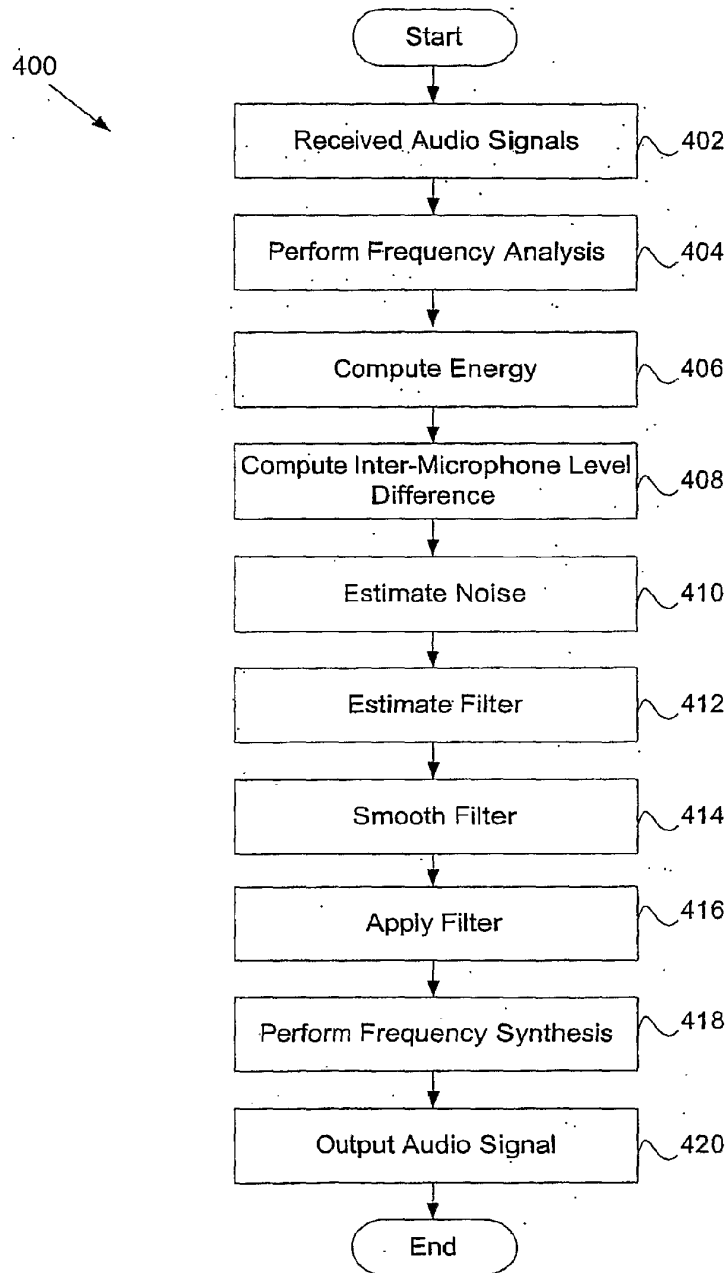


FIG. 4

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-249693

(43)Date of publication of application : 17.09.1999

(51)Int.Cl. G10L 3/02
G10L 9/00

(21)Application number : 10-049725

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 02.03.1998

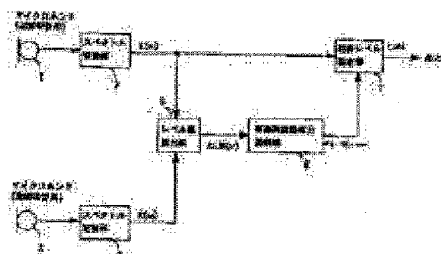
(72)Inventor : TAKANO TOMOHIRO
MATSUI HIROYUKI

(54) SOUND COLLECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To separate/detect only the level of an ambient noise or only a target signal level even when the target signal sound collected by an air guide microphone is mixed with the ambient noise.

SOLUTION: Signals almost containing an ambient noise collected by microphones 1, 2 positioned adjacent to the sound source of a target signal and positioned apart from the second source of the target signal are converted respectively to spectra by spectrum conversion parts 3, 4, and the frequency component excepting the target signal, or the predominant frequency component of the target signal is separated/detected respectively from a level difference of an amplitude spectrum at every frequency component, and the noise level or the target signal level are separated/detected respectively from respective spectrum intensity.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-249693

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
G 1 0 L 3/02	3 0 1	G 1 0 L 3/02 3 0 1 E
9/00		9/00 F
		E

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-49725

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月2日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 高野 智大

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 松井 弘行

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

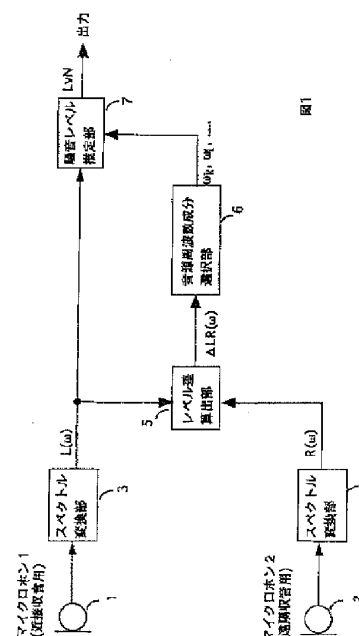
(74) 代理人 弁理士 草野 卓

(54) 【発明の名称】 収音装置

(57) 【要約】

【課題】 気導マイクロホンにより収音された目的信号が周囲騒音に埋もれていても周囲騒音のレベルのみまたは目的信号のレベルのみを分離検出可能とする。

【解決手段】 目的信号の音源に近い位置と、前記位置より目的信号の音源から離れた位置に設置されたマイクロホン(1, 2)により収音された周囲騒音をほぼ同様に含む信号を各々スペクトルに変換し(3, 4)、各周波数成分ごとの振幅スペクトルのレベル差(5)から、目的信号以外の周波数成分、または目的信号の支配的な周波数成分について、そのスペクトル強度から各々騒音レベル、または目的信号のレベルを分離検出する。



(2)

特開平11-249693

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 目的信号の音源に近い位置に設置された第1マイクロホンと、
前記位置より前記目的信号の音源から離れた位置に設置された第2マイクロホンと、
前記第1、第2マイクロホンの各々の出力信号を振幅スペクトルに変換する第

1、第2スペクトル変換手段と、

前記第1、第2スペクトル変換手段から出力される各周波数成分ごとの振幅スペクトルについて、これらレベル差をそれぞれ計算するレベル差算出手段と、
前記レベル差算出手段により出力される各周波数成分ごとのレベル差と、予め設定されたしきい値とを比較し、目的信号が支配的な周波数成分か否かを判定する音源周波数成分選択手段と、

前記スペクトル変換手段から出力される出力信号の振幅スペクトルから、前記音源周波数成分選択手段により目的信号が支配的と判定されなかった周波数成分を抽出し、その振幅スペクトルから目的信号以外の騒音の振幅スペクトルを推定するスペクトル推定手段とを有することを特徴とする收音装置。

【請求項2】 上記スペクトル推定手段で推定された騒音の振幅スペクトルから騒音レベルを推定する手段を有することを特徴とする請求項1記載の收音装置。

【請求項3】 目的信号の音源に近い位置に設置された第1マイクロホンと、
前記位置より前記目的信号の音源から離れた位置に設置された第2マイクロホンと、

前記第1、第2マイクロホンの各々の出力信号を振幅スペクトルに変換する第1、第2スペクトル変換手段と、
前記第1、第2スペクトル変換手段から出力される各周波数成分ごとの振幅スペクトルについて、レベル差をそれぞれ計算するレベル差算出手段と、

前記レベル差算出手段により出力される各周波数成分ごとのレベル差と、予め設定されたしきい値とを比較し、目的信号が支配的な周波数成分か否かを判定する音源周波数成分選択手段と、

前記スペクトル変換手段から出力される出力信号の振幅スペクトルから、前記音源周波数成分選択手段により目的信号が支配的と判定された周波数成分を抽出し、その振幅スペクトルから目的信号の振幅スペクトルあるいは出力レベルを推定する音源レベル推定手段とを有することを特徴とする收音装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、周囲騒音が混在した音源信号に対して、周囲騒音のみのレベル、または目的とする音源のみのレベルを検出する收音装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般に音声会議装置や録音装置での收音装置においては、目的とする信号と周囲騒音が同時に入力され、目的とする信号レベルと周囲騒音のレベルを分離して検出することは困難であった。従来、一部の音声会議装置や拡声電話機の中に、音声の周期性と騒音の非周期性を利用し、零交叉数等から音声の発声又は非発声区間を検出し、騒音の抑圧等を行っているものがある。しかし、これらは、目的とする信号は音声、周囲騒音は非音声である必要があるため、共に周期性のある音声等の信号の場合は誤検出し、性能を著しく劣化させるという問題があった。即ち、目的とする信号や周囲騒音の音源が、周期性等での相違がないと、各々の信号レベルを分離検出することができないため、適用範囲を限定して利用せざるを得ないという問題があった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 この発明の目的は、目的信号と周囲騒音が周期性等の相違がない音源であっても、各々の信号レベルを分離して検出可能な收音装置を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】 請求項1記載の発明は、目的信号の音源に近い位置に設置された第1マイクロホンと、前記位置より目的信号の音源から離れた位置に設置された第2マイクロホンの各々の出力信号が第1、第2スペクトル変換手段により、振幅スペクトルに変換され、各周波数成分ごとにこれら振幅スペクトル間のレベル差がレベル差算出手段で計算され、各周波数成分ごとのこのレベル差と、予め設定されたしきい値とが音源周波数成分選択手段で比較され、目的信号が支配的な周波数成分か否かの判定がなされ、前記スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルから、前記目的信号が支配的と判定されなかった周波数成分が騒音振幅スペクトル推定手段により抽出され、つまり目的信号以外の騒音の振幅スペクトルが抽出される。請求項2の発明では請求項1の発明で抽出された騒音の振幅スペクトルから騒音の出力レベルが騒音レベル推定手段により推定される。

【0005】 請求項3記載の発明は、請求項1の発明と、音源周波数成分選択手段により、目的信号が支配的な周波数成分か否かを判定する構成までは同一である。請求項3の発明では前記スペクトル変換手段から出力される振幅スペクトルから、目的信号が支配的と判定された周波数成分が音源レベル推定手段により抽出され、その振幅スペクトルから目的信号の振幅スペクトルあるいは出力がレベル推定される。

作用

請求項1乃至請求項3記載の各発明においては、目的信号の音源に近い位置と、前記位置より目的信号の音源から離れた位置に設置されたマイクロホンの振幅スペクトルのレベル差によって目的信号が支配的な周波数成分か否かの判定が行われる。この発明の装置構成では、目的

3

信号について、その音源は一方のマイクロホンより他方のマイクロホンに近く、かつ騒音源は両マイクロホンから可成り離れている状況を想定しているため、2つのマイクロホンの間で安定したレベル差が生じる。一方、周囲騒音については、その音源とマイクロホンの間の距離は、目的信号の音源とマイクロホンの間の距離に比べて長くなると考えてよく、このため、目的信号によって生じるレベル差は、騒音によって生じるレベル差よりも常に大きくなると考えられる。

【0006】この発明では、上記のように2つのマイクロホンに生じるレベル差が目的信号と騒音とで異なる点に着目して、目的信号が支配的と判定されなかった周波数成分と目的信号が支配的と判定された周波数成分とを分離して、その振幅スペクトルより騒音の振幅スペクトルあるいは目的とする音源の出力レベルを推定する。このように、この発明では音源の周期性等の相違を利用していないため、これらの制約がない目的信号、周囲騒音にも適用できる。

【0007】

【発明の実施の形態】実施例1

図1は請求項2の発明の実施例の機能構成を示し、図5に請求項2の発明の実施例の処理手順を示す。マイクロホン1は目的信号の音源に近い位置に在り、マイクロホン2はマイクロホン1より前記目的信号の音源より遠い位置に設けられ、マイクロホン1と2には遠方の騒音などの雑音がほぼ等振幅で到達する。

【0008】マイクロホン1、2に騒音が重畳した目的信号が各々取り込まれ、それらをデジタル信号として読み込む（S02）。読み込まれたマイクロホン1、2の信号を以下では、L、Rとする。スペクトル変換部3、4では、取り込んだ信号L、Rをスペクトル $L(\omega_h)$ 、 $R(\omega_h)$ （ $h=1, 2, \dots, n$ ）に変換する（S03）。この変換は、例えば離散的フーリエ変換によって実行される。

【0009】レベル差算出部5では、 $L(\omega_h)$ 、 $R(\omega_h)$ の各周波数成分について、以下の式で与えられるレベル差 $\Delta LR(\omega_h)$ を計算する（S04）。

$$\Delta LR(\omega_h) = 20 \log_{10} (|L(\omega_h)| / |R(\omega_h)|)$$

上式中の $|L(\omega_h)|$ 、 $|R(\omega_h)|$ は、各々L、R信号の振幅スペクトル成分を表わす。

【0010】音源周波数成分選択部6では、各周波数成分について $\Delta LR(\omega_h)$ と予め設定されたしきい値 $Th(\omega_h)$ との大小関係より、目的信号が支配的な周波数成分の選択を行う。目的信号が支配的な周波数成分か否かの判定条件は例えば以下の式によって決定される（S05）。

$\Delta LR(\omega_h) > Th(\omega_h) \rightarrow$ 目的信号が支配的
 $\Delta LR(\omega_h) \leq Th(\omega_h) \rightarrow$ 目的信号が支配的でない

(3)

特開平11-249693

4

つまり、マイクロホン1、2の各出力L、Rは目的信号に対してはそのスペクトル中に有意な差をもつものが表われるが、騒音については、そのスペクトルの大部分はほぼ等しく、 $\Delta LR(\omega_h)$ は小さい値となる。

【0011】騒音レベル推定部7では、 $L(\omega_h)$ （ $h=1, 2, \dots, n$ ）より目的信号が支配的でない周波数成分 $L(\omega_k)$ （ $m=k, 1, \dots$ ）を抽出する（S06）。この $L(\omega_k)$ （ $m=k, 1, \dots$ ）より騒音の全帯域にわたる出力レベル LvN を推定する（S07）。この推定の方法としては例えば以下の式が考えられる。

$$LvN = 20 \log_{10} (\sum |L(\omega_k)|)$$

あるいは、以下の式のように全帯域で平均化することによって求めることもできる。

$$LvN = 20 \log_{10} ((n/q) \times \sum |L(\omega_k)|)$$

ここで、qは目的信号が支配的でない判定された周波数成分の個数、和 $\sum$ は目的信号が支配的でない周波数 ω_k （ $m=k, 1, \dots$ ）に対応するものについてとる。なお、（S07）に示した騒音レベルの推定例では全帯域

における値として算出されるが、この値は、複数のサブ帯域に分けて求めることにより、各サブ帯域ごとの出力レベルに応じた値として求めることができる。また、

（S06）の出力が形成する振幅スペクトル包絡より、騒音の振幅スペクトルを推定することも可能である。

【0013】このように、この実施例では目的とする信号と周囲騒音との識別に周期性の相違等を利用していないので、この制約によらず広く種々の音源（目的信号、周囲騒音）に適用できる。また、騒音と目的信号が重畳している状態でも、それぞれのレベル検出を行なえる特徴がある。図2は、この発明を音声会議等に適用した例で、図1と対応する部分は同一符号を付けてある（以下同様）。周囲騒音レベルに応じて通話レベルや、エコーキャンセラーの学習更新を制御することができる。すなわち、騒音レベル推定部7で推定した騒音レベルを拡声通話制御部8に入力して、騒音レベルが大きい場合は、スピーカ9から放声される音響レベルを大として騒音の影響を小とし、また、マイクロホン1で集音される目的信号レベルを大として相手側で聞きとり易いようにする。あるいは、スピーカ9からの音響信号は、マイクロホン1にとっては騒音であり、この騒音レベルが小さい時はスピーカ9とマイクロホン1との結合も小であるから、エコーキャンセラーの反響路の推定処理を行わない。また騒音レベル推定部7で推定した騒音振幅スペクトルを用いて、スピーカ9とマイクロホン1間の反響路特性の推定に利用することもできる。

【0014】これらの場合においてこの発明では周囲騒音が例えば周期性のある音源（音声など）であっても騒音として分離し検出できるので、このような周囲騒音に影響を受けないで音声会議装置の通話レベルやエコーキャンセラーの調整ができ、通話性能の優れた拡声通話を

(4)

特開平11-249693

5

6

実現できる。騒音振幅スペクトルや騒音出力レベルの推定を行う推定手段7はスペクトル変換部3の出力ではなく、スペクトル変換部4の出力に対し行ってもよい。

実施例2

図3は請求項3の発明の実施例を示す。音源周波数成分選択部6よりの出力として目的信号が支配的な周波数情報を得ること、騒音レベル推定部7の代わりに音源レベル推定部12を設けたこと、の2点を除けば、図1と同じ動作である。以下で、図7に示す請求項3の発明の実施例の流れ図を用いて音源レベル推定部12における処理について説明する。

【0015】音源レベル推定部12では、 $L(\omega_h)$ ($h=1, 2, \dots, n$) より目的信号が支配的な周波数成分 $L(\omega_m)$ ($m=1, j, \dots$) を抽出する (S06)。この $L(\omega_m)$ ($m=1, j, \dots$) より目的信号の全帯域にわたる出力レベル $L_v S$ を推定する (S07)。この推定の方法としては例えば以下の式が考えられる。

【0016】

$$L_v S = 20 \log_{10} (\sum |L(\omega_m)|)$$

ここで、和 Σ は目的信号が支配的な周波数 ω_m ($m=1, j, \dots$) に対応するものについてとる。なお、(S07) に示した目的信号の出力レベルの推定例では全帯域における値として算出されるが、この値は、複数のサブ帯域に分けて求めることにより、各サブ帯域ごとの出力レベルに応じた値として求めることができる。また、(S06) の出力が形成する振幅スペクトル包絡より、目的信号の振幅スペクトルを推定することも可能である。

【0017】このように、この発明では目的とする信号と周囲騒音との識別に周期性の相違等を利用していないので、この制約によらず広く種々の音源 (目的信号、周囲騒音) に適用できる。また、騒音と目的信号が重畳している状態でも、それぞれのレベル検出を行なえる特徴がある。図4は、この発明を録音装置に適用した例で、この例では音源レベル推定部10で検出した目的信号のレベルのみに応じて周囲騒音の有無や、周囲騒音のレベルにかかわらず、マイクロホン1の出力である目的信号のゲイン調整をゲイン調整部13で行って、録音部14へ供給することが可能である。このため、この装置では、周囲騒音にかかわらず、目的の音源のレベルのみに応じたAGC (自動ゲインコントロール) 動作が可能で、目的音源が明瞭に収音できる。

【0018】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1及び2記載の発明によれば、目的信号の音源に近い位置に設置された第1マイクロホンと、前記位置より目的信号の音源から離れた位置に設置された第2マイクロホンとの各出力中の各同一周波数成分ごとの振幅スペクトルについて、レベル差を計算し、しきい値とを比較することによ

り、目的信号が支配的な周波数成分か否かを判定して目的信号が支配的と判定されなかった周波数成分を抽出し、その振幅スペクトルから目的信号以外の騒音の振幅スペクトルあるいは騒音の出力レベルを推定しているため、騒音、目的音源の種類によらず騒音の出力レベルを正しく検出することができる。

【0019】この収音装置を利用すれば、例えば音声会議装置やテレビ会議装置と組み合わせて周囲騒音に応じて通話レベルを制御したり、エコーキャンセラーの学習更新のオン/オフ等を制御することができるので、通話性能に優れた会議装置を提供できるメリットがある。請求項3記載の発明によれば、目的信号の音源に近い位置に設置された第1マイクロホンと、前記位置より目的信号の音源から離れた位置に設置された第2マイクロホンとの各出力の各周波数成分ごとの振幅スペクトルについてレベル差を検出し、この各周波数成分ごとのレベル差と、しきい値とを比較して、目的信号が支配的な周波数成分か否かを判定して、マイクロホンから出力される出力信号より目的信号が支配的と判定された周波数成分を抽出し、その振幅スペクトルから目的信号の振幅スペクトルあるいは出力レベルを推定するため、騒音、目的音源の種類によらず目的とする音源の出力レベルを検出することができる。

【0020】この収音装置を利用すれば、例えば録音装置において周囲騒音の有無にかかわらず目的とする音源のレベルのみに応じてAGCをかけられるので、目的音源を明瞭に収音できるメリットがある。なお、以上の説明で使用したマイクロホンは、無指向性マイクロホンに限定されるものではなく、例えば、マイクロホン1は、目的信号の音源の方向に指向性を有するマイクロホンを使用し、マイクロホン2は、目的信号の音源と反対の方向に指向性を有するマイクロホンを使用してもよい。

【0021】この発明は、音声会議装置、録音装置以外に、騒音抑圧装置や、音声認識装置の入力装置として使用し、目的音源のレベルと周囲騒音のレベルを検出し、騒音抑圧や音声認識における耐騒音性の改善等にも利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項2の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図2】図1に示した実施例を拡声通話制御部に利用した例を示すブロック図。

【図3】請求項3の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図4】図3に示した実施例を録音装置に利用した例を示すブロック図。

【図5】図1に示した実施例の動作を示す流れ図。

【図6】図2に示した適用例の動作を示す流れ図。

【図7】図3に示した実施例の動作を示す流れ図。

【図8】図4に示した適用例の動作を示す流れ図。

(6)

特開平11-249693

【図3】

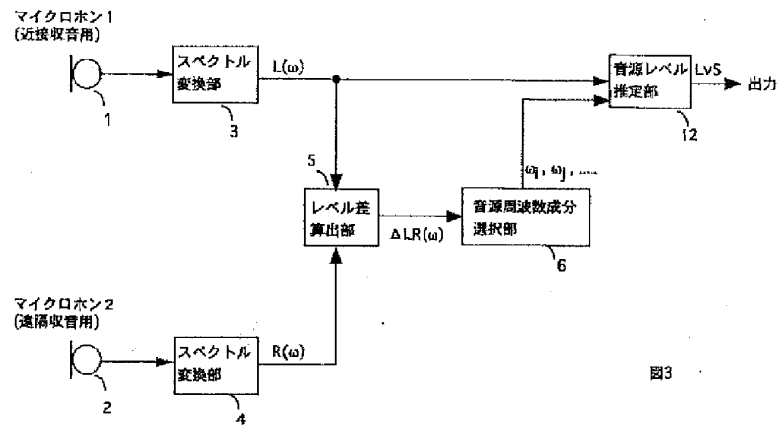


図3

【図4】

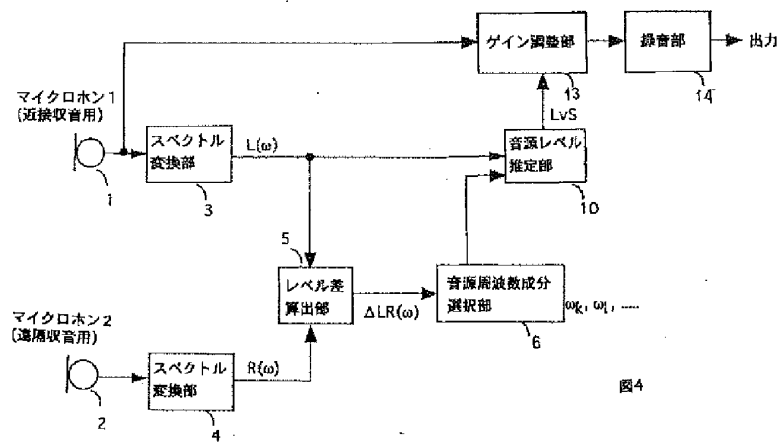


図4

(7)

特開平11-249693

【図5】

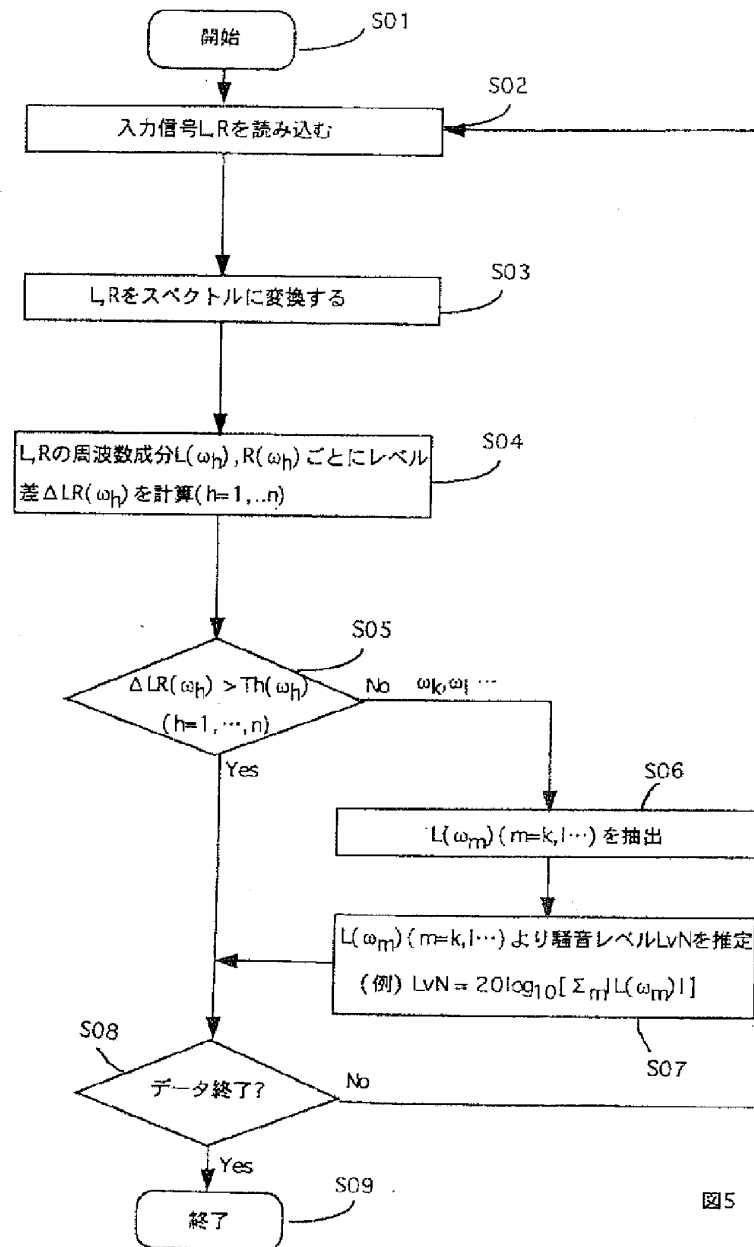


図5

(8)

特開平11-249693

【図6】

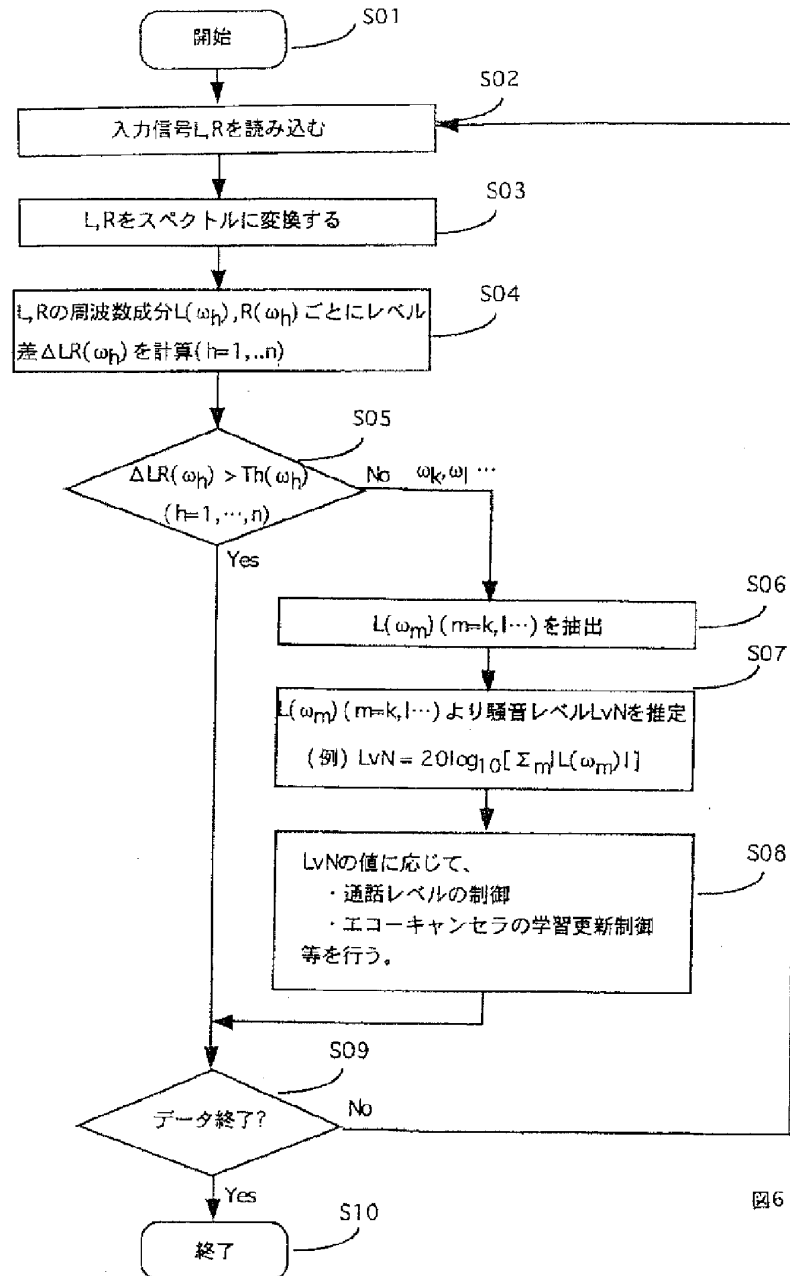


図6

(9)

特開平11-249693

【図7】

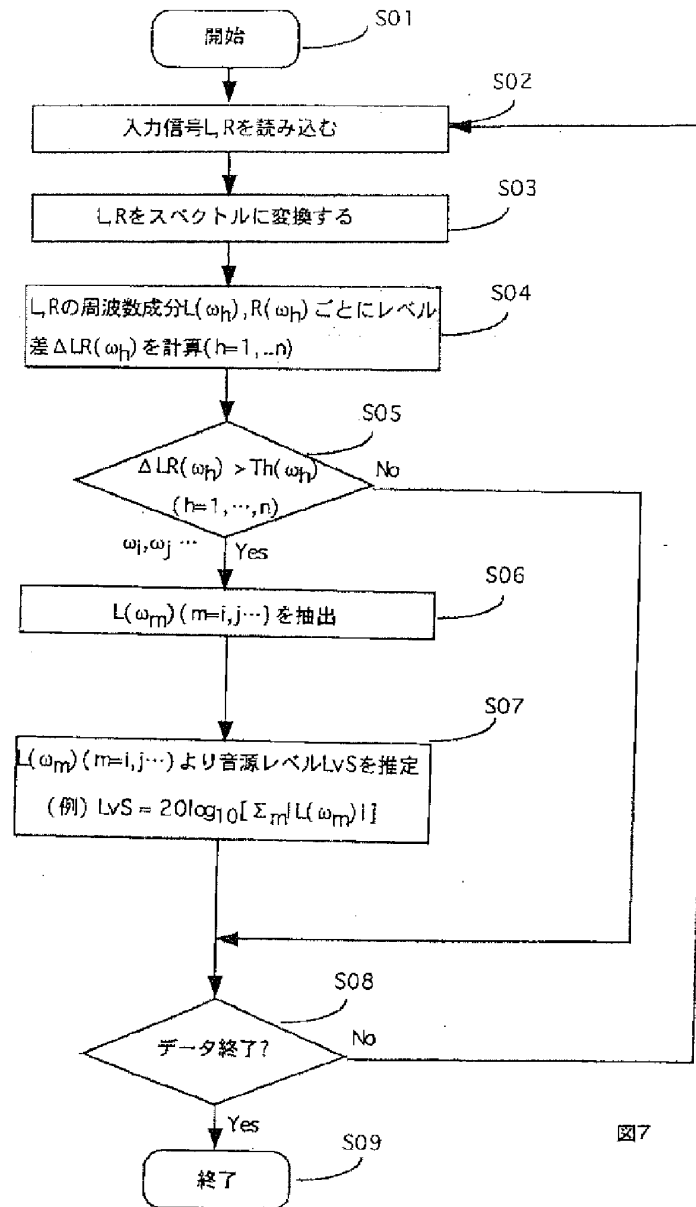


図7

(10)

特開平11-249693

【図8】

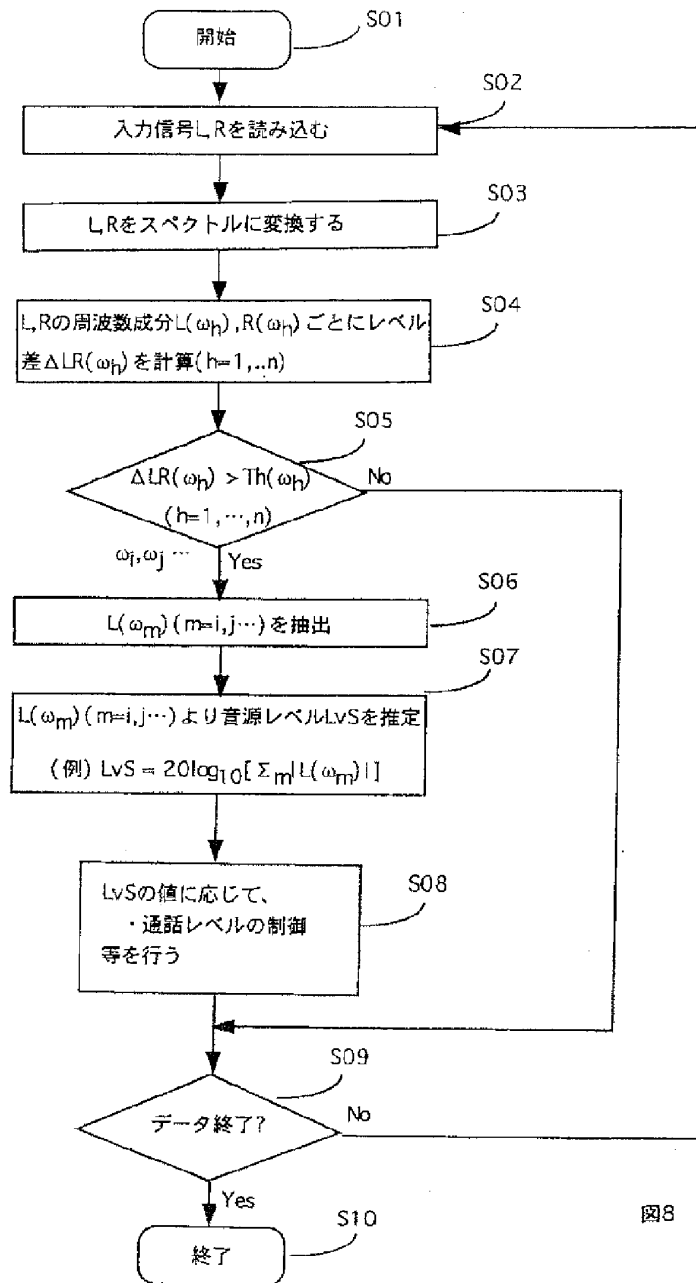


図8

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-313497

(43)Date of publication of application : 24.11.1998

(51)Int.Cl. H04R 3/00
G01S 5/18
G10L 3/02
G10L 7/04
G10L 9/00
H04S 7/00

(21)Application number : 09-252312

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 17.09.1997

(72)Inventor : AOKI MARIKO
AOKI SHIGEAKI
MATSUI HIROYUKI
NISHINO YUTAKA

(30)Priority

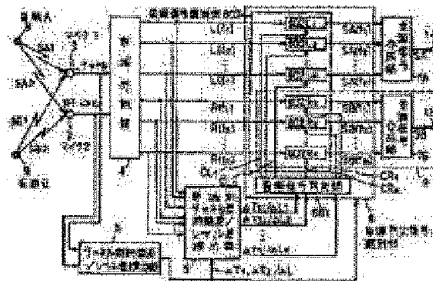
Priority number : 08246726	Priority date : 18.09.1996	Priority country : JP
09 76672	13.03.1997	JP
09 76695	13.03.1997	JP

(54) SOUND SOURCE SEPARATION METHOD, SYSTEM AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To separate sound accurately into respective components and to attain real time processing.

SOLUTION: A difference $\Delta \tau$ in time required for a sound signal to travel from a sound source to microphones 1, 2 is detected from output channel signals L, R of the microphones 1, 2, where the signals L, R are divided into frequency bands $L(f_1)$ - $L(f_n)$, $R(f_1)$ - $R(f_n)$ by Fourier transform, and an arrival time difference $\Delta \tau_i$ ($i=1, 2, \dots, n$) to the microphones 1, 2 of a corresponding frequency band of the $L(f_1)$ - $L(f_n)$, $R(f_1)$ - $R(f_n)$ and a signal level difference ΔL_i are detected. Then $L(f_1)$ - $L(f_n)$, $R(f_1)$ - $R(f_n)$ are divided into low frequencies $f_1 < 1/(2\Delta \tau)$, medium frequencies $1/(2\Delta \tau) < f_1 < 1/\Delta \tau$, and high frequencies $f_1 > 1/\Delta \tau$, and it is determined from which sound source the $L(f_i)$, $R(f_i)$ arrive, based on $\Delta \tau_i$ in the case of low frequencies, on ΔL_i , $\Delta \tau_i$ in the case of medium frequencies, and on ΔL_i in the case of high frequencies, and the result is outputted for each sound source and the output is subject to inverse Fourier transform by each sound source and the results are synthesized.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-313497

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
H 0 4 R 3/00	3 2 0	H 0 4 R 3/00 3 2 0
G 0 1 S 5/18		G 0 1 S 5/18
G 1 0 L 3/02	3 0 1	G 1 0 L 3/02 3 0 1 E
7/04		A
9/00		H

審査請求 未請求 請求項の数52 O L (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平9-252312	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22) 出願日	平成9年(1997)9月17日	(72) 発明者	青木 真理子 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平8-246726	(72) 発明者	青木 茂明 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
(32) 優先日	平8(1996)9月18日	(72) 発明者	松井 弘行 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 草野 卓
(31) 優先権主張番号	特願平9-76672		
(32) 優先日	平9(1997)3月13日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平9-76695		
(32) 優先日	平9(1997)3月13日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

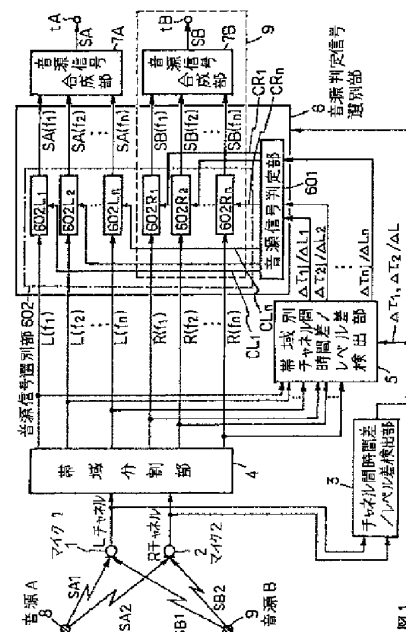
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音源分離方法、装置及び記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 正確に分離でき、かつ実時間処理を可能とする。

【解決手段】 マイクホン1, 2の出力チャンネル信号 L, R から、音源からの音響信号がマイクホン1, 2 に到達する時間差 $\Delta \tau$ を検出し、信号 L, R を、フーリエ変換により各周波数帯域 $L(f_1) \sim L(f_n)$, $R(f_1) \sim R(f_n)$ に分割し、 $L(f_1) \sim L(f_n)$ と $R(f_1) \sim R(f_n)$ の対応帯域のマイクホン1, 2への到達時間差 $\Delta \tau_i$ ($i=1, 2, \dots, n$) と、信号レベル差 ΔL_i とを検出し、 $L(f_1) \sim L(f_n)$, $R(f_1) \sim R(f_n)$ を $f_i < 1/(2\Delta \tau)$ の低域と、 $1/(2\Delta \tau) < f_i < 1/\Delta \tau$ の中域と、 $f_i > 1/\Delta \tau$ の高域にわけ、低域では $\Delta \tau_i$ により、中域では ΔL_i と $\Delta \tau_i$ により、高域では ΔL_i により $L(f_i)$, $R(f_i)$ が何れの音源から到来したか判定して音源別に出力し、この出力を各音源別に逆フーリエ変換して合成する。



(2)

特開平10-313497

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに離して設けられた複数のマイクロホンを用いて、複数の音源から少なくとも1つの音源を分離する音源分離方法であって、

上記各マイクロホンの各出力チャンネル信号を、複数の周波数帯域に分割する帯域分割過程と、

上記帯域分割過程で分割された各出力チャンネル信号の各同一帯域ごとに、上記複数のマイクロホンの位置に起因して変化する、マイクロホンに到達する音響信号のパラメータの値の差を、帯域別チャンネル間パラメータ値差として検出する帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程と、

上記各帯域の帯域別チャンネル間パラメータ値差にもとづき、その帯域の上記帯域分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源から入力された信号であるかを判定する音源信号判定過程と、

上記音源信号判定過程の判定にもとづき、上記帯域分割された各出力チャンネル信号から、同一音源から入力された信号を少なくとも1つ選択する音源信号選択過程と、上記音源信号選択過程で同一音源からの信号として選択された複数の帯域信号を音源信号として合成する音源合成過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法において、上記帯域分割過程は各出力チャンネル信号の各分割された帯域信号は、主として1つの音源の音響信号の成分よりなる程度に、小さく分割することを特徴とする音源分離方法。

【請求項3】 請求項1又は2記載の方法において、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程における上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達するまでの時間であり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差は各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差である帯域別チャンネル間時間差であることを特徴とする音源分離方法。

【請求項4】 請求項3記載の方法において、上記音響信号が各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差をチャンネル間時間差として各マイクロホンの出力チャンネル信号から検出するチャンネル時間差検出過程を有し、

上記音源信号判定過程は、上記各帯域別チャンネル間時間差について、上記各チャンネル間時間差を照合して、その帯域の上記分割された各出力チャンネル信号がいずれの音源から入力された信号であるかを判定することを特徴とする音源分離方法。

【請求項5】 請求項4記載の方法において、上記チャンネル時間差検出過程は各出力チャンネル信号間の相互相関を求め、相互相関の各ピークとなるその出力チャンネル信号間の各時間差として上記各チャンネル間時間差を求めることを特徴とする音源分離方法。

【請求項6】 請求項5記載の方法において、

10

20

30

40

50

上記帯域別チャンネル間時間差は、上記各チャンネル間時間差中の、上記分割された各出力チャンネルの同一帯域の成分の位相差と対応する時間と最も近いものを求めて、その帯域別チャンネル間時間差とすることを特徴とする音源分離方法。

【請求項7】 請求項1又は2記載の方法において、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程における上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達した時の信号レベルであり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差は各分割された出力チャンネル信号の対応帯域間のレベル差である帯域別チャンネル間レベル差であることを特徴とする音源分離方法。

【請求項8】 請求項7記載の方法において、上記各マイクロホンの出力チャンネル信号間のレベル差を、チャンネル間レベル差として検出するチャンネル間レベル差検出過程と、

上記チャンネル間レベル差と、対応する帯域別チャンネル間レベル差の全てと比較する比較過程と、

その比較過程で分割帯域の所定数以上が同様の関係にあれば、上記チャンネル間レベル差にもとづき、対応する出力チャンネル信号の全帯域について同一の音源から入力された信号であると判定し、上記比較過程で所定値以上が同様の関係になれば、上記帯域別にいずれの音源から入力された信号であるかを判定する上記音源信号判定過程を実行することを特徴とする音源分離方法。

【請求項9】 請求項1又は2記載の方法において、上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記マイクロホンに到達するまでの時間と、その音響信号が到達した時の信号レベルであり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差として帯域別チャンネル間時間差と、帯域別チャンネル間レベル差が求められ、

各音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差を、各マイクロホンの出力チャンネル信号から、チャンネル時間差として検出するチャンネル間時間差検出過程と、

上記チャンネル間時間差を基準にして上記分割された各出力チャンネル信号を、低域、中域、高域の3つの周波数領域に分け領域分割過程とを有し、

上記音源信号判定過程は、

上記分割された低域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間時間差を利用して対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるかを判定する過程と、

上記分割された中域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間レベル差と、上記帯域別チャンネル間時間差を利用して、対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるかを判定する過程と、

上記分割された高域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間レベル差を利用して、対応する帯域の分割

(3)

特開平10-313497

3

された各出力チャンネル信号の何れかがいずれの音源からの入力信号であるか判定する過程とからなることを特徴とする音源分離方法。

【請求項10】 請求項1～9の何れかに記載の方法において、

上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程において、その互いに差をとるべき、もとのチャンネル信号の周波数帯域が異なる場合は、その周波数帯域が互いに重ならない周波数帯域は、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程を実行せず、上記音源信号判定過程ではその信号がある帯域を予め知られている広い帯域の音源からの入力信号と判定することを特徴とする音源分離方法。

【請求項11】 互いに離して設けられた複数のマイクロホンを用いて、複数の音源から少なくとも1つの音源を分離する音源分離方法であって、

上記各マイクロホンの各出力チャンネル信号のパワースペクトルを求めるスペクトル分解過程と、

上記各チャンネルごとのパワースペクトルを、主としてほぼ1つの音源の成分が含まれるように複数の周波数帯域に分割する帯域分割過程と、

上記各同一帯域ごとに、各チャンネル間で分割されたパワースペクトル差を、帯域別チャンネル間レベル差として検出する帯域別チャンネル間レベル差検出過程と、

上記各帯域の帯域別チャンネル間レベル差にもとづき、その帯域の信号が上記出力チャンネル信号の何れであるかを判定する音源信号判定過程と、

上記音源信号判定過程の判定にもとづき、上記分割されたパワースペクトルから、同一音源からの信号を少なくとも1つ選択する音源信号選択過程と、

上記音源信号選択過程で同一音源からのものとして選択されたスペクトルを音源信号として合成する音源合成過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項12】 請求項11記載の方法において、上記各マイクロホンの出力チャンネル信号間のレベル差をチャンネル間レベル差として検出するチャンネル間レベル差検出過程と、

上記チャンネル間レベル差と、対応する上記帯域別チャンネル間レベル差の全てとを比較する比較過程と、

その比較過程で分割帯域の所定数以上が同様の関係であれば、上記チャンネル間レベル差にもとづき、対応する出力チャンネル信号の全帯域について同一音源から入力された信号であると判定し、上記比較過程で所定値以上が同様の関係になれば、上記音源信号判定過程を実行することを特徴とする音源分離方法。

【請求項13】 請求項1乃至12の何れかの方法において、

上記各マイクロホンの出力チャンネル信号を、各帯域が主として1つの音源信号成分になる程度に、複数の周波数帯域に分割する第2帯域分割過程と、

4

上記第2帯域分割過程で分割された各出力チャンネル信号の帯域別レベルをそれぞれ検出する帯域別レベル検出過程と、

その帯域別レベル検出過程で検出された各帯域別レベルを同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出する音源状態判定過程と、

その音源状態判定過程で得た発音をしていない音源の検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する合成信号を抑圧する信号抑圧過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項14】 請求項13の方法において、

上記音源状態判定過程は、上記各帯域別レベルのチャンネル間での比較で、最も大きいチャンネルを帯域ごとに決定する過程と、

各チャンネルごとに最もレベルが大きい帯域の数を求める過程と、

上記最もレベルが大きい帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定過程と、

その第1判定過程で第1基準値を越えると判定すると、その越えた最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音している1個の音源を推定する過程と、

その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項15】 請求項1～12の何れかに記載の方法において、

上記各マイクロホンの各出力チャンネル信号のパワースペクトルを求めるスペクトル分解過程と、

上記各チャンネルごとのパワースペクトルを、主としてほぼ1つの音源の成分が含まれるように周波数帯域を分割して帯域別レベルをそれぞれ検出する帯域別レベル検出過程と、

これら各帯域別レベルを同一帯域について比較し、最大レベルのチャンネルを各帯域ごとに決定する過程と、

各チャンネルごとの最大レベルの帯域の数を求める過程と、

その帯域の数が第1基準値を越えたか否かを判定する第1判定過程と、

その第1判定過程で第1基準値を越える数と判定すると、その越えたチャンネルのマイクロホンが受けもつ、ゾーンから発音している1個の音源を推定する過程と、その推定された音源以外の音源は発音していないと判定する過程と、

上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音していないと判定された音源と対応する信号を、抑圧する信号抑圧過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

5

【請求項16】 請求項14又は15の方法において、上記第1判定過程で、第1基準値を越えるものがないと判定されると、上記最もレベルが大きい帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値以下か否かを判定する第2判定過程と、

その第2判定過程で、第2基準値より小さいと判定されると、その小さいと判定された最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項17】 請求項1乃至12の何れかの方法において、

上記各マイクロホンの出力チャンネル信号を、各帯域が主として1つの音源信号成分になる程度に、複数の周波数帯域に分割する第2帯域分割過程と、

上記第2帯域分離過程で分割された各出力チャンネル信号のそのマイクロホンへの到達時間差を同一帯域ごとに検出する帯域別時間差検出過程と、

この帯域別時間差検出過程で検出された各帯域別到達時間差を、同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出する音源状態判定過程と、

その音源状態判定過程で得た発音をしていない音源の検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する合成信号を抑圧する信号抑圧過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項18】 請求項3の方法において、上記帯域別チャンネル間時間差を、同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出する音源状態判定過程と、

その音源状態判定過程で得た発音をしていない音源を検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する信号を抑圧する信号抑圧過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項19】 請求項17又は18の方法において、上記音源状態判定過程は、上記各帯域別到達時間差比較で最も速く音源信号が到達したチャンネルを帯域ごとに決定する過程と、

各チャンネルごとに最も速く到達した帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定過程と、

その第1判定過程が第1基準値を越えると判定すると、その越えた最も速く到達した帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から発音している1個の音源を推定する過程と、

その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項20】 請求項18の方法において、

(4)

特開平10-313497

6

上記第1判定過程で、第2基準値を越えるものがないと判定されると、上記最も速く到達する帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値より小さいか否かを判定する第2判定過程と、

その第2判定過程で、第2基準値より小さいと判定されると、その小さいと判定された最も速い到達時間の帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

10 【請求項21】 請求項16又は20の方法において、音源が4個以上の場合で、上記第3判定過程で、第3基準値より小さいと判定されると、上記第2基準値を上記第1基準値を越えない範囲内で、順次大きくして、上記第2判定過程と同じ判定を、(M-2)回以内、Mは音源の数、繰返す過程を有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項22】 請求項13～21の何れかに記載の方法において、

各出力チャンネル信号の全周波数成分のレベルをそれぞれ検出する全帯域レベル検出過程と、

20 その全帯域レベル検出過程で検出した各チャンネルの全周波数成分レベルの何れかが第3基準値以下であるかを判定し、何れかが第3基準値以下でないと判定すると上記音源状態判定過程に移る第3判定過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項23】 請求項22の方法において、上記第3判定過程が第3基準値以下であると判定されると、上記音源合成過程で合成された各音源信号のすべてを抑圧する過程を有することを特徴とする音源分離方法。

【請求項24】 請求項13～23の何れかの方法において、

上記帯域分割過程と上記第2帯域分割過程は同一過程として行われることを特徴とする音源分離方法。

【請求項25】 互いに離して設けられた複数のマイクロホンを用いて、複数の音源から少なくとも1つの音源を分離する音源分離装置であって、

上記各マイクロホンの各出力チャンネル信号を、主として1つの音源の音響信号の成分のみが含まれる程度に複数の周波数帯域に分割すると共に、これら分割された各出力チャンネル信号の各同一帯域ごとに、上記複数のマイクロホンの位置に起因して変化する、マイクロホンに到達する音響信号のパラメータの値の差を、帯域別チャンネル間パラメータ値差として検出する帯域別チャンネル間パラメータ値差検出手段と、

上記各帯域の帯域別チャンネル間パラメータ値差にもとづき、その帯域の上記帯域分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源から入力された信号であるかを判定する音源信号判定手段と、

50 上記音源信号判定過程の判定にもとづき、上記帯域分割

(5)

特開平10-313497

7

8

された各出力チャンネル信号から、同一音源から入力された信号を少なくとも1つ選択する音源信号選択手段と、上記音源信号選択過程で同一音源からの信号として選択された、複数の帯域信号を音源信号として合成する音源合成手段とを具備することを特徴とする音源分離装置。

【請求項26】 請求項25の装置において、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出手段における上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達するまでの時間であり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差は各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差である帯域別チャンネル間時間差であることを特徴とする音源分離装置。

【請求項27】 請求項25の装置において、上記音響信号が各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差をチャンネル間時間差として各マイクロホンの出力チャンネル信号から検出するチャンネル時間差検出手段を有し、

上記音源信号判定手段は、上記各帯域別チャンネル間時間差について、上記各チャンネル間時間差を照合して、その帯域の上記分割された各出力チャンネル信号がいずれの音源から入力された信号であるかを判定する手段であることを特徴とする音源分離装置。

【請求項28】 請求項25の装置において、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出手段における上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達した時の信号レベルであり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差は各分割された出力チャンネル信号の対応帯域間のレベル差である帯域別チャンネル間レベル差であることを特徴とする音源分離装置。

【請求項29】 請求項28の装置において、上記各マイクロホンの出力チャンネル信号間のレベル差を、チャンネル間レベル差として検出するチャンネル間レベル差検出手段と、

上記チャンネル間レベル差と、対応する帯域別チャンネル間レベル差の全てと比較する比較手段と、その比較手段で分割帯域の所定数以上が同様の関係にあれば、上記チャンネル間レベル差にもとづき、対応する出力チャンネル信号の全帯域について同一の音源から入力された信号であると判定し、上記比較手段で所定値以上が同様の関係になれば、上記帯域別にいずれの音源から入力された信号であるかを判定する上記音源信号判定手段を実行する手段を含むことを特徴とする音源分離装置。

【請求項30】 請求項25の装置において、上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記マイクロホンに到達するまでの時間と、その音響信号が到達した時の信号レベルであり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差として帯域別チャンネル間時間差と、帯域別チャンネル間レベル差が求められ、

各音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差と、各マイクロホンの

出力チャンネル信号から、チャンネル時間差として検出するチャンネル間時間差検出手段と、

上記チャンネル間時間差を基準にして、上記分割された各出力チャンネル信号を、低域、中域、高域の3つの周波数領域に分ける領域分割手段とを有し、

上記音源信号判定手段は、

上記分割された低域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間時間差を利用して対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるかを判定する手段と、

上記分割された中域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間レベル差と、上記帯域別チャンネル間時間差を利用して、対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるかを判定する手段と、

上記分割された高域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間レベル差を利用して、対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるかを判定する手段とからなることを特徴とする音源分離装置。

【請求項31】 請求項25乃至30の何れかの装置において、

上記帯域分割された各出力チャンネル信号の帯域別レベルをそれぞれ検出する帯域別レベル検出手段と、

その帯域別レベル検出手段が検出された各帯域別レベルを同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出する音源状態判定手段と、

その音源状態判定手段で得た発音をしていない音源の検出信号により、上記音源合成手段で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する信号を抑圧する信号抑圧手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項32】 請求項31の装置において、

上記音源状態判定手段は、上記各帯域別レベルのチャンネル間での比較で、最も大きいチャンネルを帯域ごとに決定する手段と、

各チャンネルごとに最もレベルが大きい帯域の数を求める手段と、

上記最もレベルが大きい帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定手段と、

その第1判定手段で第1基準値を越えると判定すると、その越えた最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音している1個の音源を推定する手段と、

その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項33】 請求項31の装置において、

上記第1判定手段で、第1基準値を越えるものがないと

9

判定されると、上記最もレベルが大きい帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値以下か否かを判定する第2判定手段と、

その第2判定手段で、第2基準値より小さいと判定されると、その小さいと判定された最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項34】 請求項25乃至30の何れかの装置において、

上記帯域分割された各出力チャンネル信号のそのマイクロホンへの到達時間差を同一帯域ごと検出する帯域別時間差検出手段と、

この帯域別時間差検出手段で検出された各帯域別到達時間差を、同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出する音源状態判定手段と、

その音源状態判定手段で得た発音をしていない音源を検出信号により、上記音源合成手段で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する信号を抑圧する信号抑圧手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項35】 請求項34の装置において、上記音源状態判定手段は、上記各帯域別到達時間差比較で最も速く音源信号が到達したチャンネルを帯域ごとに決定する手段と、

各チャンネルごとに最も速く到達した帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定手段と、

その第1判定手段が第2基準値を越えると判定すると、その越えた最も速く到達した帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から発音している1個の音源を推定する手段と、

その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項36】 請求項35の装置において、上記第1判定手段で、第1基準値を越えるものがないと判定されると、上記最も速く到達する帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値以下か否かを判定する第2判定手段と、

その第2判定手段で、第2基準値より小さいと判定されると、その小さいと判定された最も速く到達時間の帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項37】 請求項31～36の何れかに記載の装置において、

各出力チャンネル信号の全周波数成分のレベルをそれぞれ検出する全帯域レベル検出手段と、

その全帯域レベル検出手段で検出した各チャンネルの全周

(6)

特開平10-313497

10

波数成分レベルの何れもが第3基準値以下であるかを判定し、何れかが第1基準値以下でないと判定すると、上記音源状態判定手段に移る第3判定手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【請求項38】 互いに離して設けられた複数のマイクロホンを用いて、複数の音源から少なくとも1つの音源を分離する下記過程を有する音源分離方法のプログラムを記録した記録媒体であって、

上記各マイクロホンの各出力チャンネル信号を、主に1つの音源の音響信号の成分のみを含む程度に複数の周波数帯域に分割すると共にこれら分割された各出力チャンネル信号の各同一帯域ごとに、上記複数のマイクロホンの位置に起因して変化する、マイクロホンに到達する音響信号のパラメータの値の差を、帯域別チャンネル間パラメータ値差として検出する帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程と、

上記各帯域の帯域別チャンネル間パラメータ値差にもとづき、その帯域の上記帯域分割された各出力チャンネル信号の何れがいつの音源から入力された信号であるかを判定する音源信号判定過程と、

上記音源信号判定過程の判定にもとづき、上記帯域分割された各出力チャンネル信号から、同一音源から入力された信号を少なくとも1つ選択する音源信号選択過程と、上記音源信号選択過程で同一音源からの信号として選択された複数の帯域信号を音源信号として合成する音源合成過程とを有するコンピュータにより読出し可能な記録媒体。

【請求項39】 請求項38の記録媒体において、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程における上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達するまでの時間であり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差は各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差である帯域別チャンネル間時間差であって、

上記プログラムは上記音響信号が各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差をチャンネル間時間差として各マイクロホンの出力チャンネル信号から検出するチャンネル時間差検出過程を有し、

上記音源信号判定過程は、上記各帯域別チャンネル間時間差について、上記各チャンネル間時間差を照合して、その帯域の上記分割された各出力チャンネル信号がいつの音源から入力された信号であるかを判定することを特徴とする記録媒体。

【請求項40】 請求項39の記録媒体において、上記チャンネル時間差検出過程は各出力チャンネル信号間の相互相関を求め、相互相関の各ピークとなる、その出力チャンネル信号間の各時間差として上記各チャンネル間時間差を求めることを特徴とする記録媒体。

【請求項41】 請求項40の記録媒体において、上記帯域別チャンネル間時間差は、上記各チャンネル間時間

(7)

特開平10-313497

11

12

差中の、上記分割された各出力チャンネルの同一帯域の成分の位相差と対応する時間と最も近いものを求めて、その帯域別チャンネル間時間差とすることを特徴とする記録媒体。

【請求項42】 請求項38の記録媒体において、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差検出過程における上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達した時の信号レベルであり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差は各分割された出力チャンネル信号の対応帯域間のレベル差である帯域別チャンネル間レベル差であって、

上記プログラムは上記各マイクロホンの出力チャンネル信号間のレベル差を、チャンネル間レベル差として検出するチャンネル間レベル差検出過程と、

上記チャンネル間レベル差と、対応する帯域別チャンネル間レベル差の全てと比較する比較過程と、その比較過程で分割帯域の所定数以上が同様の関係にあれば、上記チャンネル間レベル差にもとづき、対応する出力チャンネル信号の全帯域について同一の音源から入力された信号であると判定し、上記比較過程で所定値以上が同様の関係になれば、上記帯域別にいずれの音源から入力された信号であるかを判定する、上記音源信号判定過程と実行する過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項43】 請求項38の記録媒体において、上記プログラムは上記パラメータ値は音源からの音響信号が上記マイクロホンに到達するまでの時間と、その音響信号が到達した時の信号レベルであり、上記帯域別チャンネル間パラメータ値差として帯域別チャンネル間時間差と、帯域別チャンネル間レベル差が求められ、各音源からの音響信号が上記各マイクロホンに到達するまでの時間のマイクロホン間の差を、各マイクロホンの出力チャンネル信号から、チャンネル時間差として検出するチャンネル間時間差検出過程と、

上記チャンネル間時間差を基準にして、上記分割された各出力チャンネル信号を、低域、中域、高域の3つの周波数領域に分ける領域分割過程とを有し、

上記音源信号判定過程は、

上記分割された低域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間時間差を利用して対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるか判定する過程と、

上記分割された中域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間レベル差と、上記帯域別チャンネル間時間差を利用して、対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるか判定する過程と、

上記分割された高域の周波数帯域については、上記帯域別チャンネル間レベル差を利用して、対応する帯域の分割された各出力チャンネル信号の何れがいずれの音源からの入力信号であるか判定する過程とからなることを特徴と

する記録媒体。

【請求項44】 請求項38乃至43の何れかの記録媒体において、

上記プログラムは上記帯域分割された各出力チャンネル信号の帯域別レベルをそれぞれ検出する帯域別レベル検出過程と、

その帯域別レベル検出過程が検出された各帯域別レベルを同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出する音源状態判定過程と、

その音源状態判定過程で得た発音をしていない音源の検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する信号を抑圧する信号抑圧過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項45】 請求項44の記録媒体において、上記音源状態判定過程は、上記各帯域別レベルのチャンネル間での比較で、最も大きいチャンネルを帯域ごとに決定する過程と、

各チャンネルごとに最もレベルが大きい帯域の数を求める過程と、

上記最もレベルが大きい帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定過程と、

その第1判定過程で第1基準値を越えると判定すると、その越えた最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音している1個の音源を推定する過程と、

その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項46】 請求項45の記録媒体において、上記プログラムは上記第1判定過程で、第1基準値を越えるものがないと判定されると、上記最もレベルが大きい帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値以下か否かを判定する第3判定過程と、

その第2判定過程で、第2基準値より小さいと判定されると、その小さいと判定された最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項47】 請求項38乃至43の何れかの記録媒体において、

上記プログラムは上記帯域分割された各出力チャンネル信号のそのマイクロホンへの到達時間差を同一帯域ごと検出する帯域別時間差検出過程と、

この帯域別時間差検出過程で検出された各帯域別到達時間差を、同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき、発音をしていない音源を検出する音源状態判定過程と、

その音源状態判定過程で得た発音をしていない音源を検

(8)

特開平10-313497

13

出した検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音していない音源と対応する信号を抑圧する信号抑圧過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項48】 請求項47の記録媒体において、上記音源状態判定過程は、上記各帯域別到達時間差比較で、最も速く音源信号が到達したチャンネルを帯域ごとに決定する過程と、

各チャンネルごとに最も速く到達した帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定過程と、

その第1判定過程が第2基準値を越えると判定すると、その越えた最も速く到達した帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から発音している1個の音源を推定する過程と、

その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項49】 請求項48の記録媒体において、上記プログラムは上記第1判定過程で、第1基準値を越えるものがないと判定されると、上記最も速く到達する帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値より小さいか否かを判定する第2判定過程と、

その第3判定過程で、第2基準値より小さいと判定されると、その小さいと判定された最も速い到達時間の帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項50】 請求項46又は49の記録媒体において、音源が4個以上の場合で、上記プログラムは上記第2判定過程で、第2基準値より小さいと判定されると、上記第2基準値を上記第1基準値を越えない範囲内で、順次大きくして、上記第2判定過程と同じ判定を(M-2)以内、Mは音源の数、繰返す過程を有することを特徴とする記録媒体。

【請求項51】 請求項44～50の何れかに記載の記録媒体において、

上記プログラムは各出力チャンネル信号の全周波数成分のレベルをそれぞれ検出する全帯域レベル検出過程と、

その全帯域レベル検出過程で検出した各チャンネルの全周波数成分レベルの何れかが第3基準値以下であるかを判定し、何れかが第3基準値以下でないと判定すると、上記音源状態判定過程に移る第3判定過程とを有することを特徴とする記録媒体。

【請求項52】 請求項47～50の何れかに記載の記録媒体において、上記プログラムは上記チャンネル時間差検出過程は上記帯域時間差検出過程を兼ねていることを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

14

【発明の属する技術分野】この発明は音声信号源や各種環境音源などの複数の音源から発せられた複数の音響信号が混ざった信号から少なくとも1つの音源の信号を分離抽出する方法、その方法に用いた音源分離装置、およびその方法をコンピュータにより実行するためのプログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】この種の音源分離装置は、例えばテレビ会議における收音装置、騒音環境下で発声した音声信号の伝送のための收音装置、音源の種類を識別する装置の收音装置など各種のものに適用される。従来の音源分離技術は、周波数領域において各信号の基本周波数を推定し、調波構造を抜き出すことにより、同一音源からの成分を集めて合成する方法が用いられてきた。

【0003】しかしこの方法では、(1)分離可能な信号が、音声の母音や楽音のような調波構造を持つものに限定されるという問題があった、(2)基本周波数の推定は一般に長い処理時間を必要とするため、実時間で音源を分離することは困難であった、(3)調波構造の推定誤りなどにより、抽出された信号に他の音源の周波数成分が混じり、それが雑音として知覚されるため分離精度が不十分であった。

【0004】

【発明の解決しようとする課題】この発明の目的は調波構造を持たない音源の音響信号でも分離抽出することとし、つまり音源の種類に依存することなく音源分離を可能とし、かつ実時間での音源分離を可能とする方法、装置、及びプログラム記録媒体を提供することにある。

【0005】この発明の他の目的は分離精度が高く、雑音の混入が少ない音源分離方法、装置及びプログラム記録媒体を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明の音源分離方法は互いに離して設けられた複数のマイクロホンをを用い、上記各マイクロホンの各出力チャンネル信号を、帯域分割過程で複数の周波数帯域に分割し、その各帯域には主として1つの音源信号成分のみ存在するようにし、これら分割された各出力チャンネル信号の各同一帯域ごとに、上記複数のマイクロホンの位置に起因して変化する、マイクロホンに到達する音響信号のパラメータ、つまりレベル(パワー)、到達時間の値の差を、帯域別チャンネル間パラメータ値差として検出し、上記各帯域の帯域別チャンネル間パラメータ値差にもとづき、その帯域の上記帯域分割された各出力チャンネル信号の何れがいつの音源から入力された信号であるかを音源信号判定過程で判定し、この音源信号判定過程の判定にもとづき、上記帯域分割された各出力チャンネル信号から、同一音源から入力された信号を少なくとも1つ、音源信号選択過程で選択し、その音源信号選択過程で同一音源からの信号として選択された、複数の帯域信号を音源信号として音源合成過程で合成する。

(9)

特開平10-313497

15

16

【0007】この発明の音源分離方法の実施例によれば、上記帯域分割過程で分割された各出力チャンネル信号の帯域別レベルをそれぞれ検出し、これらが検出された各帯域別レベルを同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出し、その発音をしていない音源の検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する合成信号を抑圧する。

【0008】この発明の音源分離方法の他の実施例によると、上記帯域分離過程で分割された各出力チャンネル信号のそのマイクロホンへの到達時間差を同一帯域ごとに検出し、これら検出された各帯域別到達時間差を、同一帯域についてチャンネル間で比較した結果にもとづき発音をしていない音源を検出し、その発音をしていない音源の検出信号により、上記音源合成過程で合成された音源信号のうち、上記発音をしていない音源と対応する合成信号を抑圧する。

【0009】

【発明の実施の形態】図1にこの発明の実施例を示す。マイクロホン1、2が間隔、例えば20cm程度をあけて配され、これらマイクロホン1、2はそれぞれ音源A、Bからの音響信号を収集して電気信号に変換する。マイクロホン1の出力をLチャンネル信号と、マイクロホン2の出力をRチャンネル信号と称する。Lチャンネル信号とRチャンネル信号はチャンネル間時間差/レベル差検出部3と、帯域分割部4へ供給され、帯域分割部4ではそれぞれ複数の周波数帯域信号に分割されて帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5と音源判定信号選別部6へ供給される。検出部3、5の各検出力に応じて選別部6において各帯域ごとに何れかのチャンネル信号がA成分又はB成分として選別され、これら選別された帯域ごとのA成分信号、B成分信号はそれぞれ音源信号合成部7A、7Bでそれぞれ合成されて、音源A信号と音源B信号とに分離出力される。音源Aがマイクロホン2よりマ*

$$\Delta \tau_1 = 1000 \times \Delta \alpha_1 / F$$

$$\Delta \tau_2 = 1000 \times \Delta \alpha_2 / F$$

ただしFはサンプリング周波数であり、1000倍にするのは演算の便宜上値をある程度大きくするためである。時間差 $\Delta \tau_1$ 、 $\Delta \tau_2$ は、音源A、Bそれぞれの信号のLチャンネル信号とRチャンネル信号のチャンネル間時間差である。

【0012】図1、2の説明に戻って帯域分割部4はLチャンネル信号とRチャンネル信号をそれぞれ各周波数帯域の信号 $L(f_1)$ 、 $L(f_2)$ 、 $\dots$ 、 (f_n) と、信号 $R(f_1)$ 、 $R(f_2)$ 、 $\dots$ 、 (f_n) に分割する(S04)。この分割は例えば各チャンネル信号をそれぞれ離散的フーリエ変換して周波数領域信号に変換した後、各周波数帯域に分割することにより行う。この帯域分割は、音源A、Bの各信号の周波数特性の差から各帯域において、一方の音源の信号成分のみが主として存在する

*マイクロホン1に近いと、音源Aよりマイクロホン1に到達する信号SA1は音源Aよりマイクロホン2に到達する信号SA2より早く到達し、かつレベルが大きい、また音源Bがマイクロホン1よりマイクロホン2に近いと、音源Bからマイクロホン1、2にそれぞれ到達する信号SB1、SB2は後者が早くマイクロホン2に到達し、レベルも大きい。このようにこの発明では、音源のマイクロホン1、2に対する位置に起因する両マイクロホン1、2に到達する音響信号の変化量、この例では両信号の到達時間差とレベル差を利用する。

【0010】図1に示した装置は以下に示すように動作する。図2に示すように、マイクロホン1、2に2つの音源A、Bからの信号が取り込まれる(S01)。チャンネル間時間差/レベル差検出部3は、Lチャンネル信号とRチャンネル信号からチャンネル間時間差またはレベル差を検出する。時間差の検出に用いるパラメータとしては、Lチャンネル信号とRチャンネル信号との相互相関関数を用いた場合で説明する。図3に示すようにまず、Lチャンネル信号とRチャンネル信号との各サンプル $L(t)$ 、 $R(t)$ を読み込み(S02)、これらサンプル間の相互相関関数を算出する(S03)。この算出は両チャンネル信号が同一サンプル時点についての相互相関を求め、また一方のチャンネル信号に対し他方のチャンネル信号をサンプル時点を一つだけずらした場合、二つだけずらした場合・・・の各場合の相互相関をそれぞれ求めて相互相関関数を求める。これら相互相関を多数求め、これらをパワーで正規化したヒストグラムを作成する(S04)。次に、ヒストグラムの累積度数順位第一位、第二位をそれぞれとる時点差 $\Delta \alpha_1$ 、 $\Delta \alpha_2$ を求める(S05)。これらの時点差 $\Delta \alpha_1$ 、 $\Delta \alpha_2$ を、次式によりそれぞれチャンネル間時間差 $\Delta \tau_1$ 、 $\Delta \tau_2$ に変換して出力する(S06)。

【0011】

$$(1)$$

$$(2)$$

程度、音声信号の場合は、例えば20Hz帯域幅で分割する。音源Aのパワースペクトルが例えば図4Aに示すように得られ、音源Bのパワースペクトルが図4Bに示すように得られ、この各スペクトルが分離できる程度の帯域幅 Δf で分割する。この時、例えば破線で対応するスペクトルを示すように、一方の音源のスペクトルに対し他方の音源のスペクトルは無視できる。またこの図4A、4Bから理解されるように帯域幅 $2\Delta f$ で分離してもよい。つまり、各帯域に1本のスペクトルのみが含まれるようにしなくてもよい。なお、離散的フーリエ変換は例えば20～40msごとに行う。

【0013】次に、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5は、例えば $L(f_1)$ と $R(f_1)$ 、 $\dots$ 、 $L(f_n)$ と $R(f_n)$ といった各対応する帯域信号のチャネ

(10)

特開平10-313497

17

18

ル間について、帯域別チャンネル間時間差またはレベル差を検出する(S05)。ここで、帯域別チャンネル間時間差は、チャンネル間時間差検出部3で検出したチャンネル間*

$$\Delta \tau_i = \{ (\Delta \phi_i / (2\pi f_i)) + (k_{i1} / f_i) \} = \varepsilon_{i1} \quad (3)$$

$$\Delta \tau_i = \{ (\Delta \phi_i / (2\pi f_i)) + (k_{i2} / f_i) \} = \varepsilon_{i2} \quad (4)$$

$i=1, 2, \dots, n$, $\Delta \phi_i$ は信号L(f_i)と信号R(f_i)の位相差である。これら式で ε_{i1} , ε_{i2} が最小になるように整数 k_{i1} , k_{i2} を決める。次に、その最小値の ε_{i1} と ε_{i2} とを比べて小さい方のチャンネル時間差 $\Delta \tau_j$ ($j=1, 2$)を、その帯域 i のチャンネル間時間差 $\Delta \tau_{ij}$ とする。つまり一方の音源信号のその帯域でのチャンネル間時間差とする。

【0015】音源判定信号選別部6は、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5で検出された帯域別チャンネル間時間差 $\Delta \tau_{ij} \sim \tau_{ij}$ を用いて各帯域信号L(f_1) $\sim$ L(f_n)とR(f_1) $\sim$ R(f_n)との各対応するものについて何れを選択するか判定を音源信号判定部601で行う(S06)。例えば、チャンネル間時間差/レベル差検出部3で算出された時間差 $\Delta \tau_1$, $\Delta \tau_2$ のうち、 $\Delta \tau_1$ が、L側のマイクロホンに近い、音源Aからの信号のチャンネル間時間差であり、 $\Delta \tau_2$ が、R側のマイクロホンに近い、音源Bからの信号のチャンネル間時間差である場合で説明する。

【0016】この場合、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5で算出された時間差 $\Delta \tau_{ij}$ が $\Delta \tau_1$ である帯域 i は、音源信号判定部601によりゲート602L1が開とされてL側の入力信号L(f_i)がそのままSA(f_i)として出力され、R側の帯域 i の入力信号R(f_i)は音源信号判定部601によりゲート602Rが開とされてSB(f_i)は0として出力される。時間差 $\Delta \tau_{ij}$ が $\Delta \tau_2$ となる帯域 i は、逆に、L側は信号L(f_i)はSA(f_i)=0として出力され、R側は入力信号R(f_i)がそのままSB(f_i)として出力される。つまり図1に示すように帯域信号L(f_1) $\sim$ L(f_n)はそれぞれゲート602L1 $\sim$ 602Lnを通じて音源信号合成部7Aへ供給され、帯域信号R(f_1) $\sim$ R(f_n)はそれぞれゲート602R1 $\sim$ 602Rnを通じて音源信号合成部7へ供給される。音源判定信号選別部6内の音源信号判定部601では $\Delta \tau_{ij} \sim \Delta \tau_{ij}$ が入力され、 $\Delta \tau_{ij}$ が $\Delta \tau_1$ と判定された帯域 i についてはゲート制御信号CL1=1とCR1=0が生成され、対応するゲート602L1が開、602R1が閉にそれぞれ制御され、 $\Delta \tau_{ij}$ が $\Delta \tau_2$ と判定された帯域 i についてはゲート制御信号CL1=0と、CR1=1が生成され、対応するゲート602L1が閉、602R1が開にそれぞれ制御される。以上の説明は機能構成であって、実際には例えばデジタルシグナルプロセッサにより処理される。

【0017】音源信号合成部7Aで信号SA(f_i) $\sim$ SA(f_n)が合成され、前記帯域分割の例ではそれぞ

*時間差 $\Delta \tau_1$, $\Delta \tau_2$ を利用することにより一意的に検出される。この検出に用いる式は以下のとおりである。

【0014】

れ逆フーリエ変換され、信号SAとして出力端子 t_A に出力され、また音源信号合成部7Bで信号SB(f_i) $\sim$ SB(f_n)が同様に合成されて信号SBとして出力端子 t_B に出力される。以上の説明で明かなように、この発明装置においては、各チャンネル信号の細かく帯域分割した、各帯域成分がそれぞれの音源からのものであるかを判定し、判定された成分は全て出力する、すなわち、音源A, Bの信号の周波数成分が互いに重なっていなければ、特定の周波数帯域を欠落させることなく処理を行うため、調波構造のみ抜き出す従来の方法に比べて音質を高く保ったまま音源A, Bの各信号を分離することが可能である。

【0018】以上の説明は、チャンネル間時間差/レベル差検出部3及び帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5で検出した、チャンネル間時間差と、帯域別チャンネル間時間差のみを利用して、音源判定信号部601で判定条件を決定した。次にこの判定条件の決定をチャンネル間のレベル差を用いて処理する実施例を説明する。この実施例は図5に示すようにマイクロホン1, 2からLチャンネル信号とRチャンネル信号を取込み(S02)、これらLチャンネル信号とRチャンネル信号のチャンネル間レベル差 ΔL をチャンネル間時間差/レベル差検出部3(図1)で検出する(S03)。図2中のステップS04と同様に、Lチャンネル信号、Rチャンネル信号をそれぞれ n 個の帯域別チャンネル信号L(f_1) $\sim$ L(f_n)、R(f_1) $\sim$ R(f_n)に分割し(S04)、帯域別チャンネル信号L(f_1) $\sim$ L(f_n)とR(f_1) $\sim$ R(f_n)との対応帯域、つまりL(f_1)とR(f_1)、L(f_2)とR(f_2)、 $\dots$ 、L(f_n)とR(f_n)について帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_1 , ΔL_2 , $\dots$, ΔL_n を検出する(S05)。

【0019】人間の音声は、20ms $\sim$ 40ms程度の間は定常状態とみなすことが出来る。そのため、音源信号判定部601(図1)においては、20ms $\sim$ 40ms毎に、チャンネル間レベル差 ΔL の対数を取った値の符号と、帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_i の対数を取った値の符号とが、全帯域のうち何割以上の帯域で、同じ符号(+又は-)になるのかを算出し、所定値、例えば8割以上の帯域で両者が同じ符号を持てば(S06, S07)、そこから20ms $\sim$ 40msの間はチャンネル間レベル差 ΔL のみで判定し(S08)、同じ符号を持つのが8割以下の帯域であれば、そこから20ms $\sim$ 40msの間は帯域毎に、帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_i を用いて判定する(S09)。判定の仕方は、全帯域をチャンネル間レベル差 ΔL で判定する場合は、 ΔL が正であ

(11)

特開平10-313497

19

20

れば、Lチャンネル信号 $L(t)$ がそのまま信号SAとして出力され、Rチャンネル信号 $R(t)$ は信号SB=0として出力される。 ΔL が0以下であれば逆に、Lチャンネル信号 $L(t)$ は信号SA=0として出力され、Rチャンネル信号 $R(t)$ がそのまま信号SBとして出力される。ただし、これは、チャンネル間レベル差としてL側からR側を引いた値を用いた場合の説明である。また、帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_i を用いて帯域毎に判定する場合は、各帯域 f_i ごとに帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_i が正であれば、L側分割信号 $L(f_i)$ がそのまま信号SA(f_i)として出力され、R側分割信号R(f_i)は信号SB(f_i)=0として出力される。レベル差 ΔL_i が0以下であれば逆に、L側は分割信号L(f_i)は信号SA(f_i)=0として出力され、R側は分割信号R(f_i)が信号SB(f_i)として出力される。以上のようにして音源信号判定部601からゲート制御信号 $CL1 \sim CLn$, $CR1 \sim CRn$ が出力され、ゲート602L1 $\sim$ 602Ln, 602R1 $\sim$ 602Rnがそれぞれ制御される。これも、前者と同様、帯域別チャンネル間レベル差として、L側からR側を引いた値を用いた場合の説明である。信号SA(f_1) $\sim$ SA(f_n)、信号SB(f_1) $\sim$ SB(f_n)は先の実施例と同様にそれぞれ合成された信号SA, SBとして出力端子 t_1 , t_2 にそれぞれ出力される(S10)。

【0020】前記実施例では、音源信号判定部601で用いる判定条件として、到達時間差とレベル差のうちどちらかの片方のみを利用する。しかし、レベル差のみを利用した場合、低域の周波数帯域では $L(f_i)$ とR(f_i)とのレベルが拮抗する場合があります。その場合はレベル差を正確に求めることが困難になる。また、時間差のみを利用した場合は、高い周波数帯域においては、位相の回転が起こるため時間差を正しく算出することが困難な場合がある。これらの点から、低域の周波数帯域では時間差を、高域ではレベル差を判定に用いた方が、全帯域に渡り単一のパラメータを用いるよりも有利である場合がある。

【0021】そこで、音源信号判定部601で帯域別チャンネル間時間差と帯域別チャンネル間レベル差を共に用いる実施例を図6以下の図面を参照して説明する。この実施例の機能構成のブロックとしては図1と同一であるが、チャンネル間時間差/レベル差検出部分3、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5と音源信号判定部601での処理が以下のように異なる。チャンネル間時間差/レベル差検出部3は、検出された時間差 $\Delta \tau_1$, $\Delta \tau_2$ の各絶対値の平均、又は $\Delta \tau_1$, $\Delta \tau_2$ が比較的近い*

$$\Delta \sigma i = 1000 \cdot \Delta \phi i / 2\pi f_i$$

分割された信号 $L(f_i)$, $R(f_i)$ が中域と判定された場合は図8に示すように帯域別チャンネル間レベル差 $\Delta L(f_i)$ を利用して、位相差 $\Delta \phi i$ を一意に決定する。即ち $\Delta L(f_i)$ が正かを調べ(S23)、正であ

*値であれば、その一方のみなど、一つの時間差 $\Delta \tau$ を出力する。なおチャンネル間時間差 $\Delta \tau_1$, $\Delta \tau_2$, $\Delta \tau$ をチャンネル信号 $L(t)$, $R(t)$ を周波数軸上で帯域分割する前に算出したが、帯域分割した後算出することも可能である。

【0022】図5に示すように、Lチャンネル信号 $L(t)$ 、Rチャンネル信号 $R(t)$ をフレーム(例えば20 $\sim$ 40ms)毎に読み込み(S02)、帯域分割部4でLチャンネル信号、Rチャンネル信号をそれぞれ複数の周波数帯域に分割する。この例ではLチャンネル信号 $L(t)$ 、Rチャンネル信号 $R(t)$ にそれぞれハニング窓をかけ(S03)、それぞれフーリエ変換を施して分割された信号 $L(f_1) \sim L(f_n)$ 、 $R(f_1) \sim R(f_n)$ を得る(S04)。

【0023】次に、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5では分割された信号の周波数 f_i が $1/(2\Delta \tau)$ ($\Delta \tau$ はチャンネル時間差)以下の帯域(以下、低域と呼ぶ)であるかを調べ(S05)、以下であれば帯域別チャンネル間位相差 $\Delta \phi i$ を出力し(S08)、分割された信号の周波数 f_i が $1/(2\Delta \tau)$ より大きく $1/\Delta \tau$ 未満の帯域(以下、中域と呼ぶ)であるかがチェックされ(S06)、この中域であれば帯域別チャンネル間位相差 $\Delta \phi i$ 及びレベル差 ΔL_i を出力し(S09)、分割された信号の周波数 f_i が $1/\Delta \tau$ 以上の帯域(以下、高域と呼ぶ)かがチェックされ(S07)、高域であれば帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_i を出力する(S10)。

【0024】音源信号判定部601は、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5で検出された帯域別チャンネル間位相差、レベル差を用いて $L(f_1) \sim L(f_n)$ 、 $R(f_1) \sim R(f_n)$ それぞれについて何れを出力するかの判定を行う。なお、位相差 $\Delta \phi i$ 、レベル差 ΔL_i については、この例では共にL側からR側の値を引いて算出した値を用いる。

【0025】低域と判定された信号 $L(f_i)$, $R(f_i)$ については図7に示すようにまず位相差 $\Delta \phi i$ が π 以上かを調べ(S15)、 π 以上であれば $\Delta \phi i$ から 2π を減算した値を $\Delta \phi i$ とし(S17)、ステップS15で $\Delta \phi i$ が π 以上でなければ、 $-\pi$ 以下かを調べ(S16)、以下であれば $\Delta \phi i$ に 2π を加算した値を $\Delta \phi i$ とし(S18)、ステップS16で $-\pi$ 以下でなければ $\Delta \phi i$ をそのまま用いる(S19)。ステップS17, S18, S19で求めた帯域別チャンネル間位相差 $\Delta \phi i$ を時間差 $\Delta \sigma i$ に次式で変換する(S20)。

【0026】

$$(5)$$

れば、その帯域別チャンネル間位相差 $\Delta \phi i$ が正であるかを調べ(S24)、正であればその $\Delta \phi i$ をそのまま出力し(S26)、ステップS24で正でなければ $\Delta \phi i$ に 2π を加算した値を $\Delta \phi i$ として出力する(S2

(12)

特開平10-313497

21

22

7)。ステップS23で $\Delta L(f_i)$ が正でなければ、その帯域別チャンネル間位相差 $\Delta \phi_i$ が負であるかを調べ(S25)、負であれば、その $\Delta \phi_i$ をそのまま $\Delta \phi_i$ として出力し(S28)、ステップS25で負でなければ $\Delta \phi_i$ から 2π を減算した値を $\Delta \phi_i$ として出力する*

$$\Delta \phi_i = 1000 \cdot \Delta \phi_i / 2\pi f_i$$

(6)

以上のようにして低域、中域における帯域別チャンネル間時間差 $\Delta \sigma_i$ と、高域における帯域別チャンネル間レベル差 $\Delta L(f_i)$ が得られ、これらに応じて音源信号の判別が次のようになされる。図9に示すように低域と中域においては位相差 $\Delta \phi_i$ を、高域においてはレベル差 ΔL_i を利用して両チャンネルの各周波数成分を該当するどちらかの音源の信号として判別する。具体的には、低域と中域においては図7、8でそれぞれ求められた帯域別チャンネル間時間差 $\Delta \sigma_i$ が正であるかを調べ(S34)、正であれば、その帯域iのL側チャンネル信号L(f_i)を信号SA(f_i)として出力し、R側帯域チャンネル信号R(f_i)を0の信号SB(f_i)として出力する(S36)。ステップS34で帯域別チャンネル時間差 $\Delta \sigma_i$ が正でない場合は逆にSA(f_i)として0を出力し、SB(f_i)としてR側チャンネル信号R(f_i)を出力する(S37)。

【0028】また、高域においては、図6中のステップS10で検出した帯域別チャンネル間レベル差 $\Delta L(f_i)$ が正であるかを調べ(S35)、正であれば信号SA(f_i)としてL側チャンネル信号L(f_i)を出力し、SB(f_i)として0を出力する(S38)。ステップS35でレベル差 ΔL_i が正でなければSA(f_i)として0を出力し、SB(f_i)としてR側帯域チャンネル信号R(f_i)を出力する(S39)。

【0029】以上のようにして各帯域についてL側又はR側が出力され、音源信号合成部7A、7Bでそれぞれ判別した各周波数成分を全帯域に渡り加算し(S40)、かつ、加算した各信号を逆フーリエ変換し(S41)、その変換した信号SA、SBを出力する(S42)。以上説明したように、この実施例においては、周波数帯域毎に音源分離に有利なパラメータを用いることにより、全帯域に渡り単一のパラメータを用いる場合に比べてより分離性能の高い音源分離を実現することが可能である。

【0030】この発明は音源の数が3個以上でも適用できる。例として、音源数が3、マイクロホン数が2である場合でマイクロホンへの到達時間差を利用して音源分離する場合を説明する。この場合、チャンネル間時間差/レベル差検出部3で各音源についてLチャンネル信号、Rチャンネル信号のチャンネル間時間差を算出する際に、図3に示したように相互相関のパワーで正規化したヒストグラムの、累積度数(ピーク値)第一位から第三位までをとる各時点を求めることによって各音源信号についてのチャンネル間時間差 $\Delta \tau_1$ 、 $\Delta \tau_2$ 、 $\Delta \tau_3$ を算出する。

* (S29)。これらステップS26～S29の何れかの $\Delta \phi_i$ が次式によりその帯域別チャンネル間時間差 $\Delta \sigma_i$ として演算される(S30)。

【0027】

そして、帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5においても、各帯域の帯域別チャンネル間時間差を $\Delta \tau_1$ から $\Delta \tau_3$ のどれかに決定する。この決定の仕方は、前記実施例で述べた計算式(3)、(4)と同様である。音源信号判定部601では、例として、 $\Delta \tau_1 > 0$ 、 $\Delta \tau_2 > 0$ 、 $\Delta \tau_3 < 0$ である場合で説明する。ここで、 $\Delta \tau_1$ 、 $\Delta \tau_2$ 、 $\Delta \tau_3$ はそれぞれ、音源A、B、C各信号のチャンネル間時間差と仮定し、さらに、これらの値はL側からR側の値を引いて算出した値と仮定する。この場合、音源AはL側のマイクロホン1に近く、音源BはR側のマイクロホン2の近くにある。よって、Lチャンネルの信号から、帯域別チャンネル間時間差が $\Delta \tau_1$ となる帯域の信号を加算して音源Aの信号を、また $\Delta \tau_2$ となる帯域を加算して、音源Bの信号をそれぞれ分離することが可能である。また、Rチャンネル信号から、帯域別チャンネル間時間差が $\Delta \tau_3$ となる帯域の信号を加算して出力することにより、音源Cの信号を分離する。

【0031】上述では音源信号を分離し、分離された各音源信号SA、SBを各別に出力した。しかし、例えば一方の音源Aは発話者による音声であり、他方の音源Bは騒音のような場合、騒音と混合された音源Aの信号音を分離抽出し、騒音を抑圧するためにもこの発明を適用することができる。その場合は図1において音源信号合成部7Aを残し、1点鎖線で示す枠9中の音源信号合成部7B、ゲート602R1～602Rnを省略すればよい。

【0032】一方の音源Aが他方の音源Bより周波数帯域が広い場合でその各周波数帯域が予め知られている場合は、図10に示すように図1において帯域分離部10において、両音源信号の重なっていない周波数帯域を分離する。例えば音源Aの信号A(t)の周波数帯域は $f_1 \sim f_n$ であるが音源Bの信号B(t)の周波数帯域は $f_1 \sim f_n$ ($f_n > f_m$)の場合、重なっていない帯域 $f_{m+1} \sim f_n$ の信号をマイクロホン1、2の出力から分離し、この帯域 $f_{m+1} \sim f_n$ の信号については、音源信号判定部601の判定処理、場合によっては帯域別チャンネル間時間差/レベル差検出部5の処理を行わず、音源信号判定部601は、音源Bの信号として選出するチャンネル信号SB(t)として選出するRの分割された帯域チャンネル信号R(f_{m+1})～R(f_n)をそれぞれSB(f_{m+1})～SB(f_n)として出力し、SA(f_{m+1})～SA(f_n)は0を出力させるように音源信号選択部602を制御する。即ちゲート602L_{m+1}～602L_nは常閉とし、ゲート602R_{m+1}～

(13)

特開平10-313497

23

24

602Rnは常開とする。

【0033】上述では各帯域別チャンネル間時間差 $\Delta\sigma_i$ 、正か負かにより、また各帯域別チャンネル間レベル差 ΔL_i が正か負かにより、つまり、いずれも0をしきい値として、その帯域信号が何れのマイクロホンに近いかを判別した。これはマイクロホン1として結ぶ線の2等分線に対して音源Aと音源Bと左右対称に位置している場合である。この関係にない場合は判別しきい値を以下のように決めればよい。

【0034】音源Aの信号がマイクロホン1、マイクロホン2に到達する帯域別チャンネル間レベル差を ΔL_A 、到達する帯域別チャンネル間時間差を $\Delta\tau_A$ 、音源Bの信号がマイクロホン1、マイクロホン2に到達する帯域別チャンネル間レベル差を ΔL_B 、到達する帯域別チャンネル間時間差を $\Delta\tau_B$ とそれぞれする。このとき、帯域別チャンネル間レベル差のしきい値 ΔL_{th} は

$$\Delta L_{th} = (\Delta L_A + \Delta L_B) / 2$$

とし、帯域別チャンネル間時間差のしきい値 $\Delta\tau_{th}$ は

$$\Delta\tau_{th} = (\Delta\tau_A + \Delta\tau_B) / 2$$

とすればよい。先に述べた実施例では $\Delta L_A = -\Delta L_B$ 、 $\Delta\tau_A = -\Delta\tau_B$ の場合で $\Delta L_{th} = 0$ 、 $\Delta\tau_{th} = 0$ となる。音源A、Bを分離できるように、二つの音源をマイクロホン1、2に対し、互いに異なる側となるように、マイクロホン1、2を位置させ、マイクロホン1、2に対する距離、方向は必ずしも正しくはわかっていない場合があり、しきい値 ΔL_{th} 、 $\Delta\tau_{th}$ を可変として、分離がよく行われるように ΔL_{th} 、 $\Delta\tau_{th}$ を調整可能としてもよい。

【0035】前記実施例では部屋の残響や回折の影響により、帯域別チャンネル間時間差や帯域別チャンネル間レベル差に誤りが生じ、各音源信号を精度よく分離することができない場合がある。このような問題を改善した実施例を次に述べる。図11に示すように、マイクロホンM1、M2、M3は、例えば1辺が20cmの正三角形の頂点の位置に配置されている。マイクロホンM1～M3の指向特性に基づいて空間が分割して設定され、その各分割された空間を音源ゾーンと呼ぶ。全てのマイクロホンM1～M3が無指向で同じ特性を有する場合には、例えば図12に示すように、ゾーンZ1～Z6のように6個に分割される。つまり、各マイクロホンM1、M2、M3と、その中心点Cpをそれぞれ通る直線により、中心点Cpを中心に等角間隔で6分割された6つのゾーンZ1～Z6が形成される。音源AはゾーンZ3に、音源BはゾーンZ4に位置している。つまり、1個の音源ゾーンには1個の音源が属するよう、マイクロホンM1～M3の配置や特性に基づいて各音源ゾーンを決定する。

【0036】図11において、帯域分割部41は、マイクロホンM1で収音した第1チャンネルの音響信号S1をn個の周波数帯域信号S1(f1)～S1(fn)に分割し、分割部42でマイクロホンM2で収音した第2チ

ャネルの音響信号S2をn個の周波数帯域信号S2(f1)～S2(fn)に分割し、帯域分割部43は、マイクロホンM3で収音した第3チャンネルの音響信号S3をn個の周波数帯域信号S3(f1)～S3(fn)に分割する。これら各帯域f1～fnは帯域分割部41～43で共通であり、このような帯域分割は離散的フーリエ変換器を利用することができる。

【0037】音源分離部80は図1乃至図10を参照して説明した手法を用いて音源信号を分離するものである。ただし図11ではマイクロホンが3つであるから、この3つのチャンネルの信号の各2つの組合せについて同様な処理を行う。従って音源分離部80内の帯域分割部と帯域分割部41～43を兼用することもできる。帯域別レベル(パワー)検出部S1で帯域分割部41で得られた各帯域の信号S1(f1)～S1(fn)のレベル(パワー)信号P(S1f1)～P(S1fn)が検出され、同様に帯域別レベル検出部52、53でそれぞれ帯域分割部42、43で得られた各帯域信号S2(f1)～S2(fn)、S3(f1)～S3(fn)の各P(S2f1)～P(S2fn)、P(S3f1)～P(S3fn)がそれぞれ検出される。これら帯域別レベル検出もフーリエ変換器で実現できる。つまり各チャンネル信号を離散的フーリエ変換によりスペクトルに分解し、その各スペクトルの電力を求めればよい。従って、各チャンネル信号について、パワースペクトルを求め、そのパワースペクトルを帯域分割してもよい。各マイクロホンM1～M3の各チャンネル信号を、帯域別レベル検出部400で各帯域に分割すると共にそのレベル(パワー)を出力することになる。

【0038】一方全帯域レベル検出部61でマイクロホンM1で収音された第1チャンネルの音響信号S1の全周波数成分のレベル(パワー)P(S1)が検出され、全帯域レベル検出部62、63でそれぞれマイクロホンM2、M3でそれぞれ収音された第2、第3チャンネル2、3の各音響信号S2、S3の全周波数成分のレベルP(S2)、P(S3)が検出される。

【0039】音源状態判定部70では、コンピュータ処理により、音響を発していない音源ゾーンを判定する。まず、帯域別レベル検出部50により得られる帯域別レベルP(S1f1)～P(S1fn)、P(S2f1)～P(S2fn)、P(S3f1)～P(S3fn)を、同一の帯域の信号について相互に比較する。そして各帯域f1～fn毎に、最も大きなレベルのチャンネルを特定する。

【0040】帯域分割の数nを所定数以上にすることにより、前述したように、1つの帯域には1個の音源の音響信号しか含まれないと見なせるようにできるので、同一帯域fiのレベルP(S1fi)、P(S2fi)、P(S3fi)は、同一音源からの音響のレベルと見なすことができる。よって、第1～第3チ

(14)

25

チャンネルについて同一の帯域のレベル $P(S1fi)$, $P(S2fi)$, $P(S3fi)$ に差があるときは、音源に最も近いマイクロホンのチャンネルの帯域のレベルが最も大きくなる。

【0041】前記処理の結果、各帯域 $f1 \sim fn$ について、最もレベルの大きなチャンネルがそれぞれ割り当てられる。 n 個の帯域中で第1～第3各チャンネルについて、最もレベルが大きな帯域の合計数 $\chi1$, $\chi2$, $\chi3$ を算出する。この合計数の値が大きいチャンネルのマイクロホンほど、音源に近いとみなすことができる。合計数値が例えば $90n/100$ 以上程度であればそのチャンネルのマイクロホンに音源が近いと判定することができる。しかし、最もレベルが大きい帯域の合計数が $53n/100$ 、次に合計値が大きい値が $49n/100$ の場合はそのそれぞれの対応マイクロホンに音源が近いかわかる。従って当該合計数が予め設定した基準値 ThP 、例えば $n/3$ 程度を越えたとき、当該合計数と対応するチャンネルのマイクロホンにその音源が最も近いと判定する。

【0042】また、この音源状態判定部70には、全帯域レベル検出部60で検出された各チャンネルのレベル $P(S1) \sim P(S3)$ も入力されていて、そのレベルの全てが予め設定した基準値 ThR 以下の場合には、何れのゾーンにも、音源がないと判定する。この音源状態判定部70による判定結果に基づき、制御信号を発生して、音源分離部80で分割された音響信号A, Bに対する抑圧を信号抑圧部90で行う。つまり制御信号 SAi により音響信号SAを抑圧(減衰ないし削除)し、制御信号 SBi により音響信号SBを抑圧し、制御信号 $SABi$ により両音響信号SA, SBを抑圧する。例えば信号抑圧部90内に常閉スイッチ9A, 9Bが設けられ、音源分離部80の出力端子 $1a$, $1b$ が常閉スイッチ9A, 9Bを通じて、出力端子 $1a'$, $1b'$ に接続され、制御信号 SAi によりスイッチ9Aが開とされ、制御信号 SBi によりスイッチ9Bが開とされ、制御信号 $SABi$ によりスイッチ9A, 9Bが共に開とされる。当然のことであるが、音源分離部80で行う分離処理するフレームの信号と、信号抑圧部90での抑圧に用いる制御信号を得るフレームの信号とは同一のものをを用いる。抑圧(制御)信号 SAi , SBi , $SABi$ の発生についてわかり易く説明する。

【0043】いま、図12に示すように音源A, Bが位置している時マイクロホンM1～M3を図に示したように配置し、ゾーンZ1～Z6を決定し、音源AとBが別個のゾーンZ3, Z4にそれぞれ位置するようにする。この時、音源AのマイクロホンM1～M3に対する距離 $SA1$, $SA2$, $SA3$ は、 $SA2 < SA3 < SA1$ となる。また、音源Bの各マイクロホンM1～M3に対する距離 $SB1$, $SB2$, $SB3$ は、 $SB3 < SB2 < SB1$ となる。

特開平10-313497

26

【0044】全帯域レベル検出部60の検出信号 $P(S1) \sim P(S3)$ のすべてが基準値 ThR よりも小さいとき、音源A, Bは発音、例えば発話していないと見なし、制御信号 $SABi$ により、両音響信号SA, SBを抑圧する。このとき、出力音響信号SA, SBは無音信号となる(図13の101, 102)。音源Aのみが発音しているときは、その音響信号のすべての帯域の周波数成分がマイクロホンM2へ一番大きな音圧レベル(パワー)で到達するので、このマイクロホンM2のチャンネルの合計帯域数 $\chi2$ が最も多くなる。

【0045】また、音源Bのみが発音しているときは、その音響信号のすべての帯域の周波数成分がマイクロホンM3へ一番大きな音圧レベルで到達するので、このマイクロホンM3のチャンネルの合計帯域数 $\chi3$ が最も多くなる。さらに、音源A, Bが共に発音している場合には、音響信号が最も大きな音圧レベルで到達する帯域数がマイクロホンM2とM3で拮抗する。

【0046】したがって、前記した基準値 ThP により、音響信号があるマイクロホンへ最も大きな音圧レベルで到達する合計帯域数が、当該基準値 ThP を越えた場合、当該マイクロホンが司るゾーンに音源が存在すると判定することにより、発音している音源ゾーンを検出することができる。上記の例では、音源Aのみが発音しているときは、 $\chi2$ のみが基準値 ThP を越えて、発音している音源が存在するのはマイクロホンM2が司るゾーンZ3であると検出されるので、制御信号 SBi により音声信号SBを抑制して、音響信号SAのみを出力させる(図13の103, 104)。

【0047】また、音源Bのみが発音しているときは、 $\chi3$ のみが基準値 ThP を越えて、発音している音源が存在するのは、マイクロホンM3が司るゾーンZ4であると検出されるので、制御信号 SAi により音響信号SAを抑制して、音響信号SBのみを出力させる(図13の105, 106)。さらに、音源A, Bが共に発音していて、 $\chi2$, $\chi3$ ともに基準値 ThP を越えるときは、例えば音源Aに優先度を与えて、音源Aのみが発音していると処理することができる。図13の処理手順はそうにしてある。また、 $\chi2$, $\chi3$ が共に基準値 ThP に達していない場合は、レベル $P(S1) \sim P(S3)$ が基準値 ThR を越えている限り、両音源A, Bともに発音していると判断し、制御信号 SAi , SBi , $SABi$ の何れも出力せず、音声抑圧部90では合成信号SA, SBに対する抑圧は行われない(図13の107)。

【0048】以上のようにして、音源分離部80で分離された音源信号SA, SBは、音源状態判定部70によって発音していないと判定された音源に対応するものが、信号抑圧部90で抑圧され、不要音が抑圧されるようになる。図12に示した状態に対して、図14に示すように音源CをゾーンZ6に加えた場合は、図示しない

(15)

27

が音源分離部80からは、音源Aに対応する信号SA、音源Bに対応する信号SBの他に、音源Cに対応する信号SCを出力する。

【0049】また、信号抑圧部90に対して、音源状態判定部70から、信号SAを抑圧する制御信号SAi、信号SBを抑圧する制御信号SBiの他に、信号SCを抑圧する制御信号SCiが出力する。また、信号SAとSBを抑圧する制御信号SABiの他に、信号SBとSCを抑圧する制御信号SBCi、信号SCとSAを抑圧する制御信号SCAi、信号SAとSBとSCの全部を抑圧する制御信号SABCiが出力する。この音源状態判定部70は、図15に示すような処理を行う。

【0050】まず、レベルP(S1)～P(S3)の全部が基準値ThRを越えていない場合は、いずれの音源A～Cも発音していないものと判断して、音源状態判定部70からSABCiを出力して、信号SA、SB、SCのいずれかが抑圧される(図15の201～202)。次に、音源A、B、Cがそれぞれ単独で発音している場合は、P(S1)～P(S3)の何れかはThRより大となり、前記した音源が2個の場合と同様に、その音源に最も近いマイクロホンのチャンネルのレベルが最も大きくなるので、そのチャンネルの帯域数 χ_1 、 χ_2 、 χ_3 のいずれかが基準値ThPを越える。そして、音源Cのみが発音している場合は、 χ_1 がThPを越え、制御信号SABiを出力して信号SA、SBが抑圧される(図15の203、204)。また、音源Aのみが発音している場合は、制御信号SBCiが出力して信号SB、SCが抑圧される。さらに、音源Aのみが発音している場合は、制御信号SBCiが出力して信号SB、SCが抑圧される(図15の205～208)。

【0051】次に、3つの音源A～Cのうちのいずれか2つが発音する場合は、発音していない音源に対応するゾーンにあるマイクロホンのレベルが最も大きくなる帯域数が、他のマイクロホンのものに比べて小さくなる。例えば、音源Cのみが発音していない場合には、マイクロホンM1のレベルが最も大きくなる帯域数 χ_1 が、他の2個のマイクロホンM2、M3の帯域数 χ_2 、 χ_3 に比べて小さくなる。

【0052】よって、予めある基準値ThQ(<ThP)を設定し、 χ_1 がその基準値ThQ以下になる場合は、マイクロホンM1とマイクロホンM3で空間を2分割したゾーンZ5、Z6の内、マイクロホンM1に近いゾーンZ6では、音源は信号を発していないと判定する。さらに、マイクロホンM1とM2で空間を2分割したゾーンZ1、Z2のうちマイクロホンM1に近いゾーンZ1では音源は信号を発していないと判定する。

【0053】すなわち、ゾーンZ1、Z6にある音源は信号を発していないと判定するのである。これらのゾーンにある音源は音源Cであることから、音源Cが信号を発していないと判定される。つまり、音源A、Bのみが

特開平10-313497

28

信号を発していると判定され、制御信号SCiを生成し、信号SCが抑圧される。図14に示した状態で3つの音源A～Cのうち1つのみが発音していない場合は通常は何れのマイクロホンについても最大となる帯域数 χ_1 、 χ_2 、 χ_3 は基準値ThP以下となるため、図15においてステップ203、205、207を通過し、ステップ209で、 χ_1 が基準値ThQ以下かを調べ、音源Cのみが発音していなければ、 $\chi_1 < ThQ$ となり、制御信号SCiが生成される(図15の210)。ステップ209で χ_1 がThQ以下でなければ χ_2 、 χ_3 についても同様にThQ以下であるかが順次調べられ、ThQ以下であれば音源Aのみ、又は音源Bのみが発音していないと推定され、それぞれ制御信号SAi又はSBiが抑圧される(図15の211～214)。

【0054】ステップ213で χ_3 がThQ以下でないと判定されると、音源A、B、Cは全て発音していると判定され、何れの制御信号も生成されない(図15の215)。この場合基準値ThPは $2n/3 \sim 3n/4$ 程度基準値ThQは $n/2 \sim 2n/3$ 程度、つまり例えばThPを $2n/3$ 程度にすると、ThQは $n/2$ 程度にする。

【0055】なお、以上の例では、ゾーンをZ1～Z6の6つに分けたが、図16に示すように、中心点Cpから各マイクロホン間の中点を通る点線により3つのゾーンZ1～Z3に分けても同様に音源状態を判定できる。この場合は、例えば、音源Aのみが発音している場合は、マイクロホンM2のチャンネルの帯域数 χ_2 が最も大きくなるので、そのマイクロホンM2の司るゾーンZ2に音源があると判定される。また、音源Bのみが発音している場合は χ_3 が最も大きくなり、ゾーンZ3に音源があると判定される。また、 χ_1 が予め設定した値ThQ以下である場合には、マイクロホンM1とM2およびM3とそれぞれ2分したうちのゾーンZ1にある音源は発音していないと判定する。以上の処理により、ゾーンを3分割しても、6分割のときと同様に音源の状態を判定できる。

【0056】また、基準値ThR、ThP、ThQは、全てのマイクロホンM1～M3で同一値を用いた場合で説明したが、マイクロホン毎に適宜変更してもよい。また、以上の説明では、音源が3個でマイクロホンが3個の場合についてであったが、マイクロホンの個数は音源の個数と同数以上であれば、同様に音源ゾーンを検出することができる。

【0057】例えば、音源が4個の場合には、4個のマイクロホンにより、個々のチャンネルのマイクロホンが1個の音源を司るように、図16の分割方法と同様に4個のゾーンに空間を分割する。このときの音源状態判定は、図15のステップ201～208と同様な処理により、4個全部の音源が無音か、いずれか1個が発音しているかを判定する。それらいずれでもないとき、図15

(16)

特開平10-313497

29

30

のステップ209~214と同様な処理により、4個の内の1個が無音かを判定し、1個の無音もないとき図15のステップ215と同じ処理により全部の音源が発音していると判定する。また、4個の内の3個の音源が発音しているとき(1個が無音のとき)は、そのままとしても良いが、その3個の内のより無音に近い1個を選別するには、次のようにより細かく制御する。すなわち、基準値を ThQ から ThS ($ThP > ThS > ThQ$)に換え、図15の各ステップ210, 212, 214の各々の次段に図15のステップ209~214と同様な処理部分を設けて、3個の内から1個の無音に近い音源を判定する。

【0058】このように、音源の数が多くなるほど、図15のステップ209~214の処理内容を繰り返すことにより、無音又は無音に近い音源を2以上判定することができる。ただし、判定基準値 ThS は処理の繰り返しが増えるほど、 ThP に近付ける。以上の処理動作手順マイクロホンが4個、音源が4個の場合について図17に示すようになる。まずマイクロホン $M1 \sim M4$ より第1~第4チャンネル信号 $S1 \sim S4$ を取込み(S01)、これらチャンネル信号 $S1 \sim S4$ のレベル $P(S1) \sim P(S4)$ をそれぞれ検出し(S02)、これらレベル $P(S1) \sim P(S4)$ の何れもが基準値 ThR 以下であるかを調べ(S03)、基準値以下であれば制御信号 $SABCDI$ を生成して合成信号 $SA, SB, SC(S1)$ の出力を抑圧する(S04)。ステップS03で何れかが基準値 ThR 以下でなければ、各チャンネル信号 $S1 \sim S4$ を n 帯域に分割すると共にその各帯域のレベル $P(S1fi), P(S2fi), P(S3fi), P(S4fi)$ ($i=1, \dots, n$)を求める(S05)。各チャンネル間で同一帯域 fi のレベル中の最大のチャンネル fiM (M は1, 2, 3, 4の何れか)を各帯域について決定し(S06)、全帯域(n 個)中で $fi1, fi2, fi3, fi4$ の各合計値 $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4$ を求める(S07)。 $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4$ 中の最大のものを χ_u を求め(S08)、 χ_u が基準値 $ThP1$ (例えば $n/3$)以上であるかを調べ(S09)、 $ThP1$ 以上であればチャンネル M と対応して選出した音源信号、音源 A の信号であれば分離されたチャンネル M 以外の分離されたチャンネルの分離音響信号を抑圧する制御信号 $SBCDI$ を生成する(S010)。ステップS08から直ちにステップS010へ移ってもよい。

【0059】ステップS09で基準値以上でなければ χ_u が基準値 ThQ 以下のチャンネル M があるかを調べる(S011)。 ThQ 以下のものがなければ、全ての音源が発音しているとみなして、何れの制御信号も発生しない(S012)。ステップS011で χ_u が ThQ 以下のチャンネル M があれば、これと対応するチャンネル M として分離された音源信号を抑圧する制御信号 SMI を

生成する(S013)。

【0060】制御信号 SMI で抑圧された以外の分離された音源信号中の無音又は無音に近いものを抑圧するには、 S を+1し(S014) (S は予め0に初期化しておく)、 S が $M-1$ (M は音源の数)と一致したかを調べ(S015)、一致していなければ、 ThQ を $+\Delta Q$ だけ大としてステップS011に戻る(S016)。 S が $M-1$ になるまで ThQ を ThP を越えない範囲で ΔQ ずつ増加させステップS011を実行する。ステップS015で $M-1=S$ であれば、その時の ThQ 以下の各 χ_u の各チャンネル M と対応する分離された音源信号を抑圧する各制御信号 SMI を生成する(S013)。必要に応じてステップS015で $M-1=S$ になる前にステップS013に移ってもよい。

【0061】ステップS07で $\chi_1 \sim \chi_4$ を計算した後、これらで $ThP2$ (例えば $2n/3$)以上のものがあるかを調べ、あればステップS010に移り、なければステップS011に移るようにしてもよい(S017)。上述では音源分離の精度を上げるため、マイクロホン $M1 \sim M3$ のチャンネル信号 $S1 \sim S3$ の帯域間レベル差を利用して信号抑圧部90に対する制御信号を生成したが、帯域間時間差を利用して制御信号を生成することもできる。

【0062】この例を図18に、図11と対応する部分に同一符号を付けて示す。この実施例では帯域分割部41で得られた各帯域 $f1 \sim fn$ の信号 $S1(f1) \sim S1(fn)$ から到達時間差信号 $An(S1f1) \sim An(S1fn)$ が帯域別時間差検出部101で検出され、同様に帯域分割部42, 43でそれぞれ得られた各帯域の信号 $S2(f1) \sim S2(fn), S3(f1) \sim S3(fn)$ からそれぞれ到達時間差信号 $An(S2f1) \sim An(S2fn), An(S3f1) \sim An(S3fn)$ が帯域別時間差検出部102, 103で検出される。

【0063】これらの到達時間差信号を得る処理は、例えば、フーリエ変換により各帯域の信号の位相(あるいは群遅延)を算出し、同一の帯域 fi の信号 $S1(fi), S2(fi), S3(fi)$ ($i=1, 2, \dots, n$)の位相を相互に比較することで、同一音源信号の到達時間差と対応した信号を得ることができる。この場合も帯域分割部40での分割は、1つの帯域には1つの音源信号成分しか存在しないとみなせる程度に小さく行う。

【0064】この到達時間差の表現方法は、例えば、マイクロホン $M1 \sim M3$ のいずれかを基準にしてその基準マイクロホンに対する到達時間差を0に設定しておけば、他のマイクロホンに対する到達時間差はその基準マイクロホンに対して速く到達したか遅く到達したかで判定できるので、正又は負の極性を付した数値で表すことができる。この場合、基準マイクロホンを例えば $M1$ と

(17)

特開平10-313497

31

すると、到達時間差信号 $A_n(S1f1) \sim A_n(S1fn)$ は全て0となる。

【0065】音源状態判定部110では、コンピュータ処理により音声を発していない音源を判定する。まず、帯域別時間差検出部100により得られる到達時間差信号 $A_n(S1f1) \sim A_n(S1fn)$, $A_n(S2f1) \sim A_n(S2fn)$, $A_n(S3f1) \sim A_n(S3fn)$ を、同一の帯域の信号について相互に比較する。これにより各帯域 $f1 \sim fn$ 毎に、最も信号が速く到達するチャンネルが決定できる。

【0066】そこで、各チャンネルについて信号が最も速く到達すると判定された帯域の合計数を算出して、それをチャンネル間で比較する。この結果、この合計帯域数の値が大きいチャンネルのマイクロホンほど、音源に近いとみなすことができる。そして、あるチャンネルについて、当該合計帯域数が予め設定した基準値 ThP を越えたとき、当該チャンネルのマイクロホンが司るゾーンに音源があると判定する。

【0067】また、この音源状態判定部110には、全帯域レベル検出部60で検出された各チャンネルのレベル $P(S1) \sim P(S3)$ も入力され、あるチャンネルのレベルが予め設定した基準値 ThR 以下の場合には、そのチャンネルのマイクロホンが司るゾーンには、音源がないと判定する。いま図12に示したように音源A、Bに対し、マイクロホンM1～M3を配置したとする。またマイクロホンM1のチャンネルに対する前記した合計帯域数を $\chi 1$ 、マイクロホンM2、M3の各チャンネルに対する合計帯域数をそれぞれ $\chi 2$, $\chi 3$ とする。

【0068】この場合も図13に示した処理手順と同様にすればよい。即ち、まず、全帯域レベル検出部60の検出信号 $P(S1) \sim P(S3)$ のすべてが基準値 ThR よりも小さいとき(101)、音源A、Bは発音していないと見なし、制御信号 $SABi$ を生成して(102)、両音源信号SA、SBを抑圧する。このとき、出力信号 SA' , SB' は無音信号となる。

【0069】音源Aのみが発音しているときは、その音源信号のすべての帯域の周波数成分がマイクロホンM2へ一番速く到達するので、このマイクロホンM2のチャンネルの合計帯域数 $\chi 2$ が最も多くなる。また、音源Bのみが発音しているときは、その音源信号のすべての帯域の周波数成分がマイクロホンM3へ一番速く到達するので、このマイクロホンM3のチャンネルの合計帯域数 $\chi 3$ が最も多くなる。

【0070】さらに、音源A、Bが共に発音している場合には、音源信号が最も速く到達する帯域数がマイクロホンM2とM3で拮抗する。したがって、前記した基準値 ThP により、音源信号があるマイクロホンへ最も速く到達する合計帯域数が、当該設定値 ThP を越えた場合、当該マイクロホンが司るゾーンに音源が存在し、その音源が発音していると判定する。

32

【0071】上記の例では、音源Aのみが発音しているときは、 $\chi 2$ のみが基準値 ThP を越えて(図3の103)、音響を発生している音源が存在するのはマイクロホンM2が司るゾーンZ3であると検出されるので、制御信号 SBi が生成され(104)、音響信号SBが抑制され、信号SAのみが出力される。また、音源Bのみが発音しているときは、 $\chi 3$ のみが基準値 ThP を越えて(105)、音を発生している音源が存在するのは、マイクロホンM3が司るゾーンZ4であると検出されるので、制御信号 SAi が生成され(106) 信号SAが抑制されて、信号SBのみが出力される。

【0072】この例では ThP は例えば $n/3$ 程度に設定され、音源A、Bが共に発音していて、 $\chi 2$, $\chi 3$ ともに基準値 ThP を越えることがある。この場合は図13の処理手順に示すように一方の音源、この例ではAを優先させ、音源Aへ分離信号のみを出力させることもできる。また、 $\chi 2$, $\chi 3$ が共に基準値 ThP に達していない場合は、レベル $P(S1) \sim P(S3)$ が基準値 ThR を越えている限り、両音源A、Bともに発音していると判断し、制御信号 SAi , SBi , $SABi$ は出力せず(図3の107) 音声抑圧部90では音声信号SA、SBに対する抑圧は行われない。

【0073】図12に示した状態に対して図14に示すように音源CをゾーンZ6に加えた場合、図示しないが音源分離部80からは、音源Aに対応する信号SA、音源Bに対応する信号SBの他に、音源Cに対応する信号SCが出力する。これと対応して音源状態判定部110から、信号SAを抑圧する制御信号 SAi 、信号SBを抑圧する制御信号 SBi の他に、信号SCを抑圧する制御信号 SCi が出力し、また、信号SAとSBを抑圧する制御信号 $SABi$ の他に、信号SBとSCを抑圧する制御信号 $SBCi$ 、信号SCとSAを抑圧する制御信号 $SCAi$ 、信号SA、SB、SCの全部を抑圧する制御信号 $SABCi$ が出力する。そして、この音源状態判定部110は先に述べた図15に示したと同様の処理を行う。

【0074】まず、レベル $P(S1) \sim P(S3)$ の全部が基準値 ThR を越えていない場合は、いずれの音源A～Cも発音していないものと判断して、音源状態判定部110からは $SABCi$ が出力して、信号SA、SB、SCのいずれれもが抑圧される。次に、音源A、B、Cがそれぞれ単独で発音している場合には、前記した音源が2個の場合と同様に、その音源に最も近いマイクロホンのチャンネルの到達時間が最も速くなるので、そのチャンネルの帯域数 $\chi 1$, $\chi 2$, $\chi 3$ のいずれれかが基準値 ThP を越える。そして、音源Cのみが発音している場合は、制御信号 $SABi$ が出力して信号SA、SBが抑圧される。また、音源Aのみが発音している場合は、制御信号 $SBCi$ が出力して信号SB、SCが抑圧される。さらに、音源Bのみが発音している場合は、制御信号SA

(18)

特開平10-313497

33

34

C iが出力して信号SA, SCが抑圧される(図15の203~208)。

【0075】次に、3つの音源A~Cのうちのいずれか2つが発音している場合は、発音していない音源に対応するゾーンにあるマイクロホンの到達時間の最も速い帯域数が、他のマイクロホンのものに比べて小さくなる。例えば、音源Cのみが鳴っていない場合には、マイクロホンM1への到達時間が最も速い帯域数 χ_1 が、他の2個のマイクロホンM2, M3の帯域数 χ_2 , χ_3 に比べて小さくなる。

【0076】よって、予めある基準値ThQ(<ThP)を設定し、 χ_1 がその基準値ThQ以下になる場合は、マイクロホンM1とマイクロホンM3で空間を2分割したゾーンZ5, Z6の内、マイクロホンM1に近いゾーンZ6では、音源は信号を発していないと判定し、さらに、マイクロホンM1とM2で空間を2分割したゾーンZ1, Z2のうちマイクロホンM1に近いゾーンZ1では音源は信号を発していないと判定する。

【0077】すなわち、ゾーンZ1, Z6にある音源は信号を発していないと判定するのである。これらのゾーンにある音源は音源Cであることから、音源Cが信号を発していないと判定される。つまり、音源A, Bのみが信号を発していると判定され、制御信号SCiが生成されて信号SCが抑圧される(図15の209~210)。音源Aのみ、音源Bのみがそれぞれ信号を発していないゾーンも、同様に判定される(図15の211~214)。

【0078】また、 χ_1 , χ_2 , χ_3 がともに基準値ThQ以下でないと判定されると、音源A, B, Cはその全てが信号を発していると判定される(図15の215)。なお、以上の例では、ゾーンをZ1~Z6の6つに分けたが、図16に示したように、3つに分けても同様に音源状態を判定できる。この場合は、例えば、音源Aのみが発音している場合は、マイクロホンM2のチャンネルの帯域数 χ_2 が最も大きくなるので、そのマイクロホンM2の司るゾーンZ2に音源があると判定される。また、音源Bのみが発音している場合は χ_3 が最も大きくなり同様にゾーンZ3に音源があると判定される。また、 χ_1 が予め設定した値ThQ以下である場合には、マイクロホンM1とM3で空間を2分したうちのゾーンZ1にある音源は発音していないと判定し、同じくマイクロホンM1とM2で空間を分割したうちのゾーンZ1にある音源は信号を発していないと判定する。以上の処理により、ゾーンを3分割しても、6分割したときと同様に音源の状態を判定できる。

【0079】以上の場合の基準値ThP, ThQの設定は、先の帯域レベルを利用する場合と同様に行えばよい。また、基準値ThR, ThP, ThQは、全てのマイクロホンM1~M3で同一値を用いた場合で説明したが、マイクロホン毎に適宜変更してもよい。また、以上

の説明では、音源が3個でマイクロホンが3個の場合についてであったが、マイクロホンの個数は音源の個数と同数以上であれば、同様に音源ゾーンを検出することができる。その処理手順は先に述べた帯域レベルを利用する場合と同様である。従って、例えば音源が4個の場合に4個の内の3個の音源が発音しているとき(1個が無音のとき)は、そのままとしても良いが、その3個の内のより無音に近い1個も選別するには、基準値をThQからThS(ThP>ThS>ThQ)に換え、図15の210, 212, 214の各々の次段に図15の209~214と同様な処理部分を設けて、3個の内から1個の無音の音源を判定することも同様である。

【0080】図17に示した処理において、そのレベルの代りに時間差を用いれば、図18に示した到達時間差を利用した不要信号の抑圧に、図17に示した処理手順も適用できる。上述においては各マイクロホンの出力チャンネル信号をまず帯域分割したが、帯域別レベルを利用する場合はまず各チャンネルのパワースペクトルを求めた後、帯域分割してもよい。その例を図19に図1, 図11と対応する部分と同一符号を付けて示し、これらと異なる部分のみを説明する。この例ではマイクロホン1, 2よりの各チャンネル信号は、パワースペクトル分解部300により、例えば高速フーリエ変換によりパワースペクトルに変換され、その後、各チャンネルごとに帯域分割部4で各帯域に分割され、各帯域ではほぼ1つの音源信号のみが主として含まれるようにして帯域別レベルを得る。この場合、音源信号選択部602へ供給する各帯域別レベルは、その原スペクトルの位相成分も供給し、音源信号合成部7で音源信号が再生できるようにする。

【0081】また各帯域別レベルは帯域別チャンネル間レベル差検出部5と音源状態判定部70とへ供給され、これらの部分で図1, 図11で説明したように処理されるその他の動作は図1又は図11の場合と同一である。図2を参照して説明した実施例において、チャンネル間時間差を用いずに、各帯域分割信号ごとに、対応帯域別チャンネル間時間差のみを用いて、何れの音源から到来したかを判定してもよい。また図5を参照して説明した実施例において、チャンネル間レベル差を用いずに、各帯域分割信号ごとに、対応帯域別チャンネル間レベル差のみを用いて、何れの音源から到来したかを判定してもよい。図5を参照した実施例におけるチャンネル間レベル差の検出は、対数レベルに変換する前のレベルを用いてもよい。図1中の帯域分割部4, 図11, 図18中の各帯域分割部40, 図20中の帯域分割部233, 図21中の帯域分割部241における各周波数帯域の分割は必ずしも同一とする必要はない。要求される精度に応じて、これらの分割数を互いに異ならせてもよい。図20中の帯域分割部233はその後の処理のために、その入力信号のパワースペクトルをまず求め、その後、複数の周波数帯域に分割してもよい。

(19)

35

【0082】以下に図6～9に示したこの発明を適用した実験例を示す。図20に示す3種類の2音源信号の組み合わせにこの発明を適用し、その際に帯域分割部4で与える周波数分解能を変化させ、分離信号を物理的、及び主観的に評価した。分離処理前の混合信号は、チャンネル間時間差及びレベル差のみを計算機上で与えて加算することにより作成した。与えたチャンネル間時間差、レベル差はそれぞれ、0.47ms、2dBである。

【0083】帯域分割部4の周波数分解能は、約5Hz、10Hz、20Hz、40Hz、80Hzの5種類とした。これらの分解能で分離した信号と、原信号（OS）の計6種類の信号について評価した。なお、信号帯域は約5kHzである。定量的評価を次のように行った。混合された信号の分離が完全に行われた場合、原信号と分離信号が等しくなる。すなわち、相関係数が1となる。そこで、分離度を計る物理量として、各音について原信号と処理後の信号との相関係数を算出した。

【0084】結果を、図22に破線で示す。音声は、いずれの組み合わせについても、周波数分解能が80Hzになると相関係数がかなり低くなるが、それ以外の分解能の場合は顕著な差が見られなかった。鳥の鳴き声については今回用いた周波数分解能の間に顕著な差は見られなかった。主観評価を次のように行った。

【0085】被験者は、正常な聴力を持つ20代から30代の日本人5人とした。各音源について、5種類の周波数分解能の分離音と原音をランダムにヘッドホンでダイオティックに提示し、音質について5段階で評価させた。一つの音の提示時間は約4秒間であった。結果を、図22に実線で示す。分離音S1については周波数分解能10Hzの場合が一番評価が高い。また、全ての条件に対する評価の間に有意差（ $\alpha < 0.05$ ）が存在した。分離音S2～4、6については周波数分解能20Hzの評価が最も高いが、20Hzと10Hzとの間には有意差はなかった。また、20Hzの音と5Hz、40Hz、80Hzの間にはそれぞれ有意差が存在した。こ*

	男(S1)	女(S2)
検出率	99%	93%

図6～9に示した基本方法と図11に示した改良方法とのそれぞれで分離した音をランダムにヘッドホンでダイオティックに提示し、雑音の交わり具合の少なさと不連続感の少なさについて評価させた。用いた分離音は前記S1～S4であり、被験者は正常な聴力を持つ20代から30代の日本人5名である。一つの音の提示時間は約4秒間、各音の試行回数は3回である。その結果、雑音の交わり具合が少ないと評価した率は改良方法が91.7%、基本方法は8.3%で、改良方法が少ないと判断した回答が格段と多かった。一方不連続感が少ないについては改良方法は20.0%、基本方法が80.0%で基本方法の方が少ないと判断する回答が多かったが、改良方法との間に有意な差は見られなかった。

特開平10-313497

36

* れらの結果から、音声については分離する組み合わせの種類によらず、最適な周波数分解能が存在することが分かった。この実験の場合は20Hzもしくは10Hz程度が最適な値である。分離音S5（鳥の鳴き声）については40Hzの場合が最も評価が高いが有意差は40Hzと5Hz、20Hzと5Hzの間にしか存在しなかった。なお、いずれの場合についても、分離処理後の音と原音の間には有意差が存在した。

【0086】図21、図23にこの発明の効果を示す。図21は、分離処理前の男声と女声の混合音声のスペクトル201とこの発明による分離処理後の男声S1、女声S2の各スペクトル202、203を表す。図23は、分離処理前の男声S1、女声S2の各原音声の各波形をA、Bに、混合音声波形をCに、分離処理後の男声S1、女声S2の各波形をD、Eにそれぞれ示す。図21からは、不要な成分が抑圧されていることが分かる。さらに、図23からは、分離処理後の音声は原音声と同程度の品質で復元されていることが分かる。

【0087】帯域分割の分解能は音声の場合、10～20Hz程度が好ましく、5Hz以下、50Hz以上は好ましくない。帯域分割の手法はフーリエ変換に限らず、帯域フィルタにより分割してもよい。次に図11に示したレベル差を利用して音源状態を判定して信号抑圧部90で信号抑圧を行う場合の実験例を示す。2個のマイクロホンを用い、2つの音源A、Bをダミーヘッドから距離1.5m、角度差90度（2つのマイクロホンの中点に対し右45度、左45度）の位置に置き、同一の音圧レベルで、残響時間0.2s（500Hz）の可変残響室内で収音した。用いた混合音と分離音の組み合わせは図22中のS1～S4である。

【0088】分離音声S1～S4について、無音と判定されたフレームの個数と、原音の無音フレームの個数の比率を算した。その結果は次の通り90%以上正しく検出された。

女声1(S3)	女声2(S4)
92%	95%

【0089】次に分離性能を相対評価を行うため、以下の5種類の音の分離度の比較を主観評価により行った。

- (1) 原音
- (2) 基本法（計算機）：チャンネル間時間差（0.47ms）、レベル差（2dB）を与えて計算機上で加算した混合信号を、基本方法で分離した音。
- (3) 改良法（実環境）：先の無音区間検出率の実験に用いた条件で収音した混合音を改良方法で分離した音。
- (4) 基本法（実環境）：先の無音区間検出率の実験に用いた条件で収音した混合音を基本方法で分離した音。
- (5) 混合音：先の無音区間検出率の実験に用いた条件で収音した混合音。

【0090】図20中の最初の2つの混合音に対し、

(20)

特開平10-313497

37

“原音”上記(1)～(4)の方法で処理した音、“混合音”の計20種類をランダムにヘッドホンでダイオティックに提示し、分離度について7段階で評価させた。つまり「最も分離されている」を7点、「最も分離されていない」を1点とした。被験者、音の提示時間及び試行回数は、前記雑音の交わり具合の少なさの評価の場合と同一である。

【0091】この結果を図24中で、全音源(S0)をAに、男声(S1)をBに、女声(S2)をCに、女声1(S3)をDに、女声2(S4)をEにそれぞれ示す。全音源について分析した結果(S0)と、音源の種類毎に分析した結果(S1)～(S4)とは、ほぼ同じ傾向を示した。S0～S4全ての場合について、

“(1)原音”、“(2)基本法(計算機)”、“(3)改良法(実環境)”、“(4)基本法(実環境)”、“(5)混合音”の順に分離精度が高い。つまり実環境では改良方法の方が基本方法より優れている。

【0092】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば複数のマイクロホンからの各チャンネル信号を、主な成分が1つの音源信号の成分のみからなる程度に複数の帯域に分割し、これら各同一帯域について、レベル、到達時間を検出し、これらから、各帯域ごとに何れの音源信号かを判定分離することにより、各音源信号を正しく分離することができ、しかも実時間で処理が可能である。

【0093】特に発音していない音源を検出し、その成分を抑圧することにより、部屋内のような回り込みや、残響がある場所でも、正確に分離することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の音源分離装置の実施例の機能構成を示すブロック図。

【図2】この発明の音源分離方法の実施例の処理手順を示す流れ図。

【図3】図2中のチャンネル間時間差 ΔT_1 、 ΔT_2 を求める処理手順の例を示す流れ図。

【図4】A、Bはそれぞれ二つの音源信号のスペクトルの例を示す図である。

【図5】この発明の音源分離方法で、チャンネル間レベル差を利用して音源分離を行う実施例の処理手順を示す流れ図。

【図6】この発明音源分離方法で、チャンネル間レベル差

38

と、チャンネル間到達時間差を利用する実施例の処理手順の一部を示す流れ図。

【図7】図6中のステップS08の続きを示す流れ図。

【図8】図6中のステップS09の続きを示す流れ図。

【図9】図6中のステップS10、図7、図8中のステップS20、S30の続きを示す流れ図。

【図10】周波数帯域が異なる音源信号を分離する実施例の機能構成を示すブロック図。

【図11】レベル差を利用して不要音源信号を抑圧する構成を付加したこの発明の音源分離装置の実施例の機能構成を示すブロック図。

【図12】3つのマイクロホンとその受けもつゾーンと、2つの音源の配置例を示す図。

【図13】発音している音源が1つの場合の音源ゾーンの検出と、抑圧制御信号の生成処理手順の例を示す流れ図。

【図14】3つのマイクロホンと、その受けもつゾーンと、3つの音源の配置例を示す図。

【図15】音源が3つの場合の発音音源のゾーン検出と、抑圧制御信号の生成処理手順の例を示す流れ図。

【図16】3つのマイクロホンによりゾーンを3つに分割した例と、音源の配置例を示す図。

【図17】この発明の音源分離装置において、発音していない合成音源信号を抑圧する制御信号を生成するための処理手順の例を示す流れ図。

【図18】到達時間差を利用して不要音源信号を抑圧する構成を付加したこの発明の音源分離装置の実施例の機能構成を示すブロック図。

【図19】この発明音源分離装置で、パワースペクトルを求めた後、帯域分割を行う場合の実施例の機能構成を示すブロック図。

【図20】この発明の実験に用いた音源の種類を示す図。

【図21】図6～図9に示した実施例の方法による処理前と、処理後の音声スペクトルを示す図。

【図22】図6～図9に示した実施例の方法を用いた主観評価実験の結果を示す図。

【図23】図6～図9に示した実施例の方法により処理した処理後の音声波形と、その原音声波形を示す図。

【図24】図6～図9に示した音源分離方法と図11に示した音源分離装置とについての実験結果を示す図。

(21)

特開平10-313497

【図1】

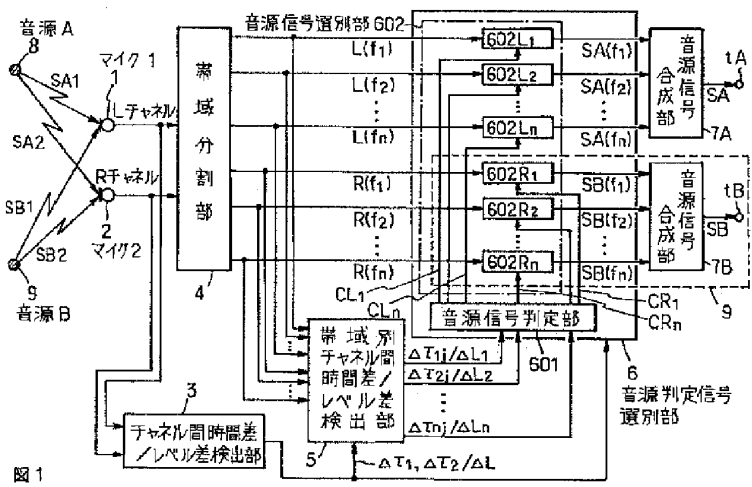


図1

【図4】

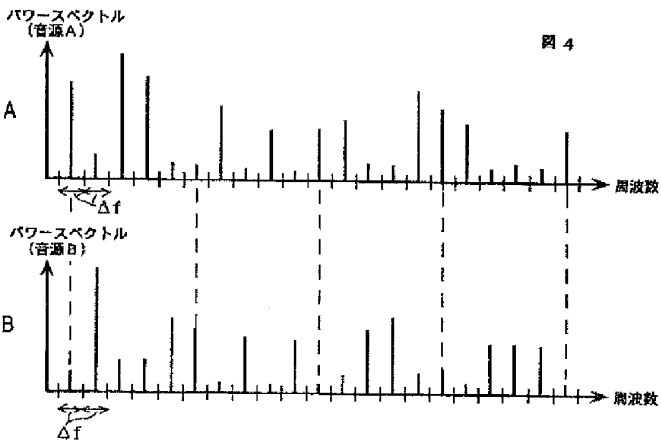


図4

【図13】

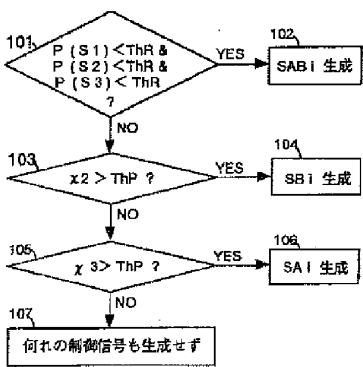


図13

【図20】

混合信号	分離信号
男声+女声	男声(S1)
	女声(S2)
女声1+女声2 (同一発話者 発話内容は異なる)	女声1(S3)
	女声2(S4)
おんどの鳴き声+女声	おんどの鳴き声(S5)
	女声(S6)

図 20

(22)

特開平10-313497

【図2】

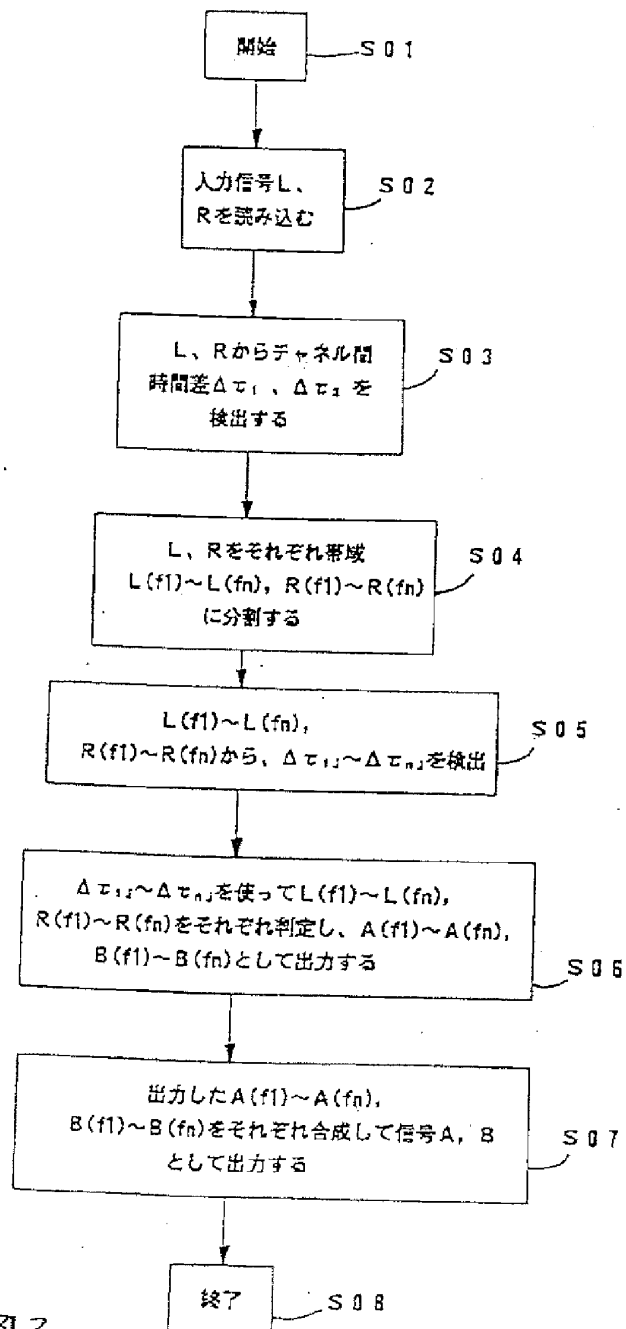
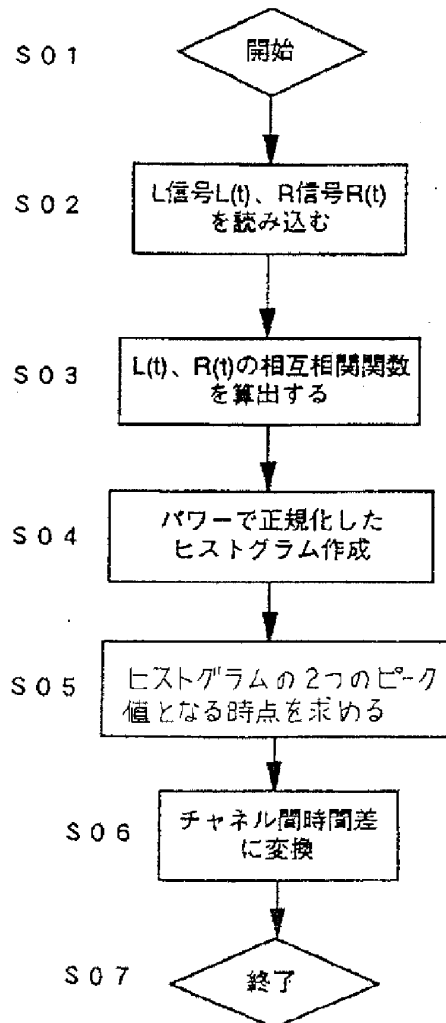


図 2

(23)

特開平10-313497

【図3】



【図14】

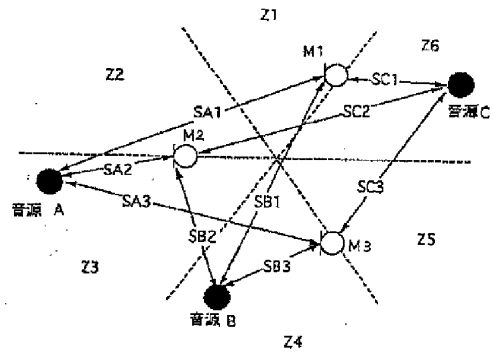


図 14

【図15】

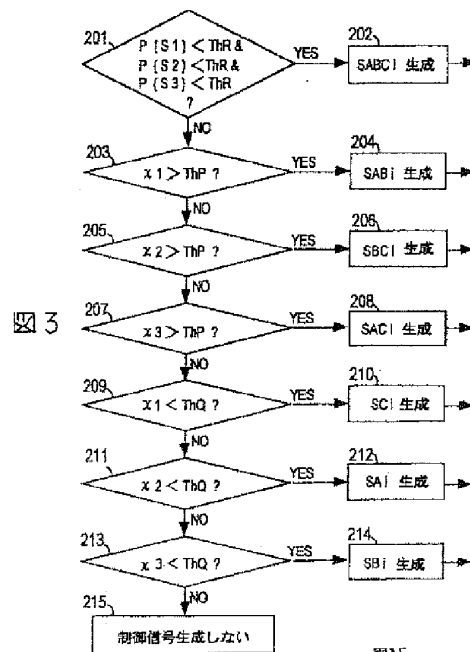


図15

(24)

特開平10-313497

【図5】

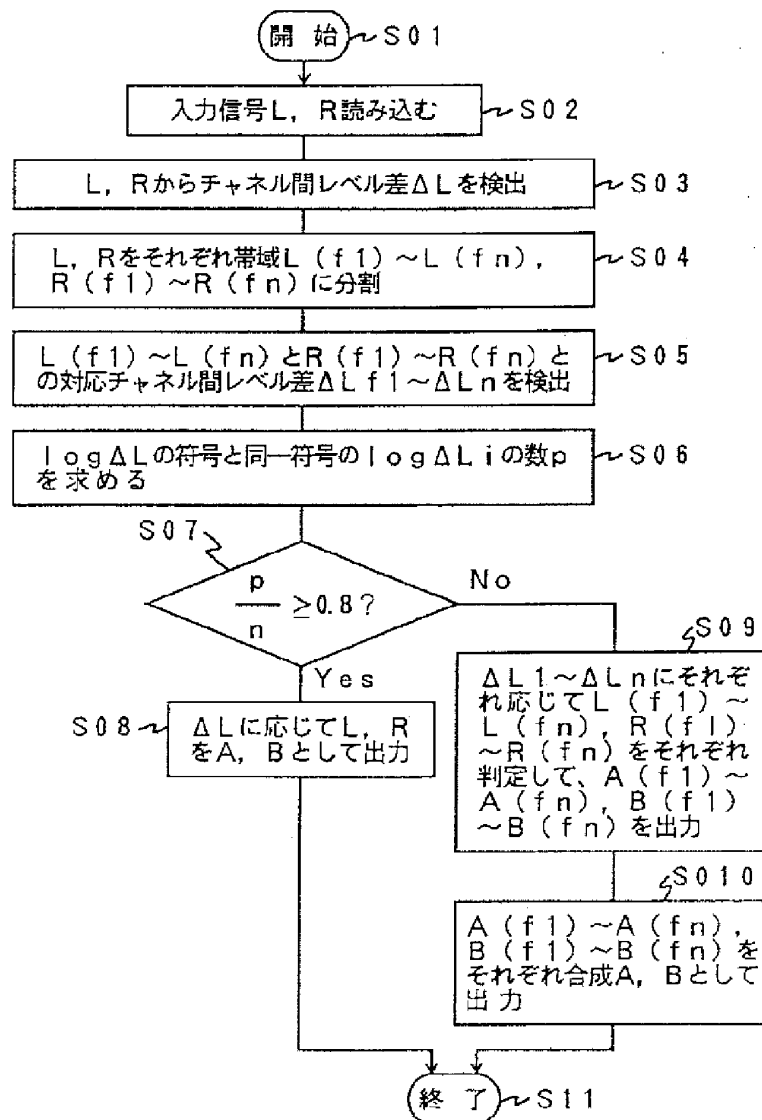


図 5

(25)

特開平10-313497

【図6】

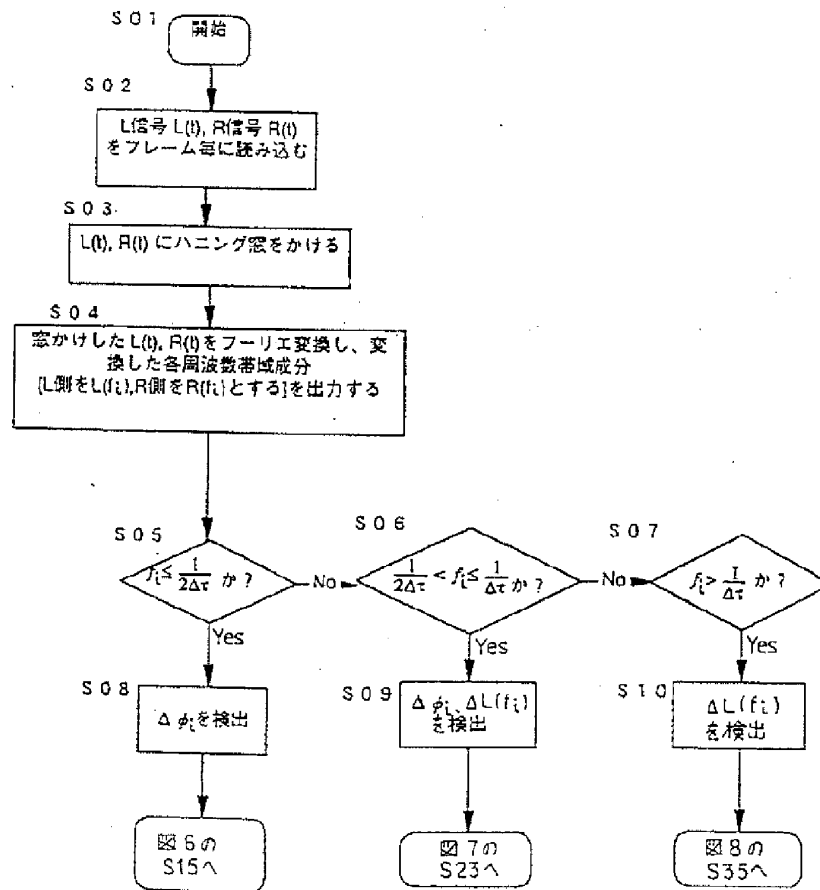


図6

(26)

特開平10-313497

【図7】

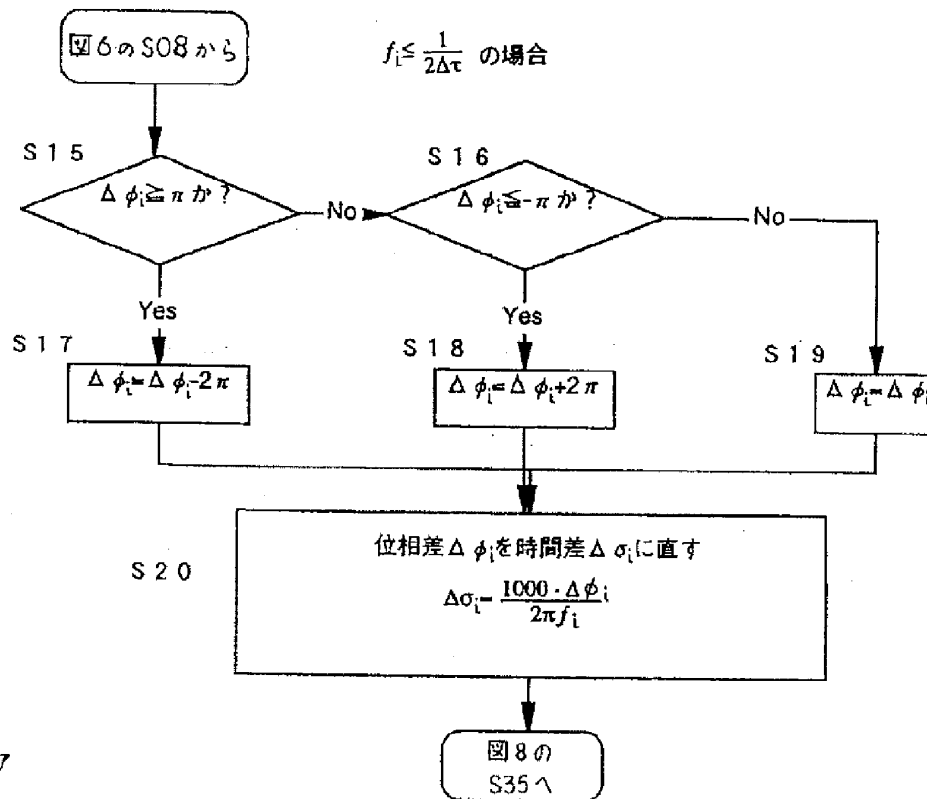


図7

【図10】

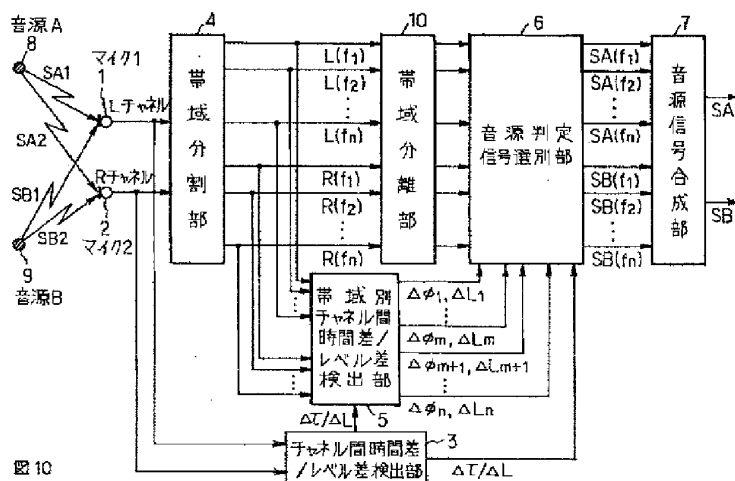


図10

(27)

特開平10-313497

【図8】

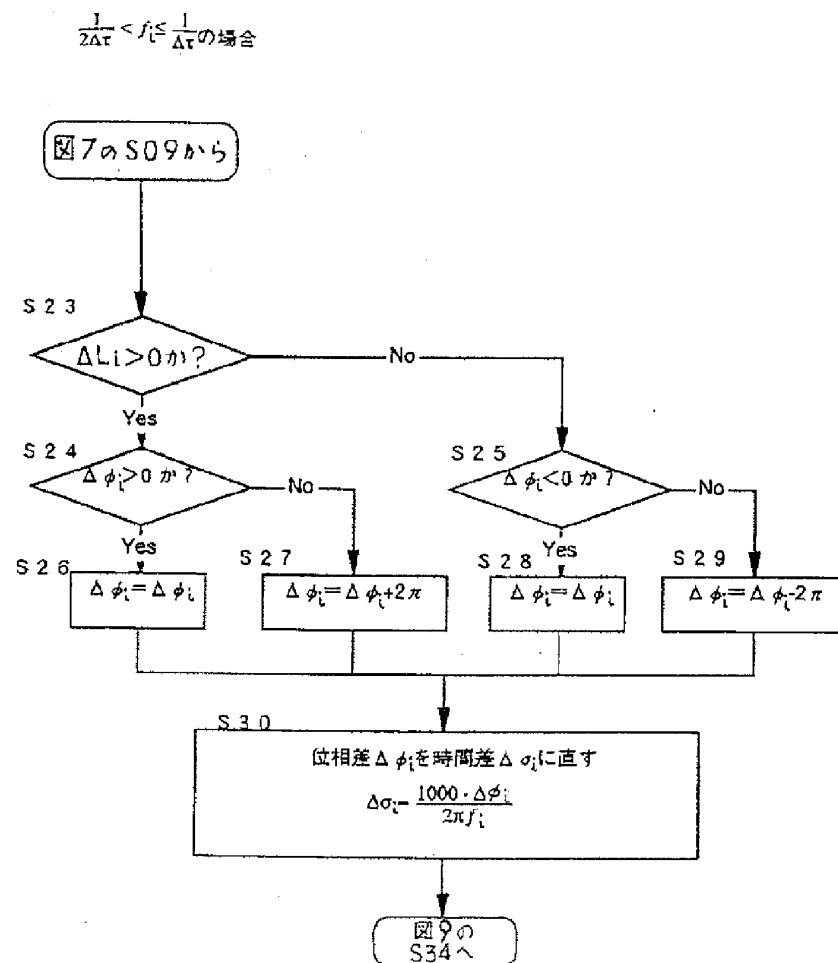


図 8

(28)

特開平10-313497

【図9】

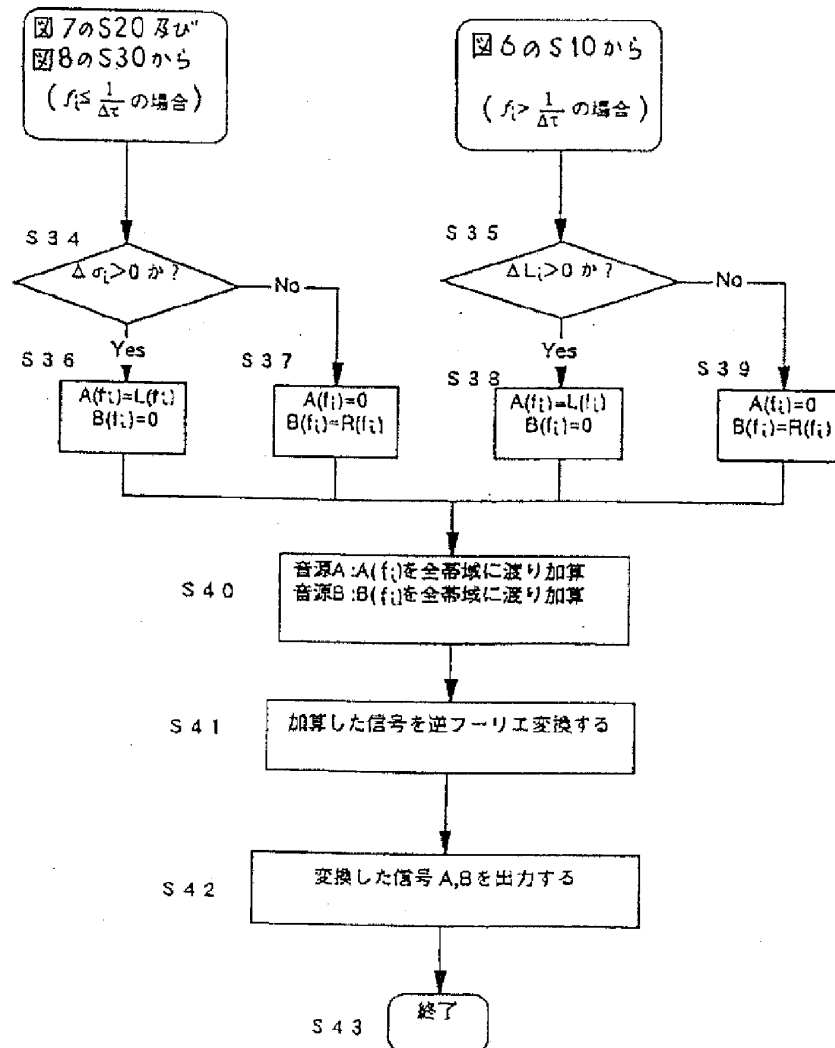


図 9

(29)

特開平10-313497

【図11】

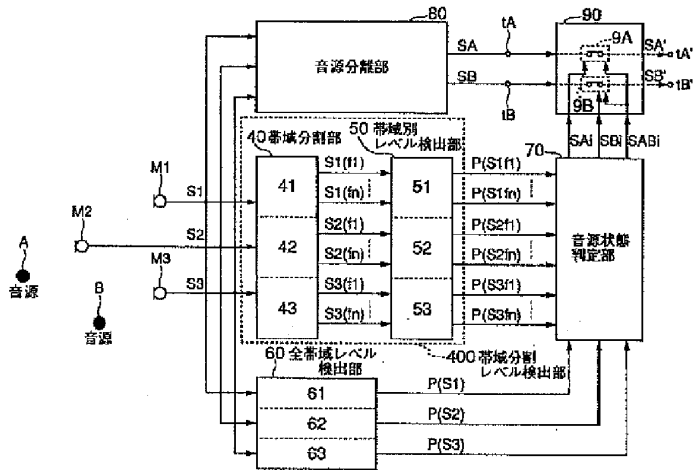


図 11

【図12】

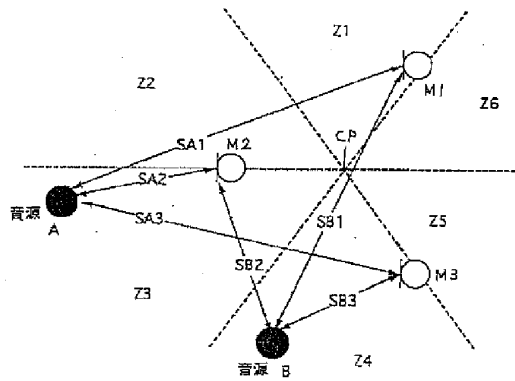


図 12

【図16】

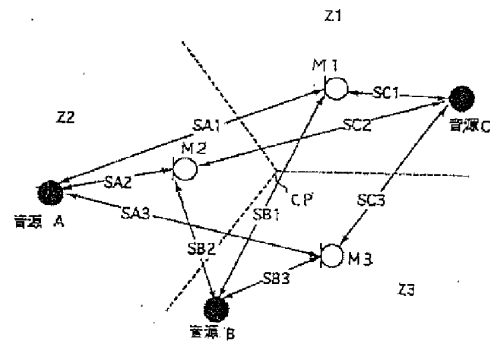


図 16

(30)

特開平10-313497

【図17】

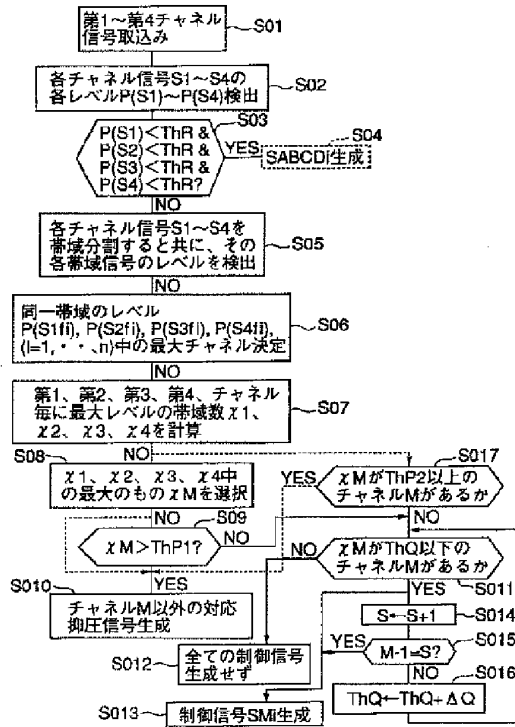


図 17

【図21】

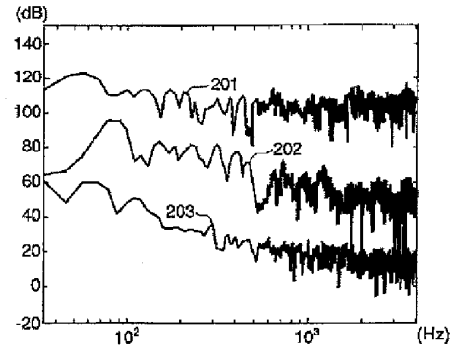


図 21

【図18】

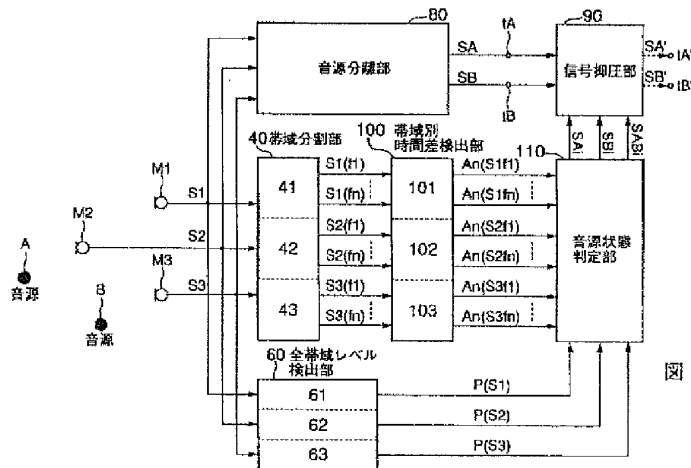
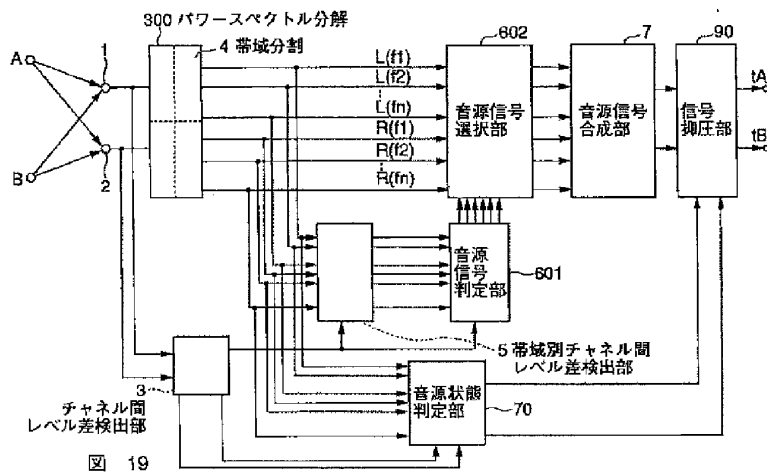


図 18

(31)

特開平10-313497

【図19】



【図22】

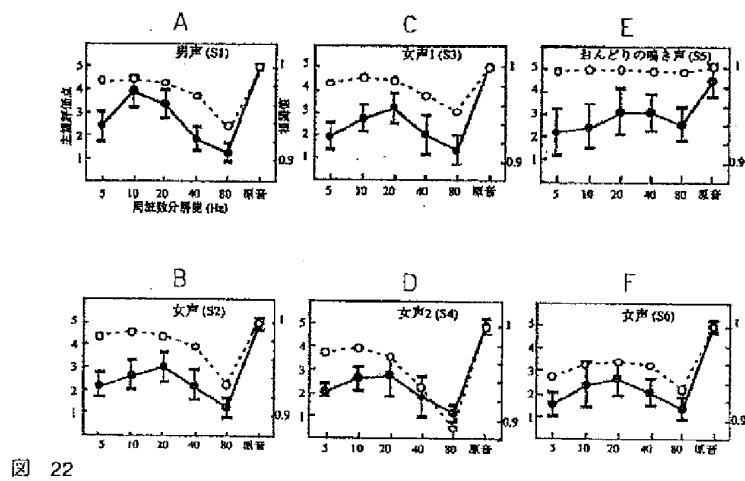


図 22

(32)

特開平10-313497

【図23】

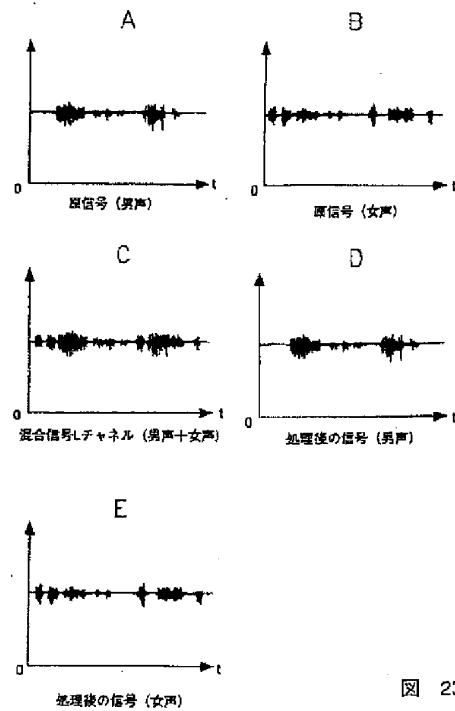


図 23

【図24】

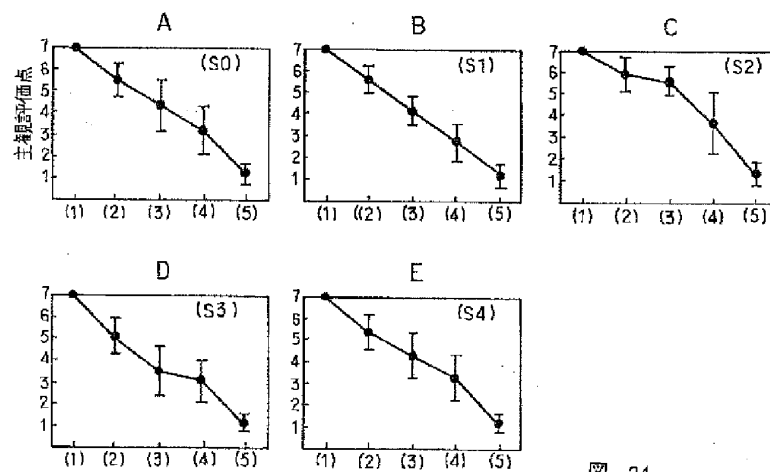


図 24

(33)

特開平10-313497

【手続補正書】

【提出日】平成9年9月25日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項20

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項20】 請求項19の方法において、
 上記第1判定過程で、第1基準値を越えるものがないと判定されると、上記最も速く到達する帯域の数が、上記第1基準値よりも小さい第2基準値よりも小さいか否かを判定する第2判定過程と、
 その第2判定過程で、第2基準値よりも小さいと判定されると、その小さいと判定された最も速い到達時間の帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する過程とを有することを特徴とする音源分離方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項21

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項21】 請求項16又は20の方法において、音源が4個以上の場合で、上記第2判定過程で、第2基準値よりも小さいと判定されると、上記第2基準値を上記第1基準値を越えない範囲内で、順次大きくして、上記第2判定過程と同じ判定を、(M-2)回以内、Mは音源の数、繰返す過程を有することを特徴とする音源分離方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項33

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項33】 請求項32の装置において、
 上記第1判定手段で、第1基準値を越えるものがないと判定されると、上記最もレベルが大きい帯域の数が、上*

* 記第1基準値よりも小さい第2基準値以下か否かを判定する第2判定手段と、

その第2判定手段で、第2基準値よりも小さいと判定されると、その小さいと判定された最もレベルが大きい帯域の数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から、発音していない1個の音源として検出する手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項35

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項35】 請求項34の装置において、
 上記音源状態判定手段は、上記各帯域別到達時間差比較で最も速く音源信号が到達したチャンネルを帯域ごとに決定する手段と、
 各チャンネルごとに最も速く到達した帯域の数が第1基準値を越えるか否かを判定する第1判定手段と、
 その第1判定手段が第1基準値を越えると判定すると、その越えた最も速く到達した帯域数と対応するチャンネルのマイクロホン位置から発音している1個の音源を推定する手段と、
 その推定された音源以外の音源を発音していないものとして検出する手段とを有することを特徴とする音源分離装置。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項40

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項40】 請求項39の記録媒体において、
 上記チャンネル時間差検出過程は各出力チャンネル信号間の相互相関を求め、相互相関の各ピークとなる、その出力チャンネル信号間の各時間差を上記各チャンネル間時間差として求めることを特徴とする記録媒体。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

H04S 7/00

識別記号

FI

H04S 7/00

Z

(72)発明者 西野 豊

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
 電信電話株式会社内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-195955

(43)Date of publication of application : 21.07.2005

(51)Int.Cl. G10L 15/20
G10L 11/02
G10L 15/04
G10L 15/28
G10L 19/00
G10L 21/02
H04M 1/60
H04R 3/00

(21)Application number : 2004-003108

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 08.01.2004

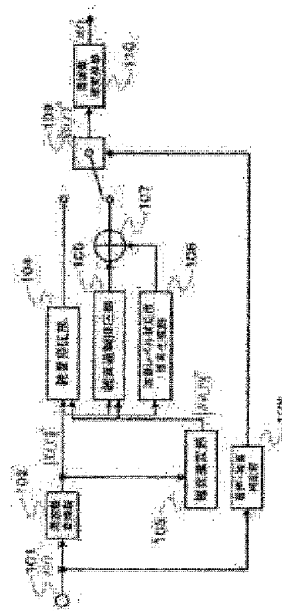
(72)Inventor : AMADA KO
KAWAMURA AKINORI
KOSHIBA AKINORI

(54) DEVICE AND METHOD FOR NOISE SUPPRESSION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device and method for noise suppression with which neither musical noise in a noise section nor distortion in a speech section is generated.

SOLUTION: Disclosed is the noise suppressing device which suppresses a noise signal in an input signal wherein the noise signal and a target signal are mixed together. The noise suppressing device comprises a noise estimation part 103 which estimates a noise signal component from the input signal, a speech/noise judgement part 108 which judges a target signal section and a noise signal section from the input signal, a noise suppression part 104 which performs noise suppression based upon a 1st suppression coefficient from the input signal and estimated noise signal, a noise excess suppression part 105 which performs noise suppression on the basis of a 2nd suppression coefficient larger than the 1st suppression coefficient from the input signal and estimated noise signal, and a switching part 109 which performs switching between the output signal of the noise suppression part 104 and the output signal of the noise excess suppression part 105 according to the judgement result of a section judgement means.



3

(11) 特許出願公開番号

(P2005-195955A)

(P2005-195955A)

(P2005-195955A)

(P2005-195955A)

[最終頁に続く](#)

[最終頁に続く](#)

[最終頁に続く](#)

[最終頁に続く](#)

[最終頁に続く](#)

[最終頁に続く](#)



(2)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記入力信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて前記入力信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段とを具備したことを特徴とする雑音抑圧装置。

【請求項 2】

雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記入力信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから第 1 の抑圧係数に応じて雑音抑圧をする雑音抑圧手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから前記第 1 の抑圧係数よりも大きな第 2 の抑圧係数に応じて雑音抑圧をする雑音過剰抑圧手段と、前記区間判定手段の判定結果に応じて前記雑音抑圧手段の出力信号と前記雑音過剰抑圧手段の出力信号とを切替える切替手段とを具備したことを特徴とする雑音抑圧装置。

【請求項 3】

更に、目的信号区間の出力に残留する雑音信号とのレベルの違いを補正する係数を前記入力信号に乗じた補正用信号を生成する補正用信号生成手段と、前記補正用信号と前記雑音過剰抑圧手段の出力とを加算する加算手段とを具備し、前記切替手段は前記雑音抑圧手段の出力信号と前記加算手段の出力信号とを切替えることを特徴とする請求項 2 記載の雑音抑圧装置。

【請求項 4】

雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記入力信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから第 1 の抑圧係数を算出する抑圧係数算出手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから前記第 1 の抑圧係数よりも大きな第 2 の抑圧係数を算出する過剰抑圧係数算出手段と、前記区間判定手段の判定結果に応じて前記第 1 の抑圧係数と前記第 2 の抑圧係数とを切替える切替手段と、前記切替手段により切替えられた抑圧係数を前記入力信号に乗じる乗算手段とを具備したことを特徴とする雑音抑圧装置。

【請求項 5】

更に、前記入力信号から目的信号区間の出力に残留する雑音信号とのレベルの違いを補正する係数を生成する補正用係数生成手段と、前記補正用係数と前記第 2 の抑圧係数とを加算する加算手段とを具備し、前記切替手段は前記第 1 の抑圧係数と前記加算手段で加算された係数とを切替えることを特徴とする請求項 4 記載の雑音抑圧装置。

【請求項 6】

前記区間判定手段は、前記入力信号と前記推定雑音信号とから目的信号区間と雑音信号区間とを判定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 記載の雑音抑圧装置。

【請求項 7】

前記補正用信号生成手段は、予め保持された重畳用信号から補正用信号を生成することを特徴とする請求項 3 記載の雑音抑圧装置。

【請求項 8】

雑音信号と目的信号が混合した複数の入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記複数の入力信号から目的信号が強調される統合信号を生成する統合信号生成手段と、前記統合信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記複数の入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて前記統合信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段とを具備したことを特徴とする雑音抑圧装置。

【請求項 9】

(3)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

雑音信号と目的信号が混合した複数の入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記複数の入力信号から目的信号が強調される統合信号を生成する統合信号生成手段と、前記複数の入力信号から目的信号が抑圧された目的音除去信号を生成する目的音除去信号生成手段と、前記統合信号と前記目的音除去信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記複数の入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて前記統合信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段とを具備したことを特徴とする雑音抑圧装置。

【請求項 10】

雑音信号と目的信号が混合した複数の入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記複数の入力信号から周波数帯域ごとに目的信号が強調されるサブバンド統合信号を生成するサブバンド統合信号生成手段と、前記サブバンド統合信号から各サブバンド毎の雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記複数の入力信号から各サブバンド毎に目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて各サブバンド毎に前記サブバンド統合信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段と、各サブバンド毎の雑音抑圧手段の出力信号を合成する合成手段とを具備したことを特徴とする雑音抑圧装置。

【請求項 11】

雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧方法において、前記入力信号から雑音信号成分を雑音推定手段により推定し、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を区間判定手段により判定し、前記区間判定手段の判定結果に基づいて雑音抑圧手段により前記入力信号から前記推定雑音信号成分を引き去ることを特徴とする雑音抑圧方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハンズフリー通話や音声認識等で用いられる雑音抑圧技術の一つであり、入力音響信号から目的とする音声信号を強調して出力する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

実環境での音声認識や携帯電話の実用化に伴い、雑音の重畳した信号から雑音を取り除き音声信号のみを強調する信号処理方法が重要になってきている。スペクトルサブトラクション(Spectral Subtraction: SS)は、効果的で実現がしやすいためしばしば用いられる(例えば、非特許文献1を参照)。

【0003】

スペクトルサブトラクションにはミュージカルノイズと呼ばれる聴覚上不自然に聞こえる音が生成される問題がある。これは雑音区間で特に顕著であり、実際にはバラツキが存在する入力信号(雑音信号)からその平均値を引き去ることで、消し残しの成分が不連続に存在することに起因する。この問題を解決する方法として、過剰抑圧を行うという方法がある。過剰抑圧とは推定ノイズよりも大きな値を引取り、雑音の変動成分も含めて抑圧してしまう方法である。なお、減算により負の値になる場合は最小値で置き換えるなどの処理が行われる。しかし、過剰抑圧は、音声区間で抑圧量が過剰になり、音声が歪んでしまうといった問題があった(例えば、非特許文献2を参照)。

【0004】

また、ミュージカルノイズの発生した区間に何らかの処理を施して目立たなくする方法、例えば入力信号などに小さなゲインをかけて加えるなどの方法もあるが、この方法ではミュージカルノイズが知覚できなくなるまで十分な信号を重畳すると、重畳した信号により雑音レベルが上がり、雑音抑圧の効果が失われかねない問題があった。

【0005】

【非特許文献1】S.Boll, "Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction", IEEE Trans., ASSP-27, No.2, pp.113-120, 1979

【非特許文献2】Z.Goh,K.Tan and B.T.G.Tan,"Postprocessing Method for Suppressing Musical Noise Generated by spectral Subtraction",IEEE Trans.,SAP-6, No. 3, May 1998

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように、抑圧係数を大きくして過剰抑圧することは、ミュージカルノイズを押さえる効果はあるものの、音声区間での歪みを生みやすいという問題があった。また、ミュージカルノイズに入力信号を重畳するなどの後処理を用いた手法では、ミュージカルノイズを知覚できなくするに十分な音量を重畳すると、雑音抑圧の効果が失われる問題があった。

【0007】

本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、雑音区間ではミュージカルノイズが発生せず、音声区間での歪みも発生しない雑音抑圧装置、及び雑音抑圧方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決するために本発明に係る雑音抑圧装置は、雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記入力信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて前記入力信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段とを具備したことを特徴とする。

【0009】

また、雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記入力信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから第1の抑圧係数に応じて雑音抑圧をする雑音抑圧手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから前記第1の抑圧係数よりも大きな第2の抑圧係数に応じて雑音抑圧をする雑音過剰抑圧手段と、前記区間判定手段の判定結果に応じて前記雑音抑圧手段の出力信号と前記雑音過剰抑圧手段の出力信号とを切替える切替手段とを具備したことを特徴とする。

【0010】

更に、目的信号区間の出力に残留する雑音信号とのレベルの違いを補正する係数を前記入力信号に乗じた補正用信号を生成する補正用信号生成手段と、前記補正用信号と前記雑音過剰抑圧手段の出力とを加算する加算手段とを具備し、前記切替手段は前記雑音抑圧手段の出力信号と前記加算手段の出力信号とを切替えることを特徴とする。

【0011】

また、雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記入力信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから第1の抑圧係数を算出する抑圧係数算出手段と、前記入力信号と前記推定雑音信号とから前記第1の抑圧係数よりも大きな第2の抑圧係数を算出する過剰抑圧係数算出手段と、前記区間判定手段の判定結果に応じて前記第1の抑圧係数と前記第2の抑圧係数とを切替える切替手段と、前記切替手段により切替えられた抑圧係数を前記入力信号に乗じる乗算手段とを具備したことを特徴とする。

【0012】

更に、前記入力信号から目的信号区間の出力に残留する雑音信号とのレベルの違いを補正する係数を生成する補正用係数生成手段と、前記補正用係数と前記第2の抑圧係数とを加算する加算手段とを具備し、前記切替手段は前記第1の抑圧係数と前記加算手段で加算された係数とを切替えることを特徴とする。

(5)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

【0013】

また、前記区間判定手段は、前記入力信号と前記推定雑音信号とから目的信号区間と雑音信号区間とを判定することを特徴とする。

また、前記補正用信号生成手段は、予め保持された重畳用信号から補正用信号を生成することを特徴とする。

また、雑音信号と目的信号が混合した複数の入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記複数の入力信号から目的信号が強調される統合信号を生成する統合信号生成手段と、前記統合信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記複数の入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて前記統合信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段とを具備したことを特徴とする。

10

【0014】

また、雑音信号と目的信号が混合した複数の入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記複数の入力信号から目的信号が強調される統合信号を生成する統合信号生成手段と、前記複数の入力信号から目的信号が抑圧された目的音除去信号を生成する目的音除去信号生成手段と、前記統合信号と前記目的音除去信号から雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記複数の入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて前記統合信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段とを具備したことを特徴とする。

【0015】

20

また、雑音信号と目的信号が混合した複数の入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧装置において、前記複数の入力信号から周波数帯域ごとに目的信号が強調されるサブバンド統合信号を生成するサブバンド統合信号生成手段と、前記サブバンド統合信号から各サブバンド毎の雑音信号成分を推定する雑音推定手段と、前記複数の入力信号から各サブバンド毎に目的信号区間と雑音信号区間を判定する区間判定手段と、前記区間判定手段の判定結果に基づいて各サブバンド毎に前記サブバンド統合信号から前記推定雑音信号成分を引き去る雑音抑圧手段と、各サブバンド毎の雑音抑圧手段の出力信号を合成する合成手段とを具備したことを特徴とする。

【0016】

また、本発明に係る雑音抑圧方法は、雑音信号と目的信号が混合した入力信号から雑音信号を抑圧する雑音抑圧方法において、前記入力信号から雑音信号成分を雑音推定手段により推定し、前記入力信号から目的信号区間と雑音信号区間を区間判定手段により判定し、前記区間判定手段の判定結果に基づいて雑音抑圧手段により前記入力信号から前記推定雑音信号成分を引き去ることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、音声区間に歪みを生むことなく雑音区間に不自然な消し残し音を発生させることなく雑音を抑圧することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

40

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【実施例1】

【0019】

図1は本発明の第1の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図である。図1に示されるように、第1の実施形態の雑音抑圧装置は、音響信号を入力するための入力端子101と、音響信号を周波数領域に変換する周波数変換部102と、この出力から推定雑音を求める雑音推定部103と、周波数変換部102から雑音推定部103の出力を用いて雑音が抑圧された信号を生成する雑音抑圧部104と、同じくより強く雑音が抑圧された信号を生成する雑音過剰抑圧部105と、周波数変換部102の出力から雑音レベルを補正する信号を生成する雑音レベル補正用信号生成部106と、雑音過剰抑圧部105と雑音レベル補正用信号

50

(6)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

生成部106との出力を加算する加算部107と、入力信号から音声区間か雑音区間かを判定する音声・雑音判定部108と、音声・雑音判定部108の出力により雑音抑圧104の出力と加算部107の出力を選択する切替部109と、この出力を時間領域に変換する周波数逆変換部110から構成される。

【0020】

入力端子101には、

【0021】

【数1】

$$x(t) = s(t) + n(t)$$

10

【0022】

で表される信号が入力される。ここで $x(t)$ はマイクなどで受信した時間波形を表す信号であり、 $s(t)$ はその中の目的信号成分（例えば音声）であり、 $n(t)$ は非目的信号成分（例えば周囲の雑音）である。入力された信号 $x(t)$ は周波数変換部102においてDFTなどを用いて所定の窓幅で周波数領域に変換され $X(f)$ を得る。（ f は周波数を表す。）

【0023】

雑音推定部103では、 $X(f)$ から雑音信号の推定値 $N_e(f)$ を推定する。この推定には、例えば $s(t)$ が音声信号の場合、非発話区間が存在するので、その区間は $x(t) = n(t)$ となり、その区間の平均値を $N_e(f)$ とする。これを用いて、

【0024】

【数2】

$$|Se(f)| = |X(f)| - \alpha |Ne(f)|$$

【0025】

として、音声の推定値 $|Se(f)|$ を得る。これを時間領域にもどすことで、音声のみを推定することができる。 $|Se(f)|$ は振幅値のみで位相項がないので、これには入力信号 $X(f)$ の位相項を用いるのが一般的である。（数2）は振幅スペクトルで行う方法であるが、パワースペクトルを用いる方法もあり、一般的な表記を用いると

【0026】

【数3】

$$|Se(f)|^b = |X(f)|^b - \alpha |Ne(f)|^b$$

【0027】

と表すことができる。スペクトルサブトラクションをフィルタ演算とみなして、

【0028】

【数4】

$$Se(f) = \left\{ \frac{(|X(f)|^b - \alpha |Ne(f)|^b)}{|X(f)|^b} \right\}^{\left(\frac{1}{a}\right)} X(f)$$

【0029】

と表記することもできる。（ a, b ）=（1, 1）の場合は振幅スペクトルを用いたスペクトルサブトラクション（数2）と等価になる。また（ a, b ）=（2, 2）の場合はパワースペクトルを用いたスペクトルサブトラクションとなる。さらに、（ a, b ）=（1

40

50

(7)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

、2)かつ $\alpha=1$ の場合はWienerフィルタの形式となる。これらは実現上においては(数4)で統一的に記述できる同種の手法と見なすことができる。

【0030】

ここで、一般に $X(f)$ は複素数であり、

【0031】

【数5】

$$X(f) = |X(f)| \exp(j \arg(X(f)))$$

【0032】

と表される。 $|X(f)|$ は $X(f)$ の大きさを、 $\arg(X(f))$ は位相を、 j は虚数単位である。周波数変換部102からは $X(f)$ の大きさが出力されるが、ここでは指数 b を付加した一般的な表現を用いることにする。その理由は、スペクトルサブトラクションは(数3)で述べたように、いくつかのバリエーションが存在するためである。 b の値は1または2である場合が多い。雑音推定部103は $|X(f)|^b$ から推定雑音 $|Ne(f)|^b$ を求める。これには $|X(f)|^b$ から雑音区間と見なされる区間の平均値を用いる。

【0033】

例えば、雑音区間において

【0034】

【数6】

$$|Ne(f, n)|^b = \delta |Ne(f, n-1)|^b + (1-\delta) |X(f)|^b$$

【0035】

とする方法などがある。ただし、 $|Ne(f, n)|^b$ は現在フレームの $|Ne(f)|^b$ で $|Ne(f, n-1)|^b$ は1つ前のフレームの値であり、 δ は $0 < \delta < 1$ なる値で、平滑化の度合いを制御する。音声区間か否かは $|X(f)|^b$ の大きさが大きい区間を音声区間とする方法や、 $|X(f)|^b$ と $|Ne(f, n)|^b$ の比率を求め、 $|X(f)|^b$ がある比率よりも大きくなる区間を音声とするなどの方法がある。

【0036】

雑音抑圧部104、雑音過剰抑圧部105では周波数変換部102の出力 $|X(f)|^b$ から雑音推定部103の出力 $|Ne(f)|^b$ を引き去り出力信号 $|S(f)|^b$ を出力する。これには(数3)の方法を用いるが、推定雑音 $|Ne(f)|^b$ が入力信号 $|X(f)|^b$ よりも大きい場合などいくつかの処理方法がある。ここでは、

【0037】

【数7】

$$|Se(f)|^b = \text{Max}(|X(f)|^b - \alpha |Ne(f)|^b, \beta |X(f)|^b)$$

【0038】

を用いることにする。ここで、 $\text{Max}(x, y)$ は x, y の大きい方を表し、 α は抑圧係数、 β はフロアリング係数である。 α の値は大きいほど多くの雑音を取り除くことができるので、雑音抑圧効果は大きくなるが、音声が存在する区間では音声成分も引き去られ出力信号に歪みを生じる。 β は正の小さな値で演算結果が負になることを抑止する。例えば $(\alpha, \beta) = (1.0, 0.01)$ 等である。

【0039】

本発明においては雑音抑圧部104の抑圧係数(α_s)よりも過剰雑音抑圧部105の抑圧係数(α_n)を大きくしている。また、過剰雑音抑圧部105では大きな抑圧係数が用いられているため雑音の平均的なパワー(雑音レベル)が雑音抑圧部104に比べて下がる。これを補償する手段として雑音レベル補正用信号生成部106を用いている。

(8)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

【0040】

ここでは、入力信号 $|X(f)|^b$ にゲインをかけた信号

【0041】

【数8】

$$|M(f)|^b = (1 - \alpha s) |X(f)|^b$$

【0042】

を生成し、これを雑音過剰抑圧部105の出力に加算部107において加える。

切替部109では雑音抑圧部104と加算部107の出力を選択して出力信号を生成する。切替
 えは音声・雑音判定部108の判定結果に基づき、音声区間では雑音抑圧部104の出力を、雑
 音区間では加算部107の出力を選択する。音声・雑音判定部108での判定方法は様々な方法
 が存在するが、例えば信号のパワーと閾値を用いて判定する方法などがある。

【0043】

最後に周波数逆変換部110で切替部109の出力を周波数領域から時間領域に変換され音声
 の強調された時間信号が得られる。さらに、フレーム単位で処理する場合はオーバーラッ
 プアドにより時間的に連続した信号を生成する場合でも適用できる。また周波数逆変換部
 110を用いずに時間領域に変換せず周波数領域のまま出力してもよい。

【0044】

雑音過剰抑圧部105と雑音レベル補正用信号生成部106に関して詳細に説明する。上述し
 たようにスペクトルサブトラクションにはミュージカルノイズと呼ばれる雑音区間での引
 き残しが不自然な音になる現象が存在する。図2を用いてこの現象を模式的に説明する。
 図2(a)は周波数変換した入力信号のある周波数 f の振幅値 ($|X(f)|$) をフレーム (時
 刻) ごとに表したものである。ここでは $b = 1$ として指数部を省略して表す。空白の箱
 が $|X(f)|$ の雑音成分で斜線の箱が音声成分である。3本の点線のうち中央が雑音推定部
 により出力された推定雑音の大きさ $|Ne(f)|$ を示し、上側が過剰抑圧を行う場合の値 $\alpha n |Ne(f)|$
 で、下側が通常の抑圧を行う場合の値 $\alpha s |Ne(f)|$ である。まず、 $\alpha = 1$ で抑圧を行う
 と $|Ne(f)|$ だけ振幅が減少し図2(b)のようになる。これは通常のスペクトルサブトラ
 クションであり、雑音区間のノイズが減少し、音声が強調されている。しかし、雑音区間
 に引き残し成分が間欠的に存在しミュージカルノイズとなって聞こえる。また、音声区間
 では引きすぎにより音声成分の一部が欠けてしまう。これは音声の歪みとなって知覚され
 る。

【0045】

図2(c)は $\alpha n |Ne(f)|$ で過剰抑圧を行った場合である。雑音区間は完全に抑圧されミ
 ュージカルノイズは発生していないが、音声成分がかなり削られ大きな歪みが発生する。
 図2(d)は $\alpha s |Ne(f)|$ で抑圧を行った場合である。音声成分に歪みは出ていないが、雑
 音区間に信号が間欠的に残る現象がまだ存在する。本発明は、図2(e)に示すように音
 声区間と雑音区間を予め区別しておき、音声区間では歪みの生じない図2(d)の方法で
 抑圧し、雑音区間は過剰抑圧により図2(c)のように強い抑圧を行いミュージカルノイ
 ズを完全に除去される。

【0046】

ところで、図2(e)では雑音区間では雑音は完全に除去されているものの、音声区間
 では歪みを発生させないかわりに雑音も残っているため、この雑音が知覚され、雑音レ
 ベルが不連続に聞こえる場合がある。この問題を解決するため、図2(f)に示したように
 雑音区間にのみ、入力信号のレベルを低減させた信号を加算することにより雑音レベルを
 揃える。以上が本発明の模式的な説明である。厳密には雑音と音声を加算した信号の振幅
 はそれぞれの振幅の和になるとは限らないなど正確な表現になっていない点は考慮してお
 く必要がある。

【0047】

本発明ではミュージカルノイズを消しているのは過剰抑圧であり、入力信号の加算は音

(9)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

声区間との雑音レベルの違いを埋めるために行っている。これは、ミュージカルノイズを入力音声の加算で知覚しにくくする従来の方法とは異なる。従って本発明では、音声区間での抑圧係数を大きくとることにより、雑音区間で付加する信号のレベルを小さくすることが可能であり、この操作によりミュージカルノイズの削減効果が左右されることはない。

【0048】

一方、従来は加算する信号のレベルとミュージカルノイズの知覚されやすさとは密接な関係があり、加算量を少なくするとミュージカルノイズは知覚されやすくなる。(数8)で用いられている入力信号に対するゲイン $(1 - \alpha_s)$ は次のように求められる。

【0049】

まず、音声区間で歪みを生じないように抑圧係数 α_s が弱めに設定されるので、 α_s は1より小さい値となる。したがって、仮に音声区間が雑音のみであった場合、 $(1 - \alpha_s)$ の雑音は引かれずに残ることになる。一方雑音区間では過剰抑圧により雑音はゼロになっている。したがって、その差 $(1 - \alpha_s)$ 分の信号を雑音区間に加えれば音声区間の雑音とレベルがそろえることになる。

【0050】

ところで、音声区間の抑圧量 α_s が1に近い場合、付加する雑音のゲイン $(1 - \alpha_s)$ の値は小さな値となる。このような場合は音声区間と雑音区間の雑音レベルの差が知覚されにくいため、加算そのものを行わないという方法であってもよい。また、分散の大きな雑音の場合は、この方法でもレベル差が完全に補償できないことがあり、その場合は分散を考慮した補償方法を用いることも可能である。

【0051】

図2(g)は全区間雑音と誤った判定がされた場合の過剰抑圧後の状態を模式的に表している。上述している通り、過剰抑圧を行うと雑音区間ではミュージカルノイズは生じないが、音声区間に大きな歪みを生む。ここではこの後に入力信号の加算を行うため、誤って雑音と判断された音声区間には雑音成分とともに音声成分も加算されることになり、一度生じた歪みを回復させる効果がある(図2(h))。つまり、音声区間を雑音区間と誤った場合でも、音声が入って抑圧されることがない音声・雑音判定結果の誤りに対して頑健であるという効果がある。

【実施例2】

【0052】

図3は本発明の第2の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を示すブロック図である。第2の実施形態の雑音抑圧装置は、上述した第1の実施形態におけるスペクトルサブトラクションは伝達関数を乗算する形式にした場合の構成であり、第1の実施形態では(数3)に相当する減算形の抑圧方法であるのに対し、第2の実施形態は(数4)の乗算形に相当する。これらは本質的には同じであるため、以降の実施形態においても(数3)に相当する減算形の方法で実現することも可能である。第2の実施形態と第1の実施形態との違いは、雑音抑圧部104、雑音過剰抑圧部105、雑音レベル補正用信号生成部106が抑圧係数算出部204、過剰抑圧係数算出部205、雑音レベル補正用係数生成部206にそれぞれ置き換わり、切替部107の出力である重み係数を入力信号に乗算する乗算部211が加わっている点である。

【0053】

抑圧係数算出部204では抑圧係数は、

【0054】

(10)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

【数 9】

$$ws(f) = \text{Max} \left(\frac{(|X(f)|^b - \alpha s |Ne(f)|^b)}{|X(f)|^b}, \beta \right)^{\left(\frac{1}{a}\right)}$$

【0055】

と求められ、過剰抑圧係数算出部205では

【0056】

10

【数10】

$$wn(f) = \text{Max} \left(\frac{(|X(f)|^b - \alpha n |Ne(f)|^b)}{|X(f)|^b}, \beta \right)^{\left(\frac{1}{a}\right)}$$

【0057】

と求められる。

既に述べたように (a, b) = (1, 1) の場合は振幅スペクトルを用いたスペクトルサブトラクションと等価であり、(a, b) = (2, 2) の場合はパワースペクトルを用いたスペクトルサブトラクション、(a, b) = (1, 2) の場合はWiener フィルタの形式となる。また、抑圧係数は抑圧係数算出部204では αs であり、音声区間に歪みを与えない抑圧量が設定されるのに対して、過剰抑圧係数算出部205では αn となり、雑音区間でミュージカルノイズを十分に除去するため大きな係数が設定される点も第1の実施形態と同様である。

【0058】

雑音レベル補正用係数生成部206では (数8) に相当する重み係数

【0059】

【数11】

30

$$wo(f) = (1 - \alpha s)$$

【0060】

と求められる。加算部207では、

【0061】

【数12】

$$wno(f) = wn(f) + wo(f)$$

40

【0062】

が行われ、音声・雑音判定部208の結果に基づき $ws(f)$ か $wno(f)$ を切替部209で選択して最終的な重み係数 $ww(f)$ を出力する。乗算部211では入力信号のスペクトル $X(f)$ にこの重み係数 $ww(f)$ をかけ、出力信号 $S(f)$ を

【0063】

【数13】

$$S(f) = ww(f)X(f)$$

【0064】

50

(11)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

と求める。

本実施形態は第1の実施形態の表現を伝達関数が乗算される形式に替えただけのものであるが、 $|X(f)|$ の平滑化を行うことで、(数9)(数10)で求める重み係数の局所的な変動を押さえ重み係数の変化を滑らかにすることができ、音質向上につながる。

【0065】

一方(数13)の $X(f)$ は平滑化を行うと音がぼやけてしまうので、平滑化を行わない方が望ましい。(数9)(数10)の $X(f)$ の平滑化方法として、例えば(数6)の方法を用いることができる。平滑化に関して本実施例と同等のことを実施例1でも行うことが可能であるが、本実施例の方がより簡単に行える利点がある。

【0066】

また、第1の実施形態と同様に音声区間の抑圧量 α_s が1に近い場合、付加する雑音のゲイン $(1-\alpha_s)$ の値は小さな値となる。このような場合は音声区間と雑音区間の雑音レベルの差が知覚されにくいため、付加そのものを行わなくてもよい。また、分散の大きな雑音の場合は、この方法でもレベル差が完全に補償できないことがあり、その場合は分散を考慮した補償方法を用いることも可能である。

【実施例3】

【0067】

図4は本発明の第3の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図である。第2の実施形態の音声・雑音判定部208が入力信号 $x(t)$ に基づき判定を行っているのに対し、本実施例の音声・雑音判定部308は推定雑音 $|N(f)|$ と入力信号 $|X(f)|$ に基づき判定

【0068】

【数14】

$$SNR = \frac{\sum_{f=0}^{M-1} |X(f)|^2}{\sum_{f=0}^{M-1} |N(f)|^2}$$

【0069】

となる。本実施形態ではこの値を重み係数の切替えに用いている。SNRは全帯域でなく、音声のパワーが集中している帯域のみで算出するようにしてもよい。

【実施例4】

【0070】

図5に本発明の第4の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図をしめす。第1の実施形態の雑音レベル補正用信号生成部106が入力信号から補正用の信号を生成しているのに対し、本実施形態の雑音レベル補正用信号生成部406は予め保持している重畳用信号450から生成している。雑音区間を入力信号とは無関係に白色雑音や聴覚的に聞え

【実施例5】

【0071】

図6は本発明の第5の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図である。本実施形態は第2の実施形態に対して、N個の入力端子501-1~501-Nと、これを周波数領域に変換する周波数変換部502とその出力を統合して1つの信号を出力する統合信号生成部512と、N個の入力信号から音声・雑音判定508を行う音声・雑音判定部508を備えている点

【0072】

マイクロホンアレーなど複数のマイクを用いて特定の方向の音だけを強調する方法がある。この場合は入力信号が音声か雑音かという問題は特定の方向から到来している信号か

(12)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

否かという問題に置き換えることができる。音声・雑音判定部では複数の入力信号から信号の到来方向をもとに音声か雑音かの判定を下す。例えば、図7のようにマイク2本で正面から到来する信号を音声信号と見なす場合は、受信信号を $X_0(f)$ 、 $X_1(f)$ とし【0073】

て、

【0074】

【数15】

$$Ph = (1/M) \sum_{f=0}^{M-1} \left| \arg(X_0(f)X_1^*(f)) \right|$$

10

【0075】

を指標として音声区間を検出することができる。

ここで、 $X_1^*(f)$ は $X_1(f)$ の共役複素数で $\arg$ は位相を取出す演算子、 M は周波数の成分数である。正面からの信号は2つのマイクに同じ位相で到来するため、片方を共役複素数にして互いに掛け合わせると、位相項はゼロになる。従って、(数15)は理想的に正面から到達した信号に関しては、最小値 $Ph = 0$ となる。それ以外の方向に関して正面からずれるに従い値が増加するので、適当な閾値をもとに音声／雑音の区別を行うことができる。なお、マイクの本数が2本以上の場合は、例えば全てのマイクの組み合わせに対して(数15)を計算するなどの方法がある。

20

【0076】

信号統合部512では、複数の入力信号から一つの信号を生成する。例えば遅延和アレーと呼ばれる方法では、入力信号の加算を行う。具体的には、統合された信号 $X(f)$ は入力信号 $X_1(f) \sim X_N(f)$ を用いて、

【0077】

【数16】

$$X(f) = 1/N \sum_{i=0}^{N-1} X_i(f)$$

30

【0078】

と表される。ここで N はマイクの本数である。

このようにすることで正面から入力された目的信号は同位相であるため強調され、その他の方向から入力された信号は位相がずれているため弱め合い、その結果目的信号が強調され雑音が抑圧されるので、後段のスペクトルサブトラクションの雑音抑圧効果との相乗効果で、1つのマイクの場合に比べてより高い雑音抑圧性能を実現することができる。

【0079】

また複数のマイクを使って音声区間の検出を行うので、1つのマイクの場合よりも高い検出能力が実現可能である。例えば、横方向からの妨害音が存在する場合、1つのマイクではこれを音声と区別することは困難であるが、複数マイクであれば(数15)のように、位相成分を利用して音声信号(正面からの信号)と区別することができる。

40

【0080】

なお、周波数変換部502の後に統合信号生成部512が構成されているが、周波数変換部502と統合信号生成部512は逆順であってもよい。

【実施例6】

【0081】

図8は本発明の第6の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図である。第6の実施形態は第5の実施形態における統合信号生成部612が目的信号強調部630と目的信号除去部631から構成されている。目的信号強調部630は第5の実施形態と同様に予め設定された目的音方向からの信号(例えば正面)の信号を強調するのに対し、目的信号除去

50

(13)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

部631は目的信号強調部630の目的音方向とは異なる方向（例えば横方向）を目的音方向とする。その結果、目的信号除去部631では正面から到来する音声信号は弱められ、周囲の音が強調されることになる。このように特定の方向に指向性を形成するユニットはビームフォーマと呼ばれることがある。第5の実施形態で説明した遅延和アレーもビームフォーマの1つである。

【0082】

本実施形態においては目的信号強調部630と目的信号除去部631を適応形アレーの代表であるGriffith-Jim形のビームフォーマを用いて実現する構成について説明する。

【0083】

図9にGriffith-Jim形のビームフォーマの一構成例を示す。ビームフォーマの出力 $X(f)$ は、入力信号 $X_0(f)$ 、 $X_1(f)$ と適応フィルタを用いて求められる。入力端子901,902に $X_0(f)$ 、 $X_1(f)$ がそれぞれ入力される。整相化部903では目的音方向の信号の位相が同位相になるように位相が調整される。その出力は加算部904で加算され、減算部905で減算される。この減算により目的音が消去されるため、残りの信号を適応フィルタ906の入力として加算器904の出力から引き去ることで雑音が除去された信号 $X(f)$ が得られる。

【0084】

Griffith-Jim形のビームフォーマは妨害音の方向に感度が急峻に落ちる谷状のノッチを作ることが可能であり、この特性は特に目的音信号除去部631が正面からの音声を妨害音とみなして除去するのに適した性質である。

【0085】

さらに、目的音信号除去部631の出力信号は雑音推定部603の入力信号としても用いる。雑音推定部603は自力で $X(f)$ を観測し音声のない区間を見つけこれを平滑化して推定雑音を生成したが、目的信号除去部631の出力は常に雑音のみであるため、雑音の推定に利用される。このことから、これら2つの信号を利用することでより高精度な雑音推定が可能となる。

【実施例7】

【0086】

図10は本発明の第7の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図である。本実施形態は第5の実施形態における統合信号生成部512の出力 $X(f)$ を帯域分割部740でサブバンドに周波数分割し、各サブバンド毎に雑音抑圧を行う。雑音抑圧はこれまでの実施形態と同様であるが、音声・雑音判定部708は各サブバンド毎に判定を行う。

【0087】

音声のスペクトルを周波数方向に眺めると、振幅の出ている区間とそうでない区間が混在しており、山と谷がある。谷の部分の周波数に関しては、雑音区間と考えることができ、雑音レベルの推定や、過剰抑圧といった雑音区間で行う処理が用いられる。サブバンドに分割し各サブバンド毎の雑音／音声の判定に基づいて雑音抑圧を切替えることで、音声区間の品質をより高めることができる。

【0088】

本実施例では複数の入力信号から統合信号を生成後にサブバンドに分割しているが、入力信号を先にサブバンドに分割した後にサブバンド単位で統合信号を求める構成であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】第1の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

【図2】入力信号のフレーム毎の振幅を模式した図。

【図3】第2の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

【図4】第3の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

【図5】第4の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

【図6】第5の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

(14)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

【図 7】マイクロホンアレイの機能を示す図。

【図 8】第 6 の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

【図 9】Griffith-Jim 形のビームフォーマの一構成例を表すブロック図。

【図 10】第 7 の実施形態に係る雑音抑圧装置の構成を表すブロック図。

【符号の説明】

【0090】

101,201,301,401,501-1…501-N, 601-1…601-N, 701-1…701-N,901,902 入力端子

102,202,302,402,502,602,702 周波数変換部

103,203,303,403,503,603 雑音推定部

104,404 雑音抑圧部

10

204,304,504,604 抑圧係数算出部

105,405 雑音過剰抑圧部

205,305,505,605 過剰抑圧係数算出部

106,406 雑音レベル補正用信号生成部

206,306,506,606 補正レベル補正用係数生成部

107,207,307,407,507,607,707,904,905,907 加算部

108,208,308,408,508,608,708 音声・雑音判定部

109,209,309,409,509,609 切替部

110,210,310,410,510,610,710 周波数逆変換部

211,311,511,611 乗算器

20

512,612,712 総合信号生成部

450 重畳用信号保存部

630 目的信号強調部

631 目的信号除去部

740 帯域分割部

750 サブバンド雑音抑圧部

760 帯域統合部

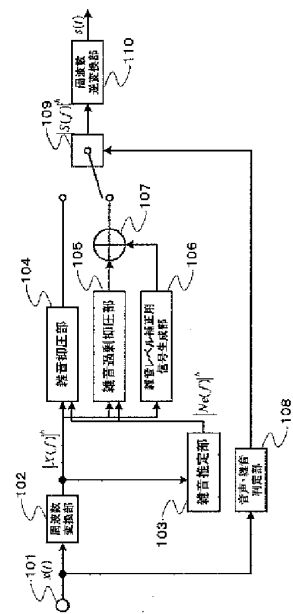
903 整相化部

906 適応フィルタ

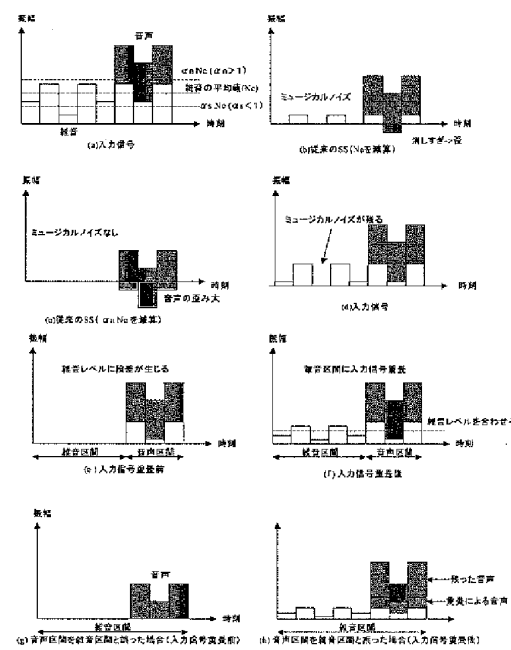
(15)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

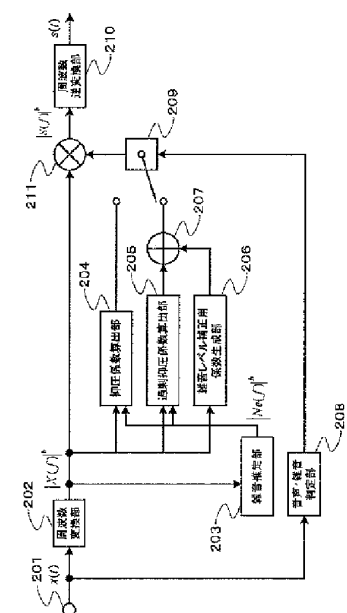
【図 1】



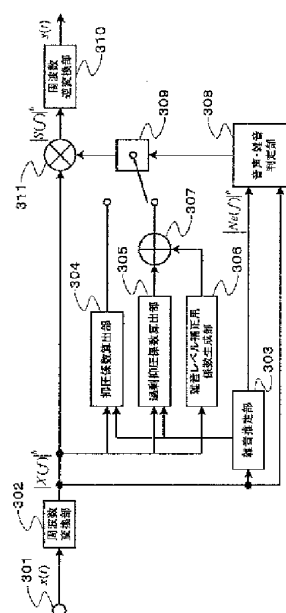
【図 2】



【図 3】



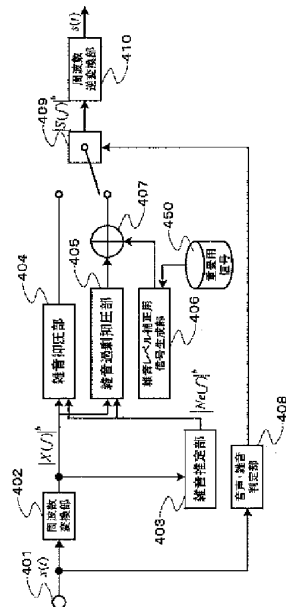
【図 4】



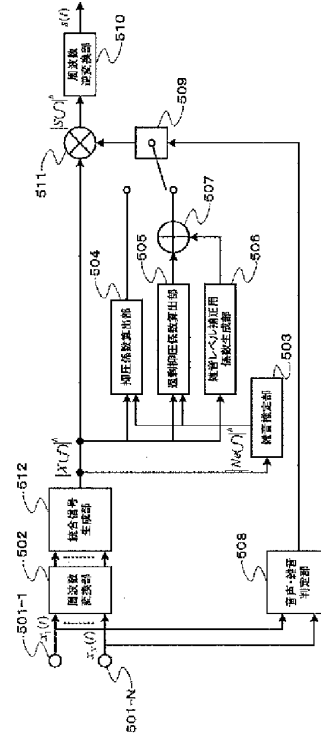
(16)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

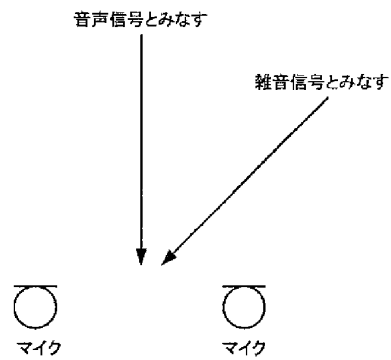
【圖 5】



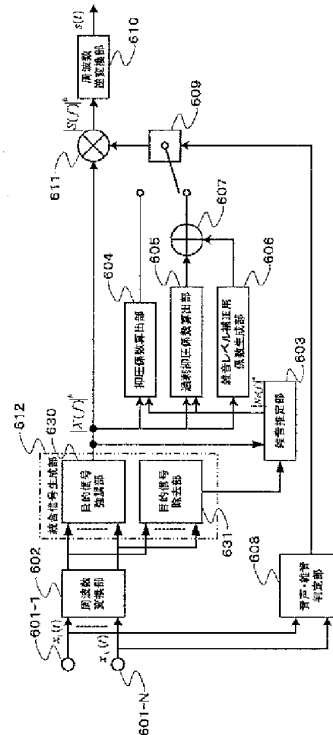
【 図 6 】



【图 7】



【图 8】



(18)

JP 2005-195955 A 2005.7.21

 フロントページの続き
(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

G 1 0 L 21/02

G 1 0 L 3/02 3 0 1 F

H 0 4 M 1/60

G 1 0 L 3/02 3 0 1 G

H 0 4 R 3/00

G 1 0 L 7/04 D

G 1 0 L 9/00 F

G 1 0 L 3/00 5 1 1

Fターム(参考) 5D015 AA01 BB02 CC03 DD02 DD03 EE05 EE06

5D020 BB07

5K027 BB03 DD12 HH03

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2005-110127**

(43)Date of publication of application : **21.04.2005**

(51)Int.Cl.

H04R 3/00
H04N 5/225
H04R 1/40
H04R 3/04
H04R 5/027

(21)Application number : **2003-343573**

(71)Applicant : **CANON INC**

(22)Date of filing : **01.10.2003**

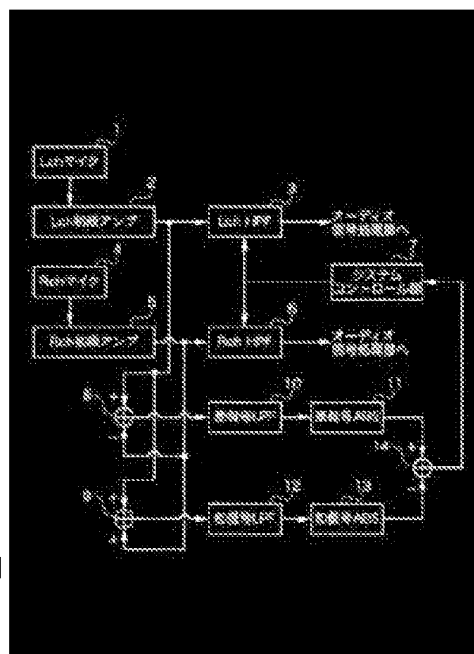
(72)Inventor : **TAKAHASHI KATSUTOSHI**

(54) WIND NOISE DETECTING DEVICE AND VIDEO CAMERA WITH WIND NOISE DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wind noise detecting signal having high accuracy in detection by using not only a difference signal of two or more sound collecting means but a summation signal thereof as an information source for detecting the wind noise, and reducing incorrect determination even when the sound pressure level of the acoustic wave is high.

SOLUTION: A difference signal (L-R) is generated by a difference signal generator 8 from signals (L), (R) detected by two microphones, and a summation signal (L+R) is generated by a summation signal generator 9. Each signal is passed through low-pass filters 10, 12 and changed into each modulus by modulus detectors 11, 13. In a wind noise detecting signal generator 14, the modulus of the summation signal (L+R) is subtracted from the modulus of the difference signal (L-R) and the result is generated to a system control unit 7. In this case, 0 is generated if the resulted value is smaller than 0.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-110127

(P2005-110127A)

(43) 公開日 平成17年4月21日(2005.4.21)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H04R 3/00	H04R 3/00 320	5C022
H04N 5/225	H04N 5/225 F	5D011
H04R 1/40	H04R 1/40 320Z	5D020
H04R 3/04	H04R 3/04	
H04R 5/027	H04R 5/027 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-343573 (P2003-343573)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成15年10月1日 (2003.10.1)	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康徳
		(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二
		(72) 発明者	高橋 克寿 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	5C022 AC69 AC72

最終頁に続く

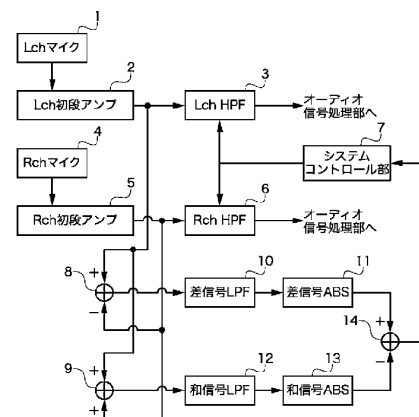
(54) 【発明の名称】 風雑音検出装置及びそれを有するビデオカメラ装置

(57) 【要約】

【課題】 風雑音を検出する情報源として、複数の集音手段の差信号だけではなく、それらの和信号も用いることにより、音波の音圧レベルが高い場合でも、誤判断を少なくし、検出精度の高い風雑音検出信号を得ることを可能にする。

【解決手段】 2つのマイクで検出された信号(L)(R)は、差信号生成器8で差信号(L-R)、和信号生成器9で和信号(L+R)を生成する。それぞれは低域フィルタ10、12を経て、絶対値検出器11、13で絶対値に変換される。そして、風雑音検出信号生成器14は、差信号(L-R)の絶対値から和信号(L+R)の絶対値を減じ、その結果をシステムコントロール部7に出力する。ただし、この時の値が0より小さい場合には0を出力する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の集音手段を備え、当該複数の集音手段による信号で風雑音を検出する風雑音検出装置であって、

前記複数の集音手段で得られた信号から差信号を生成する差信号生成手段と、

前記複数の集音手段で得られた信号から和信号を生成する和信号生成手段と、

前記差信号生成手段で生成された差信号を絶対値信号に変換する第 1 の絶対値変換手段と、

前記和信号生成手段で生成された和信号を絶対値信号に変換する第 2 の絶対値変換手段と、

前記第 1、第 2 の絶対値変換手段で変換して得た差信号と和信号との差を求め、風雑音検出信号として出力する風雑音検出手段と

を備えることを特徴とする風雑音検出装置。

10

【請求項 2】

前記差信号生成手段及び和信号生成手段それぞれで生成された差信号及び和信号の低周波成分を抽出するフィルタ手段を更に備え、

前記第 1 の絶対値変換手段、及び、第 2 の絶対値変換手段それぞれは、低周波成分抽出された差信号、和信号それぞれを絶対値信号に変換することを特徴とする請求項 1 に記載の風雑音検出装置。

【請求項 3】

前記風雑音検出手段からの信号を用いて、音声信号の低周波領域のレベルを連続的に制御する低周波領域連続制御手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の風雑音検出装置。

20

【請求項 4】

前記風雑音検出手段からの信号のレベルに従い、風雑音のレベルを報知する報知手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の風雑音検出装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の風雑音検出装置を備えることを特徴とするビデオカメラ装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は風雑音を除去するための風雑音検出の技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ビデオカメラ装置において、マイクが有する振動膜（振動板）が風圧によって振動してしまい、風雑音信号として検出することが知られている。この課題に対し、風雑音を改善する技術が、いくつか既に提案されている（例えば特許文献 1）。

【0003】

以下、図 1 にしたがって、この風雑音低減技術を説明する。

40

【0004】

図 1 において、10 は L c h 音声信号を集音する L c h マイク、20 は R c h 音声信号を集音する R c h マイク、30 は L c h マイク出力信号を増幅する L c h 初段マイクアンプ、40 は R c h マイク出力信号を増幅する R c h 初段マイクアンプ、50 は L c h 信号を遅延させる L c h マトリックス遅延器、60 は R c h 信号を遅延させる R c h マトリックス遅延器、70 は L c h 信号を減衰させる L c h マトリックス減衰器、80 は R c h 信号を減衰させる R c h マトリックス減衰器である。

【0005】

また、90 は R c h マトリックス遅延器 60 と R c h マトリックス減衰器 80 を経由した R c h 信号を、L c h 初段マイクアンプの出力信号から減算する L c h マトリックス減

50

算器、100はLch遅延器50とLch減衰器70を経由したLch信号を、Rch初段マイクアンプの出力信号から減算するRch減算器、110はLch減算器出力の周波数特性を補正するLch等化器、120はRch減算器出力の周波数特性を補正するRch等化器である。

【0006】

130は信号処理後のLch信号を出力するLch出力部、140は信号処理後のRch信号を出力するRch出力部、150はLch等化器出力の高域信号を抜き出すLchHPF、160はRch等化器出力の高域信号を抜き出すRchHPF、170はLch等化器110の出力を減衰させるLch等化器出力減衰器、180はLchHPF出力を減衰させるLchHPF出力減衰器、190はRch等化器120の出力を減衰させるRch等化器出力減衰器、200はRchHPF出力を減衰させるRchHPF出力減衰器、210はLch等化器出力減衰器の出力とLchHPF出力減衰器の出力を加算するLch加算器、220はRch等化器出力減衰器の出力とRchHPF出力減衰器の出力を加算するRch加算器、230はLchマイク出力とRchマイク出力から差信号(L-R)を生成する差信号生成器、240は差信号生成器230の出力の低域信号を抜き出すLPF、250はLPF出力のピーク値を検出するところのピーク検出部である。

10

【0007】

尚、これまで説明してきた各部の中で、便箋上風雑音低減に関係しない部分は割愛して以下動作説明する。

【0008】

20

近傍に配置される二つのマイク10及び20から出力される音声信号は、音波が空気中の波動であるため特に波長が長くなる低周波領域で相関性が強くなる。言い換えれば二つのマイクが出力する信号はほぼ相似なものと言える。

【0009】

これに対し風雑音は、風がマイク振動膜にランダムに当たることにより発生するもので、2つのマイク出力の相関性が極めて薄く且つ低周波領域でレベルが高いという特性を持つ。

【0010】

この特性を利用し、2つのマイク出力を差信号生成器230に投入し差信号(L-R)を生成する。このレベルは同相信号が主成分である音波の場合差信号(L-R)は低く、相関性の薄い風雑音の場合は逆にレベルは高くなる。その後、風雑音の主帯域である低周波領域をLPF240で抜き出し、その値をピーク検出部250で検出することで、風雑音検出信号を作り出している。風雑音検出信号のレベルにより、Lch等化器出力減衰器170(Rch等化器出力減衰器190)とLchHPF出力減衰器180(RchHPF出力減衰器200)の減衰量を制御しそれぞれの出力信号をLch加算器210(Rch加算器220)で加算することで風雑音の主帯域である低周波領域のレベルを下げ、風雑音を低減している。

30

【特許文献1】特開平5-7392号公報(第6頁、図1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0011】

しかしながら、上記例には以下の不具合がある。

【0012】

二つのマイクの出力信号は音波の場合、相関性が強く非常に近似したレベル及び位相関係を持つが、完全に同じではないため、差信号生成器からはあるレベルの差信号(L-R)が出力されてしまうことがある。特に音源がマイク正面ではなく横方向に大きくずれた場合で、尚且つ、マイクに印可される音波の音圧レベルが高くなってくると差信号(L-R)のレベルも高くなり、風雑音と誤検出することで音波を集音しているのにも関わらず、音声信号の低周波領域のレベルを減衰させてしまう場合があった。

【0013】

50

そこで、本発明は、マイクに印可される音波の音圧レベルが非常に高い場合でも風雑音と誤検出するのを防ぎ、高精度な風雑音の検出信号を生成する技術を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

かかる課題を解決するため、例えば、本発明の風雑音検出装置は以下の構成を備える。すなわち、

複数の集音手段を備え、当該複数の集音手段による信号で風雑音を検出する風雑音検出装置であって、

前記複数の集音手段で得られた信号から差信号を生成する差信号生成手段と、

10

前記複数の集音手段で得られた信号から和信号を生成する和信号生成手段と、

前記差信号生成手段で生成された差信号を絶対値信号に変換する第1の絶対値変換手段と、

前記和信号生成手段で生成された和信号を絶対値信号に変換する第2の絶対値変換手段と、

前記第1、第2の絶対値変換手段で変換して得た差信号と和信号との差を求め、風雑音検出信号として出力する風雑音検出手段とを備える。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、風雑音を検出する情報源として、複数の集音手段の差信号だけではなく、それらの和信号も用いることにより、音波の音圧レベルが高い場合でも、誤判断を少なくし、検出精度の高い風雑音検出信号を得ることを可能にする。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、添付図面にしたがって本発明に係る実施形態を詳細に説明する。

【0017】

図2は実施形態におけるビデオカメラ全体のブロック構成図を示している。

【0018】

同図において、101は光学画像を取り込むところのレンズ部、102はレンズ部1を介して入射した光を結像し画像の電気信号に変換するCCD部、103はCCD部2からの電気信号を処理するカメラ信号処理部、104は音を集音するマイク部、105は音声信号を処理するオーディオ信号処理部、106はビデオ信号を処理するビデオ信号処理部、107はビデオカメラ装置全体の制御を行うシステムコントロール部、108はビデオカメラ装置で信号の入出力を行う入出力部、109は記録媒体への記録及び再生処理を行う記録再生処理部、110は記録媒体にデータを記録或いは記録媒体からデータを再生するメカ部、111は表示データを処理する表示信号処理部、112は表示信号処理部からのデータを表示する表示部（例えば液晶表示部）である。

30

【0019】

図3は、図2におけるマイク部104、オーディオ信号処理部105及びシステムコントロール部107周辺の詳細ブロック図である。

40

【0020】

同図において、1はLch音声信号を集音するLchマイク、2はLchマイク1からの出力信号を増幅するLch初段アンプ、3は風雑音検出結果からLch音声信号の低周波領域のレベルを制御するLchHPF、4はRch音声信号を集音するRchマイク、5はRchマイク4からの出力信号を増幅するRch初段アンプ、6は風雑音検出結果からRch音声信号の低周波領域のレベルを制御するRchHPF、7は風雑音検出信号生成器14の出力レベルから、LchHPF3とRchHPF6のカットオフ周波数を制御するシステムコントロール部、8はLch初段アンプ2とRch初段アンプ5の各出力から差信号（L-R）を生成する差信号生成器、9はLch初段アンプ2とRch初段アンプ5の各出力から和信号（L+R）を生成する和信号生成器、10は差信号中の風の主成

50

分である低域を抜き出す差信号LPF、11は差信号LPF出力の絶対値をとる差信号絶対値検出器、12は和信号中の風の主成分である低域を抜き出すところの和信号LPF、13は和信号LPF出力の絶対値をとる和信号絶対値検出器、14は風雑音検出信号を生成する風雑音検出信号生成器である。

【0021】

以下図3について各ブロックの動作について説明する。

【0022】

Lchマイク1とRchマイク4は互いに近接して配置されている。音波の場合、特に低周波領域においてLchマイク1の出力とRchマイク4の出力は、ほぼ同相の相似な信号となる。これに対し、風の場合、マイク振動板への当たる風圧変化はランダムな特性を有するため、Lchマイク1の出力とRchマイク4の出力との間の相関性は小さい、すなわち、位相となって現れる。

10

【0023】

Lch初段アンプ2とRch初段アンプ5の出力には前記Lchマイク1の出力とRchマイク4の出力が増幅されて出力される。

【0024】

ここで、出力された信号をそれぞれ(L)と(R)と表現することとする。

【0025】

信号(L)と(R)はそれぞれ次段のLchHPF3、RchHPF6に入力される。LchHPF3、RchHPF6はシステムコントロール部7からの制御信号により、連続的にカットオフ周波数を振れるような構成となっている。

20

【0026】

信号(L)と(R)は、差信号生成器8と和信号生成器9に入力される。ここで、信号(L)と(R)は差信号生成器8で信号(L-R)に、和信号生成器9で信号(L+R)に変換される。

【0027】

生成された信号(L-R)は、差信号LPF10で風雑音の主帯域である低域側を抜き出し、その後差信号絶対値検出器11で絶対値を算出する。同様に作られた信号(L+R)は和信号LPF12で風雑音の主帯域である低域側を抜き出し、その後、和信号絶対値検出器13で絶対値を算出する。算出された検出値はそれぞれ風雑音検出信号生成器14に入力され、信号(L-R)の絶対値から、信号(L+R)の絶対値が減算された結果が出力される。この風雑音検出信号生成器14は、0でリミッタが掛かる減算器であり最低値は0となる。すなわち、『絶対値(L-R)-絶対値(L+R)<0』の場合には0を出力する。

30

【0028】

かかる構成にした理由を簡単に説明する。

【0029】

今、マイクに印可されるのが音波の場合で、尚且つそれほど印可レベルも高くない場合を想定する。この場合の各マイクロホンでの検出信号(L)と(R)はほぼ相似の信号のため信号(L-R)のレベルはあまり大きな値とはならない。したがって、正の値を持つ絶対値(L+R)を、もともと小さな値の絶対値(L-R)から減じるわけであるから、風雑音検出信号生成器14の出力信号は、0もしくは小さな値を出力することが約束される。

40

【0030】

ところが音波であっても、例えば音圧レベルが比較的高い場合、より具体的には、音源がビデオカメラの近くに存在し、尚且つ、その音源がビデオカメラの撮影方向に対して置かれた場所にあるとき(以下、状況Xという)、信号(L)と(R)はほぼ同位相であっても、それらの差分信号(L-R)(の絶対値)はある程度以上の差が生じ易くなる。したがって、絶対値信号(L-R)(の絶対値)のみで、「風雑音」か否かを判断してしまうと、上記のような状況Xであっても、「風雑音」と誤判定する、もしくは誤判定しやすく

50

なる。

【0031】

しかし、本実施形態の場合、和信号（ $L+R$ ）も、風雑音か否かの判断基準にしていることに注目されたい。上記状況Xの場合、信号（ L ）と（ R ）とは、ほぼ同位相であるため、和信号（ $L+R$ ）は差信号（ $L-R$ ）より大きな値となる。つまり、音声の場合、それが如何なる状況にあっても、 $(L-R) < (L+R)$ の関係が実施的に約束されることになり、結果的に、風雑音検出信号生成器14の出力信号は0、もしくは小さな値となる。

【0032】

一方、風雑音の場合であるが、先に説明したように、2つのマイクロホンから得られる信号（ L ）と（ R ）（の低周波成分）との間には、相関関係が小さい。したがって、ある任意の期間の平均レベルを比較した場合、信号（ $L-R$ ）の絶対値が、信号（ $L+R$ ）の絶対値よりもむしろ大きなものとなりやすい。すなわち、風雑音検出信号生成器14の出力信号は0よりも大きなものなり、問題のない範囲で、風雑音検出を行うことができるようになる。

【0033】

なお、2つのマイクロホンが、たまたま同時に同位相の風圧変化を受け、尚且つ、その振幅のみが異なる信号を出力した場合、上記の処理によれば、風雑音ではないと判断される可能性がある。しかしながら、そのような状況は、ビデオカメラで撮影している場合における時間軸の局所的なものであり、全体として見た場合には、上記和信号（ $L+R$ ）までもを参照する構成にする作用効果の方が顕著である。

【0034】

以上のように、差信号（ $L-R$ ）だけではなく和信号（ $L+R$ ）も検出部のパラメータとして使用することで、風雑音検出信号の精度を大きく向上させることが出来る。

【0035】

このような過程で生成された風雑音検出信号は、システムコントロール部7でその値を読み込まれ、音声信号のメインルートに配置された $LchHPF3$ と $RchHPF6$ のカットオフ周波数を連続的に制御することで、特に低域を主成分とする風雑音を、最適のフィルタ設定で低減することが可能となる。

【0036】

なお、上記実施形態では、風雑音検出信号生成器14は、『絶対値（ $L-R$ ）－絶対値（ $L+R$ ）』を算出するものとして説明したが、絶対値（ $L-R$ ）或いは絶対値（ $L+R$ ）の一方に係数 α を乗算してから減算し、この係数 α を適宜不図示のスイッチで変更できるようにし、風雑音か否かの判定基準を調整できるようにしても良い。

【0037】

また、実施形態では、集音手段としてビデオカメラが通常有するステレオマイクロホンを利用するものとして説明したが、これに限定されるものではない。例えば複数のマイクロホンを有する録音装置に適用しても良いからである。

【0038】

＜第2の実施形態＞

次に、図4を用いて第2の実施形態を説明する。図4は上記実施形態における図3に相当するものであるが、異なる点は、風雑音低域フィルタ切り換えスイッチSW18を設けた点と、システムコントロール部7が、表示信号処理部11を制御して表示部12の風雑音レベルの表示する点にある。

【0039】

なお、本第2の実施形態では、 $LchHPF3$ と $RchHPF6$ は連続的にカットオフ周波数は変化せず、風雑音低減フィルタ切換スイッチ18によるON/OFFの切換タイプとなっている。

【0040】

図4において、風雑音検出信号生成器14の出力レベルに応じて、システムコントロー

【 0 0 4 1 】

【図面の簡単な説明】

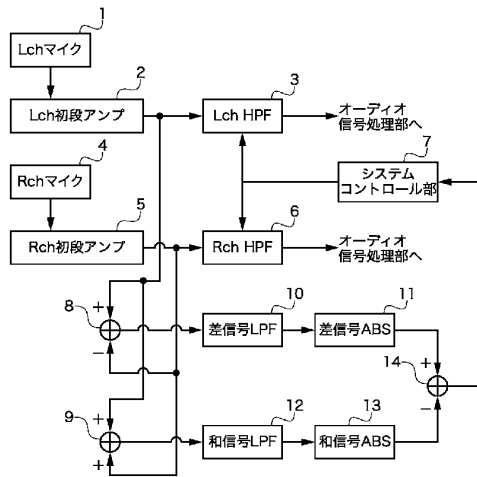
【 0 0 4 2 】

【図 2】 実施形態が適用するビデオカメラ装置全体の構成を示す図である。

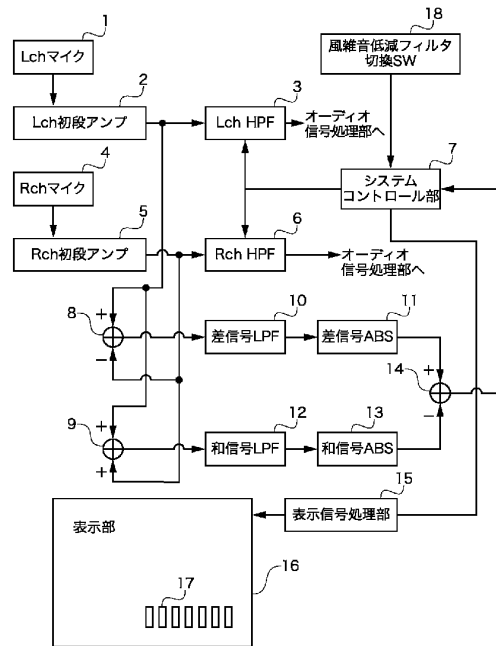
【図 4】 第 2 の実施形態が適用する風雑音検出の構成を示す図である。

[illegible]

【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5D011 AB00

5D020 BB07 CE03

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 1 月 29 日 (29.01.2004)

PCT

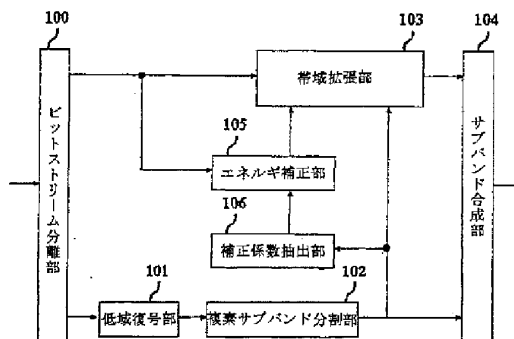
(10) 国際公開番号
WO 2004/010415 A1

- (51) 国際特許分類: G10L 19/02 東京都 港区 芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP). 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市 大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/007962
- (22) 国際出願日: 2003 年 6 月 24 日 (24.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-210945 2002 年 7 月 19 日 (19.07.2002) JP
特願2002-273010 2002 年 9 月 19 日 (19.09.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒108-8001
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 野村 俊之 (NO-MURA, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都 港区 芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 嶋田 修 (SHIMADA, Osamu) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都 港区 芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 高見沢 雄一郎 (TAKAMIZAWA, Yuichiro) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都 港区 芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 井沢 昌宏 (SERIZAWA, Masahiro) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都 港区 芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 田中 直也 (TANAKA, Naoya) [JP/JP]; 〒572-0055 大阪府

[続葉有]

(54) Title: AUDIO DECODING DEVICE, DECODING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: オーディオ復号装置と復号方法およびプログラム



100...BIT STREAM SEPARATION UNIT
103...BAND EXTENSION UNIT
105...ENERGY CORRECTION UNIT
106...CORRECTION COEFFICIENT EXTRACTION UNIT
101...LOW BAND DECODING UNIT
102...COMPLEX SUB-BAND DIVISION UNIT
104...SUB-BAND SYNTHESIS UNIT

(57) Abstract: An audio decoding device includes an energy correction unit (105) for correcting a target energy of a higher band component and a correction coefficient calculation unit (106) for calculating an energy correction coefficient from a low sub-band signal. These processing units execute the correction processing of the target energy required when performing the band extension processing using only real numbers. Thus, instead of a complex sub-band synthesis filter and a complex band extension unit, it is possible to use a real number sub-band synthesis filter and a band extension unit requiring less calculation amount while maintaining a high sound quality. Thus, it is possible to reduce the necessary calculation amount and the device size.

(57) 要約: 高域成分の目標エネルギーを補正するエネルギー補正部 (105) と、低域サブバンド信号からエネルギー補正係数を算出する補正係数算出部 (106) を新たに設ける。帯域拡張処理を実数のみで実施する際に必要となる目標

[続葉有]

WO 2004/010415 A1

WO 2004/010415 A1



寝屋川市 御幸東町 30-23 Osaka (JP). 津島 峰生 (TSUSHIMA, Mineo) [JP/JP]; 〒576-0021 大阪府 交野市 妙見坂 5-5-302 Osaka (JP). 則松 武志 (NORI-MATSU, Takeshi) [JP/JP]; 〒651-1305 兵庫県 神戸市北区 西山 2-12-27 Hyogo (JP). チョン コク セン (CHONG, Kok Seng) [MY/SG]; 689527 シンガポール チョア チュ カン ノース 7、#03-06、レジエンド グローブ、50 Singapore (SG). クア キム ハン (KUAH, Kim Hann) [SG/SG]; 760145 シンガポール #04-43、イシュン ストリート 11、ブロック 145 Singapore (SG). ネオ スア ホン (NEO, Sua Hong) [SG/SG]; 530959 シンガポール #06-284、ホーガン ストリート 91、ブロック 959 Singapore (SG).

DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(74) 代理人: 宮崎 昭夫, 外 (MIYAZAKI, Teruo et al.); 〒107-0052 東京都港区 赤坂 1丁目 9番 20号 第16興和ビル 8階 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

エネルギーの補正処理を、これらの処理部が実行する。これにより、高音質を維持しつつ、複素サブバンド合成フィルタおよび複素帯域拡張部の代わりに、より演算量が少ない実数のサブバンド合成フィルタおよび帯域拡張部を用いることができ、必要演算量・装置規模を低減できる。

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

明細書

オーディオ復号装置と復号方法およびプログラム

技術分野

本発明は、符号化されたオーディオ信号を復号するためのオーディオ復号装置および復号方法に関する。

背景技術

低ビットレートで高音質に符号化可能なオーディオ符号化・復号方式として、ISO/IECの国際標準方式であるMPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) が広く知られている。このMPEG-2 AACに代表される従来のオーディオ符号化復号方式では、まず、時間領域のPCM信号を複数サンプルまとめて1フレームとし、これをMDCT (Modified Discrete Cosine Transform) などの写像変換により周波数領域信号へと変換する。そして、この周波数領域信号を量子化およびハフマン符号化してビットストリームを形成する。量子化においては人間の聴覚特性を考慮して、周波数領域信号の中で知覚されやすい周波数成分については量子化精度を高く、そうでない周波数成分については量子化精度を低くすることにより、限られた符号量で高い音質を実現する。例えば、MPEG-2 AACでは96 kbps程度のビットレートでCDと同等音質(44.1 kHz サンプリング、ステレオ)を実現できる。

これより低いビットレート、例えば48 kbps程度のビットレートで44.1 kHz サンプリングのステレオオーディオ信号を符号化しようとする場合、聴覚的に重要度が低い高域周波数成分を符号化対象から外す(量子化値を零とする)ことで限られたビットレートでの主観的音質が最高となるようにする。しかしながらこの場合、高域周波数成分が符号化されていないために音質が劣化し、一般的にはこもった感じの音となってしまう。

このような低ビットレートでの音質劣化を解決する技術として帯域拡張技術が注目を集めている。帯域拡張技術では、MPEG-2 AACなどの方式で

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

低ビットレートに符号化した低域ビットストリームに、僅かな符号量（一般に数k b p s程度）の補助情報である高域ビットストリームを付加してビットストリームを構成する。オーディオ復号装置（デコーダ）では、まず、MPEG-2 AACなどの復号方法で低域ビットストリームを復号して、高域周波数成分が含まれていない低域オーディオ信号を得る。そして、帯域拡張技術により、高域ビットストリームが示す補助情報に従った加工を低域オーディオ信号に施して高域周波数成分を生成する。こうして得られた高域周波数成分と、低域ビットストリームを復号して得られた低域オーディオ信号を合成して高域周波数成分を含む復号オーディオ信号を得る。

帯域拡張技術を用いた従来のオーディオ復号装置の一例として、MPEG-2 AAC復号装置にSBRと呼ばれる帯域拡張技術を組み合わせた例が、下記の文献1の5、6節に記述されている。ここに記述されているような帯域拡張技術を用いた従来のオーディオ復号装置を図1に示す。

文献1：「Digital Radio Mondiale (DRM) ; System Specification」(ETSI TS 101 980 V1. 1. 1)、2001年9月発行、p. 42-57

図1に示す従来のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部100、低域復号部101、複素サブバンド分割部402、複素帯域拡張部403、複素サブバンド合成部404から構成される。

ビットストリーム分離部100は、入力されたビットストリームを分離して低域復号部101と複素帯域拡張部403へ出力する。ビットストリームには低域信号がMPEG-2 AACなどの符号化方式で符号化されている低域ビットストリームと、複素帯域拡張部が高域信号を生成するために必要な情報を含む高域ビットストリームが多重化されている。低域ビットストリームは低域復号部101へ、高域ビットストリームは複素帯域拡張部403へ出力される。

低域復号部101は、入力された低域ビットストリームを復号して低域オー

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

オーディオ信号を生成し、複素サブバンド分割部402へ出力する。低域復号部101はMP EG-2 AACなど既存のオーディオ復号方式を用いて低域ビットストリームを復号する。

複素サブバンド分割部402は、入力された低域オーディオ信号を複素サブバンド分割フィルタによって帯域分割する。帯域分割された低域サブバンド信号は帯域拡張部403および複素サブバンド合成部404へ出力される。複素サブバンド分割フィルタについては、例えば、従来から広く知られている32バンド複素QMF (Quadrature Mirror Filter: 直交鏡像フィルタ) フィルタバンクなどを用いることができる。この場合、32サブバンドに帯域分割された複素数の低域信号(低域サブバンド信号)が複素帯域拡張部403および複素サブバンド合成部404へ出力される。32バンド複素分析QMFフィルタバンクの計算式は以下のようになる。

$$X_k(m) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(mM - n) x(n) W_{K1}^{-(k+k_0)(n+n_0)}, \quad k = 0, 1, \dots, K1-1 \quad 402.1$$

$$W_{K1} = e^{j\frac{2\pi}{K1}} \quad \dots \quad 402.2$$

ここで、 $x(n)$ は低域オーディオ信号を表し、 $X_k(m)$ は k バンド目の低域サブバンド信号を表し、 $h(n)$ は分析用低域通過フィルタを表す。本例では $K1=64$ である。

複素帯域拡張部403は、入力された高域ビットストリームと低域サブバンド信号から高域のオーディオ信号を表す高域サブバンド信号を生成してサブバンド合成部404へ出力する。複素帯域拡張部403は、図2に示すように複素高域生成部500と複素振幅調整部501から構成される。複素帯域拡張部403は入力端子502を介して高域ビットストリームを入力し、入力端子504を介して低域サブバンド信号を入力し、出力端子503を介して高域サブバンド信号を出力する。

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

複素高域生成部500は、低域サブバンド信号と高域ビットストリームを入力とし、低域サブバンド信号の中から高域ビットストリームが指定する帯域の信号を高域サブバンドへと複写する。また、この複写の際には高域ビットストリームが指定する信号加工を施す場合もある。例えば、周波数が低い順にサブバンド0からサブバンド63まで64個のサブバンドを仮定し、低域サブバンド信号としてサブバンド0からサブバンド19までの複素数のサブバンド信号が入力端子504を介して供給されているとする。また高域ビットストリームには、サブバンドA ($A > 19$) をどの低域サブバンド(サブバンド0から19)から信号を複写して生成するかを表す複写情報、および、複写の際に施す信号加工方法(フィルタリングなどあらかじめ定められた数種類の手段から選択して用いられる)を示す信号加工情報が含まれているとする。複素高域生成部500では、高域のサブバンドの複素信号(複写加工サブバンド信号と名付ける)を複写情報が示す低域のサブバンドの複素信号と同一とする。さらに、音質向上のために信号加工情報が何らかの信号加工の必要性を表している場合は、複写加工サブバンド信号に信号加工情報が示す信号加工を施す。このようにして生成された複写加工サブバンド信号は複素振幅調整部501に出力される。

複素高域生成部500における信号加工の一例として、音声符号化で一般によく知られる線形予測逆フィルタを用いることができる。一般に、線形予測逆フィルタのフィルタ係数は入力信号を線形予測することにより算出でき、当該フィルタ係数を用いた前記線形予測逆フィルタは入力信号のスペクトル特性を白色化するように動作することが知られている。このような線形予測逆フィルタを信号加工として用いる理由は、高域サブバンド信号のスペクトル特性を、複写元の低域サブバンド信号のスペクトル特性よりも平坦化するためである。例えば、音声信号などの場合、低域サブバンド信号と高域サブバンド信号のスペクトル特性を比較すると、高域サブバンド信号のスペクトル特性は低域サブバンド信号のスペクトル特性よりも平坦であることが多いため、このような平

平坦化処理を備えることにより、高品質な帯域拡張技術が実現できる。

複素振幅調整部 501 は、入力された複写加工サブバンド信号の振幅に対して、高域ビットストリームが指定する補正を施して高域サブバンド信号を生成する。つまり、符号化側における入力信号の高域成分の信号エネルギー（目標エネルギーと名付ける）と、帯域拡張部 403 が生成する信号の高域信号エネルギーが等価となるような振幅補正を複写加工サブバンド信号に対して施す。そのために、高域ビットストリームには目標エネルギーを表す情報が含まれている。生成された高域サブバンド信号は出力端子 503 へ出力される。なお、高域ビットストリームに記載される目標エネルギーは、例えば、サブバンド毎にフレーム単位で算出されていると考えることができる。また、入力信号の時間及び周波数方向の特性を考慮して、時間方向にはフレームをさらに分割した時間単位で、周波数方向には複数のサブバンドをまとめたバンド単位で算出しても良い。時間方向のフレームをさらに分割した時間単位で算出する場合には、エネルギーの時間変化をより詳細に表すことができる。複数のサブバンドをまとめたバンド単位で算出する場合には、目標エネルギーを符号化するのに必要なビット数を削減することができる。ここで、目標エネルギーの算出で利用する時間及び周波数方向の分割単位は時間周波数グリッドとし、その情報は高域ビットストリームに記載される。

また、複素振幅調整部 501 の他の実施例として、複写加工サブバンド信号に加えて付加信号を用いて高域サブバンド信号を生成することができる。この場合、高域サブバンド信号のエネルギーが目標エネルギーとなるように、複写加工サブバンド信号の振幅と付加信号の振幅とが調整される。付加信号の例としては、雑音信号あるいはトーン信号が挙げられる。複写加工サブバンド信号と付加信号の振幅調整用のゲインは、例えば、複写加工サブバンド信号と付加信号とのうちどちらか一方を、生成後の高域サブバンド信号の主成分とし、他の一方を副成分とした上で以下のように算出される。複写加工サブバンド信号を主成分とする場合は、

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

$$G_{\text{main}} = \sqrt{R/E/(1+Q)}$$

$$G_{\text{sub}} = \sqrt{R \times Q/N/(1+Q)}$$

ここで、 G_{main} は主成分の振幅調整用ゲインであり、 G_{sub} は副成分の振幅調整用ゲインであり、 E と N は、それぞれ、複写加工サブバンド信号と付加信号のエネルギーを表す。なお、付加信号のエネルギーが1に正規化されている場合は $N=1$ である。また、 R は目標エネルギーを表し、 Q は主成分と副成分のエネルギー比を表し、 R と Q は高域ビットストリームに記載されているものとする。なお、 $\sqrt{\quad}$ は平方根である。一方、付加信号を主成分とする場合は、

$$G_{\text{main}} = \sqrt{R/N(1+Q)}$$

$$G_{\text{sub}} = \sqrt{R \times Q/E/(1+Q)}$$

となる。以上のように算出した振幅調整用ゲインを用いて、複写加工サブバンド信号と付加信号を重み付け加算することにより高域サブバンド信号は算出できる。

ここで、複素振幅調整部501における振幅調整の動作および効果を、図3を用いて詳細に説明する。符号化側における入力信号の高域成分の信号位相（図中、位相A）と、前記低域サブバンド信号から導出した高域サブバンド信号の信号位相（図中、位相B）とは図3に示すように全く異なるが、前記高域サブバンド信号は、その信号エネルギーが目標エネルギーと同一となるように振幅調整されているため、聴感的な音質劣化を抑えることができる。これは人の聴覚が信号の位相変動よりもエネルギー変動により敏感であるためである。

複素サブバンド合成部404は、入力された低域サブバンド信号と高域サブバンド信号を複素サブバンド合成フィルタによって帯域合成する。この帯域合成により生成されたオーディオ信号がオーディオ復号装置の出力となる。複素

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

サブバンド合成フィルタは、複素サブバンド分割部402で用いられている複素サブバンドフィルタに対応したものが用いられる。つまり、ある信号を複素サブバンド分割フィルタで帯域分割し、これを複素サブバンド合成フィルタで帯域合成すると元の信号（複素サブバンド分割フィルタの入力信号）が完全に再構成できるように選ばれる。例えば、複素サブバンド合成フィルタとして式402、1に示したような32バンド複素QMF分割フィルタバンク（K1=64）が用いられている場合、下記の式404、1を用いることができる。

$$x(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f(n-mM) \frac{1}{K2} \sum_{k=0}^{K2-1} X_k(m) W_{K2}^{(k+k_0)(n+n_0)} \dots \quad 404.1$$

ここで、f(n)は合成用低域通過フィルタを表す。本例ではK2=64である。

また、帯域拡張技術によって低域復号部101が出力するオーディオ信号のサンプリング周波数よりも複素サブバンド合成部404が出力するオーディオ信号のサンプリング周波数が高い場合は、複素サブバンド合成部404が出力するオーディオ信号の低域部（ダウンサンプリングした結果）が低域復号部101が出力するオーディオ信号と等しくなるように選ばれる。複素サブバンド合成部404では64バンド複素QMF合成フィルタバンク（式404、1においてK2=128）を用いることができる。なお、この場合、低域側32バンドには32バンド複素分析QMFフィルタバンクの出力が信号値として用いられる。

上述した従来のオーディオ復号装置では、演算量が大きい複素サブバンド分割部および複素サブバンド合成部を有する上、帯域拡張処理を複素数上で行うため必要演算量・装置規模が大きいという問題があった。

発明の開示

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

本発明の目的は、高音質を維持しつつ演算量を低減した帯域拡張技術、およびこれを用いたオーディオ復号装置、オーディオ復号方法およびオーディオ復号用プログラムを提供することにある。

上記目的を達成するために、本発明のオーディオ復号装置は、ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、

前記低域サブバンド信号に基づきエネルギー補正係数を算出する補正係数抽出部と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部とから構成されている。

また、本発明の他のオーディオ復号装置では、前記補正係数抽出部において、前記低域サブバンド信号の信号位相を算出し、前記信号位相によりエネルギー補正係数を算出するようにしてもよい。また、前記補正係数抽出部において、前記低域サブバンド信号の実部のエネルギーと前記低域サブバンド信号の信号エネルギーとの比をエネルギー補正係数として算出するようにしてもよい。さらに、前記補正係数抽出部において、前記低域サブバンド信号の各サンプルの位相を平均化してエネルギー補正係数を算出するようにしてもよい。さらに、前記補正

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

係数抽出部において、前記周波数帯域毎に算出したエネルギー補正係数を平滑化するようにしてもよい。

また、本発明の他のオーディオ復号装置では、ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

予め定めたエネルギー補正係数を発生する補正係数発生部と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部とから構成されている。

また、本発明の他のオーディオ復号装置では、前記補正係数発生部において、乱数を発生させ当該乱数をエネルギー補正係数とするようにしてもよい。さらに、前記補正係数発生部において、周波数帯域ごとに予め定めたエネルギー補正係数を発生させるようにしてもよい。

本発明によるオーディオ復号装置は、高域成分の目標エネルギーを補正するエネルギー補正部と、低域サブバンド信号からエネルギー補正係数を算出する補正係数算出部あるいは予め定めた方法でエネルギー補正係数を発生させる補正係数発生部を設けたことを特徴としている。帯域拡張処理を実数のみで実施する際に必要となる目標エネルギーの補正処理を、これらの処理部が実行する。これにより、高音質を維持しつつ、複素サブバンド合成フィルタおよび複素帯域拡張部

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

の代わりに、より演算量が少ない実数のサブバンド合成フィルタおよび帯域拡張部を用いることができ、必要演算量・装置規模を低減できるという効果が得られる。さらに、低域サブバンド信号を用いずにエネルギー補正係数を発生させる補正係数発生部を用いる場合には、サブバンド合成フィルタおよび帯域拡張部に加えて、演算量が少ない実数のサブバンド分割フィルタを用いることができ、より必要演算量・装置規模を低減できるという効果が得られる。

図面の簡単な説明

図1は、従来のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

図2は、従来技術における複素帯域拡張部403の構成を示すブロック図である。

図3は、従来技術における振幅調整の動作を説明するための図である。

図4は、本発明における振幅調整の動作を説明するための図である。

図5は、エネルギー補正をしない場合の振幅調整の動作を説明するための図である。

図6は、本発明の第1の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

図7は、本発明の第2の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

図8は、本発明における帯域拡張部103の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための最良な形態

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

(第1の実施形態)

図6は本発明の第1の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。本実施形態のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部100、低域復号部101、複素サブバンド分割部102、帯域拡張部103、サ

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

サブバンド合成部104、エネルギー補正部105、補正係数抽出部106とから構成される。

ビットストリーム分離部100は、入力されたビットストリームを分離して低域復号部101と帯域拡張部103とエネルギー補正部105へ出力する。ビットストリームには低域信号が符号化されている低域ビットストリームと、帯域拡張部103が高域信号を生成するために必要な情報を含む高域ビットストリームが多重化されている。低域ビットストリームは低域復号部101へ、高域ビットストリームは帯域拡張部103とエネルギー補正部105へ出力される。

低域復号部101は、入力された低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成し、複素サブバンド分割部102へ出力する。低域復号部101はMPEG-2 AACなど既存のオーディオ復号方式を用いて低域ビットストリームを復号する。

複素サブバンド分割部102は、入力された低域オーディオ信号を複素サブバンド分割フィルタによって帯域分割する。帯域分割された低域サブバンド信号は帯域拡張部103とサブバンド合成部104と補正係数抽出部106へ出力される。

補正係数抽出部106は、低域サブバンド信号から後述する手法でエネルギー補正係数を算出し、エネルギー補正部105へ出力する。

エネルギー補正部105は、高域ビットストリームに記載される高域成分の目標エネルギーをエネルギー補正係数により補正した補正目標エネルギーを算出し、帯域拡張部103へ出力する。

帯域拡張部103は、入力された高域ビットストリームと低域サブバンド信号と補正目標エネルギーから高域のオーディオ信号を表す高域サブバンド信号を生成してサブバンド合成部104へ出力する。

サブバンド合成部104は、入力された低域サブバンド信号と高域サブバンド信号をサブバンド合成フィルタによって帯域合成する。帯域合成により生成

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

されたオーディオ信号がオーディオ復号装置の出力となる。

このように構成される本発明のオーディオ復号装置と図1の従来のオーディオ復号装置の相違は、図1の複素サブバンド分割部402の替わりに図6では複素サブバンド分割部102があり、図1の複素サブバンド合成部404の替わりに図6ではサブバンド合成部104があり、図1の複素帯域拡張部403の替わりに図6では帯域拡張部103があり、また、本実施形態（図6）には補正係数抽出部106とエネルギー補正部105が追加されていることにある。他の処理部については、従来方式と同じであり当業者にとってよく知られており、また本発明とは直接関係しないので、その詳細な説明は省略する。以下では従来と手法が異なる複素サブバンド分割部102、帯域拡張部103、サブバンド合成部104、エネルギー補正部105、補正係数抽出部106について詳細に説明する。

まず、複素サブバンド分割部102とサブバンド合成部104について説明する。従来はサブバンド分割フィルタとして複素数のサブバンド信号を生成する式402.1のようなフィルタバンクを用いていた。また、これに対応する逆変換として式404.1のようなフィルタバンクをサブバンド合成フィルタとして用いていた。式404.1の出力、あるいは、式404.1の出力を式402.1の入力信号のサンプリング周波数にダウンサンプリングした信号は式402.1の入力と完全に一致する完全再構成性がある。高音質な復号オーディオ信号を得るためには、この完全再構成性の関係がサブバンド分割・合成フィルタに必要となる。

本実施形態においては、演算量を低減するために、従来の複素サブバンド合成部404で用いられている複素サブバンド合成フィルタを、実数のサブバンド合成フィルタに置き換えている。しかしながら、単にサブバンド合成フィルタを複素数から実数に変更してしまうと完全再構成性は失われ、音質が劣化する。

複素数のサブバンド分割フィルタと実数のサブバンド合成フィルタの間で完

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

全再構成性を実現するためには、従来の複素サブバンド分割フィルタの出力に回転演算を施すと良いことが従来から広く知られている。この回転演算は複素数の実数軸と虚数軸を $(\pi \div 4)$ だけ回転させるものであり、一般的に良く知られたDFTからDCTを導出する手法と同じである。例えば、 $k_0 = 1/2$ の場合、式402.1の32バンド複素QMF分割フィルタバンクの計算式には、各サブバンド k に対して以下の回転演算($K=K1$)を施すと良い。

$$W_K^{-(k+k_0)\frac{3}{4}K} \dots\dots\dots 102.1$$

なお、式102.1における $3/4K$ は $1/4K$ でも良い。

このように従来の複素サブバンド分割部402の後段に式102.1の回転演算を行う処理部を付加したものを複素サブバンド分割部102としても良いが、これらサブバンド分割フィルタと回転演算処理を合わせた処理と等価な演算をより少ない演算量で実現可能な下式を複素サブバンド分割部102で行うと良い。

$$X_k(m) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(mM-n)x(n)W_{K1}^{-(k+k_0)(n+n_0+\frac{3}{4}K1)}, k=0,1,\dots,K1-1$$

.....102.2

これに対応する実数のサブバンド合成フィルタとしては、式404.1に、下記の式104.1に示す変換を施し、実数部分のみを取り出した下記の式104.2をサブバンド合成部104で用いれば、完全再構成性を実現できるようになる。

$$W_K^{(k+k_0)\frac{3}{4}K} \dots\dots\dots 104.1$$

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

$$x(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f(n-mM) \frac{2}{K^2} \sum_{k=0}^{K^2-1} \operatorname{Re}[X_k(m)] \cos\left(\frac{2\pi}{K^2}(n+n_0)(k+k_0+\frac{3}{4}K^2)\right)$$

... 104. 2

ここで、 $\operatorname{Re}[\cdot]$ は複素サブバンド信号の実数部のみを取り出すことを表す。

次に帯域拡張部103について説明する。帯域拡張部103は、入力された高域ビットストリームと低域サブバンド信号と後述する補正目標エネルギーから高域のオーディオ信号を表す高域サブバンド信号を生成してサブバンド合成部104へ出力する。帯域拡張部103は、図8に示すように高域生成部300と振幅調整部301と変換部305から構成される。帯域拡張部103は入力端子302を介して高域ビットストリームを入力し、入力端子304を介して低域サブバンド信号を入力し、入力端子306を介して補正目標エネルギーを入力し、出力端子303を介して高域サブバンド信号を出力する。

変換部305は、入力端子304を介して入力した複素数の低域サブバンド信号から実部のみを取り出し、実数の低域サブバンド信号（以下、断りがない限り低域サブバンド信号は実数とする）に変換し高域生成部300へ出力する。

高域生成部300は、低域サブバンド信号と高域ビットストリームを入力とし、低域サブバンド信号の中から高域ビットストリームが指定する帯域の信号を高域サブバンドへと複写する。また、この複写の際には高域ビットストリームが指定する信号加工を施す場合もある。例えば、周波数が低い順にサブバンド0からサブバンド63まで64個のサブバンドを仮定し、低域サブバンド信号としてサブバンド0からサブバンド19までの実数のサブバンド信号が変換部305から供給されているとする。また高域ビットストリームには、サブバンドA（ $A > 19$ ）をどの低域サブバンド（サブバンド0から19）から信号を複写して生成するかを表す複写情報、および、複写の際に施す信号加工方法（フィルタリングなどあらかじめ定められた数種類の手段から選択して用いられる）を示す信号加工情報が含まれているとする。高域生成部300の処理は

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

、高域のサブバンドの実数信号（複写加工サブバンド信号と名付ける）を複写情報が示す低域のサブバンドの実数信号と同一とする。さらに、音質向上のために信号加工情報が何らかの信号加工の必要性を表している場合は、複写加工サブバンド信号に信号加工情報が示す信号加工を施す。このようにして生成された複写加工サブバンド信号は振幅調整部301に出力される。

高域生成部300における信号加工の一例として、従来技術の複素高域生成部500と同様に線形予測逆フィルタを用いることができる。当該フィルタの効果は複素高域生成部500と同様であるため説明を省略する。なお、高域生成処理において線形予測逆フィルタを用いる場合、実数信号上で動作する高域生成部300は、複素信号上で動作する複素高域生成部500に比べて、当該フィルタ係数算出に必要な演算量を削減できるという効果がある。

振幅調整部301は、高域ビットストリームに従い、入力された複写加工サブバンド信号の振幅を補正目標エネルギーと等価となるように補正し、高域サブバンド信号を生成する。生成された高域サブバンド信号は出力端子303へ出力される。なお、高域ビットストリームに記載される目標エネルギーは、従来例と同様に、例えば、サブバンド毎にフレーム単位で算出されていると考えても良いし、入力信号の時間及び周波数方向の特性を考慮して、時間方向にはフレームをさらに分割した時間単位で、周波数方向には複数のサブバンドをまとめたバンド単位で算出されていると考えても良い。時間方向のフレームをさらに分割した時間単位で算出する場合には、エネルギーの時間変化をより詳細に表すことができる。複数のサブバンドをまとめたバンド単位で算出する場合には、目標エネルギーを符号化するのに必要なビット数を削減することができる。ここで、目標エネルギーの算出で利用する時間及び周波数方向の分割単位は時間周波数グリッドとし、その情報は高域ビットストリームに記載される。

また、振幅調整部301の他の実施例として、従来例と同様に、複写加工サブバンド信号に加えて付加信号を用いて高域サブバンド信号を生成する場合においても、高域サブバンド信号のエネルギーが補正目標エネルギーとなるように、

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

複写加工サブバンド信号の振幅と付加信号の振幅とが調整される。付加信号の例としては、雑音信号あるいはトーン信号が挙げられる。複写加工サブバンド信号と付加信号の振幅調整用のゲインは、例えば、複写加工サブバンド信号と付加信号とのうちどちらか一方を、生成後の高域サブバンド信号の主成分とし、他の一方を副成分とした上で以下のように算出される。複写加工サブバンド信号を主成分とする場合は、

$$G_{\text{main}} = \sqrt{a \times R / E_r / (1 + Q)}$$

$$G_{\text{sub}} = \sqrt{a \times R \times Q / N_r / (1 + Q)}$$

ここで、 G_{main} は主成分の振幅調整用ゲインであり、 G_{sub} は副成分の振幅調整用ゲインであり、 E_r と N_r は、それぞれ、複写加工サブバンド信号と付加信号のエネルギーを表す。なお、これらのエネルギーの表記 E_r と N_r が従来例の説明時の表記 E 、 N と異なるのは、従来例においては複写加工サブバンド信号と付加信号が複素数信号であるのに対して、本発明では実数信号であることを区別するためである。付加信号のエネルギーが1に正規化されている場合は $N_r = 1$ である。また、 R は目標エネルギーを表し、 a は後述する補正係数抽出部106で算出されるエネルギー補正係数を表す。したがって、 $a \times R$ は補正目標エネルギーを表す。 Q は主成分と副成分のエネルギー比を表し、 R と Q は高域ビットストリームに記載されているものとする。なお、 $\sqrt{}$ は平方根である。一方、付加信号を主成分とする場合は、 G_{main} 、 G_{sub} は下記の式により示される。

$$G_{\text{main}} = \sqrt{a \times R / N_r / (1 + Q)}$$

$$G_{\text{sub}} = \sqrt{a \times R \times Q / E_r / (1 + Q)}$$

また、付加信号を主成分とする場合には、複素数の低域サブバンド信号に基づいて算出されたエネルギー補正係数 a の代わりに、エネルギー補正係数 a と同様

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

の手法によって付加信号に基づいて算出されたエネルギー補正係数 b を用いて、 G_{main} 、 G_{sub} を下記の式により示すようにしてもよい。

$$G_{\text{main}} = \sqrt{b \times R / N_r / (1 + Q)}$$

$$G_{\text{sub}} = \sqrt{b \times R \times Q / E_r / (1 + Q)}$$

なお、付加信号として、記憶領域に予め格納されている信号を用いる場合には、エネルギー補正係数 b についても予め算出しておき、定数とすることによって、エネルギー補正係数 b の算出に関わる演算を省略することができる。以上のように算出した振幅調整用ゲインを用いて、複写加工サブバンド信号と付加信号を重み付け加算することにより高域サブバンド信号は算出できる。

ここで、振幅調整部 301 における振幅調整の動作および効果を、図 4 を用いて詳細に説明する。実数の高域サブバンド信号（図中、振幅調整後の高域成分の実部）は、その信号エネルギーが、入力信号の高域成分の信号エネルギーを表す目標エネルギーを補正して得られた補正目標エネルギーと同一となるように振幅調整される。ここで、図 4 に示すように補正目標エネルギーが変換部 305 で変換される前の複素数の低域サブバンド信号の信号位相（図中、位相 B ）を考慮して算出されている場合、複素数の低域サブバンド信号から導出した仮想的な複素数の高域サブバンド信号を鑑みると、仮想的な複素数の高域サブバンド信号の信号エネルギーは目標エネルギーと等価になっている。なお、本例で利用する複素サブバンド分割部 102 とサブバンド合成部 104 とからなる分析合成系では、上述したようにサブバンド信号の実部のみを用いて、実部と虚部の両方を用いたときと同様に完全再構成が得られる。したがって、実数の高域サブバンド信号が補正目標エネルギーと同一な信号エネルギーになるように振幅調整されることにより、従来例と同様に、人の聴覚上重要なエネルギー変動は最小限に抑えられるため、聴感的な音質劣化を抑えることができる。一方、振幅調整処理において、補正目標エネルギーではなく目標エネルギーを用いて振幅調整した場合

の例を図5に示す。図5に示すように実数の高域サブバンド信号が目標エネルギーと同一な信号エネルギーになるように振幅調整された場合、前記仮想的な複素数の高域サブバンド信号の信号エネルギーは目標エネルギーよりも大きくなってしまふ。この結果、サブバンド合成部104で帯域合成されたオーディオ信号の高域成分は、符号化側の入力信号の高域成分よりも大きくなり、音質劣化の原因となる。

以上で帯域拡張部103の説明を終える。帯域拡張部103の処理を低演算量な実部のみの処理で実現するとともに高音質な復号信号を得るためには、上述したように振幅調整において補正目標エネルギーを用いる必要があり、本実施形態では補正係数抽出部106とエネルギー補正部105において補正目標エネルギーを算出する。

補正係数抽出部106は、入力された複素数の低域サブバンド信号に基づいてエネルギー補正係数を算出し、エネルギー補正部105へ出力する。エネルギー補正係数の算出は、複素数の低域サブバンド信号の信号位相を算出し、これをエネルギー補正係数とすることにより実施できる。例えば、複素数の信号サンプルから成る低域サブバンド信号のエネルギーと、その実部のみから算出したエネルギーとを算出し、これらエネルギーの比をエネルギー補正係数とすることができる。あるいは、低域サブバンド信号を構成する複素数の各信号サンプル値の位相を算出し、これを平均化してエネルギー補正係数を算出することもできる。さらに、上述した手法では、帯域分割された周波数帯域毎にエネルギー補正係数が算出されるが、隣接する帯域のエネルギー補正係数と当該帯域のエネルギー補正係数を平滑化した係数を、当該帯域のエネルギー補正係数とすることもできる。また、予め定めた時定数と前フレームのエネルギー補正係数とを用いて現フレームのエネルギー補正係数を時間方向に平滑化することもできる。このようなエネルギー補正係数の平滑化を行うことにより、エネルギー補正係数の急激な変化を抑制することができ、結果として帯域拡張後のオーディオ信号の品質を向上させることができる。

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

なお、上述した手法におけるエネルギーの算出あるいは、信号サンプル値の位相の平均化は、従来の技術において説明した目標エネルギーの時間周波数グリッドに合わせて、当該時間周波数グリッドに含まれる信号サンプルを用いて実施するようにしても良い。帯域拡張後のオーディオ信号の品質を向上させるためには、位相特性を正確に表すエネルギー補正係数を算出する必要がある、このためには、位相特性変化の少ない信号サンプルを用いてエネルギー補正係数を算出することが望ましい。一般的に、時間周波数グリッドは、当該グリッド内の信号の変化が小さくなるように設定される。したがって、時間周波数グリッドに合わせてエネルギー補正係数を算出することにより、位相特性を正確に表すエネルギー補正係数を算出することができ、結果として帯域拡張後のオーディオ信号の品質を向上させることができる。また、本手法は、時間方向あるいは周波数方向のいずれか一方のみについて信号の変化を考慮し、時間方向あるいは周波数方向のどちらか一方のグリッド境界のみによって区切られた範囲に含まれる信号サンプルを用いて実施することもできる。

エネルギー補正部 105 は、高域ビットストリームに記載される入力信号の高域成分の信号エネルギーを表す目標エネルギーを、補正係数抽出部 106 で算出したエネルギー補正係数により補正して補正目標エネルギーを算出し、帯域拡張部 103 へ出力する。

(第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施の形態について図7を用いて詳細に説明する。

図7を参照すると、本発明の第2の実施の形態としてのオーディオ復号装置が示されている。本実施形態のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部 100、低域復号部 101、サブバンド分割部 202、帯域拡張部 103、サブバンド合成部 104、補正係数発生部 206、エネルギー補正部 105 とから構成される。

本発明の第2の実施の形態は、本発明の第1の実施の形態と比較して、複素サブバンド分割部 102 がサブバンド分割部 202 に置き換わり、補正係数抽

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

出部106が補正係数発生部206に置き換わっているのみであり、他の部分については全く同一である。そこでサブバンド分割部202と補正係数発生部206について詳細に説明する。

サブバンド分割部202は、入力された低域オーディオ信号をサブバンド分割フィルタによって帯域分割する。帯域分割された実数の低域サブバンド信号は帯域拡張部103とサブバンド合成部104へ出力される。ここで、サブバンド分割部202で利用されるサブバンド分割フィルタは式102. 2の実数の処理部のみから構成され、その出力信号は実数の低域サブバンド信号となる。したがって、帯域拡張部103に入力される低域サブバンド信号は実数であるため、変換部305においては入力した実数の低域サブバンド信号をそのまま高域生成部300に出力する。

補正係数発生部206は、予め定めた手法でエネルギー補正係数を算出し、エネルギー補正部105へ出力する。エネルギー補正係数の算出方法としては、例えば、この補正係数発生部206において、乱数を発生させ当該乱数をエネルギー補正係数とすることができる。ここで、発生させる乱数は0から1に正規化される。第1の実施の形態において説明したように、実数の高域サブバンド信号が目標エネルギーと同一な信号エネルギーになるように振幅調整された場合、復号後のオーディオ信号の高域成分は目標エネルギーよりも必ず大きくなってしまいが、0から1に正規化された乱数から導出したエネルギー補正係数を用いることにより、補正目標エネルギーは目標エネルギーよりも小さくなり得る。この結果、復号後のオーディオ信号の高域成分は目標エネルギーよりも必ずしも大きくはならないため、音質改善効果が期待できる。また、周波数帯域ごとに予めエネルギー補正係数を定めておき、帯域拡張部103で実施される複写における複写元の周波数帯域および複写先の周波数帯域、あるいは、そのどちらか一方のみに応じて、エネルギー補正係数を発生させることもできる。この場合も予め定めたエネルギー補正係数は0から1の値とする。本手法を用いた場合、乱数を用いてエネルギー補正係数を算出する手法に比べて、人の聴覚特性などを利用でき、より

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

音質改善効果を得る事ができる。なお、上記2手法を組み合わせ、周波数帯域ごとに乱数の最大値を定めておき、その範囲内に正規化された乱数をエネルギー補正係数とすることもできる。あるいは、周波数帯域ごとに平均値を予め定めておき、その平均値を中心とした乱数を発生させ、エネルギー補正係数を算出することもできる。さらに、周波数帯域毎に算出されたエネルギー補正係数に対して、隣接する帯域のエネルギー補正係数により平滑化を施した係数を、当該帯域のエネルギー補正係数とすることもできる。また、予め定めた時定数と前フレームのエネルギー補正係数とを用いて現フレームのエネルギー補正係数を時間方向に平滑化することもできる。

本発明の第2の実施の形態は、本発明の第1の実施の形態と比較して、低域サブバンド信号の信号位相を考慮しないために復号オーディオ信号の品質は第1の実施の形態よりも低下するが、複素数の低域サブバンド信号を利用する必要がなくなり実数のサブバンド分割フィルタを用いることができるため、更なる低演算量化を実現できる。

なお、本発明が上記各実施形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態は適宜変更され得ることは明らかである。

また、図には示されていないが、本実施形態のオーディオ復号装置は、上記で説明したオーディオ復号方法を実行するためのプログラムを記録した記録媒体を備えている。この記録媒体は磁気ディスク、半導体メモリまたはその他の記録媒体であってもよい。このプログラムは、記録媒体からオーディオ復号装置に読み込まれ、オーディオ復号装置の動作を制御する。具体的には、オーディオ復号装置内のCPUがこのプログラムの制御によりオーディオ復号装置のハードウェア資源に特定の処理を行うように指示することにより上記の処理が実現される。

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

請求の範囲

1. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、

前記低域サブバンド信号に基づきエネルギー補正係数を算出する補正係数抽出部と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されるオーディオ復号装置。

2. 前記補正係数抽出部は、前記低域サブバンド信号の信号位相を算出し、前記信号位相に基づいてエネルギー補正係数を算出する請求項1記載のオーディオ復号装置。

3. 前記補正係数抽出部は、前記低域サブバンド信号の実部のエネルギーと前記低域サブバンド信号の信号エネルギーとの比をエネルギー補正係数として算出する請求項1記載のオーディオ復号装置。

4. 前記補正係数抽出部は、前記低域サブバンド信号の各サンプルの位相

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

を平均化してエネルギー補正係数を算出する請求項1記載のオーディオ復号装置

。

5. 前記補正係数抽出部は、前記周波数帯域毎に算出したエネルギー補正係数を平滑化する請求項1から4のいずれか1項記載のオーディオ復号装置。

6. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

予め定めたエネルギー補正係数を発生する補正係数発生部と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されるオーディオ復号装置。

7. 前記補正係数発生部は、乱数を発生させ当該乱数をエネルギー補正係数とする請求項6記載のオーディオ復号装置。

8. 前記補正係数発生部は、周波数帯域ごとに予め定めたエネルギー補正係数を発生させる請求項6記載のオーディオ復号装置。

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

9. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するステップと、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップと、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号に基づきエネルギー補正係数を算出するステップと、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するステップと、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

10. 前記補正目標エネルギーの算出において、前記低域サブバンド信号の信号位相を算出し、前記信号位相に基づいてエネルギー補正係数を算出する請求項9記載のオーディオ復号方法。

11. 前記補正目標エネルギーの算出において、前記低域サブバンド信号の実部のエネルギーと前記低域サブバンド信号の信号エネルギーとの比をエネルギー補正係数として算出する請求項9記載のオーディオ復号方法。

12. 前記補正目標エネルギーの算出において、前記低域サブバンド信号の各サンプルの位相を平均化してエネルギー補正係数を算出する請求項9記載のオ

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

ーディオ復号方法。

13. 前記補正目標エネルギーの算出において、前記周波数帯域毎に算出したエネルギー補正係数を平滑化する請求項9から12のいずれか1項記載のオーディオ復号方法。

14. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するステップと、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップ、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するステップ、

予め定めたエネルギー補正係数を発生するステップ、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するステップ、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

15. 前記エネルギー補正係数の発生において、乱数を発生させ当該乱数をエネルギー補正係数とする請求項14記載のオーディオ復号方法。

16. 前記エネルギー補正係数の発生において、周波数帯域ごとに予め定めたエネルギー補正係数を発生させる請求項14記載のオーディオ復号方法。

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

17. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割処理と、

前記低域サブバンド信号に基づきエネルギー補正係数を算出する補正係数抽出処理と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

18. 前記補正係数抽出処理において、前記低域サブバンド信号の信号位相を算出し、前記信号位相によりエネルギー補正係数を算出する請求項17記載のプログラム。

19. 前記補正係数抽出処理において、前記低域サブバンド信号の実部のエネルギーと前記低域サブバンド信号の信号エネルギーとの比をエネルギー補正係数として算出する請求項17記載のプログラム。

20. 前記補正係数抽出処理において、前記低域サブバンド信号の各サン

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

プルの位相を平均化してエネルギー補正係数を算出する請求項 17 記載のプログラム。

21. 前記補正係数抽出処理において、前記周波数帯域毎に算出したエネルギー補正係数を平滑化する請求項 17 から 20 のいずれか 1 項記載のプログラム。

22. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割処理と、

予め定めたエネルギー補正係数を発生する補正係数発生処理と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを前記エネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複製および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるプログラム。

23. 前記補正係数発生処理において、乱数を発生させ当該乱数をエネルギー補正係数とする請求項 22 記載のプログラム。

24. 前記補正係数発生処理において、周波数帯域ごとに予め定めたエネ

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

ルギ補正係数を発生させる請求項 2 記載のプログラム。

25. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを予め定められたエネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されるオーディオ復号装置。

26. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

前記低域サブバンド信号を複写および加工して生成される信号のエネルギー補正係数を出力するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記エネルギー補正係数を用いて振幅

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

補正を行い、高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されるオーディオ復号装置。

27. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

前記高域ビットストリームの指示と予め定められたエネルギー補正係数とを用いて補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されるオーディオ復号装置。

28. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギー

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

を前記高域ビットストリームに含まれる指示と予め定められたエネルギー補正係数を用いて振幅補正を行い、高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、
から構成されるオーディオ復号装置。

29. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割部と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギー (R) を予め定めたエネルギー補正係数 (a) により補正した補正目標エネルギー (aR) と前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギー (Er) とが等しくなるように振幅補正する際に、目標エネルギー (R) に代えて前記信号エネルギー (Er) を前記エネルギー補正係数の逆数 (1/a) により補正し、高域サブバンド信号を生成する帯域拡張部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、
から構成されるオーディオ復号装置。

30. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するステップと、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップと、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

サブバンド信号を生成するステップと、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを予め定められたエネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するステップと、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

31. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するステップと、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップと、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号を複写および加工して生成される信号のエネルギー補正係数を出力するステップと、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記エネルギー補正係数を用いて振幅補正を行い、高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

32. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するステップと、

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップと、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するステップと、

前記高域ビットストリームの指示と予め定められたエネルギー補正係数とを用いて補正目標エネルギーを算出するステップと、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

33. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するステップと、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップと、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記高域ビットストリームに含まれる指示と予め定められたエネルギー補正係数を用いて振幅補正を行い、高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

34. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリーム

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

に分離するステップと、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成するステップと、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するステップと、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギー (R) を予め定めたエネルギー補正係数 (a) により補正した補正目標エネルギー (aR) と前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギー (Er) とが等しくなるように振幅補正する際に、目標エネルギー (R) に代えて前記信号エネルギー (Er) を前記エネルギー補正係数の逆数 ($1/a$) により補正して高域サブバンド信号を生成するステップと、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るステップとを備えたオーディオ復号方法。

35. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割処理と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギーを予め定められたエネルギー補正係数により補正し補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

36. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割処理と、

前記低域サブバンド信号を複写および加工して生成される信号のエネルギー補正係数を出力するエネルギー補正処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記エネルギー補正係数を用いて振幅補正を行い、高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

37. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割処理と、

前記高域ビットストリームの指示と予め定められたエネルギー補正係数とを用いて補正目標エネルギーを算出するエネルギー補正処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写およ

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

び加工して作成した信号の信号エネルギーを前記補正目標エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

38. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割処理と、

前記低域サブバンド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギーを前記高域ビットストリームに含まれる指示と予め定められたエネルギー補正係数を用いて振幅補正を行い、高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

39. ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の実数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成するサブバンド分割処理と、

前記高域ビットストリームに記載される目標エネルギー (R) を予め定めたエネルギー補正係数 (a) により補正した補正目標エネルギー (aR) と前記低域サブバン

WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

ド信号を複写および加工して作成した信号の信号エネルギー(E_r)とが等しくなるように振幅補正する際に、目標エネルギー(R)に代えて前記信号エネルギー(E_r)を前記エネルギー補正係数の逆数($1/a$)により補正し、高域サブバンド信号を生成する帯域拡張処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

Fig. 1

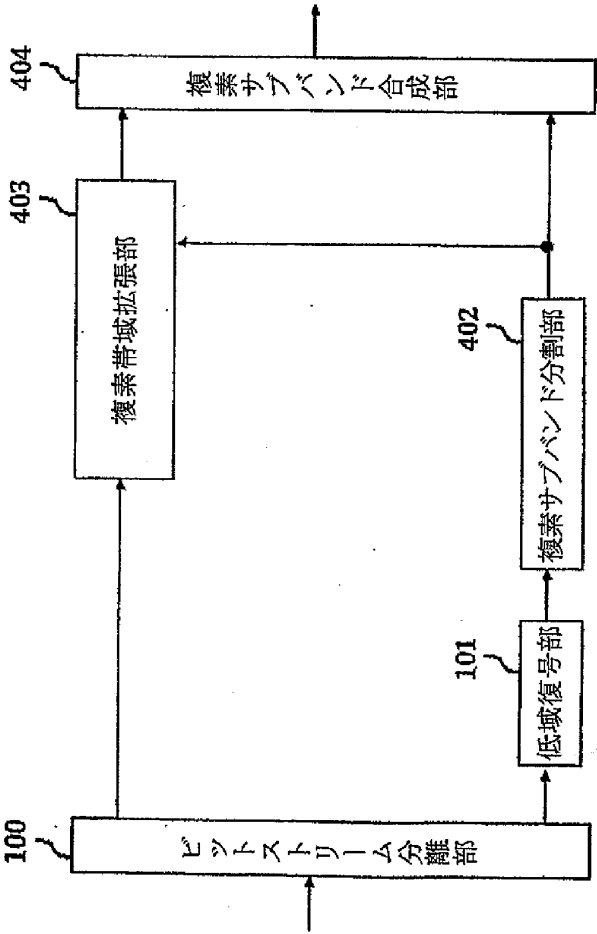
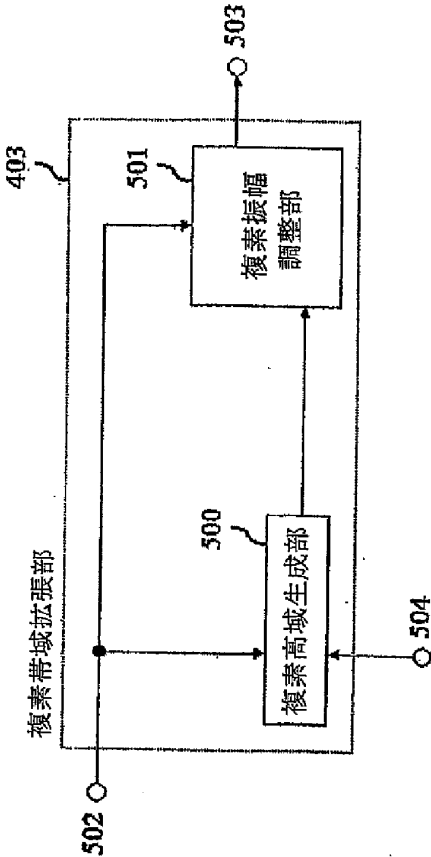


Fig. 2



WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

Fig. 3

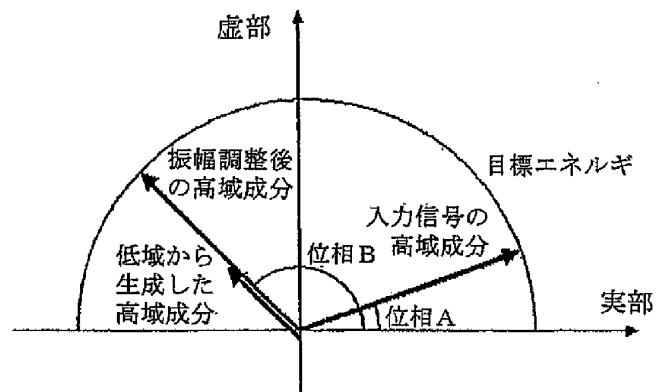


Fig. 4

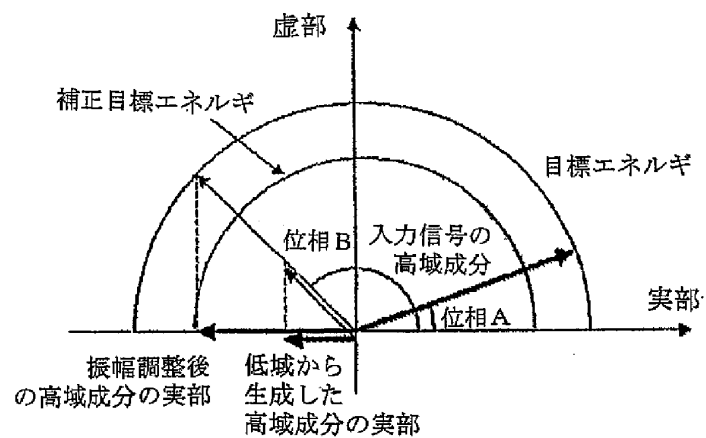


Fig. 5

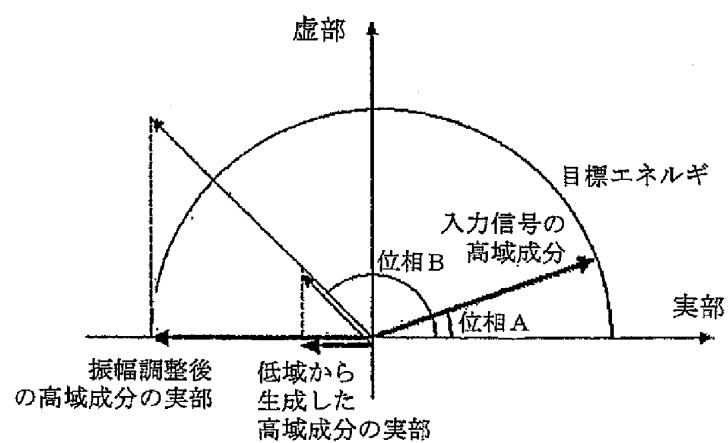
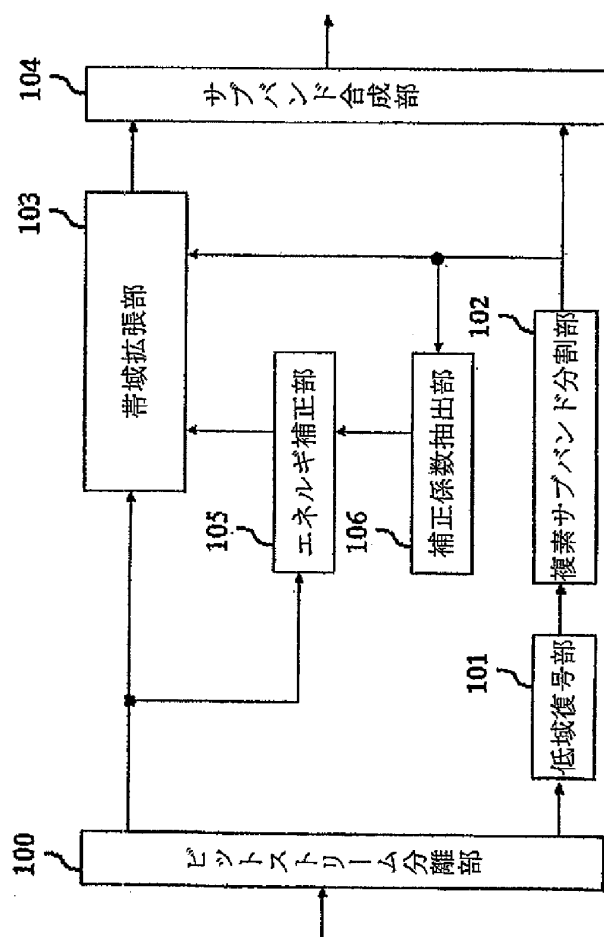


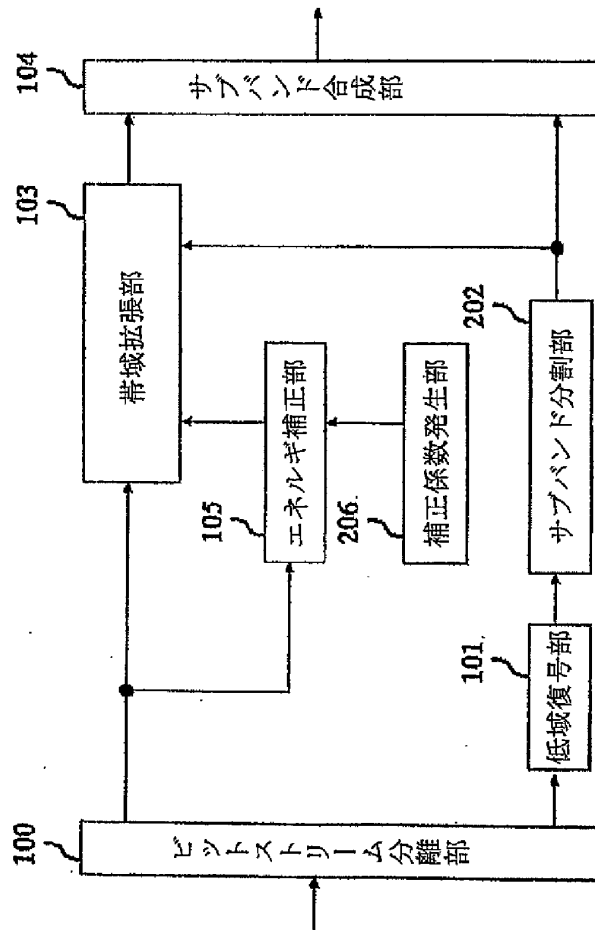
Fig. 6



WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

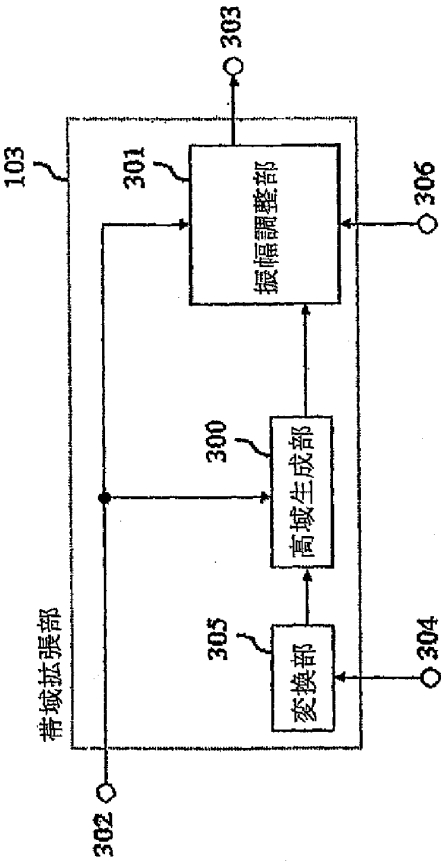
Fig. 7



WO 2004/010415

PCT/JP2003/007962

Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07962

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ G10L19/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ G10L19/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JICST (JOIS)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-90992 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 04 April, 1997 (04.04.97), (Family: none)	1-39
A	JP 8-305396 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 November, 1996 (22.11.96), & EP 732687 A2 & US 5978759 A1	1-39
A	JP 9-101798 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 April, 1997 (15.04.97), (Family: none)	1-39
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 17 July, 2003 (17.07.03)		Date of mailing of the international search report 05 August, 2003 (05.08.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07962

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-123495 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 May, 1996 (17.05.96), (Family: none)	1-39
A	WO 98/52187 A1 (Hewlett-Packard Co.), 19 November, 1998 (19.11.98), & EP 878790 A1 & JP 13-525079 A	1-39
A	JP 9-127998 A (Sony Corp.), 16 May, 1997 (16.05.97), (Family: none)	1-39
A	Madoka HARA et al., "Taisu Power Spectre-jo deno Senkei Yosoku o Mochiita Kyotaiiki Onsei kara Kotaiiki Onsei no Seiiku", Nihon Onkyo Gakkai Koen Ronbunshu", The Acoustical Society of Japan (ASJ), 1997 March, Shunki I, pages 277 to 278	1-39
A	Mineo TSUSHIMA et al., "Teiiki Kakudai ni yoru Kotaiiki Onsei no Gosei Hoho no Kento", Nihon Onkyo Gakkai Koen Ronbunshu, The Acoustical Society of Japan (ASJ), 1995 March, Shunki I, pages 249 to 250	1-39

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JPO3/07962
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G10L19/02		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G10L19/02		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
JICST (JOIS)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-90992 A (日本電信電話株式会社) 1997.04.04 (ファミリーなし)	1-39
A	JP 8-305396 A (松下電器産業株式会社) 1996.11.22 & EP 732687 A2 & US 5978759 A1	1-39
A	JP 9-101798 A (松下電器産業株式会社) 1997.04.15 (ファミリーなし)	1-39
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「I」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	17.07.03	国際調査報告の発送日 05.08.03
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 渡邊 聡  5C 8622 電話番号 03-3581-1101 内線 3540

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/07962

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-123495 A (三菱電機株式会社) 1996.05.17 (ファミリーなし)	1-39
A	WO98/52187 A1 (ヒューレット・パカード・カンパ ニー) 1998.11.19, & EP 878790 A1 & JP 13-525079 A	1-39
A	JP 9-127998 A (ソニー株式会社) 1997.05.16 (ファミリーなし)	1-39
A	原田他, 対数パワースペクトル上での線形予測を用いた狭帯域音声 から広帯域音声の生成, 日本音響学会講演論文集, 日本音響学会, 1997.03, 春季I, p. 277-278	1-39
A	津島峰生他, 帯域拡大による広帯域音声の合成方法の検討, 日本音 響学会講演論文集, 日本音響学会, 1995.03, 春季I, p. 249-250	1-39

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-053895

(43)Date of publication of application : 19.02.2004

(51)Int.Cl.

G10L 19/00

G10L 19/02

H03M 7/30

(21)Application number : 2002-210946

(71)Applicant : NEC CORP
MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 19.07.2002

(72)Inventor : SHIMADA OSAMU
NOMURA TOSHIYUKI
TAKAMIZAWA YUICHIRO
SERIZAWA MASAHIRO
TANAKA NAOYA
TSUSHIMA MINEO
NORIMATSU TAKESHI

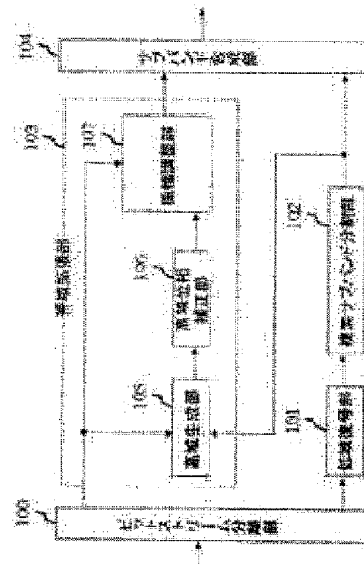
(54) DEVICE AND METHOD FOR AUDIO DECODING, AND PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a technology and a device that reduce an operation quantity while maintaining high sound quality.

SOLUTION: A high-frequency phase correction part 106 is newly provided which corrects the phase of the output of a high-frequency generation part 105. A wide-band phase correction part 106 performs phase correcting processes which are different by subbands needed when a real number subband composition filter performs subband composition of signals divided into subbands by a complex composition subband dividing filter.

Consequently, the real number subband composition filter whose operation quantity is small is usable instead of the complex subband composition filter to reduce a necessary operation quantity and a device scale while maintaining high sound quality.



JP 2004-53895 A 2004. 2. 19

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-53895

(P2004-53895A)

(43) 公開日 平成16年2月19日(2004. 2. 19)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G 1 0 L 19/00	G 1 0 L 9/18 M	5 J 0 6 4
G 1 0 L 19/02	H 0 3 M 7/30 A	
H 0 3 M 7/30	G 1 0 L 7/04 G	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2002-210946 (P2002-210946)	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成14年7月19日(2002. 7. 19)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
		(74) 代理人	100088328 弁理士 金田 暢之
		(74) 代理人	100106297 弁理士 伊藤 克博
		(74) 代理人	100106138 弁理士 石橋 政幸
		(72) 発明者	嶋田 修 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株 式会社内

最終頁に続く

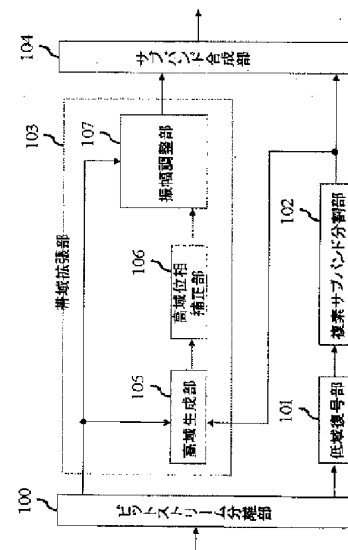
(54) 【発明の名称】 オーディオ復号装置と復号方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 高音質を維持しつつ演算量を低減させる。

【解決手段】 高域生成部105の出力の位相を補正する高域位相補正部106を新たに設ける。複素サブバンド分割フィルタでサブバンド分割された信号を実数のサブバンド合成フィルタでサブバンド合成する際に必要となるサブバンド毎に異なる位相補正処理を、広域位相補正部106が行う。これにより、複素サブバンド合成フィルタの代わりに、より演算量が少ない実数のサブバンド合成フィルタを用いることができ、高音質を維持しつつ必要演算量・装置規模を低減できる。

【選択図】 図1



(2)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成部と、

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正部と、

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーを前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されることを特徴とするオーディオ復号装置。

【請求項2】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成部と、

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正部と、

前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成するトーン・ノイズ付加部と、

前記トーン・ノイズ信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正トーン・ノイズサブバンド信号を生成するトーン・ノイズ位相補正部と、

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記位相補正トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整部と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されることを特徴とするオーディオ復号装置。

【請求項3】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成部と、

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正部と、

前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成するトーン・ノイズ付加部と、

(3)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整部と、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されることを特徴とするオーディオ復号装置。

【請求項4】

前記高域位相補正部が行う位相補正において、前記複写加工サブバンド信号を生成する際に用いられた複写元の周波数と複写先の周波数の差分に応じて位相補正量が決まることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載のオーディオ復号装置。

10

【請求項5】

前記トーン・ノイズ位相補正部が行う位相補正において、前記トーン・ノイズ信号の周波数に応じて位相補正量が決まることを特徴とする請求項2記載のオーディオ復号装置。

【請求項6】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離し、
前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成し、
前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成し、
前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成し、前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて
20 予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成し、
前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーを前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成し、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得ることを特徴とするオーディオ復号方法。

【請求項7】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離し、
前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成し、前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成し、
前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複
30 写加工サブバンド信号を生成し、
前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成し、
前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成し、
前記トーン・ノイズ信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正トーン・ノイズサブバンド信号を生成し、
前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記位相補正トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正し
40 て高域サブバンド信号を生成し、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得ることを特徴とするオーディオ復号方法。

【請求項8】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離し、
前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成し、
前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成し、
前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複
50 写加工サブバンド信号を生成し、

(4)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成し、

前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成し、

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成し、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得ることを特徴とするオーディオ復号方法。

10

【請求項 9】

前記複写加工サブバンド信号に対する位相補正において、前記複写加工サブバンド信号を生成する際に用いられた複写元の周波数と複写先の周波数の差分に応じて位相補正量が決まることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか 1 項に記載のオーディオ復号方法。

【請求項 10】

前記トーン・ノイズ信号に対する位相補正において、前記トーン・ノイズ信号の周波数に応じて位相補正量が決まることを特徴とする請求項 7 記載のオーディオ復号方法。

【請求項 11】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

20

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成処理と、

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正処理と、

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーを前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

30

【請求項 12】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、

前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成処理と、

40

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正処理と、

前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成するトーン・ノイズ付加処理と、

前記トーン・ノイズ信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正トーン・ノイズサブバンド信号を生成するトーン・ノイズ位相補正処理と、

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記位相補正トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整処理と、

50

(5)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項13】

ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離処理と、

前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号処理と、
前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割処理と、

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成処理と、

前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正処理と、

前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成するトーン・ノイズ付加処理と、

前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整処理と、

前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項14】

前記高域位相補正処理が行う位相補正において、前記複写加工サブバンド信号を生成する際に用いられた複写元の周波数と複写先の周波数の差分に応じて位相補正量が決まることをコンピュータにさらに実行させることを特徴とする請求項11から13のいずれか1項に記載のプログラム。

【請求項15】

前記トーン・ノイズ位相補正処理が行う位相補正において、前記トーン・ノイズ信号の周波数に応じて位相補正量が決まることをコンピュータにさらに実行させることを特徴とする請求項12に記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、符号化されたオーディオ信号を復号するためのオーディオ復号装置および復号方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

低ビットレートで高音質に符号化可能なオーディオ符号化・復号方式として、ISO/IECの国際標準方式であるMPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) が広く知られている。このMPEG-2 AACに代表される従来のオーディオ符号化復号方式では、まず、時間領域のPCM信号を複数サンプルまとめて1フレームとし、これをMDCT (Modified Discrete Cosine Transform) などの写像変換により周波数領域信号へと変換する。そして、この周波数領域信号を量子化およびハフマン符号化してビットストリームを形成する。量子化においては人間の聴覚特性を考慮して、周波数領域信号の中で知覚されやすい周波数成分については量子化精度を高く、そうでない周波数成分については量子化精度を低くすることにより、限られた符号量で高い音質を実現する。例えば、MPEG-2 AACでは96 kbps程度のビットレートでCDと同等音質(44.1 kHz サンプリング、ステレオ)を実現できる。

【0003】

これより低いビットレート、例えば48kbps程度のビットレートで44.1kHzサンプリングのステレオオーディオ信号を符号化しようとする場合、聴覚的に重要度が低い高域周波数成分を符号化対象から外す（量子化値を零とする）ことで限られたビットレートでの主観的音質が最高となるようにする。しかしながらこの場合、高域周波数成分が符号化されていないために音質が劣化し、一般的にはこもった感じの音となってしまう。

【0004】

このような低ビットレートでの音質劣化を解決する技術として帯域拡張技術が注目を集めている。帯域拡張技術では、MPEG-2 AACなどの方式で低ビットレートに符号化した低域ビットストリームに、僅かな符号量（一般に数kbps程度）の補助情報である高域ビットストリームを付加してビットストリームを構成する。オーディオ復号装置（デコーダ）では、まず、MPEG-2 AACなどの復号方法で低域ビットストリームを復号して、高域周波数成分が含まれていない低域オーディオ信号を得る。そして、帯域拡張技術により、高域ビットストリームが示す補助情報に従った加工を低域オーディオ信号に施して高域周波数成分を生成する。

【0005】

こうして得られた高域周波数成分と、低域ビットストリームを復号して得られた低域オーディオ信号を合成して高域周波数成分を含む復号オーディオ信号を得る。

【0006】

帯域拡張技術を用いた従来のオーディオ復号装置の一例として、MPEG-2 AAC復号装置にSBRと呼ばれる帯域拡張技術を組み合わせた例が、ETSIが発行する「Digital Radio Mondiale (DRM) ; System Specification」(ETSI TS 101 980 V1.1.1)の5.6.2節に記述されている。ここに記述されているような帯域拡張技術を用いた従来のオーディオ復号装置を図4および図5に示す。

【0007】

図4に示す従来のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部100、低域復号部101、複素サブバンド分割部402、帯域拡張部403、複素サブバンド合成部404から構成される。また、帯域拡張部403は、高域生成部105と振幅調整部107から構成される。

【0008】

ビットストリーム分離部100は、入力されたビットストリームを分離して低域復号部101と帯域拡張部403へ出力する。ビットストリームには低域信号がMPEG-2 AACなどの符号化方式で符号化されている低域ビットストリームと、帯域拡張部が高域信号を生成するために必要な情報を含む高域ビットストリームが多重化されている。低域ビットストリームは低域復号部101へ、高域ビットストリームは帯域拡張部403へ出力される。

【0009】

低域復号部101は、入力された低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成し、複素サブバンド分割部402へ出力する。低域復号部101はMPEG-2 AACなど既存のオーディオ復号方式を用いて低域ビットストリームを復号する。

【0010】

複素サブバンド分割部402は、入力された低域オーディオ信号を複素サブバンド分割フィルタによって帯域分割する。帯域分割された低域サブバンド信号は帯域拡張部403および複素サブバンド合成部404へ出力される。複素サブバンド分割フィルタについては、例えば、従来から広く知られている32バンド複素QMF (Quadrature Mirror Filter: 直交鏡像フィルタ) フィルタバンクなどを用いることができる。この場合、32サブバンドに帯域分割された複素数の低域信号（低域サブバンド信号）が帯域拡張部403および複素サブバンド合成部404へ出力される。32バンド複素分析QMFフィルタバンクの計算式は下記の式402.1、402.2のようになる。

(7)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

【0011】

【数1】

$$X_k(m) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(mM - n) x(n) W_{K1}^{-j \frac{2\pi}{K1} (i+n)}, \quad k = 0, 1, \dots, K1-1 \quad \dots \quad 402.1$$

$$W_{K1} = e^{j \frac{2\pi}{K1}} \quad \dots \quad 402.2$$

【0012】

10

ここで、 $X(n)$ は低域オーディオ信号を表し、 $X_k(m)$ は k バンド目の低域サブバンド信号を表し、 $h(n)$ は分析用低域通過フィルタを表す。本例では $K1 = 64$ である。

【0013】

帯域拡張部 403 は、入力された高域ビットストリームと低域サブバンド信号から高域のオーディオ信号を表す高域サブバンド信号を生成してサブバンド合成部 404 へ出力する。帯域拡張部 403 は、高域生成部 105 と振幅調整部 107 から構成される。

【0014】

高域生成部 105 は、低域サブバンド信号と高域ビットストリームを入力とし、低域サブバンド信号の中から高域ビットストリームが指定する帯域の信号を高域サブバンドへと複写する。また、この複写の際には高域ビットストリームが指定する信号加工を施す場合もある。例えば、周波数が低い順にサブバンド 0 からサブバンド 63 まで 64 個のサブバンドを仮定し、低域サブバンド信号としてサブバンド 0 からサブバンド 19 までの複素数のサブバンド信号が複素サブバンド分割部 402 から供給されているとする。また高域ビットストリームには、サブバンド A ($A > 19$) をどの低域サブバンド (サブバンド 0 から 19) から信号を複写して生成するかを表す複写情報、および、複写の際に施す信号加工方法 (フィルタリングなどあらかじめ定められた数種類の手段から選択して用いられる) を示す信号加工情報が含まれているとする。高域生成部 105 の処理は、高域のサブバンドの複素信号 (複写加工サブバンド信号と名付ける) を複写情報が示す低域のサブバンドの複素信号と同一とする。さらに、音質向上のために信号加工情報が何らかの信号加工の必要性を表している場合は、複写加工サブバンド信号に信号加工情報が示す信号加工を施す。このようにして生成された複写加工サブバンド信号は振幅調整部 107 に出力される。

20

30

【0015】

振幅調整部 107 は、入力された複写加工サブバンド信号の振幅に対して、高域ビットストリームが指定する補正を施して高域サブバンド信号を生成する。つまり、符号化前のオーディオ信号の高域信号エネルギーと、帯域拡張部 403 が生成する信号の高域信号エネルギーが等価となるような振幅補正を複写加工サブバンド信号に対して施す。そのために、高域ビットストリームには符号化前のオーディオ信号の高域信号エネルギーを表す情報が含まれている。生成された高域サブバンド信号は複素サブバンド合成部 404 へ出力される。

【0016】

40

複素サブバンド合成部 404 は、入力された低域サブバンド信号と高域サブバンド信号を複素サブバンド合成フィルタによって帯域合成する。この帯域合成により生成されたオーディオ信号がオーディオ復号装置の出力となる。複素サブバンド合成フィルタは、複素サブバンド分割部 402 で用いられている複素サブバンドフィルタに対応したものが用いられる。つまり、ある信号を複素サブバンド分割フィルタで帯域分割し、これを複素サブバンド合成フィルタで帯域合成すると元の信号 (複素サブバンド分割フィルタの入力信号) が完全に再構成できるように選ばれる。例えば、複素サブバンド合成フィルタとして式 402.1 に示したような 32 バンド複素 QMF 分割フィルタバンク ($K1 = 64$) が用いられている場合、

【0017】

50

(8)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

【数 2】

$$x(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f(n-mM) \frac{1}{K2} \sum_{k=0}^{K2-1} X_k(m) W_{K2}^{(k+k_0)(n-n_0)} \dots \quad 404.1$$

【0018】

を用いることができる。ここで、 $f(n)$ は合成用低域通過フィルタを表す。本例では $K2 = 64$ である。

【0019】

また、帯域拡張技術によって低域復号部 101 が出力するオーディオ信号のサンプリング周波数よりも複素サブバンド合成部 404 が出力するオーディオ信号のサンプリング周波数が高い場合は、複素サブバンド合成部 404 が出力するオーディオ信号の低域部（ダウンサンプリングした結果）が低域復号部 101 が出力するオーディオ信号と等しくなるように選ばれる。複素サブバンド合成部 404 では 64 バンド複素 QMF 合成フィルタバンク（式 404.1 において $K2 = 128$ ）を用いることができる。なお、この場合、低域側 32 バンドには 32 バンド複素分析 QMF フィルタバンクの出力が信号値として用いられる。

【0020】

図 5 に示す従来のオーディオ復号装置は、図 4 と比較して、帯域拡張部 503 にトーン・ノイズ付加部 208 が追加されている点で異なっている。

【0021】

トーン・ノイズ付加部 208 は、高域ビットストリームに含まれているトーン情報とノイズ情報を入力とし、トーン・ノイズ信号を振幅調整部 207 へ出力する。トーン情報は、どの周波数帯域にトーン音（正弦波）を付加するかを表す。一般に高域のトーン音はその低域信号から高音質に生成するのが難しいため、このような別手段で付加するとよい。また、ノイズ情報には、どの周波数にどのエネルギーの白色雑音を付加するかを表している。トーン・ノイズ付加部 208 はトーン情報とノイズ情報を元にトーン音と白色雑音を発生させ、これをトーン・ノイズ信号として振幅調整部 207 へ出力する。

【0022】

振幅調整部 207 では、高域生成部 105 から入力された複写加工サブバンド信号に、トーン・ノイズ付加部 208 から入力されたトーン・ノイズ信号を加算し、そのエネルギーが所望のものとなるように、振幅調整部 107 と同様に高域ビットストリームが指定する補正を施して高域サブバンド信号を生成する。生成された高域サブバンド信号は複素サブバンド合成部 404 へ出力される。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】

上述した従来のオーディオ復号装置では、演算量が大きい複素サブバンド分割部および複素サブバンド合成部を有するため、必要演算量・装置規模が大きいという問題点があった。

【0024】

本発明の目的は、高音質を維持しつつ演算量を低減した帯域拡張技術、およびこれを用いたオーディオ復号装置、オーディオ復号方法およびオーディオ復号用プログラムを提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明のオーディオ復号装置は、ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、

(9)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成部と、
前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正部と、
前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーを前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整部と、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されることを特徴とする。

【0026】

また、本発明の他のオーディオ復号装置は、ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、
前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、
前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、
前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成部と、
前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正部と、
前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成するトーン・ノイズ付加部と、
前記トーン・ノイズ信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正トーン・ノイズサブバンド信号を生成するトーン・ノイズ位相補正部と、
前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記位相補正トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整部と、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されることを特徴とする。

【0027】

さらに、本発明の他のオーディオ復号装置は、ビットストリームを低域ビットストリームと高域ビットストリームに分離するビットストリーム分離部と、
前記低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成する低域復号部と、前記低域オーディオ信号を複数の周波数帯域の複素数信号に帯域分割して低域サブバンド信号を生成する複素サブバンド分割部と、
前記高域ビットストリームの指示に従い前記低域サブバンド信号を複写および加工して複写加工サブバンド信号を生成する高域生成部と、
前記複写加工サブバンド信号の位相をその周波数に応じて予め定められた位相補正を施して位相補正複写加工サブバンド信号を生成する高域位相補正部と、
前記高域ビットストリームが指示する周波数を持つトーン信号と前記高域ビットストリームが指示する周波数帯域とエネルギーを持つノイズ信号から構成されるトーン・ノイズ信号を生成するトーン・ノイズ付加部と、
前記位相補正複写加工サブバンド信号の信号エネルギーと前記トーン・ノイズ信号の信号エネルギーの合計を前記高域ビットストリームが指示する信号エネルギーに振幅補正して高域サブバンド信号を生成する振幅調整部と、
前記低域サブバンド信号と前記高域サブバンド信号の実数部をサブバンド合成フィルタにより帯域合成して復号オーディオ信号を得るサブバンド合成部と、から構成されることを特徴とする。

【0028】

(10)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

また、前記高域位相補正部が行う位相補正において、前記複写加工サブバンド信号を生成する際に用いられた複写元の周波数と複写先の周波数の差分に応じて位相補正量を決めるようにしてもよい。さらに、前記トーン・ノイズ位相補正部が行う位相補正において、前記トーン・ノイズ信号の周波数に応じて位相補正量を決めるようにしてもよい。

【0029】

本発明によれば、高域生成部の出力の位相を補正する高域位相補正部とトーン・ノイズ付加部の出力の位相を補正するトーン・ノイズ位相補正部を設けたことを特徴としている。複素サブバンド分割フィルタでサブバンド分割された信号を実数のサブバンド合成フィルタでサブバンド合成する際に必要となるサブバンド毎に異なる位相補正処理を、これらの位相補正部が実行する。これにより、高音質を維持しつつ、複素サブバンド合成フィルタの代わりに、より演算量が少ない実数のサブバンド合成フィルタを用いることができ、必要演算量・装置規模を低減することができる。

10

【0030】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0031】

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

【0032】

本実施形態のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部100、低域復号部101、複素サブバンド分割部102、帯域拡張部103、サブバンド合成部104とから構成される。さらに、帯域拡張部103は、高域生成部105、高域位相補正部106、振幅調整部107から構成される。

20

【0033】

ビットストリーム分離部100は、入力されたビットストリームを分離して低域復号部101と帯域拡張部103へ出力する。ビットストリームには低域信号が符号化されている低域ビットストリームと、帯域拡張部が高域信号を生成するために必要な情報を含む高域ビットストリームが多重化されている。低域ビットストリームは低域復号部101へ、高域ビットストリームは帯域拡張部103へ出力される。

【0034】

低域復号部101は、入力された低域ビットストリームを復号して低域オーディオ信号を生成し、複素サブバンド分割部102へ出力する。低域復号部101はMPEG-2 AACなど既存のオーディオ復号方式を用いて低域ビットストリームを復号する。

30

【0035】

複素サブバンド分割部102は、入力された低域オーディオ信号を複素サブバンド分割フィルタによって帯域分割する。帯域分割された低域サブバンド信号は帯域拡張部103およびサブバンド合成部104へ出力される。

【0036】

帯域拡張部103は、入力された高域ビットストリームと低域サブバンド信号から高域のオーディオ信号を表す高域サブバンド信号を生成してサブバンド合成部104へ出力する。

40

【0037】

サブバンド合成部104は、入力された低域サブバンド信号と高域サブバンド信号をサブバンド合成フィルタによって帯域合成する。帯域合成により生成されたオーディオ信号がオーディオ復号装置の出力となる。

【0038】

高域生成部105は、低域サブバンド信号と高域ビットストリームを入力とし、低域サブバンド信号の中から高域ビットストリームが指定する帯域の信号を加工して複写加工サブバンド信号を生成する。生成された複写加工サブバンド信号は高域位相補正部106に出力される。

50

(11)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

【0039】

高域位相補正部106は、入力された複写加工サブバンド信号の位相をサブバンド毎に補正し、位相補正複写加工サブバンド信号を生成する。生成された位相補正複写加工サブバンド信号は振幅調整部107へ出力される。

【0040】

振幅調整部107は、入力された位相補正複写加工サブバンド信号の振幅に対して、高域ビットストリームが指定する補正を施して高域サブバンド信号を生成する。生成された高域サブバンド信号はサブバンド合成部104へ出力される。

【0041】

このように構成される本発明のオーディオ復号装置と図4の従来のオーディオ復号装置の相違は、図4の複素サブバンド分割部402の替わりに図1では複素サブバンド分割部102があり、図4の複素サブバンド合成部404の替わりに図1ではサブバンド合成部104があり、また、本発明(図1)には高域位相補正部106が追加されていることにある。他の処理部については、従来方式と同じであり当業者にとってよく知られており、また本発明とは直接関係しないので、その詳細な説明は省略する。以下では従来と手法が異なる複素サブバンド分割部102、サブバンド合成部104、高域位相補正部106について詳細に説明する。

【0042】

まず、複素サブバンド分割部102とサブバンド合成部104について説明する。従来はサブバンド分割フィルタとして複素数のサブバンド信号を生成する式402.1のようなフィルタバンクを用いていた。また、これに対応する逆変換として式404.1のようなフィルタバンクをサブバンド合成フィルタとして用いていた。

【0043】

式404.1の出力、あるいは、式404.1の出力を式402.1の入力信号のサンプリング周波数にダウンサンプリングした信号は式402.1の入力と完全に一致する完全再構成性がある。高音質な復号オーディオ信号を得るためには、この完全再構成性の関係がサブバンド分割・合成フィルタに必要となる。

【0044】

本発明においては、演算量を低減するために、従来の複素サブバンド合成部(図4～5の404)で用いられている複素サブバンド合成フィルタを、実数のサブバンド合成フィルタ(図1～3の104)に置き換えている。しかしながら、単にサブバンド合成フィルタを複素数から実数に変更してしまうと完全再構成性は失われ、音質が劣化する。

【0045】

複素数のサブバンド分割フィルタと実数のサブバンド合成フィルタの間で完全再構成性を実現するためには、従来の複素サブバンド分割フィルタ(図4～5の402)の出力に回転演算を施すと良いことが従来から広く知られている。この回転演算は複素数の実数軸と虚数軸を($\pi \div 4$)だけ回転させるものであり、一般的に良く知られたDFTからDCTを導出する手法と同じである。例えば、 $k0 = 1/2$ の場合、式402.1の32バンド複素QMF分割フィルタバンクの計算式には、各サブバンドkに対して以下の回転演算($K = K1$)を施すと良い。

【0046】

【数3】

$$W_K^{-jk + \frac{3}{4}K} \dots \dots \dots 102.1$$

【0047】

なお、式102.1における $3/4K$ は $1/4K$ でも良い。

【0048】

このように従来の複素サブバンド分割部(図4～5の402)の後段に式102.1の回

(12)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

転演算を行う処理部を付加したものを複素サブバンド分割部（図１～３の１０２）としても良いが、これらサブバンド分割フィルタと回転演算処理を合わせた処理と等価な演算をより少ない演算量で実現可能な下式を複素サブバンド分割部（図１～３の１０２）で行うと良い。

【００４９】

【数４】

$$X_k(m) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(mM-n)x(n)W_{K1}^{-(k+k_0)(n+n_0+\frac{3}{4}K1)}, \quad k=0,1,\dots,K1-1 \dots\dots 102.2$$

10

【００５０】

これに対応する実数のサブバンド合成フィルタとしては、式４０４．１に

【００５１】

【数５】

$$W_K^{(k+k_0)\frac{3}{4}K} \dots\dots\dots 104.1$$

【００５２】

という変換を施し、実数部分のみを取り出した

20

【００５３】

【数６】

$$x(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f(n-mM) \frac{2}{K2} \sum_{k=0}^{K2-1} \text{Re}[X_k(m)] \cos\left(\frac{2\pi}{K2}(n+n_0)(k+k_0+\frac{3}{4}K2)\right) \dots\dots 104.2$$

【００５４】

をサブバンド合成部（図１～３の１０４）で用いれば、完全再構成性を実現できるようになる。ここで、 $\text{Re}[\cdot]$ は複素サブバンド信号の実数部のみを取り出すことを表す。

【００５５】

30

回転演算は式１０２．２で表されるようにバンド番号 k の関数となっているため、式１０２．２を用いた複素サブバンド分割部１０２と式１０４．２を用いたサブバンド合成部１０４の間に帯域拡張処理が入ると位相の不整合が起こる。すなわち、帯域拡張部（図１の１０３、図２の２０３、図３の３０３）から出力される高域サブバンド信号は、低域のバンド番号に応じた回転演算が施された低域サブバンド信号を複写加工して生成されたものであり、サブバンド合成部において高域のバンド番号に応じた逆回転演算が施されると、サブバンド合成部の出力信号における高域成分の位相に狂いが生じる。

【００５６】

そこで高域位相補正部１０４が以下のように位相の補正をする。

【００５７】

40

【数７】

$$W_K^{-(k2-k1+k_0)\frac{3}{4}K} \dots\dots\dots 106.1$$

【００５８】

ここで、 $k2$ は複写先の高域のバンド番号を表し、 $k1$ は複写元の低域バンド番号を表す。すなわち、高域生成部１０５がサブバンド $k2$ の信号を、サブバンド $k1$ の信号を複写加工して生成した場合に高域位相補正部１０６において式１０６．１の位相補正処理を行うということである。さらに、式１０６．１は COS 関数及び SIN 関数の特性を利用し

50

(13)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

て低演算量で実現できる。

【0059】

(第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施の形態について図2を用いて詳細に説明する。

【0060】

図2を参照すると、本発明の第2の実施の形態としてのオーディオ復号装置が示されている。本実施形態のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部100、低域復号部101、複素サブバンド分割部102、帯域拡張部203、サブバンド合成部104とから構成される。さらに、帯域拡張部203は、高域生成部105、高域位相補正部106、振幅調整部207、トーン・ノイズ付加部208、トーン・ノイズ位相補正部209から構成される。 10

【0061】

本発明の第2の実施の形態は、本発明の第1の実施の形態と比較して、トーン・ノイズ付加部208とトーン・ノイズ位相補正部209が追加され、振幅調整部207がトーン・ノイズ位相補正部の出力信号をも入力信号としていることのみであり、他の部分については全く同一である。さらにトーン・ノイズ付加部208および振幅調整部207は図5に示した従来技術と全く同一であり、本発明の第2の実施の形態は、トーン・ノイズ位相補正部209を追加したことのみである。そこでトーン・ノイズ位相補正部209について詳細に説明する。

【0062】

トーン・ノイズ位相補正部209は高域位相補正部106と同様に、例えば $k0 = 1/2$ の場合、サブバンド合成部104における逆回転演算を考慮して以下の回転演算 20

【0063】

【数8】

$$W_K^{- (k2+k0) \frac{3}{4} K} \dots\dots\dots 209.1$$

【0064】

を施す必要がある。なお、式209.1はcos関数及びsin関数の特性を利用することにより簡略化でき、トーン・ノイズ位相補正部209の処理は低演算量で実現できる。さらに、トーン信号およびノイズ信号、あるいはそのどちらかをトーン・ノイズ付加部208においてテーブル化して蓄える場合は、位相補正を施したトーン信号およびノイズ信号、あるいはそのどちらかをテーブル化して蓄えることにより、トーン・ノイズ位相補正部209を備えるのと同様な効果をより低演算量で得ることができる。 30

【0065】

(第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施の形態について図3を用いて詳細に説明する。

【0066】

図3を参照すると、本発明の第3の実施の形態としてのオーディオ復号装置が示されている。本実施形態のオーディオ復号装置は、ビットストリーム分離部100、低域復号部101、複素サブバンド分割部102、帯域拡張部303、サブバンド合成部104とから構成される。さらに、帯域拡張部203は、高域生成部105、高域位相補正部106、振幅調整部207、トーン・ノイズ付加部208から構成される。 40

【0067】

本発明の第3の実施の形態は、本発明の第2の実施の形態と比較して、トーン・ノイズ位相補正部209が無くなり、トーン・ノイズ付加部208の出力が、トーン・ノイズ位相補正部209を通さずに振幅調整部207の入力信号となっていることのみであり、他の部分については全く同一である。トーン・ノイズ信号に対して位相補正を行わないために復号オーディオ信号の品質は他の実施の形態よりも低下するが、更なる低演算量化を実現 50

(14)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

できる。

【0068】

なお、本発明が上記各実施形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態は適宜変更され得ることは明らかである。

【0069】

また、図には示されていないが、本実施形態のオーディオ復号装置は、上記で説明したオーディオ復号方法を実行するためのプログラムを記録した記録媒体を備えている。この記録媒体は磁気ディスク、半導体メモリまたはその他の記録媒体であってもよい。このプログラムは、記録媒体からオーディオ復号装置に読み込まれ、オーディオ復号装置の動作を制御する。具体的には、オーディオ復号装置内のCPUがこのプログラムの制御によりオーディオ復号装置のハードウェア資源に特定の処理を行うように指示することにより上記の処理が実現される。

【0070】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、高域生成部の出力に位相補正処理を行う高域位相補正部と、トーン・ノイズ付加部の出力に位相補正処理を行うトーン・ノイズ位相補正部のいずれか、または両方を新たに追加するという基本構成によって、サブバンド合成フィルタを複素フィルタバンクから演算量の少ない実数のフィルタバンクに変更しても高音質な復号オーディオ信号を得ることができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第3の実施形態のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

【図4】第1の従来のオーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

【図5】第2の従来 of オーディオ復号装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

100 ビットストリーム分離部

101 低域復号部

102、402 複素サブバンド分割部

103、203、303、403、503 帯域拡張部

104、404 サブバンド合成部

105 高域生成部

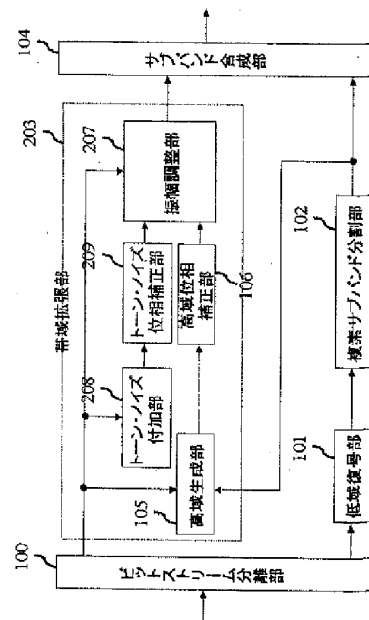
106 高域位相補正部

107、207 振幅調整部

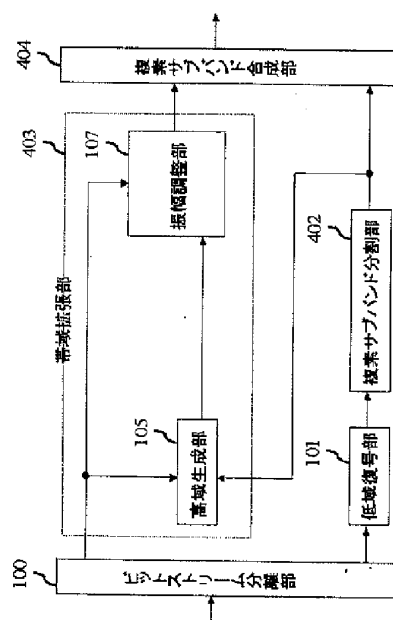
208 トーン・ノイズ付加部

209 トーン・ノイズ位相補正部

【图 2】



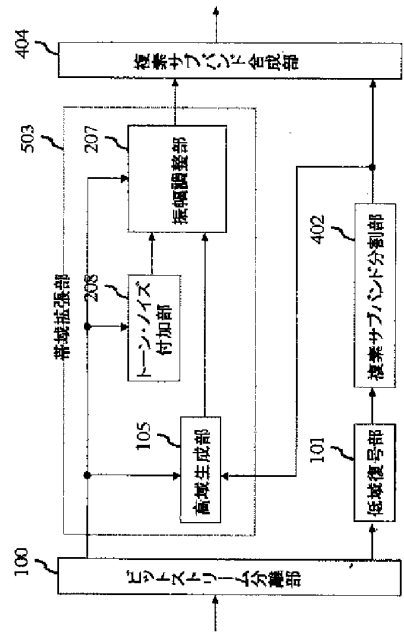
【图 4】



(16)

JP 2004-53895 A 2004.2.19

【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 野村 俊之
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 高見沢 雄一郎
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 芹沢 昌宏
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 田中 直也
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(72)発明者 津島 峰生
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(72)発明者 則松 武志
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
Fターム(参考) 5J064 AA00 BA16 BB12 BC11 BC15 BC18 BD01



Espacenet

Bibliographic data: JP2005518118 (A) — 2005-06-16

FILTER SET FOR FREQUENCY ANALYSIS

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:

- international: ***H03H17/02; H03H17/04;*** (IPC1-7): H03H17/02
- European: H03H17/02

Application number: JP20030568555T 20030211

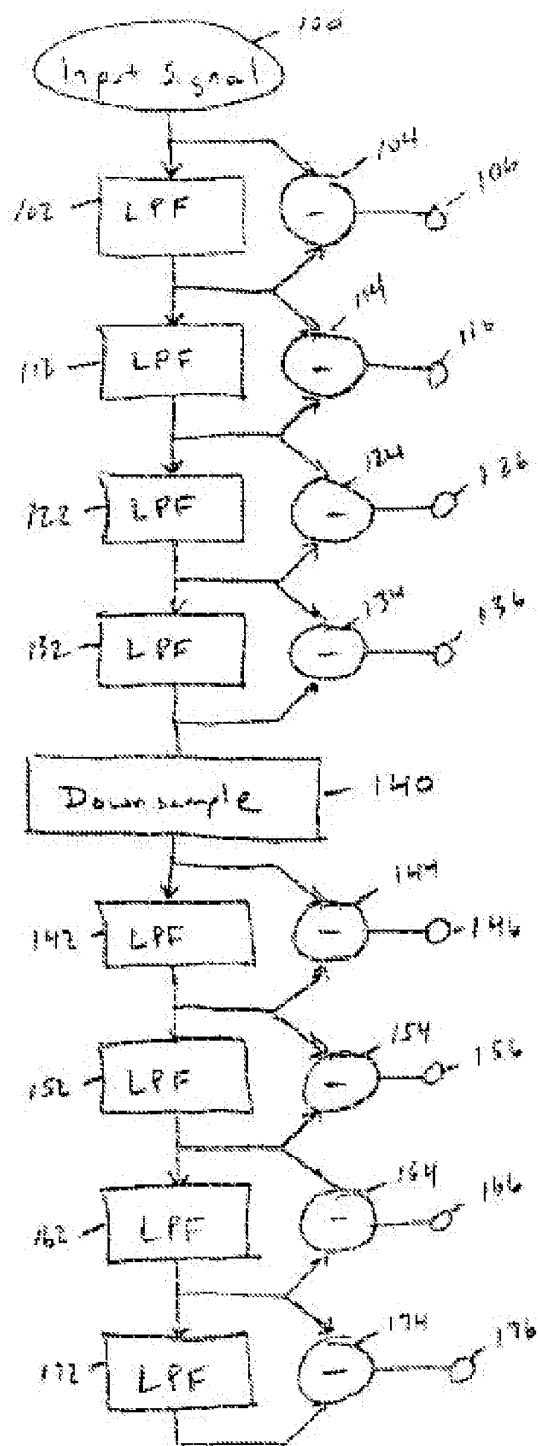
Priority number(s): US20020074991 20020213; WO2003US04124 20030211

Also published as: WO03069499 (A1) WO03069499 (A9) US2005216259 (A1) US2005228518 (A1) EP1474755 (A1) more

Abstract not available for JP2005518118 (A)

Abstract of corresponding document: WO03069499 (A1)

A system and method are disclosed for analyzing an input signal (100) into a plurality of frequency components. In one embodiment, the input signal (100) is processed with a first set of low pass filters (102-132) to derive a first set of frequency components wherein the first set of low pass filters (102-132) are arranged serially in a chain having a first low pass filter (102) and a last low pass filter (132), the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter (132). The output of the last low pass filter (132) is downsampled (140) to produce a downsampled signal. The downsampled signal is processed with a second set of low pass filters (142-172) to derive a second set of frequency components.



4

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-518118

(P2005-518118A)

(43) 公表日 平成17年6月16日 (2005.6.16)

(51) Int. Cl.⁷

H03H 17/02

FI

H03H 17/02 615K
H03H 17/02 613C
H03H 17/02 615J

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-568555 (P2003-568555)
(86) (22) 出願日 平成15年2月11日 (2003.2.11)
(85) 翻訳文提出日 平成16年10月8日 (2004.10.8)
(86) 国際出願番号 PCT/US2003/004124
(87) 国際公開番号 WO2003/069499
(87) 国際公開日 平成15年8月21日 (2003.8.21)
(31) 優先権主張番号 10/074,991
(32) 優先日 平成14年2月13日 (2002.2.13)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504308349
オーディエンス・インコーポレーテッド
AUDIENCE INCORPORATED
アメリカ合衆国 カリフォルニア州940
22 ロス・アルトス, エル・カミノ・リ
アル, 4906, スイート205
(74) 代理人 110000028
特許業務法人明成国際特許事務所
(72) 発明者 ワッツ・ロイド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州940
41 マウンテン・ビュー, チキータ・ア
ベニュー, 500, #2

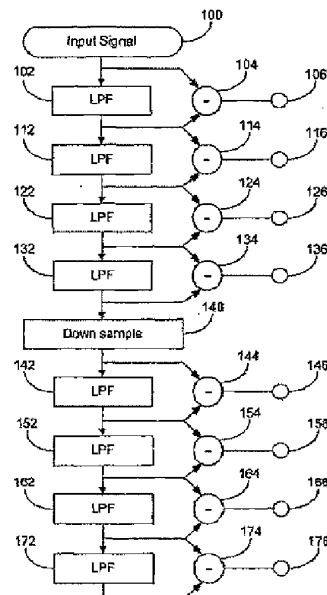
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数解析のためのフィルタセット

(57) 【要約】

【課題】

【解決手段】 入力信号 (100) を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムおよび方法が開示されている。一実施形態では、入力信号 (100) が第1の組のローパスフィルタ (102~132) で処理されることにより、第1の組の周波数成分が取得される。なお、第1の組のローパスフィルタ (102~132) は、第1のローパスフィルタ (102) と最後のローパスフィルタ (132) とを有するチェーン内に直列に配置され、各ローパスフィルタの出力は、最後のローパスフィルタ (132) に至るまで、チェーン内の次のローパスフィルタに供給される。最後のローパスフィルタ (132) の出力がダウンサンプリング (140) されることにより、ダウンサンプリングされた信号が生成される。ダウンサンプリングされた信号が第2の組のローパスフィルタ (142~172) で処理されることにより、第2の組の周波数成分が取得される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、

前記信号を第 1 の組のローパスフィルタで処理して、第 1 の組の周波数成分を取得する工程であって、前記第 1 の組のローパスフィルタは、最初のローパスフィルタと最後のローパスフィルタとを有するチェーン内に直列に配置され、各ローパスフィルタの出力は、前記最後のローパスフィルタに至るまで、前記チェーン内の次のローパスフィルタに供給される、工程と、

前記最後のローパスフィルタの出力をダウンサンプリングして、ダウンサンプリングされた信号を生成する工程と、

前記ダウンサンプリングされた信号を第 2 の組のローパスフィルタで処理して、第 2 の組の周波数成分を取得する工程と、
を備える、方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記周波数成分は、各ローパスフィルタへの入力から当該ローパスフィルタの出力を減算することにより取得される、方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記第 2 の組のローパスフィルタは、前記第 1 の組のローパスフィルタとは異なる Q 値を有する、方法。

20

【請求項 4】

請求項 1 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記第 2 の組のローパスフィルタは、前記第 1 の組のローパスフィルタよりも鋭度の低い Q 値を有する、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記第 2 の組のローパスフィルタは、実質的に人間の臨界帯域幅に従って、前記第 1 の組のローパスフィルタの Q 値と異なる Q 値を有する、方法。

【請求項 6】

30

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、

前記信号を第 1 のローパスフィルタで処理して、第 1 のローパスフィルタ信号を生成する工程と、

前記入力信号から前記第 1 のローパスフィルタ信号を減算して、第 1 の周波数成分を取得する工程と、

前記信号を第 2 のローパスフィルタで処理して、第 2 のローパスフィルタ信号を生成する工程と、

前記第 1 のローパスフィルタ信号から前記第 2 のローパスフィルタ信号を減算して、第 2 の周波数成分を取得する工程と、

を備える、方法。

40

【請求項 7】

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、

前記信号を第 1 のローパスフィルタで処理して、第 1 のローパスフィルタ信号を生成する工程と、

前記入力信号から前記第 1 のローパスフィルタ信号を減算して、第 1 の周波数成分を取得する工程と、

前記ローパスフィルタ信号を第 2 のローパスフィルタで処理して、第 2 のローパスフィルタ信号を生成する工程と、

前記第 1 のローパスフィルタ信号から前記第 2 のローパスフィルタ信号を減算して、第 2 の周波数成分を取得する工程と、

50

を備える、方法。

【請求項 8】

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、

前記信号の一部を第 1 の出力周波数チャンネルに分離するよう構成されている第 1 のフィルタを用いて、前記信号を処理する工程と、

前記信号の一部を第 2 の出力周波数チャンネルに分離するよう構成されている第 2 のフィルタを用いて、前記信号を処理する工程と、
を備え、

前記第 1 の周波数チャンネルは、前記第 2 の周波数チャンネルよりも高い周波数を強調し、
前記第 2 のフィルタは、前記第 1 のフィルタと異なる Q 値を有する、方法。

10

【請求項 9】

請求項 8 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記第 2 のフィルタは、前記第 1 のフィルタよりも鋭度の低い Q 値を有する、方法。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記第 2 のフィルタは、実質的に人間の臨界帯域幅に従って、前記第 1 のフィルタの Q 値と異なる Q 値を有する、方法。

【請求項 11】

請求項 8 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離する方法であって、前記フィルタは、ローパスフィルタである、方法。

20

【請求項 12】

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、

第 1 の組の周波数成分を取得するよう構成された第 1 の組のローパスフィルタであって、
前記第 1 の組のローパスフィルタは、最初のローパスフィルタと最後のローパスフィルタとを有するチェーン内に直列に配置され、各ローパスフィルタの出力は、前記最後のローパスフィルタに至るまで、前記チェーン内の次のローパスフィルタに供給される、第 1 の組のローパスフィルタと、

前記最後のローパスフィルタの出力をダウンサンプリングして、ダウンサンプリングされた信号を生成するよう構成されたダウンサンプラと、

前記ダウンサンプリングされた信号を処理して、第 2 の組の周波数成分を取得するよう構成された第 2 の組のローパスフィルタと、
を備える、システム。

30

【請求項 13】

請求項 12 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、前記周波数成分は、各ローパスフィルタへの入力から当該ローパスフィルタの出力を減算することにより取得される、システム。

【請求項 14】

請求項 12 に記載の入力信号を複数の周波数成分に分離して解析するためのシステムであって、前記第 2 の組のローパスフィルタは、前記第 1 の組のローパスフィルタとは異なる Q 値を有する、システム。

40

【請求項 15】

請求項 12 に記載の入力信号を複数の周波数成分に分離して解析するためのシステムであって、前記第 2 の組のローパスフィルタは、前記第 1 の組のローパスフィルタよりも鋭度の低い Q 値を有する、システム。

【請求項 16】

請求項 12 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、前記第 2 の組のローパスフィルタは、実質的に臨界帯域に従って、前記第 1 の組のローパスフィルタの Q 値と異なる Q 値を有する、システム。

【請求項 17】

請求項 12 に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、

50

て、前記システムは音声認識システムで用いられるものである、システム。

【請求項18】

請求項12に記載の入力信号を解析して複数の周波数に分離するためのシステムであって、前記システムは音声ストリーム分離に用いられるものである、システム。

【請求項19】

請求項12に記載の入力信号を解析して複数の周波数に分離するためのシステムであって、前記システムは音声定位に用いられるものである、システム。

【請求項20】

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、
第1のローパスフィルタ信号を出力する第1のローパスフィルタと、
前記入力信号から前記第1のローパスフィルタ信号を減算して、第1の周波数成分を取得するよう構成された第1のプロセッサと、
第2のローパスフィルタ信号を出力する第2のローパスフィルタと、
前記第1のローパスフィルタ信号から前記第2のローパスフィルタ信号を減算して、第2の周波数成分を取得するよう構成された第2のプロセッサと、
を備える、システム。

【請求項21】

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、
第1のローパスフィルタ信号を出力する第1のローパスフィルタと、
前記入力信号から前記第1のローパスフィルタ信号を減算して、第1の周波数成分を取得するよう構成された第1のプロセッサと、
前記ローパスフィルタ信号を処理して、第2のローパスフィルタ信号を生成するよう構成された第2のローパスフィルタと、
前記第1のローパスフィルタ信号から前記第2のローパスフィルタ信号を減算して、第2の周波数成分を取得するよう構成された第2のプロセッサと、
を備える、システム。

【請求項22】

入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、
前記信号を処理するよう構成された第1のフィルタであって、前記信号の一部を第1の出力周波数チャンネルに分離するよう構成されている第1のフィルタと、
前記信号を処理するよう構成された第2のフィルタであって、前記信号の一部を第2の出力周波数チャンネルに分離するよう構成されている第2のフィルタと、
を備え、
前記第1の周波数チャンネルは、前記第2の周波数チャンネルよりも高い周波数を強調し、
前記第2のフィルタは、前記第1のフィルタと異なるQ値を有する、システム。

【請求項23】

請求項22に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、前記第2のフィルタは、前記第1のフィルタよりも鋭度の低いQ値を有する、システム。

【請求項24】

請求項22に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、前記第2のフィルタは、実質的に臨界帯域に従って、前記第1のフィルタのQ値と異なるQ値を有する、システム。

【請求項25】

請求項22に記載の入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するためのシステムであって、前記フィルタは、ローパスフィルタである、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、信号処理に関する。信号を解析して周波数成分に分離するためのシ

システムおよび方法が開示されている。

【背景技術】

【0002】

信号を解析する際に有用な工程として、信号を周波数成分に分離する方法がある。ここ最近、時間領域信号を解析して周波数成分に分離する際には、高速フーリエ変換（FFT）アルゴリズムが用いられている。各種の処理、特に、音声信号の処理に対しては、高周波数における高い時間分解能と低周波数における高いスペクトル分解能とを実現しつつ、信号を解析して周波数成分に分離することが望ましい。これを実現するために、数多くの技術が提案されている。そのような技術としては、1組のフィルタを用いて、解析対象の信号を、異なるチャネルすなわち周波数成分に分離するシステムが挙げられる。そのようなフィルタセットは、概ね、生物学上の蝸牛と同じように動作するものであり、蝸牛は、異なる周波数チャネルに対応する一連のフィルタ出力信号を含む。

【0003】

フィルタセットは、アナログフィルタとデジタルフィルタのいずれで実現されてもよい。従来のフィルタセットは、フィルタ設計の際の実際的な検討事項によって制限されていた。例えば、各チャネル出力を分離するための高次バンドパスフィルタを用いると、費用がかかる。ハイパスフィルタおよびローパスフィルタを用いて、様々な方法が実施されてきたが、音声認識、音声信号の音源分離、および音声信号のストリーム分離など、種々の重要な用途に対して、信号のリアルタイム処理を可能にする、より効率的な技術が必要とされている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0004】

以下では、本発明の好ましい実施形態を詳細に説明する。本発明は、好ましい実施形態を用いて説明されているが、どの実施形態にも限定されないことを理解されたい。逆に、本発明の範囲は、添付の請求項によってのみ限定され、本発明は、数多くの代替、変形、および等価物を包含する。本発明の完全な理解を促すために、以下の説明では、例として数多くの具体的な詳細事項が示されている。本発明は、これらの具体的な詳細事項の一部またはすべてがなくとも、請求項に従って実施することができる。明確にするために、本発明に関連する技術分野で周知の技術事項については、本発明を不必要に不明瞭にしないよう、詳細に説明していない。

【0005】

多くの特徴を備えた周波数解析のためのフィルタカスケードが以下に開示されている。様々な実施形態において、それらの特徴は、別個あるいは組み合わせて実現されている。例えば、一部の実施形態では、各周波数成分は、ローパスフィルタへの入力からその出力を減算することにより算出される。これにより、バンドパス信号が導出される。一部の実施形態では、ローパスフィルタは、チェーン接続、すなわちカスケード接続されており、各フィルタ出力は、フィルタセット内の次のフィルタ入力に供給される。フィルタセット内の最後のフィルタの出力はダウンサンプリングされ、フィルタセット自体は、全体としては1つの高次アンチエイリアスフィルタとして機能する。次いで、より低い周波数成分からなるダウンサンプリングされたフィルタセット出力は、より効率的に処理されてよい。カスケード内のフィルタは、フィルタのQ値が周波数と共に変化するよう設計されてよい。

【0006】

予め参照として組み込まれた米国特許出願番号09/534,682（以後、「682出願」とする）は、周波数解析のためのデジタルフィルタカスケードを開示している。カスケード内のフィルタは、チェーン接続されており、複数組のフィルタは、オクターブに分けられ、オクターブ間のダウンサンプリングを行う。フィルタのパラメータは、異なるオクターブ内の対応する複数のフィルタ間で共有される。本明細書で説明するように、フィルタのパラメータが、オクターブ間でQ値すなわちフィルタの鋭度（シャープネス）を変更するようにオクターブ間で変更された場合に、利点を実現できる。一実施形態では、

Q値は、実質的に臨界帯域幅に従って変更される。

【0007】

図1は、入力信号を解析して複数の周波数成分に分離するために一実施形態で用いられるフィルタネットワークを示すブロック図である。入力信号100は、ローパスフィルタ(LPF)102に供給される。LPF102の出力は、減算器104によって入力信号100から減算される。したがって、ノード106における出力は、LPF102前後の信号の差分である。その出力は、入力信号の上限周波数の遮断がどのようなものであっても、LPF102の遮断周波数よりも高い周波数の帯域すなわちチャネルを強調する。LPF102の出力は、同様に、LPF112の入力に向けられ、LPF112の入力および出力の間の差分が、減算器114によって算出され、ノード116で出力される。ノード116の出力は、LPF102およびLPF112の遮断周波数の間の周波数を強調する別の周波数チャネルである。同様に、LPF122、LPF132、および減算器124、134は、ノード126および136において他の周波数チャネルを出力する。ノードの出力は、必要に応じてさらに処理されてよい。例えば、一部の実施形態では、それらの出力は半波整流され、一部の実施形態では、ダイナミックレンジを縮小または拡大するために、出力のゲインが調整される。

【0008】

他の実施形態では、2次以上のデジタルまたはアナログフィルタを用いてもよい。フィルタの性質は、もちろん、一般に所与の周波数帯域を強調すると共に一般的なバンドパス特性を有する各チャネル出力の正確な性質を決定する。全体として、チャネル出力は、信号の周波数成分を示す。各LPFの入出力の減算のため、各チャネル出力は、周波数の帯域すなわちスライスを示し、すべての出力の和は、入力信号全体を示す。

【0009】

各LPFの出力は、次のLPFの入力に供給され、ローパスフィルタのチェーンを形成するため、チェーン内の最後のLPFの出力は、最後のフィルタの次数よりもはるかに高次のフィルタの特性を有する。この高次フィルタ効果は、チェーン内の最後のフィルタの出力がダウンサンプリングされる場合に有効に利用することができる。基本的に、周波数チャネルを分離するために用いられるローパスフィルタのチェーンは、信号がダウンサンプリングされる際にアンチエイリアスフィルタの機能を実行する高次フィルタの機能を全体として実現する。

【0010】

そのことの例は、ダウンサンプラ140がLPF132の出力をダウンサンプリングする図1に示されている。図示のために、4つのフィルタのみをチェーン内に示していることに注意されたい。ほとんどの実施形態では、ダウンサンプリングの前に周波数範囲を処理するために、5以上のフィルタが用いられる。ダウンサンプラ140から出力されたダウンサンプリング済みの信号は、次に、LPF142、LPF142、LPF142、およびLPF142を備える別のローパスフィルタのチェーンによって処理され、ノード146、156、166、および176において、減算器144、154、164、および174により、周波数チャネル出力が導出される。

【0011】

一実施形態では、個々の2次のフィルタが用いられ、60のフィルタのチェーンが、ダウンサンプリングの前に信号の1オクターブを処理する。ダウンサンプリングは、すべての他のサンプルを単に切り捨てる方法や、それ以外の任意の適切な技術によって実行されてよい。ダウンサンプリングの量は、ナイキスト基準によって決定される。必要に応じて、適切な量のオーバーサンプリングが実行されてよい。フィルタのチェーンの複合的な効果は、非常に高次のアンチエイリアスフィルタの効果と等しい。したがって、信号のダウンサンプリングを実行することにより、高価な高次アンチエイリアスフィルタを用いることなく、より低い周波数オクターブの処理を高速化することができる。

【0012】

ローパスフィルタをチェーン接続する利点は、一部の実施形態では、周波数帯域を算出

するための減算器を用いることなく実現されることに注意されたい。各ローパスフィルタの出力は、各周波数チャンネルにおけるエネルギーを示すよう直接的に用いられてよい。各チェーン内の最後のフィルタの出力はダウンサンプリングされるため、フィルタチェーン自体は、1つのアンチエイリアスフィルタの機能を実行する。

【0013】

図2は、ローパスフィルタが、それらの入出力においてチェーン接続されていない別の実施形態を示す図である。入力信号200は、ローパスフィルタ202、204、206、および208に供給される。各ローパスフィルタの入力と出力との間の差分は、減算器212、214、216、および218によって算出される。ここでも、算出された差分は、入力信号の周波数帯域すなわちチャンネルの解析を示す。しかしながら、各フィルタの出力は、次のフィルタの入力に供給されないで、上述したチェーン内の最後のフィルタの出力において見られる高次フィルタ効果は、実現されない。

【0014】

フィルタカスケードは、アナログフィルタとデジタルフィルタのどちらを用いて実現されてもよい。一実施形態では、フィルタは、所望のチャンネル分解能を実現するよう設計された遮断周波数を有するデジタルフィルタとして実装される。各フィルタは、それに関連する1組の係数(a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2)を有する。各フィルタの出力は、以下の関数に従って算出される：

【0015】

【数1】

$$\text{Equation 1.} \quad y_n = a_0 x_n + a_1 x_{n-1} + a_2 x_{n-2} - b_1 y_{n-1} - b_2 y_{n-2}$$

【0016】

ここで、フィルタ出力 y_n は、時間 n における入力データ x_n 、以前の入力 x_{n-1} および x_{n-2} 、および以前の出力 y_{n-1} および y_{n-2} の関数である。図3は、この信号の流れを示すブロック図である。フィルタの出力 y_n は、カスケード内の次のフィルタの入力 x_n に提供される。

【0017】

フィルタ応答 $H(z)$ は、以下の式で与えられる：

【0018】

【数2】

$$\text{Equation 2.} \quad H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}$$

$$\text{and } z = e^{i * (\omega / \text{ms})}, \omega = 2\pi f, \quad \omega_s = 2\pi f_s$$

【0019】

ここで、 f_s は、サンプリング周波数である。

【0020】

式2の伝達関数に上記の代入を行うと、フィルタ係数 a_0 、 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、およびサンプリングレート f_s の関数であるフィルタ応答 $H(f)$ が得られる。

【0021】

682出願に記載されているように、フィルタ係数は、複数組のフィルタ間で再利用されてよく、その際、フィルタの応答は、複数組のフィルタの間のダウンサンプリングの結果として変更される。図の実施形態では、フィルタは、複数のオクターブにわたって一様に分配され、1オクターブ当たりのフィルタの数は60となっている。60のオブジェクトがコンピュータで作成される。各オブジェクトは、上述の1組の係数を有しており、さ

らに、1オクターブずつ離れた周波数で動作する10のフィルタに対応して、10組の状態変数を有する。第1の組の状態変数を用いる60のオブジェクトは、第1のオクターブ群のフィルタに対応し、第2の組の状態変数を用いる（そして、比較的低い周波数でサンプリングを行う）60のオブジェクトは、第2のオクターブ群のフィルタに対応し、以下も、同様に対応している。別の実施形態では、各オブジェクトは、1組の係数と、1組だけの状態変数とを備えており、単一の周波数で実行される。この場合、600のフィルタを表現するために、600のオブジェクトが必要となる。

【0022】

第1のオクターブのフィルタは、最も高いオクターブ（すなわち、20kHzから10kHz）の周波数に調整され、44.1kHzでサンプリングされる。これは、ナイキストのサンプリング基準を満たしている。第2のオクターブのフィルタは、第1のオクターブ内の対応するフィルタの半分の周波数に調整され、10kHzから5kHzの範囲となる。第2のオクターブのフィルタは、22.05kHz、すなわち第1のサンプリング周波数の半分の周波数でサンプリングされる。各フィルタの係数は、メモリに格納され、フィルタのための計算で用いられる。カスケードの応答は、個々のフィルタの応答（それぞれは弱い応答であるが、合計すると、はるかに強い応答になる）の和である。フィルタの係数は、所望の応答によって決定される。

【0023】

音声信号は、各フィルタに通されると、次のフィルタに供給される前にサンプリングおよびフィルタリングされる。図4は、フィルタの配列を示すブロック図である。最初のオクターブが終わると、信号は、上述のように第1のオクターブの半分のサンプリングレートでサンプリングを行うフィルタを備える次のオクターブの第1のフィルタに通される。連続的なオクターブが、同じ係数「2」を用いて同様にダウンサンプリングされる。この構成では、各段は、後ろの段のためのアンチエイリアスフィルタとして機能し、高周波数を十分に除去して、エイリアシングなしにダウンサンプリングを実行することを可能にする。余分なアンチエイリアスフィルタは必要にならない。

【0024】

連続的なオクターブの各々をダウンサンプリングすると、システムの計算の複雑さが大幅に低減される。さらに、フィルタ係数に求められる精度が低くなるため、各係数を表現するために必要なビットが少なくなる。デジタルローパスフィルタは、フィルタ係数を表現するために必要な数値精度が、遮断周波数とサンプリング周波数との比で決まるという特徴を有する。所与のサンプリング周波数に対しては、低い遮断周波数を有するフィルタは、より高い遮断周波数を有するフィルタよりも精度の高い係数を必要とする。連続ダウンサンプリング技術を用いない場合には、44kHzのサンプリングレートで遮断周波数の最も低いフィルタ（30Hz）を表現するために、非常に精度の高いフィルタ係数（23ビットのオーダー）が必要になる。連続ダウンサンプリング技術を用いると、多くのダウンサンプリング工程の後に、最も低いオクターブにおいてサンプリングレートが非常に低くなるため、より低い精度の係数（12ビットのオーダー）を用いて、30Hzの遮断フィルタを表現することができる。このように精度が低減されることで、ハードウェアの複雑さが低減され（少ないメモリ、小さいレジスタ、精度の低い算術演算子）、カスタムハードウェアの実装におけるコスト全体が低減される。

【0025】

682出願に記載された実施形態では、各フィルタが、1、2、またはそれ以上高いオクターブもしくは低いオクターブのフィルタとフィルタパラメータを共有することで、必要な記憶域を低減している。例えば、第1のオクターブに属する最も周波数の高いフィルタ40は、第2のオクターブに属する最も周波数の高いフィルタ50や、第3のオクターブに属する最も周波数の高いフィルタ60などとフィルタ係数を共有する。第1のオクターブに属する2番目に周波数の高いフィルタ42は、第2および第3のオクターブに属する2番目に周波数の高いフィルタ52および62、およびその他の対応するフィルタすべて（1、2、またはそれ以上低いオクターブの周波数に調整されたもの）と、フィルタ係

数を共有する。

【0026】

あるいは、以下で説明するように、各オクターブ内でフィルタパラメータを変えることにより、低周波数における遅延を改善できることが確認された。多くのシステムにとって、このことは、低周波数での遅延の改善による利点が、記憶装置の必要性の増大を相殺するため、異なるオクターブに属する対応するフィルタ間でフィルタパラメータを共有するのに好ましい。

【0027】

一実施形態では、フィルタ係数は、フィルタによって処理される周波数帯域（周波数遮断によって決定されたもの）に応じて、所望のQ値（品質係数、すなわち、鋭度もしくは周波数選択度）を実現するよう調整される。カスケード内でフィルタ係数を再利用すると、カスケードのQ値が一定になり、フィルタ応答はすべて、同じ形状（Q値）を有することになる。この「定Q値」構成は、概念的に単純であることやフィルタ係数を共有するという利点を有するが、低周波数では大きな遅延を生じる。例えば、すべての周波数で4周期の位相の蓄積を有する定Q設計では、20 kHz zタップにおける遅延は、200 μsであり、20 Hz zタップにおける遅延は、200 msである。低周波数での動作が速いと、カスケードの応答時間を改善するのに好ましく、これは、低いオクターブにおけるフィルタのフィルタ係数を変更することにより実現できる。

【0028】

図5は、極のみを有する2次のフィルタ応答の例を示す図である。フィルタは、時定数 τ および品質係数Qによって表現されてもよいし、前述したようにフィルタ係数 b_1 および b_2 によって表現されてよい。 τ は、中心周波数 f_c の逆数であって、ピーク的位置を表すものであり、Q値は、ピークの鋭さを表すものである。図5からわかるように、Q値の値が高いほど、ピークは鋭くなり、 f_c はピークの生じる位置を示している。フィルタの式は、以下の通りである：

【0029】

【数3】

$$V_{out}(z) = \frac{1}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}} V_{in}(z)$$

and

$$V_{out}(s) = \frac{1}{1 + \tau s/Q + \tau^2 s^2} V_{in}(s)$$

【0030】

τ およびQ値と、 b_1 および b_2 との関係は、参照として本明細書に組み込まれる「Lyon's Cochlear Model」、Apple Technical Report #13、Malcolm Slaney著、1988、に記載されている。フィルタのフィルタ係数は、中心周波数 $f_c = 1/\tau$ およびフィルタのQ値から決定することができる。

【0031】

フィルタは、極だけでなくゼロ点を有するよう設計されてもよく、そのようなシステムのための式は、以下の通りである：

【0032】

【数4】

$$V_{out}(s) = \frac{1 + \tau_{z1}s/Q_z + \tau_{z1}^2 s^2}{1 + \tau_{p1}s/Q_p + \tau_{p1}^2 s^2} * V_{in}(s)$$

【0033】

図6は代表的なフィルタ応答の図であり、 Q_p は極のQ値を表し、 Q_z はゼロ点のQ値を、 f_{cp} は極の中心周波数(f_p とも呼ぶ)を、 f_{cz} はゼロ点の中心周波数(f_z とも呼ぶ)を表す。ゼロ点は、ゲインの降下を停止し、位相を0に戻す。ゼロ点が極に近いほど、この効果は早く生じる。ゼロ点が極に非常に近い場合には、位相軌跡は、ゼロ点によって戻されるまでにあまり遠ざからない(1周期の内のほんの少し)ことがある。この特性は、カスケードを通しての位相の蓄積の総量、延いては、カスケードの遅延応答を抑制する鍵となる。

【0034】

600個のフィルタを、極だけを有する600の部分のカスケードで用いる場合、各フィルタは、最良の周波数で1/4周期の位相の蓄積を引き起こし、その結果、多大な遅延が発生する。一実施形態では、フィルタカスケードは、中心周波数が、カスケードを通じて幾何級数的(exponentially)に減少するよう構成される。 Q 値は、カスケードを通じて徐々に減少し、遅延が問題とならない高周波数において鋭い応答を実現し、より早い応答の代償として、ある程度の鋭度の損失が許容される低周波数においては早い応答を実現する。 Q 値が一定ではないこの実施例は、例えば、潜水艦のパッシブソナー、音声認識、音楽の録音、音声ストリームの分離、および音声定位において用いられる信号処理システムに対して特に有効である。この方法は、ダウンサンプリングされたフィルタカスケードに限定されず、ダウンサンプリングされないフィルタカスケードで用いられてもよいことに注意されたい。

【0035】

Q 値の一定なフィルタカスケードの設計は、遮断周波数の範囲とオクターブ当たりのタップ数とを選択する工程(例えば、20Hzから20kHzまでの周波数範囲、600のタップおよび10のオクターブ(60タップ/オクターブ)を選択)を含む。これにより、各タップの f_p が決定される。カスケードを通して所望される鋭度および遅延に基づいて、 Q_p 、 Q_z 、および $f_{ratio} = f_z/f_p$ に対して固定値が選択される。一実施形態では、定 Q 設計に用いられる値は、 $Q_p = 7.0$ 、 $Q_z = 7.5$ 、 $f_{ratio} = 1.03$ であってよい。別の実施形態では、それらの値は、 $Q_p = 23$ 、 $Q_z = 26$ 、 $f_{ratio} = 1.01$ であってよい。

【0036】

10オクターブで600のタップを用いる可変 Q フィルタカスケードについては、一実施形態は、最も高いオクターブにおける44.1kHzのサンプリングレートおよび2倍オーバーサンプリングと共に、以下の値を用いてよい： $Q_p = 7.0$ 、 $Q_z = 7.0$ 、 $f_{ratio} = 1.03$ 。これらの値は、最初の360のタップに用いられ、次の240のタップについては、タップ600(周波数の最も低いタップ)における値、すなわち $Q_p = 1.6$ 、 $Q_z = 1.6$ 、 $f_{ratio} = 1.1$ 、に至るまで線形的に変更される。この結果、低周波数においてフィルタ応答が広く、時間応答が大幅に早い設計が実現される。

【0037】

別の実施形態では、 Q_p 、 Q_z 、および f_{ratio} パラメータは、適切な心理物理的臨界帯域幅およびラウドネス知覚曲線にフィルタ応答を適合させるよう選択される。臨界帯域幅は、フィルタ応答曲線の調整幅であり、その範囲内では、信号成分が、互いに相互作用することができる。臨界帯域幅曲線は、Rossing、1982、「The Science of Sound」(Addison-Wesley、Reading、MA)に記載されており、この開示は、参照として本明細書に組み込まれる。臨界帯域幅は、低周波数における100Hz弱から、高周波数における2半音と3半音(12%および19% 50

）との間の周波数まで変化する。ラウドネス知覚は、異なる周波数に対するフィルタの感度を表す。例えば、20 Hzにおける可聴閾値は、約65 dBであり、1 kHzにおける閾値よりも高い。

【0038】

可変Qフィルタカスケードの一実施形態は、以下のパラメータを用いる：

【0039】

【数5】

Tap 0: $Q_p=7.0, Q_z=7.0, f_{ratio}=1.03$
 Tap 300: $Q_p=11.0, Q_z=11.0, f_{ratio}=1.03$
 Tap 360: $Q_p=9.0, Q_z=11.0, f_{ratio}=1.03$
 Tap 600: $Q_p=1.6, Q_z=1.6, f_{ratio}=1.01$

10

【0040】

ただし、値の指定されているタップの間のパラメータについては、線形補間される。このように、パラメータが区分的に線形変化することにより、心理物理的な臨界帯域幅およびラウドネス知覚曲線との良好な適合が実現される。図7は、臨界帯域に従って設計されたフィルタに対するフィルタ応答を示す図である。フィルタ応答は、中周波数において鋭く、低周波数において広く、臨界帯域幅曲線に対応する。フィルタは、中周波数において比較的感受度が高く、低周波数においては約65 dBだけ感受度が低く、ラウドネス知覚パラメータに適合している。

20

【0041】

図8は、臨界帯域に従って設計されたフィルタに対する位相特性を示す図である。フィルタの位相特性は、中から高周波数において約2周期の位相の蓄積が存在するが、低周波数においてはあまり存在しないというものである。その結果、より早い応答が必要とされる低周波数において、応答が早くなる。

【0042】

信号を周波数成分に分離して解析するためのフィルタカスケードを説明した。様々な実施形態において、フィルタカスケードは、異なる技術を用いて、高周波数における時間分解能と低周波数におけるスペクトル分解能とを改善する。したがって、開示されたフィルタカスケードの各実施形態は、音声認識システムの構成要素として特に有用である。さらに、フィルタカスケードは、音声ストリームの分離や音声定位に有用である。

30

【0043】

図9Aは、本明細書に記載されたフィルタセットが音声認識システムで用いられる様子を示す図である。フィルタセット902に音声信号が入力され、特徴抽出部904によってフィルタセットの出力が解析される。特徴は、音素データベース908に含まれる音素と特徴とを一致させる音素分類部906によって分類される。単語データベース910にアクセスする単語検索ブロック909により、音素に基づいて単語が導き出される。

【0044】

図9Bは、本明細書に記載されたフィルタセットが、音声ストリーム分離システムで用いられる様子を示す図である。音声ストリーム分離システムは、例えば、Lloyd Wattsにより2001年6月21日に提出された米国特許出願No. 60/300,012（代理人整理番号ANSCP003+）「ROBUST HEARING SYSTEMS FOR INTELLIGENT MACHINES」に記載されているようなシステムであり、その出願は、参照として本明細書に組み込まれる。フィルタセット912に音声信号が入力され、特徴を抽出する1組の特徴抽出部914によってフィルタセットの出力が解析される。特徴は、特徴分類プロセッサ916によって、関連した音声信号の別個のストリームに分類される。

40

【0045】

図9Cは、本明細書に記載されたフィルタセットが、空間相関器または音声定位システムで用いられる様子を示す図である。そのシステムは、例えば、Lloyd Watts

50

1 2 4…減算器	
1 2 6…ノード	
1 3 2…ローパスフィルタ	
1 3 4…減算器	
1 3 6…ノード	
1 4 0…ダウンサンブラ	
1 4 2…ローパスフィルタ	
1 4 4…減算器	
1 4 6…ノード	
1 5 2…ローパスフィルタ	10
1 5 4…減算器	
1 5 6…ノード	
1 6 2…ローパスフィルタ	
1 6 4…減算器	
1 6 6…ノード	
1 7 2…ローパスフィルタ	
1 7 4…減算器	
1 7 6…ノード	
2 0 0…入力信号	
2 0 2…ローパスフィルタ	20
2 0 4…ローパスフィルタ	
2 0 6…ローパスフィルタ	
2 0 8…ローパスフィルタ	
2 1 2…減算器	
2 1 4…減算器	
2 1 6…減算器	
2 1 8…減算器	
9 0 2…フィルタセット	
9 0 4…特徴抽出部	
9 0 6…音素分類部	30
9 0 8…音素データベース	
9 0 9…単語検索ブロック	
9 1 0…単語データベース	
9 1 2…フィルタセット	
9 1 4…特徴抽出部	
9 1 6…特徴分類プロセッサ	
9 2 2…右チャネル用フィルタセット	
9 2 4…左チャネル用フィルタセット	
9 2 6…バイノーラルプロセッサ	

(14)

JP 2005-518118 A 2005.6.16

【図 1】

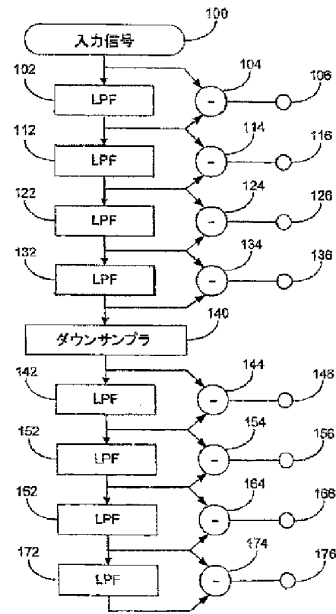
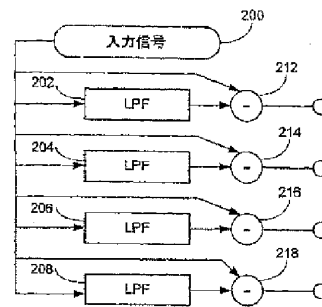


Figure 1

【図 2】



【図 3】

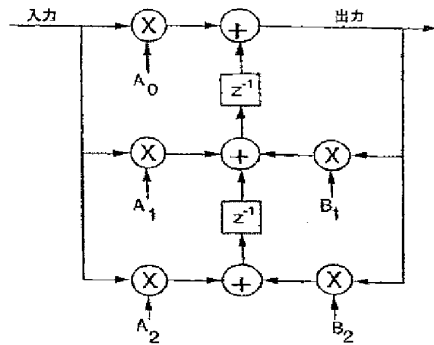


Figure 3

【図 4】

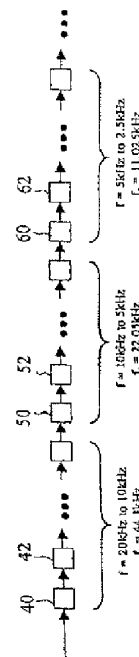


Figure 4

(15)

JP 2005-518118 A 2005.6.16

【図 5】

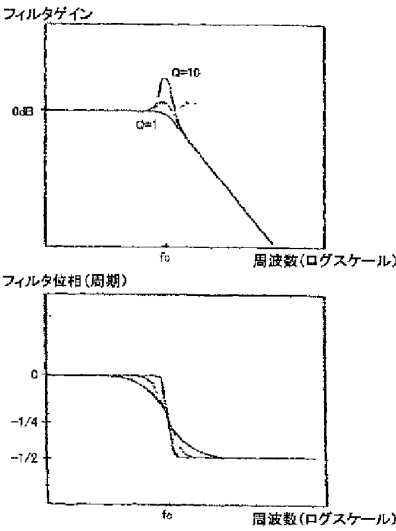


Figure 5

【図 6】

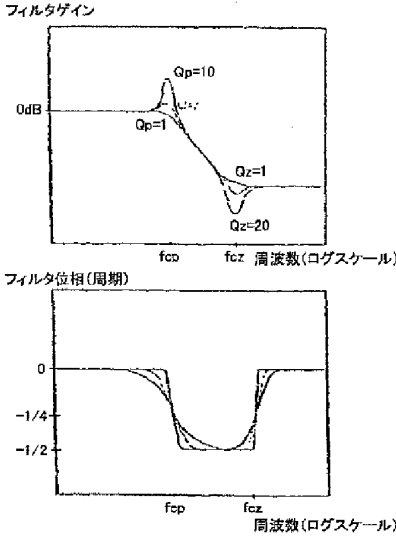


Figure 6

【図 7】

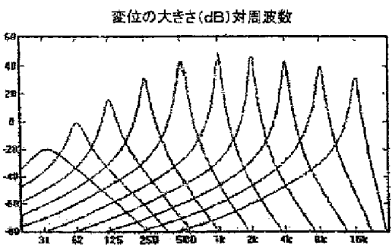


Figure 7

【図 8】

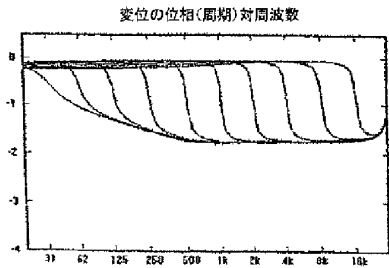


Figure 8

【図 9 A】

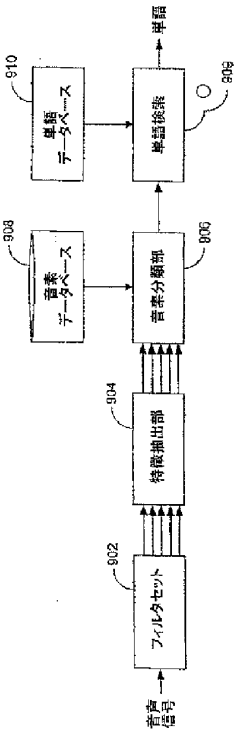


Figure 9A

(16)

JP 2005-518118 A 2005.6.16

【図 9 B】

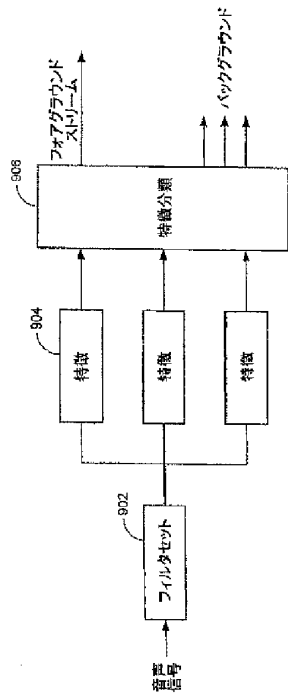


Figure 9B

【図 9 C】

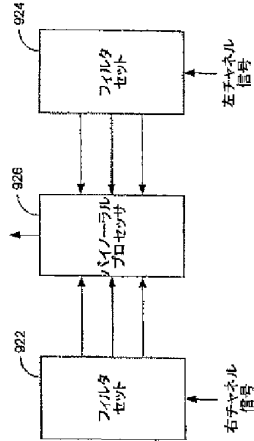


Figure 9C

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US03/04124																		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : G06F 17/00; H03G 5/00; G10L 19/00 US CL : 700/94; 381/98; 704/500 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 700/94; 381/98; 704/500 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category *</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X, P</td> <td>US 2002/0147595 A1 (HAUMGARTS) 10 October 2002 (10.10.2002), figures 1, 2 and 7, page 3 and 5.</td> <td>1, 3-5, 8-12, 14-19, 22-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,513,004 B1 (RIGAZIO et al) 28 January 2003 (28.01.2003), entire document.</td> <td>1-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), entire document.</td> <td>1-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), entire document.</td> <td>1-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions of Signal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592.</td> <td>1-25</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X, P	US 2002/0147595 A1 (HAUMGARTS) 10 October 2002 (10.10.2002), figures 1, 2 and 7, page 3 and 5.	1, 3-5, 8-12, 14-19, 22-25	A	US 6,513,004 B1 (RIGAZIO et al) 28 January 2003 (28.01.2003), entire document.	1-25	A	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), entire document.	1-25	A	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), entire document.	1-25	A	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions of Signal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592.	1-25
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X, P	US 2002/0147595 A1 (HAUMGARTS) 10 October 2002 (10.10.2002), figures 1, 2 and 7, page 3 and 5.	1, 3-5, 8-12, 14-19, 22-25																		
A	US 6,513,004 B1 (RIGAZIO et al) 28 January 2003 (28.01.2003), entire document.	1-25																		
A	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), entire document.	1-25																		
A	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), entire document.	1-25																		
A	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions of Signal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592.	1-25																		
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Special categories of cited documents:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"X" document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application; but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"B" earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"O" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"F" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Special categories of cited documents:		"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application; but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"B" earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"O" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"F" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed							
Special categories of cited documents:																				
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application; but cited to understand the principle or theory underlying the invention																			
"B" earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone																			
"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"O" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art																			
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"F" document member of the same patent family																			
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																				
Date of the actual completion of the international search 05 May 2003 (05.05.2003)		Date of mailing of the international search report 29 MAY 2003																		
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer Forester W Isen Telephone No. (703) 305-4700																		

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN, GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC, EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,ME,MK,MN,MW,M X,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
21 August 2003 (21.08.2003)

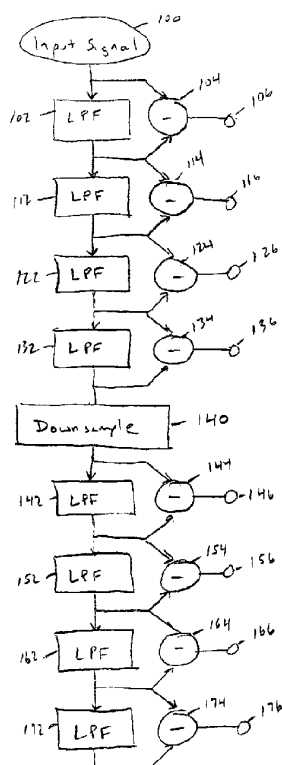
PCT

(10) International Publication Number
WO 03/069499 A1

- (51) International Patent Classification⁷: G06F 17/00, H03G 5/00, G10L 19/00 (74) Agent: VAN PELT, Lee; Van Pelt & Yi LLP, 10050 N. Foothill Blvd., Suite 200, Cupertino, CA 95014 (US).
- (21) International Application Number: PCT/US03/04124 (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) International Filing Date: 11 February 2003 (11.02.2003)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 10/074,991 13 February 2002 (13.02.2002) US (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) Applicant: AUDIENCE, INC. [US/US]; 4906 El Camino Real, Suite 205, Los Altos, CA 94022 (US).
- (72) Inventor: WATTS, Lloyd; 500 Chiquita Avenue #2, Mountain View, CA 94041 (US).

[Continued on next page]

(54) Title: FILTER SET FOR FREQUENCY ANALYSIS



(57) Abstract: A system and method are disclosed for analyzing an input signal (100) into a plurality of frequency components. In one embodiment, the input signal (100) is processed with a first set of low pass filters (102-132) to derive a first set of frequency components wherein the first set of low pass filters (102-132) are arranged serially in a chain having a first low pass filter (102) and a last low pass filter (132), the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter (132). The output of the last low pass filter (132) is downsampled (140) to produce a downsampled signal. The downsampled signal is processed with a second set of low pass filters (142-172) to derive a second set of frequency components.

WO 03/069499 A1

WO 03/069499 A1



Published:

— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

FILTER SET FOR FREQUENCY ANALYSIS

Cross reference to related applications

This application claims priority to co-pending U.S. Patent Application No. 09/534,682 (Attorney Docket No. ANSCP001) entitled EFFICIENT

5 COMPUTATION OF LOG-FREQUENCY-SCALE DIGITAL FILTER CASCADE
filed March 24, 2000, which is incorporated herein by reference for all purposes.

Field of the Invention

The present invention relates generally to signal processing. A system and method for analyzing a signal into frequency components is disclosed.

Background Of The Invention

10 A useful step in analyzing a signal is the separation of the signal into frequency components. For some time, the fast Fourier transform or FFT algorithm has been used to analyze a time domain signal into its frequency components. For various types of processing, and in particular for processing audio signals, it would be
15 desirable to analyze a signal into its frequency components with improved temporal resolution at high frequencies and better spectral resolution at low frequencies. Numerous techniques have been proposed for accomplishing this. Included among such techniques are systems that use a set of filters to separate the signal being analyzed into different channels or frequency components. Such filter sets operate
20 roughly in a manner that is analogous to a biological cochlea, which includes a series of filtered output signals that correspond to different frequency channels.

Filter sets may be implemented with analog or digital filters. Previous instantiations of filter sets have been limited by practical considerations in designing filters. For example, high order bandpass filters to separate each channel output are expensive to implement. Various approaches have been implemented using combinations of high pass and low pass filters; however, more efficient techniques are needed to allow real time processing of signals for various important applications including speech recognition, source separation of audio signals and stream separation of audio signals.

Brief Description Of The Drawings

10 The present invention will be readily understood by the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings, wherein like reference numerals designate like structural elements, and in which:

Figure 1 is a block diagram illustrating a filter network used in one embodiment for analyzing an input signal into a plurality of frequency components.

15 Figure 2 is a diagram illustrating an alternative embodiment wherein the low pass filters are not chained together at their inputs and outputs.

Figure 3 is a signal flow graph of a filter equation.

Figure 4 is a block diagram illustrating the arrangement of the filters.

20 Figure 5 is a diagram illustrating an example of the filter response of a second-order section with poles only.

Figure 6 is a diagram illustrating a typical filter response where Q_p is the Q of the pole, Q_z is the Q of the zero, f_{cp} is the center frequency of the pole (also referred to as f_p), and f_{cz} is the center frequency of the zero (also referred to as f_z).

Figure 7 is a diagram illustrating filter responses for filters designed according to the critical band.

Figure 8 is a diagram illustrating the phase characteristics for filters designed according to the critical band.

5 Figure 9A is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a voice recognition system.

Figure 9B is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in an audio stream separation system.

10 Figure 9C is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a spatial correlator or sound localization system.

Detailed Description

A detailed description of a preferred embodiment of the invention is provided below. While the invention is described in conjunction with that preferred
15 embodiment, it should be understood that the invention is not limited to any one embodiment. On the contrary, the scope of the invention is limited only by the appended claims and the invention encompasses numerous alternatives, modifications and equivalents. For the purpose of example, numerous specific details are set forth in the following description in order to provide a thorough understanding of the
20 present invention. The present invention may be practiced according to the claims without some or all of these specific details. For the purpose of clarity, technical material that is known in the technical fields related to the invention has not been described in detail so that the present invention is not unnecessarily obscured.

A filter cascade for frequency analysis is disclosed that includes a number of features. In various embodiments, the features are implemented either separately or together. For example, in some embodiments, each frequency component is computed by subtracting the output of a low pass filter from the input to the filter. In this manner a bandpass signal is derived. In some embodiments, low pass filters are chained or cascaded with each filter output being fed to the next filter input in a filter set. The output of the last filter in the set is downsampled, with the filter set itself collectively acting as a high order antialiasing filter. The downsampled filter set output comprised of lower frequency components may then be more efficiently processed. Filters in the cascade may be designed so that the Q of the filters varies with frequency.

U.S. Patent Application No. 09/534,682 which was previously incorporated by reference (hereinafter, "the 682 application") discloses a digital filter cascade for frequency analysis. The filters in the cascade are chained together and sets of filters are separated into octaves with downsampling between octaves. Filter parameters are shared among corresponding filters in different octaves. As described herein, advantages may be realized if filter parameters are varied among octaves in a manner that varies the Q, or sharpness of the filters among octaves. In one embodiment, the Q is varied substantially according to critical bandwidth.

Figure 1 is a block diagram illustrating a filter network used in one embodiment for analyzing an input signal into a plurality of frequency components. An input signal 100 is fed to a low pass filter (LPF) 102. The output of LPF 102 is subtracted from input signal 100 by a subtractor 104. The output at node 106 thus represents the difference between the signal before and after LPF 102. It emphasizes a band or channel of frequencies above the cutoff frequency of LPF 102 and whatever

the upper frequency cutoff of the input signal happens to be. The output of LPF 102 is similarly directed to the input of LPF 112 and the difference between the input and the output of LPF 112 is computed by a subtractor 114 and output at node 116. The output at node 116 represents another frequency channel that emphasizes frequencies
5 between the cutoff frequencies of LPF 102 and LPF 112. In a similar manner, LPF 122 and LPF 132 and subtractor 124 and 134 output other frequency channels at nodes 126 and 136. The output of the nodes may be further processed as is appropriate. For example, in some embodiments, the outputs are half wave rectified and in some embodiments, the gain of the outputs is adjusted to compress or expand
10 the dynamic range.

In different embodiments, second order or higher digital or analog filters may be used. The nature of the filters, of course determines the exact nature of each channel output that generally emphasizes a given frequency band and thus has a general bandpass character. Collectively, the channel outputs represent the frequency
15 components of the signal. Because of the subtraction of each LPF input and output, each channel output represents a band or slice of frequencies and the sum of all the outputs represents the entire input signal.

Because the output of each LPF is fed to the input of the next LPF, forming a chain of low pass filters, the output of the last LPF in the chain has characteristics of a
20 much higher order filter than the order of the last filter. This higher order filtering effect may be exploited when the output of the last filter in the chain is downsampled. Essentially, the chain of low pass filters used to separate out frequency channels collectively act as a high order filter that performs the function of an anti aliasing filter when the signal is downsampled.

An example of this is depicted in Figure 1 where downsampler 140 downsamples the output from LPF 132. It should be noted that only four filters are shown in the chain for the purpose of illustration. In most embodiments, more than four filters would be used to process a frequency range before downsampling. The downsampled signal output from downsampler 140 is then processed by another chain of low pass filters that includes LPF 142, LPF 142, LPF 142, LPF 142 and frequency channel outputs are derived by subtractors 144, 154, 164 and 174 at nodes 146, 156, 166 and 176.

In one embodiment, second order individual filters are used and a chain of 60 filters process one octave of the signal before downsampling. Downsampling may be implemented by simply discarding every other sample or any other appropriate technique. The amount of downsampling is determined by the Nyquist criterion. A suitable amount of oversampling may be done as desired. The combined effect of the chain of filters is that of a very high order anti aliasing filter. Thus, downsampling the signal may be done to speed the processing of lower frequency octaves without requiring an expensive high order anti aliasing filter.

It should be noted that the benefit of chaining the low pass filters is realized in certain embodiments without implementing the subtractors to calculate the frequency bands. The output of each low pass filter may be used directly to represent the energy in each frequency channel. The output of the last filter in each chain is downsampled with the filter chain itself performing the function of an antialiasing filter.

Figure 2 is a diagram illustrating an alternative embodiment wherein the low pass filters are not chained together at their inputs and outputs. Input signal 200 is fed into low pass filters 202, 204, 206, and 208. The difference between the input and the output of each low pass filter is calculated by subtractors 212, 214, 216 and 218.

Again, the differences calculated represent an analysis of the frequency bands or channels of the input signal. However, because the output of each filter is not fed to the input of the next filter, the higher order filter effect in the output of the last filter in the chain described above is not realized.

5 The filter cascade may be implemented using either analog or digital filters. In one embodiment, the filters are implemented as digital filters with cutoff frequencies designed to produce the desired channel resolution. Each filter has a set of coefficients ($\mathbf{a_0, a_1, a_2, b_1, b_2}$) associated with it. The output of each filter is calculated according to the following function:

10

Equation 1.
$$\mathbf{y_n = a_0x_n + a_1x_{n-1} + a_2x_{n-2} - b_1y_{n-1} - b_2y_{n-2}}$$

where the filter output $\mathbf{y_n}$ is a function of the input data $\mathbf{x_n}$ at time $\mathbf{n}$, previous inputs $\mathbf{x_{n-1}}$ and $\mathbf{x_{n-2}}$, and previous outputs $\mathbf{y_{n-1}}$ and $\mathbf{y_{n-2}}$. Figure 3 is a block diagram
15 illustrating this signal flow. The output of the filter $\mathbf{y_n}$ is passed to the input $\mathbf{x_n}$ of the next filter in the cascade.

The filter response $\mathbf{H(z)}$ is given by the following:

20

Equation 2.
$$\mathbf{H(z) = \frac{a_0 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}{1 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}}}$$

25

and $\mathbf{z = e^{j * (\omega/\omega_s)}}$, $\mathbf{\omega = 2\pi f}$, $\mathbf{\omega_s = 2\pi f_s}$

where $\mathbf{f_s}$ is the sampling frequency.

Substitution of the above into the transfer function of Equation 2 produces a filter response $\mathbf{H(f)}$, which is a function of the filter coefficients $\mathbf{a_0, a_1, a_2, b_1, b_2}$ and
30 the sampling rate $\mathbf{f_s}$.

As described in the 682 application, the filter coefficients may be reused between sets of filters with the response of the filters being altered as a result of downsampling between the sets of filters. In the embodiment shown, the filters are evenly distributed over the octaves, resulting in 60 filters per octave. 60 objects are created in a computer. Each object has a set of coefficients as described above, and additionally has ten sets of state variables, corresponding to ten filters running at frequencies that are whole octaves apart. The 60 objects using their first sets of state variables correspond to the first octave group of filters, while the 60 objects using their second sets of state variables (and sampling at a lower frequency) correspond to the second octave group of filters, and so on. In another embodiment, each object contains a set of coefficients, but only one set of state variables, and is run at a single frequency. In this case, 600 objects are required to represent 600 filters.

The filters in the first octave are tuned to the frequencies in the highest octave, 20 kHz to 10 kHz, and are sampled at 44.1 kHz, which satisfies the Nyquist sampling criterion. The filters in the second octave are tuned to half of the frequencies of the corresponding filters in the first octave, and range from 10 kHz to 5 kHz. These filters in the second octave are sampled at 22.05 kHz, half of the first sampling frequency. Coefficients for each filter are stored in memory and applied in the computations for the filters. The cascade response is the sum of responses of individual filters (which are all weak responses by themselves, but when summed, produce a much stronger response). The coefficients of the filters are determined by the desired response.

As the audio signal is passed through each filter, the signal is sampled and filtered before being passed to the next filter. Figure 4 is a block diagram illustrating the arrangement of the filters. At the end of the first octave, the signal is passed into

the first filter in the next octave, which comprises filters sampling at half the sampling rate of the first octave, as stated above. Successive octaves are downsampled in a similar manner, using the same factor of two. In this configuration, each stage acts as an anti-aliasing filter for later stages, removing the high frequencies sufficiently to

5 allow downsampling without aliasing. No extra anti-aliasing filters are required.

Downsampling each successive octave significantly decreases the computational complexity of the system. In addition, the required precision for filter coefficients is lower, and thus, fewer bits are required to represent each coefficient. Digital low-pass filters have the property that the numerical precision required to

10 represent the filter coefficients depends on the ratio between the cutoff frequency and the sampling frequency. For a given sampling frequency, a filter with a low cutoff frequency will require higher-precision coefficients than a filter with a higher cutoff frequency. Without the successive downsampling technique, very high-precision filter

15 coefficients (on the order of 23 bits) are required to represent the lowest-cutoff-frequency filters (30 Hz) at the 44 kHz sampling rate. With the successive downsampling technique, lower-precision coefficients (on the order of 12 bits) can be used to represent the 30-Hz cutoff filters, since the sampling rate is much lower in the lowest octave after many downsampling steps. This reduced precision results in

20 lower hardware complexity (less memory, smaller registers, lower-precision arithmetic operators) and thus lower overall cost in a custom hardware implementation.

In the embodiment described in the 682 application, each filter shares filter parameters with filters that are one, two, or more octaves higher or lower, resulting in

25 reduced storage requirements. For example, the highest frequency filter 40 in the first

octave shares filter coefficients with the highest frequency filter 50 in the second octave, the highest frequency filter 60 in the third octave, and so on. The second-highest frequency filter 42 in the first octave shares filter coefficients with the second-highest frequency filters 52 and 62 in the second and third octaves, and with all other
 5 corresponding filters (tuned to frequencies that are one, two, or more octaves lower).

Alternatively, it has been determined that the delay at low frequencies can be improved by changing the filter parameters within each octave as described below. For many systems, this is preferable to sharing filter parameters between corresponding filters in different octaves because the benefit from improved delay at
 10 low frequencies offsets increased memory storage requirements.

In one embodiment, filter coefficients are tuned to produce a desired Q (quality factor, or degree of sharpness or frequency selectivity) depending on the frequency band (determined by the frequency cutoff) being processed by the filter. Reusing filter coefficients in the cascade results in a cascade with constant Q , and all
 15 the filter responses will have the same shape (Q). This “constant- Q ” configuration has the advantages of conceptual simplicity and shared filter coefficients, but has significant delays at low frequencies. For example, for a constant- Q design with a phase accumulation of four cycles at all frequencies, the delay at the 20 kHz tap will be 200 μ s, while the delay at the 20 Hz tap will be 200 ms. Faster performance at
 20 low frequencies is desirable to improve the response time of the cascade, which may be accomplished by changing the filter coefficients of the filters in lower octaves.

Figure 5 is a diagram illustrating an example of the filter response of a second-order section with poles only. The filter may be described in terms of the time
 25 constant τ and quality factor Q , or in terms of filter coefficients b_1 and b_2

WO 03/069499

PCT/US03/04124

mentioned previously. Tau is the inverse of the center frequency f_c and describes where the peak is, while Q describes how sharp the peak is. As can be seen from Figure 5, a higher Q results in a sharper peak, while f_c indicates where the peak occurs. The equations for the filter are as follows:

$$\begin{aligned}
 V_{out}(z) &= \frac{1}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}} V_{in}(z) \\
 &\text{and} \\
 V_{out}(s) &= \frac{1}{1 + \tau s/Q + \tau^2 s^2} V_{in}(s)
 \end{aligned}$$

where the relationship between Tau, Q and b_1 , b_2 are given in the "Lyon's Cochlear Model" Apple Technical Report #13 by Malcolm Slaney ©1988 which is herein incorporated by reference. The filter coefficients for the filter can be determined from the center frequency $f_c=1/\tau$, and the Q of the filter.

The filters may be designed to have zeros as well as poles, and the equation for such a system is given by

$$V_{out}(s) = \frac{1 + \tau_z s/Q_z + \tau_z^2 s^2}{1 + \tau_p s/Q_p + \tau_p^2 s^2} * V_{in}(s)$$

Figure 6 is a diagram illustrating a typical filter response where Q_p is the Q of the pole, Q_z is the Q of the zero, f_{cp} is the center frequency of the pole (also referred to as f_p), and f_{cz} is the center frequency of the zero (also referred to as f_z). The zeros arrest the dropping gain, and reverse the phase back up to zero. The closer the zero is to the pole, the sooner these effects occur. If the zero is very close to the pole, the phase trajectory may not get very far (a small fraction of a cycle) before the zero

reverses it. This property is the key to controlling the total amount of phase accumulation through the cascade, and hence the delay response of the cascade.

If 600 filters are used, and implemented with a cascade of 600 poles-only sections, each one would contribute a quarter-cycle of phase accumulation at its best frequency, resulting in a large amount of delay. In one embodiment, the filter cascade is configured so that the center frequencies decrease exponentially through the cascade. The Q's decrease gradually through the cascade, to give sharp responses at high frequencies, where delay is not an issue, and to give fast responses at low frequencies, where some loss of sharpness is acceptable in return for faster response. This implementation of nonconstant Q filters is particularly useful for signal processing systems used, for example in submarine passive sonar, speech recognition, music transcription, audio stream separation and sound localization. It should be noted that this approach is not limited to downsampled filter cascades, and may be used with filter cascades with no downsampling.

Design of a filter cascade with constant-Q involves choosing the range of cutoff frequencies and the number of taps per octave, such as a frequency range of 20 Hz to 20 kHz, 600 taps, 10 octaves (60 taps/octave). This determines f_p for each tap. Fixed values are chosen for Q_p , Q_z , and $f_{ratio}=f_z/f_p$, based on the sharpness and delay desired through the cascade. In one embodiment, values used for a constant-Q design may be $Q_p = 7.0$, $Q_z = 7.5$, and $f_{ratio} = 1.03$. In another embodiment, the values may be $Q_p = 23$, $Q_z = 26$, and $f_{ratio} = 1.01$.

For a variable-Q filter cascade using 600 taps in 10 octaves, one embodiment may employ the following values: $Q_p = 7.0$, $Q_z = 7.0$, and $f_{ratio} = 1.03$, with a sampling

WO 03/069499

PCT/US03/04124

rate of 44.1 kHz and 2x oversampling in the highest octave. These values are used for the first 360 taps, and then varied linearly over the next 240 taps to $Q_p = 1.6$, $Q_z = 1.6$, and $f_{ratio} = 1.1$ at tap 600 (the lowest frequency tap). This results in a design with broader filter responses at low frequencies, but much faster time response.

5

In another embodiment, the Q_p , Q_z , and f_{ratio} parameters are selected to match the filter responses to appropriate psychophysical critical bandwidth and loudness perception curves. Critical bandwidth is the tuning width of the filter response curves, within which signal components can interact with each other. Critical bandwidth curves are given in Rossing, 1982, "The Science of Sound" (Addison-Wesley, Reading, MA), the disclosure of which is hereby incorporated by reference. The critical bandwidth varies from a little less than 100 Hz at low frequencies to between two and three musical semitones (12% to 19%) at high frequencies. Loudness perception describes how sensitive the filters are to different frequencies. For example, the threshold of audibility at 20 Hz is about 65 dB higher than at 1 kHz.

15

One embodiment of a variable-Q filter cascade uses the following parameters:

Tap 0: $Q_p = 7.0$, $Q_z = 7.0$, $f_{ratio} = 1.03$
 Tap 300: $Q_p = 11.0$, $Q_z = 11.0$, $f_{ratio} = 1.03$
 Tap 360: $Q_p = 9.0$, $Q_z = 11.0$, $f_{ratio} = 1.03$
 Tap 600: $Q_p = 1.6$, $Q_z = 1.6$, $f_{ratio} = 1.01$

20

with linear interpolation of parameters between the specified taps. This piecewise linear variation of the parameters gives a good fit to the psychophysical critical bandwidth and loudness perception curves. Figure 7 is a diagram illustrating filter responses for filters designed according to the critical band. The filter responses are sharp at mid-range frequencies, and very broad at low frequencies, corresponding to the critical bandwidth curve. The filters are more sensitive at mid-range

25

frequencies, and about 65 dB less sensitive at low frequencies, so as to match the loudness perception parameters.

Figure 8 is a diagram illustrating the phase characteristics for filters designed according to the critical band. The phase characteristics of the filters are such that there are about two cycles of phase accumulation at mid-to-high frequencies, but much less at low frequencies. This results in a faster response at low frequencies, where it is needed.

A filter cascade for analyzing a signal into frequency components has been described. In various embodiments, the filter cascade utilizes different techniques to improve temporal resolution at high frequencies and spectral resolution at low frequencies. As a result, each of the disclosed filter cascade embodiments are particularly useful as a component of a voice recognition system. In addition, the filter cascade is useful for audio stream separation and sound localization.

Figure 9A is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a voice recognition system. An audio signal is input to a filter set 902 and the output of the filter set is analyzed by a feature extractor 904. The features are classified by a phoneme classifier 906 that matches features with phonemes included in a phoneme database 908. Words are derived based on the phonemes by a word search block 909 that access a word database 910.

Figure 9B is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in an audio stream separation system such as is described in United States Patent Application No. 60/300,012 (Attorney Docket No. ANSCP003+) by Lloyd Watts (filed June 21, 2001,) entitled: ROBUST HEARING SYSTEMS FOR INTELLIGENT MACHINES which is herein incorporated by reference. An audio signal is input to a filter set 912 and the output of the filter set is analyzed by a set of

feature extractors 914 that extract features. The features are grouped by feature grouping processor 916 into separate streams of associated audio signals.

Figure 9C is a diagram illustrating how a filter set as described herein is used in a spatial correlator or sound localization system such as is described in United States Patent Application No. 10/004,141 (Attorney Docket No. ANSCP005) by Lloyd Watts (filed November 14, 2001) entitled: COMPUTATION OF MULTI-SENSOR TIME DELAYS which is herein incorporated by reference. A right channel audio signal is input to a right channel filter set 922 and a left channel audio signal is input to a left channel filter set 924. The outputs of the filter sets are correlated by a binaural processor 926 to determine the time delay between the left and right channel input signals. The direction from which a sound emanates may be determined from the time delay.

Although the foregoing invention has been described in some detail for purposes of clarity of understanding, it will be apparent that certain changes and modifications may be practiced within the scope of the appended claims. It should be noted that there are many alternative ways of implementing both the process and apparatus of the present invention. Accordingly, the present embodiments are to be considered as illustrative and not restrictive, and the invention is not to be limited to the details given herein, but may be modified within the scope and equivalents of the appended claims.

WHAT IS CLAIMED IS:

CLAIMS

1. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:
 - processing the signal with a first set of low pass filters to derive a first set of
 - 5 frequency components wherein the first set of low pass filters are arranged serially in a chain having a first low pass filter and a last low pass filter, the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter;
 - downsampling the output of the last low pass filter to produce a downsampled signal;
 - 10 processing the downsampled signal with a second set of low pass filters to derive a second set of frequency components.
2. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the frequency components are derived by subtracting the output of each low pass filter from the input to the low pass filter.
- 15 3. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the second set of low pass filters have a different Q than the first set of low pass filters.
4. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the second set of low pass filters have a Q
- 20 that is less sharp than the first set of low pass filters.
5. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 1 wherein the second set of low pass filters have a Q that differs from the Q of the first set of low pass filters substantially according to human critical bandwidth.
- 25 6. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:
 - processing the signal with a first low pass filter to produce a first low pass filtered signal;
 - subtracting the first low pass filtered signal from the input signal to derive a
 - 30 first frequency component;
 - processing the signal with a second low pass filter to produce a second low pass filtered signal; and

subtracting the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

7. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

5 processing the signal with a first low pass filter to produce a first low pass filtered signal;

subtracting the first low pass filtered signal from the input signal to derive a first frequency component;

10 processing the low pass filtered signal with a second low pass filter to produce a second low pass filtered signal; and

subtracting the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

8. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

15 processing the signal with a first filter wherein the first filter is configured to separate part of the signal into a first output frequency channel; and

processing the signal with a second filter wherein the second filter is configured to separate part of the signal into a second output frequency channel wherein the first frequency channel emphasizes higher frequencies than the second frequency channel; and wherein the second filter has a different Q than the first filter.

20 9. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 8 wherein the second filter has a Q that is less sharp than the first filter.

10. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 8 wherein the second filter has a Q that differs from the Q of the first filter substantially according to human critical bandwidth.

11. A method of analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 8 wherein the filters are low pass filters.

12. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

30 a first set of low pass filters configured to derive a first set of frequency components wherein the first set of low pass filters are arranged serially in a chain

having a first low pass filter and a last low pass filter, the output of each low pass filter being fed to the next low pass filter in the chain until the last low pass filter;

a downsampler configured to downsample the output of the last low pass filter to produce a downsampled signal;

- 5 a second set of low pass filters configured to process the downsampled signal to derive a second set of frequency components.

13. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the frequency components are derived by subtracting the output of each low pass filter from the input to the low pass filter.

- 10 14. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the second set of low pass filters have a different Q than the first set of low pass filters.

- 15 15. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the second set of low pass filters have a Q that is less sharp than the first set of low pass filters.

16. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the second set of low pass filters have a Q that differs from the Q of the first set of low pass filters substantially according to critical band.

- 20 17. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the system is used in a voice recognition system.

- 25 18. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the system is used for audio stream separation

19. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 12 wherein the system is used for sound localization.

20. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

- 30 a first low pass filter that outputs a first low pass filtered signal;
 a first processor configured to subtract the first low pass filtered signal from the input signal to derive a first frequency component;
 a second low pass filter that outputs a second low pass filtered signal; and

a second processor configured to subtract the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

21. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

- 5 a first low pass filter that outputs a first low pass filtered signal;
a first processor configured to subtract the first low pass filtered signal from the input signal to derive a first frequency component;
a second low pass filter configured to process the low pass filtered signal to produce a second low pass filtered signal; and

- 10 a second processor configured to subtract the second low pass filtered signal from the first low pass filtered signal to derive a second frequency component.

22. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components comprising:

- a first filter configured to process the signal wherein the first filter is
15 configured to separate part of the signal into a first output frequency channel; and
a second filter configured to process the signal wherein the second filter is configured to separate part of the signal into a second output frequency channel wherein the first frequency channel emphasizes higher frequencies than the second frequency channel; and wherein the second filter has a different Q than the first filter.

- 20 23. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 22 wherein the second filter has a Q that is less sharp than the first filter.

24. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 22 wherein the second filter has a Q that differs from
25 the Q of the first filter substantially according to a critical band.

25. A system for analyzing an input signal into a plurality of frequency components as recited in claim 22 wherein the filters are low pass filters.

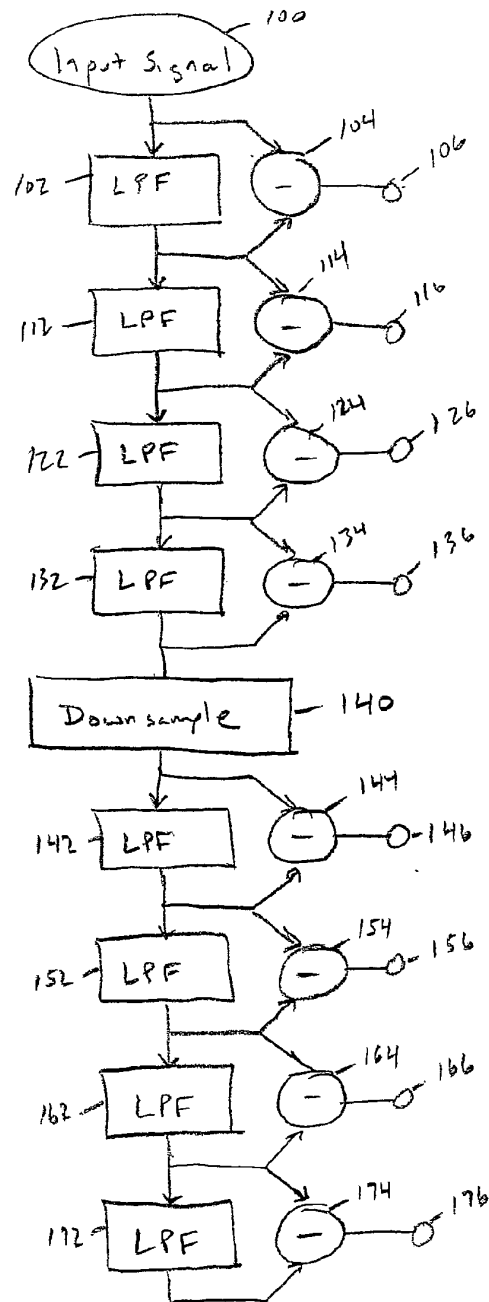


Figure 1

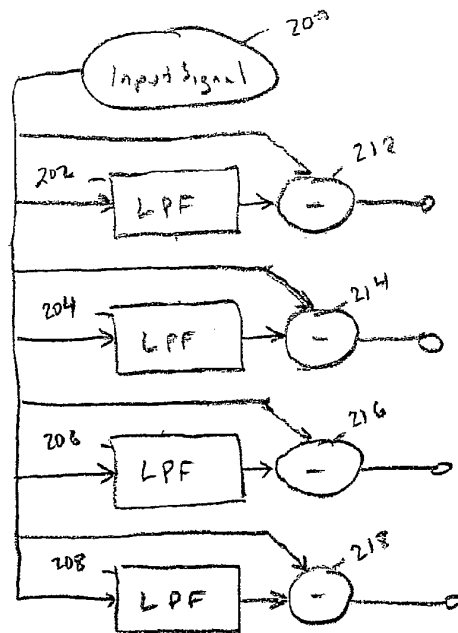


Figure 2

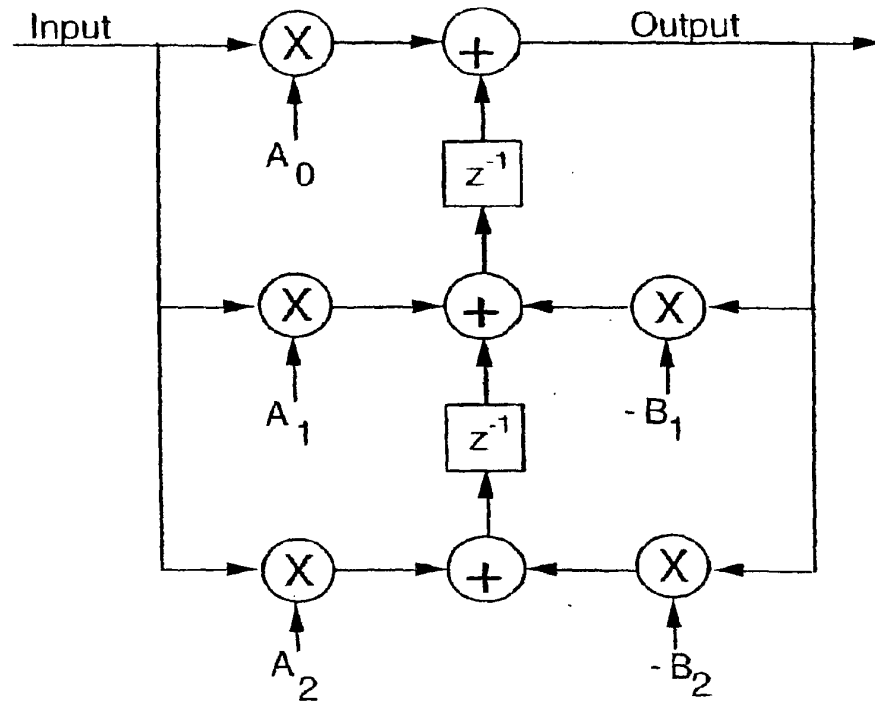


Figure 3

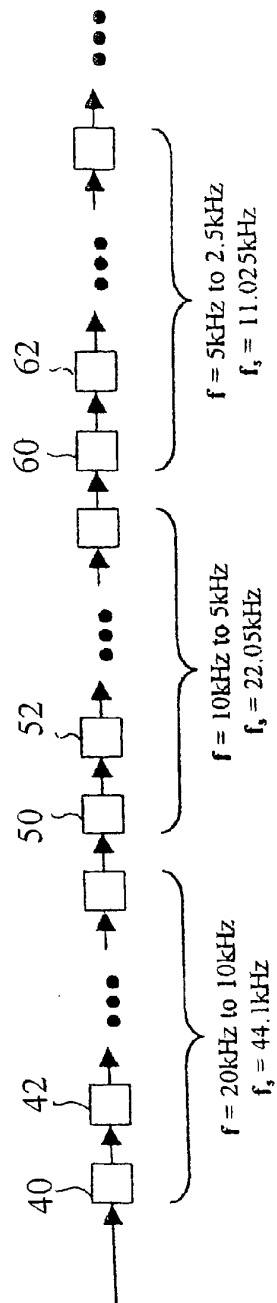


Figure 4

WO 03/069499

PCT/US03/04124

5/9

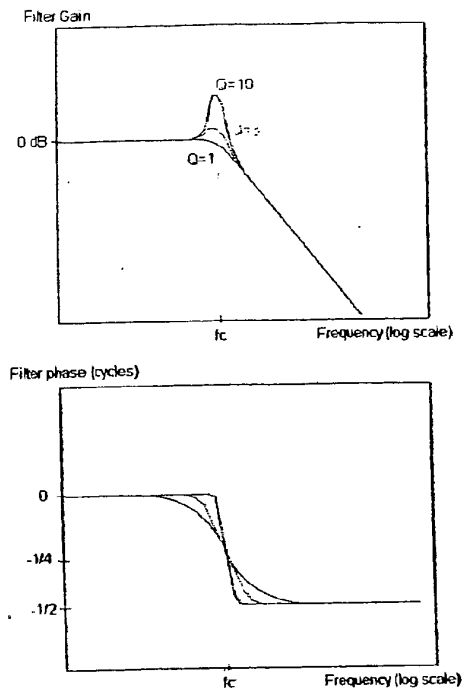


Figure 5

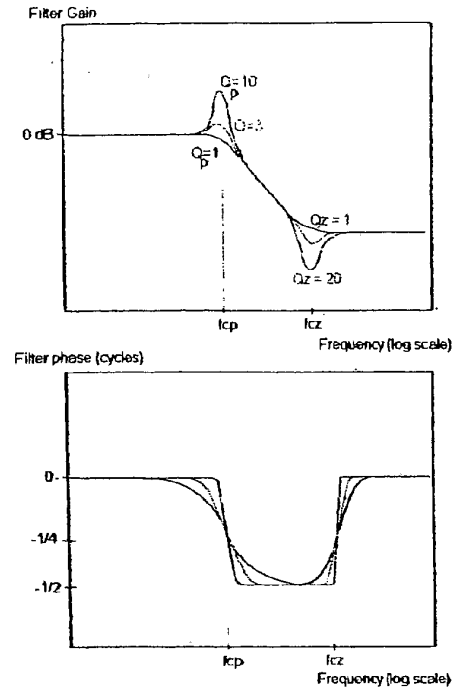


Figure 6

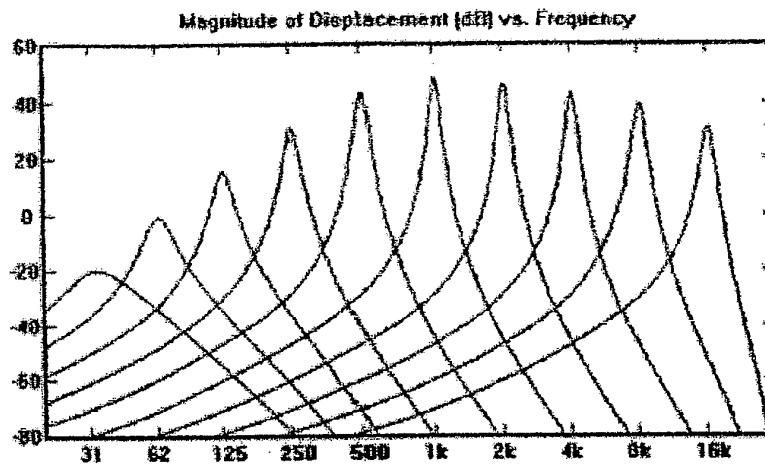


Figure 7

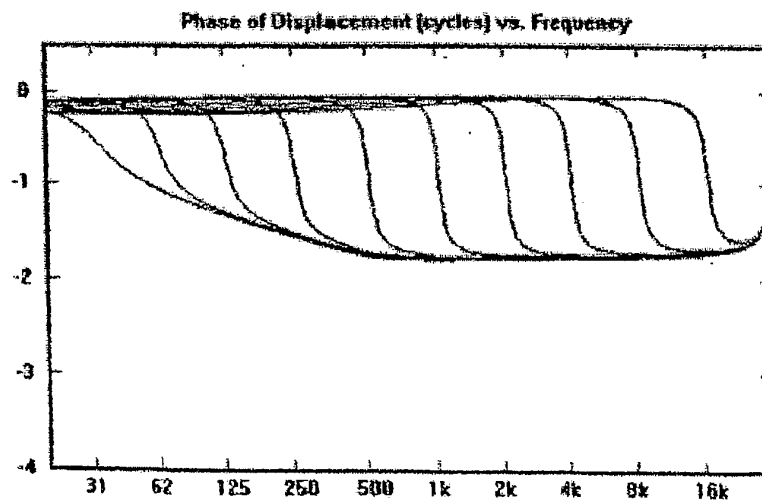


Figure 8

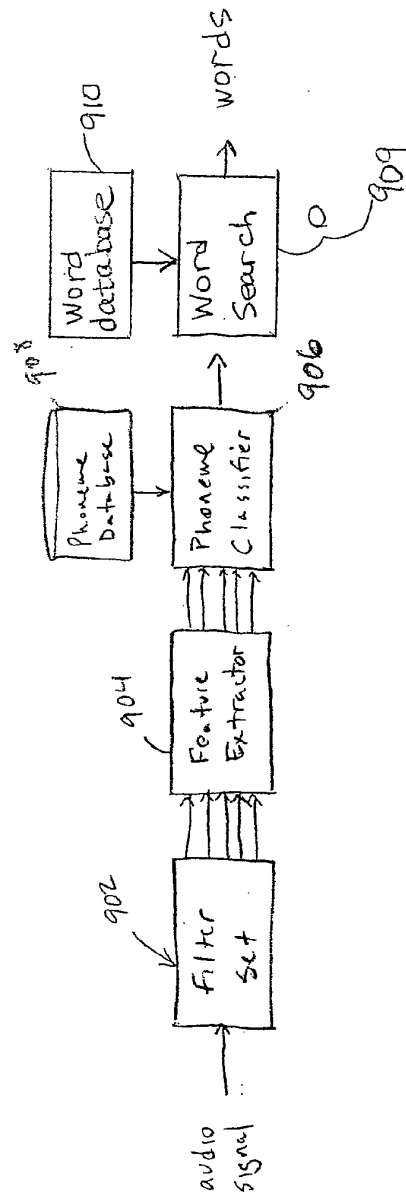


Figure 9A

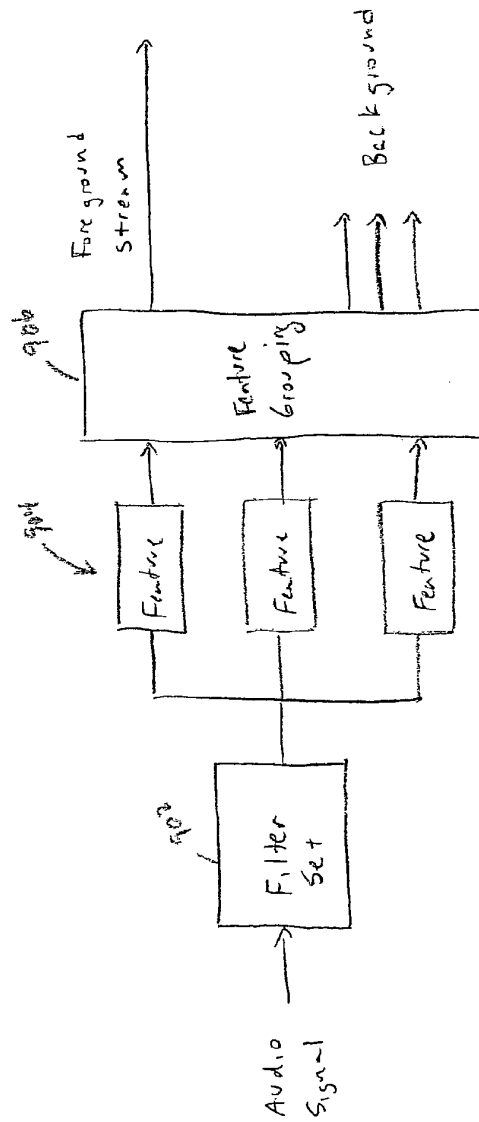


Figure 9B

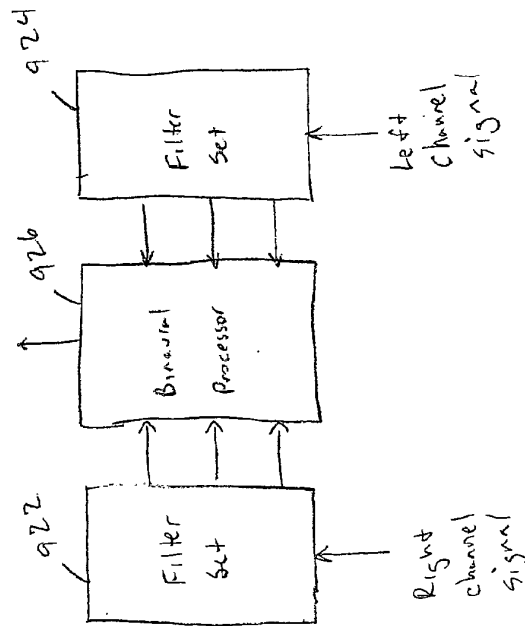


Figure 9C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/04124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : G06F 17/00; H03G 5/00; G10L 19/00
 US CL : 700/94; 381/98; 704/500

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 700/94; 381/98; 704/500

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	US 2002/0147595 A1 (BAUMGARTE) 10 October 2002 (10.10.2002), figures 1, 2 and 7, page 3 and 5.	1,3-5, 8-12, 14-19, 22-25
A	US 6,513,004 B1 (RIGAZIO et al) 28 January 2003 (28.01.2003), entire document.	1-25
A	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), entire document.	1-25
A	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), entire document.	1-25
A	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions of Sigal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592.	1-25

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T"
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

05 May 2003 (05.05.2003)

Date of mailing of the international search report

29 MAY 2003

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks
 Box PCT
 Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Forester W Isen

Telephone No. (703) 305-4700

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)



Espacenet

Bibliographic data: JP2004531767 (A) — 2004-10-14

SPEECH FEATURE EXTRACTION SYSTEM

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:

- International: ***G10L15/02; G10L15/20; G10L21/02; G10L19/02;*** (IPC1-7): G10L15/02; G10L21/02
- European: **G10L15/02**

Application number: JP20030505912T 20020614

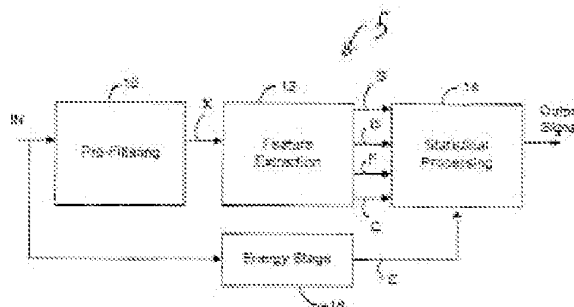
Priority number(s): US20010882744 20010615; WO2002US19182 20020614

Also published as: JP4177755 (B2) US6493668 (B1) US2002198711 (A1)
US2003014245 (A1) US7013274 (B2) more

Abstract not available for JP2004531767 (A)

Abstract of corresponding document: US6493668 (B1)

A system suitable for use in a speech recognition system or other voice processing system extracts features related to the frequency and amplitude characteristics of an input speech signal using a plurality of complex band pass filters by processing the outputs of adjacent bandpass filters.



Last updated: 28.02.2012 Worldwide Database 5.7.36; 93p

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号
特表2004-531767
(P2004-531767A)

(43) 公表日 平成16年10月14日 (2004. 10. 14)

(51) Int. Cl.⁷
G 1 O L 21/02
G 1 O L 15/02

F I
G I O L 3/02 3 O I G
G I O L 3/00 5 I 5 E
G I O L 9/16 3 O I A

テーマコード (参考)
5 D O I 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 51 頁)

(21) 出願番号 特願2003-505912 (P2003-505912)

(86) (22) 出願日 平成14年6月14日 (2002. 6. 14)

(85) 翻訳文提出日 平成15年12月15日 (2003. 12. 15)

(86) 国際出願番号 PCT/US2002/019182

(87) 国際公開番号 W02002/103676

(87) 国際公開日 平成14年12月27日 (2002. 12. 27)

(31) 優先権主張番号 09/882, 744

(32) 優先日 平成13年6月15日 (2001. 6. 15)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 503459361
ブランドマン, イーガル
アメリカ合衆国 カリフォルニア 943
06, パロ アルト, ドナルド ドラ
イブ 4120

(74) 代理人 100078282
弁理士 山本 秀策

(74) 代理人 100062409
弁理士 安村 高明

(74) 代理人 100113413
弁理士 森下 夏樹

(72) 発明者 ブランドマン, イーガル
アメリカ合衆国 カリフォルニア 943
06, パロ アルト, ドナルド ドラ
イブ 4120

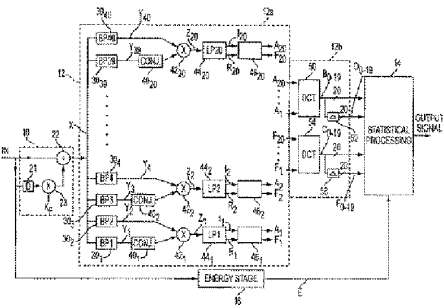
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発話特徴抽出システム

(57) 【要約】

音声認識システムまたは他の音声処理システム (14) における使用に対して適したシステム (12a) は、隣接する周波数フィルタ (42) の出力を処理することによって複数の複素バンドパスフィルタ (30) を用いて入力音声信号 (IN) の周波数 (46、F) および振幅 (46、A) 特性に関連付けられた特徴を抽出する。本発明の装置は、入力発話信号を受信するように適用され、かつ第1および第2信号のそれぞれを提供する第1および第2のバンドパスフィルタと、第2のバンドパスフィルタに接続され、かつ第2の信号の共役である第3の信号を提供する共役回路と、乗算器と、フィルタ手段とを含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項1】

周波数および振幅特徴を有する入力発話信号から特徴を抽出するための発話処理システムにおける使用のための装置であって、
該入力発話信号を受信するように適用され、かつ第1および第2信号のそれぞれを提供する第1および第2のバンドパスフィルタと、
該第2のバンドパスフィルタに接続され、かつ該第2の信号との共役である第3の信号を提供する共役回路と、
該第1のバンドパスフィルタおよび該共役回路に接続され、かつ該第1および該第3の信号の積である第4の信号を提供する乗算器と、
該入力信号の該周波数特徴に関連した第5の信号、および該入力信号の振幅特徴に関連した第6の信号を提供するために該乗算器に接続されたフィルタ手段とを含む、装置。

【請求項2】

前記フィルタは、ロウパスフィルタを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記入力信号と前記第1および第2のバンドパスフィルタとの間に接続されたバンドパスフィルタをさらに含む、請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記ロウパスフィルタは、実数部Rおよび虚数部Iを有する信号を提供し、前記フィルタ手段は、 $A = \log R$ および $F = I / \sqrt{R^2 + I^2}$ を計算するための回路を含む、請求項2に記載の装置。

【請求項5】

前記第1および第2のバンドパスフィルタの各々は、遅延エレメント、複素乗算器、および加算器を含む、請求項1に記載の装置。

【請求項6】

前記加算器は、前記入力発話信号を受信し、出力信号を出力し、該加算器は、入力発話信号および前記複素係数によって乗算された出力信号の遅延されたサンプルを含む信号を加算する、請求項5に記載の装置。

【請求項7】

特徴拡張回路をさらに含む、請求項4に記載の装置。

【請求項8】

前記特徴拡張回路の出力を統計的に処理し、該出力を複数の所定のモデルと比較するための回路をさらに含む、請求項7に記載の装置。

【請求項9】

前記特徴拡張回路は、AおよびFの離散コサイン変換を計算するための回路を含む、請求項7に記載の装置。

【請求項10】

前記特徴拡張回路は、Aの連続的な離散コサイン変換間の差を計算するため、およびFの連続的な離散コサイン変換間の差を計算するための回路をさらに含む、請求項7に記載の装置。

【請求項11】

音を電気信号に変換するためのトランスデューサと、
前記電気信号をデジタル信号に変換するためのサンプラーとをさらに含む、請求項1に記載の装置。

【請求項12】

デジタルプロセッサをさらに含み、前記第1および第2のバンドパスフィルタ、前記共役回路、前記乗算器、ならびに、前記フィルタ手段は、該デジタルプロセッサ上で実行されるように適応されたアルゴリズムをさらに含む、請求項1に記載の装置。

【請求項13】

(3)

特表2004-531767(P2004-531767A)

前記第1のバンドパスフィルタの周波数は、対数スケールに従って選択され、前記第2のバンドパスフィルタの周波数は、該第1のバンドパスフィルタの周波数未満の所定の周波数で選択される、請求項1に記載の装置。

【請求項14】

前記第2のフィルタの中心の周波数は、前記第1のフィルタの中心の周波数未満の100ヘルツである、請求項13に記載の装置。

【請求項15】

前記第1および第2のフィルタの帯域は重なる、請求項13に記載の装置。

【請求項16】

前記第1および第2のフィルタの帯域幅は同じである、請求項13に記載の装置。

【請求項17】

前記第1のバンドパスフィルタの周波数は、メルスケールに従って選択され、前記第2のバンドパスフィルタの周波数は、該第1のバンドパスフィルタの周波数未満の所定の周波数において選択される、請求項1に記載の装置。

【請求項18】

前記第2のフィルタの中心の周波数は、前記第1のフィルタの中心の周波数未満の100ヘルツである、請求項17に記載の装置。

【請求項19】

前記第1および第2のフィルタの帯域は重なる、請求項17に記載の装置。

【請求項20】

前記メルスケールは、式

【数1】

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right)$$

によって定義される、請求項17に記載の装置。

【請求項21】

前記第1および第2のフィルタの帯域幅は同じである、請求項17に記載の装置。

【請求項22】

前記第1および第2のバンドパスフィルタは、高速フーリエ変換を用いてインプリメントされる、請求項1に記載の装置。

【請求項23】

発話処理デバイスにおける使用のために入力発話信号から特徴を抽出するための方法であって、

該入力信号を、第1の周波数帯域における第1の信号および第2の周波数帯域における第2の信号を分離するステップと、

該第1の信号との共役を提供するステップと、

第3の信号を提供するために、該第1の信号の共役と第2の信号の共役を乗算するステップと、

該入力発話信号における周波数特徴に関連した周波数成分および該入力発話信号における振幅特徴に関連した振幅成分を生成するために、該第3の信号を処理するステップとを包含する、方法。

【請求項24】

前記第1および第2の信号を生成するために、前記入力信号を処理する前に、前記発話信号をハイパスフィルタリングするステップをさらに包含する、請求項23に記載の方法。

【請求項25】

前記第3の信号は、該第3の信号をロウパスフィルタリングするステップをさらに包含する、請求項23に記載の方法。

【請求項26】

前記第3の信号をロウパスフィルタリングするステップは、実数部Rおよび虚数部Iを有する信号を提供し、該第3の信号を処理するステップは、 $A = \log R$ および $F = I / \sqrt{R^2 + I^2}$ を計算するステップを包含する、請求項25に記載の方法。

【請求項27】

一連の特徴ベクトルを生成するための特徴強化技術を用いて前記第3の信号を処理するステップをさらに包含する、請求項26に記載の方法。

【請求項28】

前記一連の特徴ベクトルを複数の所定のモデルと比較することによって該一連の特徴ベクトルを統計的に処理するステップをさらに包含する、請求項27に記載の方法。

【請求項29】

AおよびFの離散コサイン変換を計算するステップをさらに包含する、請求項27に記載の方法。

【請求項30】

Aの連続的な離散コサイン変換間およびFの連続的な離散コサイン変換間の差を計算するステップをさらに包含する、請求項29に記載の方法。

【請求項31】

前記差を複数の所定のパターンパターンと比較するために、連続的に離散コサイン変換の間の差を統計的に処理するステップをさらに包含する、請求項30に記載の方法。

【請求項32】

音を電氣的信号に変換するステップと、
デジタル信号を供給するために、該電氣信号をサンプリングするステップであって、前記入力発話信号は、該デジタル信号を包含する、請求項23に記載の方法。

【請求項33】

対数スケールに従って前記第1の周波数を選択するステップ、および前記第1の周波数帯域の周波数未満の所定の周波数で前記第2の周波数帯域の周波数を選択するステップを包含する、請求項23に記載の方法。

【請求項34】

前記第2のフィルタの中心の周波数は、前記第1の周波数帯域の中心の周波数未満の100ヘルツである、請求項33に記載の方法。

【請求項35】

前記第1および第2の周波数帯域を重ね合わせるステップを包含する、請求項33に記載の方法。

【請求項36】

前記第1の周波数帯域の周波数をメルスケールに従って選択するステップ、および該第1の周波数帯域の周波数未満の所定の周波数における前記第2の周波数帯域の周波数を選択するステップを包含する、請求項23に記載の方法。

【請求項37】

前記第2の周波数帯域の中心周波数は、前記第1の周波数帯域の中心周波数未満の100ヘルツである、請求項36に記載の装置。

【請求項38】

前記第1および第2の周波数帯域を重ね合わせることを含む、請求項36に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(発明の背景)

本発明は、発話認識、音声識別、音声認証システムにおいて使用するための発話特徴抽出システムに関する。より詳細には、本発明は、低減されたエラーレートを有する発話認識

システムまたは他の発話処理システムを作成するために使用され得る発話特徴処理システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、発話認識システムは、発話者の音声信号を解析することによって発話された語を識別することを試みる装置である。発話は、特徴が抽出される電氣的形態に変換される。次いで、システムは、公知の発話ユニットに関連付けられた以前に格納されたモデルのシーケンスに特徴のシーケンスを整合させることを試みる。特定の規則に従って、特徴のシーケンスがモデルのシーケンスに対応する場合、対応する語は、発話認識システムによって認識されているとみなされる。

【0003】

しかし、バックグラウンド音（ラジオ、車の騒音、または他の付近の発話者）は、音声から有用な特徴を抽出することが困難であり得る。さらに、異なるマイクロホン、電話受話器または電話回線の使用等の周囲の条件の変化は、システム性能と干渉し得る。あるいは、発話者の距離、発話者間の差異、発話者の抑揚または強調、および発話者の健康であっても、システム性能に悪影響を与え得る。いくつかのこれらの問題のさらなる説明は、Richard A. Quinnellによる、「Speech Recognition: No Longer a Dream, But Still a Challenge,」EDM Magazine, 1995年1月19日、41〜46頁を参照のこと。

【0004】

ほとんどの発話認識システムでは、発話特徴は、ケプストラム解析によって抽出され、ケプストラム解析は、特定の周波数帯域におけるエネルギーを測定することを含む。この解析の結果は、これらの帯域の信号の振幅を反映する。連続的な期間にわたるこれらの振幅変化の解析は、振幅変調信号としてモデル化され得る。

【0005】

人間の耳が、受信された発話信号の周波数変調および振幅変調に敏感であるが、この周波数変調された量は、ケプストラム解析を実行するシステムにおいて部分的のみ反映される。

【0006】

従って、発話の周波数変調特徴および以前から公知の振幅変調特徴をキャプチャすることが可能である発話特徴抽出システムを提供することが望ましい。

【0007】

入力発話信号の周波数変調特徴に関する情報を提供する特徴抽出システムを組み込む発話認識および他の発話処理システムを提供することもまた望ましい。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0008】

（発明の要旨）

上記観点から、本発明の目的は、発話の周波数変調特徴および以前から公知の振幅変調特徴をキャプチャすることが可能な発話特徴抽出システムを提供することである。

【0009】

本発明のさらなる目的は、入力発話信号の周波数変調特徴に関する情報を提供する特徴抽出システムを組み込む発話認識および他の発話処理システムを提供することである。

【0010】

本発明は、発話の周波数変調特徴および振幅特徴を反映する発話特徴抽出システムを提供する。これは、一実施形態では、線形周波数スケール（「線形スケール」）に従って、隣接する周波数帯域において配置された複数の複素バンドパスフィルタを含むフィルタ抽出ステージによってなされる。複数の複素バンドパスフィルタは、複数のペアに分割される。1つのペアは、隣接する周波数帯域において2つの複素バンドパスフィルタを含む。各ペアに対して、より高い周波数（「一次周波数」）においてフィルタの出力は、より低い

周波数（「二次フィルタ」）におけるフィルタの出力の共役によって増倍される。生成した信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0011】

別の実施形態では、特徴抽出位相は、対数（または指数）周波数スケール（「対数スケール」）に従って配置された複数の複素バンドパスフィルタを含む。フィルタ対の一次フィルタは、対数スケールに沿った種々の周波数において集中される。各ペアの一次フィルタに対応する二次フィルタは、一次フィルタ未満の所定の周波数において集中される。各ペアに対して、一次フィルタの出力は、二次フィルタの出力の共役によって増倍される。生成した信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0012】

さらに別の実施形態では、複数のバンドパスフィルタがメルスケール（*mel-scale*）に従って配置される。フィルタ対の一次フィルタは、メルスケールに沿った種々の周波数において集中される。各ペアの一次フィルタに対応する二次フィルタは、一次フィルタ未満の所定の周波数において集中される。各ペアに対して、一次フィルタの出力は、二次フィルタの出力の共役によって増倍される。生成した信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0013】

さらに別の実施形態では、複数のバンドパスフィルタが、上述の線形およびログスケールメルスケール（*mel-scale*）に従って配置される。バンドパスフィルタのペアの部分は、線形スケールに従って隣接する周波数帯域に配置される。これらの対の各々に対して、一次フィルタの出力は、二次フィルタの出力の共役によって増倍される。生成した信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0014】

バンドパスフィルタの残りの対の一次フィルタは、対数スケールに沿った種々の周波数において集中され、一次フィルタに対応する二次フィルタは、一次フィルタ未満の所定の周波数で集中される。これらの対の各々に対して、一次フィルタの出力は、二次フィルタの出力の結合によって増倍される。生成した信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0015】

上述の実施形態に対して、ロウパスフィルタの各々は、2つの成分（ロウパスフィルタ出力が生成された隣接するバンドパスフィルタを通過した信号の周波数に実質的に敏感であるFM成分、および、隣接するバンドパスフィルタを通過した信号の振幅に実質的に敏感であるAM成分）を計算するために処理される。FM成分は、ロウパスフィルタ出力を生成するために使用された隣接するバンドパスフィルタの出力の位相差を反映する。

【0016】

次いで、AMおよびFM成分は、離散コサイン変換、メルスケール変換、平均規格化、デルタおよび加速度解析、線形判別分析、主成分解析等の公知の特徴分析を用いて処理され、統計的処理、あるいは他の認識または識別方法に対して適用可能な発話特徴を生成する。代替的な実施形態では、複数の複素バンドパスフィルタは、高速フーリエ変換（FFT）または他のデジタル信号処理（DSP）技術を用いてインプリメントされ得る。

【0017】

さらに、本発明の方法および装置は、発話認識システムにおけるケプストラル解析を実行することに加えて使用され得る。本発明の上記および他の目的が、添付の図面を考慮して、以下の詳細な説明の考慮によって明らかになる。その図面では、同様な参照符号は同様の部品を指す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

（発明の詳細な説明）

図1を参照すると、例示的なスピーチ認識システム5の一般的な記載は、本発明のスピーチ抽出システムを取り込むことが記載される。当業者に明らかなように、本発明のスピーチ特徴抽出システムはまた、話し手の識別、認証、および他の音声処理システムにおいて

用いられ得る。

【0019】

システム5は、プリフィルタリングステージ10、特徴抽出ステージ12、統計処理ステージ14、およびエネルギーステージ16の4つのステージを含む。

【0020】

プリフィルタリングステージ10、統計処理ステージ14、およびエネルギーステージ16は、当業者に公知のスピーチ処理技術を利用し、本発明の部分を形成しない。特徴抽出ステージ12は、本発明のスピーチ特徴抽出システムを取り込み、以下に記載されるように、当業者に公知である特徴拡張技術を含む。

【0021】

音声スピーチ信号は、マイクロホン、受話器、または他のデバイスによって電気的な信号に変換され、システム5に入力スピーチ信号として提供される。本発明の好適な実施形態において、電気的な信号は、サンプリングされるか、またはデジタル化され、音声スピーチを表すデジタル信号(IN)を提供する。プリフィルタリングステージ10は、音声信号INの高周波コンポーネントを増幅して、プリフィルタリングされた信号は、次に、特徴抽出ステージ12に提供される。

【0022】

特徴抽出ステージ12は、プリフィルタリングされた信号Xを処理して、スピーチ認識のために役立ち得る入力信号INの特性に関連した特徴ベクトルのシーケンスを生成する。特徴抽出ステージ12の出力は、特徴ベクトルのシーケンスと好適な統計なモデルとを比較して、入力信号INにおいてワードまたは他のスピーチユニットを識別する統計処理ステージ14によって用いられる。特徴ベクトルは、例えば、Jelinekの「Statistical Methods for Speech Recognition」、The MIT Press、1997、pp. 15-37に記載される隠れマルコフモデル(Hidden Markov Model; HMM)といった公知の技術を用いてモデルが比較される。統計処理ステージ14の出力は、認識されたワードまたは特定のアプリケーションによる他の適切な出力である。

【0023】

ステージ14における統計処理は、ローカルに実行されるか、またはステージ10、12の処理が実行される場合に関連して、遠隔位置で実行され得る。例えば、特徴ベクトルのシーケンスは、統計処理のために遠隔サーバに転送され得る。

【0024】

図1の例示のスピーチ認識システムは、好適には、入力信号INのフレームにおいて総エネルギーを示す出力信号を提供するエネルギーステージ16をさらに含む。統計処理ステージ14は、この総エネルギー情報を用いて、入力信号に含まれるスピーチの改善された認識を提供し得る。

【0025】

ここで図2を参照すると、プリフィルタリングステージ10および特徴抽出ステージ12は、より詳細に記載される。プリフィルタリングステージ10は、入力信号の高周波コンポーネントを増幅するハイパスフィルタである。プリフィルタリングステージ10は、1サンプル遅延素子21、乗算器23、および加算器24を含む。乗算器23は、典型的に -0.97 のある値を有する定常の k_f によって1サンプル遅延された信号を乗算する。プリフィルタリングステージ10の出力Xは、バンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n のバンクにおけるサンプリングレートにおいて出力される。

【0026】

一実施形態において、バンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n は、近接した周波数バンドにおいて位置付けられる。図5のグラフ72において示されるように線形周波数スケール(「線形スケール」)68によってバンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n の間隔があげられる。用語「線形周波数スケール」は、通常かつ従来の意味(すなわち、実際の周波数分割は不規則に間隔があげられる)に従って本明細書中に用いられ

(8)

特表2004-531767(P2004-531767A)

る。複数の複素バンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n は、ペア P_{1-2} に分割される。ペア(P_1 または P_2)は、隣接した周波数バンドにそれぞれ2つの複素バンドパスフィルタ(30_{1-2} または 30_{3-4})を含む。全てのペア(P_1 または P_2)のため、高周波数バンド(30_2 または 30_4)におけるフィルタの出力(「一次フィルタ」として以下に言及される)は、より低い周波数バンド(30_1 または 30_3)におけるフィルタの出力の共役によって乗算される(「二次フィルタ」として以下に言及される)。結果として生じる信号は、ローパスフィルタリングされる。

【0027】

バンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n の数および周波数バンドの幅は、好適には、スピーチ処理システムのアプリケーションによって選択される。例えば、電話技術のアプリケーションに役立つシステムは、中心周波数からほぼ100Hz離れた周波数を有する約40のバンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n を利用する。例えば、フィルタ 30_1 は50Hzの中心周波数を有し、フィルタ 30_2 は150Hzの中心周波数を有し、フィルタ 30_3 は250Hzの中心周波数を有し得、ゆえに、フィルタ 30_4 の中心周波数は3950Hzである。各フィルタのバンド幅は、数百ヘルツであり得る。

【0028】

別の実施形態において、図6のグラフ70に示されるように、バンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_{108} は、例えば、対数的(または指数関数的)周波数スケール74(「対数スケール」といった非線形周波数スケールによって構成される。用語対数的周波数は、通常かつ従来の意味によって本明細書中に用いられる。

【0029】

経験的な証明は、図5の線形スケール68の代わりに図6の対数スケール74を用いることが音声認識性能を改良することを示唆する。すなわち、なぜなら、人間の耳は、音声スペクトルを超える周波数を非線形に消滅するからである。線形スケール68の代わりに対数スケールを用いる別の利点は、対数スケール74がさらなるバンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n を用いることなく周波数スペクトルのより広い領域をカバーし得る。

【0030】

バンドパスフィルタ 30_{1-108} のペア P_{1-54} は、対数スケール74によって間隔がつけられる。ペア P_1 はフィルタ 30_1 および 30_2 を含み、ペア P_{10} はフィルタ 30_{19} を含み、ペア P_{54} はフィルタ 30_{107} および 30_{108} を含む。この構成において、フィルタ 30_1 、 30_{20} および 30_{108} は一次フィルタであり、フィルタ 30_{19} 、および 30_{107} は二次フィルタである。

【0031】

1つの好適な実施形態において、一次フィルタ 30_2 、 30_{20} 、...、 30_{108} は、対数スケール74に沿った多様な周波数において集中され、二次フィルタ 30_1 、 30_3 、...、 30_{107} は、それぞれ、一次フィルタ 30_2 、 30_4 、...、 30_{108} に対応する100ヘルツ(Hz)未満に集中される。図6のグラフ70を作成するために例示のMATLABコードは以下に示される。

【0032】

【数2】

```
v=(2.^[26.715:0.25:40]/3.345)); % バンドパスフィルタペアに対する中心周波数を生成する

f(2:2:2*length(v))=v+50;      % 一次フィルタ中心周波数

f(1:2:2*length(v))=v-50;      % 二次フィルタ中心周波数

semilogy([v'+50 v'-50],'.');grid % 対数スケール上の中心周波数をプロットする
```

(9)

特表2004-531767(P2004-531767A)

別の実施形態において、一次フィルタ 30_2 、 30_{20} 、...、 30_{108} および二次フィルタ 30_1 、 30_3 、...、 30_{107} の中心周波数は、別々および独立したアルゴリズムを用いて配置され得、二次フィルタ 30_1 、 30_3 、...、 30_{107} がそれらの対応する一次フィルタ 30_2 、 30_{20} 、...、 30_{108} 未満の100ヘルツ(Hz)に集中される。

【0033】

一実施形態において、バンドパスフィルタ 30_{1-108} は、三角形状である。別の実施形態において、バンドパスフィルタ 30_{1-108} は、特定の音声認識システムの必要性による多様な形状であり得る。

【0034】

対数スケール74は、0~4000Hzの領域に示され得る。全てのペア P_{1-54} に対して、一次フィルタ 30_2 、 30_{20} 、...、 30_{108} の出力は、二次フィルタ 30_1 、 30_3 、...、 30_{107} の出力の共役によって乗算される。結果として生じる信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0035】

ペア P_{1-54} は、より低い周波数がより高い周波数よりもより高い集中ペア P_{1-54} の共役を含むように構成される。例えば、500~1000Hzの周波数領域において7つのペア(P_{16-22})があり、3000~3500Hzの周波数領域において3つだけのペア(P_{49-51})がある。従って、より低い周波数においてオーバーサンプリングがあり、この実施形態は、より高い周波数において少なくともいくつかのサンプリングをさらに実行する。対数スケール74に沿ったペア P_{1-54} の集中は、特定の音声認識システムの必要性によって変化され得る。

【0036】

デジタル信号処理設計の当業者に明らかであるように、前述の実施形態のバンドパスフィルタは、任意の多くのソフトウェアまたはハードウェア技術を用いてインプリメントされ得る。例えば、複数の複素フィルタは、高速フーリエ変換(FFT)、チャープZ変換、他の周波数ドメイン分析技術を用いてインプリメントされ得る。

【0037】

代替の実施形態において、図7に記載されるように、バンドパスフィルタ 30_1 、 30_2 、...、 30_n は、例えば、メルスケールといった非線形周波数スケールによって構成される。メルスケール80は、音声認識システムの技術において周知であり、典型的に等式

【0038】

【数3】

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right)$$

によって定義される。ここで、 f は、線形スケール68による周波数を表し、 $Mel(f)$ は、それに対応するメルスケール80の周波数を表す。

【0039】

図7は、メルスケール80によって間隔がつけられたバンドパスフィルタ 30_{1-9} を示すグラフ84の一実施形態を示す。中心周波数(CF_{1-9})は、上述の等式を用いることによって計算される $Mel(f)$ 値である。典型的に、フィルタ 30_{1-9} は、ゼロからナイキスト(Nyquist)周波数までの全体の周波数領域に広がる。一実施形態において、フィルタ 30_{1-9} は、同じバンド幅を有する。別の実施形態において、フィルタ 30_{1-9} は異なるバンド幅を有し得る。

【0040】

図8に記載される、さらに別の実施形態において、バンドパスフィルタ 30_{1-8} は線形68および非線形74の周波数スケールの組み合わせによって間隔がつけられる。バンドパスフィルタ 30_{1-4} (P_{1-2})は、線形周波数68によって隣接した周波数バンド

(10)

特表2004-531767(P2004-531767A)

に構成される。

【0041】

一次フィルタ30₆および30₈は、対数スケール74に沿って集中される。二次フィルタ30₅および30₇は、30₆および30₈の中心周波数未満の100Hzの周波数において集中される。これらのペア(P₁またはP₂)のそれぞれのため、一次フィルタ(30₆および30₈)の出力は、二次フィルタ(30₅および30₇)の出力の共役によってそれぞれ乗算され、結果的に生じる信号は、ロウパスフィルタリングされる。

【0042】

図2を再度参照すると、ブロック40₁₋₂₀は、バンドパスフィルタ30₁、30₂、...、30_{n-1}の出力信号の複素共役を提供する。乗算器ブロック42₁₋₂₀は、近似のより高い周波数のバンドパスフィルタ30₂、30₄、30₆、...、30₄₀の出力によって複素共役を乗算する。つぎに、出力信号Z₁₋₂₀は、一連のロウパスフィルタ44₁₋₂₂を通される。ロウパスフィルタの出力は、典型的に、特徴フレームレートにおいてのみ生成される。例えば、8kHzの入力スピーチサンプリングレートにおいて、ロウパスフィルタの出力は、10ミリ秒毎に1度の特徴フレームレートにおいて計算されるだけである。

【0043】

ロウパスフィルタ44₁₋₂₂の各出力は、実数のコンポーネントRおよび虚数のコンポーネントIを有する複素信号である。ブロック46₁₋₂₀は、ロウパスフィルタ出力の実数および虚数のコンポーネントを処理し、等式(1)および(2)、

【0044】

【数4】

$$A_i = \log R \quad (1)$$

$$F_i = \frac{I_i}{\sqrt{R_i^2 + I_i^2}} \quad (2)$$

に示されるように出力信号A₁₋₂₀およびF₁₋₂₀を提供し、ここで、R_iおよびI_iは対応するロウパスフィルタ出力の実数および虚数のコンポーネントである。出力信号A_iは、ロウパスフィルタ出力の振幅の関数であり、F_iはロウパスフィルタ出力が生成された隣接したバンドパスフィルタによって通過される信号の周波数の関数である。入力信号の振幅および周波数を示す2つのセットの信号を計算することによって、本発明のスピーチ特徴抽出システムを組み込むスピーチ認識システムは、減少されるエラーレートを提供するように期待される。

【0045】

次に、振幅信号A₁₋₂₀および周波数信号F₁₋₂₀は、例えば、離散コサイン変換、メルスケール変換、平均規格化、デルタおよび加速度分析、線形判別分析、ならびに、当該分野において本来公知である主要コンポーネント分析を用いて、特徴拡張コンポーネント12bにおける従来の特徴拡張技術を用いて処理される。本発明のスピーチ抽出システムに組み込む本発明のスピーチ認識システムの好適な実施形態は、本明細書中で以下に記載されるように、離散コサイン変換およびデルタ特徴技術を利用する。

【0046】

さらに図2を参照すると、特徴拡張コンポーネント12bは、出力信号A₁₋₂₀およびF₁₋₂₀を受信し、それぞれ離散コサイン変換(DCT)ブロック50および54を用いてそれらの信号を処理する。DCT50および54は、信号A₁₋₂₀およびF₁₋₂₀の分散行列を対角化するように試みる。これは、DCT50の出力信号B₀₋₁₉およ

(1 1)

特表2004-531767(P2004-531767A)

びDCT54の出力信号 C_{0-19} における特徴を無相関するために役立つ。次に、出力信号 B_{0-19} および C_{0-19} の各セットは統計的な処理ステージ14に入力される。出力信号 B_{0-19} を提供するように入力信号 A_{0-20} 上のDCT50によって実行される関数は等式(3)によって示され、出力信号 C_{0-19} を提供するように入力信号 F_{1-20} 上のDCT54によって実行される関数は等式(4)によって示される。

【0047】

【数5】

$$B_r = D(r) \sum_{n=0}^{N-1} A_{n+1} \cdot \cos \frac{(2n+1)\pi r}{2N} \quad (3)$$

$$C_r = D(r) \sum_{n=0}^{N-1} F_{n+1} \cdot \cos \frac{(2n+1)\pi r}{2N} \quad (4)$$

等式(3)および(4)において、Nは入力信号ベクトルAおよびFの長さ(例えば、図2において $N=20$)に等しく、nは0から $N-1$ のインデックス(例えば、図2の実施形態において $n=0\sim19$)であり、rは出力信号BおよびCのインデックス(例えば、図2の実施形態において $r=0\sim19$)である。従って、各ベクトル出力信号 B_r のため、入力信号 A_{1-20} の各ベクトルは、コサイン関数および $D(r)$ によって乗算され、等式(3)において示されるように共に加算される。各ベクトル出力信号 C_r のため、入力信号 S_{1-20} の各ベクトルは、コサイン関数および $D(r)$ によって乗算され、等式(4)において示されるように共に加算される。 $D(r)$ は、等式

【0048】

【数6】

$$D(r) = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad r = 0 \text{ に対して} \quad (5)$$

$$D(r) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{N}} \quad r > 0 \text{ に対して} \quad (6)$$

によって得られる係数である。

【0049】

出力信号 B_{0-19} および C_{0-19} はまた、それぞれデルタブロック52および56に入力される。デルタブロック52および56のそれぞれは、連続的な特徴フレーム間の特徴ベクトル値の測定間の差を取得し、この差がスピーチ認識性能を拡張するように用いられ得る。いくつかの差の式は、当該分野に公知であるように、デルタブロック52および56によって用いられ得る。例えば、デルタブロック52および56は、2つの連続的な特徴フレーム間の差を取得し得る。デルタブロック52および56の出力信号は、統計処理ステージ14に入力される。

【0050】

式

【0051】

(1 2)

特表2004-531767(P2004-531767A)

【数7】

$$E(nT) = \log \left(\frac{\sum_{i=0}^{K-1} I N_{(n-i)T}^2}{K} \right) \quad (7)$$

によって、入力スピーチ信号 I N の各フレームの総エネルギーの対数（E で表される）を計算するための図 2 のエネルギーステージ 1 6 は、既に公知の技術である。

【0052】

式（7）は、エネルギーブロック 1 6 が前の L サンプリング間隔（例えば、K=220、T=1/8000 秒）の間の入力信号 I N の値の正方形の和を取得し、K で和を割って、最終的な結果の対数を取得することを示す。エネルギーブロック 1 6 はフレーム毎（例えば、10 ミリ秒）にこの計算を実行し、統計処理ブロック 1 4 に入力としての結果を提供する。

【0053】

ここで、図 3 を参照すると、本発明の特徴抽出システムにおける使用に適した例示の複素バンドパスフィルタ 3 0' が記載される。フィルタ 3 0' は、加算器 3 1、乗算器 3 2、および 1 サンプル遅延素子 3 3 を含む。乗算器 3 2 は、1 サンプル遅延出力 Y に複素係数 G を掛けて、結果として、入力信号 X に足されて、出力信号 Y を生成する。

【0054】

本発明の特徴抽出システムの代替の実施形態は、図 4 に関して記載される。図 4 の実施形態は、図 2 の実施形態に類似しており、フィルタリングステージ 1 0、統計処理ステージ 1 4、およびエネルギーステージ 1 6 を含み、上述されるように実質的に動作する。しかし、図 4 の実施形態は、特徴抽出ステージ 1 2' が特徴抽出システム 1 2 a' 内でさらなる回路部を含むという前述される実施形態とは異なり、特徴ベクトルはさらなる情報を含む。

【0055】

例えば、特徴抽出ステージ 1 2 a' は、バンドパスフィルタ 3 0 1-4 1 のバンクおよび共役ブロック 4 0 1-4 0 を含む。各バンドパスフィルタの出力は、乗算器 4 2 1-4 0 によるより低い隣接したバンドパスフィルタの出力の共役と組み合わせられ、計算ブロック 4 6 1-4 0 は、ベクトルが 2 0 の代わりに 4 0 の素子の長さを有することを除いて、上述されるようにベクトル A および F を計算する。DCT 5 0 および 5 4、ならびに、特徴拡張コンポーネント 1 2 b' のデルタブロック 5 2 および 5 6 は、4 0 の素子入力ベクトルを承認して、4 0 の素子ベクトルを統計処理ブロック 1 4 に出力する。バンドパスフィルタ 3 0 1-4 1 が例えば対数スケールまたはメルスケールといった非線型周波数スケールによって構成される場合、図 4 に示される構成は適用できないことは理解される。

【0056】

本発明は、意図された音声処理アプリケーションによってバンドパスフィルタ 3 0 の任意の数、ならびに、共役ブロック 4 0、乗算器 4 2、ローパスフィルタ 4 4、およびブロック 4 6 の対応する数を含み、各ローパスフィルタの出力信号 A および F を提供し得る。特徴抽出ステージを含む。さらに、信号 A および F は、重み付けされた状態で組み合わせられ得、信号の一部のみが使用され得る。例えば、一周波数ドメインにおける振幅信号、ならびに、別の周波数ドメインにおける振幅と周波数との組み合わせのみを用いることは利点があり得る。

【0057】

本発明の好適な例示の実施形態が上述され、多様な変化および変更が本発明から逸脱することなくなされることは、当業者によって理解され、本発明の実際の意図および範囲内に含まれるような全ての变化および変更をカバーすることが、添付の特許請求の範囲において意図される。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】図1は、本発明の発話特徴抽出システムを組み込む例示的な発話認識システムのブロック図である。

【図2】図2は、図1の発話認識システムの詳細なブロック図である。

【図3】図3は、本発明の特徴抽出システムをインプリメントするために適するバンドパスフィルタの詳細なブロック図である。

【図4】図4は、本発明の代替的な発話特徴抽出システムを含む発話認識の代替的な実施形態の詳細なブロック図である。

【図5】図5は、線形的な周波数スケールに従って配置されたバンドパスフィルタ周波数を示すグラフである。

【図6】図6は、対数周波数スケールに従って配置されたバンドパスフィルタのペアを示すグラフである。

【図7】図7は、メルスケールに従って配置されたバンドパスフィルタのペアを示すグラフである。

【図8】図8は、線形および対数周波数スケールの組み合わせに従って配置されたバンドパスフィルタ周波数を示すグラフである。

【図1】

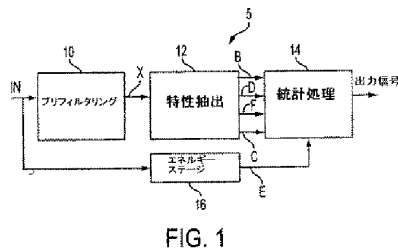


FIG. 1

【図2】

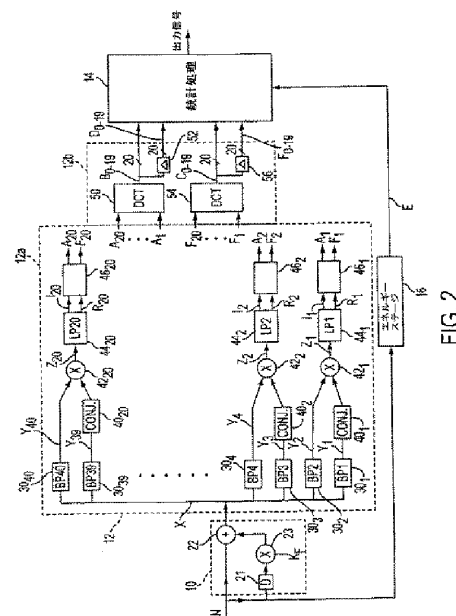


FIG. 2

(1 4)

特表2004-531767 (P2004-531767A)

【図4】

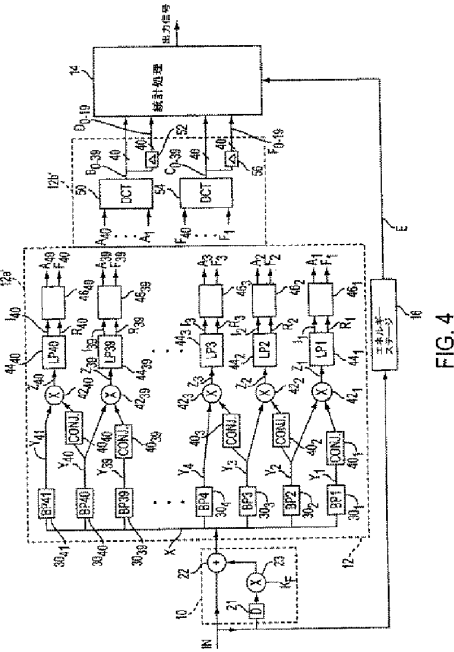


FIG. 4

【図5】

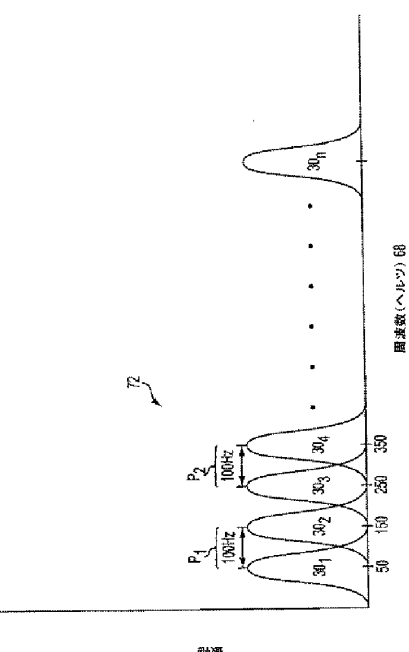


FIG. 5

【図6】

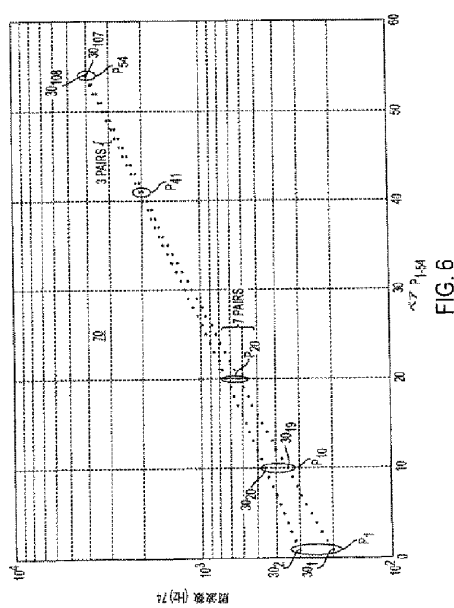


FIG. 6

【図7】

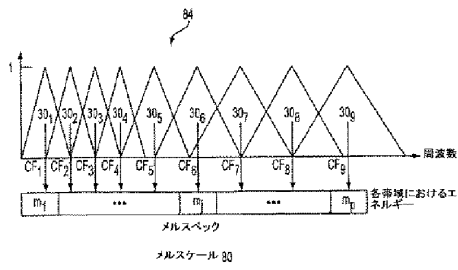


FIG. 7

(1 5)

特表2004-531767(P2004-531767A)

【図8】

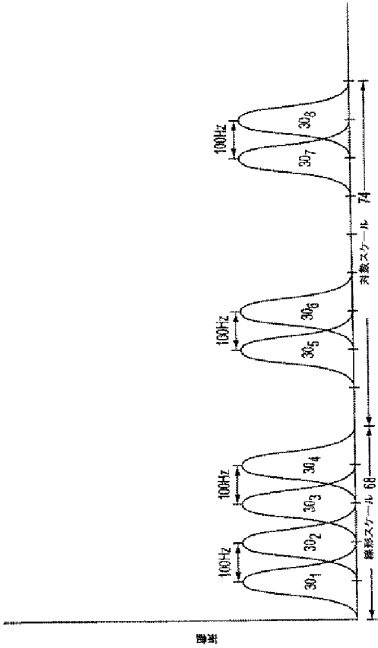


FIG. 8

(1 6)

特表2004-531767(P2004-531767A)

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
27 December 2002 (27.12.2002)

PCT

(16) International Publication Number
WO 02/103676 A1

(51) International Patent Classification: G 10L 15/02

(21) International Application Number: PCT/US02/19182

(22) International Filing Date: 14 June 2002 (14.06.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 09/622,744 15 June 2001 (15.06.2001) US

(71) Applicant and
(72) Inventor: BRANDMAN, Nigel (US/US); c/o Donald
Driver, Palo Alto, CA 94306 (US)(74) Agents: PISANO, Nicola, A. et al.; c/o Fish & Nease,
1251 Avenue of the Americas, New York, NY 10020 (US)(81) Designated States (national): AE, AG, AI, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CZ,

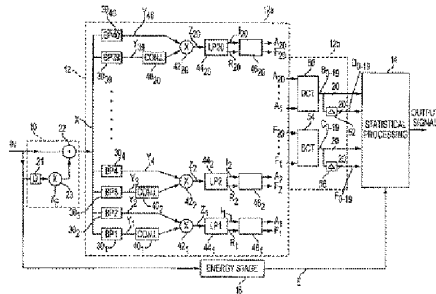
CZ, DE, DK, DM, DO, EC, EG, ES, FI, GB, GR, GM,
GU, HK, HN, IL, IN, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE,
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN,
YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (epitaph): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MY, SD, SI, SZ, TZ, ZM, ZW),
European patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent
(BF, BJ, CI, CG, CL, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NI, SN, TD, TG).

Published:
with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: SPEECH FEATURE EXTRACTION SYSTEM



(57) Abstract: A system (1) suitable for use in a speech recognition system or other voice processing system (10) extracts features related to the frequency (16, F) and amplitude (16, A) characteristics of an input speech signal (20) using a plurality of complex band-pass filters (30) by processing the outputs of adjacent band-pass filters (42).

WO 02/103676

PCT/US02/19182

SPEECH FEATURE EXTRACTION SYSTEM

Background of the Invention

This invention relates to a speech feature extraction system for use in speech recognition, voice identification or voice authentication systems. More specifically, this invention relates to a speech feature extraction system that can be used to create a speech recognition system or other speech processing system with a reduced error rate.

Generally, a speech recognition system is an apparatus that attempts to identify spoken words by analyzing the speaker's voice signal. Speech is converted into an electronic form from which features are extracted. The system then attempts to match a sequence of features to previously stored sequence of models associated with known speech units. When a sequence of features corresponds to a sequence of models in accordance with specified rules, the corresponding words are deemed to be recognized by the speech recognition system.

However, background sounds such as radios, car noise, or other nearby speakers can make it difficult to extract useful features from the speech. In addition, a change in the ambient conditions such as the use of a

WO 02/103676

PCT/US02/19182

- 2 -

different microphone, telephone handset or telephone line can interfere with system performance. Also, a speaker's distance from the microphone, differences between speakers, changes in speaker intonation or emphasis, and even a speaker's health can adversely impact system performance. For a further description of some of these problems, see Richard A. Quinnell, "Speech Recognition: No Longer a Dream, But Still a Challenge," EDN Magazine, January 19, 1995, p. 41-46.

10 In most speech recognition systems, the speech features are extracted by cepstral analysis, which generally involves measuring the energy in specific frequency bands. The product of that analysis reflects the amplitude of the signal in those bands. Analysis of
15 these amplitude changes over successive time periods can be modeled as an amplitude modulated signal.

Whereas the human ear is sensitive to frequency modulation as well as amplitude modulation in received speech signals, this frequency modulated content
20 is only partially reflected in systems that perform cepstral analysis.

Accordingly, it would be desirable to provide a speech feature extraction system capable of capturing the frequency modulation characteristics of speech, as well
25 as previously known amplitude modulation characteristics.

It also would be desirable to provide speech recognition and other speech processing systems that incorporate feature extraction systems that provide information on frequency modulation characteristics of
30 the input speech signal.

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 3 -

Summary of the Invention

In view of the foregoing, it is an object of the present invention to provide a speech feature extraction system capable of capturing the frequency modulation characteristics of speech, as well as previously known amplitude modulation characteristics.

It also is an object of this invention to provide speech recognition and other speech processing systems that incorporate feature extraction systems that provide information on frequency modulation characteristics of the input speech signal.

The present invention provides a speech feature extraction system that reflects frequency modulation characteristics of speech as well as amplitude characteristics. This is done by a feature extraction stage which, in one embodiment, includes a plurality of complex band pass filters arranged in adjacent frequency bands according to a linear frequency scale ("linear scale"). The plurality of complex band pass filters are divided into pairs. A pair includes two complex band pass filters in adjacent frequency bands. For every pair, the output of the filter in the higher frequency band ("primary frequency") is multiplied by the conjugate of the output of the filter in the lower frequency band ("secondary filter"). The resulting signal is low pass filtered.

In another embodiment, the feature extraction phase includes a plurality of complex band pass filters arranged according to a logarithmic (or exponential) frequency scale ("log scale"). The primary filters of the filter pairs are centered at various frequencies

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 4 -

along the log scale. The secondary filter corresponding to the primary filter of each pair is centered at a predetermined frequency below the primary filter. For every pair, the output of the primary filter is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

In yet another embodiment, the plurality of band pass filters are arranged according to a mel-scale. The primary filters of the filter pairs are centered at various frequencies along the mel-scale. The secondary filter corresponding to the primary filter of each pair is centered at a predetermined frequency below the primary filter. For every pair, the output of the primary filter is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

In still another embodiment, the plurality of band pass filters are arranged according to a combination of the linear and log scale embodiments mentioned above. A portion of the pairs of the band pass filters are arranged in adjacent frequency bands according to a linear scale. For each of these pairs, the output of the primary filter is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

The primary filters of the remaining pairs of band pass filters are centered at various frequencies along the log scale and the secondary filters corresponding to the primary filters are centered at a predetermined frequency below the primary filters. For

WO 02/103676

PCT/US02/19182

- 5 -

every pair, the output of the primary filter is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

5 For the embodiments described above, each of the low pass filter outputs is processed to compute two components: a FM component that is substantially sensitive to the frequency of the signal passed by the adjacent band pass filters from which the low pass filter
10 output was generated, and an AM component that is substantially sensitive to the amplitude of the signal passed by the adjacent band pass filters. The FM component reflects the difference in the phase of the outputs of the adjacent band pass filters used to
15 generate the lowpass filter output.

The AM and FM components are then processed using known feature enhancement techniques, such as discrete cosine transform, mel-scale translation, mean normalization, delta and acceleration analysis, linear
20 discriminant analysis and principal component analysis, to generate speech features suitable for statistical processing or other recognition or identification methods. In an alternative embodiment, the plurality of complex band pass filters can be implemented using a Fast
25 Fourier Transform (FFT) of the speech signal or other digital signal processing (DSP) techniques.

In addition, the methods and apparatus of the present invention may be used in addition to performing cepstral analysis in a speech recognition system.
30

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 6 -

Brief Description of the Drawings

The above and other objects and advantages of the present invention will be apparent upon consideration of the following detailed description, taken in

5 conjunction with the accompanying drawings, in which like reference characters refer to like parts throughout, and in which:

FIG. 1 is a block diagram of an illustrative speech recognition system incorporating the speech
10 feature extraction system of the present invention;

FIG. 2 is a detailed block diagram of the speech recognition system of FIG. 1; and

FIG. 3 is a detailed block diagram of a band pass filter suitable for implementing the feature
15 extraction system of the present invention; and

FIG. 4 is a detailed block diagram of an alternative embodiment of a speech recognition including an alternative speech feature extraction system of the present invention; and

20 FIG. 5 illustrates is a graph showing band pass filter frequencies spaced according to a linear frequency scale; and

FIG. 6 is a graph showing pairs of band pass filters spaced according to a logarithmic frequency
25 scale; and

FIG. 7 is a graph showing band pass filter frequency pairs spaced according to a mel-scale; and

FIG. 8 is a graph showing band pass filter frequencies spaced according to a combination of linear
30 and logarithmic frequency scales.

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

- 7 -

Detailed Description of the Invention

Referring to FIG. 1, a generalized depiction of illustrative speech recognition system 5 is described that incorporates the speech extraction system of the present invention. As will be apparent to one of ordinary skill in the art, the speech feature extraction system of the present invention also may be used in speaker identification, authentication and other voice processing systems.

System 5 illustratively includes four stages: pre-filtering stage 10, feature extraction stage 12, statistical processing stage 14, and energy stage 16.

Pre-filtering stage 10, statistical processing stage 14 and energy stage 16 employ speech processing techniques known in the art and do not form part of the present invention. Feature extraction stage 12 incorporates the speech feature extraction system of the present invention, and further includes feature enhancement techniques which are known in the art, as described hereinafter.

Audio speech signal is converted into an electrical signal by a microphone, telephone receiver or other device, and provided as an input speech signal to system 5. In a preferred embodiment of the present invention, the electrical signal is sampled or digitized to provide a digital signal (IN) representative of the audio speech. Pre-filtering stage 10 amplifies the high frequency components of audio signal IN, and the prefiltered signal is then provided to feature extraction stage 12.

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 8 -

Feature extraction stage 12 processes pre-filtered signal X to generate a sequence of feature vectors related to characteristics of input signal IN that may be useful for speech recognition. The output of
5 Feature extraction stage 12 is used by statistical processing stage 14 which compares the sequence of feature vectors to predefined statistical models to identify words or other speech units in the input signal IN. The feature vectors are compared to the models using
10 known techniques, such as the Hidden Markov Model (HMM) described in Jelinek, "Statistical Methods for Speech Recognition," The MIT Press, 1997, pp. 13-37. The output of statistical processing stage 14 is the recognized word, or other suitable output depending upon the
15 specific application.

Statistical processing at stage 14 may be performed locally, or at a remote location relative to where the processing of stages 10, 12, and 16 are performed. For example, the sequence of feature vectors
20 may be transmitted to a remote server for statistical processing.

The illustrative speech recognition system of FIG. 1 preferably also includes energy stage 16 which provides an output signal indicative of the total energy
25 in a frame of input signal IN. Statistical processing stage 14 may use this total energy information to provide improved recognition of speech contained in the input signal.

Referring now to FIG. 2, pre-filtering stage 10 and feature extraction stage 12 are described in greater
30 detail. Pre-filtering stage 10 is a high pass filter

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 9 -

that amplifies high frequency components of the input signal. Pre-filtering stage 10 comprises one-sample delay element 21, multiplier 23 and adder 24. Multiplier 23 multiplies the one-sample delayed signal by constant K_4 , which typically has a value of -0.97. The output of pre-filtering stage 10, X, is input at the sampling rate into a bank of band pass filters 30₁, 30₂, 30_n.

In one embodiment, the band pass filters 30₁, 30₂, 30_n are positioned in adjacent frequency bands. The spacing of the band pass filters 30₁, 30₂, 30_n is done according to a linear frequency scale ("linear scale") 68 as shown in graph 72 of FIG. 5. The term "linear frequency scale" is used in this specification in accordance with its ordinary and accustomed meaning, i.e., the actual frequency divisions are uniformly spaced. The plurality of complex band pass filters 30₁, 30₂, 30_n are divided into pairs P₁₋₂. A pair (P₁ or P₂) includes two complex band pass filters (30₁₋₂ or 30₃₋₄) respectively in adjacent frequency bands. For every pair (P₁ or P₂), the output of the filter in the higher frequency band (30₂ or 30₄) (referred to hereinafter as the "primary filter") is multiplied by the conjugate of the output of the filter in the lower frequency band (30₁ or 30₃) (referred to hereinafter as the "secondary filter"). The resulting signal is low pass filtered.

The number of band pass filters 30₁, 30₂, 30_n and width of the frequency bands preferably are selected according to the application for the speech processing system. For example, a system useful in telephony applications preferably will employ about forty band pass filters 30₁, 30₂, 30_n having center

WO 02/103676

PCT/US02/19182

- 10 -

frequencies approximately 100 Hz apart. For example, filter 30₁ may have a center frequency of 50 Hz, filter 30₂ may have a center frequency of 150 Hz, filter 30₃ may have a center frequency of 250 Hz, and so on, so that the center frequency of filter 30₁₀ is 3950 Hz. The bandwidth of each filter may be several hundred Hertz.

In another embodiment, as illustrated in the graph 70 of FIG. 6, the band pass filters 30₁, 30₂, ..., 30₁₀₀ are arranged according to a non-linear frequency scale such as a logarithmic (or exponential) frequency scale 74 ("log scale"). The term logarithmic frequency scale is used in this specification according to its ordinary and accustomed meaning.

Empirical evidence suggests that using log scale 74 of FIG. 6 instead of linear scale 68 of FIG. 5 improves voice recognition performance. That is so because the human ear resolves frequencies non-linearly across the audio spectrum. Another advantage using log scale 74 instead of linear scale 68 is that log scale 74 can cover a wider range of frequency spectrum without using additional band pass filters 30₁, 30₂, ..., 30_N.

Pairs P₁₋₅₄ of band pass filters 30₁₋₁₀₀ are spaced according to log scale 74. Pair P₁ includes filters 30₁ and 30₂, pair P₁₀ includes filters 30₁₉ and 30₂₀, and pair P₅₄ includes filters 30₁₀₇ and 30₁₀₈. In this arrangement, filters 30₂, 30₂₀ and 30₁₀₈ are the primary filters and filters 30₁, 30₁₉ and 30₁₀₇ are the secondary filters.

In one preferred embodiment, primary filters 30₂, 30₂₀, ..., 30₁₀₈ are centered at various frequencies along log scale 74, while secondary filters 30₁, 30₁₉, ..., 30₁₀₇ are

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

- 11 -

centered 100 hertz (Hz) below corresponding primary filters 30_2 , $30_4 \dots 30_{108}$ respectively. An exemplary MATLAB code to generate graph 70 of FIG. 6 is shown below.

```

5  v=(2.^(26.715:0.25:40)/3.345)); % Generate center frequencies for bandpass filter pairs
    f(2:2*length(v))=v+50; % Primary filters center frequencies
    f(1:2*length(v))=v-50; % Secondary filters center frequencies
10  semilogx([v/50 v-50],9:grid) % Plot center frequencies on a logarithmic scale

```

In another embodiment, the center frequencies of primary filters $30_2, 30_{20} \dots 30_{108}$ and secondary filters $30_1, 30_3 \dots 30_{107}$ may be placed using separate and independent algorithms, while ensuring that secondary filters $30_1, 30_3 \dots 30_{107}$ are centered 100 hertz (Hz) below their corresponding primary filters $30_2, 30_4 \dots 30_{108}$, respectively.

In one embodiment, band pass filters 30_{1-108} are of triangular shape. In other embodiments, band pass filters 30_{1-108} can be of various shapes depending on the requirements of the particular voice recognition systems.

Log scale 74 is shown to range from 0-4000 Hz. For every pair P_{1-54} , the output of the primary filter $30_2, 30_4 \dots 30_{108}$ is multiplied by the conjugate of the output of secondary filter $30_1, 30_3 \dots 30_{107}$. The resulting signal is low pass filtered.

The pairs P_{1-54} are arranged such that the lower frequencies include a higher concentration of pairs P_{1-54} than the higher frequencies. For example, there are 7 pairs (P_{14-22}) in the frequency range of 500-1000 Hz while there are only 3 pairs (P_{49-51}) in the frequency range of

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

- 12 -

3000-3500 Hz. Thus, although there is over sampling at the lower frequencies, this embodiment also performs at least some sampling at the higher frequencies. The concentration of pairs P_{1-4} along log scale 74 can be varied depending on the needs of a particular voice recognition system.

As will be apparent to one of ordinary skill in the art of digital signal processing design, the band pass filters of the preceding embodiments may be implemented using any of a number of software or hardware techniques. For example, the plurality of complex filters may be implemented using a Fast Fourier Transform (FFT), Chirp-Z transform, other frequency domain analysis techniques.

In an alternative embodiment, depicted in FIG. 7, band pass filters $30_1, 30_2, \dots, 30_n$ are arranged according to a non-linear frequency scale, such as mel-scale 80. Mel-scale 80 is well known in the art of voice recognition systems and is typically defined by the equation,

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right)$$

where f represents frequency according to the linear scale 68 and $Mel(f)$ represents its corresponding mel-scale 80 frequency.

FIG. 7 illustrates one embodiment of a graph 84 showing band pass filters 30_{1-n} spaced according to mel-scale 80. The center frequencies (CF_{1-n}) are the $Mel(f)$ values calculated by using the above equation.

Typically, filters 30_{1-n} are spread over the whole

WO 02/163676

PCT/US02/19182

~ 13 ~

frequency range from zero up to the Nyquist frequency. In one embodiment, filters 30₁₋₅ have the same band width. In another embodiment, filters 30₁₋₅ may have different bandwidths.

5 In yet another embodiment, depicted in FIG. 8, the band pass filters 30₁₋₅ are spaced according to a combination of linear 68 and non-linear 74 frequency scales. Band pass filters 30₁₋₄ (P₁₋₄) are arranged in adjacent frequency bands according to linear
10 frequency 68.

Primary filters 30₅ and 30₆ are centered along log scale 74. Secondary filters 30₅ and 30₆ are centered at frequencies of 100 Hz below the center frequencies of 30₅ and 30₆ respectively. For each of these pairs (P₁ or
15 P₂), the output of the primary filter (30₅ or 30₆) is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter (30₅ and 30₆), respectively and the resulting signal is low pass filtered.

Referring again to FIG. 2, blocks 40₁₋₂₀ provide
20 the complex conjugate of the output signal of band pass filter 30₁, 30₃, ... 30₂₀. Multiplier blocks 42₁₋₂₀ multiply the complex conjugates by the outputs of an adjacent higher frequency band pass filter 30₂, 30₄, 30₆, ... 30₂₀ to provide output signals Z₁₋₂₀. Output
25 signals Z₁₋₂₀ then are passed through a series of low pass filters 44₁₋₂₀. The outputs of the low pass filters typically are generated only at the feature frame rate. For example, at a input speech sampling rate of 8 kHz, the output of the low pass filters is only computed at a
30 feature frame rate of once every 10 msec.

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 14 -

Each output of low pass filters 44₁₋₂₀ is a complex signal having real component R and imaginary component I. Blocks 46₁₋₂₀ process the real and imaginary components of the low pass filter outputs to provide output signals A₁₋₂₀ and F₁₋₂₀ as shown in equations (1) and (2):

$$A_i = \log R_i \quad (1)$$

$$F_i = \frac{I_i}{\sqrt{R_i^2 + I_i^2}} \quad (2)$$

10

wherein R_i and I_i are the real and imaginary components of the corresponding low pass filter output. Output signals A_i are a function of the amplitude of the low pass filter output and signals F_i are a function of the frequency of the signal passed by the adjacent band pass filters from which the low pass filter output was generated. By computing two sets of signals that are indicative of the amplitude and frequency of the input signal, the speech recognition system incorporating the speech feature extraction system of the present invention is expected to provide reduced error rate.

The amplitude and frequency signals A₁₋₂₀ and F₁₋₂₀ then are processed using conventional feature enhancement techniques in feature enhancement component 12b, using, for example, discrete cosine transform, mel-scale translation, mean normalization, delta and acceleration analysis, linear discriminant analysis and principal component analysis techniques that are per se known in the art. A preferred embodiment of a speech

25

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 15 -

recognition system of the present invention incorporating the speech extraction system of the present invention employs a discrete cosine transform and delta features technique, as described hereinafter.

5 Still referring to FIG. 2, feature enhancement component 12b receives output signals A_{1-20} and F_{1-20} , and processes those signals using discrete cosine transform (DCT) blocks 50 and 54, respectively. DCTs 50 and 54 attempt to diagonalize the co-variance matrix of signals
10 A_{1-20} and F_{1-20} . This helps to uncorrelate the features in output signals B_{0-19} of DCT 50 and output signals C_{0-19} of DCT 54. Each set of output signals B_{0-19} and C_{0-19} then are input into statistical processing stage 14. The function performed by DCT 50 on input signals A_{1-20} to provide
15 output signals B_{0-19} is shown by equation (3), and the function performed by DCT 54 on input signals F_{1-20} to provide output signals C_{0-19} is shown by equation (4).

$$B_r = D(r) \sum_{n=0}^{N-1} A_{n+1} \cdot \cos \frac{(2n+1)\pi r}{2N} \quad (3)$$

$$20 \quad C_r = D(r) \sum_{n=0}^{N-1} F_{n+1} \cdot \cos \frac{(2n+1)\pi r}{2N} \quad (4)$$

In equations (3) and (4), N equals the length of the input signal vectors A and F (e.g., $N = 20$ in FIG. 2), n is an index from 0 to $N-1$ (e.g., $n = 0$ to 19 in the embodiment of FIG. 2), and r is the index of
25 output signals B and C (e.g., $r = 0$ to 19 in the embodiment of FIG. 2). Thus, for each vector output signal B_r , each vector of input signals A_{1-20} are multiplied by a cosine function and $D(r)$ and summed

(3 2)

特表2004-531767(P2004-531767A)

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 16 -

together as shown in equation (3). For each vector
output signal C_r , each vector of input signals $S_{1:20}$ are
multiplied by a cosine function and $D(r)$ and summed
together as shown in equation (4). $D(r)$ are coefficients
5 that are given by the following equations:

$$D(r) = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad \text{for } r = 0 \quad (5)$$

$$D(r) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{N}} \quad \text{for } r > 0 \quad (6)$$

Output signals E_{0-19} and C_{0-19} also are input into
delta blocks 52 and 56, respectively. Each of delta
10 blocks 52 and 56 takes the difference between
measurements of feature vector values between consecutive
feature frames and this difference may be used to enhance
speech recognition performance. Several difference
formulas may be used by delta blocks 52 and 56, as are
15 known in the art. For example, delta blocks 52 and 56
may take the difference between two consecutive feature
frames. The output signals of delta blocks 52 and 56 are
input into statistical processing stage 14.

Energy stage 16 of FIG. 2 is a previously known
20 technique for computing the logarithm of the total energy
(represented by E) of each frame of input speech signal
TN, according to the following equation:

$$E(nT) = \log \left(\frac{\sum_{k=0}^{K-1} I N_{k,nT}^2}{K} \right) \quad (7)$$

25

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

~ 17 ~

Equation 7 shows that energy block 16 takes the sum of the squares of the values of the input signal IN during the previous K sampling intervals (e.g., $K = 220$, $T = 1/8000$ seconds), divides the sum by K, and takes the logarithm of the final result. Energy block 16 performs this calculation every frame (e.g., 10 msec), and provides the result as an input to statistical processing block 14.

Referring now to FIG. 3, illustrative complex bandpass filter 30' suitable for use in the feature extraction system of the present invention is described. Filter 30' comprises adder 31, multiplier 32 and one-sample delay element 33. Multiplier 32 multiplies the one-sample delayed output Y by complex coefficient G and the resultant is added to the input signal X to generate an output signal Y.

An alternative embodiment of the feature extraction system of the present invention is described with respect to FIG. 4. The embodiment of FIG. 4 is similar to the embodiment of FIG. 2 and includes pre-filtering stage 10, statistical processing stage 14, and energy stage 16 the operate substantially as described above. However, the embodiment of FIG. 4 differs from the previously described embodiment in that feature extraction stage 12' includes additional circuitry within feature extraction system 12a, so that the feature vectors include additional information.

For example, feature extraction stage 12a' includes a bank of 41 band pass filters 301-41 and conjugate blocks 401-40. The output of each band pass filter is combined with the conjugate of the output of a

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

- 18 -

lower adjacent band pass filter by multipliers 42i-40.
Low pass filters 44i-40, and computation blocks 46i-40
compute vectors A and F as described above, except that
the vectors have a length of forty elements instead of
5 twenty. DCTs 50 and 54, and delta blocks 52 and 56 of
feature enhancement component 12b' each accept the forty
element input vectors and output forty element vectors to
statistical processing block 14. It is understood that
the arrangement illustrated in FIG. 4 is not applicable
10 if the band pass filters 30i-41 arranged according to a
non-linear frequency scale such as a log scale or a
mel-scale.

The present invention includes feature
extraction stages which may include any number of band
15 pass filters 30, depending upon the intended voice
processing application, and corresponding numbers of
conjugate blocks 40, multipliers 42, low pass filters 44
and blocks 46 to provide output signals A and F for each
low pass filter. In addition, signals A and F may be
20 combined in a weighted fashion or only part of the
signals may be used. For example, it may be advantageous
to use only the amplitude signals in one frequency
domain, and a combination of the amplitude and frequency
signals in another.

25 While preferred illustrative embodiments of the
invention are described above, it will be apparent to one
skilled in the art that various changes and modifications
may be made therein without therein without departing
from the invention, and it is intended in the appended
30 claims to cover all such changes and modifications which
fall within the true spirit and scope of the invention.

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

- 19 -

What is claimed is:

1. Apparatus for use in a speech processing system for extracting features from an input speech signal having frequency and amplitude characteristics, the apparatus comprising:

first and second band pass filters adapted to receive the input speech signal and providing respectively, first and second signals;

a conjugate circuit coupled to the second band pass filter and providing a third signal that is the conjugate of the second signal;

a multiplier coupled to the first band pass filter and to the conjugate circuit and providing a fourth signal that is the product of the first and third signals; and

filter means coupled to the multiplier for providing a fifth signal related to the frequency characteristics of the input signal, and a sixth signal related to amplitude characteristics of the input signal.

2. The apparatus of claim 1 wherein the filter means includes a low pass filter.

3. The apparatus of claim 1 further comprising a high pass filter coupled between the input signal and the first and second band pass filters.

4. The apparatus of claim 2 wherein the low pass filter provides a signal having a real part, R , and an imaginary part, I , and the filter means includes circuitry for calculating:

$$A = \log R \text{ and}$$

WO 02/163676

PCT/US02/19182

~ 20 ~

$$Z = I / \text{Sqrt}(I^2 + I_2^2).$$

5. The apparatus of claim 1 wherein the first and second band pass filters each comprises a delay element, a complex multiplier and an adder.

6. The apparatus of claim 5 wherein the adder receives the input speech signals and outputs an output signal, the adder adding the input speech signal and a signal comprising a delayed sample of the output signal multiplied by the complex coefficient.

7. The apparatus of claim 4 further comprising feature enhancement circuitry.

8. The apparatus of claim 7 further comprising circuitry for statistically processing an output of the feature enhancement circuitry to compare that output to a plurality of predetermined models.

9. The apparatus of claim 7 wherein the feature enhancement circuitry comprises circuitry for computing a discrete cosine transform of A and F.

10. The apparatus of claim 7 wherein the feature enhancement circuitry further comprises circuitry for calculating a difference between successive discrete cosine transforms of A and for calculating a difference between successive discrete cosine transforms of F.

11. The apparatus of claim 1 further comprising:

a transducer for converting sound into an electrical signal; and

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 21 -

a sampler for converting the electrical signal into a digital signal, wherein the input speech signal comprises the digital signal.

12. The apparatus of claim 1 further comprising a digital processor, wherein the first and second band pass filters, the conjugate circuit, the multiplier, and the filter means comprise algorithms adapted to be executed on the digital processor.

13. The apparatus of claim 1, wherein a frequency of the first bandpass filter is selected according to a logarithmic scale and a frequency of the second bandpass filter is selected at a predetermined frequency below the frequency of the first bandpass filter.

14. The apparatus of claim 13, wherein a center frequency of the second filter is one hundred hertz less than a center frequency of the first filter.

15. The apparatus of claim 13, wherein the bands of the first and second filters overlap.

16. The apparatus of claim 13, wherein the bandwidths of the first and second filters are the same.

17. The apparatus of claim 1, wherein a frequency of the first bandpass filter is selected according to a mel-scale and a frequency of the second bandpass filter is selected at a predetermined frequency below the frequency of the first bandpass filter.

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 22 -

18. The apparatus of claim 17, wherein a center frequency of the second filter is one hundred hertz less than a center frequency of the first filter.

19. The apparatus of claim 17, wherein the bands of the first and second filters overlap.

20. The apparatus of claim 17, wherein the mel-scale is defined by the equation

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right).$$

21. The apparatus of claim 17, wherein the bandwidths of the first and second filters are the same.

22. The apparatus of claim 1, wherein the first and second band pass filters are implemented using a Fast Fourier Transform.

23. A method for extracting features from an input speech signal for use in a speech processing device, the method comprising:

separating the input signal into a first signal in a first frequency band and a second signal in a second frequency band;

providing a conjugate of the first signal;

multiplying the conjugate of the first signal with the second signal to provide a third signal; and

processing the third signal to generate a frequency component related to frequency features in the input speech signal and an amplitude component related to amplitude features in the input speech signal.

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

~ 23 ~

24. The method of claim 23 further comprising high pass filtering the input speech signal prior to processing the input signal to generate the first and second signals.

25. The method of claim 23 wherein processing the third signal further comprises low pass filtering the third signal.

26. The method of claim 25 wherein low pass filtering the third signal provides a signal having a real part, R, and an imaginary part, I, and processing the third signal includes calculating:

$$A = \log R \text{ and} \\ F = I / \text{Sqrt}(R^2 + I^2).$$

27. The method of claim 26 further comprising processing the third signal using feature enhancement techniques to generate a series of feature vectors.

28. The method of claim 27 further comprising statistically processing the series of feature vectors by comparing the series of feature vectors to a plurality of predetermined models.

29. The method of claim 27 further comprising calculating a discrete cosine transform of A and F.

30. The method of claim 29 further comprising calculating a difference between successive discrete cosine transforms of A and between successive discrete cosine transforms of F.

WO 02/103676

PCT/ES02/19182

- 24 -

31. The method of claim 30 further comprising statistically processing the differences between successive discrete cosine transforms to compare the differences to a plurality of predetermined patterns.

32. The method of claim 23 further comprising:
converting a sound into an electrical signal;
and

sampling the electrical signal to provide a digital signal, wherein the input speech signal comprises the digital signal.

33. A method of claim 23, comprising selecting a frequency of the first frequency band according to a logarithmic scale and selecting a frequency of the second frequency band at a predetermined frequency below the frequency of the first frequency band.

34. The method of claim 33, wherein a center frequency of the second frequency band is one hundred hertz less than a center frequency of the first frequency band.

35. The method of claim 33, comprising overlapping the first and second frequency bands.

36. The method of claim 23, comprising selecting a frequency of the first frequency band according to a mel-scale and selecting the frequency of the second frequency band at a predetermined frequency below the frequency of the the first frequency band.

(4 1)

特表2004-531767(P2004-531767A)

WO 02/163676

PCT/US02/19182

- 25 -

37. The apparatus of claim 36, wherein a center frequency of the second frequency band is one hundred hertz less than a center frequency of the first frequency band.

38. The apparatus of claim 36, comprising overlapping the first and second frequency bands.

WO 02/103676

PCT/US02/19182

1/7

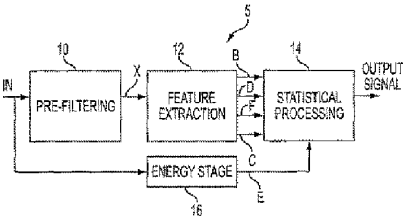


FIG. 1

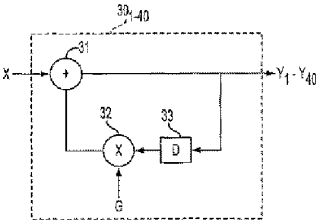


FIG. 3

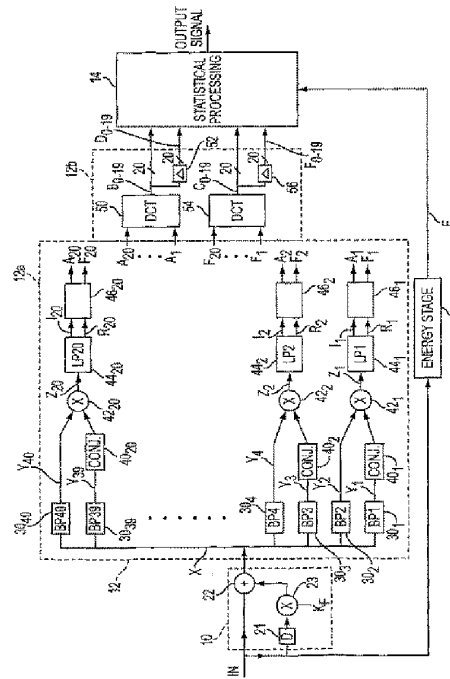


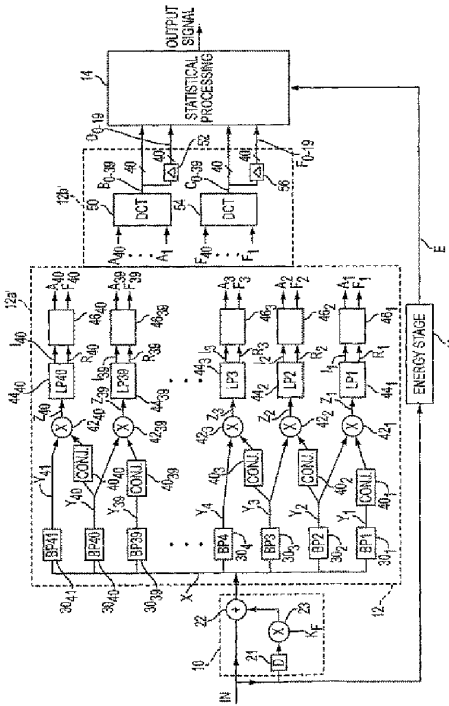
FIG. 2

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/163676

PCT/US02/19182

3/7

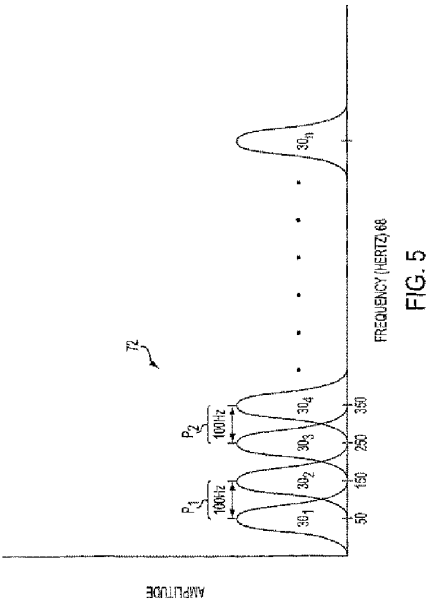


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/163676

PCT/US02/19182

4/7

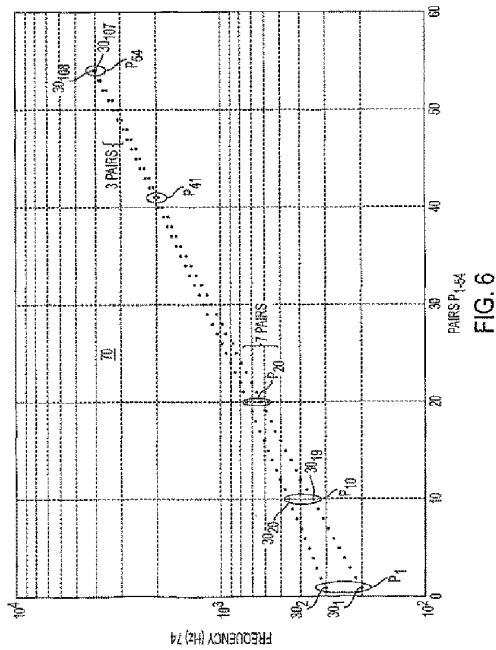


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/163676

PCT/US02/19182

5/7

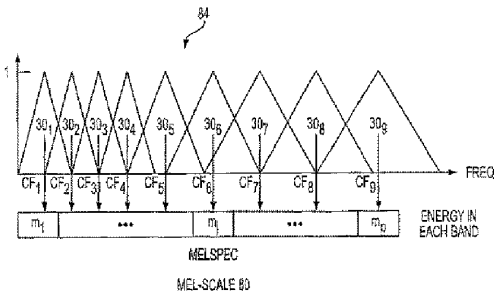


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/163676

PCT/US02/19182

6/7



WO 02/163676

PCT/US02/19182

7/7

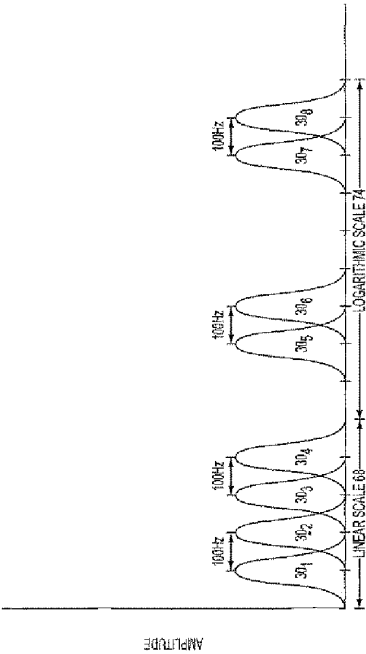


FIG. 8

(4 9)

特表2004-531767 (P2004-531767A)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No.
		PCT/US02/10182
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(Y) : G01L 15/02 US CL : 704/243, 205, 206, 708/300 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELD OF SEARCH Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) I.T.S. : 704/243, 205, 206, 231, 268, 708/300-323, 370/484, 375/285 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4,300,229 A (HROGSAK) 10 November 1981 (10.11.1981), ALL.	1-38
A	US 4,729,112 A (MILLAR) 01 March 1988 (01.03.1988), ALL.	1-38
A	US 4,660,216 A (CLAASSEN et al.) 21 April 1987 (21.04.1987), ALL.	1-38
A	US 4,221,834 A (SCHIFF) 09 September 1980 (09.09.1980), ALL.	1-38
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family number.		
* Special categories of cited documents "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier applications to patent published or, after the international filing date, documents which may have priority claims or which are cited in order to establish the publication date of an invention or other specific technical information "C" documents referring to national legislation, law, regulations or other laws "D" documents published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "E" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "F" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "G" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "H" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "I" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "J" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "K" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "L" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "M" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "N" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "O" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "P" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "Q" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "R" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "S" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "T" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "U" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "V" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "W" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "X" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "Y" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed "Z" documents published after the international filing date but prior to the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
08 September 2002 (08.09.2002)		
Name and mailing address of the ISA/US Communication of Patent and Trademark Box PCT Washington, D.C. 20531 Facsimile No. (703) 305-3250		Authorized officer David D. Knepper Telephone No. (703) 305-0350
Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)		

(5 0)

特表2004-531767 (P2004-531767A)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT	
<div>PC7/US02/9182</div> <div>Continuation of E. FIELD SEARCHED Item 3: EAST: (apex OR value) AND (frequency AND Amplitude) AND (conjugate OR imaginary) AND ((band NEAR plus NEAR filter) OR EPE)</div>	
Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)	

(81)指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 5D015 AA01 BB02 CC03 CC11 FF04

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
27 December 2002 (27.12.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/103676 A1

(51) International Patent Classification⁷: **G10L 15/02**

(21) International Application Number: PCT/US02/19182

(22) International Filing Date: 14 June 2002 (14.06.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/882,744 15 June 2001 (15.06.2001) US

(71) Applicant and

(72) Inventor: **BRANDMAN, Yigal** [US/US]; 4120 Donald Drive, Palo Alto, CA 94306 (US).

(74) Agents: **PISANO, Nicola, A.** et al.; c/o Fish & Neave, 1251 Avenue of the Americas, New York, NY 10020 (US).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,

CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

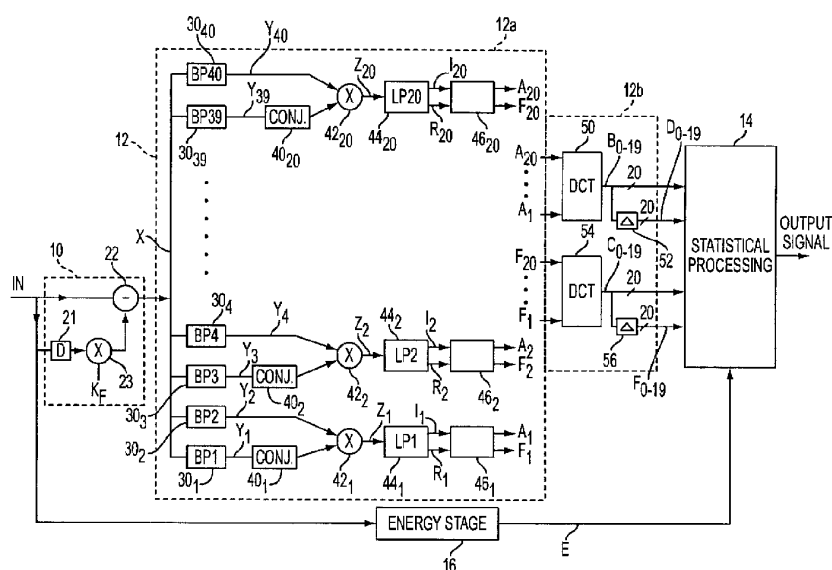
(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: **SPEECH FEATURE EXTRACTION SYSTEM**



(57) **Abstract:** A system (12a) suitable for use in a speech recognition system or other voice processing system (14) extracts features related to the frequency (46, F) and amplitude (46, A) characteristics of an input speech signal (IN) using a plurality of complex band pass filters (30) by processing the outputs of adjacent bandpass filters (42).

SPEECH FEATURE EXTRACTION SYSTEM

Background of the Invention

This invention relates to a speech feature extraction system for use in speech recognition, voice
5 identification or voice authentication systems. More specifically, this invention relates to a speech feature extraction system that can be used to create a speech recognition system or other speech processing system with a reduced error rate.

10 Generally, a speech recognition system is an apparatus that attempts to identify spoken words by analyzing the speaker's voice signal. Speech is converted into an electronic form from which features are extracted. The system then attempts to match a sequence
15 of features to previously stored sequence of models associated with known speech units. When a sequence of features corresponds to a sequence of models in accordance with specified rules, the corresponding words are deemed to be recognized by the speech recognition
20 system.

However, background sounds such as radios, car noise, or other nearby speakers can make it difficult to extract useful features from the speech. In addition, a change in the ambient conditions such as the use of a

- 2 -

different microphone, telephone handset or telephone line can interfere with system performance. Also, a speaker's distance from the microphone, differences between speakers, changes in speaker intonation or emphasis, and even a speaker's health can adversely impact system performance. For a further description of some of these problems, see Richard A. Quinnell, "Speech Recognition: No Longer a Dream, But Still a Challenge," EDN Magazine, January 19, 1995, p. 41-46.

10 In most speech recognition systems, the speech features are extracted by cepstral analysis, which generally involves measuring the energy in specific frequency bands. The product of that analysis reflects the amplitude of the signal in those bands. Analysis of these amplitude changes over successive time periods can be modeled as an amplitude modulated signal.

 Whereas the human ear is sensitive to frequency modulation as well as amplitude modulation in received speech signals, this frequency modulated content is only partially reflected in systems that perform cepstral analysis.

 Accordingly, it would be desirable to provide a speech feature extraction system capable of capturing the frequency modulation characteristics of speech, as well as previously known amplitude modulation characteristics.

 It also would be desirable to provide speech recognition and other speech processing systems that incorporate feature extraction systems that provide information on frequency modulation characteristics of the input speech signal.

- 3 -

Summary of the Invention

In view of the foregoing, it is an object of the present invention to provide a speech feature extraction system capable of capturing the frequency modulation characteristics of speech, as well as previously known amplitude modulation characteristics.

It also is an object of this invention to provide speech recognition and other speech processing systems that incorporate feature extraction systems that provide information on frequency modulation characteristics of the input speech signal.

The present invention provides a speech feature extraction system that reflects frequency modulation characteristics of speech as well as amplitude characteristics. This is done by a feature extraction stage which, in one embodiment, includes a plurality of complex band pass filters arranged in adjacent frequency bands according to a linear frequency scale ("linear scale"). The plurality of complex band pass filters are divided into pairs. A pair includes two complex band pass filters in adjacent frequency bands. For every pair, the output of the filter in the higher frequency band ("primary frequency") is multiplied by the conjugate of the output of the filter in the lower frequency band ("secondary filter"). The resulting signal is low pass filtered.

In another embodiment, the feature extraction phase includes a plurality of complex band pass filters arranged according to a logarithmic (or exponential) frequency scale ("log scale"). The primary filters of the filter pairs are centered at various frequencies

- 4 -

along the log scale. The secondary filter corresponding to the primary filter of each pair is centered at a predetermined frequency below the primary filter. For every pair, the output of the primary filter is
5 multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

In yet another embodiment, the plurality of band pass filters are arranged according to a mel-scale.
10 The primary filters of the filter pairs are centered at various frequencies along the mel-scale. The secondary filter corresponding to the primary filter of each pair is centered at a predetermined frequency below the primary filter. For every pair, the output of the
15 primary filter is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

In still another embodiment, the plurality of band pass filters are arranged according to a combination
20 of the linear and log scale embodiments mentioned above. A portion of the pairs of the band pass filters are arranged in adjacent frequency bands according to a linear scale. For each of these pairs, the output of the primary filter is multiplied by the conjugate of the
25 output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

The primary filters of the remaining pairs of band pass filters are centered at various frequencies along the log scale and the secondary filters
30 corresponding to the primary filters are centered at a predetermined frequency below the primary filters. For

- 5 -

every pair, the output of the primary filter is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter. The resulting signal is low pass filtered.

5 For the embodiments described above, each of the low pass filter outputs is processed to compute two components: a FM component that is substantially sensitive to the frequency of the signal passed by the adjacent band pass filters from which the low pass filter
10 output was generated, and an AM component that is substantially sensitive to the amplitude of the signal passed by the adjacent band pass filters. The FM component reflects the difference in the phase of the outputs of the adjacent band pass filters used to
15 generate the lowpass filter output.

 The AM and FM components are then processed using known feature enhancement techniques, such as discrete cosine transform, mel-scale translation, mean normalization, delta and acceleration analysis, linear
20 discriminant analysis and principal component analysis, to generate speech features suitable for statistical processing or other recognition or identification methods. In an alternative embodiment, the plurality of complex band pass filters can be implemented using a Fast
25 Fourier Transform (FFT) of the speech signal or other digital signal processing (DSP) techniques.

 In addition, the methods and apparatus of the present invention may be used in addition to performing cepstral analysis in a speech recognition system.
30

- 6 -

Brief Description of the Drawings

The above and other objects and advantages of the present invention will be apparent upon consideration of the following detailed description, taken in
5 conjunction with the accompanying drawings, in which like reference characters refer to like parts throughout, and in which:

FIG. 1 is a block diagram of an illustrative speech recognition system incorporating the speech
10 feature extraction system of the present invention;

FIG. 2 is a detailed block diagram of the speech recognition system of FIG. 1; and

FIG. 3 is a detailed block diagram of a band pass filter suitable for implementing the feature
15 extraction system of the present invention; and

FIG. 4 is a detailed block diagram of an alternative embodiment of a speech recognition including an alternative speech feature extraction system of the present invention; and

20 FIG. 5 illustrates is a graph showing band pass filter frequencies spaced according to a linear frequency scale; and

FIG. 6 is a graph showing pairs of band pass filters spaced according to a logarithmic frequency
25 scale; and

FIG. 7 is a graph showing band pass filter frequency pairs spaced according to a mel-scale; and

FIG. 8 is a graph showing band pass filter frequencies spaced according to a combination of linear
30 and logarithmic frequency scales.

- 7 -

Detailed Description of the Invention

Referring to FIG. 1, a generalized depiction of illustrative speech recognition system 5 is described that incorporates the speech extraction system of the present invention. As will be apparent to one of ordinary skill in the art, the speech feature extraction system of the present invention also may be used in speaker identification, authentication and other voice processing systems.

System 5 illustratively includes four stages: pre-filtering stage 10, feature extraction stage 12, statistical processing stage 14, and energy stage 16.

Pre-filtering stage 10, statistical processing stage 14 and energy stage 16 employ speech processing techniques known in the art and do not form part of the present invention. Feature extraction stage 12 incorporates the speech feature extraction system of the present invention, and further includes feature enhancement techniques which are known in the art, as described hereinafter.

Audio speech signal is converted into an electrical signal by a microphone, telephone receiver or other device, and provided as an input speech signal to system 5. In a preferred embodiment of the present invention, the electrical signal is sampled or digitized to provide a digital signal (IN) representative of the audio speech. Pre-filtering stage 10 amplifies the high frequency components of audio signal IN, and the prefiltered signal is then provided to feature extraction stage 12.

- 8 -

Feature extraction stage 12 processes pre-filtered signal X to generate a sequence of feature vectors related to characteristics of input signal IN that may be useful for speech recognition. The output of
5 feature extraction stage 12 is used by statistical processing stage 14 which compares the sequence of feature vectors to predefined statistical models to identify words or other speech units in the input signal IN. The feature vectors are compared to the models using
10 known techniques, such as the Hidden Markov Model (HMM) described in Jelinek, "Statistical Methods for Speech Recognition," The MIT Press, 1997, pp. 15-37. The output of statistical processing stage 14 is the recognized word, or other suitable output depending upon the
15 specific application.

Statistical processing at stage 14 may be performed locally, or at a remote location relative to where the processing of stages 10, 12, and 16 are performed. For example, the sequence of feature vectors
20 may be transmitted to a remote server for statistical processing.

The illustrative speech recognition system of FIG. 1 preferably also includes energy stage 16 which provides an output signal indicative of the total energy
25 in a frame of input signal IN. Statistical processing stage 14 may use this total energy information to provide improved recognition of speech contained in the input signal.

Referring now to FIG. 2, pre-filtering stage 10
30 and feature extraction stage 12 are described in greater detail. Pre-filtering stage 10 is a high pass filter

- 9 -

that amplifies high frequency components of the input signal. Pre-filtering stage 10 comprises one-sample delay element 21, multiplier 23 and adder 24. Multiplier 23 multiplies the one-sample delayed signal by constant
5 K_f , which typically has a value of -0.97. The output of pre-filtering stage 10, X , is input at the sampling rate into a bank of band pass filters $30_1, 30_2, \dots 30_n$.

In one embodiment, the band pass filters $30_1, 30_2, \dots 30_n$ are positioned in adjacent frequency bands.
10 The spacing of the band pass filters $30_1, 30_2, \dots 30_n$ is done according to a linear frequency scale ("linear scale") 68 as shown in graph 72 of FIG. 5. The term "linear frequency scale" is used in this specification in accordance with its ordinary and accustomed meaning,
15 i.e., the actual frequency divisions are uniformly spaced. The plurality of complex band pass filters $30_1, 30_2, \dots 30_n$ are divided into pairs P_{1-2} . A pair (P_1 or P_2) includes two complex band pass filters (30_{1-2} or 30_{3-4}) respectively in adjacent frequency bands. For every pair
20 (P_1 or P_2), the output of the filter in the higher frequency band (30_2 or 30_4) (referred to hereinafter as the "primary filter") is multiplied by the conjugate of the output of the filter in the lower frequency band (30_1 or 30_3) (referred to hereinafter as the "secondary
25 filter"). The resulting signal is low pass filtered.

The number of band pass filters $30_1, 30_2, \dots 30_n$ and width of the frequency bands preferably are selected according to the application for the speech processing system. For example, a system useful in
30 telephony applications preferably will employ about forty band pass filters $30_1, 30_2, \dots 30_n$ having center

- 10 -

frequencies approximately 100 Hz apart. For example, filter 30₁ may have a center frequency of 50 Hz, filter 30₂ may have a center frequency of 150 Hz, filter 30₃ may have a center frequency of 250 Hz, and so on, so that the
5 center frequency of filter 30₄₀ is 3950 Hz. The bandwidth of each filter may be several hundred Hertz.

In another embodiment, as illustrated in the graph 70 of FIG. 6, the band pass filters 30₁, 30₂, 30₁₀₈ are arranged according to a non-linear frequency
10 scale such as a logarithmic (or exponential) frequency scale 74 ("log scale"). The term logarithmic frequency scale is used in this specification according to its ordinary and accustomed meaning.

Empirical evidence suggests that using log
15 scale 74 of FIG. 6 instead of linear scale 68 of FIG. 5 improves voice recognition performance. That is so because the human ear resolves frequencies non-linearly across the audio spectrum. Another advantage using log scale 74 instead of linear scale 68 is that log scale 74
20 can cover a wider range of frequency spectrum without using additional band pass filters 30₁, 30₂, 30_n.

Pairs P₁₋₅₄ of band pass filters 30₁₋₁₀₈ are spaced according to log scale 74. Pair P₁ includes filters 30₁ and 30₂, pair P₁₀ includes filters 30₁₉ and
25 30₂₀, and pair P₅₄ includes filters 30₁₀₇ and 30₁₀₈. In this arrangement, filters 30₂, 30₂₀ and 30₁₀₈ are the primary filters and filters 30₁, 30₁₉ and 30₁₀₇ are the secondary filters.

In one preferred embodiment, primary filters
30 30₂, 30₂₀...30₁₀₈ are centered at various frequencies along log scale 74, while secondary filters 30₁, 30₃...30₁₀₇ are

WO 02/103676

PCT/US02/19182

- 11 -

centered 100 hertz (Hz) below corresponding primary filters $30_2, 30_4 \dots 30_{108}$ respectively. An exemplary MATLAB code to generate graph 70 of FIG. 6 is shown below.

```

5  v=(2.^[26.715:0.25:40]/3.345)); % Generate center frequencies for bandpass filter pairs
    f(2:2*length(v))=v+50;          % Primary filters center frequencies
    f(1:2*length(v))=v-50;          % Secondary filters center frequencies
10 semilogy([v'+50 v'-50],');grid % Plot center frequencies on a logarithmic scale'
```

In another embodiment, the center frequencies of primary filters $30_2, 30_{20} \dots 30_{108}$ and secondary filters $30_1, 30_3 \dots 30_{107}$ may be placed using separate and independent algorithms, while ensuring that secondary filters $30_1, 30_3 \dots 30_{107}$ are centered 100 hertz (Hz) below their corresponding primary filters $30_2, 30_4 \dots 30_{108}$, respectively.

In one embodiment, band pass filters 30_{1-108} are of triangular shape. In other embodiments, band pass filters 30_{1-108} can be of various shapes depending on the requirements of the particular voice recognition systems.

Log scale 74 is shown to range from 0-4000 Hz. For every pair P_{1-54} , the output of the primary filter $30_2, 30_4 \dots 30_{108}$ is multiplied by the conjugate of the output of secondary filter $30_1, 30_3 \dots 30_{107}$. The resulting signal is low pass filtered.

The pairs P_{1-54} are arranged such that the lower frequencies include a higher concentration of pairs P_{1-54} than the higher frequencies. For example, there are 7 pairs (P_{16-22}) in the frequency range of 500-1000 Hz while there are only 3 pairs (P_{49-51}) in the frequency range of

- 12 -

3000-3500 Hz. Thus, although there is over sampling at the lower frequencies, this embodiment also performs at least some sampling at the higher frequencies. The concentration of pairs P_{1-54} along log scale 74 can be
 5 varied depending on the needs of a particular voice recognition system.

As will be apparent to one of ordinary skill in the art of digital signal processing design, the band pass filters of the preceding embodiments may be
 10 implemented using any of a number of software or hardware techniques. For example, the plurality of complex filters may be implemented using a Fast Fourier Transform (FFT), Chirp-Z transform, other frequency domain analysis techniques.

15 In an alternative embodiment, depicted in FIG. 7, band pass filters $30_1, 30_2, \dots, 30_n$ are arranged according to a non-linear frequency scale, such as mel-scale 80. Mel-scale 80 is well known in the art of voice recognition systems and is typically defined by the
 20 equation,

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right)$$

where f represents frequency according to the linear scale 68 and $Mel(f)$ represents its corresponding mel-
 25 scale 80 frequency.

FIG. 7 illustrates one embodiment of a graph 84 showing band pass filters 30_{1-9} spaced according to mel-scale 80. The center frequencies (CF_{1-9}) are the $Mel(f)$ values calculated by using the above equation.
 30 Typically, filters 30_{1-9} are spread over the whole

- 13 -

frequency range from zero up to the Nyquist frequency. In one embodiment, filters 30_{1-9} have the same band width. In another embodiment, filters 30_{1-9} may have different bandwidths.

5 In yet another embodiment, depicted in FIG. 8, the band pass filters 30_{1-8} are spaced according to a combination of linear 68 and non-linear 74 frequency scales. Band pass filters 30_{1-4} (P_{1-2}) are arranged in adjacent frequency bands according to linear
10 frequency 68.

Primary filters 30_6 and 30_8 are centered along log scale 74. Secondary filters 30_5 and 30_7 are centered at frequencies of 100 Hz below the center frequencies of 30_6 and 30_8 respectively. For each of these pairs (P_1 or
15 P_2), the output of the primary filter (30_6 or 30_8) is multiplied by the conjugate of the output of the secondary filter (30_5 and 30_7), respectively and the resulting signal is low pass filtered.

Referring again to FIG. 2, blocks 40_{1-20} provide
20 the complex conjugate of the output signal of band pass filter 30_1 , 30_3 , ... 30_{n-1} . Multiplier blocks 42_{1-20} multiply the complex conjugates by the outputs of an adjacent higher frequency band pass filter 30_2 , 30_4 , 30_6 , ... 30_{40} to provide output signals Z_{1-20} . Output
25 signals Z_{1-20} then are passed through a series of low pass filters 44_{1-20} . The outputs of the low pass filters typically are generated only at the feature frame rate. For example, at a input speech sampling rate of 8 kHz, the output of the low pass filters is only computed at a
30 feature frame rate of once every 10 msec.

- 14 -

Each output of low pass filters 44₁₋₂₀ is a complex signal having real component R and imaginary component I. Blocks 46₁₋₂₀ process the real and imaginary components of the low pass filter outputs to provide
 5 output signals A₁₋₂₀ and F₁₋₂₀ as shown in equations (1) and (2):

$$A_i = \log R_i \quad (1)$$

$$F_i = \frac{I_i}{\sqrt{R_i^2 + I_i^2}} \quad (2)$$

10

wherein R_i and I_i are the real and imaginary components of the corresponding low pass filter output. Output signals A_i are a function of the amplitude of the low pass filter output and signals F_i are a function of the frequency of
 15 the signal passed by the adjacent band pass filters from which the low pass filter output was generated. By computing two sets of signals that are indicative of the amplitude and frequency of the input signal, the speech recognition system incorporating the speech feature
 20 extraction system of the present invention is expected to provide reduced error rate.

The amplitude and frequency signals A₁₋₂₀ and F₁₋₂₀ then are processed using conventional feature enhancement techniques in feature enhancement component
 25 12b, using, for example, discrete cosine transform, mel-scale translation, mean normalization, delta and acceleration analysis, linear discriminant analysis and principal component analysis techniques that are per se known in the art. A preferred embodiment of a speech

- 15 -

recognition system of the present invention incorporating the speech extraction system of the present invention employs a discrete cosine transform and delta features technique, as described hereinafter.

5 Still referring to FIG. 2, feature enhancement component 12b receives output signals A_{1-20} and F_{1-20} , and processes those signals using discrete cosine transform (DCT) blocks 50 and 54, respectively. DCTs 50 and 54 attempt to diagonalize the co-variance matrix of signals
 10 A_{1-20} and F_{1-20} . This helps to uncorrelate the features in output signals B_{0-19} of DCT 50 and output signals C_{0-19} of DCT 54. Each set of output signals B_{0-19} and C_{0-19} then are input into statistical processing stage 14. The function performed by DCT 50 on input signals A_{1-20} to provide
 15 output signals B_{0-19} is shown by equation (3), and the function performed by DCT 54 on input signals F_{1-20} to provide output signals C_{0-19} is shown by equation (4).

$$B_r = D(r) \sum_{n=0}^{N-1} A_{n+1} \cdot \cos \frac{(2n+1)\pi r}{2N} \quad (3)$$

20
$$C_r = D(r) \sum_{n=0}^{N-1} F_{n+1} \cdot \cos \frac{(2n+1)\pi r}{2N} \quad (4)$$

In equations (3) and (4), N equals the length of the input signal vectors A and F (e.g., N = 20 in FIG. 2), n is an index from 0 to N - 1 (e.g., n = 0 to 19 in the embodiment of FIG. 2), and r is the index of
 25 output signals B and C (e.g., r = 0 to 19 in the embodiment of FIG. 2). Thus, for each vector output signal B_r , each vector of input signals A_{1-20} are multiplied by a cosine function and D(r) and summed

WO 02/103676

PCT/US02/19182

- 16 -

together as shown in equation (3). For each vector
 output signal C_r , each vector of input signals S_{1-20} are
 multiplied by a cosine function and $D(r)$ and summed
 together as shown in equation (4). $D(r)$ are coefficients
 5 that are given by the following equations:

$$D(r) = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad \text{for } r = 0 \quad (5)$$

$$D(r) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{N}} \quad \text{for } r > 0 \quad (6)$$

Output signals B_{0-19} and C_{0-19} also are input into
 delta blocks 52 and 56, respectively. Each of delta
 10 blocks 52 and 56 takes the difference between
 measurements of feature vector values between consecutive
 feature frames and this difference may be used to enhance
 speech recognition performance. Several difference
 formulas may be used by delta blocks 52 and 56, as are
 15 known in the art. For example, delta blocks 52 and 56
 may take the difference between two consecutive feature
 frames. The output signals of delta blocks 52 and 56 are
 input into statistical processing stage 14.

Energy stage 16 of FIG. 2 is a previously known
 20 technique for computing the logarithm of the total energy
 (represented by E) of each frame of input speech signal
 IN , according to the following equation:

$$E(nT) = \log \left(\frac{\sum_{i=0}^{K-1} I N_{(n-i)T}^2}{K} \right) \quad (7)$$

25

- 17 -

Equation 7 shows that energy block 16 takes the sum of the squares of the values of the input signal IN during the previous K sampling intervals (e.g., $K = 220$, $T = 1/8000$ seconds), divides the sum by K, and takes the
5 logarithm of the final result. Energy block 16 performs this calculation every frame (e.g., 10 msec), and provides the result as an input to statistical processing block 14.

Referring now to FIG. 3, illustrative complex
10 bandpass filter 30' suitable for use in the feature extraction system of the present invention is described. Filter 30' comprises adder 31, multiplier 32 and one-sample delay element 33. Multiplier 32 multiplies the one-sample delayed output Y by complex coefficient G and
15 the resultant is added to the input signal X to generate an output signal Y.

An alternative embodiment of the feature extraction system of the present invention is described with respect to FIG. 4. The embodiment of FIG. 4 is
20 similar to the embodiment of FIG. 2 and includes pre-filtering stage 10, statistical processing stage 14, and energy stage 16 the operate substantially as described above. However, the embodiment of FIG. 4 differs from the previously described embodiment in that feature
25 extraction stage 12' includes additional circuitry within feature extraction system 12a, so that the feature vectors include additional information.

For example, feature extraction stage 12a' includes a bank of 41 band pass filters 301-41 and
30 conjugate blocks 401-40. The output of each band pass filter is combined with the conjugate of the output of a

- 18 -

lower adjacent band bass filter by multipliers 421-40.
Low pass filters 441-40, and computation blocks 461-40
compute vectors A and F as described above, except that
the vectors have a length of forty elements instead of
5 twenty. DCTs 50 and 54, and delta blocks 52 and 56 of
feature enhancement component 12b' each accept the forty
element input vectors and output forty element vectors to
statistical processing block 14. It is understood that
the arrangement illustrated in FIG. 4 is not applicable
10 if the band pass filters 301-41 arranged according to a
non-linear frequency scale such as a log scale or a
mel-scale.

The present invention includes feature
extraction stages which may include any number of band
15 pass filters 30, depending upon the intended voice
processing application, and corresponding numbers of
conjugate blocks 40, multipliers 42, low pass filters 44
and blocks 46 to provide output signals A and F for each
low pass filter. In addition, signals A and F may be
20 combined in a weighted fashion or only part of the
signals may be used. For example, it may be advantageous
to use only the amplitude signals in one frequency
domain, and a combination of the amplitude and frequency
signals in another.

25 While preferred illustrative embodiments of the
invention are described above, it will be apparent to one
skilled in the art that various changes and modifications
may be made therein without therein without departing
from the invention, and it is intended in the appended
30 claims to cover all such changes and modifications which
fall within the true spirit and scope of the invention.

- 19 -

What is claimed is:

1. Apparatus for use in a speech processing system for extracting features from an input speech signal having frequency and amplitude characteristics, the apparatus comprising:

first and second band pass filters adapted to receive the input speech signal and providing respectively, first and second signals;

a conjugate circuit coupled to the second band pass filter and providing a third signal that is the conjugate of the second signal;

a multiplier coupled to the first band pass filter and to the conjugate circuit and providing a fourth signal that is the product of the first and third signals; and

filter means coupled to the multiplier for providing a fifth signal related to the frequency characteristics of the input signal, and a sixth signal related to amplitude characteristics of the input signal.

2. The apparatus of claim 1 wherein the filter means includes a low pass filter.

3. The apparatus of claim 1 further comprising a high pass filter coupled between the input signal and the first and second band pass filters.

4. The apparatus of claim 2 wherein the low pass filter provides a signal having a real part, R , and an imaginary part, I , and the filter means includes circuitry for calculating:

$$A = \log R \text{ and}$$

- 20 -

$$F = I / \text{Sqrt}(R^2 + I^2).$$

5. The apparatus of claim 1 wherein the first and second band pass filters each comprises a delay element, a complex multiplier and an adder.

6. The apparatus of claim 5 wherein the adder receives the input speech signals and outputs an output signal, the adder adding the input speech signal and a signal comprising a delayed sample of the output signal multiplied by the complex coefficient.

7. The apparatus of claim 4 further comprising feature enhancement circuitry.

8. The apparatus of claim 7 further comprising circuitry for statistically processing an output of the feature enhancement circuitry to compare that output to a plurality of predetermined models.

9. The apparatus of claim 7 wherein the feature enhancement circuitry comprises circuitry for computing a discrete cosine transform of A and F.

10. The apparatus of claim 7 wherein the feature enhancement circuitry further comprises circuitry for calculating a difference between successive discrete cosine transforms of A and for calculating a difference between successive discrete cosine transforms of F.

11. The apparatus of claim 1 further comprising:

a transducer for converting sound into an electrical signal; and

- 21 -

a sampler for converting the electrical signal into a digital signal, wherein the input speech signal comprises the digital signal.

12. The apparatus of claim 1 further comprising a digital processor, wherein the first and second band pass filters, the conjugate circuit, the multiplier, and the filter means comprise algorithms adapted to be executed on the digital processor.

13. The apparatus of claim 1, wherein a frequency of the first bandpass filter is selected according to a logarithmic scale and a frequency of the second bandpass filter is selected at a predetermined frequency below the frequency of the first bandpass filter.

14. The apparatus of claim 13, wherein a center frequency of the second filter is one hundred hertz less than a center frequency of the first filter.

15. The apparatus of claim 13, wherein the bands of the first and second filters overlap.

16. The apparatus of claim 13, wherein the bandwidths of the first and second filters are the same.

17. The apparatus of claim 1, wherein a frequency of the first bandpass filter is selected according to a mel-scale and a frequency of the second bandpass filter is selected at a predetermined frequency below the frequency of the first bandpass filter.

- 22 -

18. The apparatus of claim 17, wherein a center frequency of the second filter is one hundred hertz less than a center frequency of the first filter.

19. The apparatus of claim 17, wherein the bands of the first and second filters overlap.

20. The apparatus of claim 17, wherein the mel-scale is defined by the equation

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right).$$

21. The apparatus of claim 17, wherein the bandwidths of the first and second filters are the same.

22. The apparatus of claim 1, wherein the first and second band pass filters are implemented using a Fast Fourier Transform.

23. A method for extracting features from an input speech signal for use in a speech processing device, the method comprising:

separating the input signal into a first signal in a first frequency band and a second signal in a second frequency band;

providing a conjugate of the first signal;

multiplying the conjugate of the first signal with the second signal to provide a third signal; and

processing the third signal to generate a frequency component related to frequency features in the input speech signal and an amplitude component related to amplitude features in the input speech signal.

- 23 -

24. The method of claim 23 further comprising high pass filtering the input speech signal prior to processing the input signal to generate the first and second signals.'

25. The method of claim 23 wherein processing the third signal further comprises low pass filtering the third signal.

26. The method of claim 25 wherein low pass filtering the third signal provides a signal having a real part, R, and an imaginary part, I, and processing the third signal includes calculating:

$$A = \log R \text{ and}$$

$$F = I / \text{Sqrt}(R^2 + I^2).$$

27. The method of claim 26 further comprising processing the third signal using feature enhancement techniques to generate a series of feature vectors.

28. The method of claim 27 further comprising statistically processing the series of feature vectors by comparing the series of feature vectors to a plurality of predetermined models.

29. The method of claim 27 further comprising calculating a discrete cosine transform of A and F.

30. The method of claim 29 further comprising calculating a difference between successive discrete cosine transforms of A and between successive discrete cosine transforms of S.

- 24 -

31. The method of claim 30 further comprising statistically processing the differences between successive discrete cosine transforms to compare the differences to a plurality of predetermined patterns.

32. The method of claim 23 further comprising:
converting a sound into an electrical signal;
and

sampling the electrical signal to provide a digital signal, wherein the input speech signal comprises the digital signal.

33. A method of claim 23, comprising selecting a frequency of the first frequency band according to a logarithmic scale and selecting a frequency of the second frequency band at a predetermined frequency below the frequency of the first frequency band.

34. The method of claim 33, wherein a center frequency of the second frequency band is one hundred hertz less than a center frequency of the first frequency band.

35. The method of claim 33, comprising overlapping the first and second frequency bands.

36. The method of claim 23, comprising selecting a frequency of the first frequency band according to a mel-scale and selecting the frequency of the second frequency band at a predetermined frequency below the frequency of the the first frequency band.

- 25 -

37. The apparatus of claim 36, wherein a center frequency of the second frequency band is one hundred hertz less than a center frequency of the first frequency band.

38. The apparatus of claim 36, comprising overlapping the first and second frequency bands.

1/7

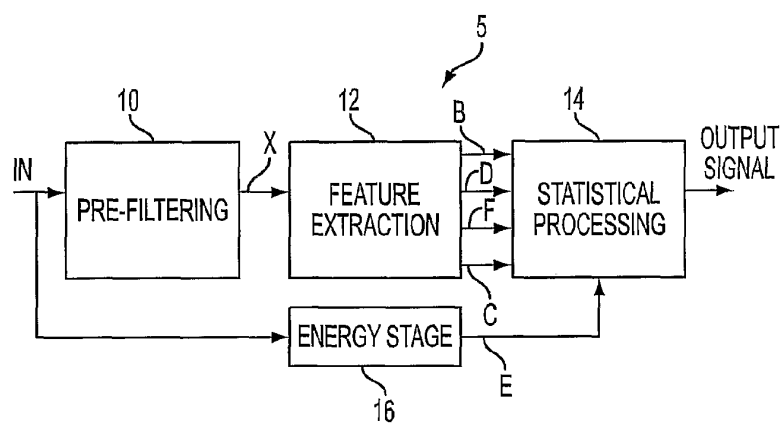


FIG. 1

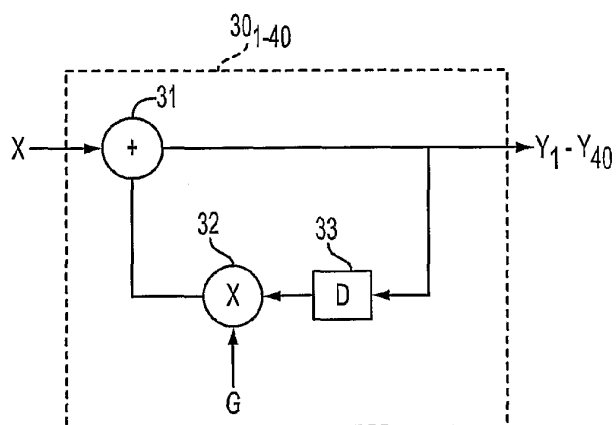
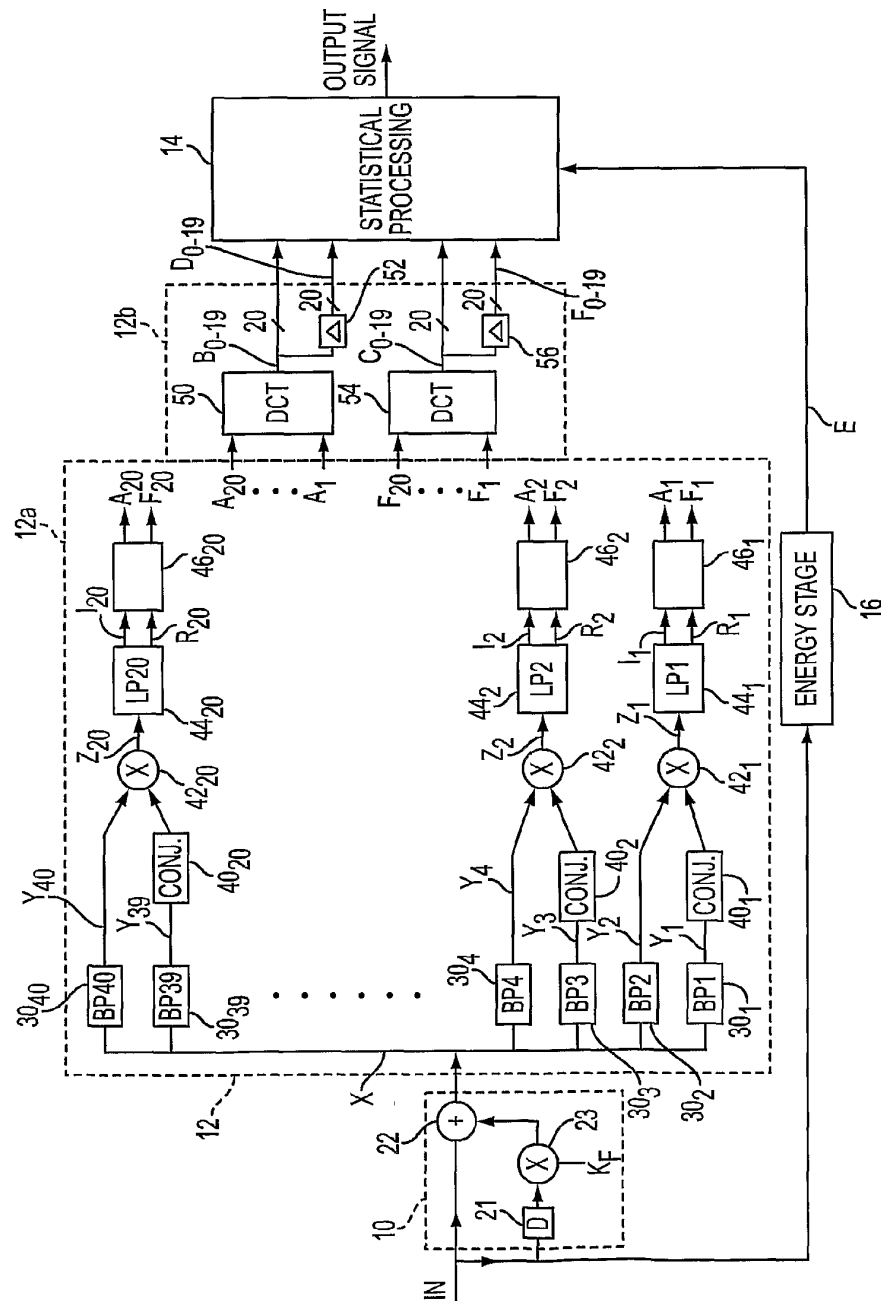


FIG. 3



3/7

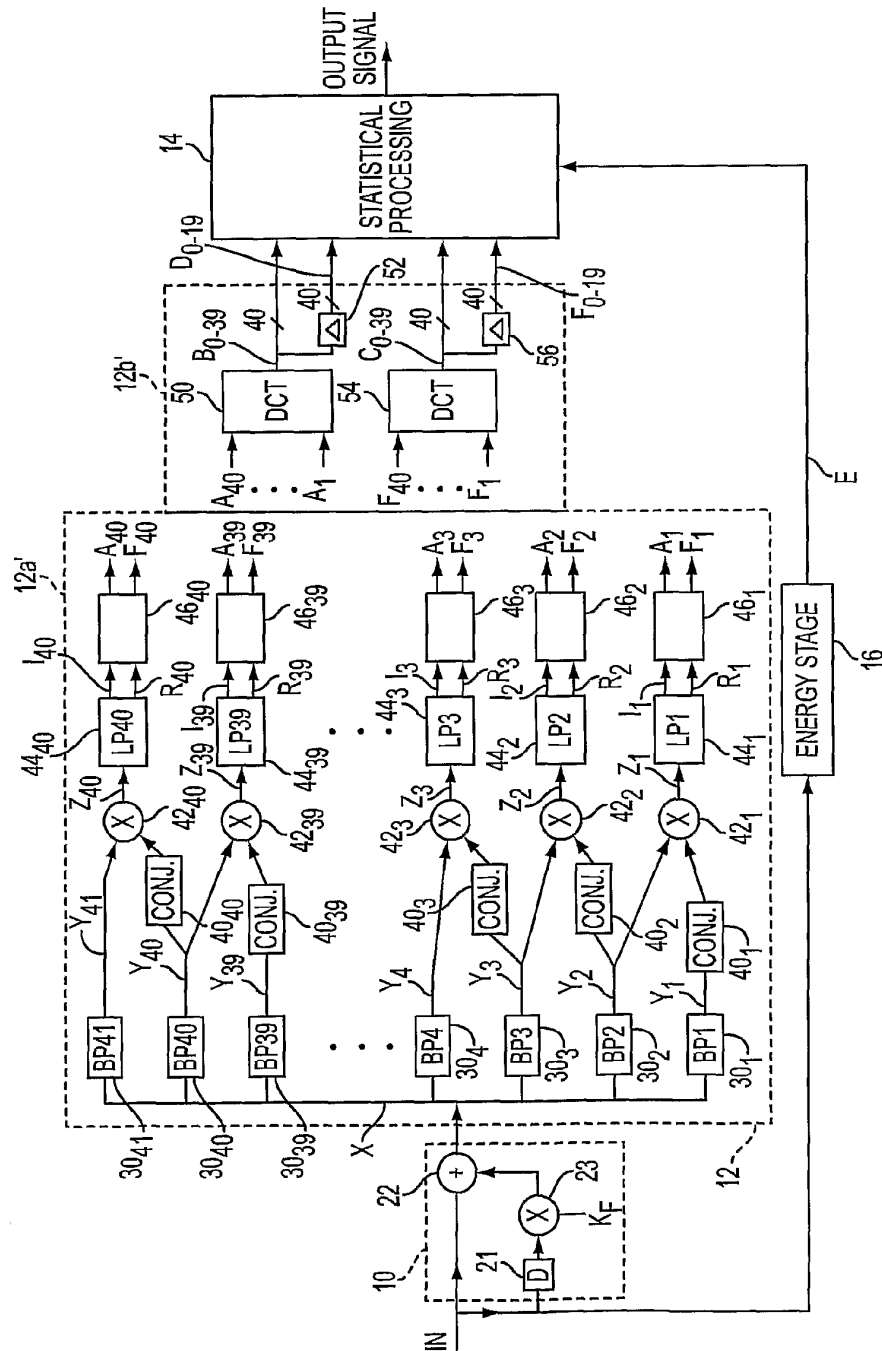


FIG. 4

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

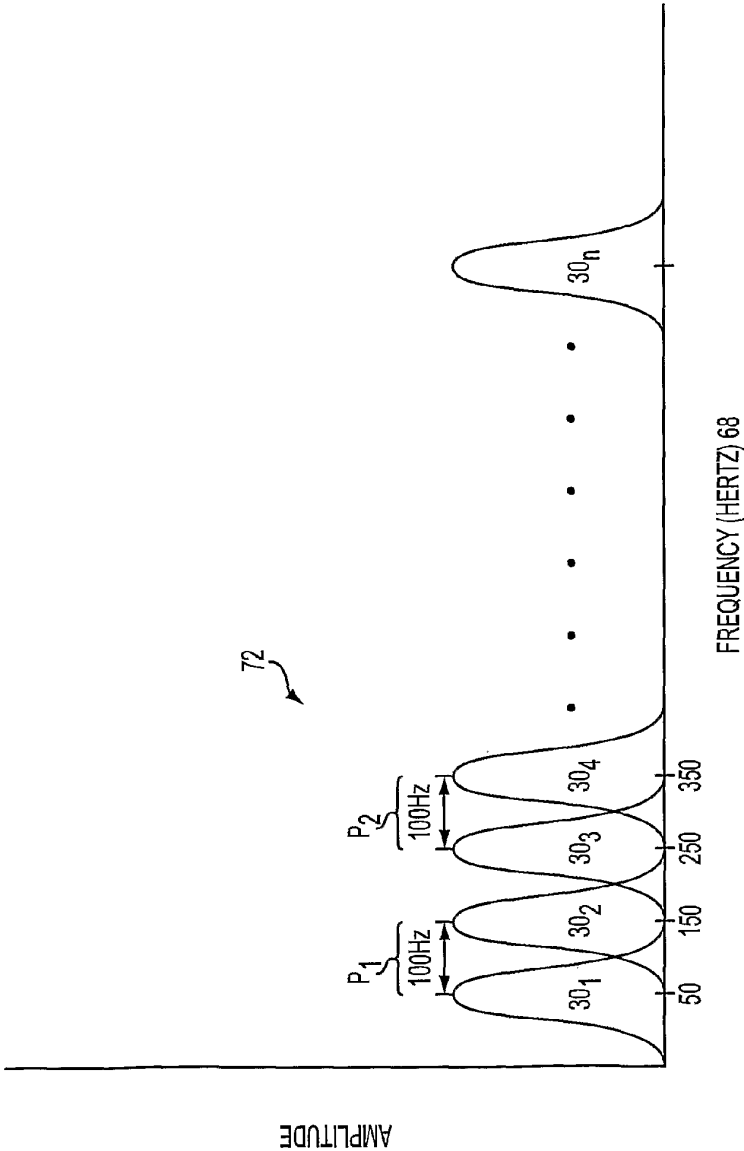


FIG. 5

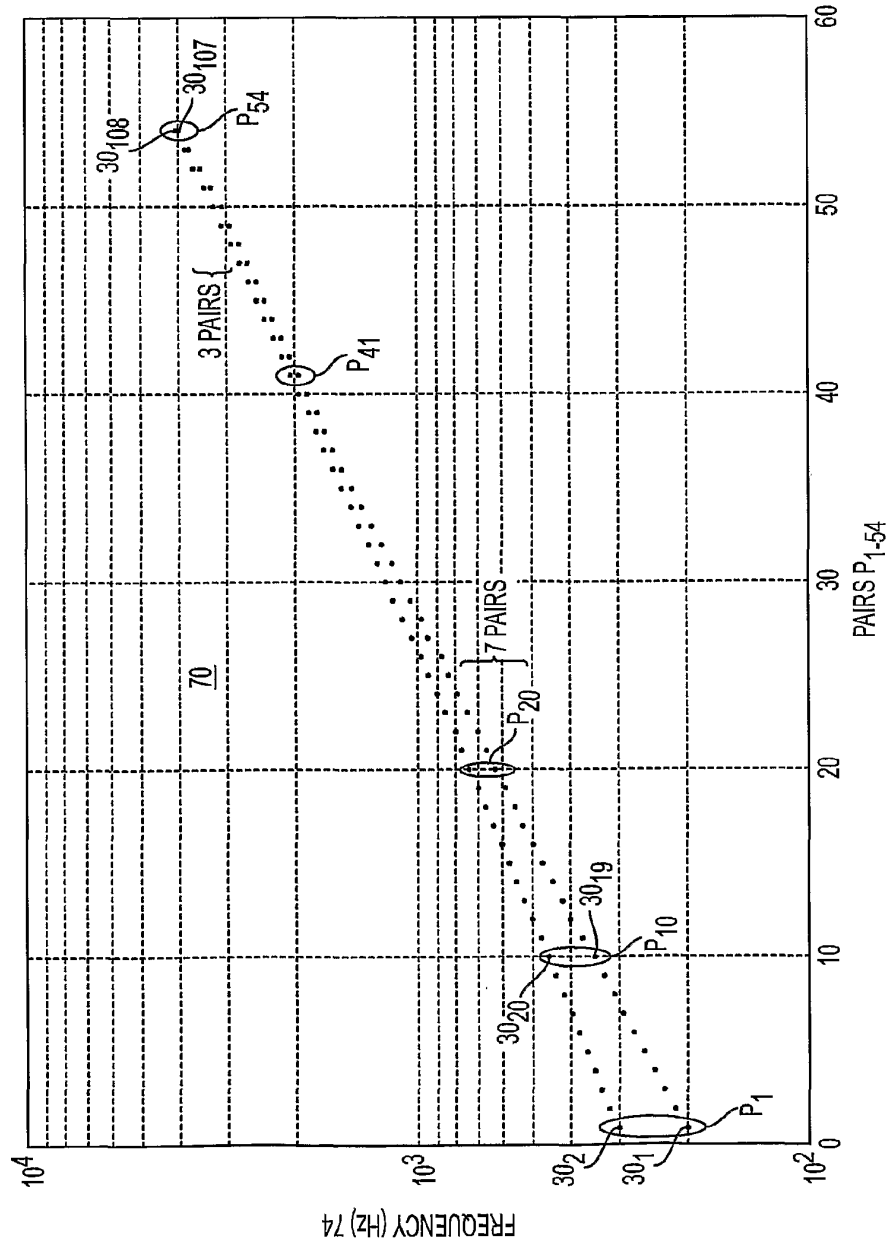


FIG. 6

6/7

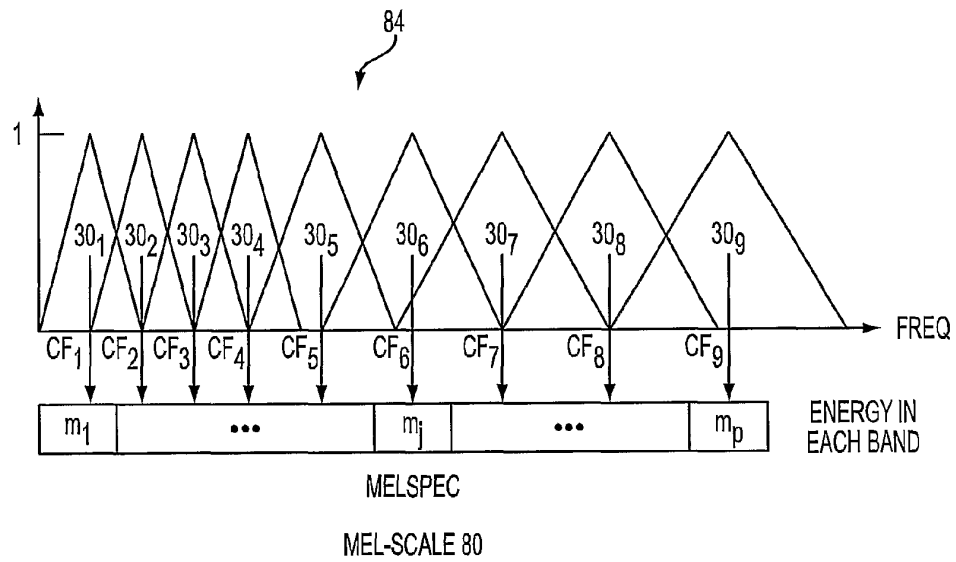


FIG. 7

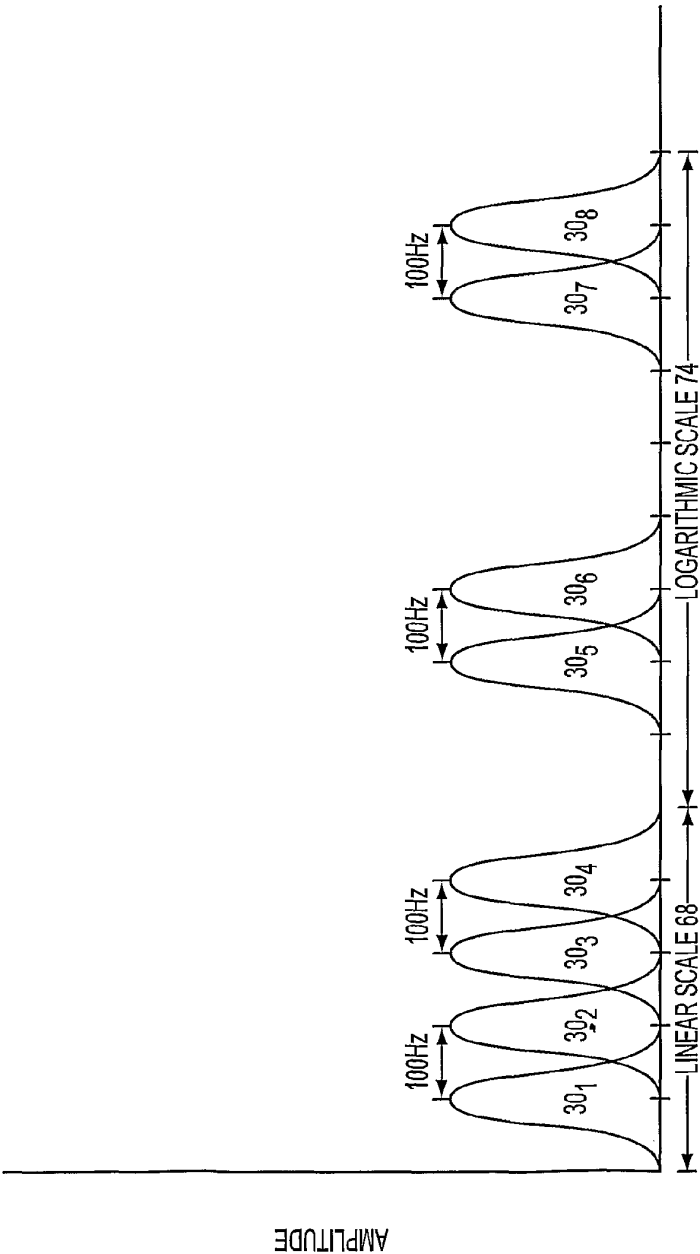


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US02/19182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : G10L 15/02

US CL : 704/243, 205, 206; 708/300

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 704/243, 205, 206, 231, 268; 708/300-323; 370/484; 375/285.

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
Please See Continuation Sheet**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4,300,229 A (HIROSAKI) 10 November 1981 (10.11.1981), ALL	1-38
A	US 4,729,112 A (MILLAR) 01 March 1988 (01.03.1988), ALL	1-38
A	US 4,660,216 A (CLAASEN et al.) 21 April 1987 (21.04.1987), ALL	1-38
A	US 4,221,934 A (SCHIFF) 09 September 1980 (09.09.1980), ALL	1-38

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"B" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 September 2002 (08.09.2002)

Date of mailing of the international search report

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks
Box PCT
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

David D. Knepper

Telephone No. (703) 306-0377

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US02/19182

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

EAST: (speech OR voice) AND (Frequency AND Amplitude) AND (conjugate OR imaginary) AND ((band NEAR1 pass NEAR1 filter) OR BPF)

**Espacenet****Bibliographic data: JP2005148274 (A) — 2005-06-09**

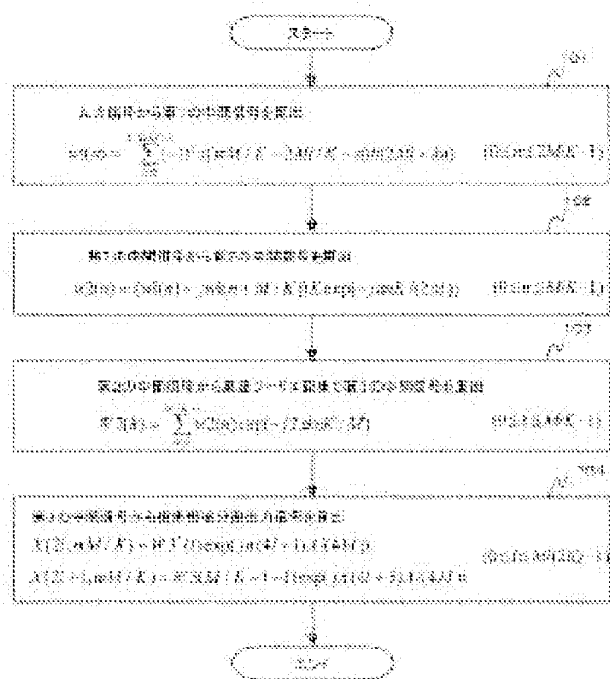
SIGNAL ANALYZING METHOD AND SIGNAL COMPOSING METHOD FOR COMPLEX INDEX MODULATION FILTER BANK, AND PROGRAM THEREFOR AND RECORDING MEDIUM THEREFOR**Inventor(s):** NAGAI KIYOTAKA; USAMI AKIRA ±**Applicant(s):** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD ±

Classification:

- international: ***G10L11/00; G10L19/02; G10L19/14; H03H17/02;*** (IPC1-7): G10L11/00; G10L19/02; G10L19/14
- European: G10L19/02S; H03H17/02E; H03H17/02F8A

Application number: JP20030383535 20031113**Priority number(s):** JP20030383535 20031113**Also published as:** JP4396233 (B2) US2005108002 (A1) US7433907 (B2)**Abstract of JP2005148274 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To achieve low power consumption or faster operation of a complex index modulation filter bank by reducing its computational complexity. ; SOLUTION: Provided are a step 101 of calculating a 1st intermediate signal from an input signal, a step 102 of calculating a 2nd intermediate signal from the 1st intermediate signal, a step 103 of calculating a 3rd intermediate signal from the 2nd intermediate signal through fast Fourier transformation, and a step 104 of calculating a complex band output signal from the 3rd intermediate signal. Consequently, reduced is the operation quantity needed to realize the complex index modulation filter bank. ; COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIP



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2005-148274
(P2005-148274A)

(43) 公開日 平成17年6月9日 (2005. 6. 9)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G 1 0 L 19/14	G 1 0 L 7/04	H
G 1 0 L 11/00	G 1 0 L 7/04	G
G 1 0 L 19/02	G 1 0 L 9/16	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2003-383535 (P2003-383535)	(71) 出願人 000005821
(22) 出願日 平成15年11月13日 (2003. 11. 13)	松下電器産業株式会社
	大阪府門真市大字門真1006番地
	(74) 代理人 100097445
	弁理士 岩橋 文雄
	(74) 代理人 100103355
	弁理士 坂口 智康
	(74) 代理人 100109667
	弁理士 内藤 浩樹
	(72) 発明者 永井 清隆
	大阪府門真市大字門真1006番地 松下
	電器産業株式会社内
	(72) 発明者 宇佐見 陽
	大阪府門真市大字門真1006番地 松下
	電器産業株式会社内

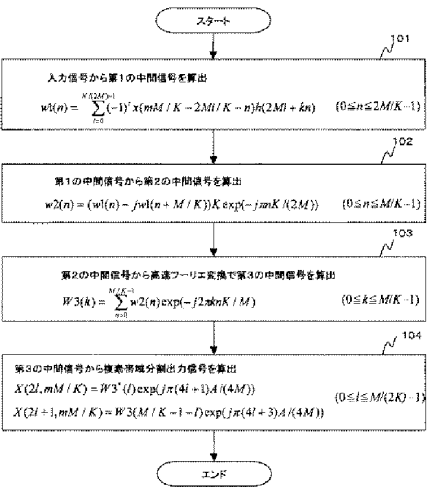
(54) 【発明の名称】 複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法、信号合成方法、そのプログラム及びその記録媒体

(57) 【要約】

【課題】複素指数変調フィルタバンクにおいて、演算量を削減することにより、低消費電力化あるいは高速化を実現する。

【解決手段】入力信号から第1の中間信号を算出するステップ101と、第1の中間信号から第2の中間信号を算出するステップ102と、第2の中間信号から高速フーリエ変換で第3の中間信号を算出するステップ103と、第3の中間信号から複素帯域出力信号を算出するステップ104とを備える。これにより、複素指数変調フィルタバンクの実現に必要な演算量を削減することができる。

【選択図】図1



(2)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】

サンプリング周波数 f_s の入力信号を K 倍（ただし、 K は帯域分割数 M の約数で 1 を含む正整数）にアップサンプリングして、 M 個の等帯域幅のサンプリング周波数 $f_s K/M$ の複素帯域分割信号に分割して出力する信号分析方法あって、直線位相非巡回形のプロトタイプフィルタのフィルタ係数を $h(n)$ （ただし、 N はフィルタ次数、 $0 \leq n \leq N$ ）、最初と最後のフィルタ係数の値を零、サンプリング時刻 n における入力信号を $x(n)$ とするとき、

入力信号から第 1 の中間信号 $w_1(n)$ を（数 1）によって算出するステップと、

【数 1】

$$w_1(n) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i x(mM/K - 2Mi/K - n) h(2Mi + Kn) \quad (0 \leq n \leq 2M/K - 1)$$

第 1 の中間信号から第 2 の中間信号 $w_2(n)$ を（数 2）（ただし、 j は虚数単位）によって算出するステップと、

【数 2】

$$w_2(n) = (w_1(n) - jw_1(n + M/K)) K \exp(-j\pi n K/(2M)) \quad (0 \leq n \leq M/K - 1)$$

第 2 の中間信号から高速フーリエ変換で第 3 の中間信号 $W_3(k)$ を（数 3）によって算出するステップと、

【数 3】

$$W_3(k) = \sum_{n=0}^{M/K-1} w_2(n) \exp(-j2\pi kn/K) \quad (0 \leq k \leq M/K - 1)$$

第 3 の中間信号から第 k 帯域（ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$ ）のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ を、 k が偶数（ $k = 2l$ ）の場合には（数 4）（ただし、 $*$ は共役複素数、 A は信号分析の位相）、 k が奇数（ $k = 2l + 1$ ）の場合には（数 5）、によって算出するステップを備えたことを特徴とする複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法。

【数 4】

$$X(2l, mM/K) = W_3^*(l) \exp(j\pi(4l+1)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K) - 1)$$

【数 5】

$$X(2l+1, mM/K) = W_3(M/K - 1 - l) \exp(j\pi(4l+3)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K) - 1)$$

【請求項 2】

サンプリング周波数 f_s の入力信号を K 倍（ただし、 K は帯域分割数 M の約数で 1 を含む正整数）にアップサンプリングして、 M 個の等帯域幅のサンプリング周波数 $f_s K/M$ の複素帯域分割信号に分割して出力する信号分析方法あって、直線位相非巡回形のプロトタイプフィルタのフィルタ係数を $h(n)$ （ただし、 N はフィルタ次数、 $0 \leq n \leq N$ ）、最初と最後のフィルタ係数の値を零、サンプリング時刻 n における入力信号を $x(n)$ とするとき、

入力信号から第 1 の中間信号 $w_1(n)$ を（数 6）によって算出するステップと、

【数 6】

$$w_1(n) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i x(mM/K - 2Mi/K - n) h(2Mi + Kn) \quad (0 \leq n \leq 2M/K - 1)$$

第 1 の中間信号から第 2 の中間信号 $w_2(n)$ を（数 7）（ただし、 j は虚数単位）によって算出するステップと、

【数 7】

$$w2(n) = (w1(n) + jw1(n + M/K))K \exp(j\pi nK/(2M)) \quad (0 \leq n \leq M/K-1) \quad |$$

第2の中間信号から逆高速フーリエ変換で第3の中間信号W3(k)を(数8)によって算出するステップと、

【数8】

$$W3(k) = \sum_{n=0}^{M/K-1} w2(n) \exp(j2\pi knK/M) \quad (0 \leq k \leq M/K-1) \quad |$$

第3の中間信号から第k帯域(ただし、 $0 \leq k \leq M/K-1$)のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ を、kが偶数($k=2l$)の場合には(数9)(ただし、Aは信号分析の位相)、kが奇数($k=2l+1$)の場合には(数10)(ただし、*は共役複素数)、によって算出するステップを備えたことを特徴とする複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法。

【数9】

$$X(2l, mM/K) = W3(l) \exp(j\pi(4l+1)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1) \quad |$$

【数10】

$$X(2l+1, mM/K) = W3^*(M/K-1-l) \exp(j\pi(4l+3)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1) \quad |$$

【請求項3】

信号分析の位相が、第3の中間信号から複素帯域分割出力信号を算出するステップで乗算を発生しないように設定されていることを特徴とする請求項1ないし2のいずれかに記載の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法。

【請求項4】

M個の等帯域幅のサンプリング周波数 $f_s K/M$ (ただし、Kは帯域分割数Mの約数で1を含む正整数)の複素帯域分割入力信号を合成し、 $1/L$ 倍(ただし、LはMの約数で1を含む正整数)にダウンサンプリングして、サンプリング周波数 $f_s K/L$ の信号を出力する信号合成方法であって、直線位相非巡回形のプロトタイプフィルタのフィルタ係数を $h(n)$ (ただし、Nはフィルタ次数、 $0 \leq n \leq N$)、最初と最後のフィルタ係数の値を零、第k帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とすると、

複素帯域分割入力信号から第1の中間信号W1(k)を、 $0 \leq k \leq M/(2L)-1$ に対しては(数11)(ただし、jは虚数単位、*は共役複素数、Bは信号合成の位相)、 $M/(2L) \leq k \leq M/L-1$ に対しては(数12)、によって算出するステップと、

【数11】

$$W1(k) = X^*(2k, mM/K) \exp(-j\pi kB/M) \quad (0 \leq k \leq M/(2L)-1)$$

【数12】

$$W1(k) = X(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi B(1/L-k/M)) \quad (M/(2L) \leq k \leq M/L-1)$$

第1の中間信号から高速フーリエ変換で第2の中間信号w2(n)を(数13)によって算出するステップと、

【数13】

$$w2(n) = \sum_{k=0}^{M/L-1} W1(k) \exp(-j2\pi knL/M) \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

$0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する第3の中間信号w3(n)をw3(n+2M/L)にシフトし、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号w3(n)とw3(n+M/L)を第2の中間信号から(数14)(ただし、Re(x)は複素数xの実部、Im(x)はxの虚部)によって算出するステップと、

(4)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【数14】

$$\begin{aligned} w3(n) &= \operatorname{Re}\{w2(n)(1/M)\exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \\ w3(n+M/L) &= \operatorname{Im}\{w2(n)(1/M)\exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \end{aligned} \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

第3の中間信号からサンプリング時刻 $mM/K+nL/K$ （ただし、 $0 \leq n \leq M/L-1$ ）における出力信号 $x(mM/K+nL/K)$ を（数15）によって算出するステップを備えたことを特徴とする複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法。

【数15】

$$x(mM/K+nL/K) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i \{w3(4Mi/L+n)h(2Mi+Ln) + w3(4Mi/L+3M/L+n)h(2Mi+M+Ln)\}$$

【請求項5】

M個の等帯域幅のサンプリング周波数 $f_s K/M$ （ただし、Kは帯域分割数Mの約数で1を含む正整数）の複素帯域分割入力信号を合成し、 $1/L$ 倍（ただし、LはMの約数で1を含む正整数）にダウンサンプリングして、サンプリング周波数 $f_s K/L$ の信号を出力する信号合成方法であって、直線位相非巡回形のプロトタイプフィルタのフィルタ係数を $h(n)$ （ただし、Nはフィルタ次数、 $0 \leq n \leq N$ ）、最初と最後のフィルタ係数の値を零、第k帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とするとき、

複素帯域分割入力信号から第1の中間信号 $W1(k)$ を、 $0 \leq k \leq M/(2L)-1$ に対しては（数16）（ただし、jは虚数単位、Bは信号合成の位相）、 $M/(2L) \leq k \leq M/L-1$ に対しては（数17）（ただし、*は共役複素数）、によって算出するステップと、

【数16】

$$W1(k) = X(2k, mM/K) \exp(j\pi k B/M) \quad (0 \leq k \leq M/(2L)-1)$$

【数17】

$$W1(k) = X^*(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi B(k/M-1/L)) \quad (M/(2L) \leq k \leq M/L-1)$$

第1の中間信号から逆高速フーリエ変換で第2の中間信号 $w2(n)$ を（数18）によって算出するステップと、

【数18】

$$w2(n) = \sum_{k=0}^{M/L-1} W1(k) \exp(j2\pi k n L/M) \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

$0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ を $w3(n+2M/L)$ にシフトし、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ と $w3(n+M/L)$ を第2の中間信号から（数19）（ただし、 $\operatorname{Re}(x)$ は複素数xの実部、 $\operatorname{Im}(x)$ はxの虚部）によって算出するステップと、

【数19】

$$\begin{aligned} w3(n) &= \operatorname{Re}\{w2(n)(1/M)\exp(j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \\ w3(n+M/L) &= -\operatorname{Im}\{w2(n)(1/M)\exp(j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \end{aligned} \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

第3の中間信号からサンプリング時刻 $mM/K+nL/K$ （ただし、 $0 \leq n \leq M/L-1$ ）における出力信号 $x(mM/K+nL/K)$ を（数20）によって算出するステップを備えたことを特徴とする複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法。

【数20】

$$x(mM/K + nL/K) = \sum_{i=0}^{N(2M)-1} (-1)^i \{w_3(4Mi/L + n)h(2Mi + Ln) + w_3(4Mi/L + 3M/L + n)h(2Mi + M + Ln)\}$$

【請求項6】

信号合成の位相が、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出するステップで乗算が発生しないように、設定されていることを特徴とする請求項4ないし5のいずれかに記載の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法。

【請求項7】

信号分析の位相Aと信号合成の位相Bが(数21)(ただし、Nはプロトタイプフィルタの次数、Mは帯域分割数、Pは任意の整数)を満足することを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の複素指数変調フィルタバンクの信号分析と合成方法。

【数21】

$$A + B + 2N = 8MP$$

【請求項8】

請求項1ないし7のいずれかに記載の複素指数変調フィルタバンクの信号分析と合成方法を、コンピュータまたはデジタルシグナルプロセッサに実行させるためのプログラム。

【請求項9】

請求項1ないし7のいずれかに記載の複素指数変調フィルタバンクの信号分析と合成方法を、コンピュータまたはデジタルシグナルプロセッサに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータで読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、演算量を削減して低消費電力のあるいは高速な複素指数変調フィルタバンクの信号分析と信号合成方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、信号を複数の帯域分割信号に分割する信号分析フィルタバンクと前記帯域分割信号を合成して元の信号を再生する信号合成フィルタバンクは、オーディオ信号や画像信号のサブバンド符号化による高効率符号化を実現する信号分析と信号合成手段として注目されている。特に、少ない情報量で広帯域再生を実現するオーディオ信号帯域拡張技術において、複素指数変調フィルタバンクが注目されている。複素指数変調フィルタバンクは、MPEG(Moving Picture Experts Group)-1オーディオ等で使用されてきたコサイン変調フィルタバンクと異なり、帯域毎にゲインを変えても折り返し歪が発生しないという利点を有している。したがって各種デジタルイコライザーとしても利用可能である。しかしながら、複素指数変調フィルタバンクは、帯域分割信号を複素数で扱うので、帯域分割信号を実数で扱うコサイン変調フィルタバンクと比較して演算量が多いという欠点を有している。

【0003】

例えば、MPEG(Moving Picture Experts Group)AAC(Advanced Audio Coding)の帯域拡張技術であるAAC+SBR(Spectral Band Replication)では、複素指数変調フィルタバンクが用いられている(非特許文献1参照)。

【0004】

以下に従来の複素指数変調フィルタバンクの信号分析と信号合成方法について説明する。図12は信号分析フィルタバンクと信号合成フィルタバンクの構成を示すブロック図である。図12において、1201は信号分析フィルタバンク、1202は信号合成フィルタバンク、Mは帯域分割数、1203はサンプリング周波数K倍補間器、1204は分析用帯域通過フィルタ、1205は間引き器、1206は補間器、1207は合成用帯域通

過フィルタ、1208は加算器、1209はサンプリング周波数 $1/L$ 倍間引き器である。

【0005】

信号分析フィルタバンク1201は、サンプリング周波数 K 倍補間器1203と M 個の分析用帯域通過フィルタ1204と M 個の間引き器1205とから成り、信号合成フィルタバンク1202は、 M 個の補間器1206と M 個の合成用帯域通過フィルタ1207と加算器1208とサンプリング周波数 $1/L$ 倍間引き器1209とから成る。分析用帯域通過フィルタ1204と合成用帯域通過フィルタ1207は、互いにペアをなす。ここで、 K と L は帯域分割数 M の約数で1を含む正整数である。なお、図12でサンプリング周波数 K 倍補間器1203、あるいはサンプリング周波数 $1/L$ 倍間引き器1209を備えていない構成（すなわち、 K あるいは L の値が1の構成）も可能である。

【0006】

最初に信号分析フィルタバンク1201の動作について説明する。サンプリング周波数 K 倍補間器1203では、サンプリング周波数 f_s の入力信号に対して、1個のデータ毎に $(K-1)$ 個の零データを挿入することにより、サンプリング周波数を K 倍上昇して、 Kf_s にする。次に、全帯域を M 個の等帯域幅の帯域に分割する分析用帯域通過フィルタ1204によって帯域通過信号とし、間引き器1205で M 個のデータ毎に $(M-1)$ 個のデータを間引き、1個のデータを出力することによってサンプリング周波数 $f_s K/M$ の帯域分割信号に変換し、出力する。入力信号のサンプリング周波数を K 倍にしているの、第 M/K 帯域以上の帯域分割信号は零である。

【0007】

次に、信号合成フィルタバンク1202の動作について説明する。信号分析フィルタバンク1201から出力されたサンプリング周波数 $f_s K/M$ の帯域分割信号を入力とし、補間器1206で1個のデータ毎に $(M-1)$ 個の零データを挿入することによってサンプリング周波数を M 倍の Kf_s に上昇し、 M 個の等帯域幅の合成用帯域通過フィルタ1207により帯域通過信号とした後、加算器1208によって合成し、サンプリング周波数 Kf_s の信号を再生する。次に、サンプリング周波数 $1/L$ 倍間引き器1209で、 L 個のデータ毎に $(L-1)$ 個のデータを間引き、サンプリング周波数 $f_s K/L$ の信号を出力する。

【0008】

オーディオ信号や画像信号のサブバンド符号化では、信号分析フィルタバンクと信号合成フィルタバンクとの間で帯域分割信号の周波数方向の分布の偏りや人間の聴覚特性あるいは視覚特性を利用して情報圧縮を行い、高能率符号化を実現する。

【0009】

特許文献1に記載されているように複素指数変調フィルタバンクは、プロトタイプフィルタを複素指数変調することにより構成される。特許文献1より、直線位相非巡回形プロトタイプフィルタのフィルタ係数を $h(n)$ （ただし、 $0 \leq n \leq N$ 、 N はフィルタ次数）とすると、複素指数変調信号分析フィルタバンクの第 k 帯域の n サンプルのフィルタ係数 $h_a(k, n)$ は（数1）（ただし、 j は虚数単位、 A は信号分析の位相）で与えられる。

【0010】

【数1】

$$h_a(k, n) = Kh(Kn) \exp(j\pi(k + 0.5)(2Kn + A)/(2M))$$

【0011】

したがって、最初と最後のプロトタイプフィルタのフィルタ係数の値を零とすると、信号分析フィルタバンクのサンプル時刻 n における入力信号を $x(n)$ とすれば、第 k 帯域（ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$ ）のサンプル時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ は（数2）で与えられる。

【0012】

【数2】

$$X(k, mM/K) = K \sum_{n=0}^{N/K-1} h(Kn) \exp(j\pi(k+0.5)(2Kn+A)/(2M)) x(mM/K-n)$$

【0013】

(数2)を直接計算すると演算量が多くなるので、従来、以下のように演算量を削減した複素指数変調信号分析フィルタバンクが用いられてきた。図13は従来の複素指数変調信号分析フィルタバンクの分析方法の処理ステップを示すフローチャートである。ステップ1301で、サンプリング時刻nの入力信号x(n)から中間信号w(n)を(数3)によって算出する。

【0014】

【数3】

$$w(n) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i x(mM/K - 2Mi/K - n) h(2Mi + Kn) \quad (0 \leq n \leq 2M/K - 1)$$

【0015】

次に、ステップ1302で中間信号w(n)から第k帯域(ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$)のサンプリング時刻mM/Kにおける複素帯域分割出力信号X(k, mM/K)を(数4)(ただし、Aは信号分析の位相)によって算出する。

【0016】

【数4】

$$X(k, mM/K) = K \sum_{n=0}^{2M/K-1} w(n) \exp(j\pi(k+0.5)(2Kn+A)/(2M)) \quad (0 \leq k \leq M/K - 1)$$

【0017】

例えば、非特許文献1の60頁と62頁に、帯域分割数Mが64、プロトタイプフィルタのフィルタ次数Nが640、アップサンプリングの倍率Kが2、信号の位相Aが-1の場合の複素指数変調信号分析フィルタバンクの例が記載されている。ただし、非特許文献1では、プロトタイプフィルタのフィルタ係数h(n)の代わりに、h(n)から(数5)で算出したc(n)を用いている。

【0018】

【数5】

$$c(n) = (-1)^{INT(n/2M)} h(n) \quad (0 \leq n \leq N-1)$$

【0019】

ここで、INT(x)は、xの小数点以下を切り捨て整数化する関数である。

【0020】

図13の従来例では、中間信号を導入することにより、(数2)を直接計算する場合と比較して演算量を削減することができる。

【0021】

ここで、図13の複素指数変調信号分析フィルタバンクを実現するのに必要な演算量を実数加算回数と実数乗算回数を評価する。

【0022】

ステップ1301で、h(n)の代わりに(数5)であらかじめ算出したc(n)をテーブルに記憶して用いることにすると、実数加算回数は $(N/2M-1)(2M/K) = N/K - 2M/K$ 回、実数乗算回数は $(N/2M)(2M/K) = N/K$ 回である。

【0023】

ステップ1302で、 $K \exp(j\pi(k+0.5)(2Kn+A)/(2M))$ をあらかじめ算出してテーブルに記憶して用いることにすると、実数加算回数は $2(2M/K-1)(M/K) = 4(M/K)^2 - 2(M/K)$ 回であり、実数乗算回数は $2(2M/K$

(8)

特開2005-148274(P2005-148274A)

K) (M/K) = 4 (M/K) ² 回である。

【0024】

プロトタイプフィルタの次数Nを640、帯域分割数Mを64、アップサンプリングの倍率Kを1とすれば、ステップ1301で、実数加算回数が512回、実数乗算回数が640回、ステップ1302で、実数加算回数が16256回、実数乗算回数が16384回、ステップ1301とステップ1302を合わせた合計で、実数加算回数が16768回、実数乗算回数が17024回である。

【0025】

次に、従来の複素指数変調信号合成フィルタバンクについて説明する。特許文献1より、複素指数変調信号合成フィルタバンクの第k帯域のnサンプルのフィルタ係数 $h_s(k, n)$ は(数6)(ただし、Bは信号合成の位相)で与えられる。

【0026】

【数6】

$$h_s(k, n) = (1/M)h(Ln)\exp(j\pi(k+0.5)(2Ln+B)/(2M))$$

【0027】

ここで、信号合成の位相Bは信号分析の位相Aと(数7)(ただし、Pは任意の整数)の関係式を満足する。

【0028】

【数7】

$$A+B+2N=8MP$$

【0029】

入力の複素帯域分割信号を(数6)のフィルタ係数でたたみこんだ信号の有効帯域(第0帯域から第(M/L-1)帯域までの帯域)での総和の実数部が信号合成フィルタバンク1202の出力である。最初と最後のプロトタイプフィルタのフィルタ係数の値を零とすると、複素指数変調信号合成フィルタバンクの第k帯域のサンプル時刻mM/Kにおける複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とすれば、サンプリング時刻mM/K+nL/Kにおける出力信号 $x(mM/K+nL/K)$ は(数8)(ただし、 $\text{Re}(x)$ は複素数xの実部)で与えられる。

【0030】

【数8】

$$x(mM/K+nL/K) = \text{Re} \left\{ (1/M) \sum_{k=0}^{M/L-1} \sum_{l=0}^{N/L-1} X(k, mM/K+L(n-l))h(Ll)\exp(j\pi(k+0.5)(2Ll+B)/(2M)) \right\}$$

$$(0 \leq n \leq M/L-1)$$

【0031】

(数8)を直接計算すると演算量が多くなるので、複素指数変調信号分析フィルタバンクの場合と同様に、従来、以下のように演算量を削減した複素指数変調信号合成バンクが用いられてきた。図14は従来の複素指数変調信号合成フィルタバンクの合成方法の処理ステップを示すフローチャートである。ステップ1401で、 $0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する中間信号 $w(n)$ を $w(n+2M/L)$ にシフトし、第k帯域のサンプリング時刻mM/Kにおける複素帯域分割入力信号 $X(k, mM/K)$ から $0 \leq n \leq 2M/L-1$ に対する中間信号 $w(n)$ を(数9)によって算出する。

【0032】

【数9】

$$w(n) = \operatorname{Re} \left\{ (1/M) \sum_{k=0}^{M/L-1} X(k, mM/K) \exp(j\pi(k+0.5)(2Ln+B)/(2M)) \right\} \quad (0 \leq n \leq 2M/L-1)$$

【0033】

次に、ステップ1402で中間信号 $w(n)$ からサンプリング時刻 $mM/K + nL/K$ （ただし、 $0 \leq n \leq M/L-1$ ）における出力信号 $x(mM/K + nL/K)$ を（数10）によって算出する。

【0034】

【数10】

$$x(mM/K + nL/K) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i \{ w(4Mi/L + n)h(2Mi + Ln) + w(4Mi/L + 3M/L + n)h(2Mi + M + Ln) \}$$

$$(0 \leq n \leq M/L-1)$$

【0035】

非特許文献1の60頁、61頁、63頁に、帯域分割数 M が64、プロトタイプフィルタのフィルタ次数 N が640、アップサンプリングの倍率 K が2、ダウンサンプリングの倍率 $1/L$ が1、信号合成の位相 B が-255の場合の複素指数変調信号合成フィルタバンクの例が記載されている。

【0036】

図14の複素指数変調信号合成フィルタバンクを実現するのに必要な演算量を、実数加算回数と実数乗算回数を評価する。

【0037】

ステップ1401で、 $(1/M) \exp(j\pi(k+0.5)(2Ln+B)/(2M))$ をあらかじめ算出し、テーブルに記憶して用いることにすると、実数加算回数は $(M/L-1)(2M/L) + (M/L)(2M/L) = 4(M/L)^2 - 2(M/L)$ 回であり、実数乗算回数は $2(M/L)(2M/L) = 4(M/L)^2$ 回である。

【0038】

ステップ1402で、 $h(n)$ の代わりに（数5）で算出した $c(n)$ をテーブルに記憶して用いるとすると、実数加算回数は $(N/M-1)(M/L) = N/L - M/L$ 回、実数乗算回数は $(N/2M)^2(M/L) = N/L$ 回である。

【0039】

プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、ダウンサンプリングの倍率 $1/L$ を1とすれば、ステップ1401で、実数加算回数が16256回、実数乗算回数が16384回、ステップ1402で、実数加算回数が576回、実数乗算回数が640回、ステップ1401とステップ1402を合わせた合計で、実数加算回数が16832回、実数乗算回数が17024回である。

【特許文献1】国際公開第02/080362号パンフレット

【非特許文献1】ISO/アイイーシー14496-3:2001(ISO/IEC14493-3:2001)、インフォメーション テクノロジー コーディング オブ オーディオ・ビジュアル オブジェクト パート3 オーディオ(Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 3)、2003年3月 (FDAM1の本文、帯域拡張(Bandwidth Extension))

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0040】

しかしながら、上記従来の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法と信号合成方法

では、演算量が多い、という問題点を有していた。したがって、デジタルシグナルプロセッサのように限られた数の乗算器と加算器を時分割で使ってフィルタバンクを実装するときの動作クロック周波数が高くなり、消費電力が大きい、という課題を有していた。また、コンピュータを使ってソフトウェアでフィルタバンクを実行するときの処理時間が大きいという課題を有していた。

【0041】

本発明は上記従来の問題点を解決するもので、複素指数変調フィルタバンク実行時の演算量を削減し、消費電力を低減した信号分析方法と信号合成方法を提供することを目的とする。また、複素指数変調フィルタバンク実行時の処理時間を短縮し、高速化した信号分析方法と信号合成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0042】

この課題を解決するために、本発明の信号分析方法は、サンプリング周波数 f_s の入力信号を K 倍にアップサンプリングして、 M 個の等帯域幅のサンプリング周波数 $f_s K/M$ の複素帯域分割信号に分割して出力する複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法であって、入力信号から第1の中間信号を算出するステップと、第1の中間信号から第2の中間信号を算出するステップと、第2の中間信号から M/K 点の高速フーリエ変換あるいは逆高速フーリエ変換で第3の中間信号を算出するステップと、第3の中間信号から複素帯域分割出力信号を算出するステップと、を備えたことを特徴とする。

【0043】

また、本発明の信号合成方法は、 M 個の等帯域幅のサンプリング周波数 $f_s K/M$ の複素帯域分割入力信号を合成し、 $1/L$ 倍にダウンサンプリングして、サンプリング周波数 $f_s K/L$ の信号を出力する複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法であって、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出するステップと、第1の中間信号から M/L 点の高速フーリエ変換あるいは逆高速フーリエ変換で第2の中間信号を算出するステップと、第3の中間信号をシフトし、次に第2の中間信号から第3の中間信号を算出するステップと、第3の中間信号から出力信号を算出するステップと、を備えたことを特徴とする。

【0044】

これにより、複素指数関数の周期性を利用して、高速フーリエ変換あるいは逆高速フーリエ変換を効率的に適用することができるので、複素指数変調フィルタバンクの演算量を削減することができる。

【0045】

また、上記信号分析方法と信号合成方法は、実数部と虚数部を分離せずに複素数として扱うので、信号分析の位相あるいは信号合成の位相を演算量が小さくなるように設定することにより、演算量をさらに削減することができる。

【発明の効果】

【0046】

本発明によれば、複素指数変調フィルタバンク実行時の演算量を削減することができる。したがって、デジタルシグナルプロセッサやLSIでフィルタバンクを実装するときの動作クロック周波数を低減することができ、低消費電力で複素指数変調フィルタバンクを実現することができる。また、複素指数変調フィルタバンクをコンピュータを使ってソフトウェアで実行する時の処理時間を短縮することができ、処理の高速化を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

本発明の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法は、サンプリング周波数 f_s の信号を K 倍（ただし、 K は帯域分割数 M の約数で1を含む正整数）にアップサンプリングして M 個の等帯域幅のサンプリング周波数が $f_s K/M$ の複素帯域分割信号に分割し、また、本発明の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法は、 M 個の等帯域幅のサンプリン

グ周波数が $f_s K / M$ の複素帯域分割信号を合成し、 $1 / L$ 倍（ただし、 L は M の約数で 1 を含む正整数）にダウンサンプリングして、サンプリング周波数 $f_s K / L$ の信号を出力する。複素指数変調フィルタバンクはプロトタイプフィルタを複素指数変調することによって構成される。以下の実施の形態では、直線位相非巡回形プロトタイプフィルタのフィルタ次数を N 、フィルタ係数を $h(n)$ ($0 \leq n \leq N$)、最初と最後のフィルタ係数の値を零 ($h(0) = h(N) = 0$) とする。

【0048】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0049】

（実施の形態 1）

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャートである。

【0050】

ステップ 101 では、入力信号から第 1 の中間信号を算出する。すなわち、サンプリング時刻 n における入力信号を $x(n)$ とするとき、入力信号から第 1 の中間信号 $w1(n)$ （ただし、 $0 \leq k \leq 2M/K - 1$ ）を（数 11）によって算出する。

【0051】

【数 11】

$$w1(n) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i x(mM/K - 2Mi/K - n) h(2Mi + Kn) \quad (0 \leq n \leq 2M/K - 1)$$

【0052】

ステップ 101 は、図 13 の従来例のステップ 1301 と同一である。 $h(n)$ の代わりに（数 12）であらかじめ算出した $c(n)$ をテーブルに記憶して用いることにすると、（数 11）は（数 13）となる。

【0053】

【数 12】

$$c(n) = (-1)^{INT(n/2M)} h(n) \quad (0 \leq n \leq N-1)$$

【0054】

【数 13】

$$w1(n) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} x(mM/K - 2Mi/K - n) c(2Mi + Kn) \quad (0 \leq n \leq 2M/K - 1)$$

【0055】

したがって、ステップ 101 を実行するのに必要な実数加算回数は $(N/2M - 1)(2M/K) = N/K - 2M/K$ 回、実数乗算回数は $(N/2M)(2M/K) = N/K$ 回である。

【0056】

ステップ 102 では、第 1 の中間信号から（数 14）（ただし、 j は虚数単位）によって第 2 の中間信号 $w2(n)$ （ただし、 $0 \leq n \leq 2M/K - 1$ ）を算出する。

【0057】

【数 14】

$$w2(n) = (w1(n) - jw1(n + M/K))K \exp(-j\pi nK/(2M)) \quad (0 \leq n \leq M/K - 1)$$

【0058】

ここで、 $K \exp(-j\pi nK/(2M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、1 回の複素数同士の乗算（複素乗算）は、2 回の実数加算と 4 回の実数乗算で実行できるので、ステップ 102 を実行するのに必要な実数加算回数は $2M/K$ 回、実数乗算回数は $4M/K$ 回である。

(1 2)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【0059】

ステップ103では第2の中間信号から高速フーリエ変換（FFT:Fast Fourier Transform）で（数15）によって第3の中間信号 $W3(k)$ （ただし、 $0 \leq n \leq M/K-1$ ）を算出する。

【0060】

【数15】

$$W3(k) = \sum_{n=0}^{M/K-1} w2(n) \exp(-j2\pi knK/M) \quad (0 \leq k \leq M/K-1)$$

【0061】

M/K 点のFFTでは、 $(M/(2K)) \log_2(M/K)$ 回のバタフライ演算が必要である。1回のバタフライ演算には2回の複素加算と1回の複素乗算が含まれるので、これを実数演算に直すと、6回の実数加算と4回の実数乗算が必要である。したがって、ステップ103を実行するのに必要な実数加算回数は $(3M/K) \log_2(M/K)$ 回で、実数乗算回数は $(2M/K) \log_2(M/K)$ 回である。

【0062】

ステップ104で、第3の中間信号から第 k 帯域（ただし、 $0 \leq k \leq M/K-1$ ）のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ を、 k が偶数（ $k=2l$ ）の場合には（数16）（ただし、 $*$ は共役複素数、 A は信号分析の位相）、 k が奇数（ $k=2l+1$ ）の場合には（数17）、によって算出する。

【0063】

【数16】

$$X(2l, mM/K) = W3^*(l) \exp(j\pi(4l+1)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0064】

【数17】

$$X(2l+1, mM/K) = W3(M/K-1-l) \exp(j\pi(4l+3)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0065】

入力信号を K 倍にアップサンプリングしているので、複素帯域分割出力信号の有効な帯域は第0帯域から第 $(M/K-1)$ 帯域までで、第 M/K 帯域以上の複素帯域分割出力信号は零である。

【0066】

ステップ104を実行するには、 M/K 回の複素乗算が必要なので、 $2M/K$ 回の実数加算と $4M/K$ 回の実数乗算が必要である。

【0067】

したがって、図1の実施の形態1を実行するのに必要な演算回数を、上記各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/K + 2M/K + (3M/K) \log_2(M/K)$ 回、実数乗算回数は $N/K + 8M/K + (2M/K) \log_2(M/K)$ 回である。プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、アップサンプリングの倍率 K を1とすれば、実施の形態1を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1920回、実数乗算回数が1920回である。これを従来例（実数加算回数16768回、実数乗算回数17024回）と比較すると、実施の形態1では、実数加算回数、実数乗算回数をともに従来例の1/8以下に削減することができる。

【0068】

実施の形態1の動作についてさらに説明する。

【0069】

（数14）を（数15）に代入し、式を変形すると（数18）が成立する。（数18）の最後の式を（数16）に代入すると（数19）が成立する。

【0070】

【数18】

$$\begin{aligned}
 W3(k) &= \sum_{n=0}^{M/K-1} (w1(n) - jw1(n + M/K)K \exp(-j\pi(2k + 0.5)nK/M)) \\
 &= \sum_{n=0}^{M/K-1} w1(n)K \exp(-j\pi(2k + 0.5)nK/M) + \sum_{n=0}^{M/K-1} (-j)w1(n + M/K)K \exp(-j\pi(2k + 0.5)nK/M) \\
 &= \sum_{n=0}^{M/K-1} w1(n)K \exp(-j\pi(2k + 0.5)nK/M) + \sum_{n=0}^{M/K-1} w1(n + M/K)K \exp(-j\pi(2k + 0.5)(n + M/K)K/M) \\
 W3(k) &= \sum_{n=0}^{2M/K-1} w1(n)K \exp(-j\pi(2k + 0.5)nK/M)
 \end{aligned}$$

【0071】

【数19】

$$\begin{aligned}
 X(2l, mM/K) &= W3^*(l) \exp(j\pi(4l + 1)A/(4M)) \\
 &= \exp(j\pi(4l + 1)A/(4M)) \sum_{n=0}^{2M/K-1} w1(n)K \exp(j\pi(2l + 0.5)nK/M) \\
 &= K \sum_{n=0}^{2M/K-1} w1(n) \exp(j\pi(2l + 0.5)(2Kn + A)/(2M))
 \end{aligned}$$

【0072】

(数19)は(数4)で、wをw1に置き換え、k=21としたときの式と一致する。同様に(数17)は(数4)でwをw1に置き換え、k=21+1としたときの式と一致することが説明できる。したがって、実施の形態1は、図13の従来例と同一の結果を算出することができる。

【0073】

図2は、実施の形態1の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法を実行する装置の構成を示すブロック図である。図2で、201は第1の中間信号生成部、202は第2の中間信号生成部、203はFFT部(第3の中間信号生成部)、204は帯域分割出力信号生成部である。第1の中間信号生成部201では、入力信号とプロトタイプフィルタのフィルタ係数から(数13)を実行して第1の中間信号を出力する。第2の中間信号生成部202では、第1の中間信号生成部201の出力した第1の中間信号から(数14)を実行して第2の中間信号を出力する。FFT部203では、第2の中間信号生成部202の出力した第2の中間信号に対してM/K点の高速フーリエ変換で(数15)を実行して結果を第3の中間信号として出力する。帯域分割出力信号生成部204では、FFT部203の出力した第3の中間信号から(数16)と(数17)にしたがって複素帯域分割出力信号を算出し、出力する。

【0074】

以上のように実施の形態1の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法では、複素指数関数の周期性を利用して高速フーリエ変換を効率的に適用することにより、複素指数変調信号分析フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減することができる。これによってデジタルシグナルプロセッサやLSIで複素指数変調信号分析フィルタバンクを実装するときの動作クロック周波数を低減することができ、低消費電力で複素指数変調信号分析フィルタバンクを実現することができる。また、コンピュータを使ってソフトウェアで複素指数変調信号分析フィルタバンクを実行する時の処理時間を短縮することができ、処理の高速化を実現することができる。

【0075】

(実施の形態2)

図3は、本発明の実施の形態2における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャートである。

(1 4)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【0076】

実施の形態2は、実施の形態1において信号分析の位相Aを8MP（ただし、Pは任意の整数）に設定したものである。

【0077】

図3のステップ301、302、303は、図1のステップ101、102、103、とそれぞれ同一であり、説明を省略する。

【0078】

ステップ304で、第3の中間信号から第k帯域（ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$ ）のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ を、kが偶数（ $k=2l$ ）の場合には（数20）、kが奇数（ $k=2l+1$ ）の場合には（数21）、によって算出する。

【0079】

【数20】

$$X(2l, mM/K) = W3^*(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K) - 1)$$

【0080】

【数21】

$$X(2l+1, mM/K) = W3(M/K - 1 - l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K) - 1)$$

【0081】

実施の形態1の図1のステップ104を実行するには、 M/K 回の複素乗算が必要で、 $2M/K$ 回の実数加算と $4M/K$ 回の実数乗算が必要であったが、ステップ304では複素乗算は不要であり、その分演算量を削減できる。

【0082】

したがって、図3の実施の形態2を実行するのに必要な演算回数を、図3の各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/K + (3M/K) \log_2(M/K)$ 回、実数乗算回数は $N/K + 4M/K + (2M/K) \log_2(M/K)$ 回である。プロトタイプフィルタの次数Nを640、帯域分割数Mを64、アップサンプリングの倍率Kを1とすれば、実施の形態2を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1792回、実数乗算回数が1664回である。これは実施の形態1と比較して、実数加算回数が128回、実数乗算回数が256回少ない。

【0083】

以上のように実施の形態2の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法では、信号分析の位相を特定の値に設定することによって、実施の形態1と比較して演算量をさらに削減することができる。

【0084】

なお、実施の形態2では、信号分析の位相Aを8MPに設定したが、信号の位相Aを次の（2）、（3）、（4）のいずれかに設定してもよい。

（1）A=8MP

（2）A=2M+8MP

（3）A=4M+8MP

（4）A=6M+8MP

信号分析の位相Aを（2）、（3）、（4）のいずれに設定した場合においても、第3の中間信号から複素帯域分割出力信号を算出するステップで複素乗算は不要となり、実施の形態1と比較して演算量を削減することができる。

【0085】

（2）は信号分析の位相Aを2M+8MPに設定した場合で、kが偶数（ $k=2l$ ）のときには（数22）、kが奇数（ $k=2l+1$ ）のときには（数23）、によって複素帯域分割出力信号を算出する。

【0086】

【数22】

$$X(2l, mM/K) = jW3^*(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0087】

【数23】

$$X(2l+1, mM/K) = -jW3(M/K-1-l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0088】

(数22)で、虚数単位jを掛けることは、実数部を虚数部とし、かつ虚数部の符号を反転して実数部とすることであり、乗算は不要である。同様に(数23)で、-jを掛けることは実数部の符号を反転して虚数部とし、かつ虚数部を実数部とすることであり、乗算は不要である。

【0089】

(3)は信号分析の位相Aを4M+8MPに設定した場合で、kが偶数(k=21)のときには(数24)、kが奇数(k=21+1)のときには(数25)、によって複素帯域分割出力信号を算出する。

【0090】

【数24】

$$X(2l, mM/K) = -W3^*(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0091】

【数25】

$$X(2l+1, mM/K) = -W3(M/K-1-l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0092】

(4)は信号分析の位相Aを6M+8MPに設定した場合で、kが偶数(k=21)のときには(数26)、kが奇数(k=21+1)のときには(数27)、によって複素帯域分割出力信号を算出する。

【0093】

【数26】

$$X(2l, mM/K) = -jW3^*(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0094】

【数27】

$$X(2l+1, mM/K) = jW3(M/K-1-l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0095】

以上のように実施の形態2の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法では、信号分析の位相を、第3の中間信号から複素帯域分割出力信号を算出するステップで乗算が発生しないように設定することによって、実施の形態1と比較して演算量をさらに削減することができる。

【0096】

(実施の形態3)

図4は、本発明の実施の形態3における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャートである。実施の形態1では高速フーリエ変換を効率的に適用することにより、複素指数変調信号分析フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減したが、実施の形態3では、逆高速フーリエ変換(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)を効率的に適用することにより複素指数変調信号分析フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減する。図4においてステップ401は、図1のステップ101と同一であり、説明を省略する。

(1 6)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【0097】

ステップ402では、第1の中間信号から(数28)によって第2の中間信号 $w2(n)$ (ただし、 $0 \leq n \leq 2M/K-1$)を算出する。

【0098】

【数28】

$$w2(n) = (w1(n) + jw1(n + M/K))K \exp(j\pi n K / (2M)) \quad (0 \leq n \leq M/K-1)$$

【0099】

ここで、 $K \exp(j\pi n K / (2M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ402を実行するのに必要な複素乗算回数は M/K 回であり、これを実数演算に直すと実数加算回数は $2M/K$ 回、実数乗算回数は $4M/K$ 回である。

【0100】

ステップ403では第2の中間信号から逆高速フーリエ変換で(数29)によって第3の中間信号 $W3(k)$ (ただし、 $0 \leq k \leq M/K-1$)を算出する。

【0101】

【数29】

$$W3(k) = \sum_{n=0}^{M/K-1} w2(n) \exp(j2\pi kn K / M) \quad (0 \leq k \leq M/K-1)$$

【0102】

M/K 点のIFFTは、FFTと同様に $(M/(2K)) \log_2(M/K)$ 回のバタフライ演算が必要である。したがって、ステップ403を実行するのに必要な実数加算回数は $(3M/K) \log_2(M/K)$ 回で、実数乗算回数は $(2M/K) \log_2(M/K)$ 回である。

【0103】

ステップ404で、第3の中間信号から第 k 帯域(ただし、 $0 \leq k \leq M/K-1$)のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ を、 k が偶数($k=2l$)の場合には(数30)(ただし、 A は信号分析の位相)、 k が奇数($k=2l+1$)の場合には(数31)、によって算出する。

【0104】

【数30】

$$X(2l, mM/K) = W3(l) \exp(j\pi(4l+1)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0105】

【数31】

$$X(2l+1, mM/K) = W3^*(M/K-1-l) \exp(j\pi(4l+3)A/(4M)) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0106】

ステップ404を実行するには、 M/K 回の複素乗算が必要なので、 $2M/K$ 回の実数加算と $4M/K$ 回の実数乗算が必要である。

【0107】

したがって、図4の実施の形態3を実行するのに必要な演算回数を、上記各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/K + 2M/K + (3M/K) \log_2(M/K)$ 回、実数乗算回数は $N/K + 8M/K + (2M/K) \log_2(M/K)$ 回である。これは、実施の形態1と同じ演算量である。プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、アップサンプリングの倍率 K を1とすれば、実施の形態3を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1920回、実数乗算回数が1920回である。これを従来例(実数加算回数16768回、実数乗算回数17024回)と比較すると、実施の形態3では、実数加算回数、実数乗算回数をともに従来例の1/8以下に削減することができる。

(1 7)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【0108】

実施の形態3のステップ402、403、404が、従来例の図13のステップ1302と同一の結果を出力することができることは、実施の形態1で説明したのと同様に、(数28)を(数29)に代入し、代入結果をさらに(数30)と(数31)に代入することにより説明できる。

【0109】

以上のように実施の形態3の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法では、複素指数関数の周期性を利用して逆高速フーリエ変換を効率的に適用することにより、複素指数変調信号分析フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減することができる。これによってデジタルシグナルプロセッサやLSIで複素指数変調信号分析フィルタバンクを実装するときの動作クロック周波数を低減することができ、低消費電力で複素指数変調信号分析フィルタバンクを実現することができる。また、コンピュータを使ってソフトウェアで複素指数変調信号分析フィルタバンクを実行する時の処理時間を短縮することができ、処理の高速化を実現することができる。

【0110】

(実施の形態4)

図5は、本発明の実施の形態4における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャートである。

【0111】

実施の形態4は、実施の形態3において信号分析の位相Aを8MP(ただし、Pは任意の整数)に設定したものである。

【0112】

図5のステップ501、502、503は、図4のステップ401、402、403とそれぞれ同一であり、説明を省略する。

【0113】

ステップ504で、第3の中間信号から第k帯域(ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$)のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割出力信号 $X(k, mM/K)$ を、kが偶数($k = 2l$)の場合には(数32)、kが奇数($k = 2l + 1$)の場合には(数33)、によって算出する。

【0114】

【数32】

$$X(2l, mM/K) = W3(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K) - 1)$$

【0115】

【数33】

$$X(2l+1, mM/K) = W3'(M/K - 1 - l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K) - 1)$$

【0116】

図4のステップ404を実行するには、 M/K 回の複素乗算が必要で、 $2M/K$ 回の実数加算と $4M/K$ 回の実数乗算が必要であったが、ステップ504では複素乗算は不要であり、その分演算量を削減できる。

【0117】

したがって、図5の実施の形態4を実行するのに必要な演算回数を、図5の各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/K + (3M/K) \log_2(M/K)$ 回、実数乗算回数は $N/K + 4M/K + (2M/K) \log_2(M/K)$ 回である。プロトタイプフィルタの次数Nを640、帯域分割数Mを64、アップサンプリングの倍率Kを1とすれば、実施の形態4を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1792回、実数乗算回数が1664回である。これは実施の形態3と比較して、実数加算回数が128回、実数乗算回数が256回少ない。

【0118】

以上のように実施の形態4の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法では、信号分析の位相を特定の値に設定することによって、実施の形態3と比較して演算量をさらに削減することができる。

【0119】

なお、実施の形態4では、信号分析の位相Aを8MPに設定したが、信号の位相Aを次の(2)、(3)、(4)のいずれかに設定してもよい。

(1) A=8MP

(2) A=2M+8MP

(3) A=4M+8MP

(4) A=6M+8MP

信号分析の位相Aを(2)、(3)、(4)のいずれに設定した場合においても、第3の中間信号から複素帯域分割出力信号を算出するステップで複素乗算は不要となり、実施の形態3と比較して演算量を削減することができる。

【0120】

(2)は信号分析の位相Aを2M+8MPに設定した場合で、kが偶数(k=21)のときには(数34)、kが奇数(k=21+1)のときには(数35)、によって複素帯域分割出力信号を算出する。

【0121】

【数34】

$$X(2l, mM/K) = jW3(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0122】

【数35】

$$X(2l+1, mM/K) = -jW3^*(M/K-1-l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0123】

(数34)で、虚数単位jを掛けることは、実数部を虚数部とし、かつ虚数部の符号を反転して実数部とすることであり、乗算は不要である。同様に(数35)で、-jを掛けることは実数部の符号を反転して虚数部とし、かつ虚数部を実数部とすることであり、乗算は不要である。

【0124】

(3)は信号分析の位相Aを4M+8MPに設定した場合で、kが偶数(k=21)のときには(数36)、kが奇数(k=21+1)のときには(数37)、によって複素帯域分割出力信号を算出する。

【0125】

【数36】

$$X(2l, mM/K) = -W3(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0126】

【数37】

$$X(2l+1, mM/K) = -W3^*(M/K-1-l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0127】

(4)は信号分析の位相Aを6M+8MPに設定した場合で、kが偶数(k=21)のときには(数38)、kが奇数(k=21+1)のときには(数39)、によって複素帯域分割出力信号を算出する。

【0128】

【数38】

$$X(2l, mM/K) = -jW3(l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0129】

【数39】

$$X(2l+1, mM/K) = jW3^*(M/K-1-l) \quad (0 \leq l \leq M/(2K)-1)$$

【0130】

以上のように実施の形態4の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法では、信号分析の位相を、第3の中間信号から複素帯域分割出力信号を算出するステップで乗算が発生しないように設定することによって、実施の形態3と比較して演算量をさらに削減することができる。

【0131】

(実施の形態5)

図6は、本発明の実施の形態5における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャートである。

【0132】

ステップ601では、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出する。すなわち、第k帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とすると、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号 $W1(k)$ を、 $0 \leq k \leq M/(2L)-1$ に対しては(数40)、 $M/(2L) \leq k \leq M/L-1$ に対しては(数41)、によって算出する。

【0133】

【数40】

$$W1(k) = X^*(2k, mM/K) \exp(-j\pi k B/M) \quad (0 \leq k \leq M/(2L)-1)$$

【0134】

【数41】

$$W1(k) = X(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi B(1/L-k/M)) \quad (M/(2L) \leq k \leq M/L-1)$$

【0135】

Bは信号合成の位相であり、信号分析の位相Aと(数42)(ただし、Pは任意の整数)の関係式を満足する。

【0136】

【数42】

$$A+B+2N=8MP$$

【0137】

ここで、 $\exp(-j\pi k B/M)$ と $\exp(-j\pi B(1/L-k/M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ601を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。

【0138】

ステップ602で、第1の中間信号から高速フーリエ変換で(数43)によって第2の中間信号 $w2(n)$ (ただし、 $0 \leq n \leq M/L-1$)を算出する。

【0139】

【数43】

$$w2(n) = \sum_{k=0}^{M/L-1} W1(k) \exp(-j2\pi knL/M) \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

【0140】

ステップ602で M/L 点のFFTを実行するのに必要な実数加算回数は $(3M/L) \log_2(M/L)$ 回で、実数乗算回数は $(2M/L) \log_2(M/L)$ 回である。

(20)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【0141】

ステップ603で、 $0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する第3の中間信号 $w_3(n)$ を $w_3(n+2M/L)$ にシフトし、次に、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号 $w_3(n)$ と $w_3(n+M/L)$ を第2の中間信号から(数44)(ただし、 $\text{Re}(x)$ は複素数 x の実部、 $\text{Im}(x)$ は x の虚部)によって算出する。

【0142】

【数44】

$$\begin{aligned} w_3(n) &= \text{Re}\{w_2(n)(1/M)\exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \\ w_3(n+M/L) &= \text{Im}\{w_2(n)(1/M)\exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \quad (0 \leq n \leq M/L-1) \end{aligned}$$

【0143】

ステップ603で、 $(1/M)\exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ603を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。

【0144】

ステップ604で第3の中間信号からサンプリング時刻 $mM/K+nL/K$ (ただし、 $0 \leq n \leq M/L-1$)における出力信号 $x(mM/K+nL/K)$ を(数45)によって算出する。

【0145】

【数45】

$$x(mM/K+nL/K) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} (-1)^i \{w_3(4Mi/L+n)h(2Mi+Ln) + w_3(4Mi/L+3M/L+n)h(2Mi+M+Ln)\}$$

【0146】

ステップ604は、図14の従来例のステップ1402と同一である。

【0147】

$h(n)$ の代わりに(数46)であらかじめ算出した $c(n)$ をテーブルに記憶して用いることにすると、(数45)は(数47)となる。

【0148】

【数46】

$$c(n) = (-1)^{\text{INT}(n/2M)} h(n) \quad (0 \leq n \leq N-1)$$

【0149】

【数47】

$$x(mM/K+nL/K) = \sum_{i=0}^{N/(2M)-1} \{w_3(4Mi/L+n)c(2Mi+Ln) + w_3(4Mi/L+3M/L+n)c(2Mi+M+Ln)\}$$

$$(0 \leq n \leq M/L-1)$$

【0150】

したがって、ステップ604を実行するのに必要な実数加算回数は $(N/M-1)(M/L) = N/L - M/L$ 回、実数乗算回数は $(N/2M)2(M/L) = N/L$ 回である。

【0151】

図6の実施の形態5を実行するのに必要な演算回数を、上記各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/L + 3M/L + (3M/L) \log_2(M/L)$ 回、実数乗算回数は $N/L + 8M/L + (2M/L) \log_2(M/L)$ 回である。プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、ダウンサンプリングの倍率 $1/L$

を1とすれば、実施の形態5を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1984回、実数乗算回数が1920回である。これを従来例（実数加算回数16832回、実数乗算回数17024回）と比較すると、実施の形態5では、実数加算回数、実数乗算回数をともに従来例の1/8以下に削減することができる。

【0152】

実施の形態5の動作についてさらに説明する。

【0153】

（数40）と（数41）を（数43）に代入し、式を変形すると（数48）が成立する。
（数48）を（数44）の上の式に代入し、式を変形すると（数49）が成立する。

【0154】

【数48】

$$w2(n) = \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X^*(2k, mM/K) \exp(-j\pi k(2Ln+B)/M) \\ + \sum_{k=M/(2L)}^{M/L-1} X(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi B/L) \exp(-j\pi k(2Ln+B)/M)$$

【0155】

【数49】

$$w3(n) = \text{Re}\{w2(n)(1/M) \exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \\ w3(n) = \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X^*(2k, mM/K) \exp(-j\pi(2k+0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=M/(2L)}^{M/L-1} X(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi B/L) \exp(-j\pi(2k+0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\} \\ w3(n) = \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k, mM/K) \exp(j\pi(2k+0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=M/(2L)}^{M/L-1} X(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi(2M/L-2k-0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\} \\ w3(n) = \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k, mM/K) \exp(j\pi(2k+0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k+1, mM/K) \exp(j\pi(2k+1+0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\} \\ w3(n) = \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/L-1} X(k, mM/K) \exp(j\pi(k+0.5)(2Ln+B)/(2M))\right\}$$

【0156】

（数49）の最後の式は、（数9）でwをw3で置き換え、nの値の範囲を $0 \leq n \leq M/L-1$ としたときの式と一致する。

【0157】

同様に（数48）を（数44）の下式の式に代入し、式を変形すると（数50）が成立する。

【0158】

【数50】

$$w3(n + M/L) = \text{Im}\{w2(n)(1/M) \exp(-j\pi(2Ln + B)/(4M))\}$$

$$w3(n + M/L) = \text{Re}\{(-j)w2(n)(1/M) \exp(-j\pi(2Ln + B)/(4M))\}$$

$$w3(n + M/L) = \text{Re}\left\{(-j)(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k, mM/K) \exp(-j\pi(2k + 0.5)(2Ln + B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(-j)(1/M) \sum_{k=M/(2L)}^{M/L-1} X(2M/L - 1 - 2k, mM/K) \exp(j\pi B/L) \exp(-j\pi(2k + 0.5)(2Ln + B)/(2M))\right\}$$

$$w3(n + M/L) = \text{Re}\left\{j(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k, mM/K) \exp(j\pi(2k + 0.5)(2Ln + B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(-j)(1/M) \sum_{k=M/(2L)}^{M/L-1} X(2M/L - 1 - 2k, mM/K) \exp(j\pi(2M/L - 2k - 0.5)(2Ln + B)/(2M))\right\}$$

$$w3(n + M/L) = \text{Re}\left\{j(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k, mM/K) \exp(j\pi(2k + 0.5)(2Ln + B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(-j)(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k + 1, mM/K) \exp(j\pi(2k + 1 + 0.5)(2Ln + B)/(2M))\right\}$$

$$w3(n + M/L) = \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k, mM/K) \exp(j\pi(2k + 0.5)(2L(n + M/L) + B)/(2M))\right\} \\ + \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/(2L)-1} X(2k + 1, mM/K) \exp(j\pi(2k + 1 + 0.5)(2L(n + M/L) + B)/(2M))\right\}$$

$$w3(n + M/L) = \text{Re}\left\{(1/M) \sum_{k=0}^{M/L-1} X(k, mM/K) \exp(j\pi(k + 0.5)(2L(n + M/L) + B)/(2M))\right\}$$

【0159】

(数50)の最後の式は(数9)でnの値の範囲を $M/L \leq 1 \leq 2M/L - 1$ とし、nを $n + M/L$ 、wをw3で置き換えたときの式と一致する。したがって、実施の形態5は、図14の従来例と同一の結果を算出することができる。

【0160】

図7は、実施の形態5の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法を実行する装置のブロック図である。図7で、701は第1の中間信号生成部、702はFFT部(第2の中間信号生成部)、703は第3の中間信号生成部、704は出力信号生成部である。第1の中間信号生成部では、複素帯域分割入力信号から(数40)と(数41)を実行して第1の中間信号を出力する。FFT部702では、第1の中間信号生成部701の出力した第1の中間信号に対して M/L 点の高速フーリエ変換で(数43)を実行して第2の中間信号を出力する。第3の中間信号生成部703では、FFT部702の出力した第2の中間信号から(数44)を実行し、第3の中間信号を出力する。出力信号生成部704では、第3の中間信号生成部703の出力した第3の中間信号とプロトタイプフィルタのフィルタ係数から(数47)によって出力信号を算出し、出力する。

【0161】

以上のように実施の形態5の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法では、複素指数関数の周期性を利用して高速フーリエ変換を効率的に適用することにより、複素指数変調信号合成フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減することができる。これによってデジタルシグナルプロセッサやLSIで複素指数変調信号合成フィルタバンクを実装するときの動作クロック周波数を低減することができ、低消費電力で複素指数変調信号合成フ

(2 3)

特開2005-148274(P2005-148274A)

フィルタバンクを実現することができる。また、コンピュータを使ってソフトウェアで複素指数変調信号合成フィルタバンクを実行する時の処理時間を短縮することができ、処理の高速化を実現することができる。

【0162】

なお、実施の形態5では、ステップ603で定数 $1/M$ を掛けるようにしたが、これを別のステップ、例えばステップ602で掛けるように変形してもよい。

【0163】

(実施の形態6)

図8は、本発明の実施の形態6における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャートである。

【0164】

実施の形態6は、実施の形態5において信号合成の位相BをMLに設定したものである。

【0165】

図8のステップ802と804は、図6のステップ602と604とそれぞれ同一であり、説明を省略する。

【0166】

ステップ801では、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出する。すなわち、第k帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とすると、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号 $W1(k)$ を、 $0 \leq k \leq M/(2L) - 1$ に対しては(数51)、 $M/(2L) \leq k \leq M/L - 1$ に対しては(数52)、によって算出する。

【0167】

【数51】

$$W1(k) = X^*(2k, mM/K) \quad (0 \leq k \leq M/(2L) - 1)$$

【0168】

【数52】

$$W1(k) = X(2M/L - 1 - 2k, mM/K) \quad (M/(2L) \leq k \leq M/L - 1)$$

【0169】

実施の形態5の図6のステップ601を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要であったが、ステップ801では複素乗算は不要であり、その分演算量を削減できる。

【0170】

ステップ803で、 $0 \leq n \leq 2(N-M)/L - 1$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ を $w3(n + 2M/L)$ にシフトし、次に、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ と $w3(n + M/L)$ を第2の中間信号から(数53)によって算出する。

【0171】

【数53】

$$\begin{aligned} w3(n) &= \text{Re}\{w2(n)(1/M)\exp(-j\pi L(n+M)/(2M))\} \\ w3(n + M/L) &= \text{Im}\{w2(n)(1/M)\exp(-j\pi L(n+M)/(2M))\} \end{aligned} \quad (0 \leq n \leq M/L - 1)$$

【0172】

ステップ803で、 $(1/M)\exp(-j\pi L(n+M)/(2M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ803を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。この演算回数は図6のステップ603と同一である。

【0173】

したがって、図8の実施の形態6を実行するのに必要な演算回数を、上記各ステップの

(24)

特開2005-148274(P2005-148274A)

演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/L + M/L + (3M/L) \log_2(M/L)$ 回、実数乗算回数は $N/L + 4M/L + (2M/L) \log_2(M/L)$ 回である。プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、ダウンサンプリングの倍率 $1/L$ を1とすれば、実施の形態6を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1856回、実数乗算回数が1664回である。これは実施の形態5と比較して、実数加算回数が128回、実数乗算回数が256回少ない。

【0174】

以上のように実施の形態6の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法では、信号合成の位相を、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出するステップで乗算が発生しないように設定することによって、実施の形態5と比較して演算量をさらに削減することができる。

【0175】

(実施の形態7)

図9は、本発明の実施の形態7における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャートである。実施の形態5では高速フーリエ変換を効率的に適用することにより、複素指数変調信号合成フィルタバンクの実現に必要な演算量を削減したが、実施の形態7では、逆高速フーリエ変換を効率的に適用することにより複素指数変調信号合成フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減する。図9においてステップ904は図6のステップ604と同一であり、説明を省略する。

【0176】

ステップ901では複素帯域分割信号から第1の中間信号を算出する。すなわち、第 k 帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とすると、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号 $W1(k)$ を、 $0 \leq k \leq M/(2L) - 1$ に対しては(数54)、 $M/(2L) \leq k \leq M/L - 1$ に対しては(数55)、によって算出する。ここで、 B は信号合成の位相で信号分析の位相 A と(数42)の関係式を満足する。

【0177】

【数54】

$$W1(k) = X(2k, mM/K) \exp(j\pi k B / M) \quad (0 \leq k \leq M/(2L) - 1)$$

【0178】

【数55】

$$W1(k) = X^*(2M/L - 1 - 2k, mM/K) \exp(j\pi B(k/M - 1/L)) \quad (M/(2L) \leq k \leq M/L - 1)$$

【0179】

$\exp(j\pi k B / M)$ と $\exp(j\pi B(k/M - 1/L))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ901を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。

【0180】

ステップ902で、第1の中間信号から逆高速フーリエ変換で(数56)によって第2の中間信号 $w2(n)$ (ただし、 $0 \leq n \leq M/L - 1$)を算出するステップと、

【0181】

【数56】

$$w2(n) = \sum_{k=0}^{M/L-1} W1(k) \exp(j2\pi k n L / M) \quad (0 \leq n \leq M/L - 1)$$

【0182】

ステップ902で M/L 点のIFFTを実行するのに必要な実数加算回数は $(3M/L) \log_2(M/L)$ 回で、実数乗算回数は $(2M/L) \log_2(M/L)$ 回である。

【0183】

ステップ903で、 $0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ を $w3(n+2M/L)$ にシフトし、次に、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ と $w3(n+M/L)$ を第2の中間信号から(数57)によって算出する。

【0184】

【数57】

$$\begin{aligned} w3(n) &= \text{Re}\{w2(n)(1/M)\exp(j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \\ w3(n+M/L) &= -\text{Im}\{w2(n)(1/M)\exp(j\pi(2Ln+B)/(4M))\} \quad (0 \leq n \leq M/L-1) \end{aligned}$$

【0185】

ステップ903で、 $(1/M)\exp(j\pi(2Ln+B)/(4M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ903を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。

【0186】

したがって、図9の実施の形態7を実行するのに必要な演算回数を、上記各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/L+3M/L+(3M/L) \log_2(M/L)$ 回、実数乗算回数は $N/L+8M/L+(2M/L) \log_2(M/L)$ 回である。これは、実施の形態5と同じ演算量である。プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、ダウンサンプリングの倍率 $1/L$ を1とすれば、実施の形態7を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1984回、実数乗算回数が1920回である。これを従来例(実数加算回数16832回、実数乗算回数17024回)と比較すると、実施の形態7では、実数加算回数、実数乗算回数をともに従来例の $1/8$ 以下に削減することができる。

【0187】

実施の形態7のステップ901、902、903が、従来例の図14のステップ1401と同一の結果を出力することができることは、実施の形態5で説明したのと同様に、(数54)と(数55)を(数56)に代入し、代入結果をさらに(数57)に代入することにより説明できる。

【0188】

以上のように実施の形態7の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法では、複素指数関数の周期性を利用して逆高速フーリエ変換を効率的に適用することにより、複素指数変調信号合成フィルタバンクの実行に必要な演算量を削減することができる。これによってデジタルシグナルプロセッサやLSIで複素指数変調信号合成フィルタバンクを実装するときの動作クロック周波数を低減することができ、低消費電力で複素指数変調信号合成フィルタバンクを実現することができる。また、コンピュータを使ってソフトウェアで複素指数変調信号合成フィルタバンクを実行する時の処理時間を短縮することができ、処理の高速化を実現することができる。

【0189】

(実施の形態8)

図10は、本発明の実施の形態8における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャートである。

【0190】

実施の形態8は、実施の形態7において信号合成の位相 B を ML に設定したものである。

【0191】

図10のステップ1002と、1004は、図9のステップ902と904とそれぞれ同一であり、説明を省略する。

【0192】

ステップ1001では、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出する。すなわち、第 k 帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$

(2 6)

特開2005-148274(P2005-148274A)

／K)とすると、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号 $W1(k)$ を、 $0 \leq k \leq M/(2L)-1$ に対しては(数58)、 $M/(2L) \leq k \leq M/L-1$ に対しては(数59)、によって算出する。

【0193】

【数58】

$$W1(k) = X(2k, mM/K) \quad (0 \leq k \leq M/(2L)-1)$$

【0194】

【数59】

$$W1(k) = X^*(2M/L-1-2k, mM/K) \quad (M/(2L) \leq k \leq M/L-1)$$

【0195】

図9のステップ901を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要であったが、ステップ1001では複素乗算は不要であり、その分演算量を削減できる。

【0196】

ステップ1003で、 $0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ を $w3(n+2M/L)$ にシフトし、次に、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ と $w3(n+M/L)$ を第2の中間信号から(数60)によって算出する。

【0197】

【数60】

$$\begin{aligned} w3(n) &= \text{Re}\{w2(n)(1/M)\exp(j\pi L(n+M)/(2M))\} \\ w3(n+M/L) &= -\text{Im}\{w2(n)(1/M)\exp(j\pi L(n+M)/(2M))\} \end{aligned} \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

【0198】

ステップ1003で、 $(1/M)\exp(j\pi L(n+M)/(2M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ1003を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。この演算回数は図9のステップ903と同一である。

【0199】

したがって、図10の実施の形態8を実行するのに必要な演算回数を、上記各ステップの演算回数の総和で求めると、実数加算回数は $N/L+M/L+(3M/L)\log_2(M/L)$ 回、実数乗算回数は $N/L+4M/L+(2M/L)\log_2(M/L)$ 回である。プロトタイプフィルタの次数 N を640、帯域分割数 M を64、ダウンサンプリングの倍率 $1/L$ を1とすれば、実施の形態8を実行するのに必要な演算量は、実数加算回数が1856回、実数乗算回数が1664回である。これは実施の形態7と比較して、実数加算回数が128回、実数乗算回数が256回少ない。

【0200】

以上のように実施の形態8の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法では、信号合成の位相を、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出するステップで乗算が発生しないように設定することによって、実施の形態7と比較して演算量をさらに削減することができる。

【0201】

(実施の形態9)

図11は、本発明の実施の形態9における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャートである。

【0202】

図11のステップ1102と1104は、図6のステップ602と604とそれぞれ同一であり、説明を省略する。

【0203】

(2 7)

特開2005-148274(P2005-148274A)

ステップ1101では、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号を算出する。すなわち、第k帯域のサンプリング時刻 mM/K における複素帯域分割入力信号を $X(k, mM/K)$ とすると、複素帯域分割入力信号から第1の中間信号 $W1(k)$ を、 $0 \leq k \leq M/(2L)-1$ に対しては(数61)、 $M/(2L) \leq k \leq M/L-1$ に対しては(数62)、によって算出する。

【0204】

【数61】

$$W1(k) = X^*(2k, mM/K) \exp(-j\pi k B(4k+1)/(4M)) \quad (0 \leq k \leq M/(2L)-1)$$

【0205】

【数62】

$$W1(k) = X(2M/L-1-2k, mM/K) \exp(j\pi B(1/L-(4k+1)/(4M))) \\ (M/(2L) \leq k \leq M/L-1)$$

【0206】

(数61)と(数40)を、(数62)と(数41)を比較することにより、ステップ1101はステップ601に $\exp(-j\pi B/(4M))$ を掛けたものであることがわかる。

【0207】

ステップ1103で、 $0 \leq n \leq 2(N-M)/L-1$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ を $w3(n+2M/L)$ にシフトし、次に、 $0 \leq n \leq M/L$ に対する第3の中間信号 $w3(n)$ と $w3(n+M/L)$ を第2の中間信号から(数63)によって算出する。

【0208】

【数63】

$$w3(n) = \text{Re}\{w2(n)(1/M) \exp(-j\pi L n/(2M))\} \\ w3(n+M/L) = \text{Im}\{w2(n)(1/M) \exp(-j\pi L n/(2M))\} \quad (0 \leq n \leq M/L-1)$$

【0209】

(数63)と(数44)を比較することにより、ステップ1103はステップ603に $\exp(j\pi B/(4M))$ を掛けたものであることがわかる。

【0210】

すなわち、図11の実施の形態9は、図6のステップ601で定数 $\exp(-j\pi B/(4M))$ を掛け、ステップ603で前記定数の逆数 $\exp(j\pi B/(4M))$ を掛けたものに相当する。前のステップで定数を掛け、後のステップで前記定数の逆数を掛ければ、元と同じ結果を得ることができる。したがって、図11の実施の形態9は、図6の実施の形態5と同一の結果を得ることができる。

【0211】

なお、上記各実施の形態で、同様に、前のステップで定数を掛け、後のステップで前記定数の逆数を掛けるようにステップを変形してもよい。

【0212】

なお、上記各実施の形態における信号分析と合成方法は、コンピュータまたはデジタルシグナルプロセッサに実行させるためのプログラムとして実現することができ、これをコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0213】

以上のように、本発明にかかる複素指数変調フィルタバンクの信号分析と信号合成方法は、オーディオ信号や画像信号の高効率符号化やデジタルイコライザ等の信号分析と信号合成方法として有用であり、特に演算量を削減し、低消費電力のあるいは高速な複素指数変調フィルタバンクを実現するのに適している。

【図面の簡単な説明】

【0214】

【図1】本発明の実施の形態1における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャート

【図2】本発明の実施の形態1における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法を実行する装置の構成を示すブロック図

【図3】本発明の実施の形態2における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャート

【図4】本発明の実施の形態3における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャート

【図5】本発明の実施の形態4における複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャート

【図6】本発明の実施の形態5における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャート

【図7】本発明の実施の形態5における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法を実行する装置の構成を示すブロック図

【図8】本発明の実施の形態6における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャート

【図9】本発明の実施の形態7における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャート

【図10】本発明の実施の形態8における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャート

【図11】本発明の実施の形態9における複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャート

【図12】信号分析フィルタバンクと信号合成フィルタバンクの構成を示すブロック図

【図13】従来の複素指数変調フィルタバンクの信号分析方法の処理ステップを示すフローチャート

【図14】従来の複素指数変調フィルタバンクの信号合成方法の処理ステップを示すフローチャート

【符号の説明】

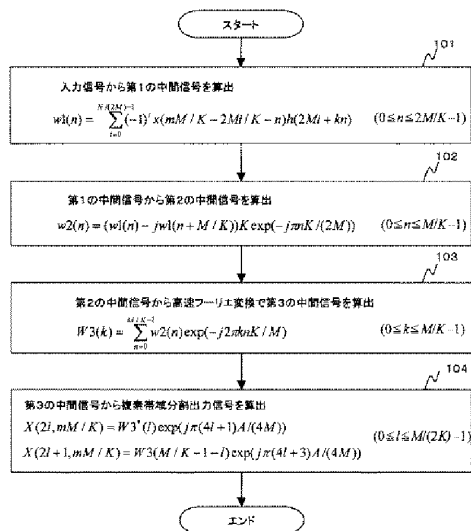
【0215】

- | | |
|-----|--------------------|
| 201 | 第1の中間信号生成部 |
| 202 | 第2の中間信号生成部 |
| 203 | F F T部（第3の中間信号生成部） |
| 204 | 帯域分割出力信号生成部 |
| 701 | 第1の中間信号生成部 |
| 702 | F F T部（第2の中間信号生成部） |
| 703 | 第3の中間信号生成部 |
| 704 | 出力信号生成部 |

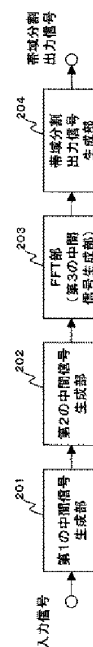
(2 9)

特開2005-148274(P2005-148274A)

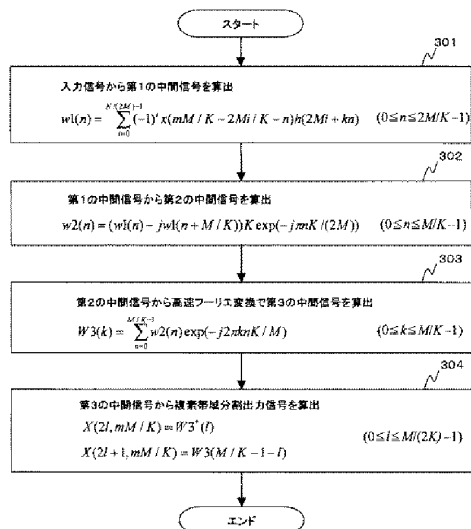
【図1】



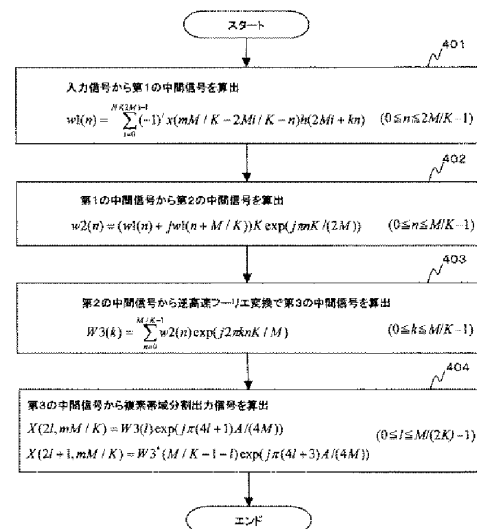
【図2】



【図3】



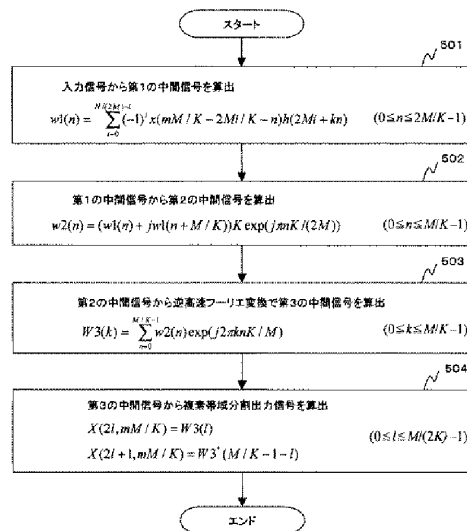
【図4】



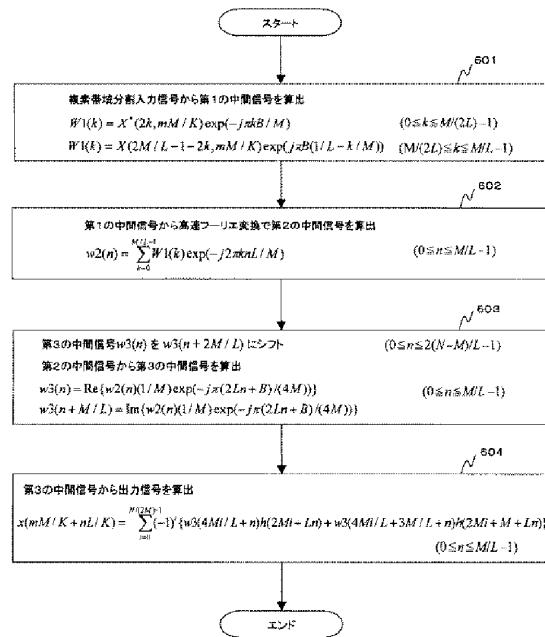
(30)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【図5】



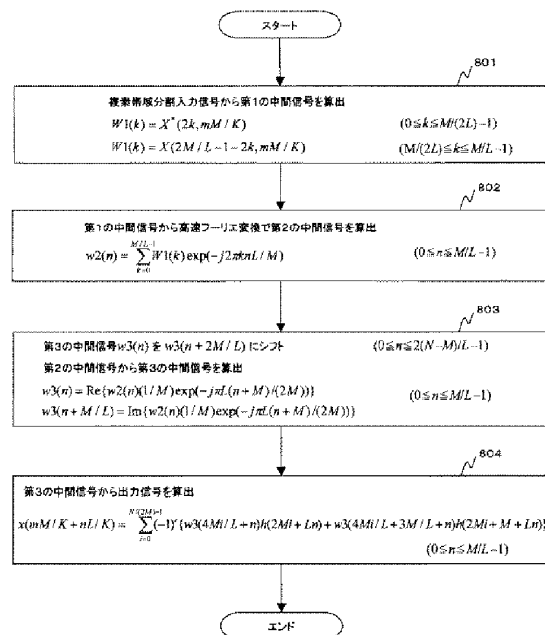
【図6】



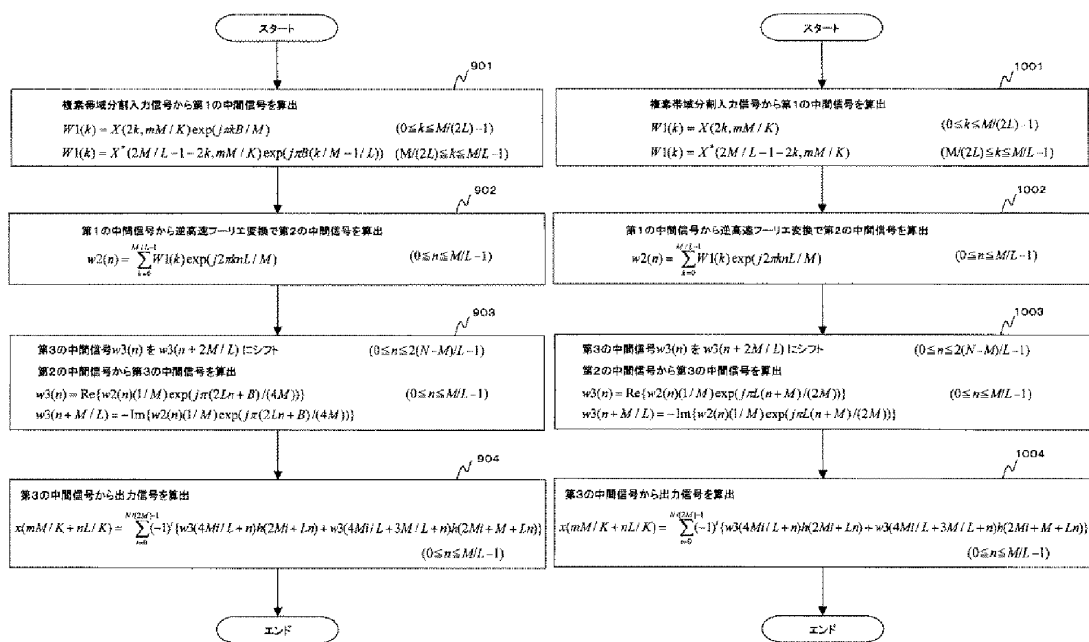
【図7】



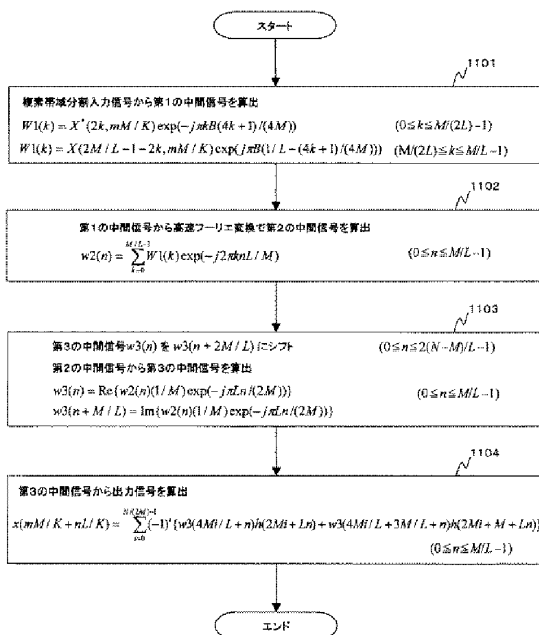
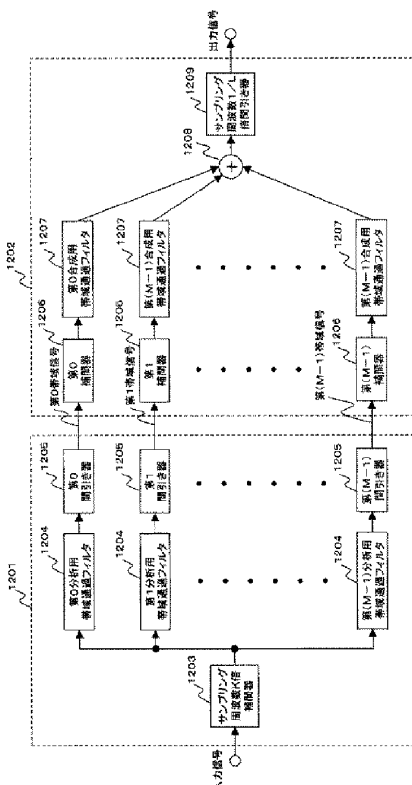
【図8】



【例10】



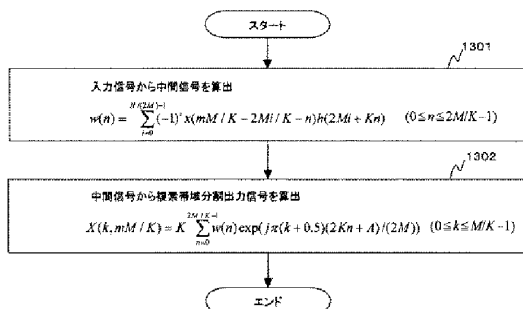
【例12】



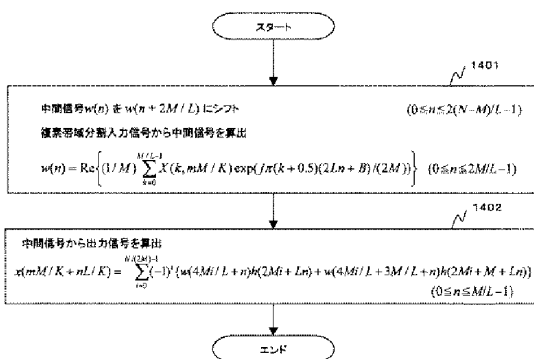
(3 2)

特開2005-148274(P2005-148274A)

【図13】



【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成16年10月29日(2004.10.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0050】

ステップ101では、入力信号から第1の中間信号を算出する。すなわち、サンプリング時刻 n における入力信号を $x(n)$ とすると、入力信号から第1の中間信号 $w_1(n)$ (ただし、 $0 \leq n \leq 2M/K - 1$)を(数11)によって算出する。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0056】

ステップ102では、第1の中間信号から(数14)(ただし、 j は虚数単位)によって第2の中間信号 $w_2(n)$ (ただし、 $0 \leq n \leq M/K - 1$)を算出する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

ステップ103では第2の中間信号から高速フーリエ変換(FFT:Fast Fourier Transform)で(数15)によって第3の中間信号 $W3(k)$ (ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$)を算出する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0097

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0097】

ステップ402では、第1の中間信号から(数28)によって第2の中間信号 $w2(n)$ (ただし、 $0 \leq n \leq M/K - 1$)を算出する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0100

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0100】

ステップ403では第2の中間信号から逆高速フーリエ変換で(数29)によって第3の中間信号 $W3(k)$ (ただし、 $0 \leq k \leq M/K - 1$)を算出する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0143

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0143】

ステップ603で、 $(1/M) \exp(-j\pi(2Ln+B)/(4M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ603を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0172

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0172】

ステップ803で、 $(1/M) \exp(-j\pi L(n+M)/(2M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ803を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。この演算回数は図6のステップ603と同一である。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0198

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0198】

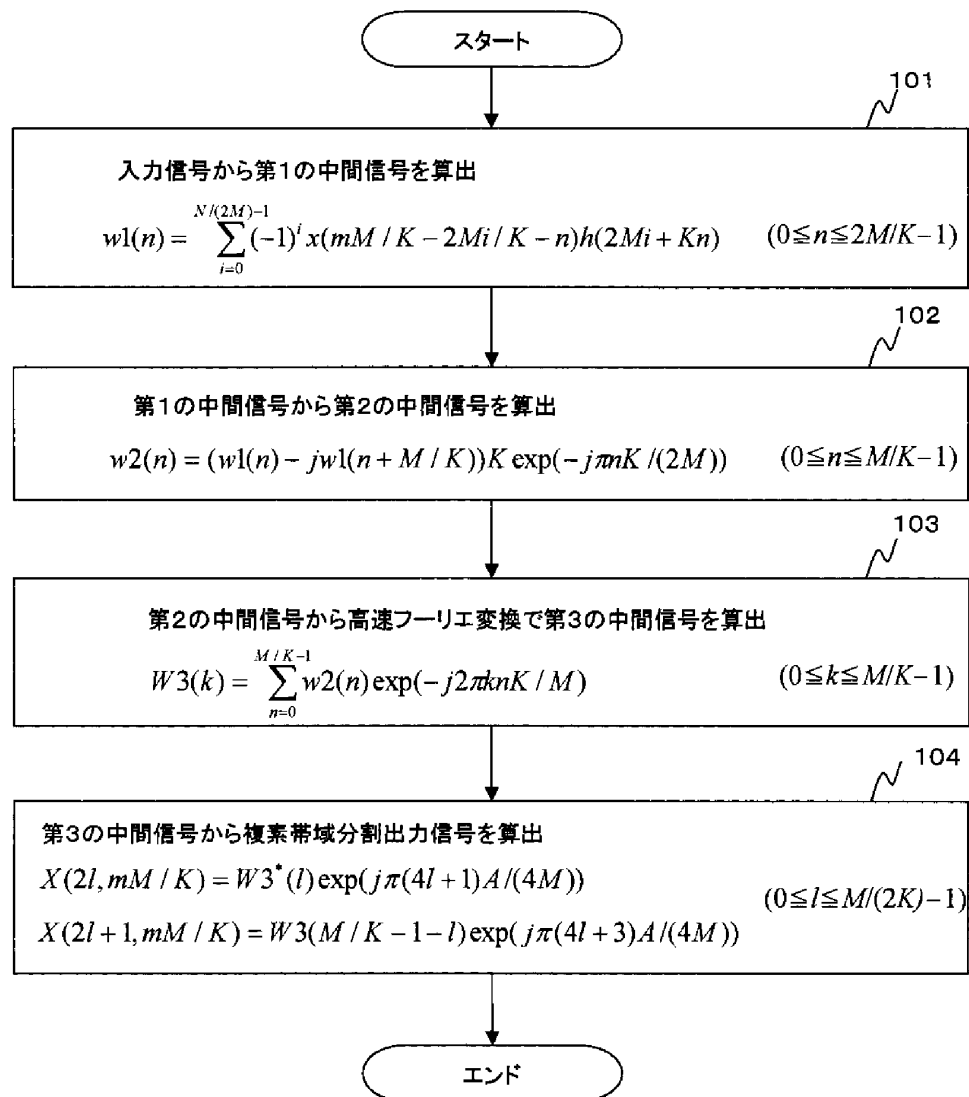
ステップ1003で、 $(1/M) \exp(j\pi L(n+M)/(2M))$ をテーブルに記憶して用いることにすると、ステップ1003を実行するには、 M/L 回の複素乗算が必要で、これを実数演算に直すと、 $2M/L$ 回の実数加算と $4M/L$ 回の実数乗算が必要である。この演算回数は図9のステップ903と同一である。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0204
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【0204】
 【数61】

$$W1(k) = X^*(2k, mM/K) \exp(-j\pi B(4k+1)/(4M)) \quad (0 \leq k \leq M/(2L)-1)$$

【手続補正10】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図1
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【図1】



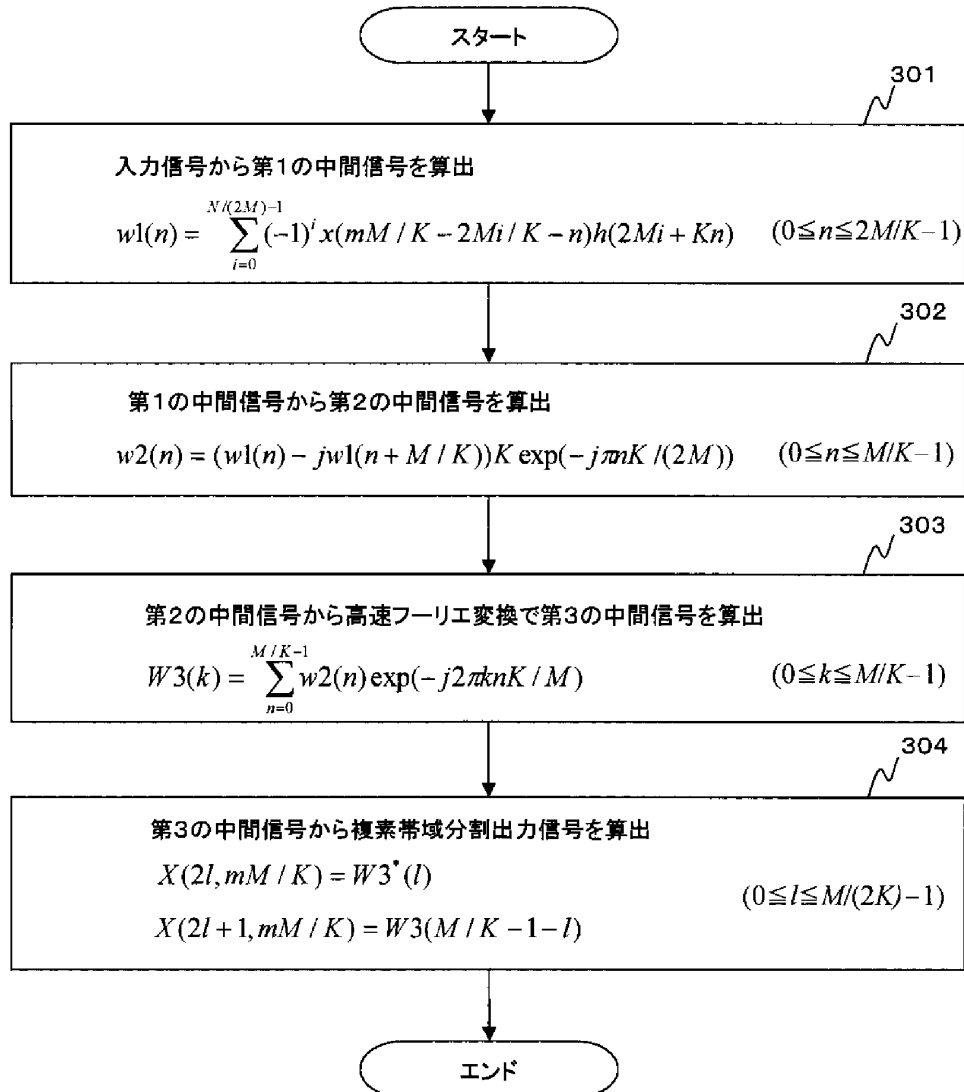
【手続補正11】
 【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図3】



【手続補正12】

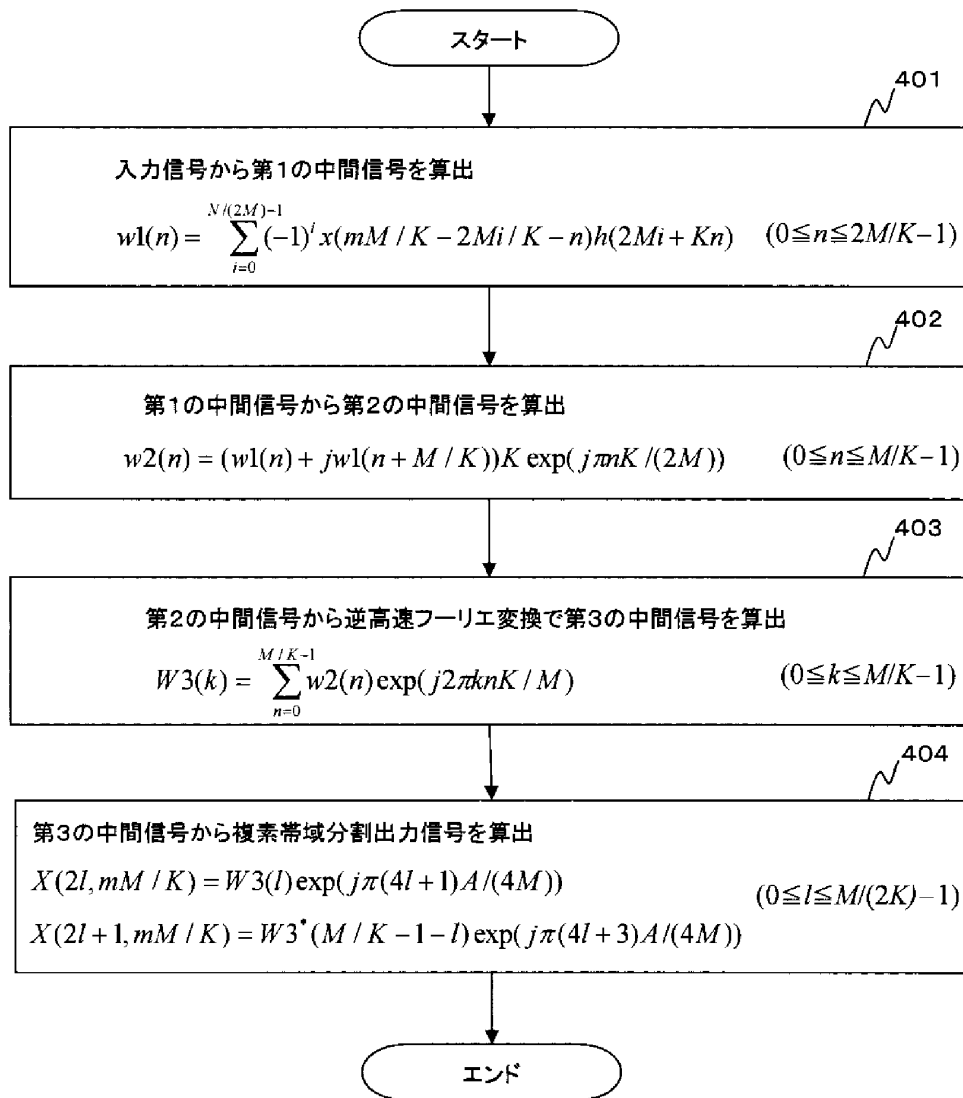
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図4】



【手続補正13】

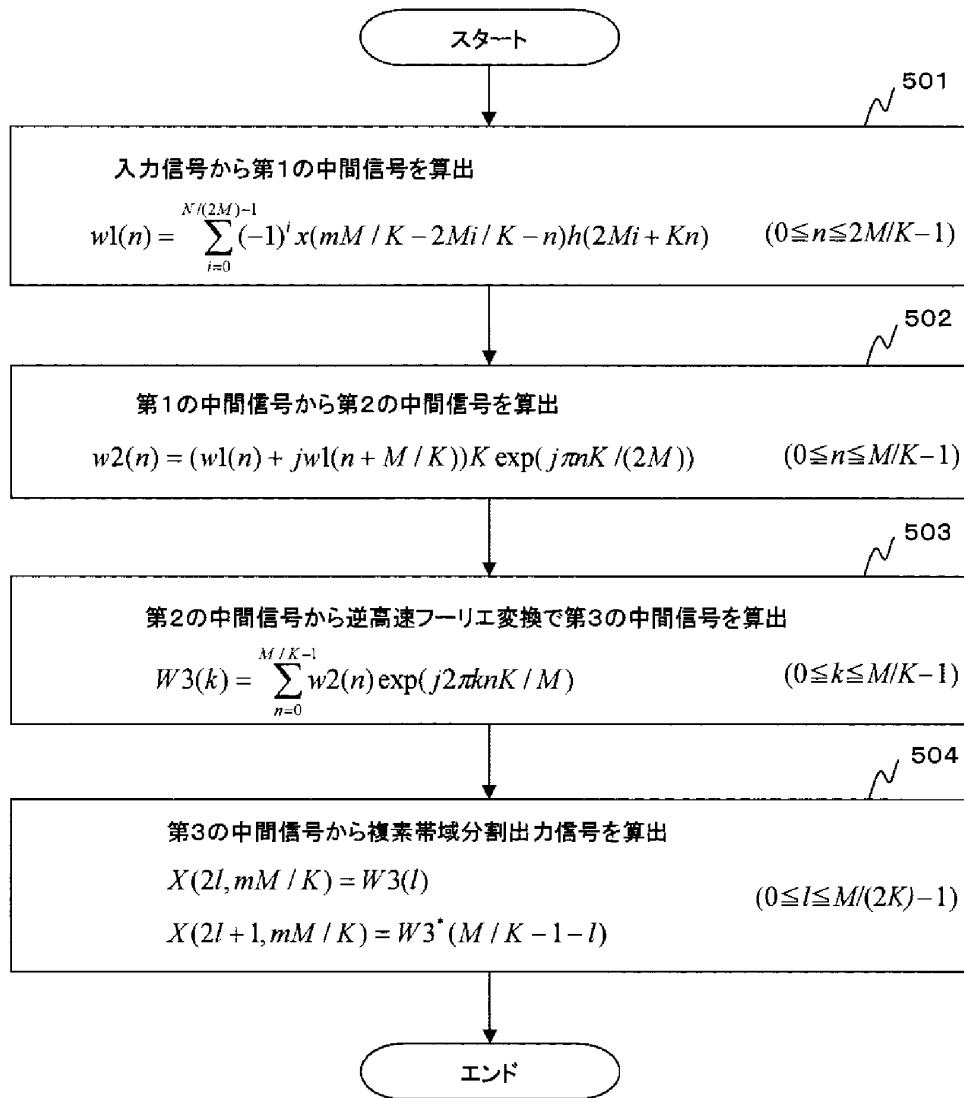
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図5】



【手続補正14】

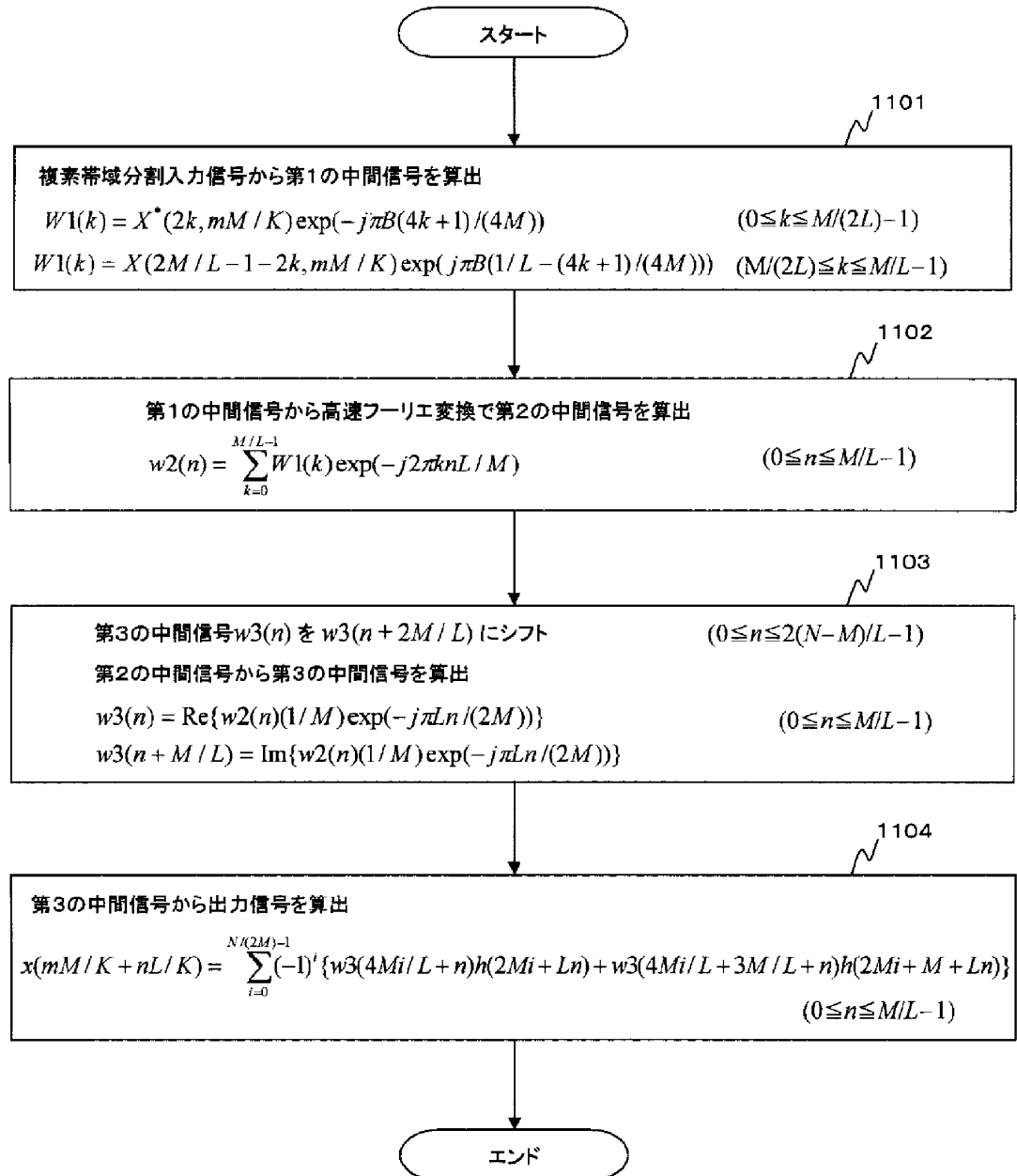
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図11】



(3 9)

特開2005-148274(P2005-148274A)

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
10 October 2002 (10.10.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/080362 A1(51) International Patent Classification⁷: **H03H 17/00**(21) International Application Number: **PCT/SE02/00626**

(22) International Filing Date: 28 March 2002 (28.03.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
0101175-8 2 April 2001 (02.04.2001) SE(71) Applicant (for all designated States except US): **CODING TECHNOLOGIES SWEDEN AB** [SE/SE]; Döbelns-
gatan 64, S-113 52 Stockholm (SE).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CI, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TI, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

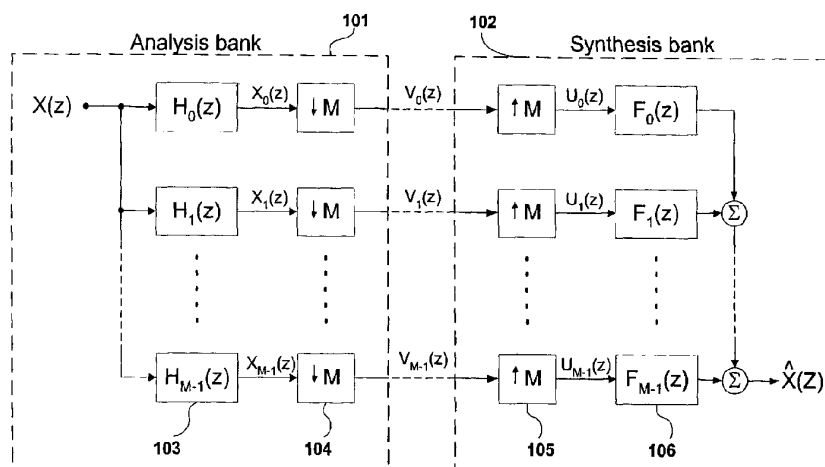
(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **EKSTRAND, Per** [SE/SE]; Södermannagatan 45, S-116 40 Stockholm (SE).(74) Agents: **ÖRTENBLAD, Bertil** et al.; Noréns Patentbyrå AB, Box 10198, S-100 55 Stockholm (SE).

Published:

— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: **ALIASING REDUCTION USING COMPLEX-EXPONENTIAL MODULATED FILTERBANKS**

(57) Abstract: The present invention proposes a new method and apparatus for the improvement of digital filterbanks, by a complex extension of cosine modulated digital filterbanks. The invention employs complex-exponential modulation of a low-pass prototype filter and a new method for optimizing the characteristics of this filter. The invention substantially reduces artifacts due to aliasing emerging from independent modifications of subband signals, for example when using a filterbank as an spectral equalizer. The invention is preferably implemented in software, running on a standard PC or a digital signal processor (DSP), but can also be hardcoded on a custom chip. The invention offers essential improvements for various types of digital equalizers, adaptive filters, multiband companders and spectral envelope adjusting filterbanks used in high frequency reconstruction (HFR) systems.

ALIASING REDUCTION USING COMPLEX-EXPONENTIAL MODULATED FILTERBANKS

5 TECHNICAL FIELD

The present invention relates to the area of subsampled digital filterbanks and provides a new method and apparatus for substantial reduction of impairments emerging from modifications, for example quantization or attenuation, of the spectral coefficients or subband signals of digital filterbanks. The invention is applicable to digital equalizers ["An Efficient 20 Band Digital Audio Equalizer" A. J. S. Ferreira, J. M. N. Viera, AES preprint, 98th Convention 1995 February 25-28 Paris, N.Y., USA], adaptive
10 filters [Adaptive Filtering in Subbands with Critical Sampling: Analysis, Experiments, and Application to Acoustic Echo Cancellation" A. Gilloire, M. Vetterli, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 40, no. 8, August, 1992], multiband companders, and to audio coding systems using high frequency reconstruction (HFR), where a digital filterbank is used for the adaptive adjustment of the spectral
15 envelope, such as the Spectral Band Replication (SBR) system [WO 98/57436].

BACKGROUND OF THE INVENTION

A digital filter bank is a collection of two or more parallel digital filters. The analysis filter bank splits the
20 incoming signal into a number of separate signals named subband signals (or spectral coefficients). The filter bank is critically sampled (or maximally decimated) when the total number of subband samples per unit time is the same as that for the input signal. The synthesis filter bank combines these subband signals into an output signal. A popular type of critically sampled filterbanks is the cosine modulated filterbank. The filters in the cosine modulated system are obtained by cosine modulation of a low-pass filter, a so-called
25 prototype filter. The cosine modulated banks offer very effective implementations and are often used in natural audio codecs ["Introduction to Perceptual Coding" K. Brandenburg, AES, Collected Papers on Digital Audio Bitrate Reduction, 1996]. However, any attempt to alter the subband samples or spectral coefficients, e.g. by applying an equalizing gain curve or quantizing the samples, renders severe aliasing artifacts in the output signal.

30

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention shows that impairments emerging from modifications of the subband signals can be significantly reduced by extending a cosine modulated filterbank with an imaginary sine modulated part,
35 forming a complex-exponential modulated filterbank. The sine extension eliminates the main alias terms present in the cosine modulated filterbank. Moreover, the invention presents a method, referred to as alias term minimization (ATM), for optimization of the prototype filter. The complex-exponential modulation creates complex-valued subband signals that can be interpreted as the analytic signals of the signals obtained from the real part of the filterbank, i.e. the underlying cosine modulated filterbank. This feature
40 provides an inherent measure of the instantaneous energy of the subband signals.

The main steps for operation of the complex-exponential modulated filterbank according to the present invention are:

1. The design of a symmetric low-pass prototype filter with cutoff frequency $\pi/2M$, optimized for a desired aliasing rejection and passband flatness;
 - 5 2. The construction of an M -channel filterbank by complex-exponential modulation of the optimized prototype filter;
 3. The filtering of a real-valued time domain signal through the analysis part of the filterbank;
 4. The modification of the complex-valued subband signals according to a desired, possibly time-varying, equalizer setting;
 - 10 5. The filtering of the modified complex-valued subband samples through the synthesis part of the filterbank; and
 6. The computation of the real part of the complex-valued time domain output signal obtained from the synthesis part of the filterbank.
- 15 The most attractive applications of the invention are improvement of various types of digital equalizers, adaptive filters, multiband companders and adaptive envelope adjusting filterbanks used in HFR systems.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- 20 The present invention will now be described by way of illustrative examples, not limiting the scope nor the spirit of the invention, with reference to the accompanying drawings, in which:
- Fig.1 illustrates the analysis and synthesis sections of a digital filterbank;
- Fig.2 shows the magnitudes in a composite alias component matrix of a cosine modulated filterbank;
- Fig.3 shows the magnitudes in a composite alias component matrix of a complex-exponential
- 25 modulated filterbank;
- Fig.4 illustrates wanted terms and main alias terms in a cosine modulated filterbank adjusted for a band-pass filter response;
- Fig.5 shows the attenuation of alias gain terms for different realizations of complex-exponential modulated filterbanks;
- 30 Fig.6 illustrates the analysis part of a complex-exponential modulated filterbank system according to the present invention; and
- Fig.7 illustrates the synthesis part of a complex-exponential modulated filterbank system according to the present invention.

35

DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

It should be understood that the present invention is applicable on a range of implementations that incorporates digital filterbanks other than those explicitly mentioned in this patent.

Digital Filterbanks

- A digital filter bank is a collection of two or more parallel digital filters that share a common input or a common output [“Multirate Systems and Filter Banks” P.P. Vaidyanathan Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1993]. When sharing a common input the filter bank is called an analysis bank. The analysis bank splits the incoming signal into M separate signals called subband signals. The analysis filters are denoted $H_k(z)$, where $k = 0 \dots M-1$. The filter bank is critically sampled (or maximally decimated) when the subband signals are decimated by a factor M . The total number of subband samples per unit time is then the same as the number of samples per unit time for the input signal. The synthesis bank combines these subband signals into a common output signal. The synthesis filters are denoted $F_k(z)$, for $k = 0 \dots M-1$. A maximally decimated filter bank with M channels (subbands) is shown in Fig.1. The analysis part 101 produces the signals $V_k(z)$, which constitute the signals to be transmitted, stored or modified, from the input signal $X(z)$. The synthesis part 102 recombines the signals $V_k(z)$ to the output signal $\hat{X}(z)$.
- The recombination of $V_k(z)$ to obtain the approximation $\hat{X}(z)$ of the original signal $X(z)$ is subject to several errors. One of these is aliasing, due to the decimation and interpolation of the subbands. Other errors are phase and amplitude distortion.

Following the notations of Fig.1, the outputs of the analysis filters $H_k(z)$ 103 are

$$X_k(z) = H_k(z)X(z) \quad (1)$$

where $k = 0 \dots M-1$. The decimators 104 give the outputs

$$V_k(z) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X_k(z^{1/M} W^l) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z^{1/M} W^l) X(z^{1/M} W^l) \quad (2)$$

where $W = e^{-j2\pi/M}$. The outputs of the interpolators 105 are given by

$$U_k(z) = V_k(z^M) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z W^l) X(z W^l) \quad (3)$$

- and the sum of the signals obtained from the synthesis filters 106 can be written as

$$\begin{aligned} \hat{X}(z) &= \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) U_k(z) = \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z W^l) X(z W^l) = \\ &= \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X(z W^l) \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z W^l) F_k(z) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X(z W^l) A_l(z) \end{aligned} \quad (4)$$

where

$$A_l(z) = \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z W^l) F_k(z) \quad (5)$$

is the gain for the l^{th} alias term $X(zW^l)$. Eq.(4) can be rewritten as

$$\hat{X}(z) = \frac{1}{M} \left\{ X(z)A_0(z) + \sum_{l=1}^{M-1} X(zW^l)A_l(z) \right\} \quad (6)$$

The last sum on the right hand side (RHS) constitutes the sum of all non-wanted alias terms. Canceling all aliasing, that is forcing this sum to zero by means of proper choices of $H_k(z)$ and $F_k(z)$, gives

$$5 \quad \hat{X}(z) = \frac{1}{M} X(z)A_0(z) = \frac{1}{M} X(z) \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z)F_k(z) = X(z)T(z) \quad (7)$$

where

$$T(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z)F_k(z) \quad (8)$$

is the overall transfer function or distortion function. Choosing the synthesis filter $F_k(z)$ so that

$$F_k(z) = z^{-N} \tilde{H}_k(z) \quad (9)$$

10 where N is the order of the analysis filter, results in the following transfer function:

$$T(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z)F_k(z) = \frac{z^{-N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z)\tilde{H}_k(z) \quad (10)$$

The notation $\tilde{H}(z)$ is the Z-transform of the time-reversed and complex-conjugated sequence $h_k(n)$. Eq.(10) evaluated on the unit circle gives

$$T(e^{jw}) = \frac{e^{-jwN}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(e^{jw})H_k^*(e^{-jw}) = \frac{e^{-jwN}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} |H_k(e^{jw})|^2 \quad (11)$$

15 Eq.(11) shows that $T(z)$ has linear phase, and thus has no phase distortion. Further, if the last sum on the RHS is a constant, there is no amplitude distortion. The overall transfer function is in this case simply a delay with a constant scale factor c , i.e.

$$T(z) = cz^{-N} \quad (12)$$

which substituted into Eq.(7) gives

$$20 \quad \hat{X}(z) = cz^{-N} X(z) \quad (13)$$

The type of filters that satisfy Eq.(13) are said to have the perfect reconstruction (PR) property.

Cosine Modulated Filterbanks

In a cosine modulated filterbank the analysis filters $h_k(n)$ are cosine modulated versions of a symmetric
25 low-pass prototype filter $p_0(n)$ as

$$h_k(n) = 2p_0(n) \cos\left\{\frac{\pi}{2M}(2k+1)\left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2}\right)\right\} \quad (14)$$

where M is the number of channels, $k = 0 \dots M-1$, N is the prototype filter order and $n = 0 \dots N$. The sum of the real-valued prototype filter coefficients is assumed to be unity as

$$\sum_{n=0}^N p_0^2(n) = 1 \quad (15)$$

5 Following the same notation, the synthesis filters are given by

$$f_k(n) = 2p_0(N-n) \cos\left\{\frac{\pi}{2M}(2k+1)\left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2}\right)\right\} \quad (16)$$

The analysis filter bank produces real-valued subband samples for real-valued input signals. The subband samples are downsampled by a factor M , which makes the system critically sampled. Depending on the choice of the prototype filter, the filterbank may constitute a near perfect reconstruction system, a so called pseudo QMF bank [US5436940], or a perfect reconstruction (PR) system. An example of a PR system is the modulated lapped transform (MLT) ["Lapped Transforms for Efficient Transform/Subband Coding" H.S. Malvar, IEEE Trans ASSP, vol. 38, no. 6, 1990]. One inherent property of the cosine modulation is that every filter has two passbands; one in the positive frequency range and one corresponding passband in the negative frequency range.

15

Eq.(5) can be written in matrix form as

$$\mathbf{a} = \mathbf{H} \mathbf{f} \quad (17)$$

or explicitly as

$$\begin{bmatrix} A_0(z) \\ A_1(z) \\ \vdots \\ A_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_0(z) & H_1(z) & \cdots & H_{M-1}(z) \\ H_0(Wz) & H_1(Wz) & & H_{M-1}(Wz) \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ H_0(W^{M-1}z) & H_1(W^{M-1}z) & \cdots & H_{M-1}(W^{M-1}z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_0(z) \\ F_1(z) \\ \vdots \\ F_{M-1}(z) \end{bmatrix} \quad (18)$$

20 The matrix $\mathbf{H}$ is called the alias component (AC) matrix. For a closer examination of this equation, $\mathbf{f}$ may be written as

$$\begin{bmatrix} F_0(z) \\ F_1(z) \\ \vdots \\ F_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0(z) & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & F_1(z) & & & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & & & 0 & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & F_{M-1}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

or in a compact form as

$$\mathbf{f} = \mathbf{F} \mathbf{e} \quad (20)$$

Substituting Eq.(20) in Eq.(17), the alias gains can be written as $\mathbf{a} = \mathbf{H}\mathbf{F} \mathbf{e}$, where the product

$$\mathbf{H}\mathbf{F} = \mathbf{U} \quad (21)$$

is a $M \times M$ matrix, hereinafter referred to as the composite alias component matrix.

5

For a cosine modulated system, the dominant terms in the composite alias component matrix are the first row and four diagonals. The three-dimensional plot of Fig.2 illustrates the magnitudes of the components in this matrix. The first row holds the terms from the transfer function, Eq.(8), while the four diagonals primarily consist of the main alias terms, i.e. the aliasing due to overlap between filters and their closest neighbors. It is easily seen that the main alias terms emerge from overlap in frequency between either the filters negative passbands with frequency modulated versions of the positive passbands, or reciprocally, the filters positive passbands with frequency modulated versions of the negative passbands. Summing the terms of the rows in the composite alias component matrix, i.e. calculating the alias gains, results in cancellation of the main alias terms. The aliasing is canceled in a pairwise manner, where the first main alias term is canceled by the second in the same row. Superimposed on the main alias terms are also other smaller alias terms. If the prototype filter characteristics is so that the transition- and stop-band of the filters have substantial overlap with their modulated versions, these alias terms will be large. As an example, the second and the last row consists of alias terms induced by the overlap of filters with their closest modulated versions. For a PR system, these smaller alias terms also cancels completely when summing the terms for the alias gains. In the pseudo QMF system, however, these terms remain.

20

Complex-Exponential Modulated Filterbanks

Extending the cosine modulation to complex-exponential modulation according to the present invention yields the analysis filters $h_k(n)$ as

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (22)$$

25

using the same notation as before. This can be viewed as adding an imaginary part to the real-valued filterbank, where the imaginary part consists of sine modulated versions of the same prototype filter. Considering a real-valued input signal, the output from the filter bank can be interpreted as a set of subband signals, where the real and the imaginary parts are Hilbert transforms of each other. The resulting subbands are thus the analytic signals of the real-valued output obtained from the cosine modulated filterbank. Hence, due to the complex-valued representation, the subband signals are oversampled by a factor two.

30

The synthesis filters are extended in the same way as

$$f_k(n) = p_0(N-n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (23)$$

35

Eq.(22) and (23) implies that the output from the synthesis bank is complex-valued. Using matrix notation, where $\mathbf{C}_a$ is a matrix with analysis filters from Eq.(14), and $\mathbf{S}_a$ is a matrix with filters as

$$h_k(n) = p_0(n) \sin \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (24)$$

the filters of Eq.(22) is obtained as $C_a + j S_a$. In these matrices, k is the row index and n is the column index. Analogously, the matrix C_s has synthesis filters from Eq.(16), and S_s is a matrix with filters as

$$f_k(n) = p_0(N-n) \sin \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (25)$$

- 5 Eq.(23) can thus be written $C_s + j S_s$, where k is the column index and n is the row index. Denoting the input signal $\mathbf{x}$, the output signal $\mathbf{y}$ is found from

$$\mathbf{y} = (C_s + j S_s) (C_a + j S_a) \mathbf{x} = (C_s C_a - S_s S_a) \mathbf{x} + j (C_s S_a + S_s C_a) \mathbf{x} \quad (26)$$

- As seen from Eq.(26), the real part consists of two terms; the output from the ordinary cosine modulated filterbank and an output from a sine modulated filterbank. It is easily verified that if a cosine modulated filterbank has the PR property, then its sine modulated version, with a change of sign, constitutes a PR system as well. Thus, by taking the real part of the output, the complex-exponential modulated system offers the same reconstruction accuracy as the corresponding cosine modulated version.
- 10

- The complex-exponential modulated system can be extended to handle also complex-valued input signals. By extending the number of channels to $2M$, i.e. adding the filters for the negative frequencies, and keeping the imaginary part of the output signal, a pseudo QMF or a PR system for complex-valued signals is obtained.
- 15

- Examining the composite alias component matrix from Eq.(21), the main alias diagonals vanish for the complex-exponential modulated filterbank. This is easily understood since the complex-exponential modulated filterbank has only one passband for every filter. In other words, the filterbank is free from main alias terms, and do not rely on the pairwise aliasing cancellation mentioned above. The composite alias component matrix has the dominant terms on the first row only. Fig.3 shows the magnitude of the components in the resulting matrix. Depending on the prototype filter characteristics, the terms on rows 1 through $M-1$, are more or less attenuated. The absence of main alias terms makes the aliasing cancellation constraint from the cosine (or sine) modulated filterbank obsolete in the complex-exponential modulated version. Both the analysis and synthesis filters can thus be found from
- 20
- 25

$$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\} \quad (27)$$

- since $p_0(n) = p_0(N-n)$ for a symmetric prototype filter. As before, M is the number of channels, $k = 0 \dots M-1$, N is the prototype filter order and $n = 0 \dots N$.
- 30

Referring to Eq.(4), the Z-transform of the real part of the output signal $\hat{x}(n)$ is

$$Z \{ \text{Re}(\hat{x}(n)) \} = \hat{X}_R(z) = \frac{\hat{X}(z) + \hat{X}^*(z)}{2} \quad (28)$$

The notation $\hat{X}^*(z)$ is the Z-transform of the complex-conjugated sequence $\hat{x}(n)$. From Eq.(4), it follows that the transform of the real part of the output signal is

$$2M\hat{X}_R(z) = \sum_{l=0}^{M-1} \left(X(zW^l)A_l(z) + X(zW^{-l})A_l^*(z) \right) \quad (29)$$

where it is used that the input signal $x(n)$ is real-valued. Eq.(29) may after manipulation be written

$$\begin{aligned} 2M\hat{X}_R(z) = & X(z) \{A_0(z) + A_0^*(z)\} + \\ & + X(-z) \{A_{M/2}(z) + A_{M/2}^*(z)\} + \\ & + \sum_{l=1}^{M/2-1} X(zW^l) \{A_l(z) + A_{M-l}^*(z)\} + \\ & + \sum_{l=1}^{M/2-1} X(zW^{-l}) \{A_{M-l}(z) + A_l^*(z)\} \end{aligned} \quad (30)$$

By inspecting Eq.(30), and recalling the transform of Eq.(28), it is obvious that the real part of $a_0(n)$ must be a dirac pulse for a PR system. Moreover, the real part of $a_{M/2}(n)$ must be zero and the alias gains, for $l = 1 \dots M/2-1$, must satisfy

$$A_{M-l}(z) = -A_l^*(z) \quad (31)$$

- 10 In pseudo QMF systems, Eq.(31) holds true only approximately. Moreover, the real part of $a_0(n)$ is not exactly a dirac-pulse, nor is the real part of $a_{M/2}(n)$ exactly zero.

Modification of subband signals

- 15 Changing the gains of the channels in a cosine modulated filterbank, i.e. using the analysis/synthesis system as an equalizer, renders severe distortion due to the main alias terms. Say for example that the intention is to adjust an eight-channel filterbank for a band-pass response, where except for the second and third channel all subband signals are set to zero. The composite alias component matrix from Eq.(21) is then an 8×8 matrix where all elements are zero except for the elements on the second and third column, Fig.4. There are seven significant alias terms left as indicated in the figure. The aliasing from
- 20 rows three and five will be canceled, since the main alias terms in these rows have the same gains, i.e. the pairwise cancellation is working intentionally. In rows two, four and six however, there are single alias terms, since their corresponding alias terms have zero gain. The alias cancellation will hence not work as intended, and the aliasing in the output signal will be substantial.

- 25 From this example it is obvious that a substantial improvement is achieved when using complex-exponential modulated filterbanks as equalizers. The 8-channel system depicted in Fig.4 has a prototype filter of order 128. The total aliasing attenuation is only 16 dB in the above equalizer example. Moving to complex-exponential modulation gives an aliasing attenuation of 95 dB. Due to the non-existing main

alias terms, the resulting aliasing is dependent only on the suppression of the alias terms emanating from overlap between filters and their modulated versions. It is thus of great importance to design the prototype filter for maximum suppression of the alias gains terms. The first term on the RHS of Eq.(30) evaluated on the unit circle gives the error energy e_t of the transfer function as

$$e_t = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left(\frac{|A_0(e^{j\omega}) + A_0^*(e^{-j\omega})|}{2M} - 1 \right)^2 d\omega \quad (32)$$

The energy of the total aliasing e_a can be calculated by evaluating all remaining terms on the RHS of Eq.(30) on the unit circle as

$$\begin{aligned} e_a = & \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} |A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega})|^2 d\omega + \\ & + \frac{1}{8\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left\{ |A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega})|^2 + \right. \\ & \left. + |A_{M-l}(e^{j\omega}) + A_l^*(e^{-j\omega})|^2 \right\} d\omega \end{aligned} \quad (33)$$

Due to symmetry, Eq.(9) and the fact

$$R_0(z) = z^{-N} \tilde{R}_0(z) \quad (34)$$

the terms within the curly braces of the sum in Eq.(33) are equal. The total aliasing energy thus has $M/2-1$ terms as

$$\begin{aligned} e_a = & \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} |A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega})|^2 d\omega + \\ & + \frac{1}{4\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} |A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega})|^2 d\omega \end{aligned} \quad (35)$$

The minimization of the alias gain terms is done by optimizing the prototype filter. This is preferably accomplished by minimizing a composite objective function, using standard nonlinear optimization algorithms, for example the Downhill Simplex Method [“Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing, Second Edition” W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, Cambridge University Press, NY, 1992]. For alias term minimization (ATM) of the prototype filter according to the invention, the objective function looks like

$$\varepsilon_{tot}(\alpha) = \alpha \varepsilon_t + (1-\alpha) \varepsilon_a \quad (36)$$

During the optimization, a random equalization curve is applied to the filterbank when calculating ε_a , i.e. the analysis and synthesis filters are multiplied with gainfactors g_k as

$$H_k^{(eq)}(z) = g_k H_k(z) \quad \text{and} \quad F_k^{(eq)}(z) = g_k F_k(z) \quad (37)$$

and the resulting filters $H_k^{(eq)}$ and $F_k^{(eq)}$, $k = 0 \dots M-1$, are used when calculating the alias gain terms $A_l(z)$ for $l = 1 \dots M-1$.

- 5 In Fig.5, the alias gains of five different complex-exponential modulated systems are compared. Four of these are 8-channel systems and one is a 64-channel system. All of the systems have prototype filter lengths of 128. The dotted trace and the solid trace with stars shows alias components for two pseudo QMF systems, where one is alias term minimized. The dashed and the dash-dotted traces are the components for two 8-channel perfect reconstruction systems, where again one of the systems is alias term minimized. The solid trace is the alias components for a complex-exponential modulated lapped transform (MLT). All the systems are adjusted for band-pass responses according to the example above, and the results are tabulated in Table 1. The rejection of total aliasing is calculated as the inverse of Eq.(33). The passband flatness is calculated as the inverse of Eq.(32) with the integration interval adjusted for the bandpass response.

15

Table 1

System	Rejection of total aliasing	Passband flatness
8-ch Pseudo QMF ATM N=128	114,7 dB	98,1 dB
8-ch Pseudo QMF N=128	95,4 dB	87,6 dB
8-ch PR ATM N=127	77,3 dB	132,7 dB
8-ch PR N=127	55,0 dB	93,6 dB
64-ch MLT N=127	38,5 dB	87,1 dB

- As seen from the numbers in Table 1, a substantial improvement is achieved when moving from the 64-channel MLT to the 8-channel PR systems. The MLT is a perfect reconstruction system and has only
- 20 $(N+1) / 2M = 1$ coefficient per polyphase component. The number of coefficients for the 8-channel PR systems are $128 / 16 = 8$. This enables filters with higher stopband attenuation and higher rejection of alias terms. Moreover, it is seen that alias term minimization of the PR system rejects the aliasing and improves the passband flatness significantly. Comparing the pseudo QMF systems and the PR systems, it is clear that the aliasing rejection improves by 40 dB while almost preserving the passband flatness. An
- 25 additional alias rejection of approximately 20 dB and improved passband flatness of 10 dB is achieved when minimizing the alias terms. Thus, it is clear that the perfect reconstruction constraint imposes limitations to a filterbank used in an equalization system. A pseudo QMF system can always be designed for adequate reconstruction accuracy, since all practical digital implementations have limited resolution in the numeric representation. For both the pseudo QMF and the PR system, it is obvious that an optimum
- 30 system is built on a prototype filter that has large rejection of the stopband. This imposes the usage of prototype filters with relative lengths longer than the windows used in the MLT.

A great advantage of the complex-exponential modulated system is that the instantaneous energy is easily calculated since the subband signals constitute the analytic signals of the real-valued subband signals

obtained from a cosine modulated filterbank. This is a property of great value in for example adaptive filters, automatic gain controls (AGC), in multiband companders, and in spectral band replication systems (SBR), where a filterbank is used for the spectral envelope adjustment. The averaged energy within a subband k might be calculated as

$$E_k(m) = \sum_{n=-L+1}^{L-1} |v_k(mL+n)|^2 w(n) \quad (38)$$

where $v_k(n)$ is the subband samples of channel k , and $w(n)$ is a window of length $2L-1$ centered around $n = 0$. This measure is then used as an input parameter for the adaptation or gain-calculation algorithms.

Practical implementations

Using a standard PC or DSP, real-time operation of a complex-exponential modulated filterbank is possible. The filterbank may also be hard-coded on a custom chip. Fig.6 shows the structure for an effective implementation of the analysis part of a complex-exponential modulated filterbank system. The analogue input signal is first fed to an A/D converter 601. The digital time domain signal is fed to a shift register holding $2M$ samples shifting M samples at a time 602. The signals from the shift register are then filtered through the polyphase coefficients of the prototype filter 603. The filtered signals are subsequently combined 604 and in parallel transformed with a DCT-IV 605 and a DST-IV 606 transform. The outputs from the cosine and sine transforms constitute the real and the imaginary parts of the subband samples respectively. The gains of the subband samples are modified according to the current spectral envelope adjuster setting 607.

An effective implementation of the synthesis part of a complex-exponential modulated system is shown in Fig.7. The subband samples are first multiplied with complex-valued twiddlefactors 701, and the real part is modulated with a DCT-IV 702 and the imaginary part with a DST-IV 703 transform. The outputs from the transforms are combined 704 and fed through the polyphase components of the prototype filter 705. The time domain output signal is obtained from the shift register 706. Finally, the digital output signal is converted back to an analogue waveform 707.

The above-described embodiments are merely illustrative for the principles of the complex-exponential modulated filterbank systems according to the present invention. It is understood that modifications and variations of the arrangements and the details described herein will be apparent to others skilled in the art. It is the intent, therefore, to be limited only by the scope of the impending patent claims and not by the specific details presented by way of description and explanation of the embodiments herein.

CLAIMS

1. A method for estimation of energy measures of coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, **characterized by:**

- optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
- building an M -channel analysis filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has filter coefficients as

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$

and $n = 0, 1, \dots, N$, and $k = 0, 1, \dots, M-1$;

- filtering a real-valued time domain signal through said filterbank; and
- calculating the squared absolute values of the complex-valued subband signals obtained from said filtering.

2. A method according to claim 1, **characterized in** that said analysis filterbank is used to estimate average energy measures as

$$E_k(m) = \sum_{n=-L+1}^{L-1} |v_k(mL+n)|^2 w(n)$$

where $v_k(n)$ is said complex-valued subband signal of channel k , and $w(n)$ is a window of length $2L-1$ centered around $n = 0$.

3. A method for reduction of aliasing emerging from modifications of the coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, **characterized by:**

- optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
- building an M -channel filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has analysis and synthesis filter coefficients as

$$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$

and $n = 0 \dots N$, and $k = 0 \dots M-1$;

- filtering a real-valued time domain signal through the analysis part of said filterbank;
- modifying the complex-valued subband signals obtained from said filtering;
- filtering said modified complex-valued subband signals through the synthesis part of said filterbank; and
- taking the real part of the complex-valued time domain output signal, where said output signal is the sum of the signals obtained from said synthesis filtering.

4. A method according to claims 1 - 3, **characterized in** that said low-pass prototype filter has a filter order N that is higher than $2M-1$, where M is the number of channels in said digital filterbank.

5. A method according to claims 1 - 4, **characterized in** that said optimization of said low-pass prototype filter is accomplished by minimizing a composite objective function $\varepsilon_{tot}(\alpha)$ as

$$\varepsilon_{tot}(\alpha) = \alpha \varepsilon_t + (1 - \alpha) \varepsilon_a$$

where α is a weighting constant, ε_t is the passband error and ε_a is the aliasing error.

6. A method according to claim 5, **characterized in** that said passband error ε_t is calculated as

$$\varepsilon_t = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left(\left| \frac{A_0(e^{j\omega}) + A_0^*(e^{-j\omega})}{2M} \right| - 1 \right)^2 d\omega,$$

and said aliasing error ε_a is calculated as

$$\varepsilon_a = \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega + \\ + \frac{1}{4\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega,$$

where $A_l(e^{j\omega})$, $l = 0 \dots M/2$, are the alias gain terms evaluated on the unit circle.

7. A method according to claim 6, **characterized in** that said alias gain terms are calculated using gain adjusted versions of said analysis and synthesis filters according to

$$h_k^{(eq)}(n) = g_k h_k(n) \quad \text{and} \quad f_k^{(eq)}(n) = g_k f_k(n),$$

where g_k represents randomized or deterministic real-valued gainfactors, $n = 0 \dots N$, and $k = 0 \dots M-1$.

8. A method according to claims 5 - 7, **characterized in** that said low-pass prototype filter has a filter order of at least a number N , where N is chosen so that said composite objective function is smaller than a predefined value.

9. A method according to claims 1 - 2, **characterized in** that said analysis filterbank is used for the estimation of energy measures in a high frequency reconstruction system.

10. A method according to claims 3 - 8, **characterized in** that said complex-exponential modulated filterbank is used as the envelope adjusting filterbank in a high frequency reconstruction system.

11. A method according to claims 3 – 8, **characterized in** that said complex-exponential modulated filterbank is used as the filters in a digital equalizing system.
12. A method according to claims 3 – 8, **characterized in** that said complex-exponential modulated filterbank is used in an adaptive filtering system.
13. A method according to claims 3 – 8, **characterized in** that said complex-exponential modulated filterbank is used in a multiband compander system.
14. An apparatus for estimation of energy measures of coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, **characterized by:**
- means for optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
 - means for building an M -channel analysis filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has filter coefficients as
- $$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$
- and $n = 0, 1, \dots, N$, and $k = 0, 1, \dots, M-1$;
- means for filtering a real-valued time domain signal through said filterbank; and
 - means for calculation of the squared absolute values of the complex-valued subband signals obtained from said filtering.
15. An apparatus for reduction of aliasing emerging from modifications of the coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, **characterized by:**
- means for optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
 - means for building an M -channel filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has analysis and synthesis filter coefficients as
- $$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$
- and $n = 0, 1, \dots, N$, and $k = 0, 1, \dots, M-1$;
- means for filtering a real-valued time domain signal through the analysis part of said filterbank;
 - means for modifying the complex-valued subband signals obtained from said filtering;
 - means for filtering said modified complex-valued subband signals through the synthesis part of said filterbank; and
 - means for taking the real part of the complex-valued time domain output signal, where said output signal is the sum of the signals obtained from said synthesis filtering.

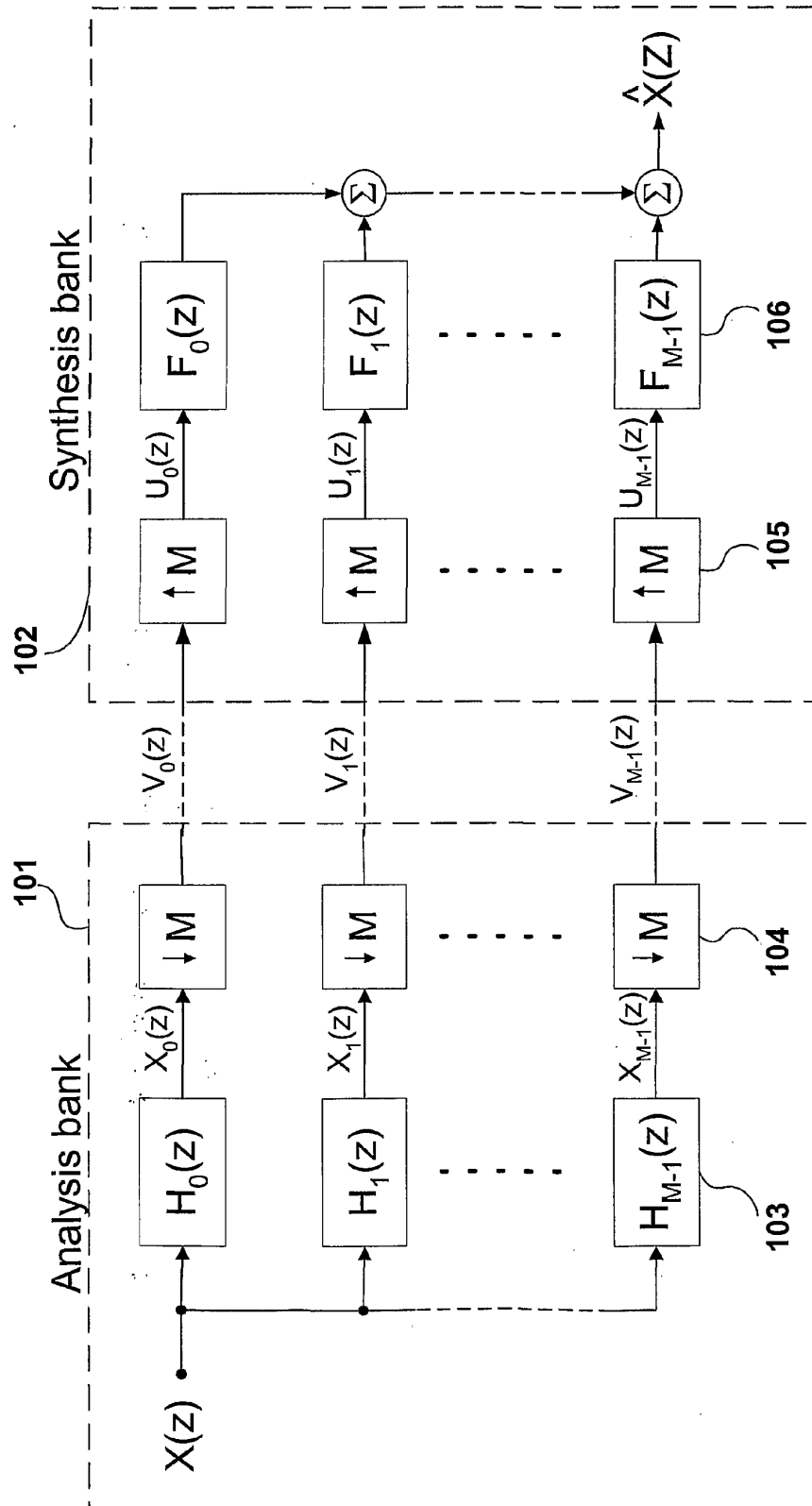
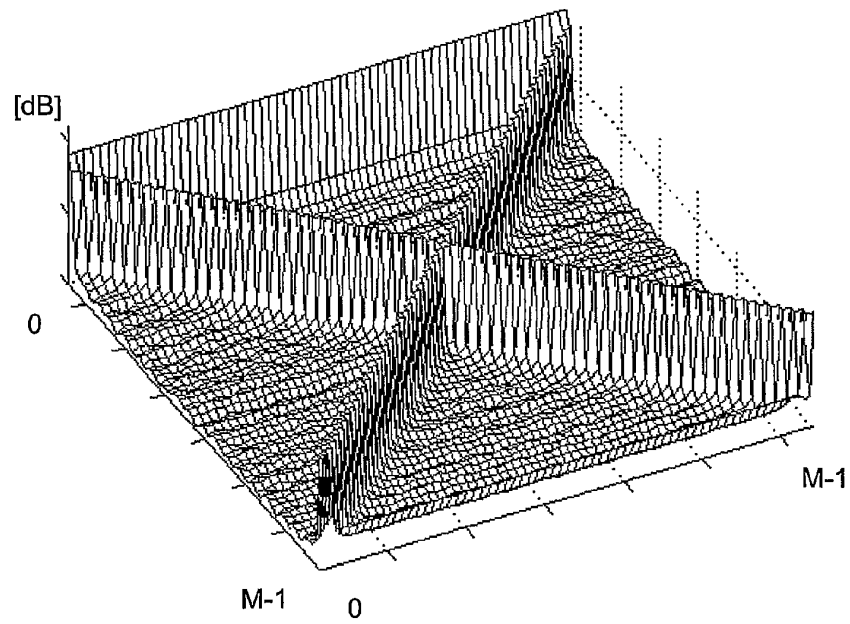
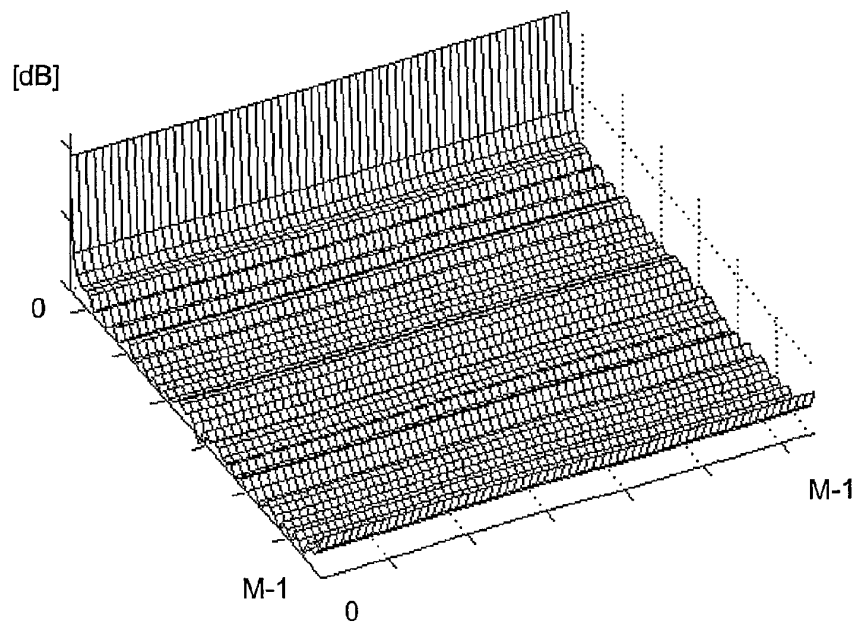
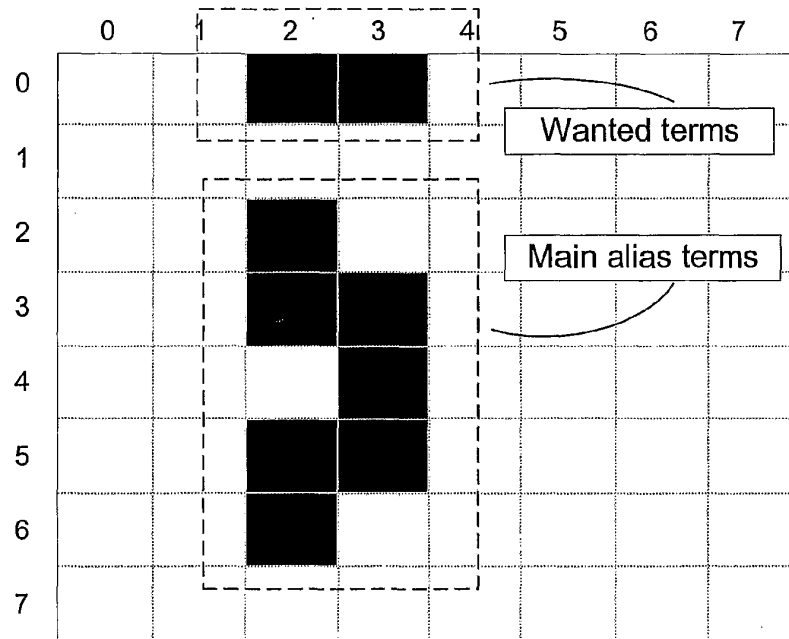
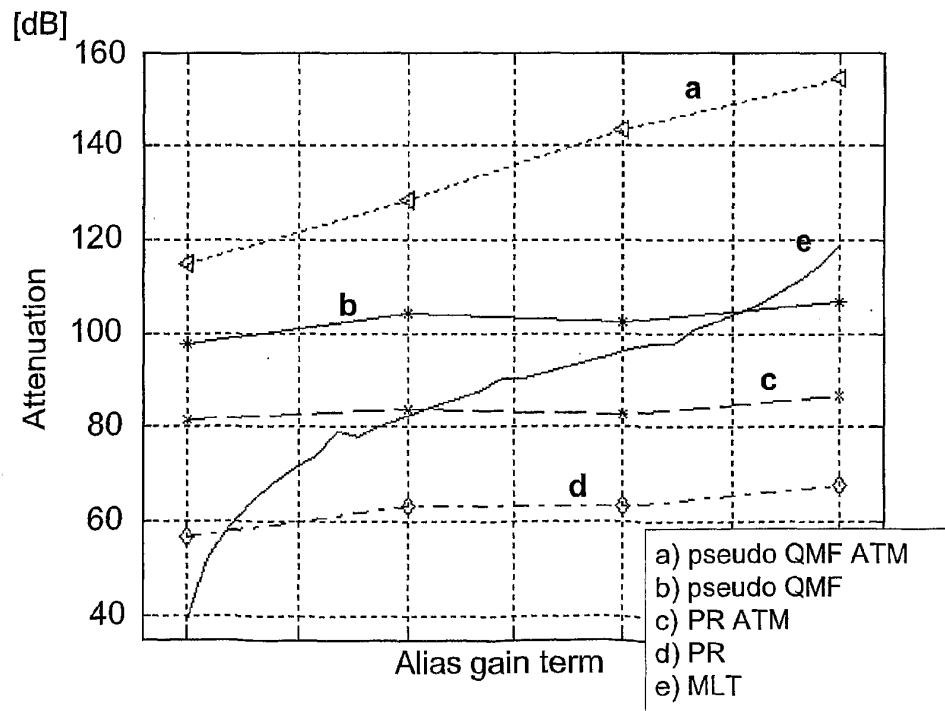


Fig. 1

2/5

*Fig. 2**Fig. 3*

3/5

*Fig. 4**Fig. 5*

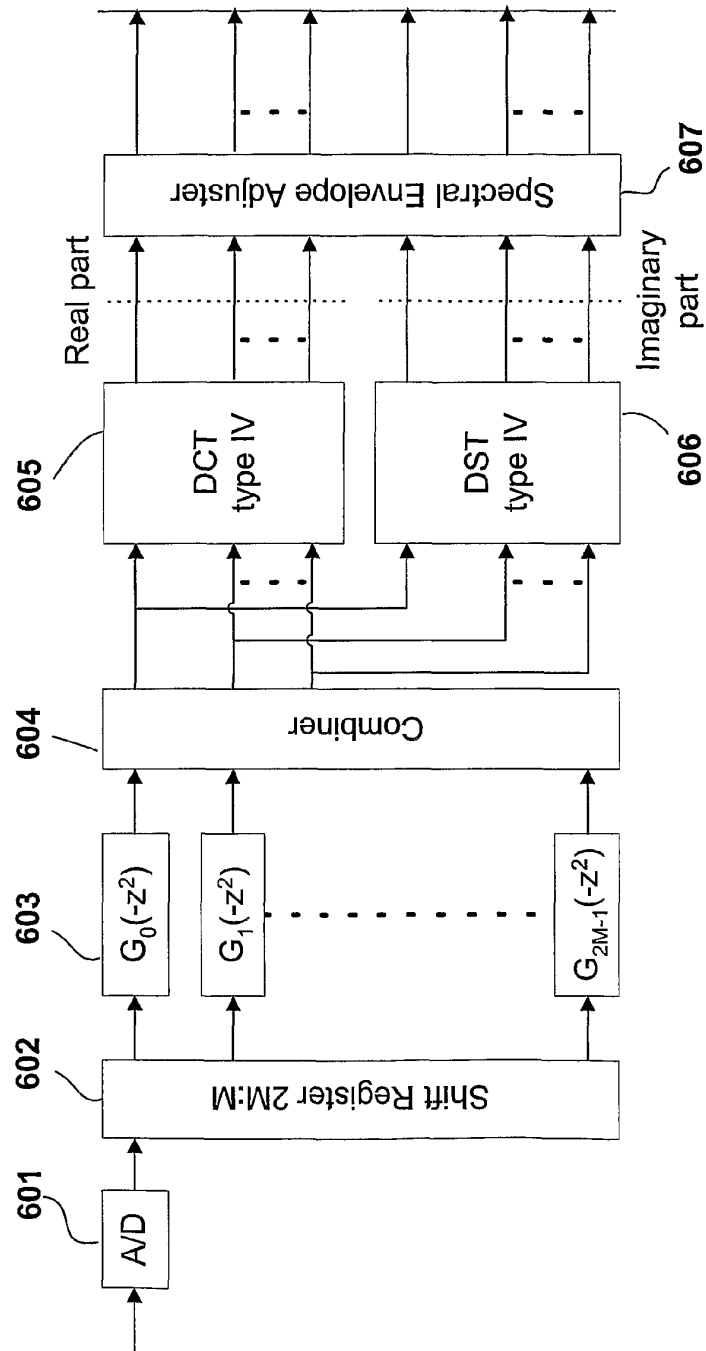


Fig. 6

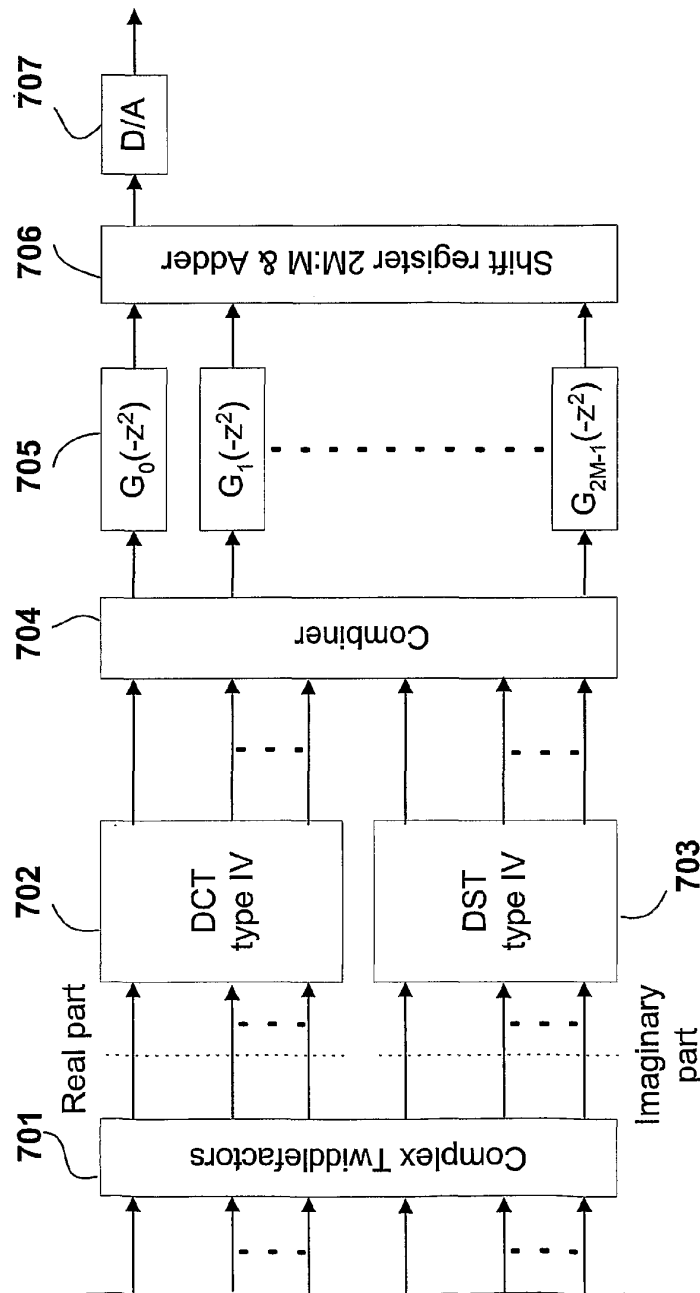


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 02/00626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: H03H 17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-INTERNAL, WPI DATA, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5732189 A (JOHNSTON ET AL), 24 March 1998 (24.03.98), column 5, line 11 - column 9, line 63 --	1-15
A	US 5285498 A (JOHNSTON), 8 February 1994 (08.02.94), column 3, line 1 - column 4, line 9 --	1-15
A	WO 0141320 A1 (SOLANA TECHNOLOGY DEVELOPMENT CORPORATION), 7 June 2001 (07.06.01), See the whole document --	1-15
A	US 5568142 A (VELAZQUEZ ET AL), 22 October 1996 (22.10.96), See the whole document -- -----	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 July 2002

Date of mailing of the international search report

19-07-2002

Name and mailing address of the ISA

Swedish Patent Office

Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM

Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Stefan Hultquist/SN

Telephone No. +46 8 782 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

10/06/02

International application No.

PCT/SE 02/00626

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US	5732189	A	24/03/98	NONE		
US	5285498	A	08/02/94	CA	2090159 A	03/09/93
				DE	69326492 D,T	04/05/00
				EP	0559383 A,B	08/09/93
				JP	3258424 B	18/02/02
				JP	6075590 A	18/03/94
				KR	9707661 B	15/05/97
				US	5481614 A	02/01/96
WO	0141320	A1	07/06/01	AU	1837200 A	12/06/01
US	5568142	A	22/10/96	CA	2203156 A	02/05/96
				EP	0787385 A	06/08/97
				JP	10507891 T	28/07/98
				WO	9613097 A	02/05/96



Espacenet

Bibliographic data: JP2004533155 (A) — 2004-10-28

ALIASING REDUCTION USING COMPLEX-EXPONENTIAL MODULATED FILTERBANKS

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:

- international: ***G10L11/00; H03H17/02; H03H21/00; H03M7/30;*** (IPC1-7): G10L11/00; H03H17/02; H03H21/00; H03M7/30
- European: ***H03H17/02F8A***

Application number: JP20020578650T 20020328

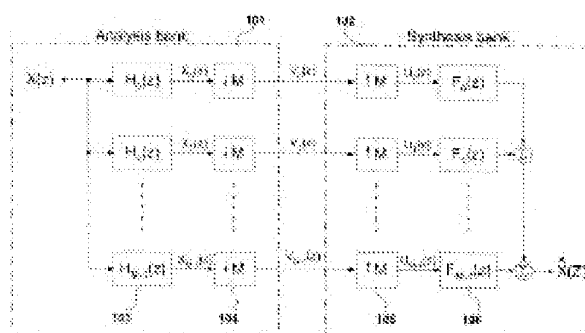
Priority number(s): SE20010001175 20010402; WO2002SE00626 20020328

Also published as: JP3977744 (B2) WO02080362 (A1) US2003016772 (A1) US7242710 (B2) JP2006203881 (A) more

Abstract not available for JP2004533155 (A)

Abstract of corresponding document: WO02080362 (A1)

The present invention proposes a new method and apparatus for the improvement of digital filterbanks, by a complex extension of cosine modulated digital filterbanks. The invention employs complex-exponential modulation of a low-pass prototype filter and a new method for optimizing the characteristics of this filter. The invention substantially reduces artifacts due to aliasing emerging from independent modifications of subband signals, for example when using a filterbank as an spectral equalizer. The invention is preferably implemented in software, running on a standard PC or a digital signal processor (DSP), but can also be hardcoded on a custom chip. The invention offers essential improvements for various types of digital equalizers, adaptive filters, multiband compressors and spectral envelope adjusting filterbanks used in high frequency reconstruction (HFR) systems.



Last updated: 28.02.2012 Worldwide Database 5.7.36; 93p

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号
特表2004-533155
(P2004-533155A)

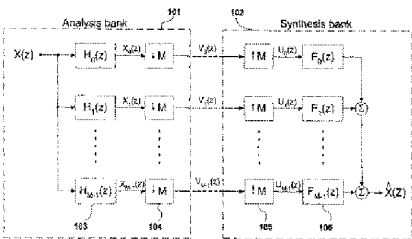
(43) 公表日 平成16年10月28日 (2004. 10. 28)

(51) Int. Cl. ⁷		F I	テーマコード (参考)	
H03H	17/02	H03H 17/02	601G	5J023
G10L	11/00	H03H 17/02	613C	5J064
H03H	21/00	H03H 21/00		
H03M	7/30	H03M 7/30	A	
		G10L 7/04	A	
審査請求 有 予備審査請求 有 (全 40 頁)				
(21) 出願番号	特願2002-578650 (P2002-578650)	(71) 出願人	502112267	
(86) (22) 出願日	平成14年3月28日 (2002. 3. 28)		コーディング テクノロジーズ アクチボ	
(85) 翻訳文提出日	平成15年9月26日 (2003. 9. 26)		ラゲット	
(86) 国際出願番号	PCT/SE2002/000626		スウェーデン国 ストックホルム、ドベル	
(87) 国際公開番号	W02002/080362		ンスガタン 64	
(87) 国際公開日	平成14年10月10日 (2002. 10. 10)	(74) 代理人	100085464	
(31) 優先権主張番号	0101175-8		弁理士 野口 繁雄	
(32) 優先日	平成13年4月2日 (2001. 4. 2)	(72) 発明者	ベル・エクストランド	
(33) 優先権主張国	スウェーデン (SE)		スウェーデン国 S-11640 スト	
			ックホルム ゼーデルマンナガタン 45	
		Fターム (参考)	5J023 DB01 DB07 DC03 DD01	
			5J064 AA01 BA16 BC11 BC15 BC18	
最終頁に続く				

(54) 【発明の名称】 複素指数変調フィルタバンクを使用するエイリアシングの低減

(57) 【要約】

本発明は、余弦変調デジタル・フィルタバンクの複合的拡張によってデジタル・フィルタバンクを改良するための新しい方法及び装置を提案する。本発明は、低域通過プロトタイプ・フィルタの複素指数変調及びこのフィルタの特性を最適化するための新規方法を使用する。本発明は、例えばフィルタバンクをスペクトル・イコライザとして使用する際にサブバンド信号の個々の修正から発生するエイリアシングに起因するアーティファクトを大幅に低減する。本発明は、標準的なP C又はデジタル信号プロセッサ (D S P) 上で実行されるソフトウェアで実現されることが好適であるが、カスタム・チップ上にハードコード化されることも可能である。本発明は、高周波数再構成 (H F R) システムにおいて使用される様々なタイプのデジタル・イコライザ、適応型フィルタ、マルチバンド・コンパンダ及びスペクトル包絡線調整フィルタバンクを本質的に改善するものである。



(2)

特表2004-533155(P2004-533155A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】

デジタル・フィルタバンクから取得される係数又はサブバンド信号のエネルギー測度を推定する方法であって、
完全再構成特性を有するようには制約されない、フィルタ次数Nを有する低域通過対称プロトタイプ・フィルタ $p_0(n)$ を最適化することと、
Mチャンネルの分析フィルタバンクであって、該フィルタバンクが、

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1)(n - \frac{N}{2}) \right\}$$

で表わされるフィルタ係数を有し、 $n = 0, 1, \dots, N$ でありかつ $k = 0, 1, \dots, M-1$ であるものを前記プロトタイプ・フィルタの複素指数変調によって構築することと、

前記フィルタバンクを介して実数値の時間領域信号をフィルタリングすることと、
前記フィルタリングにより取得された複素数値のサブバンド信号の絶対値二乗を計算することを特徴とする方法。

【請求項2】

前記分析フィルタバンクは、

$$E_k(m) = \sum_{n=-L+1}^{L-1} |v_k(mL+n)|^2 w(n)$$

で表わされる平均エネルギー測度の推定に使用されることを特徴とする請求項1に記載の方法。ここで、 $v_k(n)$ はチャンネルkの前記複素数値サブバンド信号であり、 $w(n)$ は $n=0$ 近傍を中心とする長さ $2L-1$ の窓である。

【請求項3】

デジタル・フィルタバンクから取得される係数又はサブバンド信号の修正によって発生するエイリアシングを低減する方法であって、
完全再構成特性を有するようには制約されない、フィルタ次数Nを有する低域通過対称プロトタイプ・フィルタ $p_0(n)$ を最適化することと、
Mチャンネルのフィルタバンクであって、該フィルタバンクが、

$$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1)(n - \frac{N}{2}) \right\}$$

で表わされる分析及び合成フィルタ係数を有し、 $n = 0 \dots N$ でありかつ $k = 0 \dots M-1$ であるものを前記プロトタイプ・フィルタの複素指数変調によって構築することと、

前記フィルタバンクの分析部分を介して実数値の時間領域信号をフィルタリングすることと、

前記フィルタリングにより取得された複素数値のサブバンド信号を修正することと、
前記修正された複素数値のサブバンド信号を前記フィルタバンクの合成部分を介してフィルタリングすることと、
複素数値の時間領域出力信号であって、該出力信号が前記合成フィルタリングにより取得された信号の和であるものの実数部を取り出すことを特徴とする方法。

【請求項4】

前記低域通過プロトタイプ・フィルタは $2M-1$ より高次のフィルタ次数Nを有し、Mは前記デジタル・フィルタバンクにおけるチャンネル数であることを特徴とする請求項1から3に記載の方法。

【請求項5】

前記低域通過プロトタイプ・フィルタの前記最適化は、

(3)

特表2004-533155(P2004-533155A)

$$\varepsilon_{tot}(\alpha) = \alpha \varepsilon_t + (1 - \alpha) \varepsilon_a$$

で表わされる合成目的関数 $\varepsilon_{tot}(\alpha)$ の最小化によって達成されることを特徴とする請求項1から4に記載の方法。ここで、 α は重み定数であり、 ε_t は通過帯域誤差であり、 ε_a はエイリアシング誤差である。

【請求項6】

前記通過帯域誤差 ε_t は、

$$\varepsilon_t = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left(\left| \frac{A_0(e^{j\omega}) + A_0^*(e^{-j\omega})}{2M} \right| - 1 \right)^2 d\omega$$

として計算され、

かつ前記エイリアシング誤差 ε_a は、

$$\begin{aligned} \varepsilon_a = & \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega + \\ & + \frac{1}{4\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega \end{aligned}$$

として計算されることを特徴とする請求項5に記載の方法。ここで、 $A_l(e^{j\omega})$, $l = 0, \dots, M/2$, は単位円上で評価されたエイリアス利得項である。

【請求項7】

前記エイリアス利得項は、

$$h_k^{(eq)}(n) = g_k h_k(n) \quad \text{及び} \quad f_k^{(eq)}(n) = g_k f_k(n)$$

による前記分析フィルタ及び合成フィルタの利得調整バージョンを使用して計算されることを特徴とする請求項6に記載の方法。ここで、 g_k は確率的又は確定的な実数値利得係数を表し、 $n = 0, \dots, N$ でありかつ $k = 0, \dots, M-1$ である。

【請求項8】

前記低域通過プロトタイプ・フィルタは少なくとも数値Nのフィルタ次数を有することを特徴とする請求項5から7に記載の方法。ここで、Nは前記合成目的関数が予め定義された値より小さくなるように選定される。

【請求項9】

前記分析フィルタバンクは、高周波数再構成システムにおいてエネルギー測度の推定に使用されることを特徴とする請求項1から2に記載の方法。

【請求項10】

前記複素指数変調フィルタバンクは、高周波数再構成システムにおいて包絡線調整フィルタバンクとして使用されることを特徴とする請求項3から8に記載の方法。

【請求項11】

前記複素指数変調フィルタバンクは、デジタルイコライジングシステムにおいてフィルタとして使用されることを特徴とする請求項3から8に記載の方法。

【請求項12】

前記複素指数変調フィルタバンクは、適応型フィルタリング・システムにおいて使用されることを特徴とする請求項3から8に記載の方法。

【請求項13】

前記複素指数変調フィルタバンクは、マルチバンド・コンバンダ・システムにおいて使用されることを特徴とする請求項3から8に記載の方法。

【請求項14】

デジタル・フィルタバンクから取得される係数又はサブバンド信号のエネルギー測度を推定するための装置であって、
完全再構成特性を有するようには制約されない、フィルタ次数Nを有する低域通過対称プロトタイプ・フィルタ $p_0(n)$ を最適化するための手段と、
Mチャネルの分析フィルタバンクであって、該フィルタバンクが、

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\}$$

で表されるフィルタ係数を有し、 $n=0, 1, \dots, N$ でありかつ $k=0, 1, \dots, M-1$ であるものを前記プロトタイプ・フィルタの複素指数変調によって構築するための手段と、

前記フィルタバンクを介して実数値の時間領域信号をフィルタリングするための手段と、
前記フィルタリングにより取得された複素数値のサブバンド信号の絶対値二乗を計算するための手段を特徴とする装置。

【請求項15】

デジタル・フィルタバンクから取得される係数又はサブバンド信号の修正によって発生するエイリアシングを低減するための装置であって、
完全再構成特性を有するようには制約されない、フィルタ次数Nを有する低域通過対称プロトタイプ・フィルタ $p_0(n)$ を最適化するための手段と、
Mチャネルのフィルタバンクであって、該フィルタバンクが、

$$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\}$$

で表わされる分析及び合成フィルタ係数を有し、 $n=0, 1, \dots, N$ でありかつ $k=0, 1, \dots, M-1$ であるものを前記プロトタイプ・フィルタの複素指数変調によって構築するための手段と、

前記フィルタバンクの分析部分を介して実数値の時間領域信号をフィルタリングするための手段と、

前記フィルタリングにより取得された複素数値のサブバンド信号を修正するための手段と、

前記修正された複素数値のサブバンド信号を前記フィルタバンクの合成部分を介してフィルタリングするための手段と、

複素数値の時間領域出力信号であって、該出力信号が前記合成フィルタリングにより取得された信号の和であるものの実数部を取り出すための手段を特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、サブサンプリングされるデジタル・フィルタバンクに関し、かつデジタル・フィルタバンクのスペクトル係数又はサブバンド信号の修正、例えば量子化又は減衰、から発生する影響を実質的に低減させる新しい方法及び装置を提供する。本発明は、デジタル・イコライザ[A. J. S. Ferreira, J. M. N. Viera著「効率的な20バンド・デジタル音声イコライザ」AESプレプリント、第98回大会、1995年2月25-28日、米国ニューヨーク州パリシ」、適応型フィルタ[A. Gilloire, M. Vetterli著「クリティカル・サンプリングによるサブバンドにおける適応型フィルタリング：分析、実験及び音響キャンセリングへの適用」信号処理に関するIE

EE会誌第40巻第8号、1992年8月]、マルチバンド・コンパンダ及び高周波数再構成(high frequency reconstruction)(HFR)を使用する音声コーディング・システムに適用可能である。ここでは、デジタル・フィルタバンクは、スペクトル・バンド複製(SBR)システム[WO 98/57436]のように、スペクトル包絡線の適応調整に使用されている。

【背景技術】

【0002】

デジタル・フィルタバンクは、2つ又はそれ以上の並列するデジタル・フィルタの集合体である。分析フィルタバンクは、受信信号をサブバンド信号(又はスペクトル係数)と称される多数の別々の信号に分割する。該フィルタバンクは、単位時間当たりのサブバンド・サンプルの合計数が入力信号のそれと同じである場合にクリティカル・サンプリングを実行される(又は最大限にデシメート(decimate)される)。合成フィルタバンクは、これらのサブバンド信号を結合して出力信号にする。クリティカル・サンプリングを実行されるフィルタバンクの一般的なタイプは、余弦変調フィルタバンクである。余弦変調システムにおけるフィルタは、所謂プロトタイプ・フィルタである低域通過フィルタの余弦変調によって取得される。余弦変調されたバンクは極めて効果的な実施を提供し、自然音声コーディック[K. Brandenburg著「知覚コーディング入門」AES、1996年度デジタル音声ビットレート低減に関する論文集、1996年]に使用されることが多い。しかしながら、例えば等化利得曲線の印加又はサンプルの量子化によってサブバンド・サンプル又はスペクトル係数を変更する試みはどれも、出力信号に重度のエイリアシング・アーティファクトをもたらす。

【発明の開示】

【0003】

本発明は、正弦変調された虚数部で余弦変調フィルタバンクを拡張して複素指数変調フィルタバンクを形成することにより、サブバンド信号の修正から発生する障害は大幅に低減可能であることを証明する。正弦拡張は、余弦変調されたフィルタバンクに存在する主要なエイリアス項を排除する。さらに本発明は、プロトタイプ・フィルタを最適化するためのエイリアス項最小化(ATM)と呼ばれる方法を提示する。複素指数変調は、フィルタバンクの実数部、即ち基礎的な余弦変調フィルタバンクから取得される信号の解析信号として解釈されることが可能な複素数値化されたサブバンド信号を生成する。この機能は、サブバンド信号の瞬間エネルギーの固有測度を提示する。

【0004】

本発明による複素指数変調フィルタバンクを動作させるための主要ステップは、次の通りである。

1. 所望されるエイリアシング阻止及び通過帯域の平坦度に合わせて最適化される、カットオフ周波数 $\pi/2M$ を有する対称性低域通過プロトタイプ・フィルタの設計、
2. 最適化されたプロトタイプ・フィルタの複素指数変調によるMチャンネル・フィルタバンクの構成、
3. フィルタバンクの分析部分を介する、実数値時間領域信号のフィルタリング、
4. 所望される、おそらくは時間的に変動するイコライザ設定による複素数値化されたサブバンド信号の修正、
5. フィルタバンクの合成部分を介する、修正された複素値サブバンド・サンプルのフィルタリング、
6. フィルタバンクの合成部分から取得される複素数値化された時間領域出力信号の実数部の計算。

【0005】

本発明の最も魅力あるアプリケーションは、HFRシステムにおいて使用される様々なタイプのデジタル・イコライザ、適応型フィルタ、マルチバンド・コンパンダ及び適応型包絡線調整フィルタバンクの改良である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

次に、添付の図面を参照して、本発明を発明の範囲及び精神を限定することなく例示的に説明する。

【0007】

本発明は、本特許において明示的に記述されているもの以外のデジタル・フィルタバンクを組み込む実施範囲にも適用可能であることは理解されなければならない。

【0008】

デジタル・フィルタバンク

デジタル・フィルタバンクは、共通の入力又は共通の出力を共用する2つ又はそれ以上の並列するデジタル・フィルタの集合体である[P. P. Vaidyanathan著「マルチレート・システムとフィルタバンク」Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1993年]。共通の入力を共用する場合、フィルタバンクは分析バンクと呼ばれる。分析バンクは受信する信号を、サブバンド信号と呼ばれるM個の別々の信号に分割する。分析フィルタは、 $H_k(z)$ で示される。但し、 $k=0, \dots, M-1$ である。サブバンド信号がM毎にデシメートされるとき、フィルタバンクはクリティカル・サンプリングを実行される(又は最大限にデシメートされる)。したがって、単位時間当たりの合計サブバンド・サンプル数は、入力信号に関する単位時間当たりのサンプル数と同じである。合成バンクは、これらのサブバンド信号を結合して1つの共通の出力信号にする。合成フィルタは $F_k(z)$ で示され、 $k=0, \dots, M-1$ である。図1は、Mチャネル(サブバンド)を有する最大限にデシメートされたフィルタバンクを示している。分析部分101は、入力信号 $X(z)$ から信号 $V_k(z)$ を生成する。信号 $V_k(z)$ は、送信され、記憶され、又は修正される信号を構成する。合成部分102は、信号 $V_k(z)$ を再び結合して出力信号

$$\hat{X}(z)$$

にする。

【0009】

原信号 $X(z)$ の近似値

$$\hat{X}(z)$$

を求めるための $V_k(z)$ の再結合は、幾つかの誤差を伴う。その1つは、サブバンドのデシメーション及び補間に起因するエイリアシングである。その他の誤差としては、位相及び振幅の歪みがある。

【0010】

図1の表記法に従えば、分析フィルタ $H_k(z)$ 103の出力は、

$$X_k(z) = H_k(z)X(z) \quad (1)$$

である。但し、 $k=0, \dots, M-1$ である。デシメータ104が与える出力は、

$$V_k(z) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X_k(z^{1/M} W^l) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z^{1/M} W^l) X(z^{1/M} W^l) \quad (2)$$

であり、 $W = e^{-j2\pi/M}$ である。インターポレータ105の出力は、

$$U_k(z) = V_k(z^M) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z W^l) X(z W^l) \quad (3)$$

で与えられ、合成フィルタ106から求められる信号の和は、

(7)

特表2004-533155(P2004-533155A)

$$\begin{aligned}
 \hat{X}(z) &= \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) U_k(z) = \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(zW^l) X(zW^l) = \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X(zW^l) \sum_{k=0}^{M-1} H_k(zW^l) F_k(z) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X(zW^l) A_l(z)
 \end{aligned} \tag{4}$$

と書き表すことができる。但し、

$$A_l(z) = \sum_{k=0}^{M-1} H_k(zW^l) F_k(z) \tag{5}$$

は、1 番目のエイリアス項 $X(zW^1)$ の利得である。式 (4) は、

$$\hat{X}(z) = \frac{1}{M} \left\{ X(z) A_0(z) + \sum_{l=1}^{M-1} X(zW^l) A_l(z) \right\} \tag{6}$$

と書き直すことができる。右辺 (RHS) にある最後の和は、望まれないエイリアス項の和を構成する。全てのエイリアシングを除去する、即ち $H_k(z)$ 及び $F_k(z)$ の適正な選定によってこの和をゼロにすると、

$$\hat{X}(z) = \frac{1}{M} X(z) A_0(z) = \frac{1}{M} X(z) \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) F_k(z) = X(z) T(z) \tag{7}$$

になる。但し、

$$T(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) F_k(z) \tag{8}$$

は全体の伝達関数又は歪み関数である。合成フィルタ $F_k(z)$ を、

$$F_k(z) = z^{-N} \tilde{H}_k(z^{-1}) \tag{9}$$

但し N は分析フィルタの次数、となるように選定すると、次のような伝達関数が得られる。

$$T(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) F_k(z) = \frac{z^{-N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) \tilde{H}_k(z) \tag{10}$$

表記法

$$\tilde{H}(z)$$

は、時間反転および複素共役系列 $h_k(n)$ の Z 変換である。式 (10) を単位円上で評価すると、

(8)

特表2004-533155(P2004-533155A)

$$T(e^{j\omega}) = \frac{e^{-j\omega N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(e^{j\omega}) H_k^*(e^{-j\omega}) = \frac{e^{-j\omega N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} |H_k(e^{j\omega})|^2 \quad (11)$$

になる。式(11)は、 $T(z)$ が線形位相を有し、よって位相歪みを全く生じないことを示す。さらに、右辺の最終的な和が定数であれば、振幅の歪みは存在しない。この場合、全体の伝達関数は一定の換算係数 c を有する単一遅延であり、即ち、

$$T(z) = cz^{-N} \quad (12)$$

である。これを式(7)に代入すると、

$$\hat{X}(z) = cz^{-N} X(z) \quad (13)$$

になる。式(13)を満足させるフィルタ・タイプは、完全再構成(PR)特性を有するものとされる。

【0011】

余弦変調フィルタバンク

余弦変調フィルタバンクにおいては、分析フィルタ $h_k(n)$ は、

$$h_k(n) = 2p_0(n) \cos \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (14)$$

のように、対称性低域通過プロトタイプ・フィルタ $p_0(n)$ の余弦変調バージョンである。但し、 M はチャンネルの数であり、 $k=0, \dots, M-1$ であり、 N はプロトタイプ・フィルタ次数であり、 $n=0, \dots, N$ である。実数値プロトタイプ・フィルタ係数の和は、

$$\sum_{n=0}^N P_0^2(n) = 1 \quad (15)$$

のように1と仮定する。同じ表記法によれば、合成フィルタは、

$$f_k(n) = 2p_0(N-n) \cos \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (16)$$

で与えられる。分析フィルタバンクは、実数値入力信号の実数値サブバンド・サンプルを生成する。サブバンド・サンプルは M 毎にダウンサンプリングされ、これによりシステムはクリティカル・サンプリングを実行される。プロトタイプ・フィルタの選定に依存して、フィルタバンクは、ほぼ完全な再構成システム、所謂擬似QMFバンク[米国特許第5,436,940号]又は完全再構成(PR)システムを構成する可能性がある。PRシステムの一例は、変調重複変換(MLT)である[H. S. Malvar著「効率的変換／サブバンド・コーディングのための重複変換」IEEE、ASSP会誌第38巻第6号、1990年]。余弦変調固有の特性の1つは、あらゆるフィルタが、一方は正の周波数範囲にありかつ他方は負の周波数範囲内の対応する通過帯域にある2つの通過帯域を有することにある。

【0012】

式(5)は、行列形式で、

(9)

特表2004-533155(P2004-533155A)

$$\mathbf{a} = \mathbf{H} \mathbf{f} \quad (17)$$

のように、あるいは明示的に、

$$\begin{bmatrix} A_0(z) \\ A_1(z) \\ \vdots \\ A_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_0(z) & H_1(z) & \cdots & H_{M-1}(z) \\ H_0(Wz) & H_1(Wz) & & H_{M-1}(Wz) \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ H_0(W^{M-1}z) & H_1(W^{M-1}z) & \cdots & H_{M-1}(W^{M-1}z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_0(z) \\ F_1(z) \\ \vdots \\ F_{M-1}(z) \end{bmatrix} \quad (18)$$

と書き表すことができる。行列

H

は、エイリアス成分（AC）行列と呼ばれる。この式をより厳密に検討するために、

は、
f

$$\begin{bmatrix} F_0(z) \\ F_1(z) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ F_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0(z) & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & F_1(z) & & & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot & 0 \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & F_{M-1}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

と書き表すことが可能であり、もしくはコンパクトな形式で、

$$\mathbf{f} = \mathbf{F} \mathbf{e} \quad (20)$$

と書き表すことができる。式（17）に式（20）を代入すると、エイリアス利得を

$$\mathbf{a} = \mathbf{H} \mathbf{F} \mathbf{e}$$

と書き表すことができる。但し、積、

$$\mathbf{H} \mathbf{F} = \mathbf{U} \quad (21)$$

はM×Mの行列であり、以後これを複合エイリアス成分行列と称す。

【0013】

余弦変調システムの場合、複合エイリアス成分行列における支配項は第1の行と4つの対角項にある。三次元プロットである図2は、この行列における成分の大きさを示している。第1の行は伝達関数である式（8）の項を保有し、4つの対角項は主として主要なエイリアス項、即ちフィルタとそれらの最近傍フィルタとのオーバーラップに起因するエイリアシングで構成される。主要なエイリアス項は、正の通過帯域の周波数変調バージョンを有するフィルタの負の通過帯域間、又は逆に負の通過帯域の周波数変調バージョンを有するフィルタの正の通過帯域間の何れかの周波数オーバーラップから発現することは容易に分かる。複合エイリアス成分行列における複数行の項を合計する、即ちエイリアス利得を計算すると、主要なエイリアス項が相殺される結果となる。エイリアシングは2つ1組

で相殺され、第1の主要エイリアス項が同じ行内の第2のエイリアス項によって相殺される。主要エイリアス項には、他のより小さいエイリアス項も重畳される。プロトタイプ・フィルタ特性が、フィルタの遷移および遮断帯域がその変調バージョンとの実質的オーバーラップを有する類のものであれば、これらのエイリアス項は大きなものになる。一例として、第2かつ最終の行は、フィルタとそれらの最近傍の変調バージョンとのオーバーラップによって導入されたエイリアス項で構成される。PRシステムの場合、これらのより小さいエイリアス項もまた、エイリアス利得項を合計すると完全に相殺される。しかしながらQMFシステムでは、これらの項は残存する。

【0014】

複素指数変調フィルタバンク

余弦変調を本発明による複素指数変調にまで拡張すると、前と同じ表記法を使用して、 $r/$

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (22)$$

として表わされる分析フィルタ $h_k(n)$ が生じる。これは、虚数部を実数値のフィルタバンクに加算したものとして捉えることができる。但し、虚数部は同じプロトタイプ・フィルタの正弦変調バージョンより成る。実数値の入力信号を考慮すると、フィルタバンクからの出力は、実数部及び虚数部が互いのヒルベルト変換である一組のサブバンド信号として解釈することができる。したがって、得られるサブバンドは、余弦変調フィルタバンクから取得される実数値出力の解析信号である。故に、複素数値表現に起因して、サブバンド信号は2倍にオーバーサンプリングされる。

【0015】

合成フィルタも同様に、

$$f_k(n) = p_0(N-n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (23)$$

のように拡張される。式(22)及び(23)は、合成バンクからの出力が複素値であることを意味している。行列表記法を使用して、

$\mathbf{C}_a$

は式(14)の分析フィルタを有する行列であり、

は、
 $\mathbf{S}_a$

$$h_k(n) = p_0(n) \sin \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (24)$$

で表されるフィルタを有する行列とすると、式(22)のフィルタは

$\mathbf{C}_a + j \mathbf{S}_a$

として求められる。これらの行列では、 k は行の指標であり、 n は列の指標である。同様に、行列

(1 1)

特表2004-533155(P2004-533155A)

 C_s

は式(16)の合成フィルタを有し、

は、
 S_s

$$f_k(n) = p_0(N-n) \sin \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (25)$$

で表されるフィルタを有する行列である。したがって、式(23)は

 $C_s + j S_s$ と書き表すことができる。但し、 k は列の指標であり、 n は行の指標である。入力信号を x で示すと、

$$y = (C_s + j S_s) (C_a + j S_a) x = (C_s C_a - S_s S_a) x + j (C_s S_a + S_s C_a) x \quad (26)$$

から、出力信号 y が求められる。

式(26)から分かるように、実数部は、一般的な余弦変調フィルタバンクからの出力及び正弦変調フィルタバンクからの出力である2項より成る。余弦変調フィルタバンクがPR特性を保有すれば、その正弦変調バージョンもまたPRシステムを構成することは、容易に検証される。したがって、出力の実数部を利用することにより、複素指数変調システムは対応する余弦変調バージョンと同じ再構成精度をもたらす。

【0016】

複素指数変調システムは、複素数値の入力信号をも処理するように拡張されることが可能である。チャネル数を $2M$ に拡大する、即ち負の周波数用のフィルタを追加しかつ出力信号の虚数部を維持することにより、複素数値信号の擬似QMF又はPRシステムが取得される。

【0017】

式(21)の複合エイリアス成分行列を精査すると、複素指数変調フィルタバンクでは主要なエイリアス対角項が消える。複素指数変調フィルタバンクはあらゆるフィルタが通過帯域を1つしか保有しないことから、これは容易に理解される。言い替えば、このフィルタバンクは主要なエイリアス項を保有せず、上述の2つ1組のエイリアシングの相殺のシステムは不要である。複合エイリアス成分行列は、第1の行にのみ支配項を有する。図3は、得られる行列の成分の大きさを示している。プロトタイプ・フィルタの特性に依存して、1乃至 $(M-1)$ 行上の項は多かれ少なかれ減衰される。複素指数変調バージョンにおいて、主要なエイリアス項が存在していないことは、余弦(又は正弦)変調フィルタバンクに基づくエイリアシング相殺の制約を不要にする。したがって、分析及び合成フィルタは共に、対称プロトタイプ・フィルタでは $p_0(n) = p_0(N-n)$ であるため、 $r/$

$$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\} \quad (27)$$

から求めることができる。先にも述べたように、 M はチャネル数であり、 $k=0, \dots, M-1$ であり、 N はプロトタイプ・フィルタ次数であり、 $n=0, \dots, N$ である。

【0018】

式(4)を参照すると、出力信号

$$\hat{x}(n)$$

の実数部のZ変換は、

$$Z\{\text{Re}(\hat{x}(n))\} = \hat{X}_R(z) = \frac{\hat{X}(z) + \hat{X}^*(z)}{2} \quad (28)$$

である。表記法

$$\hat{X}^*(z)$$

は、複素共役系列

$$\hat{x}(n)$$

のZ変換である。式(4)から、出力信号の実数部の当該変換は、

$$2M\hat{X}_R(z) = \sum_{l=0}^{M-1} \left(X(zW^l)A_l(z) + X(zW^{-l})A_l^*(z) \right) \quad (29)$$

であることになる。但し、入力信号 $x(n)$ は実数値であることが利用されている。式(29)は、

$$\begin{aligned} 2M\hat{X}_R(z) = & X(z)\{A_0(z) + A_0^*(z)\} + \\ & + X(-z)\{A_{M/2}(z) + A_{M/2}^*(z)\} + \\ & + \sum_{l=1}^{M/2-1} X(zW^l)\{A_l(z) + A_{M-l}^*(z)\} + \\ & + \sum_{l=1}^{M/2-1} X(zW^{-l})\{A_{M-l}(z) + A_l^*(z)\} \end{aligned} \quad (30)$$

と書き表すことができる。式(30)を検分しかつ式(28)の変換を想起すると、PRシステムの場合、 $a_0(n)$ の実数部は必ずディラック・パルスになることは明白である。さらに、 $a_{M/2}(n)$ の実数部は必ずゼロであり、 $l=1, \dots, M/2-1$ に関するエイリアス利得は、必ず、

$$A_{M-l}(z) = -A_l^*(z) \quad (31)$$

を満足させる。擬似QMFシステムでは、式(31)は近似的でしか成立しない。さらに、 $a_0(n)$ の実数部は厳密にはディラック・パルスではなく、 $a_{M/2}(n)$ の実数部も厳密にはゼロではない。

【0019】

サブバンド信号の修正

余弦変調フィルタバンクにおけるチャネル利得を変更する、即ち分析／合成システムをイコライザとして使用すると、主要エイリアス項に起因して甚だしい歪みが生じる。例えば、8チャネルのフィルタバンクを帯域通過応用に調整しようとして、第2及び第3のチャネル以外の全てのサブバンド信号がゼロに設定されるものとする。すると、式(21)の複合エイリアス成分行列は、図4が示すように第2及び第3の列を除く全てのエレメントがゼロである 8×8 行列になる。図が示すように、7つの重大なエイリアス項が残存す

る。第3行及び5行のエイリアシングは、これらの行における主要エイリアス項が同じ利得を有する、即ち2つ1組の相殺が意図的に働くことから相殺される。しかしながら第2行、4行及び6行には、その対応するエイリアス項が利得ゼロを有することから、単一のエイリアス項が存在する。故に、エイリアス相殺は意図された通りには働かず、出力信号においてエイリアシングが実在することになる。

【0020】

この例から、複素指数変調フィルタバンクをイコライザとして使用すると、実質的改良が達成されることは明白である。図4が示す8チャンネル・システムは、次数128のプロトタイプ・フィルタを有する。上述の例では、エイリアシングの全減衰量は16dBでしかないが、複素指数変調に移行すると、エイリアシングの減衰量は95dBになる。存在しない主要エイリアス項に起因して、結果として得られるエイリアシングは、フィルタとその変調バージョンとのオーバーラップから生じるエイリアス項の抑圧にのみ依存する。したがって、エイリアス利得項を最大限に抑圧するようにプロトタイプ・フィルタを設計することが極めて重要である。単位円上で評価された式(30)の右辺の第1項は、

$$e_t = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left(\frac{|A_0(e^{j\omega}) + A_0^*(e^{-j\omega})|}{2M} - 1 \right)^2 d\omega \quad (32)$$

で表わされる伝達関数の誤差エネルギー e_t をもたらす。全エイリアシングのエネルギー e_a は、

$$\begin{aligned} e_a = & \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} |A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega})|^2 d\omega + \\ & + \frac{1}{8\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left\{ |A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega})|^2 + \right. \\ & \left. + |A_{M-l}(e^{j\omega}) + A_l^*(e^{-j\omega})|^2 \right\} d\omega \end{aligned} \quad (33)$$

のように、単位円上で式(30)の右辺の残り全ての項を評価して計算することができる。対称性、式(9)及び、

$$P_0(z) = z^{-N} \tilde{P}_0(z) \quad (34)$$

という事実に起因して、式(33)における和の中括弧内の複数項は等しい。したがって、エイリアシングの全エネルギーは $(M/2-1)$ 項を有し、

$$\begin{aligned} e_a = & \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} |A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega})|^2 d\omega + \\ & + \frac{1}{4\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} |A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega})|^2 d\omega \end{aligned} \quad (35)$$

となる。エイリアス利得項の最小化は、プロトタイプ・フィルタの最適化によって実行される。好適には、これは、例えばダウンヒル・シンプレックス法 [W. H. Press、S. A. Teukolsky、W. T. Vetterling、B. P. Flanner

y共著「Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing: 第2版」ケンブリッジ大学出版、NY、1992年]のような標準的な非線形最適化アルゴリズムを使用して合成目的関数を最小化することにより達成される。本発明によるプロトタイプ・フィルタのエイリアス項最小化(ATM)の場合、目的関数は、

$$\varepsilon_{tot}(\alpha)=\alpha\varepsilon_t+(1-\alpha)\varepsilon_a$$
 (36)

のようなものである。最適化の間は、 ε_a の計算に際して、即ち分析及び合成フィルタが、

$$H_k^{(eq)}(z)=g_kH_k(z) \text{ 及び } F_k^{(eq)}(z)=g_kF_k(z)$$
 (37)

のように利得ファクタ g_k で乗算される際にはフィルタバンクにランダムな等化曲線が適用され、エイリアス利得項 $A_1(z)$ を $l=1,\dots,M-1$ に関して計算する際には、結果として得られるフィルタ $H_k^{(eq)}$ 及び $F_k^{(eq)}$ 、但し $k=0,\dots,M-1$ 、が使用される。

【0021】

図5では、5つの異なる複素指数変調システムのエイリアス利得が比較されている。5つのうちの4つは8チャンネル・システムであり、1つは64チャンネル・システムである。これらのシステムは全て、128のプロトタイプ・フィルタ長を有する。星印のついた点線軌跡及び実線軌跡は2つの擬似QMFシステムのエイリアス成分を示し、一方はエイリアス項が最小化されている。破線軌跡及び一点破線軌跡は、2つの8チャンネル完全再構成システムの成分に関するものであり、この場合も一方のシステムはエイリアス項が最小化されている。実線軌跡は、複素指数変調重複変換(MLT)のエイリアス成分である。全てのシステムは、上述の例による帯域通過応答に合わせて調整され、結果は表1に示されている。全エイリアシングの阻止は、式(33)の逆数として計算される。通過帯域の平坦度は、帯域通過応答に合わせて調整された積分間隔をもって、式(32)の逆数として計算される。

【0022】

【表1】

システム	全エイリアシングの阻止	通過帯域の平坦度
8-ch 擬似 QMF ATM N=128	114.7 dB	98.1 dB
8-ch 擬似 QMF N=128	95.4 dB	87.6 dB
8-ch PR ATM N=127	77.3 dB	132.7 dB
8-ch PR N=127	55.0 dB	93.6 dB
64-ch MLT N=127	38.5 dB	87.1 dB

【0023】

表1における数値から分かるように、64チャンネルのMLTから8チャンネルのPRシステムに移行すると実質的改良が達成される。MLTは完全再構成システムであり、ポリフェーズ成分当たり $(N+1)/2M=1$ 個の係数しか保有しない。8チャンネルPRシステムの係数の数は、 $128/16=8$ である。これは、より高度の遮断帯域減衰及びより高度のエイリアス項の阻止を有するフィルタを可能にする。さらに、PRシステムのエイリアス項最小化はエイリアシングを阻止し、かつ通過帯域の平坦化を大幅に向上させることが分かる。擬似QMFシステムとPRシステムとを比較すると、通過帯域の平坦度はほぼ維持されるが、エイリアシングの阻止は明らかに40dBほど向上する。エイリアス項を最

小化すれば、エイリアス阻止の約20dBの改善及び通過帯域平坦度の10dBの向上が達成される。したがって、完全再構成の制約は、等化システムにおいて使用されるフィルタバンクを限定することは明白である。実際のデジタル実現は全て、数値表現では限定された分解能を有することから、擬似QMFシステムは、常に十分な再構成精度を見込んで設計することが可能である。擬似QMF及びPRシステムに関しては何れも、最適なシステムは遮断帯域の大幅な阻止を有するプロトタイプ・フィルタを基礎として構築されることが明白である。このため、プロトタイプ・フィルタは、MLTで使用される窓より長い相対長さを有するものを使用しなければならない。

【0024】

複素指数変調システムの卓越した優位点は、サブバンド信号が余弦変調フィルタバンクから取得される実数値のサブバンド信号の解析信号を構成することから、瞬間エネルギーが容易に計算されることにある。これは、例えば適応型フィルタ、自動利得制御(AGC)、マルチバンド・コンパンド及びフィルタバンクを使用してスペクトル包絡線が調整されるスペクトル・バンド複製システム(SBR)において極めて価値のある特性である。サブバンドkにおける平均エネルギーは、

$$E_k(m) = \sum_{n=-L+1}^{L-1} |v_k(mL+n)|^2 w(n) \quad (38)$$

で計算される。但し、 $v_k(n)$ はチャネルkのサブバンド・サンプルであり、 $w(n)$ は $n=0$ 近傍を中心とする長さ $(2L-1)$ の窓である。次にこの測度は、適応化又は利得計算アルゴリズム用の入力パラメータとして使用される。

【0025】

実用的な実施例

標準型のPC又はDSPを使用すれば、複素指数変調フィルタバンクのリアルタイム処理が可能である。フィルタバンクはまた、カスタム・チップにハードコード化される場合もある。図6は、複素指数変調フィルタバンク・システムの分析部分の効果的な実施のための構成を示している。まず、アナログ入力信号がA/D変換器601に供給される。デジタルの時間領域信号は、一度に2M個のサンプルを保持しかつM個のサンプルをシフトするシフト・レジスタ602に供給される。シフト・レジスタからの信号は、次にプロトタイプ・フィルタ603のポリフェーズ係数を介してフィルタリングされる。フィルタリングされた信号は続いて604で結合され、DCT-I/V変換器605及びDST-I/V変換器606により並列して変換される。余弦変換器及び正弦変換器からの出力は、各々サブバンド・サンプルの実数部及び虚数部を構成する。サブバンド・サンプルの利得は、カレント・スペクトル包絡線調整器設定607により修正される。

【0026】

図7は、複素指数変調システムの合成部分の効果的な実施を示している。サブバンド・サンプルは、まず複素数値の回転因子701で乗算され、実数部はDCT-I/V変換器702で変調され、虚数部はDST-I/V変換器703で変調される。両変換器からの出力は704で結合され、プロトタイプ・フィルタ705のポリフェーズ成分を介して供給される。シフト・レジスタ706からは、時間領域出力信号が取得される。最後に、デジタル出力信号が元のアナログ波形707に変換される。

【0027】

上述の実施形態は、本発明による複素指数変調フィルタバンク・システムの原理を単に例示したものである。当業者には、本明細書に記述された装置及び詳細事項の修正及び変更が明らかとなることは理解される。したがって本発明は、本明細書における実施形態の記述及び説明によって提示された特定の詳細事項ではなく、添付の請求の範囲に記載された範囲によってのみ限定されるべきものである。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】デジタル・フィルタバンクの分析セクション及び合成セクションを示している。

【図2】余弦変調フィルタバンクの複合エイリアス成分行列における大きさを示している。

【図3】複素指数変調フィルタバンクの複合エイリアス成分行列における大きさを示している。

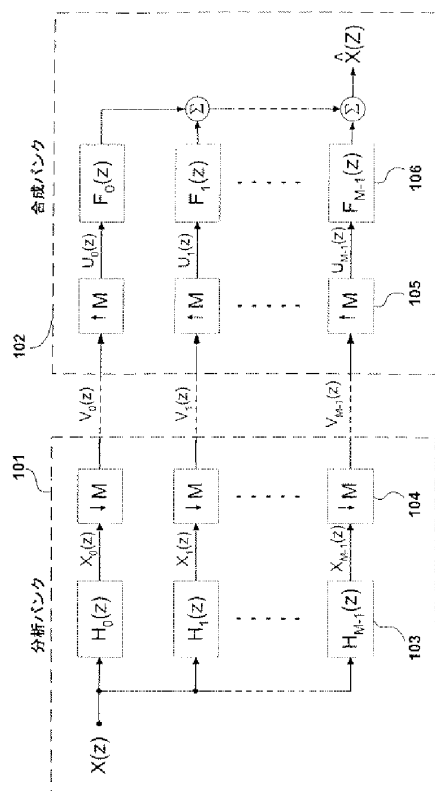
【図4】帯域通過フィルタ応用に調整された余弦変調フィルタバンクにおける希望される項及び主要なエイリアス項を示している。

【図5】異なる複素指数変調フィルタバンクの実現のためのエイリアス利得項の減衰を示している。

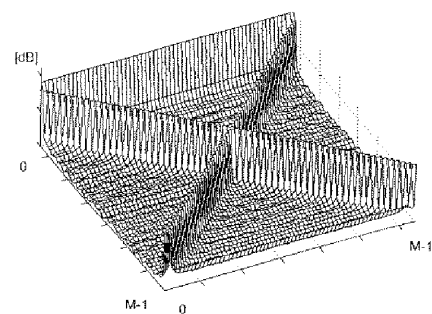
【図6】本発明による複素指数変調フィルタバンク・システムの分析部分を示している。

【図7】本発明による複素指数変調フィルタバンク・システムの合成部分を示している。

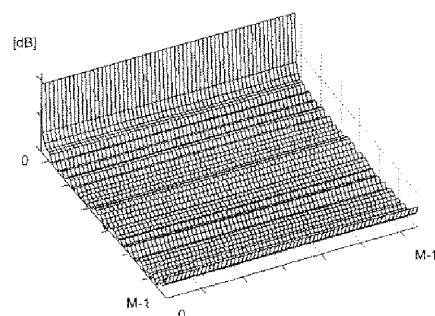
【図1】



【図2】



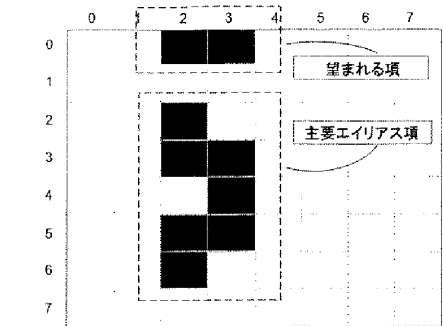
【図3】



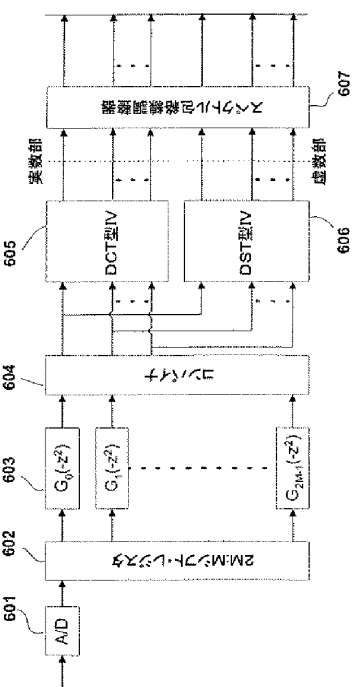
(1 7)

特表2004-533155(P2004-533155A)

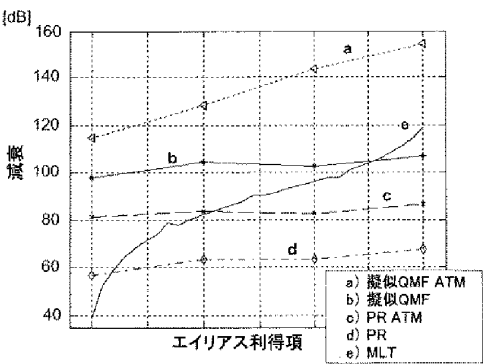
【図4】



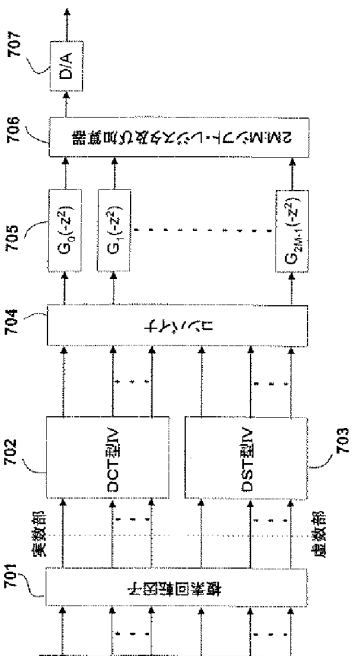
【図6】



【図5】



【図7】



(1 8)

特表2004-533155(P2004-533155A)

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
10 October 2002 (10.10.2002)

PCT

(19) International Publication Number
WO 02/080362 A1

(51) International Patent Classification: H03H 17/00

(81) Designated States (national): AF, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GR, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) International Application Number: PCT/SE02/00926

(22) International Filing Date: 28 March 2002 (28.03.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Date: 01.11.2001 2 April 2001 (02.04.2001) SE

(71) Applicant (for all designated States except US): CODING TECHNOLOGIES SWEDEN AB [SE/SE], Döbelnsgatan 64, S-113 52 Stockholm (SE).

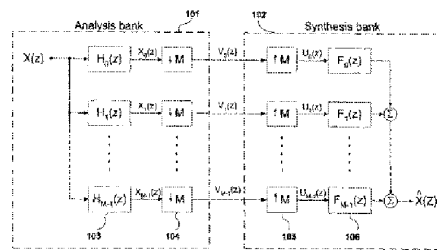
(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SI, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventor and
(75) Inventor/Applicant (for US only): EKSTRAND, Per [SE/SE]; Södermanagatan 45, S-116 40 Stockholm (SE).Published:
with international search report

(74) Agents: ÖRTENGREN, Bertil et al.; Nordin Patentbyrå AB, Box 10189, S-100 55 Stockholm (SE).

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: ALIASING REDUCTION USING COMPLEX EXPONENTIAL MODULATED FILTERBANKS



(57) Abstract: The present invention proposes a new method and apparatus for the improvement of digital filterbanks, by a complex extension of cosine modulated digital filterbanks. The invention employs complex exponential modulation of a low-pass prototype filter and a new method for estimating the characteristics of this filter. The invention substantially reduces artifacts due to aliasing emerging from independent modification of subband signals, for example when using a filterbank as an spectral equalizer. The invention is preferably implemented in software, running on a standard PC or a digital signal processor (DSP), but can also be hardwired on a custom chip. The invention offers essential improvements for various types of digital equalizers, adaptive filters, multiband compressors and spectral envelope adjusting filterbanks used in high frequency reconstruction (HFR) systems.

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

1

ALIASING REDUCTION USING COMPLEX-EXPONENTIAL MODULATED FILTERBANKS

5 TECHNICAL FIELD

The present invention relates to the area of subsampled digital filterbanks and provides a new method and apparatus for substantial reduction of impairments emerging from modifications, for example quantization or attenuation, of the spectral coefficients or subband signals of digital filterbanks. The invention is applicable to digital equalizers ["An Efficient 20 Band Digital Audio Equalizer" A. J. S. Ferreira, J. M. N. Vieira, AES preprint, 98th Convention 1995 February 25-28 Paris, N.Y., USA], adaptive filters [Adaptive Filtering in Subbands with Critical Sampling: Analysis, Experiments, and Application to Acoustic Echo Cancellation" A. Gilloire, M. Vetterli, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 40, no. 8, August, 1992], multiband compressors, and to audio coding systems using high frequency reconstruction (HFR), where a digital filterbank is used for the adaptive adjustment of the spectral envelope, such as the Spectral Band Replication (SBR) system [WO 98/57436].

BACKGROUND OF THE INVENTION

A digital filter bank is a collection of two or more parallel digital filters. The analysis filter bank splits the incoming signal into a number of separate signals named subband signals (or spectral coefficients). The filter bank is critically sampled (or maximally decimated) when the total number of subband samples per unit time is the same as that for the input signal. The synthesis filter bank combines these subband signals into an output signal. A popular type of critically sampled filterbanks is the cosine modulated filterbank. The filters in the cosine modulated system are obtained by cosine modulation of a low-pass filter, a so-called prototype filter. The cosine modulated banks offer very effective implementations and are often used in natural audio coders ["Introduction to Perceptual Coding" K. Brandenburg, AES, Collected Papers on Digital Audio Bitrate Reduction, 1996]. However, any attempt to alter the subband samples or spectral coefficients, e.g. by applying an equalizing gain curve or quantizing the samples, renders severe aliasing artifacts in the output signal.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention shows that impairments emerging from modifications of the subband signals can be significantly reduced by extending a cosine modulated filterbank with an imaginary sine modulated part, forming a complex-exponential modulated filterbank. The sine extension eliminates the main alias terms present in the cosine modulated filterbank. Moreover, the invention presents a method, referred to as alias term minimization (ATM), for optimization of the prototype filter. The complex-exponential modulation creates complex-valued subband signals that can be interpreted as the analytic signals of the signals obtained from the real part of the filterbank, i.e. the underlying cosine modulated filterbank. This feature provides an inherent measure of the instantaneous energy of the subband signals.

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

2

The main steps for operation of the complex-exponential modulated filterbank according to the present invention are:

1. The design of a symmetric low-pass prototype filter with cutoff frequency $\pi/2M$, optimized for a desired aliasing rejection and passband flatness;
 - 5 2. The construction of an M -channel filterbank by complex-exponential modulation of the optimized prototype filter;
 3. The filtering of a real-valued time domain signal through the analysis part of the filterbank;
 4. The modification of the complex-valued subband signals according to a desired, possibly time-varying, equalizer setting;
 - 10 5. The filtering of the modified complex-valued subband samples through the synthesis part of the filterbank; and
 6. The computation of the real part of the complex-valued time domain output signal obtained from the synthesis part of the filterbank.
- 15 The most attractive applications of the invention are improvement of various types of digital equalizers, adaptive filters, multiband compressors and adaptive envelope adjusting filterbanks used in HFR systems.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- 20 The present invention will now be described by way of illustrative examples, not limiting the scope nor the spirit of the invention, with reference to the accompanying drawings, in which:
- Fig.1 illustrates the analysis and synthesis sections of a digital filterbank;
- Fig.2 shows the magnitudes in a composite alias component matrix of a cosine modulated filterbank;
- Fig.3 shows the magnitudes in a composite alias component matrix of a complex-exponential
- 25 modulated filterbank;
- Fig.4 illustrates wanted terms and main alias terms in a cosine modulated filterbank adjusted for a band-pass filter response;
- Fig.5 shows the attenuation of alias gain terms for different realizations of complex-exponential modulated filterbanks;
- 30 Fig.6 illustrates the analysis part of a complex-exponential modulated filterbank system according to the present invention, and
- Fig.7 illustrates the synthesis part of a complex-exponential modulated filterbank system according to the present invention.

35 **DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS**

It should be understood that the present invention is applicable on a range of implementations that incorporates digital filterbanks other than those explicitly mentioned in this patent.

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

3

Digital Filterbanks

- A digital filter bank is a collection of two or more parallel digital filters that share a common input or a common output [“Multirate Systems and Filter Banks” P.P. Vaidyanathan Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1993]. When sharing a common input the filter bank is called an analysis bank. The analysis bank splits the incoming signal into M separate signals called subband signals. The analysis filters are denoted $H_k(z)$, where $k = 0 \dots M-1$. The filter bank is critically sampled (or maximally decimated) when the subband signals are decimated by a factor M . The total number of subband samples per unit time is then the same as the number of samples per unit time for the input signal. The synthesis bank combines these subband signals into a common output signal. The synthesis filters are denoted $F_k(z)$, for $k = 0 \dots M-1$. A maximally decimated filter bank with M channels (subbands) is shown in Fig.1. The analysis part 101 produces the signals $V_k(z)$, which constitute the signals to be transmitted, stored or modified, from the input signal $X(z)$. The synthesis part 102 recombines the signals $V_k(z)$ to the output signal $\hat{X}(z)$.
- The recombination of $V_k(z)$ to obtain the approximation $\hat{X}(z)$ of the original signal $X(z)$ is subject to several errors. One of these is aliasing, due to the decimation and interpolation of the subbands. Other errors are phase and amplitude distortion.

Following the notations of Fig.1, the outputs of the analysis filters 103 are

$$V_k(z) = H_k(z)X(z) \quad (1)$$

where $k = 0 \dots M-1$. The decimators 104 give the outputs

$$V_k(z) \rightarrow V_k(z) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X_k(z^{1/M} W^l) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z^{1/M} W^l) X(z^{1/M} W^l) \quad (2)$$

where $W = e^{-j2\pi/M}$. The outputs of the interpolators 105 are given by

$$U_k(z) \rightarrow V_k(z W^l) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z W^l) X(z W^l) \quad (3)$$

- and the sum of the signals obtained from the synthesis filters 106 can be written as

$$\begin{aligned} \hat{X}(z) &= \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) U_k(z) = \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} H_k(z W^l) X(z W^l) = \\ &= \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X(z W^l) \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z W^l) F_k(z) = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} X(z W^l) A_l(z) \end{aligned} \quad (4)$$

where

$$A_l(z) = \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z W^l) F_k(z) \quad (5)$$

(2 2)

特表2004-533155 (P2004-533155A)

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

4

is the gain for the l^{th} alias term $X(zW^l)$. Eq.(4) can be rewritten as

$$\hat{X}(z) = \frac{1}{M} \left\{ X(z) A_0(z) + \sum_{l=1}^{M-1} X(zW^l) A_l(z) \right\} \quad (6)$$

The last sum on the right hand side (RHS) constitutes the sum of all non-wanted alias terms. Canceling all aliasing, that is forcing this sum to zero by means of proper choices of $H_k(z)$ and $F_k(z)$, gives

$$5 \quad \hat{X}(z) = \frac{1}{M} X(z) A_0(z) = \frac{1}{M} X(z) \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) F_k(z) = X(z) T(z) \quad (7)$$

where

$$T(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) F_k(z) \quad (8)$$

is the overall transfer function or distortion function. Choosing the synthesis filter $F_k(z)$ so that

$$F_k(z) = z^{-N} \tilde{H}_k(z) \quad (9)$$

10 where N is the order of the analysis filter, results in the following transfer function:

$$T(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) F_k(z) = \frac{z^{-N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(z) \tilde{H}_k(z) \quad (10)$$

The notation $\tilde{H}(z)$ is the Z-transform of the time-reversed and complex-conjugated sequence $h_k(n)$. Eq.(10) evaluated on the unit circle gives

$$T(e^{j\omega}) = \frac{e^{-j\omega N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} H_k(e^{j\omega}) H_k^*(e^{-j\omega}) = \frac{e^{-j\omega N}}{M} \sum_{k=0}^{M-1} |H_k(e^{j\omega})|^2 \quad (11)$$

15 Eq.(11) shows that $T(z)$ has linear phase, and thus has no phase distortion. Further, if the last sum on the RHS is a constant, there is no amplitude distortion. The overall transfer function is in this case simply a delay with a constant scale factor c , i.e.

$$T(z) = c z^{-N} \quad (12)$$

which substituted into Eq.(7) gives

$$20 \quad \hat{X}(z) = c z^{-N} X(z) \quad (13)$$

The type of filters that satisfy Eq.(13) are said to have the perfect reconstruction (PR) property.

Cosine Modulated Filterbanks

In a cosine modulated filterbank the analysis filters $h_k(n)$ are cosine modulated versions of a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$ as

25

(2 3)

特表2004-533155(P2004-533155A)

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

5

$$h_k(n) = 2p_0(n) \cos\left\{\frac{\pi}{2M}(2k+1)\left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2}\right)\right\} \quad (14)$$

where M is the number of channels, $k = 0 \dots M-1$, N is the prototype filter order and $n = 0 \dots N$. The sum of the real-valued prototype filter coefficients is assumed to be unity as

$$\sum_{n=0}^N p_0^2(n) = 1 \quad (15)$$

5 Following the same notation, the synthesis filters are given by

$$f_k(n) = 2p_0(N-n) \cos\left\{\frac{\pi}{2M}(2k+1)\left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2}\right)\right\} \quad (16)$$

The analysis filter bank produces real-valued subband samples for real-valued input signals. The subband samples are downsampled by a factor M , which makes the system critically sampled. Depending on the choice of the prototype filter, the filterbank may constitute a near perfect reconstruction system, a so called pseudo QMF bank [US5436940], or a perfect reconstruction (PR) system. An example of a PR system is the modulated lapped transform (MLT) ["Lapped Transforms for Efficient Transform/Subband Coding" H.S. Malvar, IEEE Trans ASSP, vol. 38, no. 6, 1990]. One inherent property of the cosine modulation is that every filter has two passbands; one in the positive frequency range and one corresponding passband in the negative frequency range.

15

Eq.(5) can be written in matrix form as

$$\mathbf{a} = \mathbf{H} \mathbf{f} \quad (17)$$

or explicitly as

$$\begin{bmatrix} A_0(z) \\ A_1(z) \\ \vdots \\ A_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_0(z) & H_1(z) & \dots & H_{M-1}(z) \\ H_0(Wz) & H_1(Wz) & \dots & H_{M-1}(Wz) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_0(W^{M-1}z) & H_1(W^{M-1}z) & \dots & H_{M-1}(W^{M-1}z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_0(z) \\ F_1(z) \\ \vdots \\ F_{M-1}(z) \end{bmatrix} \quad (18)$$

20 The matrix $\mathbf{H}$ is called the alias component (AC) matrix. For a closer examination of this equation, $\mathbf{f}$ may be written as

$$\begin{bmatrix} F_0(z) \\ F_1(z) \\ \vdots \\ F_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0(z) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & F_1(z) & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & F_{M-1}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

or in a compact form as

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

6

$$\mathbf{f} = \mathbf{F} \mathbf{e} \quad (20)$$

Substituting Eq (20) in Eq (17), the alias gains can be written as $\mathbf{a} = \mathbf{H} \mathbf{F} \mathbf{e}$, where the product

$$\mathbf{H} \mathbf{F} = \mathbf{U} \quad (21)$$

is a $M \times M$ matrix, hereinafter referred to as the composite alias component matrix.

For a cosine modulated system, the dominant terms in the composite alias component matrix are the first row and four diagonals. The three-dimensional plot of Fig.2 illustrates the magnitudes of the components in this matrix. The first row holds the terms from the transfer function, Eq.(8), while the four diagonals primarily consist of the main alias terms, i.e. the aliasing due to overlap between filters and their closest neighbors. It is easily seen that the main alias terms emerge from overlap in frequency between either the filters negative passbands with frequency modulated versions of the positive passbands, or reciprocally, the filters positive passbands with frequency modulated versions of the negative passbands. Summing the terms of the rows in the composite alias component matrix, i.e. calculating the alias gains, results in cancellation of the main alias terms. The aliasing is canceled in a pairwise manner, where the first main alias term is canceled by the second in the same row. Superimposed on the main alias terms are also other smaller alias terms. If the prototype filter characteristics is so that the transition- and stop-band of the filters have substantial overlap with their modulated versions, these alias terms will be large. As an example, the second and the last row consists of alias terms induced by the overlap of filters with their closest modulated versions. For a PR system, these smaller alias terms also cancels completely when summing the terms for the alias gains. In the pseudo QMF system, however, these terms remain.

Complex-Exponential Modulated Filterbanks

Extending the cosine modulation to complex-exponential modulation according to the present invention yields the analysis filters $h_k(n)$ as

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} - \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (22)$$

using the same notation as before. This can be viewed as adding an imaginary part to the real-valued filterbank, where the imaginary part consists of sine modulated versions of the same prototype filter. Considering a real-valued input signal, the output from the filter bank can be interpreted as a set of subband signals, where the real and the imaginary parts are Hilbert transforms of each other. The resulting subbands are thus the analytic signals of the real-valued output obtained from the cosine modulated filterbank. Hence, due to the complex-valued representation, the subband signals are oversampled by a factor two.

The synthesis filters are extended in the same way as

$$f_k(n) = p_0(N-n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} + \frac{M}{2} \right) \right\} \quad (23)$$

Eq (22) and (23) implies that the output from the synthesis bank is complex-valued. Using matrix notation, where $\mathbf{C}_a$ is a matrix with analysis filters from Eq.(14), and $\mathbf{S}_c$ is a matrix with filters as

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

7

$$h_k(n) = p_0(n) \sin \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N-M}{2} \right) \right\} \quad (24)$$

the filters of Eq (22) is obtained as $C_k + j S_k$. In these matrices, k is the row index and n is the column index. Analogously, the matrix C_k has synthesis filters from Eq.(16), and S_k is a matrix with filters as

$$f_k(n) = p_0(N-n) \sin \left\{ \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N-M}{2} \right) \right\} \quad (25)$$

5 Eq.(23) can thus be written $C_k + j S_k$, where k is the column index and n is the row index. Denoting the input signal x , the output signal y is found from

$$y = (C_k + j S_k) (C_k + j S_k) x = (C_k C_k - S_k S_k) x + j (C_k S_k + S_k C_k) x \quad (26)$$

As seen from Eq.(26), the real part consists of two terms; the output from the ordinary cosine modulated filterbank and an output from a sine modulated filterbank. It is easily verified that if a cosine modulated filterbank has the PR property, then its sine modulated version, with a change of sign, constitutes a PR system as well. Thus, by taking the real part of the output, the complex-exponential modulated system offers the same reconstruction accuracy as the corresponding cosine modulated version.

15 The complex-exponential modulated system can be extended to handle also complex-valued input signals. By extending the number of channels to $2M$, i.e. adding the filters for the negative frequencies, and keeping the imaginary part of the output signal, a pseudo QMF or a PR system for complex-valued signals is obtained.

Examining the composite alias component matrix from Eq.(21), the main alias diagonals vanish for the complex-exponential modulated filterbank. This is easily understood since the complex-exponential modulated filterbank has only one passband for every filter. In other words, the filterbank is free from main alias terms, and do not rely on the pairwise aliasing cancellation mentioned above. The composite alias component matrix has the dominant terms on the first row only. Fig 3 shows the magnitude of the components in the resulting matrix. Depending on the prototype filter characteristics, the terms on rows 1 through $M-1$, are more or less attenuated. The absence of main alias terms makes the aliasing cancellation constraint from the cosine (or sine) modulated filterbank obsolete in the complex-exponential modulated version. Both the analysis and synthesis filters can thus be found from

$$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ j \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\} \quad (27)$$

since $p_0(n) = p_0(N-n)$ for a symmetric prototype filter. As before, M is the number of channels, $k = 0 \dots M-1$, N is the prototype filter order and $n = 0 \dots N$.

Referring to Eq.(4), the Z-transform of the real part of the output signal $\hat{x}(n)$ is

$$Z \{ \text{Re} \{ \hat{x}(n) \} \} = \hat{X}_R(z) = \frac{\hat{X}(z) + \hat{X}^*(z)}{2} \quad (28)$$

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

8

The notation $\hat{X}^*(z)$ is the Z-transform of the complex-conjugated sequence $\hat{x}(n)$. From Eq.(4), it follows that the transform of the real part of the output signal is

$$2M\hat{X}_R(z) = \sum_{l=0}^{M-1} \left\{ X(zW^l)A_l(z) + X(zW^{-l})A_l^*(z) \right\} \quad (29)$$

where it is used that the input signal $x(n)$ is real-valued. Eq.(29) may after manipulation be written

$$\begin{aligned} 2M\hat{X}_R(z) = & X(z) \{ A_0(z) + A_0^*(z) \} + \\ & + X(-z) \{ A_{M/2}(z) + A_{M/2}^*(z) \} + \\ & + \sum_{l=1}^{M/2-1} X(zW^l) \{ A_l(z) + A_{M-l}^*(z) \} + \\ & + \sum_{l=1}^{M/2-1} X(zW^{-l}) \{ A_{M-l}(z) + A_l^*(z) \} \end{aligned} \quad (30)$$

By inspecting Eq.(30), and recalling the transform of Eq.(28), it is obvious that the real part of $a_d(n)$ must be a dirac-pulse for a PR system. Moreover, the real part of $a_{M/2}(n)$ must be zero and the alias gains, for $l = 1 \dots M/2-1$, must satisfy

$$A_{M-l}(z) = -A_l^*(z) \quad (31)$$

In pseudo QMF systems, Eq.(31) holds true only approximately. Moreover, the real part of $a_d(n)$ is not exactly a dirac-pulse, nor is the real part of $a_{M/2}(n)$ exactly zero.

Modification of subband signals

Changing the gains of the channels in a cosine modulated filterbank, i.e. using the analysis/synthesis system as an equalizer, renders severe distortion due to the main alias terms. Say for example that the intention is to adjust an eight-channel filterbank for a band-pass response, where except for the second and third channel all subband signals are set to zero. The composite alias component matrix from Eq.(21) is then an 8×8 matrix where all elements are zero except for the elements on the second and third column, Fig.4. There are seven significant alias terms left as indicated in the figure. The aliasing from rows three and five will be canceled, since the main alias terms in these rows have the same gains, i.e. the pairwise cancellation is working intentionally. In rows two, four and six however, there are single alias terms, since their corresponding alias terms have zero gain. The alias cancellation will hence not work as intended, and the aliasing in the output signal will be substantial.

From this example it is obvious that a substantial improvement is achieved when using complex-exponential modulated filterbanks as equalizers. The 8-channel system depicted in Fig.4 has a prototype filter of order 128. The total aliasing attenuation is only 16 dB in the above equalizer example. Moving to complex-exponential modulation gives an aliasing attenuation of 95 dB. Due to the non-existing main

(2 7)

特表2004-533155(P2004-533155A)

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

9

alias terms, the resulting aliasing is dependent only on the suppression of the alias terms emanating from overlap between filters and their modulated versions. It is thus of great importance to design the prototype filter for maximum suppression of the alias gain terms. The first term on the RHS of Eq.(30) evaluated on the unit circle gives the error energy e_1 of the transfer function as

$$e_1 = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left| \frac{A_0(e^{j\omega}) + A_0^*(e^{-j\omega})}{2M} - 1 \right|^2 d\omega \quad (32)$$

The energy of the total aliasing e_a can be calculated by evaluating all remaining terms on the RHS of Eq.(30) on the unit circle as

$$e_2 = \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega + \\ + \frac{1}{8\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega + \\ + \left| A_{M-l}(e^{j\omega}) + A_l^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega \quad (33)$$

Due to symmetry, Eq.(9) and the fact

$$P_0(z) = z^{-N} \tilde{P}_0(z) \quad (34)$$

the terms within the curly braces of the sum in Eq.(33) are equal. The total aliasing energy thus has $M/2-1$ terms as

$$e_a = \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega + \\ + \frac{1}{4\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega \quad (35)$$

The minimization of the alias gain terms is done by optimizing the prototype filter. This is preferably accomplished by minimizing a composite objective function, using standard nonlinear optimization algorithms, for example the Downhill Simplex Method ["Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing, Second Edition" W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, Cambridge University Press, NY, 1992]. For alias term minimization (ATM) of the prototype filter according to the invention, the objective function looks like

$$e_{tot}(\alpha) = \alpha e_1 + (1-\alpha) e_a \quad (36)$$

During the optimization, a random equalization curve is applied to the filterbank when calculating e_a , i.e. the analysis and synthesis filters are multiplied with gain factors g_k as

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

10

$$H_k^{(eq)}(z)=g_k H_k(z) \quad \text{and} \quad F_k^{(eq)}(z)=g_k F_k(z) \quad (37)$$

and the resulting filters $H_k^{(eq)}$ and $F_k^{(eq)}$, $k=0 \dots M-1$, are used when calculating the alias gain terms $A_k(z)$ for $k=1 \dots M-1$.

5
10
15
in Fig.5, the alias gains of five different complex-exponential modulated systems are compared. Four of these are 8-channel systems and one is a 64-channel system. All of the systems have prototype filter lengths of 128. The dotted trace and the solid trace with stars shows alias components for two pseudo QMF systems, where one is alias term minimized. The dashed and the dash-dotted traces are the components for two 8-channel perfect reconstruction systems, where again one of the systems is alias term minimized. The solid trace is the alias components for a complex-exponential modulated lapped transform (MLT). All the systems are adjusted for band-pass responses according to the example above, and the results are tabulated in Table 1. The rejection of total aliasing is calculated as the inverse of Eq.(33). The passband flatness is calculated as the inverse of Eq.(32) with the integration interval adjusted for the bandpass response.

Table 1

System	Rejection of total aliasing	Passband flatness
8-ch Pseudo QMF ATM N=128	114,7 dB	98,1 dB
8-ch Pseudo QMF N=128	95,4 dB	87,6 dB
8-ch PR ATM N=127	77,3 dB	132,7 dB
8-ch PR N=127	55,9 dB	93,6 dB
64-ch MLT N=127	38,5 dB	87,1 dB

As seen from the numbers in Table 1, a substantial improvement is achieved when moving from the 64-channel MLT to the 8-channel PR systems. The MLT is a perfect reconstruction system and has only $(N+1)/2M=1$ coefficient per polyphase component. The number of coefficients for the 8-channel PR systems are $128/16=8$. This enables filters with higher stopband attenuation and higher rejection of alias terms. Moreover, it is seen that alias term minimization of the PR system rejects the aliasing and improves the passband flatness significantly. Comparing the pseudo QMF systems and the PR systems, it is clear that the aliasing rejection improves by 46 dB while almost preserving the passband flatness. An additional alias rejection of approximately 20 dB and improved passband flatness of 10 dB is achieved when minimizing the alias terms. Thus, it is clear that the perfect reconstruction constraint imposes limitations to a filterbank used in an equalization system. A pseudo QMF system can always be designed for adequate reconstruction accuracy, since all practical digital implementations have limited resolution in the numeric representation. For both the pseudo QMF and the PR system, it is obvious that an optimum system is built on a prototype filter that has large rejection of the stopband. This imposes the usage of prototype filters with relative lengths longer than the windows used in the MLT.

A great advantage of the complex-exponential modulated system is that the instantaneous energy is easily calculated since the subband signals constitute the analytic signals of the real-valued subband signals

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

11

obtained from a cosine modulated filterbank. This is a property of great value in for example adaptive filters, automatic gain controls (AGC), in multiband compressors, and in spectral band replication systems (SBR), where a filterbank is used for the spectral envelope adjustment. The averaged energy within a subband k might be calculated as

5
$$E_k(m) = \sum_{n=-L+1}^{L-1} |y_k(nL+n)|^2 w(n) \quad (38)$$

where $y_k(n)$ is the subband samples of channel k , and $w(n)$ is a window of length $2L-1$ centered around $n=0$. This measure is then used as an input parameter for the adaptation or gain-calculation algorithms.

Practical implementations

10 Using a standard PC or DSP, real-time operation of a complex-exponential modulated filterbank is possible. The filterbank may also be hard-coded on a custom chip. Fig.6 shows the structure for an effective implementation of the analysis part of a complex-exponential modulated filterbank system. The analogue input signal is first fed to an A/D converter 601. The digital time domain signal is fed to a shift register holding $2M$ samples shifting M samples at a time 602. The signals from the shift register are then
15 filtered through the polyphase coefficients of the prototype filter 603. The filtered signals are subsequently combined 604 and in parallel transformed with a DCT-IV 605 and a DST-IV 606 transform. The outputs from the cosine and sine transforms constitute the real and the imaginary parts of the subband samples respectively. The gains of the subband samples are modified according to the current spectral envelope adjuster setting 607.

20 An effective implementation of the synthesis part of a complex-exponential modulated systems is shown in Fig.7. The subband samples are first multiplied with complex-valued twiddlefactors 701, and the real part is modulated with a DCT-IV 702 and the imaginary part with a DST-IV 703 transform. The outputs from the transforms are combined 704 and fed through the polyphase components of the prototype filter 705. The time domain output signal is obtained from the shift register 706. Finally, the digital output
25 signal is converted back to an analogue waveform 707.

The above-described embodiments are merely illustrative for the principles of the complex-exponential modulated filterbank systems according to the present invention. It is understood that modifications and
30 variations of the arrangements and the details described herein will be apparent to others skilled in the art. It is the intent, therefore, to be limited only by the scope of the impending patent claims and not by the specific details presented by way of description and explanation of the embodiments herein.

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

12

CLAIMS

1. A method for estimation of energy measures of coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, **characterized by:**

- optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
- 5 - building an M -channel analysis filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has filter coefficients as

$$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$

and $n = 0, 1, \dots, N$, and $k = 0, 1, \dots, M-1$;

- 10 - filtering a real-valued time domain signal through said filterbank; and calculating the squared absolute values of the complex-valued subband signals obtained from said filtering.

2. A method according to claim 1, **characterized in that** said analysis filterbank is used to estimate average energy measures as

$$E_k(n) = \sum_{m=-L+1}^{L-1} |v_k(mL+n)|^2 v(n)$$

where $v_k(n)$ is said complex-valued subband signal of channel k , and $v(n)$ is a window of length $2L-1$ centered around $n = 0$.

20 3. A method for reduction of aliasing emerging from modifications of the coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, **characterized by:**

- optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
- building an M -channel filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has analysis and synthesis filter coefficients as

$$\hat{h}_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$

and $n = 0 \dots N$, and $k = 0 \dots M-1$;

- filtering a real-valued time domain signal through the analysis part of said filterbank;
- modifying the complex-valued subband signals obtained from said filtering;
- 30 - filtering said modified complex-valued subband signals through the synthesis part of said filterbank; and taking the real part of the complex-valued time domain output signal, where said output signal is the sum of the signals obtained from said synthesis filtering.

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

13

4. A method according to claims 1 - 3, characterized in that said low-pass prototype filter has a filter order N that is higher than $2M-1$, where M is the number of channels in said digital filterbank.

5. A method according to claims 1 - 4, characterized in that said optimization of said low-pass prototype filter is accomplished by minimizing a composite objective function $\varepsilon_{tot}(\alpha)$ as

$$\varepsilon_{tot}(\alpha) = \alpha \varepsilon_t + (1 - \alpha) \varepsilon_a$$

where α is a weighing constant, ε_t is the passband error and ε_a is the aliasing error.

6. A method according to claim 5, characterized in that said passband error ε_t is calculated as

$$\varepsilon_t = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left| \frac{A_0(e^{j\omega}) + A_0^*(e^{-j\omega})}{2M} - 1 \right|^2 d\omega,$$

and said aliasing error ε_a is calculated as

$$\varepsilon_a = \frac{1}{8\pi M^2} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_{M/2}(e^{j\omega}) + A_{M/2}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega + \frac{1}{4\pi M^2} \sum_{l=1}^{M/2-1} \int_{-\pi}^{\pi} \left| A_l(e^{j\omega}) + A_{M-l}^*(e^{-j\omega}) \right|^2 d\omega,$$

where $A_l(e^{j\omega})$, $l = 0 \dots M/2$, are the alias gain terms evaluated on the unit circle.

7. A method according to claim 6, characterized in that said alias gain terms are calculated using gain adjusted versions of said analysis and synthesis filters according to

$$h_k^{(eq)}(n) = g_k h_k(n) \quad \text{and} \quad f_k^{(eq)}(n) = g_k f_k(n),$$

where g_k represents randomized or deterministic real-valued gainfactors, $n = 0 \dots N$, and $k = 0 \dots M-1$.

8. A method according to claims 5 - 7, characterized in that said low-pass prototype filter has a filter order of at least a number N , where N is chosen so that said composite objective function is smaller than a predefined value.

9. A method according to claims 1 - 2, characterized in that said analysis filterbank is used for the estimation of energy measures in a high frequency reconstruction system.

10. A method according to claims 3 - 8, characterized in that said complex-exponential modulated filterbank is used as the envelope adjusting filterbank in a high frequency reconstruction system.

(3 2)

特表2004-533155 (P2004-533155A)

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

14

11. A method according to claims 3 - 8, characterized in that said complex-exponential modulated filterbank is used as the filters in a digital equalizing system.
12. A method according to claims 3 - 8, characterized in that said complex-exponential modulated filterbank is used in an adaptive filtering system.
13. A method according to claims 3 - 8, characterized in that said complex-exponential modulated filterbank is used in a multiband compander system.
14. An apparatus for estimation of energy measures of coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, characterized by:
- means for optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
 - means for building an M -channel analysis filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter, where said filterbank has filter coefficients as
- $$h_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$
- and $n = 0, 1, \dots, N$, and $k = 0, 1, \dots, M-1$;
- means for filtering a real-valued time domain signal through said filterbank; and
 - means for calculation of the squared absolute values of the complex-valued subband signals obtained from said filtering.
15. An apparatus for reduction of aliasing emerging from modifications of the coefficients or subband signals obtained from a digital filterbank, characterized by:
- means for optimizing a symmetric low-pass prototype filter $p_0(n)$, having filter order N , not constrained to have the perfect reconstruction property;
 - means for building an M -channel filterbank by complex-exponential modulation of said prototype filter; where said filterbank has analysis and synthesis filter coefficients as
- $$h_k(n) = f_k(n) = p_0(n) \exp \left\{ i \frac{\pi}{2M} (2k+1) \left(n - \frac{N}{2} \right) \right\},$$
- and $n = 0, 1, \dots, N$, and $k = 0, 1, \dots, M-1$;
- means for filtering a real-valued time domain signal through the analysis part of said filterbank;
 - means for modifying the complex-valued subband signals obtained from said filtering;
 - means for filtering said modified complex-valued subband signals through the synthesis part of said filterbank; and
 - means for taking the real part of the complex-valued time domain output signal, where said output signal is the sum of the signals obtained from said synthesis filtering.

(3 3)

特表2004-533155(P2004-533155A)

WO 02/080362

1/5

PCT/SE02/00626

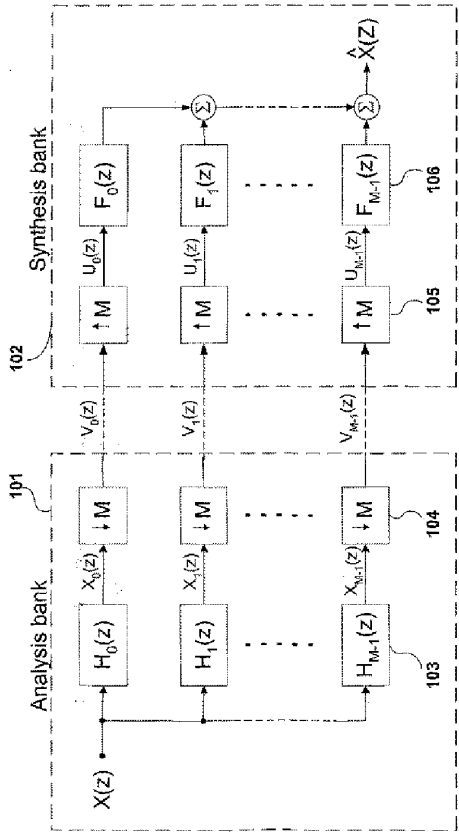


Fig. 1

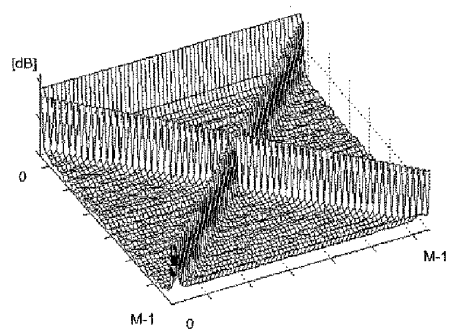
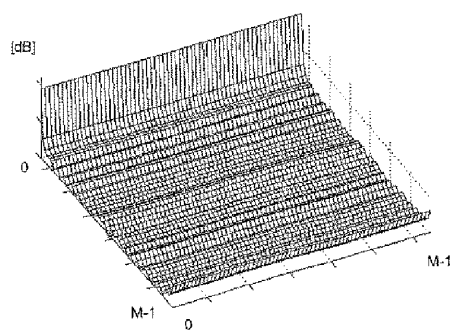
(3 4)

特表2004-533155(P2004-533155A)

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

2/5

*Fig. 2**Fig. 3*

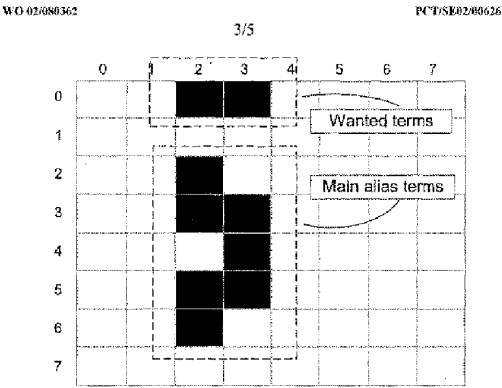


Fig. 4

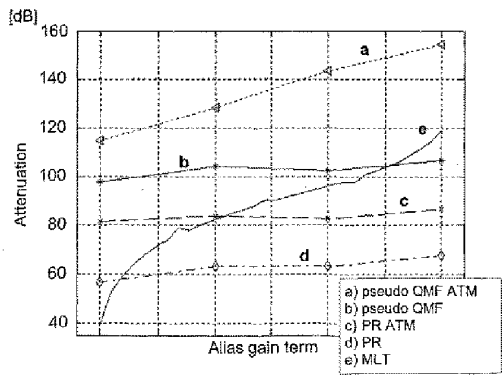


Fig. 5

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

4/5

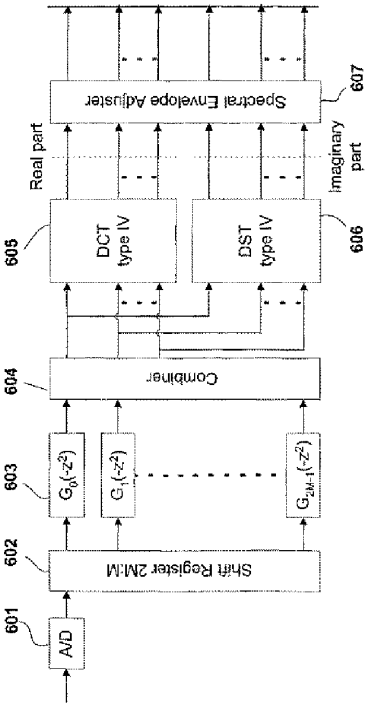


Fig. 6

WO 02/080362

PCT/SE02/00626

5/5

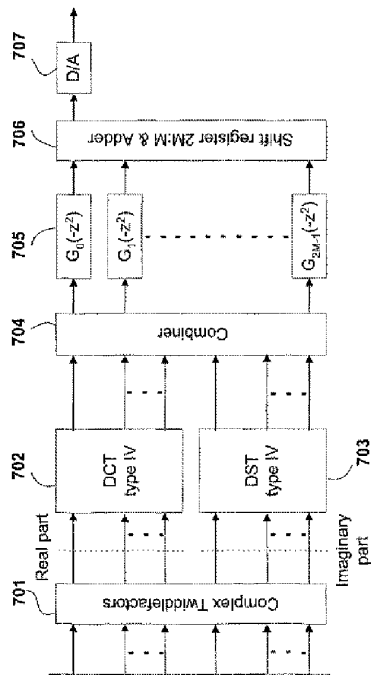


Fig. 7

(3 8)

特表2004-533155(P2004-533155A)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/SE 02/00626
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC7: H03H 17/00 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC7: H03H		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE,DK,FI,NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-INTERNAL, WPI DATA, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5732189 A (JOHNSTON ET AL), 24 March 1998 (24.03.98), column 5, line 11 - column 9, line 63 ---	1-15
A	US 5285498 A (JOHNSTON), 8 February 1994 (08.02.94), column 3, line 1 - column 4, line 9 ---	1-15
A	WO 0141320 A1 (SOLANA TECHNOLOGY DEVELOPMENT CORPORATION), 7 June 2001 (07.06.01). See the whole document ---	1-15
A	US 5568142 A (VELAZQUEZ ET AL), 22 October 1996 (22.10.96). See the whole document -----	1-15
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See parent family entries.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent, but published on or after the international filing date "L" document which may have been drawn on priority claims or which is cited to establish the contribution date of another citation or other specific reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" late document published after the international filing date or priority date and not in conformity with the applicant's best disclosure, the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance the claimed invention entered its commercial period or cannot be considered to develop an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, each contribution being relevant to a particular aspect of the art "Z" document of particular relevance the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, each contribution being relevant to a particular aspect of the art		
Date of the actual completion of the international search:		Date of mailing of the international search report
11 July 2002		19-07-2002
Name and mailing address of the ISA Swedish Patent Office Box 9055, S-102 42 STOCKHOLM Telephone No. +46 8 666 02 10		Authorized officer Stefan Hultquist/SN Telephone No. +46 8 762 35 00

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1995)

(3 9)

特表2004-533155 (P2004-533155A)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information on patent family members				International application No. PCT/SE 02/00526	
Patent document cited in search report		Publication date	Patent family members		Publication date
US	5732189 A	24/03/98	NONE		
US	5285498 A	06/02/94	CA	2090159 A	03/09/93
			DE	69326432 D, T	04/05/00
			EP	0559383 A, B	08/09/93
			JP	3258424 B	18/02/02
			JP	6075590 A	18/03/94
			KR	9707661 B	15/05/97
			US	5481614 A	02/01/96
WO	0141320 A1	07/06/01	AU	1837200 A	12/06/01
US	5568142 A	22/10/96	CA	2203156 A	02/05/96
			EP	0787385 A	06/08/97
			JP	10507891 T	28/07/98
			WO	9613097 A	02/05/96

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1993)

(4 0)

特表2004-533155(P2004-533155A)

(81)指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **05-172865**

(43)Date of publication of application : **13.07.1993**

(51)Int.Cl. **G01R 23/16**
G01H 3/04

(21)Application number : **04-121314** (71)Applicant : **HEWLETT PACKARD CO <HP>**

(22)Date of filing : **15.04.1992** (72)Inventor : **WAITE JR JAMES W**

(30)Priority

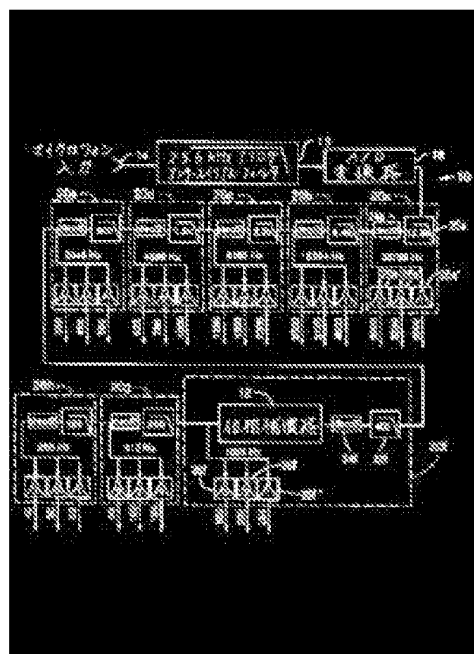
Priority number : **91 685370** Priority date : **15.04.1991** Priority country : **US**

(54) TIME REGION SPECTRUM ANALYZING METHOD, METHOD FOR DETERMINING INTENSITY OF SOUND AND REAL TIME OCTAVE ANALYSER

(57)Abstract:

PURPOSE: To simply compensate the phase error between the measuring channels of a signal analyser having a plurality of measuring channels.

CONSTITUTION: The signal inputted from a microphone 14 is digitalized by an A/D converter 18 through an anti-alias filter 16 to be analyzed by a series of analyzing stages 20a-20h. A phase compensating device 12 for compensating the phase error between this channel and other channel is inserted in at least one analyzing stage and the phase error for this phase compensating device 12 is approximated by a digital filter properly selecting pole/zero to be used in compensation.



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-172865

(43)公開日 平成5年(1993)7月13日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 23/16	B	8803-2G		
G 0 1 H 3/04		8117-2G		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-121314

(22)出願日 平成4年(1992)4月15日

(31)優先権主張番号 6 8 5 3 7 0

(32)優先日 1991年4月15日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 590000400

ヒューレット・パカード・カンパニー
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72)発明者 ジェイムズ・ダブリュウ・ウェイト, ジュニア

アメリカ合衆国ワシントン州エバレット,
グランド・アベニュー 1012

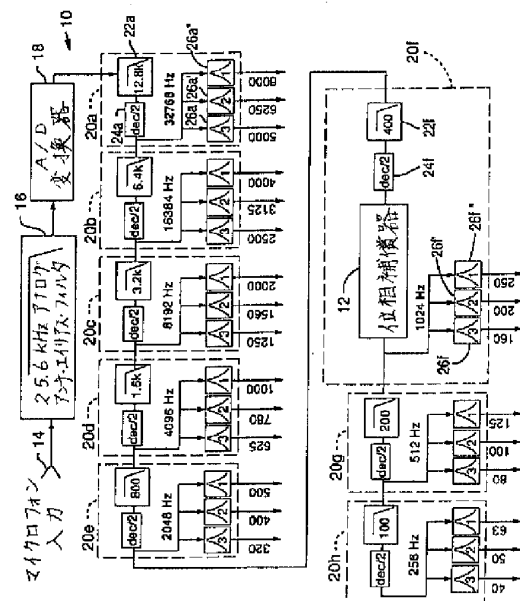
(74)代理人 弁理士 長谷川 次男

(54)【発明の名称】 時間領域スペクトル解析方法、音の強さを決定するための方法及び実時間オクターブ解析装置

(57)【要約】

【目的】複数測定チャンネルを有する信号解析装置の測定チャンネル間の位相エラーを簡便に補償する。

【構成】マイクロフォン14から入力した信号はアンチ・エイリアス・フィルタ16を経てA/D変換器18でデジタル化された後一連の解析段20a~20hにおいて解析される。このチャンネルの他のチャンネルとの位相エラーを補償するための位相補償器12を少なくとも1つの解析段に挿入した。この位相補償器のための位相エラーは極/ゼロを適切に選んだデジタル・フィルタによって近似され、補償に用いられる。



(2)

特開平 5-172865

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】後記（イ）乃至（ハ）のステップを含む時間領域スペクトル解析方法。

（イ）補償すべき伝達特性を決定するステップ、（ロ）前記伝達特性を近似する極／零伝達関数を合成するステップ、及び（ハ）前記極／零伝達関数に従って適応デジタル・フィルタをプログラムスルステップ。

【請求項2】（イ）第一、第二のマイクロフォンからの信号に関する位相エラー関数を決定するステップと、

（ロ）前記第一のマイクロフォンの出力信号のスペクトル成分を決定するために前記第一のマイクロフォンの出力信号を第一の帯域フィルタ列を通して処理するステップと、（ハ）前記第二のマイクロフォンの出力信号のスペクトル成分を決定するために前記第二のマイクロフォンの出力信号を第二の帯域フィルタ列を通して処理するステップと、（ニ）音の強さを決定するために前記第一、第二の帯域フィルタ列の出力信号を解析するステップとからなり、前記処理するステップの少なくとも一方が前記決定された位相エラー関数に応じた補正を行うための時間領域フィルタリングを含む音の強さを決定するための方法。

【請求項3】少なくとも二つの測定チャンネルを有し、各測定チャンネルが後記（イ）乃至（ト）から成る実時間オクターブ解析装置。

（イ）入力信号源、（ロ）前記入力信号源に結合した入力端を有するアンチ・エイリアス・フィルタ、（ハ）前記アンチ・エイリアス・フィルタの出力端に結合した入力端を有するアナログ・デジタル変換器。（ニ）それぞれ＊

$$I_r(\omega) = -I_m(G_{AB}) / \rho \omega \Delta r \quad (1)$$

【0005】時間領域における相当する式は、次の通り※30※である。

$$I_r = -(p_a + p_b) \int_t (p_a - p_b) dt / (2 \rho \Delta r) \quad (2)$$

ここで：

ρ は、音響媒体の密度、

ω は、ラジアンで表示の周波数、

Δr は、マイクロフォンの有効離隔距離、

P_a は、マイクロフォン a における音圧、

P_b は、マイクロフォン b における音圧、

I_r は、a から b の方向における音の強さ、

$\int_t (x) dt$ は x の時間積分、

$I_m(G_{AB})$ は、 P_a と P_b の間におけるクロス・スペクトルの虚部を表している。

【0006】上記の詳細な計算を行うのに必要な測定は、2つの異なるタイプの計器、すなわち、高速フーリエ変換（FFT）スペクトル解析器及び実時間オクターブ解析器を利用して実施することが出来る。各計器とも、それぞれ、長所と欠点を備えている。ヒューレット・パッカード社製の H P 35660A 及び 35665A のような FFT 解析器は、デジタル方式でアナログ入力信号のサンプリングを行い、サンプリングしたデータの高周フーリエ変換を実施して、そのスペクトル成分を求

＊ れの入力端、出力端及び少なくとも一つの帯域フィルタを有する複数の逐次解析段、（ホ）前記逐次解析段の第一の解析手段の入力端を前記アナログ・デジタル変換器の出力端に結合する手段、（ヘ）前記逐次解析段の各解析手段の入力端を前段の各解析手段の出力端に結合する手段、（ト）前記測定チャンネルの一方に前記入力信号源に付随する位相エラーを補償するための時間領域デジタル・フィルタを挿入するための手段。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】本発明は、マイクロフォンなどの、1対の測定用変換器の特性を正確に整合させるための方法及び装置に関するものである。

【0002】

【0003】通常、音の強さは、精確に整合がとれ、近接して配置された1対のマイクロフォン（一般に音の強さの「プローブ」として知られる）を利用して、測定される。1988年1月の、Journal of Vibration, Stress, and Reliability in Design 第110巻、97頁～103頁におけるPope, J. による“Two-Microphone Sound Intensity Probe”にさらに詳細に説明されているように、音の強さは、下記の公式に従って、2つのマイクロフォンにより、周波数領域で検出されるクロス・スペクトルに関連したものである。

【0004】

める働きをする。フーリエ解析の結果は、一連のスペクトル係数であり、それぞれが、複数の周波数「ビン」のそれぞれに対応している。FFT解析器技法の欠点は、フーリエ解析によるスペクトル成分の分解で得られる周波数ビン、周波数の間隔が均等ということにある。例えば、0～10KHzの間のスペクトルに関する400ビンの解析によって、それぞれ、25Hzに相当するビンが得られる。こうした分解能は、高周波には十分以上であるが、低周波には、不十分である。一般に、低周波で十分な分解能を得るには、より狭い周波数範囲（0～1KHz）に対する第2のFFT測定が必要になる。次に、2つの測定結果を組み合わせ、最終結果が得られる。しかし、この手順では、単一の計器が同時に両方の測定を実施できないので、問題がある。それどころか、組み合わせた測定値は、2つの異なる時点に行った2つの異なる測定値を反映したものになる。この非実時間操作は、受け入れることができない場合がよくある。

【0007】対照的に、実時間オクターブ解析器は、一連の帯域フィルタ（しばしば、サンプル値データ・シス

(3)

特開平5-172865

3

4

テムが用いられる)を利用して、スペクトル成分を求める。これらのフィルタは、対数的に間隔をあけた周波数(しばしば、 $1/3$ オクターブのステップ)を中心におき、これによって、周波数が低くなるにつれて、分解能もますます精密の度を増してゆくことになる。(人間の耳は、対数式に音を知覚するので、オクターブをベースにした解析が一般的な測定モードになっている。)Br u e l & K j a e r 2 1 3 3 及び H P 3 5 6 6 5 A を含む、いくつかの実時間オクターブ解析器が知られている。(FFT 解説器として上述の H P 3 5 6 6 5 A は、FFT 及び実時間オクターブ解析能力を組み合わせ、単一の計器としたものである。)前記 B & K 2 1 3 3 の場合、音の強さは、帯域フィルタの出力を組み合わせ、上述の式(2)に記載の操作に対するサンプル値データのもう一方を実施することによって計算される。

【0008】FFT 及び実時間オクターブ解析測定のいずれかのセット・アップに必要なクロス・チャンネル・データが有効であるためには、プローブ・マイクロフォンの特性を精確に整合させなければならない。振幅の整合は、比較的容易にとれる。(さらに、音の強さの計算は、振幅の不整合にそれほど影響されない。上記 P o p e の文献と対照されたい。)しかし、位相の整合は、困難である。

【0009】2つの主たるメカニズムが、他の点では同じマイクロフォンの間において位相の不整合を生じさせることになる。第1のメカニズムは、ダイヤフラムの減衰における変動性に関するものである。この現象は、とりわけ、上述の数百Hzの周波数において顕著である。製造公差のため、他の点では同一のマイクロフォンが、1キロヘルツで測定すると、位相応答に数度の差を示すのが一般的である。マイクロフォンの位相の不整合を生じさせる第2のメカニズムは、音響低域フィルタを有効に形成する、マイクロフォンのダイヤフラム後方のキャビティとこのキャビティから大気中への通風穴との間における相互作用である。マイクロフォン間における静圧等化の差によって、他の点では整合のとれているマイクロフォン間において、20ヘルツで3度までの位相差異を生じる可能性がある。(一般に、20ヘルツは、音の強さの測定にとって低周波数の限界である。)

【0010】1対のマイクロフォンが、音の強さの測定にうまく利用されるためには、それらの位相特性が、一般に、問題となる測定スパン全体にわたって0.3度未満に納まるように整合しなければならない。(この0.3度という数字は、用途に極めて依存するものである。1度までの差異が、許容できる場合も有り得る。また、0.1度未満の差異が必要とされる場合も有り得る。上述のように、現在の製造プロセスで確実にマイクロフォンを整合させることのできるのは、この近似しきい値要件より1桁上の、約3度以内でしかない。従って、マイクロフォンの整合は、退屈な手動選択プロセスによって

行わなければならないのが普通である。

【0011】一般に、低周波における位相エラーは、音の強さを測定する上で最もクリティカルである。上述のように、音の強さは、ベクトル測定値である。測定される音の方向は、同じ音が2つのマイクロフォンに到達する位相遅延によって決まる。低周波の場合、音の波長が数メートルの長さになり、マイクロフォンは1センチメートルないし2センチメートルしか間隔をあけて配置できないので、オフ軸の音のベクトルに関連した $\cos \phi$ 位相遅延は、極めてわずかであり、わずかな位相エラーによってさえもマスクされてしまうことになる(ここで、 ϕ は、強さのベクトルとマイクロフォンの中心線との角度である)。低周波位相エラーの問題を解決できれば、手動で高周波応答を整合することで、マイクロフォンを選択する残りの仕事は、かなり簡単になる。実時間オクターブ解析器の場合、マイクロフォン自体を精密に整合させなければならないが、FFT 解析器の場合、解析器内部の補正率を利用してマイクロフォンの整合をトルコとができる。すなわち、1対のマイクロフォンの間の位相エラーを周波数領域で測定し、マイクロフォン間のクロス・スペクトルにこのエラー項の複素共役をかけて、補正を実施することができる。(1対のマイクロフォンの間における位相エラーを測定するため、いくつかの異なる方法を用いることができる。典型的なのは、1978年版、Journal of the Acoustical Society of America 第64巻、第6号、1613~1616頁のChung, J. Y. による“Cross-Spectral Method of Measuring Acoustic Intensity Without Error Caused by Instrument Phase Mismatch”、及び、1985年版NOISE-CON 85 Proceedings 423~428頁のSeybert, A. F. による“Measurement of Phase Mismatch Between Two Microphones”に開示のものである。

【0012】実時間オクターブ解析器は、これまで、このタイプの位相補正を受け入れることができなかった。従って、精密に整合のとれたマイクロフォンを作製するという方法論で、広範囲にわたる研究が実施されてきた。この研究の典型的な例が、1985年版、Proceedings of 2nd International Congress on Acoustic Intensity, Senlis 50~57頁のFrederiksen, E. による“Phase Characteristics of Microphones for Intensity Probes”、及び、1986年版、Bruel & Kjaer Technical Review、第4号、11~21頁のFr

(4)

特開平5-172865

5

6

ederiksen, E. 他による“Pressure Microphones for Intensity Measurements with Significantly Improved Phase Properties”である。後者の論文では、機械的補償、すなわち、ダイヤフラム後方に2つのキャビティを追加して、低周波の通気キャビティにおける共振効果を減衰させ、これによって、マイクロフォン間における位相変動性を最小限に抑えるという、低周波の位相不整合に対する解決策が提案されている。また、米国特許第4,887,650号及び第4,777,650号には、位相精度にとって最適なマイクロフォンに関する開示もある。有効ではあるが、こうしたアプローチでは、製造コストが大幅に増大することになる。

【0013】

【発明の目的】従って、本発明の目的は、複数の測定チャンネル間の位相エラーを補償できる簡単で廉価な方法を提供し、さらにそれらを音声等のスペクトル解析に応用して測定精度を向上せしめることにある。

【0014】

【発明の概要】本発明によれば、実時間オクターブ解析器には、極及びゼロが所定の対をなすマイクロフォンに関連した低周波位相エラーを相殺するように選択された、適応時間領域位相補償フィルタが設けられている。従って、複雑な機械的補償案に頼らなくても、不整合なマイクロフォンの位相エラーを精確に等化することができる。望ましい実施例の場合、適応フィルタの伝達関数は、プローブ・マイクロフォンのFFTスペクトル解析によって得られたクロス・スペクトル・データに基づく極／ゼロ曲線適合技法を利用して、求められる。本発明の以上の及びそれ以外の特徴及び利点については、添付の図面に関連した下記の詳細な説明から明らかになる。

【0015】

【発明の実施例】図1を参照すると、本発明による1/3オクターブ解析器10には、2つの測定チャンネルA及びBが含まれている。図示されているのは、チャンネルAだけである。チャンネルBは、後述のフィルタ12が省かれている点を除けば、同じである。チャンネルAには、マイクロフォン14、アナログ・アンチ・エイリアス・フィルタ16、アナログ・デジタル(A/D)変換器18、及び、一連の解析段20が含まれている。各解析段20には、デジタル・アンチ・エイリアス低域フィルタ22、デシメーション段24、及び、3つの1/3オクターブ・デジタル帯域フィルタ26/26'/26"が含まれている。

【0016】マイクロフォン14は、音の強さプローブを構成する2つの内の一方である。このマイクロフォンからの出力は、25.6KHzを超えるスペクトル成分を減衰させるため、アナログ・アンチ・エイリアス・フィルタ16によって低域フィルタリングを施される。こ

の帯域に制限が加えられた信号は、次に、A/D変換器18によって、65,536(216)回/秒のサンプリングが施される。

【0017】A/D変換器18からのサンプル値信号が、第1の解析段20aに加えられ、この解析段で、12.8KHzを超える成分を減衰させるため、フィルタ22aによって、入力サンプル値データに低域フィルタリングが施される。フィルタリングを施された信号は、デシメータ24aによってデシメートされる。(デシメーションは、ナイキストの判定基準の達成にとって必須のものではない周期的データ・サンプルを取り上げないようにする既知のプロセスである。この場合、デシメーションによって、通常は、元の65,536KHzのサンプル・レートで1オクターブの解析を行うのに必要な計算力により、低い方の全てのフル・オクターブ帯域を解析することが可能になる。

【0018】デシメートされた出力信号(この場合、毎秒32,768のサンプルで構成される)が、3つのデジタル帯域フィルタ26a、26a'、及び、26a"(アメリカ標準規格S1.11-1986種類3、タイプ1-Dフィルタ)に加えられ、サンプル値スペクトルが、それぞれ、8000、6250、及び、5000Hzを中心にした1/3オクターブの帯域に分解される。第1のデシメータ24aからの出力は、第2の解析段20bによって用いられるサンプル値データを提供する。このデータは、低域フィルタリングを施され(今回は、6.4KHzで)、デシメートされ(16,384サンプル/秒)、それぞれ、4000、3125、及び、2500Hzを中心にした1/3オクターブのデジタル・フィルタ26b、26b'、及び、26b"に加えられる。たまたま、デシメーションによって、サンプル・レートが半分になったので、また、解析帯域も、2で関連づけられるので(アメリカ標準規格S1.11-1986によれば、デジタル1/3オクターブ・フィルタのベース2システム)、フィルタ26b、26b'、及び、26b"の極とゼロの位置は、フィルタ26a、26a'、及び、26a"と同じになる。この結果、解析段20aに用いられた同じ組をなす3つのフィルタが、解析段20bにおいて複製されるだけのため、帯域フィルタの実現が大幅に容易化される。

【0019】追加解析段20c、20d、及び、20eが、同様に、次々と段階的に設けられる。それぞれ、先行フィルタの1/2の周波数で入力信号に低域フィルタリングを施し、2でデシメートし、デシメートされたデータを次に低い3つの1/3オクターブ帯域に分解する。解析帯域を1/2にすることと結びつくデータのデシメーションによって、同じ組をなす3つのフィルタを各順次解析段で利用することが可能になる。解析段20fには、他の解析段にも、また、他の測定チャンネル(「B」)にも見られないフィルタ12が含まれてい

(5)

特開平5-172865

7

8

る。例示のフィルタ12は、300Hz未満の周波数におけるプロープ・マイクロフォン14に関連した位相エラーを相殺することを目的とした、適応形、単位利得、時間領域、無限インパルス応答(IIR)フィルタである。このフィルタの極及びゼロを決める特定の方法の詳細については、図2～図4に関連して、以下に解説し、示すものとする。

【0020】第1に、2つのプロープ・マイクロフォンの間の位相エラーが、測定される。適合する方法につき*

$$\exp(j\theta_e) = (G_{AB}/G_{AB}^{*})^{1/2} \quad (3)$$

ここで、 $\exp(j\theta_e)$ は、周波数の関数としての位相エラーであり、 G_{AB}^{*} は G_{AB} の複素共役である。同様に、位相エラーは、 G_{AB} と G_{AB}^{*} の乗算を行うことによって相殺され、位相の不整合によるエラーのないクロス・スペクトルの推定値が得られる。この推定値が、次に、式(1)に挿入される。

【0022】図3には、曲線30によって、図2に示す G_{AB} と G_{SAB} のデータに関するこの計算の共役結果が示されている。エラー位相の共役は、補正フィルタ12に関する基準として用いられる。曲線30に対して任意に類似した補正フィルタ伝達関数を合成することが可能である。図3の曲線32は、3つの極と3つのゼロを利用して合成された伝達関数を示している。こうした近似は、ほとんどの用途において十分である。曲線30によって表されるようなデータから時間領域フィルタ伝達関数を合成するのに用いられる方法論は、何年も前から知られており、例えば、その開示が参考までに本書に組み込まれている、米国特許第4,654,808号、第4,654,809号、及び、第4,658,367号に示されている。最良の態様の場合、Chungのマイクロフォンの位相測定が、これらの特許に開示の方法論を利用して、任意の曲線に合成されたS領域伝達関数を当てはめる組み込み能力を備えた、HP3563A FFT解析器によって行われる。曲線当てはめプロセスの出力は、合成された伝達関数の極とゼロを表したデータである。

【0023】場合によっては、上述の特許に記載の、HP3563A解析器によって実現される曲線当てはめ方法論によって、S面の右手側に極が生じ、結果得られるフィルタが実現不能になる。この結果を回避するためには、前もって極の1つを0Hz(DC)に固定するの※

$$H(z) = A \prod_{r=1}^3 (1 - c_r z^{-1}) / \prod_{k=1}^3 (1 - d_k z^{-1}) \\ = \sum_{r=0}^3 b_r z^{-r} / (1 - \sum_{k=0}^3 a_k z^{-k}) \quad (4)$$

$H(z)$ に関する極-ゼロ式は、 c_r をゼロ位置に等しくなるようにセットし、 d_k を極位置にセットすることによって、書くことができる。いったんZ領域になると、伝達関数は、多項式の形に拡張することができる。次に、 z の多項係数を利用して、正準直接形式Iと呼ばれる構成の合成補正フィルタを実現することができる。補正フィルタの非単位利得は、Aの倍数でスケーリ

*ては、Chung他による解説がある。Chungの方法は、基本的に、クロス・スペクトルをいったん測定し(測定スペクトル G_{AB} が得られる)、それから、マイクロフォンを切り替えてもう1度測定する(測定スペクトル G_{SAB} が得られる)、回路スイッチング技法である。このスイッチングによって、実際の強さによる位相応答を分割によって相殺し、下記の式におけるプロープ位相エラー項だけが残るようにすることが可能になる。

【0021】

※が有効であることが分かった。(さらに、曲線当てはめプロセスから均一な利得係数を生じさせるのに、極とゼロの配置を前もって割りつけることができる。マイクロフォンの通気路とキャビティの相互作用によって生じる、音響低域フィルタのカット・オフ周波数に、追加分極位置を選択するための物理的正当性を見いだすことができる。)極の1つがS面の原点に拘束されている、図示実施例の場合、極/ゼロ合成機能によって、下記の極とゼロが生じた(この場合、それぞれが、実S軸に沿って存在する)。

【0024】

極	ゼロ
0	-0.8962
-1.1	-6.0
-135	-132.33

【0025】HP3563Aは、通常、S面において合成される伝達関数を求める。ただし、HP3563A解析器における自動操作としても実現される機能である、双線形変換を利用すれば、Z領域への変換は簡単である。200Hzのプリワープ(pre-warp)周波数を利用することによって、下記の極-ゼロ位置が、Z領域で得られる。

【0026】

極	ゼロ
1.0	.958618
.355575	.364269
.992283	.993708

【0027】(プリワープは、S領域表現とZ領域表現が一致する周波数を表している。)Z領域のフィルタ伝達関数は、下記のように表される。

ングを施される。

【0028】上述のフィルタに関するこうした実施例が、図5に示されており、無限インパルス応答(IIR)トポロジとして認識される。この例の場合、係数は、実数であるが、その必要はない。また、係数は、再プログラミングが可能であって、さまざまなマイクロフォン、または、1組のマイクロフォンの時間に関するト

(6)

特開平 5-172865

9

10

ラック・エラーに適應させることができることが望ましい。図 4 には、時間領域補正フィルタ 12 による補正後のプローブ位相エラー（曲線 34）が示されており、それと補正前の位相エラー（曲線 30）の比較が行われている。明らかに、位相エラーは、大幅に抑えられている。（図 2～図 4 の曲線は、ランダムに選択されたマイクロフォンを非無響環境に利用し、概念測定を立証することによって得られた。描かれたものを大幅に超えるエラー補正は、より制御された条件で得ることができる。）

【0029】図 1 に戻ると、補正フィルタ 12 からの出力が、それぞれ、250、200、及び、160 Hz を中心とした、1/3 オクターブ・フィルタ $26 f / 26 f' / 26 f''$ に加えられる。さらに、上述のような段階的構成が後続し、解析段 20 g 及び 20 h によって、最低域の 2 オクターブに関する出力が得られる（125/100/80 Hz 及び 62.5/50/40 Hz）。音の強さを求めるため、チャンネル A の 1/3 オクターブ・フィルタ $26 / 26' / 26''$ からの出力が、式（2）によって表された従来の方法で、チャンネル B の対応する出力と組み合わせられる。望ましい実施例の場合、Motorola MC56001 のような汎用デジタル信号処理回路を利用して、時間領域補正フィルタ 12 を含む解析段 20 を実現することができる。代替実施例の場合、帯域フィルタだけが、汎用 DSP 回路を用いて実現され、解析段のデシメータ 24 及び低域フィルタ 22 は、カスタム・ゲート・アレイによって実現される。

【0030】出願人による最良の態様の場合、上述のマイクロフォンの較正及び補正ステップは、マルチ・チャンネル FFT/実時間オクターブ解析計器にプログラムされた自動手順に組み込まれる。この手順を実行すると、該計器は、ユーザにマイクロフォンのセット・アップ命令を与え、ピンク・ノイズのソースを加えて、第 1 のクロス・スペクトルを捕捉し、ユーザに命じて、マイクロフォンを切り替えさせ（Chung の手順が用いられるものと仮定する）、第 2 のクロス・スペクトルを捕捉し（再び、FFT モード）、式（3）の操作を行って、位相エラーを求め、特許の曲線の当てはめ手順に従って、補正フィルタの係数を合成し、図 1 の実時間オクターブ解析器アーキテクチャによって補正フィルタを実現し、それから、ユーザに対し、システムの較正及び補正が済み、音の強さの測定準備の整ったことを示す。その後較正されたシステムで得られるデータは、式（2）のサンプル値データの対の片方に従って処理され、実時間の音の強さの測定値が得られることになる。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の実施により、相互に位相エラーを持つ測定チャンネルによる測定での位相エラーの補正が精密におこなえる。望ましい実施例に関連して、本発明の解説及び図解を行ってきたが、

もちろん、こうした原理から逸脱することなく、構成及び細部において、本発明に修正を加えることが可能である。例えば、本発明の例示は、低周波にちょうど最適の時間領域補正フィルタに関連して行ったが、同じ原理によって、任意の広帯域幅にわたって補正が可能であることは明らかである。（全測定帯域の補正に適應するフィルタの場合、4 つ以上の極とゼロがのぞましい。）同様に、本発明の例示は、単一の適応時間領域補正フィルタを用いた装置に関連して行ったが、他の実施例の場合、複数のこうしたフィルタを利用するのが有効な場合もある。複数の直列補正フィルタによって、位相補正曲線のより精密な適合が可能になる場合もある。1 つのフィルタで、高周波の位相エラーを補正し（低周波では、効果がない）、もう 1 つのフィルタで、低周波の位相エラーを補正することも可能である。代替案として、複数フィルタは、連鎖をなす解析段において直列にではなく、各解析段 20 のデシメータ 24 とフィルタ $26 / 26' / 26''$ の間に 1 つずつ挿入して用いることも可能である。さらに、また、複数フィルタは、各測定チャンネルに 1 つ以上配置して利用することも可能であり、この場合、有効に実現されるのは、フィルタ伝達関数間の位相差である。

【0032】本発明の例示は、3 極/ゼロ補正フィルタに関連して行ってきたが、他の状況には、他のフィルタが適合するということになるのは、明らかである。例えば、マイクロフォンがかなり精密に整合されている場合、単一項の補正フィルタで十分かもしれない。同様に、本発明の例示は、Z 領域トポロジを発生する後続の双線形関数を備えた、S 領域曲線フィッタに関連して行ったが、他の実施例では、HP 3563A に見られるような Z 領域曲線フィッタによって、極とゼロを直接決めることもできる。最後に、本発明の例示は、時間領域補正フィルタに関する適応 IIR フィルタ・トポロジに関連して行ったが、他の位相補償フィルタ・トポロジを容易に用いることができるのも明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例の実時間 3 分の 1 オクターブ解析装置の概略ブロック図である。

【図 2】標準状態と切り換えた状態での整合していない一対のマイクロフォンによってサンプルされたピンク・ノイズのクロス・スペクトラムを周波数の関数としてプロットしたグラフである。

【図 3】図 2 から決定されたマイクロフォンの位相エラーのグラフと 3 個の極と 3 個のゼロにより合成した補正カーブのグラフである。

【図 4】図 1 の装置により補正した後のマイクロフォンの位相エラーのグラフである。

【図 5】図 1 の装置に用いる時間領域位相補正フィルタを正準直接形式 I I で実現した場合の該フィルタのブロック図である。

(7)

特開平 5-172865

11

12

【符号の説明】

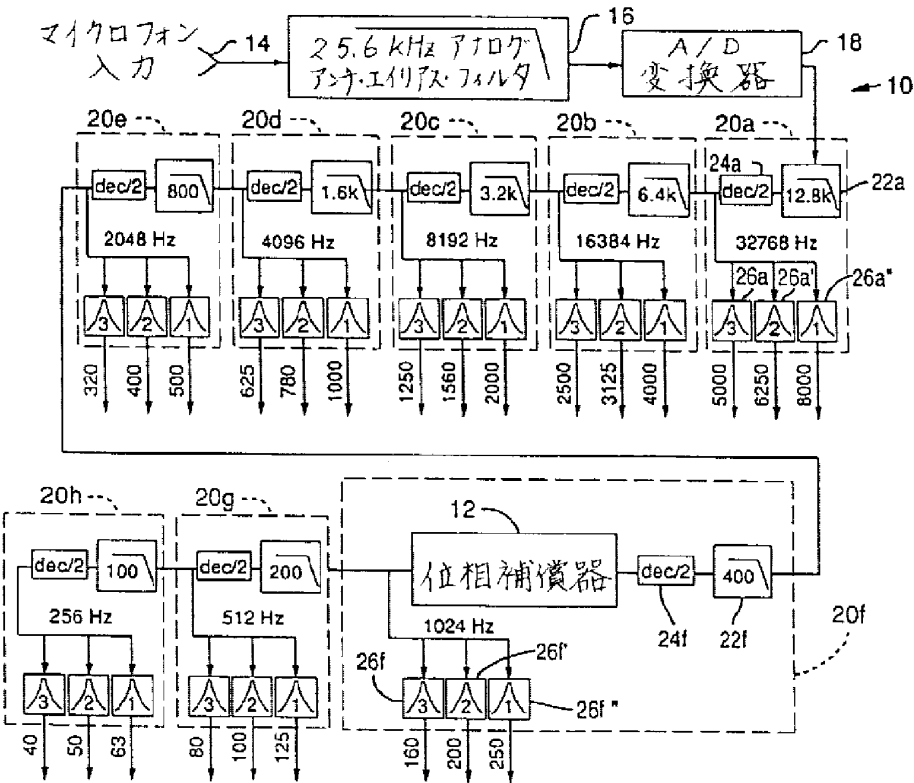
14：マイクロフォン

16：アナログ・アンチ・エイリアス・フィルタ

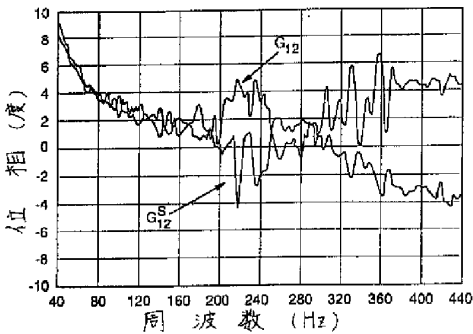
* 18：A/D変換器

20a, 20b, ..., 20h：解析段

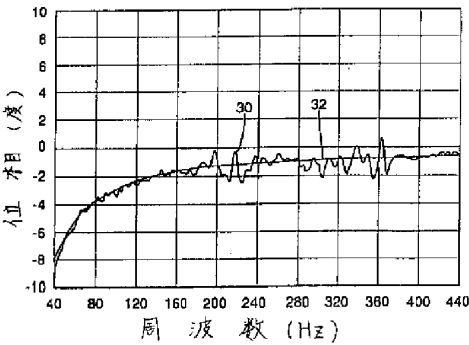
【図1】



【図2】



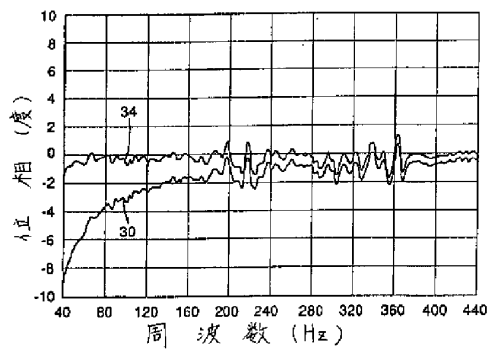
【図3】



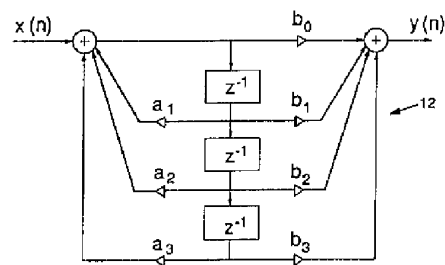
(8)

特開平 5 - 1 7 2 8 6 5

【図 4】



【図 5】



Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	12306752
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	James William Drapinski
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	14-MAR-2012
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	19:52:52
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Transmittal Letter	Audience_3909US_IDS_Transmittal_Letter.pdf	78517 ef104761e89e9feb9d7bc5ec3a81c5865e8235	no	3

Warnings:

Information:

2	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	Audience_3909US_IDS_SB08_1.PDF	616698	no	21
			b0bedc5e5cd6c9c5cc8663470be3210d9b8d98de		
Warnings:					
Information:					
3	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0002_JP5053587A.pdf	631496	no	5
			ef4b9356e3e0a4de3f633049f9c770cbf8c2642		
Warnings:					
Information:					
4	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0015_WO2003069499.pdf	3297041	no	31
			4e895f54b5e331437eb5086ddfadee0592db19b2		
Warnings:					
Information:					
5	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0022_WO2010005493.pdf	4577978	no	40
			7a06ac37e732f77e51d3bfb5f0471a7dac8a74a		
Warnings:					
Information:					
6	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0023_WO2007140003.pdf	2953677	no	28
			0a02b640200c72ba6e62af0b4083933706e52c85		
Warnings:					
Information:					
7	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0029_WO2003043374.pdf	2860538	no	26
			dc41a2cbcf0b554b3acb9bf671422e8213c5efc3		
Warnings:					
Information:					
8	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0030_WO2001074118.pdf	2710354	no	27
			40c6d34431aaa85986b77d3642ba9d8961372ed6		
Warnings:					
Information:					
9	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0031_WO2007081916.pdf	2649522	no	24
			c4f2f81107591c7be77e692234ad322f1b4075de		
Warnings:					
Information:					
10	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0032_JP11249693.pdf	863960	no	11
			dc650f86b1641d1e1ccb9805e04c15ec7e378b42		
Warnings:					
Information:					

11	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0033_JP10313497.pdf	3956921 ba4503a6ed860df11907f820f4a22f4fac3b7e1c	no	34
Warnings:					
Information:					
12	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0034_JP2005195955.pdf	1692925 75bcfc75b573e8467cad18b059e096076bb009d8	no	19
Warnings:					
Information:					
13	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0035_JP2005110127.pdf	331248 f5ce423273227d0f5346c28ae2b38bcb0c48323c	no	10
Warnings:					
Information:					
14	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0036_WO2004010415.pdf	3796264 a039e8df50a92657ea90272c027fb24843a3275	no	49
Warnings:					
Information:					
15	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0037_JP2004053895.pdf	1703060 9f539c1ae00844806a1225d883fcb6d6db54f796	no	18
Warnings:					
Information:					
16	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0038_JP2005518118.pdf	2142737 43e9ba664d8fbaf538874755b6295330ae1b2783	no	20
Warnings:					
Information:					
17	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0039_WO03069499A1.pdf	3295477 4954426eb59582e356cf96d00793b1917ce065fd	no	31
Warnings:					
Information:					
18	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0040_JP2004531767.pdf	2878572 0588cc4a0126bde8450d0326f6155e2e805aedbc	no	52
Warnings:					
Information:					
19	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0041_WO02103676A1.pdf	3637029 31b3f68ea6d1dc67ff5006ba0c43a0e44b042752	no	35
Warnings:					
Information:					

20	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0042_JP2005148274.pdf	3208515 0e2c950deb55b3ef109568c7882b246adfc0351c	no	41
Warnings:					
Information:					
21	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0043_WO02080362A1.pdf	3030915 041574859f69e7a404fe53d21da7c9bb89b88c1a	no	22
Warnings:					
Information:					
22	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0044_JP2004533155.pdf	2735567 363dec174748078df18012be7719e0f2454f633a	no	42
Warnings:					
Information:					
23	Foreign Reference	AUDIEN_FOR0045_JP05172865.pdf	344411 e61c94150d9c5a3845561e1e1aad2b3d5bbaa43c	no	9
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			53993422		
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>					

**IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANT(S): Carlos Avendano et al.

APPLICATION NO.: 11/699,732

FILED: January 29, 2007

TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones
for Speech Enhancement

EXAMINER: Paul Kim

GROUP ART UNIT: 2614

CONFIRMATION NO.: 7721

ATTY.DKT.NO.: PA3909US

MAIL STOP AMENDMENT
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

**INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. § 1.56, and 1.97-1.98**

SIR:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08, listing several references. The Examiner is requested to make these references of official record in the application.

The references cited may be material to examination of the application and are submitted in compliance with the Applicant's duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56. Additionally, the Applicant wishes to make the Examiner aware of, and invite the Examiner to consider, as is appropriate, the following office actions from the following U.S. patent applications:

- Office Actions mailed October 27, 2003, February 10, 2004, December 17, 2004, and April 20, 2005 and Notice of Allowance mailed October 26, 2005, in U.S. patent application number 09/534,682, filed March 24, 2000.
- Office Actions mailed October 6, 2005 and March 28, 2006 in U.S. patent application number 10/177,049, filed June 21, 2002.
- Office Actions mailed May 3, 2005, October 19, 2005, May 17, 2006, November 16, 2006, and June 15, 2007 in U.S. patent application number 09/993,442, filed November 13, 2001.
- Office Action mailed October 8, 2003, and Notice of Allowance mailed February 24, 2004, in U.S. patent application number 10/004,141, filed November 14, 2001.
- Office Actions mailed May 9, 2003, June 26, 2006, and February 23, 2007 and Notice of Allowance mailed June 4, 2003, in U.S. patent application number 10/074,991, filed February 13, 2002.
- Office Action mailed June 13, 2006 in U.S. patent application number 10/840,201, filed May 5, 2004.
- Office Actions mailed December 13, 2006 and June 13, 2007 in U.S. patent application number 10/613,224, filed July 3, 2003.
- Office Actions mailed March 30, 2010, September 13, 2010, and March 30, 2011 in U.S. patent application number 11/343,524, filed January 30, 2006.
- Office Actions mailed August 5, 2008, January 21, 2009, September 3, 2009, May 10, 2011, and October 24, 2011 in U.S. patent application number 11/441,675, filed May 25, 2006.
- Office Actions mailed August 18, 2010 and April 28, 2011 in U.S. patent application number 11/825,563, filed July 6, 2007.
- Office Action mailed July 28, 2011 and Notice of Allowance mailed March 1, 2012 in U.S. patent application number 12/072,931, filed February 29, 2008.
- Office Action mailed September 14, 2011 and Notice of Allowance mailed January 27, 2012 in U.S. patent application number 12/004,897, filed December 21, 2007.
- Office Action mailed September 8, 2011 in U.S. patent application number 12/004,899, filed December 21, 2007.
- Office Actions mailed March 28, 2011, October 26, 2011, and February 15, 2012 in U.S. patent application number 12/228,034, filed August 8, 2008.
- Office Action mailed October 3, 2011 and Notice of Allowance mailed February 23, 2012 in U.S. patent application number 12/004,788, filed December 21, 2007.
- Office Action mailed September 8, 2011 in U.S. patent application number 12/004,896, filed December 21, 2007.
- Office Action mailed December 28, 2011 in U.S. patent application number 12/288,228, filed October 16, 2008.
- Office Action mailed October 17, 2011 in U.S. patent application number 12/077,436, filed March 18, 2008.
- Notice of Allowance mailed March 1, 2012 in U.S. patent application number 12/080,115, filed March 31, 2008

- Office Action mailed November 14, 2011 in U.S. patent application number 12/215,980, filed June 30, 2008.
- Office Actions mailed July 13, 2011 and November 16, 2011 in U.S. patent application number 12/217,076, filed June 30, 2008.
- Office Action mailed September 1, 2011 in U.S. patent application number 12/286,909, filed October 2, 2008.
- Office Action mailed November 15, 2011 in U.S. patent application number 12/286,995, filed October 2, 2008.
- Office Action mailed December 6, 2011 in U.S. patent application number 12/319,107, filed December 31, 2008.
- Office Action mailed December 30, 2011 in U.S. patent application number 12/422,917, filed April 13, 2009.

No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

The Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano et al.

March 14, 2012

By: /James W. Drapinski/
James W. Drapinski, Reg. No. 46,242
Carr & Ferrell LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (01-10)

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1							
If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.							Add	
U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1							
If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.							Add	
FOREIGN PATENT DOCUMENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² j	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐
If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button							Add	
NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS							Remove	
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.						T ⁵

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlose Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

1	BOLL, STEVEN F. "Suppression of Acoustic Noise in Speech using Spectral Subtraction", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. ASSP-27, No. 2, April 1979, pgs. 113-120.	☐
2	BOLL, STEVEN F. "Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction", Dept. of Computer Science, University of Utah Salt Lake City, Utah, April 1979, pp. 18-19.	☐
3	DAHL, MATTIAS et al., "Simultaneous Echo Cancellation and Car Noise Suppression Employing a Microphone Array", 1997 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, April 21-24, pgs. 239-242.	☐
4	"ENT 172." Instructional Module. Prince George's Community College Department of Engineering Technology. Accessed: October 15, 2011. Subsection: "Polar and Rectangular Notation". < http://academic.ppgcc.edu/ent/ent172_instr_mod.html >	☐
5	FULGHUM, D. P. et al., "LPC Voice Digitizer with Background Noise Suppression", 1979 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pgs. 220-223.	☐
6	GRAUPE, DANIEL et al., "Blind Adaptive Filtering of Speech from Noise of Unknown Spectrum Using a Virtual Feedback Configuration", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, March 2000, vol. 8, no. 2, pgs. 146-158.	☐
7	HAYKIN, SIMON et al. "Appendix A.2 Complex Numbers." Signals and Systems. 2nd Ed. 2003. pg. 764	☐
8	HERMANSKY, HYNEK "Should Recognizers Have Ears?", In Proc. ESCA Tutorial and Research Workshop on Robust Speech Recognition for Unknown Communication Channels, pages 1-10, France 1997.	☐
9	HOHMANN, V. "Frequency Analysis and Synthesis Using a Gammatone Filterbank", ACTA Acustica United with Acustica, 2002, Vol. 88, pages 433-442.	☐
10	JEFFRESS, LLOYD A. et al. "A Place Theory of Sound Localization," Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1948, vol. 41, p. 35-39.	☐
11	JEONG, HYUK et al., "Implementation of a New Algorithm Using the STFT with Variable Frequency Resolution for the Time-Frequency Auditory Model", J. Audio Eng. Soc., April 1999, Vol. 47, No. 4., pages 240-251.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlose Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

12	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model", IEEE Transactions on Signal Processing, December 1991, Vol. 39, No. 12, pages 2573-2592.	☐
13	LAZZARO, JOHN et al., "A Silicon Model of Auditory Localization," Neural Computation Spring 1989, vol. 1, pgs. 47-57, Massachusetts Institute of Technology.	☐
14	LIPPMANN, RICHARD P. "Speech Recognition by Machines and Humans", Speech Communication, July 1997, vol. 22, no. 1, pgs. 1-15	☐
15	MARTIN, RAINER "Spectral Subtraction Based on Minimum Statistics", in Proceedings Europe. Signal Processing Conf., 1994, pgs. 1182-1185	☐
16	MITRA, SANJIT K. Digital Signal Processing: a Computer-based Approach. 2nd Ed. 2001. pgs. 131-133	☐
17	WATTS, LLOYD Narrative of Prior Disclosure of Audio Display on Feb. 15, 2000 and May 31, 2000.	☐
18	COSI, PIERO et al. (1996), "Lyon's Auditory Model Inversion: a Tool for Sound Separation and Speech Enhancement," Proceedings of ESCA Workshop on 'The Auditory Basis of Speech Perception,' Keele University, Keele (UK), 15-19 July, 1996, pp. 194-197.	☐
19	RABINER, LAWRENCE R. et al. "Digital Processing of Speech Signals", (Prentice-Hall Series in Signal Processing). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1978.	☐
20	WEISS, RON et al., "Estimating Single-Channel Source Separation Masks: Relevance Vector Machine Classifiers vs. Pitch-Based Masking", Workshop on Statistical and Perceptual Audio Processing, 2006.	☐
21	SCHIMMEL, STEVEN et al., "Coherent Envelope Detection for Modulation Filtering of Speech," 2005 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 1, no. 7, pgs 221-224.	☐
22	SLANEY, MALCOM, "Lyon's Cochlear Model", Advanced Technology Group, Apple Technical Report #13, Apple Computer, Inc., 1988, pp 1-79	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlose Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

23	SLANEY, MALCOM, et al. "Auditory Model Inversion for Sound Separation," 1994 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, April 19-22, vol. 2, pgs 77-80.	☐
24	SLANEY, MALCOM. "An Introduction to Auditory Model Inversion", Interval Technical Report IRC 1994-014, http://coweb.ecn.purdue.edu/~malcom/interval/1994-014/ , September 1994, accessed on July 6, 2010	☐
25	SOLBACH, LUDGER "An Architecture for Robust Partial Tracking and Onset Localization in Single Channel Audio Signal Mixes", Technical University Hamburg-Harburg, 1998.	☐
26	STAHL, V. et al., "Quantile Based Noise Estimation for Spectral Subtraction and Wiener Filtering," 2000 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, June 5-9, vol.3, pgs. 1875-1878	☐
27	Syntrillium Software Corporation, "Cool Edit User's Manual", 1996, pp. 1-74.	☐
28	TCHORZ, JURGEN et al., "SNR Estimation Based on Amplitude Modulation Analysis with Applications to Noise Suppression", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Vol. 11, No. 3, May 2003, pgs. 184-192.	☐
29	WATTS, LLOYD, "Robust Hearing Systems for Intelligent Machines," Applied Neurosystems Corporation, 2001, pp. 1-5.	☐
30	YOO, HEEJONG et al., "Continuous-Time Audio Noise Suppression and Real-Time Implementation", 2002 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, May 13-17, pgs. IV3980-IV3983.	☐
31	International Search Report dated June 8, 2001 in Application No. PCT/US01/08372	☐
32	International Search Report dated April 3, 2003 in Application No. PCT/US02/36946	☐
33	International Search Report dated May 29, 2003 in Application No. PCT/US03/04124	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlose Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

	34	International Search Report and Written Opinion dated October 19, 2007 in Application No. PCT/US07/00463	☐
	35	International Search Report and Written Opinion dated April 9, 2008 in Application No. PCT/US07/21654	☐
	36	International Search Report and Written Opinion dated September 16, 2008 in Application No. PCT/US07/12628	☐
	37	International Search Report and Written Opinion dated October 1, 2008 in Application No. PCT/US08/08249	☐
	38	International Search Report and Written Opinion dated May 11, 2009 in Application No. PCT/US09/01667	☐
	39	International Search Report and Written Opinion dated August 27, 2009 in Application No. PCT/US09/03813	☐
	40	International Search Report and Written Opinion dated May 20, 2010 in Application No. PCT/US09/06754	☐
	41	FAST COCHLEA TRANSFORM, US Trademark Reg. No. 2,875,755 (August 17, 2004).	☐
	42	DAHL, MATTIAS et al., "Acoustic Echo and Noise Cancelling Using Microphone Arrays", International Symposium on Signal Processing and its Applications, ISSPA, Gold coast, Australia, August 25-30, 1996, pgs. 379-382.	☐
	43	DEMOL, M. et al. "Efficient Non-Uniform Time-Scaling of Speech With WSOLA for CALL Applications", Proceedings of InSTIL/ICALL2004 - NLP and Speech Technologies in Advanced Language Learning Systems - Venice 17-19 June, 2004.	☐
	44	LAROCHE, JEAN. "TIME AND PITCH SCALE MODIFICATION OF AUDIO SIGNALS", in "Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics", The Kluwer International Series in Engineering and Computer Science, Volume 437, pgs. 279-309, 2002.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlose Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

45	MOULINES, ERIC et al., "Non-Parametric Techniques for Pitch-Scale and Time-Scale Modification of Speech", Speech Communication, Vol. 16, pgs. 175-205, 1995.	☐
46	VERHELST, WERNER, "Overlap-Add Methods for Time-Scaling of Speech", Speech Communication Vol. 30, pgs 207-221, 2000.	☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button **Add**

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

***EXAMINER:** Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlose Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Kim, Paul
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/James W. Drapinski/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-03-14
Name/Print	James W. Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US01/08372

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H04R 25/00

US CL : 381/312, 320

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 381/312, 320

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE Explore Web site**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), abstract, figure 1, column 2 lines 22-25	1-4, 12-14, 17, 21, 22
X	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), figures 2 and 4	1-4, 12-14, 17, 21, 22
X	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions on Signal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592	1-4, 12-14, 17, 21, 22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

Special categories of cited documents:	
* "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

18 May 2001 (18.05.2001)

Date of mailing of the international search report

08 JUN 2001

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks

Box PCT

Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Forester W. Ise

Telephone No. (703)305-4700

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US02/36946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H04R 5/00

US CL : 381/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 381/17,1,309,310,311,300; 379/406.01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,223,090 B1 (BRUNGART) 24 April 2001 (24.04.2001), figures 3, 6, 7	1-20
A	US 5,729,612 A (ABEL et al) 17 March 1998 (17.03.1998), see entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:		"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&"	document member of the same patent family
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search

12 February 2003 (12.02.2003)

Date of mailing of the international search report

03 APR 2003

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks

Box PCT

Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Forrester W. Isen

Telephone No. (703) 305-4700

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/04124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : G06F 17/00; H03G 5/00; G10L 19/00

US CL : 700/94; 381/98; 704/500

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 700/94; 381/98; 704/500

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	US 2002/0147595 A1 (BAUMGARTE) 10 October 2002 (10.10.2002), figures 1, 2 and 7, page 3 and 5.	1,3-5, 8-12, 14-19, 22-25
A	US 6,513,004 B1 (RIGAZIO et al) 28 January 2003 (28.01.2003), entire document.	1-25
A	US 4,536,844 A (LYON) 20 August 1985 (20.08.1985), entire document.	1-25
A	US 5,473,759 A (SLANEY et al) 05 December 1995 (05.12.1995), entire document.	1-25
A	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model" IEEE Transactions of Signal Processing, December 1991, Volume 39 Number 12, pages 2573-2592.	1-25

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 May 2003 (05.05.2003)

Date of mailing of the international search report

29 MAY 2003

Name and mailing address of the ISA/US

Commissioner of Patents and Trademarks

Box PCT

Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703)305-3230

Authorized officer

Forester W Isen

Telephone No. (703) 305-4700

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US07/00463

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H04R 25/00 (2007.01) USPC - 381/313 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - H04R 25/00 (2007.01) USPC - 381/313, 094.300, 91-92, 111 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase: ft=microphone% ft=filter*~ ft=nois*~ ft=energ*~ ft=estim*~ ft=speech*~ or speak*~ ft=smoalh*~ ; MicroPatent (Databases- USG USA EPA EPB WO JP DEG DEA DET DEU GBA FRA); Patent/Publication No. US20010016020 US20010031053 US20020009203 US20020041693 US20020080980 US20020106092 US20020116187 US20030039369 us6430295		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X --- Y	US 2001/0031053 A1 (FENG et al) 18 October 2001 (18.10.2001) entire document	1, 2, 5, 8, 12-17, 19, 20 ----- 3, 4, 6, 7, 9-11, 18
Y	US 6,430,295 B1 (HANDEL et al) 06 August 2002 (06.08.2002) entire document	3, 4, 6, 7, 9-11, 18
A	US 2003/0072382 A1 (RALEIGH et al) 17 April 2003 (17.04.2003) entire document	1-20
A	US 6,717,991 B1 (GUSTAFSSON et al) 06 April 2004 (06.04.2004) entire document	1-20
A	US 2003/0099345 A1 (GARTNER et al) 29 May 2003 (29.05.2003) entire document	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 20 August 2007		Date of mailing of the international search report 19 OCT 2007
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To: DANIEL KLOKE
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CALIFORNIA 94303

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year)

19 OCT 2007

Applicant's or agent's file reference
PA3503PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.
PCT/US07/00463

International filing date (day/month/year)
05 January 2007

Priority date (day/month/year)
05 January 2006

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC
IPC(8) - H04R 25/00 (2007.01)
USPC - 381/313

Applicant
AUDIENCE, INC.

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Date of completion of this opinion 20 August 2007	Authorized officer: Blaine Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774
---	--	--

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2007)

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US07/00463

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	3, 4, 6, 7, 9-11, 18	YES
	Claims	1, 2, 5, 8, 12-17, 19, 20	NO
Inventive step (IS)	Claims	None	YES
	Claims	1-20	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-20	YES
	Claims	None	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1, 2, 5, 8, 12-17, 19 and 20 lack novelty under PCT Article 33(2) as being anticipated by Feng et al (US 2001/0031053 A1).

Regarding claim 1, Feng et al disclose a method for enhancing speech, comprising: receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone (paragraph 76 "acoustic sensor 22, 24 signals to microphones may be employed"); determining a filter estimate during a frame, the filter estimate based on a noise estimate of the primary acoustic signal (paragraphs 145-150 "filtering applying estimated acoustic sources of comparable levels and noise in a given time frame generally results in better intelligibility of the desired signal"), an energy estimate of the primary acoustic signal, and an inter-microphone level difference based on the primary and secondary acoustic signals (paragraphs 134-135 "energy signal difference estimation accounts for secondary relationships"); and applying the filter estimate to the primary acoustic signal to produce a speech estimate (paragraphs 7-8 "the speech system employs a windowing technique to estimate a sound source").

Regarding claim 2, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses determining an energy estimate for each of the acoustic signals during the frame (paragraphs 134-135 "each of the current frame sources reflects the energy signal acoustic estimation").

Regarding claim 5, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 2, and further discloses using the energy estimates to determine the inter-microphone level difference for the frame (paragraphs 134-135 "energy signal difference estimation accounts for secondary relationships"; paragraphs 145-150 "applying estimated levels in a given time frame generally results in better intelligibility of the desired signal").

Regarding claim 8, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses wherein the noise estimate is based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference (paragraphs 134-135 "energy signal difference estimation accounts for secondary relationships"; paragraphs 145-150 "applying estimated acoustic sources of comparable levels and noise in a given time frame generally results in better intelligibility of the desired signal").

Regarding claim 12, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses converting the speech estimate to a time domain (paragraph 66 "conversion to a time domain representation").

Regarding claim 13, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses outputting the speech estimate to a user (paragraph 67 "Output device 90 supplies the speaker").

Regarding claim 14, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses wherein the filter estimate is based on a Wiener filter (paragraph 7 "the system employs a Wiener filter").

Regarding claim 15, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses a system for enhancing speech on a device, comprising: a primary microphone configured to receive a primary acoustic signal; a secondary microphone located a distance away from the primary microphone and configured to receive a secondary acoustic signal; and an audio processing engine configured to enhance speech received at the primary microphone, the audio processing engine comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the primary acoustic signal and an inter-microphone level difference; and a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal to generate a filtered acoustic signal, the filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference (paragraph 156 "a processing system is configured for generating a desired acoustic signal from a first source and an interfering acoustic signal from a second source that is spaced apart from the first source").

Regarding claim 16, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 15, and further discloses wherein the audio processing engine further comprises an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the primary and secondary acoustic signals (paragraphs 134-135 "energy estimation accounts for secondary relationships"; paragraphs 145-150 "applying estimated levels in a given time frame generally results in better intelligibility of the desired signal").

(Continued in Supplemental Box)

Form PCT/ISA/237 (Box No. V) (April 2007)

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/US07/00463

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box No. V

2. Citations and explanations:

Regarding claim 17, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 15, and further discloses wherein the audio processing engine further comprises an inter-microphone level difference module configured to determine the intermicrophone level difference (paragraphs 134-135 "energy difference estimation accounts for secondary relationships"; paragraphs 145-150 "applying estimated levels generally results in better intelligibility of the desired signal").

Regarding claim 19, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 15, and further discloses wherein the audio processing engine further comprises a masking module configured to determine the speech estimate (paragraphs 7-8 "the speech system employs a windowing technique to estimate a sound source").

Regarding claim 20, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, and further discloses a computer readable medium having embodied thereon a program, the program being executable by a machine to perform a method for enhancing speech on a device, the method comprising: receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone; determining an energy estimate over a frame for each of the acoustic signals; using the energy estimates to determine an inter-microphone level difference for the frame; generating a noise estimate based on the energy estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the secondary acoustic signal, and the inter-microphone level difference; calculating a filter estimate based on the noise estimate and the inter-microphone level difference; and applying the filter estimate to the primary acoustic signal to produce a speech estimate (paragraph 71 "the present invention may be performed on variously arranged processing equipment configured with one or more modules combination not limited to programming memory").

Claims 3, 4, 6, 7, 9-11 and 18 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Feng et al (US 2001/0031053 A1) in view of Handel et al (US 6,430,295 B1).

Regarding claim 3, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 2, and further discloses approximate filtering by applying equation sets (paragraphs 145-146 "approximate"), approximate acoustic sources (paragraphs 145-146 "acoustic sources") and energy estimated from signal processing frequency to time (paragraphs 62-66 "energy can be estimated from signal processing frequency to time"). Feng et al lacks the teaching of wherein the energy estimate of the primary acoustic signal is approximated as the $E_1(t, w)$ equation recited in the claim. However, Handel et al teaches time-varying equations, such as the Recursive Least Squares RLS algorithm used toward an approximation to estimate prior art systems noise energy concentrated around one or more frequencies (column 6, lines 1-67, column 7, lines 1-10 "time-varying") as in the $E_1(t, w)$ equation claimed. Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the energy estimate of the primary acoustic signal is approximated as the $E_1(t, w)$ equation recited in the claim into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Regarding claim 4, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 2, and further discloses approximate filtering by applying equation sets (paragraphs 145-146 "approximate"), approximate acoustic sources (paragraphs 145-146 "acoustic sources") and energy estimated from signal processing frequency to time (paragraphs 62-66 "energy can be estimated from signal processing frequency to time"). Feng et al lacks the teaching of wherein the energy estimate of the secondary acoustic signal is approximated as the $E_2(t, w)$ equation recited in the claim. However, Handel et al teaches time-varying equations, such as the Recursive Least Squares RLS algorithm used toward an approximation to estimate prior art systems noise energy concentrated around one or more frequencies (column 6, lines 1-67, column 7, lines 1-10 "time-varying") as in the $E_2(t, w)$ equation claimed. Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the energy estimate of the secondary acoustic signal is approximated as the $E_2(t, w)$ equation recited in the claim into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Regarding claim 6, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 5, and further discloses approximate filtering by applying equation sets (paragraphs 145-146 "approximate"), approximate acoustic sources (paragraphs 145-146 "acoustic sources") and energy estimated from signal processing frequency to time (paragraphs 62-66 "energy can be estimated from signal processing frequency to time"). Feng et al lacks the teaching of wherein the inter-microphone level difference is approximated by the $ILD(t, w)$ equation recited in the claim. However, Handel et al teaches time-varying equations, such as the Recursive Least Squares RLS algorithm used toward an approximation to estimate prior art systems noise energy concentrated around one or more frequencies (column 6, lines 1-67, column 7, lines 1-10 "time-varying") as in the $ILD(t, w)$ equation claimed. Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the inter-microphone level difference is approximated by the $ILD(t, w)$ equation recited in the claim into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

(Continued in next Supplemental Box)

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US07/00463

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Previous Supplemental Box:

Regarding claim 7, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 5, and further discloses approximate filtering by applying equation sets (paragraphs 145-146 "approximate"), approximate acoustic sources (paragraphs 145-146 "acoustic sources") and energy estimated from signal processing frequency to time (paragraphs 62-66 "energy can be estimated from signal processing frequency to time"). Feng et al lacks the teaching of wherein the inter-microphone level difference is approximated by the $ILD(t, w)$ equation recited in the claim. However, Handel et al teaches time-varying equations, such as the Recursive Least Squares RLS algorithm used toward an approximation to estimate prior art systems noise energy concentrated around one or more frequencies (column 6, lines 1-67, column 7, lines 1-10 "time-varying") as in the $ILD(t, w)$ equation claimed. Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the inter-microphone level difference is approximated by the $ILD(t, w)$ equation recited in the claim into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Regarding claim 9, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 8, and further discloses approximate filtering by applying equation sets (paragraphs 145-146 "approximate"), approximate acoustic sources (paragraphs 145-146 "acoustic sources") and energy estimated from signal processing frequency to time (paragraphs 62-66 "energy can be estimated from signal processing frequency to time"). Feng et al lacks the teaching of wherein the noise estimate is approximated as the $N(t, w)$ equation recited in the claim. However, Handel et al teaches time-varying equations, such as the Recursive Least Squares RLS algorithm used toward an approximation to estimate prior art systems noise energy concentrated around one or more frequencies (column 6, lines 1-67, column 7, lines 1-10 "time-varying") as in the $N(t, w)$ equation claimed. Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the noise estimate is approximated as the $N(t, w)$ equation recited in the claim into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Regarding claim 10, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 1, but lacks the teaching of smoothing the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal. However, Handel et al teaches smoothing the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal (column 9, lines 66-67, column 10, lines 1-65 "An exemplary system using signal processing components is smoothed by a first order recursion estimated using an acoustic scenario that can be applied using an arbitrary number of sources and sensors"). Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate smoothing the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Regarding claim 11, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of inventive step of claim 10, and further discloses approximate filtering by applying equation sets (paragraphs 145-146 "approximate"), approximate acoustic sources (paragraphs 145-146 "acoustic sources") and energy estimated from signal processing frequency to time (paragraphs 62-66 "energy can be estimated from signal processing frequency to time"). Feng et al lacks the teaching of wherein the smoothing is approximated as the $M(t, w)$ equation recited in the claim. However, Handel et al teaches time-varying equations, such as the Recursive Least Squares RLS algorithm used toward an approximation to estimate prior art systems noise energy concentrated around one or more frequencies (column 6, lines 1-67, column 7, lines 1-10 "time-varying") and smoothing the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal (column 9, lines 66-67, column 10, lines 1-65 "An exemplary system using signal processing components is smoothed by a first order recursion estimated using an acoustic scenario that can be applied using an arbitrary number of sources and sensors") as in the $M(t, w)$ equation claimed. Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the smoothing is approximated as the $M(t, w)$ equation recited in the claim into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Regarding claim 18, Feng et al discloses the claimed invention features as discussed in the lack of novelty of claim 15, but lacks the teaching of wherein the audio processing engine further comprises a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal. However, Handel et al teaches wherein the audio processing engine further comprises a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal (column 9, lines 66-67, column 10, lines 1-65 "An exemplary system using signal processing components is smoothed by a first order recursion estimated using an acoustic scenario that can be applied using an arbitrary number of sources and sensors"). Handel et al further shows that this is relevant for filtering (column 5, lines 35-60 "filtering"). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time the invention was made to incorporate wherein the audio processing engine further comprises a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal into the invention of Feng et al as taught in Handel et al in order to provide filtering (column 5, lines 35-60 "filtering").

Claims 1-20 meet the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus have industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US07/21654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H04R 25/00 (2008.01) USPC - 381/313 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - H04R 25/00 (2008.01) USPC - 381/313, 312 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Database: MicroPatent		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/0147538 A1 (ELKO) 07 August 2003 (07.08.2003) entire document	1-26
Y	US 2003/0169891 A1 (RYAN et al) 11 September 2003 (11.09.2003) entire document	1-26
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 March 2008		Date of mailing of the international search report 09 APR 2008
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
Susan Yee
2200 Geng Road
Palo Alto, California 94303-3220

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year) **09 APR 2008**

Applicant's or agent's file reference
PA3909PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.
PCT/US07/21654

International filing date (day/month/year)
09 October 2007

Priority date (day/month/year)
10 October 2006

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC
IPC(8) - H04R 25/00 (2008.01)
USPC - 381/313

Applicant **AUDIENCE, INC.**

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Date of completion of this opinion
06 March 2008

Authorized officer:
Blaine Copenheaver
PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2007)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US07/21654

Box No. 1 Basis of this opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:
 - ☒ the international application in the language in which it was filed.
 - ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43*bis*.1(a))
3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of:
 - a. type of material
 - ☐ a sequence listing
 - ☐ table(s) related to the sequence listing
 - b. format of material
 - ☐ on paper
 - ☐ in electronic form
 - c. time of filing/furnishing
 - ☐ contained in the international application as filed
 - ☐ filed together with the international application in electronic form
 - ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US07/21654

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-26	YES
	Claims	None	NO
Inventive step (IS)	Claims	None	YES
	Claims	1-26	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-26	YES
	Claims	None	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-26 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Elko (US 2003/0147538 A1) in view of Ryan et al. (US 2003/0169891 A1).

Referring to claims 1, 14, and 26, Elko discloses a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal (paragraphs 0008 and 0095); a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal (paragraph 0026), but is silent on an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference. However, in disclosing a low-noise directional microphone system (abstract), Ryan et al. teaches an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference (paragraphs 0038 and 0040). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Referring to claims 2 and 15, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 1 and 14) is silent wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal. However, Ryan et al. teaches wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal (paragraph 0070). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include the limitation wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Referring to claims 3 and 16, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 1 and 14) discloses wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary signal adjusted by the gain (paragraphs 0099 and 0102).

Referring to claims 4 and 17, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 3 and 16) is silent wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal. However, Ryan et al. teaches wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal (paragraph 0042). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a well-balanced value for the gain.

Referring to claims 5 and 18, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 1 and 14) discloses wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal (paragraphs 0099 and 0102).

Referring to claim 6, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 1) discloses a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal (paragraph 0063).

(Continued in Supplemental Box)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US07/21654

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box No. V

2. Citations and explanations:

Referring to claims 7 and 20, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 1 and 14) is silent on an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal. However, Ryan et al. teaches an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal (paragraph 0039). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Referring to claims 8 and 21, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 1 and 14) discloses a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference (paragraph 0051).

Referring to claim 9, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 1) is silent on a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal. However, Ryan et al. teaches a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal (paragraph 0028). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Referring to claim 10, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 9) is silent on a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal. However, Ryan et al. teaches a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal (paragraph 0028). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Referring to claim 11, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 1) discloses a masking module configured to determine a speech estimate (paragraph 0052).

Referring to claim 12, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 11) discloses a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output (paragraph 0052).

Referring to claims 13 and 25, Elko (as discussed in lack of inventive step of claims 1 and 14) discloses wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal (paragraph 0105).

Referring to claim 19, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 14) discloses wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal (paragraph 0029).

Referring to claim 22, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 21) is silent on determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference. However, Ryan et al. teaches determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference (paragraph 0039-0040). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Referring to claim 23, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 22) discloses producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal (paragraph 0052).

Referring to claim 24, Elko (as discussed in lack of inventive step of claim 22) is silent on smoothing the filter estimate. However, Ryan et al. teaches smoothing the filter estimate (paragraph 0028). Therefore, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art at the time of the invention to include smoothing the filter estimate in the invention of Elko as taught by Ryan et al. in order to provide a low-noise directional microphone system that is particularly well suited for use in a digital hearing instrument (paragraph 0002).

Claims 1-26 meet the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus have industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US07/12628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: H03G 5/00(2006.01) USPC: 381/98 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 381/98,99,97,103,94.2,94.3;333/132 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4,137,510 (IWAHARA) 30 January 1979 (30.01.1979), column 1, line 64- column 2, line 31.	1-23
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 14 August 2008 (14.08.2008)		Date of mailing of the international search report 16 SEP 2008
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer <i>Valerie Bell-Hans</i> Kile O. Blair Telephone No. (571) 272-2000

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
SUSAN YEE
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA 94303

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Applicant's or agent's file reference PA3583PCT		Date of mailing (day/month/year) 16 SEP 2008
International application No. PCT/US07/12628		FOR FURTHER ACTION See paragraph 2 below
International filing date (day/month/year) 24 May 2007 (24.05.2007)	Priority date (day/month/year) 25 May 2006 (25.05.2006)	
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC IPC: H03G 5/00(2006.01) USPC: 381/98		
Applicant AUDIENCE, INC		

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/ US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201	Date of completion of this opinion 14 August 2008 (14.08.2008)	Authorized officer <i>Valerie Bell-Hamers</i> Kile O. Blair Telephone No. (571) 272-2000
--	---	---

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2007)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US07/12628

Box No. 1 Basis of this opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:

- ☒ the international application in the language in which it was filed
- ☐ a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43*bis*.1(a))

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of:

a. type of material

- ☐ a sequence listing
- ☐ table(s) related to the sequence listing

b. format of material

- ☐ on paper
- ☐ in electronic form

c. time of filing/furnishing

- ☐ contained in the international application as filed.
- ☐ filed together with the international application in electronic form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search.

4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.

5. Additional comments:

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITYInternational application No.
PCT/US07/12628**Box No. V Reasoned statement under Rule 43 bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**

1. Statement

Novelty (N)	Claims <u>1-23</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Inventive step (IS)	Claims <u>NONE</u>	YES
	Claims <u>1-23</u>	NO
Industrial applicability (IA)	Claims <u>1-23</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO

2. Citations and explanations:

Please See Continuation Sheet

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/US07/12628

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

V. 2. Citations and Explanations:

Claims 1-23 an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Iwahara (US Pat. No. 4,137,510).

Regarding claim 1, Iwahara teaches a method for processing audio signals, comprising: filtering an input signal with a filter of a filter cascade to

produce a first filtered signal; subtracting the first filtered signal from the input signal to derive a first sub-band signal (the input signal is sent through delay 21-1 to the adder 24-1 where the signal filtered by filter 22-1 is subtracted from the input signal as shown in Fig. 17); filtering the first filtered signal with a next complex-valued filter of the filter cascade to produce a next filtered signal; and subtracting the next filtered signal from the first filtered signal to derive a next sub-band signal (the process is repeated at adder 24-2 with low pass filter 22-2 and the signal through delay 21-2b, Fig. 17).

Although Iwahara does not explicitly teach that the filters are complex valued, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art since such a modification would have yielded predictable results.

Regarding claim 2, Iwahara teaches the method of claim 1.

Although Iwahara does not explicitly teach the feature wherein the complex-valued filter and the next complex-valued filter are single pole, complex-valued filters, the use of such filters would have been an obvious design choice to one of ordinary skill in the art.

Regarding claim 3, Iwahara teaches the method of claim 1 further comprising performing phase alignment on one or more of the sub-band signals (phase shifter 51-1 performs phase alignment on the sub-band signal of LPF 22-1, Fig. 17).

Regarding claim 4, Iwahara teaches the method of claim 3 further comprising disposing of an imaginary portion of the one or more phase aligned sub-band signals (since Iwahara does not utilize complex value, the imaginary portion of the signals is already disposed, therefore it would have been obvious to one of ordinary skill in the art to dispose of the imaginary portions if complex valued filters are used since Iwahara does not include the imaginary portions).

Regarding claim 5, Iwahara teaches the method of claim 1 further comprising performing amplitude compensation on one or more of the sub-band signals (coefficient applying operation circuit which affects the amplitude characteristics of the signal, Col. 2, lines 19-31).

Regarding claim 6, Iwahara teaches the method of claim 1 further comprising performing a time delay on one or more of the sub-band signals for cross-sub-band alignment (delay 21-1, Fig. 17).

Regarding claim 7, Iwahara teaches the method of claim 6 further comprising summing the delayed one or more sub-band signals to generate a reconstructed audio signal (output terminal 32 in Fig. 7a which is equivalent to the signal obtained by combining the out signals of the output terminals 23, 25, 26, and 27 of Fig. 6).

Regarding claim 8, Iwahara teaches the method of claim 1.

Although Iwahara does not explicitly teach the feature of pre-processing the input signal prior to filtering the input signal with

Form PCT/ISA/237 (Supplemental Box) (April 2007)

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/US07/12628

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

the complex-valued filter of the filter cascade, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art to pre-process the input signal with the motivation of providing adequate processing and control in the system.

Regarding claim 9, Iwahara teaches the method of claim 1 further comprising modifying one or more of the sub-band signals based on an analysis path from the filter cascade (the sub band signals are modified in phase and delay in their respective paths, Fig. 17).

Regarding claim 10, Iwahara teaches the method of claim 1 wherein the sub-band signals are frequency components of the input signal (frequency bands, col. 1, lines 64- col. 2, line 2).

Regarding claim 11, Iwahara teaches a system for processing an audio signal, comprising: an audio processing engine comprising a filter cascade of filters configured to derive a plurality of sub-band signals from an input signal the set of filters arranged in the filter cascade whereby an output of each filter is passed to a next filter in the filter cascade (the output of filter 22-1 inverts at adder 24-1 and it fed to filter 22-2, Fig. 17).

Although Iwahara does not explicitly teach that the filters are complex valued, it would have been obvious to one of ordinary skill in the art since such a modification would have yielded predictable results

Regarding claim 12, Iwahara teaches the system of claim 11.

Although Iwahara does not explicitly teach the feature wherein the complex-valued filter and the next complex-valued filter are single pole, complex-valued filters, the use of such filters would have been an obvious design choice to one of ordinary skill in the art.

Regarding claim 13, Iwahara teaches the system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a reconstruction module configured to perform phase alignment on one or more of the sub-band signals (phase shifter 51-1 performs phase alignment on the sub-band signal of LPF 22-1, Fig. 17).

Regarding claim 14, Iwahara teaches the system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a reconstruction module configured to perform amplitude compensation on one or more of the sub-band signals (coefficient applying operation circuit which affects the amplitude characteristics of the signal, Col. 2, lines 19-31).

Regarding claim 15, Iwahara teaches the system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a reconstruction module configured to perform a time delay on one or more of the sub-band signals (delay 21-1, Fig. 17).

Regarding claim 16, Iwahara teaches the system of claim 11 wherein the audio processing engine further comprises a modification module configured to modify one or more of the sub-band signals based on an analysis path from the filter cascade (delay 21-2a, Fig. 17).

Regarding claim 17, Iwahara teaches the system of claim 11.

Although Iwahara does not explicitly teach that the system of claim 11 further comprises a conditioning module configured to pre-process the input signal prior to filtering the input signal with the filter cascade, pre-processing and conditioning of an input signal prior to being filtered would have been an obvious modification to one of ordinary skill in the art with the motivation of removing noise or any other well known signal enhancement or repairing method.

Claim 18 is substantially similar to claim 12 and lacks inventive step for the same reasons.

Claim 19 is substantially similar to claim 2 and lacks inventive step for the same reasons

Claim 20 is substantially similar to claim 3 and lacks inventive step for the same reasons

Claim 21 is substantially similar to claim 5 and lacks inventive step for the same reasons

Claim 22 is substantially similar to claim 6 and lacks inventive step for the same reasons

Regarding claim 20, Iwahara teaches the machine-readable medium of claim 18.

Although Iwahara does not explicitly teach that the system of claim 18 further comprises a conditioning module configured to pre-process the input signal prior to filtering the input signal with the filter cascade, pre-processing and conditioning of an input signal prior to being filtered would have been an obvious modification to one of ordinary skill in the art with the motivation of removing noise or any other well known signal enhancement or repairing method.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 06/08249

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H04B 15/00 (2008.04) USPC - 381/94.2 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): H04B 15/00 (2008.04) USPC: 381/94.2		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched IPC(8): G10L 21/00 (2008.04) USPC: 381/94.1, 381/94.2, 704/205, 704/227		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWest (USPB, USPT, USOC, EPAB, JPAB), DialogPro, GoogleScholar; adaptive noise suppression primary acoustic signal speech distortion estimate loss control adjust enhancement filter gain masks output subtract calculate spectrum power classifying inter-level secondary comfort audibility sensor generator energy instructions		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/0027520 A1 (Mattila et al.) 03 February 2005 (03.02.2005), para [0018]-[0019]; [0025]; [0043]; [0113]; [0124]-[0128]; [0130]; [0138]-[0141]; [0179]; [0182]-[0183]; [0197]; [0213]; [0216]-[0219]; [0233]-[0234]; [0239]	1-20
Y	US 2006/0072768 A1 (Schwartz et al.) 06 April 2006 (06.04.2006), para [0021]-[0023]; [0060]-[0063]; [0067]	1-20
Y	US 2003/0128851 A1 (Furuta) 10 July 2003 (10.07.2003), para [0023]; [0073]; [0075]; [0090]-[0093]; [0120]	2-4, 13
Y	US 2003/0103632 A1 (Gaubran et al.) 05 June 2003 (05.06.2003), para [0024]-[0025]; [0032]	16-17
Y	US 2006/0184363 A1 (McCree et al.) 17 August 2006 (17.08.2006), claim 9; para [0011]-[0013]	18-20
A	US 2005/0288923 A1 (Kok) 29 December 2005 (29.12.2005), entire document	1-20
A	US 6,810,273 B1 (Mattila et al.) 26 October 2004 (26.10.2004), entire document	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 September 2006 (16.09.2006)		Date of mailing of the international search report 01 OCT 2006
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
SUSAN YEE
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA 94303

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year) **01 OCT 2008**

Applicant's or agent's file reference
PA4190PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.

PCT/US 08/08249

International filing date (day/month/year)

03 July 2008 (03.07.2008)

Priority date (day/month/year)

06 July 2007 (06.07.2007)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC

IPC(8) - H04B 15/00 (2008.04)

USPC - 381/94.2

Applicant AUDIENCE, INC.

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Date of completion of this opinion

25 September 2008 (25.09.2008)

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2007)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US 08/08249

Box No. 1 Basis of this opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:
- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43*bis*.1(a))
3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of:
- a. type of material
- ☐ a sequence listing
- ☐ table(s) related to the sequence listing
- b. format of material
- ☐ on paper
- ☐ in electronic form
- c. time of filing/furnishing
- ☐ contained in the international application as filed
- ☐ filed together with the international application in electronic form
- ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 08/08249

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-20	YES
	Claims	None	NO
Inventive step (IS)	Claims	None	YES
	Claims	1-20	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-20	YES
	Claims	None	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1, 5-12 and 14-15 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over US 2005/0027520 A1 to Mattila et al. (hereinafter 'Mattila') in view of US 2006/0072768 A1 to Schwartz et al. (hereinafter 'Schwartz').

Regarding claim 1, Mattila teaches a method for adaptively suppressing noise, comprising: determining a speech loss distortion estimate based on the primary acoustic signal (see para [0113]; [0124]-[0125]); generating a plurality of gain masks based on the speech loss distortion estimate utilizing an enhancement filter (see para [0125]; [0182]-[0183]); applying the plurality of gain masks to the primary acoustic signal to generate a noise suppressed signal (see para [0125]; [0138]-[0141]; [0197]); and outputting the noise suppressed signal (see para [0233]-[0234]; [0239]), but does not specifically teach receiving a primary acoustic signal. Schwartz teaches a method for noise suppression comprising receiving a primary acoustic signal (see para [0021]-[0023]). It would have been obvious to one of ordinary skill in the art to utilize the method comprising receiving a primary acoustic signal of Schwartz and to combine it with the method of Mattila because it would provide acoustic signal noise reduction, thereby increasing the robustness and cost-effectiveness of the method.

Regarding claim 5, Mattila in view of Schwartz teaches the method of claim 1. Mattila further teaches a method further comprising classifying noise and speech in the primary acoustic signal (see para [0019]).

Regarding claim 6, Mattila in view of Schwartz teaches the method of claim 1. Schwartz further teaches a method further comprising determining an inter-level difference between the primary acoustic signal and a secondary acoustic signal (see para [0060]-[0063]; [0067]).

Regarding claim 7, Mattila in view of Schwartz teaches the method of claim 1. Mattila further teaches a method further comprising generating and applying a comfort noise to the noise suppressed signal prior to output (see para [0018]; [0025]; [0213]).

Regarding claim 8, Mattila in view of Schwartz teaches the method of claim 7. Mattila further teaches wherein generating the comfort noise comprises setting the comfort noise to a level that is just above a level of audibility (see para [0043]; [0179]; [0216]-[0219]).

Regarding claim 9, Mattila in view of Schwartz teaches the method of claim 1. Mattila further teaches a method further comprising deriving control signals to adjust the enhancement filter based on the speech loss distortion estimate (see para [0125]-[0128]).

Regarding claim 10, Mattila teaches a system for adaptively suppressing noise in a primary acoustic signal, comprising: an adaptive intelligent suppression generator configured to adaptively generate a plurality of gain masks to apply to the primary acoustic signal (see para [0125]; [0182]-[0183]); and a mask module configured to apply the plurality of gain masks to the primary acoustic signal to generate a noise suppressed signal (see para [0125]; [0138]-[0141]; [0197]), but does not specifically teach an acoustic sensor configured to receive the primary acoustic signal. Schwartz teaches a system for noise suppression comprising an acoustic sensor configured to receive the primary acoustic signal (see para [0021]-[0023]). It would have been obvious to one of ordinary skill in the art to utilize the system comprising an acoustic sensor configured to receive the primary acoustic signal of Schwartz and to combine it with the system of Mattila because it would provide a sensor for acoustic signal noise reception in addition to acoustic signal noise reduction, thereby increasing the robustness and cost-effectiveness of the system.

Regarding claim 11, Mattila in view of Schwartz teaches the system of claim 10. Mattila further teaches a system further comprising a comfort noise generator configured to generate a comfort noise to apply to noise suppressed signal (see para [0018]; [0025]; [0213]).

Regarding claim 12, Mattila in view of Schwartz teaches the system of claim 10. Mattila further teaches wherein the adaptive intelligent suppression generator comprises a speech distortion control module configured to determine a speech distortion estimate from the primary acoustic signal (see para [0113]; [0124]-[0125]), and configured to derive control signals to adjust computation of the gain masks based on the speech distortion estimate (see para [0125]-[0128]).

Regarding claim 14, Mattila in view of Schwartz teaches the system of claim 10. Schwartz further teaches a system further comprising an inter-level difference module configured to generate an inter-level difference used by the adaptive intelligent suppression generator to determine a speech distortion estimate (see para [0060]-[0063]; [0067]).

--- continued in Supplemental Box ---

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 08/08249

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box No. V

2. Citations and explanations:

Regarding claim 15, Mattila in view of Schwartz teaches the system of claim 10. Mattila further teaches wherein the adaptive intelligent suppression generator comprises a compute enhancement filter module configured to adaptively generate the gain masks based on a speech distortion estimate (see para [0125]-[0128]).

Claims 2-4 and 13 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Mattila in view of Schwartz and further in view of US 2003/0128851 A1 (Furuta).

Regarding claim 2, Mattila in view of Schwartz teaches the method of claim 1, but does not specifically teach wherein determining a speech loss distortion estimate comprises subtracting a calculated noise spectrum from a power spectrum of the primary acoustic signal. Furuta teaches a method for noise suppression wherein determining a speech loss distortion estimate comprises subtracting a calculated noise spectrum from a power spectrum of the primary acoustic signal (see para [0023]; [0073]; [0075]). It would have been obvious to one of ordinary skill in the art to utilize the method comprising subtracting a calculated noise spectrum from a power spectrum of the primary acoustic signal of Furuta and to combine it with the method of Mattila in view of Schwartz because it would provide optimized noise suppression, thereby increasing the robustness and cost-effectiveness of the method.

Regarding claim 3, Mattila in view of Schwartz and further in view of Furuta teaches the method of claim 2. Furuta further teaches a method further comprising calculating the noise spectrum (see para [0090]-[0093]; [0120]).

Regarding claim 4, Mattila in view of Schwartz and further in view of Furuta teaches the method of claim 2. Mattila further teaches a method further comprising calculating the power spectrum of the primary acoustic signal (see para [0130]; [0139]).

Regarding claim 13, Mattila in view of Schwartz teaches the system of claim 10, but does not specifically teach a system further comprising a noise estimate module configured to generate a noise power spectrum used by the adaptive intelligent suppression generator to determine a speech distortion estimate. Furuta teaches a system for noise suppression comprising a noise estimate module configured to generate a noise power spectrum used by the adaptive intelligent suppression generator to determine a speech distortion estimate (see para [0090]-[0093]; [0120]). It would have been obvious to one of ordinary skill in the art to utilize the system comprising a noise estimate module configured to generate a noise power spectrum of Furuta and to combine it with the system of Mattila in view of Schwartz because it would provide a more accurate speech distortion estimate, thereby increasing the efficiency and cost-effectiveness of the system.

Claims 16-17 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Mattila in view of Schwartz and further in view of US 2003/0103632 A1 to Goubran et al. (hereinafter 'Goubran').

Regarding claim 16, Mattila in view of Schwartz teaches the system of claim 10, but does not specifically teach a system further comprising an energy module configured to generate a primary spectrum for the primary acoustic signal. Goubran teaches an adaptive sound masking system comprising an energy module configured to generate a primary spectrum for the primary acoustic signal (see para [0024]). It would have been obvious to one of ordinary skill in the art to utilize the system comprising an energy module configured to generate a primary spectrum for the primary acoustic signal of Goubran and to combine it with the system of Mattila in view of Schwartz because it would provide more accurate noise suppression, thereby increasing the efficiency and cost-effectiveness of the system.

Regarding claim 17, Mattila in view of Schwartz and further in view of Goubran teaches the system of claim 16. Goubran further teaches wherein the energy module is further configured to generate a power spectrum for a second acoustic signal received by a second acoustic sensor (see para [0024]-[0025]; [0032]).

Claims 18-20 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over US 2006/0184363 A1 to McCree et al. (hereinafter 'McCree') in view of Mattila and further in view of Schwartz.

Regarding claim 18, McCree teaches a machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for adaptively suppressing noise (see claim 9; para [0011]-[0013]), but does not specifically teach the method comprising: receiving a primary acoustic signal; determining a speech loss distortion estimate based on the primary acoustic signal; generating a plurality of gain masks based on the speech loss distortion estimate utilizing an enhancement filter; applying the plurality of gain masks to the primary acoustic signal to generate a noise suppressed signal; and outputting the noise suppressed signal. Mattila teaches a method for noise suppression comprising determining a speech loss distortion estimate based on the primary acoustic signal (see para [0113]; [0124]-[0125]); generating a plurality of gain masks based on the speech loss distortion estimate utilizing an enhancement filter (see para [0125]; [0182]-[0183]); applying the plurality of gain masks to the primary acoustic signal to generate a noise suppressed signal (see para [0125]; [0138]-[0141]; [0197]); and outputting the noise suppressed signal (see para [0233]-[0234]; [0239]), but does not specifically teach receiving a primary acoustic signal. Schwartz teaches a method for noise suppression comprising receiving a primary acoustic signal (see para [0021]-[0023]). It would have been obvious to one of ordinary skill in the art to utilize the method comprising determining a speech loss distortion estimate, generating and applying a plurality of gain masks, and outputting the noise suppressed signal of Mattila and the method comprising receiving a primary acoustic signal of Schwartz and to combine it with the machine readable medium of McCree because it would provide more accurate noise suppression, thereby increasing the efficiency and cost-effectiveness of the machine readable medium.

--- continued in Supplemental Box ---

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITYInternational application No.
PCT/US 08/08249

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box No. V

2. Citations and explanations:

Regarding claim 19, McCree in view of Mattila and further in view of Schwartz teaches the machine readable medium of claim 18. Mattila further teaches wherein the method further comprises deriving control signals to adjust the enhancement filter based on the speech loss distortion estimate (see para [0125]-[0128]).

Regarding claim 20, McCree in view of Mattila and further in view of Schwartz teaches the machine readable medium of claim 18. Mattila further teaches wherein the method further comprising generating and applying a comfort noise to the noise suppressed signal prior to output (see para [0018]; [0025]; [0213]).

Claims 1-20 have industrial applicability as defined by PCT Article 33(4) because the subject matter can be made or used in industry.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 09/01667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - H04M 9/08 (2009.01)

USPC - 379/406.14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
USPC - 379/406.14Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
USPC - 379/406.01, 406.14 (text search)

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PubWest (PGPB, USPT, EPAB, JPAB); Google Scholar

Search terms used: envelop, echo, cancel, mask, suppress, subband, sub-band, noise, square, root, rms, far, end, near, floor, acoustic, gain

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,587,998 A (Velardo, JR. et al.) et al. 24 December 1996 (24.12.1996), col. 2, ln. 58 through col. 3, ln. 50, col. 6, ln. 8-19, col. 8, ln. 13-25	1-23
A	US 5,825,320 A (Miyamori et al.) 20 October 1998 (20.10.1998), entire document	1-23
A	US 2004/0057574 A1 (Faller) 25 March 2004 (25.03.2004), entire document	1-23
A	US 6,999,582 B1 (Popovic et al.) 14 February 2006 (14.02.2006), entire document	1-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 2009 (27.04.2009)

Date of mailing of the international search report

11 MAY 2009

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents

P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300

PCT OSP: 571-272-7774

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

To:
STEPHEN BACHMANN
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA 94303

Date of mailing
(day/month/year)

11 MAY 2009

Applicant's or agent's file reference
PA4546PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.
PCT/US 09/01667

International filing date (day/month/year)
16 March 2009 (16.03.2009)

Priority date (day/month/year)
18 March 2008 (18.03.2008)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC
IPC(8) - H04M 9/08 (2009.01)
USPC - 379/406.14

Applicant AUDIENCE, INC.

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Date of completion of this opinion 27 April 2009 (27.04.2009)	Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774
---	--	--

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2007)

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/01667

Box No. 1 Basis of this opinion

1. With regard to the language, this opinion has been established on the basis of:
 - ☒ the international application in the language in which it was filed.
 - ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43bis.1(a))
3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of:
 - a. type of material
 - ☐ a sequence listing
 - ☐ table(s) related to the sequence listing
 - b. format of material
 - ☐ on paper
 - ☐ in electronic form
 - c. time of filing/furnishing
 - ☐ contained in the international application as filed
 - ☐ filed together with the international application in electronic form
 - ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/01667

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	NONE	YES
	Claims	1-23	NO
Inventive step (IS)	Claims	NONE	YES
	Claims	1-23	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-23	YES
	Claims	NONE	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-23 lack novelty under PCT Article 33(2) as being anticipated by US 5,587,998 A to Velardo, JR. et al. (hereinafter 'Velardo, JR.').

Regarding claim 1, Velardo, JR. teaches a method for envelope-based acoustic echo cancellation, comprising: receiving a primary acoustic signal via a primary microphone and a far-end signal via a receiver (signals transmitted into the network at a near location are received and signals transmitted into the network from a far location are received by the same processing device, col. 2, ln. 58-67); performing frequency analysis on the primary acoustic signal and the far-end acoustic signal to obtain frequency sub-bands for the primary and far-end acoustic signals (the near input and the far input are each separately decomposed into plural sub-band components, col.3, ln. 3-4); applying the echo gain mask to the primary acoustic signal to generate a masked signal (a masked signal is produced, col. 3, ln. 5-50, col. 8, ln. 13-25); and outputting the masked signal (the masked signal is outputted, col. 3, ln. 5-50).

Regarding claim 2, Velardo, JR. teaches generating a noise gain mask based on at least the primary acoustic signal for each frequency sub-band (a noise mask and an echo mask are obtained by mixing the transmitted sub-band signal with a white-noise component, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25).

Regarding claim 3, Velardo, JR. teaches wherein applying the echo gain mask to the primary acoustic signal to generate the masked signal comprises applying a combination of the echo gain mask and the noise gain mask to the primary acoustic signal to generate the mask signal (in order to mask the echo component, the transmitted sub-band signal is mixed with a white-noise component, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25).

Regarding claim 4, Velardo, JR. teaches wherein applying the combination of the echo gain mask and noise gain mask comprises selecting a minimum between the echo gain mask and noise gain mask for each sub-band (a lower noise threshold level is selected, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25).

Regarding claim 5, Velardo, JR. teaches wherein generating the noise gain mask comprises determining a substantially echo-free noise estimate (the mask is utilized to provide an echo-free noise, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25).

Regarding claim 6, Velardo, JR. teaches receiving a secondary acoustic signal via a secondary microphone (signals transmitted into the network at a near location are received, col. 2, ln. 58-67).

Regarding claim 7, Velardo, JR. teaches wherein generating the noise gain mask comprises factoring in the secondary acoustic signal (the signals received at the near location are broken into sub-bands and then analyzed for echo cancellation, col. 3, ln. 5-50).

Regarding claim 8, Velardo, JR. teaches wherein generating the echo gain mask comprises taking a square root of the far-end acoustic signal and the primary acoustic signal to form the magnitude envelopes of the far-end and primary acoustic signals (a modulus signal is derived from each sub-band components, where the absolute value of each of these sub-band signals is smoothed, resulting in a waveform which is proportional to the root mean squared, i.e. rms, energy envelope of the sub-band signal, where each of these waveforms is then attenuated according to an echo-loss estimate and the resulting waveform represents the envelope of the expected echo waveform, col. 3, ln. 5-23).

Regarding claim 9, Velardo, JR. teaches smoothing the magnitude envelopes of the far-end and primary acoustic signals (the absolute value of each of these sub-band signals is smoothed, col. 3, ln. 5-23).

Regarding claim 10, Velardo, JR. teaches wherein generating the echo gain mask comprises determining an echo dominated noise estimate and using a square root of the echo dominated noise estimate to generate a noise magnitude envelope (a modulus signal is derived from each sub-band components, where the absolute value of each of these sub-band signals is smoothed, resulting in a waveform which is proportional to the root mean squared, i.e. rms, energy envelope of the sub-band signal, where each of these waveforms is then attenuated according to an echo-loss estimate and the resulting waveform represents the envelope of the expected echo waveform, col. 3, ln. 5-23).

—CONTINUED IN SUPPLEMENTAL BOX—

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/01667

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box. No. V. 2. Citations and Explanations:

Regarding claim 11, Velardo, JR. teaches wherein generating the echo gain mask comprises predicting an echo envelope based on the magnitude envelopes of the far-end and primary acoustic signals (the magnitude of the near-end signal waveform is determined and the magnitude of the far-end signal waveform is determined and both are used in the smoothing operation for determining the envelope of the expected echo waveform, col. 3, ln. 5-23, col. 6, ln. 8-19).

Regarding claim 12, Velardo, JR. teaches wherein generating the echo gain mask comprises updating the gain based on one or more adaptation control cues (a center clipper transmits sub-band components which comply with a particular cue, e.g. ones that lie below a lower threshold, col. 3, ln. 36-50).

Regarding claim 13, Velardo, JR. teaches wherein the adaptation control cue comprises an adaptive far-end noise floor (a center clipper transmits sub-band components which lie below the lower threshold that represent a noise floor, col. 3, ln. 36-50).

Regarding claim 14, Velardo, JR. teaches wherein the adaptation control cue comprises a noise floor (a center clipper transmits sub-band components which lie below the lower threshold that represent a noise floor, col. 3, ln. 36-50).

Regarding claim 15, Velardo, JR. teaches wherein the adaptation control cue comprises a maximum gain (each sub-band component is subjected to a center-clipping operation that is intended to remove weak signals on the assumption that they are echoes, where the template, which represents the envelope of the expected echo waveform, is an upper threshold, col. 3, ln. 13-20).

Regarding claim 16, Velardo, JR. teaches synthesizing the masked signal into time domain for outputting (after center-clipping, the far-input sub-band components are combined, thereby to produce a synthesized, full-band, output signal, where an inverse FFT is used to transform from the frequency domain back to the time domain, col. 3, ln. 20-22, col. 8, ln. 43-60).

Regarding claim 17, Velardo, JR. teaches a system for envelope-based acoustic echo cancellation in a communication device, comprising: acoustic sensors configured to receive a primary acoustic signal and a far-end acoustic signal (signals transmitted into the network at a near location are received and signals transmitted into the network from a far location are received by the same processing device, col. 2, ln. 58-67); a frequency analysis module configured to performing frequency analysis on the primary acoustic signal and the far-end acoustic signal to obtain frequency subbands for the primary and far-end acoustic signals (the near input and the far input are each separately decomposed into plural sub-band components, col.3, ln. 3-4); an echo mask generator configured to generate an echo gain mask based on magnitude envelopes of the primary and far-end acoustic signals for each frequency sub-band (a masked signal is produced using magnitude envelopes, col. 3, ln. 5-50, col. 8, ln. 13-25); a modifier/reconstructor module configured to apply the echo gain mask to the primary acoustic signal to generate a masked signal (a noise mask and an echo mask are obtained by mixing the transmitted sub-band signal with a white-noise component, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25); and an output device configured to output the masked signal (the masked signal is outputted, col. 3, ln. 5-50).

Regarding claim 18, Velardo, JR. teaches a noise mask generator configured to generate a noise gain mask based on at least the primary acoustic signal for each frequency sub-band (a noise mask and an echo mask are obtained by mixing the transmitted sub-band signal with a white-noise component, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25).

Regarding claim 19, Velardo, JR. teaches wherein the modifier/reconstructor module configured to apply the echo gain mask to the primary signal to generate the masked signal comprises the modifier/reconstructor module configured to apply a combination of the echo gain mask and the noise gain mask to the primary acoustic signal to generate the masked signal (in order to mask the echo component, the transmitted sub-band signal is mixed with a white-noise component, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25).

Regarding claim 20, Velardo, JR. teaches an echo and noise mask integration module configured to generate the combination of the echo gain mask and noise gain mask (after the transmitted sub-band signal is mixed with a white-noise component, the signal is generated to a post-smoothing function col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-39).

Regarding claim 21, Velardo, JR. teaches wherein the modifier/reconstructor module is further configured to convert the masked signal into time domain for outputting (after center-clipping, the far-input sub-band components are combined, thereby to produce a synthesized, full-band, output signal, where an inverse FFT is used to transform from the frequency domain back to the time domain, col. 3, ln. 20-22, col. 8, ln. 43-60).

Regarding claim 22, Velardo, JR. teaches wherein the echo mask generator comprises an echo predictor configured to predict echo envelopes (each of the waveforms are attenuated according to an echo-loss estimate, col. 3, ln. 5-23).

—CONTINUED IN SUPPLEMENTAL BOX—

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/US 09/01667

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box. No. V. 2. Citations and Explanations:

Regarding claim 23, Velardo, JR. teaches a machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for envelope-based acoustic echo cancellation in a communication device, comprising: receiving a primary acoustic signal via a primary microphone and a far-end signal via a receiver (signals transmitted into the network at a near location are received and signals transmitted into the network from a far location are received by the same processing device, col. 2, ln. 58-67); performing frequency analysis on the primary acoustic signal and the far-end acoustic signal to obtain frequency sub-bands for the primary and far-end acoustic signals (the near input and the far input are each separately decomposed into plural sub-band components, col.3, ln. 3-4); generating an echo gain mask based on magnitude envelopes of the primary and far-end acoustic signals for each frequency sub-band (a masked signal is produced using magnitude envelopes, col. 3, ln. 5-50, col. 8, ln. 13-25); generating a noise gain mask based on at least the primary acoustic signal for each frequency sub-band (a noise mask is obtained, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25); applying a combination of the echo gain mask and noise gain mask to the primary acoustic signal to generate a masked signal (in order to mask the echo component using the echo and noise mask, the transmitted sub-band signal is mixed with a white-noise component, col. 3, ln. 23-42, col. 8, ln. 13-25); and outputting the masked signal (the masked signal is outputted, col. 3, ln. 5-50).

Claims 1-23 have industrial applicability as defined by PCT Article 33(4), because the subject matter can be made or used in industry.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 09/03813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - A61F 11/06 (2009.01) USPC - 381/71.11 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) USPC: 381/71.11 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 381/71.1; 381/150 (keyword limited - see search terms below) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST (PGPB, USPT, USOC, EPAB, JPAB); GOOGLE Terms: noise, suppress, acoustic, signal, subtract, reference, predict, ratio, gain, mask, filter, coefficient, primary, secondary, microphone, mobile.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/0019548 A1 (Avendano) 24 January 2008 (24.01.2008), entire document, especially abstract, para [0023], [0029], [0031], [0045], [0053], [0061], [0062].	1-21
Y	US 2003/0101048 A1 (Liu) 29 May 2003 (29.05.2003), entire document, especially abstract, para [0006], [0015], [0036], [0037], [0038], [0039].	1-21
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 August 2009 (10.08.2009)		Date of mailing of the international search report 27 AUG 2009
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
STEPHEN BACHMANN
CARR & FERRELL LLP
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA 94303

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year)

27 AUG 2009

Applicant's or agent's file reference
PA4604PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.

PCT/US 09/03813

International filing date (day/month/year)

26 June 2009 (26.06.2009)

Priority date (day/month/year)

30 June 2008 (30.06.2008)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC

IPC(8) - A61F 11/06 (2009.01)

USPC - 381/71.11

Applicant AUDIENCE, INC.

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Date of completion of this opinion

10 August 2009 (10.08.2009)

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2007)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US 09/03813

Box No. I Basis of this opinion

1. With regard to the language, this opinion has been established on the basis of:
- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43bis.1(a)).
3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of:
- a. type of material
- ☐ a sequence listing
- ☐ table(s) related to the sequence listing
- b. format of material
- ☐ on paper
- ☐ in electronic form
- c. time of filing/furnishing
- ☐ contained in the international application as filed
- ☐ filed together with the international application in electronic form
- ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/03813

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-21	YES
	Claims	None	NO
Inventive step (IS)	Claims	None	YES
	Claims	1-21	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-21	YES
	Claims	None	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-21 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over US 2008/0019548 A1 to Avendano in view of US 2003/0101048 A1 to Liu.

Regarding claim 1, Avendano teaches a method for suppressing noise (improved noise suppression, para [0023]), comprising: receiving at least a primary and a secondary acoustic signal (reception by the microphones 106 and 108, the acoustic signals are converted into electric signals (i.e., a primary electric signal and a secondary electric signal), para [0029]); subtracting a desired signal component from the secondary acoustic signal to obtain a noise component signal (delaying and subtracting the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Signals (i.e., sounds), para [0031]); and outputting the noise subtracted signal (Sounds from the same sound source 102 are transmitted by the secondary microphone 108 as a cardioid secondary signal, para [0031]). Avendano does not expressly teach performing a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal; performing a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio; adjusting the noise component signal based on the second determination; subtracting the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal. However, Liu, in an analogous art, teaches performing a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal (reduce the energy of the background noise embedded in the voice sounds signals and enhance the voice sounds-to-noise ratio, para [0015]); performing a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio (adjust the value of the correction coefficient ... so that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0038]); adjusting the noise component signal based on the second determination (the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0039]); subtracting the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal (by subtracting the estimated background noise from the signal of the first microphone in the time domain, the better quality of the voice sounds signals could be obtained, para [0006]). It would have been obvious to one skilled in the art to incorporate the teachings of Liu with those of Avendano in order to reduce background noise in a spoken voice setting and enhance the voice sound to noise ratio (see Liu para [0015]).

Regarding claim 2, Liu further teaches wherein subtracting the desired signal component comprises applying a coefficient representing a source location to the primary acoustic signal to generate the desired signal component (value of the correction coefficient ... so that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0038]).

Regarding claim 3, Liu further teaches wherein the at least one energy ratio comprises a reference energy ratio and a prediction energy ratio (decides the output bit, $b(k)$, by comparing the input speech sample ... and the prediction ... from the adaptive prediction filter 23, para [0036]).

Regarding claim 4, Liu further teaches adapting an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio (determine the current status of the adaptive speech analysis unit 103 according to $b(k)$ and its preceding three bits, $b(k-1)$, $b(k-2)$, and $b(k-3)$, and determine one correction coefficient, para [0037]).

Regarding claim 5, Liu further teaches freezing an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio (If any two successive bits of these four bits are different, reset the correction coefficient as -1. This is because at this time the adaptive speech analysis unit 103 over-estimates the voice sounds signal and the stepsize is required to be decreased. For the other conditions, ... which represents the status that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals., para [0039]).

Regarding claim 6, Avendano further teaches determining a NP gain based on the at least one energy ratio indicating how much of the primary acoustic signal has been cancelled out of the noise subtracted signal (computing the magnitude of both signals and deriving the gain, g , as the ratio between the magnitude of the primary acoustic signal to the magnitude of the secondary acoustic signal, para [0062]).

Regarding claim 7, Avendano further teaches providing the NP gain to a multiplicative noise suppression system (the primary acoustic signal is multiplied by the smoothed Wiener filter estimate to estimate the speech, para [0053]).

Regarding claim 8, Avendano further teaches wherein the primary and secondary acoustic signals are separated into sub-band signals (filters such as short-time Fourier transform (STFT), sub-band filter banks, para [0061]).

---continued on supplemental box---

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/03813

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
Box No. V.2. Citations and explanations.

Regarding claim 9, Avendano further teaches wherein outputting the noise subtracted signal comprises outputting the noise subtracted signal to a multiplicative noise suppression system ((Sounds from the same sound source 102 are transmitted by the secondary microphone 108 as a cardioid secondary signal, para [0031]).

Regarding claim 10, Avendano further teaches wherein the multiplicative noise suppression system comprises generating a gain mask based at least on the noise subtracted signal (a Wiener filter is used to suppress noise/enhance speech, para [0045]).

Regarding claim 11, Avendano further teaches applying the gain mask to the noise subtracted signal to generate an audio output signal (Sounds from the same sound source 102 are transmitted by the secondary microphone 108 as a cardioid secondary signal, para [0031]).

Regarding claim 12, Avendano teaches a system for suppressing noise (improved noise suppression, para [0023]), comprising: a microphone array configured to receive at least a primary and a secondary acoustic signal (reception by the microphones 106 and 108, the acoustic signals are converted into electric signals (i.e., a primary electric signal and a secondary electric signal), para [0029]); an analysis module configured to generate a desired signal component which may be subtracted from the secondary acoustic signal to obtain a noise component signal (delaying and subtracting the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Signals (i.e., sounds), para [0031]); a gain module configured to perform a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal (computing the magnitude of both signals and deriving the gain, g, as the ratio between the magnitude of the primary acoustic signal to the magnitude of the secondary acoustic signal, para [0062]). Avendano does not expressly teach an adaptation module configured to perform a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio, the adaption module further configured to adjust the noise component signal based on the second determination; and at least one summing module configured to subtract the desired signal component from the secondary acoustic signal and to subtract the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal. However, Liu, in an analogous art, teaches an adaptation module configured to perform a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio (reduce the energy of the background noise embedded in the voice sounds signals and enhance the voice sounds-to-noise ratio, para [0015]), the adaption module further configured to adjust the noise component signal based on the second determination (adjust the value of the correction coefficient ... so that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0038]); and at least one summing module configured to subtract the desired signal component from the secondary acoustic signal (the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0039]) and to subtract the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal (by subtracting the estimated background noise from the signal of the first microphone in the time domain, the better quality of the voice sounds signals could be obtained, para [0006]). It would have been obvious to one skilled in the art to incorporate the teachings of Liu with those of Avendano in order to reduce background noise in a spoken voice setting and enhance the voice sound to noise ratio (see Liu para [0015]).

Regarding claim 13, Liu further teaches wherein the analysis module is configured to apply a coefficient representing a source location to the primary acoustic signal to generate the desired signal component value of the correction coefficient ... so that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0038]).

Regarding claim 14, Liu further teaches wherein the at least one energy ratio comprises a reference energy ratio and a prediction energy ratio (decides the output bit, b(k), by comparing the input speech sample ... and the prediction ... from the adaptive prediction filter 23, para [0036]).

Regarding claim 15, Liu further teaches wherein the adaptation module is configured to adapt an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio (determine the current status of the adaptive speech analysis unit 103 according to b(k) and its preceding three bits, b(k-1), b(k-2), and b(k-3), and determine one correction coefficient, para [0037]).

Regarding claim 16, Liu further teaches wherein the adaptation module is configured to freeze an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio (If any two successive bits of these four bits are different, reset the correction coefficient as -1. This is because at this time the adaptive speech analysis unit 103 over-estimates the voice sounds signal and the stepsize is required to be decreased. For the other conditions, ... which represents the status that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals., para [0039]).

Regarding claim 17, Avendano further teaches wherein further comprising a gain module configured to determine a NP gain based on the at least one energy ratio indicating how much of the primary acoustic signal has been cancelled out of the noise subtracted signal (computing the magnitude of both signals and deriving the gain, g, as the ratio between the magnitude of the primary acoustic signal to the magnitude of the secondary acoustic signal, para [0062]).

---continued on supplemental box---

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/US 09/03813

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
Box No. V.2. Citations and explanations.

Regarding claim 18, Avendano teaches a machine readable medium having embodied thereon a program, the program providing instructions for a method for suppressing noise using noise subtraction processing (improved noise suppression, para [0023]), the method comprising: receiving at least a primary and a secondary acoustic signal (reception by the microphones 106 and 108, the acoustic signals are converted into electric signals (i.e., a primary electric signal and a secondary electric signal), para [0029]); subtracting a desired signal component from the secondary acoustic signal to obtain a noise component signal (delaying and subtracting the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Signals (i.e., sounds), para [0031]); and outputting the noise subtracted signal (Sounds from the same sound source 102 are transmitted by the secondary microphone 108 as a cardioid secondary signal, para [0031]). Avendano does not expressly teach performing a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal; performing a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio; adjusting the noise component signal based on the second determination; subtracting the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal. However, Liu, in an analogous art, teaches performing a first determination of at least one energy ratio related to the desired signal component and the noise component signal (reduce the energy of the background noise embedded in the voice sounds signals and enhance the voice sounds-to-noise ratio, para [0015]); performing a second determination of whether to adjust the noise component signal based on the at least one energy ratio (adjust the value of the correction coefficient ... so that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0038]); adjusting the noise component signal based on the second determination (the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals, para [0039]); subtracting the noise component signal from the primary acoustic signal to generate a noise subtracted signal (by subtracting the estimated background noise from the signal of the first microphone in the time domain, the better quality of the voice sounds signals could be obtained, para [0006]). It would have been obvious to one skilled in the art to incorporate the teachings of Liu with those of Avendano in order to reduce background noise in a spoken voice setting and enhance the voice sound to noise ratio (see Liu para [0015]).

Regarding claim 19, Liu further teaches wherein the at least one energy ratio comprises a reference energy ratio and a prediction energy ratio (decides the output bit, $b(k)$, by comparing the input speech sample ... and the prediction ... from the adaptive prediction filter 23, para [0036]).

Regarding claim 20, Liu further teaches adapting an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is greater than the reference energy ratio (determine the current status of the adaptive speech analysis unit 103 according to $b(k)$ and its preceding three bits, $b(k-1)$, $b(k-2)$, and $b(k-3)$, and determine one correction coefficient, para [0037]).

Regarding claim 21, Liu further teaches freezing an adaptation coefficient applied to the noise component signal when the prediction energy ratio is less than the reference energy ratio (If any two successive bits of these four bits are different, reset the correction coefficient as -1. This is because at this time the adaptive speech analysis unit 103 over-estimates the voice sounds signal and the stepsize is required to be decreased. For the other conditions, ... which represents the status that the adaptive speech analysis unit 103 could adapt to the variation of the voice sounds signals., para [0039]).

Claims 1-21 have industrial applicability as defined by PCT Article 33(4), because the subject matter can be made or used in industry.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference PA4770PCT	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US 09/06754	International filing date (<i>day/month/year</i>) 30 December 2009 (30.12.2009)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 31 December 2008 (31.12.2008)
Applicant AUDIENCE, INC.		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 2 sheets.

☐ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the language, the international search was carried out on the basis of:

☒ the international application in the language in which it was filed.

☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).

b. ☐ This international search report has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6bis(a)).

c. ☐ With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ Certain claims were found unsearchable (see Box No. II).

3. ☐ Unity of invention is lacking (see Box No. III).

4. With regard to the title,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the abstract,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the drawings,

a. the figure of the drawings to be published with the abstract is Figure No. 1

☒ as suggested by the applicant.

☐ as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.

☐ as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

b. ☐ none of the figures is to be published with the abstract.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 09/06754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - G10L 19/00 (2010.01)

USPC - 704/500

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
USPC: 704/500Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
USPC: 704/500Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
Dialog Classic (Chinese Pat Abstr; Derwent Index, EPFT, French Pat, Jap Abstr, USPFT, WIPO/PCT PFT); Google Scholar; Terms searched: AMPLITUDE, AUDIO, AUDIO SIGNAL, COCHLEAR, COMPLEX-VALU, COMPLEX-VALUED, DECOMPOS, DECOMPOSED, DELAY, FILTER, FREQUENC, FREQUENCY, FREQUENCIES, LINEAR, PHASE, PSYCHOACOUSTIC, RECONSTRUCT...

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,956,674 A (Smyth et al.) 21 September 1999 (21.09.1999); entire document, especially: col 6, ln 15-17, 29-42; col 8, ln 2-17, 39-62; col 8, ln 39 to col 9, ln 4; col 10, ln 6-9; col 14, ln 4-7; col 47, ln 61-64	1-13, 17-20
Y		14-16
Y	US 5,682,463 A (Allen et al.) 28 October 1997 (28.10.1997); entire document, especially: col 32, ln 42-43; col 33, ln 27-30	14
Y	US 2007/0067166 A1 (Pan et al.) 22 March 2007 (22.03.2007); entire document, especially: para [0032] and [0034]	15
Y	US 2007/0100612 A1 (Ekstrand et al.) 03 May 2007 (03.05.2007); entire document, especially: para [0009], [0014]	16
A	US 5,974,380 A (Smyth et al.) 26 October 1999 (26.10.1999); entire document	1-20
A	US 6,226,616 B1 (You et al.) 01 May 2001 (01.05.2001); entire document	1-20
A	US 2006/0198542 A1 (Benjelloun Touimi et al.) 07 September 2006; entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

16 February 2010 (16.02.2001)

Date of mailing of the international search report

20 MAY 2010

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To: STEPHEN BACHMANN
2200 GENG ROAD
PALO ALTO, CA 94303

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year) **20 MAY 2010**

Applicant's or agent's file reference
PA4770PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.

PCT/US 09/06754

International filing date (day/month/year)

30 December 2009 (30.12.2009)

Priority date (day/month/year)

31 December 2008 (31.12.2008)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC

IPC(8) - G10L 19/00 (2010.01)

USPC - 704/500

Applicant AUDIENCE, INC.

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Date of completion of this opinion

17 February 2010 (17.02.2010)

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT QSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (July 2009)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITYInternational application No.
PCT/US 09/06754

Box No. 1 Basis of this opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:
- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43*bis*.1(a)).
3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of a sequence listing filed or furnished:
- a. (means)
- ☐ on paper
- ☐ in electronic form
- b. (time)
- ☐ in the international application as filed
- ☐ together with the international application in electronic form
- ☐ subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/06754

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	14-16	YES
	Claims	1-13, 17-20	NO
Inventive step (IS)	Claims	None.	YES
	Claims	1-20	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-20	YES
	Claims	None.	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-13, 17-20 lack novelty under PCT Article 33(2) as being anticipated by US 5,956,674 A to Smyth et al. (hereinafter "Smyth").

Regarding claim 1, Smyth discloses a method for reconstructing a decomposed audio signal, comprising: receiving a decomposed audio signal comprising a plurality of sub-band signals (col 6, in 15-17) having successively shifted group delays as a function of frequency (col 8, in 39-62); grouping the plurality of sub-band signals into two or more groups (col 8, in 6-12, 44-62); applying a delay function to at least one of the two or more groups (col 8, in 56-59); combining the groups to reconstruct the audio signal (col 8, in 63 to col 9, in 4); and outputting the audio signal (col 8, in 63 to col 9, in 4).

Regarding claim 2, Smyth discloses the method of claim 1, as applied above. Smyth further discloses further comprising adjusting one or more of a phase or amplitude of at least one of the plurality of sub-band signals (col 47, in 61-64).

Regarding claim 3, Smyth discloses the method of claim 1, as applied above. Smyth further discloses wherein applying the delay function comprises realigning the group delays of the sub-band signals in at least one of the two or more groups (col 8, in 12-17).

Regarding claim 4, Smyth discloses the method of claim 1, as applied above. Smyth further discloses wherein the delay function is based, at least in part, on a psychoacoustic model (col 6, in 29-33).

Regarding claim 5, Smyth discloses the method of claim 1, as applied above. Smyth further discloses further comprising defining the delay function using a delay table (col 10, in 6-9).

Regarding claim 6, Smyth discloses the method of claim 1, as applied above. Smyth further discloses wherein the two or more groups do not overlap (col 8, in 2-12).

Regarding claim 7, Smyth discloses the method of claim 1, as applied above. Smyth further discloses wherein the combining comprises summing the two or more groups (col 14, in 4-7).

Regarding claim 8, Smyth discloses a system for reconstructing a decomposed audio signal, comprising: a reconstruction module configured to receive a decomposed audio signal comprising a plurality of sub-band signals (col 6, in 15-17) having successively shifted group delays as a function of frequency (col 8, in 39-62), the reconstruction module comprising a grouping sub-module configured to group the plurality of sub-band signals into two or more groups (col 8, in 6-12, 44-62), a delay sub-module configured to apply a delay function to at least one of the two or more groups (col 8, in 56-59), and a combination sub-module configured to combine the groups to reconstruct the audio signal (col 8, in 63 to col 9, in 4); and a sink module configured to output the audio signal (col 8, in 63 to col 9, in 4).

Regarding claim 9, Smyth discloses the system of claim 8, as applied above. Smyth further discloses wherein the reconstruction module further comprises an adjustment sub-module configured to adjust one or more of a phase or amplitude of at least one of the plurality of sub-band signals (col 47, in 61-64).

Regarding claim 10, Smyth discloses the system of claim 8, as applied above. Smyth further discloses wherein the delay sub-module is further configured to realign the group delays of the sub-band signals in at least one of the two or more groups (col 8, in 12-17).

Regarding claim 11, Smyth discloses the system of claim 8, as applied above. Smyth further discloses wherein the delay function is based, at least in part, on a psychoacoustic model (col 6, in 29-33).

Regarding claim 12, Smyth discloses the system of claim 8, as applied above. Smyth further discloses wherein the delay function is defined using a delay table (col 10, in 6-9).

Regarding claim 13, Smyth discloses the system of claim 8, as applied above. Smyth further discloses wherein the combination sub-module is further configured to sum the two or more groups (col 14, in 4-7).

—continued in Supplemental Box—

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 09/06754

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

Box No. V.2. Citations and explanations:

Regarding claim 17, Smyth discloses a computer readable storage medium having embodied thereon a program (col 6, in 33-42), the program being executable by a processor (col 6, in 33-42) to perform a method for reconstructing a decomposed audio signal, the method comprising: receiving a decomposed audio signal comprising a plurality of sub-band signals (col 6, in 15-17) having successively shifted group delays as a function of frequency (col 8, in 39-62); grouping the plurality of sub-band signals into two or more groups (col 8, in 6-12, 44-62); applying a delay function to at least one of the two or more groups (col 8, in 56-59); combining the groups to reconstruct the audio signal (col 8, in 63 to col 9, in 4); and outputting the audio signal (col 8, in 63 to col 9, in 4).

Regarding claim 18, Smyth discloses the computer readable medium of claim 17, as applied above. Smyth further discloses further comprising adjusting one or more of a phase or amplitude of each of the plurality of sub-band signals (col 47, in 61-64).

Regarding claim 19, Smyth discloses the computer readable medium of claim 17, as applied above. Smyth further discloses wherein applying the delay function comprises realigning the group delays of the sub-band signals in at least one of the two or more groups (col 8, in 12-17).

Regarding claim 20, Smyth discloses the computer readable medium of claim 17, as applied above. Smyth further discloses wherein the delay function is based, at least in part, on a psychoacoustic model (col 6, in 29-33).

Claim 14 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Smyth in view of US 5,682,463 A to Allen et al. (hereinafter "Allen").

Regarding claim 14, Smyth discloses the system of claim 8, as applied above. However, Smyth does not explicitly disclose further comprising a fast cochlear transform filter bank, the fast cochlear transform filter bank providing the decomposed audio signal. However, Allen does disclose further comprising a fast cochlear transform filter bank, the fast cochlear transform filter bank providing the decomposed audio signal (col 32, in 42-43; col 33, in 27-30). It would have been obvious to one having ordinary skill in the art at the time of the applicant's claimed invention to modify the system of claim 8 as disclosed by Smyth to include further comprising a fast cochlear transform filter bank, the fast cochlear transform filter bank providing the decomposed audio signal as disclosed by Allen to analyze speech content contained within the the audio signal.

Claim 15 lacks an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Smyth in view of Allen and further in view of US 2007/0067166 A1 to Pan et al. (hereinafter "Pan").

Regarding claim 15, Smyth and Allen teach the system of claim 8, as applied above. However, Smyth does not explicitly disclose further comprising a linear phase filter bank, the linear phase filter bank providing the decomposed audio signal. However, Pan does disclose further comprising a linear phase filter bank, the linear phase filter bank providing the decomposed audio signal (para [0032] and [0034]). It would have been obvious to one having ordinary skill in the art at the time of the applicant's claimed invention to modify the system of claim 8 as taught by Smyth and Allen to include further comprising a linear phase filter bank, the linear phase filter bank providing the decomposed audio signal as disclosed by Pan to ensure that all frequency components in each group have equal delay times.

Claim 16 lacks an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Smyth in view of Allen and further in view of US 2007/0100612 A1 to Ekstrand et al. (hereinafter "Ekstrand").

Regarding claim 16, Smyth and Allen teach the system of claim 8, as applied above. However, Smyth does not explicitly disclose further comprising a complex-valued filter bank, the complex-valued filter bank providing the decomposed audio signal. However, Ekstrand does disclose further comprising a complex-valued filter bank, the complex-valued filter bank providing the decomposed audio signal (para [0009] and [0014]). It would have been obvious to one having ordinary skill in the art at the time of the applicant's claimed invention to modify the system of claim 8 as taught by Smyth and Allen to include further comprising a linear phase filter bank, the linear phase filter bank providing the decomposed audio signal as disclosed by Ekstrand to reduce the complexity of computing the decomposed signal.

Claims 1-20 have industrial applicability as defined by PCT Article 33(4) because the subject matter can be made or used in industry.

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	12306893
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	James William Drapinski
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	14-MAR-2012
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	20:04:40
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	Audience_3909US_IDS_SB08_2.pdf	615516 5f021ecf951227f532afe67f252ba8b93d7b71cd	no	8

Warnings:

Information:

<p>A U.S. Patent Number Citation or a U.S. Publication Number Citation is required in the Information Disclosure Statement (IDS) form for autoloading of data into USPTO systems. You may remove the form to add the required data in order to correct the Informational Message if you are citing U.S. References. If you chose not to include U.S. References, the image of the form will be processed and be made available within the Image File Wrapper (IFW) system. However, no data will be extracted from this form. Any additional data such as Foreign Patent Documents or Non Patent Literature will be manually reviewed and keyed into USPTO systems.</p>					
2	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0007_BOLL_SUPPRESSION_113.pdf	1893781 f51f3616100038c095f226775941e35f4d734315	no	8
Warnings:					
Information:					
3	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0009_BOLL_SUPPRESSION.pdf	293675 7cb36fbd8b6692abf4e0dad3c18885e18712eeeb	no	3
Warnings:					
Information:					
4	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0014_DAHLSIMULTANEOUS.pdf	674762 c83f08eed2eba8123be104cf74576c7d50f6dd38	no	4
Warnings:					
Information:					
5	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0017_ENT172_INSTRUCTIONAL.pdf	464397 68c1561cf0a6dbce90b81e5ace6fd41015ff3dcf	no	6
Warnings:					
Information:					
6	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0019_FULGUM_VOICE.pdf	871023 d97e99d4429321400e92190d2c837ac08dc59165	no	4
Warnings:					
Information:					
7	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0021_GRAUPEBLIND.pdf	2719474 b04763f9e79c53607e759b5ff7ff30f341b3dd054	no	13
Warnings:					
Information:					
8	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0022_HAYKINSIGNALS.pdf	372235 53dcddc12e0d2fbf8d2bd3ca0e61f26f1cbdcae40	no	3
Warnings:					
Information:					
9	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0023_HERMANSKY_SHOULD.pdf	2529152 172ac9a99c805938651f94c7bd8e8bdeba7e2105	no	10
Warnings:					
Information:					

10	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0024_HOHMANN_FREQUENCY.pdf	2288405 e42a24190bfa3306fb3b9280797b5135af555bd2	no	10
Warnings:					
Information:					
11	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0025_JEFFRESS_P LACE.pdf	304937 29e94755c71ccf56c10d8cf8cd268a712a059891	no	5
Warnings:					
Information:					
12	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0026_JEONG_IMP LEMENTATION.pdf	2331106 f1c252d972176dbef9ea3d0b346970325394e8f2a	no	12
Warnings:					
Information:					
13	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0027_KATES_TIME.pdf	3887794 d61ce683fdeb20e232ba30aa1fc5af3d23e12cad	no	20
Warnings:					
Information:					
14	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0030_LAZZARO_S ILICON.pdf	1053794 dfd0f44a0c5d268e67bcc48fe6cb4fafa8b0398	no	11
Warnings:					
Information:					
15	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0031_LIPPMANN_SPEECH.pdf	3100579 82ccb089c59a7d4915c56fa652c378ba92001a53	no	15
Warnings:					
Information:					
16	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0034_MARTIN_SP ECTRAL.pdf	776718 c791ab1a1c1fc1f3296c15b245546f255a81eee1	no	4
Warnings:					
Information:					
17	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0035_MITRA_DIGI TAL.pdf	921694 34c26166dadcd0323122975ae66d5d2268a3610ef	no	5
Warnings:					
Information:					
18	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0038_NARRATIVE.pdf	415294 12ba547cd12a0520625ce47920e2eb96c2e97cde	no	4
Warnings:					
Information:					

19	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0040_COSI_LYON S.pdf	720695 cf6996352a59a4dd53ba7f6fbd67bed6d596de58	no	4
Warnings:					
Information:					
20	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0042_RABINER_DI GITAL.pdf	2173230 8e22faaed01492ea5f682b7944952a329f285c81	no	17
Warnings:					
Information:					
21	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0044_WEISS_ESTI MATING.pdf	1190613 64ec579cafa1ba838e9481c1451afde686b751f	no	6
Warnings:					
Information:					
22	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0045_SCHIMMEL COHERENT.pdf	942041 2759c02d90b466ea9396b868ab9c659052a46983	no	4
Warnings:					
Information:					
23	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0046_SLANEY_LY ONS_1988.pdf	6833847 3d7d53f25c3d3bc43333350b9f747943ee2a5f4	no	79
Warnings:					
Information:					
24	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0047_SLANEY_AU DITORY.pdf	930650 8637d3d12f700fda2709fa5f595e1c4f591ba7c4	no	7
Warnings:					
Information:					
25	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0048_SLANEY_INT RODUCTION.pdf	1241630 baa5a5510b7e07dc49e98ba534531cc3419248ee	no	7
Warnings:					
Information:					
26	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0050_SOLBACH_A RCHITECTURE.pdf	16482836 7ef7e2faa192a824260a5ea06f679df833c71066	no	142
Warnings:					
Information:					
27	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0053_STAHL_QU ANTILE_BASED.pdf	890835 cbb4c5d7023be9ae8c29146b3c3e9797f1424d4f	no	4
Warnings:					
Information:					

28	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0057_SYNTRILLIUM_COOL_EDIT_USERS.pdf	12258515 a8ce3422f6f0be355e1a576eac94bbfc9083cf39	no	75
Warnings:					
Information:					
29	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0059_TCHORZ_SNR.pdf	2462032 2e88621c5ff16bd9d5d6d432ae976db3db94bb24	no	9
Warnings:					
Information:					
30	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0062_WATTS_ROBUST.pdf	958023 a7b09e4edf660f2377a4363fd886dc0f0dcf0213	no	5
Warnings:					
Information:					
31	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0065_YOO_CONTINUEOUS.pdf	827333 99f42340525b067194d3da68ddb19dea5b4d0a89	no	4
Warnings:					
Information:					
32	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0066_PCTUS0108372_ISR_2994PCT.pdf	154556 511b4549e0445b70fec6ed6a040113449be3b223	no	1
Warnings:					
Information:					
33	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0067_PCTUS0236946_ISR_2998PCT.pdf	153786 2a42789884c9affc699992bb49b4a6ba989cc815	no	1
Warnings:					
Information:					
34	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0068_PCTUS0304124_ISR_2999PCT.pdf	174445 ed029fd4f8d0c28d6d3df07e50970b93483902d	no	1
Warnings:					
Information:					
35	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0069_PCTUS0700463_ISR_WO_3503PCT.pdf	1164438 0ed19601f1b02de84cafb603ea17da48a5f3be14	no	6
Warnings:					
Information:					
36	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0070_PCTUS0721654_ISR_WO_3909PCT.pdf	784078 8f6566d86c77d2a823f7d584dfe5c3684faf1fbb	no	5
Warnings:					
Information:					

37	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0071_PCTUS0712628_ISR_WO_3583PCT.pdf	802046	no	6
			9ad59fe5d1e536fa3cf98685e8f7c75f7f677f23		
Warnings:					
Information:					
38	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0072_PCTUS0808249_ISR_WO_4190PCT.pdf	1150441	no	6
			558f535c0e055af717a9d2e05cb98e11b0c96c6a		
Warnings:					
Information:					
39	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0073_PCTUS0901667_ISR_WO_4565PCT.pdf	900906	no	6
			8f9575bcdba827ab4491feb69e2d790f1aa71fed		
Warnings:					
Information:					
40	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0074_PCTUS0903813_ISR_WO_4604PCT.pdf	1169592	no	6
			86946ecc3b7048d16662964ad8944c42972b745d		
Warnings:					
Information:					
41	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0075_PCTUS0906754_ISR_WO_4770PCT.pdf	939989	no	6
			d37c94df2f5e39f537c634dea81072910ce0967b		
Warnings:					
Information:					
42	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0076_US_2875755.pdf	20725	no	1
			abd076cb5e25214ca392d37d0ad2b5fee144bf53		
Warnings:					
Information:					
43	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0077_DAHLE_ACOUSTIC.pdf	725221	no	4
			6538d2c21a980bb55c1f2893d19e43520ff8aec5		
Warnings:					
Information:					
44	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0078_DEMOL_EFFECTICIENT.pdf	760088	no	4
			0789123f546a3a0fb4a5027e0a9b9d909e4a83cc		
Warnings:					
Information:					
45	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0079_LAROCHE_TIME.pdf	3006466	no	31
			b398ddb52aeef44cec72ceea9aea7a38d31c038a		
Warnings:					
Information:					

46	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0080_MOULINES_ NON-PARAMETRIC.pdf	5412239 91b078097dcc5d0af70568dd3ba92315d1537693	no	31
Warnings:					
Information:					
47	Non Patent Literature	AUDIEN_NPL0081_VERHELST_ OVERLAP.pdf	2311336 ebdb8785a2d29b3a7d749d559aece24ed4b63a20	no	15
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			93056968		
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>					



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

NOTICE OF ALLOWANCE AND FEE(S) DUE

22830 7590 03/15/2012
CARR & FERRELL LLP
120 CONSTITUTION DRIVE
MENLO PARK, CA 94025

EXAMINER

KIM, PAUL

ART UNIT

PAPER NUMBER

2614

DATE MAILED: 03/15/2012

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721

TITLE OF INVENTION: SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	YES	\$870	\$300	\$0	\$1170	06/15/2012

THE APPLICATION IDENTIFIED ABOVE HAS BEEN EXAMINED AND IS ALLOWED FOR ISSUANCE AS A PATENT. PROSECUTION ON THE MERITS IS CLOSED. THIS NOTICE OF ALLOWANCE IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS. THIS APPLICATION IS SUBJECT TO WITHDRAWAL FROM ISSUE AT THE INITIATIVE OF THE OFFICE OR UPON PETITION BY THE APPLICANT. SEE 37 CFR 1.313 AND MPEP 1308.

THE ISSUE FEE AND PUBLICATION FEE (IF REQUIRED) MUST BE PAID WITHIN THREE MONTHS FROM THE MAILING DATE OF THIS NOTICE OR THIS APPLICATION SHALL BE REGARDED AS ABANDONED. THIS STATUTORY PERIOD CANNOT BE EXTENDED. SEE 35 U.S.C. 151. THE ISSUE FEE DUE INDICATED ABOVE DOES NOT REFLECT A CREDIT FOR ANY PREVIOUSLY PAID ISSUE FEE IN THIS APPLICATION. IF AN ISSUE FEE HAS PREVIOUSLY BEEN PAID IN THIS APPLICATION (AS SHOWN ABOVE), THE RETURN OF PART B OF THIS FORM WILL BE CONSIDERED A REQUEST TO REAPPLY THE PREVIOUSLY PAID ISSUE FEE TOWARD THE ISSUE FEE NOW DUE.

HOW TO REPLY TO THIS NOTICE:

I. Review the SMALL ENTITY status shown above.

If the SMALL ENTITY is shown as YES, verify your current SMALL ENTITY status:

A. If the status is the same, pay the TOTAL FEE(S) DUE shown above.

B. If the status above is to be removed, check box 5b on Part B - Fee(s) Transmittal and pay the PUBLICATION FEE (if required) and twice the amount of the ISSUE FEE shown above, or

If the SMALL ENTITY is shown as NO:

A. Pay TOTAL FEE(S) DUE shown above, or

B. If applicant claimed SMALL ENTITY status before, or is now claiming SMALL ENTITY status, check box 5a on Part B - Fee(s) Transmittal and pay the PUBLICATION FEE (if required) and 1/2 the ISSUE FEE shown above.

II. PART B - FEE(S) TRANSMITTAL, or its equivalent, must be completed and returned to the United States Patent and Trademark Office (USPTO) with your ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). If you are charging the fee(s) to your deposit account, section "4b" of Part B - Fee(s) Transmittal should be completed and an extra copy of the form should be submitted. If an equivalent of Part B is filed, a request to reapply a previously paid issue fee must be clearly made, and delays in processing may occur due to the difficulty in recognizing the paper as an equivalent of Part B.

III. All communications regarding this application must give the application number. Please direct all communications prior to issuance to Mail Stop ISSUE FEE unless advised to the contrary.

IMPORTANT REMINDER: Utility patents issuing on applications filed on or after Dec. 12, 1980 may require payment of maintenance fees. It is patentee's responsibility to ensure timely payment of maintenance fees when due.

PART B - FEE(S) TRANSMITTAL

**Complete and send this form, together with applicable fee(s), to: Mail Mail Stop ISSUE FEE
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
or Fax (571)-273-2885**

INSTRUCTIONS: This form should be used for transmitting the ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). Blocks 1 through 5 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Patent, advance orders and notification of maintenance fees will be mailed to the current correspondence address as indicated unless corrected below or directed otherwise in Block 1, by (a) specifying a new correspondence address; and/or (b) indicating a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications.

CURRENT CORRESPONDENCE ADDRESS (Note: Use Block 1 for any change of address)

22830 7590 03/15/2012

CARR & FERRELL LLP
120 CONSTITUTION DRIVE
MENLO PARK, CA 94025

Note: A certificate of mailing can only be used for domestic mailings of the Fee(s) Transmittal. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawing, must have its own certificate of mailing or transmission.

Certificate of Mailing or Transmission

I hereby certify that this Fee(s) Transmittal is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage for first class mail in an envelope addressed to the Mail Stop ISSUE FEE address above, or being facsimile transmitted to the USPTO (571) 273-2885, on the date indicated below.

(Depositor's name)
(Signature)
(Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
-----------------	-------------	----------------------	---------------------	------------------

11/699,732 01/29/2007 Carlos Avendano PA3909US 7721

TITLE OF INVENTION: SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
-------------	--------------	---------------	---------------------	----------------------	------------------	----------

nonprovisional YES \$870 \$300 \$0 \$1170 06/15/2012

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
----------	----------	----------------

KIM, PAUL 2614 381-092000

1. Change of correspondence address or indication of "Fee Address" (37 CFR 1.363).

☐ Change of correspondence address (or Change of Correspondence Address form PTO/SB/122) attached.

☐ "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev. 03-02 or more recent) attached. **Use of a Customer Number is required.**

2. For printing on the patent front page, list

(1) the names of up to 3 registered patent attorneys or agents OR, alternatively, 1 _____

(2) the name of a single firm (having as a member a registered attorney or agent) and the names of up to 2 registered patent attorneys or agents. If no name is listed, no name will be printed. 2 _____

3 _____

3. ASSIGNEE NAME AND RESIDENCE DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type)

PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified below, no assignee data will appear on the patent. If an assignee is identified below, the document has been filed for recordation as set forth in 37 CFR 3.11. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment.

(A) NAME OF ASSIGNEE

(B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY)

Please check the appropriate assignee category or categories (will not be printed on the patent): ☐ Individual ☐ Corporation or other private group entity ☐ Government

4a. The following fee(s) are submitted:

- ☐ Issue Fee
☐ Publication Fee (No small entity discount permitted)
☐ Advance Order - # of Copies _____

4b. Payment of Fee(s): (Please first reapply any previously paid issue fee shown above)

- ☐ A check is enclosed.
☐ Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.
☐ The Director is hereby authorized to charge the required fee(s), any deficiency, or credit any overpayment, to Deposit Account Number _____ (enclose an extra copy of this form).

5. **Change in Entity Status** (from status indicated above)

- ☐ a. Applicant claims SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27. ☐ b. Applicant is no longer claiming SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27(g)(2).

NOTE: The Issue Fee and Publication Fee (if required) will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the United States Patent and Trademark Office.

Authorized Signature _____

Date _____

Typed or printed name _____

Registration No. _____

This collection of information is required by 37 CFR 1.311. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830	7590	03/15/2012	EXAMINER	
CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			KIM, PAUL	
			ART UNIT	PAPER NUMBER

2614

DATE MAILED: 03/15/2012

Determination of Patent Term Adjustment under 35 U.S.C. 154 (b) (application filed on or after May 29, 2000)

The Patent Term Adjustment to date is 1078 day(s). If the issue fee is paid on the date that is three months after the mailing date of this notice and the patent issues on the Tuesday before the date that is 28 weeks (six and a half months) after the mailing date of this notice, the Patent Term Adjustment will be 1078 day(s).

If a Continued Prosecution Application (CPA) was filed in the above-identified application, the filing date that determines Patent Term Adjustment is the filing date of the most recent CPA.

Applicant will be able to obtain more detailed information by accessing the Patent Application Information Retrieval (PAIR) WEB site (<http://pair.uspto.gov>).

Any questions regarding the Patent Term Extension or Adjustment determination should be directed to the Office of Patent Legal Administration at (571)-272-7702. Questions relating to issue and publication fee payments should be directed to the Customer Service Center of the Office of Patent Publication at 1-(888)-786-0101 or (571)-272-4200.

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether disclosure of these records is required by the Freedom of Information Act.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspection or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

Notice of Allowability	Application No.	Applicant(s)	
	11/699,732	AVENDANO, CARLOS	
	Examiner	Art Unit	
	PAUL KIM	2614	

-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address--

All claims being allowable, PROSECUTION ON THE MERITS IS (OR REMAINS) CLOSED in this application. If not included herewith (or previously mailed), a Notice of Allowance (PTOL-85) or other appropriate communication will be mailed in due course. **THIS NOTICE OF ALLOWABILITY IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS.** This application is subject to withdrawal from issue at the initiative of the Office or upon petition by the applicant. See 37 CFR 1.313 and MPEP 1308.

1. ☒ This communication is responsive to 3/1/2012.
2. ☐ An election was made by the applicant in response to a restriction requirement set forth during the interview on ____; the restriction requirement and election have been incorporated into this action.
3. ☒ The allowed claim(s) is/are 1-28.
4. ☐ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
 - a) ☐ All b) ☐ Some* c) ☐ None of the:
 1. ☐ Certified copies of the priority documents have been received.
 2. ☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. ____.
 3. ☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this national stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).
 - * Certified copies not received: ____.

Applicant has THREE MONTHS FROM THE "MAILING DATE" of this communication to file a reply complying with the requirements noted below. Failure to timely comply will result in ABANDONMENT of this application.
THIS THREE-MONTH PERIOD IS NOT EXTENDABLE.

5. ☐ A SUBSTITUTE OATH OR DECLARATION must be submitted. Note the attached EXAMINER'S AMENDMENT or NOTICE OF INFORMAL PATENT APPLICATION (PTO-152) which gives reason(s) why the oath or declaration is deficient.
6. ☐ CORRECTED DRAWINGS (as "replacement sheets") must be submitted.
 - (a) ☐ including changes required by the Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948) attached
 - 1) ☐ hereto or 2) ☐ to Paper No./Mail Date ____.
 - (b) ☐ including changes required by the attached Examiner's Amendment / Comment or in the Office action of Paper No./Mail Date ____.

Identifying indicia such as the application number (see 37 CFR 1.84(c)) should be written on the drawings in the front (not the back) of each sheet. Replacement sheet(s) should be labeled as such in the header according to 37 CFR 1.121(d).

7. ☐ DEPOSIT OF and/or INFORMATION about the deposit of BIOLOGICAL MATERIAL must be submitted. Note the attached Examiner's comment regarding REQUIREMENT FOR THE DEPOSIT OF BIOLOGICAL MATERIAL.

Attachment(s)

<ol style="list-style-type: none"> 1. ☐ Notice of References Cited (PTO-892) 2. ☐ Notice of Draftperson's Patent Drawing Review (PTO-948) 3. ☐ Information Disclosure Statements (PTO/SB/08), Paper No./Mail Date ____ 4. ☐ Examiner's Comment Regarding Requirement for Deposit of Biological Material 	<ol style="list-style-type: none"> 5. ☐ Notice of Informal Patent Application 6. ☐ Interview Summary (PTO-413), Paper No./Mail Date ____. 7. ☐ Examiner's Amendment/Comment 8. ☒ Examiner's Statement of Reasons for Allowance 9. ☐ Other ____.
---	--

/P. K./ Examiner, Art Unit 2614	
------------------------------------	--

DETAILED ACTION

Allowable Subject Matter

The following is an examiner's statement of reasons for allowance:

Regarding independent claim 1, the closest prior art of record, Elko (US Pub. 20030147538) discloses a system for enhancing speech, comprising: a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal; a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal.

However, Elko fails to teach the combination of a system for enhancing speech, comprising: a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal; a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal, the differential microphone array module being further configured to determine the cardioid primary signal based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and an inter-microphone level difference module

configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

Regarding independent claim 14, the closest prior art of record, Elko, discloses a method for enhancing speech, comprising: receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone; determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal.

However, Elko fails to teach the combination of a method for enhancing speech, comprising: receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone; determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; determining the cardioid primary signal further based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

Regarding independent claim 26, the closest prior art of record, Elko discloses a non-transitory computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program being executable by a processor to perform a method for enhancing speech, the method comprising: receiving a primary acoustic signal at a primary

microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone; determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal.

However, Elko fails to teach the combination of a non-transitory computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program being executable by a processor to perform a method for enhancing speech, the method comprising: receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone; determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal; determining the cardioid primary signal further based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference. The distinct features, as disclosed in independent claims 1, 14, and 26 render the claims allowable.

Any comments considered necessary by applicant must be submitted no later than the payment of the issue fee and, to avoid processing delays, should preferably accompany the issue fee. Such submissions should be clearly labeled "Comments on Statement of Reasons for Allowance."

Conclusion

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to PAUL KIM whose telephone number is (571) 270-7697. The examiner can normally be reached on Monday - Thursday, 8 AM - 4 PM EST.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Vivian Chin can be reached on (571) 272-7848. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free). If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

/P. K./
Examiner, Art Unit 2614

/VIVIAN CHIN/
Supervisory Patent Examiner, Art Unit 2614

Search Notes 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
381	313, 312, 91, 92, 122	1/27/2011	PK
381	95, 110, 122, 94.1, 94.2, 94.3, 94.7	12/2/2011	PK
704	226, 227, 233, 275	12/2/2011	PK

SEARCH NOTES		
Search Notes	Date	Examiner
EAST - see EAST search notes	1/26/2011	PK
Inventor search - Carlos Avendano	1/26/2011	PK
Search consultation - Xu Mei (Primary, AU 2614)	8/10/2011	PK
Updated search - see EAST search notes	12/2/2011	PK
Updated search - see EAST search notes	3/10/2012	PK

INTERFERENCE SEARCH			
Class	Subclass	Date	Examiner
USPGPUBS Text Search		12/2/2011	PK

/P. K./ Examiner.Art Unit 2614	
-----------------------------------	--

Issue Classification 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

ORIGINAL						INTERNATIONAL CLASSIFICATION												
CLASS		SUBCLASS				CLAIMED					NON-CLAIMED							
381		92				H	0	4	R	3 / 00 (2006.0)								
CROSS REFERENCE(S)																		
CLASS	SUBCLASS (ONE SUBCLASS PER BLOCK)																	
381	94.1	94.2	94.3	94.7	122													
704	226	227	233	275														

☐ Claims renumbered in the same order as presented by applicant ☐ CPA ☐ T.D. ☐ R.1.47															
Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original
1	1	18	17												
2	2	19	18												
3	3	20	19												
4	4	21	20												
5	5	22	21												
6	6	23	22												
7	7	24	23												
8	8	25	24												
9	9	26	25												
10	10	28	26												
11	11	14	27												
12	12	27	28												
13	13														
15	14														
16	15														
17	16														

/PAUL KIM/ Examiner.Art Unit 2614 (Assistant Examiner)	3/10/2012 (Date)	Total Claims Allowed: 28	
/VIVIAN CHIN/ Supervisory Patent Examiner.Art Unit 2614 (Primary Examiner)	03/11/2012 (Date)	O.G. Print Claim(s) 1	O.G. Print Figure 1a

EAST Search History

EAST Search History (Prior Art)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L1	2394	((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2012/03/10 13:22
L2	731	L1 and (delay\$5 and combin\$5)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2012/03/10 13:22
L3	193	L1 and ((delay\$5 same combin\$5) and ((primary or first) same second\$5))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2012/03/10 13:29
L4	9	l3 and (differential with microphone)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2012/03/10 13:29
L5	39	l1 and (differential with microphone)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2012/03/10 13:30
L6	5	l1 and (differential with microphone with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2012/03/10 13:30
S1	1	(11/699732).APP.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 05:56
S2	20	((CARLOS) near2 (AVENDANO)).INV.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	ON	2011/01/27 06:07
S3	53	("20010016020" "20010031053" "20020009203" "20020080980" "20020106092" "20020116187" "20030039369" "20030072460" "20030099345" "20030138116" "20030169891" "20050185813" "4649505" "4658426" "5208864" "5319736" "5381473" "5402496" "5574824" "5602962" "5694474" "5757937" "5796819" "6002776" "6061456" "6072881" "6222927" "6317501" "6363345" "6381176" "6430295" "6549630" "6584203" "6717991" "6738482" "6760450" "6760805" "6785381" "6795558" "6831865" "6882736" "6917688" "6978159" "7031478" "7089349" "7099821" "7142677" "7146316" "7155019" "7171008" "7174022" "7206418" "7246058").PN.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	ON	2011/01/27 06:09
S5	1	("20030147538").PN.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 07:30

S6	1	(11/343524).APP.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 07:33
S7	2615	(381/313,312,91,92,122).OCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/01/27 15:40
S8	55	("6381176" "20020116187" "20050185813" "5319736" "5402496" "7206418" "20030169891" "5796819" "6549630" "7146316" "6831865" "5381473" "6795558" "7099821" "7155019" "7246058" "20020106092" "20030072460" "6317501" "6760450" "5208864" "5574824" "6882736" "20030147538" "6760805" "20020009203" "20030039369" "6430295" "6584203" "6717991" "5602962" "6917688" "20010016020" "20030099345" "6002776" "6061456" "6363345" "7171008" "6978159" "20020080980" "5694474" "4658426" "5757937" "7142677" "7089349" "20010031053" "20030138116" "4649505" "6072881" "6222927" "6738482" "6785381" "7031478" "7174022" "20080260175").PN.	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 08:23
S9	1	("20060133621").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2011/12/02 08:26
S10	7369	speech with enhanc\$6	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:46
S11	1	(speech with enhanc\$6) same (primary with secondary with microphone\$2) same (different\$5 with microphone\$2 with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:48
S12	12	(speech with enhanc\$6) same (different\$5 with microphone\$2 with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:48
S13	111	(speech with enhanc\$6) and (different\$5 with microphone\$2 with array)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:49
S14	1	(speech with enhanc\$6) same (cardioid with primary with secondary with signal)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:52
S15	3	(speech with enhanc\$6) same (microphone\$2 with array) same (primary with secondary with signal)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 12:52
S16	6224	((381/91,92,95,110,122) or (704/226,233,275)).OCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 12:57
S17	1508	((381/94.1,94.2,94.3,94.7) or (704/227)).OCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 12:59
S18	1835	((((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer))) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer))) and (distance or separat\$4)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:03

S19	2321	((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:04
S20	9	(inter-microphone with level with differenc\$4)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:06
S21	21458	(inter with (level or microphone))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:10
S22	58	S19 and S21	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:11
S25	6224	((381/91,92,95,110,122) or (704/226,233,275)).OCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 13:54
S26	1835	((speech or primary or mouth or voice) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer)) same ((noise or reference or ambien\$3 or environment\$4 or secondary) near2 (microphone or mic\$2 or sensor or transducer))) and (distance or separat\$4)	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:54
S27	164	S26 and S25	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:54
S28	1508	((381/94.1,94.2,94.3,94.7) or (704/227)).OCLS.	US-PGPUB; USPAT	OR	OFF	2011/12/02 13:55
S29	67	S26 and S28	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
S30	21458	(inter with (level or microphone))	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
S31	80	S30 and S25	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55
S32	33	S30 and S28	US-PGPUB; USPAT	ADJ	OFF	2011/12/02 13:55

3/ 10/ 2012 1:31:04 PM

C:\Users\pkim2\Documents\EAST\Workspaces\11699732.wsp

<i>Index of Claims</i> 	Application/Control No. 11699732	Applicant(s)/Patent Under Reexamination AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614

✓	Rejected	-	Cancelled	N	Non-Elected	A	Appeal
=	Allowed	÷	Restricted	I	Interference	O	Objected

☐ Claims renumbered in the same order as presented by applicant											☐ CPA											☐ T.D.											☐ R.1.47										
CLAIM		DATE																																									
Final	Original	01/27/2011	12/02/2011	03/10/2012																																							
1	1	✓	✓	=																																							
2	2	✓	✓	=																																							
3	3	✓	✓	=																																							
4	4	✓	✓	=																																							
5	5	✓	✓	=																																							
6	6	✓	✓	=																																							
7	7	✓	✓	=																																							
8	8	✓	✓	=																																							
9	9	✓	✓	=																																							
10	10	✓	✓	=																																							
11	11	✓	✓	=																																							
12	12	✓	✓	=																																							
13	13	✓	✓	=																																							
15	14	✓	✓	=																																							
16	15	✓	✓	=																																							
17	16	✓	✓	=																																							
18	17	✓	✓	=																																							
19	18	✓	✓	=																																							
20	19	✓	✓	=																																							
21	20	✓	✓	=																																							
22	21	✓	✓	=																																							
23	22	✓	✓	=																																							
24	23	✓	✓	=																																							
25	24	✓	✓	=																																							
26	25	✓	✓	=																																							
28	26	✓	✓	=																																							
14	27		✓	=																																							
27	28		✓	=																																							

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (01-10)

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Paul Kim	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1	4535473		1985-08-13	Sakata, Tomio			
	2	7949522		2011-05-24	Hetherington et al.			
If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.							Add	
U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1							
If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.							Add	
FOREIGN PATENT DOCUMENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² j	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐
If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button							Add	
NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS							Remove	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Paul Kim	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1		☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button **Add**

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732
	Filing Date	2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano
	Art Unit	2614
	Examiner Name	Paul Kim
	Attorney Docket Number	PA3909US

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☒ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☒ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/James W. Drapinski/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-04-18
Name/Print	James W. Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

IN THE
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Carlos Avendano

APPLICATION NO.: 11/699,732

FILED: January 29, 2007

TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional Microphones
for Speech Enhancement

EXAMINER: Paul Kim

GROUP ART UNIT: 2614

CONFIRMATION NO.: 7721

ATTY.DKT.NO.: PA3909US

MAIL STOP AMENDMENT
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

SUPPLEMENTAL INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Under 37 C.F.R. § 1.56, and 1.97-1.98
& Statement Under 37 C.F.R. § 1.97(e)(2)

SIR:

Pursuant to the provisions of 37 C.F.R. §§ 1.56 and 1.97-98 of the Rules of Practice in Patent Cases, enclosed herewith is form PTO-SB-08, listing several references. The Examiner is requested to make these references of official record in the application.

The references cited may be material to examination of the application and are submitted in compliance with the Applicant's duty of disclosure as defined by 37 C.F.R. § 1.56.

Additionally, the Applicant wishes to make the Examiner aware of, and invite the Examiner to consider, as is appropriate, the following office actions from the following U.S. patent applications:

- Notice of Allowance mailed February 13, 2012 in U.S. patent application number 11/441,675, filed May 25, 2006.
- Notice of Allowance mailed March 20, 2012 in U.S. patent application number 12/004,896, filed December 21, 2007.
- Office Action mailed March 16, 2012 in U.S. patent application number 12/077,436, filed March 18, 2008.
- Office Action mailed March 14, 2012 in U.S. patent application number 12/217,076, filed June 30, 2008.
- Notice of Allowance mailed February 28, 2012 in U.S. patent application number 12/286,909, filed October 2, 2008.
- Office Action mailed April 10, 2012 in U.S. patent application number 12/286,995, filed October 2, 2008.
- Office Action mailed April 16, 2012 in U.S. patent application number 12/319,107, filed December 31, 2008.

No representation is made or intended as to the completeness of this list, nor is the inclusion of any reference on this list an admission that it is prior art or pertinent to this application.

Applicant hereby declares, pursuant to 37 C.F.R. § 1.97(e)(2), that no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application and, to the knowledge of the person signing the certification after having made a reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 C.F.R. § 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement.

The Commissioner is hereby authorized to charge any necessary fee to Account Number 06-0600.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

April 18, 2012

By: /James W. Drapinski/
James W. Drapinski, Reg. No. 46,242
Carr & Ferrell LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
TEL: (650) 812-3400
FAX: (650) 812-3444

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:		11699732		
Filing Date:		29-Jan-2007		
Title of Invention:		SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT		
First Named Inventor/Applicant Name:		Carlos Avendano		
Filer:		James William Drapinski/Justin Chang		
Attorney Docket Number:		PA3909US		
Filed as Small Entity				
Utility under 35 USC 111(a) Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Extension-of-Time:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Miscellaneous:				
Submission- Information Disclosure Stmt	1806	1	180	180
Total in USD (\$)				180

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	12567955
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	James William Drapinski
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	18-APR-2012
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	15:10:20
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$ 180
RAM confirmation Number	1668
Deposit Account	060600
Authorized User	
<p>The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows:</p> <p>Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.16 (National application filing, search, and examination fees)</p> <p>Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.17 (Patent application and reexamination processing fees)</p>	

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.19 (Document supply fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.20 (Post Issuance fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	Audience_3909US_SB08.pdf	612319	no	4
			3db0ab0a14a06f4c1db2408cd0ab0946bf2e0920		
Warnings:					
Information:					
2	Transmittal Letter	Audience_3909US_SIDS_Transmittal_Letter.pdf	77959	no	3
			64148b2a63933409a18fbc427c5d1e175ceb15a9		
Warnings:					
Information:					
3	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	30597	no	2
			0cf1c0b86bdfc8d968eb61f296bf4d96ca614173		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			720875		

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830	7590	04/30/2012		
CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			EXAMINER KIM, PAUL	
			ART UNIT 2614	PAPER NUMBER
			MAIL DATE 04/30/2012	DELIVERY MODE PAPER

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.



UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
U.S. Patent and Trademark Office

Address : COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

APPLICATION NO./ CONTROL NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR / PATENT IN REEXAMINATION	ATTORNEY DOCKET NO.
11/699,732	29 January, 2007	AVENDANO, CARLOS	PA3909US

CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025		EXAMINER	
		PAUL KIM	
		ART UNIT	PAPER
		2614	20120329

DATE MAILED:

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

Commissioner for Patents

The information disclosure statement (IDS) submitted on 3/14/2012 and 4/18/2012 is in compliance with the provisions of 37 CFR 1.97. Accordingly, the information disclosure statement is being considered by the examiner.

/P. K./
Examiner, Art Unit 2614

Receipt date: 04/18/2012

11699732 - GALL:2614

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Paul Kim		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1	4535473		1985-08-13	Sakata, Tomio			
	2	7949522		2011-05-24	Hetherington et al.			
If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.							Add	
U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1							
If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.							Add	
FOREIGN PATENT DOCUMENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² j	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐
If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button							Add	
NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS							Remove	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 04/18/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Paul Kim	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1		☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button Add			
EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature	/Paul Kim/		Date Considered 04/20/2012
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.			
<small> ¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached. </small>			

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date	2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Paul Kim	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☒ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☒ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/James W. Drapinski/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-04-18
Name/Print	James W. Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

Receipt date: 03/14/2012

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

11699732 - GALL:2614

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732
	Filing Date		2007-01-29
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

U.S.PATENTS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	3976863		1976-08-24	Engel	
	2	3978287		1976-08-31	Fletcher, et al.	
	3	4137510		1979-01-30	Iwahara	
	4	4433604		1984-02-28	Ott	
	5	4516259		1985-05-07	Yato, et al.	
	6	4536844		1985-08-20	Lyon	
	7	4581758		1986-04-08	Coker, et al.	
	8	4628529		1986-12-09	Borth, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	9	4630304		1986-12-16	Borth, et al.	
	10	4674125		1987-06-16	Carlson, et al.	
	11	4718104		1988-01-05	Anderson	
	12	4811404		1989-03-07	Vilmur, et al.	
	13	4812996		1989-03-14	Stubbs	
	14	4864620		1989-09-05	Bialick	
	15	4920508		1990-04-24	Yassaie, et al.	
	16	5027410		1991-06-25	Williamson, et al.	
	17	5054085		1991-10-01	Meisel, et al.	
	18	5058419		1991-10-22	Nordstrom, et al.	
	19	5099738		1992-03-31	Hotz	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	20	5119711		1992-06-09	Bell, et al.	
	21	5142961		1992-09-01	Paroutaud	
	22	5150413		1992-09-22	Nakatani, et al.	
	23	5175769		1992-12-29	Hejna, Jr., et al.	
	24	5187776		1993-02-16	Yanker	
	25	5210366		1993-05-11	Sykes, Jr.	
	26	5224170		1993-06-29	Waite, Jr.	
	27	5230022		1993-07-20	Sakata	
	28	5323459		1994-06-21	Hirano	
	29	5341432		1994-08-23	Suzuki, et al.	
	30	5381512		1995-01-10	Holton, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	31	5400409		1995-03-21	Linhard	
	32	5402493		1995-03-28	Goldstein	
	33	5471195		1995-11-28	Rickman	
	34	5473702		1995-12-05	Yoshida, et al.	
	35	5473759		1995-12-05	Slaney, et al.	
	36	5479564		1995-12-26	Vogten, et al.	
	37	5502663		1996-03-26	Lyon	
	38	5544250		1996-08-06	Urbanski	
	39	5583784		1996-12-10	Kapust, et al.	
	40	5587998		1996-12-24	Velardo, Jr., et al.	
	41	5590241		1996-12-31	Park, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	42	5675778		1997-10-07	Jones	
	43	5682463		1997-10-28	Allen, et al.	
	44	5706395		1998-01-06	Arslan, et al.	
	45	5717829		1998-02-10	Takagi	
	46	5729612		1998-03-17	Abel, et al.	
	47	5732189		1998-03-24	Johnston, et al.	
	48	5749064		1998-05-05	Pawate, et al.	
	49	5792971		1998-08-11	Timis, et al.	
	50	5806025		1998-09-08	Vis, et al.	
	51	5809463		1998-09-15	Gupta, et al.	
	52	5825320		1998-10-20	Miyamori, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	53	5839101		1998-11-17	Vahatalo, et al.	
	54	5920840		1999-07-06	Satyamurti, et al.	
	55	5933495		1999-08-03	Oh	
	56	5943429		1999-08-24	Handel	
	57	5956674		1999-09-21	Smyth, et al.	
	58	5974380		1999-10-26	Smyth, et al.	
	59	5978824		1999-11-02	Ikeda	
	60	5983139		1999-11-09	Zierhofer	
	61	5990405		1999-11-23	Auten, et al.	
	62	6097820		2000-08-01	Turner	
	63	6108626		2000-08-22	Cellario, et al.	

Receipt date: 03/14/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	64	6122610		2000-09-19	Isabelle	
	65	6134524		2000-10-17	Peters, et al.	
	66	6137349		2000-10-24	Menkhoff, et al.	
	67	6140809		2000-10-31	Doi	
	68	6173255		2001-01-09	Wilson, et al.	
	69	6180273		2001-01-30	Okamoto	
	70	6216103		2001-04-10	Wu, et al.	
	71	6223090		2001-04-24	Brungart	
	72	6226616		2001-05-01	You, et al.	
	73	6263307		2001-07-17	Arslan, et al.	
	74	6266633		2001-07-24	Higgins, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	75	6339758		2002-01-15	Kanazawa, et al.	
	76	6355869		2002-03-12	Mitton	
	77	6381570		2002-04-30	Li, et al.	
	78	6434417		2002-08-13	Lovett	
	79	6449586		2002-09-10	Hoshuyama	
	80	6469732		2002-10-22	Chang, et al.	
	81	6487257		2002-11-26	Gustafsson, et al.	
	82	6496795		2002-12-17	Malvar	
	83	6513004		2003-01-28	Rigazio, et al.	
	84	6516066		2003-02-04	Hayashi	
	85	6529606		2003-03-04	Jackson, Jr. II, et al.	

Receipt date: 03/14/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	86	6622030		2003-09-16	Romesburg, et al.	
	87	6718309		2004-04-06	Selly	
	88	6792118		2004-09-14	Watts	
	89	6798886		2004-09-28	Smith, et al.	
	90	6810273		2004-10-26	Mattila, et al.	
	91	6915264		2005-07-05	Baumgarte	
	92	6944510		2005-09-13	Ballesty, et al.	
	93	6982377		2006-01-03	Sakurai, et al.	
	94	6999582		2006-02-14	Popovic, et al.	
	95	7016507		2006-03-21	Brennan	
	96	7020605		2006-03-28	Gao	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	97	7054452		2006-05-30	Ukita	
	98	7065485		2006-06-20	Chong-White, et al.	
	99	7076315		2006-07-11	Watts	
	100	7092529		2006-08-15	Yu, et al.	
	101	7092882		2006-08-15	Arrowood, et al.	
	102	7164620		2007-01-16	Hoshuyama	
	103	7171246		2007-01-30	Mattila, et al.	
	104	7209567		2007-04-24	Kozel, et al.	
	105	7225001		2007-05-29	Eriksson, et al.	
	106	7242762		2007-07-10	He, et al.	
	107	7254242		2007-08-07	Ise, et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	108	7359520		2008-04-15	Brennan, et al.	
	109	7412379		2008-08-12	Taori, et al.	
	110	7433907		2008-10-07	Nagai, et al.	
	111	7555434		2009-06-30	Nomura, et al.	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

Add

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Remove

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20020002455		2002-01-03	Accardi, Anthony J. ; et al.	
	2	20020133334		2002-09-19	Coorman, Geert ; et al.	
	3	20020147595		2002-10-10	Baumgarte, Frank	
	4	20020184013		2002-12-05	Walker, Michael	
	5	20030014248		2003-01-16	Vetter, Rolf	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	6	20030033140		2003-02-13	Taori, Rakesh ; et al.	
	7	20030040908		2003-02-27	Yang, Feng ; et al.	
	8	20030063759		2003-04-03	Brennan, Robert L. ; et al.	
	9	20030095667		2003-05-22	Watts, Lloyd	
	10	20030101048		2003-05-29	Liu, Chia-Hong	
	11	20030103632		2003-06-05	Goubran, Rafik ; et al.	
	12	20030128851		2003-07-10	Furuta, Satoru	
	13	20030228023		2003-12-11	Burnett, Gregory C. ; et al.	
	14	20040013276		2004-01-22	Ellis, Richard Thompson ; et al.	
	15	20040047464		2004-03-11	Yu, Zhuliang ; et al.	
	16	20040057574		2004-03-25	Faller, Christof	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	17	20040078199		2004-04-22	Kremer, Hanoh ; et al.	
	18	20040131178		2004-07-08	Shahaf, Mark ; et al.	
	19	20040165736		2004-08-26	Hetherington, Phil ; et al.	
	20	20040196989		2004-10-07	Friedman, Sol ; et al.	
	21	20040263636		2004-12-30	Cutler, Ross ; et al.	
	22	20050025263		2005-02-03	Wu, Gin-Der	
	23	20050027520		2005-02-03	Mattila, Ville-Veikko ; et al.	
	24	20050216259		2005-09-29	Watts, Lloyd	
	25	20050228518		2005-10-13	Watts, Lloyd	
	26	20050288923		2005-12-29	Kok, Chi-Wah	
	27	20060072768		2006-04-06	Schwartz; Stephen R. ; et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	28	20060098809		2006-05-11	Nongpiur; Rajeev ; et al.	
	29	20060133621		2006-06-22	Chen; Juin-Hwey ; et al.	
	30	20060149535		2006-07-06	Choi; Woo Young ; et al.	
	31	20060184363		2006-08-17	McCree; Alan ; et al.	
	32	20060198542		2006-09-07	Benjelloun Touimi; Abdellatif ; et al.	
	33	20060222184		2006-10-05	Buck; Markus ; et al.	
	34	20070067166		2007-03-22	Pan; Xingde ; et al.	
	35	20070094031		2007-04-26	Chen; Juin-Hwey	
	36	20070100612		2007-05-03	Ekstrand; Per ; et al.	
	37	20070195968		2007-08-23	Jaber; Marwan	
	38	20070230712		2007-10-04	Belt; Harm Jan Willem ; et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Receipt date: 03/14/2012		Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
			Filing Date	2007-01-29	
			First Named Inventor	Carlos Avendano	
			Art Unit	2614	
			Examiner Name	Kim, Paul	
			Attorney Docket Number	PA3909US	

	39	20070276656		2007-11-29	Solbach; Ludger ; et al.	
	40	20080033723		2008-02-07	Jang; Giljin ; et al.	
	41	20080140391		2008-06-12	Yen; Ming Hsiang ; et al.	
	42	20080201138		2008-08-21	Visser; Erik ; et al.	
	43	20080228478		2008-09-18	Hetherington; Phillip A. ; et al.	
	44	20090012783		2009-01-08	Klein; David	
	45	20090012786		2009-01-08	Zhang; Xianxian ; et al.	
	46	20090129610		2009-05-21	Kim; Kyu-hong ; et al.	
	47	20090220107		2009-09-03	Every; Mark ; et al.	
	48	20090238373		2009-09-24	Klein; David	
	49	20090253418		2009-10-08	Makinen; Jorma	

Receipt date: 03/14/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	50	20090271187		2009-10-29	Yen; Kuan-Chieh ; et al.	
	51	20090323982		2009-12-31	Solbach; Ludger ; et al.	
	52	20100094643		2010-04-15	Avendano; Carlos ; et al.	
	53	20100278352		2010-11-04	Petit; Nicolas ; et al.	
	54	20110178800		2011-07-21	Watts; Lloyd	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. **Add**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								Remove
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² ;	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	5053587	JP		1993-03-05	Nakada		☐
	2	2003/069499	WO		2003-08-21	Watts		☐
	3	2010/005493	WO		2010-01-14	Solbach et al.		☐
	4	2007/140003	WO		2007-12-06	Solbach et al.		☐

Receipt date: 03/14/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	5	2003/043374	WO		2003-05-22	Watts		☐
	6	2001/74118	WO		2001-10-04	Watts		☐
	7	2007/081916	WO		2007-07-19	Avendano et al.		☐
	8	11-249693	JP		1999-09-17	Takano et al.		☐
	9	10-313497	JP		1998-11-24	Aoki et al.		☐
	10	2005195955	JP		2005-07-21	Amada et al.		☐
	11	2005110127	JP		2005-04-21	Takahashi		☐
	12	2004/010415	WO		2004-01-29	Nomura et al.		☐
	13	2004053895	JP		2004-02-19	Osamu et al.		☐
	14	2005518118	JP		2005-06-16	Watts		☐
	15	2003069499	WO		2003-08-21	Watts		☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	16	2004531767	JP		2004-10-14	Brandman		☐
	17	2002103676	WO		2002-12-27	Brandman		☐
	18	2005148274	JP		2005-06-09	Nagai et al.		☐
	19	2002080362	WO		2002-10-10	Ekstrand		☐
	20	2004533155	JP		2004-10-28	Ekstrand		☐
	21	05-172865	JP		1993-07-13	Waite		☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button **Add**

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Remove

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵
	1		☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button **Add**

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/Paul Kim/	Date Considered	03/29/2012
--------------------	------------	-----------------	------------

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date	2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlos Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/James W. Drapinski/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-03-14
Name/Print	James W. Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

Receipt date: 03/14/2012

11699732 - GALL:2614

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

U.S.PATENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1							
If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.							Add	
U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear		
	1							
If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.							Add	
FOREIGN PATENT DOCUMENTS							Remove	
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1							☐
If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button							Add	
NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS							Remove	
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.						T ⁵

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

1	BOLL, STEVEN F. "Suppression of Acoustic Noise in Speech using Spectral Subtraction", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. ASSP-27, No. 2, April 1979, pgs. 113-120.	☐
2	BOLL, STEVEN F. "Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction", Dept. of Computer Science, University of Utah Salt Lake City, Utah, April 1979, pp. 18-19.	☐
3	DAHL, MATTIAS et al., "Simultaneous Echo Cancellation and Car Noise Suppression Employing a Microphone Array", 1997 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, April 21-24, pgs. 239-242.	☐
4	"ENT 172." Instructional Module. Prince George's Community College Department of Engineering Technology. Accessed: October 15, 2011. Subsection: "Polar and Rectangular Notation". < http://academic.ppgcc.edu/ent/ent172_instr_mod.html >	☐
5	FULGHUM, D. P. et al., "LPC Voice Digitizer with Background Noise Suppression", 1979 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pgs. 220-223.	☐
6	GRAUPE, DANIEL et al., "Blind Adaptive Filtering of Speech from Noise of Unknown Spectrum Using a Virtual Feedback Configuration", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, March 2000, vol. 8, no. 2, pgs. 146-158.	☐
7	HAYKIN, SIMON et al. "Appendix A.2 Complex Numbers." Signals and Systems. 2nd Ed. 2003. pg. 764	☐
8	HERMANISKY, HYNEK "Should Recognizers Have Ears?", In Proc. ESCA Tutorial and Research Workshop on Robust Speech Recognition for Unknown Communication Channels, pages 1-10, France 1997.	☐
9	HOHMANN, V. "Frequency Analysis and Synthesis Using a Gammatone Filterbank", ACTA Acustica United with Acustica, 2002, Vol. 88, pages 433-442.	☐
10	JEFFRESS, LLOYD A. et al. "A Place Theory of Sound Localization," Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1948, vol. 41, p. 35-39.	☐
11	JEONG, HYUK et al., "Implementation of a New Algorithm Using the STFT with Variable Frequency Resolution for the Time-Frequency Auditory Model", J. Audio Eng. Soc., April 1999, Vol. 47, No. 4., pages 240-251.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

12	KATES, JAMES M. "A Time-Domain Digital Cochlear Model", IEEE Transactions on Signal Processing, December 1991, Vol. 39, No. 12, pages 2573-2592.	☐
13	LAZZARO, JOHN et al., "A Silicon Model of Auditory Localization," Neural Computation Spring 1989, vol. 1, pgs. 47-57, Massachusetts Institute of Technology.	☐
14	LIPPMANN, RICHARD P. "Speech Recognition by Machines and Humans", Speech Communication, July 1997, vol. 22, no. 1, pgs. 1-15	☐
15	MARTIN, RAINER "Spectral Subtraction Based on Minimum Statistics", in Proceedings Europe. Signal Processing Conf., 1994, pgs. 1182-1185	☐
16	MITRA, SANJIT K. Digital Signal Processing: a Computer-based Approach. 2nd Ed. 2001. pgs. 131-133	☐
17	WATTS, LLOYD Narrative of Prior Disclosure of Audio Display on Feb. 15, 2000 and May 31, 2000.	☐
18	COSI, PIERO et al. (1996), "Lyon's Auditory Model Inversion: a Tool for Sound Separation and Speech Enhancement," Proceedings of ESCA Workshop on 'The Auditory Basis of Speech Perception,' Keele University, Keele (UK), 15-19 July, 1996, pp. 194-197.	☐
19	RABINER, LAWRENCE R. et al. "Digital Processing of Speech Signals", (Prentice-Hall Series in Signal Processing). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1978.	☐
20	WEISS, RON et al., "Estimating Single-Channel Source Separation Masks: Relevance Vector Machine Classifiers vs. Pitch-Based Masking", Workshop on Statistical and Perceptual Audio Processing, 2006.	☐
21	SCHIMMEL, STEVEN et al., "Coherent Envelope Detection for Modulation Filtering of Speech," 2005 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 1, no. 7, pgs 221-224.	☐
22	SLANEY, MALCOM, "Lyon's Cochlear Model", Advanced Technology Group, Apple Technical Report #13, Apple Computer, Inc., 1988, pp 1-79	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

23	SLANEY, MALCOM, et al. "Auditory Model Inversion for Sound Separation," 1994 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, April 19-22, vol. 2, pgs 77-80.	☐
24	SLANEY, MALCOM. "An Introduction to Auditory Model Inversion", Interval Technical Report IRC 1994-014, http://coweb.ecn.purdue.edu/~maclom/interval/1994-014/ , September 1994, accessed on July 6, 2010	☐
25	SOLBACH, LUDGER "An Architecture for Robust Partial Tracking and Onset Localization in Single Channel Audio Signal Mixes", Technical University Hamburg-Harburg, 1998.	☐
26	STAHL, V. et al., "Quantile Based Noise Estimation for Spectral Subtraction and Wiener Filtering," 2000 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, June 5-9, vol.3, pgs. 1875-1878	☐
27	Syntrillium Software Corporation, "Cool Edit User's Manual", 1996, pp. 1-74.	☐
28	TCHORZ, JURGEN et al., "SNR Estimation Based on Amplitude Modulation Analysis with Applications to Noise Suppression", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Vol. 11, No. 3, May 2003, pgs. 184-192.	☐
29	WATTS, LLOYD, "Robust Hearing Systems for Intelligent Machines," Applied Neurosystems Corporation, 2001, pp. 1-5.	☐
30	YOO, HEEJONG et al., "Continuous-Time Audio Noise Suppression and Real-Time Implementation", 2002 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, May 13-17, pgs. IV3980-IV3983.	☐
31	International Search Report dated June 8, 2001 in Application No. PCT/US01/08372	☐
32	International Search Report dated April 3, 2003 in Application No. PCT/US02/36946	☐
33	International Search Report dated May 29, 2003 in Application No. PCT/US03/04124	☐

Receipt date: 03/14/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	34	International Search Report and Written Opinion dated October 19, 2007 in Application No. PCT/US07/00463	☐
	35	International Search Report and Written Opinion dated April 9, 2008 in Application No. PCT/US07/21654	☐
	36	International Search Report and Written Opinion dated September 16, 2008 in Application No. PCT/US07/12628	☐
	37	International Search Report and Written Opinion dated October 1, 2008 in Application No. PCT/US08/08249	☐
	38	International Search Report and Written Opinion dated May 11, 2009 in Application No. PCT/US09/01667	☐
	39	International Search Report and Written Opinion dated August 27, 2009 in Application No. PCT/US09/03813	☐
	40	International Search Report and Written Opinion dated May 20, 2010 in Application No. PCT/US09/06754	☐
	41	FAST COCHLEA TRANSFORM, US Trademark Reg. No. 2,875,755 (August 17, 2004).	☐
	42	DAHL, MATTIAS et al., "Acoustic Echo and Noise Cancelling Using Microphone Arrays", International Symposium on Signal Processing and its Applications, ISSPA, Gold coast, Australia, August 25-30, 1996, pgs. 379-382.	☐
	43	DEMOL, M. et al. "Efficient Non-Uniform Time-Scaling of Speech With WSOLA for CALL Applications", Proceedings of InSTIL/ICALL2004 - NLP and Speech Technologies in Advanced Language Learning Systems - Venice 17-19 June, 2004.	☐
	44	LAROCHE, JEAN. "TIME AND PITCH SCALE MODIFICATION OF AUDIO SIGNALS", in "Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics", The Kluwer International Series in Engineering and Computer Science, Volume 437, pgs. 279-309, 2002.	☐

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date		2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano		
	Art Unit	2614		
	Examiner Name	Kim, Paul		
	Attorney Docket Number	PA3909US		

	45	MOULINES, ERIC et al., "Non-Parametric Techniques for Pitch-Scale and Time-Scale Modification of Speech", Speech Communication, Vol. 16, pgs. 175-205, 1995.	☐
	46	VERHELST, WERNER, "Overlap-Add Methods for Time-Scaling of Speech", Speech Communication Vol. 30, pgs 207-221, 2000.	☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button Add			
EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature	/Paul Kim/		Date Considered 03/29/2012
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.			
<small> ¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached. </small>			

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	11699732	11699732 - GAU: 2614
	Filing Date	2007-01-29	
	First Named Inventor	Carlose Avendano	
	Art Unit	2614	
	Examiner Name	Kim, Paul	
	Attorney Docket Number	PA3909US	

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ None

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/James W. Drapinski/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-03-14
Name/Print	James W. Drapinski	Registration Number	46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /P.K./

PART B - FEE(S) TRANSMITTAL

**Complete and send this form, together with applicable fee(s), to: Mail Mail Stop ISSUE FEE
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
or Fax (571)-273-2885**

INSTRUCTIONS: This form should be used for transmitting the ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). Blocks 1 through 5 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Patent, advance orders and notification of maintenance fees will be mailed to the current correspondence address as indicated unless corrected below or directed otherwise in Block 1, by (a) specifying a new correspondence address; and/or (b) indicating a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications.

CURRENT CORRESPONDENCE ADDRESS (Note: Use Block 1 for any change of address)

Note: A certificate of mailing can only be used for domestic mailings of the Fee(s) Transmittal. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawing, must have its own certificate of mailing or transmission.

22830 7590 03/15/2012
CARR & FERRELL LLP
120 CONSTITUTION DRIVE
MENLO PARK, CA 94025

Certificate of Mailing or Transmission

I hereby certify that this Fee(s) Transmittal is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage for first class mail in an envelope addressed to the Mail Stop ISSUE FEE address above, or being facsimile transmitted to the USPTO (571) 273-2885, on the date indicated below.

(Depositor's name)
(Signature)
(Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721

TITLE OF INVENTION: SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	YES	\$870	\$300	\$0	\$1170	06/15/2012

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
KIM, PAUL	2614	381-092000

1. Change of correspondence address or indication of "Fee Address" (37 CFR 1.363).
☐ Change of correspondence address (or Change of Correspondence Address form PTO/SB/122) attached.
☐ "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev. 03-02 or more recent) attached. **Use of a Customer Number is required.**

2. For printing on the patent front page, list
(1) the names of up to 3 registered patent attorneys or agents OR, alternatively, 1 Carr & Ferrell LLP
(2) the name of a single firm (having as a member a registered attorney or agent) and the names of up to 2 registered patent attorneys or agents. If no name is listed, no name will be printed. 2 _____
3 _____

3. ASSIGNEE NAME AND RESIDENCE DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type)

PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified below, no assignee data will appear on the patent. If an assignee is identified below, the document has been filed for recordation as set forth in 37 CFR 3.11. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment.

(A) NAME OF ASSIGNEE

(B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY)

Audience, Inc.

Mountain View, CA

Please check the appropriate assignee category or categories (will not be printed on the patent): ☐ Individual ☒ Corporation or other private group entity ☐ Government

4a. The following fee(s) are submitted:

- ☒ Issue Fee
☒ Publication Fee (No small entity discount permitted)
☐ Advance Order - # of Copies _____

4b. Payment of Fee(s): (Please first reapply any previously paid issue fee shown above)

- ☐ A check is enclosed.
☐ Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.
☒ The Director is hereby authorized to charge the required fee(s), any deficiency, or credit any overpayment, to Deposit Account Number 060600 (enclose an extra copy of this form).

5. Change in Entity Status (from status indicated above)

- ☐ a. Applicant claims SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27. ☐ b. Applicant is no longer claiming SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27(g)(2).

NOTE: The Issue Fee and Publication Fee (if required) will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the United States Patent and Trademark Office.

Authorized Signature /James W. Drapinski/

Date May 1, 2012

Typed or printed name James W. Drapinski

Registration No. 46,242

This collection of information is required by 37 CFR 1.311. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Carlos Avendano
SERIAL NO.: 11/699,732
FILED: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement
EXAMINER: Paul Kim
GROUP ART UNIT: 2614
CONFIRMATION NO.: 7721
ATTY. DKT. NO.: PA3909US

AMENDMENT AFTER ALLOWANCE PURSUANT TO 37 CFR § 1.312

Examiner Kim:

The Applicant submits this amendment after allowance per 37 C.F.R. § 1.312. This amendment seeks to amend the **specification** as listed beginning on **page two** and the **claims** as listed beginning on **page 10**. The Applicant's **remarks** begin on **page 17**, and the **conclusion** is provided on **page 18**.

IN THE SPECIFICATION

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0001] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0001] The present application claims the priority benefit of U.S. Provisional Patent Application No. 60/850,928, filed October 10, 2006, and entitled "Array Processing Technique for Producing Long-Range ILD Cues with Omni-Directional Microphone Pair;" the present application is also a continuation-in-part of U.S. Patent Application No. 11/343,524, and entitled "System and Method for Utilizing Inter-Microphone Level Differences for Speech Enhancement," which claims the priority benefit of U.S. Provisional Patent Application No. 60/756,826, filed January 5, 2006, and entitled "Inter-Microphone Level Difference Suppressor," ~~both~~ all of which are herein incorporated by reference.

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0005] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0005] A solution to the distance constraint may be obtained by using directional microphones. Using directional microphones ~~allow~~ allows a user to extend an effective level difference between the two microphones over a larger range with a narrow inter-level difference (ILD) beam. This may be desirable for applications such as push-to-talk (PTT) or videophones where a speech source is not in as close a proximity to the microphones, as for example, a telephone application.

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0026] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0026] Referring now to FIG. 2, the exemplary audio device 104 is shown in more detail. In exemplary embodiments, the audio device 104 is an audio receiving device that comprises a processor 202, the primary microphone 106, the secondary microphone 108, an audio processing engine 204, and an output device 206. The audio device 104 may comprise further components necessary for audio device 104 operations. The audio processing engine 204 will be discussed in more detail[[s]] in connection with FIG. 3.

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0029] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0029] FIG. 3 is a detailed block diagram of the exemplary audio processing engine 204, according to one embodiment of the present invention. In exemplary embodiments, the audio processing engine 204 is embodied within a memory device. In operation, the acoustic signals (i.e., X_1 and X_2) received from the primary and secondary microphones 106 and 108 are converted to electric signals and processed through a differential microphone array (DMA) module 302. The DMA module 302 is configured to use DMA theory to create directional patterns for the close-spaced microphones 106 and 108. The DMA module 302 may determine sounds and signals in a front and back cardioid region about the audio device 104 by delaying and subtracting the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Signals (i.e., sounds) received from these cardioid regions are hereinafter referred to as cardioid signals. In one example, sounds from a ~~sound~~audio source 102 within the cardioid region are transmitted by the primary microphone 106 as a cardioid primary signal. Sounds from the same ~~sound~~audio source 102 are transmitted by the secondary microphone 108 as a cardioid secondary signal.

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0035] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0035] Referring to FIG. 4a, one implementation of the DMA module 302, frequency analysis module 304, energy module 306, and the ILD module 308 is provided. In this implementation, the acoustic signals received by the microphones 106 and 108 are processed by the DMA module 302. The exemplary DMA module 302 delays the primary acoustic signal, X_1 , via a delay node 402, z^{-1} . Similarly, the DMA module 302 delays the secondary acoustic signal, X_2 , via a second delay node ~~[[40]]~~404, z^{-2} .

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0038] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0038] The energy module 306 takes the signals from the frequency analysis module 304 and calculates the power estimates associated with the cardioid primary signal (C_f) and the cardioid secondary ~~signal~~signal (C_b). In exemplary embodiments, the power estimates may be mathematically determined by squaring and integrating an absolute value of the output of the frequency analysis module 304. Power estimates of the signals from the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are referred to herein as components. For example, the energy level associated with the primary microphone signal may be determined by

$$E_f(t, \omega) = \int_{\text{frame}} |C_f(t', \omega)|^2 dt',$$

and the energy level associated with the secondary microphone signal may be determined by

$$E_b(t, \omega) = \int_{\text{frame}} |C_b(t', \omega)|^2 dt'.$$

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0039] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0039] Given the calculated energy levels, the ILD may be determined by the ILD module 308. In exemplary embodiments, the ILD is determined in a non-linear manner by taking a ratio of the energy levels, such as

$$ILD(t, \omega) = E_f(t, \omega) / E_b(t, \omega)$$

Applying the determined energy levels to this ILD equation[[s]] results in

$$ILD(t, \omega) = \frac{\int |C_f(t', \omega)|^2 dt'}{\int_{\text{frame}} |C_b(t', \omega)|^2 dt'}$$

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0044] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0044] $\lambda_l(t, \omega)$ in the above equation is derived from the ILD approximated by the ILD module 308, as

$$\lambda_l(t, \omega) = \begin{cases} \approx 0 & \text{if } ILD(t, \omega) < \text{threshold} \\ \approx 1 & \text{if } ILD(t, \omega) > \text{threshold} \end{cases}$$

That is, when ILD at the primary microphone 106 is smaller than a threshold value (e.g., *threshold* = 0.5) above which speech is expected to be, λ_l is small, and thus the noise estimator follows the noise closely. When ILD starts to rise (e.g., because speech is present within the large ILD region), λ_l increases. As a result, the noise estimate module 312 slows down the noise estimation process and the speech energy does not contribute significantly to the final noise estimate. Therefore, exemplary embodiments of the present invention may use a combination of minimum statistics and voice activity detection to determine the noise estimate.

PLEASE REPLACE PARAGRAPHS [0047]-[0048] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPHS:

[0047] ϕ in the above exemplary Wiener filter equation is a factor which further limits the noise estimate. ϕ can be any positive value. In one embodiment, nonlinear expansion may be obtained by setting ϕ to 2. According to exemplary embodiments, ϕ is determined empirically and applied when a body of $[[W=]]W = \left(\frac{P_s}{P_s + P_n} \right)$ falls below a prescribed value (e.g., 12 dB down from the maximum possible value of W , which is unity).

[0048] Because the Wiener filter estimation may change quickly (e.g., from one frame to the next frame) and noise and speech estimates can vary greatly between each frame, application of the Wiener filter estimate, as is, may result in artifacts (e.g., discontinuities, blips, transients, etc.). Therefore, an optional filter smoothing module 316 is provided to smooth the Wiener filter estimate applied to the acoustic signals as a function of time. In one embodiment, the filter smoothing module 316 may be mathematically approximated as

$$M(t, \omega) = \lambda_s(t, \omega)W(t, \omega) + (1 - \lambda_s(t, \omega))M(t-1, \omega)_L$$

[[,]]where λ_s is a function of the Wiener filter estimate and the primary microphone energy, E_L .

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0053] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0053] Referring now to FIG. 4b, a practical implementation of the DMA module 302 according to one embodiment of the present invention is shown. In exemplary embodiments, microphone differences are compensated by using a filter 412, $F(z)$, that equalizes the microphones 106 and 108. Since the filter 412 is a non-causal filter, in some embodiments, a delay is applied to the primary microphone signal with a delay node 414, $D(z)$. The application of the delay node 414 results in an alignment of the two channels.

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0057] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0057] As a result, ~~[[a]]~~sampling rate conversion (SRC) ~~node~~nodes 424 and 426 is provided. The outputs of the SRC nodes 424 and 426 are the cardioid primary and cardioid secondary signals, C_f and C_b .

**PLEASE REPLACE PARAGRAPHS [0061]-[0063] WITH THE FOLLOWING
PARAGRAPHS:**

[0061] FIG. 6 is a polar plot of a front-to-back cardioid directivity pattern 602 and ILD diagram produced according to exemplary embodiments of the present invention. The cardioid directivity pattern 602 illustrates a range in which the acoustic signals may be received. As shown, by using the non-linear combination process and delay ~~lines~~nodes (e.g., 420 and 422), the range of the cardioid directivity pattern 602 may be extended in the forward and backward directions (i.e., along the x-axis). The extension in the forward and backward directions allows significant ILD cues to be obtained from acoustic sources further away from the microphones 106 and 108. As a result, the omni-directional microphones 106 and 108 can achieve acoustic characteristics that mimic those of directional microphones.

[0062] Referring now to FIG. 7, a flowchart 700 of an exemplary method for utilizing ILD of omni-direction microphones for noise suppression and speech enhancement is shown. In step 702, acoustic signals are received by the primary microphone 106 and the secondary microphone 108. In exemplary embodiments, the microphones are omni-directional microphones. In some embodiments, the acoustic signals are converted by the microphones to electronic signals (i.e., the primary electric signal and the secondary electric signal) for processing.

[0063] Differential array analysis is then performed in step 704 on the acoustic signals by the DMA module 302. In exemplary embodiments, the DMA module 302 is configured to determine the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal by delaying, subtracting, and applying a gain factor to the acoustic signals captured by the microphones 106 and 108. Specifically, the DMA module 302 determines the cardioid primary signal by taking a difference between the primary electric signal and a delayed secondary electric signal. Similarly, the DMA module 302 determines

~~the cardioid~~the cardioid secondary signal by taking a difference between the secondary electric signal and a delay primary electric signal.

PLEASE REPLACE PARAGRAPH [0071] WITH THE FOLLOWING PARAGRAPH:

[0071] The above-described modules can be ~~comprises~~comprised of instructions that are stored on storage media. The instructions can be retrieved and executed by the processor 202. Some examples of instructions include software, program code, and firmware. Some examples of storage media comprise memory devices and integrated circuits. The instructions are operational when executed by the processor 202 to direct the processor 202 to operate in accordance with embodiments of the present invention. Those skilled in the art are familiar with instructions, processor(s), and storage media.

CLAIMS

PLEASE AMEND THE CLAIMS AS FOLLOWS

1. (Previously Presented) A system for enhancing speech, comprising:
 - a primary and secondary microphone configured to receive a primary acoustic signal and a secondary acoustic signal;
 - a differential microphone array (DMA) module configured to determine a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal, the differential microphone array module being further configured to determine the cardioid primary signal based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal;
 - and
 - an inter-microphone level difference module configured to non-linearly combine components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.
2. (Previously Presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed and level-equalized secondary electric signal.

3. (Previously Presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid primary signal by determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary electric signal adjusted by the gain.
4. (Original) The system of claim 3 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.
5. (Previously Presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.
6. (Original) The system of claim 1 further comprising a frequency analysis module configured to determine frequencies for the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.
7. (Original) The system of claim 1 further comprising an energy module configured to determine energy estimates for a frame of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal.

8. (Original) The system of claim 1 further comprising a noise estimate module configured to determine a noise estimate for the primary acoustic signal based on an energy estimate of the cardioid primary signal and the inter-microphone level difference.
9. (Original) The system of claim 1 further comprising a filter module configured to determine a filter estimate to be applied to the primary acoustic signal.
10. (Original) The system of claim 9 further comprising a filter smoothing module configured to smooth the filter estimate prior to applying the filter estimate to the primary acoustic signal.
11. (Original) The system of claim 1 further comprising a masking module configured to determine a speech estimate.
12. (Original) The system of claim 11 further comprising a frequency synthesis module configured to convert the speech estimate into a time domain for output.

13. (Original) The system of claim 1, wherein the DMA module determines the cardioid primary signal and a cardioid secondary signal of a sub-band of the primary electric signal.

14. (Previously Presented) A method for enhancing speech, comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal;

determining the cardioid primary signal further based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

15. (Previously Presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a delayed secondary electric signal.

16. (Previously Presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises determining a gain and taking a difference between a primary electric signal and a delayed secondary electric signal adjusted by the gain.

17. (Original) The method of claim 16 wherein the gain is the ratio between a magnitude of the primary acoustic signal and a magnitude of the secondary acoustic signal.

18. (Original) The method of claim 14 wherein determining the cardioid secondary signal comprises taking a difference between the secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

19. (Original) The method of claim 14 wherein non-linearly combining comprises dividing the component of the cardioid primary signal by the component of the cardioid secondary signal.

20. (Original) The method of claim 14 further comprising determining an energy estimate for each of the acoustic signals during a frame.

21. (Original) The method of claim 14 further comprising determining a noise estimate based on an energy estimate of the primary acoustic signal and the inter-microphone level difference.

22. (Original) The method of claim 21 further comprising determining a filter estimate based on the noise estimate of the primary acoustic signal, the energy estimate of the primary acoustic signal, and the inter-microphone level difference.

23. (Currently Amended) The method of claim 22 further comprising producing a speech estimate by applying the filter estimate to the primary acoustic signal.

24. (Original) The method of claim 22 further comprising smoothing the filter estimate.

25. (Previously Presented) The method of claim 14 wherein the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal are each of a sub-band of the primary electric signal.

26. (Previously Presented) A non-transitory computer readable storage medium having embodied thereon a program, the program being executable by a processor to perform a method for enhancing speech, the method comprising:

receiving a primary acoustic signal at a primary microphone and a secondary acoustic signal at a secondary microphone;

determining a cardioid primary signal and a cardioid secondary signal based on a primary electric signal converted from the primary acoustic signal and a secondary electric signal converted from the secondary acoustic signal;

determining the cardioid primary signal further based at least in part on delaying at least one of the primary electric signal and the secondary electric signal; and

non-linearly combining components of the cardioid primary signal and the cardioid secondary signal to obtain an inter-microphone level difference.

27. (Previously Presented) The system of claim 1 wherein the DMA module is configured to determine the cardioid secondary signal by taking a difference between a level-equalized secondary electric signal and a delayed primary electric signal.

28. (Previously Presented) The method of claim 14 wherein determining the cardioid primary signal comprises taking a difference between a delayed primary electric signal and a level-equalized secondary electric signal.

REMARKS

The Applicant has amended the specification to correct minor typographical errors and for consistency. The Applicant does not believe any new matter has been introduced by these amendments, and that these amendments are fully supported by the Specification and Figures as filed. For example, paragraph [0029] has been amended to conform to the Specification and Figures, and is supported at least by Fig. 1 and paragraph [0023] of the Specification (“While the microphones 106 and 108 receive sound (i.e., acoustic signals) from the audio source 102, the microphones 106 and 108 also pick up noise 110.”). In light of the foregoing, the Applicant respectfully requests entry of the amendments to the Specification.

The Applicant has amended the claims to correct minor typographical errors. The Applicant does not believe any new matter has been introduced by these amendments, and that these amendments are fully supported by the Specification and Figures as filed.

This amendment does not require additional search or examination since the amendment merely addresses formal matters and does NOT affect the disclosure or the scope of any claim. The Applicant, therefore, respectfully requests entry of the aforementioned amendment under 37 C.F.R. § 1.312.

CONCLUSION

This amendment corrects minor typographical and consistency errors in the Specification and claims. Entry of the amendment is respectfully requested. The Examiner is invited to contact the undersigned with any questions pertaining to the present application.

The Commissioner is authorized to charge any underpayment or credit any overpayment to Deposit Account No. 06-0600 for any matter in connection with this response, including any fee for extension of time up to the current date, which may be required.

Respectfully submitted,
Carlos Avendano

Date: April 30, 2012

By: / James W. Drapinski /
James W. Drapinski (Reg. No. 46,242)
Carr & Ferrell LLP
120 Constitution Drive
Menlo Park, CA 94025
T: 650.812.3400
F: 650.812.3444

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:		11699732		
Filing Date:		29-Jan-2007		
Title of Invention:		SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT		
First Named Inventor/Applicant Name:		Carlos Avendano		
Filer:		James William Drapinski/Jillian Sweetnam		
Attorney Docket Number:		PA3909US		
Filed as Small Entity				
Utility under 35 USC 111(a) Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Utility Appl issue fee	2501	1	870	870
Publ. Fee- early, voluntary, or normal	1504	1	300	300

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Extension-of-Time:				
Miscellaneous:				
Total in USD (\$)				1170

Electronic Acknowledgement Receipt

EFS ID:	12672232
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	James William Drapinski
Filer Authorized By:	
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	01-MAY-2012
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	17:39:10
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$ 1170
RAM confirmation Number	4647
Deposit Account	060600
Authorized User	

The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows:

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.16 (National application filing, search, and examination fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.17 (Patent application and reexamination processing fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.19 (Document supply fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.20 (Post Issuance fees)

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Issue Fee Payment (PTO-85B)	3909US_Issue_Fee_PTOL_85b.pdf	113998 9a7a8ffad033743ffa3480cf8469b8ed687272c	no	1

Warnings:

Information:

2	Amendment after Notice of Allowance (Rule 312)	3909US_312_Amendment.PDF	152270 7c59114e1079e50213b45b2203498652ad21d3b7	no	18
---	--	--------------------------	--	----	----

Warnings:

Information:

3	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	32013 b7ad2eb5ae39db9201362c2c981dd7bd7ca4bd6	no	2
---	----------------------	--------------	--	----	---

Warnings:

Information:

Total Files Size (in bytes):	298281
-------------------------------------	--------

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

O.K. TO ENTER - 312
/P.K./ AU 2614
May 3, 2012

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Carlos Avendano
SERIAL NO.: 11/699,732
FILED: January 29, 2007
TITLE: System and Method for Utilizing Omni-Directional
Microphones for Speech Enhancement
EXAMINER: Paul Kim
GROUP ART UNIT: 2614
CONFIRMATION NO.: 7721
ATTY. DKT. NO.: PA3909US

AMENDMENT AFTER ALLOWANCE PURSUANT TO 37 CFR § 1.312

Examiner Kim:

The Applicant submits this amendment after allowance per 37 C.F.R. § 1.312. This amendment seeks to amend the **specification** as listed beginning on **page two** and the **claims** as listed beginning on **page 10**. The Applicant's **remarks** begin on **page 17**, and the **conclusion** is provided on **page 18**.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7721
22830	7590	05/07/2012	EXAMINER	
CARR & FERRELL LLP 120 CONSTITUTION DRIVE MENLO PARK, CA 94025			KIM, PAUL	
			ART UNIT	PAPER NUMBER
			2614	
			MAIL DATE	DELIVERY MODE
			05/07/2012	PAPER

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Response to Rule 312 Communication	Application No. 11/699,732	Applicant(s) AVENDANO, CARLOS
	Examiner PAUL KIM	Art Unit 2614
<p align="center">-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --</p> <p>1. ☒ The amendment filed on <u>01 May 2012</u> under 37 CFR 1.312 has been considered, and has been:</p> <p>a) ☒ entered.</p> <p>b) ☐ entered as directed to matters of form not affecting the scope of the invention.</p> <p>c) ☐ disapproved because the amendment was filed after the payment of the issue fee. Any amendment filed after the date the issue fee is paid must be accompanied by a petition under 37 CFR 1.313(c)(1) and the required fee to withdraw the application from issue.</p> <p>d) ☐ disapproved. See explanation below.</p> <p>e) ☐ entered in part. See explanation below.</p>		
/VIVIAN CHIN/ Supervisory Patent Examiner, Art Unit 2614		/P. K./ Examiner, Art Unit 2614



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	ISSUE DATE	PATENT NO.	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
11/699,732	06/05/2012	8194880	PA3909US	7721

22830 7590 05/16/2012
CARR & FERRELL LLP
120 CONSTITUTION DRIVE
MENLO PARK, CA 94025

ISSUE NOTIFICATION

The projected patent number and issue date are specified above.

Determination of Patent Term Adjustment under 35 U.S.C. 154 (b) (application filed on or after May 29, 2000)

The Patent Term Adjustment is 1384 day(s). Any patent to issue from the above-identified application will include an indication of the adjustment on the front page.

If a Continued Prosecution Application (CPA) was filed in the above-identified application, the filing date that determines Patent Term Adjustment is the filing date of the most recent CPA.

Applicant will be able to obtain more detailed information by accessing the Patent Application Information Retrieval (PAIR) WEB site (<http://pair.uspto.gov>).

Any questions regarding the Patent Term Extension or Adjustment determination should be directed to the Office of Patent Legal Administration at (571)-272-7702. Questions relating to issue and publication fee payments should be directed to the Application Assistance Unit (AAU) of the Office of Data Management (ODM) at (571)-272-4200.

APPLICANT(s) (Please see PAIR WEB site <http://pair.uspto.gov> for additional applicants):

Carlos Avendano, Campbell, CA;



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE	REQUEST ID
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US	7023

Acknowledgement of Loss of Entitlement to Entity Status Discount

The entity status change request below filed through Private PAIR on 11/05/2015 has been accepted.

CERTIFICATIONS:

Change of Entity Status:

☒ Applicant changing to regular undiscounted fee status.

NOTE: Checking this box will be taken to be notification of loss of entitlement to small or micro entity status, as applicable.

This portion must be completed by the signatory or signatories making the entity status change in accordance with 37 CFR 1.4(d)(4).

Signature:	/James W. Drapinski/
Name:	James W. Drapinski
Registration Number:	46242

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

STATEMENT UNDER 37 CFR 3.73(b)

Applicant/Patent Owner: Carlos AVENDANO Attorney Docket Number: 112057-0747
Application No./Patent No.: 11/699732 Filed/Issue Date: 1/29/2007
Titled: SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT

Knowles Electronics, LLC
(Name of Assignee)

Corporation
(Type of Assignee, e.g., corporation, partnership, university, government agency, etc.)

states that it is:

1. ☒ the assignee of the entire right, title, and interest;
2. ☐ an assignee of less than the entire right, title, and interest
(The extent (by percentage) of its ownership interest is %); or
3. ☐ the assignee of an undivided interest in the entirety of (a complete assignment from one of the joint inventors was made)

In the patent application/patent identified above by virtue of either:

- A. ☐ An assignment from the inventor(s) of the patent application/patent identified above. The assignment was recorded in the United States Patent and Trademark Office at Reel _____ Frame _____, or for which a copy thereof is attached.

OR

- B. ☒ A chain of title from the inventor(s), of the patent application/patent identified above, to the current assignee as follows:

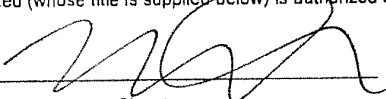
1. From: CARLOS AVENDANO To: AUDIENCE, INC.
The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at
Reel 018860, Frame 0667, or for which a copy thereof is attached.
2. From: AUDIENCE, INC. To: AUDIENCE LLC
The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at
Reel 037927, Frame 0424, or for which a copy thereof is attached.
3. From: AUDIENCE LLC To: KNOWLES ELECTRONICS, LLC
The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at
Reel 037927, Frame 0435, or for which a copy thereof is attached.

☐ Additional documents in the chain of title are listed on a supplemental sheet.

- ☒ As required by 37 CFR 3.73(b)(1)(i), the documentary evidence of the chain of title from the original owner to the assignee was, or concurrently is being, submitted for recordation pursuant to 37 CFR 3.11.

(NOTE: A separate copy (i.e., a true copy of the original document(s)) must be submitted to Assignment Division in accordance with 37 CFR Part 3, if the assignment is to be recorded in the records of the USPTO. See MPEP 302.08)

The undersigned (whose title is supplied below) is authorized to act on behalf of the assignee.


Signature

11/18/16
Date

Mark J. Danielson (Reg. No. 40,580)

Attorney for Applicant

Printed or Typed Name

Title

This collection of information is required by 37 CFR 3.73(b). The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

POWER OF ATTORNEY TO PROSECUTE APPLICATIONS BEFORE THE USPTO

I hereby revoke all previous powers of attorney given in the application identified in the attached statement under 37 CFR 3.73(b).

I hereby appoint:



Practitioners associated with the Customer Number:

139331

OR



Practitioner(s) named below (if more than ten patent practitioners are to be named, then a customer number must be used):

Name	Registration Number	Name	Registration Number

as attorney(s) or agent(s) to represent the undersigned before the United States Patent and Trademark Office (USPTO) in connection with any and all patent applications assigned only to the undersigned according to the USPTO assignment records or assignment documents attached to this form in accordance with 37 CFR 3.73(b).

Please change the correspondence address for the application identified in the attached statement under 37 CFR 3.73(b) to:



The address associated with Customer Number:

139331

OR



Firm or Individual Name

Address

City

State

Zip

Country

Telephone

Email

Assignee Name and Address:

KNOWLES ELECTRONICS, LLC

1151 Maplewood Drive

Itasca, Illinois 60143

A copy of this form, together with a statement under 37 CFR 3.73(b) (Form PTO/SB/96 or equivalent) is required to be filed in each application in which this form is used. The statement under 37 CFR 3.73(b) may be completed by one of the practitioners appointed in this form if the appointed practitioner is authorized to act on behalf of the assignee, and must identify the application in which this Power of Attorney is to be filed.

SIGNATURE of Assignee of Record

The individual whose signature and title is supplied below is authorized to act on behalf of the assignee

Signature	<i>Renee Dufresne Brown</i>	Date	3/7/2016
Name	Renee Brown	Telephone	650-254-2681
Title	Associate GC, IP		

This collection of information is required by 37 CFR 1.31, 1.32 and 1.33. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 3 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	27564630
Application Number:	11699732
International Application Number:	
Confirmation Number:	7721
Title of Invention:	SYSTEM AND METHOD FOR UTILIZING OMNI-DIRECTIONAL MICROPHONES FOR SPEECH ENHANCEMENT
First Named Inventor/Applicant Name:	Carlos Avendano
Customer Number:	22830
Filer:	Mark J. Danielson/Ayisha Patrick
Filer Authorized By:	Mark J. Danielson
Attorney Docket Number:	PA3909US
Receipt Date:	20-NOV-2016
Filing Date:	29-JAN-2007
Time Stamp:	10:08:17
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Assignee showing of ownership per 37 CFR 3.73	112057_0747_373b.pdf	101619	no	2
			33a590f5e569bb29514150e2994afbc918693b69		

Warnings:

Information:	
Total Files Size (in bytes):	101619
<p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p>	



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US

CONFIRMATION NO. 7721

POA ACCEPTANCE LETTER

139331
FOLEY & LARDNER LLP
3000 K STREET N.W.
SUITE 600
WASHINGTON, DC 20007-5109



Date Mailed: 04/21/2017

NOTICE OF ACCEPTANCE OF POWER OF ATTORNEY

This is in response to the Power of Attorney filed 11/20/2016.

The Power of Attorney in this application is accepted. Correspondence in this application will be mailed to the above address as provided by 37 CFR 1.33.

Questions about the contents of this notice and the requirements it sets forth should be directed to the Office of Data Management, Application Assistance Unit, at (571) 272-4000 or (571) 272-4200 or 1-888-786-0101.

/tmwilliams/



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
11/699,732	01/29/2007	Carlos Avendano	PA3909US

CONFIRMATION NO. 7721

POWER OF ATTORNEY NOTICE

22830
CARR & FERRELL LLP
120 CONSTITUTION DRIVE
MENLO PARK, CA 94025



Date Mailed: 04/21/2017

NOTICE REGARDING CHANGE OF POWER OF ATTORNEY

This is in response to the Power of Attorney filed 11/20/2016.

- The Power of Attorney to you in this application has been revoked by the assignee who has intervened as provided by 37 CFR 3.71. Future correspondence will be mailed to the new address of record(37 CFR 1.33).

Questions about the contents of this notice and the requirements it sets forth should be directed to the Office of Data Management, Application Assistance Unit, at (571) 272-4000 or (571) 272-4200 or 1-888-786-0101.

/tmwilliams/