UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

CERTIFICATE OF CORRECTION

PATENT NO. : 9,031,259 B2
APPLICATION NO. : 13/617143
DATED : May 12, 2015
INVENTOR(S) : Takaaki Yamabe

It is certified that error appears in the above-identified patent and that said Letters Patent is hereby corrected as shown below:

In the Claims

Column 59:
Line 23 replace "the adaptive filter" with "an adaptive filter"

Signed and Sealed this
Second Day of April, 2024

Katherine Kelly Vidal

Katherine Kelly Vidal
Director of the United States Patent and Trademark Office

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.
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215	9629

182086 7590 04/02/2024

DAIGNAULT IYER LLP
8618 WESTWOOD CENTER DRIVE
SUITE 150
VIENNA, VA 22182

EXAMINER	
NEWAY, SAMUEL G	

ART UNIT	PAPER NUMBER
2657	

MAIL DATE	DELIVERY MODE
04/02/2024	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.

APPLICATION NO.	ISSUE DATE	PATENT NO.
13/617,143	02-Apr-2024	09031259

DAIGNAULT IYER LLP
8618 WESTWOOD CENTER DRIVE
VIENNA, VA 22182

ELECTRONIC CERTIFICATE OF CORRECTION NOTIFICATION

Your electronic certificate of correction is now available, and can be accessed via Patent Center at https://patentcenter.uspto.gov.

The electronic certificate of correction is the official certificate of correction under 35 U.S.C. 254 or 255. For more information, please visit https://www.uspto.gov/electronicgrants.

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
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215

CONFIRMATION NO. 9629

26360
Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
Huntington Tower, Suite 400
106 South Main Street
Akron, OH 44308-1412

POWER OF ATTORNEY NOTICE

Date Mailed: 03/28/2024

NOTICE REGARDING CHANGE OF POWER OF ATTORNEY

This is in response to the Power of Attorney filed 03/20/2024.

- The Power of Attorney to you in this application has been revoked by the applicant. 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**.

/nhassani/

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
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215

CONFIRMATION NO. 9629

182086
DAIGNAULT IYER LLP
8618 WESTWOOD CENTER DRIVE
SUITE 150
VIENNA, VA 22182

POA ACCEPTANCE LETTER

Date Mailed: 03/28/2024

NOTICE OF ACCEPTANCE OF POWER OF ATTORNEY

This is in response to the Power of Attorney filed 03/20/2024.

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**.

/nhassani/

PTO/AIA/96 (08-12)
Approved for use through 01/31/2013. OMB 0651-0031
U.S. Patent and TrademarkOffice: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork ReductionAct of 1995, no personsare required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

STATEMENT UNDER 37 CFR 3.73(c)

Applicant/Patent Owner: Takaaki YAMABE

Application No./Patent No.: 9,031,259 Filed/Issue Date: 05/12/2015

Titled: Noise Reduction Apparatus, Audio Input Apparatus, Wireless Communication Apparatus and Noise Reduction Method

SoundClear Technologies, LLC, a corporation

(Name of Assignee) (Type of Assignee, e.g., corporation, partnership, university, government agency, etc.)

states that, for the patent application/patent identified above, it is (choose **one** of options 1, 2, 3 or 4 below):

1. ☑ The assignee of the entire right, title, and interest.

2. ☐ An assignee of less than the entire right, title, and interest (check applicable box):

   ☐ The extent (by percentage) of its ownership interest is _____%. Additional Statement(s) by the owners holding the balance of the interest must be submitted to account for 100% of the ownership interest.

   ☐ There are unspecified percentages of ownership. The other parties, including inventors, who together own the entire right, title and interest are:

   Additional Statement(s) by the owner(s) holding the balance of the interest must be submitted to account for the entire right, title, and interest.

3. ☐ The assignee of an undivided interest in the entirety (a complete assignment from one of the joint inventors was made). The other parties, including inventors, who together own the entire right, title, and interest are:

   Additional Statement(s) by the owner(s) holding the balance of the interest must be submitted to account for the entire right, title, and interest.

4. ☐ The recipient, via a court proceeding or the like (*e.g.*, bankruptcy, probate), of an undivided interest in the entirety (a complete transfer of ownership interest was made). The certified document(s) showing the transfer is attached.

The interest identified in option 1, 2 or 3 above (not option 4) is evidenced by either (choose **one** of options A or B below):

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.

B. ☑ A chain of title from the inventor(s), of the patent application/patent identified above, to the current assignee as follows:

1. From: Yamabe, Takaaki To: JVC Kenwood Corporation

   The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at

   Reel 028974, Frame 0316, or for which a copy thereof is attached.

2. From: JVC Kenwood Corporation To: SoundClear Technologies, LLC

   The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at

   Reel 064988, Frame 0289, or for which a copy thereof is attached.

This collectionof information is required by 37CFR 3.73(b). The informationis required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application.Confidentiality isgoverned by 35U.S.C. 122 and37 CFR 1.11and 1.14.This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering,preparing, and submitting the completed applicationform 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 besent 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 COMPLETEDFORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA22313-1450** .

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

PTO/AIA/96 (08-12)
Approved for use through 01/31/2013. 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.

STATEMENT UNDER 37 CFR 3.73(c)

3. From: _____ To: _____

The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at

Reel _____, Frame _____, or for which a copy thereof is attached.

4. From: _____ To: _____

The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at

Reel _____, Frame _____, or for which a copy thereof is attached.

5. From: _____ To: _____

The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at

Reel _____, Frame _____, or for which a copy thereof is attached.

6. From: _____ To: _____

The document was recorded in the United States Patent and Trademark Office at

Reel _____, Frame _____, or for which a copy thereof is attached.

☐ Additional documents in the chain of title are listed on a supplemental sheet(s).

☑ As required by 37 CFR 3.73(c)(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 assignment document(s)) must be submitted to Assignment Division in accordance with 37 CFR Part 3, to record the assignment 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.

/Kevin H Sprenger/	03/20/2024
Signature	Date
Kevin H. Sprenger	79,466
Printed or Typed Name	Title or Registration Number

[Page 2 of 2]

Privacy Act Statement

The **Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579)** requiresthat you begiven certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirementsof the Act, please be advised that: (1)the general authority for the collectionof this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary;and (3) the principalpurpose for whichthe informationis used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related toa patent application or patent. If you do not furnishthe requested information, the U.S. Patent and Trademark Officemay not be able to process and/or examine yoursubmission, which may result in termination of proceedings orabandonment of the application or expiration of the patent.

Theinformation 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 forthe 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. Arecord 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. Arecord 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.

UNITED STATES
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313 - 1450
www.uspto.gov

ELECTRONIC ACKNOWLEDGEMENT RECEIPT

APPLICATION #	RECEIPT DATE / TIME	ATTORNEY DOCKET #
13/617,143	**03/20/2024 11:18:15 AM Z ET**	**KYO.P0215**

Title of Invention

NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

Application Information

APPLICATION TYPE	Utility - Nonprovisional Application under 35 USC 111(a)	PATENT #	9031259
CONFIRMATION #	9629	FILED BY	Kevin Sprenger
PATENT CENTER #	64759710	FILING DATE	09/14/2012
CUSTOMER #	26360	FIRST NAMED INVENTOR	Takaaki YAMABE
CORRESPONDENCE ADDRESS	-	AUTHORIZED BY	-

Documents

TOTAL DOCUMENTS: 2

DOCUMENT	PAGES	DESCRIPTION	SIZE (KB)
3.20.2024_3.73Statement_PTO-96_9031259.pdf	3	Assignee showing of ownership per 37 CFR 3.73	117 KB
3.6.2024_POA_9031259.pdf	1	Power of Attorney	602 KB

Digest

DOCUMENT	MESSAGE DIGEST(SHA-512)
3.20.2024_3.73Statement_PTO-96_9031259.pdf	3CBBBE3C2D129F2BDC2B5AB71385AF0A03904F93A8E4A1E18CA0B1D6B23853B1523DF01F4F6ECD420957EEEBDBA05F4B8F31068AA024B0EAC838AA4160E27C95
3.6.2024_POA_9031259.pdf	8415C63C0D4D7DE8824BD78A82FCF4C79781A6C7D9EBC27B

3AA87A3EB3B54C4ACC29351BD65B379986B51C6B4002F600
DA504002DDF73F97D55BD1EFA9A04182

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 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.

Doc Code: PA.
Document Description: Power of Attorney

PTO/AIA/82B (07-13)
Approved for use through 09/30/2025. OMB 0651-0035
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

POWER OF ATTORNEY BY APPLICANT

I hereby revoke all previous powers of attorney given in the application identified in either the attached transmittal letter or the boxes below.

Application Number	Filing Date
13/617,143	09/14/2012

(Note: The boxes above may be left blank if information is provided on form PTO/AIA/82A.)

☑ I hereby appoint the Patent Practitioner(s) associated with the following Customer Number as my/our attorney(s) or agent(s), and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith for the application referenced in the attached transmittal letter (form PTO/AIA/82A) or identified above: 182086

OR

☐ I hereby appoint Practitioner(s) named in the attached list (form PTO/AIA/82C) as my/our attorney(s) or agent(s), and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith for the patent application referenced in the attached transmittal letter (form PTO/AIA/82A) or identified above. (Note: Complete form PTO/AIA/82C.)

Please recognize or change the correspondence address for the application identified in the attached transmittal letter or the boxes above to:

☑ The address associated with the above-mentioned Customer Number

OR

☐ The address associated with Customer Number:

OR

☐ Firm or Individual Name					
Address					
City		State		Zip	
Country					
Telephone		Email			

I am the Applicant (if the Applicant is a juristic entity, list the Applicant name in the box):

SOUNDCLEAR TECHNOLOGIES LLC

☐ Inventor or Joint Inventor (title not required below)

☐ Legal Representative of a Deceased or Legally Incapacitated Inventor (title not required below)

☑ Assignee or Person to Whom the Inventor is Under an Obligation to Assign (provide signer's title if applicant is a juristic entity)

☐ Person Who Otherwise Shows Sufficient Proprietary Interest (e.g., a petition under 37 CFR 1.46(b)(2) was granted in the application or is concurrently being filed with this document) (provide signer's title if applicant is a juristic entity)

SIGNATURE of Applicant for Patent

The undersigned (whose title is supplied below) is authorized to act on behalf of the applicant (e.g., where the applicant is a juristic entity).

Signature	/Yi Lu/	Date (Optional)	
Name	Yi Lu		
Title	Authorized Signatory, SOUNDCLEAR TECHNOLOGIES LLC		

NOTE: Signature - This form must be signed by the applicant in accordance with 37 CFR 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications. If more than one applicant, use multiple forms.

☑ Total of 1 forms are submitted.

A Federal agency may not conduct or sponsor, and a person is not required to respond to, nor shall a person be subject to a penalty for failure to comply with an information collection subject to the requirements of the Paperwork Reduction Act of 1995, unless the information collection has a currently valid OMB Control Number. The OMB Control Number for this information collection is 0651-0035. Public burden for this form is estimated to average 3 minutes per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the information collection. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this information collection, including suggestions for reducing this burden to the Chief Administrative Officer, United States Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 or email InformationCollection@uspto.gov. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS.** If filing this completed form by mail, 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
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215

CONFIRMATION NO. 9629

IMPROPER CPOA LETTER

26360
Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
Huntington Tower, Suite 400
106 South Main Street
Akron, OH 44308-1412

Date Mailed: 03/15/2024

NOTICE REGARDING POWER OF ATTORNEY

This is in response to the power of attorney filed 03/06/2024. The power of attorney in this application is not accepted for the reason(s) listed below:

- The power of attorney is from an assignee and the statement required by 37 CFR 3.73(c) has not been received or is incomplete.

/qnguyen/

Office of Data Management, Application Assistance Unit (571) 272-4000, or (571) 272-4200, or 1-888-786-0101

182086
DAIGNAULT IYER LLP
8618 WESTWOOD CENTER DRIVE
SUITE 150
VIENNA, VA 22182
UNITED STATES

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark Office
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450
www.uspto.gov

Patent No.: 9031259
Issue Date: 05/12/2015
Appl. No.: 13/617,143
Filed: 09/14/2012

PART (A) RESPONSE FOR CERTIFICATES OF CORRECTION

This is a decision on the Certificate of Correction request filed 06 March 2024.

The request for issuance of Certificate of Correction for the above-identified correction(s) under the provisions of 37 CFR 1.322 and/or 1.323 is hereby:

(Check one)
☑ Approved ☐ Approved in Part ☐ Denied

Comments: ____

PART (B) PETITION UNDER 37 CFR 1.324 OR 37 CFR 1.48

☐ This is a decision on the petition filed ____ to correct inventorship under 37 CFR 1.324.

☐ This is a decision on the request under 37 CFR 1.48, petition filed ____. In view of the fact that the patent has already issued, the request under 37 CFR 1.48 has been treated as a petition to correct inventorship under 37 CFR 1.324.

The petition is hereby: ☐ Granted ☐ Dismissed

Comment: ____

The patented filed is being forwarded to Certificate of Corrections Branch for issuance of a certificate naming only the actual inventor or inventors.

/DANIEL C WASHBURN/
Supervisory Patent Examiner, Art Unit 2657
Technology Center 2600
Phone: (571)272-5551

Certificates of Correction Branch email: CustomerServiceCoC@uspto.gov CoC Central Phone Number: (703) 756-1814

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent: 9,031,259	)
	)
Issued: May 12, 2015	)
	)
U.S. Application No. 13/617,143	)
	)
Filing Date: September 14, 2012	)
	)
Attorney Docket No.: 20039.001-A	)
	)
Customer No.: 182086	)

Title: **NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELES COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD**

Papers filed herewith on: March 6, 2024

1. Certificate of Correction (PTO/SB/44)
2. Additional Sheets Containing Explanation of Circumstances Establishing Good Faith for Certificate of Correction Pursuant to 37 C.F.R. § 1.323

Applicants respectfully attach a Certificate of Correction for this case and request that the corrections therein be made. The typographical error noted for the above-identified patent appears to be an applicant mistake, thus the required fee is submitted with this request. The requested correction does not change the scope of the claims, nor does it constitute new matter.

COMMISSIONER OF PATENTS
Receipt is hereby acknowledged of the papers filed as indicated in connection with the above-identified case.

UNITED STATES
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313 - 1450
www.uspto.gov

ELECTRONIC PAYMENT RECEIPT

APPLICATION #	RECEIPT DATE / TIME	ATTORNEY DOCKET #
13/617,143	**03/06/2024 02:11:21 PM Z ET**	**KYO.P0215**

Title of Invention

NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

Application Information

APPLICATION TYPE	Utility - Nonprovisional Application under 35 USC 111(a)	PATENT #	9031259
CONFIRMATION #	9629	FILED BY	Kevin Sprenger
PATENT CENTER #	64572504	AUTHORIZED BY	-
CUSTOMER #	26360	FILING DATE	09/14/2012
CORRESPONDENCE ADDRESS	-	FIRST NAMED INVENTOR	Takaaki YAMABE

Payment Information

PAYMENT METHOD	PAYMENT TRANSACTION ID	PAYMENT AUTHORIZED BY
CARD / 4851	**E202436E15017117**	**Kevin Sprenger**

FEE CODE	DESCRIPTION	ITEM PRICE($)	QUANTITY	ITEM TOTAL($)
1811	CERTIFICATE OF CORRECTION	160.00	1	160.00
			TOTAL AMOUNT:	**$160.00**

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 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.

Doc Code: PA.
Document Description: Power of Attorney

PTO/AIA/82B (07-13)
Approved for use through 09/30/2025. OMB 0651-0035
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

POWER OF ATTORNEY BY APPLICANT

I hereby revoke all previous powers of attorney given in the application identified in either the attached transmittal letter or the boxes below.

Application Number	Filing Date
13/617,143	09/14/2012

(Note: The boxes above may be left blank if information is provided on form PTO/AIA/82A.)

☑ I hereby appoint the Patent Practitioner(s) associated with the following Customer Number as my/our attorney(s) or agent(s), and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith for the application referenced in the attached transmittal letter (form PTO/AIA/82A) or identified above: 182086

OR

☐ I hereby appoint Practitioner(s) named in the attached list (form PTO/AIA/82C) as my/our attorney(s) or agent(s), and to transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith for the patent application referenced in the attached transmittal letter (form PTO/AIA/82A) or identified above. (Note: Complete form PTO/AIA/82C.)

Please recognize or change the correspondence address for the application identified in the attached transmittal letter or the boxes above to:

☑ The address associated with the above-mentioned Customer Number

OR

☐ The address associated with Customer Number:

OR

☐ Firm or Individual Name					
Address					
City		State		Zip	
Country					
Telephone		Email			

I am the Applicant (if the Applicant is a juristic entity, list the Applicant name in the box):

SOUNDCLEAR TECHNOLOGIES LLC

☐ Inventor or Joint Inventor (title not required below)

☐ Legal Representative of a Deceased or Legally Incapacitated Inventor (title not required below)

☑ Assignee or Person to Whom the Inventor is Under an Obligation to Assign (provide signer's title if applicant is a juristic entity)

☐ Person Who Otherwise Shows Sufficient Proprietary Interest (e.g., a petition under 37 CFR 1.46(b)(2) was granted in the application or is concurrently being filed with this document) (provide signer's title if applicant is a juristic entity)

SIGNATURE of Applicant for Patent

The undersigned (whose title is supplied below) is authorized to act on behalf of the applicant (e.g., where the applicant is a juristic entity).

Signature	/Yi Lu/	Date (Optional)	
Name	Yi Lu		
Title	Authorized Signatory, SOUNDCLEAR TECHNOLOGIES LLC		

NOTE: Signature - This form must be signed by the applicant in accordance with 37 CFR 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications. If more than one applicant, use multiple forms.

☑ Total of 1 forms are submitted.

A Federal agency may not conduct or sponsor, and a person is not required to respond to, nor shall a person be subject to a penalty for failure to comply with an information collection subject to the requirements of the Paperwork Reduction Act of 1995, unless the information collection has a currently valid OMB Control Number. The OMB Control Number for this information collection is 0651-0035. Public burden for this form is estimated to average 3 minutes per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the information collection. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this information collection, including suggestions for reducing this burden to the Chief Administrative Officer, United States Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 or email InformationCollection@uspto.gov. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS.** If filing this completed form by mail, 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

P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313 - 1450
www.uspto.gov

ELECTRONIC ACKNOWLEDGEMENT RECEIPT

APPLICATION #	RECEIPT DATE / TIME	ATTORNEY DOCKET #
13/617,143	**03/06/2024 02:11:21 PM Z ET**	**KYO.P0215**

Title of Invention

NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

Application Information

APPLICATION TYPE	Utility - Nonprovisional Application under 35 USC 111(a)	PATENT #	9031259
CONFIRMATION #	9629	FILED BY	Kevin Sprenger
PATENT CENTER #	64572504	FILING DATE	09/14/2012
CUSTOMER #	26360	FIRST NAMED INVENTOR	Takaaki YAMABE
CORRESPONDENCE ADDRESS	-	AUTHORIZED BY	-

Documents

TOTAL DOCUMENTS: 4

DOCUMENT	PAGES	DESCRIPTION	SIZE (KB)
3.6.2024_PTO-SB-44_9031259.pdf	2	Request for Certificate of Correction	180 KB
3.6.2024_POA_9031259.pdf	1	Power of Attorney	602 KB
3.6.2024_AdditionalInformation_9031259-LET..docx	2	Miscellaneous Incoming Letter	28 KB

Warning: All artifacts (SmartArt, Drawings, Charts, etc) have been replaced with images. Bookmarks were found and have been removed.

3.6.2024_CoverSheet_9031259-TRAN.LET.docx	1	Transmittal Letter	15 KB

Warning: The automatic document description has been replaced. Bookmarks were found and have been removed.

Digest

DOCUMENT	MESSAGE DIGEST(SHA-512)
3.6.2024_PTO-SB-44_9031259.pdf	9AC77DAF6CB26A77F92B24FAA9135BF23D471EFFF25151930D3C4AF79967FCD65CA940356FC620FEE63147C1FB6C1E16088D6A7A5EA97018B07743CBFB974E50
3.6.2024_POA_9031259.pdf	8415C63C0D4D7DE8824BD78A82FCF4C79781A6C7D9EBC27B3AA87A3EB3B54C4ACC29351BD65B379986B51C6B4002F600DA504002DDF73F97D55BD1EFA9A04182
3.6.2024_AdditionalInformation_9031259-LET..docx	544DE7211DBC74D26947A51E46C991567A125C6EBEE6F52CDA6E5984864A405B287981DF95F34564DBB1D5E1E5EF6741CE81B07833920F7BD018361FD5AB4A16
3.6.2024_CoverSheet_9031259-TRAN.LET.docx	E7E65D7662C7E27C2EB838E58441D4A43BDE4738FCCBDE95FBD9AE7125B7B1383F0520462C9D6BE1AF7677C6C3B3685F78D0E2184464EB1897915171687E1BF0

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 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

Re: U.S. Patent No. 9,031,259

ADDITIONAL SHEETS CONTAINING EXPLANATION OF CIRCUMSTANCES ESTABLISHING GOOD FAITH FOR CERTIFICATE OF CORRECTION PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.323

Commissioner for Patents
Office of Data Management Attention: Certificates of Correction Branch
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir/Madam:

By way of this request pursuant to 37 C.F.R. § 1.323, SoundClear Technologies LLC ("SoundClear") seeks a Certificate of Correction for U.S. Patent No. 9,031,259 ("the '259 patent"). SoundClear certifies that this request seeks to correct a typographical mistake by the Applicant (JVC Kenwood Corporation) that occurred in good faith. The proposed correction does not change the scope of the claims or constitute new matter. Consistent with 35 U.S.C. § 255, SoundClear hereby provides the following explanation of circumstances to establish that the mistake occurred in good faith.

The predicate U.S. utility application of the '259 patent (U.S. Application No. 13/617,143 ("the '143 application")) was filed on September 14, 2012. Unbeknownst to the Applicant, claim 16 contained a typographical error at the time the '143 application was filed. The '143 application was allowed on January 14, 2015 (without any prior Office Actions from the Examiner), and it issued as the '259 patent on May 12, 2015. Hence, by Applicant's mistake,

claim 16 issued with the same typographical error that was contained in the original filing of the '143 application.

SoundClear was subsequently assigned the '259 patent (in addition to other issued U.S. Patents) on September 19, 2023 by way of an assignment executed on that date and recorded with the USPTO on September 21, 2023. *See* USPTO Patent Reel/Frame No. 064988/0289. SoundClear recently became aware of the above-mentioned typographical error and is acting promptly to correct the mistake.

As set forth in the attached PTO/SB/44 form, SoundClear requests that claim 16 (at col. 59, line 23) be corrected to read "an adaptive filter" instead of "the adaptive filter." This minor correction of a typographical error does not change the scope of claim 16 nor does it constitute new matter. As such, the requested correction complies with the legal requirements for such a correction, as set forth in M.P.E.P. § 1481, 37 C.F.R. § 1.323, and 35 U.S.C. § 255.

In view of the above, the undersigned requests that the identified corrections be accepted, and a Certificate of Correction be issued.

Respectfully submitted,

Dated: March 6, 2024

/Kevin H. Sprenger/
Kevin H. Sprenger (Reg. No. 79,466)

DAIGNAULT IYER LLP
8618 Westwood Center Drive, Suite 150
Vienna, VA 22182
703-712-1145
ksprenger@daignaultiyer.com

Attorney for Patent Owner SoundClear Technologies LLC

PTO/SB/44 (09-07)
Approved for use through 03/31/2026. OMB 0651-0033
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.
(Also Form PTO-1050)

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
CERTIFICATE OF CORRECTION

PATENT NO. : 9,031,259 B2

APPLICATION NO.: 13/617,143

ISSUE DATE : 5/12/2015

INVENTOR(S) : Takaaki Yamabe

It is certified that an error appears or errors appear in the above-identified patent and that said Letters Patent is hereby corrected as shown below:

Column 59:
Line 23 replace "the adaptive filter" with "an adaptive filter"

MAILING ADDRESS OF SENDER (Please do not use Customer Number below):

Daignault Iyer, LLP
8618 Westwood Center Drive, Suite 150
Vienna, VA 22182

A Federal agency may not conduct or sponsor, and a person is not required to respond to, nor shall a person be subject to a penalty for failure to comply with an information collection subject to the requirements of the Paperwork Reduction Act of 1995, unless the information collection has a currently valid OMB Control Number. The OMB Control Number for this information collection is 0651-0033. Public burden for this form is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the information collection. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this information collection, including suggestions for reducing this burden to the Chief Administrative Officer, United States Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 or email InformationCollection@uspto.gov. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. If filing this completed form by mail, 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.

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. The United States Patent and Trademark Office (USPTO) collects the information in this record under authority of 35 U.S.C. 2. The USPTO's system of records is used to manage all applicant and owner information including name, citizenship, residence, post office address, and other information with respect to inventors and their legal representatives pertaining to the applicant's/owner's activities in connection with the invention for which a patent is sought or has been granted. The applicable Privacy Act System of Records Notice for the information collected in this form is COMMERCE/PAT-TM-7 Patent Application Files, available in the Federal Register at 78 FR 19243 (March 29, 2013). https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2013-03-29/pdf/2013-07341.pdf

Routine uses of the information in this record may include disclosure to: 1) law enforcement, in the event that the system of records indicates a violation or potential violation of law; 2) a Federal, state, local, or international agency, in response to its request; 3) a contractor of the USPTO having need for the information in order to perform a contract; 4) the Department of Justice for determination of whether the Freedom of Information Act (FOIA) requires disclosure of the record; 5) a Member of Congress submitting a request involving an individual to whom the record pertains, when the individual has requested the Member's assistance with respect to the subject matter of the record; 6) a court, magistrate, or administrative tribunal, in the course of presenting evidence, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations; 7) the Administrator, General Services Administration (GSA), or their designee, during an inspection of records conducted by GSA under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906, in accordance with the GSA regulations and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive, where such disclosure shall not be used to make determinations about individuals; 8) 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)); 9) the Office of Personnel Management (OPM) for personnel research purposes; and 9) the Office of Management and Budget (OMB) for legislative coordination and clearance.

If you do not furnish the information requested on this form, the USPTO may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings, abandonment of the application, and/or expiration of the patent.

Additional Uses

Additional USPTO uses of the information in this record may include disclosure to: 1) the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, if the record is related to an international application filed under the Patent Cooperation Treaty; 2) the public i) after publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b), ii) after issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151, iii) 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, or iv) without publication of the application or patent under the specific circumstances provided for by 37 CFR 1.14(a)(1)(v)-(vii); and/or 3) the National Archives and Records Administration, for inspection of records.

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.
13/617,143	05/12/2015	9031259	KYO.P0215	9629

26360 7590 04/22/2015

Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

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 426 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):

Takaaki YAMABE, Yokohama-Shi, JAPAN;

The United States represents the largest, most dynamic marketplace in the world and is an unparalleled location for business investment, innovation, and commercialization of new technologies. The USA offers tremendous resources and advantages for those who invest and manufacture goods here. Through SelectUSA, our nation works to encourage and facilitate business investment. To learn more about why the USA is the best country in the world to develop technology, manufacture products, and grow your business, visit SelectUSA.gov.

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)

26360 7590 01/14/2015
Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

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.

Patricia Oakes	(Depositor's name)
Patricia Oakes	(Signature)
April 10, 2015	(Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215	9629

TITLE OF INVENTION: NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

APPLN. TYPE	ENTITY STATUS	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	UNDISCOUNTED	$960	$0	$0	$960	04/14/2015

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
NEWAY, SAMUEL G	2657	704-226000

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,
(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.

1 Renner, Kenner,
2 Greive, Bobak,
3 Taylor & Weber

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: JVC KENWOOD CORPORATION

(B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY): KANAGAWA-KU, YOKOHAMA-SHI KANAGAWA-KEN, JAPAN

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 credits any overpayment, to Deposit Account Number 18-0987 (enclose an extra copy of this form).

5. **Change in Entity Status** (from status indicated above)
☐ Applicant certifying micro entity status. See 37 CFR 1.29
NOTE: Absent a valid certification of Micro Entity Status (see forms PTO/SB/15A and 15B), issue fee payment in the micro entity amount will not be accepted at the risk of application abandonment.
☐ Applicant asserting small entity status. See 37 CFR 1.27
NOTE: If the application was previously under micro entity status, checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to micro entity status.
☐ Applicant changing to regular undiscounted fee status.
NOTE: Checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to small or micro entity status, as applicable.

NOTE: This form must be signed in accordance with 37 CFR 1.31 and 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications.

Authorized Signature /EDWARD G. GREIVE/ Date April 10, 2015
Typed or printed name Edward G. Greive Registration No. 24,726

PTO/ SB/ 85 Part B (10-13) Approved for use through 10/31/2013 OMB 0651-0033 U.S. Patent and Trademark Office: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Electronic Patent Application Fee Transmittal

Application Number:	13617143
Filing Date:	14-Sep-2012
Title of Invention:	NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD
First Named Inventor/Applicant Name:	Takaaki YAMABE
Filer:	Edward G. Greive/Patricia Oakes
Attorney Docket Number:	KYO.P0215

Filed as Large Entity

Filing Fees for Utility under 35 USC 111(a)

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	1501	1	960	960

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD($)
Extension-of-Time:				
Miscellaneous:				
			Total in USD ($)	**960**

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	22026867
Application Number:	13617143
International Application Number:	
Confirmation Number:	9629
Title of Invention:	NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD
First Named Inventor/Applicant Name:	Takaaki YAMABE
Customer Number:	26360
Filer:	Edward G. Greive/Patricia Oakes
Filer Authorized By:	Edward G. Greive
Attorney Docket Number:	KYO.P0215
Receipt Date:	10-APR-2015
Filing Date:	14-SEP-2012
Time Stamp:	13:15:14
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Credit Card
Payment was successfully received in RAM	$960
RAM confirmation Number	9210
Deposit Account	180987
Authorized User	GREIVE, EDWARD G.
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 1.21 (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)	PTOL85FeeTransmittal041020155KYOp0215.pdf	64784 732d2ba568bd6529949f566571ab0054a2b3a8c1	no	1
Warnings:					
Information:					
2	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	30797 57c3e9235e01116f0f1e96c562ee2ffe2a5cc89f	no	2
Warnings:					
Information:					
		Total Files Size (in bytes):	95581		

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

NOTICE OF ALLOWANCE AND FEE(S) DUE

26360 7590 01/14/2015

Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

EXAMINER	
NEWAY, SAMUEL G	
ART UNIT	PAPER NUMBER
2657	

DATE MAILED: 01/14/2015

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215	9629

TITLE OF INVENTION: NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

APPLN. TYPE	ENTITY STATUS	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	UNDISCOUNTED	$960	$0	$0	$960	04/14/2015

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 ENTITY STATUS shown above. If the ENTITY STATUS is shown as SMALL or MICRO, verify whether entitlement to that entity status still applies.

If the ENTITY STATUS is the same as shown above, pay the TOTAL FEE(S) DUE shown above.

If the ENTITY STATUS is changed from that shown above, on PART B - FEE(S) TRANSMITTAL, complete section number 5 titled "Change in Entity Status (from status indicated above)".

For purposes of this notice, small entity fees are 1/2 the amount of undiscounted fees, and micro entity fees are 1/2 the amount of small entity fees.

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)

26360 7590 01/14/2015
Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

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.
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215	9629

TITLE OF INVENTION: NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

APPLN. TYPE	ENTITY STATUS	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	UNDISCOUNTED	$960	$0	$0	$960	04/14/2015

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
NEWAY, SAMUEL G	2657	704-226000

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,
(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.
1 _____
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 credits any overpayment, to Deposit Account Number _____ (enclose an extra copy of this form).

5. **Change in Entity Status** (from status indicated above)
- ❑ Applicant certifying micro entity status. See 37 CFR 1.29 — NOTE: Absent a valid certification of Micro Entity Status (see forms PTO/SB/15A and 15B), issue fee payment in the micro entity amount will not be accepted at the risk of application abandonment.
- ❑ Applicant asserting small entity status. See 37 CFR 1.27 — NOTE: If the application was previously under micro entity status, checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to micro entity status.
- ❑ Applicant changing to regular undiscounted fee status. — NOTE: Checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to small or micro entity status, as applicable.

NOTE: This form must be signed in accordance with 37 CFR 1.31 and 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications.

Authorized Signature _____ Date _____

Typed or printed name _____ Registration No. _____

PTOL-85 Part B (10-13) Approved for use through 10/31/2013. OMB 0651-0033 U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

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.
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215	9629

26360 7590 01/14/2015

Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

EXAMINER	
NEWAY, SAMUEL G	

ART UNIT	PAPER NUMBER
2657	

DATE MAILED: 01/14/2015

Determination of Patent Term Adjustment under 35 U.S.C. 154 (b)
(Applications filed on or after May 29, 2000)

The Office has discontinued providing a Patent Term Adjustment (PTA) calculation with the Notice of Allowance.

Section 1(h)(2) of the AIA Technical Corrections Act amended 35 U.S.C. 154(b)(3)(B)(i) to eliminate the requirement that the Office provide a patent term adjustment determination with the notice of allowance. See Revisions to Patent Term Adjustment, 78 Fed. Reg. 19416, 19417 (Apr. 1, 2013). Therefore, the Office is no longer providing an initial patent term adjustment determination with the notice of allowance. The Office will continue to provide a patent term adjustment determination with the Issue Notification Letter that is mailed to applicant approximately three weeks prior to the issue date of the patent, and will include the patent term adjustment on the patent. Any request for reconsideration of the patent term adjustment determination (or reinstatement of patent term adjustment) should follow the process outlined in 37 CFR 1.705.

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.

OMB Clearance and PRA Burden Statement for PTOL-85 Part B

The Paperwork Reduction Act (PRA) of 1995 requires Federal agencies to obtain Office of Management and Budget approval before requesting most types of information from the public. When OMB approves an agency request to collect information from the public, OMB (i) provides a valid OMB Control Number and expiration date for the agency to display on the instrument that will be used to collect the information and (ii) requires the agency to inform the public about the OMB Control Number's legal significance in accordance with 5 CFR 1320.5(b).

The information collected by PTOL-85 Part B 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.

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. 13/617,143	Applicant(s) YAMABE, TAKAAKI	
	Examiner SAMUEL G. NEWAY	Art Unit 2657	AIA (First Inventor to File) Status No

-- 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 *September 14, 2012*.
   ☐ A declaration(s)/affidavit(s) under **37 CFR 1.130(b)** was/were filed on_____.
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 *1-20*. As a result of the allowed claim(s), you may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at a participating intellectual property office for the corresponding application. For more information, please see http://www.uspto.gov/patents/init_events/pph/index.jsp or send an inquiry to PPHfeedback@uspto.gov .
4. ☒ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).

   Certified copies:

   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. ☐ CORRECTED DRAWINGS (as "replacement sheets") must be submitted.
   ☐ 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).
6. ☐ 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)

1. ☒ Notice of References Cited (PTO-892)
2. ☒ Information Disclosure Statements (PTO/SB/08), Paper No./Mail Date _____
3. ☐ Examiner's Comment Regarding Requirement for Deposit of Biological Material
4. ☐ Interview Summary (PTO-413), Paper No./Mail Date _____ .
5. ☐ Examiner's Amendment/Comment
6. ☒ Examiner's Statement of Reasons for Allowance
7. ☐ Other _____.

DETAILED ACTION

1. This is responsive to the application filed on September 14, 2012.

2. Claims 1-20 are pending and considered below.

3. The present application is being examined under the pre-AIA first to invent provisions.

Allowable Subject Matter

4. Claims 1-20 are allowed.

5. The following is an examiner's statement of reasons for allowance: Chen (USPN 7,983,720) discloses a noise reduction apparatus comprising: a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by at least either a first microphone or a second microphone is a speech segment and to output speech segment information when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment (col. 13, lines 58-65); a voice direction detector configured to detect a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone and to output voice incoming-direction information when the voice incoming direction is detected (col. 19, lines 21-25); and an adaptive filter configured to perform a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals (col. 13, line 65 to col. 14, line 2).

However, Chen, alone or in combination with the prior art of record, does not disclose the adaptive filter configured to perform a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on the claimed speech segment information and voice incoming-direction information.

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

6. The prior art made of record and not relied upon is considered pertinent to applicant's disclosure. Please see the attached PTO 892.

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to SAMUEL G. NEWAY whose telephone number is (571)270-1058. The examiner can normally be reached on Monday-Friday 9:00AM-6:00PM.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner’s supervisor, David Hudspeth can be reached on (571)272-7843. 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.

/SAMUEL G. NEWAY/
Primary Examiner, Art Unit 2657

Notice of References Cited	Application/Control No. 13/617,143	Applicant(s)/Patent Under Reexamination YAMABE, TAKAAKI	
	Examiner SAMUEL G. NEWAY	Art Unit 2657	Page 1 of 2

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Name	Classification
*	A	US-4,742,548 A	05-1988	Sessler et al.	381/92
*	B	US-5,226,076 A	07-1993	Baumhauer et al.	379/420.02
*	C	US-6,069,961 A	05-2000	Nakazawa, Fumihiko	381/92
*	D	US-6,339,758 B1	01-2002	Kanazawa et al.	704/226
*	E	US-2004/0066941 A1	04-2004	Amada et al.	381/098
*	F	US-7,092,529 B2	08-2006	Yu et al.	381/71.11
*	G	US-2007/0076898 A1	04-2007	Sarroukh et al.	381/092
*	H	US-2008/0260175 A1	10-2008	Elko, Gary W.	381/73.1
*	I	US-2009/0043577 A1	02-2009	GODAVARTI, MAHESH	704/233
*	J	US-2010/0323652 A1	12-2010	Visser et al.	455/232.1
*	K	US-7,983,720 B2	07-2011	Chen, Juin-Hwey	455/575.1
*	L	US-2012/0130713 A1	05-2012	Shin et al.	704/233
*	M	US-8,194,880 B2	06-2012	Avendano, Carlos	381/92

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.

Notice of References Cited	Application/Control No. 13/617,143	Applicant(s)/Patent Under Reexamination YAMABE, TAKAAKI	
	Examiner SAMUEL G. NEWAY	Art Unit 2657	Page 2 of 2

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Name	Classification
*	A	US-2013/0073283 A1	03-2013	YAMABE, Takaaki	704/226
	B	US-			
	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.

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	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Takaaki YAMABE
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	KYO.P0215

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	2010-232862	JP		2010-10-14	TOSHIBA CORP		☒
	2	06-067693	JP		1994-03-11	SONY CORP		☒
	3	2000-305594	JP		2000-11-02	ALPINE ELECTRONICS INC		☒

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /S.N./

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Takaaki YAMABE
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	KYO.P0215

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	/Samuel Neway/	Date Considered	01/08/2015

*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.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /S.N./

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Takaaki YAMABE
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	KYO.P0215

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		Date (YYYY-MM-DD)	
Name/Print		Registration Number	

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.**

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /S.N./

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 record s.

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. /S.N./

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. 9629

SERIAL NUMBER	FILING or 371(c) DATE	CLASS	GROUP ART UNIT	ATTORNEY DOCKET NO.
13/617,143	09/14/2012 RULE	704	2657	KYO.P0215

APPLICANTS

INVENTORS

Takaaki YAMABE, Yokohama-Shi, JAPAN;

**** CONTINUING DATA ***************************

**** FOREIGN APPLICATIONS ***************************

JAPAN 2011-201759 09/15/2011
JAPAN 2011-201760 09/15/2011

**** IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED ****

09/27/2012

Foreign Priority claimed	35 USC 119(a-d) conditions met	Verified and Acknowledged	Met after Allowance	STATE OR COUNTRY	SHEETS DRAWINGS	TOTAL CLAIMS	INDEPENDENT CLAIMS
☑ Yes ☐ No	☑ Yes ☐ No	/SAMUEL G NEWAY/ Examiner's Signature	☐ SN Initials	JAPAN	21	20	3

ADDRESS

Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412
UNITED STATES

TITLE

NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

FILING FEE RECEIVED		
1250	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

BIB (Rev. 05/07).

EAST Search History

EAST Search History (Prior Art)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
S1	1	("7092529").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2014/12/11 13:35
S2	1	("20130073283").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2014/12/11 13:38
S3	1	("5138664").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2015/01/07 11:00
S4	2	(("4742548") or ("5226076")).PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2015/01/07 11:02
S5	301	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation) same (sound speech voice audio) near direction	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:08
S6	17	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:10
S8	6	S7 not S6	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:35
S7	23	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:35
S9	4344	yamabe.in.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:39
S10	4	S9 and noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:40
S11	862	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4	US-PGPUB;	OR	ON	2015/01/07

		cancellation suppress$4) same microphone same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB			11:41
S13	89	S12 not S7	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:42
S12	105	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4) same microphone same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity) same direction	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 11:42
S14	1	("7983720").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2015/01/07 11:50
S15	1	("8194880").PN.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2015/01/07 11:55
S16	4865	jvc.as.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 12:20
S18	5	S16 and noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4) same direction$4 same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 12:21
S17	4	S16 and noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 12:21
S19	23	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4 filter$4) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 12:28
S20	3	speech near (enhanc$4 enhancement) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 12:29
S21	13	(US-20130073283-$ or US-20070076898-$ or US-20090043577-$ or US-20120130713-$ or US-20080260175-$ or US-20100323652-$).did. or (US-7092529-$ or US-4742548-$ or US-5226076-$ or US-6069961-$ or US-6339758-$ or US-7983720-$ or US-8194880-$).did.	US-PGPUB; USPAT	OR	ON	2015/01/07 12:31

S22	773	((G10L2021/02165 OR G10L2021/02166).CPC.)	US-PGPUB; USPAT	OR	ON	2015/01/07 12:34
S23	11	S22 and (voice speech) near direction$3 same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/07 12:39
L3	11	L2 and (voice speech) near direction$3 same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/08 09:30
L2	773	((G10L2021/02165 OR G10L2021/02166).CPC.)	US-PGPUB; USPAT	OR	ON	2015/01/08 09:30
L4	23	noise near (eliminat$4 reduc$4 cancel$4 cancellation suppress$4) same (sound speech voice audio) near direction same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/08 09:32
L5	14	(US-20130073283-$ or US-20070076898-$ or US-20090043577-$ or US-20120130713-$ or US-20080260175-$ or US-20100323652-$ or US-20040066941-$).did. or (US-7092529-$ or US-4742548-$ or US-5226076-$ or US-6069961-$ or US-6339758-$ or US-7983720-$ or US-8194880-$).did.	US-PGPUB; USPAT	OR	ON	2015/01/08 09:36
L6	2	5 and only with direction$4 same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/08 09:37
L7	5	5 and only same direction$4 same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/08 09:38
L9	20	8 and (voice speech) near direction$3 same (detect$4 determin$4) near2 (speech voice endpoint end adj point activity)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2015/01/08 10:46
L8	4245	(381/92-95).CCLS.	US-PGPUB; USPAT; USOCR	OR	OFF	2015/01/08 10:46

EAST Search History (Interference)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L10	2	(381/92-95).CCLS.	UPAD	OR	OFF	2015/01/08 10:48

1/8/2015 12:02:03 PM
C:\Users\sneway\Documents\EAST\Workspaces\13617143Yamabe.wsp

Issue Classification	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	13617143	YAMABE, TAKAAKI
	Examiner	**Art Unit**
	SAMUEL G NEWAY	2657

CPC						
Symbol					**Type**	**Version**
G10L		21	/	0216	F	2013-01-01
G10L		2021	/	02165	A	2013-01-01
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			
			/			

CPC Combination Sets							
Symbol				**Type**	**Set**	**Ranking**	**Version**
			/				
			/				

NONE		**Total Claims Allowed:**	
(Assistant Examiner)	(Date)	20	
/SAMUEL G NEWAY/ Primary Examiner.Art Unit 2657	01/08/2015	O.G. Print Claim(s)	O.G. Print Figure
(Primary Examiner)	(Date)	1	1

Issue Classification	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	13617143	YAMABE, TAKAAKI
	Examiner	**Art Unit**
	SAMUEL G NEWAY	2657

US ORIGINAL CLASSIFICATION		INTERNATIONAL CLASSIFICATION										
CLASS	SUBCLASS	CLAIMED					NON-CLAIMED					
381	94.1	H	0	4	B	15 / 00 (2006.0)						
CROSS REFERENCE(S)		H	0	4	R	3 / 00 (2006.01.01)						
CLASS	SUBCLASS (ONE SUBCLASS PER BLOCK)											
381	92											

NONE		Total Claims Allowed:	
(Assistant Examiner)	(Date)	20	
/SAMUEL G NEWAY/ Primary Examiner.Art Unit 2657	01/08/2015	O.G. Print Claim(s)	O.G. Print Figure
(Primary Examiner)	(Date)	1	1

U.S. Patent and Trademark Office — Part of Paper No. 20150108

Issue Classification	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	13617143	YAMABE, TAKAAKI
	Examiner	**Art Unit**
	SAMUEL G NEWAY	2657

☒ 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

NONE (Assistant Examiner)	(Date)	**Total Claims Allowed:** 20	
/SAMUEL G NEWAY/ Primary Examiner.Art Unit 2657 (Primary Examiner)	01/08/2015 (Date)	O.G. Print Claim(s) 1	O.G. Print Figure 1

U.S. Patent and Trademark Office Part of Paper No. 20150108

Index of Claims	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	13617143	YAMABE, TAKAAKI
	Examiner	Art Unit
	SAMUEL G NEWAY	2657

✓	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	01/08/2015								
	1	=								
	2	=								
	3	=								
	4	=								
	5	=								
	6	=								
	7	=								
	8	=								
	9	=								
	10	=								
	11	=								
	12	=								
	13	=								
	14	=								
	15	=								
	16	=								
	17	=								
	18	=								
	19	=								
	20	=								

Search Notes	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	13617143	YAMABE, TAKAAKI
	Examiner	Art Unit
	SAMUEL G NEWAY	2657

CPC- SEARCHED		
Symbol	Date	Examiner
G10L2021/02165, G10L2021/02166	1/7/2015	SN

CPC COMBINATION SETS - SEARCHED		
Symbol	Date	Examiner

US CLASSIFICATION SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
381	92-95	1/8/2015	SN

SEARCH NOTES		
Search Notes	Date	Examiner
EAST: Text, Inventor, and Assignee Search	1/7/2015	SN
NPL search using query similar to that used in EAST	1/7/2015	SN

INTERFERENCE SEARCH			
US Class/ CPC Symbol	US Subclass / CPC Group	Date	Examiner
381	92-95	1/8/2015	SN

日　本　国　特　許　庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application:	２０１１年　９月１５日
出願番号 Application Number:	特願２０１１－２０１７５９
パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号 The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is	ＪＰ２０１１－２０１７５９
出願人 Applicant(s):	株式会社ＪＶＣケンウッド

２０１３年　４月１７日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office　深野弘行

【書類名】　特許願
【整理番号】　P110165-01
【提出日】　平成23年 9月15日
【あて先】　特許庁長官殿
【国際特許分類】　H04R 3/00
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県横浜市神奈川区守屋町３丁目１２番地
　【氏名】　山邊 孝朗
【特許出願人】
　【識別番号】　308036402
　【氏名又は名称】　株式会社ＪＶＣケンウッド
　【代表者】　不破 久温
【代理人】
　【識別番号】　100103894
　【弁理士】
　【氏名又は名称】　家入 健
【手数料の表示】
　【振替番号】　00000273
　【納付金額】　15,000円
【提出物件の目録】
　【物件名】　明細書 1
　【物件名】　特許請求の範囲 1
　【物件名】　要約書 1
　【物件名】　図面 1
　【包括委任状番号】　1007589

【書類名】明細書
【発明の名称】ノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法
【技術分野】
【０００１】
本発明はノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
音声信号に含まれるノイズ成分を低減して音声を聞き取りやすくするノイズキャンセル機能（ノイズ低減装置）がある。
【０００３】
ノイズキャンセル機能では、例えば、音声を主に収音するマイクロフォンによって収音された音声信号から、ノイズを主に収音するマイクロフォンによって収音されたノイズ信号を差し引くことで、音声信号に含まれるノイズ成分を除去することができる。
【０００４】
特許文献１には、低減対象ではない音声成分がノイズ成分に混入する場合であっても、音声成分自体の低減を防止することができるノイズ低減装置に関する技術が開示されている。特許文献２には、ノイズ源の位置に関係なく大きなＳＮ比の改善効果が得られるマイクロフォンシステムに関する技術が開示されている。また、特許文献３には、複数の環境において、マイクロフォンから入力される音声信号のノイズを好適に減じることができる音声処理装置に関する技術が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開平６－６７６９３号公報
【特許文献２】特開２０００－３０５５９４号公報
【特許文献３】特開２０１０－２３２８６２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
特許文献１乃至３に開示されている技術では、周囲のノイズレベルが高い場合、音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができないという問題があった。また、音声を送受信するための無線通信装置では、ノイズが多い環境など様々な環境下において通話の品質を確保することが求められている。
【０００７】
上記課題に鑑み本発明の目的は、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明にかかるノイズ低減装置は、第１および第２のマイクロフォンの少なくとも一方で収音された音声に基づき音声区間を判定する音声区間判定器と、前記第１のマイクロフォンで収音された音に応じた第１の収音信号と前記第２のマイクロフォンで収音された音に応じた第２の収音信号とに基づき、前記音声の到来方向を検知する音声方向検知器と、前記音声区間判定器から出力された音声区間情報および前記音声方向検知器から出力された音声方向情報に基づき、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号とを用いてノイズ低減処理を実施する適応フィルタと、を備え、前記音声方向検知器は、前記音声区間判定器が音声区間と判定した場合に、前記音声の到来方向を検知する。
【０００９】
前記音声方向検知器は、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号の位相差に基づき前

記音声の到来方向を検知してもよい。
【００１０】
前記適応フィルタは、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号とのうち、より位相が早いいずれか一方の収音信号に含まれるノイズ成分を他方の収音信号を用いて低減してもよい。
【００１１】
前記第１の収音信号の位相と前記第２の収音信号の位相の位相差が所定の範囲内である場合、前記適応フィルタはノイズ低減処理を実施することなく前記第１の収音信号または前記第２の収音信号を出力してもよい。
【００１２】
前記音声方向検知器は、前記第１の収音信号の大きさと前記第２の収音信号の大きさに基づき前記音声の到来方向を検知してもよい。
【００１３】
前記第１の収音信号の大きさが前記第２の収音信号の大きさよりも大きい場合、前記適応フィルタは、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号とのうち、より大きさの大きいいずれか一方の収音信号に含まれるノイズ成分を他方の収音信号を用いて低減してもよい。
【００１４】
前記第１の収音信号の大きさと前記第２の収音信号の大きさの差であるパワー差が所定の範囲内である場合、前記適応フィルタはノイズ低減処理を実施することなく前記第１の収音信号または前記第２の収音信号を出力してもよい。
【００１５】
前記音声方向検知器は、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号の位相差、並びに前記第１の収音信号の大きさおよび前記第２の収音信号の大きさに基づき、前記音声の到来方向を検知してもよい。
【００１６】
前記第１の収音信号の位相が前記第２の収音信号の位相よりも早い場合、前記音声区間判定器は、前記第１の収音信号に基づき音声区間を判定してもよく、前記第２の収音信号の位相が前記第１の収音信号の位相よりも早い場合、前記音声区間判定器は、前記第２の収音信号に基づき音声区間を判定してもよい。
【００１７】
前記音声方向検知器には、前記第１および第２の収音信号としてサンプリング周波数が２４ｋＨｚ以上の信号が供給されてもよく、前記適応フィルタには、前記第１および第２の収音信号としてサンプリング周波数が１２ｋＨｚ以下の信号が供給されてもよい。
【００１８】
前記音声区間判定器は、前記適応フィルタに出力される音声区間判定情報よりも更に高い確率で音声区間であると判定された音声区間判定情報を前記音声方向検知器に出力してもよい。
【００１９】
本発明にかかるノイズ低減装置を備えた音声入力装置において、前記第１のマイクロフォンは前記音声入力装置の第１の面に設けられていてもよく、前記第２のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に設けられていてもよい。
【００２０】
本発明にかかるノイズ低減装置を備えた無線通信装置において、前記第１のマイクロフォンは前記無線通信装置の第１の面に設けられていてもよく、前記第２のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に設けられていてもよい。
【００２１】
本発明にかかるノイズ低減方法は、第１および第２のマイクロフォンの少なくとも一方で収音された音声に基づき音声区間を判定し、音声区間であると判定された場合に、前記第１のマイクロフォンで収音された音に応じた第１の収音信号と前記第２のマイクロフォ

ンで収音された音に応じた第２の収音信号とに基づき前記音声の到来方向を検知し、前記音声区間の判定結果である音声区間情報および前記音声の到来方向を示す音声方向情報に基づきノイズ低減処理を実施する。

【発明の効果】

【００２２】

本発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

【図１】実施の形態１にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。

【図２】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声区間判定器の一例を示すブロック図である。

【図３】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声区間判定器の他の例を示すブロック図である。

【図４】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声方向検知器の一例を示すブロック図である。

【図５】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声方向検知器の他の例を示すブロック図である。

【図６】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える適応フィルタの一例を示すブロック図である。

【図７】実施の形態１にかかるノイズ低減装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図８】実施の形態１にかかるノイズ低減装置の他の例を示すブロック図である。

【図９】実施の形態１にかかるノイズ低減装置を用いた音声入力装置の一例を示す図である。

【図１０】実施の形態１にかかるノイズ低減装置を用いた無線通信装置の一例を示す図である。

【図１１】実施の形態２にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。

【図１２】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える信号決定部の一例を示すブロック図である。

【図１３】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える信号決定部の動作を説明するためのフローチャートである。

【図１４】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える信号決定部の動作を説明するためのフローチャートである。

【図１５】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える適応フィルタの一例を示すブロック図である。

【図１６】実施の形態２にかかるノイズ低減装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図１７】実施の形態３にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。

【図１８】実施の形態３にかかるノイズ低減装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図１９】実施の形態４にかかる音声入力装置を示す図である。

【図２０】実施の形態４にかかる音声入力装置の裏面に設けられた参照音用マイクロフォンの位置を説明するための図である。

【図２１】実施の形態４にかかる無線通信装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２４】

＜実施の形態１＞

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図１は、実施の形態１にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。図１に示すノイズ低減装置１は、音声用マイクロフォン１１、参照音用マイクロフォン１２、ＡＤコンバータ１３、１４、音声区間判定器１５、音声方向検知器１６、適応フィルタ制御部１７、および適応フィルタ１８を有する。

【００２５】

音声用マイクロフォン１１および参照音用マイクロフォン１２はそれぞれ、音声成分やノイズ成分を含む音を収音することができる。音声用マイクロフォン１１は、主に音声成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１３に出力する。参照音用マイクロフォン１２は、主にノイズ成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１４に出力する。例えば、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれるノイズ成分は、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれるノイズ成分を低減するために用いられる。

【００２６】

なお、本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、マイクロフォンが２つの場合（つまり、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２）の構成について説明するが、例えば参照音用マイクロフォンを更に追加してマイクロフォンを３つ以上設けてもよい。

【００２７】

ＡＤコンバータ１３は、音声用マイクロフォン１１から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号２１を生成する。ＡＤコンバータ１３で生成された収音信号２１は、音声区間判定器１５、音声方向検知器１６、および適応フィルタ１８に出力される。

【００２８】

ＡＤコンバータ１４は、参照音用マイクロフォン１２から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号２２を生成する。ＡＤコンバータ１４で生成された収音信号２２は、音声方向検知器１６および適応フィルタ１８に出力される。

【００２９】

本実施の形態において、音声用マイクロフォン１１および参照音用マイクロフォン１２に入力される音声の周波数帯域の例は、おおよそ１００Ｈｚから４０００Ｈｚ程度である。よって、ＡＤコンバータ１３、１４におけるサンプリング周波数を８ｋＨｚ～１２ｋＨｚ程度とすることで、音声成分を含むアナログ信号をデジタル信号として取り扱うことができる。

なお、本明細書では、主に音声成分を含む収音信号を音声信号とも記載し、主にノイズ成分を含む収音信号を参照信号とも記載する。

【００３０】

音声区間判定器１５は、ＡＤコンバータ１３から出力された収音信号２１に基づき音声区間を判定する。そして、音声区間判定器１５は、音声区間と判定した場合、音声方向検知器１６および適応フィルタ制御部１７に音声区間情報２３、２４をそれぞれ出力する。

【００３１】

音声区間判定器１５における音声区間判定処理には任意の技術を用いることができる。しかし、ノイズレベルが高い環境下でノイズ低減装置が使用される場合は、高い精度で音声区間を判定する必要がある。この場合、例えば特願２０１０－２６０７９８に記載されている技術（以下、音声区間判定技術Ａという）や、特願２０１１－０２０４５９に記載されている技術（以下、音声区間判定技術Ｂという）を用いることで、音声区間を高い精度で判定することができる。音声には人の声以外の音も含まれるが、この例では、主に人の声を検出する。

【００３２】

音声区間判定技術Ａでは、音声の主要部分である母音成分の持つ周波数スペクトルに着目し、音声区間を判定している。音声区間判定技術Ａでは、適切なノイズレベルを帯域毎

に設定し、母音周波数成分のピークとの信号対ノイズレベル比を求め、信号対ノイズレベル比が所定のレベル比かつ所定のピーク数であるか否かを観察することで、音声区間を判定している。

【００３３】

図２は、音声区間判定技術Ａを用いた音声区間判定器１５'の一例を示すブロック図である。図２に示す音声区間判定器１５'は、フレーム化部３１、スペクトル生成部３２、帯域分割部３３、周波数平均部３４、保持部３５、時間平均部３６、ピーク検出部３７、および音声判定部３８を備える。

【００３４】

フレーム化部３１は、収音信号２１を予め定められた時間幅を有するフレーム単位（所定サンプル数長）で順次切り出し、フレーム単位の入力信号（以下、フレーム化入力信号と称す）を生成する。

【００３５】

スペクトル生成部３２は、フレーム化部３１から出力されたフレーム化入力信号の周波数分析を行い、時間領域のフレーム化入力信号を周波数領域のフレーム化入力信号に変換して、スペクトルを集めたスペクトルパターンを生成する。スペクトルパターンは、所定の周波数帯域に渡って、周波数とその周波数におけるエネルギーとが対応付けられた、周波数毎のスペクトルを集めたものである。ここで用いられる周波数変換法は、特定の手段に限定しないが、音声のスペクトルを認識するために必要な周波数分解能が必要であるため、比較的分解能が高いＦＦＴ（Fast Fourier Transform）やＤＣＴ（Discrete Cosine Transform）等の直交変換法を用いるとよい。本実施の形態において、スペクトル生成部３２は、少なくとも２００Ｈｚから７００Ｈｚのスペクトルパターンを生成する。

【００３６】

後述する音声判定部３８が音声区間を判定する際に検出する対象である、音声の特徴を示すスペクトル（以下、フォルマントと称す）には、通常、基音に相当する第１フォルマントから、その倍音部分である第ｎフォルマント（ｎは自然数）まで複数ある。このうち、第１フォルマントや第２フォルマントは２００Ｈｚ未満の周波数帯域に存在することが多い。しかし、この帯域には、低域ノイズ成分が比較的高いエネルギーで含まれているため、フォルマントが埋没し易い。また７００Ｈｚ以上のフォルマントは、フォルマント自体のエネルギーが低いため、やはりノイズ成分に埋没し易い。そのため、ノイズ成分に埋没し難い２００Ｈｚから７００Ｈｚのスペクトルパターンを音声区間の判定に用いることで、判定対象を絞り、効率的に音声区間の判定を行うことができる。

【００３７】

帯域分割部３３は、適切な周波数帯域単位で音声に特徴的なスペクトルを検出するため、スペクトルパターンの各スペクトルを、予め定められた帯域幅で分割された周波数帯域である複数の分割周波数帯域に分割する。本実施の形態において、予め定められた帯域幅は、１００Ｈｚから１５０Ｈｚ程度の帯域幅とする。

【００３８】

周波数平均部３４は、分割周波数帯域毎の平均エネルギーを求める。本実施の形態では、周波数平均部３４は、分割周波数帯域毎に、分割周波数帯域におけるすべてのスペクトルのエネルギーを平均するが、演算負荷軽減のためスペクトルのエネルギーの代わりにスペクトルの最大または平均振幅値（絶対値）を代用してもよい。

【００３９】

保持部３５は、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory）、フラッシュメモリ等の記憶媒体で構成され、帯域毎の平均エネルギーを過去の予め定められた数（本実施の形態においてはＮとする）のフレーム分保持する。

【００４０】

時間平均部３６は、分割周波数帯域毎に、周波数平均部３４で導出された平均エネルギーの時間方向の複数のフレームに渡る平均である帯域別エネルギーを導出する。すなわち

、帯域別エネルギーは、分割周波数帯域毎の平均エネルギーの時間方向の複数のフレームに渡る平均値である。また、時間平均部３６は、直前のフレームの分割周波数帯域毎の平均エネルギーに、重み付け係数と時定数を用いて平均化に準じる処理をして、帯域別エネルギーの代用値を求めてもよい。

【００４１】

ピーク検出部３７は、スペクトルパターンの各スペクトルと、そのスペクトルが含まれる分割周波数帯域における帯域別エネルギーとのエネルギー比（ＳＮＲ：Signal to Noise ratio）を導出する。そして、ピーク検出部３７は、スペクトル毎のＳＮＲと、予め定められた第１閾値とを比較し、第１閾値を超えるか否かを判定する。ＳＮＲが第１閾値を超えるスペクトルがあると、このスペクトルをフォルマントとみなし、フォルマントが検出された旨を示す情報を、音声判定部３８に出力する。

【００４２】

音声判定部３８は、フォルマントが検出されたという情報をピーク検出部３７から受け付けると、ピーク検出部３７の判定結果に基づいて、該当フレームのフレーム化入力信号が音声であるか否か判定する。音声判定部３８は、フレーム化入力信号が音声であると判定した場合、音声方向検知器１６および適応フィルタ制御部１７に音声区間情報２３、２４をそれぞれ出力する。

【００４３】

図２に示す音声区間判定器１５'は、分割周波数帯域毎に、その分割周波数帯域の帯域別エネルギーを設定している。そのため、音声判定部３８は、他の分割周波数帯域のノイズ成分の影響を受けずに、それぞれの分割周波数帯域毎にフォルマントの有無を精度よく判定することができる。

【００４４】

上述したように、フォルマントには、第１フォルマントから、その倍音部分である第ｎフォルマントまで複数ある。したがって、任意の分割周波数帯域の帯域別エネルギー（ノイズレベル）が上昇し、フォルマントの一部がノイズに埋没しても、他の複数のフォルマントを検出できる場合がある。特に、周囲ノイズは低域に集中するため、基音に相当する第１フォルマントや２倍音に相当する第２フォルマントが低域のノイズに埋没していても、３倍音以上のフォルマントを検出できる可能性がある。よって、音声判定部３８は、ＳＮＲが第１閾値を超えるスペクトルが所定数以上である場合、フレーム化入力信号が音声であると判定することで、よりノイズに強い音声区間の判定を行うことができる。

【００４５】

以上で説明したように、音声区間判定技術Ａを用いた音声区間判定器１５'は、入力信号を予め定められた時間幅を有するフレーム単位で切り出し、フレーム化入力信号を生成するフレーム化部３１と、フレーム化入力信号を、時間領域から周波数領域に変換して、周波数毎のスペクトルを集めたスペクトルパターンを生成するスペクトル生成部３２と、スペクトルパターンの各スペクトルと、予め定められた帯域幅で分割された周波数帯域である複数の分割周波数帯域のうちスペクトルが含まれる分割周波数帯域における帯域別エネルギーとのエネルギー比が、予め定められた第１閾値を超えるか否かを判定するピーク検出部３７と、ピーク検出部の判定結果に基づいて、フレーム化入力信号が音声であるか否か判定する音声判定部３８と、スペクトルパターンの各分割周波数帯域におけるスペクトルの周波数方向の平均エネルギーを導出する周波数平均部３４と、分割周波数帯域毎に、平均エネルギーの時間方向の平均である前記帯域別エネルギーを導出する時間平均部３６と、を備える。

【００４６】

例えば、音声判定部３８は、エネルギー比が第１閾値を超えるスペクトルが予め定められた数以上であると、フレーム化入力信号が音声であると判定することができる。

【００４７】

次に、音声区間判定技術Ｂについて説明する。音声区間判定技術Ｂでは、子音の特徴であるスペクトルパターンが右上がりになる傾向があるという性質に着目して、音声区間を

判定している。音声区間判定技術Ｂでは、子音のスペクトルパターンを中高域の周波数帯において測定し、更に部分的にノイズ成分によって埋没してしまった子音の周波数分布の特徴を、ノイズの影響があまり無かった帯域に特化して抽出することで、音声区間を高精度で判定することを可能にしている。

【００４８】

図３は、音声区間判定技術Ｂを用いた音声区間判定器１５''の一例を示すブロック図である。音声区間判定器１５''は、フレーム化部４１、スペクトル生成部４２、帯域分割部４３、平均導出部４４、ノイズレベル導出部４５、判定選択部４６、および子音判定部４７を備える。

【００４９】

フレーム化部４１は、収音信号２１を予め定められた時間幅を有するフレーム単位で順次切り出し、フレーム単位の入力信号であるフレーム化入力信号を生成する。

【００５０】

スペクトル生成部４２は、フレーム化部４１から出力されたフレーム化入力信号の周波数分析を行い、時間領域のフレーム化入力信号を周波数領域のフレーム化入力信号に変換して、スペクトルを集めたスペクトルパターンを生成する。スペクトルパターンは、所定の周波数帯域に渡って、周波数とその周波数におけるエネルギーとが対応付けられた、周波数毎のスペクトルを集めたものである。ここで用いられる周波数変換法は、特定の手段に限定しないが、音声のスペクトルを認識するために必要な周波数分解能が必要であるため、比較的分解能が高いＦＦＴやＤＣＴ等の直交変換法を用いるとよい。

【００５１】

帯域分割部４３は、スペクトル生成部４２が生成したスペクトルパターンの各スペクトルを、予め定められた帯域幅毎に分割し、複数の分割周波数帯域を生成する。本実施の形態において、帯域分割部４３は、例えば、８００Ｈｚ～３．５ｋＨｚの周波数範囲について、例えば、１００Ｈｚ～３００Ｈｚ程度の帯域幅毎に分割する。

【００５２】

平均導出部４４は、スペクトルパターンにおける、連接する、帯域分割部４３が分割した分割周波数帯域（バンド）毎の平均エネルギーである帯域別平均エネルギーを導出する。

【００５３】

子音判定部４７は、平均導出部４４が導出した帯域別平均エネルギー同士を比較し、より高周波数帯域の帯域別平均エネルギー程、高いエネルギーとなっていると、そのフレーム化入力信号に子音が含まれると判定する。

【００５４】

一般的に、子音はスペクトルパターンが右上がりになる傾向がある。そこで、音声区間判定技術Ｂを用いた音声区間判定器１５''は、スペクトルパターンにおける帯域別平均エネルギーを導出し、その帯域別エネルギー同士を比較することで子音に特徴的な、スペクトルパターンにおける右上がりの傾向を検出する。そのため、音声区間判定器１５''は、入力信号に子音が含まれる子音区間を精度よく検出することができる。

【００５５】

子音判定部４７は、隣接する帯域間の帯域別平均エネルギーが、高い周波数の帯域の方が隣接する低い周波数の帯域より大きい組み合わせを計数し、計数した計数値が、予め定められた第１閾値以上であると、子音が含まれると判定する第１判定手段を備える。また、子音判定部４７は、隣接する帯域間の帯域別平均エネルギーが、高い周波数の帯域の方が隣接する低い周波数の帯域より大きい組み合わせを計測し、更にこの組み合わせが帯域を跨いで連続する場合に重み付けをして計数し、計数した計数値が、予め定められた第２閾値以上であると、子音が含まれると判定する第２判定手段を備える。子音判定部４７は、第１判定手段と第２判定手段をそれぞれノイズレベルに応じて使い分ける。

【００５６】

ここで、第１判定手段と第２判定手段とを適宜選択すべく、ノイズレベル導出部４５は

、フレーム化入力信号のノイズレベルを導出する。例えば、ノイズレベルは、フレーム化入力信号のすべての周波数帯域の帯域別平均エネルギーの平均値とすることができる。また、ノイズレベル導出部４５は、フレーム化入力信号毎にノイズレベルを導出してもよいし、所定時間分のフレーム化入力信号のノイズレベルの平均値を用いてもよい。判定選択部４６は、導出されたノイズレベルが所定の閾値未満の場合、第１判定手段を選択し、所定の閾値以上の場合、第２判定手段を選択する。

【００５７】

以上で説明したように、音声区間判定技術Ｂを用いた音声区間判定器１５''は、入力信号を予め定められたフレーム単位で切り出し、フレーム化入力信号を生成するフレーム化部４１と、フレーム化入力信号を、時間領域から周波数領域に変換して、周波数毎のスペクトルを集めたスペクトルパターンを生成するスペクトル生成部４２と、スペクトルパターンにおける、連接する予め定められた帯域幅毎の平均エネルギーである帯域別平均エネルギーを導出する平均導出部４４と、導出された帯域別平均エネルギー同士を比較し、より高周波数帯域の帯域別平均エネルギー程、高いエネルギーとなっていると、フレーム化入力信号に子音が含まれると判定する子音判定部４７と、を備える。

【００５８】

例えば、子音判定部４７は、スペクトルパターンの隣接する帯域間の帯域別平均エネルギーが、高い周波数の帯域の方が隣接する低い周波数の帯域より大きい組み合わせを計数し、計数した計数値が、予め定められた閾値以上であると、子音が含まれると判定することができる。

【００５９】

なお、本実施の形態にかかるノイズ低減装置に上記の音声区間判定技術Ａ、Ｂを適用する場合、製品毎にパラメータを設定することができる。すなわち、より確実な音声区間の判定が要求される製品に音声区間判定技術Ａ、Ｂを適用する場合、音声区間判定のパラメータとしてより厳しい閾値を設定することができる。

【００６０】

また、図１に示すノイズ低減装置１では、音声は音声用マイクロフォン１１において収音される確率が高いことを前提とし、音声区間判定器１５が、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１のみに基づき音声区間を判定する場合を示した。しかしながら、ノイズ低減装置の使用状況によっては、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２の方が多く音声を収音する場合も考えられる。よって、図８に示すノイズ低減装置２のように、音声区間判定器１９が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１および参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づき、音声区間を判定するように構成してもよい。

【００６１】

この場合、例えば図８に示すノイズ低減装置２の音声区間判定器１９は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に音声が含まれているかを判定する回路と、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に音声が含まれているかを判定する回路と、をそれぞれ備えるように構成してもよい。なお、図８に示すノイズ低減装置２の他の構成は図１に示したノイズ低減装置１の構成と同様である。

【００６２】

図１に示すノイズ低減装置１の音声方向検知器１６は、収音信号２１と収音信号２２とに基づき、音声の到来方向を検知し、音声方向情報２５を適応フィルタ制御部１７に出力する。音声の到来方向を検知する方法は、例えば収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する方法や、音声用マイクロフォン１１で収音された音（収音信号２１）の大きさと参照音用マイクロフォン１２で収音された音（収音信号２２）の大きさの差や比（パワー差やパワー比であり、これらを総称してパワー情報と称す）に基づき、音声の到来方向を検知する方法等がある。このとき、音声方向検知器１６は、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合に、音声の到来方向を検知している。つまり、音声方向検知器１６は、音声が到来している音声区間において音声方向を検知し、音声

区間以外のときは音声方向を検知していない。

【００６３】

また、例えば、トランシーバーのような携帯機器（無線通信装置）や、無線通信装置に付属するスピーカーマイクロフォン（音声入力装置）のような小型機器に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を適用する場合、音声を拾い易い表側に音声用マイクロフォン１１を設け、音声を拾い難い裏側に参照音用マイクロフォン１２を設ける。これにより、音声用マイクロフォン１１では音声成分を主に収音し、参照音用マイクロフォン１２ではノイズ成分を主に収音することができる。

【００６４】

上記の無線通信装置や音声入力装置は、一般的に人間の握りこぶしよりも少し小さい程度の大きさである。よって、音源と音声用マイクロフォン１１との距離と、音源と参照音用マイクロフォン１２との距離の差は、機器毎やマイクロフォンの配置により異なるものの、５～１０ｃｍ程度であると考えられる。ここで、音声の空間伝達速度を３４０００ｃｍ／ｓとすると、サンプリング周波数が８ｋＨｚの場合、１サンプル間において音声が伝達する距離は３４０００÷８０００＝４．２５であるので、４．２５ｃｍとなる。仮に、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２との距離が５ｃｍであれば、サンプリング周波数が８ｋＨｚでは音声の方向を推定するには不十分である。

【００６５】

この場合、サンプリング周波数を８ｋＨｚの３倍である２４ｋＨｚとすると、３４０００÷２４０００≒１．４２ｃｍとなり、５ｃｍの間に３～４点の位相差ポイントを測定することができる。よって、収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する場合は、音声方向検知器１６に入力される収音信号２１と収音信号２２のサンプリング周波数を２４ｋＨｚ以上にするとよい。

【００６６】

図１に示すノイズ低減装置１において、例えばＡＤコンバータ１３、１４から出力された収音信号２１、２２のサンプリング周波数が８～１２ｋＨｚである場合は、ＡＤコンバータ１３、１４と音声方向検知器１６との間に、サンプリング周波数変換器を設け、音声方向検知器１６に供給される収音信号２１、２２のサンプリング周波数を２４ｋＨｚ以上に変換してもよい。

【００６７】

一方、例えばＡＤコンバータ１３、１４から出力された収音信号２１、２２のサンプリング周波数が２４ｋＨｚ以上である場合は、ＡＤコンバータ１３と音声区間判定器１５との間、およびＡＤコンバータ１３、１４と適応フィルタ１８との間に、サンプリング周波数変換器を設け、音声区間判定器１５および適応フィルタ１８に供給される収音信号２１、２２のサンプリング周波数を８～１２ｋＨｚに変換してもよい。

【００６８】

まず、収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する場合について説明する。図４は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１が備える音声方向検知器の一例を示すブロック図である。図４に示す音声方向検知器１６’は、基準信号バッファ５１、基準信号抽出部５２、比較信号バッファ５３、比較信号抽出部５４、相互相関値算出部５５、および位相差情報取得部５６を備える。

【００６９】

基準信号バッファ５１は、ＡＤコンバータ１３から出力された収音信号２１を一時的に蓄積する。比較信号バッファ５３は、ＡＤコンバータ１４から出力された収音信号２２を一時的に蓄積する。

【００７０】

音源が一つで同時刻に発せられる音声は、各マイクロフォン１１、１２への伝達経路が異なるため各マイクロフォン１１、１２で検出される位相や振幅値は異なる。しかし、音声の音源は一つであるため、各マイクロフォン１１、１２で検出される音声成分の位相や振幅値は類似しており相関性は非常に高いといえる。特に、本実施の形態では、音声区間

において音声の到来方向を検知しているので、各マイクロフォン１１、１２で検出される音声成分の相関性は非常に高いといえる。よって、この相関性を測定することで位相差を求めることができ、音源の方向を推定することができる。２つのマイクロフォン１１、１２の間における位相差は、例えば相互相関関数や最小二乗法を用いて算出することができる。

【００７１】

２つの信号波形ｘ１（ｔ）とｘ２（ｔ）の相互相関関数は次の式で表すことができる。

【数１】

$$\varphi_{1,2}(\tau) = \left(\frac{1}{N}\right)\sum_{n=0}^{N-1} x_1(t)x_2(t+\tau) \quad \cdots \text{式}1$$

【００７２】

基準信号抽出部５２は、収音信号（基準信号）２１に含まれる信号波形ｘ１（ｔ）を抽出して固定する。比較信号抽出部５４は、収音信号（比較信号）２２に含まれる信号波形ｘ２（ｔ）を抽出し、当該信号波形ｘ２（ｔ）を移動する。相互相関値算出部５５は、信号波形ｘ１（ｔ）と信号波形ｘ２（ｔ）とに対して畳み込み演算（積和演算）を実施することで、収音信号２１と収音信号２２の相関が高いポイントを判断する。このとき、収音信号２２のサンプリング周波数とマイクロフォン１１、１２の空間的な距離から算出される最大位相差分に応じて、信号波形ｘ２（ｔ）を前後にシフトしながら畳み込み演算値を計算する。畳み込み演算値が最大となるポイントは符号が一致する場所であり最も相関が高いと判断することができる。

【００７３】

また、最小二乗法を用いる場合は、次の式を用いることができる。

【数２】

$$J = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2 \quad \cdots \text{式}2$$

【００７４】

最小二乗法を用いる場合、基準信号抽出部５２は、収音信号（基準信号）２１に含まれる信号波形を抽出して固定する。比較信号抽出部５４は、収音信号（比較信号）２２に含まれる信号波形を抽出し、当該信号波形を移動する。相互相関値算出部５５は、収音信号２１に含まれる信号波形と収音信号２２に含まれる信号波形との差分値の二乗和を計算する。この二乗和が最小となるポイントは、収音信号２１に含まれる信号波形と収音信号２２に含まれる信号波形とが互いに相似形となる（重なり合う）場所であり、最も相関が高いと判断することができる。最小二乗法を用いる場合は基準信号と比較信号の大きさを揃えることが望ましく、一方を基準として予め正規化しておくのが好ましい。

【００７５】

相互相関値算出部５５は、上記の演算により得られた、基準信号と比較信号の相関関係に関する情報を位相差情報取得部５６に出力する。すなわち、相互相関値算出部５５で相関が高いと判断された２つの信号波形（つまり、収音信号２１に含まれる信号波形と収音信号２２に含まれる信号波形）は、音源を同一とする音声の信号波形である可能性が高い。よって、位相差情報取得部５６は、相関が高いと判断された２つの信号波形の位相差を求めることで、音声用マイクロフォン１１で収音された音声成分と参照音用マイクロフォン１２で収音された音声成分の位相差を求めることができる。

【００７６】

そして、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれる音声成分の位相（つまり、収音信号２１の音声成分の位相）が、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれる音声成分の位相（つまり、収音信号２２の音声成分の位相）よりも早い場合（つまり、位相差がプラスの場合）、参照音用マイクロフォン１２よりも音声用マイクロフォン１１に近い位置に音源がある、つまり、音声用マイクロフォン１１に向かって話者が話し

ていると推測することができる。
【００７７】
一方、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれる音声成分の位相が、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれる音声成分の位相よりも遅い場合（つまり、位相差がマイナスの場合）、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２に近い位置に音源がある、つまり、参照音用マイクロフォン１２に向かって話者が話していると推測することができる。
【００７８】
また、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれる音声成分の位相と、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれる音声成分の位相との位相差が所定の範囲内である場合（－Ｔ＜位相差＜Ｔ、つまり、位相差の絶対値が所定の値Ｔよりも小さい場合）、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２の中間付近に音源が位置していると推測することができる。
【００７９】
位相差情報取得部５６は、取得した位相差情報を音声方向情報２５として、適応フィルタ制御部１７に出力する。
【００８０】
音声方向検知器１６は、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合に、音声の到来方向を検知している。よって、ノイズが混入した場合であっても、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合は、音声用マイクロフォン１１で収音される音声成分と参照音用マイクロフォン１２で収音される音声成分の位相差を精度よく算出することができるので、音声方向を高精度に検知することができる。
【００８１】
次に、収音信号２１と収音信号２２のパワー情報に基づいて音声の到来方向を検知する場合について説明する。図５は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１が備える音声方向検知器の他の例を示すブロック図である。図５に示す音声方向検知器１６''は、音声信号バッファ６１、音声信号パワー算出部６２、参照信号バッファ６３、参照信号パワー算出部６４、パワー差算出部６５、およびパワー情報取得部６６を備える。図５に示す音声方向検知器１６''は、ある一定の単位時間における収音信号２１および収音信号２２のパワー情報（図５に示す場合は、パワー差）を求めることができる。
【００８２】
音声信号バッファ６１は、単位時間分の収音信号２１を蓄積するために、供給された収音信号２１を一時的に蓄積する。参照信号バッファ６３は、単位時間分の収音信号２２を蓄積するために、供給された収音信号２２を一時的に蓄積する。
【００８３】
音声信号パワー算出部６２は、音声信号バッファ６１に蓄積された単位時間分の収音信号を用いて、単位時間当たりのパワー値を算出する。また、参照信号パワー算出部６４は、参照信号バッファ６３に蓄積された単位時間分の収音信号を用いて、単位時間当たりのパワー値を算出する。
【００８４】
ここで、単位時間当たりのパワー値とは、単位時間における収音信号２１、２２の大きさであり、例えば、単位時間における収音信号２１、２２の振幅の最大値や、単位時間における収音信号２１、２２の振幅の積分値等を用いることができる。なお、本実施の形態では、収音信号２１、２２の大きさを示す値であれば、パワー値として上記の最大値や積分値以外の値を用いてもよい。
【００８５】
パワー差算出部６５は、音声信号パワー算出部６２で求めた収音信号のパワー値と、参照信号パワー算出部６４で求めた収音信号のパワー値とのパワー差を算出し、算出されたパワー差をパワー情報取得部６６に出力する。
【００８６】

パワー情報取得部６６は、パワー差算出部６５から出力されたパワー差に基づいて、収音信号２１と収音信号２２のパワー情報を取得する。

【００８７】

例えば、音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが、参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも大きい場合、つまり、収音信号２１のパワー値が収音信号２２のパワー値よりも大きい場合、参照音用マイクロフォン１２よりも音声用マイクロフォン１１に近い位置に音源がある、つまり、音声用マイクロフォン１１に向かって話者が話していると推測することができる。

【００８８】

一方、音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが、参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも小さい場合、つまり、収音信号２１のパワー値が収音信号２２のパワー値よりも小さい場合、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２に近い位置に音源がある、つまり、参照音用マイクロフォン１２に向かって話者が話していると推測することができる。

【００８９】

また、音声用マイクロフォン１１で収音された音と、参照音用マイクロフォン１２で収音された音の差が所定の範囲内である場合（－Ｐ＜パワー差＜Ｐ、つまり、パワー差の絶対値が所定の値Ｐよりも小さい場合）、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２の中間付近に音源が位置していると推測することができる。

【００９０】

パワー情報取得部６６は、取得したパワー情報（つまり、パワー差に関する情報）を音声方向情報２５として、適応フィルタ制御部１７に出力する。

【００９１】

以上で説明したように、音声方向検知器１６は、収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する方法や、収音信号２１と収音信号２２のパワー情報に基づいて音声の到来方向を検知する方法を用いることができる。位相差を用いる方法とパワー情報を用いる方法は、それぞれ単独で使用してもよいし、互いに組み合わせて使用してもよい。例えば、トランシーバーのような携帯機器（無線通信装置）や、無線通信装置に付属するスピーカーマイクロフォン（音声入力装置）のような小型機器は、持ち方によりマイク開口部が手で塞がれたり、衣服などによってマイク開口部が遮蔽されたりする場合がある。よって、音声方向を正確に検知するために、位相差を用いる方法とパワー情報を用いる方法を組み合わせて使用すると、音声方向をより高精度に検知することができる。

【００９２】

図１に示す適応フィルタ制御部１７は、音声区間判定器１５から出力された音声区間情報２４および音声方向検知器１６から出力された音声方向情報２５に基づき、適応フィルタ１８を制御するための制御信号を生成し、生成された制御信号２６を適応フィルタ１８に出力する。ここで、制御信号２６は、音声区間情報２４および音声方向情報２５を含んでいる。

【００９３】

適応フィルタ１８は、収音信号２１と収音信号２２とを用いて、ノイズが低減された音声信号を生成し、このノイズが低減された音声信号を出力信号２７として出力する。適応フィルタ１８は、収音信号（音声信号）２１に含まれたノイズ成分を低減するために、参照音用マイクロフォン１２を用いてノイズ成分を含む参照音を収音し、この参照音に基づき収音信号２１に含まれている可能性があるノイズ成分を擬似的に生成する。そして、適応フィルタ１８は、収音信号２１から、この擬似的に生成したノイズ成分を差し引くことで、ノイズ低減処理を実施することができる。

【００９４】

ここで、参照音用マイクロフォン１２に音声成分が多く混入すると、音声信号のレベルが低下するか、またはエコー成分となり音声信号の明瞭度が低下するおそれがある。よっ

て、例えば、参照音用マイクロフォン１２に音声成分が混入する場合の許容値を予め求めておき、音声成分の混入が許容値の範囲内であれば適応フィルタ１８によるノイズ低減処理を行う。また、音声成分の混入が許容値の範囲外であれば、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理を省略し、音声用マイクロフォン１１の収音信号（音声信号）２１をそのまま出力してもよい。

【００９５】

また、音声成分の混入が許容値の範囲外の場合、音声用マイクロフォン１１に主としてノイズ成分が、参照音用マイクロフォン１２に主として音声成分が収音されている場合も想定される。この場合は、適応フィルタ１８において、収音信号２１と収音信号２２とを入れ替えてもよい。つまり、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱うことで、適応フィルタ１８において適切にノイズ低減処理を実施することができる。

【００９６】

適応フィルタ制御部１７は、上記処理を実施するための制御信号２６を適応フィルタ１８に出力する。また、適応フィルタ制御部１７に供給される音声区間情報２４は、適応フィルタ１８における適応フィルタ係数の更新のタイミングを決定する情報である。例えば、音声区間判定器において音声区間ではない（つまり、ノイズ区間）と判断された場合は、積極的にノイズ成分を低減するために、適応フィルタ１８の適応フィルタ係数の更新を実施してもよい。一方、例えば、音声区間判定器において音声区間と判断された場合は、既存の適応フィルタ係数を用いて、ノイズ低減処理を実施してもよい。

【００９７】

また、例えば、図４に示す音声方向検知器１６において求められた、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に含まれる音声成分の位相と、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に含まれる音声成分の位相との位相差を位相差ＰＤ１とする。また、所定の値をＴ（正の値）とする。

【００９８】

位相差ＰＤ１≧Ｔの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う。すなわち、この場合は音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早いので、適応フィルタ１８は、収音信号（音声信号）２１に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２２を用いて低減することで出力信号２７を生成する。このとき、音声区間判定器１５は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に基づいて音声区間を判定することができる。

【００９９】

位相差ＰＤ１≦－Ｔの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において、収音信号２１と収音信号２２とを入れ替えてもよい。すなわち、この場合は、参照用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相よりも早いので、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号（音声信号）２２に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる。このとき、音声区間判定器１５は、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づいて音声区間を判定してもよい（図８の構成の場合）。

【０１００】

－Ｔ＜位相差ＰＤ１＜Ｔの関係が成り立つ場合は、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる。この場合は、適応フィルタ１８は収音信号２１または収音信号２２をそのまま出力してもよい。すなわち、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相と参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相の位相差の絶対値が所定の値（Ｔ）よりも小さい場合、適応フィルタ１８はノイズ低減処理をすることなく収音信号２１または収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１０１】
この場合、例えば音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも大きい場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも小さい場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。
【０１０２】
収音信号２１と収音信号２２のパワー情報に基づいて音声の到来方向を検知した場合（図５参照）は、次の様に処理をすることができる。ここで、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさとの差をパワー差ＰＤ２とする。また、所定の値をＰ（正の値）とする。
【０１０３】
パワー差ＰＤ２≧Ｐの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う。すなわち、この場合は音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさが参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさよりも大きいので、適応フィルタ１８は、収音信号（音声信号）２１に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２２を用いて低減することで出力信号２７を生成する。このとき、音声区間判定器１５は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に基づいて音声区間を判定することができる。
【０１０４】
パワー差ＰＤ２≦－Ｐの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において、収音信号２１と収音信号２２とを入れ替えてもよい。すなわち、この場合は参照用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさが音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさよりも大きいので、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号（音声信号）２２に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる。このとき、音声区間判定器１５は、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づいて音声区間を判定してもよい。
【０１０５】
－Ｐ＜パワー差ＰＤ２＜Ｐの関係が成り立つ場合は、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる。この場合は、適応フィルタ１８は収音信号２１または収音信号２２をそのまま出力してもよい。すなわち、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさのパワー差の絶対値が所定の値（Ｐ）よりも小さい場合、適応フィルタ１８はノイズ低減処理をすることなく収音信号２１または収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。
【０１０６】
この場合、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早い場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも遅い場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。
【０１０７】
図６は、適応フィルタ１８の一例を示すブロック図である。適応フィルタ１８は、遅延素子７１_１～７１_ｎ、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１、加算器７３_１～７３_ｎ、適応係数調整部７４、減算器７５、出力信号選択部７６、およびセレクタ７７を備える。
【０１０８】
セレクタ７７は、適応フィルタ制御部１７から出力された制御信号２６（例えば、音声方向情報２５）に応じて、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ音声信号８１およ

び参照信号８２として出力する場合と、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ参照信号８２および音声信号８１として出力する場合とを切り替える。例えば、セレクタ７７は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早い場合、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ音声信号８１および参照信号８２として出力する。一方、セレクタ７７は、参照用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相よりも早い場合、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ参照信号８２および音声信号８１として出力する。

【０１０９】

遅延素子７１_１～７１_ｎ、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１、および加算器７３_１～７３_ｎは、ＦＩＲフィルタを構成する。遅延素子７１_１～７１_ｎ、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１、および加算器７３_１～７３_ｎを用いて参照信号８２を処理することで、擬似ノイズ信号８３が生成される。

【０１１０】

適応係数調整部７４は、制御信号２６（例えば、音声方向情報２５や音声区間信号２４）に応じて、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１の係数を調整する。すなわち、適応係数調整部７４は、音声区間情報２４がノイズ区間（非音声区間）を示している場合、適応誤差が少なくなるように係数を調整する。一方、音声区間情報２４が音声区間を示している場合、適応フィルタ１８の係数を維持するか、または係数を微調整するのみとする。更に、適応係数調整部７４は、適切ではない方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合、適応フィルタ１８の係数を維持するか、または係数を微調整するのみとする。適切ではない方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合、ノイズ低減処理によるノイズ低減効果を意識的に落とすことにより音声成分がキャンセルされることを抑制することができる。

【０１１１】

減算器７５は、音声信号８１から疑似ノイズ信号８３を差し引くことで、ノイズ低減処理後の信号８４を生成し、出力信号選択部７６に出力する。また、減算器７５は、音声信号８１から疑似ノイズ信号８３を差し引くことで、フィードバック用の信号８５を生成し、適応係数調整部７４に出力する。

【０１１２】

出力信号選択部７６は、適応フィルタ制御部１７から出力された制御信号２６（例えば、音声方向情報２５）に応じて、音声信号８１を出力信号２７としてそのまま出力するか、またはノイズ低減処理後の信号８４を出力信号２７として出力するかを選択する。例えば、適切ではない方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合（例えば、－Ｔ＜位相差ＰＤ１＜Ｔの場合）、出力信号選択部７６は音声信号８１を出力信号２７としてそのまま出力する。一方、適切な方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合（例えば、位相差ＰＤ１≧Ｔ、位相差ＰＤ１≦－Ｔの場合）、出力信号選択部７６はノイズ低減処理後の信号８４を出力信号２７として出力する。

【０１１３】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１の動作について説明する。図７は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１の動作を説明するためのフローチャートである。このフローチャートは例えば、音の受信が開始されたときに開始される。

【０１１４】

音声方向検知器１６で生成される音声方向情報２５は、音声区間であることが確実な場合に更新される。よって、予め音声方向情報２５を初期化し、所定の初期値に設定する（ステップＳ１）。ここで初期値とは、例えばノイズ低減装置を備える機器が適切な状態で使用された場合（マイクロフォンの位置が適切な状態で使用された場合）に設定されるパラメータである。

【０１１５】

次に、音声区間判定器１５を用いて、音声用マイクロフォン１１において収音された音

が音声区間であるか否かを判定する（ステップＳ２）。この際、音声区間と判定するための条件を厳しくすることで、音声区間を確実に判定することができる。なお、図１に示すノイズ低減装置１では、音声は音声用マイクロフォン１１において収音される確率が高いことを前提とし、音声区間判定器１５が、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１のみに基づき音声区間を判定する場合を示した。しかしながら、ノイズ低減装置の使用状況によっては、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２の方が多く音声を収音する場合も考えられる。よって、図８に示すノイズ低減装置２のように、音声区間判定器１９が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１および参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づき、音声区間を判定するように構成してもよい。

【０１１６】

音声区間判定器１５は、音声区間を検出した場合（ステップＳ３：Ｙｅｓ）、音声方向検知器１６および適応フィルタ制御部１７に音声区間情報２３、２４をそれぞれ出力する。そして、音声方向検知器１６は、収音信号２１と収音信号２２とに基づき、音声の到来方向を検知する（ステップＳ４）。音声の到来方向を検知する方法は、例えば収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する方法や、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさに関するパワー情報（つまり、収音信号の差や比）に基づき、音声の到来方向を検知する方法等がある。

【０１１７】

音声方向検知器１６は、音声方向情報２５を、新規に求めた音声の到来方向に更新する（ステップＳ５）。一方、音声区間判定器１５において音声区間ではないと判断された場合（ステップＳ３：Ｎｏ）、音声方向検知器１６は新規に音声の到来方向の検知を実施しないので、音声方向情報２５は更新されない。音声区間以外の場合には、上記したような収音信号２１と収音信号２２の位相差やパワー情報を検出したとしても、収音信号２１と収音信号２２には音声が含まれていない可能性が高いためである。

【０１１８】

次に、適応フィルタ制御部１７は、音声方向検知器１６から過去に行った音声方向の更新に基づいた現時点における音声方向情報２５を取得する（ステップＳ６）。そして、参照音用マイクロフォン１２で収音された参照音が、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれるノイズ成分の低減に利用可能か否か判断する（ステップＳ７）。

【０１１９】

適応フィルタ制御部１７は、参照音用マイクロフォン１２で収音された参照音を用いてノイズ低減処理を実施可能であると判断した場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、適応フィルタ１８によるノイズ低減処理を実施する（ステップＳ８）。一方、適応フィルタ制御部１７は、参照音用マイクロフォン１２で収音された参照音を用いてノイズ低減処理を実施するのは不可能であると判断した場合（ステップＳ７：Ｎｏ）、適応フィルタ１８によるノイズ低減処理を実施しない。

【０１２０】

例えば、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に含まれる音声成分の位相と、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に含まれる音声成分の位相との位相差を用いて、音声方向を検知した場合は、以下のように処理をする。

【０１２１】

位相差ＰＤ１≧Ｔの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う（ステップＳ８）。一方、位相差ＰＤ１≦－Ｔの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号２２に含まれるノイズ成分を収音信号２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる（ステップＳ８）。

【０１２２】

また、－Ｔ＜位相差ＰＤ１＜Ｔの関係が成り立つ場合、音声用マイクロフォン１１と音源との距離及び参照音用マイクロフォン１２と音源との距離が同等である可能性が高いので、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる（ステップＳ７：Ｎｏ）。この場合は、適応フィルタ１８はノイズ低減処理を実施することなく、収音信号２１または収音信号２２を出力信号としてそのまま出力する。

【０１２３】

この場合、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさが参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさよりも大きい場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさが参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさよりも小さい場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１２４】

また、例えば、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさとを用いて、音声方向を検知した場合は、以下のように処理をする。

【０１２５】

パワー差ＰＤ２≧Ｐの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う（ステップＳ８）。一方、パワー差ＰＤ２≦－Ｐの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号２２に含まれるノイズ成分を収音信号２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる（ステップＳ８）。

【０１２６】

－Ｐ＜パワー差ＰＤ２＜Ｐの関係が成り立つ場合は、音声用マイクロフォン１１と音源との距離及び参照音用マイクロフォン１２と音源との距離が同等である可能性が高いので、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる（ステップＳ７：Ｎｏ）。この場合は、適応フィルタ１８はノイズ低減処理を実施することなく、収音信号２１または収音信号２２を出力信号としてそのまま出力する。

【０１２７】

この場合、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早い場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも遅い場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１２８】

ノイズ低減装置１は、音声用マイクロフォン１１等により音（音声やノイズ）を受信しているか否かをチェックする（ステップＳ９）。そして、音を受信している場合（ステップＳ９：Ｙｅｓ）、ステップＳ２以降の処理を繰り返す。一方、音を受信していない場合（ステップＳ９：Ｎｏ）、ノイズ低減装置１によるノイズ低減処理が終了する。

【０１２９】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた音声入力装置について説明する。図９は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた音声入力装置５００の一例を示す図である。図９（ａ）は、音声入力装置５００の前面図であり、図９（ｂ）は、音声入力装置５００の背面図である。図９に示すように、音声入力装置５００はコネクタ５０３を介して無線通信装置５１０に接続可能に構成されている。無線通信装置５１０は一般的な無線機であり、所定の周波数において他の無線通信装置と通信可能に構成されている。無線通信装置５１０には音声入力装置５００を介して話者の音声が入力される。

【０１３０】
音声入力装置５００は、本体５０１、コード５０２、及びコネクタ５０３を有する。本体５０１は、話者の手で把持されるのに適するサイズ及び形状に構成されており、マイクロフォン、スピーカー、電子回路、ノイズ低減装置を内蔵する。図９（ａ）に示すように、本体５０１の前面にはスピーカー５０６および音声用マイクロフォン５０５が設けられている。図９（ｂ）に示すように、本体５０１の背面には参照音用マイクロフォン５０８およびベルトクリップ５０７が設けられている。本体５０１の頂面には、ＬＥＤ５０９が設けられている。本体５０１の側面にはＰＴＴ（Push To Talk）５０４が設けられている。ＬＥＤ５０９は、音声入力装置５００による話者の音声の検出状態を話者に対して報知する。ＰＴＴ５０４は、無線通信装置５１０を音声送信状態とするためのスイッチであり、突起状部分が筐体内に押し込まれることを検出する。
【０１３１】
本実施の形態にかかるノイズ低減装置１は音声入力装置５００に内蔵されており、ノイズ低減装置１が備える音声用マイクロフォン１１が音声入力装置５００の音声用マイクロフォン５０５に対応し、ノイズ低減装置１が備える参照音用マイクロフォン１２が音声入力装置５００の参照音用マイクロフォン５０８に対応している。また、ノイズ低減装置１から出力される出力信号２７は、音声入力装置５００のコード５０２を経由して無線通信装置５１０に供給される。すなわち、音声入力装置５００は、ノイズ低減装置１でノイズ低減処理された後の出力信号２７を、無線通信装置５１０に供給する。よって、無線通信装置５１０から他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。
【０１３２】
次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた無線通信装置（トランシーバー）６００について説明する。図１０は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた無線通信装置６００の一例を示す図である。図１０（ａ）は、無線通信装置６００の前面図であり、図１０（ｂ）は、無線通信装置６００の背面図である。図１０に示すように、無線通信装置６００は、入力ボタン６０１、表示部６０２、スピーカー６０３、音声用マイクロフォン６０４、ＰＴＴ（Push To Talk）６０５、スイッチ６０６、アンテナ６０７、参照音用マイクロフォン６０８、および蓋６０９を備える。
【０１３３】
本実施の形態にかかるノイズ低減装置１は無線通信装置６００に内蔵されており、ノイズ低減装置１が備える音声用マイクロフォン１１が無線通信装置６００の音声用マイクロフォン６０４に対応し、ノイズ低減装置１が備える参照音用マイクロフォン１２が無線通信装置６００の参照音用マイクロフォン６０８に対応している。また、ノイズ低減装置１から出力される出力信号２７は、無線通信装置６００の内部回路において高周波処理されて、アンテナ６０７から他の無線通信装置に無線送信される。ここで、ノイズ低減装置１から出力される出力信号２７はノイズ低減処理が実施された信号であるので、他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。ユーザによるＰＴＴ６０５の押下により音の送信が開始されたときに、図７で示したようなノイズ低減装置１の処理を開始し、ユーザがＰＴＴ６０８の押下を中止して、音の送信が終了したときに、図７で示したようなノイズ低減装置１の処理を終了しても良い。
【０１３４】
本発明の課題で説明したように、特許文献１乃至３に開示されている技術では、周囲のノイズレベルが高い場合、音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができないという問題があった。
【０１３５】
すなわち、従来のノイズ低減装置では、周囲のノイズレベルが高い状況を考慮しておらず、音声が十分に収音できない状況においても音声の到来方向を検知しているため、ノイズ成分が多い環境下において、音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することはできなかった。
【０１３６】

例えば、トランシーバーのような携帯型の無線通信装置は、作業用機械の動作音などかなり高いレベルの騒音が発生している工場内や雑踏や交差点などで用いられることが多い。このため、トランシーバーのような携帯型の無線通信装置では、マイクロフォンに混入するノイズ成分を低減することが求められている。

【０１３７】

また、トランシーバーは、携帯電話と違い本体側のスピーカーから送信される音声を耳元から離した状態で聞くという使われ方をする場合がある。よって、トランシーバーは、一般的に身体から離れた状態で所持され、その持ち方についても様々なスタイルがある。更に、トランシーバー本体から収音部（マイクロフォン）と再生部（スピーカー）を分離し携帯性を高めたスピーカーマイクロフォン装置（音声入力装置）は、利便性のある使用形態を提供することができる。例えば、首からぶら下げたり肩に置いたりできるなど、話者がマイクロフォンに向かうことを意識することなく会話を行う場合や、マイク受信部表側よりむしろマイク背面に近い方向からしゃべる場合もある。よって、スピーカーマイクロフォン装置を使用する場合は、必ずしも音声が理想的な方向から到来するわけではない。

【０１３８】

したがって、このような環境下で使用されるトランシーバーやスピーカーマイクロフォン装置においてノイズ低減処理を実施するには、高いレベルのノイズで通話が妨げられる中で、音声が実際に発せられている音声区間を確実に判定し、その音声区間のみで音声の到来方向を検知する必要がある。

【０１３９】

特許文献１に開示されている技術では、音声用マイクロフォン側に音源が存在することを前提としている。このため、例えば話者の後方から到来するノイズを低減することは難しい。

【０１４０】

特許文献２に開示されている技術では、音声と参照音とを入れ替えることで効果の高いノイズ低減処理を実施することができる。しかし、音源が様々な方向から到来する場合は、常にその状況に応答する必要がある。このため、特に演算負荷の高い適応フィルタの処理量が倍となり、回路規模、消費電力、及びコストが増大するという問題があった。また、音声の到来方向次第では両者共にノイズ低減効果を得る事ができない。例えば音声用マイクロフォンおよび参照音用マイクロフォンの中間の位置に音源が存在する場合、適応フィルタによるノイズ低減処理により、かえって音声レベルが低下する可能性もある。

【０１４１】

特許文献３に開示されている技術では、音声の音源の方向を、音源の到来時間差、音源のパワー差、または位置センサーから取得することで、音声の到来方向を検知している。しかし、特許文献３に開示されている技術では、特許文献１及び２に開示されている技術と同様に、高いノイズレベルが混入する環境に対処しておらず、音源の位置を考慮したノイズ低減処理の効果は限定的であった。

【０１４２】

これに対して本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、音声区間判定器１５を用いることで、ノイズレベルが高い場合であっても音声が発せられている区間を判定することができる。そして、音声区間判定器１５で音声区間であると判定されている場合に、音声方向検知器１６で音声の到来方向を検知して音声方向情報を更新している。よって、音声方向検知器１６で音声の到来方向を検知するための処理量を低減することができる。また、音声方向検知器１６は音声区間において音声方向情報を更新しているので、信頼性の高い音声方向情報を得ることができる。そして、適応フィルタ１８は、信頼性の高い音声方向情報と音声区間情報とに基づいて、ノイズ低減処理を実施することができるので、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができる。

【０１４３】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、様々な環境下においても音

声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。

【０１４４】

＜実施の形態２＞

次に、本発明の実施の形態２について説明する。

図１１は、実施の形態２にかかるノイズ低減装置３を示すブロック図である。本実施の形態にかかるノイズ低減装置３は、図１に示した実施の形態１にかかるノイズ低減装置１と比べて、参照音用マイクロフォンを２つ備えている点、信号決定部１１６を備えている点が異なる。

【０１４５】

図１１に示すノイズ低減装置３は、音声用マイクロフォン１０１、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）、ＡＤコンバータ１０４、１０５、１０６、音声区間判定器１１５、信号決定部１１６、適応フィルタ制御部１１７、および適応フィルタ１１８を有する。

【０１４６】

音声用マイクロフォン１０１、参照音用マイクロフォン１０２、１０３はそれぞれ、音声成分やノイズ成分を含む音を収音することができる。音声用マイクロフォン１０１は、主に音声成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１０４に出力する。参照音用マイクロフォンＡ（１０２）は、主にノイズ成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１１２に出力する。参照音用マイクロフォンＢ（１０３）は、主にノイズ成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１０６に出力する。例えば、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）や参照音用マイクロフォンＢ（１０３）で収音された音に含まれるノイズ成分は、音声用マイクロフォン１０１で収音された音に含まれるノイズ成分を低減するために用いられる。

【０１４７】

なお、本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、マイクロフォンが３つの場合の構成について説明するが、例えば参照音用マイクロフォンを更に追加してマイクロフォンを４つ以上設けてもよい。

【０１４８】

ＡＤコンバータ１０４は、音声用マイクロフォン１０１から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号１１１を生成する。ＡＤコンバータ１０４で生成された収音信号１１２は、音声区間判定器１１５、信号決定部１１６、および適応フィルタ１１８に出力される。

【０１４９】

ＡＤコンバータ１０５は、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号１１２を生成する。ＡＤコンバータ１０５で生成された収音信号１１２は、信号決定部１１６および適応フィルタ１１８に出力される。

【０１５０】

ＡＤコンバータ１０６は、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号１１３を生成する。ＡＤコンバータ１０６で生成された収音信号１１３は、信号決定部１１６および適応フィルタ１１８に出力される。

【０１５１】

音声の周波数帯域は、おおよそ１００Ｈｚから４０００Ｈｚ程度である。よって、ＡＤコンバータ１０４、１０５、１０６におけるサンプリング周波数を８ｋＨｚ～１２ｋＨｚ程度とすることで、音声成分を含むアナログ信号をデジタル信号として取り扱うことができる。

【０１５２】

音声区間判定器１１５は、ＡＤコンバータ１０４から出力された収音信号１１１に基づき音声区間を判定する。そして、音声区間判定器１１５は、音声区間と判定した場合、信号決定部１１６および適応フィルタ制御部１１７に音声区間情報１２３、１２４をそれぞれ出力する。

【０１５３】

音声区間判定器１１５における音声区間判定処理には任意の技術を用いることができる。しかし、ノイズレベルが高い環境下でノイズ低減装置が使用される場合は、高い精度で音声区間を判定する必要がある。この場合、例えば特願２０１０－２６０７９８に記載されている技術（音声区間判定技術Ａ）や、特願２０１１－０２０４５９に記載されている技術（音声区間判定技術Ｂ）を用いることで、音声区間を高い精度で判定することができる。なお、音声区間判定技術Ａ、音声区間判定技術Ｂについては、実施の形態１で説明したので、重複した説明は省略する。

【０１５４】

また、図１１に示すノイズ低減装置３では、音声は音声用マイクロフォン１０１において収音される確率が高いことを前提とし、音声区間判定器１１５が、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１のみに基づき音声区間を判定する場合を示した。しかしながら、ノイズ低減装置の使用状況によっては、音声用マイクロフォン１０１よりも参照音用マイクロフォンＡ（１０２）や参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の方が多く音声を収音する場合も考えられる。よって、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１以外に、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２や参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３に基づき、音声区間判定器１１５が音声区間を判定するように構成してもよい。

【０１５５】

信号決定部１１６は、収音信号１１１、収音信号１１２、および収音信号１１３の中からノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、当該決定された２つの収音信号の位相差情報を取得する。信号決定部１１６は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する収音信号選択情報１２５と、当該決定された２つの収音信号の位相差情報１２６を適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１５６】

なお、実施の形態１で説明した理由から、収音信号１１１と収音信号１１２の位相差、収音信号１１１と収音信号１１３の位相差、収音信号１１２と収音信号１１３の位相差を取得する場合は、信号決定部１１６に入力される収音信号１１１、収音信号１１２、および収音信号１１３のサンプリング周波数を２４ｋＨｚ以上にするとよい。

【０１５７】

また、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３では、参照音用マイクロフォンを２つ備えている。この場合は、例えば図１９（ｂ）や図２１（ｂ）に示すように、２つの参照音用マイクロフォンを対角線上に所定の距離を隔てて配置することが好ましい。このように配置することで、例えば図１９（ｂ）に示す音声入力装置や図２１（ｂ）に示す無線通信装置を持つ手の影響で、一方の参照音用マイクロフォンの音の経路が妨げられてとしても、他方の参照音用マイクロフォンを用いることで、適切に音声方向を検知することができる。

【０１５８】

図１２は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３が備える信号決定部１１６を示すブロック図である。図１２に示す信号決定部１１６は、相互相関値算出部１３１、パワー情報取得部１３２、位相差情報取得部１３３、参照信号選択部１３４、相互相関値算出部１３５、位相差算出部１３６、および判定部１３７を備える。

【０１５９】

相互相関値算出部１３１は、音声区間判定器１１５において音声区間であると判定された場合、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２と参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３とを用いて、収音信号１１２と収音信号１１２の相関関

係に関する情報を取得し、この取得した情報を位相差情報取得部１３３に出力する。位相差情報取得部１３３は、相関が高いと判断された２つの信号波形の位相差を求めることで、収音信号１１２の音声成分の位相と収音信号１１３の音声成分の位相の位相差を求めることができる。また、位相差情報取得部１３３は、取得した収音信号１１２と収音信号１１３の位相差情報を参照信号選択部１３４および判定部１３７に出力する。

【０１６０】

ここで、相互相関値算出部１３１で収音信号１１２と収音信号１１２の相関関係に関する情報を取得する方法と、位相差算出部１３３で収音信号１１２と収音信号１１３の位相差を求める方法は、図４の音声方向検知器１６’で説明した方法（特に、相互相関値算出部５５、位相差情報取得部５６を参照）と同様であるので、重複した説明は省略する。

【０１６１】

なお、本実施の形態において、信号決定部１１６は音声区間判定器１１５において音声区間であると判定された場合に位相差を算出している。よって、収音信号にノイズが混入している場合であっても高い精度で位相差を算出することができる。

【０１６２】

また、パワー情報取得部１３２は、音声区間判定器１１５において音声区間であると判定された場合、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２の大きさと、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３の大きさとに基づき、パワー情報（つまり、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比やパワー差）を取得する。取得したパワー情報は参照信号選択部１３４に出力される。パワー情報取得部１３２で収音信号１１２と収音信号１１３のパワー情報を求める方法は、図５の音声方向検知器１６で説明した方法と同様であるので、重複した説明は省略する。

【０１６３】

理想的な参照信号は、適応フィルタ１１８のフィルタ係数を精度良く更新することができるように、音声信号と明確に分離されていること、また音声に混入するノイズ成分の特性に近いことである。前者は、音声の音源に対して距離が遠い程好ましく、それは位相が最も遅れているポイントを調べることで把握することができる。当然、音声の音源からの距離が遠ければ、音声の大きさ（音圧レベル）も下がることになる。よって、ノイズ低減装置３が使用される外部環境を考慮する必要がある。つまり、音響特性の観点からみると、遮蔽物が与える影響は大きく、位相差と共にマイクロフォン開口部付近が外部に対し開放された状態であるか、すなわち、マイクロフォンに入力される音の音圧レベルが保たれているかを観察することで、良好な音響特性を維持することができるかを把握することができる。

【０１６４】

参照信号選択部１３４は、位相差情報取得部１３３から出力された位相差情報とパワー情報取得部１３２から出力されたパワー情報とに基づき、収音信号１１２および収音信号１１３のうち参照信号として適切な収音信号を選択する。このように、参照信号の選択に位相差情報とパワー情報とを用いることで、参照信号を選択する際に外部環境による影響を反映することができる。

【０１６５】

相互相関値算出部１３５は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１と、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８とを用いて、これらの収音信号の相関関係に関する情報を取得し、この取得した情報を位相差算出部１３６に出力する。位相差算出部１３６は、相関が高いと判断された２つの信号波形の位相差を求めることで、収音信号１１１の音声成分の位相と、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８の音声成分の位相との位相差を求めることができる。位相差算出部１３６は、取得した位相差情報を判定部１３７に出力する。

【０１６６】

ここで、相互相関値算出部１３５で収音信号１１１と、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８の相関関係に関する情報を取得する方法と、位相差算出部１３６でこ

れらの収音信号の位相差を求める方法は、図４の音声方向検知器１６’で説明した方法（特に、相互相関値算出部５５、位相差情報取得部５６を参照）と同様であるので、重複した説明は省略する。

【０１６７】

なお、図１２に示す信号決定部１１６では、相互相関値算出部１３１と相互相関値算出部１３５、および位相差算出部１３３と位相差算出部１３６はそれぞれ別々に設けられているが、これらは同様の処理をするため共通化してもよい。

【０１６８】

判定部１３７は、位相差算出部１３６から出力された位相差情報に基づき、収音信号１１１を音声信号として使用できるか、また、参照信号選択部１３４で選択された収音信号（つまり、収音信号１１２または１１３）を参照信号として使用できるか判定する。そして、判定部１３７は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、選択された２つの収音信号に関する収音信号選択情報１２５を適応フィルタ制御部１１７に出力する。また、判定部１３７は、選択された２つの収音信号の位相差情報１２６を適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１６９】

次に、信号決定部１１６における動作について説明する。図１３および図１４は、信号決定部１１６の動作を説明するためのフローチャートである。図１３は参照用マイク路フォンを選択する参照用マイクロフォン選択処理である。

図１３に示すように信号決定部１１６は、まず、位相差を比較する際に基準となる参照音用マイクロフォンと比較対象となる参照音用マイクロフォンを設定する（ステップＳ２１）。例えば、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）を基準とし、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）を比較対象とする。次に、相互相関値算出部１３１および位相差情報取得部１３３において、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２と参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３の位相差情報を取得する。また、パワー情報取得部１３２において、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー情報（この場合は、パワー比）を取得する（ステップＳ２２）。

【０１７０】

次に、参照信号選択部１３４は、収音信号１１２と収音信号１１３に所定の位相差があるか判断する（ステップＳ２３）。すなわち、収音信号１１２と収音信号１１３の位相差が所定の範囲内であるか（つまり、－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たすか）判断する。ここで、Ｔは所定の基準値であり、任意に設定することができる。－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ２３：Ｙｅｓ）、所定の位相差がないと判断される。この場合、参照信号選択部１３４は、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）に基づき選択する信号を決定する。例えば、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が１よりも大きい場合（ステップＳ２４：Ｙｅｓ）、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）を選択する（ステップＳ２８）。一方、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が１よりも小さい場合（ステップＳ２４：Ｎｏ）、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）を選択する（ステップＳ２９）。なお、ステップＳ２４ではパワー比の基準を１としたが、この値はこれに限定されることはなく、任意に変更することができる。例えば、ステップＳ２３における位相差の基準値Ｔに応じて変更してもよい。

【０１７１】

ステップＳ２３において所定の位相差がないと判断された場合、ステップＳ２４において収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比を比較することで、より適した参照信号を選択することができる。つまり、所定の位相差がない場合は、マイクロフォンの開口部に遮蔽物等の要因がない限り、収音信号１１２と収音信号１１３との間でパワー差が生じない。しかし、マイクロフォンの開口部が話者の手や衣服等の遮蔽物により遮られたりした場合は、収音信号の音圧レベルが下がる。ここで、遮蔽物は音響特性に影響を及ぼし、適応フィルタにおいてノイズ成分を擬似的に生成する際に悪影響を及ぼす。よって、遮蔽物

の影響が少ない信号を選択することで、より適した参照信号を選択することができる。
【０１７２】
－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ２３：Ｎｏ）、所定の位相差があると判断される。この場合、参照信号選択部１３４は、どちらの位相が早いか判断する。つまり、位相差≧Ｔの条件を満たすか判断する（ステップＳ２５）。位相差≧Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ２５：Ｙｅｓ）、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）の位相が先行している。このとき、参照信号の候補は位相が遅い信号であるので、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）が参照信号の候補となる。そして、収音信号１１３と収音信号１１２のパワー比（Ｂ／Ａ）が所定の値Ｐよりも大きい場合（ステップＳ２６：Ｙｅｓ）、収音信号１１３のパワーが確保されている（つまり、遮蔽物等の影響が少ない）と判断することができるので、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）を参照信号として選択する。
【０１７３】
一方、収音信号１１３と収音信号１１２のパワー比（Ｂ／Ａ）が所定の値Ｐ以下である場合（ステップＳ２６：Ｎｏ）、遮蔽物等の影響で収音信号１１３のパワーが確保されていないと判断することができる。よって、この場合は、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）を参照信号として選択する。信号のパワーは音源との距離の二乗に比例して減衰する。よって、位相差がある場合、位相が遅い（つまり、音源より遠い）信号は位相が早い信号に対して信号のパワーが減衰している。パワー比の所定の値Ｐはこの位相差を考慮した減衰量を加味し、更に遮蔽物による影響が無視できないような減衰量を加えて求めたしきい値である。
【０１７４】
また、位相差≧Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ２５：Ｎｏ）、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）の位相が先行している。このとき、参照信号の候補は位相が遅い信号であるので、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）が参照信号の候補となる。そして、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が所定の値Ｐよりも大きい場合（ステップＳ２７：Ｙｅｓ）、収音信号１１２のパワーが確保されている（つまり、遮蔽物等の影響が少ない）と判断することができるので、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）を参照信号として選択する。
【０１７５】
一方、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が所定の値Ｐ以下である場合（ステップＳ２７：Ｎｏ）、遮蔽物等の影響で収音信号１１２のパワーが確保されていないと判断することができるので、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）を参照信号として選択する。
【０１７６】
参照信号選択部１３４は、上記処理により選択された参照音用マイクロフォン（収音信号）を候補として決定する（ステップＳ３４）。そして、全ての参照音用マイクロフォンの調査が終了した場合は（ステップＳ３５：Ｙｅｓ）、上記処理により選択された参照音用マイクロフォンを使用することを決定する（ステップＳ３６）。一方、全ての参照音用マイクロフォンの調査が終了していない場合は（ステップＳ３５：Ｎｏ）、再びステップＳ２１～Ｓ３４の処理を繰り返す。このとき、例えば、上記処理により選択された参照音用マイクロフォンを基準とし、新たに調査対象となった参照音用マイクロフォンを比較対象とする。
【０１７７】
以上の処理により、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１が音声信号の候補とされ、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）および参照音用マイクロフォンＢ（１０３）のうち選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）が参照信号の候補とされる。
【０１７８】
なお、以上で説明した処理では、参照信号選択部１３４が、位相差情報取得部１３３か

ら出力された位相差情報と、パワー情報取得部１３２から出力されたパワー比とに基づいて、参照信号として適切な収音信号を選択していた。しかし、参照信号選択部１３４は、位相差情報取得部１３３から出力された位相差情報のみに基づいて、参照信号として適切な収音信号を選択してもよい。この場合、図１２に示した信号決定部１１６が備えるパワー情報取得部１３２を省略することができる。また、図１３におけるステップＳ２４、Ｓ２６、Ｓ２７を省略することができる。このとき、ステップＳ２３において所定の位相差がないと判断された場合（ステップＳ２３：Ｙｅｓ）、収音信号１１２または収音信号１１３を参照信号として選択することができる。また、ステップＳ２５において収音信号１１２が先行していると判断された場合（ステップＳ２５：Ｙｅｓ）、収音信号１１３を参照信号として選択することができる。また、ステップＳ２５において収音信号１１３が先行していると判断された場合（ステップＳ２５：Ｎｏ）、収音信号１１２を参照信号として選択することができる。

【０１７９】

音声用マイクロフォン１０１と音声の音源である話者の口元との位置関係が良好な状態である場合（例えば、頭部に固定されるヘッドセットやヘルメットに音声用マイクロフォンが固定されている場合など）、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を音声信号として、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を参照信号として使用することができる。

【０１８０】

しかしながら、例えばトランシーバーやスピーカーマイクロフォン装置では、音声を発する音源と、音声を収音する音声用マイクロフォンとの位置関係が一定とならない場合がある。このため、例えば音声用マイクロフォンに向かって音声を発しない場合や、参照音用マイクロフォンの開口部に向かって音声を発する場合など、適切な状態でノイズ低減装置が使用されない場合が想定される。よって、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を音声信号として、また選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を参照信号として、それぞれ使用可能かどうかを検証する必要がある。このような検証処理を実施することで、最もノイズ低減効果が高いと推定される音声信号と参照信号の組み合わせを、収音信号１１１～１１３の中から選択することができる。図１４は、このような検証処理を説明するためのフローチャートである。

【０１８１】

図１４に示すように信号決定部１１６は、まず、音声用マイクロフォン１０１を基準とし、図１３に示した参照用マイクロフォン選択処理のステップＳ３６で選択された参照音用マイクロフォンを比較対象として決定する（ステップＳ４１）。次に、相互相関値算出部１３５および位相差算出部１３６において、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１に含まれる音声成分の位相と、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号１３８に含まれる音声成分の位相の位相差情報を取得する（ステップＳ４２）。

【０１８２】

判定部１３７は、収音信号１１１と選択された収音信号１３８に所定の位相差があるか判断する（ステップＳ４３）。すなわち、収音信号１１１と選択された収音信号１３８の位相差が所定の範囲内であるか（つまり、－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たすか）判断する。－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ４３：Ｙｅｓ）、所定の位相差がないと判断される。この場合、収音信号１１１には選択された収音信号１３８（最も位相遅れがある収音信号）と同程度の位相遅れがあることが推測されるので、最も位相が早い参照音用マイクロフォンの収音信号（つまり、参照信号選択部１３４で選択されなかった方の収音信号）を音声信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号を参照信号とする（ステップＳ４５）。

【０１８３】

つまり、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８は、最も位相遅れがある収音信号であるので、収音信号１１１と選択された収音信号１３８の位相差が所定の範囲内であるということは、収音信号１１１も最も位相遅れがある収音信号と同程度の位相遅れ

があると推測することができる。この場合は、音声用マイクロフォン１０１が音声を収音する役割を果たしていないと推測される。よって、ステップＳ４５では、最も位相が早い参照音用マイクロフォンの収音信号（つまり、参照信号選択部１３４で選択されなかった方の収音信号）を音声信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号を参照信号としている。

【０１８４】

なお、参照音用マイクロフォンが３つ以上ある場合は、図１３に示した位相遅れが最大となる収音信号を検出する処理と類似した処理を行うことで、最も位相が早い参照音用マイクロフォンの収音信号を決定することができる。図１３に示した処理では、位相が遅れている方の収音信号を選択する処理を実施したが、最も位相が早い収音信号を決定する場合は、位相が早い方の収音信号を選択する処理を繰り返して実施すればよい。

【０１８５】

一方、－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ４３：Ｎｏ）、基準信号と比較対象の信号には所定の位相差があると判断される。この場合、判定部１３７は、位相差≧Ｔの条件を満たすか判断する（ステップＳ４４）。位相差≧Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ４４：Ｙｅｓ）、収音信号１１１（つまり、音声用マイクロフォン１０１）の位相が先行している。この場合は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を音声信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を参照信号とする（ステップＳ４６）。

【０１８６】

また、位相差≧Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ４４：Ｎｏ）、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号１３８の位相が先行している。このような場合、例えば話者が参照音用マイクロフォンに向かって発話していると考えられる。よって、この場合は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を参照信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を音声信号とする（ステップＳ４７）。

【０１８７】

判定部１３７は、上記処理に基づき、適応フィルタ１１８におけるノイズ低減処理に用いられるマイクロフォンを決定し、これらの位相差情報を決定する（ステップＳ４８）。判定部１３７は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する情報を収音信号選択情報１２５として適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１８８】

また、判定部１３７は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１と参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）をノイズ低減処理に用いられる収音信号とした場合（ステップＳ４６、Ｓ４７の場合）、位相差算出部１３６から出力された位相差を位相差情報１２６として適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１８９】

また、判定部１３７は、参照音用マイクロフォン１０２の収音信号１１２および参照音用マイクロフォン１０３の収音信号１１３をノイズ低減処理に用いられる収音信号とした場合（ステップＳ４５の場合）、位相差算出部１３３から出力された位相差を位相差情報１２６として適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１９０】

なお、図１４で説明した処理では、位相差情報に基づき、ノイズ低減処理に用いられるマイクロフォンを決定したが、位相差情報に加えてパワー情報も考慮して、ノイズ低減処理に用いられるマイクロフォンを決定してもよい。

【０１９１】

図１１に示す適応フィルタ制御部１１７は、音声区間判定器１１５から出力された音声区間情報１２４、並びに信号決定部１１６から出力されたノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する情報（収音信号選択情報）１２５および当該決定された２つの収音信号の位相差情報１２６に基づき、適応フィルタ１１８を制御するための制御信号を生成し、生成された制御信号１２７を適応フィルタ１１８に出力する。ここで、制御信号１２７は

、音声区間情報１２４、収音信号選択情報１２５、および位相差情報１２６を含んでいる。

【０１９２】

適応フィルタ１１８は、収音信号１１１～１１３の中から選択された２つの収音信号を用いて、ノイズが低減された音声信号を生成し、このノイズが低減された音声信号を出力信号１２８として出力する。ここで、適応フィルタ１１８におけるノイズ低減処理に用いられる２つの収音信号は、信号決定部１１６で決定された収音信号である。適応フィルタ１１８は、音声信号に含まれたノイズ成分を低減するために、参照信号を用いて音声信号に含まれている可能性があるノイズ成分を擬似的に生成する。そして、適応フィルタ１１８は、音声信号から、この擬似的に生成したノイズ成分を差し引くことで、ノイズ低減処理を実施することができる。

【０１９３】

適応フィルタ制御部１１７は、適応フィルタ１１８が上記処理を実施するための制御信号１２７を適応フィルタ１１８に出力する。また、適応フィルタ制御部１１７に供給される音声区間情報１２４は、適応フィルタ１１８における適応フィルタ係数の更新のタイミングを決定する情報である。例えば、音声区間判定器において音声区間ではない（つまり、ノイズ区間）と判断された場合は、積極的にノイズ成分を低減するために、適応フィルタ１１８の適応フィルタ係数の更新を実施してもよい。一方、例えば、音声区間判定器において音声区間と判断された場合は、既存の適応フィルタ係数を用いて、ノイズ低減処理を実施してもよい。

【０１９４】

図１５は、適応フィルタ１１８の一例を示すブロック図である。適応フィルタ１１８は、遅延素子１７１_１～１７１_ｎ、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１、加算器１７３_１～１７３_ｎ、適応係数調整部１７４、減算器１７５、出力信号選択部１７６、およびセレクタ１７７を備える。

【０１９５】

セレクタ１７７は、適応フィルタ制御部１１７から出力された制御信号１２７に応じて、収音信号１１１～１１３のうちの２つを、音声信号１８１および参照信号１８２として出力する。すなわち、セレクタ１７７は、信号決定部１１６から出力された収音信号選択情報１２５に基づいて、収音信号１１１～１１３のうちの２つを選択し、一方を音声信号１８１として他方を参照信号１８２として出力する。

【０１９６】

遅延素子１７１_１～１７１_ｎ、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１、および加算器１７３_１～１７３_ｎは、ＦＩＲフィルタを構成する。遅延素子１７１_１～１７１_ｎ、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１、および加算器１７３_１～１７３_を用いて参照信号１８２を処理することで、擬似ノイズ信号１８３が生成される。

【０１９７】

適応係数調整部１７４は、制御信号１２７（例えば、位相差情報１２６や音声区間信号１２４）に応じて、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１の係数を調整する。すなわち、適応係数調整部１７４は、音声区間情報１２４がノイズ区間（非音声区間）を示している場合、適応誤差が少なくなるように係数を調整する。一方、音声区間情報１２４が音声区間を示している場合、適応フィルタ１１８の係数を維持するか、または係数を微調整する。更に、適応係数調整部１７４は、音声信号と参照信号の位相差が所定の範囲内である場合（つまり、位相差がほとんどない場合）は、適応フィルタ１１８の係数を維持するか、または係数を微調整するのみとする。音声信号と参照信号の位相差がほとんどない場合は、適切ではない方向から音声が到来していると推測することができるため、ノイズ低減処理によるノイズ低減効果を意識的に落とすことにより音声成分がキャンセルされることを抑制することができる。

【０１９８】

減算器１７５は、音声信号１８１から疑似ノイズ信号１８３を差し引くことで、ノイズ

低減処理後の信号１８４を生成し、出力信号選択部１７６に出力する。また、減算器１７５は、音声信号１８１から疑似ノイズ信号１８３を差し引くことで、フィードバック用の信号１８５を生成し、適応係数調整部１７４に出力する。

【０１９９】

出力信号選択部１７６は、適応フィルタ制御部１１７から出力された制御信号１２７（例えば、信号決定部１１６から出力された位相差情報１２６）に応じて、音声信号１８１を出力信号１２８としてそのまま出力するか、またはノイズ低減処理後の信号１８４を出力信号１２８として出力するかを選択する。例えば、音声信号と参照信号の位相差がほとんどない場合は、出力信号選択部１７６は音声信号１８１を出力信号１２８としてそのまま出力する。一方、音声信号と参照信号の位相差が所定の値以上である場合は、出力信号選択部１７６はノイズ低減処理後の信号１８４を出力信号１２８として出力する。

【０２００】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３の動作について説明する。図１６は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３の動作を説明するためのフローチャートである。

【０２０１】

信号決定部１１６で生成される収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６は、音声区間であることが確実な場合に更新される。よって、予め収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を初期化し、所定の初期値に設定する（ステップＳ５１）。ここで初期値とは、例えばノイズ低減装置を備える機器が適切な状態で使用された場合（マイクロフォンの位置が適切な状態で使用された場合）に設定されるパラメータである。

【０２０２】

次に、音声区間判定器１１５を用いて、音声用マイクロフォン１０１において収音された音が音声区間であるか否かを判定する（ステップＳ５２）。この際、音声区間と判定するための条件を厳しくすることで、音声区間を確実に判定することができる。

【０２０３】

音声区間判定器１１５は、音声区間を検出した場合（ステップＳ５３：Ｙｅｓ）、信号決定部１１６および適応フィルタ制御部１１７に音声区間情報１２３、１２４をそれぞれ出力する。そして、信号決定部１１６は、収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を取得する（ステップＳ５４）。信号決定部１１６は、図１３および図１４に示した処理を実施することで、収音信号選択情報１２５と位相差情報１２６を取得することができる。

【０２０４】

適応フィルタ制御部１１７は、適応フィルタ１１８に供給する制御信号１２７に含まれる収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を、新規に求めた情報に更新する（ステップＳ５５）。一方、音声区間判定器１１５において音声区間ではないと判断された場合（ステップＳ５３：Ｎｏ）、適応フィルタ制御部１１７は、適応フィルタ１１８に供給する制御信号１２７に含まれる収音信号選択情報１２５と位相差情報１２６を更新しない。

【０２０５】

次に、適応フィルタ１１８のセレクタ１７７において、収音信号選択情報１２５に基づいて収音信号１１１～１１３の中から音声信号と参照信号を選択する（ステップＳ５６）。そして、適応フィルタ１１８は、選択された２つの収音信号を用いてノイズ低減処理を実施する（ステップＳ５７）。

【０２０６】

ノイズ低減装置３は、音声用マイクロフォン１０１等により音（音声やノイズ）を受信しているか否かをチェックする（ステップＳ５８）。そして、音を受信している場合（ステップＳ５８：Ｙｅｓ）、ステップＳ５２以降の処理を繰り返す。一方、音を受信していない場合（ステップＳ５８：Ｎｏ）、ノイズ低減装置３によるノイズ低減処理が終了する。

【０２０７】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置３では、音声区間判定器１１５を用いることで、ノイズレベルが高い場合であっても音声が発せられている区間を判定することができる。そして、音声区間判定器１１５で音声区間であると判定されている場合に、信号決定部１１６で、収音信号１１１～１１３のうちノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、当該決定された２つの収音信号の位相差情報を更新している。よって、信号決定部１１６における情報処理量を低減することができる。また、信号決定部１１６は音声区間において収音信号選択情報と位相差情報を更新しているので、信頼性の高い収音信号選択情報と位相差情報を得ることができる。また、複数の収音信号の中から、ノイズ低減処理に使用される最適な２つの収音信号を選択することができるので、ノイズ低減装置を用いた機器が様々な状態で使用された場合であっても、精度よくノイズ低減処理を実施することができる。

【０２０８】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。

【０２０９】

＜実施の形態３＞

次に、本発明の実施の形態３について説明する。

図１７は、実施の形態３にかかるノイズ低減装置４を示すブロック図である。本実施の形態にかかるノイズ低減装置４は、音声用マイクロフォン２０１の収音信号２１１に加えて、参照音用マイクロフォン２０２、２０３の収音信号２１２、２１３も音声区間判定器２１５に供給されている点、および信号決定部２１６が音声区間判定器２１５に対して収音信号選択情報２２３を供給している点が、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３と異なる。これ以外は、実施の形態２で説明したノイズ低減装置３と同様であるので、適宜、重複した説明は省略する。

【０２１０】

図１７に示すノイズ低減装置４は、音声用マイクロフォン２０１、参照音用マイクロフォンＡ（２０２）、参照音用マイクロフォンＢ（２０３）、ＡＤコンバータ２０４、２０５、２０６、音声区間判定器２１５、信号決定部２１６、適応フィルタ制御部２１７、および適応フィルタ２１８を有する。

【０２１１】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置４が備える音声用マイクロフォン２０１、参照音用マイクロフォン２０２、２０３、およびＡＤコンバータ２０４、２０５、２０６はそれぞれ、図１１で説明した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３が備える音声用マイクロフォン１０１、参照音用マイクロフォン１０２、１０３、およびＡＤコンバータ１０４、１０５、１０６と同様の構成であるので、重複した説明は省略する。

【０２１２】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、ＡＤコンバータ２０４、２０５、２０６からそれぞれ出力された収音信号２１１、２１２、２１３は、音声区間判定器２１５、信号決定部２１６、および適応フィルタ２１８に供給される。

【０２１３】

信号決定部２１６は、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３の中から、音声区間判定器２１５における音声区間判定に用いる収音信号を決定し、音声区間判定に用いる収音信号に関する情報を収音信号選択情報２２３として音声区間判定器２１５に出力する。ノイズ低減装置に音声が入力されている場合、音声を含む収音信号の位相が最も早いとみなすことができる。よって、信号決定部２１６は、例えば、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３のうち位相が最も早い収音信号を音声区間判定に用いる収音信号として決定することができる。

【０２１４】

例えば、信号決定部２１６の構成は図１２に示した信号決定部１１６の構成と同様であ

り、信号決定部２１６の動作は、図１３および図１４に示したフローチャートに示した動作と同様である。すなわち、信号決定部２１６は、図１４に示したフローチャートのステップＳ４５～Ｓ４７において音声信号とみなされた収音信号を、音声区間判定に用いる収音信号として決定することができる。

【０２１５】

また、信号決定部２１６は、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３の中からノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、当該決定された２つの収音信号の位相差情報を取得する。信号決定部２１６は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する収音信号選択情報２２５と、当該決定された２つの収音信号の位相差情報２２６を適応フィルタ制御部２１７に出力する。

【０２１６】

音声区間判定器２１５は、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３のうち、信号決定部２１６から出力された信号選択情報２２３に応じて選択された収音信号を用いて音声区間を判定する。そして、音声区間判定器２１５は、音声区間と判定した場合、適応フィルタ制御部２１７に音声区間情報２２４を出力する。

【０２１７】

音声区間判定器２１５における音声区間判定処理には任意の技術を用いることができる。しかし、ノイズレベルが高い環境下でノイズ低減装置が使用される場合は、高い精度で音声区間を判定する必要がある。この場合、例えば特願２０１０－２６０７９８に記載されている技術（音声区間判定技術Ａ）や、特願２０１１－０２０４５９に記載されている技術（音声区間判定技術Ｂ）を用いることで、音声区間を高い精度で判定することができる。なお、音声区間判定技術Ａ、音声区間判定技術Ｂについては、実施の形態１で説明したので、重複した説明は省略する。

【０２１８】

適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５から出力された音声区間情報２２４に応じて、適応フィルタ２１８の制御に用いる収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を決定する。すなわち、適応フィルタ制御部２１７には、信号決定部２１６から出力された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６が所定のタイミング毎に供給されている。しかし、この中には音声区間以外のタイミングにおいて取得された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６も含まれている。音声区間以外のタイミングにおいて取得された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６は、精度が低い情報である。

【０２１９】

これに対して、音声区間判定器２１５が音声区間と判定した場合における収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６は、精度が高い情報である。よって、適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５において音声区間と判定されたタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を、適応フィルタ２１８の制御に用いる収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６と決定する。このように、音声区間における収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を適応フィルタ２１８の制御に用いることで、適応フィルタ２１８において精度よくノイズを低減することができる。

【０２２０】

ここで、音声区間情報２２４は音声区間判定器２１５における音声区間判定処理の後に適応フィルタ制御部２１７に出力される。よって、所定のタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６が適応フィルタ制御部２１７に供給されるタイミングは、当該所定のタイミングに対応する音声区間情報２２４が適応フィルタ制御部２１７に供給されるタイミングよりも早い。よって、適応フィルタ制御部２１７はこれらのタイミングを調整するために、供給された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を一時的に保持することができるバッファを備えていてもよい。このように適応フィルタ制御部２１７において収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を一時的に保持することで、音声区間情報２２４に対応した収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６

を選択することができる。
【０２２１】
また、適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５から出力された音声区間情報２２４、並びに収音信号選択情報（ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する情報）２２５および当該決定された２つの収音信号の位相差情報２２６に基づき、適応フィルタ２１８を制御するための制御信号２２７を生成し、生成された制御信号２２７を適応フィルタ２１８に出力する。ここで、制御信号２２７は、音声区間情報２２４、収音信号選択情報２２５、および位相差情報２２６を含んでいる。
【０２２２】
適応フィルタ２１８は、収音信号２１１～２１３の中から選択された２つの収音信号を用いて、ノイズが低減された音声信号を生成し、このノイズが低減された音声信号を出力信号２２８として出力する。ここで、適応フィルタ２１８におけるノイズ低減処理に用いられる２つの収音信号は、信号決定部２１６で決定された収音信号である。適応フィルタ２１８は、音声信号に含まれたノイズ成分を低減するために、参照信号を用いて音声信号に含まれている可能性があるノイズ成分を擬似的に生成する。そして、適応フィルタ２１８は、音声信号から、この擬似的に生成したノイズ成分を差し引くことで、ノイズ低減処理を実施することができる。
【０２２３】
本実施の形態にかかるノイズ低減装置４が備える適応フィルタ制御部２１７は、図１１で説明した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３が備える適応フィルタ制御部１１７と同様の構成であるので、重複した説明は省略する。また、本実施の形態にかかるノイズ低減装置４が備える適応フィルタ２１８は、図１１、図１５で説明した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３が備える適応フィルタ１１８と同様の構成であるので、重複した説明は省略する。
【０２２４】
次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置４の動作について説明する。図１８は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置４の動作を説明するためのフローチャートである。
【０２２５】
信号決定部２１６で生成される収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６は、音声区間であることが確実な場合に更新される。よって、信号決定部２１６は予め収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を初期化し、所定の初期値に設定する（ステップＳ６１）。ここで初期値とは、例えばノイズ低減装置を備える機器が適切な状態で使用された場合（マイクロフォンの位置が適切な状態で使用された場合）に設定されるパラメータである。
【０２２６】
次に、信号決定部２１６は、収音信号２１１～２１３を用いて、収音信号選択情報２２３、２２５および位相差情報２２６を取得する（ステップＳ６２）。そして、信号決定部２１６は、音声区間判定に用いる収音信号に関する収音信号選択情報２２３を音声区間判定器２１５に出力する。また、信号決定部２１６は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する収音信号選択情報２２５と、当該決定された２つの収音信号の位相差情報２２６を適応フィルタ制御部２１７に出力する。
【０２２７】
次に、音声区間判定器２１５は、収音信号選択情報２２３に応じた収音信号を用いて音声区間を判定する（ステップＳ６３）。音声区間判定器２１５は、音声区間を検出した場合（ステップＳ６４：Ｙｅｓ）、適応フィルタ制御部２１７に音声区間情報２２４を出力する。そして、適応フィルタ制御部２１７は、収音信号選択情報および位相差情報を、音声区間判定器２１５において音声区間と判定されたタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６に更新する（ステップＳ６５）。一方、音声区間判定器２１５において音声区間ではないと判断された場合（ステップＳ６４：Ｎｏ）、適応フィルタ制御部２１７は、収音信号選択情報および位相差情報を更新しない。

【０２２８】
次に、適応フィルタ２１８のセレクタ（図１５のセレクタ１７７に対応）において、収音信号選択情報２２５に基づいて収音信号２１１～２１３の中から音声信号と参照信号を選択する（ステップＳ６６）。そして、適応フィルタ２１８は、選択された２つの収音信号を用いてノイズ低減処理を実施する（ステップＳ６７）。
【０２２９】
ノイズ低減装置４は、音声用マイクロフォン２０１等により音（音声やノイズ）を受信しているか否かをチェックする（ステップＳ６８）。そして、音を受信している場合（ステップＳ６８：Ｙｅｓ）、ステップＳ６２以降の処理を繰り返す。一方、音を受信していない場合（ステップＳ６８：Ｎｏ）、ノイズ低減装置４によるノイズ低減処理が終了する。
【０２３０】
図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３では、音声用マイクロフォン１０１で収音された収音信号１１１を、音声区間判定器１１５における音声区間判定に用いていた。この場合は、音声用マイクロフォン１０１で収音された収音信号１１１に主として音声が含まれていることが好ましく、例えば音声用マイクロフォン１０１と話者の口元とが一定の距離を隔てて安定した状態で使用されている状態を想定している。この用法では、音声区間判定器１１５は、音声用マイクロフォン１０１で収音された収音信号１１１について音声区間判定を実施すればよい。また、信号決定部１１６は、音声区間判定と判定された場合にのみ収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を取得すればよく、信号処理の負荷を低減することができるという利点があった。
【０２３１】
このように、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３では、音声用マイクロフォン１０１と話者の口元とが一定の距離を隔てて安定した状態で使用されている状態を想定している。しかしながら、ノイズ低減装置を用いた機器の中には、例えば、話者の使用状況によって、音声用マイクロフォンと話者の口元との距離が一定とならずに不安定な状態で使用される場合がある。この場合は、音声用マイクロフォンよりも参照音用マイクロフォンのほうが音声を多く収音することができる場合もある。
【０２３２】
本実施の形態にかかるノイズ低減装置４では、信号決定部２１６において、収音信号２１１～２１３の中から、音声区間判定器２１５における音声区間判定に用いる収音信号を決定している。そして、音声区間判定器２１５は、信号決定部２１６で決定された収音信号を用いて音声区間を判定している。更に、適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５において音声区間であると判定されたタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を用いて、適応フィルタ２１８を制御している。よって、ノイズレベルが高い場合であっても音声が発せられている区間を精度よく判定することができる。また、複数の収音信号の中からノイズ低減処理に使用される最適な２つの収音信号を選択することができるので、ノイズ低減装置を用いた機器が様々な状態で使用された場合であっても、精度よくノイズ低減処理を実施することができる。
【０２３３】
以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。
【０２３４】
＜実施の形態４＞
次に、本発明の実施の形態４について説明する。
以下では、３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置を、音声入力装置や無線通信装置に適用した場合について説明する。３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置として、例えば実施の形態２または３にかかるノイズ低減装置を用いることができる。

【０２３５】
図１９は、３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置を用いた音声入力装置７００の一例を示す図である。図１９（ａ）は、音声入力装置７００の前面図であり、図１９（ｂ）は、音声入力装置７００の背面図である。図１９に示すように、音声入力装置７００はコネクタ７０３を介して無線通信装置７１０に接続可能に構成されている。無線通信装置７１０は一般的な無線機であり、所定の周波数において他の無線通信装置と通信可能に構成されている。無線通信装置７１０には音声入力装置７００を介して話者の音声が入力される。
【０２３６】
音声入力装置７００は、本体７０１、コード７０２、及びコネクタ７０３を有する。本体７０１は、話者の手で把持されるのに適するサイズ及び形状に構成されており、マイクロフォン、スピーカー、電子回路、ノイズ低減装置を内蔵する。図１９（ａ）に示すように、本体７０１の前面にはスピーカー７０６および音声用マイクロフォン７０５が設けられている。図１９（ｂ）に示すように、本体７０１の背面には参照音用マイクロフォン７１１、７１２およびベルトクリップ７０７が設けられている。本体７０１の頂面には、ＬＥＤ７０９が設けられている。本体７０１の側面にはＰＴＴ（Push To Talk）７０４が設けられている。ＬＥＤ７０９は、音声入力装置７００による話者の音声の検出状態を話者に対して報知する。ＰＴＴ７０４は、無線通信装置７１０を音声送信状態とするためのスイッチであり、突起状部分が筐体内に押し込まれることを検出する。
【０２３７】
例えば、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３を音声入力装置７００に適用した場合、ノイズ低減装置３が備える音声用マイクロフォン１０１が音声入力装置７００の音声用マイクロフォン７０５に対応し、ノイズ低減装置が備える２つの参照音用マイクロフォン１０２、１０３が音声入力装置７００の参照音用マイクロフォン７１１、７１２に対応する。また、ノイズ低減装置３から出力される出力信号１２８は、音声入力装置７００のコード７０２を経由して無線通信装置７１０に供給される。すなわち、音声入力装置７００は、ノイズ低減装置３でノイズ低減処理された後の出力信号１２８を、無線通信装置７１０に供給する。よって、無線通信装置７１０から他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。なお、図１７に示した実施の形態３にかかるノイズ低減装置４を音声入力装置７００に適用した場合も同様である。
【０２３８】
本実施の形態にかかる音声入力装置７００において、音声用マイクロフォン（第１のマイクロフォン）７０５は表面（第１の面）に設けられている。図２０は、本実施の形態にかかる音声入力装置７００の裏面に設けられた参照音用マイクロフォン７１１、７１２の位置の詳細を説明するための図である。図２０に示すように、本実施の形態にかかる音声入力装置７００において、参照音用マイクロフォン（第２および第３のマイクロフォン）７１１、７１２は、表面（第１の面）と所定の距離を隔てて対向している裏面（第２の面）に、裏面の中心線７２１に対して互いに非対称となるように設けられている。このとき、参照音用マイクロフォン７１１、７１２は互いに距離ｄ１だけ隔てて設けられている。例えば、ｄ１は３～７ｃｍ程度とすることができる。また、表面と裏面との距離は、２～４ｃｍ程度とすることができる。なお、これらの数値は一例であり、本発明はこれらの数値に限定されることはない。
【０２３９】
このように、本実施の形態にかかる音声入力装置７００では、裏面の中心線７２１に対して互いに非対称となるように参照音用マイクロフォン７１１、７１２を配置しているので、話者が音声入力装置７００を把持した際に、参照音用マイクロフォン７１１、７１２の両方が塞がれることを防ぐことができる。よって、参照音用マイクロフォン７１１、７１２の少なくとも一方は高い確率でノイズ低減処理に利用することができる。したがって、ノイズ低減装置を用いて高精度にノイズを低減することができる。
【０２４０】

このとき、参照音用マイクロフォン７１１、７１２は、参照音用マイクロフォン７１１、７１２を互いに結ぶ線分７２２と中心線７２１とが所定の角度αで交わるように設けられていてもよい。また、参照音用マイクロフォン７１１、７１２は、中心線７２１と垂直に交わる２つの線分７３１、７３２と、中心線７２１と平行でかつ中心線７２１に対して対称に配置された２つの線分７３３、７３４とで形成される矩形７３５の対角の位置に設けられていてもよい。

【０２４１】

次に、図２１を用いて、３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置を用いた無線通信装置（トランシーバー）８００について説明する。図２１（ａ）は、無線通信装置８００の前面図であり、図２１（ｂ）は、無線通信装置８００の背面図である。図２１に示すように、無線通信装置８００は、入力ボタン８０１、表示部８０２、スピーカー８０３、音声用マイクロフォン８０４、ＰＴＴ（Push To Talk）８０５、スイッチ８０６、アンテナ８０７、蓋８０９、および参照音用マイクロフォン８１１、８１２、を備える。

【０２４２】

例えば、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３を無線通信装置８００に適用した場合、ノイズ低減装置３が備える音声用マイクロフォン１０１が無線通信装置８００の音声用マイクロフォン８０４に対応し、ノイズ低減装置３が備える参照音用マイクロフォン１０２、１０３が無線通信装置８００の参照音用マイクロフォン８１１、８１２に対応する。また、ノイズ低減装置３から出力される出力信号１２８は、無線通信装置８００の内部回路において高周波処理されて、アンテナ８０７から他の無線通信装置に無線送信される。ここで、ノイズ低減装置３から出力される出力信号１２８はノイズ低減処理が実施された信号であるので、他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。なお、図１７に示した実施の形態３にかかるノイズ低減装置４を無線通信装置８００に適用した場合も同様である。

【０２４３】

本実施の形態にかかる無線通信装置８００において、音声用マイクロフォン（第１のマイクロフォン）８０４は表面（第１の面）に設けられている。また、参照音用マイクロフォン（第２および第３のマイクロフォン）８１１、８１２は、表面（第１の面）と所定の距離を隔てて対向している裏面（第２の面）に、裏面の中心線に対して互いに非対称となるように設けられている。このとき、参照音用マイクロフォン８１１、８１２は互いに距離ｄ２だけ隔てて設けられている。例えば、ｄ２は３～７ｃｍ程度とすることができる。また、表面と裏面との距離は、２～４ｃｍ程度とすることができる。なお、これらの数値は一例であり、本発明はこれらの数値に限定されることはない。また、参照音用マイクロフォン８１１、８１２の配置については、図２０に示した音声入力装置の参照音用マイクロフォン７１１、７１２と同様である。

【０２４４】

このように、本実施の形態にかかる無線通信装置８００では、裏面の中心線に対して互いに非対称となるように参照音用マイクロフォン８１１、８１２を配置しているので、話者が音声入力装置８００を把持した際に、参照音用マイクロフォン８１１、８１２の両方が塞がれることを防ぐことができる。よって、参照音用マイクロフォン８１１、８１２の少なくとも一方は高い確率でノイズ低減処理に利用することができる。したがって、ノイズ低減装置を用いて高精度にノイズを低減することができる。

【０２４５】

このとき、参照音用マイクロフォン８１１、８１２は、参照音用マイクロフォン８１１、８１２を互いに結ぶ線分と中心線とが所定の角度で交わるように設けられていてもよい。また、参照音用マイクロフォン８１１、８１２は、中心線と垂直に交わる２つの線分と、中心線と平行でかつ中心線に対して対称に配置された２つの線分とで形成される矩形の対角の位置に設けられていてもよい。

【０２４６】

以上、本発明を上記実施形態に即して説明したが、上記実施形態の構成にのみ限定されるものではなく、本願特許請求の範囲の請求項の発明の範囲内で当業者であればなし得る各種変形、修正、組み合わせを含むことは勿論である。

【符号の説明】

【０２４７】

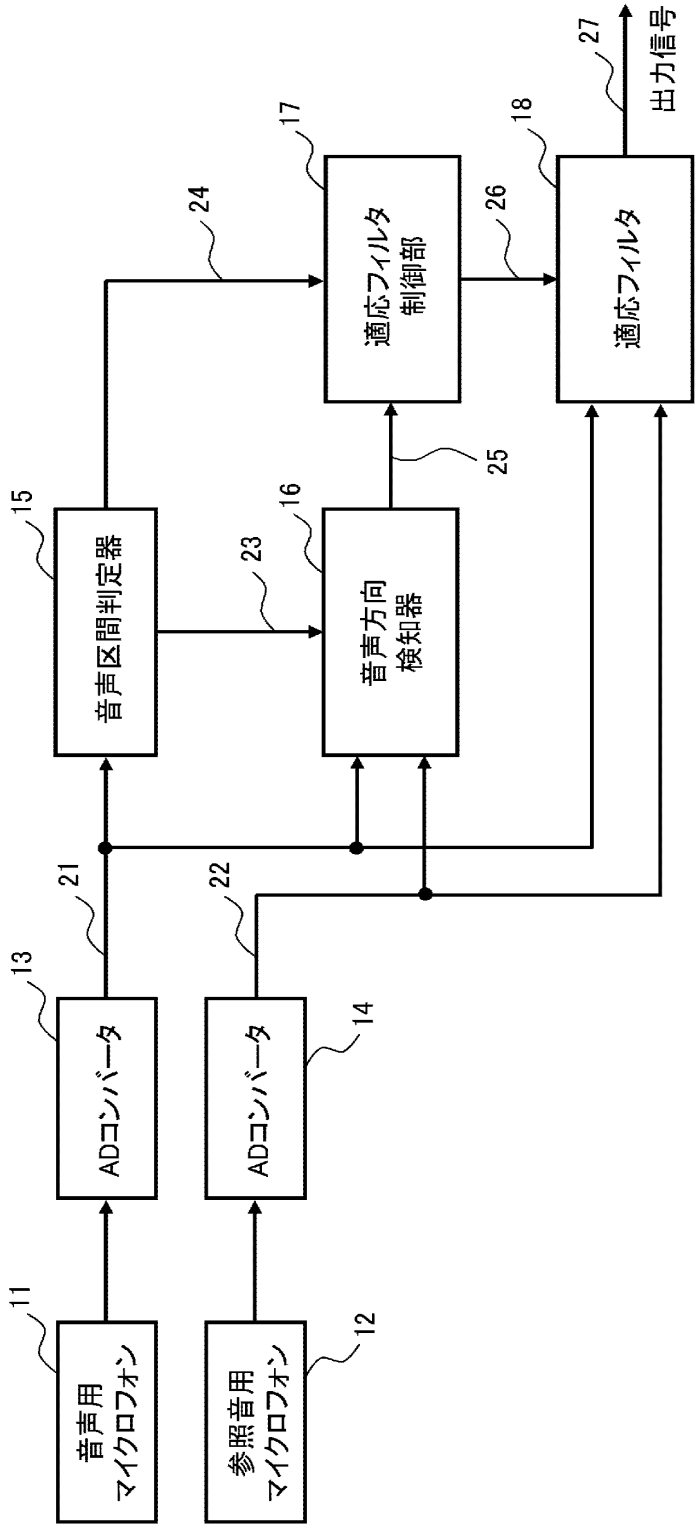
１、２、３、４　ノイズ低減装置
１１　音声用マイクロフォン
１２　参照音用マイクロフォン
１３、１４　ＡＤコンバータ
１５　音声区間判定器
１６　音声方向検知器
１７　適応フィルタ制御部
１８　適応フィルタ
２１、２２　収音信号
２３、２４　音声区間情報
２５　音声方向情報
２６　制御信号
２７　出力信号
１０１　音声用マイクロフォン
１０２、１０３　参照音用マイクロフォン
１０４、１０５、１０６　ＡＤコンバータ
１１５　音声区間判定器
１１６　信号決定部
１１７　適応フィルタ制御部
１１８　適応フィルタ
１１１、１１２、１１３　収音信号
１２３、１２４　音声区間情報
１２５　収音信号選択情報
１２６　位相差情報
１２７　制御信号
１２８　出力信号
２０１　音声用マイクロフォン
２０２、２０３　参照音用マイクロフォン
２０４、２０５、２０６　ＡＤコンバータ
２１５　音声区間判定器
２１６　信号決定部
２１７　適応フィルタ制御部
２１８　適応フィルタ
２１１、２１２、２１３　収音信号
２２３　収音信号選択情報
２２４　音声区間情報
２２５　収音信号選択情報
２２６　位相差情報
２２７　制御信号
２２８　出力信号

【書類名】特許請求の範囲
【請求項１】
第１および第２のマイクロフォンの少なくとも一方で収音された音声に基づき音声区間を判定する音声区間判定器と、
前記第１のマイクロフォンで収音された音に応じた第１の収音信号と前記第２のマイクロフォンで収音された音に応じた第２の収音信号とに基づき、前記音声の到来方向を検知する音声方向検知器と、
前記音声区間判定器から出力された音声区間情報および前記音声方向検知器から出力された音声方向情報に基づき、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号とを用いてノイズ低減処理を実施する適応フィルタと、を備え、
前記音声方向検知器は、前記音声区間判定器が音声区間と判定した場合に、前記音声の到来方向を検知する、
ノイズ低減装置。
【請求項２】
前記音声方向検知器は、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号の位相差に基づき前記音声の到来方向を検知する、請求項１に記載のノイズ低減装置。
【請求項３】
前記適応フィルタは、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号とのうち、より位相が早いいずれか一方の収音信号に含まれるノイズ成分を他方の収音信号を用いて低減する、
請求項２に記載のノイズ低減装置。
【請求項４】
前記第１の収音信号の位相と前記第２の収音信号の位相の位相差が所定の範囲内である場合、
前記適応フィルタはノイズ低減処理を実施することなく前記第１の収音信号または前記第２の収音信号を出力する、
請求項２に記載のノイズ低減装置。
【請求項５】
前記音声方向検知器は、前記第１の収音信号の大きさと前記第２の収音信号の大きさに基づき前記音声の到来方向を検知する、請求項１に記載のノイズ低減装置。
【請求項６】
前記第１の収音信号の大きさが前記第２の収音信号の大きさよりも大きい場合、
前記適応フィルタは、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号とのうち、より大きさの大きいいずれか一方の収音信号に含まれるノイズ成分を他方の収音信号を用いて低減する、
請求項５に記載のノイズ低減装置。
【請求項７】
前記第１の収音信号の大きさと前記第２の収音信号の大きさの差であるパワー差が所定の範囲内である場合、
前記適応フィルタはノイズ低減処理を実施することなく前記第１の収音信号または前記第２の収音信号を出力する、
請求項５に記載のノイズ低減装置。
【請求項８】
前記音声方向検知器は、前記第１の収音信号と前記第２の収音信号の位相差、並びに前記第１の収音信号の大きさおよび前記第２の収音信号の大きさに基づき、前記音声の到来方向を検知する、請求項１に記載のノイズ低減装置。
【請求項９】
前記第１の収音信号の位相が前記第２の収音信号の位相よりも早い場合、前記音声区間判定器は、前記第１の収音信号に基づき音声区間を判定し、
前記第２の収音信号の位相が前記第１の収音信号の位相よりも早い場合、前記音声区間判定器は、前記第２の収音信号に基づき音声区間を判定する、

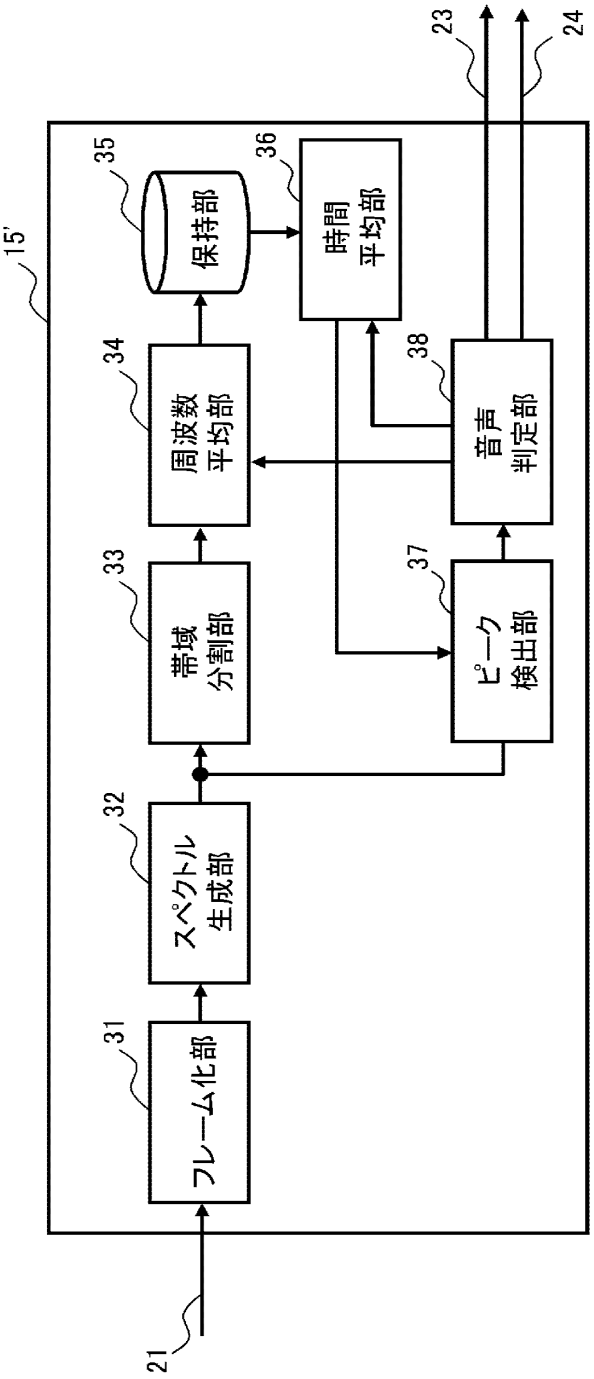
請求項１乃至８のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項１０】
前記音声方向検知器には、前記第１および第２の収音信号としてサンプリング周波数が２４ｋＨｚ以上の信号が供給され、
前記適応フィルタには、前記第１および第２の収音信号としてサンプリング周波数が１２ｋＨｚ以下の信号が供給される、
請求項１乃至９のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項１１】
前記音声区間判定器は、前記適応フィルタに出力される音声区間判定情報よりも更に高い確率で音声区間であると判定された音声区間判定情報を前記音声方向検知器に出力する、請求項１乃至１０のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項１２】
請求項１乃至１３に記載のノイズ低減装置を備えた音声入力装置であって、
前記第１のマイクロフォンは前記音声入力装置の第１の面に設けられ、
前記第２のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に設けられている、
音声入力装置。
【請求項１３】
請求項１乃至１３に記載のノイズ低減装置を備えた無線通信装置であって、
前記第１のマイクロフォンは前記無線通信装置の第１の面に設けられ、
前記第２のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に設けられている、
無線通信装置。
【請求項１４】
第１および第２のマイクロフォンの少なくとも一方で収音された音声に基づき音声区間を判定し、
音声区間であると判定された場合に、前記第１のマイクロフォンで収音された音に応じた第１の収音信号と前記第２のマイクロフォンで収音された音に応じた第２の収音信号とに基づき前記音声の到来方向を検知し、
前記音声区間の判定結果である音声区間情報および前記音声の到来方向を示す音声方向情報に基づきノイズ低減処理を実施する、
ノイズ低減方法。

【書類名】要約書
【要約】
【課題】様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置を提供することである。
【解決手段】本発明にかかるノイズ低減装置１は、マイクロフォン１１、１２の少なくとも一方で収音された音声に基づき音声区間を判定する音声区間判定器１５と、収音信号２１と収音信号２２とに基づき音声の到来方向を検知する音声方向検知器１６と、音声区間判定器１５から出力された音声区間情報２４および音声方向検知器１６から出力された音声方向情報２５に基づき、収音信号２１と収音信号２２とを用いてノイズ低減処理を実施する適応フィルタ１８と、を備える。音声方向検知器１６は、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合に、音声の到来方向を検知する。
【選択図】図１

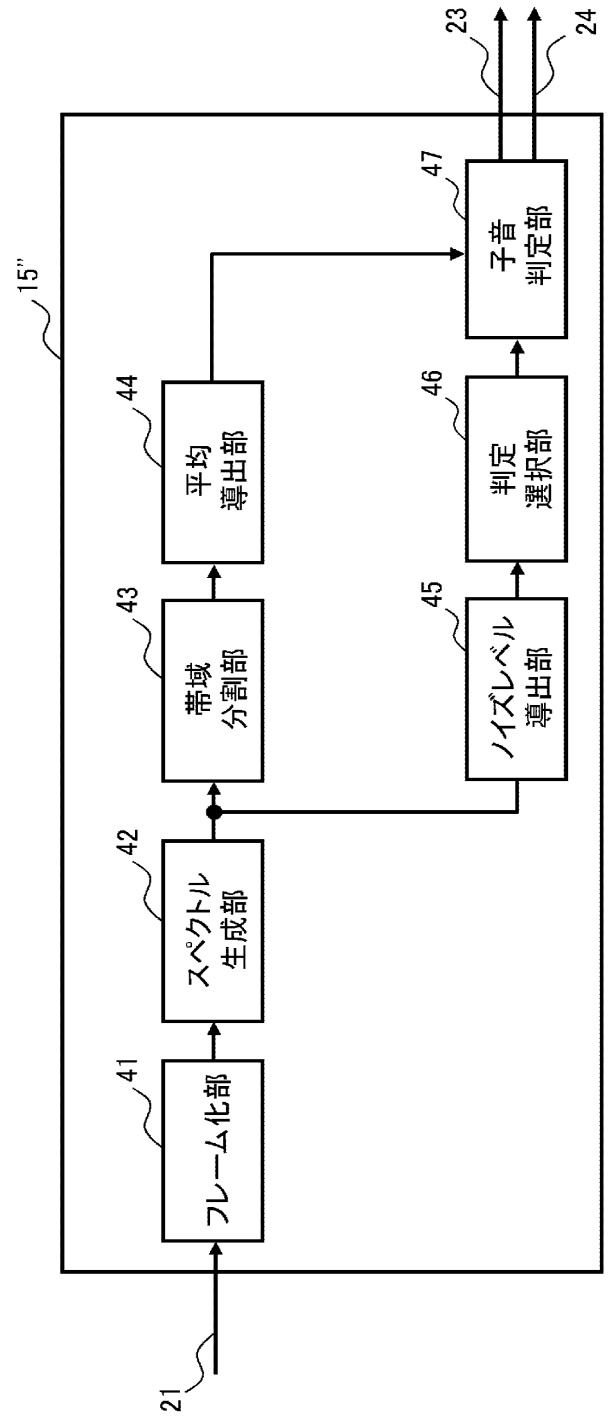
【書類名】図面
【図１】


音声用マイクロフォン
参照音用マイクロフォン
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
音声方向検知器
適応フィルタ制御部
適応フィルタ
出力信号
11
12
13
14
15
16
17
18
21
22
23
24
25
26
27
1

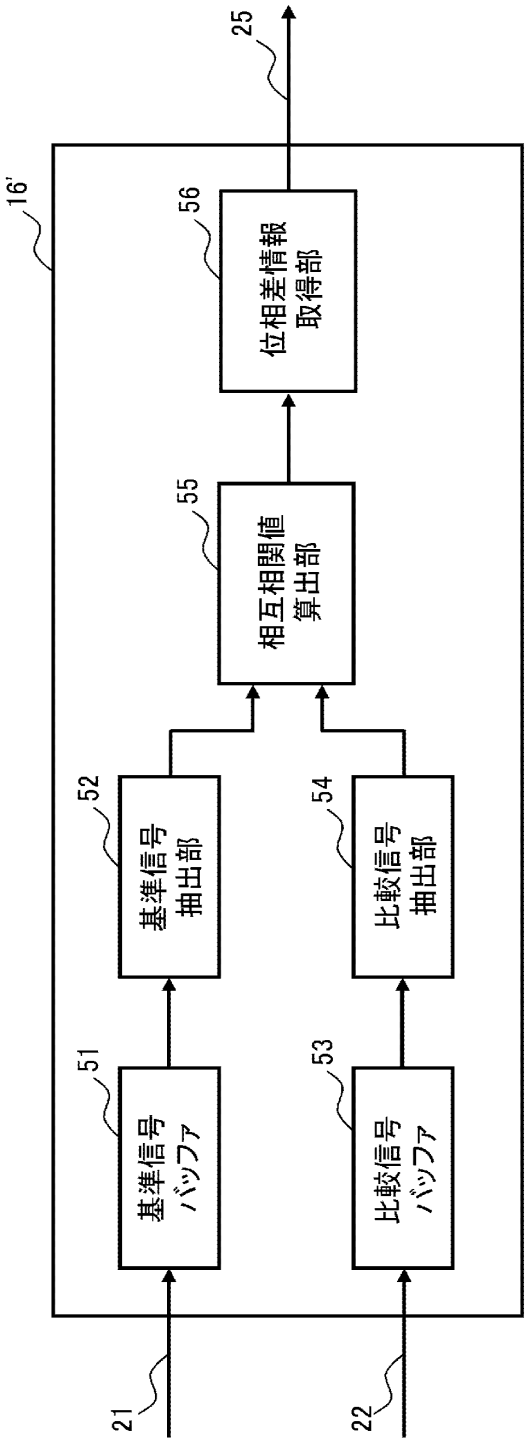
【図２】


15'
21
23
24
31
フレーム化部
32
スペクトル生成部
33
帯域分割部
34
周波数平均部
35
保持部
36
時間平均部
37
ピーク検出部
38
音声判定部

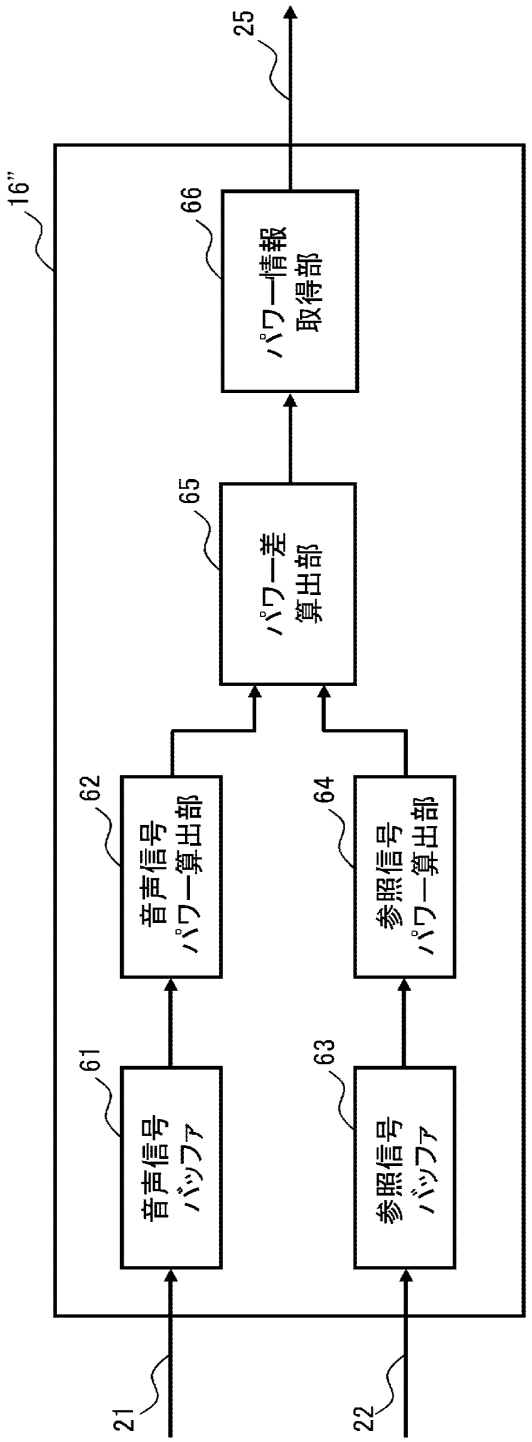
【図３】


21
15''
41
フレーム化部
42
スペクトル生成部
43
帯域分割部
44
平均導出部
45
ノイズレベル導出部
46
判定選択部
47
子音判定部
23
24

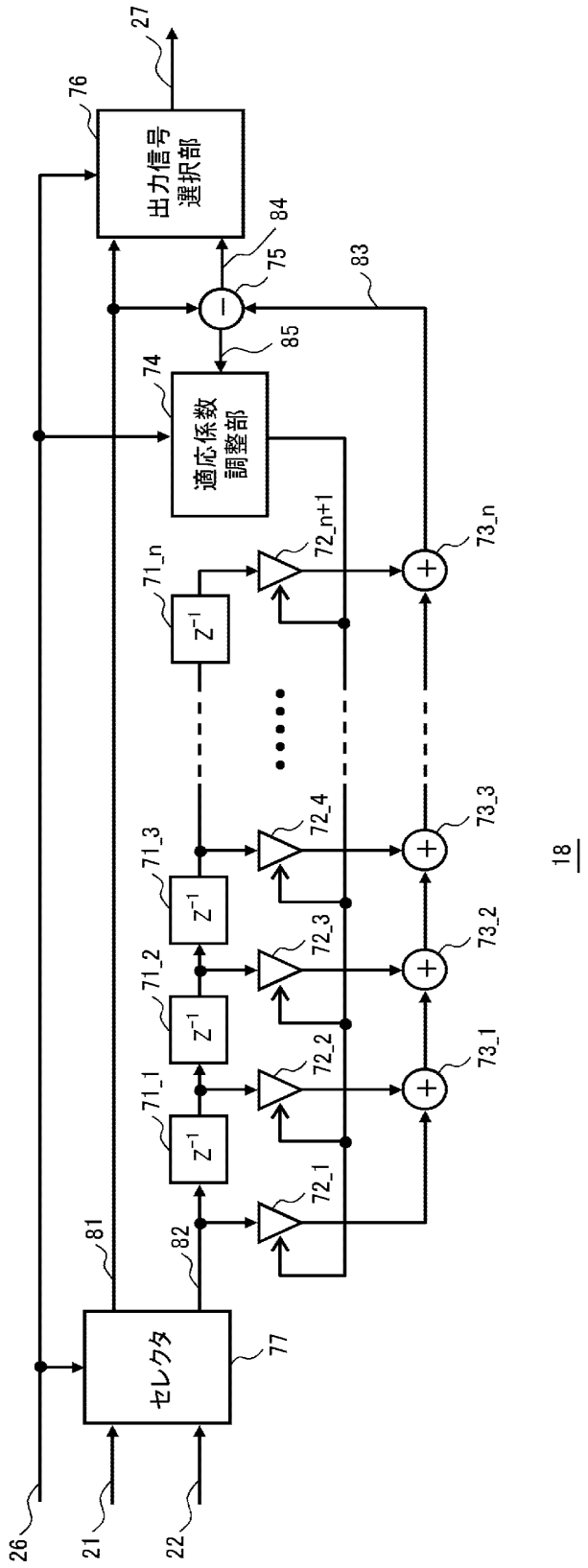
【図４】


16'
21
22
51
基準信号
バッファ
52
基準信号
抽出部
53
比較信号
バッファ
54
比較信号
抽出部
55
相互相関値
算出部
56
位相差情報
取得部
25

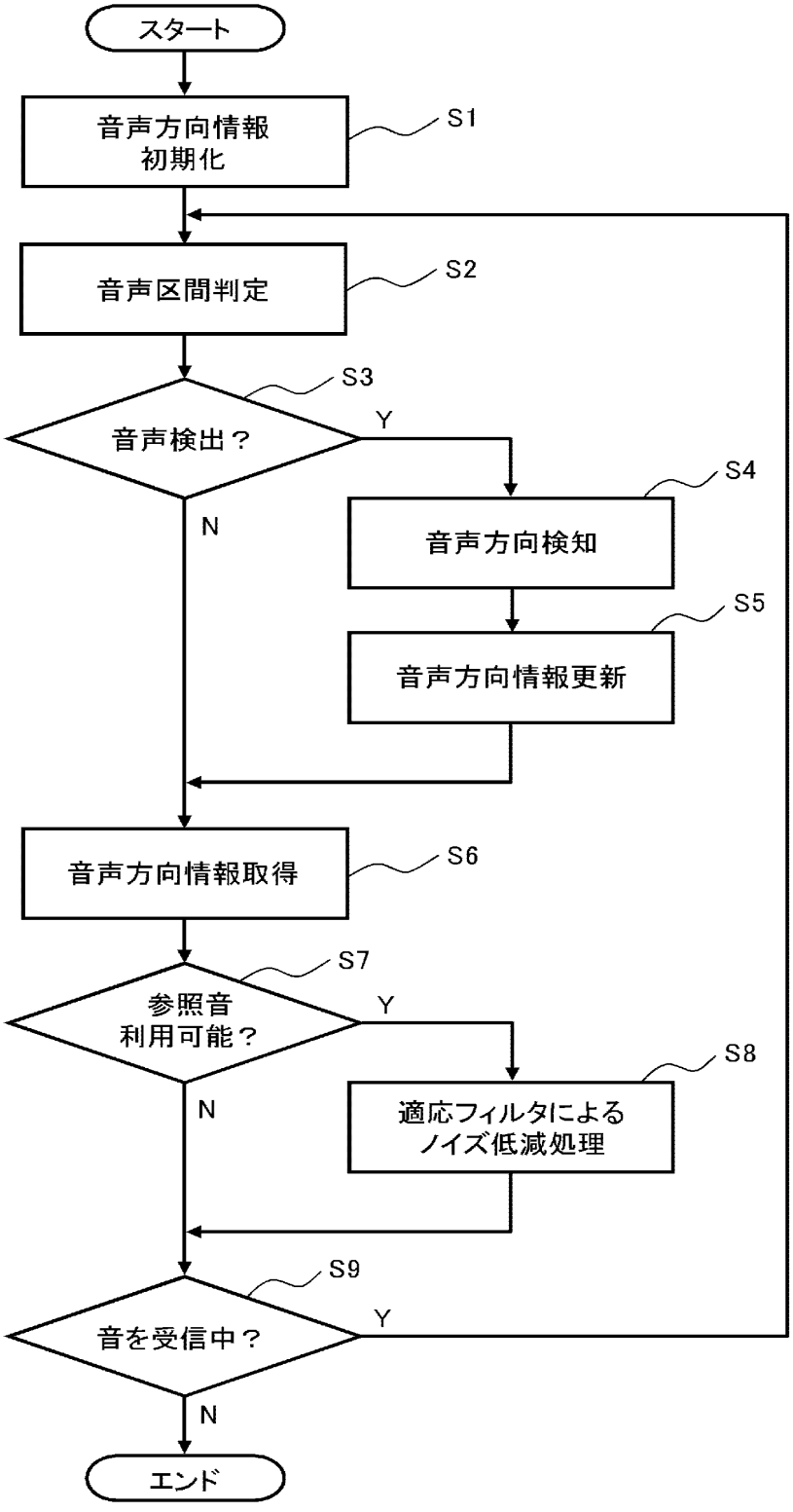
【図５】


25
16”
66
パワー情報
取得部
65
パワー差
算出部
62
音声信号
パワー算出部
64
参照信号
パワー算出部
61
音声信号
バッファ
63
参照信号
バッファ
21
22

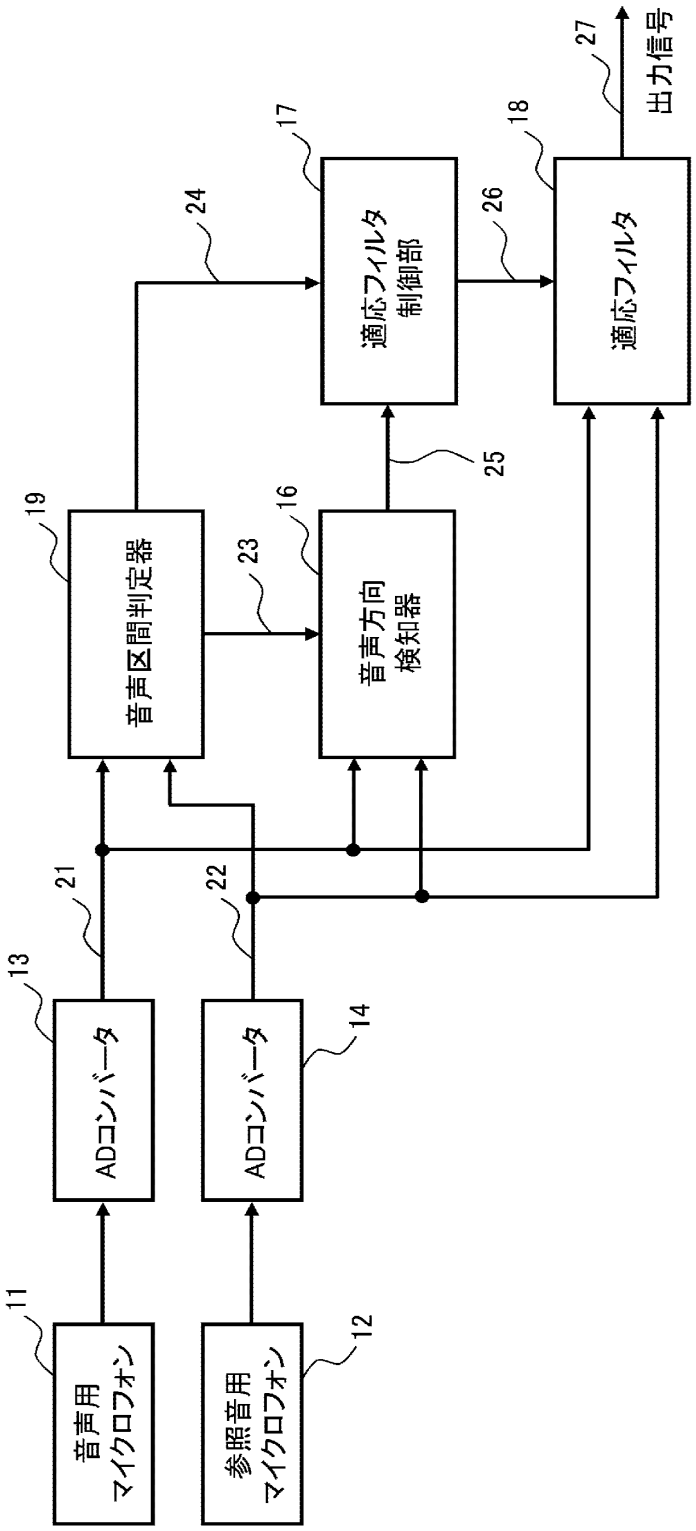
【図６】


出力信号選択部
適応係数調整部
セレクタ
z^{-1}
18
21
22
26
27
71_1
71_2
71_3
71_n
72_1
72_2
72_3
72_4
72_n+1
73_1
73_2
73_3
73_n
74
75
76
77
81
82
83
84
85

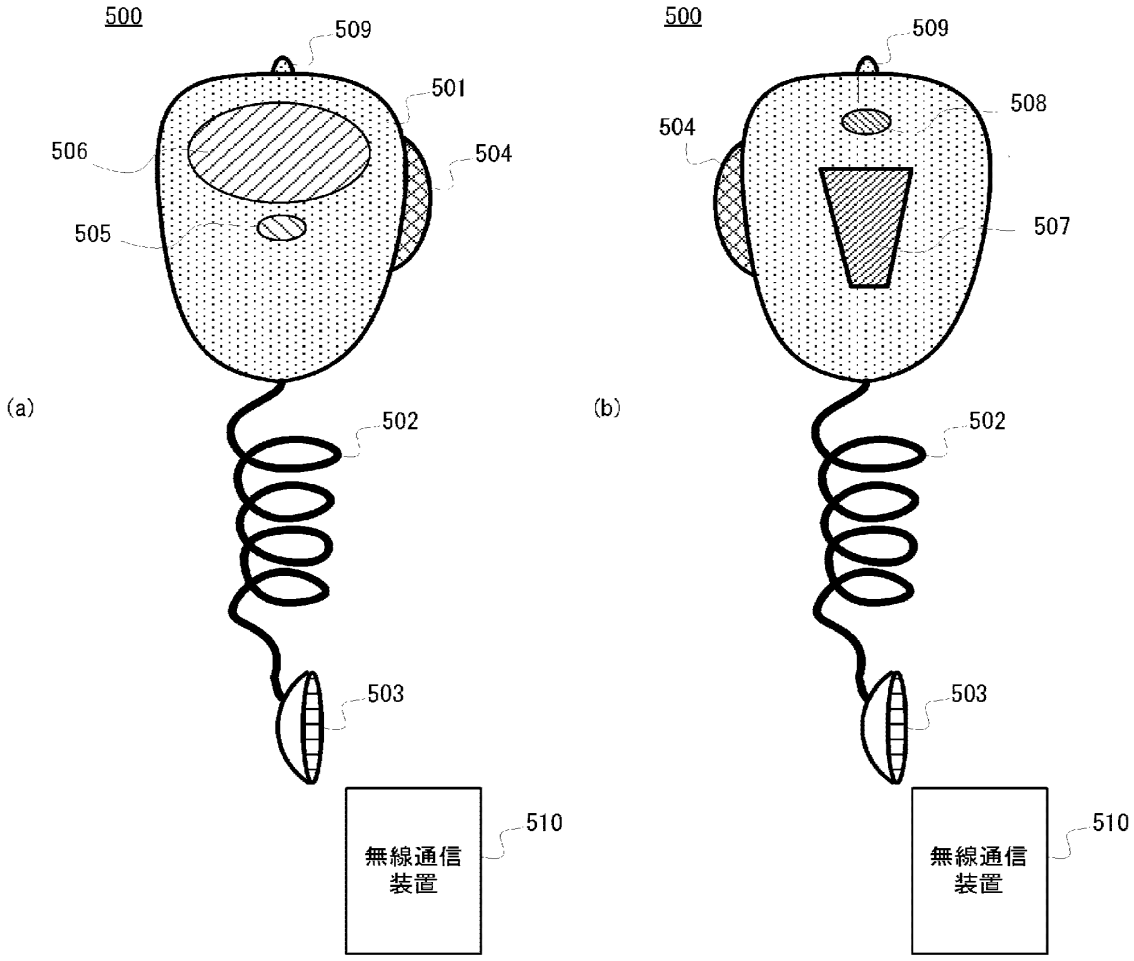
【図７】


スタート
音声方向情報
初期化
S1
音声区間判定
S2
S3
音声検出？
Y
N
S4
音声方向検知
S5
音声方向情報更新
音声方向情報取得
S6
S7
参照音
利用可能？
Y
N
S8
適応フィルタによる
ノイズ低減処理
S9
音を受信中？
Y
N
エンド

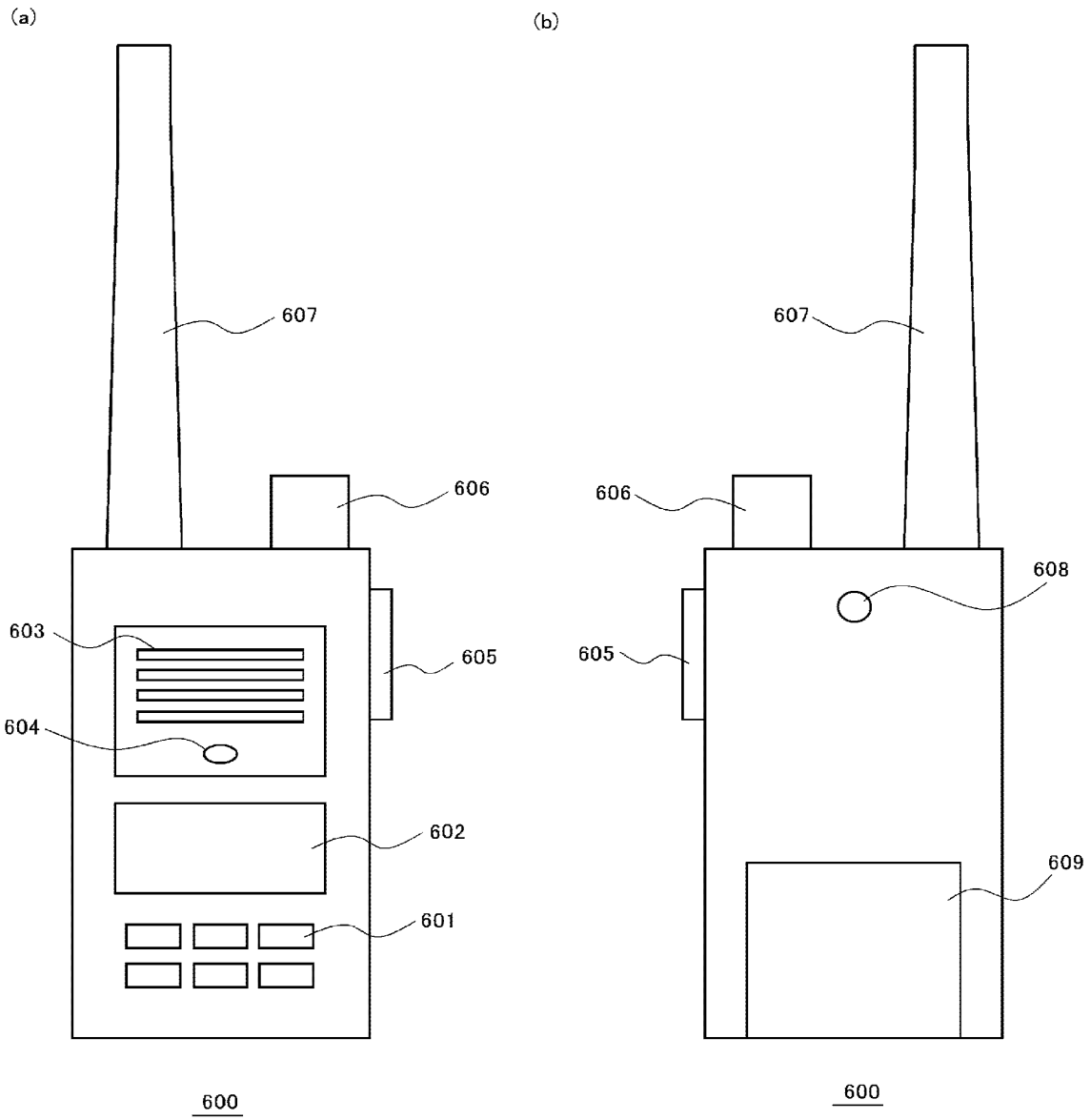
【図８】


音声用
マイクロフォン
参照音用
マイクロフォン
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
音声方向
検知器
適応フィルタ
制御部
適応フィルタ
出力信号
11
12
13
14
16
17
18
19
21
22
23
24
25
26
27
2

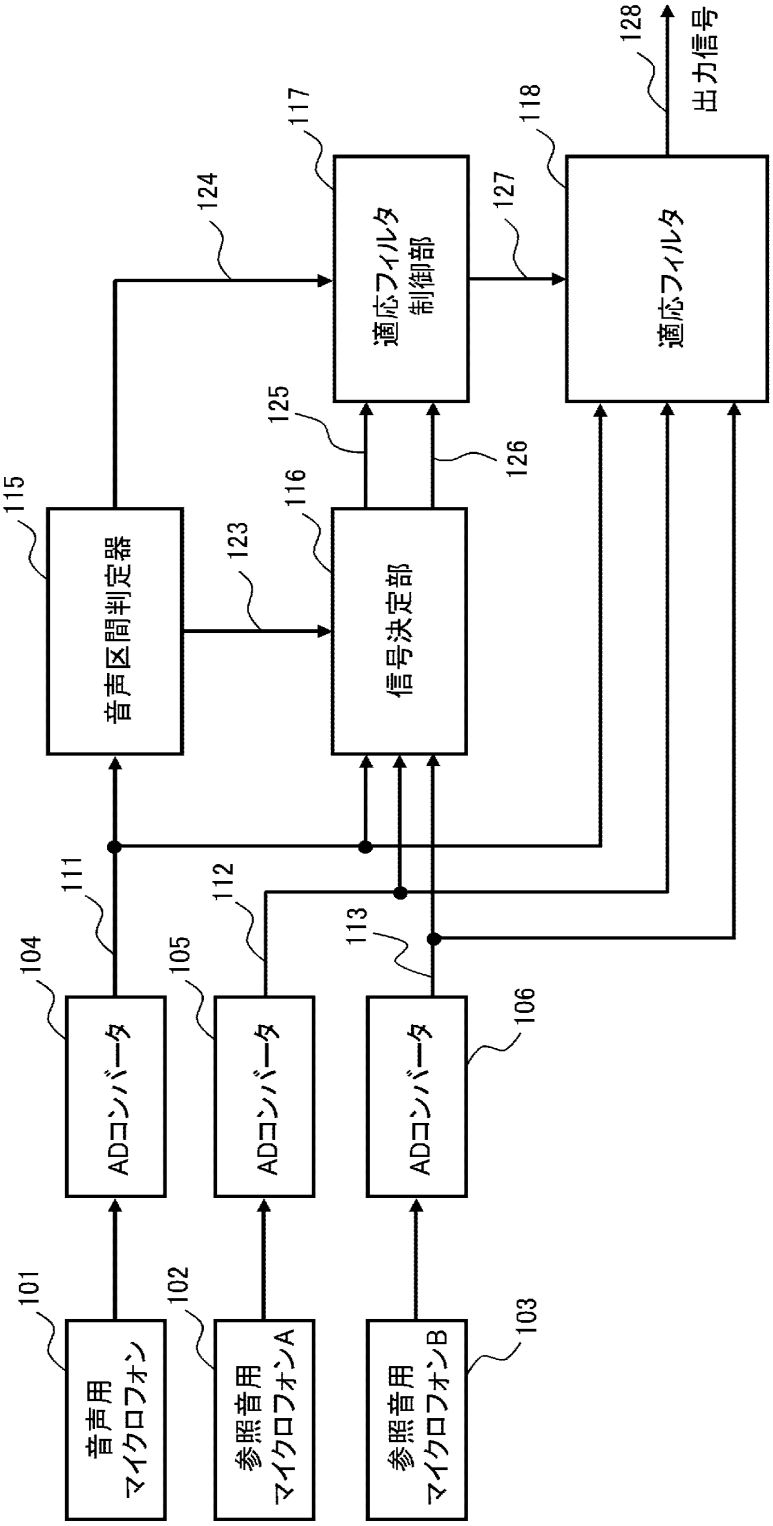
【図９】


500
509
501
506
504
505
(a)
502
503
無線通信
装置
510
500
509
508
504
507
(b)
502
503
無線通信
装置
510

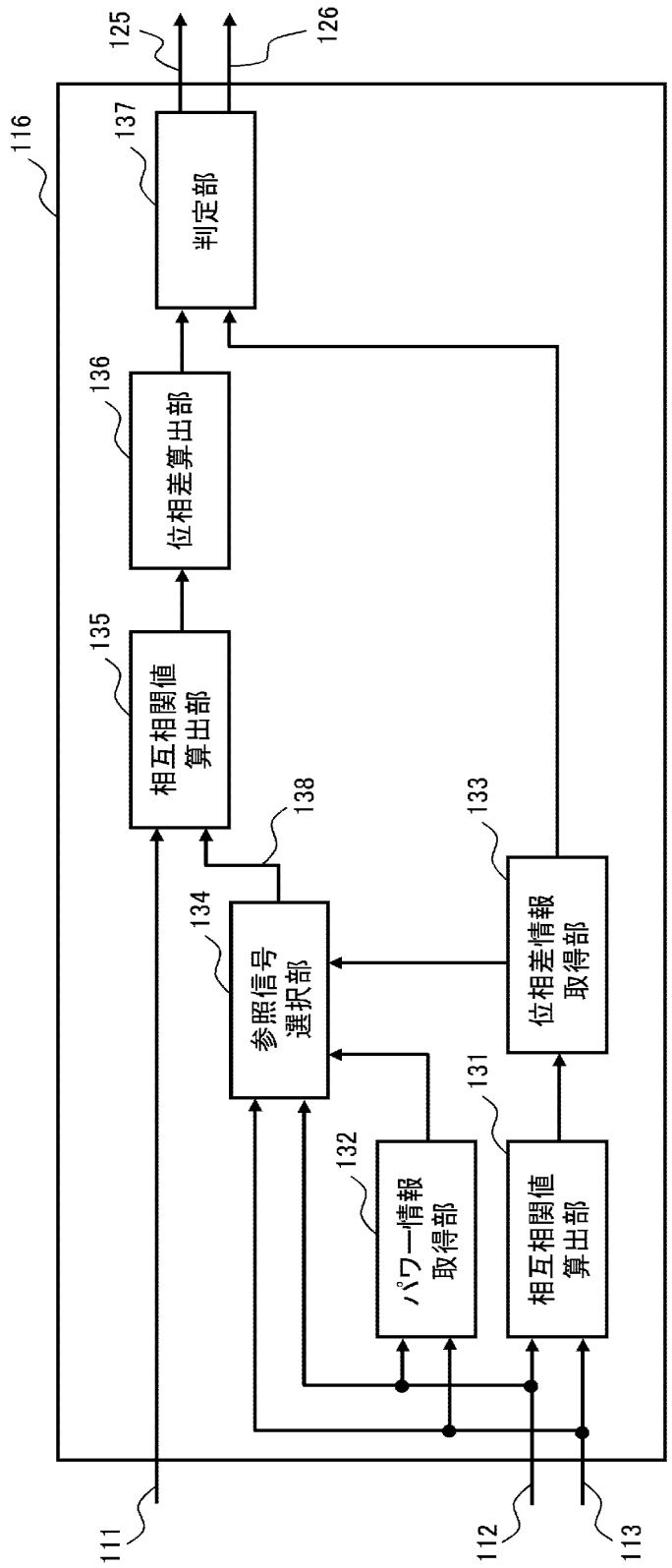
【図１０】



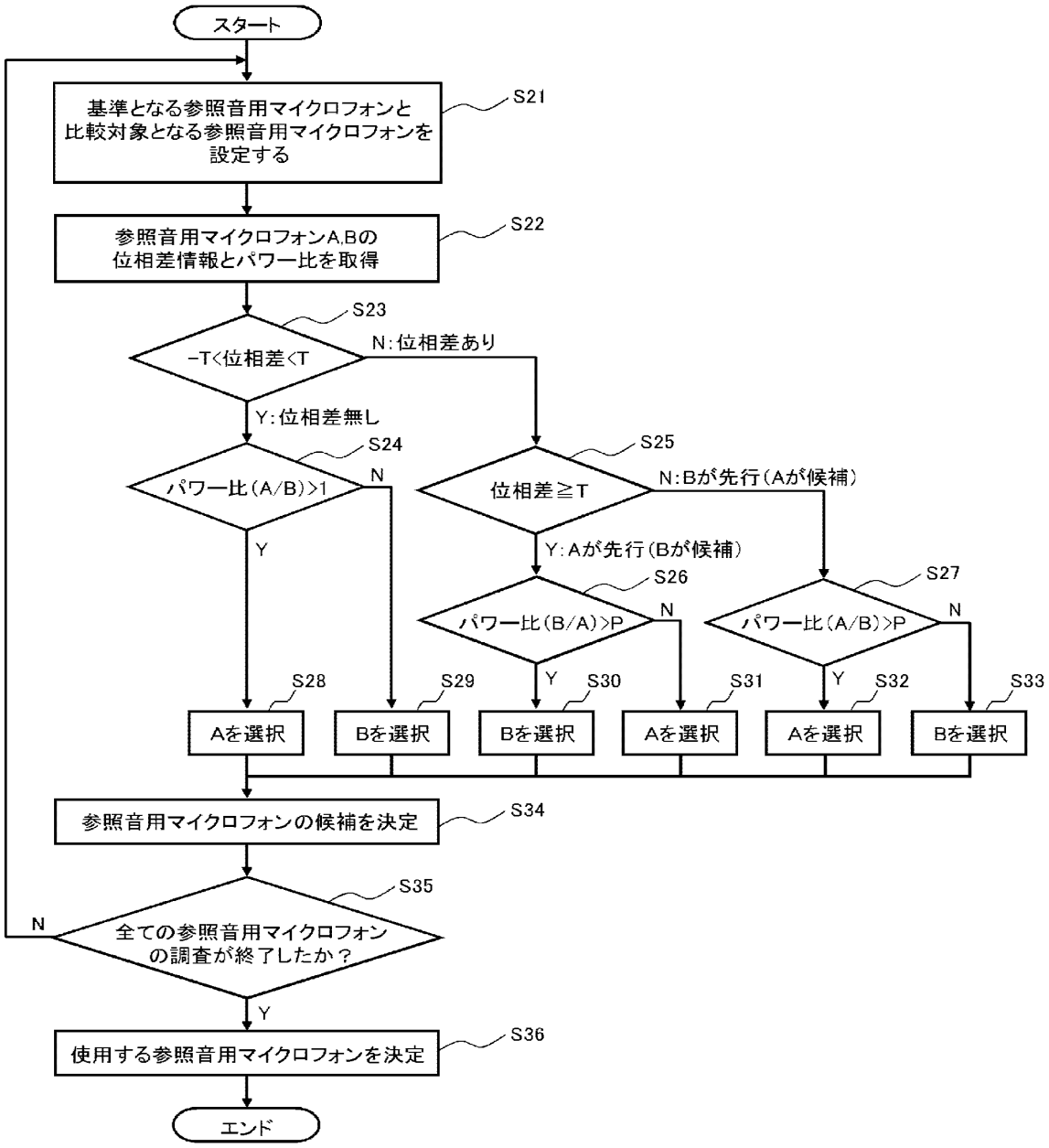
【図１１】


音声用
マイクロフォン
参照音用
マイクロフォンA
参照音用
マイクロフォンB
ADコンバータ
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
信号決定部
適応フィルタ
制御部
適応フィルタ
出力信号
101
102
103
104
105
106
111
112
113
115
116
117
118
123
124
125
126
127
128
3

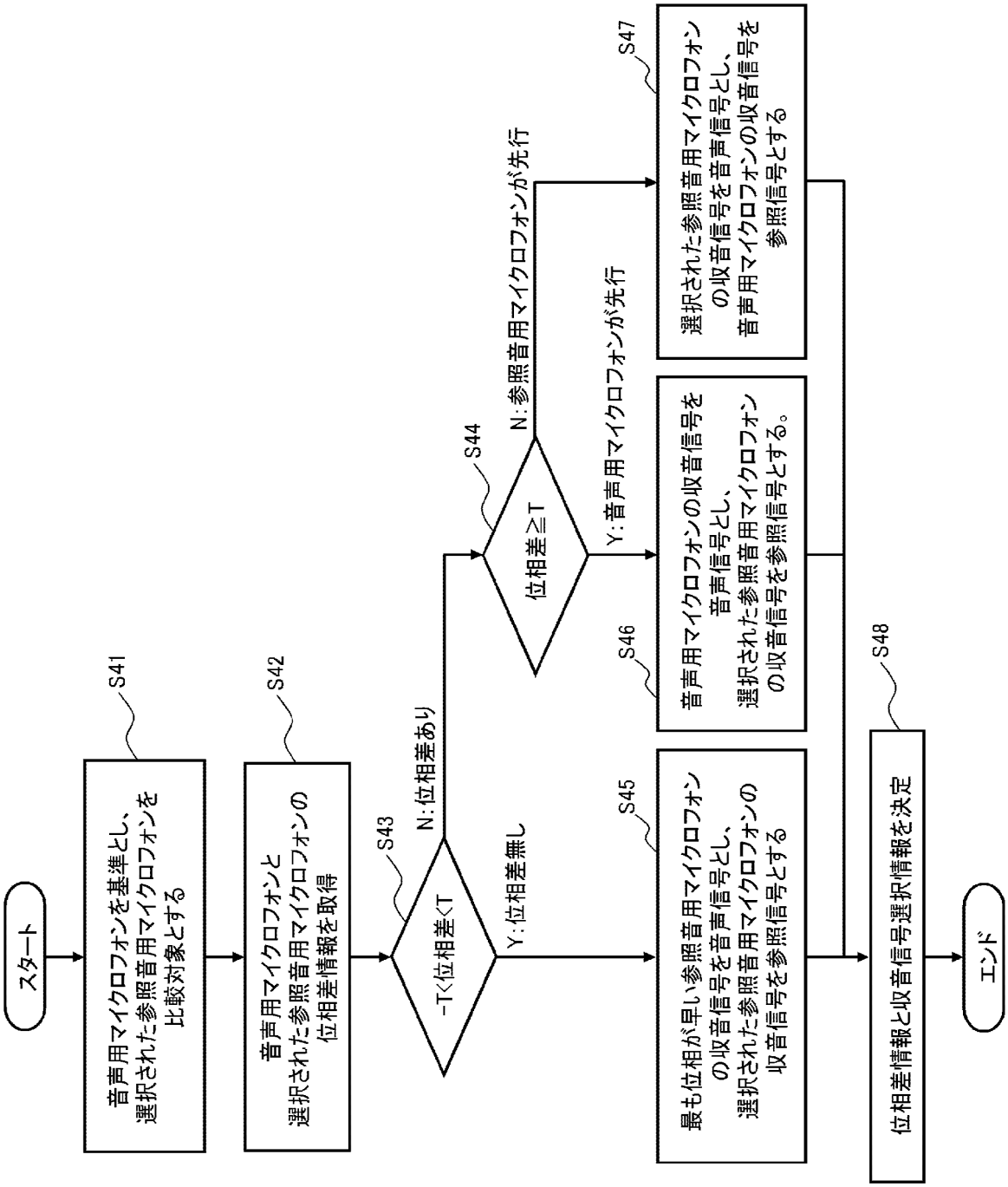
【図１２】


125
126
116
137
判定部
136
位相差算出部
135
相互相関値
算出部
138
133
134
参照信号
選択部
位相差情報
取得部
131
132
パワー情報
取得部
相互相関値
算出部
111
112
113

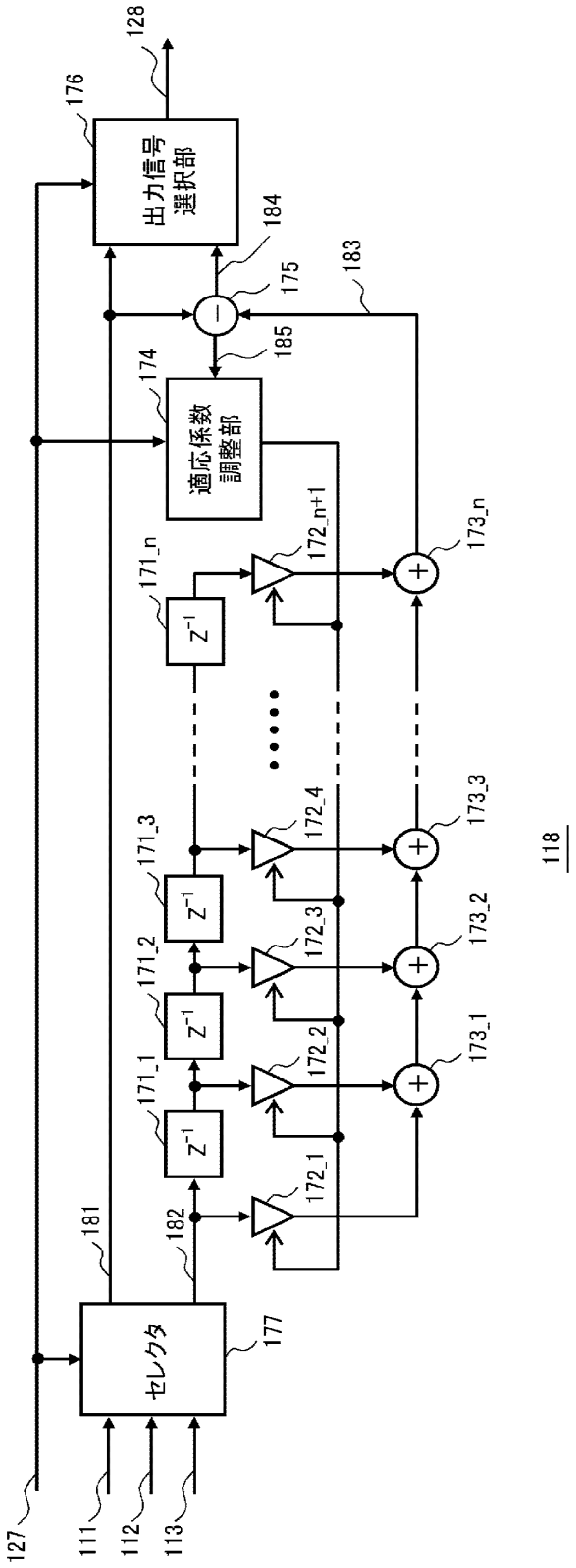
【図１３】


スタート
基準となる参照音用マイクロフォンと比較対象となる参照音用マイクロフォンを設定する
S21
参照音用マイクロフォンA,Bの位相差情報とパワー比を取得
S22
S23
−T<位相差<T
N:位相差あり
Y:位相差無し
S24
パワー比(A/B)>1
N
Y
S25
位相差≧T
N:Bが先行(Aが候補)
Y:Aが先行(Bが候補)
S26
パワー比(B/A)>P
N
Y
S27
パワー比(A/B)>P
N
Y
S28
Aを選択
S29
Bを選択
S30
Bを選択
S31
Aを選択
S32
Aを選択
S33
Bを選択
参照音用マイクロフォンの候補を決定
S34
S35
全ての参照音用マイクロフォンの調査が終了したか？
N
Y
使用する参照音用マイクロフォンを決定
S36
エンド

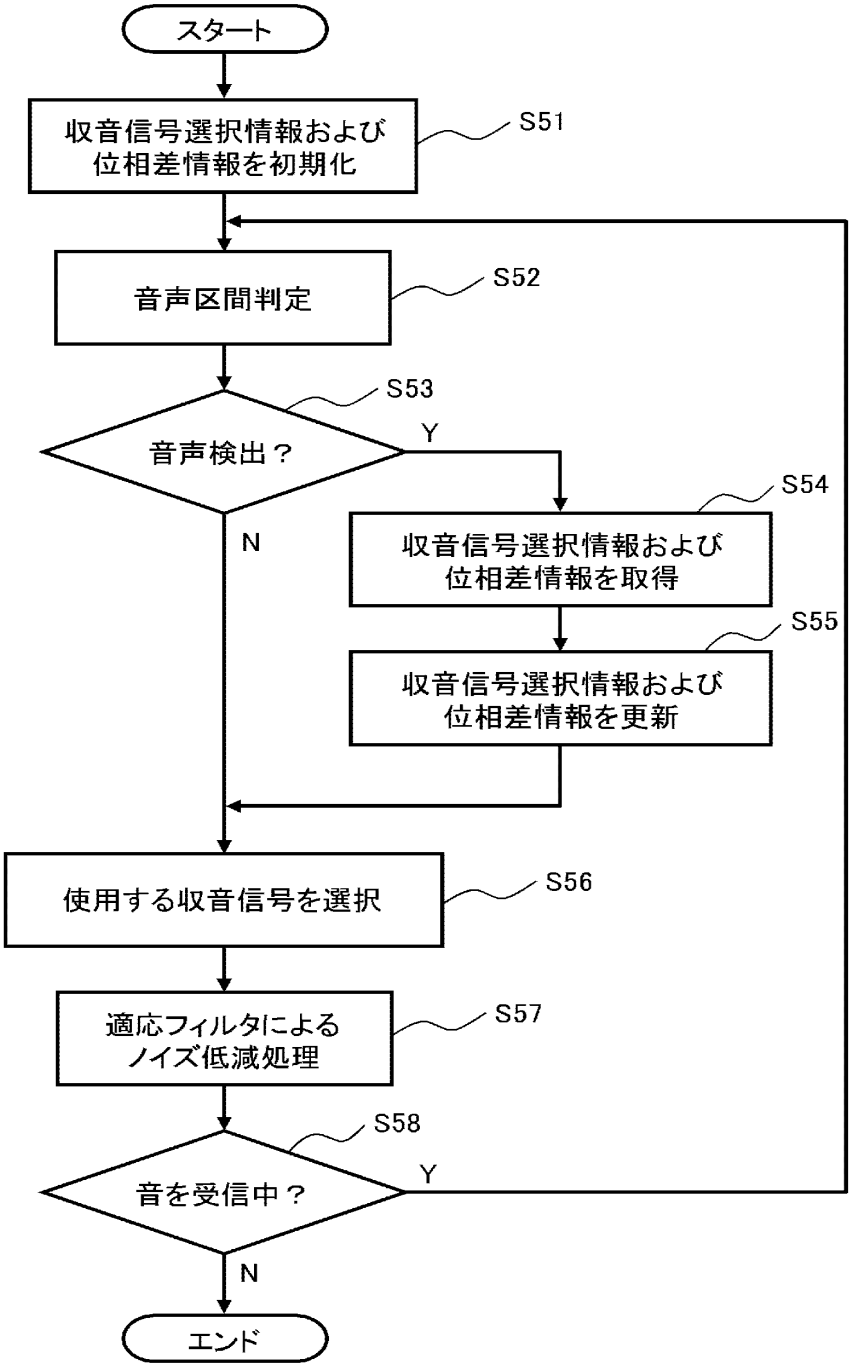
【図１４】


スタート
S41
音声用マイクロフォンを基準とし、
選択された参照音用マイクロフォンを
比較対象とする
S42
音声用マイクロフォンと
選択された参照音用マイクロフォンの
位相差情報を取得
S43
-T<位相差<T
N:位相差あり
Y:位相差無し
S44
位相差≧T
N:参照音用マイクロフォンが先行
Y:音声用マイクロフォンが先行
S45
最も位相が早い参照音用マイクロフォン
の収音信号を音声信号とし、
選択された参照音用マイクロフォンの
収音信号を参照信号とする
S46
音声用マイクロフォンの収音信号を
音声信号とし、
選択された参照音用マイクロフォン
の収音信号を参照信号とする。
S47
選択された参照音用マイクロフォン
の収音信号を音声信号とし、
音声用マイクロフォンの収音信号を
参照信号とする
S48
位相差情報と収音信号選択情報を決定
エンド

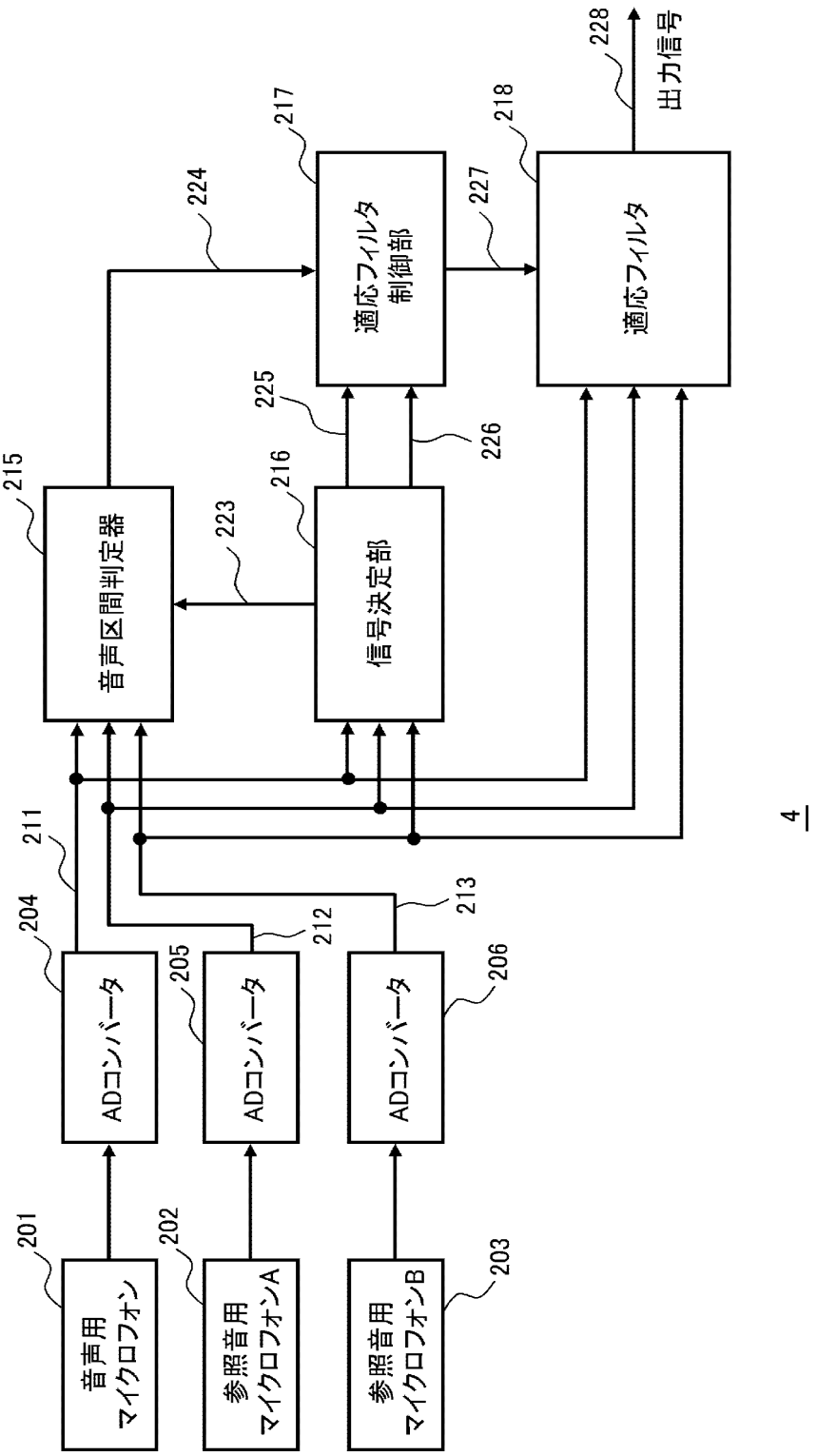
【図１５】


128
176
出力信号選択部
184
175
183
185
174
適応係数調整部
171_n
172_n+1
173_n
171_3
172_4
173_3
171_2
172_3
173_2
171_1
172_2
173_1
172_1
181
182
177
セレクタ
127
111
112
113
118

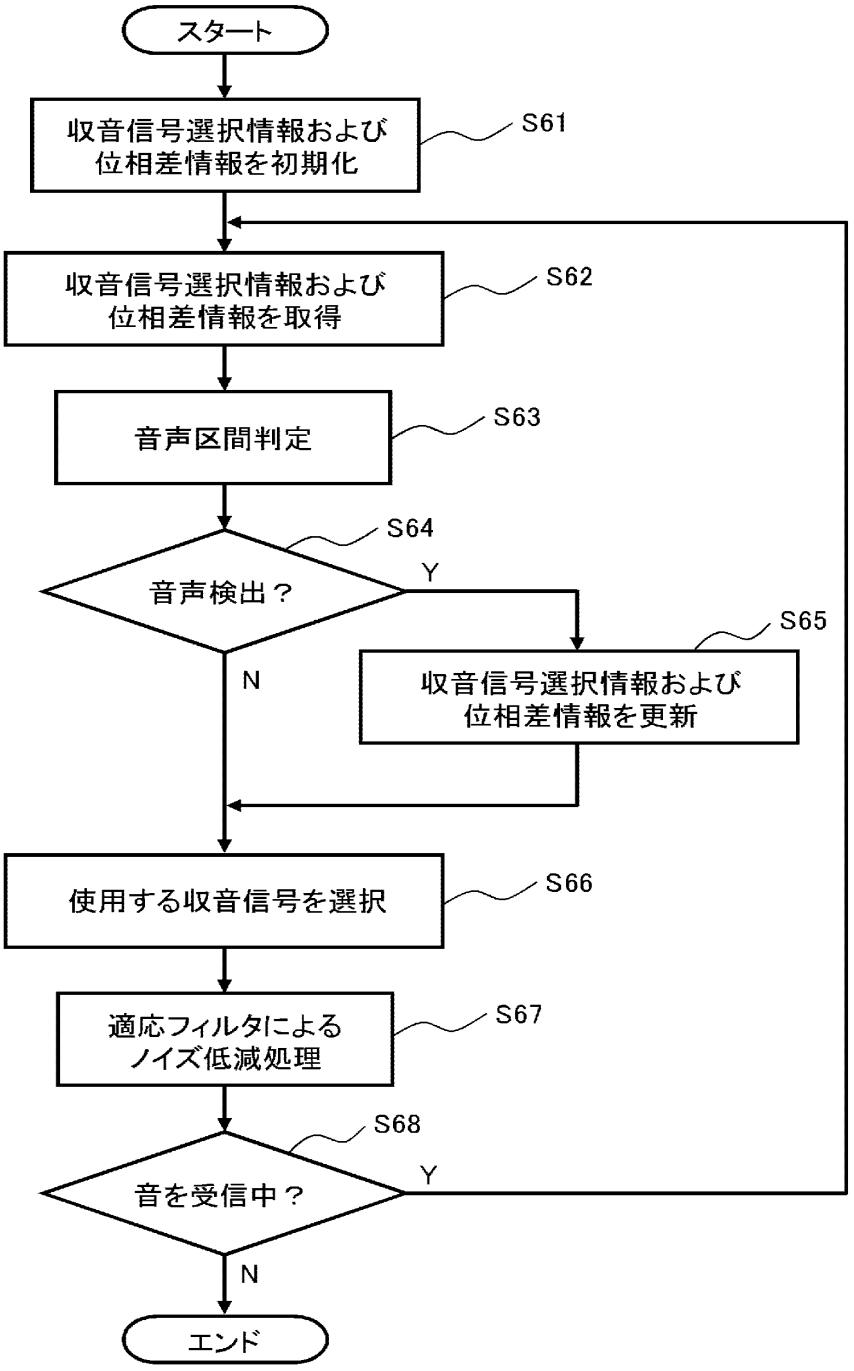
【図１６】


スタート
収音信号選択情報および
位相差情報を初期化
S51
音声区間判定
S52
S53
音声検出？
Y
N
S54
収音信号選択情報および
位相差情報を取得
S55
収音信号選択情報および
位相差情報を更新
使用する収音信号を選択
S56
適応フィルタによる
ノイズ低減処理
S57
S58
音を受信中？
Y
N
エンド

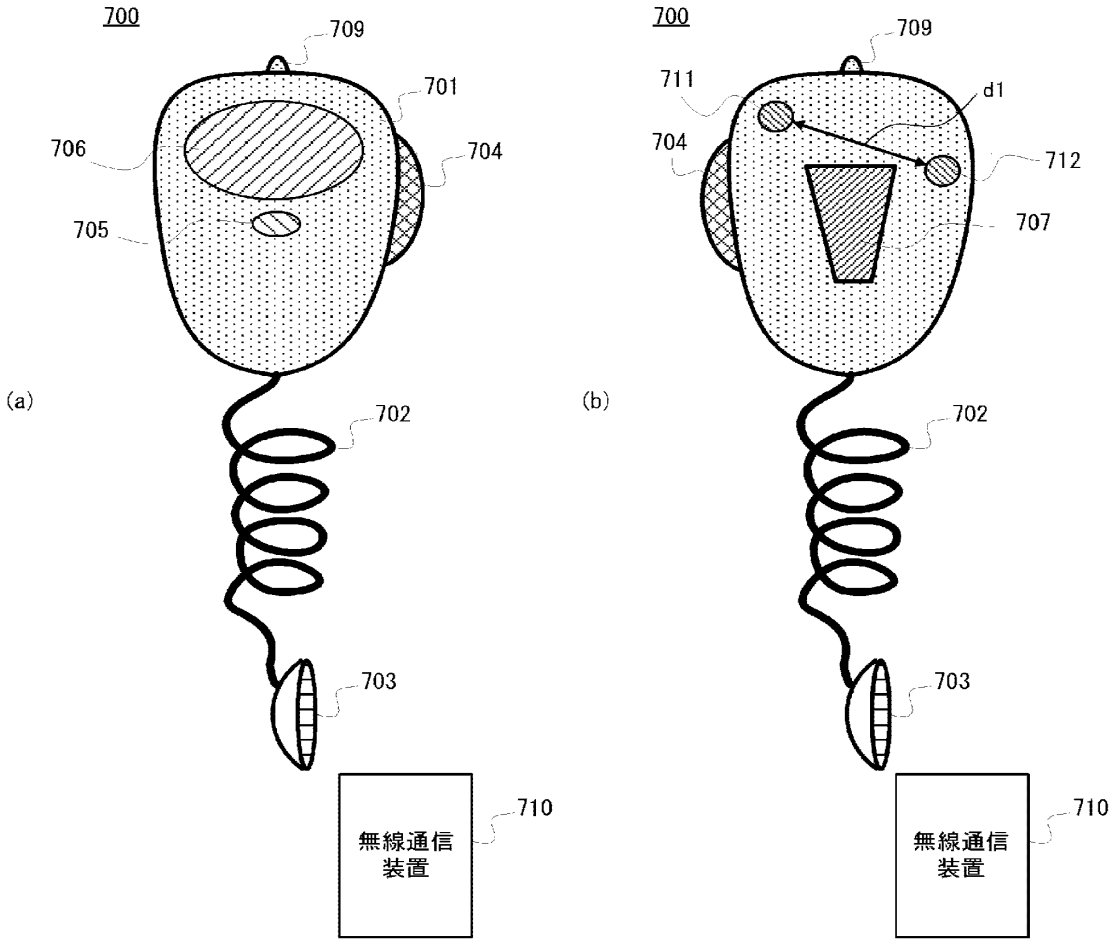
【図１７】


音声用
マイクロフォン
参照音用
マイクロフォンA
参照音用
マイクロフォンB
ADコンバータ
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
信号決定部
適応フィルタ
制御部
適応フィルタ
出力信号
201
202
203
204
205
206
211
212
213
215
216
217
218
223
224
225
226
227
228
4

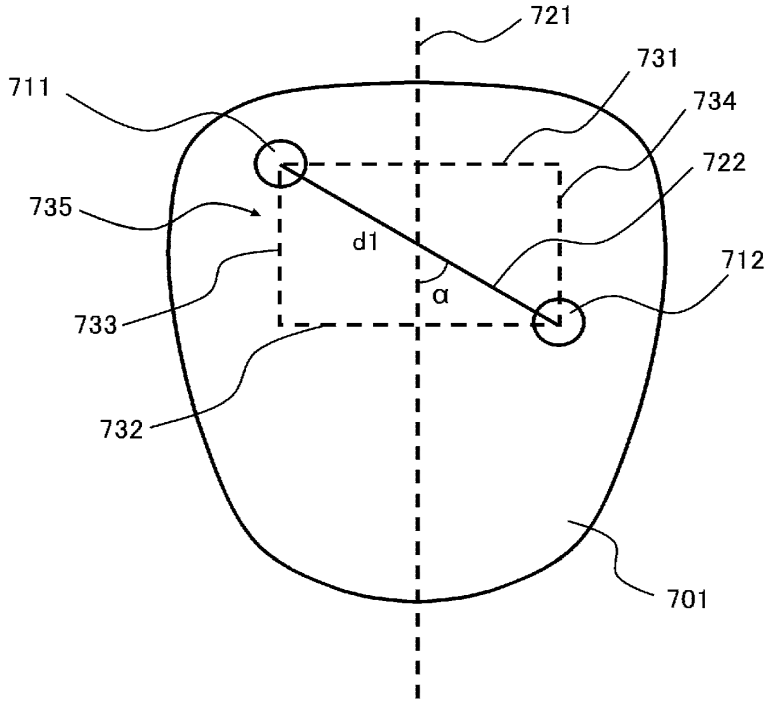
【図１８】


スタート
収音信号選択情報および
位相差情報を初期化
S61
収音信号選択情報および
位相差情報を取得
S62
音声区間判定
S63
S64
音声検出？
Y
N
S65
収音信号選択情報および
位相差情報を更新
使用する収音信号を選択
S66
適応フィルタによる
ノイズ低減処理
S67
S68
音を受信中？
Y
N
エンド

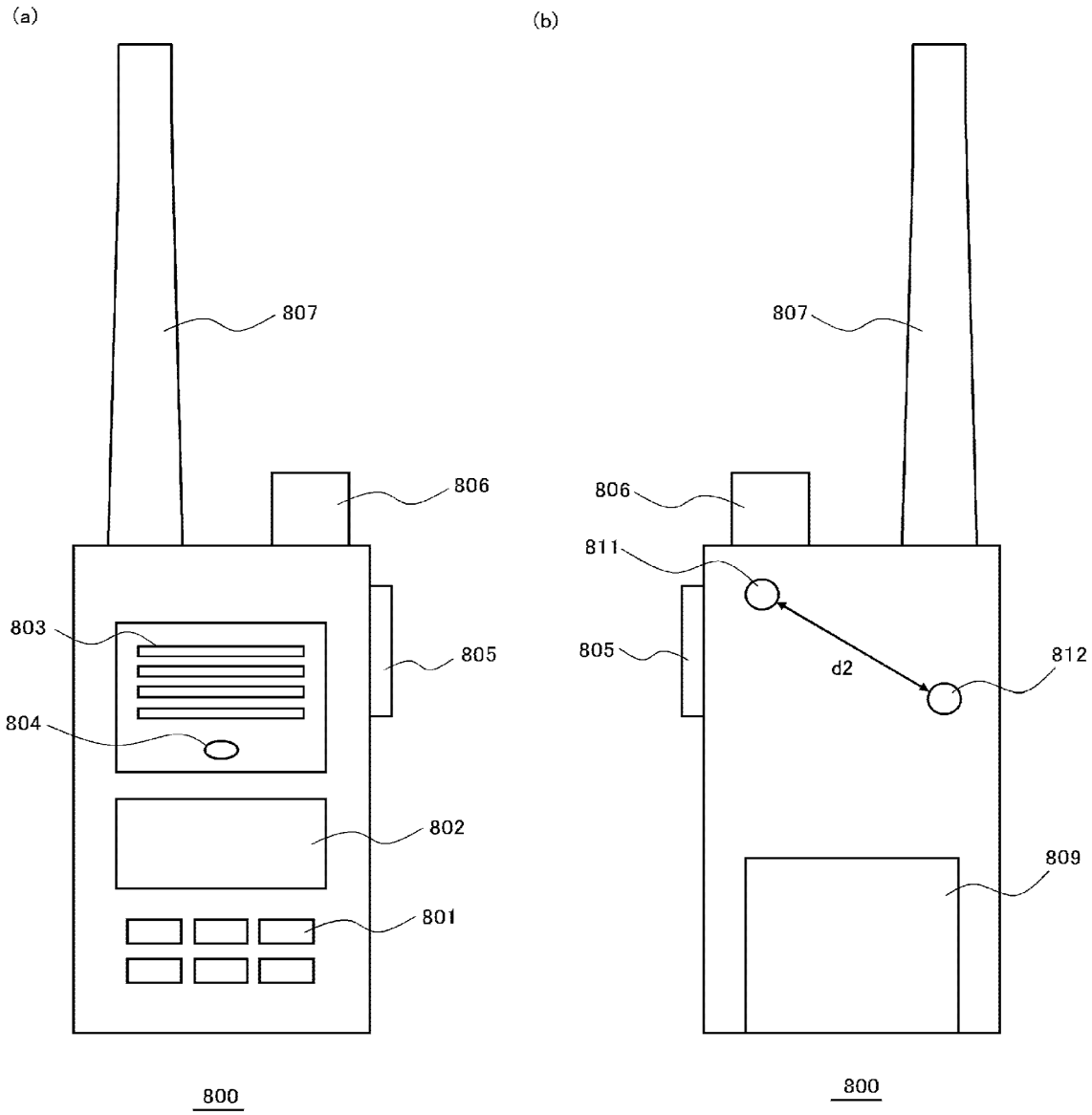
【図１９】


700
709
701
706
704
705
(a)
702
703
無線通信装置
710
700
709
711
d1
704
712
707
(b)
702
703
無線通信装置
710

【図２０】



【図２１】



出願人履歴

３０８０３６４０２

20110810

名称変更

神奈川県横浜市神奈川区守屋町３丁目１２番地

株式会社ＪＶＣケンウッド

日　本　国　特　許　庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出　願　年　月　日 Date of Application:	２０１１年　９月１５日
出　願　番　号 Application Number:	特願２０１１－２０１７６０
パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号 The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is	ＪＰ２０１１－２０１７６０
出　願　人 Applicant(s):	株式会社ＪＶＣケンウッド

２０１３年　４月１７日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office　深野弘行

【書類名】　特許願
【整理番号】　P110228-01
【提出日】　平成23年 9月15日
【あて先】　特許庁長官殿
【国際特許分類】　H04R 3/00
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県横浜市神奈川区守屋町３丁目１２番地
　【氏名】　山邊 孝朗
【特許出願人】
　【識別番号】　308036402
　【氏名又は名称】　株式会社ＪＶＣケンウッド
　【代表者】　不破 久温
【代理人】
　【識別番号】　100103894
　【弁理士】
　【氏名又は名称】　家入 健
【手数料の表示】
　【振替番号】　00000273
　【納付金額】　15,000円
【提出物件の目録】
　【物件名】　明細書 1
　【物件名】　特許請求の範囲 1
　【物件名】　要約書 1
　【物件名】　図面 1
　【包括委任状番号】　1007589

【書類名】明細書
【発明の名称】ノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法
【技術分野】
【０００１】
本発明はノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
音声信号に含まれるノイズ成分を低減して音声を聞き取りやすくするノイズキャンセル機能（ノイズ低減装置）がある。
【０００３】
ノイズキャンセル機能では、例えば、音声を主に収音するマイクロフォンによって収音された音声信号から、ノイズを主に収音するマイクロフォンによって収音されたノイズ信号を差し引くことで、音声信号に含まれるノイズ成分を除去することができる。
【０００４】
特許文献１には、低減対象ではない音声成分がノイズ成分に混入する場合であっても、音声成分自体の低減を防止することができるノイズ低減装置に関する技術が開示されている。特許文献２には、ノイズ源の位置に関係なく大きなＳＮ比の改善効果が得られるマイクロフォンシステムに関する技術が開示されている。また、特許文献３には、複数の環境において、マイクロフォンから入力される音声信号のノイズを好適に減じることができる音声処理装置に関する技術が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開平６－６７６９３号公報
【特許文献２】特開２０００－３０５５９４号公報
【特許文献３】特開２０１０－２３２８６２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
特許文献１乃至３に開示されている技術では、周囲のノイズレベルが高い場合、音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができないという問題があった。また、音声を送受信するための無線通信装置では、ノイズが多い環境など様々な環境下において通話の品質を確保することが求められている。
【０００７】
上記課題に鑑み本発明の目的は、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明にかかるノイズ低減装置は、複数のマイクロフォンで収音された音にそれぞれ応じた複数の収音信号の位相差情報に基づき、前記複数の収音信号の中から第１の収音信号および当該第１の収音信号に含まれるノイズ成分を低減させるために用いられる第２の収音信号を決定する信号決定部と、前記信号決定部で決定された前記第１の収音信号に含まれるノイズ成分を前記第２の収音信号を用いて低減する適応フィルタと、を備える。
【０００９】
前記ノイズ低減装置は、前記複数の収音信号のうちの１つの収音信号に基づき音声区間を判定する音声区間判定器を更に備えていてもよく、前記信号決定部は、前記音声区間判定器が音声区間と判定した場合に、前記複数の収音信号の中から前記第１の収音信号および前記第２の収音信号を決定してもよい。

【００１０】
前記ノイズ低減装置は、前記信号決定部で決定された前記第１の収音信号を用いて音声区間を判定する音声区間判定器を更に備えていてもよく、前記適応フィルタは、前記音声区間判定器が音声区間と判定した場合に前記信号決定部で決定された前記第１の収音信号に含まれるノイズ成分を前記第２の収音信号を用いて低減してもよい。
【００１１】
前記信号決定部は、前記複数の収音信号のうち最も位相が早い収音信号を前記第１の収音信号として決定し、最も位相が遅い収音信号を前記第２の収音信号として決定してもよい。
【００１２】
前記信号決定部は、前記複数の収音信号のうち、位相が遅く且つ収音信号のパワーが所定の値よりも大きい収音信号を前記第２の収音信号として決定してもよい。
【００１３】
前記信号決定部は、前記複数の収音信号のうち位相が最も遅い収音信号のパワーが所定の値以下である場合、次に位相が遅く且つ収音信号のパワーが所定の値よりも大きい収音信号を前記第２の収音信号として決定してもよい。
【００１４】
前記第１の収音信号以外の収音信号の各々の位相差が所定の範囲内である場合、前記信号決定部は、前記第１の収音信号以外の収音信号のうち、収音信号のパワーが最も大きい収音信号を前記第２の収音信号として決定してもよい。
【００１５】
前記複数のマイクロフォンは、１つの音声用マイクロフォンと複数の参照音用マイクロフォンとを含み、前記複数の参照音用マイクロフォンにそれぞれ対応した複数の収音信号のうち最も位相が早い収音信号の位相が、前記音声用マイクロフォンに対応した収音信号の位相よりも早い場合、前記信号決定部は、前記参照音用マイクロフォンに対応した最も位相が早い収音信号を前記第１の収音信号として決定してもよい。
【００１６】
前記複数の参照音用マイクロフォンにそれぞれ対応した複数の収音信号のうち最も位相が遅い収音信号の位相が、前記音声用マイクロフォンに対応した収音信号の位相よりも遅い場合、前記信号決定部は、前記参照音用マイクロフォンに対応した最も位相が遅い収音信号を前記第２の収音信号として決定してもよい。
【００１７】
前記信号決定部には、前記複数の収音信号としてサンプリング周波数が２４ｋＨｚ以上の信号が供給されてもよく、前記適応フィルタには、前記複数の収音信号としてサンプリング周波数が１２ｋＨｚ以下の信号が供給されてもよい。
【００１８】
本発明にかかるノイズ低減装置を備えた音声入力装置において、前記複数のマイクロフォンのうちの第１のマイクロフォンは前記音声入力装置の第１の面に設けられてもよく、前記複数のマイクロフォンのうちの第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられてもよい。
【００１９】
本発明にかかるノイズ低減装置を備えた無線通信装置において、前記複数のマイクロフォンのうちの第１のマイクロフォンは前記無線通信装置の第１の面に設けられてもよく、前記複数のマイクロフォンのうちの第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられてもよい。
【００２０】
本発明にかかるノイズ低減方法は、複数のマイクロフォンで収音された音にそれぞれ応じた複数の収音信号の位相差情報に基づき、前記複数の収音信号の中からノイズ低減処理

に用いる第１の収音信号および第２の収音信号を決定し、前記決定された前記第１の収音信号に含まれるノイズ成分を前記第２の収音信号を用いて低減する。

【００２１】

本発明にかかる音声入力装置はノイズ低減装置を備え、前記ノイズ低減装置は、主として音声成分を収音するための第１のマイクロフォンと、主としてノイズ成分を収音するための第２および第３のマイクロフォンとを備え、前記第１のマイクロフォンは前記音声入力装置の第１の面に設けられ、前記第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられている。

【００２２】

本発明にかかる音声入力装置において、前記第２および第３のマイクロフォンは、当該第２および第３のマイクロフォンを結ぶ線分と前記中心線とが所定の角度で交わるように設けられていてもよい。

【００２３】

本発明にかかる音声入力装置において、前記第２および第３のマイクロフォンは、前記中心線と垂直に交わる２つの線分と、前記中心線と平行でかつ前記中心線に対して対称に配置された２つの線分とで形成される矩形の対角の位置に設けられていてもよい。

【００２４】

本発明にかかる無線通信装置はノイズ低減装置を備え、前記ノイズ低減装置は、主として音声成分を収音するための第１のマイクロフォンと、主としてノイズ成分を収音するための第２および第３のマイクロフォンとを備え、前記第１のマイクロフォンは前記無線通信装置の第１の面に設けられ、前記第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられている。

【００２５】

本発明にかかる無線通信装置において、前記第２および第３のマイクロフォンは、当該第２および第３のマイクロフォンを結ぶ線分と前記中心線とが所定の角度で交わるように設けられていてもよい。

【００２６】

本発明にかかる無線通信装置において、前記第２および第３のマイクロフォンは、前記中心線と垂直に交わる２つの線分と、前記中心線と平行でかつ前記中心線に対して対称に配置された２つの線分とで形成される矩形の対角の位置に設けられていてもよい。

【発明の効果】

【００２７】

本発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】実施の形態１にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。

【図２】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声区間判定器の一例を示すブロック図である。

【図３】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声区間判定器の他の例を示すブロック図である。

【図４】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声方向検知器の一例を示すブロック図である。

【図５】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える音声方向検知器の他の例を示すブロック図である。

【図６】実施の形態１にかかるノイズ低減装置が備える適応フィルタの一例を示すブロック図である。

【図７】実施の形態１にかかるノイズ低減装置の動作を説明するためのフローチャートである。
【図８】実施の形態１にかかるノイズ低減装置の他の例を示すブロック図である。
【図９】実施の形態１にかかるノイズ低減装置を用いた音声入力装置の一例を示す図である。
【図１０】実施の形態１にかかるノイズ低減装置を用いた無線通信装置の一例を示す図である。
【図１１】実施の形態２にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。
【図１２】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える信号決定部の一例を示すブロック図である。
【図１３】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える信号決定部の動作を説明するためのフローチャートである。
【図１４】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える信号決定部の動作を説明するためのフローチャートである。
【図１５】実施の形態２にかかるノイズ低減装置が備える適応フィルタの一例を示すブロック図である。
【図１６】実施の形態２にかかるノイズ低減装置の動作を説明するためのフローチャートである。
【図１７】実施の形態３にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。
【図１８】実施の形態３にかかるノイズ低減装置の動作を説明するためのフローチャートである。
【図１９】実施の形態４にかかる音声入力装置を示す図である。
【図２０】実施の形態４にかかる音声入力装置の裏面に設けられた参照音用マイクロフォンの位置を説明するための図である。
【図２１】実施の形態４にかかる無線通信装置を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００２９】
＜実施の形態１＞
以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。
図１は、実施の形態１にかかるノイズ低減装置を示すブロック図である。図１に示すノイズ低減装置１は、音声用マイクロフォン１１、参照音用マイクロフォン１２、ＡＤコンバータ１３、１４、音声区間判定器１５、音声方向検知器１６、適応フィルタ制御部１７、および適応フィルタ１８を有する。
【００３０】
音声用マイクロフォン１１および参照音用マイクロフォン１２はそれぞれ、音声成分やノイズ成分を含む音を収音することができる。音声用マイクロフォン１１は、主に音声成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１３に出力する。参照音用マイクロフォン１２は、主にノイズ成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１４に出力する。例えば、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれるノイズ成分は、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれるノイズ成分を低減するために用いられる。
【００３１】
なお、本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、マイクロフォンが２つの場合（つまり、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２）の構成について説明するが、例えば参照音用マイクロフォンを更に追加してマイクロフォンを３つ以上設けてもよい。
【００３２】
ＡＤコンバータ１３は、音声用マイクロフォン１１から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号２１を生成する。ＡＤコンバータ１３で生成された収音信号２１は、音声区間判定器１５、音声方向検

知器１６、および適応フィルタ１８に出力される。
【００３３】
ＡＤコンバータ１４は、参照音用マイクロフォン１２から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号２２を生成する。ＡＤコンバータ１４で生成された収音信号２２は、音声方向検知器１６および適応フィルタ１８に出力される。
【００３４】
本実施の形態において、音声用マイクロフォン１１および参照音用マイクロフォン１２に入力される音声の周波数帯域の例は、おおよそ１００Ｈｚから４０００Ｈｚ程度である。よって、ＡＤコンバータ１３、１４におけるサンプリング周波数を８ｋＨｚ～１２ｋＨｚ程度とすることで、音声成分を含むアナログ信号をデジタル信号として取り扱うことができる。
なお、本明細書では、主に音声成分を含む収音信号を音声信号とも記載し、主にノイズ成分を含む収音信号を参照信号とも記載する。
【００３５】
音声区間判定器１５は、ＡＤコンバータ１３から出力された収音信号２１に基づき音声区間を判定する。そして、音声区間判定器１５は、音声区間と判定した場合、音声方向検知器１６および適応フィルタ制御部１７に音声区間情報２３、２４をそれぞれ出力する。
【００３６】
音声区間判定器１５における音声区間判定処理には任意の技術を用いることができる。しかし、ノイズレベルが高い環境下でノイズ低減装置が使用される場合は、高い精度で音声区間を判定する必要がある。この場合、例えば特願２０１０－２６０７９８に記載されている技術（以下、音声区間判定技術Ａという）や、特願２０１１－０２０４５９に記載されている技術（以下、音声区間判定技術Ｂという）を用いることで、音声区間を高い精度で判定することができる。音声には人の声以外の音も含まれるが、この例では、主に人の声を検出する。
【００３７】
音声区間判定技術Ａでは、音声の主要部分である母音成分の持つ周波数スペクトルに着目し、音声区間を判定している。音声区間判定技術Ａでは、適切なノイズレベルを帯域毎に設定し、母音周波数成分のピークとの信号対ノイズレベル比を求め、信号対ノイズレベル比が所定のレベル比かつ所定のピーク数であるか否かを観察することで、音声区間を判定している。
【００３８】
図２は、音声区間判定技術Ａを用いた音声区間判定器１５’の一例を示すブロック図である。図２に示す音声区間判定器１５’は、フレーム化部３１、スペクトル生成部３２、帯域分割部３３、周波数平均部３４、保持部３５、時間平均部３６、ピーク検出部３７、および音声判定部３８を備える。
【００３９】
フレーム化部３１は、収音信号２１を予め定められた時間幅を有するフレーム単位（所定サンプル数長）で順次切り出し、フレーム単位の入力信号（以下、フレーム化入力信号と称す）を生成する。
【００４０】
スペクトル生成部３２は、フレーム化部３１から出力されたフレーム化入力信号の周波数分析を行い、時間領域のフレーム化入力信号を周波数領域のフレーム化入力信号に変換して、スペクトルを集めたスペクトルパターンを生成する。スペクトルパターンは、所定の周波数帯域に渡って、周波数とその周波数におけるエネルギーとが対応付けられた、周波数毎のスペクトルを集めたものである。ここで用いられる周波数変換法は、特定の手段に限定しないが、音声のスペクトルを認識するために必要な周波数分解能が必要であるため、比較的分解能が高いＦＦＴ（Fast Fourier Transform）やＤＣＴ（Discrete Cosine Transform）等の直交変換法を用いるとよい。本実施の形態において、スペクトル生成部

３２は、少なくとも２００Ｈｚから７００Ｈｚのスペクトルパターンを生成する。

【００４１】

後述する音声判定部３８が音声区間を判定する際に検出する対象である、音声の特徴を示すスペクトル（以下、フォルマントと称す）には、通常、基音に相当する第１フォルマントから、その倍音部分である第ｎフォルマント（ｎは自然数）まで複数ある。このうち、第１フォルマントや第２フォルマントは２００Ｈｚ未満の周波数帯域に存在することが多い。しかし、この帯域には、低域ノイズ成分が比較的高いエネルギーで含まれているため、フォルマントが埋没し易い。また７００Ｈｚ以上のフォルマントは、フォルマント自体のエネルギーが低いため、やはりノイズ成分に埋没し易い。そのため、ノイズ成分に埋没し難い２００Ｈｚから７００Ｈｚのスペクトルパターンを音声区間の判定に用いることで、判定対象を絞り、効率的に音声区間の判定を行うことができる。

【００４２】

帯域分割部３３は、適切な周波数帯域単位で音声に特徴的なスペクトルを検出するため、スペクトルパターンの各スペクトルを、予め定められた帯域幅で分割された周波数帯域である複数の分割周波数帯域に分割する。本実施の形態において、予め定められた帯域幅は、１００Ｈｚから１５０Ｈｚ程度の帯域幅とする。

【００４３】

周波数平均部３４は、分割周波数帯域毎の平均エネルギーを求める。本実施の形態では、周波数平均部３４は、分割周波数帯域毎に、分割周波数帯域におけるすべてのスペクトルのエネルギーを平均するが、演算負荷軽減のためスペクトルのエネルギーの代わりにスペクトルの最大または平均振幅値（絶対値）を代用してもよい。

【００４４】

保持部３５は、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory）、フラッシュメモリ等の記憶媒体で構成され、帯域毎の平均エネルギーを過去の予め定められた数（本実施の形態においてはＮとする）のフレーム分保持する。

【００４５】

時間平均部３６は、分割周波数帯域毎に、周波数平均部３４で導出された平均エネルギーの時間方向の複数のフレームに渡る平均である帯域別エネルギーを導出する。すなわち、帯域別エネルギーは、分割周波数帯域毎の平均エネルギーの時間方向の複数のフレームに渡る平均値である。また、時間平均部３６は、直前のフレームの分割周波数帯域毎の平均エネルギーに、重み付け係数と時定数を用いて平均化に準じる処理をして、帯域別エネルギーの代用値を求めてもよい。

【００４６】

ピーク検出部３７は、スペクトルパターンの各スペクトルと、そのスペクトルが含まれる分割周波数帯域における帯域別エネルギーとのエネルギー比（ＳＮＲ：Signal to Noise ratio）を導出する。そして、ピーク検出部３７は、スペクトル毎のＳＮＲと、予め定められた第１閾値とを比較し、第１閾値を超えるか否かを判定する。ＳＮＲが第１閾値を超えるスペクトルがあると、このスペクトルをフォルマントとみなし、フォルマントが検出された旨を示す情報を、音声判定部３８に出力する。

【００４７】

音声判定部３８は、フォルマントが検出されたという情報をピーク検出部３７から受け付けると、ピーク検出部３７の判定結果に基づいて、該当フレームのフレーム化入力信号が音声であるか否か判定する。音声判定部３８は、フレーム化入力信号が音声であると判定した場合、音声方向検知器１６および適応フィルタ制御部１７に音声区間情報２３、２４をそれぞれ出力する。

【００４８】

図２に示す音声区間判定器１５'は、分割周波数帯域毎に、その分割周波数帯域の帯域別エネルギーを設定している。そのため、音声判定部３８は、他の分割周波数帯域のノイズ成分の影響を受けずに、それぞれの分割周波数帯域毎にフォルマントの有無を精度よく

判定することができる。
【００４９】
上述したように、フォルマントには、第１フォルマントから、その倍音部分である第ｎフォルマントまで複数ある。したがって、任意の分割周波数帯域の帯域別エネルギー（ノイズレベル）が上昇し、フォルマントの一部がノイズに埋没しても、他の複数のフォルマントを検出できる場合がある。特に、周囲ノイズは低域に集中するため、基音に相当する第１フォルマントや２倍音に相当する第２フォルマントが低域のノイズに埋没していても、３倍音以上のフォルマントを検出できる可能性がある。よって、音声判定部３８は、ＳＮＲが第１閾値を超えるスペクトルが所定数以上である場合、フレーム化入力信号が音声であると判定することで、よりノイズに強い音声区間の判定を行うことができる。
【００５０】
以上で説明したように、音声区間判定技術Ａを用いた音声区間判定器１５’は、入力信号を予め定められた時間幅を有するフレーム単位で切り出し、フレーム化入力信号を生成するフレーム化部３１と、フレーム化入力信号を、時間領域から周波数領域に変換して、周波数毎のスペクトルを集めたスペクトルパターンを生成するスペクトル生成部３２と、スペクトルパターンの各スペクトルと、予め定められた帯域幅で分割された周波数帯域である複数の分割周波数帯域のうちスペクトルが含まれる分割周波数帯域における帯域別エネルギーとのエネルギー比が、予め定められた第１閾値を超えるか否かを判定するピーク検出部３７と、ピーク検出部の判定結果に基づいて、フレーム化入力信号が音声であるか否か判定する音声判定部３８と、スペクトルパターンの各分割周波数帯域におけるスペクトルの周波数方向の平均エネルギーを導出する周波数平均部３４と、分割周波数帯域毎に、平均エネルギーの時間方向の平均である前記帯域別エネルギーを導出する時間平均部３６と、を備える。
【００５１】
例えば、音声判定部３８は、エネルギー比が第１閾値を超えるスペクトルが予め定められた数以上であると、フレーム化入力信号が音声であると判定することができる。
【００５２】
次に、音声区間判定技術Ｂについて説明する。音声区間判定技術Ｂでは、子音の特徴であるスペクトルパターンが右上がりになる傾向があるという性質に着目して、音声区間を判定している。音声区間判定技術Ｂでは、子音のスペクトルパターンを中高域の周波数帯において測定し、更に部分的にノイズ成分によって埋没してしまった子音の周波数分布の特徴を、ノイズの影響があまり無かった帯域に特化して抽出することで、音声区間を高精度で判定することを可能にしている。
【００５３】
図３は、音声区間判定技術Ｂを用いた音声区間判定器１５’’の一例を示すブロック図である。音声区間判定器１５’’は、フレーム化部４１、スペクトル生成部４２、帯域分割部４３、平均導出部４４、ノイズレベル導出部４５、判定選択部４６、および子音判定部４７を備える。
【００５４】
フレーム化部４１は、収音信号２１を予め定められた時間幅を有するフレーム単位で順次切り出し、フレーム単位の入力信号であるフレーム化入力信号を生成する。
【００５５】
スペクトル生成部４２は、フレーム化部４１から出力されたフレーム化入力信号の周波数分析を行い、時間領域のフレーム化入力信号を周波数領域のフレーム化入力信号に変換して、スペクトルを集めたスペクトルパターンを生成する。スペクトルパターンは、所定の周波数帯域に渡って、周波数とその周波数におけるエネルギーとが対応付けられた、周波数毎のスペクトルを集めたものである。ここで用いられる周波数変換法は、特定の手段に限定しないが、音声のスペクトルを認識するために必要な周波数分解能が必要であるため、比較的分解能が高いＦＦＴやＤＣＴ等の直交変換法を用いるとよい。
【００５６】

帯域分割部４３は、スペクトル生成部４２が生成したスペクトルパターンの各スペクトルを、予め定められた帯域幅毎に分割し、複数の分割周波数帯域を生成する。本実施の形態において、帯域分割部４３は、例えば、８００Ｈｚ～３．５ｋＨｚの周波数範囲について、例えば、１００Ｈｚ～３００Ｈｚ程度の帯域幅毎に分割する。

【００５７】

平均導出部４４は、スペクトルパターンにおける、連接する、帯域分割部４３が分割した分割周波数帯域（バンド）毎の平均エネルギーである帯域別平均エネルギーを導出する。

【００５８】

子音判定部４７は、平均導出部４４が導出した帯域別平均エネルギー同士を比較し、より高周波数帯域の帯域別平均エネルギー程、高いエネルギーとなっていると、そのフレーム化入力信号に子音が含まれると判定する。

【００５９】

一般的に、子音はスペクトルパターンが右上がりになる傾向がある。そこで、音声区間判定技術Ｂを用いた音声区間判定器１５''は、スペクトルパターンにおける帯域別平均エネルギーを導出し、その帯域別エネルギー同士を比較することで子音に特徴的な、スペクトルパターンにおける右上がりの傾向を検出する。そのため、音声区間判定器１５''は、入力信号に子音が含まれる子音区間を精度よく検出することができる。

【００６０】

子音判定部４７は、隣接する帯域間の帯域別平均エネルギーが、高い周波数の帯域の方が隣接する低い周波数の帯域より大きい組み合わせを計数し、計数した計数値が、予め定められた第１閾値以上であると、子音が含まれると判定する第１判定手段を備える。また、子音判定部４７は、隣接する帯域間の帯域別平均エネルギーが、高い周波数の帯域の方が隣接する低い周波数の帯域より大きい組み合わせを計測し、更にこの組み合わせが帯域を跨いで連続する場合に重み付けをして計数し、計数した計数値が、予め定められた第２閾値以上であると、子音が含まれると判定する第２判定手段を備える。子音判定部４７は、第１判定手段と第２判定手段をそれぞれノイズレベルに応じて使い分ける。

【００６１】

ここで、第１判定手段と第２判定手段とを適宜選択すべく、ノイズレベル導出部４５は、フレーム化入力信号のノイズレベルを導出する。例えば、ノイズレベルは、フレーム化入力信号のすべての周波数帯域の帯域別平均エネルギーの平均値とすることができる。また、ノイズレベル導出部４５は、フレーム化入力信号毎にノイズレベルを導出してもよいし、所定時間分のフレーム化入力信号のノイズレベルの平均値を用いてもよい。判定選択部４６は、導出されたノイズレベルが所定の閾値未満の場合、第１判定手段を選択し、所定の閾値以上の場合、第２判定手段を選択する。

【００６２】

以上で説明したように、音声区間判定技術Ｂを用いた音声区間判定器１５''は、入力信号を予め定められたフレーム単位で切り出し、フレーム化入力信号を生成するフレーム化部４１と、フレーム化入力信号を、時間領域から周波数領域に変換して、周波数毎のスペクトルを集めたスペクトルパターンを生成するスペクトル生成部４２と、スペクトルパターンにおける、連接する予め定められた帯域幅毎の平均エネルギーである帯域別平均エネルギーを導出する平均導出部４４と、導出された帯域別平均エネルギー同士を比較し、より高周波数帯域の帯域別平均エネルギー程、高いエネルギーとなっていると、フレーム化入力信号に子音が含まれると判定する子音判定部４７と、を備える。

【００６３】

例えば、子音判定部４７は、スペクトルパターンの隣接する帯域間の帯域別平均エネルギーが、高い周波数の帯域の方が隣接する低い周波数の帯域より大きい組み合わせを計数し、計数した計数値が、予め定められた閾値以上であると、子音が含まれると判定することができる。

【００６４】

なお、本実施の形態にかかるノイズ低減装置に上記の音声区間判定技術Ａ、Ｂを適用する場合、製品毎にパラメータを設定することができる。すなわち、より確実な音声区間の判定が要求される製品に音声区間判定技術Ａ、Ｂを適用する場合、音声区間判定のパラメータとしてより厳しい閾値を設定することができる。

【００６５】

また、図１に示すノイズ低減装置１では、音声は音声用マイクロフォン１１において収音される確率が高いことを前提とし、音声区間判定器１５が、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１のみに基づき音声区間を判定する場合を示した。しかしながら、ノイズ低減装置の使用状況によっては、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２の方が多く音声を収音する場合も考えられる。よって、図８に示すノイズ低減装置２のように、音声区間判定器１９が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１および参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づき、音声区間を判定するように構成してもよい。

【００６６】

この場合、例えば図８に示すノイズ低減装置２の音声区間判定器１９は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に音声が含まれているかを判定する回路と、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に音声が含まれているかを判定する回路と、をそれぞれ備えるように構成してもよい。なお、図８に示すノイズ低減装置２の他の構成は図１に示したノイズ低減装置１の構成と同様である。

【００６７】

図１に示すノイズ低減装置１の音声方向検知器１６は、収音信号２１と収音信号２２とに基づき、音声の到来方向を検知し、音声方向情報２５を適応フィルタ制御部１７に出力する。音声の到来方向を検知する方法は、例えば収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する方法や、音声用マイクロフォン１１で収音された音（収音信号２１）の大きさと参照音用マイクロフォン１２で収音された音（収音信号２２）の大きさの差や比（パワー差やパワー比であり、これらを総称してパワー情報と称す）に基づき、音声の到来方向を検知する方法等がある。このとき、音声方向検知器１６は、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合に、音声の到来方向を検知している。つまり、音声方向検知器１６は、音声が到来している音声区間において音声方向を検知し、音声区間以外のときは音声方向を検知していない。

【００６８】

また、例えば、トランシーバーのような携帯機器（無線通信装置）や、無線通信装置に付属するスピーカーマイクロフォン（音声入力装置）のような小型機器に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を適用する場合、音声を拾い易い表側に音声用マイクロフォン１１を設け、音声を拾い難い裏側に参照音用マイクロフォン１２を設ける。これにより、音声用マイクロフォン１１では音声成分を主に収音し、参照音用マイクロフォン１２ではノイズ成分を主に収音することができる。

【００６９】

上記の無線通信装置や音声入力装置は、一般的に人間の握りこぶしよりも少し小さい程度の大きさである。よって、音源と音声用マイクロフォン１１との距離と、音源と参照音用マイクロフォン１２との距離の差は、機器毎やマイクロフォンの配置により異なるものの、５～１０ｃｍ程度であると考えられる。ここで、音声の空間伝達速度を３４０００ｃｍ／ｓとすると、サンプリング周波数が８ｋＨｚの場合、１サンプル間において音声が伝達する距離は３４０００÷８０００＝４．２５であるので、４．２５ｃｍとなる。仮に、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２との距離が５ｃｍであれば、サンプリング周波数が８ｋＨｚでは音声の方向を推定するには不十分である。

【００７０】

この場合、サンプリング周波数を８ｋＨｚの３倍である２４ｋＨｚとすると、３４００÷２４０００≒１．４２ｃｍとなり、５ｃｍの間に３～４点の位相差ポイントを測定することができる。よって、収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方

向を検知する場合は、音声方向検知器１６に入力される収音信号２１と収音信号２２のサンプリング周波数を２４ｋＨｚ以上にするとよい。

【００７１】

図１に示すノイズ低減装置１において、例えばＡＤコンバータ１３、１４から出力された収音信号２１、２２のサンプリング周波数が８～１２ｋＨｚである場合は、ＡＤコンバータ１３、１４と音声方向検知器１６との間に、サンプリング周波数変換器を設け、音声方向検知器１６に供給される収音信号２１、２２のサンプリング周波数を２４ｋＨｚ以上に変換してもよい。

【００７２】

一方、例えばＡＤコンバータ１３、１４から出力された収音信号２１、２２のサンプリング周波数が２４ｋＨｚ以上である場合は、ＡＤコンバータ１３と音声区間判定器１５との間、およびＡＤコンバータ１３、１４と適応フィルタ１８との間に、サンプリング周波数変換器を設け、音声区間判定器１５および適応フィルタ１８に供給される収音信号２１、２２のサンプリング周波数を８～１２ｋＨｚに変換してもよい。

【００７３】

まず、収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する場合について説明する。図４は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１が備える音声方向検知器の一例を示すブロック図である。図４に示す音声方向検知器１６’は、基準信号バッファ５１、基準信号抽出部５２、比較信号バッファ５３、比較信号抽出部５４、相互相関値算出部５５、および位相差情報取得部５６を備える。

【００７４】

基準信号バッファ５１は、ＡＤコンバータ１３から出力された収音信号２１を一時的に蓄積する。比較信号バッファ５３は、ＡＤコンバータ１４から出力された収音信号２２を一時的に蓄積する。

【００７５】

音源が一つで同時刻に発せられる音声は、各マイクロフォン１１、１２への伝達経路が異なるため各マイクロフォン１１、１２で検出される位相や振幅値は異なる。しかし、音声の音源は一つであるため、各マイクロフォン１１、１２で検出される音声成分の位相や振幅値は類似しており相関性は非常に高いといえる。特に、本実施の形態では、音声区間において音声の到来方向を検知しているので、各マイクロフォン１１、１２で検出される音声成分の相関性は非常に高いといえる。よって、この相関性を測定することで位相差を求めることができ、音源の方向を推定することができる。２つのマイクロフォン１１、１２の間における位相差は、例えば相互相関関数や最小二乗法を用いて算出することができる。

【００７６】

２つの信号波形ｘ１（ｔ）とｘ２（ｔ）の相互相関関数は次の式で表すことができる。

【数１】

$$\varphi_{1,2}(\tau) = \left(\frac{1}{N}\right)\sum_{n=0}^{N-1} x_1(t)x_2(t+\tau) \quad \cdots \text{式 1}$$

【００７７】

基準信号抽出部５２は、収音信号（基準信号）２１に含まれる信号波形ｘ１（ｔ）を抽出して固定する。比較信号抽出部５４は、収音信号（比較信号）２２に含まれる信号波形ｘ２（ｔ）を抽出し、当該信号波形ｘ２（ｔ）を移動する。相互相関値算出部５５は、信号波形ｘ１（ｔ）と信号波形ｘ２（ｔ）とに対して畳み込み演算（積和演算）を実施することで、収音信号２１と収音信号２２の相関が高いポイントを判断する。このとき、収音信号２２のサンプリング周波数とマイクロフォン１１、１２の空間的な距離から算出される最大位相差分に応じて、信号波形ｘ２（ｔ）を前後にシフトしながら畳み込み演算値を計算する。畳み込み演算値が最大となるポイントは符号が一致する場所であり最も相関が高いと判断することができる。

【００７８】
また、最小二乗法を用いる場合は、次の式を用いることができる。
【数２】

$$J = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2 \quad \cdots \text{式２}$$

【００７９】
最小二乗法を用いる場合、基準信号抽出部５２は、収音信号（基準信号）２１に含まれる信号波形を抽出して固定する。比較信号抽出部５４は、収音信号（比較信号）２２に含まれる信号波形を抽出し、当該信号波形を移動する。相互相関値算出部５５は、収音信号２１に含まれる信号波形と収音信号２２に含まれる信号波形との差分値の二乗和を計算する。この二乗和が最小となるポイントは、収音信号２１に含まれる信号波形と収音信号２２に含まれる信号波形とが互いに相似形となる（重なり合う）場所であり、最も相関が高いと判断することができる。最小二乗法を用いる場合は基準信号と比較信号の大きさを揃えることが望ましく、一方を基準として予め正規化しておくのが好ましい。
【００８０】
相互相関値算出部５５は、上記の演算により得られた、基準信号と比較信号の相関関係に関する情報を位相差情報取得部５６に出力する。すなわち、相互相関値算出部５５で相関が高いと判断された２つの信号波形（つまり、収音信号２１に含まれる信号波形と収音信号２２に含まれる信号波形）は、音源を同一とする音声の信号波形である可能性が高い。よって、位相差情報取得部５６は、相関が高いと判断された２つの信号波形の位相差を求めることで、音声用マイクロフォン１１で収音された音声成分と参照音用マイクロフォン１２で収音された音声成分の位相差を求めることができる。
【００８１】
そして、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれる音声成分の位相（つまり、収音信号２１の音声成分の位相）が、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれる音声成分の位相（つまり、収音信号２２の音声成分の位相）よりも早い場合（つまり、位相差がプラスの場合）、参照音用マイクロフォン１２よりも音声用マイクロフォン１１に近い位置に音源がある、つまり、音声用マイクロフォン１１に向かって話者が話していると推測することができる。
【００８２】
一方、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれる音声成分の位相が、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれる音声成分の位相よりも遅い場合（つまり、位相差がマイナスの場合）、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２に近い位置に音源がある、つまり、参照音用マイクロフォン１２に向かって話者が話していると推測することができる。
【００８３】
また、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれる音声成分の位相と、参照音用マイクロフォン１２で収音された音に含まれる音声成分の位相との位相差が所定の範囲内である場合（－Ｔ＜位相差＜Ｔ、つまり、位相差の絶対値が所定の値Ｔよりも小さい場合）、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２の中間付近に音源が位置していると推測することができる。
【００８４】
位相差情報取得部５６は、取得した位相差情報を音声方向情報２５として、適応フィルタ制御部１７に出力する。
【００８５】
音声方向検知器１６は、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合に、音声の到来方向を検知している。よって、ノイズが混入した場合であっても、音声区間判定器１５が音声区間と判定した場合は、音声用マイクロフォン１１で収音される音声成分と参照音用マイクロフォン１２で収音される音声成分の位相差を精度よく算出することができるので

、音声方向を高精度に検知することができる。
【００８６】
次に、収音信号２１と収音信号２２のパワー情報に基づいて音声の到来方向を検知する場合について説明する。図５は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１が備える音声方向検知器の他の例を示すブロック図である。図５に示す音声方向検知器１６’’は、音声信号バッファ６１、音声信号パワー算出部６２、参照信号バッファ６３、参照信号パワー算出部６４、パワー差算出部６５、およびパワー情報取得部６６を備える。図５に示す音声方向検知器１６’’は、ある一定の単位時間における収音信号２１および収音信号２２のパワー情報（図５に示す場合は、パワー差）を求めることができる。
【００８７】
音声信号バッファ６１は、単位時間分の収音信号２１を蓄積するために、供給された収音信号２１を一時的に蓄積する。参照信号バッファ６３は、単位時間分の収音信号２２を蓄積するために、供給された収音信号２２を一時的に蓄積する。
【００８８】
音声信号パワー算出部６２は、音声信号バッファ６１に蓄積された単位時間分の収音信号を用いて、単位時間当たりのパワー値を算出する。また、参照信号パワー算出部６４は、参照信号バッファ６３に蓄積された単位時間分の収音信号を用いて、単位時間当たりのパワー値を算出する。
【００８９】
ここで、単位時間当たりのパワー値とは、単位時間における収音信号２１、２２の大きさであり、例えば、単位時間における収音信号２１、２２の振幅の最大値や、単位時間における収音信号２１、２２の振幅の積分値等を用いることができる。なお、本実施の形態では、収音信号２１、２２の大きさを示す値であれば、パワー値として上記の最大値や積分値以外の値を用いてもよい。
【００９０】
パワー差算出部６５は、音声信号パワー算出部６２で求めた収音信号のパワー値と、参照信号パワー算出部６４で求めた収音信号のパワー値とのパワー差を算出し、算出されたパワー差をパワー情報取得部６６に出力する。
【００９１】
パワー情報取得部６６は、パワー差算出部６５から出力されたパワー差に基づいて、収音信号２１と収音信号２２のパワー情報を取得する。
【００９２】
例えば、音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが、参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも大きい場合、つまり、収音信号２１のパワー値が収音信号２２のパワー値よりも大きい場合、参照音用マイクロフォン１２よりも音声用マイクロフォン１１に近い位置に音源がある、つまり、音声用マイクロフォン１１に向かって話者が話していると推測することができる。
【００９３】
一方、音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが、参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも小さい場合、つまり、収音信号２１のパワー値が収音信号２２のパワー値よりも小さい場合、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２に近い位置に音源がある、つまり、参照音用マイクロフォン１２に向かって話者が話していると推測することができる。
【００９４】
また、音声用マイクロフォン１１で収音された音と、参照音用マイクロフォン１２で収音された音の差が所定の範囲内である場合（－Ｐ＜パワー差＜Ｐ、つまり、パワー差の絶対値が所定の値Ｐよりも小さい場合）、音声用マイクロフォン１１と参照音用マイクロフォン１２の中間付近に音源が位置していると推測することができる。
【００９５】
パワー情報取得部６６は、取得したパワー情報（つまり、パワー差に関する情報）を音

声方向情報２５として、適応フィルタ制御部１７に出力する。
【００９６】
以上で説明したように、音声方向検知器１６は、収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する方法や、収音信号２１と収音信号２２のパワー情報に基づいて音声の到来方向を検知する方法を用いることができる。位相差を用いる方法とパワー情報を用いる方法は、それぞれ単独で使用してもよいし、互いに組み合わせて使用してもよい。例えば、トランシーバーのような携帯機器（無線通信装置）や、無線通信装置に付属するスピーカーマイクロフォン（音声入力装置）のような小型機器は、持ち方によりマイク開口部が手で塞がれたり、衣服などによってマイク開口部が遮蔽されたりする場合がある。よって、音声方向を正確に検知するために、位相差を用いる方法とパワー情報を用いる方法を組み合わせて使用すると、音声方向をより高精度に検知することができる。
【００９７】
図１に示す適応フィルタ制御部１７は、音声区間判定器１５から出力された音声区間情報２４および音声方向検知器１６から出力された音声方向情報２５に基づき、適応フィルタ１８を制御するための制御信号を生成し、生成された制御信号２６を適応フィルタ１８に出力する。ここで、制御信号２６は、音声区間情報２４および音声方向情報２５を含んでいる。
【００９８】
適応フィルタ１８は、収音信号２１と収音信号２２とを用いて、ノイズが低減された音声信号を生成し、このノイズが低減された音声信号を出力信号２７として出力する。適応フィルタ１８は、収音信号（音声信号）２１に含まれたノイズ成分を低減するために、参照音用マイクロフォン１２を用いてノイズ成分を含む参照音を収音し、この参照音に基づき収音信号２１に含まれている可能性があるノイズ成分を擬似的に生成する。そして、適応フィルタ１８は、収音信号２１から、この擬似的に生成したノイズ成分を差し引くことで、ノイズ低減処理を実施することができる。
【００９９】
ここで、参照音用マイクロフォン１２に音声成分が多く混入すると、音声信号のレベルが低下するか、またはエコー成分となり音声信号の明瞭度が低下するおそれがある。よって、例えば、参照音用マイクロフォン１２に音声成分が混入する場合の許容値を予め求めておき、音声成分の混入が許容値の範囲内であれば適応フィルタ１８によるノイズ低減処理を行う。また、音声成分の混入が許容値の範囲外であれば、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理を省略し、音声用マイクロフォン１１の収音信号（音声信号）２１をそのまま出力してもよい。
【０１００】
また、音声成分の混入が許容値の範囲外の場合、音声用マイクロフォン１１に主としてノイズ成分が、参照音用マイクロフォン１２に主として音声成分が収音されている場合も想定される。この場合は、適応フィルタ１８において、収音信号２１と収音信号２２とを入れ替えてもよい。つまり、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱うことで、適応フィルタ１８において適切にノイズ低減処理を実施することができる。
【０１０１】
適応フィルタ制御部１７は、上記処理を実施するための制御信号２６を適応フィルタ１８に出力する。また、適応フィルタ制御部１７に供給される音声区間情報２４は、適応フィルタ１８における適応フィルタ係数の更新のタイミングを決定する情報である。例えば、音声区間判定器において音声区間ではない（つまり、ノイズ区間）と判断された場合は、積極的にノイズ成分を低減するために、適応フィルタ１８の適応フィルタ係数の更新を実施してもよい。一方、例えば、音声区間判定器において音声区間と判断された場合は、既存の適応フィルタ係数を用いて、ノイズ低減処理を実施してもよい。
【０１０２】

また、例えば、図４に示す音声方向検知器１６において求められた、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に含まれる音声成分の位相と、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に含まれる音声成分の位相との位相差を位相差ＰＤ１とする。また、所定の値をＴ（正の値）とする。

【０１０３】

位相差ＰＤ１≧Ｔの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う。すなわち、この場合は音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早いので、適応フィルタ１８は、収音信号（音声信号）２１に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２２を用いて低減することで出力信号２７を生成する。このとき、音声区間判定器１５は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に基づいて音声区間を判定することができる。

【０１０４】

位相差ＰＤ１≦－Ｔの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において、収音信号２１と収音信号２２とを入れ替えてもよい。すなわち、この場合は、参照用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相よりも早いので、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号（音声信号）２２に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる。このとき、音声区間判定器１５は、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づいて音声区間を判定してもよい（図８の構成の場合）。

【０１０５】

－Ｔ＜位相差ＰＤ１＜Ｔの関係が成り立つ場合は、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる。この場合は、適応フィルタ１８は収音信号２１または収音信号２２をそのまま出力してもよい。すなわち、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相と参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相の位相差の絶対値が所定の値（Ｔ）よりも小さい場合、適応フィルタ１８はノイズ低減処理をすることなく収音信号２１または収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１０６】

この場合、例えば音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも大きい場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１で収音された音の大きさが参照音用マイクロフォン１２で収音された音の大きさよりも小さい場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１０７】

収音信号２１と収音信号２２のパワー情報に基づいて音声の到来方向を検知した場合（図５参照）は、次の様に処理をすることができる。ここで、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさとの差をパワー差ＰＤ２とする。また、所定の値をＰ（正の値）とする。

【０１０８】

パワー差ＰＤ２≧Ｐの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う。すなわち、この場合は音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさが参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさよりも大きいので、適応フィルタ１８は、収音信号（音声信号）２１に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２２を用いて低減することで出力信号２７を生成する。このとき、音声区間判定器１５は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に基づいて音声区間を判定することができる。

【０１０９】

パワー差ＰＤ２≦－Ｐの関係が成り立つ場合は、例えば適応フィルタ１８において、収

音信号２１と収音信号２２とを入れ替えてもよい。すなわち、この場合は参照用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさが音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさよりも大きいので、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号（音声信号）２２に含まれるノイズ成分を収音信号（参照信号）２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる。このとき、音声区間判定器１５は、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づいて音声区間を判定してもよい。

【０１１０】

－Ｐ＜パワー差ＰＤ２＜Ｐの関係が成り立つ場合は、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる。この場合は、適応フィルタ１８は収音信号２１または収音信号２２をそのまま出力してもよい。すなわち、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさのパワー差の絶対値が所定の値（Ｐ）よりも小さい場合、適応フィルタ１８はノイズ低減処理をすることなく収音信号２１または収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１１１】

この場合、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早い場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも遅い場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１１２】

図６は、適応フィルタ１８の一例を示すブロック図である。適応フィルタ１８は、遅延素子７１_１～７１_ｎ、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１、加算器７３_１～７３_ｎ、適応係数調整部７４、減算器７５、出力信号選択部７６、およびセレクタ７７を備える。

【０１１３】

セレクタ７７は、適応フィルタ制御部１７から出力された制御信号２６（例えば、音声方向情報２５）に応じて、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ音声信号８１および参照信号８２として出力する場合と、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ参照信号８２および音声信号８１として出力する場合とを切り替える。例えば、セレクタ７７は、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早い場合、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ音声信号８１および参照信号８２として出力する。一方、セレクタ７７は、参照用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相よりも早い場合、収音信号２１および収音信号２２をそれぞれ参照信号８２および音声信号８１として出力する。

【０１１４】

遅延素子７１_１～７１_ｎ、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１、および加算器７３_１～７３_ｎは、ＦＩＲフィルタを構成する。遅延素子７１_１～７１_ｎ、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１、および加算器７３_１～７３_ｎを用いて参照信号８２を処理することで、擬似ノイズ信号８３が生成される。

【０１１５】

適応係数調整部７４は、制御信号２６（例えば、音声方向情報２５や音声区間信号２４）に応じて、乗算器７２_１～７２_ｎ＋１の係数を調整する。すなわち、適応係数調整部７４は、音声区間情報２４がノイズ区間（非音声区間）を示している場合、適応誤差が少なくなるように係数を調整する。一方、音声区間情報２４が音声区間を示している場合、適応フィルタ１８の係数を維持するか、または係数を微調整するのみとする。更に、適応係数調整部７４は、適切ではない方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合、適応フィルタ１８の係数を維持するか、または係数を微調整するのみと

する。適切ではない方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合、ノイズ低減処理によるノイズ低減効果を意識的に落とすことにより音声成分がキャンセルされることを抑制することができる。

【０１１６】

減算器７５は、音声信号８１から疑似ノイズ信号８３を差し引くことで、ノイズ低減処理後の信号８４を生成し、出力信号選択部７６に出力する。また、減算器７５は、音声信号８１から疑似ノイズ信号８３を差し引くことで、フィードバック用の信号８５を生成し、適応係数調整部７４に出力する。

【０１１７】

出力信号選択部７６は、適応フィルタ制御部１７から出力された制御信号２６（例えば、音声方向情報２５）に応じて、音声信号８１を出力信号２７としてそのまま出力するか、またはノイズ低減処理後の信号８４を出力信号２７として出力するかを選択する。例えば、適切ではない方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合（例えば、－Ｔ＜位相差ＰＤ１＜Ｔの場合）、出力信号選択部７６は音声信号８１を出力信号２７としてそのまま出力する。一方、適切な方向から音声が到来していることを音声方向情報２５が示している場合（例えば、位相差ＰＤ１≧Ｔ、位相差ＰＤ１≦－Ｔの場合）、出力信号選択部７６はノイズ低減処理後の信号８４を出力信号２７として出力する。

【０１１８】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１の動作について説明する。図７は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置１の動作を説明するためのフローチャートである。このフローチャートは例えば、音の受信が開始されたときに開始される。

【０１１９】

音声方向検知器１６で生成される音声方向情報２５は、音声区間であることが確実な場合に更新される。よって、予め音声方向情報２５を初期化し、所定の初期値に設定する（ステップＳ１）。ここで初期値とは、例えばノイズ低減装置を備える機器が適切な状態で使用された場合（マイクロフォンの位置が適切な状態で使用された場合）に設定されるパラメータである。

【０１２０】

次に、音声区間判定器１５を用いて、音声用マイクロフォン１１において収音された音が音声区間であるか否かを判定する（ステップＳ２）。この際、音声区間と判定するための条件を厳しくすることで、音声区間を確実に判定することができる。なお、図１に示すノイズ低減装置１では、音声は音声用マイクロフォン１１において収音される確率が高いことを前提とし、音声区間判定器１５が、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１のみに基づき音声区間を判定する場合を示した。しかしながら、ノイズ低減装置の使用状況によっては、音声用マイクロフォン１１よりも参照音用マイクロフォン１２の方が多く音声を収音する場合も考えられる。よって、図８に示すノイズ低減装置２のように、音声区間判定器１９が音声用マイクロフォン１１の収音信号２１および参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に基づき、音声区間を判定するように構成してもよい。

【０１２１】

音声区間判定器１５は、音声区間を検出した場合（ステップＳ３：Ｙｅｓ）、音声方向検知器１６および適応フィルタ制御部１７に音声区間情報２３、２４をそれぞれ出力する。そして、音声方向検知器１６は、収音信号２１と収音信号２２とに基づき、音声の到来方向を検知する（ステップＳ４）。音声の到来方向を検知する方法は、例えば収音信号２１と収音信号２２の位相差に基づいて音声の到来方向を検知する方法や、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさに関するパワー情報（つまり、収音信号の差や比）に基づき、音声の到来方向を検知する方法等がある。

【０１２２】

音声方向検知器１６は、音声方向情報２５を、新規に求めた音声の到来方向に更新する（ステップＳ５）。一方、音声区間判定器１５において音声区間ではないと判断された場

合（ステップＳ３：Ｎｏ）、音声方向検知器１６は新規に音声の到来方向の検知を実施しないので、音声方向情報２５は更新されない。音声区間以外の場合には、上記したような収音信号２１と収音信号２２の位相差やパワー情報を検出したとしても、収音信号２１と収音信号２２には音声が含まれていない可能性が高いためである。

【０１２３】

次に、適応フィルタ制御部１７は、音声方向検知器１６から過去に行った音声方向の更新に基づいた現時点における音声方向情報２５を取得する（ステップＳ６）。そして、参照音用マイクロフォン１２で収音された参照音が、音声用マイクロフォン１１で収音された音に含まれるノイズ成分の低減に利用可能か否か判断する（ステップＳ７）。

【０１２４】

適応フィルタ制御部１７は、参照音用マイクロフォン１２で収音された参照音を用いてノイズ低減処理を実施可能であると判断した場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、適応フィルタ１８によるノイズ低減処理を実施する（ステップＳ８）。一方、適応フィルタ制御部１７は、参照音用マイクロフォン１２で収音された参照音を用いてノイズ低減処理を実施するのは不可能であると判断した場合（ステップＳ７：Ｎｏ）、適応フィルタ１８によるノイズ低減処理を実施しない。

【０１２５】

例えば、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１に含まれる音声成分の位相と、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２に含まれる音声成分の位相との位相差を用いて、音声方向を検知した場合は、以下のように処理をする。

【０１２６】

位相差ＰＤ１≧Ｔの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う（ステップＳ８）。一方、位相差ＰＤ１≦－Ｔの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号２２に含まれるノイズ成分を収音信号２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる（ステップＳ８）。

【０１２７】

また、－Ｔ＜位相差ＰＤ１＜Ｔの関係が成り立つ場合、音声用マイクロフォン１１と音源との距離及び参照音用マイクロフォン１２と音源との距離が同等である可能性が高いので、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる（ステップＳ７：Ｎｏ）。この場合は、適応フィルタ１８はノイズ低減処理を実施することなく、収音信号２１または収音信号２２を出力信号としてそのまま出力する。

【０１２８】

この場合、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさが参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさよりも大きい場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさが参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさよりも小さい場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１２９】

また、例えば、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の大きさと、参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の大きさとを用いて、音声方向を検知した場合は、以下のように処理をする。

【０１３０】

パワー差ＰＤ２≧Ｐの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば適応フィルタ１８において通常のノイズ低減処理を行う（ステップＳ８）。一方、パワー差ＰＤ２≦－Ｐの関係が成り立つ場合（ステップＳ７：Ｙｅｓ）、例えば参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２を音声信号として扱い、音声用マイクロフォン１１の収音信号２１を

参照信号として扱う。そして、適応フィルタ１８において、収音信号２２に含まれるノイズ成分を収音信号２１を用いて低減することで出力信号２７を生成することができる（ステップＳ８）。

【０１３１】

－Ｐ＜パワー差ＰＤ２＜Ｐの関係が成り立つ場合は、音声用マイクロフォン１１と音源との距離及び参照音用マイクロフォン１２と音源との距離が同等である可能性が高いので、収音信号２１、２２は、適応フィルタ１８におけるノイズ低減処理に不向きな信号であると判断することができる（ステップＳ７：Ｎｏ）。この場合は、適応フィルタ１８はノイズ低減処理を実施することなく、収音信号２１または収音信号２２を出力信号としてそのまま出力する。

【０１３２】

この場合、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも早い場合、収音信号２１を出力信号２７として出力してもよい。また、例えば音声用マイクロフォン１１の収音信号２１の位相が参照音用マイクロフォン１２の収音信号２２の位相よりも遅い場合、収音信号２２を出力信号２７として出力してもよい。

【０１３３】

ノイズ低減装置１は、音声用マイクロフォン１１等により音（音声やノイズ）を受信しているか否かをチェックする（ステップＳ９）。そして、音を受信している場合（ステップＳ９：Ｙｅｓ）、ステップＳ２以降の処理を繰り返す。一方、音を受信していない場合（ステップＳ９：Ｎｏ）、ノイズ低減装置１によるノイズ低減処理が終了する。

【０１３４】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた音声入力装置について説明する。図９は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた音声入力装置５００の一例を示す図である。図９（ａ）は、音声入力装置５００の前面図であり、図９（ｂ）は、音声入力装置５００の背面図である。図９に示すように、音声入力装置５００はコネクタ５０３を介して無線通信装置５１０に接続可能に構成されている。無線通信装置５１０は一般的な無線機であり、所定の周波数において他の無線通信装置と通信可能に構成されている。無線通信装置５１０には音声入力装置５００を介して話者の音声が入力される。

【０１３５】

音声入力装置５００は、本体５０１、コード５０２、及びコネクタ５０３を有する。本体５０１は、話者の手で把持されるのに適するサイズ及び形状に構成されており、マイクロフォン、スピーカー、電子回路、ノイズ低減装置を内蔵する。図９（ａ）に示すように、本体５０１の前面にはスピーカー５０６および音声用マイクロフォン５０５が設けられている。図９（ｂ）に示すように、本体５０１の背面には参照音用マイクロフォン５０８およびベルトクリップ５０７が設けられている。本体５０１の頂面には、ＬＥＤ５０９が設けられている。本体５０１の側面にはＰＴＴ（Push To Talk）５０４が設けられている。ＬＥＤ５０９は、音声入力装置５００による話者の音声の検出状態を話者に対して報知する。ＰＴＴ５０４は、無線通信装置５１０を音声送信状態とするためのスイッチであり、突起状部分が筐体内に押し込まれることを検出する。

【０１３６】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置１は音声入力装置５００に内蔵されており、ノイズ低減装置１が備える音声用マイクロフォン１１が音声入力装置５００の音声用マイクロフォン５０５に対応し、ノイズ低減装置１が備える参照音用マイクロフォン１２が音声入力装置５００の参照音用マイクロフォン５０８に対応している。また、ノイズ低減装置１から出力される出力信号２７は、音声入力装置５００のコード５０２を経由して無線通信装置５１０に供給される。すなわち、音声入力装置５００は、ノイズ低減装置１でノイズ低減処理された後の出力信号２７を、無線通信装置５１０に供給する。よって、無線通信装置５１０から他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。

【０１３７】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた無線通信装置（トランシーバー）６００について説明する。図１０は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置を用いた無線通信装置６００の一例を示す図である。図１０（ａ）は、無線通信装置６００の前面図であり、図１０（ｂ）は、無線通信装置６００の背面図である。図１０に示すように、無線通信装置６００は、入力ボタン６０１、表示部６０２、スピーカー６０３、音声用マイクロフォン６０４、ＰＴＴ（Push To Talk）６０５、スイッチ６０６、アンテナ６０７、参照音用マイクロフォン６０８、および蓋６０９を備える。

【０１３８】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置１は無線通信装置６００に内蔵されており、ノイズ低減装置１が備える音声用マイクロフォン１１が無線通信装置６００の音声用マイクロフォン６０４に対応し、ノイズ低減装置１が備える参照音用マイクロフォン１２が無線通信装置６００の参照音用マイクロフォン６０８に対応している。また、ノイズ低減装置１から出力される出力信号２７は、無線通信装置６００の内部回路において高周波処理されて、アンテナ６０７から他の無線通信装置に無線送信される。ここで、ノイズ低減装置１から出力される出力信号２７はノイズ低減処理が実施された信号であるので、他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。ユーザによるＰＴＴ６０５の押下により音の送信が開始されたときに、図７で示したようなノイズ低減装置１の処理を開始し、ユーザがＰＴＴ６０８の押下を中止して、音の送信が終了したときに、図７で示したようなノイズ低減装置１の処理を終了しても良い。

【０１３９】

本発明の課題で説明したように、特許文献１乃至３に開示されている技術では、周囲のノイズレベルが高い場合、音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができないという問題があった。

【０１４０】

すなわち、従来のノイズ低減装置では、周囲のノイズレベルが高い状況を考慮しておらず、音声が十分に収音できない状況においても音声の到来方向を検知しているため、ノイズ成分が多い環境下において、音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することはできなかった。

【０１４１】

例えば、トランシーバーのような携帯型の無線通信装置は、作業用機械の動作音などかなり高いレベルの騒音が発生している工場内や雑踏や交差点などで用いられることが多い。このため、トランシーバーのような携帯型の無線通信装置では、マイクロフォンに混入するノイズ成分を低減することが求められている。

【０１４２】

また、トランシーバーは、携帯電話と違い本体側のスピーカーから送信される音声を耳元から離した状態で聞くという使われ方をする場合がある。よって、トランシーバーは、一般的に身体から離れた状態で所持され、その持ち方についても様々なスタイルがある。更に、トランシーバー本体から収音部（マイクロフォン）と再生部（スピーカー）を分離し携帯性を高めたスピーカーマイクロフォン装置（音声入力装置）は、利便性のある使用形態を提供することができる。例えば、首からぶら下げたり肩に置いたりできるなど、話者がマイクロフォンに向かうことを意識することなく会話を行う場合や、マイク受信部表側よりむしろマイク背面に近い方向からしゃべる場合もある。よって、スピーカーマイクロフォン装置を使用する場合は、必ずしも音声が理想的な方向から到来するわけではない。

【０１４３】

したがって、このような環境下で使用されるトランシーバーやスピーカーマイクロフォン装置においてノイズ低減処理を実施するには、高いレベルのノイズで通話が妨げられる中で、音声が実際に発せられている音声区間を確実に判定し、その音声区間のみで音声の到来方向を検知する必要がある。

【０１４４】

特許文献１に開示されている技術では、音声用マイクロフォン側に音源が存在することを前提としている。このため、例えば話者の後方から到来するノイズを低減することは難しい。

【０１４５】

特許文献２に開示されている技術では、音声と参照音とを入れ替えることで効果の高いノイズ低減処理を実施することができる。しかし、音源が様々な方向から到来する場合は、常にその状況に応答する必要がある。このため、特に演算負荷の高い適応フィルタの処理量が倍となり、回路規模、消費電力、及びコストが増大するという問題があった。また、音声の到来方向次第では両者共にノイズ低減効果を得る事ができない。例えば音声用マイクロフォンおよび参照音用マイクロフォンの中間の位置に音源が存在する場合、適応フィルタによるノイズ低減処理により、かえって音声レベルが低下する可能性もある。

【０１４６】

特許文献３に開示されている技術では、音声の音源の方向を、音源の到来時間差、音源のパワー差、または位置センサーから取得することで、音声の到来方向を検知している。しかし、特許文献３に開示されている技術では、特許文献１及び２に開示されている技術と同様に、高いノイズレベルが混入する環境に対処しておらず、音源の位置を考慮したノイズ低減処理の効果は限定的であった。

【０１４７】

これに対して本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、音声区間判定器１５を用いることで、ノイズレベルが高い場合であっても音声が発せられている区間を判定することができる。そして、音声区間判定器１５で音声区間であると判定されている場合に、音声方向検知器１６で音声の到来方向を検知して音声方向情報を更新している。よって、音声方向検知器１６で音声の到来方向を検知するための処理量を低減することができる。また、音声方向検知器１６は音声区間において音声方向情報を更新しているので、信頼性の高い音声方向情報を得ることができる。そして、適応フィルタ１８は、信頼性の高い音声方向情報と音声区間情報とに基づいて、ノイズ低減処理を実施することができるので、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができる。

【０１４８】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。

【０１４９】

＜実施の形態２＞

次に、本発明の実施の形態２について説明する。

図１１は、実施の形態２にかかるノイズ低減装置３を示すブロック図である。本実施の形態にかかるノイズ低減装置３は、図１に示した実施の形態１にかかるノイズ低減装置１と比べて、参照音用マイクロフォンを２つ備えている点、信号決定部１１６を備えている点が異なる。

【０１５０】

図１１に示すノイズ低減装置３は、音声用マイクロフォン１０１、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）、ＡＤコンバータ１０４、１０５、１０６、音声区間判定器１１５、信号決定部１１６、適応フィルタ制御部１１７、および適応フィルタ１１８を有する。

【０１５１】

音声用マイクロフォン１０１、参照音用マイクロフォン１０２、１０３はそれぞれ、音声成分やノイズ成分を含む音を収音することができる。音声用マイクロフォン１０１は、主に音声成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１０４に出力する。参照音用マイクロフォンＡ（１０２）は、主にノイズ成分を含む音を収音してアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１１２に出力する。参照音用マイクロフォンＢ（１０３）は、主にノイズ成分を含む音を収音し

てアナログ信号に変換し、変換後のアナログ信号をＡＤコンバータ１０６に出力する。例えば、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）や参照音用マイクロフォンＢ（１０３）で収音された音に含まれるノイズ成分は、音声用マイクロフォン１０１で収音された音に含まれるノイズ成分を低減するために用いられる。

【０１５２】

なお、本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、マイクロフォンが３つの場合の構成について説明するが、例えば参照音用マイクロフォンを更に追加してマイクロフォンを４つ以上設けてもよい。

【０１５３】

ＡＤコンバータ１０４は、音声用マイクロフォン１０１から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号１１１を生成する。ＡＤコンバータ１０４で生成された収音信号１１２は、音声区間判定器１１５、信号決定部１１６、および適応フィルタ１１８に出力される。

【０１５４】

ＡＤコンバータ１０５は、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号１１２を生成する。ＡＤコンバータ１０５で生成された収音信号１１２は、信号決定部１１６および適応フィルタ１１８に出力される。

【０１５５】

ＡＤコンバータ１０６は、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）から出力されたアナログ信号を所定のサンプリングレートでサンプリングしてデジタル信号に変換し、収音信号１１３を生成する。ＡＤコンバータ１０６で生成された収音信号１１３は、信号決定部１１６および適応フィルタ１１８に出力される。

【０１５６】

音声の周波数帯域は、おおよそ１００Ｈｚから４０００Ｈｚ程度である。よって、ＡＤコンバータ１０４、１０５、１０６におけるサンプリング周波数を８ｋＨｚ～１２ｋＨｚ程度とすることで、音声成分を含むアナログ信号をデジタル信号として取り扱うことができる。

【０１５７】

音声区間判定器１１５は、ＡＤコンバータ１０４から出力された収音信号１１１に基づき音声区間を判定する。そして、音声区間判定器１１５は、音声区間と判定した場合、信号決定部１１６および適応フィルタ制御部１１７に音声区間情報１２３、１２４をそれぞれ出力する。

【０１５８】

音声区間判定器１１５における音声区間判定処理には任意の技術を用いることができる。しかし、ノイズレベルが高い環境下でノイズ低減装置が使用される場合は、高い精度で音声区間を判定する必要がある。この場合、例えば特願２０１０－２６０７９８に記載されている技術（音声区間判定技術Ａ）や、特願２０１１－０２０４５９に記載されている技術（音声区間判定技術Ｂ）を用いることで、音声区間を高い精度で判定することができる。なお、音声区間判定技術Ａ、音声区間判定技術Ｂについては、実施の形態１で説明したので、重複した説明は省略する。

【０１５９】

また、図１１に示すノイズ低減装置３では、音声は音声用マイクロフォン１０１において収音される確率が高いことを前提とし、音声区間判定器１１５が、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１のみに基づき音声区間を判定する場合を示した。しかしながら、ノイズ低減装置の使用状況によっては、音声用マイクロフォン１０１よりも参照音用マイクロフォンＡ（１０２）や参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の方が多く音声を収音する場合も考えられる。よって、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１以外に、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２や参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３に基づき、音声区間判定器１１５が音声区間を判定するように構

成してもよい。

【０１６０】

信号決定部１１６は、収音信号１１１、収音信号１１２、および収音信号１１３の中からノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、当該決定された２つの収音信号の位相差情報を取得する。信号決定部１１６は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する収音信号選択情報１２５と、当該決定された２つの収音信号の位相差情報１２６を適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１６１】

なお、実施の形態１で説明した理由から、収音信号１１１と収音信号１１２の位相差、収音信号１１１と収音信号１１３の位相差、収音信号１１２と収音信号１１３の位相差を取得する場合は、信号決定部１１６に入力される収音信号１１１、収音信号１１２、および収音信号１１３のサンプリング周波数を２４ｋＨｚ以上にするとよい。

【０１６２】

また、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３では、参照音用マイクロフォンを２つ備えている。この場合は、例えば図１９（ｂ）や図２１（ｂ）に示すように、２つの参照音用マイクロフォンを対角線上に所定の距離を隔てて配置することが好ましい。このように配置することで、例えば図１９（ｂ）に示す音声入力装置や図２１（ｂ）に示す無線通信装置を持つ手の影響で、一方の参照音用マイクロフォンの音の経路が妨げられてとしても、他方の参照音用マイクロフォンを用いることで、適切に音声方向を検知することができる。

【０１６３】

図１２は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３が備える信号決定部１１６を示すブロック図である。図１２に示す信号決定部１１６は、相互相関値算出部１３１、パワー情報取得部１３２、位相差情報取得部１３３、参照信号選択部１３４、相互相関値算出部１３５、位相差算出部１３６、および判定部１３７を備える。

【０１６４】

相互相関値算出部１３１は、音声区間判定器１１５において音声区間であると判定された場合、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２と参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３とを用いて、収音信号１１２と収音信号１１２の相関関係に関する情報を取得し、この取得した情報を位相差情報取得部１３３に出力する。位相差情報取得部１３３は、相関が高いと判断された２つの信号波形の位相差を求めることで、収音信号１１２の音声成分の位相と収音信号１１３の音声成分の位相の位相差を求めることができる。また、位相差情報取得部１３３は、取得した収音信号１１２と収音信号１１３の位相差情報を参照信号選択部１３４および判定部１３７に出力する。

【０１６５】

ここで、相互相関値算出部１３１で収音信号１１２と収音信号１１２の相関関係に関する情報を取得する方法と、位相差算出部１３３で収音信号１１２と収音信号１１３の位相差を求める方法は、図４の音声方向検知器１６’で説明した方法（特に、相互相関値算出部５５、位相差情報取得部５６を参照）と同様であるので、重複した説明は省略する。

【０１６６】

なお、本実施の形態において、信号決定部１１６は音声区間判定器１１５において音声区間であると判定された場合に位相差を算出している。よって、収音信号にノイズが混入している場合であっても高い精度で位相差を算出することができる。

【０１６７】

また、パワー情報取得部１３２は、音声区間判定器１１５において音声区間であると判定された場合、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２の大きさと、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３の大きさとに基づき、パワー情報（つまり、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比やパワー差）を取得する。取得したパワー情報は参照信号選択部１３４に出力される。パワー情報取得部１３２で収音信号１１２と収音信号１１３のパワー情報を求める方法は、図５の音声方向検知器１６で説明した

方法と同様であるので、重複した説明は省略する。

【０１６８】

理想的な参照信号は、適応フィルタ１１８のフィルタ係数を精度良く更新することができるように、音声信号と明確に分離されていること、また音声に混入するノイズ成分の特性に近いことである。前者は、音声の音源に対して距離が遠い程好ましく、それは位相が最も遅れているポイントを調べることで把握することができる。当然、音声の音源からの距離が遠ければ、音声の大きさ（音圧レベル）も下がることになる。よって、ノイズ低減装置３が使用される外部環境を考慮する必要がある。つまり、音響特性の観点からみると、遮蔽物が与える影響は大きく、位相差と共にマイクロフォン開口部付近が外部に対し開放された状態であるか、すなわち、マイクロフォンに入力される音の音圧レベルが保たれているかを観察することで、良好な音響特性を維持することができるかを把握することができる。

【０１６９】

参照信号選択部１３４は、位相差情報取得部１３３から出力された位相差情報とパワー情報取得部１３２から出力されたパワー情報とに基づき、収音信号１１２および収音信号１１３のうち参照信号として適切な収音信号を選択する。このように、参照信号の選択に位相差情報とパワー情報とを用いることで、参照信号を選択する際に外部環境による影響を反映することができる。

【０１７０】

相互相関値算出部１３５は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１と、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８とを用いて、これらの収音信号の相関関係に関する情報を取得し、この取得した情報を位相差算出部１３６に出力する。位相差算出部１３６は、相関が高いと判断された２つの信号波形の位相差を求めることで、収音信号１１１の音声成分の位相と、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８の音声成分の位相との位相差を求めることができる。位相差算出部１３６は、取得した位相差情報を判定部１３７に出力する。

【０１７１】

ここで、相互相関値算出部１３５で収音信号１１１と、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８の相関関係に関する情報を取得する方法と、位相差算出部１３６でこれらの収音信号の位相差を求める方法は、図４の音声方向検知器１６’で説明した方法（特に、相互相関値算出部５５、位相差情報取得部５６を参照）と同様であるので、重複した説明は省略する。

【０１７２】

なお、図１２に示す信号決定部１１６では、相互相関値算出部１３１と相互相関値算出部１３５、および位相差算出部１３３と位相差算出部１３６はそれぞれ別々に設けられているが、これらは同様の処理をするため共通化してもよい。

【０１７３】

判定部１３７は、位相差算出部１３６から出力された位相差情報に基づき、収音信号１１１を音声信号として使用できるか、また、参照信号選択部１３４で選択された収音信号（つまり、収音信号１１２または１１３）を参照信号として使用できるか判定する。そして、判定部１３７は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、選択された２つの収音信号に関する収音信号選択情報１２５を適応フィルタ制御部１１７に出力する。また、判定部１３７は、選択された２つの収音信号の位相差情報１２６を適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１７４】

次に、信号決定部１１６における動作について説明する。図１３および図１４は、信号決定部１１６の動作を説明するためのフローチャートである。図１３は参照用マイク路フォンを選択する参照用マイクロフォン選択処理である。

図１３に示すように信号決定部１１６は、まず、位相差を比較する際に基準となる参照音用マイクロフォンと比較対象となる参照音用マイクロフォンを設定する（ステップＳ２

１）。例えば、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）を基準とし、参照音用マイクロフォンＢ（１０３）を比較対象とする。次に、相互相関値算出部１３１および位相差情報取得部１３３において、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）の収音信号１１２と参照音用マイクロフォンＢ（１０３）の収音信号１１３の位相差情報を取得する。また、パワー情報取得部１３２において、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー情報（この場合は、パワー比）を取得する（ステップＳ２２）。

【０１７５】

次に、参照信号選択部１３４は、収音信号１１２と収音信号１１３に所定の位相差があるか判断する（ステップＳ２３）。すなわち、収音信号１１２と収音信号１１３の位相差が所定の範囲内であるか（つまり、－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たすか）判断する。ここで、Ｔは所定の基準値であり、任意に設定することができる。－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ２３：Ｙｅｓ）、所定の位相差がないと判断される。この場合、参照信号選択部１３４は、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）に基づき選択する信号を決定する。例えば、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が１よりも大きい場合（ステップＳ２４：Ｙｅｓ）、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）を選択する（ステップＳ２８）。一方、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が１よりも小さい場合（ステップＳ２４：Ｎｏ）、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）を選択する（ステップＳ２９）。なお、ステップＳ２４ではパワー比の基準を１としたが、この値はこれに限定されることはなく、任意に変更することができる。例えば、ステップＳ２３における位相差の基準値Ｔに応じて変更してもよい。

【０１７６】

ステップＳ２３において所定の位相差がないと判断された場合、ステップＳ２４において収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比を比較することで、より適した参照信号を選択することができる。つまり、所定の位相差がない場合は、マイクロフォンの開口部に遮蔽物等の要因がない限り、収音信号１１２と収音信号１１３との間でパワー差が生じない。しかし、マイクロフォンの開口部が話者の手や衣服等の遮蔽物により遮られたりした場合は、収音信号の音圧レベルが下がる。ここで、遮蔽物は音響特性に影響を及ぼし、適応フィルタにおいてノイズ成分を擬似的に生成する際に悪影響を及ぼす。よって、遮蔽物の影響が少ない信号を選択することで、より適した参照信号を選択することができる。

【０１７７】

－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ２３：Ｎｏ）、所定の位相差があると判断される。この場合、参照信号選択部１３４は、どちらの位相が早いか判断する。つまり、位相差≧Ｔの条件を満たすか判断する（ステップＳ２５）。位相差≧Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ２５：Ｙｅｓ）、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）の位相が先行している。このとき、参照信号の候補は位相が遅い信号であるので、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）が参照信号の候補となる。そして、収音信号１１３と収音信号１１２のパワー比（Ｂ／Ａ）が所定の値Ｐよりも大きい場合（ステップＳ２６：Ｙｅｓ）、収音信号１１３のパワーが確保されている（つまり、遮蔽物等の影響が少ない）と判断することができるので、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）を参照信号として選択する。

【０１７８】

一方、収音信号１１３と収音信号１１２のパワー比（Ｂ／Ａ）が所定の値Ｐ以下である場合（ステップＳ２６：Ｎｏ）、遮蔽物等の影響で収音信号１１３のパワーが確保されていないと判断することができる。よって、この場合は、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）を参照信号として選択する。信号のパワーは音源との距離の二乗に比例して減衰する。よって、位相差がある場合、位相が遅い（つまり、音源より遠い）信号は位相が早い信号に対して信号のパワーが減衰している。パワー比の所定の値Ｐはこの位相差を考慮した減衰量を加味し、更に遮蔽物による影響が無視できないような減衰量を加えて求めたしきい値である。

【０１７９】
また、位相差≧Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ２５：Ｎｏ）、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）の位相が先行している。このとき、参照信号の候補は位相が遅い信号であるので、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）が参照信号の候補となる。そして、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が所定の値Ｐよりも大きい場合（ステップＳ２７：Ｙｅｓ）、収音信号１１２のパワーが確保されている（つまり、遮蔽物等の影響が少ない）と判断することができるので、収音信号１１２（つまり、参照音用マイクロフォンＡ）を参照信号として選択する。
【０１８０】
一方、収音信号１１２と収音信号１１３のパワー比（Ａ／Ｂ）が所定の値Ｐ以下である場合（ステップＳ２７：Ｎｏ）、遮蔽物等の影響で収音信号１１２のパワーが確保されていないと判断することができるので、収音信号１１３（つまり、参照音用マイクロフォンＢ）を参照信号として選択する。
【０１８１】
参照信号選択部１３４は、上記処理により選択された参照音用マイクロフォン（収音信号）を候補として決定する（ステップＳ３４）。そして、全ての参照音用マイクロフォンの調査が終了した場合は（ステップＳ３５：Ｙｅｓ）、上記処理により選択された参照音用マイクロフォンを使用することを決定する（ステップＳ３６）。一方、全ての参照音用マイクロフォンの調査が終了していない場合は（ステップＳ３５：Ｎｏ）、再びステップＳ２１～Ｓ３４の処理を繰り返す。このとき、例えば、上記処理により選択された参照音用マイクロフォンを基準とし、新たに調査対象となった参照音用マイクロフォンを比較対象とする。
【０１８２】
以上の処理により、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１が音声信号の候補とされ、参照音用マイクロフォンＡ（１０２）および参照音用マイクロフォンＢ（１０３）のうち選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）が参照信号の候補とされる。
【０１８３】
なお、以上で説明した処理では、参照信号選択部１３４が、位相差情報取得部１３３から出力された位相差情報と、パワー情報取得部１３２から出力されたパワー比とに基づいて、参照信号として適切な収音信号を選択していた。しかし、参照信号選択部１３４は、位相差情報取得部１３３から出力された位相差情報のみに基づいて、参照信号として適切な収音信号を選択してもよい。この場合、図１２に示した信号決定部１１６が備えるパワー情報取得部１３２を省略することができる。また、図１３におけるステップＳ２４、Ｓ２６、Ｓ２７を省略することができる。このとき、ステップＳ２３において所定の位相差がないと判断された場合（ステップＳ２３：Ｙｅｓ）、収音信号１１２または収音信号１１３を参照信号として選択することができる。また、ステップＳ２５において収音信号１１２が先行していると判断された場合（ステップＳ２５：Ｙｅｓ）、収音信号１１３を参照信号として選択することができる。また、ステップＳ２５において収音信号１１３が先行していると判断された場合（ステップＳ２５：Ｎｏ）、収音信号１１２を参照信号として選択することができる。
【０１８４】
音声用マイクロフォン１０１と音声の音源である話者の口元との位置関係が良好な状態である場合（例えば、頭部に固定されるヘッドセットやヘルメットに音声用マイクロフォンが固定されている場合など）、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を音声信号として、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を参照信号として使用することができる。
【０１８５】
しかしながら、例えばトランシーバーやスピーカーマイクロフォン装置では、音声を発する音源と、音声を収音する音声用マイクロフォンとの位置関係が一定とならない場合が

ある。このため、例えば音声用マイクロフォンに向かって音声を発しない場合や、参照音用マイクロフォンの開口部に向かって音声を発する場合など、適切な状態でノイズ低減装置が使用されない場合が想定される。よって、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を音声信号として、また選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を参照信号として、それぞれ使用可能かどうかを検証する必要がある。このような検証処理を実施することで、最もノイズ低減効果が高いと推定される音声信号と参照信号の組み合わせを、収音信号１１１～１１３の中から選択することができる。図１４は、このような検証処理を説明するためのフローチャートである。

【０１８６】

図１４に示すように信号決定部１１６は、まず、音声用マイクロフォン１０１を基準とし、図１３に示した参照用マイクロフォン選択処理のステップＳ３６で選択された参照音用マイクロフォンを比較対象として決定する（ステップＳ４１）。次に、相互相関値算出部１３５および位相差算出部１３６において、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１に含まれる音声成分の位相と、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号１３８に含まれる音声成分の位相の位相差情報を取得する（ステップＳ４２）。

【０１８７】

判定部１３７は、収音信号１１１と選択された収音信号１３８に所定の位相差があるか判断する（ステップＳ４３）。すなわち、収音信号１１１と選択された収音信号１３８の位相差が所定の範囲内であるか（つまり、－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たすか）判断する。－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ４３：Ｙｅｓ）、所定の位相差がないと判断される。この場合、収音信号１１１には選択された収音信号１３８（最も位相遅れがある収音信号）と同程度の位相遅れがあることが推測されるので、最も位相が早い参照音用マイクロフォンの収音信号（つまり、参照信号選択部１３４で選択されなかった方の収音信号）を音声信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号を参照信号とする（ステップＳ４５）。

【０１８８】

つまり、参照信号選択部１３４で選択された収音信号１３８は、最も位相遅れがある収音信号であるので、収音信号１１１と選択された収音信号１３８の位相差が所定の範囲内であるということは、収音信号１１１も最も位相遅れがある収音信号と同程度の位相遅れがあると推測することができる。この場合は、音声用マイクロフォン１０１が音声を収音する役割を果たしていないと推測される。よって、ステップＳ４５では、最も位相が早い参照音用マイクロフォンの収音信号（つまり、参照信号選択部１３４で選択されなかった方の収音信号）を音声信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号を参照信号としている。

【０１８９】

なお、参照音用マイクロフォンが３つ以上ある場合は、図１３に示した位相遅れが最大となる収音信号を検出する処理と類似した処理を行うことで、最も位相が早い参照音用マイクロフォンの収音信号を決定することができる。図１３に示した処理では、位相が遅れている方の収音信号を選択する処理を実施したが、最も位相が早い収音信号を決定する場合は、位相が早い方の収音信号を選択する処理を繰り返して実施すればよい。

【０１９０】

一方、－Ｔ＜位相差＜Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ４３：Ｎｏ）、基準信号と比較対象の信号には所定の位相差があると判断される。この場合、判定部１３７は、位相差≧Ｔの条件を満たすか判断する（ステップＳ４４）。位相差≧Ｔの条件を満たす場合（ステップＳ４４：Ｙｅｓ）、収音信号１１１（つまり、音声用マイクロフォン１０１）の位相が先行している。この場合は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を音声信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を参照信号とする（ステップＳ４６）。

【０１９１】

また、位相差≧Ｔの条件を満たさない場合（ステップＳ４４：Ｎｏ）、選択された参照

音用マイクロフォンの収音信号１３８の位相が先行している。このような場合、例えば話者が参照音用マイクロフォンに向かって発話していると考えられる。よって、この場合は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１を参照信号とし、選択された参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）を音声信号とする（ステップＳ４７）。

【０１９２】

判定部１３７は、上記処理に基づき、適応フィルタ１１８におけるノイズ低減処理に用いられるマイクロフォンを決定し、これらの位相差情報を決定する（ステップＳ４８）。判定部１３７は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する情報を収音信号選択情報１２５として適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１９３】

また、判定部１３７は、音声用マイクロフォン１０１の収音信号１１１と参照音用マイクロフォンの収音信号（１１２または１１３）をノイズ低減処理に用いられる収音信号とした場合（ステップＳ４６、Ｓ４７の場合）、位相差算出部１３６から出力された位相差を位相差情報１２６として適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１９４】

また、判定部１３７は、参照音用マイクロフォン１０２の収音信号１１２および参照音用マイクロフォン１０３の収音信号１１３をノイズ低減処理に用いられる収音信号とした場合（ステップＳ４５の場合）、位相差算出部１３３から出力された位相差を位相差情報１２６として適応フィルタ制御部１１７に出力する。

【０１９５】

なお、図１４で説明した処理では、位相差情報に基づき、ノイズ低減処理に用いられるマイクロフォンを決定したが、位相差情報に加えてパワー情報も考慮して、ノイズ低減処理に用いられるマイクロフォンを決定してもよい。

【０１９６】

図１１に示す適応フィルタ制御部１１７は、音声区間判定器１１５から出力された音声区間情報１２４、並びに信号決定部１１６から出力されたノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する情報（収音信号選択情報）１２５および当該決定された２つの収音信号の位相差情報１２６に基づき、適応フィルタ１１８を制御するための制御信号を生成し、生成された制御信号１２７を適応フィルタ１１８に出力する。ここで、制御信号１２７は、音声区間情報１２４、収音信号選択情報１２５、および位相差情報１２６を含んでいる。

【０１９７】

適応フィルタ１１８は、収音信号１１１～１１３の中から選択された２つの収音信号を用いて、ノイズが低減された音声信号を生成し、このノイズが低減された音声信号を出力信号１２８として出力する。ここで、適応フィルタ１１８におけるノイズ低減処理に用いられる２つの収音信号は、信号決定部１１６で決定された収音信号である。適応フィルタ１１８は、音声信号に含まれたノイズ成分を低減するために、参照信号を用いて音声信号に含まれている可能性があるノイズ成分を擬似的に生成する。そして、適応フィルタ１１８は、音声信号から、この擬似的に生成したノイズ成分を差し引くことで、ノイズ低減処理を実施することができる。

【０１９８】

適応フィルタ制御部１１７は、適応フィルタ１１８が上記処理を実施するための制御信号１２７を適応フィルタ１１８に出力する。また、適応フィルタ制御部１１７に供給される音声区間情報１２４は、適応フィルタ１１８における適応フィルタ係数の更新のタイミングを決定する情報である。例えば、音声区間判定器において音声区間ではない（つまり、ノイズ区間）と判断された場合は、積極的にノイズ成分を低減するために、適応フィルタ１１８の適応フィルタ係数の更新を実施してもよい。一方、例えば、音声区間判定器において音声区間と判断された場合は、既存の適応フィルタ係数を用いて、ノイズ低減処理を実施してもよい。

【０１９９】

図１５は、適応フィルタ１１８の一例を示すブロック図である。適応フィルタ１１８は、遅延素子１７１_１～１７１_ｎ、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１、加算器１７３_１～１７３_ｎ、適応係数調整部１７４、減算器１７５、出力信号選択部１７６、およびセレクタ１７７を備える。

【０２００】

セレクタ１７７は、適応フィルタ制御部１１７から出力された制御信号１２７に応じて、収音信号１１１～１１３のうちの２つを、音声信号１８１および参照信号１８２として出力する。すなわち、セレクタ１７７は、信号決定部１１６から出力された収音信号選択情報１２５に基づいて、収音信号１１１～１１３のうちの２つを選択し、一方を音声信号１８１として他方を参照信号１８２として出力する。

【０２０１】

遅延素子１７１_１～１７１_ｎ、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１、および加算器１７３_１～１７３_ｎは、ＦＩＲフィルタを構成する。遅延素子１７１_１～１７１_ｎ、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１、および加算器１７３_１～１７３_を用いて参照信号１８２を処理することで、擬似ノイズ信号１８３が生成される。

【０２０２】

適応係数調整部１７４は、制御信号１２７（例えば、位相差情報１２６や音声区間信号１２４）に応じて、乗算器１７２_１～１７２_ｎ＋１の係数を調整する。すなわち、適応係数調整部１７４は、音声区間情報１２４がノイズ区間（非音声区間）を示している場合、適応誤差が少なくなるように係数を調整する。一方、音声区間情報１２４が音声区間を示している場合、適応フィルタ１１８の係数を維持するか、または係数を微調整する。更に、適応係数調整部１７４は、音声信号と参照信号の位相差が所定の範囲内である場合（つまり、位相差がほとんどない場合）は、適応フィルタ１１８の係数を維持するか、または係数を微調整するのみとする。音声信号と参照信号の位相差がほとんどない場合は、適切ではない方向から音声が到来していると推測することができるため、ノイズ低減処理によるノイズ低減効果を意識的に落とすことにより音声成分がキャンセルされることを抑制することができる。

【０２０３】

減算器１７５は、音声信号１８１から疑似ノイズ信号１８３を差し引くことで、ノイズ低減処理後の信号１８４を生成し、出力信号選択部１７６に出力する。また、減算器１７５は、音声信号１８１から疑似ノイズ信号１８３を差し引くことで、フィードバック用の信号１８５を生成し、適応係数調整部１７４に出力する。

【０２０４】

出力信号選択部１７６は、適応フィルタ制御部１１７から出力された制御信号１２７（例えば、信号決定部１１６から出力された位相差情報１２６）に応じて、音声信号１８１を出力信号１２８としてそのまま出力するか、またはノイズ低減処理後の信号１８４を出力信号１２８として出力するかを選択する。例えば、音声信号と参照信号の位相差がほとんどない場合は、出力信号選択部１７６は音声信号１８１を出力信号１２８としてそのまま出力する。一方、音声信号と参照信号の位相差が所定の値以上である場合は、出力信号選択部１７６はノイズ低減処理後の信号１８４を出力信号１２８として出力する。

【０２０５】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３の動作について説明する。図１６は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置３の動作を説明するためのフローチャートである。

【０２０６】

信号決定部１１６で生成される収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６は、音声区間であることが確実な場合に更新される。よって、予め収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を初期化し、所定の初期値に設定する（ステップＳ５１）。ここで初期値とは、例えばノイズ低減装置を備える機器が適切な状態で使用された場合（マイクロフォンの位置が適切な状態で使用された場合）に設定されるパラメータである。

【０２０７】

次に、音声区間判定器１１５を用いて、音声用マイクロフォン１０１において収音された音が音声区間であるか否かを判定する（ステップＳ５２）。この際、音声区間と判定するための条件を厳しくすることで、音声区間を確実に判定することができる。

【０２０８】

音声区間判定器１１５は、音声区間を検出した場合（ステップＳ５３：Ｙｅｓ）、信号決定部１１６および適応フィルタ制御部１１７に音声区間情報１２３、１２４をそれぞれ出力する。そして、信号決定部１１６は、収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を取得する（ステップＳ５４）。信号決定部１１６は、図１３および図１４に示した処理を実施することで、収音信号選択情報１２５と位相差情報１２６を取得することができる。

【０２０９】

適応フィルタ制御部１１７は、適応フィルタ１１８に供給する制御信号１２７に含まれる収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を、新規に求めた情報に更新する（ステップＳ５５）。一方、音声区間判定器１１５において音声区間ではないと判断された場合（ステップＳ５３：Ｎｏ）、適応フィルタ制御部１１７は、適応フィルタ１１８に供給する制御信号１２７に含まれる収音信号選択情報１２５と位相差情報１２６を更新しない。

【０２１０】

次に、適応フィルタ１１８のセレクタ１７７において、収音信号選択情報１２５に基づいて収音信号１１１～１１３の中から音声信号と参照信号を選択する（ステップＳ５６）。そして、適応フィルタ１１８は、選択された２つの収音信号を用いてノイズ低減処理を実施する（ステップＳ５７）。

【０２１１】

ノイズ低減装置３は、音声用マイクロフォン１０１等により音（音声やノイズ）を受信しているか否かをチェックする（ステップＳ５８）。そして、音を受信している場合（ステップＳ５８：Ｙｅｓ）、ステップＳ５２以降の処理を繰り返す。一方、音を受信していない場合（ステップＳ５８：Ｎｏ）、ノイズ低減装置３によるノイズ低減処理が終了する。

【０２１２】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置３では、音声区間判定器１１５を用いることで、ノイズレベルが高い場合であっても音声が発せられている区間を判定することができる。そして、音声区間判定器１１５で音声区間であると判定されている場合に、信号決定部１１６で、収音信号１１１～１１３のうちノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、当該決定された２つの収音信号の位相差情報を更新している。よって、信号決定部１１６における情報処理量を低減することができる。また、信号決定部１１６は音声区間において収音信号選択情報と位相差情報を更新しているので、信頼性の高い収音信号選択情報と位相差情報を得ることができる。また、複数の収音信号の中から、ノイズ低減処理に使用される最適な２つの収音信号を選択することができるので、ノイズ低減装置を用いた機器が様々な状態で使用された場合であっても、精度よくノイズ低減処理を実施することができる。

【０２１３】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。

【０２１４】

＜実施の形態３＞

次に、本発明の実施の形態３について説明する。

図１７は、実施の形態３にかかるノイズ低減装置４を示すブロック図である。本実施の形態にかかるノイズ低減装置４は、音声用マイクロフォン２０１の収音信号２１１に加えて、参照音用マイクロフォン２０２、２０３の収音信号２１２、２１３も音声区間判定器

２１５に供給されている点、および信号決定部２１６が音声区間判定器２１５に対して収音信号選択情報２２３を供給している点が、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３と異なる。これ以外は、実施の形態２で説明したノイズ低減装置３と同様であるので、適宜、重複した説明は省略する。

【０２１５】

図１７に示すノイズ低減装置４は、音声用マイクロフォン２０１、参照音用マイクロフォンＡ（２０２）、参照音用マイクロフォンＢ（２０３）、ＡＤコンバータ２０４、２０５、２０６、音声区間判定器２１５、信号決定部２１６、適応フィルタ制御部２１７、および適応フィルタ２１８を有する。

【０２１６】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置４が備える音声用マイクロフォン２０１、参照音用マイクロフォン２０２、２０３、およびＡＤコンバータ２０４、２０５、２０６はそれぞれ、図１１で説明した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３が備える音声用マイクロフォン１０１、参照音用マイクロフォン１０２、１０３、およびＡＤコンバータ１０４、１０５、１０６と同様の構成であるので、重複した説明は省略する。

【０２１７】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置では、ＡＤコンバータ２０４、２０５、２０６からそれぞれ出力された収音信号２１１、２１２、２１３は、音声区間判定器２１５、信号決定部２１６、および適応フィルタ２１８に供給される。

【０２１８】

信号決定部２１６は、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３の中から、音声区間判定器２１５における音声区間判定に用いる収音信号を決定し、音声区間判定に用いる収音信号に関する情報を収音信号選択情報２２３として音声区間判定器２１５に出力する。ノイズ低減装置に音声が入力されている場合、音声を含む収音信号の位相が最も早いとみなすことができる。よって、信号決定部２１６は、例えば、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３のうち位相が最も早い収音信号を音声区間判定に用いる収音信号として決定することができる。

【０２１９】

例えば、信号決定部２１６の構成は図１２に示した信号決定部１１６の構成と同様であり、信号決定部２１６の動作は、図１３および図１４に示したフローチャートに示した動作と同様である。すなわち、信号決定部２１６は、図１４に示したフローチャートのステップＳ４５～Ｓ４７において音声信号とみなされた収音信号を、音声区間判定に用いる収音信号として決定することができる。

【０２２０】

また、信号決定部２１６は、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３の中からノイズ低減処理に用いる２つの収音信号を決定し、当該決定された２つの収音信号の位相差情報を取得する。信号決定部２１６は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する収音信号選択情報２２５と、当該決定された２つの収音信号の位相差情報２２６を適応フィルタ制御部２１７に出力する。

【０２２１】

音声区間判定器２１５は、収音信号２１１、収音信号２１２、および収音信号２１３のうち、信号決定部２１６から出力された信号選択情報２２３に応じて選択された収音信号を用いて音声区間を判定する。そして、音声区間判定器２１５は、音声区間と判定した場合、適応フィルタ制御部２１７に音声区間情報２２４を出力する。

【０２２２】

音声区間判定器２１５における音声区間判定処理には任意の技術を用いることができる。しかし、ノイズレベルが高い環境下でノイズ低減装置が使用される場合は、高い精度で音声区間を判定する必要がある。この場合、例えば特願２０１０－２６０７９８に記載されている技術（音声区間判定技術Ａ）や、特願２０１１－０２０４５９に記載されている技術（音声区間判定技術Ｂ）を用いることで、音声区間を高い精度で判定することができ

る。なお、音声区間判定技術Ａ、音声区間判定技術Ｂについては、実施の形態１で説明したので、重複した説明は省略する。

【０２２３】

適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５から出力された音声区間情報２２４に応じて、適応フィルタ２１８の制御に用いる収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を決定する。すなわち、適応フィルタ制御部２１７には、信号決定部２１６から出力された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６が所定のタイミング毎に供給されている。しかし、この中には音声区間以外のタイミングにおいて取得された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６も含まれている。音声区間以外のタイミングにおいて取得された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６は、精度が低い情報である。

【０２２４】

これに対して、音声区間判定器２１５が音声区間と判定した場合における収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６は、精度が高い情報である。よって、適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５において音声区間と判定されたタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を、適応フィルタ２１８の制御に用いる収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６と決定する。このように、音声区間における収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を適応フィルタ２１８の制御に用いることで、適応フィルタ２１８において精度よくノイズを低減することができる。

【０２２５】

ここで、音声区間情報２２４は音声区間判定器２１５における音声区間判定処理の後に適応フィルタ制御部２１７に出力される。よって、所定のタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６が適応フィルタ制御部２１７に供給されるタイミングは、当該所定のタイミングに対応する音声区間情報２２４が適応フィルタ制御部２１７に供給されるタイミングよりも早い。よって、適応フィルタ制御部２１７はこれらのタイミングを調整するために、供給された収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を一時的に保持することができるバッファを備えていてもよい。このように適応フィルタ制御部２１７において収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を一時的に保持することで、音声区間情報２２４に対応した収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を選択することができる。

【０２２６】

また、適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５から出力された音声区間情報２２４、並びに収音信号選択情報（ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する情報）２２５および当該決定された２つの収音信号の位相差情報２２６に基づき、適応フィルタ２１８を制御するための制御信号２２７を生成し、生成された制御信号２２７を適応フィルタ２１８に出力する。ここで、制御信号２２７は、音声区間情報２２４、収音信号選択情報２２５、および位相差情報２２６を含んでいる。

【０２２７】

適応フィルタ２１８は、収音信号２１１～２１３の中から選択された２つの収音信号を用いて、ノイズが低減された音声信号を生成し、このノイズが低減された音声信号を出力信号２２８として出力する。ここで、適応フィルタ２１８におけるノイズ低減処理に用いられる２つの収音信号は、信号決定部２１６で決定された収音信号である。適応フィルタ２１８は、音声信号に含まれたノイズ成分を低減するために、参照信号を用いて音声信号に含まれている可能性があるノイズ成分を擬似的に生成する。そして、適応フィルタ２１８は、音声信号から、この擬似的に生成したノイズ成分を差し引くことで、ノイズ低減処理を実施することができる。

【０２２８】

本実施の形態にかかるノイズ低減装置４が備える適応フィルタ制御部２１７は、図１１で説明した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３が備える適応フィルタ制御部１１７と同様の構成であるので、重複した説明は省略する。また、本実施の形態にかかるノイズ低

減装置４が備える適応フィルタ２１８は、図１１、図１５で説明した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３が備える適応フィルタ１１８と同様の構成であるので、重複した説明は省略する。

【０２２９】

次に、本実施の形態にかかるノイズ低減装置４の動作について説明する。図１８は、本実施の形態にかかるノイズ低減装置４の動作を説明するためのフローチャートである。

【０２３０】

信号決定部２１６で生成される収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６は、音声区間であることが確実な場合に更新される。よって、信号決定部２１６は予め収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を初期化し、所定の初期値に設定する（ステップＳ６１）。ここで初期値とは、例えばノイズ低減装置を備える機器が適切な状態で使用された場合（マイクロフォンの位置が適切な状態で使用された場合）に設定されるパラメータである。

【０２３１】

次に、信号決定部２１６は、収音信号２１１～２１３を用いて、収音信号選択情報２２３、２２５および位相差情報２２６を取得する（ステップＳ６２）。そして、信号決定部２１６は、音声区間判定に用いる収音信号に関する収音信号選択情報２２３を音声区間判定器２１５に出力する。また、信号決定部２１６は、ノイズ低減処理に用いる２つの収音信号に関する収音信号選択情報２２５と、当該決定された２つの収音信号の位相差情報２２６を適応フィルタ制御部２１７に出力する。

【０２３２】

次に、音声区間判定器２１５は、収音信号選択情報２２３に応じた収音信号を用いて音声区間を判定する（ステップＳ６３）。音声区間判定器２１５は、音声区間を検出した場合（ステップＳ６４：Ｙｅｓ）、適応フィルタ制御部２１７に音声区間情報２２４を出力する。そして、適応フィルタ制御部２１７は、収音信号選択情報および位相差情報を、音声区間判定器２１５において音声区間と判定されたタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６に更新する（ステップＳ６５）。一方、音声区間判定器２１５において音声区間ではないと判断された場合（ステップＳ６４：Ｎｏ）、適応フィルタ制御部２１７は、収音信号選択情報および位相差情報を更新しない。

【０２３３】

次に、適応フィルタ２１８のセレクタ（図１５のセレクタ１７７に対応）において、収音信号選択情報２２５に基づいて収音信号２１１～２１３の中から音声信号と参照信号を選択する（ステップＳ６６）。そして、適応フィルタ２１８は、選択された２つの収音信号を用いてノイズ低減処理を実施する（ステップＳ６７）。

【０２３４】

ノイズ低減装置４は、音声用マイクロフォン２０１等により音（音声やノイズ）を受信しているか否かをチェックする（ステップＳ６８）。そして、音を受信している場合（ステップＳ６８：Ｙｅｓ）、ステップＳ６２以降の処理を繰り返す。一方、音を受信していない場合（ステップＳ６８：Ｎｏ）、ノイズ低減装置４によるノイズ低減処理が終了する。

【０２３５】

図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３では、音声用マイクロフォン１０１で収音された収音信号１１１を、音声区間判定器１１５における音声区間判定に用いていた。この場合は、音声用マイクロフォン１０１で収音された収音信号１１１に主として音声が含まれていることが好ましく、例えば音声用マイクロフォン１０１と話者の口元とが一定の距離を隔てて安定した状態で使用されている状態を想定している。この用法では、音声区間判定器１１５は、音声用マイクロフォン１０１で収音された収音信号１１１について音声区間判定を実施すればよい。また、信号決定部１１６は、音声区間判定と判定された場合にのみ収音信号選択情報１２５および位相差情報１２６を取得すればよく、信号処理の負荷を低減することができるという利点があった。

【０２３６】
このように、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３では、音声用マイクロフォン１０１と話者の口元とが一定の距離を隔てて安定した状態で使用されている状態を想定している。しかしながら、ノイズ低減装置を用いた機器の中には、例えば、話者の使用状況によって、音声用マイクロフォンと話者の口元との距離が一定とならずに不安定な状態で使用される場合がある。この場合は、音声用マイクロフォンよりも参照音用マイクロフォンのほうが音声を多く収音することができる場合もある。
【０２３７】
本実施の形態にかかるノイズ低減装置４では、信号決定部２１６において、収音信号２１１～２１３の中から、音声区間判定器２１５における音声区間判定に用いる収音信号を決定している。そして、音声区間判定器２１５は、信号決定部２１６で決定された収音信号を用いて音声区間を判定している。更に、適応フィルタ制御部２１７は、音声区間判定器２１５において音声区間であると判定されたタイミングにおける収音信号選択情報２２５および位相差情報２２６を用いて、適応フィルタ２１８を制御している。よって、ノイズレベルが高い場合であっても音声が発せられている区間を精度よく判定することができる。また、複数の収音信号の中からノイズ低減処理に使用される最適な２つの収音信号を選択することができるので、ノイズ低減装置を用いた機器が様々な状態で使用された場合であっても、精度よくノイズ低減処理を実施することができる。
【０２３８】
以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置、音声入力装置、無線通信装置、およびノイズ低減方法を提供することが可能となる。
【０２３９】
＜実施の形態４＞
次に、本発明の実施の形態４について説明する。
以下では、３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置を、音声入力装置や無線通信装置に適用した場合について説明する。３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置として、例えば実施の形態２または３にかかるノイズ低減装置を用いることができる。
【０２４０】
図１９は、３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置を用いた音声入力装置７００の一例を示す図である。図１９（ａ）は、音声入力装置７００の前面図であり、図１９（ｂ）は、音声入力装置７００の背面図である。図１９に示すように、音声入力装置７００はコネクタ７０３を介して無線通信装置７１０に接続可能に構成されている。無線通信装置７１０は一般的な無線機であり、所定の周波数において他の無線通信装置と通信可能に構成されている。無線通信装置７１０には音声入力装置７００を介して話者の音声が入力される。
【０２４１】
音声入力装置７００は、本体７０１、コード７０２、及びコネクタ７０３を有する。本体７０１は、話者の手で把持されるのに適するサイズ及び形状に構成されており、マイクロフォン、スピーカー、電子回路、ノイズ低減装置を内蔵する。図１９（ａ）に示すように、本体７０１の前面にはスピーカー７０６および音声用マイクロフォン７０５が設けられている。図１９（ｂ）に示すように、本体７０１の背面には参照音用マイクロフォン７１１、７１２およびベルトクリップ７０７が設けられている。本体７０１の頂面には、ＬＥＤ７０９が設けられている。本体７０１の側面にはＰＴＴ（Push To Talk）７０４が設けられている。ＬＥＤ７０９は、音声入力装置７００による話者の音声の検出状態を話者に対して報知する。ＰＴＴ７０４は、無線通信装置７１０を音声送信状態とするためのスイッチであり、突起状部分が筐体内に押し込まれることを検出する。
【０２４２】
例えば、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３を音声入力装置７００

に適用した場合、ノイズ低減装置３が備える音声用マイクロフォン１０１が音声入力装置７００の音声用マイクロフォン７０５に対応し、ノイズ低減装置が備える２つの参照音用マイクロフォン１０２、１０３が音声入力装置７００の参照音用マイクロフォン７１１、７１２に対応する。また、ノイズ低減装置３から出力される出力信号１２８は、音声入力装置７００のコード７０２を経由して無線通信装置７１０に供給される。すなわち、音声入力装置７００は、ノイズ低減装置３でノイズ低減処理された後の出力信号１２８を、無線通信装置７１０に供給する。よって、無線通信装置７１０から他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。なお、図１７に示した実施の形態３にかかるノイズ低減装置４を音声入力装置７００に適用した場合も同様である。

【０２４３】

本実施の形態にかかる音声入力装置７００において、音声用マイクロフォン（第１のマイクロフォン）７０５は表面（第１の面）に設けられている。図２０は、本実施の形態にかかる音声入力装置７００の裏面に設けられた参照音用マイクロフォン７１１、７１２の位置の詳細を説明するための図である。図２０に示すように、本実施の形態にかかる音声入力装置７００において、参照音用マイクロフォン（第２および第３のマイクロフォン）７１１、７１２は、表面（第１の面）と所定の距離を隔てて対向している裏面（第２の面）に、裏面の中心線７２１に対して互いに非対称となるように設けられている。このとき、参照音用マイクロフォン７１１、７１２は互いに距離ｄ１だけ隔てて設けられている。例えば、ｄ１は３～７ｃｍ程度とすることができる。また、表面と裏面との距離は、２～４ｃｍ程度とすることができる。なお、これらの数値は一例であり、本発明はこれらの数値に限定されることはない。

【０２４４】

このように、本実施の形態にかかる音声入力装置７００では、裏面の中心線７２１に対して互いに非対称となるように参照音用マイクロフォン７１１、７１２を配置しているので、話者が音声入力装置７００を把持した際に、参照音用マイクロフォン７１１、７１２の両方が塞がれることを防ぐことができる。よって、参照音用マイクロフォン７１１、７１２の少なくとも一方は高い確率でノイズ低減処理に利用することができる。したがって、ノイズ低減装置を用いて高精度にノイズを低減することができる。

【０２４５】

このとき、参照音用マイクロフォン７１１、７１２は、参照音用マイクロフォン７１１、７１２を互いに結ぶ線分７２２と中心線７２１とが所定の角度αで交わるように設けられていてもよい。また、参照音用マイクロフォン７１１、７１２は、中心線７２１と垂直に交わる２つの線分７３１、７３２と、中心線７２１と平行でかつ中心線７２１に対して対称に配置された２つの線分７３３、７３４とで形成される矩形７３５の対角の位置に設けられていてもよい。

【０２４６】

次に、図２１を用いて、３つのマイクロフォンを少なくとも備えたノイズ低減装置を用いた無線通信装置（トランシーバー）８００について説明する。図２１（ａ）は、無線通信装置８００の前面図であり、図２１（ｂ）は、無線通信装置８００の背面図である。図２１に示すように、無線通信装置８００は、入力ボタン８０１、表示部８０２、スピーカー８０３、音声用マイクロフォン８０４、ＰＴＴ（Push To Talk）８０５、スイッチ８０６、アンテナ８０７、蓋８０９、および参照音用マイクロフォン８１１、８１２、を備える。

【０２４７】

例えば、図１１に示した実施の形態２にかかるノイズ低減装置３を無線通信装置８００に適用した場合、ノイズ低減装置３が備える音声用マイクロフォン１０１が無線通信装置８００の音声用マイクロフォン８０４に対応し、ノイズ低減装置３が備える参照音用マイクロフォン１０２、１０３が無線通信装置８００の参照音用マイクロフォン８１１、８１２に対応する。また、ノイズ低減装置３から出力される出力信号１２８は、無線通信装置８００の内部回路において高周波処理されて、アンテナ８０７から他の無線通信装置に無

線送信される。ここで、ノイズ低減装置３から出力される出力信号１２８はノイズ低減処理が実施された信号であるので、他の無線通信装置に送信される音声はノイズ低減処理された音声となる。なお、図１７に示した実施の形態３にかかるノイズ低減装置４を無線通信装置８００に適用した場合も同様である。

【０２４８】

本実施の形態にかかる無線通信装置８００において、音声用マイクロフォン（第１のマイクロフォン）８０４は表面（第１の面）に設けられている。また、参照音用マイクロフォン（第２および第３のマイクロフォン）８１１、８１２は、表面（第１の面）と所定の距離を隔てて対向している裏面（第２の面）に、裏面の中心線に対して互いに非対称となるように設けられている。このとき、参照音用マイクロフォン８１１、８１２は互いに距離ｄ２だけ隔てて設けられている。例えば、ｄ２は３～７ｃｍ程度とすることができる。また、表面と裏面との距離は、２～４ｃｍ程度とすることができる。なお、これらの数値は一例であり、本発明はこれらの数値に限定されることはない。また、参照音用マイクロフォン８１１、８１２の配置については、図２０に示した音声入力装置の参照音用マイクロフォン７１１、７１２と同様である。

【０２４９】

このように、本実施の形態にかかる無線通信装置８００では、裏面の中心線に対して互いに非対称となるように参照音用マイクロフォン８１１、８１２を配置しているので、話者が音声入力装置８００を把持した際に、参照音用マイクロフォン８１１、８１２の両方が塞がれることを防ぐことができる。よって、参照音用マイクロフォン８１１、８１２の少なくとも一方は高い確率でノイズ低減処理に利用することができる。したがって、ノイズ低減装置を用いて高精度にノイズを低減することができる。

【０２５０】

このとき、参照音用マイクロフォン８１１、８１２は、参照音用マイクロフォン８１１、８１２を互いに結ぶ線分と中心線とが所定の角度で交わるように設けられていてもよい。また、参照音用マイクロフォン８１１、８１２は、中心線と垂直に交わる２つの線分と、中心線と平行でかつ中心線に対して対称に配置された２つの線分とで形成される矩形の対角の位置に設けられていてもよい。

【０２５１】

以上、本発明を上記実施形態に即して説明したが、上記実施形態の構成にのみ限定されるものではなく、本願特許請求の範囲の請求項の発明の範囲内で当業者であればなし得る各種変形、修正、組み合わせを含むことは勿論である。

【符号の説明】

【０２５２】

１、２、３、４　ノイズ低減装置
１１　音声用マイクロフォン
１２　参照音用マイクロフォン
１３、１４　ＡＤコンバータ
１５　音声区間判定器
１６　音声方向検知器
１７　適応フィルタ制御部
１８　適応フィルタ
２１、２２　収音信号
２３、２４　音声区間情報
２５　音声方向情報
２６　制御信号
２７　出力信号
１０１　音声用マイクロフォン
１０２、１０３　参照音用マイクロフォン
１０４、１０５、１０６　ＡＤコンバータ

１１５　音声区間判定器
１１６　信号決定部
１１７　適応フィルタ制御部
１１８　適応フィルタ
１１１、１１２、１１３　収音信号
１２３、１２４　音声区間情報
１２５　収音信号選択情報
１２６　位相差情報
１２７　制御信号
１２８　出力信号
２０１　音声用マイクロフォン
２０２、２０３　参照音用マイクロフォン
２０４、２０５、２０６　ＡＤコンバータ
２１５　音声区間判定器
２１６　信号決定部
２１７　適応フィルタ制御部
２１８　適応フィルタ
２１１、２１２、２１３　収音信号
２２３　収音信号選択情報
２２４　音声区間情報
２２５　収音信号選択情報
２２６　位相差情報
２２７　制御信号
２２８　出力信号

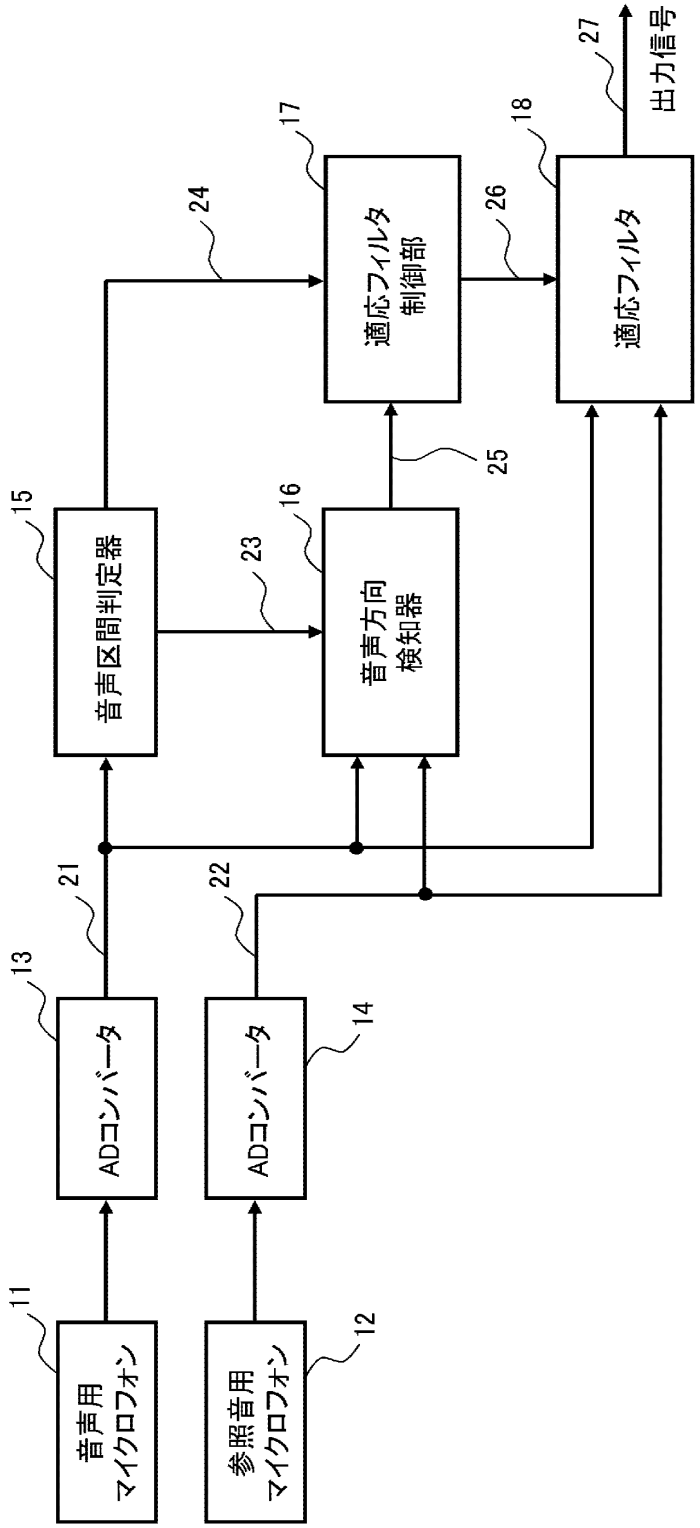
【書類名】特許請求の範囲
【請求項１】
　複数のマイクロフォンで収音された音にそれぞれ応じた複数の収音信号の位相差情報に基づき、前記複数の収音信号の中から第１の収音信号および当該第１の収音信号に含まれるノイズ成分を低減させるために用いられる第２の収音信号を決定する信号決定部と、
　前記信号決定部で決定された前記第１の収音信号に含まれるノイズ成分を前記第２の収音信号を用いて低減する適応フィルタと、を備える、
　ノイズ低減装置。
【請求項２】
　前記複数の収音信号のうちの１つの収音信号に基づき音声区間を判定する音声区間判定器を更に備え、
　前記信号決定部は、前記音声区間判定器が音声区間と判定した場合に、前記複数の収音信号の中から前記第１の収音信号および前記第２の収音信号を決定する、請求項１に記載のノイズ低減装置。
【請求項３】
　前記信号決定部で決定された前記第１の収音信号を用いて音声区間を判定する音声区間判定器を更に備え、
　前記適応フィルタは、前記音声区間判定器が音声区間と判定した場合に前記信号決定部で決定された前記第１の収音信号に含まれるノイズ成分を前記第２の収音信号を用いて低減する、
　請求項１に記載のノイズ低減装置。
【請求項４】
　前記信号決定部は、前記複数の収音信号のうち最も位相が早い収音信号を前記第１の収音信号として決定し、最も位相が遅い収音信号を前記第２の収音信号として決定する、請求項１乃至３のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項５】
　前記信号決定部は、前記複数の収音信号のうち、位相が遅く且つ収音信号のパワーが所定の値よりも大きい収音信号を前記第２の収音信号として決定する、請求項１乃至３のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項６】
　前記信号決定部は、前記複数の収音信号のうち位相が最も遅い収音信号のパワーが所定の値以下である場合、次に位相が遅く且つ収音信号のパワーが所定の値よりも大きい収音信号を前記第２の収音信号として決定する、請求項１乃至３のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項７】
　前記第１の収音信号以外の収音信号の各々の位相差が所定の範囲内である場合、前記信号決定部は、前記第１の収音信号以外の収音信号のうち、収音信号のパワーが最も大きい収音信号を前記第２の収音信号として決定する、請求項１乃至３のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項８】
　前記複数のマイクロフォンは、１つの音声用マイクロフォンと複数の参照音用マイクロフォンとを含み、
　前記複数の参照音用マイクロフォンにそれぞれ対応した複数の収音信号のうち最も位相が早い収音信号の位相が、前記音声用マイクロフォンに対応した収音信号の位相よりも早い場合、前記信号決定部は、前記参照音用マイクロフォンに対応した最も位相が早い収音信号を前記第１の収音信号として決定する、
　請求項１乃至３のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項９】
　前記複数の参照音用マイクロフォンにそれぞれ対応した複数の収音信号のうち最も位相が遅い収音信号の位相が、前記音声用マイクロフォンに対応した収音信号の位相よりも遅

い場合、前記信号決定部は、前記参照音用マイクロフォンに対応した最も位相が遅い収音信号を前記第２の収音信号として決定する、請求項８に記載のノイズ低減装置。
【請求項１０】
前記信号決定部には、前記複数の収音信号としてサンプリング周波数が２４ｋＨｚ以上の信号が供給され、
前記適応フィルタには、前記複数の収音信号としてサンプリング周波数が１２ｋＨｚ以下の信号が供給される、
請求項１乃至９のいずれか一項に記載のノイズ低減装置。
【請求項１１】
請求項１乃至１０に記載のノイズ低減装置を備えた音声入力装置であって、
前記複数のマイクロフォンのうちの第１のマイクロフォンは前記音声入力装置の第１の面に設けられ、
前記複数のマイクロフォンのうちの第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられている、
音声入力装置。
【請求項１２】
請求項１乃至１０に記載のノイズ低減装置を備えた無線通信装置であって、
前記複数のマイクロフォンのうちの第１のマイクロフォンは前記無線通信装置の第１の面に設けられ、
前記複数のマイクロフォンのうちの第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられている、
無線通信装置。
【請求項１３】
複数のマイクロフォンで収音された音にそれぞれ応じた複数の収音信号の位相差情報に基づき、前記複数の収音信号の中からノイズ低減処理に用いる第１の収音信号および第２の収音信号を決定し、
前記決定された前記第１の収音信号に含まれるノイズ成分を前記第２の収音信号を用いて低減する、
ノイズ低減方法。
【請求項１４】
ノイズ低減装置を備えた音声入力装置であって、
前記ノイズ低減装置は、主として音声成分を収音するための第１のマイクロフォンと、主としてノイズ成分を収音するための第２および第３のマイクロフォンとを備え、
前記第１のマイクロフォンは前記音声入力装置の第１の面に設けられ、
前記第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられている、
音声入力装置。
【請求項１５】
前記第２および第３のマイクロフォンは、当該第２および第３のマイクロフォンを結ぶ線分と前記中心線とが所定の角度で交わるように設けられている、請求項１４に記載の音声入力装置。
【請求項１６】
前記第２および第３のマイクロフォンは、前記中心線と垂直に交わる２つの線分と、前記中心線と平行でかつ前記中心線に対して対称に配置された２つの線分とで形成される矩形の対角の位置に設けられている、請求項１４に記載の音声入力装置。
【請求項１７】
ノイズ低減装置を備えた無線通信装置であって、
前記ノイズ低減装置は、主として音声成分を収音するための第１のマイクロフォンと、

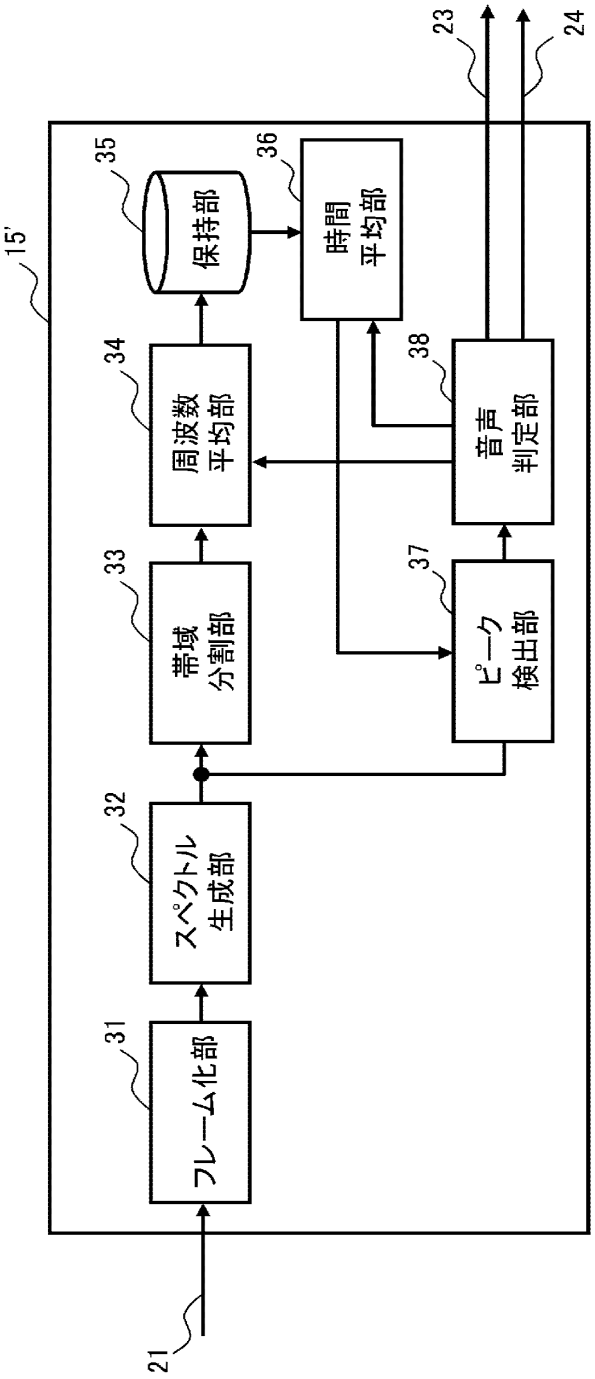
主としてノイズ成分を収音するための第２および第３のマイクロフォンとを備え、
　前記第１のマイクロフォンは前記無線通信装置の第１の面に設けられ、
　前記第２および第３のマイクロフォンは、前記第１の面と所定の距離を隔てて対向している第２の面に、当該第２の面の中心線に対して非対称となるように設けられている、
　無線通信装置。
【請求項１８】
　前記第２および第３のマイクロフォンは、当該第２および第３のマイクロフォンを結ぶ線分と前記中心線とが所定の角度で交わるように設けられている、請求項１７に記載の無線通信装置。
【請求項１９】
　前記第２および第３のマイクロフォンは、前記中心線と垂直に交わる２つの線分と、前記中心線と平行でかつ前記中心線に対して対称に配置された２つの線分とで形成される矩形の対角の位置に設けられている、請求項１７に記載の無線通信装置。

【書類名】要約書
【要約】
【課題】様々な環境下においても音声信号に含まれるノイズ成分を適切に低減することができるノイズ低減装置を提供することである。
【解決手段】本発明にかかるノイズ低減装置は、複数のマイクロフォン１０１～１０３で収音された音にそれぞれ応じた複数の収音信号１１１～１１３の位相差情報に基づき、複数の収音信号１１１～１１３の中から第１の収音信号および当該第１の収音信号に含まれるノイズ成分を低減させるために用いられる第２の収音信号を決定する信号決定部１１６と、信号決定部１１６で決定された第１の収音信号に含まれるノイズ成分を第２の収音信号を用いて低減する適応フィルタと、を備える。
【選択図】図１１

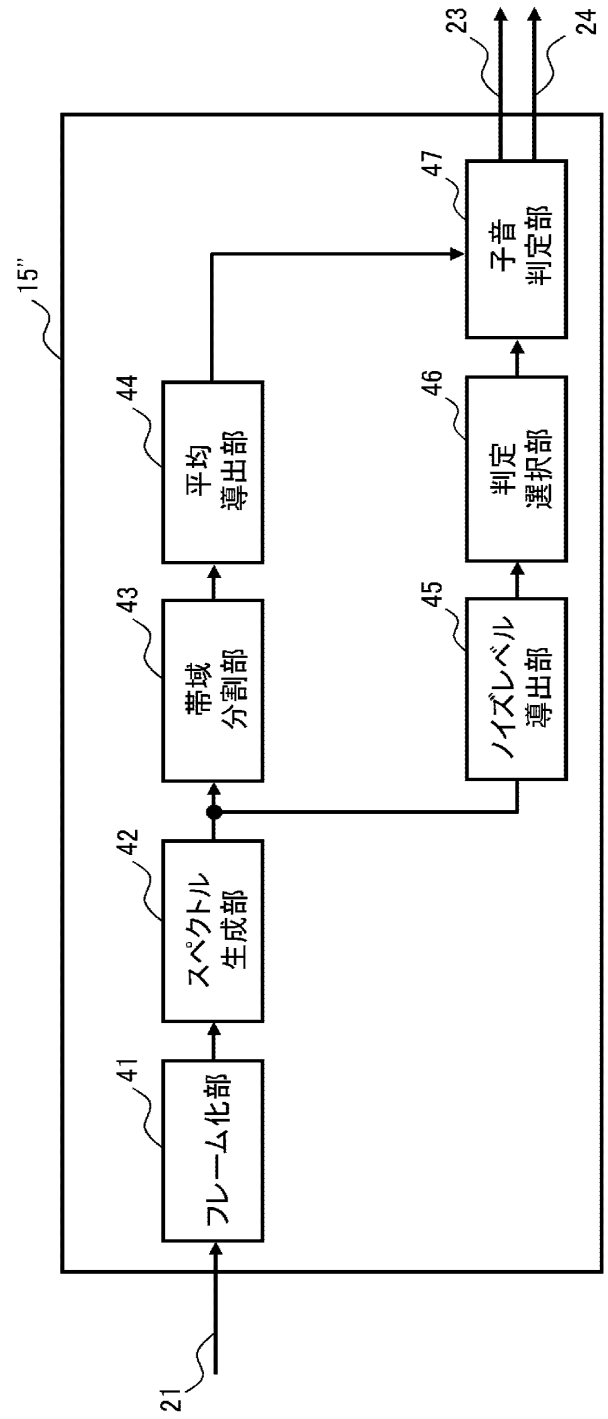
【書類名】図面
【図１】


音声用マイクロフォン
参照音用マイクロフォン
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
音声方向検知器
適応フィルタ制御部
適応フィルタ
出力信号
11
12
13
14
15
16
17
18
21
22
23
24
25
26
27
1

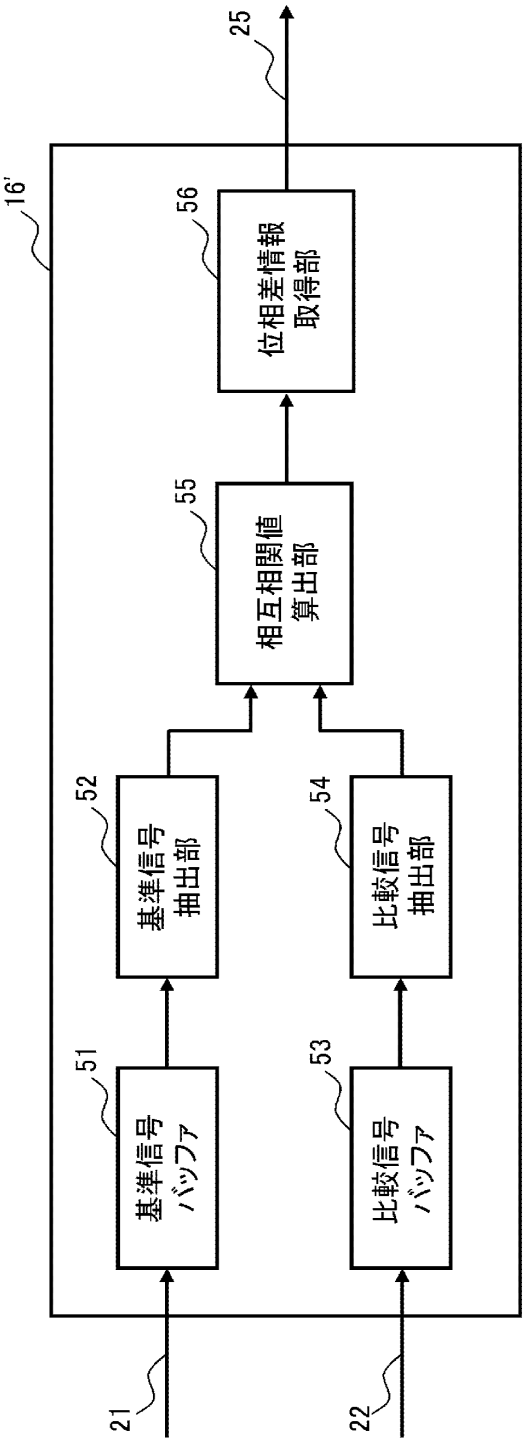
【図２】


15'
21
23
24
31
フレーム化部
32
スペクトル生成部
33
帯域分割部
34
周波数平均部
35
保持部
36
時間平均部
37
ピーク検出部
38
音声判定部

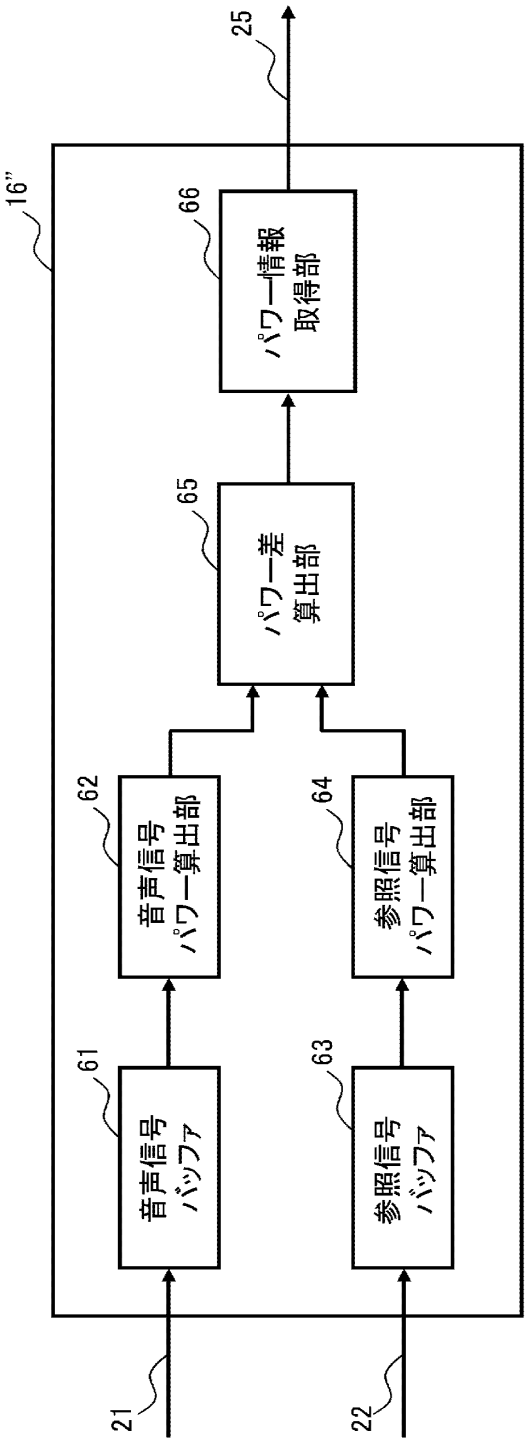
【図３】


21
フレーム化部
41
スペクトル生成部
42
帯域分割部
43
平均導出部
44
ノイズレベル導出部
45
判定選択部
46
子音判定部
47
15''
23
24

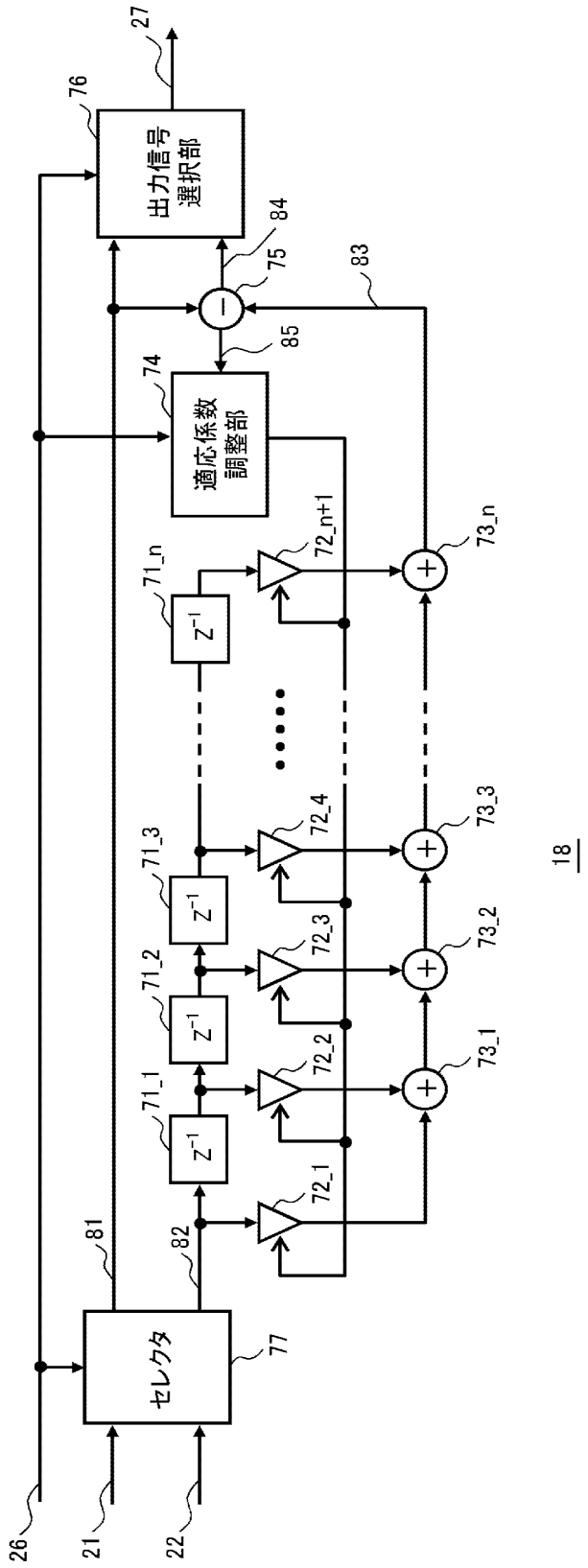
【図４】


16'
21
22
51
基準信号
バッファ
52
基準信号
抽出部
53
比較信号
バッファ
54
比較信号
抽出部
55
相互相関値
算出部
56
位相差情報
取得部
25

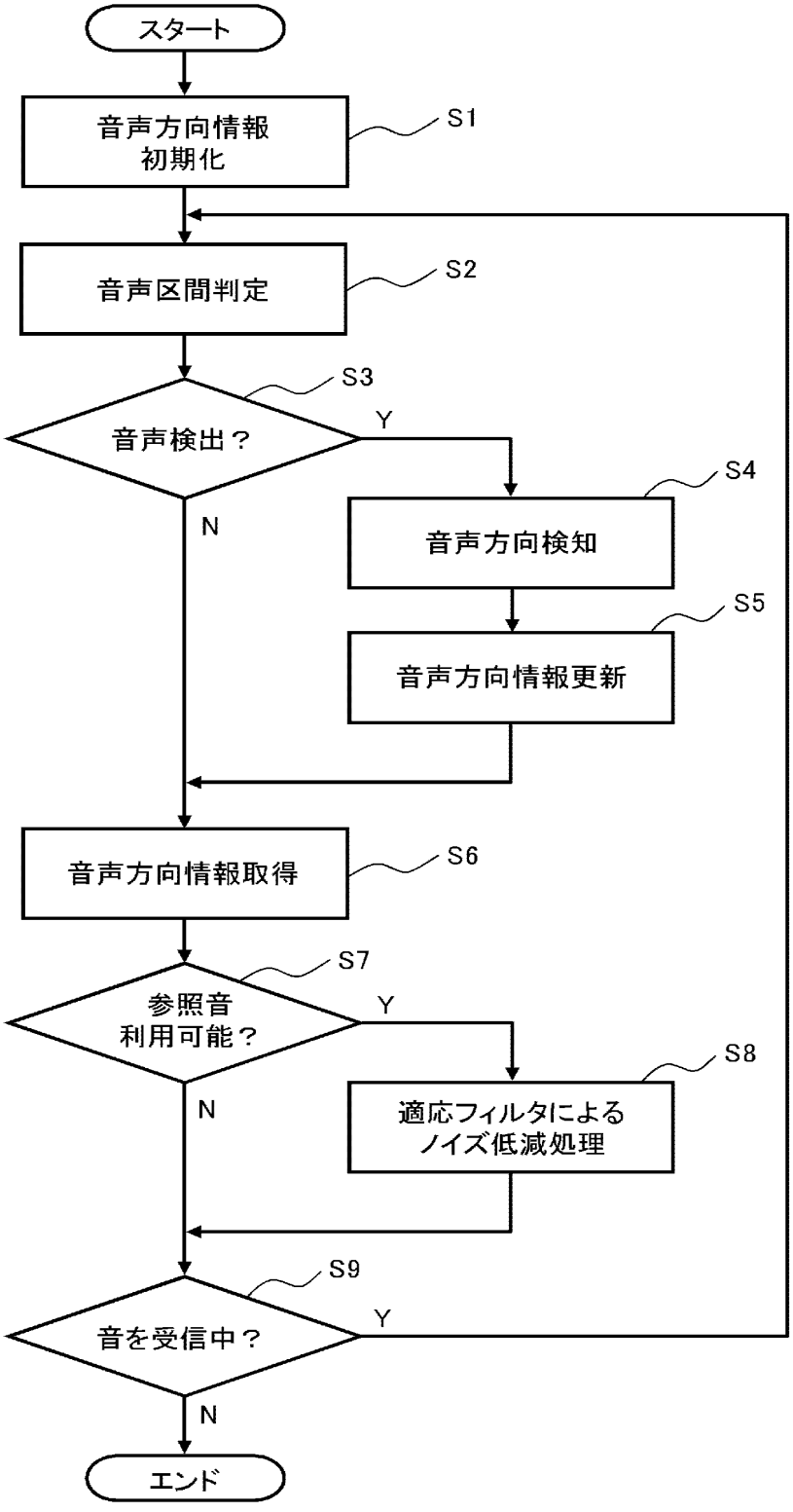
【図５】


25
16”
66
パワー情報
取得部
65
パワー差
算出部
62
音声信号
パワー算出部
64
参照信号
パワー算出部
61
音声信号
バッファ
63
参照信号
バッファ
21
22

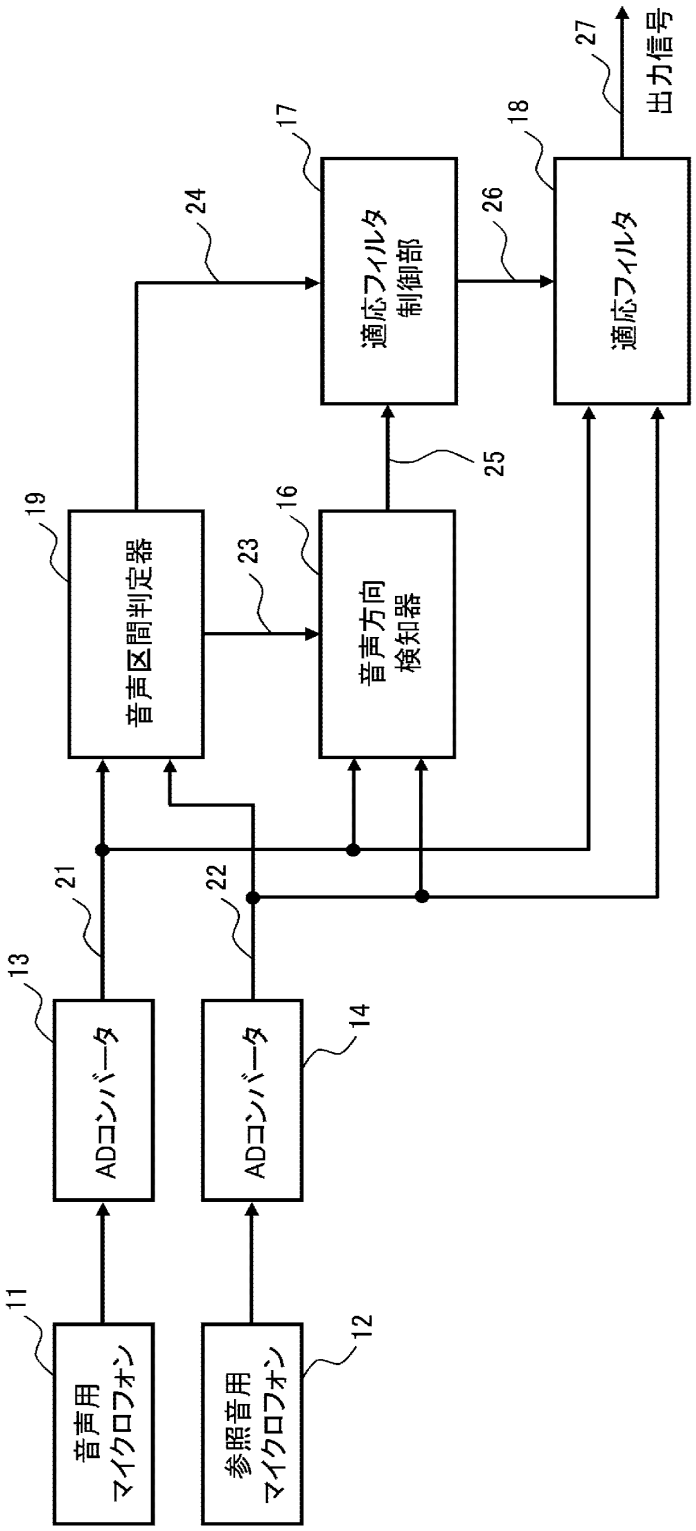
【図６】



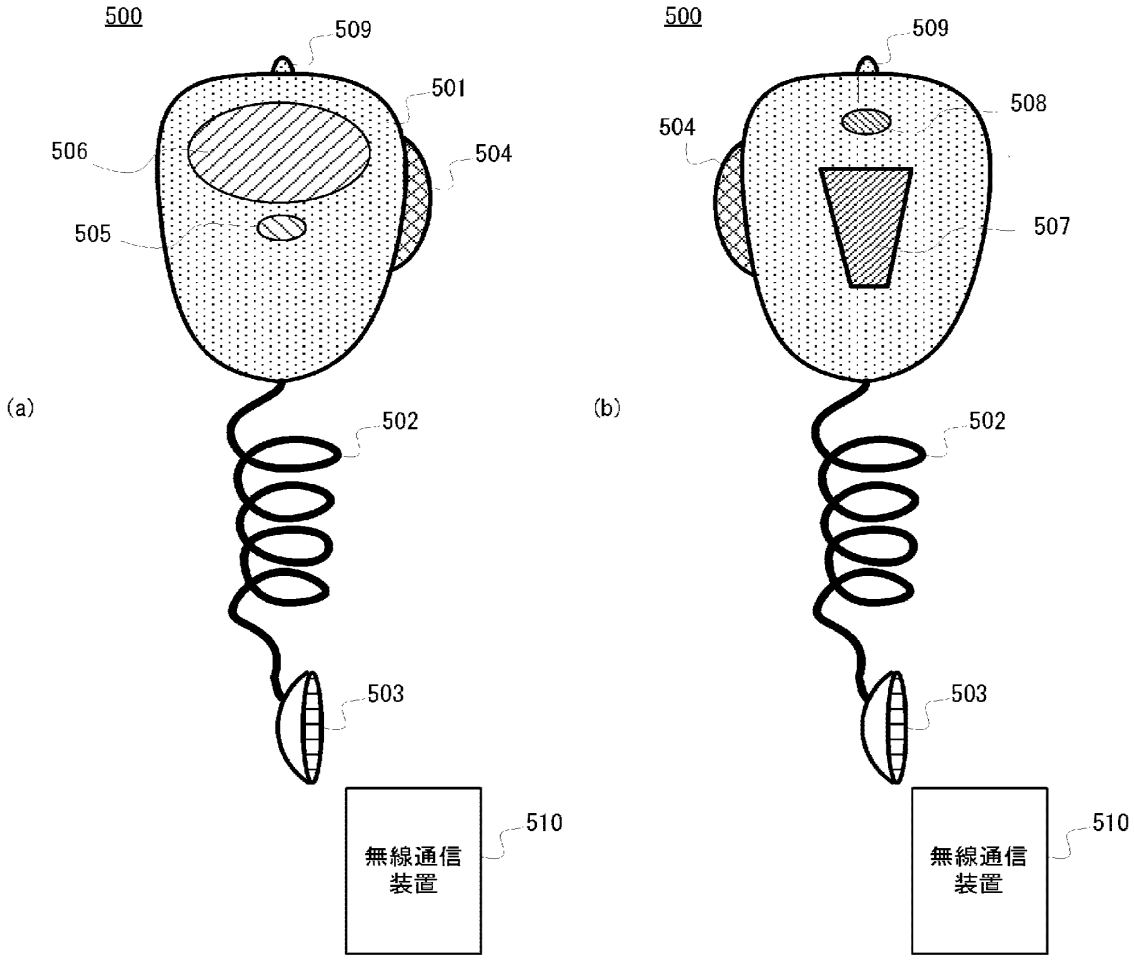
【図７】


スタート
音声方向情報
初期化
S1
音声区間判定
S2
S3
音声検出？
Y
N
S4
音声方向検知
S5
音声方向情報更新
音声方向情報取得
S6
S7
参照音
利用可能？
Y
N
S8
適応フィルタによる
ノイズ低減処理
S9
音を受信中？
Y
N
エンド

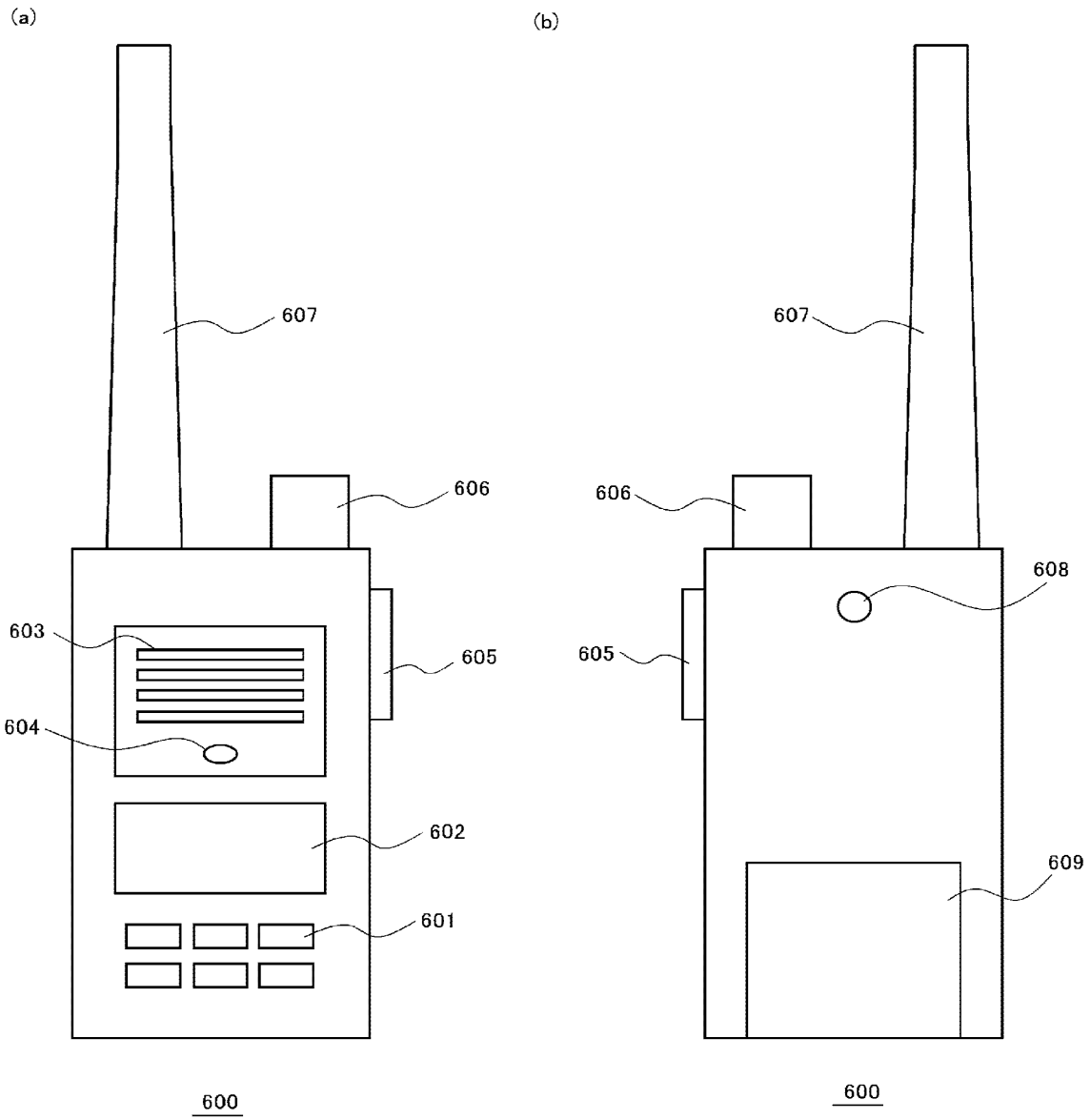
【図８】


音声用
マイクロフォン
参照音用
マイクロフォン
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
音声方向
検知器
適応フィルタ
制御部
適応フィルタ
出力信号
11
12
13
14
16
17
18
19
21
22
23
24
25
26
27
2

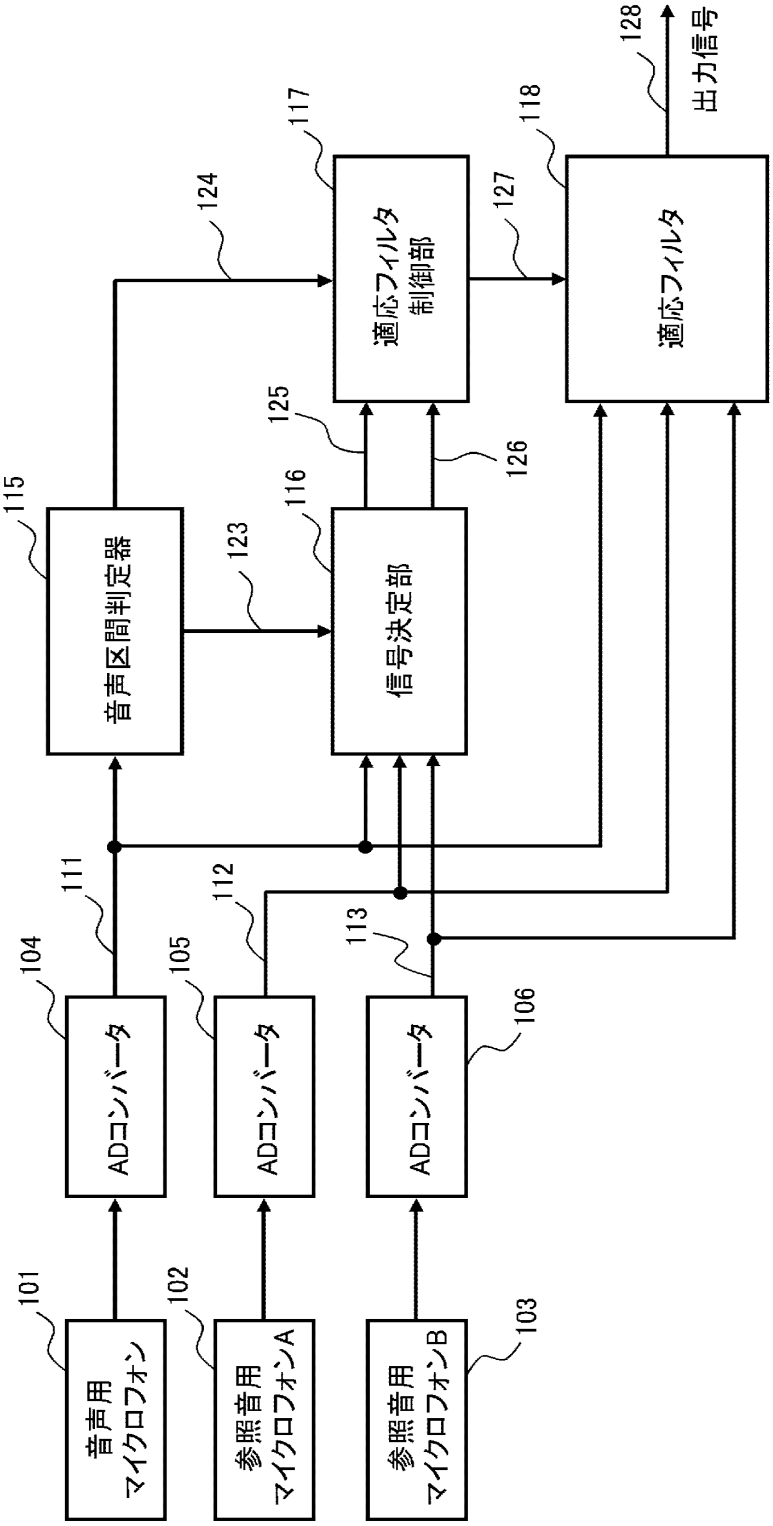
【図９】


500
509
501
506
504
505
(a)
502
503
無線通信
装置
510
500
509
508
504
507
(b)
502
503
無線通信
装置
510

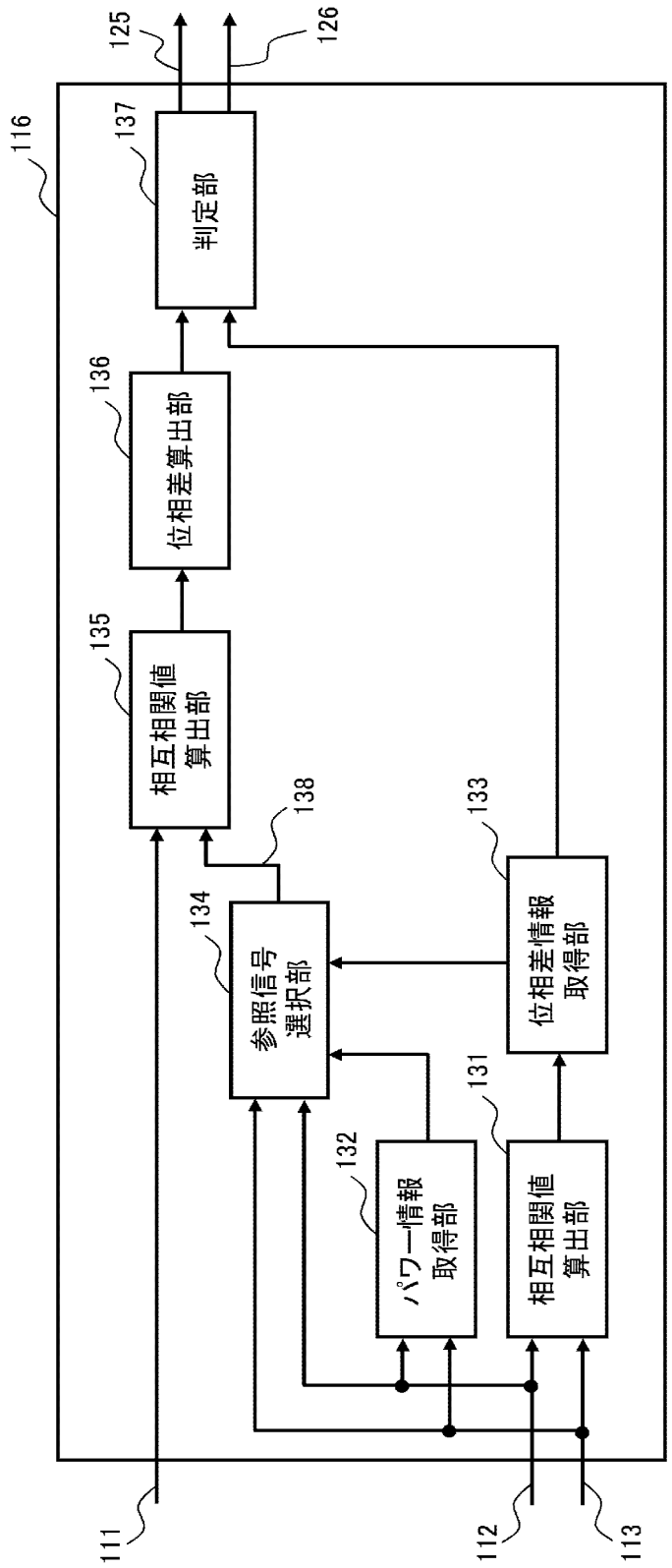
【図１０】



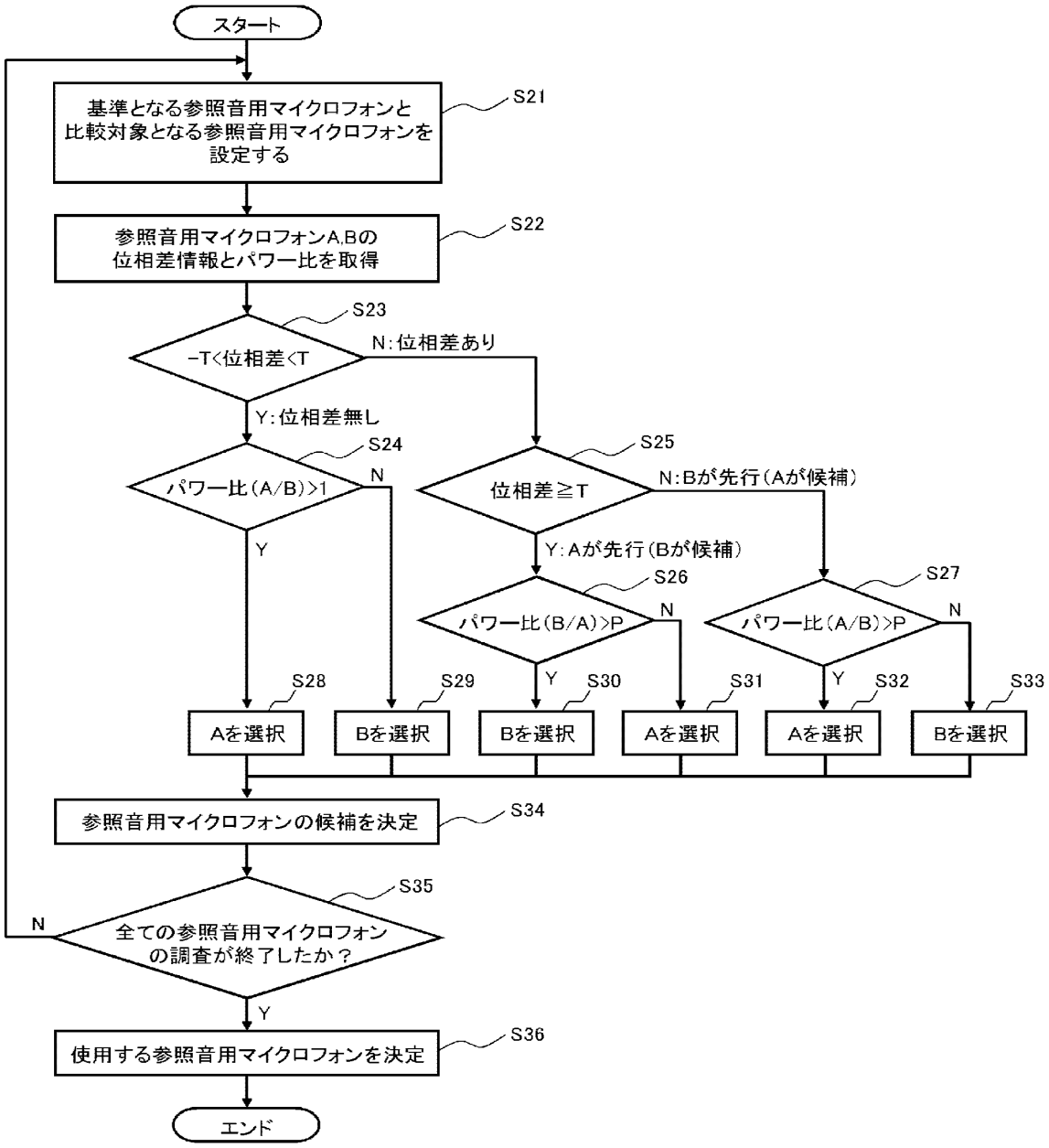
【図１１】


音声用
マイクロフォン
参照音用
マイクロフォンA
参照音用
マイクロフォンB
ADコンバータ
ADコンバータ
ADコンバータ
音声区間判定器
信号決定部
適応フィルタ
制御部
適応フィルタ
出力信号
101
102
103
104
105
106
111
112
113
115
116
117
118
123
124
125
126
127
128
3

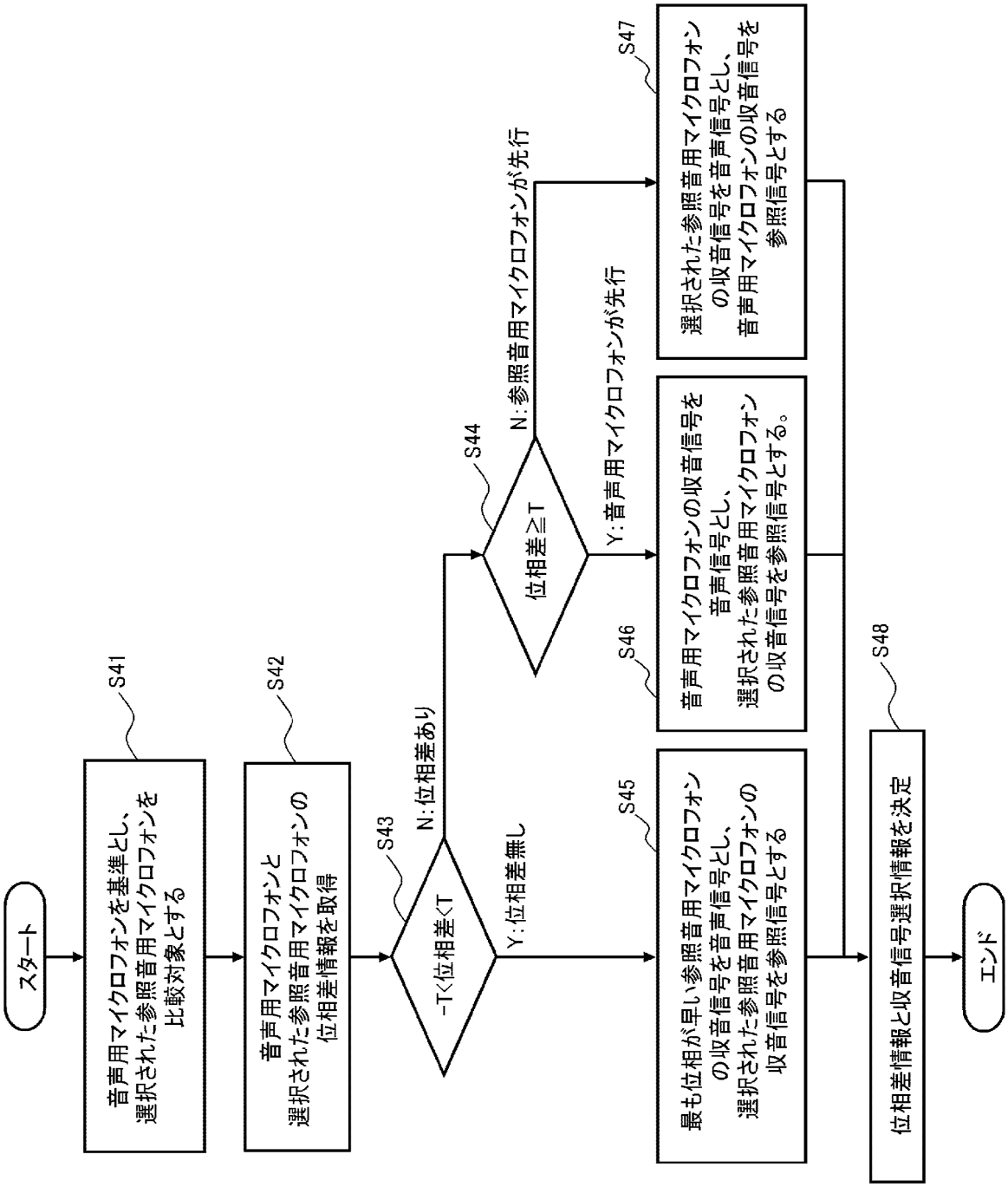
【図１２】


125
126
116
137
判定部
136
位相差算出部
135
相互相関値
算出部
138
133
134
参照信号
選択部
位相差情報
取得部
131
132
パワー情報
取得部
相互相関値
算出部
111
112
113

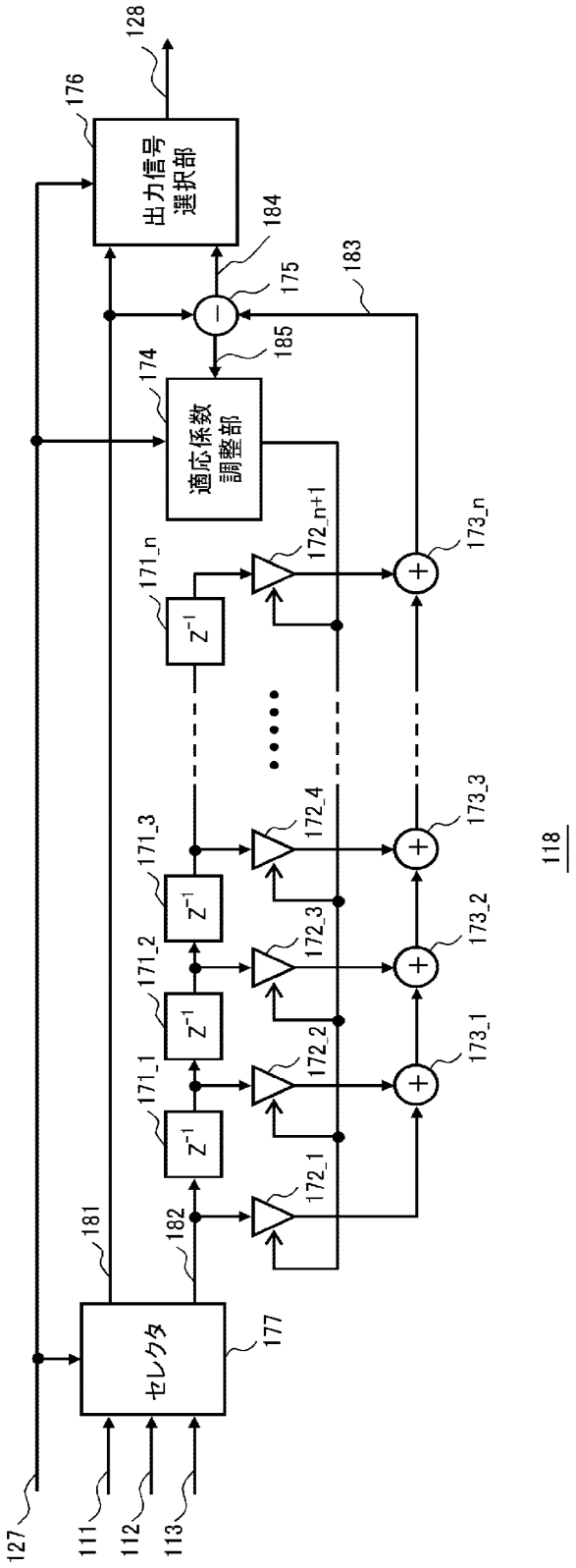
【図１３】


スタート
基準となる参照音用マイクロフォンと比較対象となる参照音用マイクロフォンを設定する
S21
参照音用マイクロフォンA,Bの位相差情報とパワー比を取得
S22
S23
−T<位相差<T
N:位相差あり
Y:位相差無し
S24
パワー比(A/B)>1
N
Y
S25
位相差≧T
N:Bが先行(Aが候補)
Y:Aが先行(Bが候補)
S26
パワー比(B/A)>P
N
Y
S27
パワー比(A/B)>P
N
Y
S28
Aを選択
S29
Bを選択
S30
Bを選択
S31
Aを選択
S32
Aを選択
S33
Bを選択
参照音用マイクロフォンの候補を決定
S34
S35
全ての参照音用マイクロフォンの調査が終了したか？
N
Y
使用する参照音用マイクロフォンを決定
S36
エンド

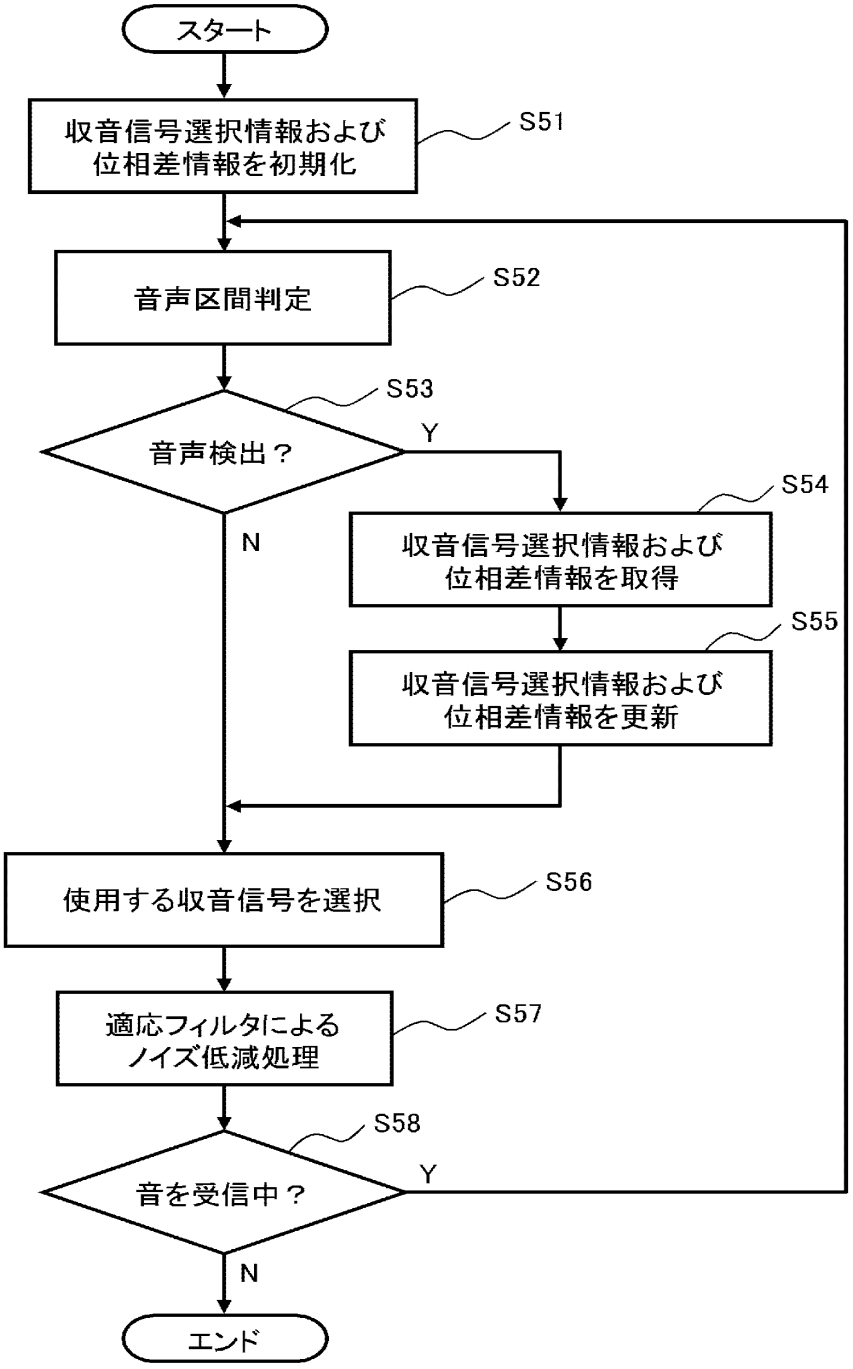
【図１４】


スタート
音声用マイクロフォンを基準とし、
選択された参照音用マイクロフォンを
比較対象とする
S41
音声用マイクロフォンと
選択された参照音用マイクロフォンの
位相差情報を取得
S42
-T<位相差<T
S43
N:位相差あり
Y:位相差無し
位相差≧T
S44
N:参照音用マイクロフォンが先行
Y:音声用マイクロフォンが先行
最も位相が早い参照音用マイクロフォン
の収音信号を音声信号とし、
選択された参照音用マイクロフォンの
収音信号を参照信号とする
S45
音声用マイクロフォンの収音信号を
音声信号とし、
選択された参照音用マイクロフォン
の収音信号を参照信号とする。
S46
選択された参照音用マイクロフォン
の収音信号を音声信号とし、
音声用マイクロフォンの収音信号を
参照信号とする
S47
位相差情報と収音信号選択情報を決定
S48
エンド

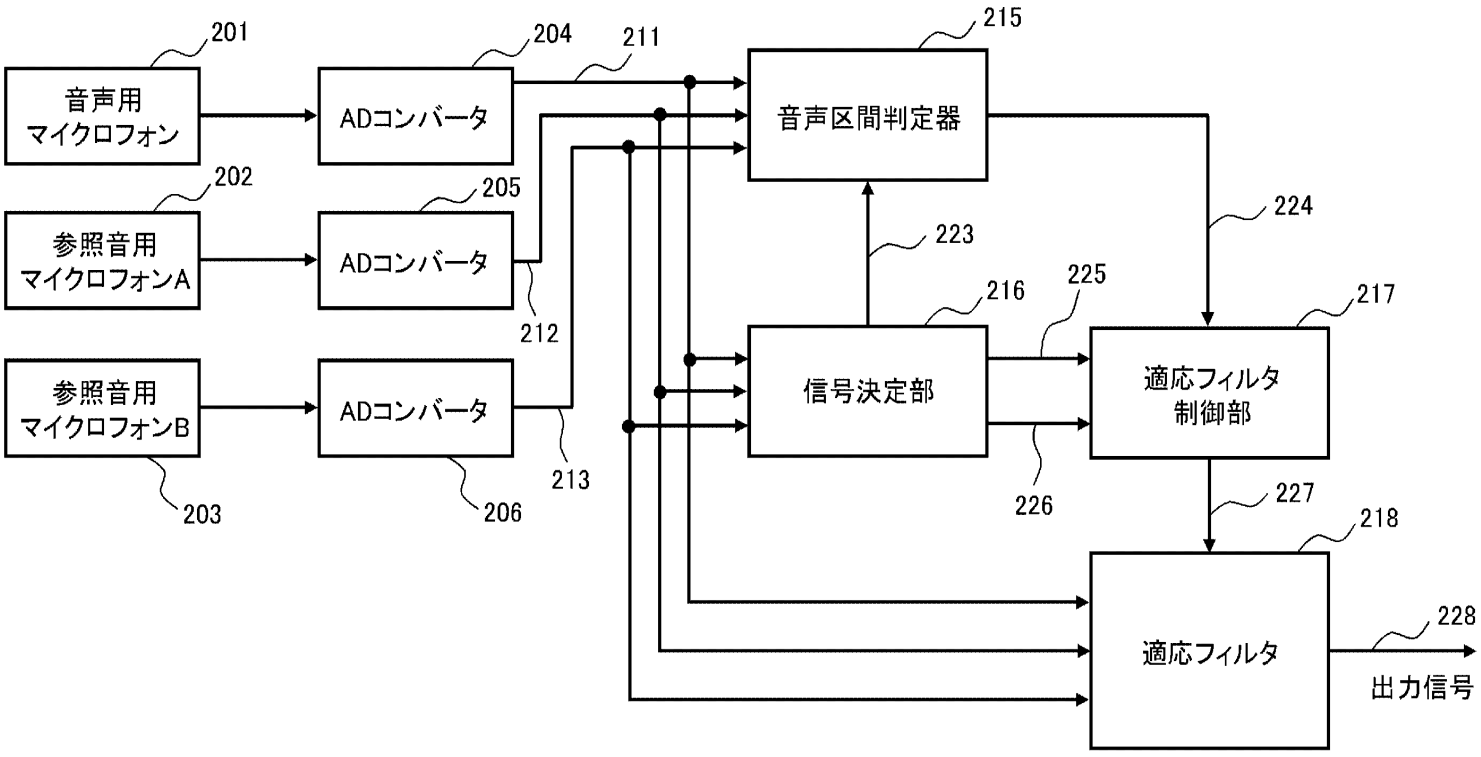
【図１５】


128
176
出力信号選択部
184
175
183
185
174
適応係数調整部
172_n+1
173_n
171_n
Z-1
172_4
173_3
171_3
172_3
173_2
171_2
172_2
173_1
171_1
172_1
181
182
177
セレクタ
127
111
112
113
118

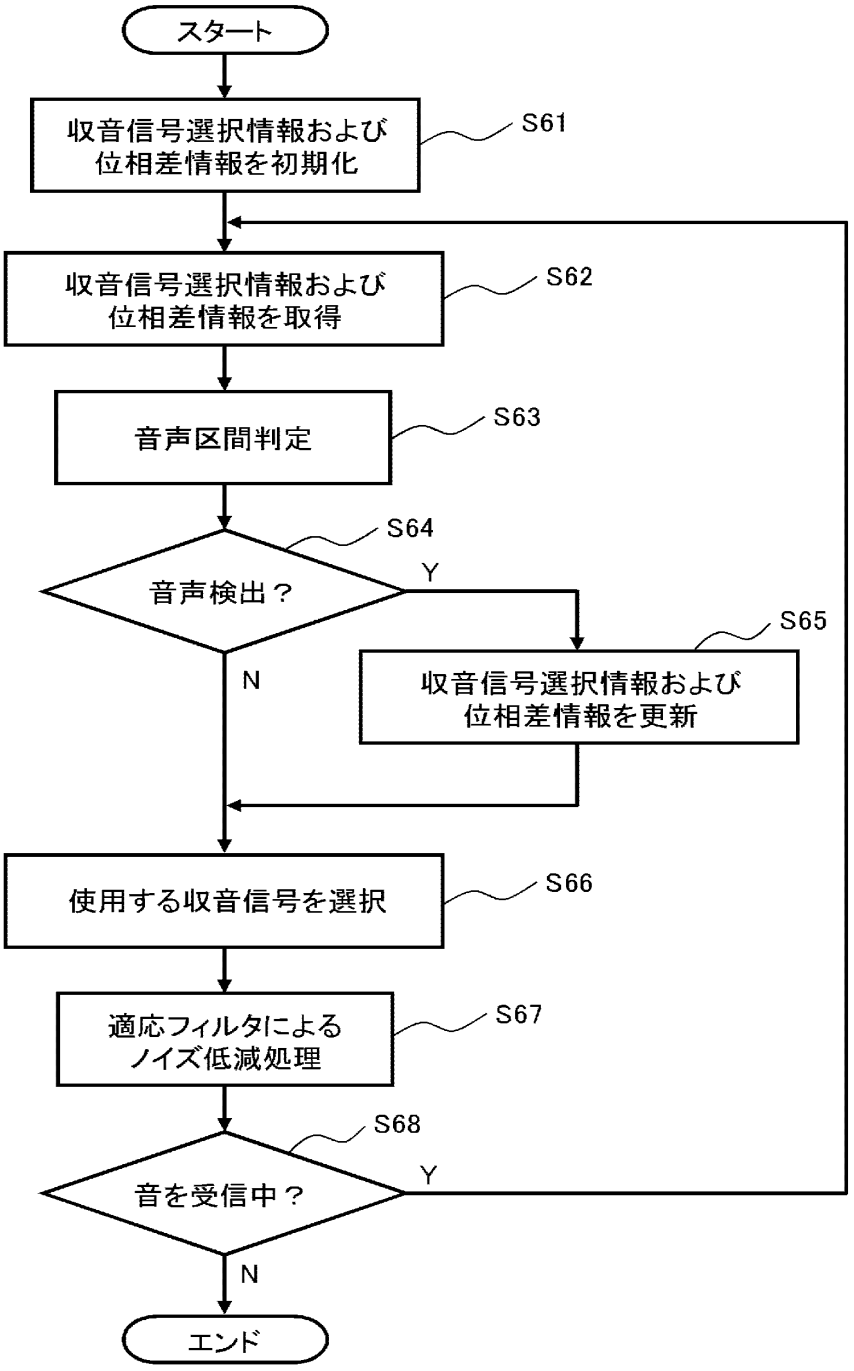
【図１６】


スタート
収音信号選択情報および
位相差情報を初期化
S51
音声区間判定
S52
S53
音声検出？
Y
N
S54
収音信号選択情報および
位相差情報を取得
S55
収音信号選択情報および
位相差情報を更新
使用する収音信号を選択
S56
適応フィルタによる
ノイズ低減処理
S57
S58
音を受信中？
Y
N
エンド

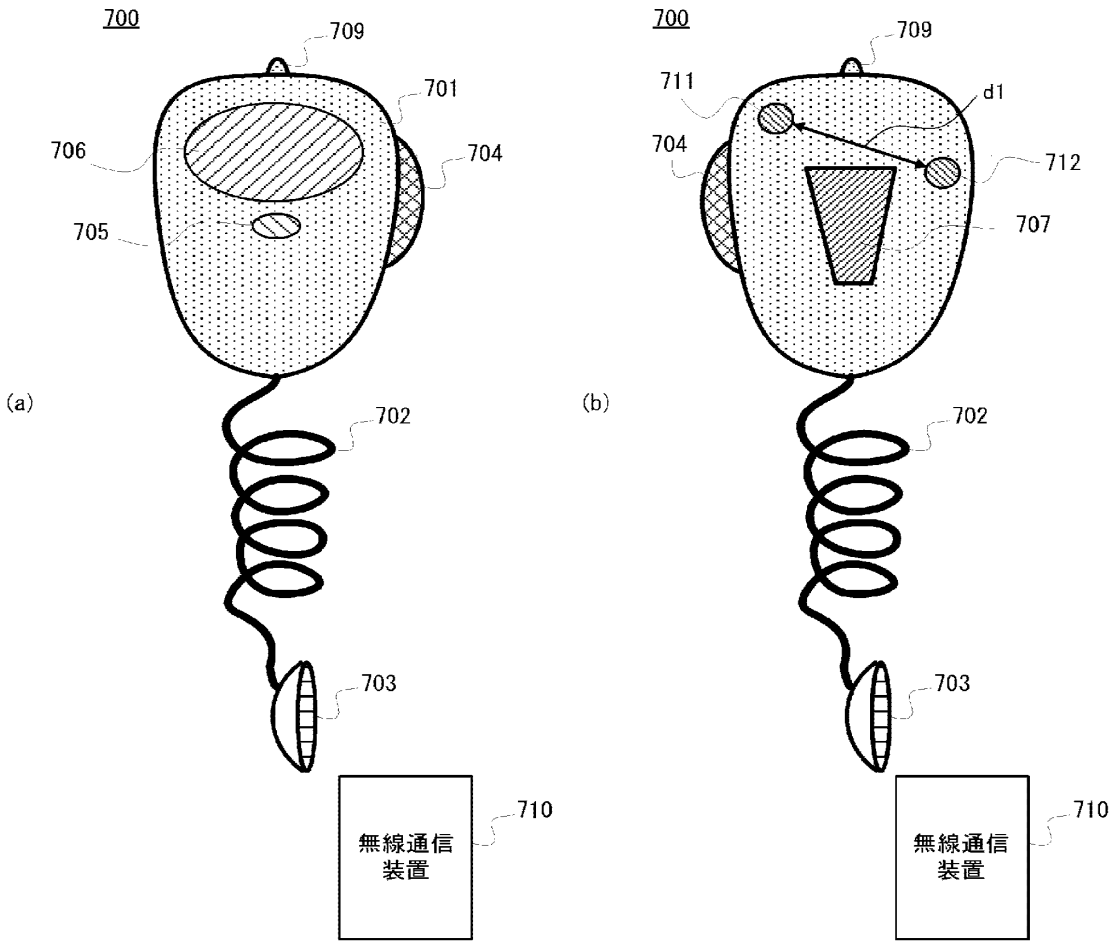
【図１７】


201
音声用
マイクロフォン
202
参照音用
マイクロフォンA
203
参照音用
マイクロフォンB
204
ADコンバータ
205
ADコンバータ
206
ADコンバータ
211
212
213
215
音声区間判定器
223
216
信号決定部
224
225
226
217
適応フィルタ
制御部
227
218
適応フィルタ
228
出力信号
4

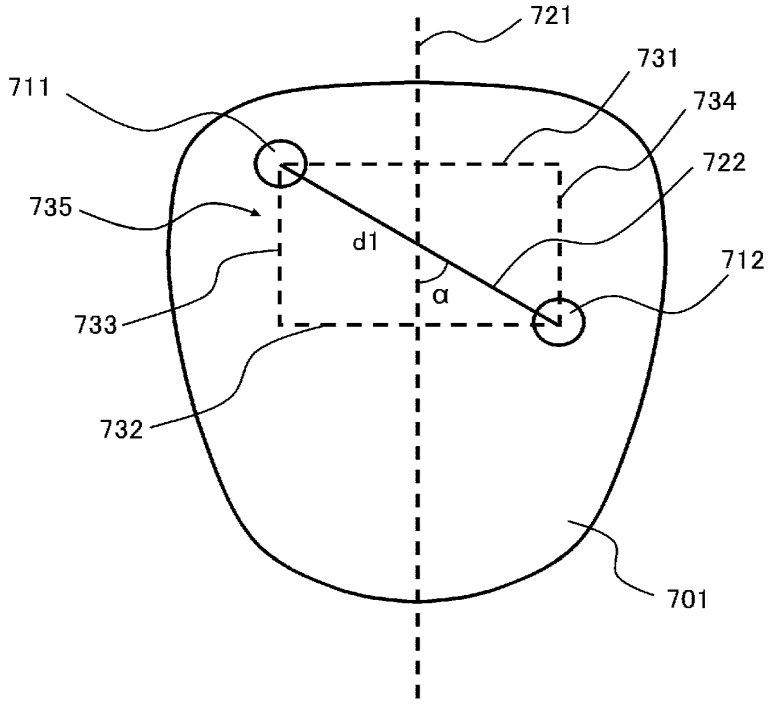
【図１８】


スタート
収音信号選択情報および
位相差情報を初期化
S61
収音信号選択情報および
位相差情報を取得
S62
音声区間判定
S63
S64
音声検出？
Y
N
S65
収音信号選択情報および
位相差情報を更新
使用する収音信号を選択
S66
適応フィルタによる
ノイズ低減処理
S67
S68
音を受信中？
Y
N
エンド

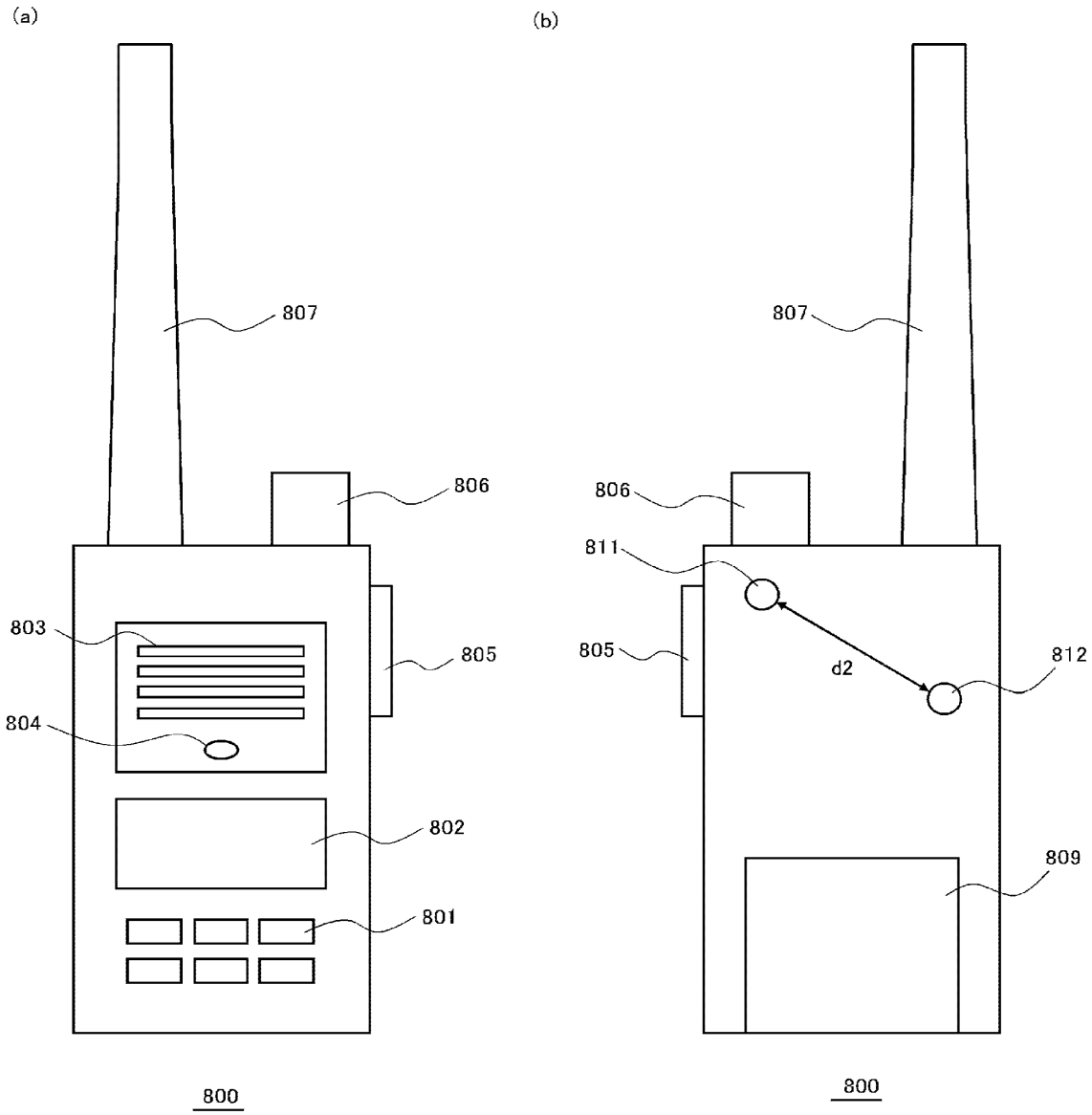
【図１９】


700
709
701
706
704
705
(a)
702
703
無線通信装置
710
700
709
711
d1
704
712
707
(b)
702
703
無線通信装置
710

【図２０】



【図２１】



出願人履歴

３０８０３６４０２

20110810

名称変更

神奈川県横浜市神奈川区守屋町３丁目１２番地

株式会社ＪＶＣケンウッド

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
13/617,143	09/14/2012	Takaaki YAMABE	KYO.P0215

CONFIRMATION NO. 9629

26360
Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

PUBLICATION NOTICE

OC000000059995828

Title:NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

Publication No.US-2013-0073283-A1
Publication Date:03/21/2013

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.

Office of Data Managment, Application Assistance Unit (571) 272-4000, or (571) 272-4200, or 1-888-786-0101

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD

Substitute for Form PTO-875

Application or Docket Number: 13/617,143

APPLICATION AS FILED - PART I

FOR	(Column 1) NUMBER FILED	(Column 2) NUMBER EXTRA	SMALL ENTITY RATE($)	SMALL ENTITY FEE($)	OR	OTHER THAN SMALL ENTITY RATE($)	OTHER THAN SMALL ENTITY FEE($)
BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A	N/A			N/A	380
SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (i), or (m))	N/A	N/A	N/A			N/A	620
EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A	N/A			N/A	250
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	20 minus 20 =	*			OR	x 60 =	0.00
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	3 minus 3 =	*				x 250 =	0.00
APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is $310 ($155 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).						0.00
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))							0.00
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.			TOTAL			TOTAL	1250

APPLICATION AS AMENDED - PART II

		(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA	SMALL ENTITY RATE($)	SMALL ENTITY ADDITIONAL FEE($)	OR	OTHER THAN SMALL ENTITY RATE($)	OTHER THAN SMALL ENTITY ADDITIONAL FEE($)
AMENDMENT A	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))							OR		
						TOTAL ADD'L FEE		OR	TOTAL ADD'L FEE	

		(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA	RATE($)	ADDITIONAL FEE($)	OR	RATE($)	ADDITIONAL FEE($)
AMENDMENT B	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))							OR		
						TOTAL ADD'L FEE		OR	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 found in the appropriate box in column 1.

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	TOT CLAIMS	IND CLAIMS
13/617,143	09/14/2012	2614	1250	KYO.P0215	20	3

CONFIRMATION NO. 9629

26360
Renner Kenner Greive Bobak Taylor & Weber Co., LPA
106 South Main Street, Suite 400
Akron, OH 44308-1412

FILING RECEIPT

OC000000056808898

Date Mailed: 09/28/2012

Receipt is acknowledged of this non-provisional patent application. The application will be taken up for examination in due course. Applicant will be notified as to the results of the examination. Any correspondence concerning the application must include the following identification information: the U.S. APPLICATION NUMBER, FILING DATE, NAME OF APPLICANT, and TITLE OF INVENTION. 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 submit a written request for a Filing Receipt Correction. 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**

Inventor(s)

Takaaki YAMABE, Yokohama-Shi, JAPAN;

Applicant(s)

Takaaki YAMABE, Yokohama-Shi, JAPAN;

Assignment For Published Patent Application

JVC KENWOOD Corporation a corporation of Japan, Yokohama-Shi, JAPAN

Power of Attorney: The patent practitioners associated with Customer Number 26360

Domestic Priority data as claimed by applicant

Foreign Applications (You may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at the USPTO. Please see http://www.uspto.gov for more information.)
JAPAN 2011-201759 09/15/2011
JAPAN 2011-201760 09/15/2011

Request to Retrieve - This application either claims priority to one or more applications filed in an intellectual property Office that participates in the Priority Document Exchange (PDX) program or contains a proper **Request to Retrieve Electronic Priority Application(s)** (PTO/SB/38 or its equivalent). Consequently, the USPTO will attempt to electronically retrieve these priority documents.

If Required, Foreign Filing License Granted: 09/27/2012
The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is **US 13/617,143**
Projected Publication Date: 03/21/2013
Non-Publication Request: No

Early Publication Request: No
Title

NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

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).

SelectUSA

The United States represents the largest, most dynamic marketplace in the world and is an unparalleled location for business investment, innovation and commercialization of new technologies. The USA offers tremendous resources and advantages for those who invest and manufacture goods here. Through SelectUSA, our nation works to encourage, facilitate, and accelerate business investment. To learn more about why the USA is the best country in the world to develop technology, manufacture products, and grow your business, visit SelectUSA.gov.

PTO/SB/05 (08-08)
Approved for use through 06/30/2010. 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.	KYO.P0215
First Inventor	Takaaki YAMABE
Title	NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO
Express Mail Label No.	

APPLICATION ELEMENTS

See MPEP chapter 600 concerning utility patent application contents.

1. ☐ **Fee Transmittal Form** (e.g., PTO/SB/17)
2. ☐ **Applicant claims small entity status.** See 37 CFR 1.27.
3. ☑ **Specification** [*Total Pages* 108]
   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* 21]
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_____
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:_____

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.: .....

Prior application information: *Examiner* _____ *Art Unit:* _____

19. CORRESPONDENCE ADDRESS

☑ The address associated with Customer Number: 26360 **OR** ☐ Correspondence address below

Name					
Address					
City		State		Zip Code	
Country		Telephone		Email	

Signature	Edward G. Greive	Date	September 14, 2012
Name (Print/Type)	EDWARD G. GREIVE	Registration No. (Attorney/Agent)	24,726

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.

NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application is based on and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Application No. 2011-201759 filed on September 15, 2011 and the prior Japanese Patent Application No. 2011-201760 filed on September 15, 2011, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention relates to a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method.

A noise cancelling function (a noise reduction apparatus) is known for reducing noise components carried by a voice signal so that a voice sound can be clearly listened.

In a known noise cancelling function, a noise signal obtained based on a sound picked up by a sub-microphone for use in picking up mainly noise sounds is subtracted from a voice signal obtained based on a sound picked up by a main microphone for use in picking up mainly voice sounds, thereby reducing noise components carried by the voice signal. However, the known noise cancelling function does not work well in an environment of high noise level.

Therefore, the known noise cancelling function does not satisfy a demand for high quality of a voice sound, for example, in communication using a wireless communication apparatus in an environment of high noise level.

SUMMARY OF THE INVENTION

A purpose of the present invention is to provide a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method that

can reduce a noise component carried by a voice signal in a variety of environments.

The present invention provides a noise reduction apparatus comprising: a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by at least either a first microphone or a second microphone is a speech segment and to output speech segment information when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment; a voice direction detector configured, when receiving the speech segment information, to detect a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone and to output voice incoming-direction information when the voice incoming direction is detected; and an adaptive filter configured to perform a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on the speech segment information and the voice incoming-direction information.

Moreover, the present invention provides an audio input apparatus comprising: a first face and an opposite second face that is apart from the first face with a specific distance; a first microphone or a second microphone provided on the first face and the second face, respectively; a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by at least either the first microphone or the second microphone is a speech segment and to output speech segment information when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment; a voice direction detector configured, when receiving the speech segment information, to detect a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone and to output

voice incoming-direction information when the voice incoming direction is detected; and an adaptive filter configured to perform a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on the speech segment information and the voice incoming-direction information.

Furthermore, the present invention provides a noise reduction method comprising the steps of: determining whether or not a sound picked up by at least either a first microphone or a second microphone is a speech segment; detecting a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone, when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment; and performing a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on speech segment information indicating that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment and voice incoming-direction information indicating the voice incoming direction.

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

FIG. 1 is a block diagram schematically showing the configuration of a noise reduction apparatus according to a first embodiment of the present invention;

FIG. 2 is a block diagram schematically showing an exemplary configuration of a speech segment determiner installed in the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 3 is a block diagram schematically showing another exemplary configuration of a speech segment determiner installed in the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 4 is a block diagram schematically showing an exemplary configuration of a voice direction detector installed in

the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 5 is a block diagram schematically showing another exemplary configuration of a voice direction detector installed in the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 6 is a block diagram showing an exemplary configuration of an adaptive filter installed in the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 7 is a flowchart showing an operation of the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 8 is a block diagram schematically showing a modification to the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention;

FIG. 9 is a schematic illustration of an audio input apparatus having the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention, installed therein;

FIG. 10 is a schematic illustration of a wireless communication apparatus having the noise reduction apparatus according to the first embodiment of the present invention, installed therein;

FIG. 11 is a block diagram schematically showing the configuration of a noise reduction apparatus according to a second embodiment of the present invention;

FIG. 12 is a block diagram schematically showing an exemplary configuration of a signal decider installed in the noise reduction apparatus according to the second embodiment of the present invention;

FIG. 13 is a flowchart showing an operation of the signal decider installed in the noise reduction apparatus according to the second embodiment of the present invention;

FIG. 14 is another flowchart showing an operation of the signal decider installed in the noise reduction apparatus according to the second embodiment of the present invention;

FIG. 15 is a block diagram showing an exemplary configuration of an adaptive filter installed in the noise reduction apparatus according to the second embodiment of the present invention;

FIG. 16 is a flowchart showing an operation of the noise reduction apparatus according to the second embodiment of the present invention;

FIG. 17 is a block diagram schematically showing the configuration of a noise reduction apparatus according to a third embodiment of the present invention;

FIG. 18 is a flowchart showing an operation of the noise reduction apparatus according to the third embodiment of the present invention;

FIG. 19 is a schematic illustration of an audio input apparatus according to a fourth embodiment of the present invention;

FIG. 20 is a view showing an exemplary arrangement of sub-microphones on the rear face of the audio input apparatus according to the fourth embodiment of the present invention; and

FIG. 21 is a schematic illustration of a wireless communication apparatus according to a fifth embodiment of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

Embodiments of a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method according the present invention will be explained with reference to the attached drawings.

[Embodiment 1]

FIG. 1 is a block diagram schematically showing the configuration of a noise reduction apparatus 1 according to a first embodiment of the present invention.

The noise reduction apparatus 1 shown in FIG. 1 is provided with a main microphone 11, a sub-microphone 12, A/D converters 13 and 14, a speech segment determiner 15, a voice

direction detector 16, an adaptive filter controller 17, and an adaptive filter 18.

The main microphone 11 and the sub-microphone 12 pick up a sound including a voice component (speech segment) and/or a noise component. In detail, the main microphone 11 is a voice-component pick-up microphone that picks up a sound that mainly includes a voice component and converts the sound into an analog signal that is output to the A/D converter 13. The sub-microphone 12 is a noise-component pick-up microphone that picks up a sound that mainly includes a noise component and converts the sound into an analog signal that is output to the A/D converter 14. A noise component picked up by the sub-microphone 12 is used for reducing a noise component included in a sound picked up by the main microphone 11, for example.

The first embodiment is described with two microphones (which are the main microphone 11 and the sub-microphone 12 in FIG. 1) connected to the noise reduction apparatus 1. However, two or more sub-microphones can be connected to the noise reduction apparatus 1.

In FIG. 1, the A/D converter 13 samples an analog signal output from the main microphone 11 at a predetermined sampling rate and converts the sampled analog signal into a digital signal to generate a sound pick-up signal 21. A signal that carries a sound picked up by a microphone is referred to as a sound pick-up signal, hereinafter. The sound pick-up signal 21 generated by the A/D converter 13 is output to the speech segment determiner 15, the voice direction detector 16, and the adaptive filter 18.

The A/D converter 14 samples an analog signal output from the sub-microphone 12 at a predetermined sampling rate and converts the sampled analog signal into a digital signal to generate a sound pick-up signal 22. The sound pick-up signal 22 generated by the A/D converter 14 is output to the voice direction detector 16 and the adaptive filter 18.

In the first embodiment, a frequency band for a voice

sound input to the main microphone 11 and the sub-microphone 12 is roughly in the range from 100 Hz to 4,000 Hz, for example. In this frequency band, the A/D converters 13 and 14 convert an analog signal carrying a voice component into a digital signal at a sampling frequency in the range from about 8 kHz to 12 kHz.

A sound pick-up signal that mainly carries a voice component is referred to as a voice signal, hereinafter. On the other hand, a sound pick-up signal that mainly carries a noise component is referred to as a noise-dominated signal, hereinafter.

The speech segment determiner 15 determines whether or not a sound picked up the main microphone 11 is a speech segment (voice component) based on a sound pick-up signal 21 output from the A/D converter 13. When it is determined that a sound picked up the main microphone 11 is a speech segment, the speech segment determiner 15 outputs speech segment information 23 and 24 to the voice direction detector 16 and the adaptive filter controller 17, respectively.

The speech segment determiner 15 can employ any speech segment determination techniques. However, when the noise reduction apparatus 1 is used in an environment of high noise level, highly accurate speech segment determination is required. In such a case, for example, a speech segment determination technique I described in U.S. Patent Application Serial No. 13/302,040 or a speech segment determination technique II described in U.S. Patent Application Serial No. 13/364,016 can be used. With the speech segment determination technique I or II, a human voice is mainly detected and a speech segment is detected accurately.

The speech segment determination technique I focuses on frequency spectra of a vowel sound that is a main component of a voice sound, to detect a speech segment. In detail, in the speech segment determination technique I, a signal-to-noise ratio is obtained between a peak level of a vowel-sound frequency component and a noise level appropriately set in each

frequency band and it is determined whether the obtained signal-to-noise ratio is a specific ratio for a specific number of peaks, thereby detecting a speech segment.

FIG. 2 is a block diagram schematically showing the configuration of a speech segment determiner 15a employing the speech segment determination technique I.

The speech segment determiner 15a is provided with a frame extraction unit 31, a spectrum generation unit 32, a subband division unit 33, a frequency averaging unit 34, a storage unit 35, a time-domain averaging unit 36, a peak detection unit 37, and a speech determination unit 38.

In FIG. 2, the sound pick-up signal 21 output from the AD converter 13 (FIG. 1) is input to the frame extraction unit 31. The frame extraction unit 31 extracts a signal portion for each frame having a specific duration corresponding to a specific number of samples from the input sound pick-up signal 21, to generate per-frame input signals. The frame extraction unit 31 sends the generated per-frame input signals to the spectrum generation unit 32 one after another.

The spectrum generation unit 32 performs frequency analysis of the per-frame input signals to convert the per-frame input signals in the time domain into per-frame input signals in the frequency domain, thereby generating a spectral pattern. The spectral pattern is the collection of spectra having different frequencies over a specific frequency band. The technique of frequency conversion of per-frame signals in the time domain into the frequency domain is not limited to any particular one. Nevertheless, the frequency conversion requires high frequency resolution enough for recognizing speech spectra. Therefore, the technique of frequency conversion in this embodiment may be FFT (Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), etc. that exhibit relatively high frequency resolution.

In FIG. 2, the spectrum generation unit 32 generates a spectral pattern in the range from at least 200 Hz to 700 Hz.

Spectra (referred to as formant, hereinafter) represent the feature of a voice and are to be detected in determining speech

segments by the speech determination unit 38, which will be described later. The spectra generally involve a plurality of formants from the first formant corresponding to a fundamental pitch to the n-th formant (n being a natural number) corresponding to a harmonic overtone of the fundamental pitch. The first and second formants mostly exist in a frequency band below 200 Hz. This frequency band involves a low-frequency noise component with relatively high energy. Thus, the first and second formants tend to be embedded in the low-frequency noise component. A formant at 700 Hz or higher has low energy and hence also tends to be embedded in a noise component. Therefore, the determination of speech segments can be efficiently performed with a spectral pattern in a narrow range from 200 Hz to 700 Hz.

A spectral pattern generated by the spectrum generation unit 32 is sent to the subband division unit 33 and the peak detection unit 37.

The subband division unit 33 divides the spectral pattern into a plurality of subbands each having a specific bandwidth, in order to detect a spectrum unique to a voice for each appropriate frequency band. The specific bandwidth treated by the subband division unit 33 is in the range from 100 Hz to 150 Hz in this embodiment. Each subband covers about ten spectra.

The first formant of a voice is detected at a frequency in the range from about 100 Hz to 150 Hz. Other formants that are harmonic overtone components of the first formant are detected at frequencies, the multiples of the frequency of the first formant. Therefore, each subband involves about one formant in a speech segment when it is set to the range from 100 Hz to 150 Hz, thereby achieving accurate determination of a speech segment in each subband. On the other hand, if a subband is set wider than the range discussed above, it may involve a plurality of peaks of voice energy. Thus, a plurality of peaks may inevitably be detected in this single subband, which have to be detected in a plurality of subbands as the features of a voice, causing low accuracy in the determination of a speech segment. A subband set narrower than the range discussed above dose not improve the

accuracy in the determination of a speech segment but causes a heavier processing load.

The frequency averaging unit 34 acquires average energy for each subband sent from the subband division unit 33. The frequency averaging unit 34 obtains the average of the energy of all spectra in each subband. Not only the spectral energy, the frequency averaging unit 34 can treat the maximum or average amplitude (the absolute value) of spectra for a smaller computation load.

The storage unit 35 is configured with a storage medium such as a RAM (Random Access Memory), an EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory), a flash memory, etc. The storage unit 35 stores the average energy per subband for a specific number of frames (the specific number being a natural number N) sent from the frequency averaging unit 34. The average energy per subband is sent to the time-domain averaging unit 36.

The time-domain averaging unit 36 derives subband energy that is the average of the average energy derived by the frequency averaging unit 34 over a plurality of frames in the time domain. The subband energy is the average of the average energy per subband over a plurality of frames in the time domain. In this embodiment, the subband energy is treated as a standard noise level of noise energy in each subband. The average energy can be averaged to be the subband energy in the time domain with less drastic change. The time-domain averaging unit 36 performs a calculation according to an equation (1) shown below:

$$Eavr = \sum_{i=0}^{N} \frac{E(i)}{N} \quad \ldots (1)$$

where Eavr and E(i) are: the average of average energy over N frames; and average energy in each frame, respectively.

Instead of the subband energy, the time-domain averaging unit 36 may acquire an alternative value through a specific process that is applied to the average energy per subband of an immediate-before frame (which will be explained later) using a

weighting coefficient and a time constant. In this specific process, the time-domain averaging unit 36 performs a calculation according to equations (2) and (3) shown below:

$$Eavr2 = \frac{E\_last \times \alpha + E\_cur \times \beta}{T} \quad \ldots (2)$$

where Eavr2, E__last, and E__cur are: an alternative value for subband energy; subband energy in an immediate-before frame that is just before a target frame that is subjected to a speech-segment determination process; and average energy in the target frame, respectively; and

$$T = \alpha + \beta \quad \ldots (3)$$

where α and β are a weighting coefficient for E__last and E__cur, respectively, and T is a time constant.

Subband energy (a noise level for each subband) is stationary, hence is not necessarily quickly included in the speech-segment determination process for a target frame. Moreover, there is a case where, for a per-frame input signal that is determined as a speech segment by the speech determination unit 38, as described later, the time-domain averaging unit 36 does not include the energy of a speech segment in the derivation of subband energy or adjusts the degree of inclusion of the energy in the subband-energy derivation. For this purpose, subband energy is included in the speech-segment determination process for a target frame after the speech-segment determination for the frame just before the target frame at the speech determination unit 38. Accordingly, the subband energy derived by the time-domain averaging unit 36 is used in the segment determination at the speech determination unit 38 for a frame next to the target frame.

The peak detection unit 37 derives an energy ratio (SNR: Signal to Noise Ratio) of the energy in each spectrum in the spectral pattern (sent from the spectrum generation unit 32) to the subband energy (sent from the time-domain averaging unit 36) in a subband in which the spectrum is involved.

In detail, the peak detection unit 37 performs a calculation according to an equation (4) shown below, using the subband

energy for which the average energy per subband has been included in the subband-energy derivation in the frame just before a target frame, to derive SNR per spectrum

$$SNR = \frac{E\_spec}{Noise\_Level} \quad \ldots(4)$$

where SNR, E__spec, and Noise__Level are: a signal to noise ratio (a ratio of spectral energy to subband energy; spectral energy; and subbsnd energy (a noise level in each subband), respectively.

It is understood from the equation (4) that a spectrum with SNR of 2 has a gain of about 6 dB in relation to the surrounding average spectra.

Then, the peak detection unit 37 compares SNR per spectrum and a predetermined first threshold level to determine whether there is a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level. If it is determined that there is a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level, the peak detection unit 37 determines the spectrum as a formant and outputs formant information indicating that a formant has been detected, to the speech determination unit 38.

On receiving the formant information, the speech determination unit 38 determines whether a per-frame input signal of the target frame is a speech segment, based on a result of determination at the peak detection unit 37. In detail, the speech determination unit 38 determines that a per-frame input signal is a speech segment when the number of spectra of this per-frame input signal that exhibit a higher SNR than the first threshold level is equal to or larger than a first specific number.

Suppose that average energy is derived for all frequency bands of a spectral pattern and averaged in the time domain to acquire a noise level. In this case, even if there is a spectral peak (formant) in a band with a low noise level and that should be determined as a speech segment, the spectrum is inevitably determined as a non-speech segment when compared to a high noise level of the average energy. This results in erroneous

determination that a per-frame input signal that carries the spectral peak is a non-speech segment.

To avoid such erroneous determination, the speech segment determiner 15a derives subband energy for each subband. Therefore, the speech determination unit 38 can accurately determine whether there is a formant in each subband with no effects of noise components in other subbands.

Moreover, the speech segment determiner 15a employs a feedback mechanism with average energy of spectra in subbands in the time domain derived for a current frame, for updating subband energy for the speech-segment determination process to the frame following to the current frame. The feedback mechanism provides subband energy that is the energy averaged in the time domain, that is stationary noise energy.

As discussed above, there is a plurality of formants from the first formant to the n-th formant that is a harmonic overtone component of the first formant. Therefore, there is a case where, even if some formants are embedded in noises of a higher level, or higher subband energy in any subband, other formants are detected. In particular, surrounding noises are converged into a low frequency band. Therefore, even if the first formant (corresponding to a fundamental pitch) and the second formant (corresponding to the second harmonic of the fundamental pitch) are embedded in low frequency noises, there is a possibility that formants of the third harmonic or higher are detected.

Accordingly, the speech determination unit 38 can determine that a per-frame input signal is a speech segment when the number of spectra of this per-frame input signal that exhibit a higher SNR than the first threshold level is equal to or larger than the first specific number. This achieves noise-robust speech segment determination.

The peak detection unit 37 may vary the first threshold level depending on subband energy and subbands. For example, the peak detection unit 37 may be equipped with a table listing threshold levels corresponding to a specific range of subbands and subband energy. Then, when a subband and subband energy are

derived for a spectrum to be subjected to the speech determination, the peak detection unit 37 looks up the table and sets a threshold level corresponding to the derived subband and subband energy to the first threshold level. With this table in the peak detection unit 37, the speech determination unit 38 can accurately determine a spectrum as a speech segment in accordance with the subband and subband energy, thus achieving further accurate speech segment determination.

Moreover, when the number of spectra of a per-frame input signal that exhibit a higher SNR than the first threshold level reaches the first specific number, the peak detection unit 37 may stop the SNR derivation and the comparison between SNR and the first threshold level. This makes possible a smaller processing load to the peak detection unit 37.

Moreover, the speech determination unit 38 may output a result of the speech segment determination process to the time-domain averaging unit 36 to avoid the effects of voices to subband energy to raise the reliability of speech segment determination, as explained below.

There is a high possibility that a spectrum is a formant when the spectrum exhibits a higher SNR than the first threshold level. Moreover, voices are produced by the vibration of the vocal cords, hence there are energy components of the voices in a spectrum with a peak at the center frequency and in the neighboring spectra. Therefore, it is highly likely that there are also energy components of the voices on spectra before and after the neighboring spectra. Accordingly, the time-domain averaging unit 36 excludes these spectra at once to eliminate the effects of voices from the derivation of subband energy.

Moreover, if noises that exhibit an abrupt change are involved in a speech segment and a spectrum with the noises is included in the derivation of subband energy, it gives adverse effects to the estimation of noise level. However, the time-domain averaging unit 36 can also detect and remove such noises in addition to a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level and surrounding spectra.

In detail, the speech determination unit 38 outputs information on a spectrum exhibiting a higher SNR than the first threshold level to the time-domain averaging unit 36. This is not shown in FIG. 2 because of an option. Then, the time-domain averaging unit 36 derives subband energy per subband based on the energy obtained by multiplying average energy by an adjusting value of 1 or smaller. The average energy to be multiplied by the adjusting value is the average energy of a subband involving a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level or of all subbands of a per-frame input signal that involves such a spectrum of a high SNR.

The reason for multiplication of the average energy by the adjusting value is that the energy of voices is relatively greater than that of noises, and hence subband energy cannot be correctly derived if the energy of voices is included in the subband energy derivation.

The time-domain averaging unit 36 with the multiplication described above can derive subband energy correctly with less effect of voices.

The speech determination unit 38 may be equipped with a table listing adjusting values of 1 or smaller corresponding to a specific range of average energy so that it can look up the table to select an adjusting value depending on the average energy. Using the adjusting value from this table, the time-domain averaging unit 36 can decrease the average energy appropriately in accordance with the energy of voices.

Moreover, the technique described below may be employed in order to include noise components in a speech segment in the derivation of subband energy depending on the change in magnitude of surrounding noises in the speech segment.

In detail, the frequency averaging unit 34 excludes a particular spectrum or particular spectra from the average-energy deviation. The particular spectrum is a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level. The particular spectra are a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level and the neighboring spectra of this spectrum.

In order to perform the derivation of average energy with the exclusion of spectra described above, the speech determination unit 38 outputs information on a spectrum exhibiting a higher SNR than the first threshold level to the frequency averaging unit 34. Then, the frequency averaging unit 34 excludes a particular spectrum or particular spectra from the average-energy derivation. The particular spectrum is a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level. The particular spectra are a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level and the neighboring spectra of this spectrum. And, the frequency averaging unit 34 derives average energy per subband for the remaining spectra. The derived average energy is stored in the storage unit 35. Based on the stored average energy, the time-domain averaging unit 36 derives subband energy.

In this embodiment, the speech determination unit 38 outputs information on a spectrum exhibiting a higher SNR than the first threshold level to the frequency averaging unit 34. Then, the frequency averaging unit 34 excludes particular average energy from the average-energy derivation. The particular average energy is the average energy of a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level or the average energy of this spectrum and the neighboring spectra. And, the frequency averaging unit 34 derives average energy per subband for the remaining spectra. The derived average energy is stored in the storage unit 35.

The time-domain averaging unit 36 acquires the average energy stored in the storage unit 35 and also the information on the spectra that exhibit a higher SNR than the first threshold level. Then, the time-domain averaging unit 36 derives suband energy for the current frame, with the exclusion of particular average energy from the averaging in the time domain (in the subband-energy derivation). The particular average energy is the average energy of a subband involving a spectrum that exhibits a higher SNR than the first threshold level or the average energy of all subbands of a per-frame input signal that involves a spectrum that exhibits a higher energy ratio than the first threshold level.

The time-domain averaging unit 36 keeps the derived subband energy for the frame that follows the current frame.

In this case, when using the equation (1), the time-domain averaging unit 36 disregards the average energy in a subband that is to be excluded from the subband-energy derivation or in all subbands of a per-frame input signal that involves a subband that is to be excluded from the subband-energy derivation and derives subband energy for the succeeding subbands. When using the equation (2), the time-domain averaging unit 36 temporarily sets T and 0 to α and β, respectively, in substituting the average energy in the subband or in all subbands discussed above, for E__cur.

As discussed above, there is a high possibility that a spectrum is a formant and also the surrounding spectra are formants when this spectrum exhibits a higher SNR than the first threshold level. The energy of voices may affect not only a spectrum, in a subband, that exhibits a higher SNR than the first threshold level but also other sepectra in the subband. The effects of voices spread over a plurality of subbands, as a fundamental pitch or harmonic overtones. Thus, even if there is only one spectrum, in a subband of a per-frame input signal, that exhibits a higher SNR than the first threshold level, the energy components of voices may be involved in other subbands of this input signal. However, the time-domain averaging unit 36 excludes this suband or the per-frame input signal involving this subband from the subband-energy derivation, thus not updating the subband energy at the frame of this input signal. In this way, the time-domain averaging unit 36 can eliminate the effects of voices to the subband energy.

The speech determination unit 38 may be installed with a second threshold level, different from (or unequal to) the first threshold level, to be used for determining whether to include average energy in the averaging in the time domain (in the subband acquisition). In this case, the speech determination unit 38 outputs information on a spectrum exhibiting a higher SNR than the second threshold level to the frequency averaging unit 34. Then, the frequency averaging unit 34 does not derive the average

energy of a subband involving a spectrum that exhibits a higher SNR than the second threshold level or of all subbands of a per-frame input signal that involves a spectrum that exhibits a higher energy ratio than the second threshold level. Accordingly, the time-domain averaging unit 36 does not include the average energy discussed above in the averaging in the time domain (in the subband energy acquisition).

Accordingly, using the second threshold level, the speech determination unit 38 can determine whether to include average energy in the averaging in the time domain at the time-domain averaging unit 36, separately from the speech segment determination process.

The second threshold level can be set higher or lower than the first threshold level for the processes of determination of speech segments and inclusion of average energy in the averaging in the time domain, performed separately from each other for each subband.

Described first is that the second threshold level is set higher than the first threshold level. The speech determination unit 38 determines that there is no speech segment in a subband if the subband does not involve a spectrum exhibiting a higher energy ratio than the first threshold level. In this case, the speech determination unit 38 determines to include the average energy in that subband in the averaging in the time domain at the time-domain averaging unit 36. On the contrary, the speech determination unit 38 determines that there is a speech segment in a subband if the subband involves a spectrum exhibiting an energy ratio higher than the first threshold level but equal to or lower than the second threshold level. In this case, the speech determination unit 38 also determines to include the average energy in that subband in the averaging in the time domain at the time-domain averaging unit 36. However, the speech determination unit 38 determines that there is a speech segment in a subband if the subband involves a spectrum exhibiting a higher energy ratio than the second threshold level. In this case, the speech determination unit 38 determines not to include the average energy in that

subband in the averaging in the time domain at the time-domain averaging unit 36.

Described next is that the second threshold level is set lower than the first threshold level. The speech determination unit 38 determines that there is no speech segment in a subband if the subband does not involve a spectrum exhibiting a higher energy ratio than the second threshold level. In this case, the speech determination unit 38 determines to include the average energy in that subband in the averaging in the time domain at the time-domain averaging unit 36. Moreover, the speech determination unit 38 determines that there is no speech segment in a subband if the subband involves a spectrum exhibiting an energy ratio higher than the second threshold level but equal to or lower than the first threshold level. In this case, the speech determination unit 38 determines not to include the average energy in that subband in the averaging in the time domain direction at the time-domain averaging unit 36. Furthermore, the speech determination unit 38 determines that there is a speech segment in a subband if the subband involves a spectrum exhibiting a higher energy ratio than the first threshold level. In this case, the speech determination unit 38 also determines not to include the average energy in that subband in the averaging in the time domain at the time-domain averaging unit 36.

As described above, using the second threshold level different from the first threshold level, the time-domain averaging unit 36 can derive subband energy more appropriately.

If subband energy is affected by the voice energy of high level, speech determination is inevitably performed based on subband energy higher than an actual noise level, resulting in a bad result. In order to avoid such a problem, the speech segment determiner 15a controls the effects of voice energy to subband energy after speech segment determination to accurately detect formants while preserving correct subband energy.

As described above in detail, the speech segment determiner 15a employing the speech segment determination technique I is provided with: the frame extraction unit 31 that

extracts a signal portion for each frame having a specific duration from an input signal, to generate per-frame input signals; the spectrum generation unit 32 that performs frequency analysis of the per-frame input signals to convert the per-frame input signals in the time domain into per-frame input signals in the frequency domain, thereby generating a spectral pattern; the subband division unit 33 that divides the spectral pattern into a plurality of subbands each having a specific bandwidth; the frequency averaging unit 34 that acquires average energy for each subband; the storage unit 35 that stores the average energy per subband for a specific number of frames; the time-domain averaging unit 36 that derives subband energy that is the average of the average energy over a plurality of frames in the time domain; the peak detection unit 37 that derives an energy ratio of the energy in each spectrum in the spectral pattern to the subband energy in a subband in which the spectrum is involved; and the speech determination unit 38 that determines whether a per-frame input signal of a target frame is a speech segment, based on the energy ratio.

The speech determination unit 38 determines that a per-frame input signal of a target frame is a speech segment when the number of spectra of the per-frame input signal, having the energy ratio that exceeds the first threshold level, is equal to or larger than a predetermined number, for example.

Next, the speech segment determination technique II will be explained. The speech segment determination technique II focuses on the characteristics of a consonant that exhibits a spectral pattern having a tendency of rise to the right, to detect a speech segment. In detail, according to the speech segment determination technique II, a spectral pattern of a consonant is detected in a range of an intermediate to a high frequency band, and a frequency distribution of the consonant embedded in noises but with less effects of the noises is extracted to detect a speech segment.

FIG. 3 is a block diagram schematically showing the configuration of a speech segment determiner 15b employing

the speech segment determination technique II.

The speech segment determiner 15b is provided with a frame extraction unit 41, a spectrum generation unit 42, a subband division unit 43, an average-energy derivation unit 44, a noise-level derivation unit 45, a determination-scheme selection unit 46, and a consonant determination unit 47.

In FIG. 3, the sound pick-up signal 21 output from the AD converter 13 (FIG. 1) is input to the frame extraction unit 41. The frame extraction unit 41 extracts a signal portion for each frame having a specific duration corresponding to a specific number of samples from the input digital signal, to generate per-frame input signals. The frame extraction unit 41 sends the generated per-frame input signals to the spectrum generation unit 42 one after another.

The spectrum generation unit 42 performs frequency analysis of the per-frame input signals to convert the per-frame input signals in the time domain into per-frame input signals in the frequency domain, thereby generating a spectral pattern. The technique of frequency conversion of per-frame signals in the time domain into the frequency domain is not limited to any particular one. Nevertheless, the frequency conversion requires high frequency resolution enough for recognizing speech spectra. Therefore, the technique of frequency conversion in this embodiment may be FFT (Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), etc. that exhibit relatively high frequency resolution.

A spectral pattern generated by the spectrum generation unit 42 is sent to the subband division unit 43 and the noise-level derivation unit 45.

The subband division unit 43 divides each spectrum of the spectral pattern into a plurality of subbands each having a specific bandwidth. In FIG. 3, each spectrum in the range from 800 Hz to 3. 5 kHz is separated into subbands each having a bandwidth in the range from 100 Hz to 300 Hz, for example. The spectral pattern having spectra divided as described above is sent to the average-energy derivation unit 44.

The average-energy derivation unit 44 derives subband average energy that is the average energy in each of the subbands adjacent one another divided by the subband division unit 43. The subband average energy in each of the subbands is sent to the consonant determination unit 47.

The consonant determination unit 47 compares the subband average energy between a first subband and a second subband that comes next to the first subband and that is a higher frequency band than the first subband, in each of consecutive pairs of first and second subbands. Each subband that is a higher frequency band in each former pair is the subband that is a lower frequency band in each latter pair that comes next to the each former subband. Then, the consonant determination unit 47 determines that a per-frame input signal having a pair of first and second subbands includes a consonant segment if the second subband has higher subband average energy than the first subband. These comparison and determination by the consonant determination unit 47 are referred as determination criteria, hereinafter.

In detail, the subband division unit 43 divides each spectrum of the spectral pattern into a subband 0, a subband 1, a subband 2, a subband 3, ..., a subband n-2, a subband n-1, and a subband n (n being a natural number) from the lowest to the highest frequency band of each spectrum. The average-energy derivation unit 44 derives subband average energy in each of the divided subbands. The consonant determination unit 47 compares the subband average energy between the subbands 0 and 1 in a pair, between the subbands 1 and 2 in a pair, between the subbands 2 and 3 in a pair, ..., between the subbands n-2 and n-1 in a pair, and between the subbands n-1 and n in a pair. Then, the consonant determination unit 47 determines that a per-frame input signal having a pair of a first subband and a second subband that comes next the first subband includes a consonant segment if the second subband (that is a higher frequency band than the first band) has higher subband average energy than the first

subband. The determination is performed for the succeeding pairs.

In general, a consonant exhibits a spectral pattern that has a tendency of rise to the right. With the attention being paid to this tendency, the consonant-segment detection apparatus 47 derives subband average energy for each of subbands in a spectral pattern and compares the subband average energy between consecutive two subbands to detect the tendency of spectral pattern to rise to the right that is a feature of a consonant. Therefore, the speech segment determiner 15b can accurately detect a consonant segment included in an input signal.

In order to determine consonant segments, the consonant determination unit 47 is implemented with a first determination scheme and a second determination scheme.

In the first determination scheme: the number of subband pairs is counted that are extracted according to the determination criteria described above; and the counted number is compared with a predetermined first threshold value, to determine a per-frame input signal having the subband pairs includes a consonant segment if the counted number is equal to or larger than the first threshold value.

Different from the first determination scheme, if subband pairs extracted according to the determination criteria described above are consecutive pairs, the second determination scheme is performed as follows: the number of the consecutive subband pairs is counted with weighting by a weighting coefficient larger than 1; and the weighted counted number is compared with a predetermined second threshold value, to determine a per-frame input signal having the consecutive subband pairs includes a consonant segment if the weighted counted number is equal to or larger than the second threshold value.

The first and second determination schemes are selectively used depending on a noise level, as explained below.

When a noise level is relatively low, a consonant segment exhibits a spectral pattern having a clear tendency of rise to the

right. In this case, the consonant determination unit 47 uses the first determination scheme to accurately detect a consonant segment based on the number of subband pairs detected according to the determination criteria described above.

On the other hand, when a noise level is relatively high, a consonant segment exhibits a spectral pattern with no clear tendency of rise to the right, due to being embedded in noises. Therefore, the consonant determination unit 47 cannot accurately detect a consonant segment based on the number of subband pairs detected randomly among the subband pairs according to the determination criteria, with the first determination scheme. In this case, the consonant determination unit 47 uses the second determination scheme to accurately detect a consonant segment based on the number of subband pairs that are consecutive pairs detected (not randomly detected among the subband pairs) according to the determination criteria, with weighting to the number of subband pairs by a weighting coefficient or a multiplier larger than 1.

In order to select the first or the second determination scheme, the noise-level derivation unit 45 derives a noise level of a per-frame input signal. In detail, the noise-level derivation unit 45 obtains an average value of energy in all frequency bands in the spectral pattern over a specific period, as a noise level, based on a signal from the spectrum generation unit 42. It is also preferable for the noise-level derivation unit 45 to derive a noise level by averaging subband average energy, in the frequency domain, in a particular frequency band in the spectral pattern over a specific period based on the subband average energy derived by the average-energy derivation unit 44. Moreover, the noise-level derivation unit 45 may derive a noise level for each per-frame input signal.

The noise level derived by the noise-level derivation unit 45 is supplied to the determination-scheme selection unit 46. The determination-scheme selection unit 46 compares the noise level and a fourth threshold value that is a value in the range from -50 dB to -40 dB, for example. If the noise level is

smaller than the fourth threshold value, the determination-scheme selection unit 46 selects the first determination scheme for the consonant determination unit 47, that can accurately detect a consonant segment when a noise level is relatively low. On the other hand, if the noise level is equal to or larger than the fourth threshold value, the determination-scheme selection unit 46 selects the second determination scheme for the consonant determination unit 47, that can accurately detect a consonant segment even when a noise level is relatively high.

Accordingly, with the selection between the first and second determination schemes of the consonant determination unit 47 according to the noise level, the speech segment determiner 15b can accurately detect a consonant segment.

In addition to the first and second determination schemes, the consonant determination unit 47 may be implemented with a third determination scheme which will be described below.

When a noise level is relatively high, the tendency of a spectral pattern of a consonant segment to rise to the right may be embedded in noises. Furthermore, suppose that a spectral pattern has several separated portions each having energy with steep fall and rise with no tendency of rise to the right. Such a spectral pattern cannot be determined as a consonant segment by the second determination scheme with weighting to a continuous rising portion of the spectral pattern (to the number of consecutive subband pairs detected according to the determination criteria, as described above).

Accordingly, the third determination scheme is used when the second determination scheme fails in consonant determination (if the counted weighted number of the consecutive subband pairs having higher average subband energy is smaller than the second threshold value).

In detail, in the third determination scheme, the maximum average subband energy is compared between a first group of at least two consecutive subbands and a second group of at least two consecutive subbands (the second group being of

higher frequency than the first group), each group having been detected in the same way as the second determination scheme. The comparison between two first and second groups each of at least two consecutive subbands is performed from the lowest to the highest frequency band in a spectral pattern. Then, the number of groups each having higher subband average energy in the comparison is counted with weighting by a weighting coefficient larger than 1 and the weighted counted number is compared with a predetermined third threshold value, to determine a per-frame input signal having the subband groups includes a consonant segment if the weighted counted number is equal to or larger than the third threshold value.

Accordingly, by way of the third determination scheme with the comparison of subband average energy over a wide range of frequency band, the tendency of rise to the right can be converted into a numerical value by counting the number of subband groups in the entire spectral pattern. Therefore, the speech segment determiner 15b can accurately detect a consonant segment based on the counted number.

As described above, the determination-scheme selection unit 46 selects the third determination scheme when the second determination scheme fails in consonant determination. In detail, even when the second determination scheme determines no consonant segment, there is a possibility of failure to detect consonant segments. Accordingly, when the second determination scheme determines no consonant segment, the consonant determination unit 47 uses the third determination scheme that is more robust against noises than the second determination scheme to try to detect consonant segments. Therefore, with the configuration described above, the speech segment determiner 15b can detect consonant segments more accurately.

As described above in detail, the speech segment determiner 15b employing the speech segment determination technique II is provided with: the frame extraction unit 41 that extracts a signal portion for each frame having a specific

duration from an input signal, to generate per-frame input signals; the spectrum generation unit 42 that performs frequency analysis of the per-frame input signals to convert the per-frame input signals in the time domain into per-frame input signals in the frequency domain, thereby generating a spectral pattern; the subband division unit 43 that divides the spectral pattern into a plurality of subbands each having a specific bandwidth; the average-energy derivation unit 44 that derives subband average energy that is the average energy in each of the subbands adjacent one another; the noise-level derivation unit 45 that derives a noise level of each per-frame input signal; the determination-scheme selection unit 46 that compares the noise level and a predetermined threshold value to select a determination scheme; and the consonant determination unit 47 that compares the subband average energy between subbands according to the selected determination scheme to detect a consonant segment.

The consonant determination unit 47 compares the subband average energy between a first subband and a second subband that comes next to the first subband and that is a higher frequency band than the first subband, in each of consecutive pairs of first and second subbands. Each subband that is a higher frequency band in each former pair is the subband that is a lower frequency band in each latter pair that comes next to the each former subband. Then, the consonant determination unit 47 determines that a per-frame input signal having a pair of first and second subbands includes a consonant segment if the second subband has higher subband average energy than the first subband. It is also preferable for the consonant determination unit 47 to determine that a per-frame input signal having subband pairs includes a consonant segment if the number of the subband pairs, in each of which the second subband has higher subband average energy than the first subband, is larger than a predetermined value.

As described above in detail, according to the speech segment determiner 15b, consonant segments can be detected

accurately in an environment at a relatively high noise level.

When the speech segment determination technique I or II described above is applied to the noise reduction apparatus 1 in the first embodiment, a parameter can be set to each equipment provided with the noise reduction apparatus 1. In detail, when the speech segment determination technique I or II is applied to equipment provided with the noise reduction apparatus 1 that requires higher accuracy for the speech segment determination, higher or larger threshold levels or values (in the technique I or II) can be set as a parameter for the speech segment determination.

In the noise reduction apparatus 1 shown in FIG. 1, the speech segment determiner 15 performs speech segment determination using only the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11. This is based on a presumption in the first embodiment that it is highly likely that voice sounds are mostly picked up by the main microphone 11, not by the sub-microphone 12.

However, it may happen that voice sounds are mostly picked up by the sub-microphone 12, not by the main microphone 11, depending on the environment in which the noise reduction apparatus 1 is used. For this reason, as shown in FIG. 8, both of the sound pick-up signals 21 and 22 obtained based on sounds picked by the main microphone 11 and the sub-microphone 12, respectively, may be supplied to a speech segment determiner 19 for speech segment determination. Shown in FIG. 8 is a noise reduction apparatus 2 that is a modification to the noise reduction apparatus 1 according to the first embodiment. The speech segment determiner 19 in the modification may be provided with two separate circuits: one for determining whether or not a sound picked up by the main microphone 11 is a speech segment based on the sound pick-up signal 21; and another for determining whether or not a sound picked up by the sub-microphone 12 is a speech segment based on the sound pick-up signal 22. The other components of the noise reduction apparatus 2 of FIG. 8 are identical to those of

the noise reduction apparatus 1 of FIG. 1, hence the explanation thereof being omitted.

Returning to FIG. 1, the voice direction detector 16 of the noise reduction apparatus 1 detects a voice incoming direction that indicates from which direction a voice sound travels, based on the sound pick-up signals 21 and 22 and outputs voice incoming-direction information 25 to the adaptive filter controller 17.

There are several techniques for voice direction detection. One technique is to detect a voice incoming direction based on a phase difference between the sound pick-up signals 21 and 22. Another technique is to detect a voice incoming direction based on the difference or ratio between the magnitudes of a sound (the sound pick-up signal 21) picked up by the main microphone 11 and a sound (the sound pick-up signal 22) picked up by the sub-microphone 12. The difference and the ratio between the magnitudes of sounds are referred to as a power difference and a power ratio, respectively. Both factors are referred to as power information, hereinafter.

Whatever the technique is used, the voice direction detector 16 detects a voice incoming direction only when the speech segment determiner 15 determines that a sound picked up by the main microphone 11 is a speech segment. In other words, the voice direction detector 16 detects a voice incoming direction in the duration of a speech segment, or while a voice sound is arriving, whereas does not detect a voice incoming direction in any duration except for a speech segment.

The main microphone 11 and the sub-microphone 12 shown in FIGS. 1 and 8 may be provided on both sides of equipment having the noise reduction apparatus 1 installed therein. In detail, the main microphone 11 may be provided on the front face of the equipment on which a voice sound can be easily picked up whereas the sub-microphone 12 may be provided on the rear face of the equipment on which a voice sound can not be easily picked up. This microphone arrangement is particularly useful when the equipment having

the noise reduction apparatus 1 installed therein is mobile equipment (a wireless communication apparatus) such as a transceiver, a speaker microphone (an audio input apparatus) connected to a wireless communication apparatus, etc. With this microphone arrangement, the main microphone 11 can mainly pick up a voice component whereas the sub-microphone 12 can mainly pick up a noise component.

The wireless communication apparatus and the audio input apparatus described above usually have a size a little bit smaller than a user's clenched fist. Therefore, it is quite conceivable that the difference between a distance from a sound source to the main microphone 11 and a distance from the sound source to the sub-microphone 12 is in the range from about 5 cm to 10 cm, although depending on the apparatus, microphone arrangement, etc. When a voice spatial travel speed is set to 34,000 cm/s, the distance by which a voice sound travels is 4.25 (=34,000/8,000) cm during one sampling period at a sampling frequency of 8 kHz. If the distance between the main microphone 11 and the sub-microphone 12 is 5 cm, it is not enough to predict a voice incoming direction at a sampling frequency of 8 kHz.

In this case, when the sampling frequency is set to 24 kHz three times as high as 8 kHz, the distance by which a voice sound travels is about 1.42 (≈34,000/24,000) cm during one sampling period. Therefore, three or four phase difference points can be found in the distance of 5 cm. Accordingly, for the detection of a voice incoming direction based on the phase difference between the sound pick-up signals 21 and 22, it is preferable to set the sampling frequency to 24 kHz or higher for these pick-up signals to be input to the voice direction detector 16.

In the noise reduction apparatus 1 shown in FIG. 1, suppose that the sampling frequency for the sound pick-up signals 21 and 22 output from the A/D converters 13 and 14, respectively, is in the range from 8 kHz to 12 kHz. In this case, a sampling frequency converter may be provided between the

A/D converters 13 and 14, and the voice direction detector 16, to convert the sampling frequency for the sound pick-up signals 21 and 22 to be supplied to the voice direction detector 16 into 24 kHz or higher.

Conversely, it is supposed in the noise reduction apparatus 1 shown in FIG. 1 that the sampling frequency for the sound pick-up signals 21 and 22 output from the A/D converters 13 and 14 is 24 kHz or higher. In this case, it is a feasible option to provide a sampling frequency converter between the A/D converter 13 and the speech segment determiner 15, and another sampling frequency converter between the A/D converters 13 and 14, and the adaptive filter 18, to convert the sampling frequency for the sound pick-up signals 21 and 22 into a frequency in the range from 8 kHz to 12 kHz.

In summary, it is an option that the sound pick-up signals 21 and 22 are supplied to the voice direction detector 16 at the sampling frequency of 24 kHz or higher and supplied to the adaptive filter 18 at the sampling frequency of 12 kHz or lower.

The detection of a voice incoming direction based on the phase difference between the sound pick-up signals 21 and 22 mentioned above will be explained in detail.

FIG. 4 is a block diagram showing an exemplary configuration of a voice direction detector 16a installed in the noise reduction apparatus 1 according to the first embodiment, for detection of a voice incoming direction based on the phase difference between the sound pick-up signals 21 and 22.

The voice direction detector 16a shown in FIG. 4 is provided with a reference signal buffer 51, a reference-signal extraction unit 52, a comparison signal buffer 53, a comparison-signal extraction unit 54, a cross-correlation value calculation unit 55, and a phase-difference information acquisition unit 56.

The reference signal buffer 51 temporarily stores a sound pick-up signal 21 output from the A/D converter 13 (FIG. 1), as a reference signal. The comparison signal buffer 53 temporarily stores a sound pick-up signal 22 output from the

A/D converter 14 (FIG. 1), as a comparison signal. The reference and comparison signals are used for the calculation at the cross-correlation value calculation unit 55, which will be described later.

Suppose that a user is talking into a wireless communication apparatus, an audio input apparatus, etc., equipped with the noise reduction apparatus 1. In this case, there is a difference between voice sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 in FIG. 1, concerning the phase (amount of delay), magnitude (amount of attenuation), etc. Nevertheless, it is quite conceivable that the voice sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 have a specific relationship with each other concerning the phase, magnitude, etc., thus having a high correlation with each other. This is because the voice sounds are the same voice sound generated at the same time by a single sound source that is the user who is talking into a wireless communication apparatus, an audio input apparatus, etc., equipped with the noise reduction apparatus 1.

On the other hand, noise sounds generated from several sound sources have no specific relationship with each other concerning the phase (amount of delay), magnitude (amount of attenuation), etc. In other words, such noise sounds generated from several sound sources have a difference, per sound source, concerning the phase, magnitude, etc., when picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12, thus having a low correlation with each other.

In the first embodiment (FIG. 1), a voice incoming direction is detected by the voice direction detector 16 only when the speech segment determiner 15 detects a speech segment. It is thus quite conceivable that voice sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 have a high correlation with each other when a voice incoming direction is detected by the voice direction detector 16. Therefore, by measuring the correlation between sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 only

when the speech segment determiner 15 detects a speech segment, the phase difference of sounds between the two microphones can be obtained to predict a voice incoming direction from a sound source. The phase difference of sounds between the main microphone 11 and sub-microphone 12 can be calculated using the cross correlation function or by the least square method.

The cross correlation function for two signal waveforms x1(t) and x2(t) is expressed by the following equation (5).

$$\varphi_{1,2}(\tau) = \left(\frac{1}{N}\right) n = \sum_{N=0}^{N-1} x_1(t) x_2(t + \tau) \quad \ldots (5)$$

When the cross correlation function is used, in FIG. 4, the reference-signal extraction unit 52 extracts a signal waveform x1(t) carried by a sound pick-up signal (reference signal) 21 and sets the signal waveform x1(t) as a reference waveform. On the other hand, the comparison-signal extraction unit 54 extracts a signal waveform x2(t) carried by a sound pick-up signal (comparison signal) 22 and shifts the signal waveform x2(t) in relation to the signal waveform x1(t).

The cross-correlation value calculation unit 55 performs convolution (a product-sum operation) to the signal waveforms x1(t) and x2(t) to find signal points of the sound pick-up signals 21 and 22 having a high correlation. In this operation, the signal waveform x2(t) is shifted forward and backward (delayed and advanced) in relation to the signal waveform x1(t) in accordance with the maximum phase difference calculated based on the sampling frequency for the sound pick-up signal 22 and the spatial distance between the main microphone 11 and the sub-microphone 12, to calculate a convolution value. It is determined that signal points of the sound pick-up signals 21 and 22 having the maximum convolution value and the same sign (positive or negative) have the highest correlation.

When the least square method is used instead of convolution, the following equation (6) can be used.

$$J = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2 \quad \ldots (6)$$

When the least square method is used, the reference-signal extraction unit 52 extracts a signal waveform carried by a sound pick-up signal (reference signal) 21 and sets the signal waveform as a reference waveform. On the other hand, the comparison-signal extraction unit 54 extracts a signal waveform carried by a sound pick-up signal (comparison signal) 22 and shifts the signal waveform in relation to the reference signal waveform of the sound pick-up signal 21.

The cross-correlation value calculation unit 55 calculates the sum of squares of differential values between the reference and comparison signal waveforms of the sound pick-up signals 21 and 22, respectively. It is determined that signal points of the sound pick-up signals 21 and 22 having the minimum sum of squares are the portions of the signals 21 and 22 where the both signals have a similar waveform (or overlap each other) at the highest correlation. It is preferable for the least square method to adjust a reference signal and a comparison signal to have the same magnitude. It is therefore preferable to normalize the reference and comparison signals using either signal as a reference.

Then, the cross-correlation value calculation unit 55 outputs information on correlation between the reference and comparison signals, obtained by the calculation described above, to the phase-difference information acquisition unit 56. Suppose that there are two signal waveforms (a signal waveform carried by the sound pick-up signal 21 and a signal waveform carried by the sound pick-up signal 22) that are determined by the cross-correlation value calculation unit 55 as having a high correlation with each other. In this case, it is highly likely that the two signals waveforms are signal waveforms of voice sounds generated by a single sound source. The phase-difference information acquisition unit 56 acquires a phase difference between the two signal waveforms determined

as having a high correlation with each other to obtain a phase difference between a voice component picked up by the main microphone 11 and a voice component picked up by the sub-microphone 12.

There are two cases concerning the phase difference acquired by the phase-difference information acquisition unit 56, that are phase advance and phase delay.

In the case of phase advance, the phase of a voice component included in a sound picked up by the main microphone 11 (the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 21) is more advanced than the phase of a voice component included in a sound picked up by the sub-microphone 12 (the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 22). In this case, it is presumed that a sound source is located closer to the main microphone 11 than to the sub-microphone 12, or a user speaks into the main microphone 11.

In the case of phase delay, the phase of a voice component included in a sound picked up by the main microphone 11 is more delayed than the phase of a voice component included in a sound picked up by the sub-microphone 12. In this case, it is presumed that a sound source is located closer to the sub-microphone 12 than to the main microphone 11, or a user speaks into the sub-microphone 12.

Moreover, there is a case in which the phase difference between a phase of a voice component included in a sound picked up by the main microphone 11 and a phase of a voice component included in a sound picked up by the sub-microphone 12 falls in a specific range (-T<phase difference<T), or the absolute value of the phase difference is smaller than a specific value T. In this case, it is presumed that a sound source is located in a center area between the main microphone 11 and the sub-microphone 12.

Based on the presumption discussed above, the phase-difference information acquisition unit 56 outputs the

acquired phase difference information to the adaptive filter controller 17 (FIG. 1), as voice incoming-direction information 25.

In FIG. 1, the voice direction detector 16 detects a voice incoming direction when the speech segment determiner 15 determines that a sound picked up by the main microphone 11 is a speech segment (voice component) based on the sound pick-up signal 21 input thereto. As discussed above, it is presumed that a voice component picked up by the main microphone 11 and a voice component picked up by the sub-microphone 12 have a high correlation if both voice components are included in a sound generated by a single sound source. Therefore, even if this sound includes a noise component, the voice direction detector 16 can accurately calculate a phase difference between voice components picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 when the voice direction detector 16a (FIG. 4) is used as the voice direction detector 16.

The detection of a voice incoming direction based on the power information on the sound pick-up signals 21 and 22 mentioned above will be explained next in detail.

FIG. 5 is a block diagram showing an exemplary configuration of a voice direction detector 16b installed in the noise reduction apparatus 1 according to the first embodiment, for detection of a voice incoming direction based on the power information on the sound pick-up signals 21 and 22.

The voice direction detector 16b shown in FIG. 5 is provided with a voice signal buffer 61, a voice-signal power calculation unit 62, a noise-dominated signal buffer 63, a noise-dominated signal power calculation unit 64, a power-difference calculation unit 65, and a power-information acquisition unit 66. The voice direction detector 16b obtains power information (power difference in FIG. 5) on the sound pick-up signals 21 and 22 per unit time (for each predetermined duration).

The voice signal buffer 61 temporarily stores a sound

pick-up signal 21 supplied from the A/D converter 13 (FIG. 1) in order to store the sound pick-up signal 21 for a predetermined duration. The noise-dominated signal buffer 63 also temporarily stores a sound pick-up signal 22 supplied from the A/D converter 14 (FIG. 1) in order to store the sound pick-up signal 22 for the predetermined duration.

The sound pick-up signal 21 stored by the voice signal buffer 61 for the predetermined duration is supplied to the voice-signal power calculation unit 62 for calculation of a power value for the predetermined duration. The sound pick-up signal 22 stored by the noise-dominated signal buffer 63 for the predetermined duration is supplied to the noise-dominated signal power calculation unit 64 for calculation of a power value for the predetermined duration.

A power value per unit of time (for each predetermined duration) is the magnitude of the sound pick-up signals 21 and 22 per unit of time, for example, the maximum amplitude, an integral value of amplitude of the sound pick-up signals 21 and 22 per unit of time, etc. Any value that indicates the magnitude of the sound pick-up signals 21 and 22 may be used in the voice direction detector 16b.

The power values of the sound pick-up signals 21 and 22 obtained by the voice-signal power calculation unit 62 and the noise-dominated signal power calculation unit 64, respectively, are supplied to the power-difference calculation unit 65. The power-difference calculation unit 65 calculates a power difference between the power values and outputs a calculated power difference to the power-information acquisition unit 66. Based on the output power difference, the power-information acquisition unit 66 acquires power information on the sound pick-up signals 21 and 22.

Concerning the magnitude of the sound pick-up signals 21 and 22, there are two cases for the magnitude of sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12.

A first case is that the magnitude of a sound picked up by

the main microphone 11 is larger than a sound picked up by the sub-microphone 12. This is the case in which a power value of the sound pick-up signal 21 is larger than a power value of the sound pick-up signal 22. In this case, it is presumed that a sound source is located closer to the main microphone 11 than to the sub-microphone 12, or a user speaks into the main microphone 11.

A second case is that the magnitude of a sound picked up by the main microphone 11 is smaller than a sound picked up by the sub-microphone 12. This is the case in which a power value of the sound pick-up signal 21 is smaller than a power value of the sound pick-up signal 22. In this case, it is presumed that a sound source is located closer to the sub-microphone 12 than to the main microphone 11, or a user speaks into the sub-microphone 12.

Moreover, there is a case in which the power difference between a sound picked up by the main microphone 11 and a sound picked up by the sub-microphone 12 falls in a specific range (-P<power difference<P), or the absolute value of the power difference is smaller than a specific value P. In this case, it is presumed that a sound source is located in a center area between the main microphone 11 and the sub-microphone 12.

Based on the presumption discussed above, the power-information acquisition unit 66 outputs the acquired power information (information on power difference) to the adaptive filter controller 17 (FIG. 1), as voice incoming-direction information 25.

As described above, the voice direction detector 16 detects a voice incoming direction based on the phase difference between or power information on the sound pick-up signals 21 and 22, in this embodiment. The method of detecting a voice incoming direction may be performed based on the phase difference only or the power information only, or a combination of these factors. The combination of the phase difference and power information is useful for mobile equipment (a wireless communication apparatus) such as a transceiver,

compact equipment such as a speaker microphone (an audio input apparatus) attached to a wireless communication apparatus, etc. This is because, in such mobile equipment and compact equipment, it could happen that a microphone is covered with a user's hand or clothes, depending on how a user holds a mobile equipment or compact equipment. For such a mobile equipment and compact equipment, the voice direction detector 16 can more accurately detect a voice incoming direction based on both of the phase difference between and the power information on the sound pick-up signals 21 and 22.

Returning to FIG. 1, the adaptive filter controller 17 generates a control signal 26 for control of the adaptive filter 18 based on the speech segment information 24 and the voice incoming-direction information 25 output from the speech segment determiner 15 and the voice direction detector 16, respectively. The generated control signal 26 carries the speech segment information 24 and the voice incoming-direction information 25, which is then output to the adaptive filter 18.

The adaptive filter 18 generates a low-noise signal when sound pick-up signals 21 and 22 are supplied from the A/D converters 13 and 14, respectively, and outputs the low-noise signal as an output signal 27. In detail, in order to reduce a noise component carried by a sound pick-up signal 21 (a voice signal), the sub-microphone 12 picks up a noise-dominated sound including a noise component that is converted into a sound pick-up signal 22 (a noise-dominated signal) by the A/D converter 14. Based on the noise-dominated sound, the adaptive filter 18 generates a pseudo-noise component that is highly likely carried by the sound pick-up signal 21 (a voice signal) if it is a real noise component, and subtracts the pseudo-noise component from the sound pick-up signal 21 for noise reduction.

If a voice component of an excessive sound level is picked by the sub-microphone 12 in addition to a noise-dominated sound, the output signal 27 that is a low-noise

version of the sound pick-up signal 21 (a voice signal) may have a lowered level or carry an obscure voice sound due to the echo of the voice component of the excessive sound level picked by the sub-microphone 12.

In order to avoid such a lowered level or an obscure voice sound, in this embodiment, an allowable range of mixture of unwanted sound in which a voice component is picked up by the sub-microphone 12 with a noise component may be set and noise reduction is performed by the adaptive filter 18 when the mixture of unwanted sound is within the allowable range.

If the sound contamination described above is outside the allowable range, a sound pick-up signal (voice signal) 21 picked up by the main microphone 11 may be output as the output signal 21 with no noise reduction at the adaptive filter 18. However, when the sound contamination is outside the allowable range, it is also assumed that a noise component is mainly picked up the main microphone 11 (a voice-component pick-up microphone) while a voice component is mainly picked up the sub-microphone 12 (a noise-component pick-up microphone).

In the case where the sound contamination is outside the allowable range, the sound pick-up signal 21 (a voice signal) and the sound pick-up signal 22 (a noise-dominated signal) may be switched in a noise reduction process at the adaptive filter 18. In detail, in this option, the sound pick-up signal 22 is treated as a voice signal to be subjected to the noise reduction process while the sound pick-up signal 21 is treated as a noise-dominated signal for use in the noise reduction process, at the adaptive filter 18.

For the noise reduction process discussed above, the adaptive filter controller 17 outputs the control signal 26 to the adaptive filter 18. In this noise reduction control, the speech segment information 24 supplied to the adaptive filter controller 17 is used as information for deciding the timing of updating the filter coefficients of the adaptive filter 18. In this embodiment, the noise reduction process may be performed in two ways. When not a speech segment but a noise segment is detected by

the speech segment determiner 15, the filter coefficients of the adaptive filter 18 are updated for active noise reduction. On the other hand, when a speech segment is detected by the speech segment determiner 15, the noise reduction process is performed with no updating of the filter coefficients of the adaptive filter 18.

The noise reduction control performed by the adaptive filter controller 17 will be described in detail.

Explained first is the noise reduction control using a phase difference PD1 as the voice incoming-direction information 25 obtained by the voice direction detector 16a shown in FIG. 4. The phase difference PD1 is defined as the phase difference between the phase of a voice component carried by a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 and the phase of a voice component carried by a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12.

The noise reduction control using the phase difference PD1 is performed by the adaptive filter controller 17 in three ways depending on the relationship between the phase difference PD1 and a predetermined positive value T, that is, $PD1 \geq T$, $PD1 \leq -T$ or $-T < PD1 < T$, that is analyzed by the adaptive filter controller 17.

When the relationship $PD1 \geq T$ is established, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to perform a regular noise reduction process. The relationship $PD1 \geq T$ indicates that the phase of a voice component carried by a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 is more advanced than the phase of a voice component carried by a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12.

In this case, the adaptive filter 18 performs the regular noise reduction process to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal (a voice signal) 21 using the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 to produce the output signal 27. Moreover, in this case, the speech segment

determiner 15 detects a speech segment based on the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11.

When the relationship PD1≤-T is established, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to switch the sound pick-up signal (a voice signal) 21 and the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 in a noise reduction process. The relationship PD1≤-T indicates that the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is more advanced than the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11.

In this case, the adaptive filter controller 17 treats the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 as a voice signal while treats the sound pick-up signal (a voice signal) 21 as a noise-dominated signal. Then, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal 22 (a voice signal) 22 using the sound pick-up signal 21 (a noise-dominated signal) 22 to produce the output signal 27. Moreover, in this case, the speech segment determiner 15 may detect a speech segment based on the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 when the modification shown in FIG. 8 is employed. This is because the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is more suitable for speech segment determination than the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 when the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 22 is more advanced than the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 21.

When the relationship -T<PD1<T is established, the adaptive filter controller 17 determines that the sound pick-up signals 21 and 22 are not usable for the noise reduction process at the adaptive filter 18. This is because it is highly likely that

the distance from a sound source to the main microphone 11 and the distance from the sound source to the sub-microphone 12 are almost the same as each other. In this case, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to output either the sound pick-up signal 21 or the sound pick-up signal 22 as the output signal 27, with no noise reduction process. In other words, the adaptive filter 18 outputs either the sound pick-up signal 21 or the sound pick-up signal 22 as the output signal 27, with no noise reduction process, when the absolute value |PD1| is smaller than the predetermined value T.

In this case, since the sound pick-up signals 21 and 22 are determined as not usable for the noise reduction process, in order to select a sound pick-up signal carrying a larger magnitude, the adaptive filter controller 17 may perform determination as to which of the sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 is larger, using the circuit like shown in FIG. 5. In this case, if it is determined that the magnitude of a sound picked up by the main microphone 11 is larger than the magnitude of a sound picked up by the sub-microphone 12, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to output the sound pick-up signal 21 as the output signal 27. On the other hand, if it is determined that the magnitude of a sound picked up by the sub-microphone 12 is larger than the magnitude of a sound picked up by the main microphone 11, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to output the sound pick-up signal 22 as the output signal 27.

Explained next is the noise reduction control using power information PD2 as the voice incoming-direction information 25 obtained by the voice direction detector 16b shown in FIG. 5. The power difference PD2 is defined as the difference between the magnitude of a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 and the magnitude of a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12. The magnitude is the maximum amplitude, an integral value of amplitude of the sound pick-up

signals 21 and 22, etc., as explained above.

The noise reduction control using the power difference PD2 is performed by the adaptive filter controller 17 in three ways depending on the relationship between the power difference PD2 and a predetermined positive value P, that is, PD2≥P, PD2≤-P or -P< PD2<P, that is analyzed by the adaptive filter controller 17.

When the relationship PD2≥P is established, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to perform a regular noise reduction process. The relationship PD2≥P indicates that the magnitude of the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 is larger than the magnitude of the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12.

In this case, the adaptive filter 18 performs the regular noise reduction process to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal (a voice signal) 21 using the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 to produce the output signal 27. Moreover, in this case, the speech segment determiner 15 detects a speech segment based on the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11.

When the relationship PD2≤-P is established, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to switch the sound pick-up signal (a voice signal) 21 and the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 in a noise reduction process. The relationship PD2≤-P indicates that the magnitude of the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is larger than the magnitude of the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11.

In this case, the adaptive filter controller 17 treats the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 as a voice signal while treats the sound pick-up signal (a voice signal) 21 as a noise-dominated signal. Then, the adaptive filter

controller 17 controls the adaptive filter 18 to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal 22 (a voice signal) 22 using the sound pick-up signal 21 (a noise-dominated signal) 22 to produce the output signal 27. In this case, the speech segment determiner 15 may detect a speech segment based on the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 when the modification shown in FIG. 8 is employed. This is because the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is more suitable for speech segment determination than the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 when the magnitude of the sound pick-up signal 22 is larger than the magnitude of the sound pick-up signal 21.

When the relationship $-P<PD2<P$ is established, the adaptive filter controller 17 determines that the sound pick-up signals 21 and 22 are not usable for the noise reduction process at the adaptive filter 18. This is because it is highly likely that the distance from a sound source to the main microphone 11 and the distance from the sound source to the sub-microphone 12 are almost the same as each other. In this case, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to output either the sound pick-up signal 21 or the sound pick-up signal 22 as the output signal 27, with no noise reduction process. In other words, the adaptive filter 18 outputs either the sound pick-up signal 21 or the sound pick-up signal 22 as the output signal 27, with no noise reduction process, when the absolute value $|PD2|$ is smaller than the predetermined value P.

In this case, since the sound pick-up signals 21 and 22 are determined as not usable for the noise reduction process, in order to select a sound pick-up signal that has a more advanced phase, the adaptive filter controller 17 may perform determination as to which of the sounds picked up by the main microphone 11 and the sub-microphone 12 has a more advanced phase, using the circuit like shown in FIG. 4. In this case, if it is determined that the phase of a sound picked up by

the main microphone 11 is more advanced than the phase of a sound picked up by the sub-microphone 12, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to output the sound pick-up signal 21 as the output signal 27. On the other hand, if it is determined that the phase of a sound picked up by the sub-microphone 12 is more advanced than the phase of a sound picked up by the main microphone 11, the adaptive filter controller 17 controls the adaptive filter 18 to output the sound pick-up signal 22 as the output signal 27.

FIG. 6 is a block diagram showing an exemplary configuration of the adaptive filter 18 installed in the noise reduction apparatus 1 according to the first embodiment.

The adaptive filter 18 shown in FIG. 6 is provided with delay elements 71-1 to 71-n , multipliers 72-1 to 72-n+1, adders 73-1 to 73-n, an adaptive coefficient adjuster 74, a subtracter 75, an output signal selector 76, and a selector 77.

With reference to FIG. 1, the selector 77 switches the sound pick-up signals 21 and 22 input from the A/D converters 21 and 22, respectively, in accordance with the control signal 26 (such as , the voice incoming-direction information 25 given by the voice direction detector 16) output from the adaptive filter controller 17. In detail, the selector 77 switches the sound pick-up signals 21 and 22 between two output modes. In a first output mode, the selector 77 outputs the sound pick-up signal 21 as a voice signal 81 and the sound pick-up signal 22 as a noise-dominated signal 82. In a second output mode, the selector 77 outputs the sound pick-up signal 21 as a noise-dominated signal 82 and the sound pick-up signal 22 as a voice signal 81.

The selector 77 is put into the first output mode in accordance with the control signal 26 when the phase of a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 is more advanced than the phase of a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12. On the other hand, the selector 77 is put into the second output mode in accordance with the control

signal 26 when the phase of a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is more advanced than the phase of a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11.

Moreover, the selector 77 may be put into the first output mode in accordance with the control signal 26 when the magnitude of a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 is larger than the magnitude of a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12. On the other hand, the selector 77 may be put into the second output mode in accordance with the control signal 26 when the magnitude of a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is larger than the magnitude of a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11.

The delay elements 71-1 to 71-n, the multipliers 72-1 to 72-n+1, and the adders 73-1 to 73-n constitute an FIR filter that processes the noise-dominated signal 82 to generate a pseudo-noise signal 83.

The adaptive coefficient adjuster 74 adjusts the coefficients of the multipliers 72-1 to 72-n+1 in accordance with the control signal 26 (for example, the speech segment information 24 and the voice incoming-direction information 25) depending on what is indicated by the speech segment information 24 and/or the voice incoming-direction information 25.

In detail, the adaptive coefficient adjuster 74 adjusts the coefficients of the multipliers 72-1 to 72-n+1 to have a smaller adaptive error when the speech segment information 24 indicates a noise segment (a non-speech segment). On the other hand, the adaptive coefficient adjuster 74 makes no adjustments or a fine adjustment only to the coefficients of the multipliers 72-1 to 72-n+1 when the speech segment information 24 indicates a speech segment. Moreover, the adaptive coefficient adjuster 74 makes no adjustments or a fine

adjustment only to the coefficients of the multipliers 72-1 to 72-n+1 when the voice incoming-direction information 25 indicates that a voice sound is coming from an inappropriate direction. When the voice incoming-direction information 25 indicates an inappropriate incoming direction, cancellation of a voice component is limited by diminishing a noise reduction effect with no adjustments or a fine adjustment only in the noise reduction process. Moreover, when the speech segment information 24 indicates a noise segment (a non-speech segment) and when the voice incoming-direction information 25 indicates an inappropriate direction, the adaptive coefficient adjuster 74 makes no adjustments or a fine adjustment only to the coefficients of the multipliers 72-1 to 72-n+1. Also in this case, cancellation of a voice component is limited by diminishing a noise reduction effect with no adjustments or a fine adjustment only in the noise reduction process.

The subtracter 75 subtracts the pseudo-noise signal 83 from the voice signal 81 to generate a low-noise signal 84 that is then output to the output signal selector 76. The low-noise signal 84 is also output to the adaptive coefficient adjuster 74, as a feedback signal 85.

The output signal selector 76 selects either the voice signal 81 or the low-noise signal 84, as the output signal 27, in accordance with the control signal 26 (for example, the voice incoming-direction information 25) output from the adaptive filter controller 17. In detail, when the voice incoming-direction information 25 indicates that a voice sound is coming from an inappropriate direction (for example, in the case of $-T<$phase difference $PD1<T$), the output signal selector 76 outputs the voice signal 81 as the output signal 27, with no noise reduction. On the other hand, when the voice incoming-direction information 25 indicates that a voice sound is coming from an appropriate direction (for example, in the case of $PD1 \geq T$ or $PD1 \leq -T$), the output signal selector 76 outputs the low-noise signal 84 as the output signal 27.

Next, the operation of the noise reduction apparatus 1

(FIG. 1) will be explained with reference to FIG. 7 that is a flowchart showing an operation that starts, for example, when sound reception starts.

One requirement in this operation is that the voice incoming-direction information 25 generated by the voice direction detector 16 is updated when it is certain that a sound picked up by the main microphone 11 is a speech segment, or the speech segment determiner 15 detects a speech segment.

Under the requirement discussed above, the voice incoming-direction information 25 is initialized to a predetermined initial value (step S1). The initial value is a parameter to be set to equipment having the noise reduction apparatus 1 installed therein, when the equipment is used in an appropriate mode (with the microphones 11 and 12 at an appropriate position when used), for example.

Then, it is determined by the speech segment determiner 15 whether a sound picked up by the main microphone 11 is a speech segment (step S2). High accuracy of speech segment determination is achieved with stricter requirement, such as, higher or larger threshold levels or values in the speech segment determination technique I or II described above.

In FIG. 1, the speech segment determiner 15 detects a speech segment based only on the sound pick-up signal 21 obtained from a sound picked up by the main microphone 11, under the precondition that it is highly like that a voice sound is picked up by the main microphone 11. Nonetheless, it may also happen that a voice sound is mostly picked up by the sub-microphone 12, rather than by the main microphone 11, depending on in what environment the noise reduction apparatus of the present invention is used. For such a case, the noise reduction apparatus 2 (a modification to the noise reduction apparatus 1) shown in FIG. 8 is preferable in that the speech segment determiner 19 detects a speech segment based of both of the sound pick-up signals 21 and 22 obtained from sounds picked by the main microphone 11 and the sub-microphone 12, respectively.

When a speech segment is detected by the speech segment determiner 15 (YES in step S3), the speech segment information 23 and 24 are supplied to the voice direction detector 16 and the adaptive filter controller 17, respectively. Then, a voice incoming direction is detected by the voice direction detector 16 based on the sound pick-up signals 21 and 22 (step S4). The voice incoming direction may be detected based on: the phase difference between the sound pick-up signals 21 and 22; the power information (the difference or ratio) on the magnitude of the sound pick-up signals 21 and 22, etc. Then, the voice incoming-direction information 25 is updated by the voice direction detector 16 to new information that indicates a newly detected voice incoming direction (step S5).

On the other hand, when no speech segment is detected by the speech segment determiner 15 (NO in step S3), the voice incoming-direction information 25 is not updated due to no performance of the detection of a voice incoming direction by the voice direction detector 16 at this stage. No update on the voice incoming-direction information 25 is based on the assumption that, when no speech segment is detected, it is highly likely that the sound pick-up signals 21 and 22 include no voice component even if the phase difference or power information is acquired between these sound pick-up signals.

As described above, the voice incoming-direction information 25 generated by the voice direction detector 16 is updated when it is certain that a sound picked up by the main microphone 11 is a speech segment, or the speech segment determiner 15 detects a speech segment, in this embodiment.

In the noise reduction apparatus 1 shown in FIG. 1, the same speech segment information 23 and 24 are output from the speech segment determiner 15 to the voice direction detector 16 and the adaptive filter controller 17, respectively. However, the speech segment information 23 may be generated based on the speech segment determination with stricter conditions than the speech segment information 24. In other words, the speech

segment information 23 supplied to the voice direction detector 16 may be more accurate information than the speech segment information 24 supplied to the adaptive filter controller 17.

In order to achieve the generation of speech segment information with different accuracy, although not shown, first and second speech segment determiners may be provided for the adaptive filter controller 17 and the voice direction detector 16, respectively, instead of the speech segment determiner 15, to each of which the sound pick-up signal 21 is output from the AD converter 13. In this case, the first speech segment determiner performs speech segment determination to the sound pick-up signal 21 with a first determination condition and supplies first speech segment information to the adaptive filter controller 17. The second speech segment determiner performs speech segment determination to the sound pick-up signal 21 with a second determination condition that is stricter than the first determination condition and supplies second speech segment information to the voice direction detector 16.

The first and second speech segment determiners may be installed with the speech segment determination technique I or II described above. In the case of the speech segment determination technique I, the peak detection unit 37 (FIG. 2) compares SNR and a predetermined first threshold level to determine whether there is a spectrum that involves a peak that is a feature of a voice segment, as described above. As the determination condition mentioned above, the first threshold level may be set to a higher level for the second speech segment determiner that supplies second speech segment information to the voice direction detector 16 than for the first speech segment determiner that supplies first speech segment information to the adaptive filter controller 17.

Moreover, in order to achieve the generation of speech segment information with different accuracy, although not shown, a single speech segment determiner may have the first and second determination conditions discussed above to perform two speech-segment determination processes simultaneously and

generate two pieces of information for the voice direction detector 16 and the adaptive filter controller 17, respectively.

With the modifications on the generation of speech segment information with different accuracy, there are advantages as discussed below.

A lenient determination condition for speech segment determination (for example, a lower first threshold level in the speech segment determination technique I to more easily determine a speech segment) for use in adaptive filter control can avoid such a situation that a voice sound is cancelled in an environment of high noise level due to inaccurate speech segment determination.

On the contrary, a strict determination condition for speech segment determination (for example, a higher first threshold level in the speech segment determination technique I to more accurately determine a speech segment) for use in voice incoming-direction detection can detect the location of a user who is speaking more accurately. While a user is speaking, the positional relationship between the user and a microphone is mostly constant, and hence it is preferable for the voice incoming-direction information 25 to be updated only when a speech segment is detected with a strict determination condition. Accordingly, it is preferable for the speech segment determination to be performed with a strict determination condition for use in voice incoming-direction detection.

Following to step S3 or S5, the current voice incoming-direction information 25 based on the voice incoming-direction information updated before is acquired by the adaptive filter controller 17 (step S6). It is then determined by the adaptive filter controller 17 whether a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for reduction (the noise reduction process) of a noise component included in a sound picked up by the main microphone 11 (step S7), which will be explained in detail later.

When it is determined that a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for the noise

reduction process (YES in step S7), the noise reduction process is performed by the adaptive filter 18 (step S8). On the other hand, when it is determined that a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is unusable for the noise reduction process (NO in step S7), the noise reduction process is not performed by the adaptive filter 18.

Following to step S7 or S8, it is checked whether a sound (a voice or noise sound) is being picked up by the main microphone 11 and/or the sub-microphone 12 (step S9). When a sound is being picked up (YES in step S9), the process returns to step S2 to repeat this and the following steps. On the other hand, when any sound is not being picked up (NO in step S9), the operation of the noise reduction apparatus 1 (with the noise reduction process) is finished.

Step S7 on the determination as to whether a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for the noise reduction process (step S8) will be explained in detail.

Explained first is the case in which a voice incoming direction is detected by the voice direction detector 16, in step S4, based on the phase difference PD1 between the sound pick-up signals 21 and 22, with the analysis by the adaptive filter controller 17 on the relationship between the phase difference PD1 and the positive value T, that is, $PD1 \geq T$, $PD1 \leq -T$ or $-T < PD1 < T$.

When the relationship $PD1 \geq T$ is established, it is determined that a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for the noise reduction process (YES in step S7). This is because the relationship $PD1 \geq T$ indicates that the phase of a voice component carried by a sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 is more advanced than the phase of a voice component carried by a sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12. Then, the regular noise reduction process is performed by the adaptive filter 18 (step S8) to reduce a noise component carried

by the sound pick-up signal (a voice signal) 21 using the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22, thereby outputting the output signal 27.

When the relationship PD1≤-T is established, it is determined that a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for the noise reduction process (YES in step S7). This is because the relationship PD1≤-T indicates that the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is more advanced than the phase of a voice component carried by the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11. In this case, the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 and the sound pick-up signal (a voice signal) 21 are treated by the adaptive filter 18 as a voice signal and a noise-dominated signal, respectively. Then, the noise reduction process is performed by the adaptive filter 18 (step S8) to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal (a voice signal) 22 using the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 21, thereby outputting the output signal 27.

When the relationship -T<PD1<T is established, it is determined that the sound pick-up signals 21 and 22 are not usable for the noise reduction process (NO in step S7). This is because it is highly likely that the distance from a sound source to the main microphone 11 and the distance from the sound source to the sub-microphone 12 are almost the same as each other. Then, the noise reduction process is not performed by the adaptive filter 18, with either the sound pick-up signal 21 or the sound pick-up signal 22 being output as the output signal 27. In this case, the sound pick-up signal 21 may be output as the output signal 27 when the magnitude of a sound picked up by the main microphone 11 is larger than the magnitude of a sound picked up by the sub-microphone 12. Or the sound pick-up signal 22 may be output as the output signal 27 when the magnitude of a sound picked up by the main microphone 11 is

smaller than the magnitude of a sound picked up by the sub-microphone 12.

Explained next is the case in which a voice incoming direction is detected by the voice direction detector 16, in step S4, based on the power difference PD2 (power information) between the sound pick-up signals 21 and 22, with the analysis by the adaptive filter controller 17 on the relationship between the power difference PD2 and the positive value P, that is, $PD2 \geq P$, $PD2 \leq -P$ or $-P < PD2 < P$.

When the relationship $PD2 \geq P$ is established, it is determined that a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for the noise reduction process (YES in step S7). This is because the relationship $PD2 \geq P$ indicates that the magnitude of the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11 is larger than the magnitude of the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12. Then, the regular noise reduction process is performed by the adaptive filter 18 (step S8) to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal (voice signal) 21 using the sound pick-up signal (noise-dominated signal) 22, thereby outputting the output signal 27.

When the relationship $PD2 \leq -P$ is established, it is determined that a noise-dominated sound picked up by the sub-microphone 12 is usable for the noise reduction process (YES in step S7). This is because the relationship $PD2 \leq -P$ indicates that the magnitude of the sound pick-up signal 22 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 12 is larger than the magnitude of the sound pick-up signal 21 obtained based on a sound picked up by the main microphone 11. In this case, the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 22 and the sound pick-up signal (a voice signal) 21 are treated by the adaptive filter 18 as a voice signal and a noise-dominated signal, respectively. Then, the noise reduction process is performed by the adaptive filter 18 (step S8) to reduce a noise component carried by the sound pick-up signal

(a voice signal) 22 using the sound pick-up signal (a noise-dominated signal) 21, thereby outputting the output signal 27.

When the relationship -P<PD2<P is established, it is determined that the sound pick-up signals 21 and 22 are not usable for the noise reduction process (No in step S7). This is because it is highly likely that the distance from a sound source to the main microphone 11 and the distance from the sound source to the sub-microphone 12 are almost the same as each other. Then, the noise reduction process is not performed by the adaptive filter 18, with either the sound pick-up signal 21 or the sound pick-up signal being output as the output signal 27. In this case, the sound pick-up signal 21 may be output as the output signal 27 when the phase of a sound picked up by the main microphone 11 is more advanced than the phase of a sound picked up by the sub-microphone 12. Or the sound pick-up signal 22 may be output as the output signal 27 when the phase of a sound picked up by the main microphone 11 is more delayed than the phase of a sound picked up by the sub-microphone 12.

Explained next is an audio input apparatus having the noise reduction apparatus 1 (FIG. 1) or 2 (FIG. 8) installed therein according to the present invention.

FIG. 9 is a schematic illustration of an audio input apparatus 500 having the noise reduction apparatus 1 or 2 installed therein, with views (a) and (b) showing the front and rear faces of the audio input apparatus 500, respectively.

As shown in FIG. 9, the audio input apparatus 500 is detachably connected to a wireless communication apparatus 510. The wireless communication apparatus 510 is an ordinary wireless communication apparatus for use in wireless communication at a specific frequency.

The audio input apparatus 500 has a main body 501 equipped with a cord 502 and a connector 503. The main body 501 is formed having a specific size and shape so that a user can grab it with no difficulty. The main body 501 houses several types

of parts, such as, a microphone, a speaker, an electronic circuit, and the noise reduction apparatus 1 or 2 of the present invention.

As shown in the view (a) of FIG. 9, a main microphone 505 and a speaker 506 are provided on the front face of the main body 501. Provided on the rear face of the main body 501 are a belt clip 507 and a sub-microphone 508, as shown in the view (b) of FIG. 9. Provided at the top and the side of the main body 501 are an LED 509 and a PTT (Push To Talk) unit 504, respectively. The LED 509 informs a user of the user's voice pick-up state detected by the audio input apparatus 500. The PTT unit 504 has a switch that is pushed into the main body 501 to switch the wireless communication apparatus 510 into a speech transmission state.

The noise reduction apparatus 1 (or 2) according to the first embodiment is installed in the audio input apparatus 500. The main microphone 11 and the sub-microphone 12 (FIG. 1) of the noise reduction apparatus 1 correspond to the main microphone 505 shown in the view (a) of FIG. 9 and the sub-microphone 508 shown in the view (b) of FIG. 9, respectively.

The output signal 27 (FIG. 1) output from the noise reduction apparatus 1 is supplied from the audio input apparatus 500 to the wireless communication apparatus 510 through the cord 502. The wireless communication apparatus 510 can transmit a low-noise voice sound to another wireless communication apparatus when the output signal 27 supplied thereto is a signal output after the noise reduction process (step S8 in FIG. 7) is performed.

Explained next is a wireless communication apparatus (a transceiver, for example) having the noise reduction apparatus 1 (FIG. 1) or 2 (FIG. 8) installed therein according to the present invention.

FIG. 10 is a schematic illustration of a wireless communication apparatus 600 having the noise reduction apparatus 1 or 2 installed therein, with views (a) and (b) showing the front and rear faces of the wireless communication apparatus 600, respectively.

The wireless communication apparatus 600 is equipped

with input buttons 601, a display screen 602, a speaker 603, a main microphone 604, a PTT (Push To Talk) unit 605, a switch 606, an antenna 607, a sub-microphone 608, and a cover 609.

The noise reduction apparatus 1 (or 2) in the first embodiment is installed in the wireless communication apparatus 600. The main microphone 11 and the sub-microphone 12 (FIG. 1) of the noise reduction apparatus 1 correspond to the main microphone 604 shown in the view (a) of FIG. 10 and the sub-microphone 608 shown in the view (b) of FIG. 10, respectively.

The output signal 27 (FIG. 1) output from the noise reduction apparatus 1 undergoes a high-frequency process by an internal circuit of the wireless communication apparatus 600 and is transmitted via the antenna 607 to another wireless communication apparatus. The wireless communication apparatus 600 can transmit a low-noise voice sound to another wireless communication apparatus when the output signal 27 supplied thereto is a signal output after the noise reduction process (step S8 in FIG. 7) is performed.

The noise reduction apparatus 1 may start the operation explained with reference to FIG. 7 when a user depresses the PTT unit 605 for the start of sound transmission and halt the operation when the user detaches a finger from the PTT unit 605 for the completion of sound transmission.

A mobile wireless communication apparatus, such as a transceiver, may be used in an environment with much noise, for example, an intersection and a factory with a sound of a machine, hence requiring reduction of noises picked up by a microphone.

Especially, a transceiver may be used in such a manner that a user listens to a sound from a speaker attached to the transceiver while the speaker is apart from a user' ear. Moreover, mostly users hold a transceiver apart from his or her body and hold it in a variety of ways. A speaker microphone having a picked up unit (a microphone) and a reproduction unit (a speaker) apart from a transceiver body can be used in a variety of ways. For example, a microphone can be slung over

a user's neck or placed on a user's shoulder so that users can speak without facing the microphone. Moreover, a user may speak from a direction closer to the rear face of a microphone than to the front face having a pickup. It is thus not always the case that a voice sound reaches a speaker microphone from an appropriate direction.

Therefore, detection of an incoming direction while a speech segment only is being detected even when a conversation is obstructed with a high level of noise is required for a noise reduction process for an audio input apparatus such as a transceiver and a speaker microphone used in such a situation discussed above.

The speech segment determiner 15 (FIGS. 1) of the noise reduction apparatus 1 in this embodiment can detect a speech segment even if there is a high level of noise, as described above. Then, while a speech segment is being detected, the voice direction detector 16 detects a voice incoming direction and updates the voice incoming-direction information for the control of the adaptive filter 18.

The detection of an incoming direction while a speech segment only is being detected lowers the processing amount at the voice direction detector 16 and provides highly reliable voice incoming-direction information. Therefore, with highly reliable voice incoming-direction information and speech segment information, the adaptive filter 18 can perform a noise reduction process to reduce a noise component carried by a voice signal in a variety of environments.

Moreover, the first embodiment is advantageous as follows, as described above in detail. For example, noises coming from a user's back side can be reduced. Even if a sound is coming from a variety of directions, noise reduction can be performed by the adaptive filter 18 with no increase in computation load. Smaller circuit scale, power consumption and cost are achieved. Even if a sound source is located between a main microphone and a sub-microphone, a voice sound level is not lowered when the noise reduction process is

performed. Moreover, the first embodiment is applicable in an environment of high noise level.

As described above in detail, the first embodiment of the present invention offers a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method that can reduce a noise component carried by a voice signal in a variety of environments.

[Embodiment 2]

FIG. 11 is a block diagram schematically showing the configuration of a noise reduction apparatus 3 according to a second embodiment of the present invention. The noise reduction apparatus 3 of the second embodiment is different from the noise reduction apparatus 1 (FIG. 1) of the first embodiment in that there are two sub-microphones A and B, and a signal decider.

The noise reduction apparatus 3 shown in FIG. 11 is provided with a main microphone 101, sub-microphones 102 and 103, A/D converters 104, 105 and 106, a speech segment determiner 115, a signal decider 116, an adaptive filter controller 117, and an adaptive filter 118.

The main microphone 101 and the sub-microphones 102 and 103 pick up a sound including a speech segment and/or a noise component. In detail, the main microphone 101 is a voice-component pick-up microphone that picks up a sound that mainly includes a voice component and converts the sound into an analog signal that is output to the A/D converter 104. The sub-microphone 102 is a noise-component pick-up microphone that picks up a sound that mainly includes a noise component and converts the sound into an analog signal that is output to the A/D converter 105. The sub-microphone 103 is also a noise-component pick-up microphone that picks up a sound that mainly includes a noise component and converts the sound into an analog signal that is output to the A/D converter 106. A noise component picked up by the sub-microphone 102 or 103 is used for reducing a noise component included in a sound picked up by the main microphone 101, for example.

The second embodiment is described with three microphones (which are the main microphone 101 and the sub-microphones 102 and 103 in FIG. 11) connected to the noise reduction apparatus 3. However, three or more sub-microphones can be connected to the noise reduction apparatus 3.

In FIG. 11, the A/D converter 104 samples an analog signal output from the main microphone 101 at a predetermined sampling rate and converts the sampled analog signal into a digital signal to generate a sound pick-up signal 111. The sound pick-up signal 111 generated by the A/D converter 104 is output to the speech segment determiner 115, the signal decider 116, and the adaptive filter 118.

The A/D converter 105 samples an analog signal output from the sub-microphone 102 at a predetermined sampling rate and converts the sampled analog signal into a digital signal to generate a sound pick-up signal 112. The sound pick-up signal 112 generated by the A/D converter 105 is output to the signal decider 116 and the adaptive filter 118.

The A/D converter 106 samples an analog signal output from the sub-microphone 103 at a predetermined sampling rate and converts the sampled analog signal into a digital signal to generate a sound pick-up signal 113. The sound pick-up signal 113 generated by the A/D converter 106 is output to the signal decider 116 and the adaptive filter 118.

In the second embodiment, a frequency band for a voice sound input to the main microphone 101 and the sub-microphones 102 and 103 is roughly in the range from 100 Hz to 4,000 Hz, for example. In this frequency band, the A/D converters 104, 105 and 106 convert an analog signal carrying a voice component into a digital signal at a sampling frequency in the range from about 8 kHz to 12 kHz.

The speech segment determiner 115 determines whether or not a sound picked up the main microphone 101 is a speech segment (voice component) based on a sound pick-up signal 111 output from the A/D converter 104. When it is determined

that a sound picked up the main microphone 101 is a speech segment, the speech segment determiner 115 outputs speech segment information 123 and 124 to the signal decider 116 and the adaptive filter controller 117, respectively.

The speech segment determiner 115 can use any appropriate technique, such as, the speech segment determination technique I or II, especially when the noise reduction apparatus 3 is used in an environment of high noise level, like the first embodiment described above.

In the noise reduction apparatus 3 shown in FIG. 11, the speech segment determiner 115 performs speech segment determination using only the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101. This is based on a presumption in the second embodiment that it is highly likely that voice sounds are mostly picked up by the main microphone 101, not by the sub-microphones 102 and 103.

However, it may happen that voice sounds are mostly picked up by the sub-microphone 102 or 103, not by the main microphone 101, depending on the environment in which the noise reduction apparatus 3 is used. For this reason, like shown in FIG. 8, in addition to the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked by the main microphone 101, the sound pick-up signal 112 obtained based on a sound picked by the sub-microphone 102 or 103 may be supplied to the speech segment determiner 115 for speech segment determination.

Returning to FIG. 11, the signal decider 116 decides and selects two sound pick-up signals to be used for a noise reduction process to be performed by the adaptive filter 118 among the sound pick-up signals 111, 112 and 113, and obtains sound pick-up signal selection information 125 on the selected two sound pick-up signals. Moreover, the signal decider 116 obtains phase difference information 126 on the phase difference between the selected two sound pick-up signals. Then, the signal decider 116 output the sound pick-up signal selection information 125 and phase difference information 126

to the adaptive filter controller 117.

For the same reason discussed in the first embodiment, it is also preferable in the second embodiment to set the sampling frequency to 24 kHz or higher for the sound pick-up signals 111, 112 and 113 to be supplied to the signal decider 116 for obtaining the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 112, between the sound pick-up signals 111 and 113, and between the sound pick-up signals 112 and 113.

The noise reduction apparatus 3 in this embodiment shown in FIG . 11 is equipped with two sub-microphones A and B. In the case of two sub-microphones, it is preferable as shown in (b) of FIG. 19 or of FIG. 21 that two sub-microphones (711 and 712 in FIG. 19 or 811 and 812 in FIG. 21) are arranged diagonally and apart from each other with a specific distance on the body of equipment having the noise reduction apparatus 3 installed therein. The distance between two sub-microphones requires to be long enough so that a voice incoming direction can be detected appropriately with at least one of the two sub-microphones even if the other is covered with a user's hand that holds the equipment, which will be explained later in detail.

FIG. 12 is a block diagram showing an exemplary configuration of the signal decider 116 installed in the noise reduction apparatus 3 according to the second embodiment.

The signal decider 116 shown in FIG. 12 is provided with a cross-correlation value calculation unit 131, a power-information acquisition unit 132, a phase-difference information acquisition unit 133, a noise-dominated signal selection unit 134, a cross-correlation value calculation unit 135, a phase-difference calculation unit 136, and a determination unit 137.

As explained with reference to FIG. 11, when the speech segment determiner 115 determines that a sound picked up by the main microphone 101 is a speech segment, the determiner 115 outputs speech segment information 123 to the signal decider 116.

When the speech segment information 123 is input to the signal decider 116 in FIG. 12, the cross-correlation value calculation unit 131 acquires cross-correlation information on the cross correlation between the sound pick-up signals 112 and 113 obtained based on sounds picked up by the sub-microphones 102 and 103, respectively. The acquired cross-correlation information is output to the phase-difference information acquisition unit 133.

The phase-difference information acquisition unit 133 acquires a phase difference between two signal wave forms having a correlation to acquire a phase difference between voice components carried by the sound pick-up signals 112 and 113. The acquired phase difference information is output to the noise-dominated signal selection unit 134 and the determination unit 137.

The cross-correlation value calculation unit 131 and the phase-difference information acquisition unit 133 operate in the same manner as the cross-correlation value calculation unit 55 and the phase-difference information acquisition unit 56, respectively, as described with reference to FIG. 4, hence explanation thereof being omitted for brevity.

In the second embodiment, the signal decider 116 can accurately calculate a phase difference even if a sound pick-up signal carries a noise component. This is because the calculation of a phase difference is done only when the speech segment determiner 115 determines that a sound picked up by the main microphone 101 is a speech segment.

Moreover, when the speech segment information 123 is input to the signal decider 116 in FIG. 12, the power-information acquisition unit 132 acquires power information (a power ratio or a power difference between the sound pick-up signals 112 and 113) based on the magnitudes of the sound pick-up signals 112 and 113. The acquired power information is output to the noise-dominated signal selection unit 134. The power-information acquisition unit 132 operates in the same manner as the voice direction detector 16b

described with reference to FIG. 5, hence explanation thereof being omitted for brevity.

There are two requirements for a noise-dominated signal so that the adaptive filter 118 (FIG. 11) can accurately update its filter coefficients based on the noise-dominated signal. One requirement (A) is that a sub-microphone picks up a smaller amount of a voice component in addition to a noise component. The other requirement (B) is that the noise characteristics of a noise component picked up by a sub-microphone are closer to the noise characteristics of a noise component picked up by a main microphone in addition to a voice component.

The requirement (A) discussed above is more satisfied when a sub-microphone is located farther from a sound source. If there are two sub-microphones, a sub-microphone that is located farther from a sound source can be found with phase comparison.

In the case of the second embodiment, comparison is made between the phase of the sound pick-up signal 112 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 102 and the phase of the sound pick-up signal 113 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 103. If the sound pick-up signal 112 has a more delayed phase than the sound pick-up signal 113, it is determined that the sub-microphone 102 is located farther than the sub-microphone 103 from a sound source. Then, the sound pick-up signal 112 is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction. On the other hand, if the sound pick-up signal 113 has a more delayed phase than the sound pick-up signal 112, it is determined that the sub-microphone 103 is located farther than the sub-microphone 102 from a sound source. Then, the sound pick-up signal 113 is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction.

Concerning the requirement (A), when a sub-microphone is located farther from a sound source, the amount of a voice component is reduced. It is therefore required to consider the environment in which the noise reduction apparatus 3 is used.

In view of acoustic characteristics, any object that covers a microphone affects the performance of the noise reduction apparatus 3. Accordingly, in addition to the phase difference, checking whether the pickup of a microphone is not covered with any object, in other words, whether a sound is picked up by a microphone at a stable sound level is important, for obtaining excellent acoustic characteristics constantly.

In FIG. 12, based on the phase difference information and the power information output from the phase-difference information acquisition unit 133 and the power-information acquisition unit 132, respectively, the noise-dominated signal selection unit 134 selects either the sound pick-up signal 112 or 113 as an appropriate signal to be used as a noise-dominated signal for noise reduction. With the use of phase difference information and power information, external environmental effects can be reflected in the selection of a sound pick-up signal as a noise-dominated signal for noise reduction. The sound pick-up signal 112 or 113 selected as a noise-dominated signal for noise reduction is output to the cross-correlation value calculation unit 135, as a sound pick-up signal 138.

When the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 and the sound pick-up signal 138 are input, the cross-correlation value calculation unit 135 acquires information on cross correlation between sound pick-up signals 111 and 138, and outputs cross-correlation information to the phase-difference calculation unit 136.

With the cross-correlation information, the phase-difference calculation unit 136 obtains a phase difference between two signal waveforms determined to have a correlation with each other to obtain a phase difference between a voice component carried by the sound pick-up signal 111 and a voice component carried by the sound pick-up signal 138. Then, the phase-difference calculation unit 136 outputs the acquired phase difference information to the determination unit 137.

The cross-correlation value calculation unit 135 and the

phase-difference calculation unit 136 operate in the same manner as the cross-correlation value calculation unit 55 and the phase-difference information acquisition unit 56, respectively, as described with reference to FIG. 4, hence explanation thereof being omitted for brevity.

In FIG. 12, the cross-correlation value calculation unit 131 and the cross-correlation value calculation unit 135 operate in the same manner as each other. Thus, the cross-correlation value calculation unit 131 and the cross-correlation value calculation unit 135 may be combined into a single unit. Moreover, the phase-difference information acquisition unit 133 and phase-difference calculation unit 136 operate in the same manner as each other. Thus, the phase-difference information acquisition unit 133 and phase-difference calculation unit 136 may be combined into a single unit.

Based on the phase difference information output from the phase-difference calculation unit 136, the determination unit 137 determines whether the sound pick-up signal 111 can be used as a voice signal to be subjected to noise reduction and the sound pick-up signal 138 (that is the sound pick-up signal 112 or 113 selected by the noise-dominated signal selection unit 134) can be used as a noise-dominated signal for use in noise reduction of the voice signal. Then, the phase-difference calculation unit 136 decides two sound pick-up signals to be used in the noise reduction process and outputs sound pick-up signal selection information 125 on the decided two sound pick-up signals to the adaptive filter controller 117 (FIG. 11).

Explained next is the operation of the signal decider 116 with respect to the flowcharts of FIGS. 13 and 14.

A sub-microphone selection process performed by the signal decider 116 is explained first with reference to FIG. 13.

In FIG. 13, sub-microphones A and B are set to be used as a reference microphone or a comparison-use microphone in phase-difference comparison (step S21). For example, the sub-microphone 102 is set as a reference microphone and the sub-microphone 103 is set as a comparison-use microphone.

Next, the phase-difference information on the sound pick-up signals 112 and 113 obtained based on sounds picked up by the sub-microphones 102 and 103, respectively, is acquired at the cross-correlation value calculation unit 131 and the phase-difference information acquisition unit 133, and the power information (power ratio, in this case) on the sound pick-up signals 112 and 113 is acquired at the power-information acquisition unit 132 (step S22).

Next, it is determined by the noise-dominated signal selection unit 134 whether there is a phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 (step S23). In detail, it is determined whether a phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 falls within a specific range (-T<phase difference<T), T being a threshold value set to be freely.

If the phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 falls within the specific range (-T<phase difference<T), it is determined that there is no phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 (YES in step S23). In this case, it is determined by the noise-dominated signal selection unit 134 whether a power ratio (A/B) of the sound pick-up signal 112 to the sound pick-up signal 113 is larger than the value of 1 (step S24). The value can be set to any value other than 1, which may be decided in accordance with the threshold value T used in step S23.

If the power ratio (A/B) is larger than 1 (YES in step S24), the sound pick-up signal 112 (the sub-microphone A) is selected (step S28). On the other hand, if the power ratio (A/B) is equal to or smaller than 1 (NO in step S24), the sound pick-up signal 113 (the sub-microphone B) is selected (step S29).

As described above, when it is determined in step S23 that there is no phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113, the power is compared between the sound pick-up signals 112 and 113 (power ratio A/B) so as to select a noise-dominated signal more suitable for noise reduction. When there is no phase difference between the sound pick-up

signals 112 and 113, there is no power difference between these signals unless there is a factor of power difference, such as, an object that covers the pickup of a sub-microphone. However, when the pickup of a sub-microphone is covered with an object, such as a user's hand, clothes, etc., a sound pick-up signal exhibits a lowered sound level. Such object affects the acoustic characteristics of a microphone, and hence gives adverse effects to the adaptive filter 118 in generation of a pseudo-noise component. For this reason, by selecting a signal obtained based on a sound picked up by a sub-microphone with less effects of an object that covers the pickup thereof, a noise-dominated signal more suitable for noise reduction can be selected.

Again in FIG. 13, if the phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 does not fall within the specific range (-T<phase difference<T), it is determined that there is a phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 (NO in step S23). In this case, it is determined by the noise-dominated signal selection unit 134 which phase of the sound pick-up signals 112 and 113 is more advanced (in step S25). In detail, it is determined whether the phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 is equal to or larger than the threshold value T (phase difference≥T).

If it is determined that the phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 is equal to or larger than the threshold value T (YES in step S25), it is indicated that the phase of the sound pick-up signal 112 is more advanced than the phase of the sound pick-up signal 113. A sound pick-up signal having a delayed phase is considered to be appropriate as a noise-dominated signal for use in noise reduction. Thus, the sound pick-up signal 113 (sub-microphone B) is considered to be appropriate as a noise-dominated signal for use in noise reduction.

Then, it is determined by the noise-dominated signal selection unit 134 whether a power ratio (B/A) of the sound

pick-up signal 113 to the sound pick-up signal 112 is larger than a specific value P (step S26). If it is determined that the power ratio (B/A) is larger than the specific value P (YES step S26), it is determined that the sound pick-up signal 113 possesses a certain power level (with smaller effects of an object that covers the pickup of the sub-microphone B), and hence the sound pick-up signal 113 (sub-microphone B) is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction (step S30).

On the other hand, if it is determined that the power ratio (B/A) is equal to or small than the specific value P (NO step S26), it is determined that the sound pick-up signal 113 does not possess a certain power level due to the effects of an object that covers the pickup of the sub-microphone B, and hence the sound pick-up signal 112 (sub-microphone A) is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction (step S31).

The signal power is attenuated by an amount proportional to the square of the distance from a sound source. Therefore, if there is a phase difference, a signal of delayed phase (far from a sound source) possesses a smaller (more attenuated) power than a signal of advanced phase. The specific value P to be used for comparison with the power ratio (B/A) in step S26 is a threshold value obtained by adding the amount of attenuation caused by unignorable effects of an object that covers the pickup of a microphone to the amount of attenuation caused by a phase difference discussed above.

On the other hand, if it is determined that the phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 is smaller than the threshold value T (NO in step S25), it is indicated that the phase of the sound pick-up signal 113 is more advanced than the phase of the sound pick-up signal 112. A sound pick-up signal having a delayed phase is considered to be appropriate as a noise-dominated signal for use in noise reduction. Thus, the sound pick-up signal 112 (sub-microphone A) is considered to be appropriate as a noise-dominated signal for use in noise reduction.

Then, it is determined by the noise-dominated signal selection unit 134 whether the power ratio (A/B) of the sound pick-up signal 112 to the sound pick-up signal 113 is larger than the specific value P (step S27). If it is determined that the power ratio (A/B) is larger than the specific value P (YES step S27), it is determined that the sound pick-up signal 112 possesses a certain power level (with smaller effects of an object that covers the pickup of the sub-microphone A), and hence the sound pick-up signal 112 (sub-microphone A) is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction (step S32).

On the other hand, if it is determined that the power ratio (A/B) is equal to or small than the specific value P (NO step S27), it is determined that the sound pick-up signal 112 does not possess a certain power level due to the effects of an object that covers the pickup of the sub-microphone A, and hence the sound pick-up signal 113 (sub-microphone B) is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction (step S33).

Then, the noise-dominated signal selection unit 134 determines the selected sub-microphone as usable for the noise reduction process (step S34). It is then determined whether all of the steps from step S21 to S34 are complete for all sub-microphones if there are three or more sub-microphones (step S35). If it is complete (YES in step S35), the noise-dominated signal selection unit 134 decides the sub-microphone determined as usable in step S34 as the sub-microphone for use in the noise reduction process (step S35). On the other hand, if not complete (No in step S35), the process returns to step S21 to repeat this step and the following steps from S22 to S34, with the sub-microphone determined as usable in step S34 as a reference microphone and a new sub-microphone as a comparison-use microphone in step S21.

With the process described with reference to FIG. 13, a sub-microphone to be used as a sub-microphone for use in the noise reduction process is selected and decided between the

sub-microphones A and B (102 and 103, respectively, in FIG. 11), and the sound pick-up signal (112 or 113) obtained based on a sound picked up by the selected sub-microphone is nominated as a noise-dominated signal for use in noise reduction.

In the process described above with respect to FIG. 13, a sound pick-up signal suitable as a noise-dominated signal for use in noise reduction is selected by the noise-dominated signal selection unit 134 based on the phase difference information and the power ratio output from the phase-difference information acquisition unit 133 and the power-information acquisition unit 132, respectively. However, a sound pick-up signal suitable as a noise-dominated signal for use in noise reduction may be selected based on the phase difference information only.

In the case of the phase difference information only, in FIG. 13, the phase difference information is only acquired in step S22, with omission of steps S24, S26 and S27. In detail, after the acquisition of the phase difference information in step S22, if it is determined that there is no phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 (YES in step S23), either the sound pick-up signal 112 or 113 is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction. On the other hand, if it is determined that there is a phase difference between the sound pick-up signals 112 and 113 (NO in step S23). Then, if it is determined that the phase difference is equal to or larger than the threshold value T (YES in step S25) which indicates that the phase of the sound pick-up signal 112 is more advanced than the phase of the sound pick-up signal 113, the sound pick-up signal 113 is selected as a noise-dominated signal for use in noise reduction. On the other hand, if it is determined that the phase difference is smaller than the threshold value T (NO in step S25) which indicates that the phase of the sound pick-up signal 113 is more advanced than the phase of the sound pick-up signal 112, the sound pick-up signal 112 is selected as a noise-dominated signal for

use in noise reduction.

Suppose that the main microphone 101 and a user's mouth that is a sound source have a preferable positional relationship (for example, when the main microphone 101 is attached to a headset or a helmet). In this case, the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 and the sound pick-up signal 112 or 113 obtained based on a sound picked up by selected the sub-microphone 102 or 103 can be used as a voice signal to be subjected to noise reduction and a noise-dominated signal for use in the noise reduction, respectively.

However, in the case of a transceiver, a speaker microphone, etc., it may happen that a sound source and a main microphone for picking up a sound generated by the sound source have no constant positional relationship. It is assumed in this case that a noise reduction apparatus is not used in a good condition, for example, when a user does not speak into a main microphone but speaks into a sub-microphone.

For the reason discussed above, in the second embodiment, it is verified whether the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 and the sound pick-up signal 112 or 113 obtained based on a sound picked up by the selected the sub-microphone 102 or 103 can be used as a voice signal to be subjected to noise reduction and a noise-dominated signal for use in the noise reduction, respectively. The verification process allows the section of a voice signal and a noise-dominated signal for the noise reduction process from among the sound pick-up signals 111, 112 and 113 aiming for the optimal noise reduction effect.

The verification process performed by the signal decider 116 (FIG. 12) will be explained with reference to a flowchart shown in FIG. 14.

In FIG. 14, the main microphone 101 is set as a reference microphone and the sub-microphone 102 or 103 decided in step S36 of FIG. 13 for use in noise reduction is set as a microphone for comparison (step S41). Next, the

phase-difference information is acquired at the cross-correlation value calculation unit 135 and the phase-difference calculation unit 136 on the difference in phase between a voice component carried by the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 and a voice component carried by the sound pick-up signal 138 (FIG. 12) obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 102 or 103 selected in step S36 of FIG. 13 (step S42).

Next, it is determined by the determination unit 137 whether there is a phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 (step S43). In detail, it is determined whether a phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 falls within the specific range (-T<phase difference<T).

If the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 falls within the specific range (-T<phase difference<T), it is determined that there is no phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 (YES in step S43). In this case, it is assumed that the sound pick-up signal 111 has a similar phase delay as the sound pick-up signal 138 that is originally the sound pick-up signal 112 or 113 having a phase delayed most among the sound pick-up signals 111, 112 and 113 because of being selected by the noise-dominant signal selection unit 134 (FIG. 12). Based on the assumption, the sound pick-up signal 112 or 113 not selected as the sound pick-up signal 138 (FIG. 12) and having a phase advanced most among the signals 111, 112 and 113 is set as a voice signal to be subjected to noise reduction and the sound pick-up signal 138 having a phase delayed most among the signals 111, 112 and 113 is set as a noise-dominant signal for use in the noise reduction (step S45).

In detail, the sound pick-up signal 138 selected by the noise-dominant signal selection unit 134 has a phase delayed most among the sound pick-up signals 111, 112 and 113. Therefore, if the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 falls within the specific range (-T<phase

difference<T), it is assumed that the sound pick-up signal 111 has a similar phase delay as the sound pick-up signal 138. It is further assumed that the main microphone 101 does not pick up a voice sound appropriately. For this this reason, in step S45, the sound pick-up signal 112 or 113 not selected as the sound pick-up signal 138 and having a phase advanced most among the signals 111, 112 and 113 is set as a voice signal to be subjected to noise reduction and the sound pick-up signal 138 having a phase delayed most among the signals 111, 112 and 113 is set as a noise-dominant signal for use in the noise reduction.

If there are three or more sub-microphones, a sound pick-up signal picked up a sub-microphone by which the sound pick-up signal exhibits the most advanced phase can be selected by a process similar to the process in FIG. 13 of detecting a sound pick-up signal having the most delayed phase. In detail, the process of selecting a sound pick-up signal having a more advanced phase can be repeated instead of the process of selecting a sound pick-up signal having a more delayed phase in FIG. 13.

Again in FIG. 14, if the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 does not fall within the specific range (-T<phase difference<T), it is determined that there is a phase difference between the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the reference microphone (main microphone 101) and the sound pick-up signal 138 obtained based on a sound picked up by the microphone (sub-microphone 102 or 103) for comparison (NO in step S43).

In this case, it is determined by the determination unit 137 which phase of the sound pick-up signals 111 and 138 is more advanced (in step S44). In detail, it is determined whether the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 is equal to or larger than the threshold value T (phase difference≥T).

If it is determined that the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 is equal to or larger than the threshold value T (YES in step S44), it is indicated that the phase of the sound pick-up signal 111 is more advanced than the phase of the sound pick-up signal 138. In this case, the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 is set as a voice signal to be subjected to noise reduction and the sound pick-up signal 138 that is the sound pick-up signal 112 or 113 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 102 or 103 is set as a noise-dominated signal for use in the noise reduction (step S46).

On the other hand, if it is determined that the phase difference between the sound pick-up signals 111 and 138 is smaller than the threshold value T (NO in step S44), it is indicated that the phase of the selected sound pick-up signal 138 is more advanced than the phase of the sound pick-up signal 111. In this case, the sound pick-up signal 138 that is the sound pick-up signal 112 or 113 obtained based on a sound picked up by the sub-microphone 102 or 103 is set as a voice signal to be subjected to noise reduction and the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 is set as a noise-dominated signal for use in the noise reduction (step S47).

Based on the steps described above, the determination unit 137 decides sound pick-up signal selection information 125 on the sound pick-up signals for use in the noise reduction process at the adaptive filter controller 117 and also decides the phase-difference information 126 between these sound pick-up signals (step S48), the information 125 and 126 being supplied to the adaptive filter controller 117.

Concerning the phase-difference information 126, there are two cases. The first case is that the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 and the sound pick-up signal 138 that is the sound pick-up signal 112 or 113 obtained based on a sound

picked up by the sub-microphone 102 or 103 are set as the signals for the noise reduction process (step S46 or S47). The second case is that the sound pick-up signals 112 and 113 obtained based on sounds picked up by the sub-microphones 102 and 103, respectably, are set as the signals for the noise reduction process (step S45).

In FIG. 12, in the first case, the determination unit 137 outputs a phase difference output from the phase-difference calculation unit 136 to the adaptive filter controller 117 as the phase difference information 126 which is supplied to the adaptive filter controller 117. On the other hand, in the second case, the determination unit 137 outputs a phase difference output from the phase-difference information acquisition unit 133 to the adaptive filter controller 117 as the phase difference information 126 which is supplied to the adaptive filter controller 117.

The process of FIG. 14 is summarized as explained below.

When there are one main microphone and a plurality of sub-microphones, there is a case where a phase of a specific sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by a specific sub-microphone among the plurality of sub-microphones (the phase of the specific sound pick-up signal being most advanced among phases of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by the plurality of sub-microphones) is more advanced than a phase of a sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the main microphone. In this case, it is preferable for the signal decider 116 to decide the specific sound pick-up signal as a first sound pick-up signal to be subjected to reduction of a noise component.

Also when there are one main microphone and a plurality of sub-microphones, there is a case where a phase of a specific sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by a specific sub-microphone among the plurality of sub-microphones (the phase of the specific sound pick-up signal being most delayed among phases of sound pick-up signals obtained based

on sounds picked up by the plurality of sub-microphones) is more delayed than a phase of a sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the main microphone. In this case, it is preferable for the signal decider 116 to decide the specific sound pick-up signal as a second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by a first sound pick-up signal decided to be subjected to noise reduction.

In the process of FIG. 14, although the sound pick-up signals for use in the noise reduction process are decided based on the phase difference information only, the power information may also be considered.

In detail, in the process of FIG. 14, the signal decider 116 decides a sound pick-up signal having the most advanced phase among a plurality of sound pick-up signals as a first sound pick-up signal to be subjected to noise reduction and a sound pick-up signal having the most delayed phase among the plurality of sound pick-up signals as a second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal.

However, the signal decider 116 may decide a sound pick-up signal having the most delayed phase among a plurality of sound pick-up signals and having a power that is larger than a predetermined value (for example, the value P described above) as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal.

Moreover, there is a case where a sound pick-up signal having the most delayed phase among a plurality of sound pick-up signals has a power equal to or smaller than the predetermined value. In this case, it is preferable for the signal decider 116 to decide a specific sound pick-up signal as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, a phase of the specific sound pick-up signal being delayed next to the most delayed phase among the plurality of sound pick-up signal.

Moreover, there is a case where each phase difference

between sound pick-up signals among a plurality of sound pick-up signals is within predetermined range (for example, -T<phase difference<T described above) except for the first sound pick-up signal. In this case, it is preferable for the signal decider 116 to decide a specific sound pick-up signal as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, a power of the specific sound pick-up signal being the largest among the plurality of sound pick-up signals except for the first sound pick-up signal.

Returning to FIG. 11, the adaptive filter controller 117 generates a control signal 127 for control of the adaptive filter 118 based on the speech segment information 124 output from the speech segment determiner 115 and the sound pick-up signal selection information 125 on the sound pick-up signals decided for use in the noise reduction process and the phase difference information 126 on the decided sound pick-up signals output from the signal decider 116. The generated control signal 127 carries the speech segment information 124, the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126, which is then output to the adaptive filter 118.

The adaptive filter 118 generates a low-noise signal when the two sound pick-up signals selected for the noise reduction process from among the sound pick-up signals 111, 112, and 113 are supplied from the A/D converters 104, 105 and 106, respectively, and outputs the low-noise signal as an output signal 128. The two sound pick-up signals selected for the noise reduction process are the signals decided by the signal decider 116. In order to reduce a noise component carried by a voice signal (that is the sound pick-up signal 111, 112 or 113 selected as the voice signal), the adaptive filter 118 generates a pseudo-noise component that is highly likely carried by the voice signal if it is a real noise component and subtracts the pseudo-noise component from the voice signal. The pseudo-noise component is generated by using the

noise-dominated signal for use in noise reduction (that is the sound pick-up signal 111, 112 or 113 selected as the noise-dominated signal for noise reduction).

In this noise reduction control, the speech segment information 124 supplied to the adaptive filter controller 117 is used as information for deciding the timing of updating the filter coefficients of the adaptive filter 118. In this embodiment, the noise reduction process may be performed in the following two ways. When not a speech segment but a noise segment is detected by the speech segment determiner 115, the filter coefficients of the adaptive filter 18 are updated for active noise reduction. On the other hand, when a speech segment is detected by the speech segment determiner 115, the noise reduction process is performed with no updating of the filter coefficients of the adaptive filter 118.

FIG. 15 is a block diagram showing an exemplary configuration of the adaptive filter 118 installed in the noise reduction apparatus 3 according to the second embodiment.

The adaptive filter 118 shown in FIG. 15 is provided with delay elements 171-1 to 171-n , multipliers 172-1 to 172-n+1, adders 173-1 to 173-n, an adaptive coefficient adjuster 174, a subtracter 175, an output signal selector 176, and a selector 177.

With reference to FIG. 15, the selector 177 outputs two sound pick-up signals among the sound pick-up signals 111, 112 and 113 input from the A/D converters 104, 105 and 106 (FIG. 11), respectively, as a voice signal 181 to be subjected to noise reduction and a noise-dominated signal 182 for use in the noise reduction, in accordance with the control signal 27 output from the adaptive filter controller 117. In detail, the selector 177 outputs two sound pick-up signals among the sound pick-up signals 111, 112 and 113 as the voice signal 181 to be subjected to noise reduction and the noise-dominated signal 182 for use in the noise reduction, in accordance with the sound pick-up signal selection information 125 output from the signal decider 116.

The delay elements 171-1 to 171-n, the multipliers 172-1 to 172-n+1, and the adders 173-1 to 173-n constitute an FIR filter that processes the noise-dominated signal 182 to generate a pseudo-noise signal 183.

The adaptive coefficient adjuster 174 adjusts the coefficients of the multipliers 172-1 to 172-n+1 in accordance with the control signal 127 (for example, the phase-difference information 126 and the speech segment information 124) depending on what is indicated by the phase-difference information 126 or the speech segment information 124.

In detail, the adaptive coefficient adjuster 174 adjusts the coefficients of the multipliers 172-1 to 172-n+1 to have a smaller adaptive error when the speech segment information 124 indicates a noise segment (a non-speech segment). On the other hand, the adaptive coefficient adjuster 174 makes no adjustments or a fine adjustment only to the coefficients of the multipliers 172-1 to 172-n+1 when the speech segment information 124 indicates a speech segment. Moreover, the adaptive coefficient adjuster 174 makes no adjustments or a fine adjustment only to the coefficients of the multipliers 172-1 to 172-n+1 when the phase-difference information 126 indicates that a phase difference between two signals of the sound pick-up signals 111 to 113 (the two signals corresponding to the voice signal 181 and the noise-dominated signal 182) falls within the specific range (-T<phase difference<T), namely, there is almost no phase difference between the voice signal and noise-dominated signal. When there is almost no phase difference between the two signals discussed above, cancellation of a voice component is limited by diminishing a noise reduction effect with no adjustments or a fine adjustment only in the noise reduction process. Moreover, when the speech segment information 124 indicates a noise segment (a non-speech segment) and when the phase difference information 126 indicates that there is almost no phase difference between the two signals discussed above, the adaptive coefficient adjuster 174 makes no adjustments or a

fine adjustment only to the coefficients of the multipliers 172-1 to 172-n+1. In this case, also cancellation of a voice component is limited by diminishing a noise reduction effect with no adjustments or a fine adjustment only in the noise reduction process.

The subtracter 175 subtracts the pseudo-noise signal 183 from the voice signal 181 to generate a low-noise signal 184 that is then output to the output signal selector 176. The low-noise signal 184 is also output to the adaptive coefficient adjuster 174, as a feedback signal 185.

The output signal selector 176 selects either the voice signal 181 or the low-noise signal 184, as the output signal 128, in accordance with the control signal 127 (for example, the phase difference information 126) output from the adaptive filter controller 117. In detail, when there is almost no phase difference between two signals of the sound pick-up signals 111 to 113 (the two signals corresponding to the voice signal 181 and the noise-dominated signal 182), the output signal selector 176 outputs the voice signal 181 as the output signal 128, with no noise reduction. On the other hand, when the phase difference between the two signals discussed above is equal to or larger than a specific threshold value, the output signal selector 176 outputs the low-noise signal 184 as the output signal 128.

Next, the operation of the noise reduction apparatus 3 (FIG. 11) will be explained with reference to FIG. 16 that is a flowchart showing the operation.

One requirement in this operation is that the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 generated by the signal decider 116 are updated when it is certain that a sound picked up by the main microphone 101 is a speech segment, or the speech segment determiner 115 detects a speech segment.

Under the requirement discussed above, the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 are initialized to a predetermined

initial value (step S51). The initial value is a parameter to be set to equipment having the noise reduction apparatus 3 installed therein, when the equipment is used in an appropriate mode (with the microphones 101, 102 and 103 at an appropriate position when used), for example.

Then, it is determined by the speech segment determiner 115 whether a sound picked up by the main microphone 101 is a speech segment (step S52). High accuracy of speech segment determination is achieved with stricter requirement, such as, higher or larger threshold levels or values in the speech segment determination technique I or II described above.

When a speech segment is detected by the speech segment determiner 115 (YES in step S53), the speech segment information 123 and 124 are supplied to the signal decider 116 and the adaptive filter controller 117, respectively. Then, the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 are acquired by the signal decider 116 (step S54). The sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 can be acquired as explained with reference to FIGS. 13 and 14. Then, the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 to be included in the control signal 127 are updated by the adaptive filter controller 117 to newly acquired information (step S55).

On the other hand, when no speech segment is detected by the speech segment determiner 115 (NO in step S53), the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 are not updated.

Following to step S53 or S55, a voice signal and a noise-dominated signal are selected from among the sound pick-up signals 111 to 113 at the selector 117 of the adaptive filter 118 based on the sound pick-up signal selection information 125 (S56). Then, the noise reduction process is performed by the adaptive filter 18 using the voice signal and the noise-dominated signal that are two signals selected from

among the sound pick-up signals 111 to 113 (step S57).

Following to step S57, it is checked whether a sound (a voice or noise sound) is being picked up by any of the main microphone 101, the sub-microphone 102 and the sub-microphone 103 (step S58). When a sound is being picked up (YES in step S58), the process returns to step S52 to repeat this and the following steps. On the other hand, when any sound is not being picked up (NO in step S58), the operation of the noise reduction apparatus 3 (with the noise reduction process) is finished.

As described above, in the second embodiment, the speech segment determiners 115 of the noise reduction apparatus 3 can detect a speech segment even if there is a high level of noise, as described above. Then, when a speech segment is detected only, the signal decider 116 decides two signals to be used in the noise reduction process from among the sound pick-up signals 111 to 113 and updates the phase difference information on the two sound pick-up signals. Thus, the signal decider 116 can reduce the amount of information for processing. Moreover, the signal decider 116 updates the phase difference information and also the sound pick-up signal selection information only when a speech segment is detected. Thus, highly reliable phase difference information and sound pick-up signal selection information can be acquired. Furthermore, in the second embodiment, two sound pick-up signals most appropriate for the noise reduction process are selected from among a plurality of sound pick-up signals. Thus, accurate noise reduction can be performed in a variety of environments.

As described above in detail, the second embodiment of the present invention offers a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method that can reduce a noise component carried by a voice signal in a variety of environments.

[Embodiment 3]

FIG. 17 is a block diagram schematically showing the

configuration of a noise reduction apparatus 4 according to a third embodiment of the present invention.

The noise reduction apparatus 4 shown in FIG. 17 is provided with a main microphone 201, sub-microphones 202 and 203, A/D converters 204, 205 and 206, a speech segment determiner 215, a signal decider 216, an adaptive filter controller 217, and an adaptive filter 218.

The noise reduction apparatus 4 according to the third embodiment is different from the noise reduction apparatus 2 (FIG. 11) according to the second embodiment in the following two points. The first is that, in addition to a sound pick-up signal 211 obtained based on a sound picked up by the main microphone 201, sound pick-up signals 212 and 213 obtained based on sounds picked up by the sub-microphones 202 and 203 are supplied to the speech segment determiner 215. The second is that sound pick-up signal selection information 223 is supplied to the speech segment determiner 215.

The main microphone 201, the sub-microphones 202 and 203, and the A/D converters 204, 205 and 206 shown in FIG. 17 are identical to the main microphone 101, the sub-microphones 102 and 103, and the A/D converters 104, 105 and 106, respectively, shown in FIG. 11, hence the explanation thereof being omitted for brevity.

In FIG. 17, the sound pick-up signals 211, 212 and 123 output from the A/D converters 204, 205 and 206, respectively, are supplied to the speech segment determiner 215, the signal decider 216 and the adaptive filter 218.

The signal decider 216 decides one of the sound pick-up signals 211, 212 and 123 as a sound pick-up signal to be used for speech segment determination at the speech segment determiner 215. Then, the signal decider 216 outputs information on a sound pick-up signal to be used for speech segment determination as sound pick-up signal selection information 223 to the speech segment determiner 215. It is presumed that, while a voice sound is being input to the noise reduction apparatus 4, the phase of a sound pick-up signal

carrying the voice component is most advanced among a plurality of sound pick-up signals. Under the presumption, the signal decider 216 decides one of the sound pick-up signals 211, 212 and 123 having the most advanced phase as a sound pick-up signal to be used for speech segment determination.

The signal decider 216 shown in FIG. 17 is identical to the signal decider 116 shown in FIG. 12, except for outputting the sound pick-up signal selection information 223 to the speech segment determiner 215.

The operation of the signal decider 216 is identical to the signal decider 116 explained with respect to the flowcharts of FIGS. 13 and 14, except for that a sound pick-up signal decided as a voice signal in step S45, S46 or S47 of FIG. 14 is used in speech segment determination. Moreover, through step S45, S46 or S47, the signal decider 216 decides two sound pick-up signals from among the sound pick-up signals 211, 212 and 213 as signals to be used in the noise reduction process. Then, the signal decider 216 acquires sound pick-up signal selection information 225 on the decided two sound pick-up signals for use in noise reduction and phase difference information 226 on the phase difference between the two sound pick-up signals. The signal selection information 225 and the phase difference information 226 are supplied to the adaptive filter controller 217.

The speech segment determiner 215 determines whether or not a sound picked up by the main microphone 201 or the sub-microphone 202, or the sub-microphone 203 is a speech segment (voice component) based on the sound pick-up signal 211 or 212, or 213 that is indicated by the sound pick-up signal selection information 223 output from the signal decider 216. When it is determined that a sound picked up one of the main microphone 201, the sub-microphone 202 and the sub-microphone 203 is a speech segment, the speech segment determiner 215 outputs speech segment information 224 to the adaptive filter controller 217.

The speech segment determiner 215 can use any

appropriate technique, such as, the speech segment determination technique I or II, especially when the noise reduction apparatus 4 is used in an environment of high noise level, like the first embodiment described above.

The adaptive filter controller 217 decides sound pick-up signal selection information 225 and phase difference information 226 to be used for control of the adaptive filter 218 in accordance with the speech segment information 224 output from the speech segment determiner 215.

To the adaptive filter controller 217, sound pick-up signal selection information 225 and phase difference information 226 are supplied at specific intervals, including information 225 and 226 acquired while a speech segment is being detected and other information 225 and 226 acquired while a non-speech segment is being detected. The sound pick-up signal selection information 225 and phase difference information 226 acquired while a speech segment is being detected are highly accurate information. On the other hand, the sound pick-up signal selection information 225 and phase difference information 226 acquired while a non-speech segment is being detected are not so accurate information.

Therefore, the adaptive filter controller 217 decides the highly accurate sound pick-up signal selection information 225 and phase difference information 226 in accordance with the speech segment information 224 output from the speech segment determiner 215 as the information 225 and 226 to be used for control of the adaptive filter 218 for accurate noise reduction.

In this operation, the speech segment information 224 is output to the adaptive filter controller 217 after the speech segment determination performed by the speech segment determiner 215 when given the sound pick-up signal selection information 223 from the signal decider 216. Therefore, the timing at which the sound pick-up signal selection information 225 and the phase difference information 226 are supplied to the adaptive filter controller 217 is earlier than the timing at

which the speech segment information 224 is output to the adaptive filter controller 217.

In order to adjust the timing difference, the adaptive filter controller 217 may be equipped with a buffer that temporarily holds the sound pick-up signal selection information 225 and the phase difference information 226 so that these information 225 and 226 are output to the adaptive filter controller 217 at the same timing as the speech segment information 224.

The adaptive filter controller 217 generates a control signal 227 for control of the adaptive filter 228 based on the speech segment information 224 output from the speech segment determiner 215, the sound pick-up signal selection information 225 on two sound pick-up signals to be used for noise reduction and the phase difference information 226 on the two sound pick-up signals. The generated control signal 227 carries the speech segment information 224, the sound pick-up signal selection information 225 and the phase difference information 226, which is then output to the adaptive filter 218.

The adaptive filter 218 generates a low-noise signal using two sound pick-up signals selected from among the sound pick-up signals 211, 212 and 213 supplied from the A/D converters 204, 205 and 206, respectively, and outputs a low-noise signal as an output signal 228. The two sound pick-up signals selected from among the sound pick-up signals 211, 212 and 213 are those decided by the signal decider 216 for use in noise reduction.

In detail, in order to reduce a noise component carried by a voice signal, using a noise-dominated signal, the adaptive filter 218 generates a pseudo-noise component that is highly likely carried by the voice signal if it is a real noise component, and subtracts the pseudo-noise component from the voice signal for noise reduction.

The adaptive filter controller 217 and the adaptive filter 218 shown in FIG. 17 are identical to the adaptive filter controller 117 and the adaptive filter 118, respectively, shown in

FIG. 11, hence the explanation thereof being omitted for brevity.

Next, the operation of the noise reduction apparatus 4 will be explained with reference to FIG. 18 that is a flowchart showing the operation.

One requirement in this operation is that the sound pick-up signal selection information 225 and the phase difference information 226 generated by the signal decider 216 are updated when it is certain that a sound picked up by one of the microphone 201, 202 and 203 is a speech segment, or the speech segment determiner 215 detects a speech segment.

Under the requirement discussed above, the sound pick-up signal selection information 225 and the phase difference information 226 are initialized to a predetermined initial value (step S61). The initial value is a parameter to be set to equipment having the noise reduction apparatus 4 installed therein, when the equipment is used in an appropriate mode (with the microphones 201, 202 and 203 at an appropriate position when used), for example.

Next, the sound pick-up signal selection information 223 and 225, and the phase difference information 226 are acquired by the signal decider 216 using the sound pick-up signals 211 to 213 (step S62). In this step, the sound pick-up signal selection information 223 on a sound pick-up signal to be used for speech segment determination is supplied to the speech segment determiner 215. Also in this step, the sound pick-up signal selection information 225 on two sound pick-up signals to be used for noise reduction and the phase difference information 226 on the two sound pick-up signals are supplied to the adaptive filter controller 217.

Then, speech segment determination is performed by the speech segment determiner 215 using a sound pick-up signal indicated by the sound pick-up signal selection information 223 (step S63). If a speech segment is detected (YES in step S64), the speech segment 224 is supplied to the adaptive filter controller 217. Then, the sound pick-up signal selection

information 225 and the phase difference information 226 are updated by the adaptive filter controller 217 to the information 225 and 226 acquired at the timing at which a speech segment is detected (step S65). On the other hand, if a speech segment is not detected (NO in step S64), no update is made to the sound pick-up signal selection information 225 and the phase difference information 226.

Following to step S64 or S65, a voice signal to be subjected to noise reduction and a noise-dominated signal for use in the noise reduction are selected from among the sound pick-up signals 111 to 113 at the selector 177 of the adaptive filter 218 based on the sound pick-up signal selection information 225 (S66). Then, the noise reduction process is performed by the adaptive filter 218 using the voice signal and the noise-dominated signal that are two signals selected from among the sound pick-up signals 111 to 113 (step S67).

Following to step S67, it is checked whether a sound (a voice or noise sound) is being picked up by any of the main microphone 201, the sub-microphone 202 and the sub-microphone 203 (step S68). When a sound is being picked up (YES in step S68), the process returns to step S62 to repeat this and the following steps. On the other hand, when any sound is not being picked up (NO in step S68), the operation of the noise reduction apparatus 4 (with the noise reduction process) is finished.

The difference between the second embodiment and the third embodiment will be discussed hereinbelow.

In the noise reduction apparatus 3 according to the second embodiment shown in FIG. 11, the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101 is used for speech segment determination at the speech segment determiner 115. The second embodiment is preferable in the case where the sound pick-up signal 111 mainly carries a voice component. This is based on a precondition that a user speaks into the main microphone 101 with an appropriate distance in a stable condition.

The second embodiment is advantageous in that: it is enough for the speech segment determiner 115 to perform speech segment determination only for the sound pick-up signal 111 obtained based on a sound picked up by the main microphone 101; and it is enough for the signal decider 116 to acquire the sound pick-up signal selection information 125 and the phase difference information 126 only when a speech segment id detected, thus reducing signal processing load.

As discussed above, it is a precondition of the second embodiment that a user speaks into the main microphone 101 with an appropriate distance in a stable condition. However, for equipment having a noise reduction apparatus, it may happen that a user does not speak into the main microphone 101 with an appropriate distance in a stable condition. In this case, it could happen that a sub-microphone picks up more voice sounds than a main microphone.

Different from the second embodiment, the noise reduction apparatus 4 according to the third embodiment shown in FIG. 17 has the following features. In detail, the signal decider 216 decides a sound pick-up signal to be used for speech segment determination at the speech segment determiner 215 from among the sound pick-up signals 211 to 213. Then, the speech segment determiner 215 performs speech segment determination using a sound pick-up signal decided by the signal decider 216. Another feature is that the adaptive filter controller 217 controls the adaptive filter 218 using the sound pick-up signal selection information 225 and phase difference information 226 acquired at the timing at which the speech segment determiner 215 detects a speech segment.

Therefore, the third embodiment is advantageous in that: using one of a plurality of sound pick-up signals, the speech segment determination can be performed accurately even if a noise level is high; and using two of a plurality of sound pick-up signals, accurate noise reduction can be performed even if equipment having the noise reduction apparatus 4 is used in an

environment of high noise level.

As described above in detail, the third embodiment of the present invention offers a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method that can reduce a noise component carried by a voice signal in a variety of environments.

[Embodiment 4]

Explained next is an application of a noise reduction apparatus (according to the embodiment 2 or 3, for example) equipped with at least three microphones to an audio input apparatus according to the present invention.

FIG. 19 is a schematic illustration of an audio input apparatus 700 having the noise reduction apparatus 3 or 4 installed therein, with views (a) and (b) showing the front and rear faces of the audio input apparatus 700, respectively.

As shown in FIG. 19, the audio input apparatus 700 is detachably connected to a wireless communication apparatus 710. The wireless communication apparatus 710 is an ordinary wireless communication apparatus for use in wireless communication at a specific frequency.

The audio input apparatus 700 has a main body 701 equipped with a cord 702 and a connector 703. The main body 701 is formed having a specific size and shape so that a user can grab it with no difficulty. The main body 701 houses several types of parts, such as, a microphone, a speaker, an electronic circuit, and the noise reduction apparatus 3 or 4 of the present invention.

As shown in the view (a) of FIG. 19, a main microphone 705 and a speaker 706 are provided on the front face of the main body 701. Provided on the rear face of the main body 701 are a belt clip 707 and sub-microphones 711 and 712, as shown in the view (b) of FIG. 19. Provided at the top and the side of the main body 701 are an LED 709 and a PTT (Push To Talk) unit 704, respectively. The LED 709 informs a user of the user's voice pick-up state detected by the audio input apparatus 700. The PTT unit 704 has a switch that is pushed into the main body 701 to

switch the wireless communication apparatus 710 into a speech transmission state.

The noise reduction apparatus 3 (FIG. 11) according to the second embodiment can be installed in the audio input apparatus 700. In this case, the main microphone 101 of the noise reduction apparatus 3 corresponds to the main microphone 705 shown in the view (a) of FIG. 19. Moreover, the sub-microphones 102 and 103 of the noise reduction apparatus 3 correspond to the sub-microphones 711 and 712, respectively, shown in the view (b) of FIG. 19.

The output signal 128 (FIG. 11) output from the noise reduction apparatus 3 is supplied from the audio input apparatus 700 to the wireless communication apparatus 710 through the cord 702. The wireless communication apparatus 710 can transmit a low-noise voice sound to another wireless communication apparatus when the output signal 128 supplied thereto is a signal output after the noise reduction process (step S57 in FIG. 16) is performed. The same is applied to the noise reduction apparatus 4 shown in FIG. 17 according to the third embodiment.

In the audio input apparatus 700 according to the fourth embodiment, as shown in the view (a) of FIG. 19, the main microphone (a first microphone) 705 is provided on the front face (a first face) of the main body 701. On the other hand, the sub-microphones (a second and a third microphone) 711 and 712 are provided on the rear face (a second face) of the main body 701, as shown in the view (b) of FIG. 19.

FIG. 20 is a view showing the arrangement of the sub-microphones 711 and 712 on the rear face of the audio input apparatus 700 according to the fourth embodiment.

In the audio input apparatus 700 according to the fourth embodiment, as shown in FIG. 20, the sub-microphones 711 and 712 are provided on the rear face (the second face) that is apart from the front face (the first face) with a specific distance, asymmetrically with respect to a center line 721 on the rear face with a specific distance d1. The distance d1 may be in the range from about 3 cm to 7 cm, for example. The distance

between the front face (the first face) and the rear face (the second face) of the audio input apparatus 700 may be in the range from about 2 cm to 4 cm, for example.

The sub-microphones 711 and 712 are required to be provided on the rear face (the second face) asymmetrically with respect to the center line 721 with the specific distance d1 so that both of the sub-microphones 711 and 712 cannot be covered with a user's hand when the user holds the audio input apparatus 700. The arrangement of the sub-microphones 711 and 712 achieves highly accurate noise reduction by the noise reduction apparatus 3 or 4 using at least either the sub-microphone 711 or 712.

Moreover, the sub-microphones 711 and 712 may be provided on the rear face of the audio input apparatus 700 with an angle α between the center line 721 and a line 722 that connects the sub-microphones 711 and 712. The angle α may be set to be a value that satisfies an expression tangent α = a/b where a and b are two sides (lines 731 and 733) of a rectangle 735 that can be formed on the rear face of the audio input apparatus 700 as large as possible. When the rectangle is a square, the angle α is about 45 degrees. The angle α becomes smaller as two opposite sides of the rectangle become longer than the other two opposite sides like an oblong on the rear face of the audio input apparatus 700.

Furthermore, the sub-microphones 711 and 712 may be provided on a diagonal of the rectangle 735 on the rear face of the audio input apparatus 700, that is formed of two lines 731 and 732 that intersect with the center line 721 and other two lines 733 and 734 arranged on both sides of the center line 721 symmetrically. The arrangement of the sub-microphones 711 and 712 on a diagonal of a rectangle on the rear face of the audio input apparatus 700 allows the selection of a noise-dominant signal that can be effectively used in the noise reduction process even if noise sounds come from several directions.

[Embodiment 5]

Explained next is another application of a noise reduction apparatus (according to the embodiment 2 or 3, for example) equipped with at least three microphones to a wireless communication apparatus (a transceiver, for example) according to the present invention.

FIG. 21 is a schematic illustration of a wireless communication apparatus 800 having a reduction apparatus equipped with at least three microphones installed therein, with views (a) and (b) showing the front and rear faces of the wireless communication apparatus 800, respectively.

The wireless communication apparatus 800 is equipped with input buttons 801, a display screen 802, a speaker 803, a main microphone 804, a PTT (Push To Talk) unit 805, a switch 806, an antenna 807, a cover 809, and sub-microphones 811 and 812.

The noise reduction apparatus 3 (FIG. 11) according to the second embodiment can be installed in the wireless communication apparatus 800. In this case, the main microphone 101 of the noise reduction apparatus 3 corresponds to the main microphone 804 shown in the view (a) of FIG. 21. Moreover, the sub-microphones 102 and 103 of the noise reduction apparatus 3 correspond to the sub-microphones 811 and 812, respectively, shown in the view (b) of FIG. 21.

The output signal 128 (FIG. 11) output from the noise reduction apparatus 1 undergoes a high-frequency process by an internal circuit of the wireless communication apparatus 800 and is transmitted via the antenna 807 to another wireless communication apparatus. The wireless communication apparatus 800 can transmit a low-noise voice sound to another wireless communication apparatus when the output signal 128 supplied thereto is a signal output after the noise reduction process (step S57 in FIG. 16) is performed. The same is applied to the noise reduction apparatus 4 shown in FIG. 17 according to the third embodiment.

In the wireless communication apparatus 800 according to the fifth embodiment, as shown in the view (a) of FIG. 21, the

main microphone (a first microphone) 804 is provided on the front face (a first face) of the wireless communication apparatus 800.

On the other hand, as shown in the view (b) of FIG. 21, the sub-microphones (a second and a third microphone) 811 and 812 are provided on the rear face (a second face) of the wireless communication apparatus 800, asymmetrically with respect to a center line (not shown) on the rear face with a specific distance d2, in the similar manner for the sub-microphones 711 and 712, as shown in FIG. 20. The distance d2 may be in the range from about 3 cm to 7 cm, for example. The distance between the front face (the first face) and the rear face (the second face) of the wireless communication apparatus 800 may be in the range from about 2 cm to 4 cm, for example.

The sub-microphones 811 and 812 are required to be provided on the rear face (the second face) asymmetrically with respect to a center line (not shown) on the rear face with the specific distance d2 so that both of the sub-microphones 811 and 812 cannot be covered with a user's hand when the user holds the wireless communication apparatus 800. The arrangement of the sub-microphones 811 and 812 achieves highly accurate noise reduction by the noise reduction apparatus 3 or 4 using at least either the sub-microphone 811 or 812.

Moreover, the sub-microphones 811 and 812 may be provided on the rear face of the wireless communication apparatus 800 with an angle α between a center line (not shown) and a line 722 that connects the sub-microphones 711 and 712. The center line (not shown) lies on the rear face of the wireless communication apparatus 800 between the top and bottom sides and passes through the center of a line that connects the sub-microphones 811 and 812 with the distance d2. The angle α may be set to be a value that satisfies an expression tangent $\alpha = a/b$ where a and b are two sides of a rectangle that can be formed on the rear face of the wireless communication apparatus 800 as large as possible. When the rectangle is a square, the angle α is about 45 degrees. The angle α becomes smaller as two opposite sides of the rectangle

become longer than the other two opposite sides like an oblong on the rear face of the wireless communication apparatus 800.

Furthermore, the sub-microphones 811 and 812 may be provided on the rear face on a diagonal of a rectangle that is formed of two parallel lines that intersect with the center line described above and other two parallel lines arranged on both sides of the center line. The arrangement of the sub-microphones 811 and 812 on a diagonal of a rectangle on the rear face of the wireless communication apparatus 800 allows the selection of a noise-dominant signal that can be effectively used in the noise reduction process even if noise sounds come from several directions.

As described above in detail with several embodiments, it is preferable that a noise reduction apparatus includes: a signal decider configured to decide a first sound pick-up signal and a second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, from among a plurality of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by a plurality of microphones, based on phase difference information on the plurality of sound pick-up signals; and an adaptive filter configured to reduce the noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal.

It is preferable for the noise reduction apparatus to include a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by one of the plurality of microphones is a speech segment based on a sound pick-up signal obtained based on the sound picked up by the one of the plurality of microphones. In this case, it is preferable for the signal decider to decide the first and second sound pick-up signals from among the plurality of sound pick-up signals when it is determined that the sound picked up by the one of the plurality of microphones is the speech segment.

It is preferable for the noise reduction apparatus to include a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by one of the plurality of

microphones is a speech segment based on the first sound pick-up signal decided by the signal decider. In this case, it is preferable for the adaptive filter to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal when it is determined that the sound picked up by one of the plurality of microphones is the speech segment.

It is also preferable for the signal decider to decide a sound pick-up signal having the most advanced phase among the plurality of sound pick-up signals as the first sound pick-up signal and a sound pick-up signal having the most delayed phase among the plurality of sound pick-up signals as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal.

Moreover, it is preferable for the signal decider to decide a sound pick-up signal having the most delayed phase among the plurality of sound pick-up signals and having a power that is larger than a predetermined value as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal.

Moreover, there is a case where a sound pick-up signal having the most delayed phase among the plurality of sound pick-up signals has a power equal to or smaller than a predetermined value. In this case, it is preferable for the signal decider to decide a specific sound pick-up signal as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, a phase of the specific sound pick-up signal being delayed next to the most delayed phase among the plurality of sound pick-up signal.

Moreover, there is a case where each phase difference between sound pick-up signals among the plurality of sound pick-up signals is within a predetermined range except for the first sound pick-up signal. In this case, it is preferable for the signal decider to decide a specific sound pick-up signal as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, a power of the specific sound pick-up signal being the largest among the

plurality of sound pick-up signals except for the first sound pick-up signal.

Furthermore, it is preferable for the noise reduction apparatus that the plurality of microphones includes one main microphone that picks up a sound mainly including a voice component and a plurality of sub-microphones that pick up a sound mainly including a noise component.

When there are one main microphone and a plurality of sub-microphones, there is a case where a phase of a specific sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by a specific sub-microphone among the plurality of sub-microphones (the phase of the specific sound pick-up signal being most advanced among phases of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by the plurality of sub-microphones) is more advanced than a phase of a sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the main microphone. In this case, it is preferable for the signal decider to decide the specific sound pick-up signal as the first sound pick-up signal to be subjected to reduction of a noise component.

Also when there are one main microphone and a plurality of sub-microphones, there is a case where a phase of a specific sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by a specific sub-microphone among the plurality of sub-microphones (the phase of the specific sound pick-up signal being most delayed among phases of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by the plurality of sub-microphones) is more delayed than a phase of a sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the main microphone. In this case, it is preferable for the signal decider to decide the specific sound pick-up signal as the second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal.

It is preferable for the noise reduction apparatus that signals are supplied to the signal decider as the plurality of sound pick-up signals at a sampling frequency of 24 KHz or higher and signals are supplied to the adaptive filter as the

plurality of sound pick-up signals at a sampling frequency of 12 KHz or lower.

Moreover, it is preferable that an audio input apparatus includes: a first face and an opposite second face that is apart from the first face with a specific distance; a plurality of microphones among which a first microphone is provided on the first face, and a second microphone and a third microphone are provided on the second face asymmetrically with respect to a center line on the second face; a signal decider configured to decide a first sound pick-up signal and a second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, from among a plurality of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by the plurality of microphones, based on phase difference information on the plurality of sound pick-up signals; and an adaptive filter configured to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal.

It is also preferable that a wireless communication apparatus includes: a first face and an opposite second face that is apart from the first face with a specific distance; a plurality of microphones among which a first microphone is provided on the first face, and a second microphone and a third microphone are provided on the second face asymmetrically with respect to a center line on the second face; a signal decider configured to decide a first sound pick-up signal and a second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal, from among a plurality of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by the plurality of microphones, based on phase difference information on the plurality of sound pick-up signals; and an adaptive filter configured to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal.

Furthermore, it is preferable that a noise reduction method includes the steps of: deciding a first sound pick-up signal and a second sound pick-up signal to be used for reducing a noise component carried by the first sound pick-up

signal, from among a plurality of sound pick-up signals obtained based on sounds picked up by a plurality of microphones, based on phase difference information on the plurality of sound pick-up signals; and reducing a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal.

Moreover, it is preferable that an audio input apparatus has a noise reduction apparatus that includes: a first face and an opposite second face that is apart from the first face with a specific distance; a first microphone that picks up a sound mainly including a voice component, the first microphone being provided on the first face; and a second microphone and a third microphone that pick up a sound mainly including a noise component, the second and third microphones being provided on the second face asymmetrically with respect to a center line on the second face.

It is preferable for the audio input apparatus that the second and third microphones are provided on the second face with a predetermined angle between the center line and a line that connects the second and third microphones. It is also preferable for the audio input apparatus that the second and third microphones are provided a diagonal of a rectangle on the second face, the rectangle being formed of two lines that intersect with the center line and other two lines arranged on both sides of the center line symmetrically.

Moreover, it is preferable that a wireless communication apparatus has a noise reduction apparatus that includes: a first face and an opposite second face that is apart from the first face with a specific distance; a first microphone that picks up a sound mainly including a voice component, the first microphone being provided on the first face; and a second microphone and a third microphone that pick up a sound mainly including a noise component, the second and third microphones being provided on the second face asymmetrically with respect to a center line on the second face.

It is preferable for the wireless communication apparatus that the second and third microphones are provided on the

second face with a predetermined angle between the center line and a line that connects the second and third microphones. It is also preferable for the wireless communication apparatus that the second and third microphones are provided a diagonal of a rectangle on the second face, the rectangle being formed of two lines that intersect with the center line and other two lines arranged on both sides of the center line symmetrically.

It is further understood by those skilled in the art that the foregoing description is a preferred embodiment of the disclosed device or method and that various changes and modifications may be made in the invention without departing from the sprit and scope thereof.

As described above in detail, the present invention offers a noise reduction apparatus, an audio input apparatus, a wireless communication apparatus, and a noise reduction method that can reduce a noise component carried by a voice signal in a variety of environments.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A noise reduction apparatus comprising:

a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by at least either a first microphone or a second microphone is a speech segment and to output speech segment information when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment;

a voice direction detector configured, when receiving the speech segment information, to detect a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone and to output voice incoming-direction information when the voice incoming direction is detected; and

an adaptive filter configured to perform a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on the speech segment information and the voice incoming-direction information.

2. The noise reduction apparatus according to claim 1, wherein the voice direction detector detects the voice incoming direction based on a phase difference between the first and second sound pick-up signals.

3. The noise reduction apparatus according to claim 2, wherein the adaptive filter performs the noise reduction process to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal when the first sound pick-up signal has a more advanced phase than the second sound pick-up signal whereas the adaptive filter performs the noise reduction process to reduce a noise component carried by the second sound pick-up signal using the first sound pick-up signal when the second sound

pick-up signal has a more advanced phase than the first sound pick-up signal.

4. The noise reduction apparatus according to claim 2, wherein when the phase difference is within a predetermined range, the adaptive filter outputs either the first or the second sound pick-up signal without performing the noise reduction process.

5. The noise reduction apparatus according to claim 1, wherein the voice direction detector detects the voice incoming direction based on magnitudes of the first and second sound pick-up signals.

6. The noise reduction apparatus according to claim 5, wherein the adaptive filter performs the noise reduction process to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal when the first sound pick-up signal has a greater magnitude than the second sound pick-up signal whereas the adaptive filter performs the noise reduction process to reduce a noise component carried by the second sound pick-up signal using the first sound pick-up signal when the second sound pick-up signal has a greater magnitude than the first sound pick-up signal.

7. The noise reduction apparatus according to claim 5, wherein when a power difference that is a difference between magnitudes of the first and second sound pick-up signals is within a predetermined range, the adaptive filter outputs either the first or the second sound pick-up signal without performing the noise reduction process.

8. The noise reduction apparatus according to claim 1, wherein the voice direction detector detects the voice incoming direction based on a phase difference between the first and second sound pick-up signals and magnitudes of the first and second sound pick-up signals.

9. The noise reduction apparatus according to claim 1, wherein the speech segment determiner detects the speech segment based on the first sound pick-up signal when the first sound pick-up signal has a more advanced phase than the second sound pick-up signal whereas the speech segment determiner detects the speech segment based on the second sound pick-up signal when the second sound pick-up signal has a more advanced phase than the first sound pick-up signal.

10. The noise reduction apparatus according to claim 1, wherein signals are supplied to the voice direction detector as the first and second sound pick-up signals at a sampling frequency of 24 KHz or higher and signals are supplied to the adaptive filter as the first and second sound pick-up signals at a sampling frequency of 12 KHz or lower.

11. The noise reduction apparatus according to claim 1, wherein the speech segment determiner outputs more accurate speech segment information to the voice direction detector than speech segment information to the adaptive filter.

12. An audio input apparatus comprising:

a first face and an opposite second face that is apart from the first face with a specific distance;

a first microphone and a second microphone provided on the first face and the second face, respectively;

a speech segment determiner configured to determine whether or not a sound picked up by at least either the first microphone or the second microphone is a speech segment and to output speech segment information when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment;

a voice direction detector configured, when receiving the speech segment information, to detect a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound

picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone and to output voice incoming-direction information when the voice incoming direction is detected; and

an adaptive filter configured to perform a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on the speech segment information and the voice incoming-direction information.

13. A noise reduction method comprising the steps of:

determining whether or not a sound picked up by at least either a first microphone or a second microphone is a speech segment;

detecting a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels, based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone, when it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment; and

performing a noise reduction process using the first and second sound pick-up signals based on speech segment information indicating that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment and voice incoming-direction information indicating the voice incoming direction.

14. The noise reduction method according to claim 13, the voice incoming direction is detected based on a phase difference between the first and second sound pick-up signals.

15. The noise reduction method according to claim 14, wherein the noise reduction process is performed to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal when the first sound pick-up signal has a more advanced phase than the second sound pick-up signal

whereas the noise reduction process is performed to reduce a noise component carried by the second sound pick-up signal using the first sound pick-up signal when the second sound pick-up signal has a more advanced phase than the first sound pick-up signal.

16. The noise reduction method according to claim 14, wherein when the phase difference is within a predetermined range, the adaptive filter outputs either the first or the second sound pick-up signal without performing the noise reduction process.

17. The noise reduction method according to claim 14, wherein the voice incoming direction is detected based on magnitudes of the first and second sound pick-up signals.

18. The noise reduction method according to claim 17, wherein the noise reduction process is performed to reduce a noise component carried by the first sound pick-up signal using the second sound pick-up signal when the first sound pick-up signal has a greater magnitude than the second sound pick-up signal whereas the noise reduction process is performed to reduce a noise component carried by the second sound pick-up signal using the first sound pick-up signal when the second sound pick-up signal has a greater magnitude than the first sound pick-up signal.

19. The noise reduction method according to claim 14, wherein the voice incoming direction is detected based on a phase difference between the first and second sound pick-up signals and magnitudes of the first and second sound pick-up signals.

20. The noise reduction method according to claim 19, wherein the speech segment is detected based on the first sound pick-up signal when the first sound pick-up signal has a more advanced phase than the second sound pick-up signal whereas the speech segment is detected based on the second sound pick-up signal when the second sound pick-up signal has a more advanced phase than the first sound pick-up signal.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

It is determined whether or not a sound picked up by at least either a first microphone or a second microphone is a speech segment. When it is determined that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment, a voice incoming direction indicating from which direction a voice sound travels is detected based on a first sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the first microphone and a second sound pick-up signal obtained based on a sound picked up by the second microphone. A noise reduction process is performed using the first and second sound pick-up signals based on speech segment information indicating that the sound picked up by the first or the second microphone is the speech segment and voice incoming-direction information indicating the voice incoming direction.

1 / 21

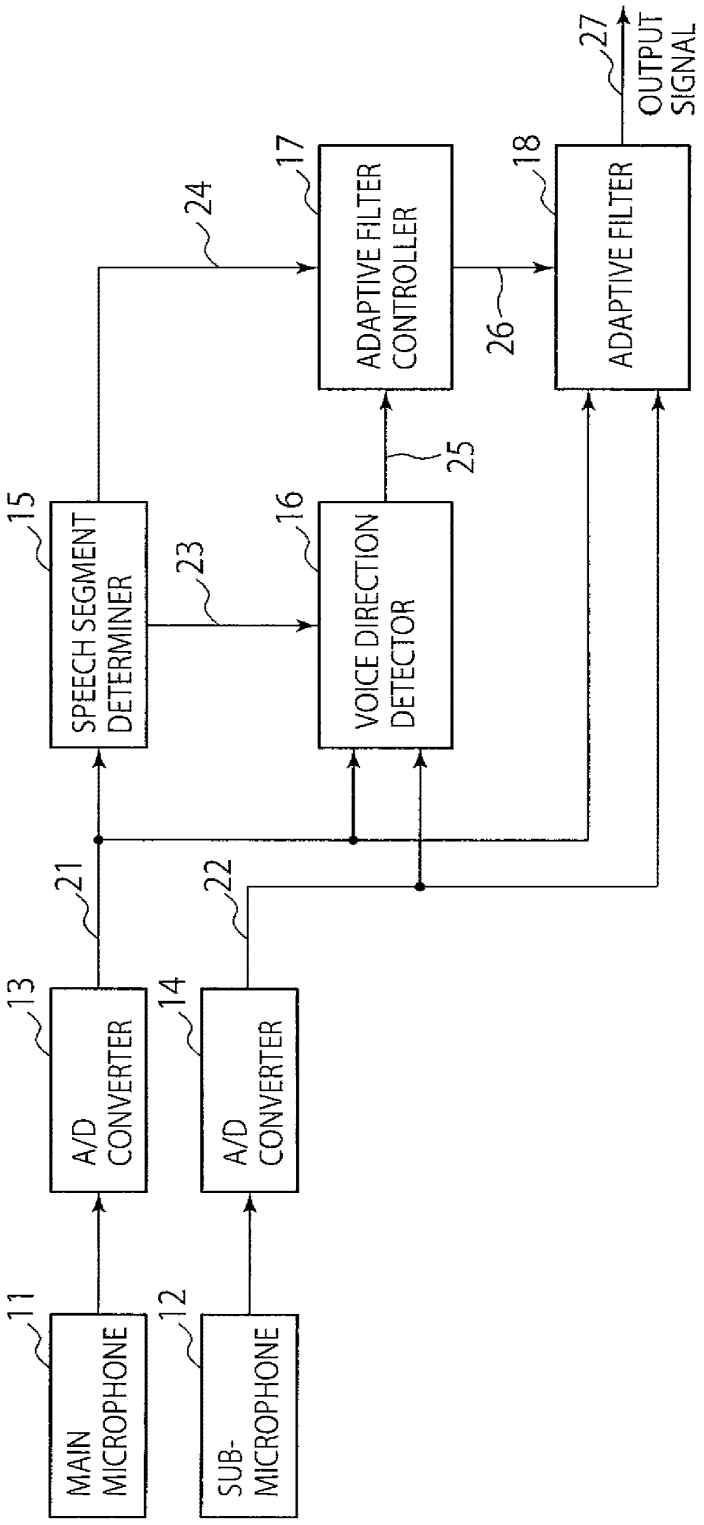

MAIN MICROPHONE
11
SUB-MICROPHONE
12
A/D CONVERTER
13
A/D CONVERTER
14
SPEECH SEGMENT DETERMINER
15
VOICE DIRECTION DETECTOR
16
ADAPTIVE FILTER CONTROLLER
17
ADAPTIVE FILTER
18
21
22
23
24
25
26
27
OUTPUT SIGNAL
1

FIG. 1

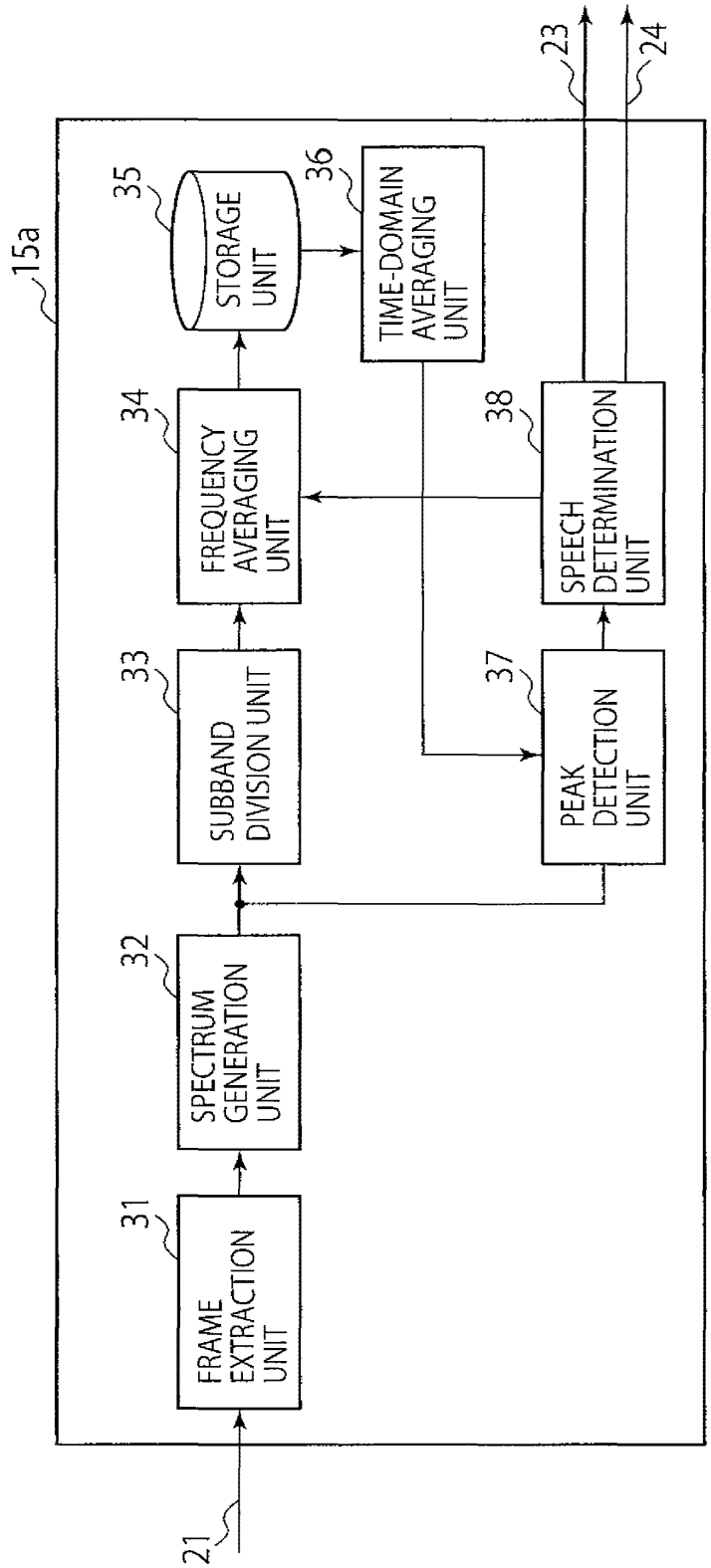

15a
21
23
24
31
FRAME EXTRACTION UNIT
32
SPECTRUM GENERATION UNIT
33
SUBBAND DIVISION UNIT
34
FREQUENCY AVERAGING UNIT
35
STORAGE UNIT
36
TIME-DOMAIN AVERAGING UNIT
37
PEAK DETECTION UNIT
38
SPEECH DETERMINATION UNIT

FIG. 2

3 / 21

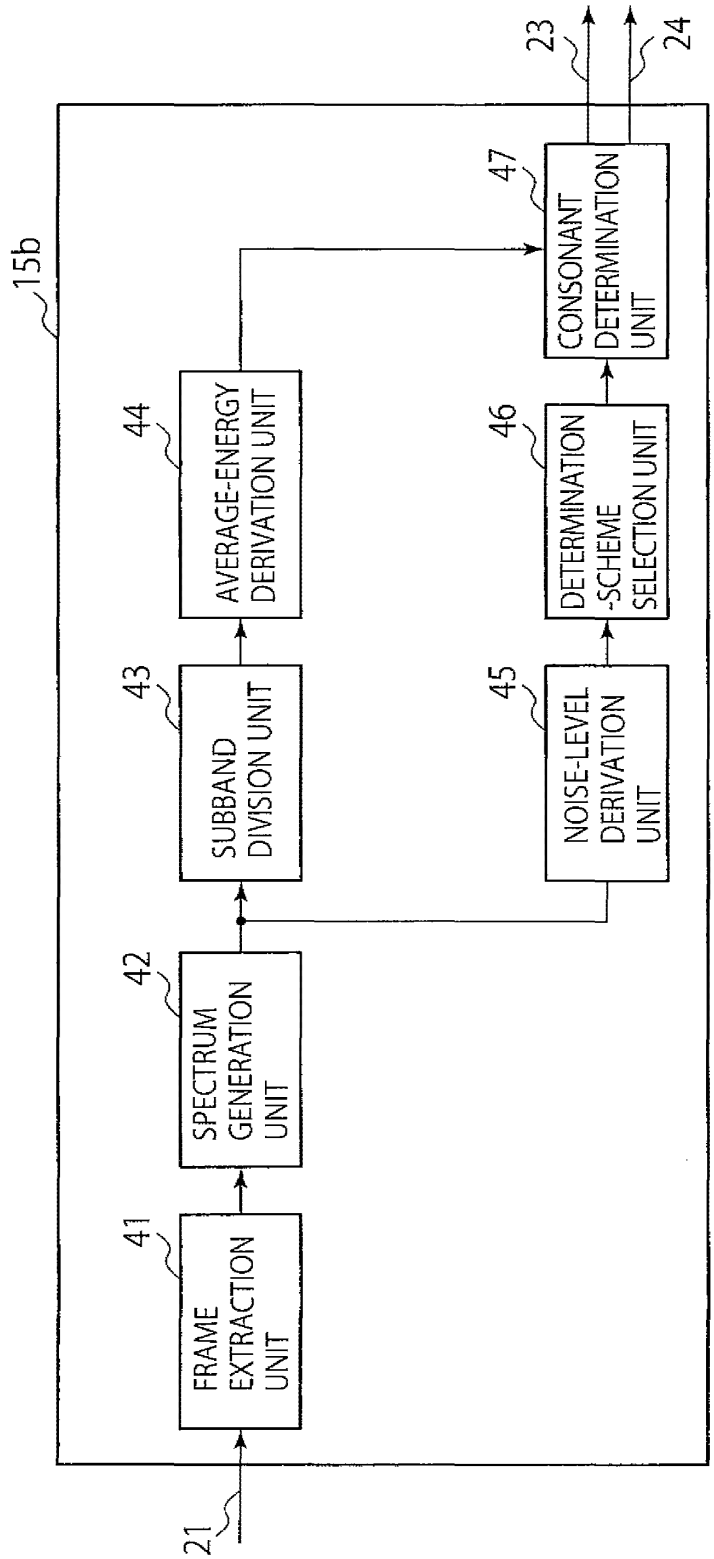

21
15b
41
FRAME EXTRACTION UNIT
42
SPECTRUM GENERATION UNIT
43
SUBBAND DIVISION UNIT
44
AVERAGE-ENERGY DERIVATION UNIT
45
NOISE-LEVEL DERIVATION UNIT
46
DETERMINATION -SCHEME SELECTION UNIT
47
CONSONANT DETERMINATION UNIT
23
24

FIG. 3

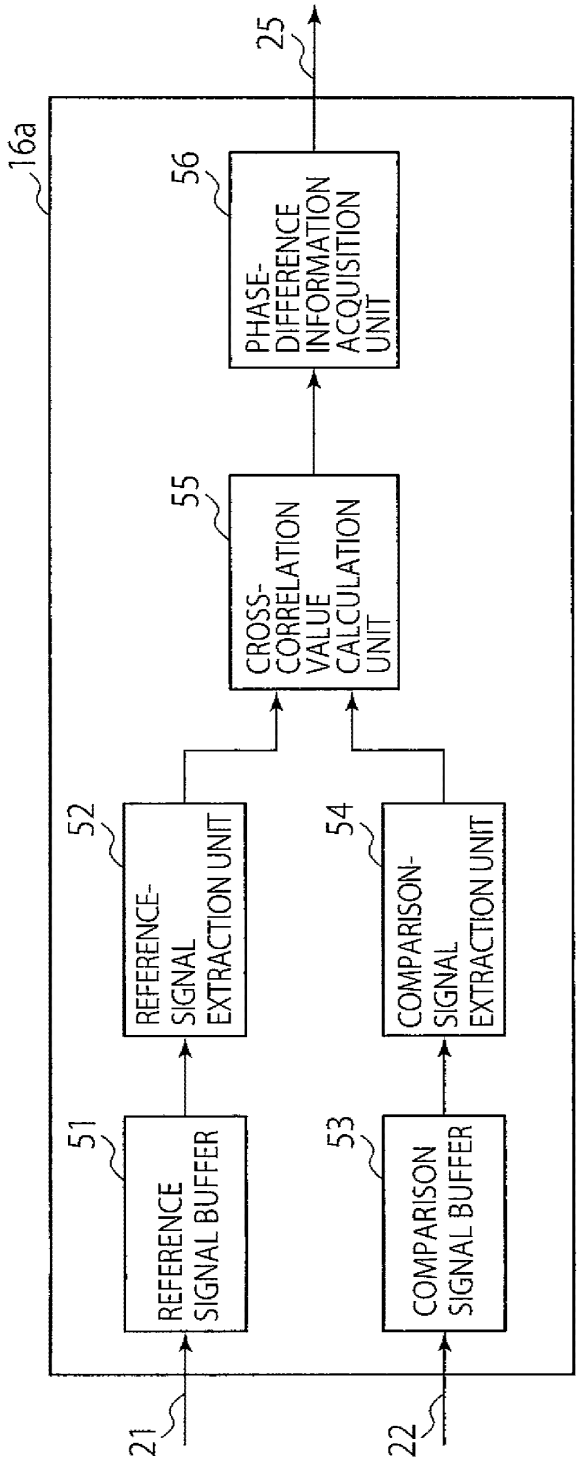

25
16a
56
PHASE-DIFFERENCE INFORMATION ACQUISITION UNIT
55
CROSS-CORRELATION VALUE CALCULATION UNIT
52
REFERENCE-SIGNAL EXTRACTION UNIT
54
COMPARISON-SIGNAL EXTRACTION UNIT
51
REFERENCE SIGNAL BUFFER
53
COMPARISON SIGNAL BUFFER
21
22

FIG. 4

5 / 21

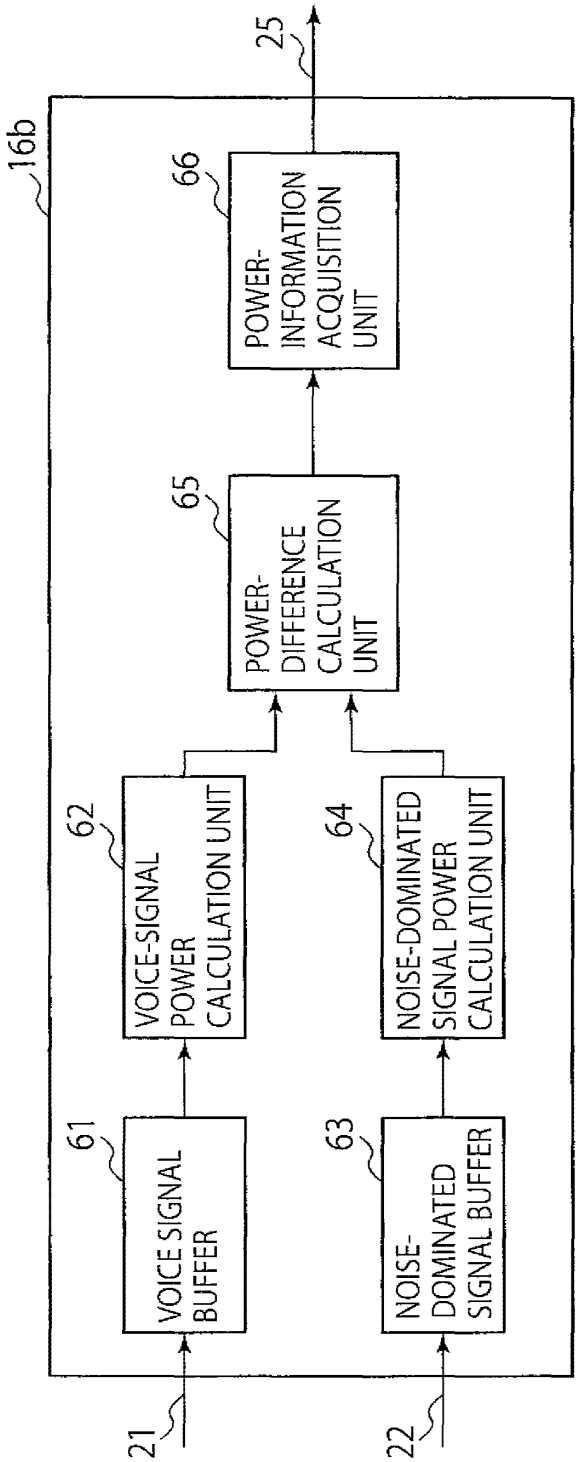

25
16b
66
POWER-INFORMATION ACQUISITION UNIT
65
POWER-DIFFERENCE CALCULATION UNIT
62
VOICE-SIGNAL POWER CALCULATION UNIT
64
NOISE-DOMINATED SIGNAL POWER CALCULATION UNIT
61
VOICE SIGNAL BUFFER
63
NOISE-DOMINATED SIGNAL BUFFER
21
22

FIG. 5

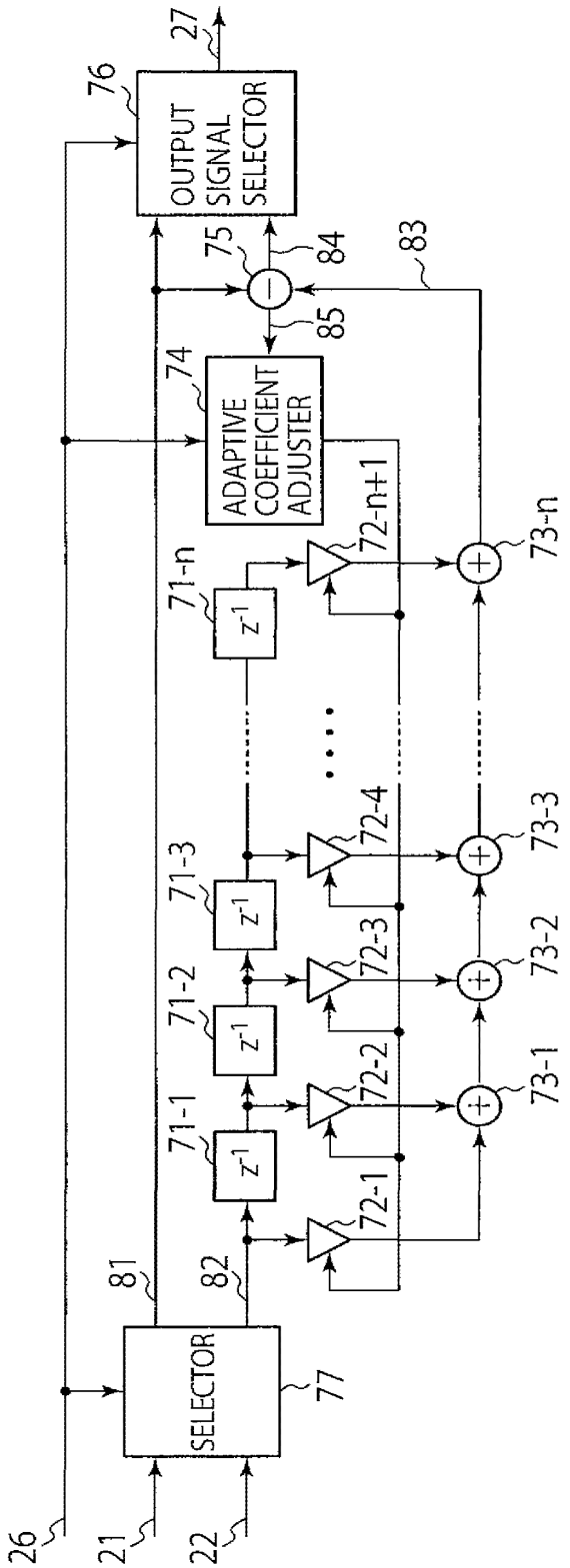

OUTPUT SIGNAL SELECTOR
ADAPTIVE COEFFICIENT ADJUSTER
SELECTOR
z-1
18
26
21
22
27
76
75
84
83
85
74
81
82
77
71-1
71-2
71-3
71-n
72-1
72-2
72-3
72-4
72-n+1
73-1
73-2
73-3
73-n

FIG. 6

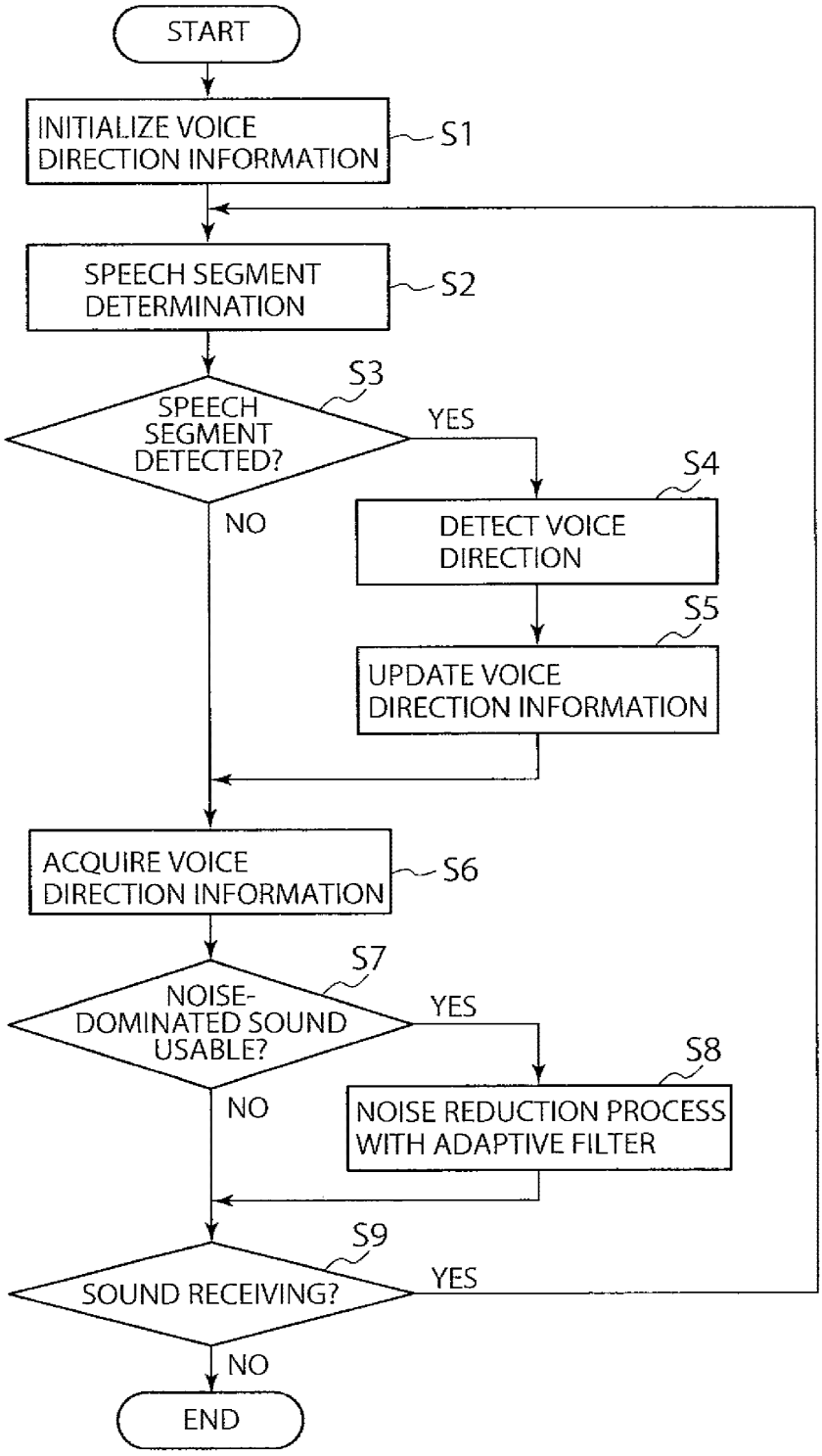

START
INITIALIZE VOICE DIRECTION INFORMATION
S1
SPEECH SEGMENT DETERMINATION
S2
S3
SPEECH SEGMENT DETECTED?
YES
NO
S4
DETECT VOICE DIRECTION
S5
UPDATE VOICE DIRECTION INFORMATION
ACQUIRE VOICE DIRECTION INFORMATION
S6
S7
NOISE-DOMINATED SOUND USABLE?
YES
NO
S8
NOISE REDUCTION PROCESS WITH ADAPTIVE FILTER
S9
SOUND RECEIVING?
YES
NO
END

FIG. 7

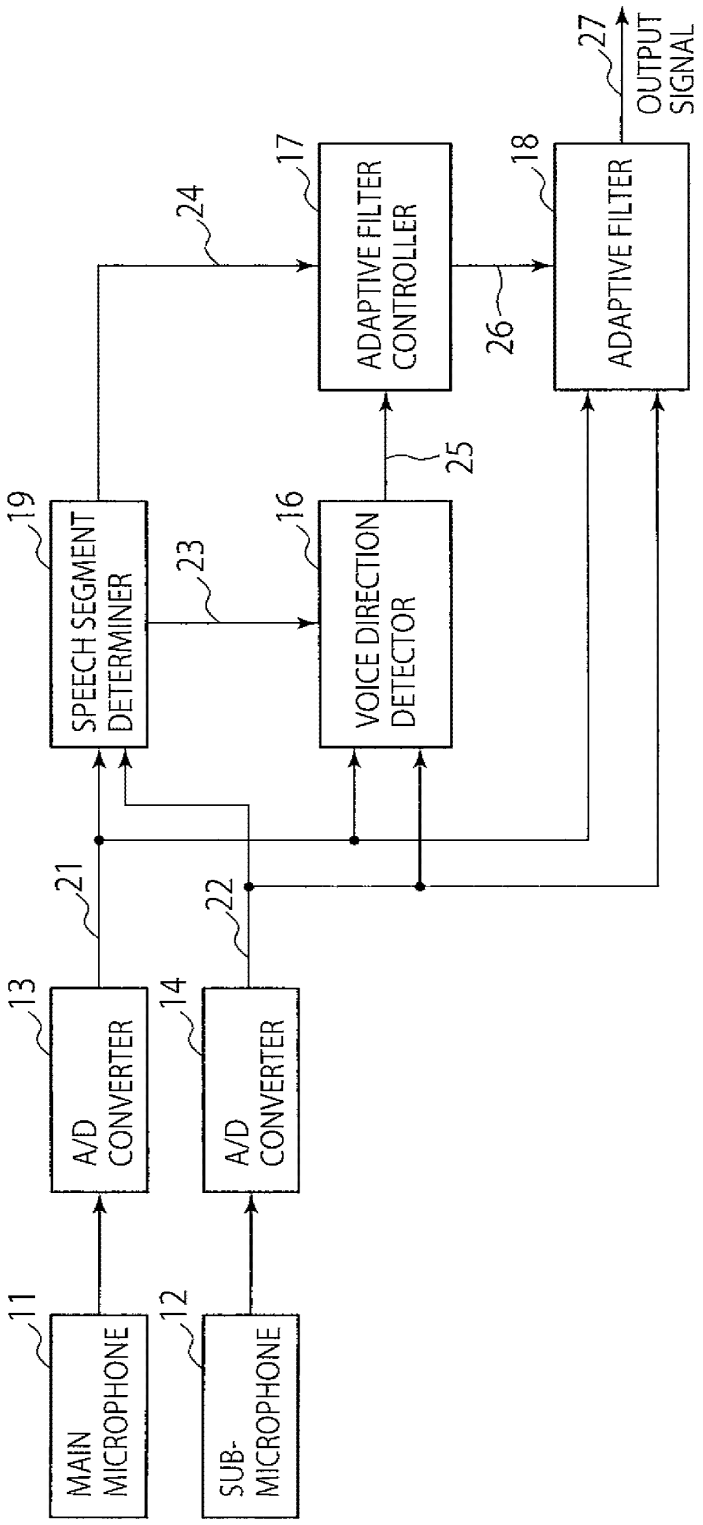

MAIN MICROPHONE
SUB-MICROPHONE
A/D CONVERTER
A/D CONVERTER
SPEECH SEGMENT DETERMINER
VOICE DIRECTION DETECTOR
ADAPTIVE FILTER CONTROLLER
ADAPTIVE FILTER
OUTPUT SIGNAL
11
12
13
14
16
17
18
19
21
22
23
24
25
26
27
2

FIG. 8

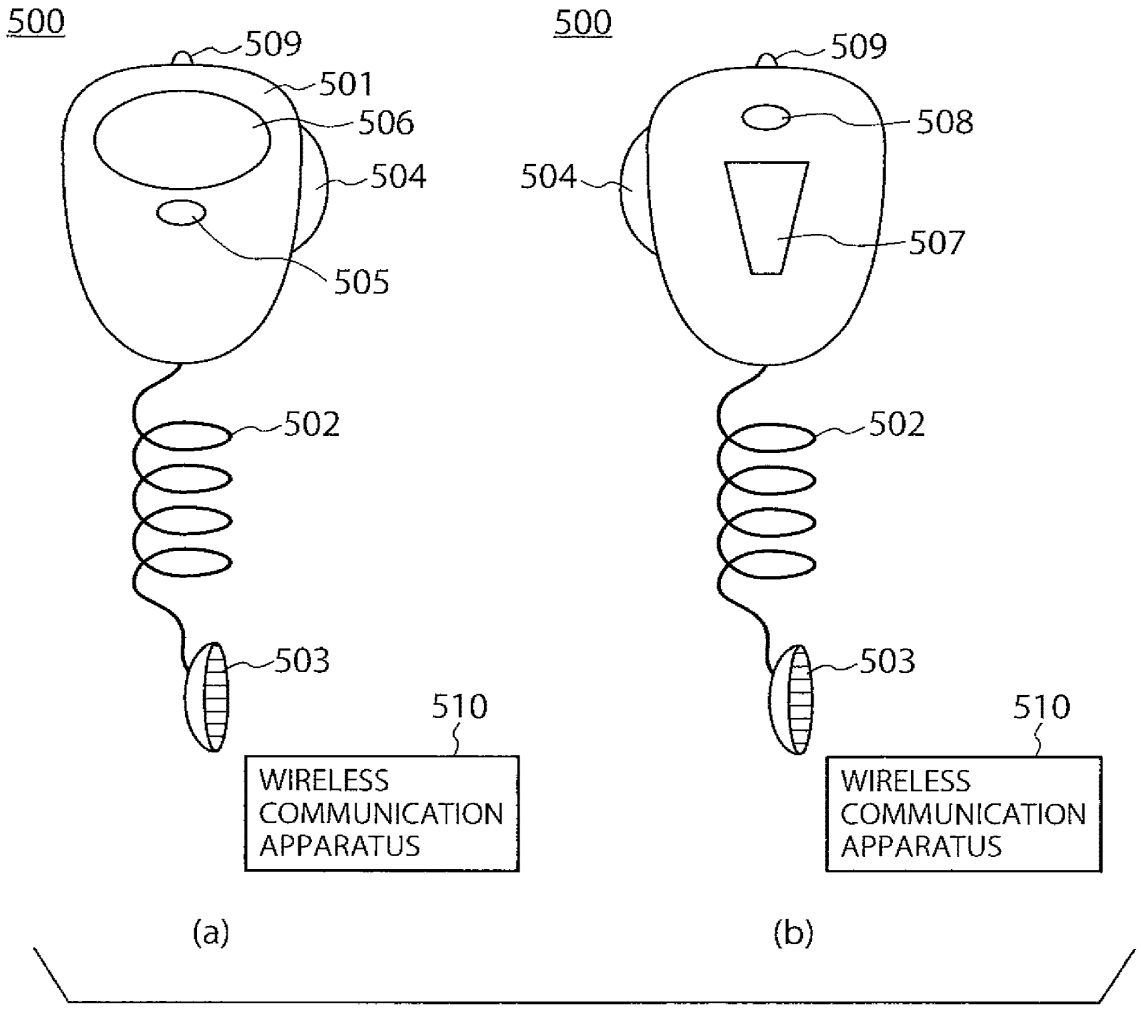

500
509
501
506
504
505
502
503
510
WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS
(a)
500
509
508
504
507
502
503
510
WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS
(b)

FIG. 9

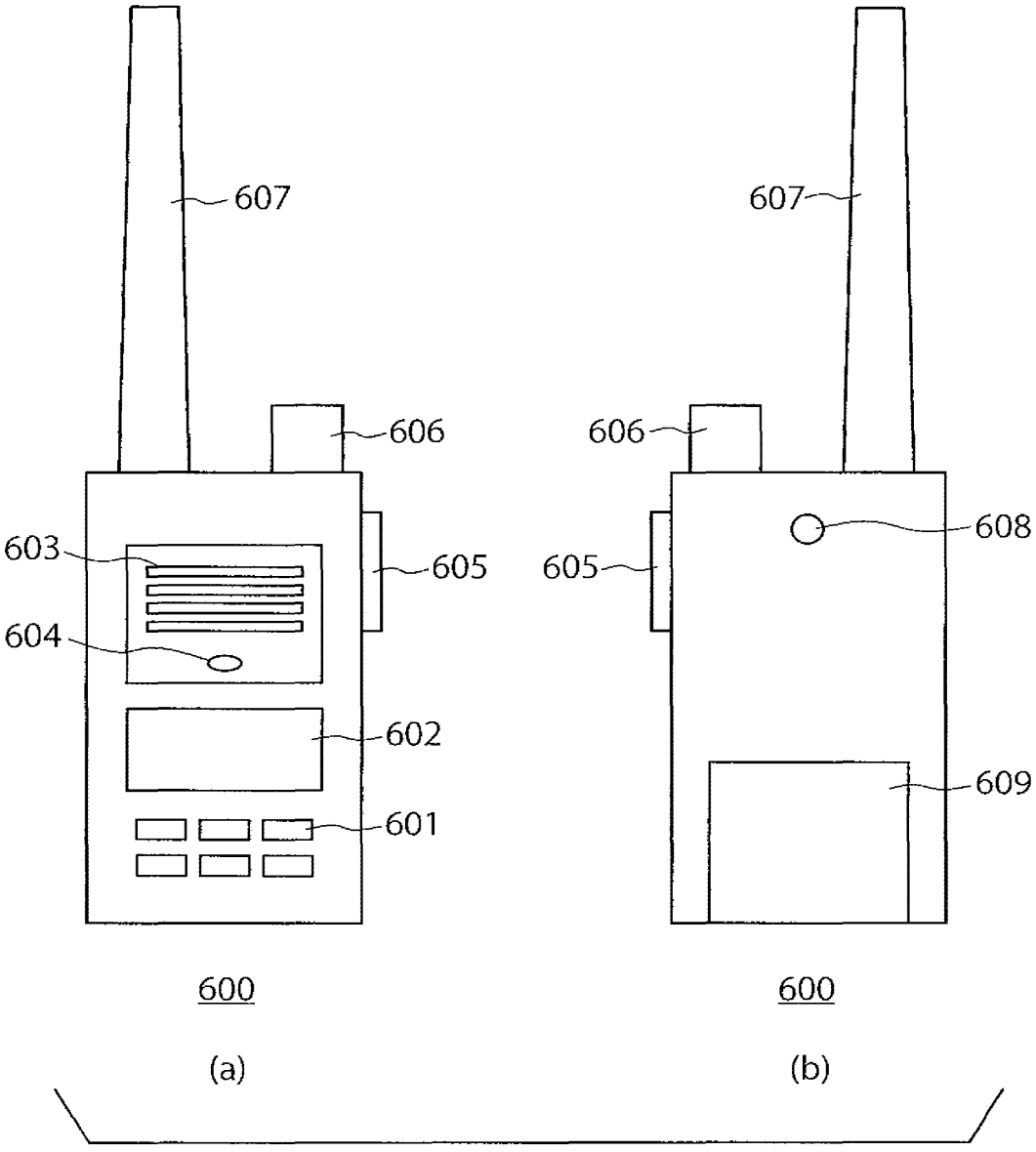


FIG. 10

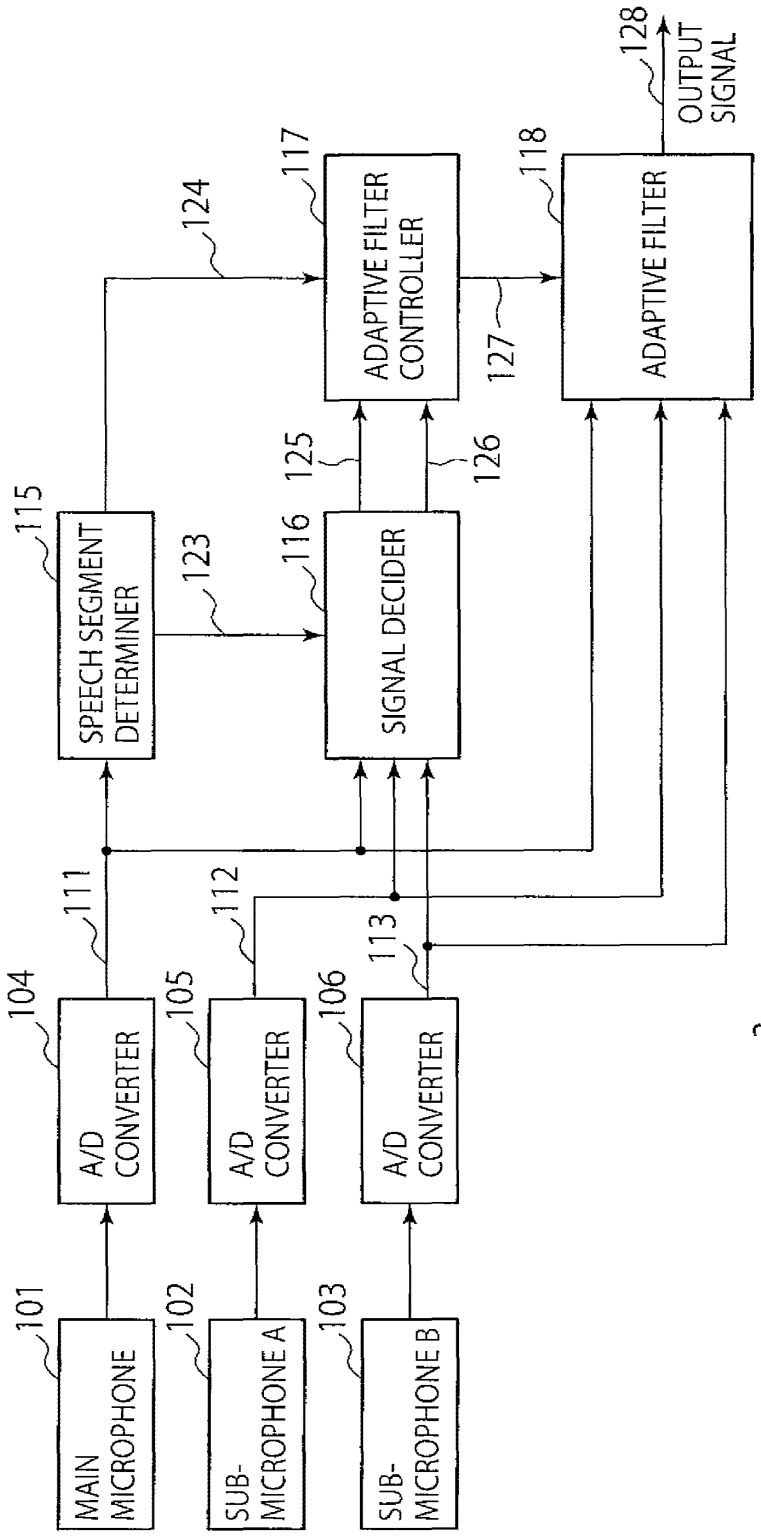

MAIN MICROPHONE
SUB-MICROPHONE A
SUB-MICROPHONE B
A/D CONVERTER
A/D CONVERTER
A/D CONVERTER
SPEECH SEGMENT DETERMINER
SIGNAL DECIDER
ADAPTIVE FILTER CONTROLLER
ADAPTIVE FILTER
OUTPUT SIGNAL
101
102
103
104
105
106
111
112
113
115
116
117
118
123
124
125
126
127
128
3

FIG. 11

12 / 21

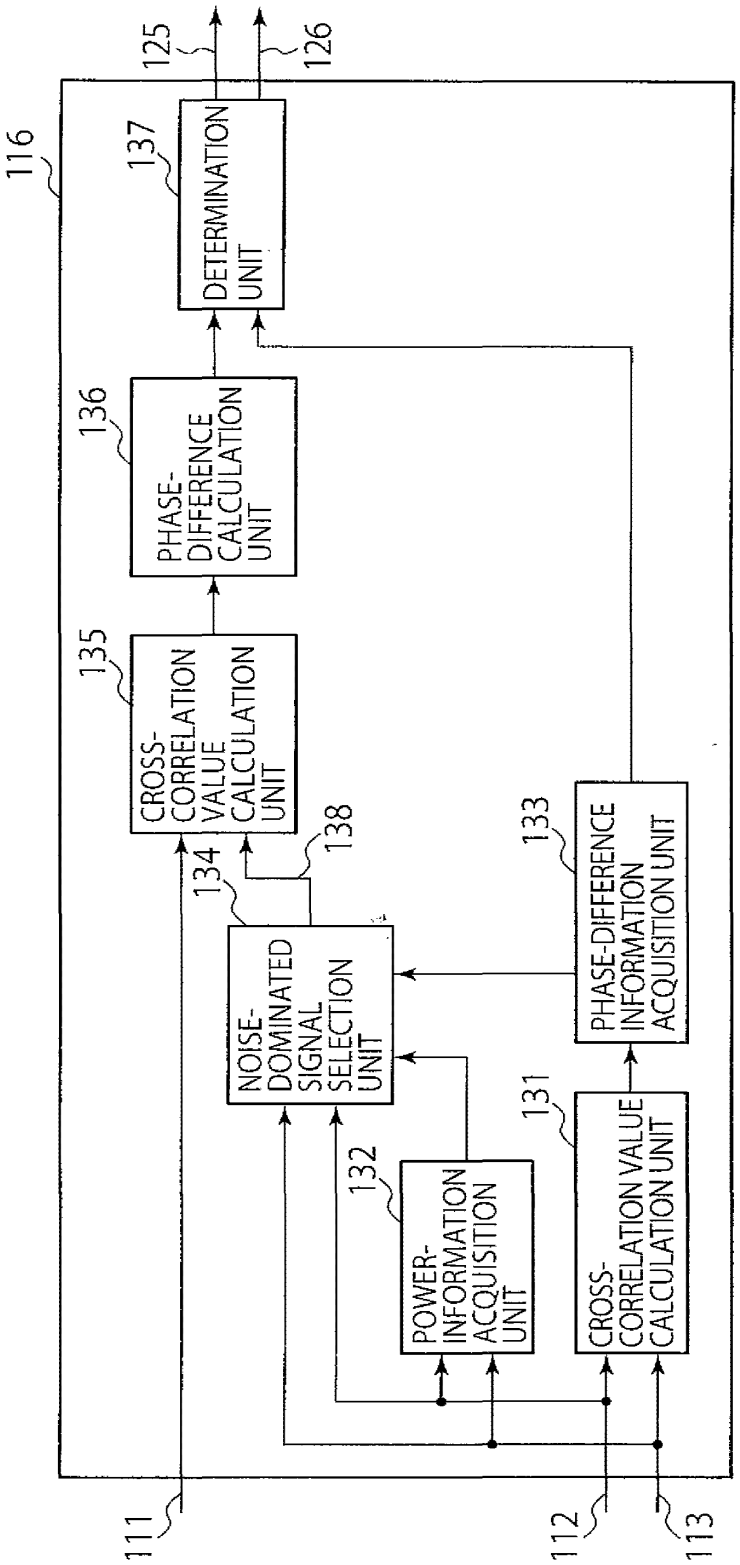

116
125
126
137
DETERMINATION UNIT
136
PHASE-DIFFERENCE CALCULATION UNIT
135
CROSS-CORRELATION VALUE CALCULATION UNIT
138
134
133
NOISE-DOMINATED SIGNAL SELECTION UNIT
PHASE-DIFFERENCE INFORMATION ACQUISITION UNIT
131
132
POWER-INFORMATION ACQUISITION UNIT
CROSS-CORRELATION VALUE CALCULATION UNIT
111
112
113

FIG. 12

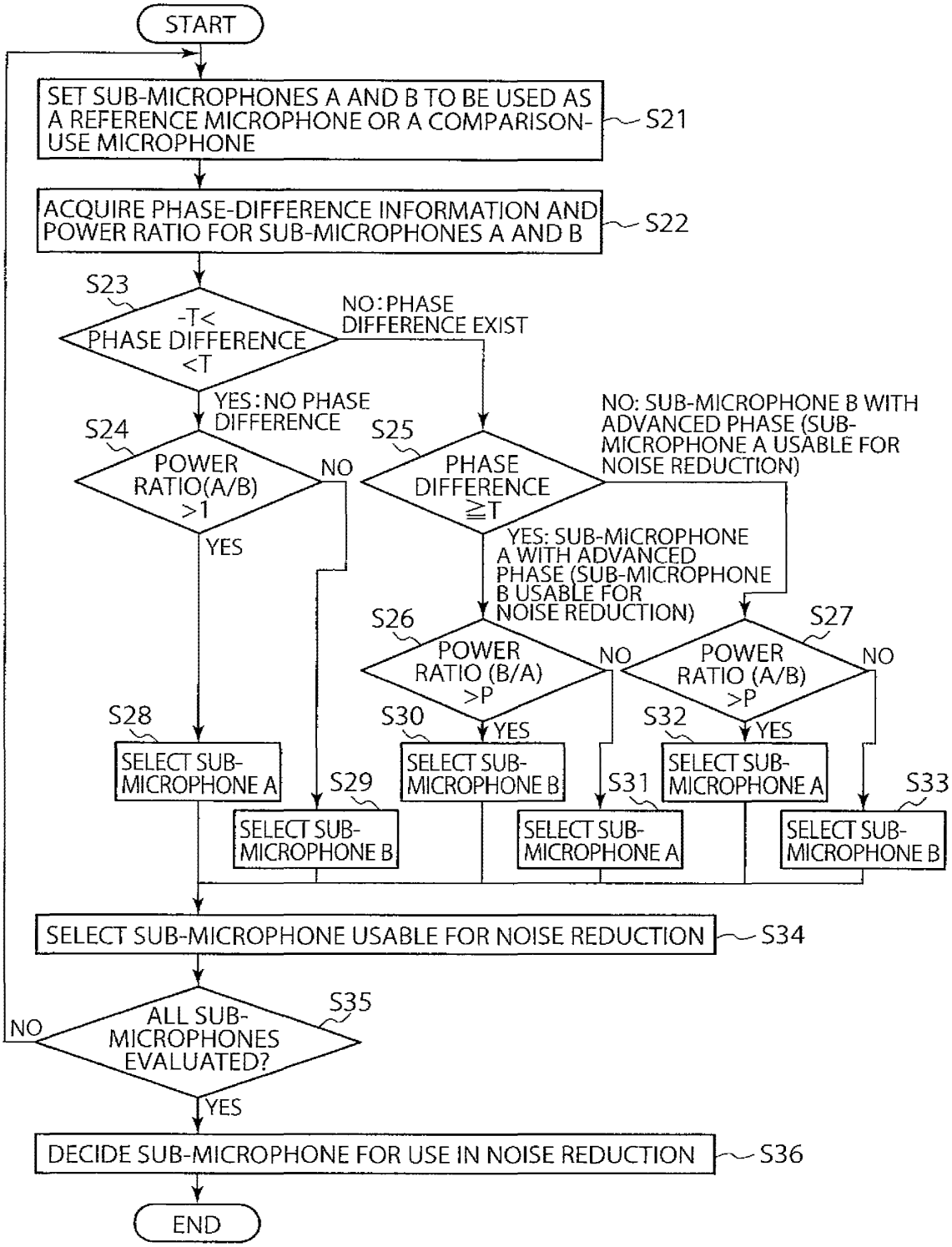

START
SET SUB-MICROPHONES A AND B TO BE USED AS A REFERENCE MICROPHONE OR A COMPARISON-USE MICROPHONE
S21
ACQUIRE PHASE-DIFFERENCE INFORMATION AND POWER RATIO FOR SUB-MICROPHONES A AND B
S22
S23
-T< PHASE DIFFERENCE <T
NO: PHASE DIFFERENCE EXIST
YES: NO PHASE DIFFERENCE
S24
POWER RATIO(A/B) >1
NO
YES
S25
PHASE DIFFERENCE ≧T
NO: SUB-MICROPHONE B WITH ADVANCED PHASE (SUB-MICROPHONE A USABLE FOR NOISE REDUCTION)
YES: SUB-MICROPHONE A WITH ADVANCED PHASE (SUB-MICROPHONE B USABLE FOR NOISE REDUCTION)
S26
POWER RATIO (B/A) >P
NO
YES
S27
POWER RATIO (A/B) >P
NO
YES
S28
SELECT SUB-MICROPHONE A
S29
SELECT SUB-MICROPHONE B
S30
SELECT SUB-MICROPHONE B
S31
SELECT SUB-MICROPHONE A
S32
SELECT SUB-MICROPHONE A
S33
SELECT SUB-MICROPHONE B
SELECT SUB-MICROPHONE USABLE FOR NOISE REDUCTION
S34
S35
ALL SUB-MICROPHONES EVALUATED?
NO
YES
DECIDE SUB-MICROPHONE FOR USE IN NOISE REDUCTION
S36
END

FIG. 13

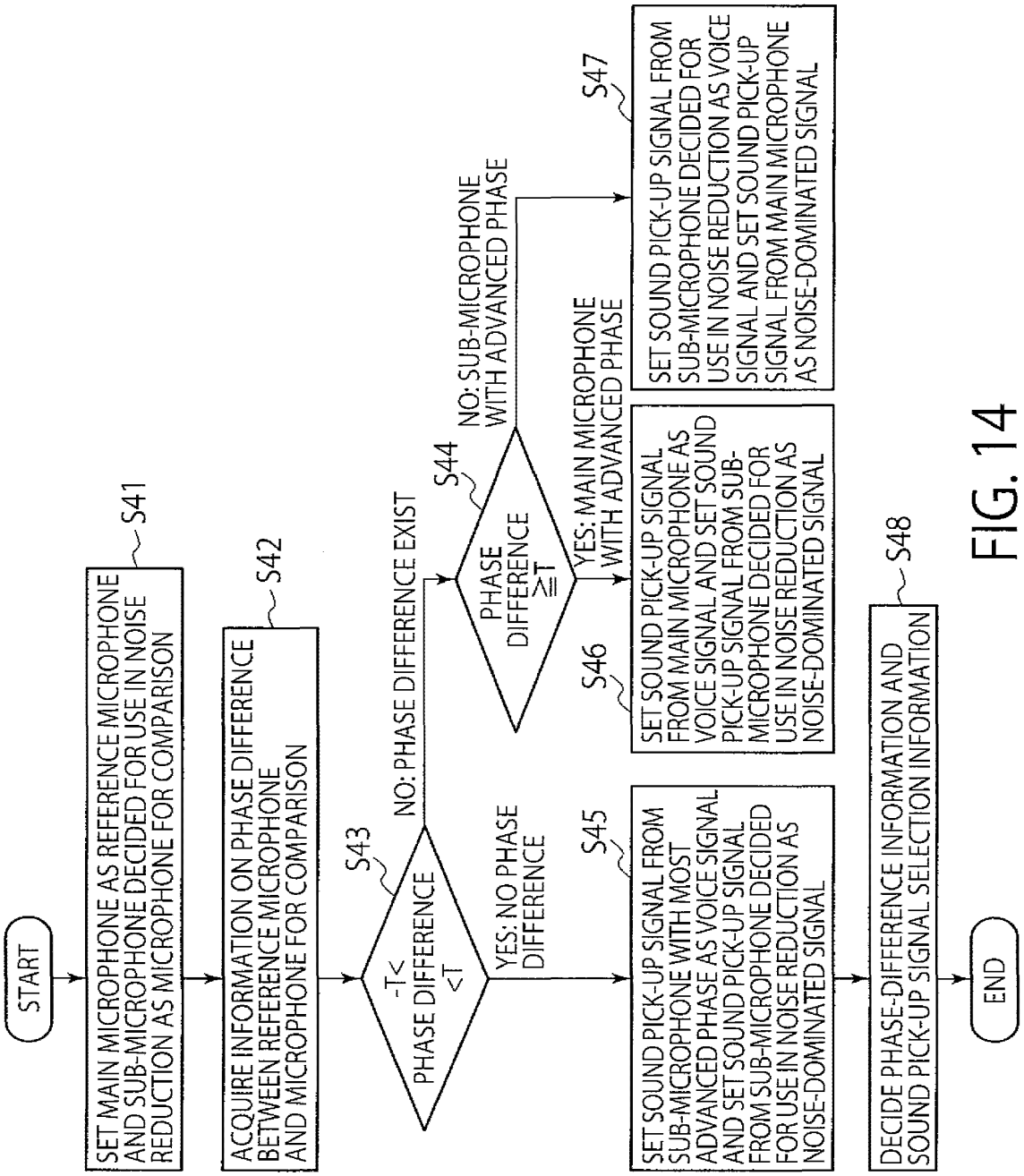

START
SET MAIN MICROPHONE AS REFERENCE MICROPHONE AND SUB-MICROPHONE DECIDED FOR USE IN NOISE REDUCTION AS MICROPHONE FOR COMPARISON
S41
ACQUIRE INFORMATION ON PHASE DIFFERENCE BETWEEN REFERENCE MICROPHONE AND MICROPHONE FOR COMPARISON
S42
-T< PHASE DIFFERENCE <T
S43
NO: PHASE DIFFERENCE EXIST
YES: NO PHASE DIFFERENCE
PHASE DIFFERENCE ≧T
S44
NO: SUB-MICROPHONE WITH ADVANCED PHASE
YES: MAIN MICROPHONE WITH ADVANCED PHASE
SET SOUND PICK-UP SIGNAL FROM SUB-MICROPHONE WITH MOST ADVANCED PHASE AS VOICE SIGNAL AND SET SOUND PICK-UP SIGNAL FROM SUB-MICROPHONE DECIDED FOR USE IN NOISE REDUCTION AS NOISE-DOMINATED SIGNAL
S45
SET SOUND PICK-UP SIGNAL FROM MAIN MICROPHONE AS VOICE SIGNAL AND SET SOUND PICK-UP SIGNAL FROM SUB-MICROPHONE DECIDED FOR USE IN NOISE REDUCTION AS NOISE-DOMINATED SIGNAL
S46
SET SOUND PICK-UP SIGNAL FROM SUB-MICROPHONE DECIDED FOR USE IN NOISE REDUCTION AS VOICE SIGNAL AND SET SOUND PICK-UP SIGNAL FROM MAIN MICROPHONE AS NOISE-DOMINATED SIGNAL
S47
DECIDE PHASE-DIFFERENCE INFORMATION AND SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION
S48
END

FIG. 14

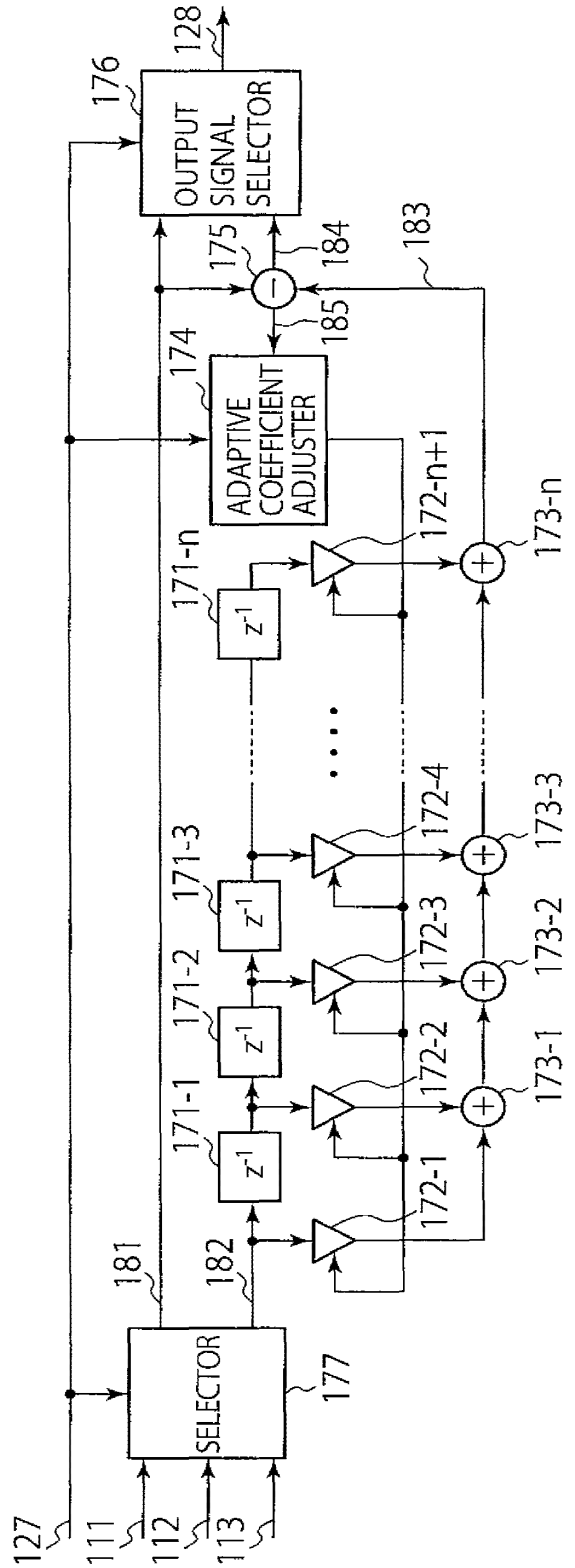

OUTPUT SIGNAL SELECTOR
ADAPTIVE COEFFICIENT ADJUSTER
SELECTOR
z-1
118
127
111
112
113
128
176
175
184
183
185
174
177
181
182
171-1
171-2
171-3
171-n
172-1
172-2
172-3
172-4
172-n+1
173-1
173-2
173-3
173-n

FIG. 15

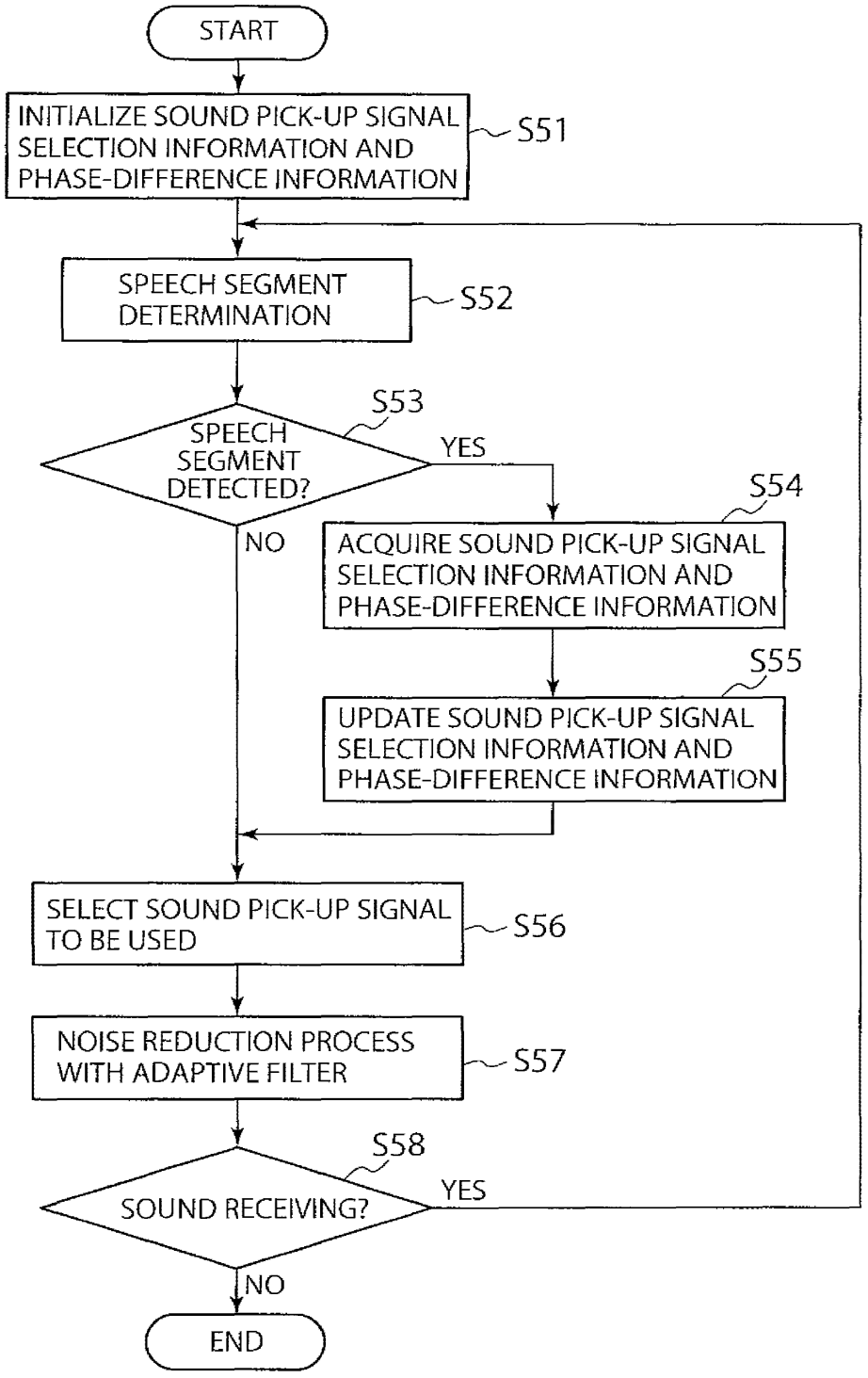

START
INITIALIZE SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION AND PHASE-DIFFERENCE INFORMATION
S51
SPEECH SEGMENT DETERMINATION
S52
S53
SPEECH SEGMENT DETECTED?
YES
NO
S54
ACQUIRE SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION AND PHASE-DIFFERENCE INFORMATION
S55
UPDATE SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION AND PHASE-DIFFERENCE INFORMATION
SELECT SOUND PICK-UP SIGNAL TO BE USED
S56
NOISE REDUCTION PROCESS WITH ADAPTIVE FILTER
S57
S58
SOUND RECEIVING?
YES
NO
END

FIG. 16

17 / 21

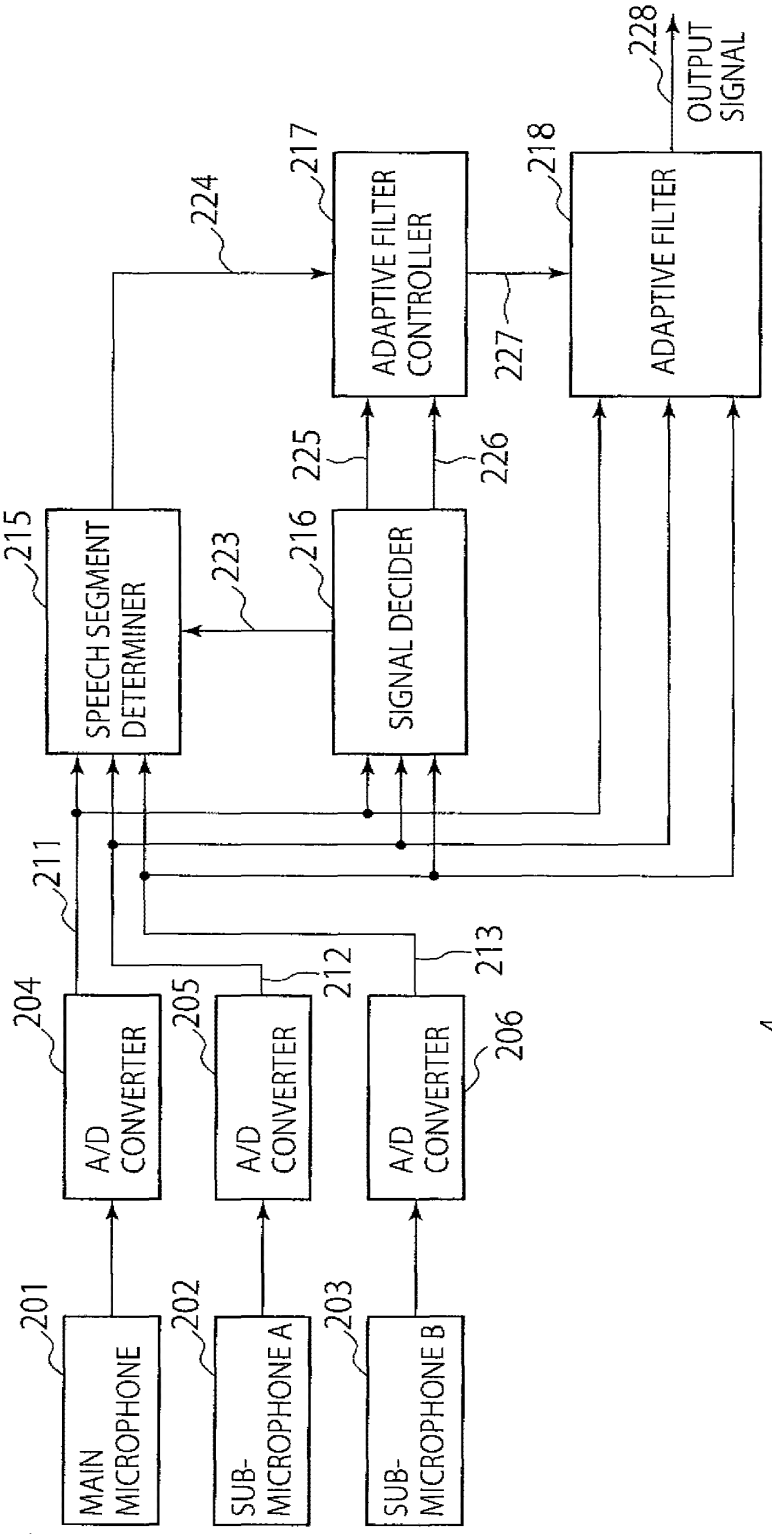

MAIN MICROPHONE
SUB-MICROPHONE A
SUB-MICROPHONE B
A/D CONVERTER
A/D CONVERTER
A/D CONVERTER
SPEECH SEGMENT DETERMINER
SIGNAL DECIDER
ADAPTIVE FILTER CONTROLLER
ADAPTIVE FILTER
OUTPUT SIGNAL
201
202
203
204
205
206
211
212
213
215
216
217
218
223
224
225
226
227
228
4

FIG. 17

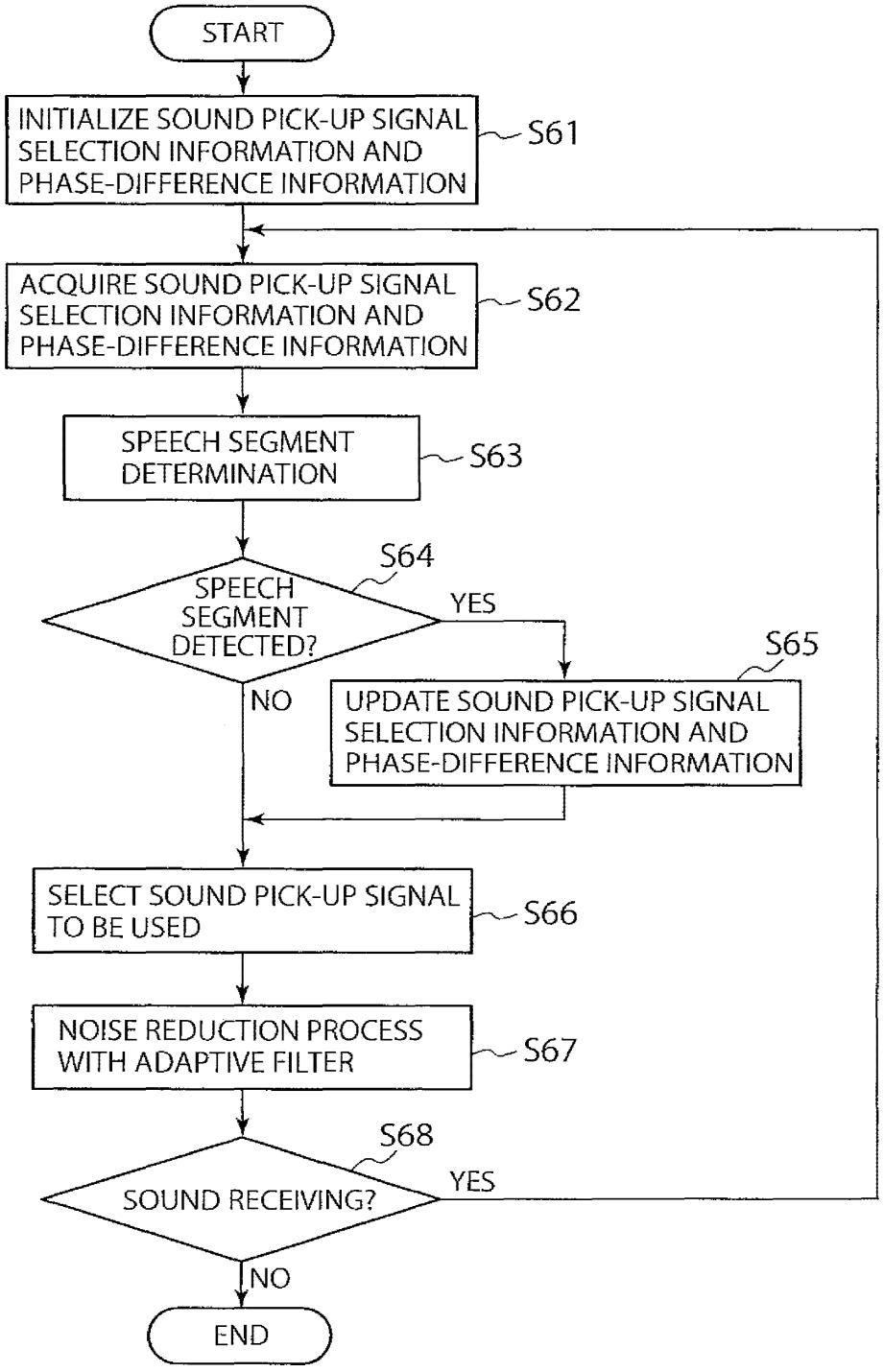

START
INITIALIZE SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION AND PHASE-DIFFERENCE INFORMATION
S61
ACQUIRE SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION AND PHASE-DIFFERENCE INFORMATION
S62
SPEECH SEGMENT DETERMINATION
S63
S64
SPEECH SEGMENT DETECTED?
YES
NO
S65
UPDATE SOUND PICK-UP SIGNAL SELECTION INFORMATION AND PHASE-DIFFERENCE INFORMATION
SELECT SOUND PICK-UP SIGNAL TO BE USED
S66
NOISE REDUCTION PROCESS WITH ADAPTIVE FILTER
S67
S68
SOUND RECEIVING?
YES
NO
END

FIG. 18

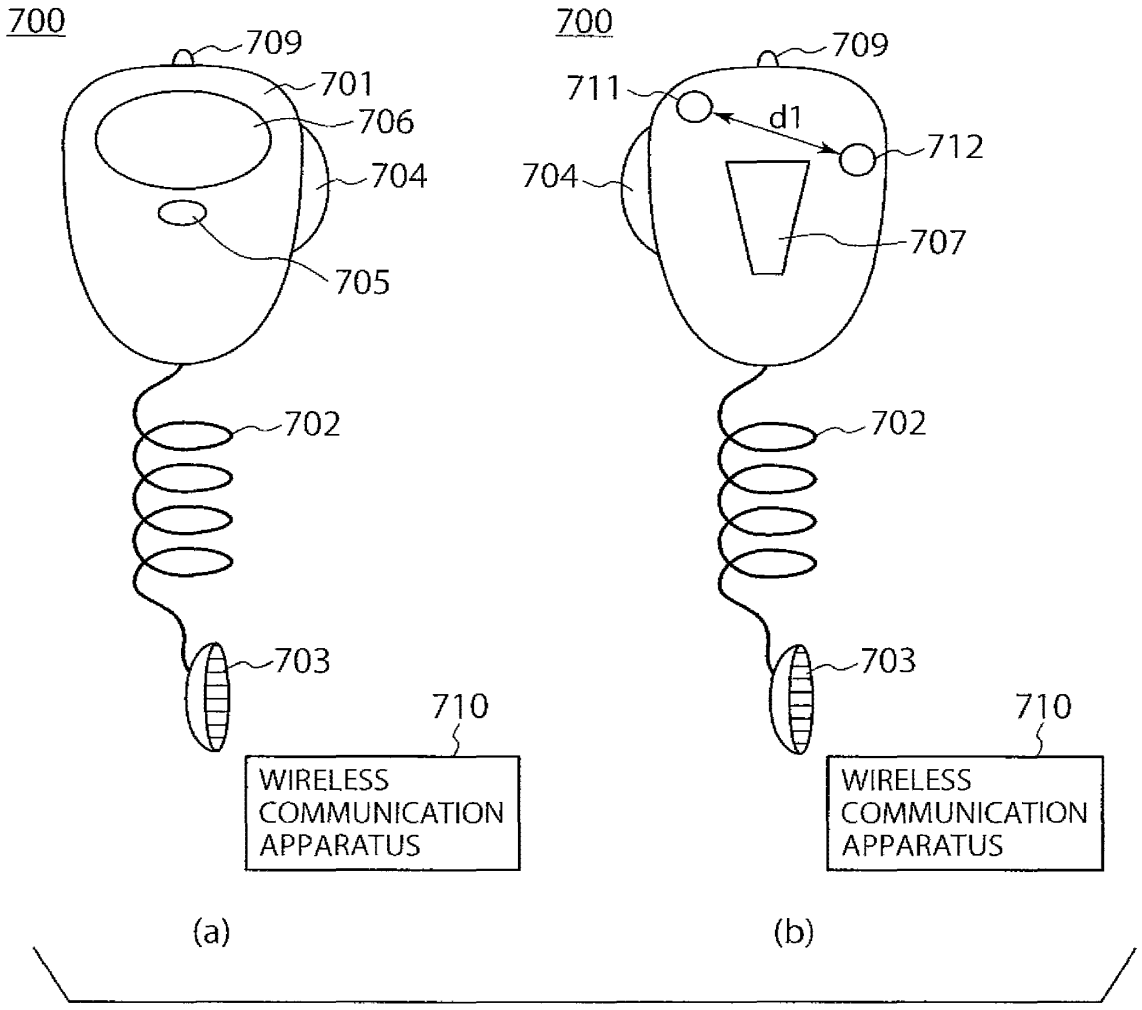

700
709
701
706
704
705
702
703
710
WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS
(a)
700
709
711
d1
712
704
707
702
703
710
WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS
(b)

FIG. 19

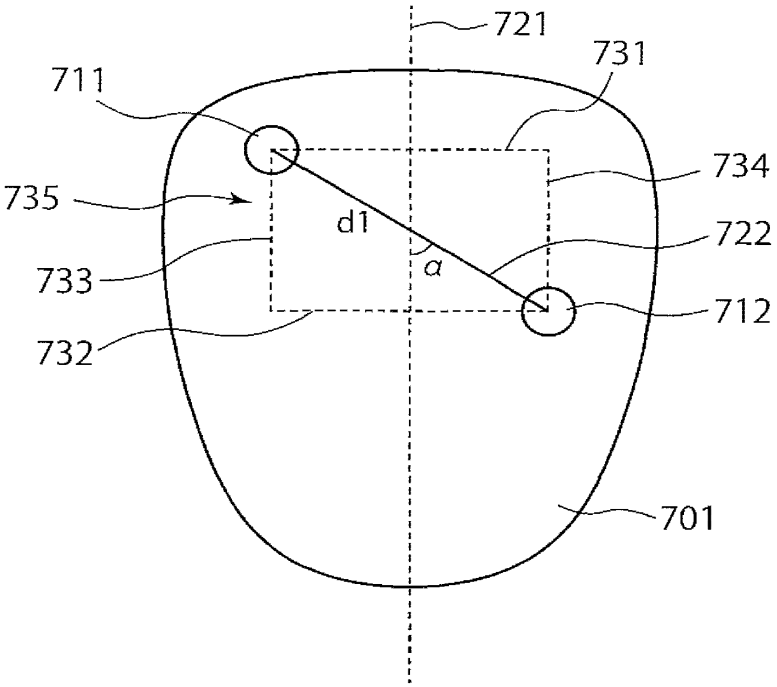


FIG. 20

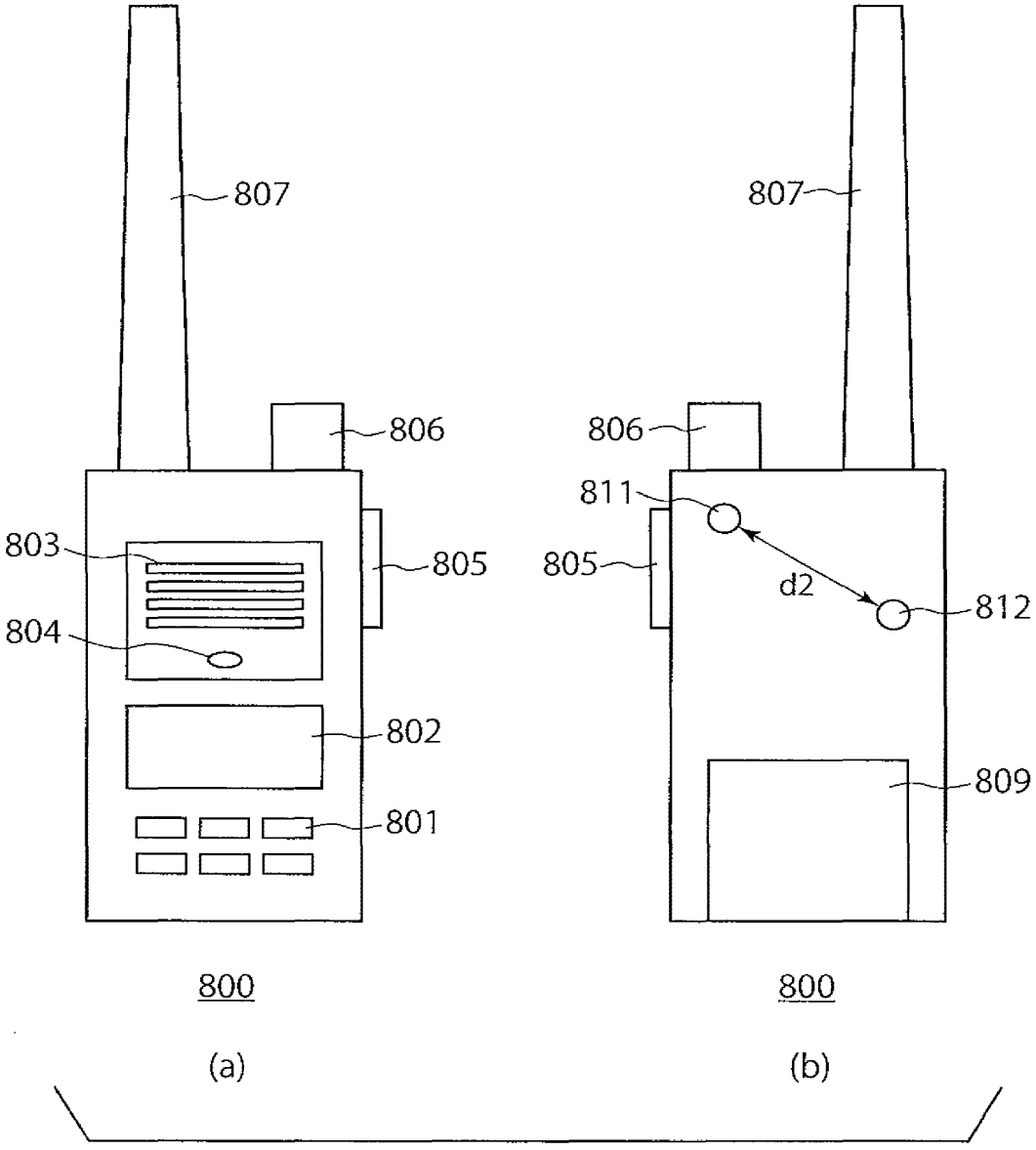


FIG. 21

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of	)	Customer No. 26360
Takaaki YAMABE	)	
Serial No.:	)	ELECTRONICALLY FILED SEPTEMBER 14, 2012
Filed:	)	
For: NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD	)	

APPLICATION DATASHEET 37 C.F.R. § 1.76

APPLICANT INFORMATION

Applicant No. 1 — Applicant Authority, Inventor

Name: **Takaaki YAMABE**
Address: c/o JVC KENWOOD Corporation
Intellectual Property Department
12, Moriya-Cho 3-Chome
Kanagawa-Ku, Yokohama-Shi
Kanagawa-Ken, Japan

CORRESPONDENCE INFORMATION

Customer Number: 26360
e-mail address: eggreive@rennerkenner.com

APPLICATION INFORMATION

Title of Invention: NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD

Attorney Docket No.: KYO.P0215
Small Entity Status Claimed: No
Application Type: Utility

Subject Matter:
Suggested Class (if any):
Suggested Technology Center (if any):

Total Number of Drawing Sheets (if any): 21

Suggested Figure for Publication (if any):
Publication Information:

____ Request Early Publication (Fee required at time of Request 37 C.F.R. § 1.219)

____ Request Not to Publish. I hereby request that the attached application not be published under 35 U.S.C. § 122(b) and certify that the invention disclosed in the attached application has not been 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.

REPRESENTATIVE INFORMATION

Select One: X Customer Number ___Patent Practitioner ___US Representative
Customer Number: 26360

DOMESTIC PRIORITY INFORMATION

Prior Application Status:
Application No.:
Continuity Type:
Prior Application No.:
Filing Date (YYYY-MM-DD):

FOREIGN PRIORITY INFORMATION

Application No.:	2011-201759
Country:	Japan
Parent Filing Date (YYYY-MM-DD):	September 15, 2011
Priority Claimed:	Yes

Application No.:	2011-201760
Country:	Japan
Parent Filing Date (YYYY-MM-DD):	September 15, 2011
Priority Claimed:	Yes

ASSIGNEE INFORMATION

Assignee:

Is the Assignee an Organization? Yes

Name: JVC KENWOOD Corporation
a corporation of Japan
Address: 12, Moriya-Cho 3-Chome
Kanagawa-Ku, Yokohama-Shi
Kanagawa-Ken, JAPAN

SIGNATURE

Edward G. Greive, Reg. No. 24,726

September 14, 2012
Date

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of	)	Customer No. 26360
Takaaki YAMABE	)	
Serial No.:	)	ELECTRONICALLY FILED SEPTEMBER 14, 2012
Filed:	)	
For: NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD	)	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT

37 CFR §§ 1.97, 1.98

COMMISSIONER FOR PATENTS
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Pursuant to 37 CFR §1.97 encouraging the filing of an Information Disclosure Statement, the Applicant hereby submits the following in compliance with the duty of disclosure as set forth in 37 CFR §1.56.

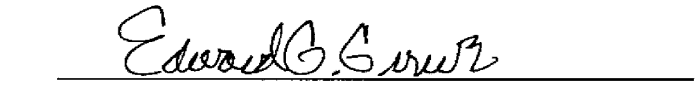
Information or art known to the Applicant and having an extent of relevance to the present application has been listed on Form PTO/SB/08a attached hereto. It includes three (3) foreign patent documents. The Applicant has employed Form PTO/SB/08a for the purposes of convenience of the Office and the Examiner.

No representation is made that a specific search has been made, that the information is pertinent to the claimed subject matter, that the information is non-cumulative, or that the information represents the only or the best information. The Applicant does not admit that any of the information he has provided is necessarily prior to his invention but rather that it is information of which he is aware and that he believes should be provided to the Office in fulfillment of his duty of disclosure. Any question that may arise regarding priority of a specific reference shall be resolved during prosecution.

Notwithstanding the foregoing, for any publication of an unknown date, Applicant acknowledges that it is prior to his invention.

It is the position of the Applicant that none of the art provided herein accomplishes the objects of the present invention. The Applicant believes that the claims of the subject application are patentably distinct over the art of record. In the event the Examiner would care to discuss any of the foregoing more specifically, the undersigned attorney would welcome a telephone call.

Respectfully submitted,



Edward G. Greive, Reg. No. 24,726
Renner, Kenner, Greive, Bobak, Taylor & Weber
First National Tower, Suite 400
106 S. Main Street
Akron, Ohio 44308-1412
Telephone: (330) 376-1242

Attorney for Applicant

September 14, 2012

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	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Takaaki YAMABE
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	KYO.P0215

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	2010-232862	JP		2010-10-14	TOSHIBA CORP		☒
	2	06-067693	JP		1994-03-11	SONY CORP		☒
	3	2000-305594	JP		2000-11-02	ALPINE ELECTRONICS INC		☒

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Takaaki YAMABE
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	KYO.P0215

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.	T5
	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	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Takaaki YAMABE
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	KYO.P0215

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		Date (YYYY-MM-DD)	
Name/Print		Registration Number	

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 record s.

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.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2010-232862
(43)Date of publication of application : 14.10.2010

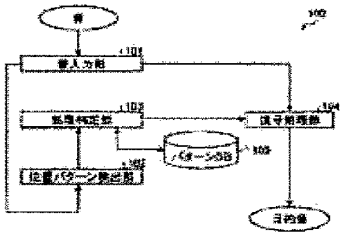
(51)Int.Cl. *H04R 3/00 (2006.01)*
G10L 21/02 (2006.01)
H04R 1/40 (2006.01)

(21)Application number : 2009-076984
(22)Date of filing : 26.03.2009

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
(72)Inventor : FUJIMURA KOJI

(54) AUDIO PROCESSING DEVICE, AUDIO PROCESSING METHOD AND PROGRAM

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an audio processing device, an audio processing method and a program which suitably reduce the noise of sound signals input from microphones in a variety of environments.
SOLUTION: An audio processing device 100 is provided with a position pattern detection part 102 for detecting the index of the relative position of a sound source and a plurality of microphones; a processing determination part 103 for determining audio processing to the sound signal input from each of the microphones on the basis of the index of the relative position; and a signal processing part 104 for executing the determined audio processing to the sound signals.



(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2010-232862
(P2010-232862A)
(43)公開日　平成22年10月14日(2010.10.14)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H04R 3/00	(2006.01)	H04R	3/00	320	5D018
G10L 21/02	(2006.01)	G10L	21/02	101A	5D020
H04R 1/40	(2006.01)	G10L	21/02	102A	
		G10L	21/02	103Z	
		H04R	1/40	320A	

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 17 頁）

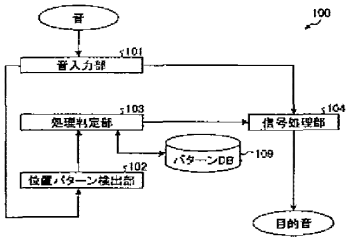
(21)出願番号　特願2009-76984 (P2009-76984)
(22)出願日　平成21年3月26日 (2009.3.26)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(74)代理人　100112656
弁理士　宮田　英毅
(72)発明者　藤村　浩司
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

Ｆターム(参考)　5D018 BB22
5D020 BB04　BB07

(54)【発明の名称】音声処理装置、音声処理方法、及び、プログラム

(57)【要約】
【課題】複数の環境において、マイクから入力される音信号の雑音を好適に減じる音声処理装置、音声処理方法、及び、プログラムを提供すること。
【解決手段】音声処理装置１００は、音源と複数のマイクとの相対位置の指標を検出する位置パターン検出部１０２と、前記マイクの各々から入力される音信号に対する音声処理を、前記相対位置の指標に基づいて決定する処理決定部１０３と、前記音信号に対し、決定された前記音声処理を実行する信号処理部１０４と、を有する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
音源と複数のマイクとの相対位置の指標を検出する位置パターン検出部と、
前記複数のマイクの各々から入力される音信号に対する音声処理を、前記相対位置の指標に基づいて決定する処理決定部と、
前記音信号に対し、決定された前記音声処理を実行する信号処理部と、
を有することを特徴とする音声処理装置。
【請求項２】
前記相対位置の指標は、前記複数のマイクから入力される音信号の、到達時間差及び前記音信号のレベル差を含むことを取得することを特徴とする請求項１記載の音声処理装置。
【請求項３】
前記相対位置の指標は、前記複数のマイクの各々に対し所定の位置に設けられる距離センサにより測定される距離を含むことを特徴とする請求項１記載の音声処理装置。
【請求項４】
前記相対位置の指標は、前記複数のマイクの各々に対し所定の位置に設けられる角度センサにより測定される前記マイクの傾きを含むことを特徴とする請求項１記載の音声処理装置。
【請求項５】
前記処理決定部は、前記音源との距離が所定の値より小さいマイクから入力される音信号に対し、音源との距離が所定の値以上のマイクから入力される音信号より大きな重みをつける音声処理を行うこと決定することを特徴とする請求項Ｉないし４何れか一項に記載の音声処理装置。
【請求項６】
前記処理決定部は、前記複数のマイクの音源との距離が所定の値以上の場合に、前記複数のマイクから入力される音信号に対し、遅延和を取る音声処理を行うこと決定することを特徴とする請求項１ないし４何れか一項に記載の音声処理装置。
【請求項７】
コンピュータを、
音源と複数のマイクとの相対位置の指標を検出する位置パターン検出部、
前記複数のマイクの各々から入力される音信号に対する音声処理を、前記相対位置の指標に基づいて決定する処理決定部、
前記音信号に対し、決定された前記音声処理を実行する信号処理部、
として機能させるためのプログラム。
【請求項８】
位置パターン検出部が、音源と複数のマイクとの相対位置の指標を検出する位置パターン検出ステップと、
処理決定部が、前記複数のマイクの各々から入力される音信号に対する音声処理を、前記相対位置の指標に基づいて決定する処理決定ステップと、
信号処理部が、前記音信号に対し、決定された前記音声処理を実行する信号処理ステップと、
を有することを特徴とする音声処理方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、音声処理装置に係わり、特に音源とマイクロホンの位置をＮパターンに分類し、それぞれの位置パターンに対応する処理を行うことで、ＳＮＲの高い目的音を得られる音声処理装置に関する。
【背景技術】
【０００２】

従来から、マイクロホンアレイと呼ばれる複数のマイクロホンを用いて音声を収集し、これらに信号処理を施すことにより、目的音源方向の推定や、雑音を抑圧し高いＳＮＲで目的音源からの信号抽出を行う技術が知られている。

【０００３】

例えば非特許文献１では、目的音をマイクロホンアレイによって受信し、各マイクが受信した信号の各々に対し、各マイクロホンへの目的音の到達時間差を補正した後、それらの信号を足し合わせる、いわゆる遅延和をとることによって、目的音を強調した信号を得る方法が示されている。非特許文献１に開示の発明は、どのマイクにも目的音と雑音が混入した信号が入力されることを前提としている。

【０００４】

また、複数マイクロホンを利用する方法として、２本のマイクロホンを用いて、１本を雑音収集用マイクロホン、他方を雑音が混入した目的音を収集するマイクロホンとし、目的音を収集するマイクロホンの信号から雑音収集用雑音マイクロホンの出力を減算することによって雑音を低減し、目的音をより鮮明に抽出する方法が知られている。

【０００５】

その一例として、特開２００４－２２６６５６号公報（特許文献１）では、２本のマイクロホンを用い、口唇とあらかじめ選択された基準となるマイクロホンとの距離を、基準マイクロホンともう一方のマイクロホンの信号レベルの差から算出し、距離によって基準マイクロホンの信号から、もう一方のマイクロホンの信号を減算する際の減算量を調整する話者距離検出装置等の技術が開示されている。

【０００６】

特許文献１に開示の発明は、一方のマイクには目的音と雑音が混在した信号が入るが、もう一方のマイクには雑音のみ、あるいは目的音が混在したとしても比較的少ないことを前提にしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特開２００４－２２６６５６号公報

【非特許文献】

【０００８】

【非特許文献１】Ｊ．Ｌ．Ｆｌａｎａｇａｎ，Ｊ．Ｄ．Ｊｏｈｎｓｔｏｎ，Ｒ．Ｚａｈｎ ａｎｄ Ｇ．Ｗ．Ｅｌｋｏ，"Ｃｏｍｐｕｔｅｒ－ｓｔｅｅｒｅｄ ｍｉｃｒｏｐｈｏｎｅ ａｒｒａｙｓ ｆｏｒ ｓｏｕｎｄ ｔｒａｎｓｄｕｃｔｉｏｎ ｉｎ ｌａｒｇｅ ｒｏｏｍｓ，"Ｊ．Ａｃｏｕｓｔ．Ｓｏｃ．Ａｍ．，ｖｏｌ．７８，ｎｏ．５，ｐｐ．１５０８－１５１８，１９８５

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

しかしながら、複数のマイクを用いて生成した音信号を処理する際には、何れのマイクにも目的音と雑音とが混在する環境と、一のマイクに目的音と雑音が入り他のマイクに雑音が主として入る環境とで、同一の処理を行うと、目的音を好適に処理することができないことがある。上記非特許文献１及び特許文献１に開示の発明では、このことは考慮されていない。

【００１０】

本発明は、上記の点に鑑みて、これらの問題を解消するために発明されたものであり、複数の環境において、マイクから入力される音信号の雑音を好適に減じることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様は、音源と複数のマイ

クとの相対位置の指標を検出する位置パターン検出部と、前記複数のマイクの各々から入力される音信号に対する音声処理を、前記相対位置の指標に基づいて決定する処理決定部と、前記音信号に対し、決定された前記音声処理を実行する信号処理部と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【００１２】

本発明によれば、複数の環境において、マイクから入力される音信号の雑音を好適に減じることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】第１の実施形態に係わる音声処理装置を示すブロック図である。

【図２】第１の実施形態に係る音声処理装置における処理を示すフローチャートを示す図である。

【図３】位置パターンを示す図（その１）である。

【図４】位置パターンを示す図（その２）である。

【図５】位置パターンを示す図（その３）である。

【図６】位置パターン（２）と分類された場合の、音声処理装置の例を示す図である。

【図７】位置パターン（１）と分類された場合の、音声処理装置の例を示す図である。

【図８】第２の実施形態に係わる音声処理装置を示すブロック図である。

【図９】第２の実施形態に係わる音声処理装置の動作を示すフローチャートを示す図である。

【図１０】第３の実施形態に係わる音声処理装置を示すブロック図である。

【図１１】第３の実施形態に係わる音声処理装置の動作を示すフローチャートを示す図である。

【図１２】角度センサを携帯電話に設けた例を説明する図である。

【図１３】本実施の形態にかかる音声処理装置のハードウェア構成を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

（第１の実施形態）

図１は、第１の実施形態に係わる音声処理装置を示すブロック図である。第１の実施形態に係わる音声処理装置１００は、入力される音信号を、予め保持する音源の位置パターンに照合し、位置パターン毎に対応する音声処理を実行する。音声処理装置１００は、音入力部１０１、位置パターン検出部１０２、処理決定部１０３、信号処理部１０４、及び、パターンデータベース（以下、「パターンＤＢ」という。）１０９を有する。

【００１５】

音入力部１０１は、複数のマイクからの入力音をデジタル化された音信号に変換し、音声の始終端を検出する。位置パターン検出部１０２は、音信号から、音源とマイクとの位置パターンの指標を検出する。処理決定部１０３は、位置パターンの指標を予め保持される位置パターンに照合することにより音信号に対して実行する処理を決定する。信号処理部１０４は、処理決定部１０３の決定に従って処理を行う。

【００１６】

パターンＤＢ１０９は、複数のマイクと音源との位置パターンに係る情報を保持する。位置パターンは、複数のマイクと音源との相対的な位置（相対位置）を表す。パターンＤＢ１０９には、位置パターン毎に、複数のマイクから入力される音信号のパターンの指標が対応づけられて格納されている。パターンＤＢ１０９に格納されるパターンは、処理決定部１０３により呼び出され、位置パターン検出部１０２により検出された指標と照合される。

【００１７】

図２は、第１の実施形態に係る音声処理装置１００における処理を示すフローチャートである。ここでは、音源とマイクとの位置パターンを、２本のマイクロホンを使用して取

得する例について説明する。２本のマイクを、それぞれ、マイク１及びマイク２とする。

【００１８】

ステップＳ１０１では、音入力部１０１が、ＡＤ変換器を用いて、マイクロホンに入力される音をアナログ信号からデジタル信号に変換する。

【００１９】

ステップＳ１０２では、雑音処理を行う音声の始終端を検知するために、例えば、ゼロ交差回数等を使った音声区間検出を行う。この音声区間検出はマイク１及びマイク２のマイク出力を使って行う。

【００２０】

より詳細には、マイク１が取得した音信号とマイク２が取得した音信号とに対し、ゼロ交差回数を計算し、どちらかのマイクで音声区間が検出されたと判断されたらその検出点からの音を音声として扱う。

【００２１】

尚、ここでそれぞれマイク１、及び、マイク２が検出した始端情報を、それぞれ、Ｓ１、及び、Ｓ２として保持する。音声始端が最も遅く検出された出力マイクにおいて音声終端確定後、図２の処理が終了される。なお、区間検出方法はこれに限らず種々の区間検出方式を適用することが可能である。また例えば、複数マイク特有の区間検出方法を適用してもよい。

【００２２】

ステップＳ１０３では、位置パターン検出部１０２が、音入力部１０１が検出した音声信号を用いて音源とマイクの位置パターンの指標を検出する。指標は、例えば、マイクロホン間の音声到達時間差、及び、信号レベル比を用いる。

【００２３】

より詳細には、例えば、マイク１を基準とする場合に、マイク２への音声到達時間差が大きくなるほどマイク１に音源が近づいている。またマイク１側の信号レベルがマイク２と比較して大きいほどマイク１に音源が近づいている。

【００２４】

この２つの指標を算出する際には、目的とする音声の初期音声区間を使用する。初期音声とは音声が検出されてから一定区間の音声である。マイクロホン間の音声到達時間差は相互相関を用いることによって算出する。最も早く音声始端が検出されたマイクの始端検出時を時刻０とし、マイク１に入力される音声信号をｘ１、ｘ１の相関算出区間を時刻ｔｓから時刻ｔｅとし（Ｓ１＜ｔｓ＜ｔｅ）、その区間中の波形をパワーで正規化したものをｘ１’とする。また、マイク２に入力される音声信号をｘ２とし、音声到達時間差を求めるための区間［０－Ｔ］の時刻Ｔを、最も遅く音声始端が検出されたマイクの始端検出時から少なくともｔｓからｔｄの区間以上取れるように設定する。例えば、Ｓ１＜Ｓ２の場合、次式（１）により、Ｔを設定する。

【００２５】

【数１】

$$T = S2 + 3*(te - ts) \cdots (1)$$

【００２６】

式（１）において、出音声到達時間差ｔｄは、次式（２）から（４）を用い、式（５）で表すことができる。

【数２】

$$x_1 = (x_1(0), x_1(1), \ldots, x_1(T)) \cdots\cdots (2)$$

$$x_2 = (x_2(0), x_2(1), \ldots, x_2(T)) \cdots\cdots (3)$$

$$x_1' = \frac{(x_1(t_s), x_1(t_s+1), \ldots, x_1(t_e))}{\sqrt{\sum_{t=t_s}^{t_e} x_1(t) \cdot x_1(t)}} \cdots\cdots (4)$$

$$t_d = \max_t \frac{\sum_{n=t}^{t+t_e-t_s} x_1'(n-t) \cdot x_2(n)}{\sqrt{\sum_{n=t}^{t+t_e-t_s} x_2(n) \cdot x_2(n)}} - t_s \cdots\cdots (5)$$

$$(\text{但し} 0 < t \leq T - (t_e - t_s))$$

【００２７】

この到達時間差ｔｄが音源と各マイクとの位置パターン判定指標の一つとなる。マイクが２つの場合はマイク１からマイク２に対しての到達時間差ｔｄを求めれば正負の符号を逆にすることによってマイク２からマイク１に対しての到達時間差となる。

マイク１，マイク２間の信号レベル比ｄｄは先ほど求めたｔｄを使い下式で求めることができる。

【数３】

$$dd = \sqrt{\frac{\sum_{t=t_s}^{t+t_e-t_s} x_1(t) \cdot x_1(t)}{\sum_{t=t_d+t_s}^{t_d+t_s+t_e} x_2(t) \cdot x_2(t)}} \cdots\cdots (6)$$

【００２８】

式（６）の信号レベル比ｄｄが音源と各マイクとの位置パターン判定指標の一つとなる。なお、位置パターン判定指標は前述のもののみに限らず、様々な基準を適用することが可能である。例えば、先に算出した相関の最大値などもこれに含まれる。最大相関値がある基準よりも高ければ音源と２つのマイクが等距離にあり、最大相関値がある基準よりも低ければどちらか一方のマイクには音源が近く、一方のマイクに対しては音源が遠いという位置パターンを導き出すことができる。最大相関値r_{max}は次式（７）により算出される。

【数４】

$$r_{max} = \frac{\sum_{n=t_d+t_s}^{t_d+t_e} x_1'(n-t_s-t_d)\cdot x_2(n)}{\sqrt{\sum_{n=t_d+t_s}^{t_d+t_e} x_2(n)\cdot x_2(n)}} \cdots\cdots (7)$$

【００２９】

ステップＳ１０４では、処理決定部１０３が、位置パターン検出部１０２で算出した位置パターンを判定するための指標を使い、下記の（１）から（３）の３つの位置パターンの何れに属するかを照合する。図３ないし図５は、３つの位置パターンを示す図である。

【００３０】

（１）マイク１に音源が接近している（図３）。
（２）マイク２に音源が接近している（図４）。
（３）どちらのマイクにも音源は接近していない（図５）。

【００３１】

到達時間差判定閾値ｔｔｈｒｅ、信号レベル差判定閾値dd_{thre1}，dd_{thre2}をそれぞれ定数（ただし、$t_{thre}>0$，$dd_{thre1}>dd_{thre2}>0$）とすると、ｔｄ＞０の場合に、次式（８）及び式（９）が成り立つとき、位置パターンは、（１）に分類される。

【数５】

$$t_d > t_{thre} \cdots\cdots (8)$$

$$dd > dd_{thre1} \cdots\cdots (9)$$

【００３２】

また、ｔｄ＜＝０の場合に、次式（１０）及び式（１１）が成り立つとき、位置パターンは、（２）に分類される。

【数６】

$$-t_d > t_{thre} \cdots\cdots (10)$$

$$dd < dd_{thre2} \cdots\cdots (11)$$

（１）及び（２）の何れにも分類されなければ、位置パターンは（３）に分類される。

【００３３】

ステップＳ１０５では、信号処理部１０４が、分類された位置パターンに応じて予め定められた処理を行う。図６及び図７は、信号処理部１０４における、信号処理の切り替え時の動作を示す図である。図６は、位置パターン（２）と分類された場合の、音声処理装置の例を示す図であり、図７は、位置パターン（１）と分類された場合の、音声処理装置

の例を示す図である。

【００３４】

以下、信号処理の切り替えについて説明する。

【００３５】

位置パターンが（１）に分類された場合、マイク１に入力される音声を目的音声とし、マイク２に入力される音を雑音として処理する。具体的には、音声処理装置１００の出力音声ｏは、αを定数（０≦α）とすると、先ほど算出した遅延時間ｔｄを用いて、次式（１２）で表すことができる。

【数７】

$$o(t) = x_1(t) - \alpha x_2(t + t_d) \quad \cdots\cdots (12)$$

【００３６】

また、このとき信号を周波数領域に変換してスペクトルサブトラクションを行っても良い。または、エコーキャンセラ等でよく用いられる適応フィルタを用いてｘ２を参照信号としてｘＩから雑音成分を除去する方法も可能である。

【００３７】

位置パターンが（２）に分類された場合、マイク２に入力される音声を目的音声とし、マイク１に入力される音を雑音として処理する。具体的な処理は位置パターン（１）の場合の処理のマイク１とマイク２を入れ替えたときと同じである。このとき出力音声ｏは、次式（１３）で表される。

【数８】

$$o(t) = x_2(t) - \alpha x_1(t + t_d) \quad \cdots\cdots (13)$$

【００３８】

このようにある特定のマイクに音源が近づいているというような位置パターンとして分類された場合の処理は他にも考えることができる。例えば、αを前記最大相関値の関数にし、減算量を調整しても良い。このときａ、ｂを定数とする一次関数により次式（１４）によりαの値を制御することができる。

【数９】

$$\alpha(r_{max}) = -ar_{max} + b \quad \cdots\cdots (14)$$

【００３９】

式（１４）のようにしてαを表現することによって最大相関値が高いときには減算量を小さく、低い時には減算量を大きくすることができる。

【００４０】

位置パターンが（３）に分類された場合、マイク１、マイク２に入力される音声を両方用いて遅延和アレー処理を行う。遅延和アレーを用いた場合、出力音声ｏは、次式（１５）で表される。

【数１０】

$$o(t) = \frac{1}{2} * \{x_1(t) + x_2(t + t_d)\} \cdots\cdots (15)$$

【００４１】

尚、このアレー処理適応部では上記方式に限定されず、例えばＧｒｉｆｆｉｔｈｓ－Ｊｉｍ型のアレー処理を適用することによって、２つのマイクロホンで一定の角度に対して雑音の死角を形成し、その範囲の音声に対してＳＮＲの高い目的音声ｏを抽出することが

可能となる。

図２に戻り、ステップＳ１０６では、音入力部１０１で終端が検出され、音声処理終了を終了する。

【００４２】

以上、２つのマイクロホンを例に、本発明の実施の形態を説明したが、本発明を実施するに当って、マイクロホンが２本であることは必須ではなく、本発明を３つ以上のマイクロホンに拡張することも可能である。マイク３つの場合、マイクをマイク１、マイク２、マイク３とすると、以下の７つの位置パターンを用意する。

【００４３】

（１’）マイク１に接近している。
（２’）マイク２に接近している。
（３’）マイク３に接近している。
（４’）マイク１、２に接近している。
（５’）マイク２、３に接近している。
（６’）マイク１、３に接近している。
（７’）どのマイクにも接近していない。

【００４４】

入力される音信号に対し、先述の到達時間差、信号レベル差を用いてどの位置パターンに分類されるかを決定する。より詳細には、マイク１からマイク２への到達時間差をtd_{12}とし、式（２）ないし式（５）により算出する。他のマイク間の到達時間差も同様に、td_{13}、td_{21}、td_{23}、td_{31}、td_{32}とし、これらを算出する。またマイク１のマイク２に対する信号レベル差をdd_{12}とし、式（６）により算出する。他のマイク間の信号レベル差も同様に、dd_{13}、dd_{21}、dd_{21}、dd_{23}、dd_{31}、dd_{32}とし、これらを算出する。

【００４５】

このとき音源から最も近いマイクｎ１は他２つのマイクとの到達時間差が正の値となる。２番目に音源に近いマイクｎ２は残る一つのマイクに対して到達時間差が正となり、マイクｎ１に対しては負となる。最も音源から遠いマイクｎ３は他２つのマイクとの到達時間差が負の値となる。そこで、この特性により、先ず、何れのマイクが、マイクｎ１、マイクｎ２、マイクｎ３となるかを決定する。

【００４６】

マイクｎ１とマイクｎ２との到達時間差がtd_{n1n2}、その到達時間差の閾値がtd_{threl}、マイクｎ１とマイクｎ２との信号レベル差がdd_{n1n2}、その信号レベル差の閾値がdd_{threl}であり、次式（１６）及び式（１７）が満たされる場合に、マイク１がマイクｎ１であるとき（１’）、マイク２がマイクｎ１であるとき（２’）、マイク３がマイクｎ１であるとき（３’）の位置パターンに分類する。

【数１１】

$$td_{n1n2} > td_{threl} \quad \cdots\cdots (16)$$

$$dd_{n1n2} > dd_{threl} \quad \cdots\cdots (17)$$

【００４７】

次に、マイクｎ１とマイクｎ２との到達時間差がtd_{n1n2}、その到達時間差の閾値がtd_{threl}、マイクｎ２とマイクｎ３との到達時間差がtd_{n2n3}、その到達時間差の閾値がtd_{thre2}、マイクｎ１とマイクｎ２との信号レベル差がdd_{n1n2}、その信号レベル差の閾値がdd_{threl}、マイクｎ２とマイクｎ３との信号レベル差がdd_{n2n3}、その信号レベル差の閾値がdd_{thre2}であり、次式（１８）ないし

式（２１）を満たす場合に、マイク３がマイクｎ３であるとき（４’）、マイクＩがマイクｎ３であるとき（５’）、マイク２がマイクｎ３であるとき（６’）の位置パターンに分類する。

【数１２】

$$td_{n1n2} < td_{thre1} \cdots\cdots (18)$$

$$td_{n2n3} > td_{thre2} \cdots\cdots (19)$$

【数１３】

$$dd_{n1n2} < dd_{thre1} \cdots\cdots (20)$$

$$dd_{n2n3} < dd_{thre2} \cdots\cdots (21)$$

【００４８】

また、（１’）から（６’）のどの位置パターンにも分類されなかった場合は、全てのマイクに対する音源の距離が遠いとみなし（７’）の位置パターンに分類する。

【００４９】

このように分類された後、各パターンによって処理を切り替える。より詳細には（１’），（２’），（３’）の場合は、式（２２）による処理を行い、音源に近いマイクの目的音から雑音を減算する。

【数１４】

$$o(t) = x_{n1}(t) - \alpha_1 x_{n2}(t + t_{n1n2}) - \alpha_2 x_{n3}(t + t_{n1n3}) \cdots\cdots (22)$$

但し、α１、α２は定数であり、α１≧０、α２≧０である。

【００５０】

また、（４’）、（５’）、（６’）の場合は、式（２３）による処理を行う。これにより、音源に近い２つのマイクは遅延和アレーで音声強調され、音源から最も遠いマイクの出力は雑音の減算に使用される。

【数１５】

$$o(t) = \frac{1}{2} * (x_{n1}(t) + x_{n2}(t + t_{n1n2})) - \alpha_2 x_{n3}(t + t_{n1n3}) \cdots\cdots (23)$$

【００５１】

また、（７’）の場合は、式（２４）により処理を行う。これにより、全てのマイクを使って遅延和アレーで音声強調される。

【数１６】

$$o(t) = \frac{1}{3} * (x_{1n}(t) + x_{n2}(t + t_{n1n2}) + x_{n3}(t + t_{n1n3})) \cdots\cdots (24)$$

このように３つのマイクロホンにも容易に拡張可能である。

【００５２】

また３つ以上のマイクを使い、３次元空間で音源位置を推定してもよい。音源位置が推定できた場合，各マイクから音源までの距離を算出することができる。この処理によって

得られたマイク－音源間の距離をそれぞれｌｄ$_1$，ｌｄ$_2$，ｌｄ$_3$とする。

【００５３】

このとき，距離閾値ｌｄ$_{thre}$を定数として、次式（２５）を満たす場合に、（１’）に分類される。

【数１７】

$$\left.\begin{aligned} ld_1 &< ld_{thre} \\ ld_2 &> ld_{thre} \\ ld_3 &> ld_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (25)$$

同様に、（２’）～（７’）の位置パターンへの分類も実現することができる。

【００５４】

（第２の実施形態）

図８は、第２の実施形態に係わる音声処理装置を示すブロック図である。第２の実施形態に係わる音声処理装置１００ａは、音信号に対し、位置センサにより取得される音源の位置毎に対応する処理を選択して行う。音声処理装置１００ａは、音入力部１０１、位置パターン検出部１０２ａ、処理決定部１０３ａ、信号処理部１０４、及び、パターンＤＢ１０９ａを有する。

【００５５】

音入力部１０１は、入力音から、音声の始終端を検出する。位置パターン検出部１０２ａは、位置センサからの信号により、音源とマイクとの位置パターンの指標を検出する。処理決定部１０３ａは、位置パターンの指標を、予め保持する位置パターンに照合することによって実行する処理を決定する。信号処理部１０４は、処理決定部の決定に従って処理を行う。

【００５６】

パターンＤＢ１０９ａは、音源とマイクとの位置パターンを保持する。パターンＤＢ１０９ａには、音源とマイクとの相対的な位置の位置パターン毎に、位置センサからの入力される信号の指標が対応づけられている。パターンＤＢ１０９ａに格納される位置パターンは、位置パターン検出部１０２ａから読み出され、位置センサからの入力と照合される。

【００５７】

図９は、第２の実施形態に係わる音声処理装置の動作を示すフローチャートである。２つのマイクロホン（マイク１、マイク２）を使用し、目的音声を処理する例を用いて説明する。なお、マイクロホンが２つであることは必須ではなく、マイクロホンが２つ以上あれば実施可能である。また目的音が音声であることも必須要素ではない。本実施形態の動作は位置センサ、位置パターン検出部１０２ａ、及び、処理決定部１０３ａの動作を除き第１の実施形態と同様であり、第１の実施形態と同じ動作の部分は説明を割愛する。

【００５８】

ステップＳ２０３では、各マイク近くに取り付けられた距離センサからの出力により、そのセンサでの測定結果を位置パターン判定指標とする。具体的には、距離センサを各マイクから音源に当る対象物体までの距離を測定できる赤外線センサなどとし、各マイクから音源までの距離を測定する。マイクを２つ使用し、それぞれマイク１、マイク２から音源までの距離をｌｄ$_1$、ｌｄ$_2$とする。

【００５９】

ステップＳ２０４では、処理決定部１０３ａが、位置パターン検出部１０２で算出した位置パターン判定指標を使い、３つの位置パターンのどれに属するか分類する。３つのパターンを以下に示す。

（１Ａ）マイク１に音源が接近している。

（２Ａ）マイク２に音源が接近している。

（３Ａ）どちらのマイクにも音源は接近していない。

【００６０】

このとき，距離閾値ld_{thre}を定数とすると、次式（２６）が成り立つ場合に、（１Ａ）に分類し、次式（２７）が成り立つ場合に、（２Ａ）に分類する。

【数１８】

$$\left.\begin{aligned} ld_1 &< ld_{thre} \\ ld_2 &> ld_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (26)$$

$$\left.\begin{aligned} ld_1 &\geq ld_{thre} \\ ld_2 &\leq ld_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (27)$$

【００６１】

上記の何れでもない場合には、（３Ａ）の位置パターンに分類する。位置パターン分類後の、ステップＳ２０５及びステップＳ２０６の処理は、図２のステップＳ１０５及びステップＳ１０６と同じあるので、ここでは説明を省略する。

【００６２】

（第３の実施形態）

図１０は、第３の実施形態に係わる音声処理装置を示すブロック図である。第３の実施形態に係わる音声処理装置１００ｂは、位置センサからの入力と、音信号と、に基づいて、音源の位置パターンを検出し、位置パターン毎に対応する音声処理を実行する。

【００６３】

音声処理装置１００ｂは、音入力部１０１、位置パターン検出部１０２ｂ、処理決定部１０３ｂ、信号処理部１０４、及び、パターンＤＢ１０９ｂを有する。

音入力部１０１は、マイクからの入力音をデジタル化された音信号に変換し、音声の始終端を検出する。位置パターン検出部１０２ｂは、位置センサからの入力と音声とから音源とマイクとの位置パターンの指標を検出する。処理決定部１０３ｂは、位置パターンの指標を、予め保持する位置パターンに照合することによって実行する処理を決定する。信号処理部１０４は、処理決定部の決定に従って処理を行う。

【００６４】

パターンＤＢ１０９ｂは、マイクと音源との位置パターンを保持する。パターンＤＢ１０９ｂには、マイクと音源との相対的な位置の位置パターン毎に、位置センサから入力される信号の指標と音信号の指標との組み合わせが対応づけられている。パターンＤＢ１０９ｂに格納されるパターンは、位置パターン検出部１０２ｂから呼び出され、音入力部１０１が取得した音信号及び位置センサからの入力と照合される。

【００６５】

図１１は、第３の実施形態に係わる音声処理装置の動作を示すフローチャートである。ここでは、２つのマイクロホン（マイク１，マイク２）を使用し目的音声を処理する例を用いて説明する。なお、マイクロホンが２つであることは必須ではなく，マイクロホンが２つ以上あればよい。また目的音が音声であることも必須要素ではない。本実施形態の動作は位置パターン検出部１０２ｂ、及び、処理決定部１０３ｂの動作が、第２の実施形態と異なる他は、第２の実施形態と同様であるので、同動作の部分はここでは、説明を割愛する。

【００６６】

音声処理装置１００ｂは、例えば、位置センサとして距離センサを用いるとよい。ステップＳ３０３では、位置パターン検出部１０２ｂが、距離センサによる測定結果と音声情報とを位置パターン判定指標として取得する。

【００６７】

より詳細には、位置センサとして赤外線センサなどを使い、本装置から音源までの距離を測定する。また音信号を取得するマイクを２つ使用し、センサを使って取得した音声処理装置１００ｂから音源までの距離を１ｄとする。また第１の実施形態と同様に，音声到達時間差ｔｄ、信号レベル比ｄｄもそれぞれ求めておく。

【００６８】

ステップＳ３０４では、処理決定部１０３ｂが、位置パターン検出部で算出した位置パターン判定指標を使い，３つの位置パターンのどれに属するか分類する。３つのパターンを以下に示す。

（１Ｂ）マイク１に音源が接近している。

（２Ｂ）マイク２に音源が接近している。

（３Ｂ）どちらのマイクにも音源は接近していない。

【００６９】

到達時間差判定閾値t_{thre}、信号レベル差判定閾値dd_{threl}、dd_{thre2}、距離判定閾値ld_{thre}をそれぞれ定数（ただし、$t_{thre}>0$，$dd_{threl}>dd_{thre2}>0$，$ld_{thre}>0$）とする。ここで、ｔｄ＞０の場合に、次式（２８）が全て成り立つとき、位置パターンを（１Ｂ）に分類する。

【数１９】

$$\left.\begin{aligned} t_d &> t_{thre} \\ dd &> dd_{threl} \\ ld &< ld_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (28)$$

【００７０】

また、ｔｄ＜＝０の場合に、次式（２９）が全て成り立つとき、位置パターンを（２Ｂ）に分類する。

【数２０】

$$\left.\begin{aligned} -t_d &> t_{thre} \\ dd &< dd_{thre2} \\ ld &< ld_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (29)$$

また、（１Ｂ）、（２Ｂ）の何れでもない位置パターンを（３）に分類する。この３つの位置パターン毎に、第１の実施形態の（１），（２），（３）と同様の処理を行う。

【００７１】

また，角度センサからの出力を位置パターン判定指標として使用することもできる。図１２は、角度センサを携帯電話に設けた例を説明する図である。図１２の例では、携帯電話は、操作時は横向き，通話時は縦向きに使用される。このような機器において，機器本体に取り付けられた角度センサを使い角度を検出する。検出する角度θの例を、図１２に示す。角度θは、例えば、２つのマイクを結ぶ線分と地面とが水平である位置を０度とする。また第１の実施形態と同様に、音声到達時間差ｔｄ，信号レベル比ｄｄもそれぞれ求めておく。

【００７２】

図１２の例では、（１Ｂ），（２Ｂ），（３Ｂ）への位置パターンの分類は、到達時間差判定閾値t_{thre}，信号レベル差判定閾値dd_{threl}，dd_{thre2}，角度判定閾値θ_{thre}，をそれぞれ定数（ただし，$t_{thre}>0$，$dd_{threl}>dd_{thre2}>0$，$\theta_{thre}\geqq 0$）とすると次式（３０）及び次式（３１）により行われる。

【００７３】
ｔｄ＞０の場合に、次式（３０）が成り立つとき、位置パターンは、（１Ｂ）に分類される。
【数２１】

$$\left.\begin{aligned} & t_d > t_{thre} \\ & dd > dd_{thre1} \\ & |\theta| > \theta_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (30)$$

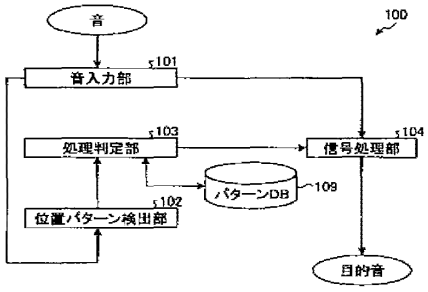
【００７４】
ｔｄ＜＝０の場合に、次式（３１）が成り立つとき、位置パターンは、（２Ｂ）に分類される。
【数２２】

$$\left.\begin{aligned} & -t_d > t_{thre} \\ & dd < dd_{thre2} \\ & |\theta| > \theta_{thre} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (31)$$

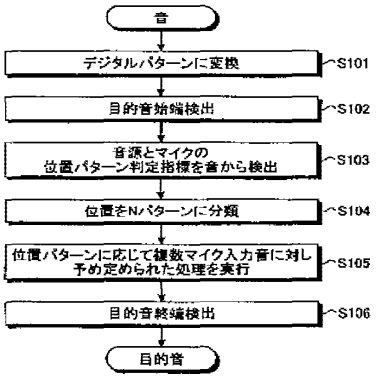
位置パターンが（１Ｂ），（２Ｂ）の何れでもない場合には、（３Ｂ）に分類される。
【００７５】
（コンピュータ等による実現　最小構成）
次に、本実施の形態にかかる音声処理装置のハードウェア構成について図１３を用いて説明する。図１３は、本実施の形態にかかる音声処理装置のハードウェア構成を示す説明図である。
【００７６】
本実施の形態にかかる音声処理装置は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）５１などの制御装置と、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）５２やＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）５３などの記憶装置と、ネットワークに接続して通信を行う通信ｉ／Ｆ５４と、各部を接続するバス６１を備えている。
【００７７】
本実施の形態にかかる音声処理装置で実行されるプログラムは、ＲＯＭ５２等に予め組み込まれて提供される。
【００７８】
本実施の形態にかかる音声処理装置で実行されるプログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルでＣＤ－ＲＯＭ（Ｃｏｍｐａｃｔ　Ｄｉｓｋ　Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）、フレキシブルディスク（ＦＤ）、ＣＤ－Ｒ（Ｃｏｍｐａｃｔ　Ｄｉｓｋ　Ｒｅｃｏｒｄａｂｌｅ）、ＤＶＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ　Ｄｉｓｋ）等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録して提供するように構成してもよい。
【００７９】
さらに、本実施の形態にかかる音声処理装置で実行されるプログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成してもよい。また、本実施の形態にかかる音声処理装置で実行されるプログラムをインターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

【００８０】
本実施の形態にかかる音声処理装置で実行されるプログラムは、上述した各部を含むモジュール構成となっており、実際のハードウェアとしてはＣＰＵ５１が上記ＲＯＭ５２からプログラムを読み出して実行することにより上記各部が主記憶装置上にロードされ、各部が主記憶装置上に生成されるようになっている。
【００８１】
なお、本発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。
【００８２】
以上のように、本発明の実施の形態にかかる音声処理装置は、雑音除去に有用であり、特に、マイクロホンアレイから入力される音信号の処理に適している。
【符号の説明】
【００８３】
１、２、３　　マイク
１００、１００ａ、１００ｂ　音声処理装置
１０１　音入力部
１０２、１０２ａ、１０２ｂ　位置パターン検出部
１０３、１０３ａ、１０３ｂ　処理決定部
１０４　信号処理部

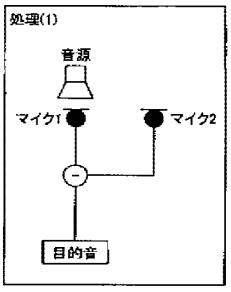
【図１】



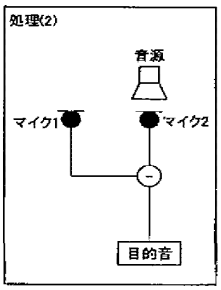
【図２】



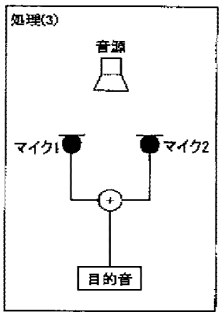
【図３】



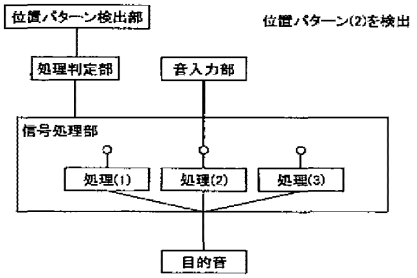
【図４】



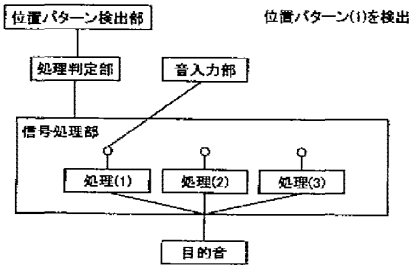
【図５】



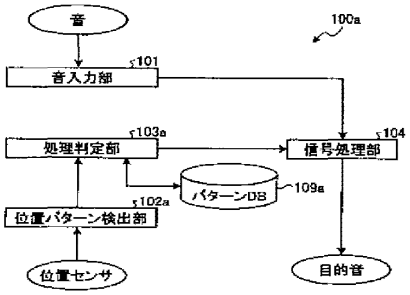
【図６】



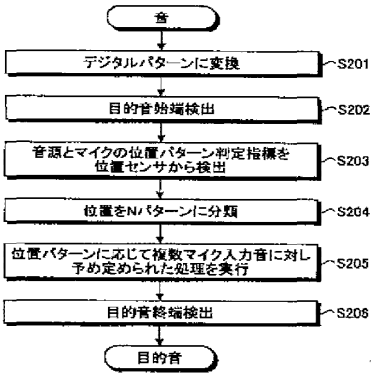
【図７】



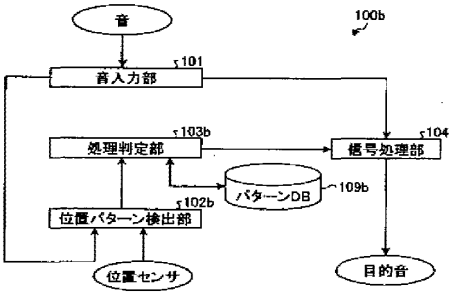
【図８】



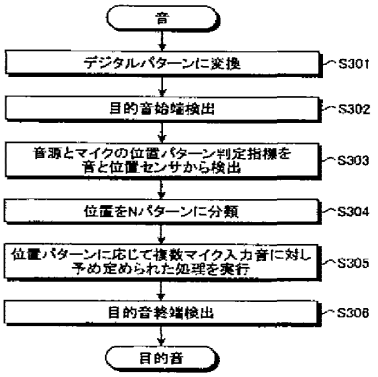
【図９】



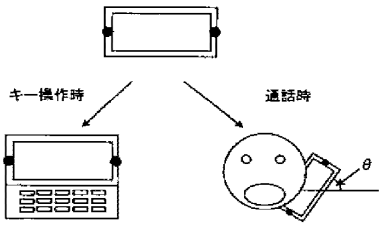
【図１０】



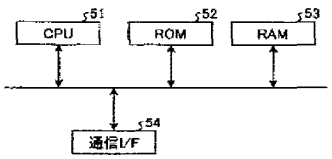
【図１１】



【図１２】



【図１３】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-067693
(43)Date of publication of application : 11.03.1994

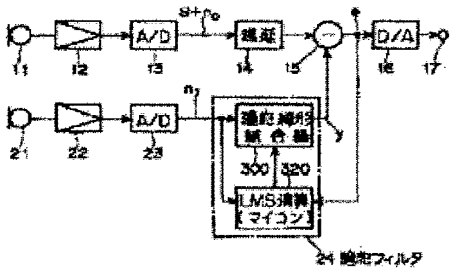
(51)Int.Cl. G10L 3/02
H03H 17/02
H03H 21/00
H04R 1/40
H04R 3/00

(21)Application number : 04-239045
(22)Date of filing : 14.08.1992

(71)Applicant : SONY CORP
(72)Inventor : GYOTOKU KAORU
SASAKI TORU
OKUBO HITOSHI
MIZUUCHI TAKAYUKI

(54) NOISE REDUCING DEVICE

(57)Abstract:
PURPOSE: To prevent a desired voice itself from being reduce even in the case a voice which is not an objective one comes from a desired voice direction and mixed with a reference input in a noise reducing device.
CONSTITUTION: The output signal of a 1st microphone 11 for collecting the desired voice is supplied to a subtracting means 15. The output signal of a 2nd microphone 21 which is low in sensitivity in the arrival direction f the desired voice is supplied to the subtracting means 15 through an adaptive filter means 24. The subtracting means 15 subtracts the output signal of the adaptive filter means from the output signal of the 1st microphone 11. The adaptive means is so adjusted as to minimize the output power of the subtracting means. The weighting coefficient of the coefficient multiplier of the adaptive filter means is monitored and when the weighting coefficient exceeds a value at which even a voice from the desired voice direction is also reduced, the adaptive processing of the adaptive filter means is limited.



(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6－67693

(43)公開日　平成６年(1994)３月11日

(51)Int.Cl.[5]		識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｇ１０Ｌ	3/02	３０１　Ｅ	7627－5H		
Ｈ０３Ｈ	17/02	Ｇ	7037－5Ｊ		
	21/00		7037－5Ｊ		
Ｈ０４Ｒ	1/40	３２０　Ｂ			
	3/00	３２０	7346－5H		

審査請求　未請求　請求項の数６(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平4－239045

(22)出願日　平成４年(1992)８月14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　行徳　薫
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　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

(74)代理人　弁理士　佐藤　正美

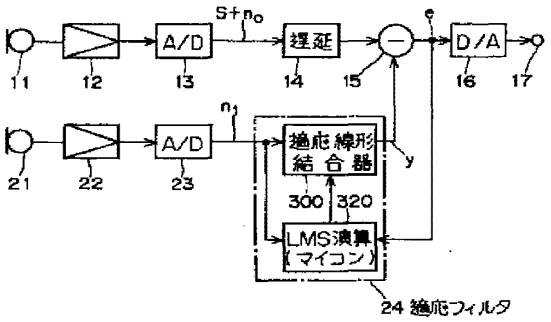
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　雑音低減装置

(57)【要約】

【目的】　雑音低減装置において、参照入力に低減対象ではない希望音声方向からの音声が混入する場合においても、希望音声自体の低減を防止する。

【構成】　希望音声を収音するための第１のマイクロホン１１の出力信号を減算手段１５に供給する。希望音声の到来方向の感度が低い指向性の第２のマイクロホン２１の出力信号を、適応フィルタ手段２４を介して、減算手段１５に供給する。減算手段１５では、第１のマイクロホン１１の出力信号から適応フィルタ手段の出力信号を減算する。減算手段の出力パワーが最小化されるように適応フィルタ手段を調整する。この適応フィルタ手段の係数乗算器の加重係数を監視し、この加重係数が希望音声方向からの音声をも低減するような値を越えたときには、適応フィルタ手段の適応処理を制限する。



1

【特許請求の範囲】
【請求項１】　希望音声を収音するための第１のマイクロホンと、
上記希望音声の到来方向の感度が低い第２のマイクロホンと、
係数乗算器を備え、上記第２のマイクロホンからの音声信号が供給される適応フィルタ手段と、
この適応フィルタ手段の出力信号を上記第１のマイクロホンの音声信号から減算処理する合成手段と、
この合成手段の出力パワーが最小化されるように上記適応フィルタ手段を調整する手段と、
上記係数乗算器での加重係数に基づいて、上記適応フィルタ手段における適応処理動作を制限する手段とを備えた雑音低減装置。
【請求項２】　希望音声を収音するための第１のマイクロホンと、
上記希望音声の到来方向の感度が低い第２のマイクロホンと、
上記第２のマイクロホンからの音声信号が供給される第１の適応フィルタ手段と、
この第１の適応フィルタ手段の出力信号を上記第１のマイクロホンの音声信号から減算処理する第１の合成手段と、
この第１の合成手段の出力パワーが最小化されるように上記第１の適応フィルタ手段を調整する手段とを備えると共に、
１タップのデジタルフィルタを含み、上記第２のマイクロホンからの音声信号が供給される第２の適応フィルタ手段と、
この第２の適応フィルタ手段の出力信号を上記第１のマイクロホンの音声信号から減算処理する第２の合成手段と、
この第２の合成手段の出力パワーが最小化されるように上記第２の適応フィルタ手段を調整する手段と、
上記第２の適応フィルタ手段における加重係数に基づいて、上記第１の適応フィルタ手段における適応処理動作を制限する手段とを備えた雑音低減装置。
【請求項３】　上記適応フィルタ手段の適応処理動作の制限が加重係数の更新休止である請求項１または請求項２に記載の雑音低減装置。
【請求項４】　上記適応フィルタ手段の適応処理動作の制限が加重係数の更新抑制である請求項１または請求項２に記載の雑音低減装置。
【請求項５】　上記適応フィルタ手段の適応処理動作の制限が加重係数の既定値への切り換えである請求項１または請求項２に記載の雑音低減装置。
【請求項６】　希望音声を収音するための第１のマイクロホンと、
上記希望音声の到来方向の感度が低い第２のマイクロホンと、

2

上記第２のマイクロホンからの音声信号が供給される第１の適応フィルタ手段と、
この第１の適応フィルタ手段の出力信号を上記第１のマイクロホンの音声信号から減算処理する第１の合成手段と、
この第１の合成手段の出力パワーが最小化されるように上記第１の適応フィルタ手段を調整する手段と、
上記第２のマイクロホンからの音声信号が供給される第２の適応フィルタ手段と、
この第２の適応フィルタ手段の出力信号を上記第１のマイクロホンの音声信号から減算処理する第２の合成手段と、
この第２の合成手段の出力パワーが最小化されるように上記第２の適応フィルタ手段を調整する手段とを備え、
上記希望音声の到来方向における上記第１及び第２のマイクロホンの感度比に応じて、上記第２の適応フィルタ手段の係数乗算器の加重係数を所定の限界値に固定し、
この固定の加重係数値に対して上記第２の適応フィルタ手段において求められる、上記加重係数を更新するための変化量に基づいて、上記第１の適応フィルタ手段の適応処理動作を制限するようにした雑音低減装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】この発明は、適応処理を用いた雑音低減装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】従来、適応型雑音低減装置として、図８に示すような回路が知られている。図８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。
【０００３】この雑音低減装置においては、主要入力端子１には、希望信号ｓと、これとは無相関の不要音声信号（雑音）ｎ０とが加算されたものが入力される。一方、参照入力端子２には、雑音ｎ１が入力される。この参照入力の雑音ｎ１は、希望信号ｓとは無相関であるが、雑音ｎ０とは相関があるようにされている。
【０００４】適応フィルタ回路５は、参照入力雑音ｎ１を処理して、雑音ｎ０に近似する信号ｙを出力する。この適応フィルタ回路５の出力信号ｙとして、雑音ｎ０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での処理時間を考慮して、減算処理する信号の時間合わせをするためのものである。
【０００５】適応フィルタ回路５における適応のアルゴリズムは、合成回路４の出力である減算出力（残差出

力）ｅを最小にするように働く。すなわち、今、ｓ，ｎ０，ｎ１，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、

$e = s + n0 - y$

となる。これを二乗したものの期待値は、ｓがｎ０と、また、ｙと無相関であるから、

$E[e^2] = E[s^2] + E[(n0 - y)^2] + 2E[s(n0 - y)] = E[s^2] + E[(n0 - y)^2]$

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、$E[e^2]$が最小になるように調整される。このとき、$E[s^2]$は影響を受けないので、

$Emin[e^2] = E[s^2] + Emin[(n0 - y)^2]$

となる。

【０００６】すなわち、$E[e^2]$が最小化されることによって$E[(n0 - y)^2]$が最小化され、適応フィルタ回路５の出力ｙは、雑音ｎ０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。

【０００７】合成回路４が音響合成手段となる場合もある。すなわち、適応フィルタ回路５で、雑音と逆相、等振幅の雑音打ち消し音声信号－ｙを形成し、これをスピーカなどに供給して、主要音声に音響的に加算して雑音を低減する構成とする。この場合の残差ｅは、残差検出用マイクロホンで収音することなる。

【０００８】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。適応フィルタ回路５を、デジタルフィルタを用いて実現した場合の例を図９に示す。この例では、適応のアルゴリズムとして、いわゆるＬＭＳ（Least Mean Squares；最小平均二乗）法を使用する。

【０００９】図９に示すように、この例では、ＦＩＲフィルタ型の適応線形結合器３００を使用する。これは、それぞれ単位サンプリング時間の遅延時間Z^{-1}を有する複数個の遅延回路ＤＬ１，ＤＬ２，……ＤＬm（mは正の整数）と、入力雑音ｎ１及び各遅延回路ＤＬ１，ＤＬ２，……ＤＬmの出力信号と加重係数との掛け算を行う加重回路（係数乗算器）ＭＸ０，ＭＸ１，ＭＸ２，……ＭＸmと、加重回路ＭＸ０～ＭＸmの出力を加算する加算回路３１０を備える。加算回路３１０の出力はｙである。

【００１０】加重回路ＭＸ０～ＭＸmに供給する加重係数は、例えばマイクロコンピュータからなるＬＭＳ演算回路３２０で、合成回路４からの残差信号ｅと参照入力とに基づいて形成される。このＬＭＳ演算回路３２０で実行されるアルゴリズムは、次のようになる。

【００１１】今、時刻k における参照入力ベクトルX_kを、図９にも示すように、

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

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

【００１２】

【数１】

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

となる。

【００１３】そして、時刻k における加重ベクトルW_kを、

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

と定義すれば、入出力関係は、

$y_k = X_k^T \cdot W_k \quad \cdots \quad (1)$

で与えられる。希望の応答をd_kとすれば、出力との誤差e_kは次のように表される。

$e_k = d_k - y_k$

$= d_k - X_k^T \cdot W_k \quad \cdots \quad (2)$

ＬＭＳ法では、加重ベクトルの更新を、

$W_{k+1} = W_k + 2\mu \cdot e_k \cdot X_k \quad \cdots \quad (3)$

なる式により行っていく。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。

【００１４】上記式（３）において、ある時点k での係数ベクトルW_kを修正するベクトルが、式（３）の右辺の第２項であるが、利得因子μと瞬時誤差e_kとはスカラー値で、ともに修正値を直接左右する。同じく参照入力ベクトルX_kも積の形で働くので、これも修正値を左右する。平均的な収束の時定数τ_aは、

$\tau_a = (n+1) / 4\mu \cdot trE[X_i X_j^T]$

で表される。ここで、ｎは参照入力ベクトルの次数（ＦＩＲフィルタのタップ数に対応）、$trE[X_i X_j^T]$は参照入力の平均パワーである。つまり、ＦＩＲフィルタのタップ数が大きいほど収束速度は遅くなり、利得因子μが大きいほど収束速度が速くなる。

【００１５】定常的な信号の場合、収束速度が速いと最終的な残留雑音レベルが大きく、逆に収束が緩慢であると最終的な雑音レベルが小さくなる。しかし、対象とする信号が音声のように変動する場合には、収束しきる前にその性質が変化してしまうため、ある程度収束速度が速い方がキャンセル量が大きくなる。

【００１６】利得因子μの値は、適応フィルタ回路５の出力ｙが雑音ｎ０を打ち消すものに近づき、装置の出力が希望信号ｓと同等のものになるように収束するためには、次の条件を満足する必要がある。

$0 < \mu <$（信号の電力）／（ＦＩＲフィルタのタップ数＋１）…（４）

μが、式（４）の範囲より大きくなると、適応フィルタ回路５の出力ｙは発散してしまい、装置の出力として大きな雑音を発する。

【００１７】従来、利得因子μの値は、処理後の信号の品位に直接に影響する適応フィルタ３００のタップ数と、参照入力信号の大きさ（電力）とを勘案して、上記の式（４）を満足して適応フィルタ回路５が正常に動作する（収束する）ように、一定の値に定められている。

【００１８】

【発明が解決しようとする課題】ところで、例えば、電話機には、受話器とは別にマイクロホンとスピーカが設けられて、受話器を置いたままで通話が可能な、いわゆるスピーカホン機能を備えたものがある。この機能を備えた電話装置では、マイクロホンが送話者の声をキャッチし、一方、スピーカから相手の声が聞こえるので、いわゆるハンドフリーで通話することができて、手がふさがっているときや、大勢で相手と話がしたい場合に便利である。

【００１９】また、遠隔の複数地点間での、テレビジョン会議システムでも、各会議室の複数の出席者ごとに、マイクロホンとスピーカからなる音声端末が設けられて、各出席者は、同様にハンドフリーで、相手方の発言を聞くことができると共に、随時発言することができる。

【００２０】しかしながら、上述のようなスピーカホン機能を備えた電話機では、周囲の騒音がマイクロホンに入って通話を妨げ、また、テレビジョン会議システムの各音声端末では、同じ会議室の他の出席者の発言が不要に収音されてしまう。

【００２１】また、例えばカメラ一体型ＶＴＲの収音用マイクロホンは、一般に被写体側からの音声のみを収音し、後方からの音声、例えば撮影者の音声は収音しないようにすることが望ましい。

【００２２】以上のような目的を達成するために、上述の適応処理を用いた雑音低減装置を用いることが考えられる。すなわち、前述のような適応処理において、不要信号を参照入力信号として、これを用いて主要入力信号中の不要信号（雑音）を低減することが考えられる。

【００２３】ところが、参照入力収音用のマイクロホンの指向特性を完全に希望音声信号を収音しないような特性にすることが困難であるので、希望音声信号が、ある程度のレベルで参照入力信号中に混入してしまう。

【００２４】この状態は、希望音声と参照入力音声の両入力信号が無相関であるという適応処理の前提条件から外れており、特に、参照信号中の不要信号（雑音）のレベルがかなり低い場合には、上述のような通常の適応処理では、希望音声信号自体が低減の対象となってしまうという問題があった。

【００２５】この発明は、以上の点にかんがみ、希望音声自体の低減を防止することができる雑音低減装置を提供することを目的とする。

【００２６】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、この発明による雑音低減装置は、後述の実施例の参照符号を対応させると、希望音声を収音するための第１のマイクロホン１１と、上記希望音声の到来方向の感度が低い第２のマイクロホン２１と、係数乗算器を備え、上記第２のマイクロホンからの音声信号が供給される適応フィルタ手段２４と、この適応フィルタ手段２４の出力信号を上記第１のマイクロホン１１の音声信号から減算処理する合成手段１５と、この合成手段１５の出力パワーが最小化されるように上記適応フィルタ手段２４を調整する手段と、上記係数乗算器での加重係数に基づいて、上記適応フィルタ手段２４における適応処理動作を制限する手段とを備えることを特徴とする。

【００２７】

【作用】例えば主要入力用のマイクロホンの指向特性を無指向性とし、また、参照入力用のマイクロホンの指向特性を単一指向性であって、希望音声到来方向とは逆方向に等しい感度を有し、希望音声の到来方向には感度が低いとした場合、参照入力用のマイクロホンでは、主要入力用のマイクロホンとの感度比に相当する電圧レベルで、希望音声が収音される。

【００２８】上記のこの発明の構成によれば、低減対象ではない希望音声到来方向からの音声が、第１，第２のマイクロホンの感度比に応じて、参照入力に混入した場合、適応フィルタ手段２４もしくは６３の係数乗算器の加重係数に基づいて、この低減対象外の音声の混入が検出され、適応フィルタ手段２４の動作が制限されて、希望音声自体の低減が防止される。

【００２９】

【実施例】以下、図１～図５を参照しながら、この発明による雑音低減型の音声入力装置の一実施例について説明する。

【００３０】図１において、１１は希望音声を収音するための主要入力用マイクロホン、２１は雑音として除去したい方向の不要音声や周囲騒音を収音するための参照入力用マイクロホンである。この例は、希望音声の到来方向は、主として、図２において矢印ＡＲで示すように、図上、上方から下方に向かう方向（以下正面方向という）であり、この方向と逆方向（以下背面方向という）からの不要音を雑音として収音しないようにする雑音低減型の音声入力装置を実現する例である。

【００３１】この例の場合には、主要入力用マイクロホン１１は、図２に示すような無指向性のマイクロホンで構成される。一方、参照入力用マイクロホン２１は、図２に示すように、希望音声到来方向に感度が低く、背面方向に感度が高い単一指向性のマイクロホンで構成される。

【００３２】そして、主要入力用マイクロホン１１によ

り収音され、電気信号に変換されて得られた音声信号は、増幅器１２を介してＡ－Ｄ変換器１３に供給されて、デジタル信号に変換され、遅延回路１４を介して減算回路１５に供給される。また、参照入力用マイクロホン２１により収音され、電気信号に変換されて得られた音声信号は、増幅器２２を介してＡ－Ｄ変換器２３に供給されて、デジタル信号に変換されて、適応フィルタ回路２４に供給される。

【００３３】この実施例では、適応フィルタ回路２４は、前出図９に示すような、ＦＩＲフィルタ型の適応線形結合器３００と、この線形結合器３００を適応制御する演算回路（マイクロコンピュータ）３２０から構成され、Ａ－Ｄ変換器２３からのデジタル信号は、演算回路３２０に供給されると共に、線形結合器３００を介して減算回路１５に供給される。減算回路１５の出力信号は、演算回路３２０に帰還されると共に、Ｄ－Ａ変換器１６によりアナログ信号に戻され、出力端子１７に導出される。

【００３４】なお、Ｄ－Ａ変換器１６を省いて、減算回路１５の出力信号をデジタル信号のままで出力端子１７に導出するようにしてもよい。また、遅延回路１４は、適応フィルタ回路２４での伝播時間や適応処理のための演算に要する時間遅れなどの時間遅延を補償するためのものである。

【００３５】基本的には、適応フィルタ回路２４では、主要入力音声信号中に含まれる雑音に、参照入力音声信号が近似するように制御される。これにより、主要入力用マイクロホン１１で収音された音声中の希望音声と雑音とが無相関であるとすると、減算回路１５では、主要入力用マイクロホン１１の音声信号から、参照入力用マイクロホン２１の音声信号（雑音）が減算されて除去され、減算回路１５からは、希望音声信号のみが得られる。すなわち、この実施例の基本的構成は、主要入力として主要入力用マイクロホン１１の出力音声信号が供給され、参照入力としての雑音として参照入力用マイクロホン２１の出力音声信号が供給された適応型雑音低減システムの構成となっている。そして、出力端子１７には、雑音、この例では背面方向からの不要音声信号が選択的に除去されて、結果的には、希望音声信号だけが、所要の品位で出力される。換言すれば、適応型システムとして、超指向性が実現されたことになる。

【００３６】次に、図２～図５を参照しながら、図１の実施例の適応フィルタ回路の動作制限について説明する。前述のように、参照入力用のマイクロホンでも希望音声が収音されて、参照入力信号に希望信号が混入した状態では、希望・参照の両入力信号は互いに相関があるので、通常の適応処理がなされた場合、希望音声信号自体が低減されてしまう。

【００３７】この現象は、参照入力信号に希望信号が混入したことにより、適応型システムとしての指向性が変化して、システムの低減対象方向が正面方向に移動したとして説明される。または、システムの低減対象範囲が正面方向まで拡大したともいえる。

【００３８】この希望音声信号自体の低減を防止するためには、参照入力信号に希望信号が混入したことによるシステムの低減対象方向の変化を検出して、適応フィルタ回路の動作を制限する必要がある。この実施例では、後述のように、適応フィルタの加重係数を解析して、システムの低減対象方向を知るようにしている。

【００３９】ここで、時刻k における主要入力の遅延回路１４の出力d_k 中に、$\theta=0°$ の正面方向の希望音声信号成分d_{dk} が含まれ、適応フィルタ回路２４に供給される参照入力x_{jk} 中にも、上述のような混入により、希望音声信号成分x_{djk} が含まれているとする。このとき、希望・参照の両入力信号中の、希望音声信号成分どうしのレベル比（混入比）は

$$d_{dk} / x_{djk} = R_k \quad (0)$$

のように表わされる。

【００４０】前出の式（２）に示すように、参照入力x_{jk} 中の希望音声信号成分x_{djk} は、適応フィルタ回路２４においてW$_{jk}$ の重み付けをされて、減算回路１５に供給され、主要入力d_k 中の希望音声信号成分d_{dk} から差し引かれる。そして、希望音声信号成分の残差e_{dk} は

$$e_{dk} = d_{dk} - W_{jk} \cdot x_{djk}$$

のように表わされる。

【００４１】適応フィルタ回路２４においては、加重係数W$_{jk}$ が適応処理に伴って刻々変化しており、ある時点で、混入比R_k （０）に近い値（W$_{jk}$ ＝約R_k （０））になったとする。

【００４２】このとき、希望音声信号成分の残差e_{dk} は、次の数２の式に示すようになる。

【００４３】

【数２】

$$\begin{aligned} e_{dk} &\fallingdotseq d_{dk} - R_k\ (0) \cdot x_{djk} \\ &= d_{dk} - d_{dk} \cdot x_{djk} / x_{djk} \\ \therefore \quad e_{dk} &\fallingdotseq 0 \end{aligned}$$

即ち、加重係数W$_{jk}$ が、適応処理に伴って、正面方向における混入比R_k （０）に近い値になったときは、その正面方向の希望音声信号成分が低減されてしまうことになる。

【００４４】また、音声の到来方向が正面ではない（$\theta \neq 0°$）一般の場合にも、到来方向θにおける混入比R_k （θ）に応じて、参照入力中に希望音声成分が混入することにより、上述と同様に、希望音声信号成分が低減されてしまうことがわかる。

【００４５】そこで、加重係数W$_{jk}$ が混入比R_k （θ）に近くなったとき、若しくは混入比R_k （θ）に近づくことが予想されるとき、適応処理を制限すれば、主要入力中の希望音声信号成分が低減されてしまう事態を防止

できる。

【００４６】ところで、適応処理によっても、主要・参照の両入力用マイクロホン１１，２１の個々の指向性が変化することはない。図２に示すような主要・参照の両マイクロホン１１，２１の指向性を、一般的に、D11（θ），D21（θ）とすれば、方位角θにおける両マイクロホン１１，２１の感度比は

R（θ）＝D11（θ）／D21（θ）

となる。そして、方位角θの同一音源に対する、両マイクロホン１１，２１の出力信号Ｓｄ11，Ｓｄ21のレベルも、当然ながら、感度比と同じ比率になり、

Ｓｄ11／Ｓｄ21＝R（θ）

のように表される。

【００４７】ここで、方位角θの同一音源から希望音声が到来するものとすれば、両マイクロホン１１，２１の感度比R（θ）は、前述のような混入比Rk(θ）と等しくなる。したがって、以下の説明では、この混入比Rk（θ）に代えて、マイクロホン１１，２１の感度比R（θ）を用いることとする。

【００４８】図２に示すように、主要入力用の無指向性マイクロホン１１の感度は全方向に対して０ｄＢであり、

D11（θ）＝1

と表される。

【００４９】また、参照入力用のマイクロホン２１が、希望音声が到来する正面方向（θ＝0°）には－２０ｄＢの感度、背面方向（θ＝１８０°）には０ｄＢの感度の単一指向性である場合、マイクロホン２１の指向性は、

D21（θ）＝－0.45ｃｏｓθ＋0.55

のように表わされる。また、両マイクロホン１１，２１の感度比R（θ）は図３に示すようになり、θ＝0°の正面方向からθ＝１８０°の背面方向までの範囲で、１０から１まで単調に減少する。

【００５０】この実施例では、図４に示すような手順によって、システムとしての低減対象方向の変化を検出して、適応処理を制限する。この制限処理に先立ち、適応フィルタ回路２４の演算回路（マイクロコンピュータ）３２０においては、予め、低減処理の対象となる不要音の到来方向の限界値θthに応じて主要入力が低減されてしまうと検出される限界の感度比R（θth）が設定されている。この限界の感度比R（θth）は、ユーザが限界値θthを入力することにより、演算回路３２０で設定するようにすることもできる。

【００５１】例えば、θ＝３０～１８０°の範囲に不要音の音源が存在するとすれば、低減処理対象の到来方向の限界値はθth＝３０°となり、対応する加重係数Wjkの上限、R（θth）は、図３に示すように、６よりやや大きくなるので、例えば限界の感度比R（θth）＝６とせっていされる。

【００５２】そして、前述のような適応処理が始まり、時刻k での残差 e_k と参照入力 x_k が適応フィルタ回路２４に供給されて（ステップＳ１）、演算回路３２０では、次の時刻k+1 で更新されるべき加重係数 W_{k+1} が演算される（ステップＳ２）。そして、次のステップＳ３において、この加重係数 W_{k+1} がその限界の感度比R（θth）より小さいか否かが判断される。

【００５３】加重係数 W_{k+1} がR（θth）より小さい場合、この加重係数 W_{k+1} がそのまま出力されて（ステップＳ４）、通常の適応処理が行なわれる。また、加重係数 W_{k+1} がR（θth）より小さくない場合は、前述した式（３）のステップゲインμをゼロとし、または、通常動作時の例えば１／１０に小さくして（ステップＳ５）、しかる後、更新すべき加重係数 W_{k+1} が出力される（ステップＳ６）。これにより、加重係数の更新が休止ないしは抑制されて、参照入力中に希望音声成分が混入した場合でも、システムとしての低減対象方向の変化による、希望音声自体の低減を防止することができて、所要の品位で、希望音声が安定に出力される。

【００５４】図５は、この実施例の効果を実験的に確認したものを示すための図である。θ＝１８０°の背面方向からの到来信号が図５Ａに示すようなものであり、θ＝0°の正面方向からの到来信号が図５Ｂに示すようなものであるとき、従来の適応処理によれば、図５Ａの背面方向からの到来信号が微弱な期間では、主要信号と無相関の参照信号が存在するという適応処理の前提条件から外れるため、図５Ｃに示すように、処理後の出力信号のレベルが、図５Ｂの正面方向からの到来信号に比べて、低下している。また、図５Ｅに示すように、係数乗算器の加重係数が増大している。

【００５５】この加重係数の増大は、低減対象となる背面方向からの到来信号が、正面方向からの到来信号に比べて、かなり低レベルであるため、システムとしての低減対象方向が正面方向にまで移動してきたことを示している。そして、従来の適応処理によれば、この低減対象方向の変化によって、出力信号のレベル低下が惹起される。

【００５６】これに対して、この実施例では、上述のような加重係数の更新休止により、図５Ａの背面方向からの到来信号が微弱な期間にも、図５Ｆに示すように、加重係数が一定に維持されて、低減対象方向の変化が抑制される。そして、図５Ｄに示すように、処理後の出力信号のレベルが、図５Ｂの正面方向からの到来信号と概ね等しくなっている。

【００５７】次に、図６を参照しながら、この発明によるマイクロホン装置の他の実施例について説明する。この発明の他の実施例の構成を図６に示す。

【００５８】図６の実施例では、前述の図１の実施例の構成に加えて、加重係数が希望方向の音声をも低減してしまう限界値になったか否かを検出するための系を別個

に設ける。すなわち、第２の遅延回路６１，減算回路６２と、第２の適応フィルタ回路６３とが設けられる。

【００５９】そして、第１のマイクロホン１１から、増幅器１２，Ａ－Ｄ変換器１３を経た主要入力信号が、遅延回路６１を介して減算回路６２に供給される。また、第２のマイクロホン２１から、増幅器２２，Ａ－Ｄ変換器２３を経た参照入力信号が適応フィルタ回路６３に供給される。

【００６０】そして、この実施例では、適応フィルタ回路６３は、１タップのＦＩＲフィルタ型の適応線形結合器４００と、この線形結合器４００を適応制御する演算回路（マイクロコンピュータ）４２０とから構成される。１タップの線形結合器４００は、この例では、遅延時間が単位サンプリング時間Ｚ-1の遅延回路４０１と、この遅延回路４０１の出力信号と加重係数との掛け算を行う単一の係数乗算器４０２からなる。

【００６１】この適応フィルタ回路６３の出力信号が減算回路６２に供給されて、減算回路６２の出力信号は、演算回路４２０に帰還される。そして、この実施例では、第２の適応フィルタ回路６３の演算回路４２０の出力が、制御信号として、第１の適応フィルタ回路２４の演算回路３２０に供給される。その余の構成は前述の図１の例と同様である。

【００６２】図６の実施例では、第２の適応フィルタ回路６３において、次のようにして、希望音声信号が参照入力信号中に混入したことによる、システムとしての低減対象方向の変化を検出する。即ち、この実施例では、単一の係数乗算器４０２の加重係数W_{jk}を、例えば不要音の到来方向の限界値θthに対応する値に固定しておき、演算回路４２０の適応アルゴリズムによる係数更新量ΔW_{jk}の符号や絶対値に基づいて、低減対象方向の変化を検出し、第１の適応フィルタ回路２４における適応処理を制限する。

【００６３】例えば、係数乗算器４０２の加重係数を

$W_{jk} = 6$

に設定すれば、前述のように、低減対象範囲は

$\theta = 30 \sim 180^{\circ}$

に設定される。演算回路４２０の適応アルゴリズムによる係数更新量が

$\Delta W_{jk} \leqq 0$

の場合は、低減対象範囲が上述の設定のように維持されるので、適応フィルタ回路２４における適応処理は、なんら制限されない。

【００６４】また、

$\Delta W_{jk} > 0$

の場合には、加重係数W_{jk}が更に大きな値となること、即ち、低減対象方向が正面方向に移動する傾向にあることを示しているので、演算回路４２０からの制御信号が、演算回路３２０に供給されて、第１の適応フィルタ回路２４における適応処理が制限される。この適応処理の制限の方法は、前述の例と同様に加重係数W_{jk}の更新休止（$\mu = 0$）、あるいは抑制（$\mu \rightarrow \mu / 10$）としてもよいが、この例では特に次のようにする。

【００６５】すなわち、この実施例では、演算回路４２０からの制御信号に基づいて、第１の適応フィルタ回路２４の各加重回路ＭＸ０～ＭＸｍにデフォルト（既定）の加重係数が設定される。例えば、適応フィルタ回路２４の伝達特性が［０．５］となるような加重係数をロードすることにより、図２に示すような指向性のマイクロホン１１，２１から、ハイパーカーディオイドの鋭い指向性が形成される。

【００６６】これにより、この実施例では、本来の適応フィルタ回路とは別個に設けた、簡単な構成の第２の適応フィルタ回路により、低減対象方向の変化を検出するようにしたので、参照入力中に希望音声成分が混入した場合、これを速やかに検出することができて、希望音声自体の低減を防止することができ、所要の品位で、希望音声が出力される。

【００６７】ちなみに、ハイパーカーディオイドのマイクロホンは、その指向性指数が－６ｄＢであって、－５ＤＢの単一指向性マイクロホンよりも鋭い指向性を備えている。ここに、指向性指数(directivity index) とは、すべての方向から等しい確率でランダムに入射する音に対する、指向性マイクロホンのエネルギーレスポンスと、正面感度が等しい無指向性マイクロホンのエネルギーレスポンスとの比を常用対数で表わしたものであって、指向性が鋭くなるほどマイナスの数値が大きくなる。

【００６８】図６の例においては、１タップのＦＩＲフィルタ４００の加重係数を所定値に固定し、演算回路４２０で求めたその固定値の加重係数に対する更新変化分を監視することにより、低減対象方向の変化を検出するようにしたが、ＦＩＲフィルタ４００の加重係数を演算回路４２０の計算値で更新させ、その更新値が前記値６を越えるか否かにより検出することも可能である。

【００６９】なお、上述の各実施例では、前出図２に示すように、参照入力用のみに、背面方向に感度が高い単一指向性のマイクロホンを使用したが、図７に示すように、主要・参照入力用として、互いに逆方向に配置されている１対の単一指向性マイクロホンを使用することもできる。

【００７０】この場合、主要・参照の両マイクロホン１１，２１の指向性Ｄ11（θ），Ｄ21（θ）は、例えば、

$D11(\theta) = +0.45\cos\theta + 0.55$

$D21(\theta) = -0.45\cos\theta + 0.55$

のように表わされ、両マイクロホンの感度比Ｒ（θ）＝Ｄ11（θ）／Ｄ21（θ）は、$\theta = 0^{\circ}$の正面方向では１０、$\theta = 90^{\circ}$の横方向では１、$\theta = 180^{\circ}$の背面方向では１／１０となる。

【００７１】また、上述の各実施例では、低減対象方向

の変化（または傾向）が検出された場合、適応フィルタ回路の加重係数に関して、異なる技法で対処したが、それぞれの対処方法を交換してもよく、組み合わせて用いてもよい。更に、図１に示した第１の実施例において、適応処理後の音声に要求される品位によっては、１タップＦＩＲ型の適応フィルタ回路を用いることができる。

【００７２】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、適応フィルタ手段の係数乗算器の加重係数の大きさから、希望音声をも低減してしまう状態を検出することができることを利用して、この適応フィルタ手段の係数乗算器の加重係数に基づいて、適応フィルタ手段の適応処理を制限するようにしたので、希望音声自体が低減されてしまうのを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明による雑音低減装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図２】第１及び第２のマイクロホンの指向性の一例を示す図である。

＊【図３】この発明の一実施例の動作を説明するための図である。

【図４】この発明の一実施例の動作を説明するためのフローチャート図である。

【図５】この発明の一実施例の動作を説明するための図である。

【図６】この発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。

【図７】第１及び第２のマイクロホンの指向性の他の例を示す図である。

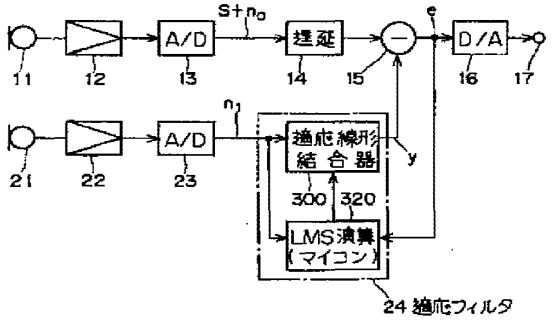
【図８】適応雑音低減装置の概要を示すブロック図である。

【図９】適応フィルタ回路の構成例を示す図である。

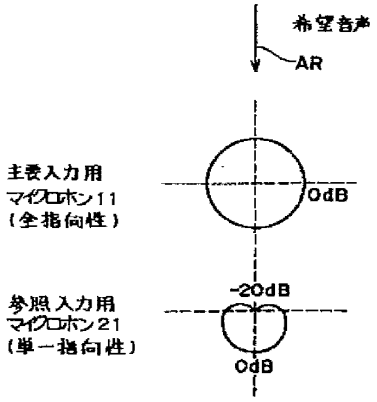
【符号の説明】

１１，２１	マイクロホン
１５，６２	減算回路
２４，６３	適応フィルタ回路
４０２，ＭＸ	係数乗算器（加重回路）

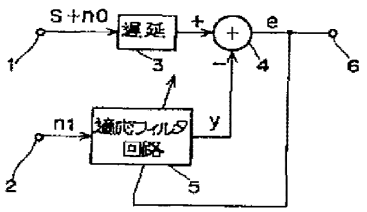
【図１】



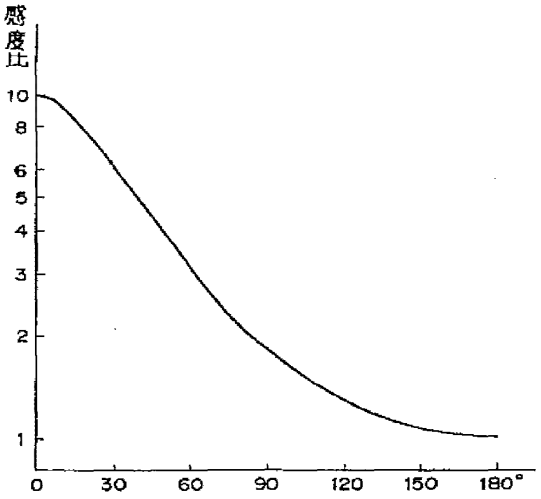
【図２】



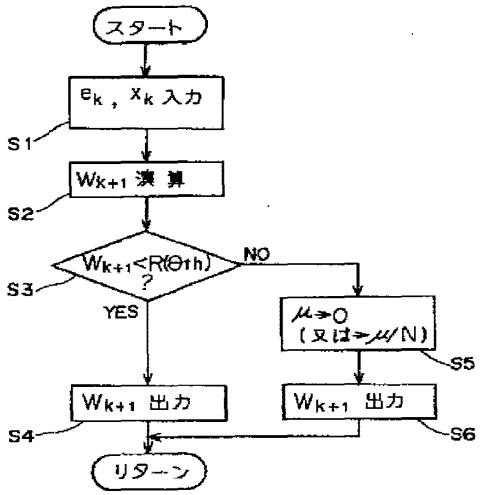
【図８】



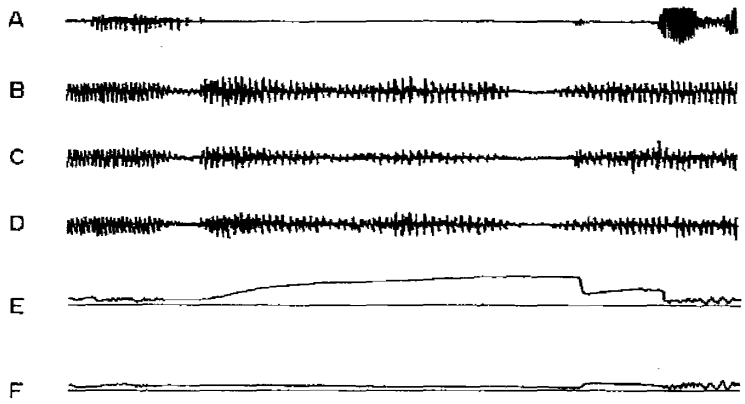
【図3】


感度比
10
8
6
5
4
3
2
1
0
30
60
90
120
150
180°

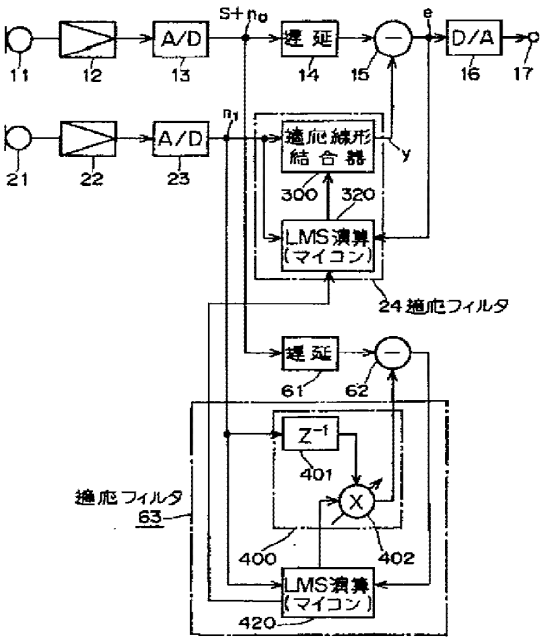
【図4】


スタート
e_k , x_k 入力
S1
W_{k+1} 演算
S2
$W_{k+1}<R(\theta th)$?
S3
NO
YES
$\mu \rightarrow 0$
(又は$\rightarrow \mu/N$)
S5
W_{k+1} 出力
S4
W_{k+1} 出力
S6
リターン

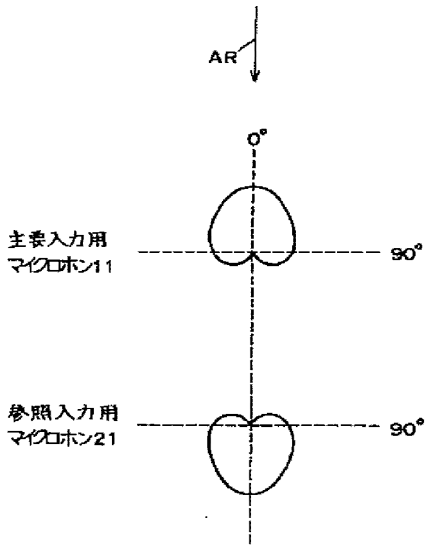
【図5】


A
B
C
D
E
F

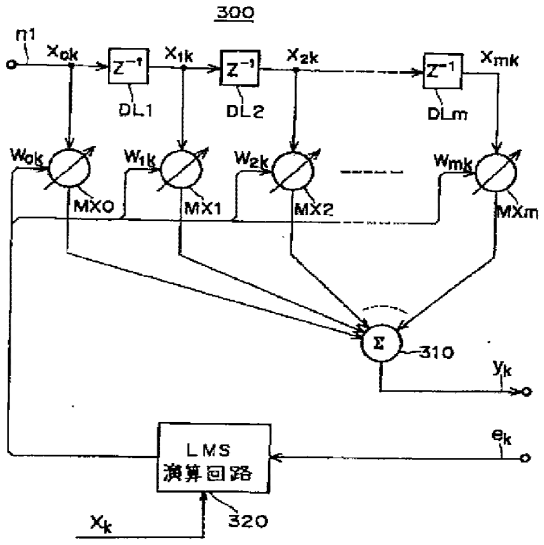
【図６】


S+n0
e
A/D
遅延
D/A
11
12
13
14
15
16
17
n1
適応線形結合器
y
A/D
21
22
23
300
320
LMS演算(マイコン)
24 適応フィルタ
遅延
61
62
Z-1
401
適応フィルタ
63
X
400
402
LMS演算(マイコン)
420

【図７】


AR
0°
主表入力用
マイクロホン11
90°
参照入力用
マイクロホン21
90°

【図９】


300
n1
X0k
Z-1
X1k
Z-1
X2k
Z-1
Xmk
DL1
DL2
DLm
W0k
W1k
W2k
Wmk
MX0
MX1
MX2
MXm
Σ
310
yk
ek
LMS
演算回路
320
Xk

フロントページの続き

(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

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-305594
(43)Date of publication of application : 02.11.2000

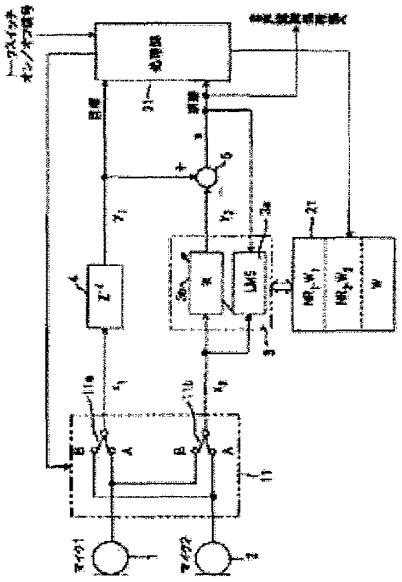
(51)Int.Cl. G10L 15/20
G10L 21/02
H04R 3/00

(21)Application number : 11-109633
(22)Date of filing : 16.04.1999

(71)Applicant : ALPINE ELECTRONICS INC
(72)Inventor : KIUCHI SHINGO

(54) MICROPHONE SYSTEM

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a largely improved S/N ratio regardless of the position of a noise source.
SOLUTION: When speech recognition is not conducted, the output of a first microphone 1 is designated as a target signal, and the output of a second microphone 2 is designated as a reference signal to conduct an adaptive signal processing for obtaining a noise reduction amount. Then, the output of the second microphone 2 is designated as a target signal, and the output of the first microphone 1 is designated as a reference signal to conduct the adaptive signal processing for obtaining a noise reduction amount. A selection state of the microphones presenting a larger noise reduction amount and a filter coefficient at that time are conserved. The conserving process based on the noise reduction amount is repeated to designate the outputs of the individual microphones as a target signal and a reference signal based on the conserved output selection state of the microphones, and to set the conserved filter coefficient to an adaptive filter 3b for a speech recognition.



(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2000－305594
（P2000－305594A）
(43)公開日　平成12年11月２日(2000.11.2)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ｇ１０Ｌ　15/20		Ｇ１０Ｌ　3/02	３０１Ｅ	５Ｄ０１５
21/02		Ｈ０４Ｒ　3/00	３２０	５Ｄ０２０
Ｈ０４Ｒ　3/00	３２０	Ｇ１０Ｌ　3/02	３０１Ｆ	

審査請求　未請求　請求項の数２　ＯＬ　（全８頁）

(21)出願番号　特願平11－109633

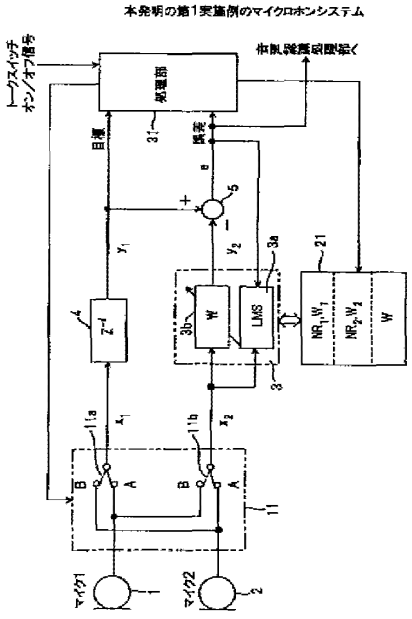
(22)出願日　平成11年４月16日(1999.4.16)

(71)出願人　000101732
アルパイン株式会社
東京都品川区西五反田１丁目１番８号
(72)発明者　木内　真吾
東京都品川区西五反田１丁目１番８号　アルパイン株式会社内
(74)代理人　100084711
弁理士　斉藤　千幹

Ｆターム(参考)　5D015 EE05
5D020 BB07

(54)【発明の名称】　マイクロホンシステム

(57)【要約】
【課題】　騒音源の位置に関係無く大きなSN比の改善効果が得られるようにする。
【解決手段】　非音声認識時に、第１のマイクロホン１の出力を目標信号、第２のマイクロホン２の出力を参照信号として適応信号処理を行ってノイズリダクション量を求め、ついで、第２のマイクロホン２の出力を目標信号、第１のマイクロホン１の出力を参照信号として適応信号処理を行ってノイズリダクション量を求め、ノイズリダクション量が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存し、以後、上記ノイズリダクション量の大小に基づく保存処理を繰り返し、音声認識に際して、保存してあるマイクロホン出力選択状態に基づいて各マイクロホンの出力を目標信号、参照信号として決定し、又、保存してあるフィルタ係数を適応フィルタ３ｂに設定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　第１、第２の２つマイクロホン、非音声認識時に一方のマイクロホンから出力する信号を目標信号、他方のマイクロホンから出力する信号を参照信号として適応信号処理を行って適応フィルタの係数を決定する適応信号処理部を備え、音声認識時に前記決定したフィルタ係数を適応フィルタに設定して話者音声信号のＳＮ比を改善するマイクロホンシステムにおいて、

第１、第２のマイクロホン出力をそれぞれ目標信号、参照信号として選択的に切り替える切替手段、

ノイズリダクション量が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存する手段、

非音声認識時に、第１のマイクロホンの出力を目標信号、第２のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行わせてノイズリダクション量を求め、ついで、第２のマイクロホンの出力を目標信号、第１のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行わせてノイズリダクション量を求め、ノイズリダクション量が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存し、以後、上記ノイズリダクション量の大小に基づく保存処理を繰り返し、音声認識に際して、前記保存してあるマイクロホン出力選択状態に基づいて各マイクロホンの出力を目標信号、参照信号として決定し、又、保存してあるフィルタ係数を適応フィルタに設定する処理部、

を備えたことを特徴とするマイクロホンシステム。

【請求項２】　第１、第２の２つマイクロホン、非音声認識時に一方のマイクロホンから出力する信号を目標信号、他方のマイクロホンから出力する信号を参照信号として適応信号処理を行って適応フィルタの係数を決定する適応信号処理部を備え、音声認識時に前記決定したフィルタ係数を適応フィルタに設定して話者音声信号のＳＮ比を改善するマイクロホンシステムにおいて、

話者の口元から各マイクロホン迄の伝搬特性を模擬する第１、第２の伝搬特性設定手段、

模擬音声を各伝搬特性設定手段に入力する模擬音声発生手段、

第１、第２のマイクロホン出力をそれぞれ目標信号、参照信号として選択的に切り替える第１の切替手段、

第１、第２のマイクロホンの出力と第１、第２の伝搬特性設定手段の出力を選択的に切り替える第２の切替手段、

ＳＮ比が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存する手段、

非音声認識時、第１のマイクロホンの出力を目標信号、第２のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行わせたときの出力信号をノイズ信号Ｎ１とし、ついで、第１、第２のマイクロホン出力に替えて第１、第２の伝搬特性設定手段の出力を目標信号、参照信号として適応信号処理を行わせたときの出力信号を音声信号Ｓ１とし、これらノイズ信号Ｎ１及び音声信号Ｓ１を用いてＳＮ比を計算し、しかる後、第２のマイクロホンの出力を目標信号、第１のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行せたときの出力信号をノイズ信号Ｎ２とし、ついで、第２、第１のマイクロホン出力に替えて第２、第１の伝搬特性設定手段の出力を目標信号、参照信号として適応信号処理を行わせたときの出力信号を音声信号Ｓ２とし、これらノイズ信号Ｎ２及び音声信号Ｓ２を用いてＳＮ比を計算し、ＳＮ比が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存し、以後、ＳＮ比の大小に基づく保存処理を繰り返し、音声認識に際して、前記保存してあるマイクロホン出力選択状態に基づいて各マイクロホンの出力を目標信号、参照信号として決定し、かつ、保存してあるフィルタ係数を適応フィルタに設定する処理部、

を備えたことを特徴とするマイクロホンシステム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明はマイクロホンシステムに係わり、特に、第１、第２の２つマイクロホンを備え、一方のマイクロホンから出力する信号を目標信号、他方のマイクロホンから出力する信号を参照信号として適応信号処理を行って適応フィルタの係数を決定し、該適応フィルタより出力する信号を用いて話者音声信号のＳＮ比を改善するマイクロホンシステムに関する。

【０００２】

【従来の技術】現在の音声認識システムは、15dB以上のSN比（S：音声／N：ノイズ）が確保されている場合、約95％の認識率を実現できるくらいの技術レベルにまで達している。しかし、周囲に存在するノイズによりSN比が低下すると、それに伴って認識率が急激に低下する性質も有している。図８はSN比と認識性能との関係をいくつかの種類のマイクロホン（無指向性、単一指向性、狭指向性、AMNOR(AdaptiveMicrophone-array for Noise Reduction)）について評価したもので、SN比と認識率がおおむねＳ字特性100を示す帯の中に包含されている。この図８から明らかなように、認識率はSN比の低下により急激に低下し、SN比が0dBの環境下において約50％にまで低下してしまう。

【０００３】そのため、自動車が発生するノイズ（エンジン音・ロードノイズ・パターンノイズ・風切り音など）が存在する自動車車室内において、上記のような認識性能の劣化は避けられず、音声認識システムを車載化する上で大きな問題の一つとなっている。前記したような事情から、周囲に存在するノイズの影響を少なくし、高いSN比で音声を受音するための方式が種々提案されており、複数のマイクロホンとディジタル信号処理を用いた高SN比受音システムはその一例である。かかる高SN比受音システムの中で最も簡単な構成のものは図９に示すように２つのマイクロホンを使用するシステムである

が、他にも、Griffith-Jim型アレイやAMNORといった、より高度なシステムが提案されている。

【０００４】図９において、１，２は第１、第２のマイクロホン、３は適応信号処理部であり、誤差信号ｅが入力されると共にマイクロホン２の出力信号x_2が参照信号として入力され、誤差信号ｅのパワーが最小となるようにLMS(Least Mean Square)アルゴリズムに基づいて適応信号処理を行う。適応信号処理部３において、３ａはLMS演算部、３ｂは例えばFIR型デジタルフィルタ構成の適応フィルタである。LMS演算部３ａは適応信号処理により誤差信号ｅのパワーが最小となるように適応フィルタ３ｂの係数を決定する。

【０００５】４はマイクロホン１から出力する信号を目標信号として入力される目標応答設定部であり、音響系の逆特性を精度よく近似するためのものである。適応フィルタ３ｂのタップ長の半分の信号遅延時間（モデリングディレイ）をｄとするとき、目標応答設定部４は該時間ｄの遅延特性を有し、オーディオ周波数帯域でフラットな特性（ゲイン１の特性）を有する。すなわち、目標応答設定部４は、図１０（ａ）に示すようにゲイン１のフラットな周波数特性を備え、図１０（ｂ）に示すように遅延時間ｄを有するインパルス応答特性を有している。この目標応答設定部４は、FIR型デジタルフィルタの遅延時間ｄに対応する係数を１にし、他の係数を０にすることにより実現できる。５は減算部であり、目標応答設定部４から出力する目標応答y_1より適応フィルタ３ｂの出力信号y_2を減算して誤差信号ｅを出力する。

【０００６】非音声認識時、マイクロホン１、２にはノイズのみが入力し、適応信号処理部３は適応信号処理により誤差信号ｅのパワー、すなわち、ノイズ出力が最小となるようにフィルタ係数Wを決定する。一方、音声認識時には、適応信号処理部３はフィルタ係数の更新をせず、前記非音声認識時に決定したフィルタ係数Wを適応フィルタ３ｂに設定して音声信号を出力する。

【０００７】図９に示すシステムに本来求められている理想的な性能は、音声認識時にノイズ出力を最小とすることである。すなわち、ノイズ出力En(z)に関して、

$En(z)=Xn_1(z)z^{-d}-Xn_2(z)W(z)$　　(1)のとき、

$\{En(z)\}^2$が最小値となるように、調整可能なパラメータ(適応フィルタ３ｂの係数)Wを決定することである。

【０００８】ただし、$Xn_1(z)$, $Xn_2(z)$はマイクロホン１、２の出力信号に含まれるノイズであり、例としてノイズ源が１個の場合を考えるとノイズ源(ノイズ＝ｘｎ)から第１、第２のマイクロホン１，２までの伝搬特性をCN1，CN2とすれば、

$Xn_1(z)=CN1\cdot xn$

$Xn_2(z)=CN2\cdot xn$

であり、(1)式は

$En(z)=(CN1\cdot z^{-d}-CN2\cdot W(z))\,xn$　　(2)

となる。

【０００９】以上より、ノイズ源が１個の場合、フィルタ係数W(Z)は理想的には、

$W(z)=CN1\cdot z^{-d}/CN2$　　(3)

となる。一方、音声認識時、適応信号処理部３はフィルタ係数の更新をせず、前記非音声認識時に決定したフィルタ係数W(Z)を適応フィルタ３ｂに設定して音声信号を出力する。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】運転者である話者の口元からマイクロホン１，２までの伝搬特性をCS1，CS2とした場合、CS1，CS2は、ほぼ一定であるが、騒音源からマイクロホン１，２までの伝搬特性CN1，CN2は一定でない。これは、自動車が発生するノイズ（エンジン音・ロードノイズ・パターンノイズ・風切り音など）は多種多様であり、走行状態、走行環境などによりノイズの音場が大きく変わるからである。また、第１、第２のマイクロホン出力のどちらを目標信号、参照信号にするかは固定である。このため、騒音状態により適応フィルタWが$(CN1/CN2)\cdot Z^{-d}$をうまく模擬できず、SN比の改善効果が小さくなる問題がある。以上から本発明の目的は、騒音源の環境に関係無く大きなSN比の改善効果が得られるマイクロホンシステムを提供することである。

【００１１】

【課題を解決するための手段】上記課題は第１の本発明によれば、(1) 非音声認識時に、①第１のマイクロホンの出力を目標信号、第２のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行わせてノイズリダクション量を求め、②ついで、第２のマイクロホンの出力を目標信号、第１のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行わせてノイズリダクション量を求め、③ノイズリダクション量が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存し、④以後、上記ノイズリダクション量の大小に基づく保存処理を繰り返し、(2) 音声認識に際して、前記保存してあるマイクロホン出力選択状態に基づいて各マイクロホンの出力を目標信号、参照信号として決定し、かつ、前記保存してあるフィルタ係数を適応フィルタに設定する、ことにより達成される。すなわち、以上のようにすれば、ノイズの発生状態により騒音源から各マイクロホン１，２迄の伝搬特性が変化しても、ノイズリダクション量が大きくなるようにマイクロホン出力を目標信号、参照信号として決定できるため、SN比を効果的に改善できる。

【００１２】又、上記課題は本発明によれば、(1) 非音声認識時、①第１のマイクロホンの出力を目標信号、第２のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行わせたときの出力信号をノイズ信号Ｎ１とし、②ついで、第１、第２のマイクロホン出力に替えて第１、第２の伝搬特性設定手段の出力を目標信号、参照信号として適応信号処理を行わせたときの出力信号を音声信号Ｓ１とし、③これらノイズ信号及び音声信号を用いてＳＮ

比を計算し、④しかる後、第２のマイクロホンの出力を目標信号、第１のマイクロホンの出力を参照信号として適応信号処理を行せたときの出力信号をノイズ信号Ｎ２とし、⑤ついで、第２、第１のマイクロホン出力に替えて第２、第１の伝搬特性設定手段の出力を目標信号、参照信号として適応信号処理を行わせたときの出力信号を音声信号Ｓ２とし、⑥これらノイズ信号及び音声信号を用いてＳＮ比を計算し、⑦ＳＮ比が大きい方のマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数を保存し、⑧以後、ＳＮ比の大小に基づく保存処理を繰り返し、

(2) 音声認識に際して、前記保存してあるマイクロホン出力選択状態に基づいて各マイクロホンの出力を目標信号、参照信号として決定し、かつ、前記保存してあるフィルタ係数を適応フィルタに設定する、ことにより達成される。以上のようにすれば、ノイズの発生状態により騒音源から各マイクロホン１，２迄の伝搬特性が変化しても、SN比が大きくなるようにマイクロホン出力を目標信号、参照信号として決定できるため、SN比の改善効果は大きい。

【００１３】

【発明の実施の形態】（ａ）第１実施例

図１は本発明の第１実施例のマイクロホンシステム（ノイズリダクションシステム）の構成図であり、図９の従来例と同一部分には同一符号を付している。図中、１，２は第１、第２のマイクロホン、３は適応信号処理部であり、誤差信号ｅが入力されると共に適宜マイクロホン１またはマイクロホン２の出力信号が参照信号x_2として入力され、誤差信号ｅのパワーが最小となるようにLMS(Least Mean Square)アルゴリズムに基づいて適応信号処理を行う。適応信号処理部３において、３ａはLMS演算部、３ｂは例えばFIR型デジタルフィルタ構成の適応フィルタである。LMS演算部３ａは適応信号処理により誤差信号ｅのパワーが最小となるように適応フィルタ３ｂの係数を決定する。

【００１４】４はマイクロホン１またはマイクロホン２から出力する信号を目標信号x_1として入力される目標応答設定部であり、音響系の逆特性を精度よく近似するためのものである。適応フィルタ３ｂのタップ長の半分の信号遅延時間（モデリングディレイ）をｄとするとき、目標応答設定部４は該時間の遅延特性を有し、オーディオ周波数帯域でフラットな特性（ゲイン１の特性）を有する。５は減算部であり、目標応答設定部４から出力する目標応答y_1より適応フィルタ３ｂの出力信号y_2を減算して誤差信号ｅを出力する。この誤差信号ｅは音声認識時において音声信号となって音声認識処理部（図示せず）に入力する。

【００１５】１１は第１、第２のマイクロホン１，２の出力をそれぞれ目標信号x_1、参照信号x_2として選択的に切り替えるスイッチ部であり、２つのスイッチ１１ａ，１１ｂを有している。２１はメモリで、①マイクロホン出力の選択状態及びその時のノイズリダクション量NR1,NR2及びフィルタ係数W1,W2、②ノイズリダクション量が大きい方のマイクロホン出力の選択状態及びその時のフィルタ係数Wを記憶する。３１は処理部であり、非音声認識時に、ノイズリダクション量が大きくなるマイクロホン出力選択状態及びその時のフィルタ係数Wを決定し、音声認識に際して、非音声認識時に決定したマイクロホン出力選択状態に基づいて各マイクロホンの出力を目標信号、参照信号とし使用し、かつ、非音声認識時に決定したフィルタ係数Wを適応フィルタ３ｂに設定するものである。

【００１６】図２は第１実施例の目標信号、参照信号決定処理及びフィルタ係数リアルタイム更新処理のフローである。非音声認識時、処理部３１はスイッチ部１１を制御し、マイクロホン１の出力を目標信号x_1、マイクロホン２の出力を参照信号x_2として選択する（ステップ１０１）。適応信号処理部３は誤差信号ｅのパワーが最小となるように適応信号処理を行う（ステップ１０２）。誤差信号ｅが収束すれば（ステップ１０３）、処理部３１は目標応答設定部４から出力する目標応答y_1と誤差信号ｅのパワーの差であるノイズリダクション量NR1を計算し、該ノイズリダクション量NR1及びその時の適応フィルタ係数W1をメモリ２１に記憶する（ステップ１０４）。ついで、処理部３１はスイッチ部１１を制御し、マイクロホン２の出力を目標信号x_1、マイクロホン１の出力を参照信号x_2として選択する（ステップ１０５）。適応信号処理部３は誤差信号ｅのパワーが最小となるように適応信号処理を行う（ステップ１０６）。誤差信号ｅが収束すれば（ステップ１０７）、処理部３１は目標応答設定部４から出力する目標応答y_1と誤差信号ｅのパワーの差であるノイズリダクション量NR2を計算し、該ノイズリダクション量NR2及びその時の適応フィルタ係数W2をメモリ２１に記憶する（ステップ１０８）。

【００１７】しかる後、処理部３１はノイズリダクション量NR1,NR2の大小を比較し(ステップ１０９)、NR1>NR2であれば、マイクロホン１の出力を目標信号x_1、マイクロホン２の出力を参照信号x_2としてメモリ２１に記憶すると共にフィルタ係数W1をWとして(W=W1)メモリ２１に記憶する(ステップ１１０)。一方、NR1≦NR2であれば、マイクロホン２の出力を目標信号x_1、マイクロホン１の出力を参照信号x_2としてメモリ２１に記憶すると共にフィルタ係数W2をWとして(W=W2)メモリ２１に記憶する（ステップ１１１）。以後、始めに戻って上記処理を繰り返し、ノイズリダクション量が大きい方の最新のマイクロホン選択状態及びその時のフィルタ係数をメモリ２１に保存する。

【００１８】図３は第１実施例における音声認識時のマイクロホン出力選択及びフィルタ係数設定処理フローである。車載ナビゲーション等では音声により指示する場

合、トークスイッチ等を操作してから音声入力する。したがって、処理部３１は例えばトークスイッチがオンして音声認識状態になったか監視する（ステップ２０１）。音声認識状態になれば、処理部３１は図２の目標信号、参照信号の決定処理及び適応フィルタの係数更新処理を停止する（ステップ２０２）。

【００１９】ついで、処理部３１はメモリ２１に保存してあるマイクロホン選択状態に基づいて、スイッチ部１１を切り替えて各マイクロホン出力を目標信号x_1、参照信号x_2として使用し、かつ、非音声認識時に決定したフィルタ係数Wを適応フィルタ３ｂに設定する（ステップ２０３）。かかる状態において、音声が入力するとノイズが減衰した音声信号が減算部５から出力し、音声認識処理部に入力する。以後、音声認識処理が終了したか監視し（ステップ２０４）、終了すれば、図２の目標信号、参照信号の決定処理及びフィルタ係数の更新処理を再開する（ステップ２０５）。

【００２０】（ｂ）第２実施例

図４は本発明の第２実施例のマイクロホンシステム（ノイズリダクションシステム）の構成図であり、図１の第１実施例と同一部分には同一符号を付している。第１実施例ではノイズリダクション量の大小に基づいてマイクロホン出力の選択及びフィルタ係数の設定を行うが、第２実施例ではSN比の大小に基づいてマイクロホン出力の選択及びフィルタ係数の設定を行う。

【００２１】図４のマイクロホンシステムが図１の第１実施例のマイクロホンシステムと異なる点は、(1) 疑似音声（例えばホワイトノイズ）を発生する疑似音声出力部４１を設けた点、(2) 話者口元からマイクロホン１，２までの伝搬特性CS1、CS2(図５参照）を模擬する伝搬特性設定部５１，５２を設けたた点、(3) マイクロホン１，２の出力と第１、第２の伝搬特性設定部５１，５２の出力を選択的に切り替えるスイッチ部６１を設けた点、(4) 処理部３１が、①マイクロホン１の出力を目標信号x_1、マイクロホン２の出力を参照信号x_2としたときのSN比(=S1/N1)、②マイクロホン２の出力を目標信号x_1、マイクロホン１の出力を参照信号x_2としたときのSN比(=S2/N2)、をそれぞれ計算し、SN比の大きい方のマイクロホン選択状態及びフィルタ係数Wをメモリ２１に記憶する点、である。

【００２２】図６及び図７は第２実施例の目標信号、参照信号決定処理及びフィルタ係数リアルタイム更新処理のフローである。非音声認識時、処理部３１はスイッチ部１１，６１をそれぞれ切替制御（図中実線状態）し、マイクロホン１の出力を目標信号x_1、マイクロホン２の出力を参照信号x_2として選択する（ステップ３０１）。適応信号処理部３は誤差信号ｃのパワーが最小となるように適応信号処理を行う（ステップ３０２）。誤差信号ｅが収束すれば（ステップ３０３）、処理部３１は誤差信号ｅのパワー（$=e^2$）をノイズ出力N1として記憶する（ステップ３０４）。ついで、フィルタ係数W1の更新を停止すると共に、スイッチ部６１を制御して第１の伝搬特性設定部５１から出力する模擬音声信号を目標応答設定部４に入力し、伝搬特性設定部５２から出力する模擬音声信号を適応フィルタ３ｂに入力する（ステップ３０５）。そして、かかる状態において、誤差信号ｅのパワー（$=e^2$）を音声信号出力S1として記憶し（ステップ３０６）、SN比（=S1/N1）とその時の適応フィルタ係数W1をメモリ２１に記憶する（ステップ３０７）。

【００２３】しかる後、スイッチ部１１，６１をそれぞれ切替制御し、マイクロホン２の出力を目標信号x_1、マイクロホン１の出力を参照信号x_2として選択する（ステップ３０８）。適応信号処理部３は誤差信号ｅのパワーが最小となるように適応信号処理を行う（ステップ３０９）。誤差信号ｅが収束すれば（ステップ３１０）、処理部３１は誤差信号ｅのパワー（$=e^2$）をノイズ出力N2として記憶する（ステップ３１１）。ついで、フィルタ係数W2の更新を停止すると共に、スイッチ部６１を制御して第２の伝搬特性設定部５２から出力する模擬音声信号を目標応答設定部４に入力し、伝搬特性設定部５１から出力する模擬音声信号を適応フィルタ３ｂに入力する（ステップ３１２）。そして、かかる状態において、誤差信号ｃのパワー（$=e^2$）を音声信号出力S2として記憶し（ステップ３１３）、SN比（=S2/N2）とその時の適応フィルタ係数W2をメモリ２１に記憶する（ステップ３１４）。

【００２４】以上により、SN比(S1/N1, S2/N2)が求まれば、処理部３１はこれらSN比S1/N1,S2/N2の大小を比較し(ステップ３１５）、S1/N1>S2/N2であれば、マイクロホン１の出力を目標信号、マイクロホン２の出力を参照信号としてメモリ２１に記憶すると共にフィルタ係数W1をWとして(W=W1)メモリ２１に記憶する(ステップ３１６）。しかし、S1/N1≦S2/N2であれば、マイクロホン２の出力を目標信号、マイクロホン１の出力を参照信号としてメモリ２１に記憶すると共にフィルタ係数W2をWとして(W=W2)メモリ２１に記憶する(ステップ３１７）。以後、始めに戻って上記処理を繰り返し、SN比が大きい方の最新のマイク選択状態及びその時のフィルタ係数を保存する。音声認識状態になれば、図３の第１実施例と同一の処理フローにしたがってマイクロホン出力の選択処理及びフィルタ係数の設定処理を実行する。以上、本発明を実施例により説明したが、本発明は請求の範囲に記載した本発明の主旨に従い種々の変形が可能であり、本発明はこれらを排除するものではない。

【００２５】

【発明の効果】以上本発明によれば、ノイズの発生状態により騒音源から各マイクロホン迄の伝搬特性が変化しても、ノイズリダクション量が大きくなるように各マイクロホン出力を目標信号、参照信号として決定するた

め、SN比を効果的に改善することができる。又、本発明によれば、ノイズの発生状態により騒音源から各マイクロホン迄の伝搬特性が変化しても、SN比を計算し、SN比が大きくなるように各マイクロホン出力を目標信号、参照信号として決定するため確実にSN比を改善でき、その改善効果は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１実施例のマイクロホンシステム（ノイズリダクションシステム）の構成図である。

【図２】第１実施例の目標信号、参照信号の決定処理及びフィルタ係数のリアルタイム更新処理フローである。

【図３】第１実施例の音声認識時におけるマイクロホン出力の選択及びフィルタ係数の設定処理フローである。

【図４】本発明の第２実施例のマイクロホンシステムの構成図である。

【図５】話者口元から各マイクロホンまでの伝搬特性説明図である。

【図６】第２実施例の目標信号、参照信号の決定処理及びフィルタ係数のリアルタイム更新処理フロー（その＊１）である。

【図７】第２実施例の目標信号、参照信号の決定処理及びフィルタ係数のリアルタイム更新処理フロー（その２）である。

【図８】SN比と認識率の関係図である。

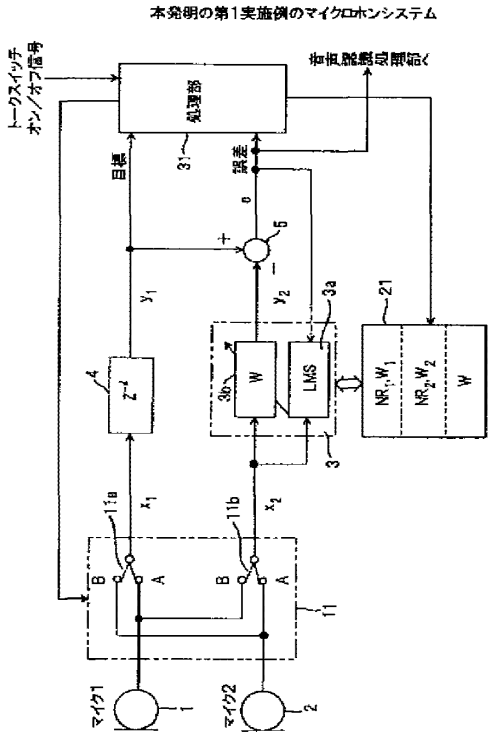
【図９】従来のマイクロホンを２つ使用した場合の高SN比受音システムである。

【図１０】目標応答設定部の特性図である。

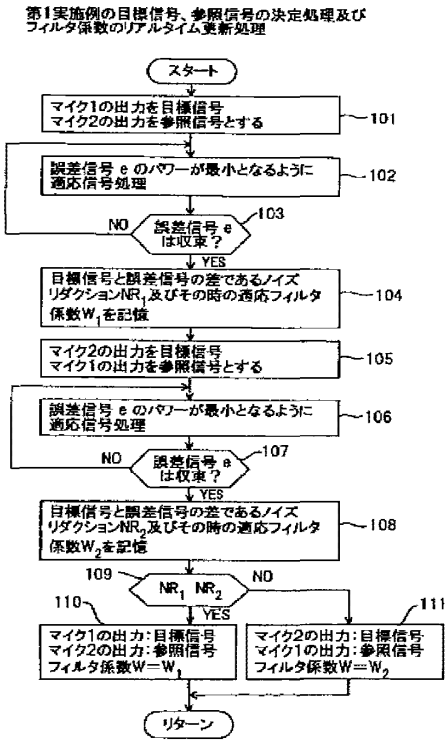
【符号の説明】

１，２・・第１、第２のマイクロホン
３・・適応信号処理部
３ａ・・LMS演算部
３ｂ・・適応フィルタ
４・・目標応答設定部
５・・減算部
１１・・スイッチ部
２１・・メモリ
３１・・処理部

【図１】

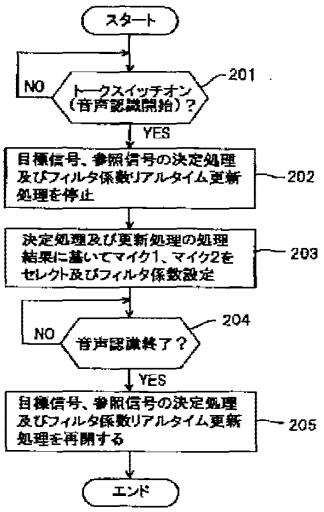


【図２】



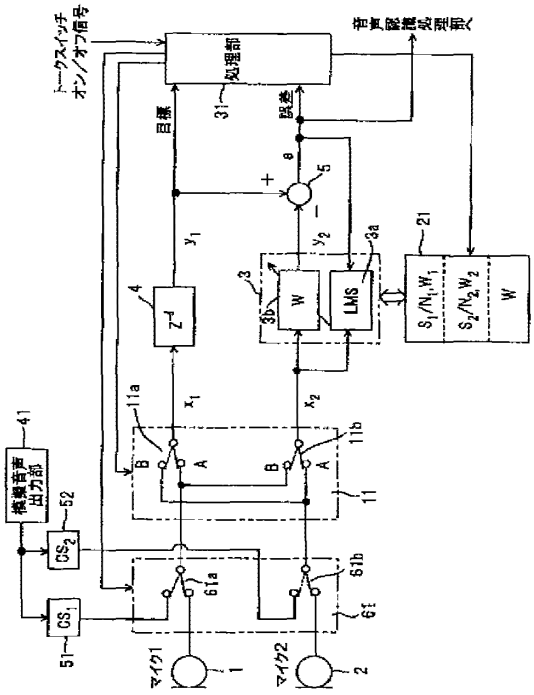
【図３】

第1実施例の音声認識時におけるマイク1、マイク2のセレクト処理及びフィルタ係数の設定処理フロー



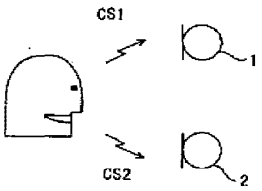
【図４】

本発明の第2実施例のマイクロホンシステム



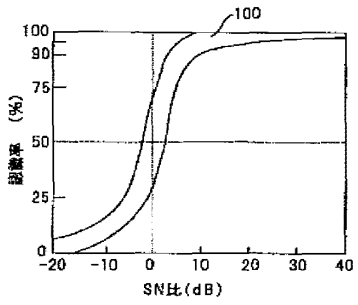
【図５】

音声の伝達特性説明図



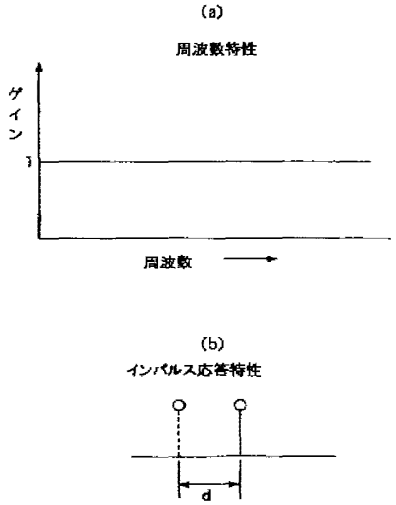
【図８】

SN比と認識率の関係



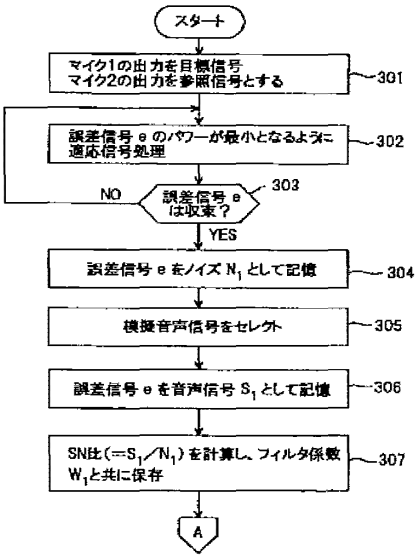
【図１０】

目標応答設定部の特性



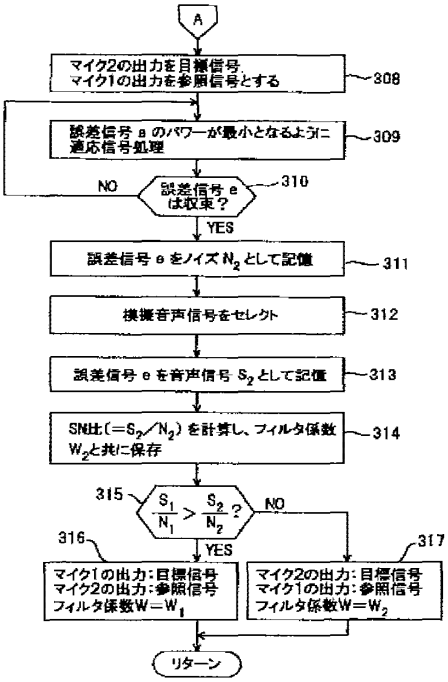
【図６】

第2実施例の目標信号、参照信号の決定処理及びフィルタ係数のリアルタイム更新処理(その1)



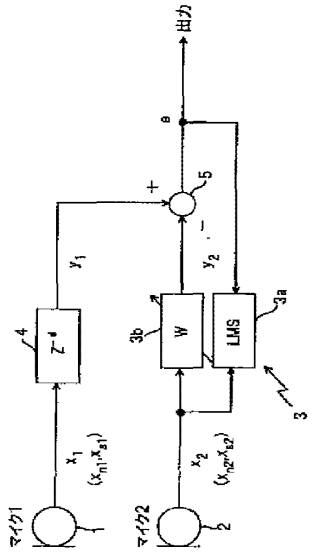
【図７】

第2実施例の目標信号、参照信号の決定処理及びフィルタ係数のリアルタイム更新処理(その2)



【図９】

従来のマイクロホンを2つ使用した場合の高SN比受音システム



Electronic Patent Application Fee Transmittal	
Application Number:	
Filing Date:	
Title of Invention:	NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD
First Named Inventor/Applicant Name:	Takaaki YAMABE
Filer:	Edward G. Greive/Patricia Oakes
Attorney Docket Number:	KYO.P0215
Filed as Large Entity	

Utility under 35 USC 111(a) Filing Fees

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD($)
Basic Filing:				
Utility application filing	1011	1	380	380
Utility Search Fee	1111	1	620	620
Utility Examination Fee	1311	1	250	250
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD($)
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Extension-of-Time:				
Miscellaneous:				
		Total in USD ($)		**1250**

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	13749493
Application Number:	13617143
International Application Number:	
Confirmation Number:	9629
Title of Invention:	NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD
First Named Inventor/Applicant Name:	Takaaki YAMABE
Customer Number:	26360
Filer:	Edward G. Greive/Patricia Oakes
Filer Authorized By:	Edward G. Greive
Attorney Docket Number:	KYO.P0215
Receipt Date:	14-SEP-2012
Filing Date:	
Time Stamp:	14:47:28
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Credit Card
Payment was successfully received in RAM	$1250
RAM confirmation Number	1618
Deposit Account	180987
Authorized User	GREIVE,EDWARD G.
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 1.21 (Miscellaneous fees and charges)					
File Listing:					
Document Number	**Document Description**	**File Name**	**File Size(Bytes)/ Message Digest**	**Multi Part /.zip**	**Pages (if appl.)**
1	Transmittal of New Application	SB05UtilityPatentApplTransmittalKYOp0215.pdf	49933 3e60270474d17b2fc3c4c0e230a74796be4696be	no	1
Warnings:					
Information:					
2		SpecificationKYOp0215.pdf	3636341 f4f5c8b5a1402ca20713acd86ceb22eea1368590	yes	108
	Multipart Description/PDF files in .zip description				
	Document Description		**Start**	**End**	
	Specification		1	102	
	Claims		103	107	
	Abstract		108	108	
Warnings:					
Information:					
3	Drawings-only black and white line drawings	DrawingsKYOp0215.pdf	285747 995be56b681e88a678746e1c824ea79f6d066c20	no	21
Warnings:					
Information:					
4		DecPOAkyop0215.pdf	128430 b4b2e49dd15575bfa30c11848fb7fbe18a059bb2	yes	3
	Multipart Description/PDF files in .zip description				
	Document Description		**Start**	**End**	
	Oath or Declaration filed		1	2	
	Power of Attorney		3	3	
Warnings:					
Information:					
5	Application Data Sheet	ApplicationDatasheetKYOp0215.pdf	48207 bb50d242adf318f3bb8d75f055ce6a20d049311e	no	3
Warnings:					
Information:					

This is not an USPTO supplied ADS fillable form					
6	Transmittal Letter	IDSkyop0215.pdf	43947 598b232215dcf5be7876a10f42463902b125953b	no	2
Warnings:					
Information:					
7	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	SB08aIDScitationKYOp0215.pdf	611875 d50c674eb4bfb5310957a2c88ff9eaa9c52042eb	no	4
Warnings:					
Information:					
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.					
8	Foreign Reference	JP2010232862.pdf	509586 7ced5dcda59153bf116e64febaaf5ea61570d1e7	no	18
Warnings:					
Information:					
9	Foreign Reference	JP06067693.pdf	518764 208ef58fa02b636b0de447ca0fc3f08dd629332d	no	12
Warnings:					
Information:					
10	Foreign Reference	JP2000305594.pdf	424459 9defe9871432bde8d9bebc4627a4611f538286ec	no	9
Warnings:					
Information:					
11	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	33273 2f33f6d0ed3d2462c7e8299faca1e3bae3ab0fcd	no	2
Warnings:					
Information:					
			Total Files Size (in bytes):	6290562	

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.

ATTORNEY DOCKET NO.: KYO.P0215

PTO/SB/105 (8-96)
Approved for use through 9/30/98 OMB 0651-0032
Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to collection of information unless it displays a valid OMB control number.

P110165US01 Attorney's Ref. No.:

Declaration and Power of Attorney For Patent Application

特許出願宣言書及び委任状

Japanese Language Declaration

日本語宣言書

私は、以下に記名された発明者として、ここに下記の通り宣言する：	As a below named inventor, I hereby declare that:
私の住所、郵便の宛先そして国籍は、私の氏名の後に記載された通りである。	My residence, post office address and citizenship are as stated next to my name.
下記の名称の発明について特許請求範囲に記載され、且つ特許が求められている発明主題に関して、私が最初、最先且つ唯一の発明者である（唯一の氏名が記載されている場合）か、或いは最初、最先且つ共同発明者である（複数の氏名が記載されている場合）と信じている。	I believe I am the original, first and sole inventor (if only one name is listed below) or an original, first and joint inventor (if plural names are listed below) of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention entitled
———	NOISE REDUCTION APPARATUS, AUDIO INPUT APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION APPARATUS, AND NOISE REDUCTION METHOD
上記発明の明細書はここに添付されているが、下記の欄がチェックされている場合は、この限りでない：	the specification of which is attached hereto unless the following box is checked:
☐ ____の日に出願され、 この出願の米国出願番号またはＰＣＴ国際出願番号は、 ____ であり、且つ ____ の日に補正された出願（該当する場合）	☐ was filed on as United States Application Number or PCT International Application Number and was amended on (if applicable).
私は、上記の補正書によって補正された、特許請求範囲を含む上記明細書を検討し、且つ内容を理解していることをここに表明する。	I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above identified specification, including the claims, as amended by any amendment referred to above.
私は、連邦規則法典第３７編規則１．５６に定義されている、特許性について重要な情報を開示する義務があることを認める。	I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, Section 1.56.

Burden Hour Statement: This form is estimated to take 0.4 hours to complete. Time will vary depending upon the needs of the individual case. Any comments on the amount of time you are required to complete this form should be sent to the Chief Information Officer, Patent and Trademark Office, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, DC 20231

PTO/SB/105 (8-96)
Approved for use through 9/30/98 OMB 0651-0032
Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to collection of information unless it displays a valid OMB control number.

Japanese Language Declaration
(日本語宣言書)

私は、ここに、以下に記載した外国での特許出願または発明者証の出願、或いは米国以外の少なくとも一国を指定している米国法典第３５編第３６５条(a)によるＰＣＴ国際出願について、同第１１９条（a）－（d)項又は第３６５条(b)項に基づいて優先権を主張するとともに、優先権を主張する本出願の出願日よりも前の出願日を有する外国での特許出願または発明者証の出願、或いはＰＣＴ国際出願については、いかなる出願も、下記の枠内をチェックすることにより示した。

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

Prior Foreign Application(s) 外国での先行出願			Priority Not Claimed 優先権主張なし
2011-201759	Japan	15/September/2011	☐
(Number) (番号)	(Country) (国名)	(Day/Month/Year Filed) (出願日／月／年)	
2011-201760	Japan	15/September/2011	☐
(Number) (番号)	(Country) (国名)	(Day/Month/Year Filed) (出願日／月／年)	

私は、ここに、下記のいかなる米国仮特許出願についても、その米国法典第３５編１１９条(e)項の利益を主張する。

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

(Application No.) (出願番号)	(Filing Date) (出願日)	(Application No.) (出願番号)	(Filing Date) (出願日)

私は、ここに、下記のいかなる米国出願についても、その米国法典第３５編第１２０条に基づく利益を主張し、又米国を指定するいかなるＰＣＴ国際出願についても、その同第３６５条(c)に基づく利益を主張する。また、本出願の各特許請求の範囲の主題が米国法典第３５編第１１２条第１段に規定された態様で、先行する米国特許出願又はＰＣＴ国際出願に開示されていない場合においては、その先行出願の出願日と本国内出願日またはＰＣＴ国際出願日との間の期間中に入手された情報で、連邦規則法典第３７編規則１．５６に定義された特許性に関わる重要な情報について開示義務があることを承認する。

I hereby claim the benefit under Title 35, United States Code, Section 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, Section 112, I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, Section 1.56 which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT International filing date of application:

(Application No.) (出願番号)	(Filing Date) (出願日)	(Status: Patented, Pending, Abandoned) (現況：特許許可、係属中、放棄)
(Application No.) (出願番号)	(Filing Date) (出願日)	(Status: Patented, Pending, Abandoned) (現況：特許許可、係属中、放棄)

私は、ここに表明された私自身の知識に係わる陳述が真実であり、且つ情報と信ずることに基づく陳述が、真実であると信じられることを宣言し、さらに、故意に虚偽の陳述などを行った場合は、米国法典第１８編第１００１条に基づき、罰金または拘禁、若しくはその両方により処罰され、またそのような故意による虚偽の陳述は、本出願またはそれに対して発行されるいかなる特許も、その有効性に問題が生ずることを理解した上で陳述が行われたことを、ここに宣言する。

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.

PTO/SB/108 (8-98)
Approved for use through 9/30/98 OMB 0651-0032
Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to collection of information unless it displays a valid OMB control number.

Japanese Language Declaration
(日本語宣言書)

委任状： 私は本出願を審査する手続を行い、且つ米国特許商標庁との全ての業務を遂行するために、記名された発明者として、下記の弁護士及び／または弁理士を任命する。（氏名及び登録番号を記載すること）	POWER OF ATTORNEY: As a named inventor, I hereby appoint the following attorney(s) and/or agent(s) to prosecute this application and transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith. *(list name and registration number)*
	Customer Number 26360
書類送付先：	Send Correspondence to: Customer Number 26360
直接電話連絡先： （名前及び電話番号）	Direct Telephone Calls to: *(name and telephone number)* Edward G. Greive (330)376-1242
唯一または第一発明者名	Full name of sole or first inventor Takaaki YAMABE
発明者の署名 日付	Inventor's signature Date Takaaki Yamabe 30/August/2012
住所 日本国, _____	Residence Yokosuka-Shi, Kanagawa-Ken, Japan
国籍 日本	Citizenship Japan
郵便の宛先	Post Office Address c/o Intellectual Property Department, JVC KENWOOD Corporation, 12, Moriya-Cho 3-Chome, Kanagawa-Ku, Yokohama-Shi, Kanagawa-Ken, JAPAN
第二共同発明者	Full name of second joint inventor, if any
第二共同発明者の署名 日付	Second inventor's signature Date
住所	Residence
国籍	Citizenship
郵便の宛先	Post Office Address
（第三以下の共同発明者についても同様に記載し、署名をすること）	(Supply similar information and signature for third and subsequent joint inventors.)