

(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2007-316161

(P2007-316161A)

(43) 公開日 平成19年12月6日 (2007.12.6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G09G 5/00 (2006.01)	G09G 5/00 520V	5B057
G09G 5/391 (2006.01)	G09G 3/20 632C	5C006
G09G 3/20 (2006.01)	G09G 3/20 650C	5C021
G09G 3/36 (2006.01)	G09G 3/20 632G	5C080
G09G 5/36 (2006.01)	G09G 3/36	5C082

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L 外国語出願 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-143276 (P2006-143276)
 (22) 出願日 平成18年5月23日 (2006.5.23)

(71) 出願人 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100109210
 弁理士 新居 広守
 (72) 発明者 チン ペック・オン
 シンガポール534415シンガポール、
 タイ・セン・アベニュー、ブロック102
 2、06-3530番、タイ・セン・イン
 ダストリアル・エステイト、パナソニック
 ・シンガポール研究所株式会社内

最終頁に続く

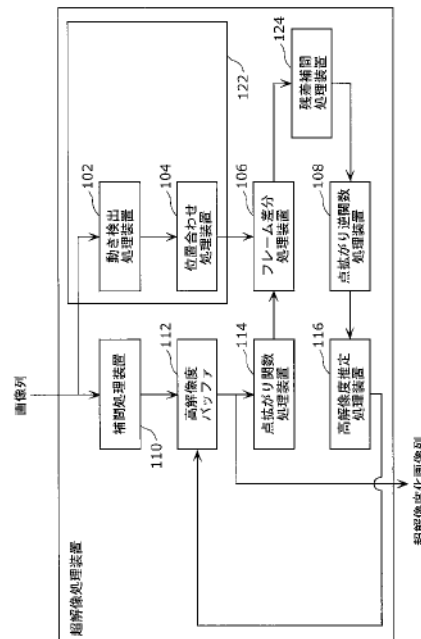
(54) 【発明の名称】 残差補間を用いた超解像処理方法及び装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 画像列の解像度及び質を向上し、グリッドアーチファクトを低減した超解像処理の方法及び装置を提供する。

【解決手段】 補間を行って最初の高解像度推定画像を生成し、位置合わせを行って位置合わせ画像を生成し、高解像度推定画像を不鮮明化し、不鮮明化画像と位置合わせ画像とを減算して残差画像を生成し、欠損していない周辺画素の残差値を用いて欠損残差を補間し、点拡がり逆関数を用いて残差画像から逆投影画像を生成し、平滑化画像と逆投影画像とを組み合わせることで強調係数を生成し、強調係数を高解像度推定画像に更新して新たな高解像度推定画像を生成することにより、欠損画素の残差値を欠損していない周辺画素の残差値から補間する。

【選択図】 図1 a



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

画像列に対して残差補間を用いた超解像処理を行うための方法であって、
補間を行って最初の高解像度推定画像を生成するステップ（１１０）と、
位置合わせを行って位置合わせ画像を生成するステップ（１２２）と、
以下のステップを繰り返すステップとを備えることを特徴とする方法。

点拡がり関数を用いて前記高解像度推定画像を不鮮明化し、不鮮明化画像を生成するステップ（１１４）

前記不鮮明化画像と前記位置合わせ画像とを減算し、残差画像を生成するステップ（１０６）

10

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間するステップ（１２４）

点拡がり逆関数を用いて前記残差画像を逆投影し、逆投影画像を生成するステップ（１０８）

平滑化画像と前記逆投影画像とを組み合わせ、強調係数を生成するステップ（１１６）

前記強調係数を高解像度推定画像に更新し、新たな高解像度推定画像を生成するステップ（１１２）

【請求項 2】

位置合わせを行って位置合わせ画像を生成する請求項 1 記載の方法であって、

動き補償を行ってワーピングベクトルを生成するステップ（１０２）と、

20

前記ワーピングベクトルに基づいて位置合わせを行い、位置合わせ画像を生成するステップ（１０４）と

を備えることを特徴とする方法。

【請求項 3】

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間する請求項 1 に記載の方法であって、

対象画素が残差値を持つか否かを確認するステップ（Ｓ５０２）と、

前記対象画素が残差値を持たない場合に、補間を行うのに十分な残差を周辺画素が持つか否かを確認するステップ（Ｓ５０４）と、

前記対象画素が残差値を持たない場合、かつ補間を行うのに十分な残差を周辺画素が持たない場合に、前記対象画素の残差値を前記周辺画素の残差値から補間するステップ（Ｓ５０６）と、

30

他の画素が存在するか否かを確認するステップ（Ｓ５１０）と、

他の画素が存在しない場合に、前記対象画素を走査順における次の画素として設定するステップ（Ｓ５０８）と、

他の画素が存在しない場合に、前記対象画素が残差値を持つか否かを確認するステップから処理を繰り返すステップと、

他の画素が存在しないと確認された場合に、処理を終了するステップと

を備えることを特徴とする方法。

【請求項 4】

40

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間する請求項 3 記載の方法であって、

前記走査順は、ラスト走査、逆ラスト走査、及び任意の走査順序のいずれかであることを特徴とする方法。

【請求項 5】

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間する請求項 1 記載の方法であって、さらに、

補間された残差値を用いてさらに新たな補間残差値を生成できるように請求項 3 記載の方法を繰り返すステップ

を備えることを特徴とする方法。

50

【請求項 6】

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間する請求項 1 記載の方法であって、さらに、
残差補間のパス毎に異なる走査順を用いるステップ
を備えることを特徴とする方法。

【請求項 7】

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間する請求項 1 に記載の方法であって、

対象画素が残差値を持つか否かを確認するステップ（S 6 0 6）と、

前記対象画素が残差値を持たない場合に、前の画素と次の画素とが残差を持つか否かを確認するステップ（S 6 0 8）と、

前記対象画素が残差値を持たない場合、かつ前記前の画素と次の画素とが残差値を持つ場合に、前記対象画素の残差値を前記前の画素と次の画素との残差値から補間するステップ（S 6 1 0）と、

他の画素が存在するか否かを確認するステップ（S 6 1 4）と、

他の画素が存在しない場合に、前記対象画素を走査順における次の画素として設定するステップ（S 6 1 2）と、

他の画素が存在しない場合に、前記対象画素が残差値を持つか否かを確認するステップから処理を繰り返すステップと、

他の画素が存在しないと確認された場合に、処理を終了するステップと

を備えることを特徴とする方法。

【請求項 8】

画像列に対して残差補間を用いた超解像処理を行うための装置であって、

補間を行って最初の高解像度推定画像を生成する手段（1 1 0）と、

位置合わせを行って位置合わせ画像を生成する手段（1 2 2）と、

以下のステップを繰り返す手段とを備えることを特徴とする装置。

点拡がり関数を用いて前記高解像度推定画像を不鮮明化し、不鮮明化画像を生成する手段（1 1 4）

前記不鮮明化画像と前記位置合わせ画像とを減算し、残差画像を生成する手段（1 0 6）

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間する手段（1 2 4）

点拡がり逆関数を用いて前記残差画像を逆投影し、逆投影画像を生成する手段（1 0 8）

平滑化画像と前記逆投影画像とを組み合わせ、強調係数を生成する手段（1 1 6）

前記強調係数を高解像度推定画像に更新し、新たな高解像度推定画像を生成する手段（1 1 2）

【請求項 9】

画像列に対して残差補間を用いた超解像処理を行うための L S I（L a r g e S c a l e I n t e g r a t e d）回路であって、

補間を行って最初の高解像度推定画像を生成するユニット（1 1 0）と、

位置合わせを行って位置合わせ画像を生成するユニット（1 2 2）と、

以下のステップを繰り返すユニットとを備えることを特徴とする L I S 回路。

点拡がり関数を用いて前記高解像度推定画像を不鮮明化し、不鮮明化画像を生成するユニット（1 1 4）

前記不鮮明化画像と前記位置合わせ画像とを減算し、残差画像を生成するユニット（1 0 6）

欠損していない周辺画素の残差値を用いて、前記残差画像から欠損残差を補間するユニット（1 2 4）

点拡がり逆関数を用いて前記残差画像を逆投影し、逆投影画像を生成するユニット（1

10

20

30

40

50

08)

平滑化画像と前記逆投影画像とを組み合わせ、強調係数を生成するユニット(116)
前記強調係数を高解像度推定画像に更新し、新たな高解像度推定画像を生成するユニット(112)

【請求項10】

前処理装置又は後処理装置において、残差補間を用いて超解像処理を行う装置であって、

入力源を必要に応じて逆多重化し、非圧縮画像列又は符号化映像ビットストリームと他のビットストリームとを生成する手段(202)と、

前記符号化映像ビットストリームを必要に応じて復号し、復号化画像列と、オプションで補助データとを生成する手段(204)と、 10

オプションで、前記復号化画像列又は前記非圧縮画像列に対して前処理を行い、処理画像列を生成する手段(206)と、

前記処理画像列に対して、請求項1～9記載の残差補間を用いた超解像処理を行い、超解像度化画像列を生成する手段(208)と、

オプションで、前記超解像度化画像列に対して後処理を行い、処理済み超解像度化画像列を生成する手段(210)と、

オプションで圧縮を行って、オプションで前記処理済み超解像度化画像列を格納する手段(212)と、

オプションで前記処理済み超解像度化画像列を表示する手段(214)と 20

を備えることを特徴とする装置。

【請求項11】

エンコーダにおいて、残差補間を用いて超解像処理を行う装置であって、

イントラ予測を行う手段(306)と、

動き検出を行う手段(302)と、

変換を行う手段(304)と、

量子化を行う手段(308)と、

エントロピ符号化を行う手段(310)と、

逆量子化を行う手段(312)と、

逆変換を行う手段(314)と、 30

逆イントラ予測を行う手段(316)と、

動き補償を行う手段(318)と、

前記動き検出及び動き補償に用いる参照画像に対して、請求項1～9記載の残差補間を用いた超解像処理を行う手段(320)と

を備えることを特徴とする装置。

【請求項12】

デコーダにおいて、残差補間を用いて超解像処理を行う装置であって、

エントロピ復号を行う手段(340)と、

逆量子化を行う手段(342)と、

逆変換を行う手段(344)と、 40

逆イントラ予測を行う手段(346)と、

動き補償を行う手段(350)と、

前記動き補償に用いる参照画像に対して、請求項1～9記載の残差補間を用いた超解像処理を行う手段(348)と

を備えることを特徴とする装置。

【請求項13】

レイヤ間予測を用いるエンコーダにおいて、残差補間を用いて超解像処理を行う装置であって、

基本レイヤを符号化する手段(402)と、

レイヤ間予測を用いて拡張レイヤを符号化する手段(412)と、 50

前記拡張レイヤと基本レイヤとの間でレイヤ間残差予測を行う手段（４０４）と、
前記拡張レイヤと基本レイヤとの間でレイヤ間動きデータ予測を行う手段（４０６）と

、
前記拡張レイヤと基本レイヤとの間でレイヤ間イントラ予測を行う手段（４０８）と、
前記拡張レイヤを符号化するための追加的な参照として用いられる前記基本レイヤのイントラ画像又は復号化画像に対して、請求項１～９記載の残差補間を用いた超解像処理を行う手段（４１０）と

を備えることを特徴とする装置。

【請求項１４】

レイヤ間予測を用いるデコーダにおいて、残差補間を用いて超解像処理を行う装置であ
って、 10

基本レイヤを復号する手段（４２２）と、

レイヤ間予測を用いて拡張レイヤを復号する手段（４３２）と、

前記拡張レイヤと基本レイヤとの間でレイヤ間残差予測を行う手段（４２４）と、

前記拡張レイヤと基本レイヤとの間でレイヤ間動きデータ予測を行う手段（４２６）と

、
前記拡張レイヤと基本レイヤとの間でレイヤ間イントラ予測を行う手段（４２８）と、
前記拡張レイヤを復号するための追加的な参照として用いられる前記基本レイヤのイントラ画像又は復号化画像に対して、請求項１～９記載の残差補間を用いた超解像処理を行
う手段（４３０）と 20

を備えることを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、あらゆる画像・映像処理、特に画像・映像超解像処理に利用可能である。

【背景技術】

【０００２】

超解像処理は、複数の低解像度画像から高解像画像を生成する技術である。この技術を
プラズマディスプレイパネル（ＰＤＰ）、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、ブラウン管（Ｃ
ＲＴ）などの表示装置に用いて、表示対象の入力画像列の解像度及び質を向上させること
ができる。超解像処理をハードディスクレコーダやＤＶＤ（ＤｉｇｉｔａｌＶｅｒｓａ
ｔｉｌｅＤｉｓｃ）レコーダなどの記録装置において用いた場合、トランスコーディン
グや格納の対象となる画像の解像度及び質を向上することができる。また、超解像度は印
刷目的でも利用可能である。この場合、カメラレコーダやデジタルカメラからの画像列を
処理して一枚の高解像度・高画質画像を生成できる。同様に、監視に応用した場合、顔や
車両のナンバープレートの解像度及び画質を向上できる。 30

【０００３】

超解像処理方法には画像の位置合わせを伴う方法がある。同方法では、観測された低解
像度画像を動き補償し、位置合わせ画像と呼ばれる共通の高解像度グリッドに変換する。
高解像度フレームの最初の推定フレームは、バイキュービック補間などの空間補間方法を
用いて得られる。この推定フレームは、不鮮明化、フレーム差分、点広がり逆関数、正則
化、及び細密化の処理を繰り返すことで改善される。残差画像はフレーム差分を求める動
作中に生成される。これによって、位置合わせ画像は、不鮮明化された高解像度推定フレ
ームから減算される。超解像処理の詳細に関しては、例えば米国特許出願番号２００４／
０１５６５６１ Ａ１及び米国特許出願番号２００５／００１９０００ Ａ１などを参照
されたい。 40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

良質な超解像画像を得るためには、位置合わせ画像が良質であることが重要である。正 50

確な位置合わせを行うためには、正確な動き補償、及び対象画像と周辺画像との間のサブピクセルシフトを行う必要がある。サブピクセルシフトを行わなければ、位置合わせ画像に欠損画素が生じる。結果として、残差画像にも同様の欠損画素が生じる。高解像度推定画像における対応の欠損画素は、欠損画素のないものに比べて細密化される度合いが低くなる。問題となるのは、これらの欠損画素は周期的に発生し、結果としてグリッドアーチファクトが発生してしまうことである。このため、エッジがぎざぎざ又は鋸歯状に見えてしまう。例えば、2倍解像度アップサンプリングの場合、画素毎に輝度が高かったり、低かったり、また高かったりと、交互のパターンなる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明では、上記グリッドアーチファクトの問題を解決するために残差補間を用いる。残差補間において、欠損画素の残差値を、欠損していない周辺画素の残差値から補間する。

【発明の効果】

【0006】

本発明は、グリッドアーチファクトを防ぐために残差補間を用いている点で新しい。高解像度推定画像に対し平滑化の拘束条件を加えることで、正則化によってもグリッドアーチファクトを防ぐことができる。しかしながら、平滑化の拘束条件は画像全体に適用されるため、平滑化の強度を制御する必要がある。平滑化を必要としない領域では不鮮明化が発生し、強度が適切に設定されなかった場合は、不鮮明化が過度になったり不十分になったりする。

【0007】

残差補間は欠損画素に対して行われるため、画素が欠損していない領域は不鮮明化されない。また、残差補間の強度は、必然的に残差そのものの値に応じて設定される。残差値が大きければ補間された値も大きくなり、逆もまた同様である。

【0008】

結果として、正則化を用いた場合と比較して、より鮮明な画像を生成できるより優れた超解像のアルゴリズムが得られる。

【0009】

残差補間は正則化と併用可能である。この併用により、正則化の強度を抑えて不鮮明化が過度に行われることを防ぐことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

後処理又は前処理装置

図2は後処理又は前処理装置における超解像処理装置の使用を示すブロック図である。入力D252は、映像及び／又は音声ソースなどで構成される。必要であれば、逆多重化器202を用いて映像ソースを他のソースから分離する。また必要であれば、他のソース又は他のビットストリームD256を他の処理装置で処理する。また、映像ソースを圧縮してもよい。この場合、符号化された映像ビットストリームD258を映像デコーダ204で復号し、復号化画像列D262を生成する。また映像ソースは圧縮されなくてもよい。この場合、非圧縮画像列D254を用いる。オプションで前処理装置206を用いて画像列D262及びD254を処理し、処理画像列D264を生成してもよい。超解像処理装置208は画像列を処理して超解像度化画像列D266を生成する。超解像処理装置208は残差補間も行う。映像ソースを圧縮した場合、超解像処理装置は、符号化映像ビットストリームからの補助データD260をオプションで用いることができる。補助データの例として、動きベクトル、量子化パラメータ、デブロッキングフィルタ強度などがある。超解像度化画像列は、さらに後処理装置210で処理されてもよい。処理済み超解像度化画像列D268は、表示装置214を用いて表示できる。オプションとして、記憶装置212を用いて格納されてもよい。また記憶装置212において、格納のために圧縮を用いてもよい。

10

20

30

40

50

【0011】

符号化装置及び復号装置

図3a及び図3bは、符号化装置（エンコーダ）及び復号装置（デコーダ）における超解像処理装置の使用をそれぞれ示す2枚のブロック図である。エンコーダにおいて、画像列はイントラ符号化又はインター符号化される。イントラ予測処理装置306は、対象フレームの情報を用いて予測を行う。動き検出処理装置302は、他のフレームを参照して動き補償予測を行う。その結果として処理装置302及び306から得られる画像は、次に変換処理装置304、量子化処理装置308、次いでエントロピ処理装置310で処理され、符号化映像ビットストリームが生成される。対象フレームは、逆量子化処理装置312、逆変換処理装置314、動き補償処理装置318、及び逆イントラ予測処理装置316を備えるローカルデコーダを用いて再構成され、動き検出処理装置302が用いる参照フレームとして格納される。本発明では、動き検出処理装置302及び動き補償装置318が用いる参照フレームの質及び解像度を向上させるために、超解像処理装置320を用いる。超解像処理装置320は残差補間も行う。オプションとして、動きベクトル、量子化パラメータ、デブロッキングフィルタ強度などの補助データを超解像処理装置320において用いることができる。

10

【0012】

デコーダにおいて、エントロピ復号処理装置340、逆量子化処理装置342、逆変換処理装置344、逆イントラ予測処理装置346、及び動き検出処理装置350を用いて、符号化映像ビットストリームから画像列を再構成する。エンコーダと同様に、超解像処理装置348を用いて参照フレームの質と解像度を向上させる。超解像処理装置348は残差補間も行う。オプションとして、動きベクトル、量子化パラメータ、デブロッキングフィルタ強度などの補助データを超解像処理装置348において用いることができる。超解像処理装置348は、さらに、表示された画像も改善させる。

20

【0013】

説明したエンコーダ及びデコーダは簡略化されたものである。現在、デブロッキングフィルタなど、画質をさらに向上させるための高度なツールを使用するエンコーダやデコーダがある。本発明では、図3a及び図3bに示されるとおりに符号化と復号が行われる必要はない。ここでは、動き検出、動き補償予測、及び表示に用いる参照フレームを改善することで符号化効率又はピクチャの質を向上させるためにエンコーダ及びデコーダにおいて超解像処理を用いることができることの一例を示しているに過ぎない。

30

【0014】

レイヤ間予測符号化装置及び復号装置

図4a及び図4bは、符号化装置（エンコーダ）及び復号装置（デコーダ）におけるレイヤ間イントラ予測のための超解像処理装置の使用をそれぞれ示す2枚のブロック図である。符号化効率を向上させるために、階層符号化にレイヤ間予測を用いる。レイヤ間予測を用いる階層符号化の一例として、ISO/IEC1496-10にスケーラブル拡張を適用するというワーキングドラフトがあり、スケーラブル映像符号化としても知られている。基本レイヤ符号化処理装置402を用いて基本レイヤ画像列を符号化する。拡張レイヤ符号化処理装置412を用いて拡張レイヤ画像列を符号化する。拡張レイヤ符号化処理装置412は、レイヤ間予測を用いて拡張レイヤと基本レイヤとの間の冗長性を削減することで、拡張レイヤだけを符号化する場合と比較して符号化効率を向上させる。レイヤ間残差予測処理装置404を用いて拡張レイヤ残差と基本レイヤ残差との間の冗長性を削減する。レイヤ間動きデータ予測処理装置406を用いて拡張レイヤと基本レイヤとにおける動きデータ間の冗長性を削減する。動きデータの例として、マクロブロック毎に用いられるパーティションサイズ及びタイプ、並びに予測方向、動きベクトルなどがある。レイヤ間イントラ予測処理装置408は、拡張レイヤの画像を符号化するための追加の参照画像として、基本レイヤのイントラ画像又は基本レイヤの再構成画像を利用する。これらの追加の参照画像を改善するために、超解像処理装置410を用いる。超解像処理装置410は残差補間も行う。オプションとして、動きベクトル、量子化パラメータ、デブロッキ

40

50

ングフィルタ強度などの補助データを超解像処理装置 4 1 0 において用いることができる。

【0015】

デコーダにおいて、基本レイヤ復号処理装置 4 2 2 を用いて基本レイヤビットストリームを復号する。拡張レイヤ復号処理装置 4 3 2 は、レイヤ間残差予測処理装置 4 2 4、レイヤ間動きデータ予測処理装置 4 2 6、及びレイヤ間イントラ予測処理装置 4 2 8 を用いて拡張レイヤビットストリームを復号する。エンコーダと同様に、レイヤ間イントラ予測処理装置 4 2 8 からの参照ピクチャを改善するために超解像処理装置 4 3 0 を用いる。超解像処理装置 4 3 0 は残差補間も行う。オプションとして、動きベクトル、量子化パラメータ、デブロッキングフィルタ強度などの補助データを超解像処理装置 4 3 0 において用

10

【0016】

超解像処理装置

図 1 a は超解像処理装置内の処理装置（機能ブロック）を示すブロック図である。補間処理装置 1 1 0 は、超解像度化の対象となるフレームを補間する。補間方法には、公知であるバイリニア補間、バイキュービック補間、L a n c z o s 補間などがある。補間された画像は高解像度バッファ 1 1 2 に格納される。これが最初の高解像度推定画像となる。1 2 2 における処理装置によって、画像列の位置合わせが行われる。1 2 2 は、参照フレームと対象フレームとの間のワーピングベクトルを算出する動き検出処理装置 1 0 2 を備える。位置合わせ処理装置 1 0 4 はワーピングベクトルに基づいて位置合わせを行う。点拡がり関数処理装置 1 1 4 は、高解像度バッファ 1 1 2 における高解像度推定画像を不鮮明化する。フレーム差分処理装置 1 0 6 は位置合わせ画像と不鮮明化された高解像度推定画像との間の差分（残差）を算出する。残差補間処理装置 1 2 4 は、欠損画素の残差値を、欠損していない周辺画素の残差値から補間する。点拡がり逆関数処理装置 1 0 8 は差分（残差）を高解像度グリッドに逆投影する。高解像度推定処理装置 1 1 6 は逆投影された差分と平滑化の拘束条件とを組み合わせる強調係数を生成する。次にこの強調係数を用いて高解像度推定画像を更新する。これにより、向上処理の繰り返しが 1 サイクル完了する。この処理を、処理装置 1 1 4、1 0 6、1 2 4、1 0 8、1 1 6、及び 1 1 8 を用いて繰り返す。この処理は所定のサイクル数になるまで繰り返してもよいし、強調係数の値が一定のしきい値以下になるまで繰り返してもよい。また、適応向上処理を画素単位で行って、特定の画素のみを選択し、さらなる向上処理を行ってもよい。

20

30

【0017】

図 1 b は、図 1 a と同様の超解像処理装置内の処理装置（機能ブロック）を示すブロック図である。図 1 b は、照度マスキング及び／又は照度補償処理装置 1 2 0 と正規化処理装置 1 1 8 とが追加されている点で異なる。これら 2 つの処理装置はオプションである。処理装置 1 2 0 は、位置合わせ処理装置 1 0 4 が用いる照度補償値と照度マスクとを算出する。処理装置 1 1 8 は、処理装置 1 1 6 が用いる平滑化の拘束条件を算出するために用いられる。

【0018】

残差補間（一般的ケース）

図 5 は一般的なケースを対象とした残差補間を示すフロー図である。残差画像における全ての画素が走査される。走査順序はラスタ走査順又は逆ラスタ走査順である。ラスタ走査では、最初の行を左から右へ走査し、次に 2 番目の行を左から右へ走査するといった具合に最後の行まで走査する。逆ラスタ走査では、最初の列を上から下に走査し、次に 2 番目の列を上から下へ走査するといった具合に最後の列まで走査する。他の走査順序を用いてもよい。ステップ S 5 0 2 では、対象画素が残差を持つか否かを確認する。すなわち、対象画素が欠損画素であるか否かを確認する。残差を持たない場合、ステップ S 5 0 4 において、補間に十分な残差が周辺画素にあるか否かを確認する。例えば、2 タップフィルタを用いる場合、該当する場所に 2 つの残差値があるはずである。又は、残差画像の局所特性に合うように補間フィルタを変化させてもよい。例えば、通常、6 つの値が存在する

40

50

場合は6タップA V Cフィルタを用い、エッジにおいて2つの値しか存在しない場合は2タップバイリニアフィルタを用いることができる。十分な残差がある場合、ステップS 5 0 6において、対象画素の残差値を周辺画素から補間する。ステップS 5 1 0は、ステップS 5 0 2において対象画素が残差を持つと確認された場合、又はステップS 5 0 4において補間に十分な周辺残差がない場合、又はステップS 5 0 6の後に実行される。ステップS 5 1 0において、他にも画素が存在するか否かを確認する。存在しない場合、処理を終了する。存在する場合、ステップS 5 0 8において、走査順で次の画素を対象画素として設定し、ステップS 5 0 2の処理を繰り返す。

【0019】

処理を繰り返し、次の処理において他の欠損画素を補間するために、現在の処理における補間残差が用いられている。また、最初の残差補間処理をラスト走査及び水平補間フィルタを用いて行い、2番目の残差補間処理を逆ラスト走査及び垂直補間フィルタを用いて行うことも可能である。これは2次元分離型補間フィルタを用いる場合に有用である。

【0020】

残差補間（具体例）

図6bは2倍スケール比及び2タップバイリニアフィルタという具体的なケースを対象とする残差補間を示すフロー図である。図6aは、本具体例における残差602及び補間残差604の位置の一例を示す。スケール比が2倍であるため、欠損画素は交互に位置する。2パス処理を行い、1番目のパスではラスト走査を用いた水平補間を行い、2番目のパスでは逆ラスト走査を用いた垂直補間を行う。それぞれのパスにおいて次に挙げるステップが実行される。すなわち、ステップS 6 0 6において、対象画素が残差を持つか否かを確認する。持たない場合、ステップS 6 0 8において、走査順において直前の画素と次の画素とが残差を持つか否かを確認する。これは2タップバイリニア補間フィルタを用いているためである。もし可能であれば、ステップS 6 1 0において、対象画素の残差値は、直前の画素の残差値と次の画素の残差値との平均値となる。ステップS 6 1 4において、他にも画素が存在するか否かを確認する。存在しない場合、処理を終了する。存在する場合、ステップS 6 1 2において、走査順で次の画素を対象画素として設定し、ステップS 6 0 6の処理を繰り返す。

【0021】

システムLSI

残差補間を用いた超解像処理装置の各機能ブロックは典型的には集積回路であるLSI (Large Scale Integrated) 回路として実現される。このLSIは1チップ化されても良いし、複数チップ化されても良い。ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと称されることもある。

【0022】

また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA (Field Programmable Gate Array) や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサを利用しても良い。

【0023】

さらには、製造技術の進歩によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて集積化を行ってもよい。バイオ技術の適応等が可能性としてありえる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1a】超解像処理装置内の処理装置を示すブロック図である。

【図1b】正規化処理装置と照度マスキング及び／又は照度補償処理装置とが追加されている点を除いて図1aと同様の超解像処理装置内の処理装置を示すブロック図である。

【図2】後処理又は前処理を目的とする超解像処理装置の使用を示すブロック図である。

【図 3 a】エンコーダにおける超解像処理装置の使用を示すブロック図である。

【図 3 b】デコーダにおける超解像処理装置の使用を示すブロック図である。

【図 4 a】レイヤ間予測を用いるエンコーダにおける超解像処理装置の使用を示すブロック図である。

【図 4 b】レイヤ間予測を用いるデコーダにおける超解像処理装置の使用を示すブロック図である。

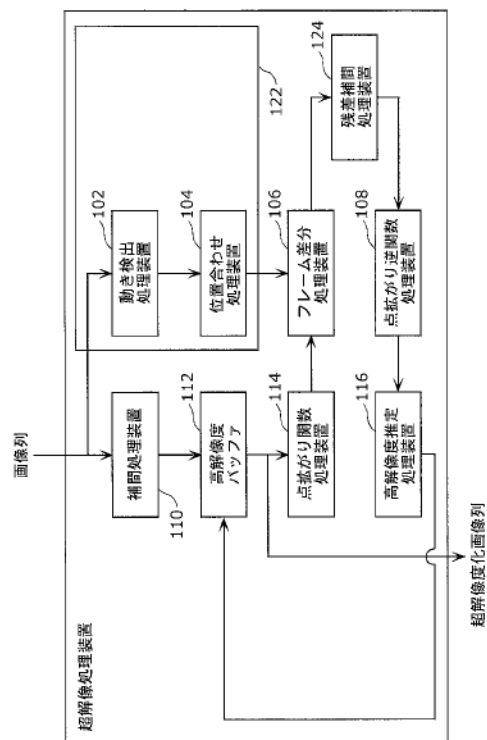
【図 5】一般的なケースを対象とした残差補間を示すフロー図である。

【図 6 a】2 倍スケール比及び 2 タップバイリニア補間フィルタという具体的なケースを対象とする残差及び補間残差の位置を示す図である。

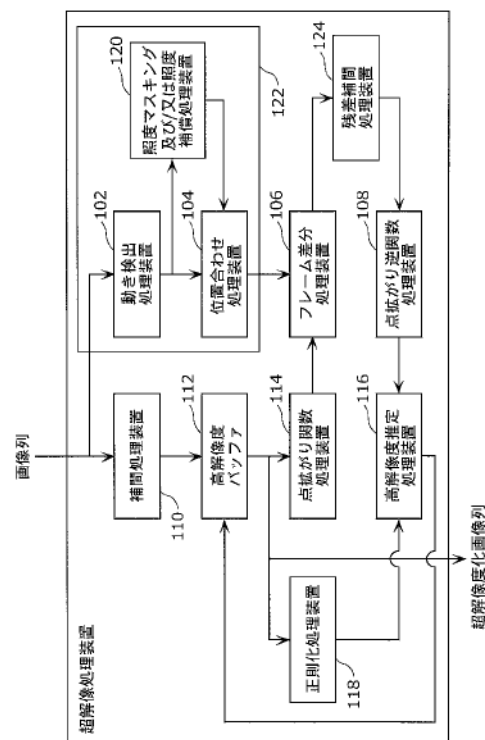
【図 6 b】2 倍スケール比及び 2 タップバイリニア補間フィルタという具体的なケースを対象とする残差補間を示すフロー図である。

10

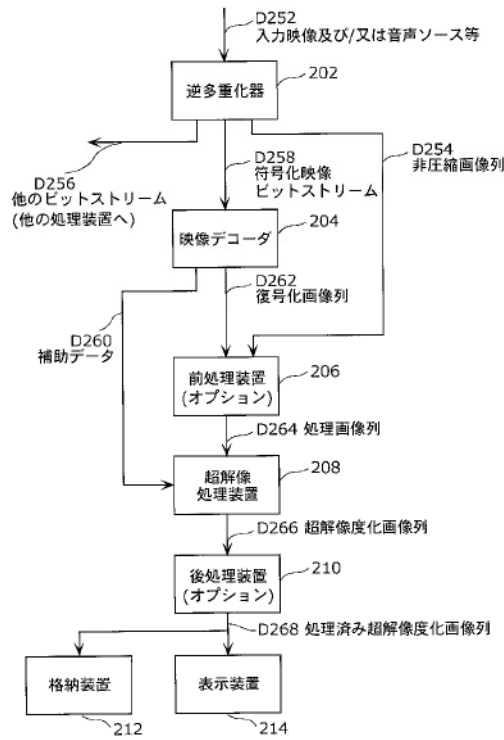
【図 1 a】



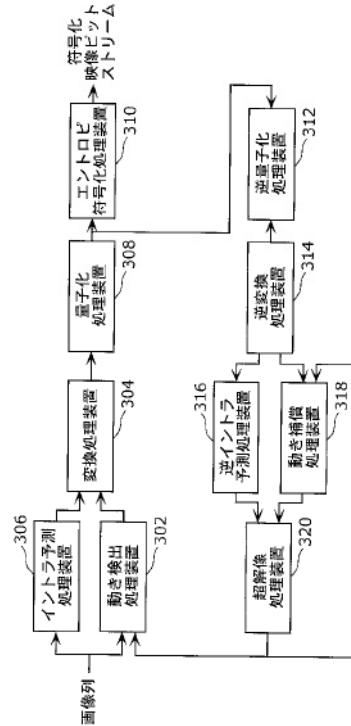
【図 1 b】



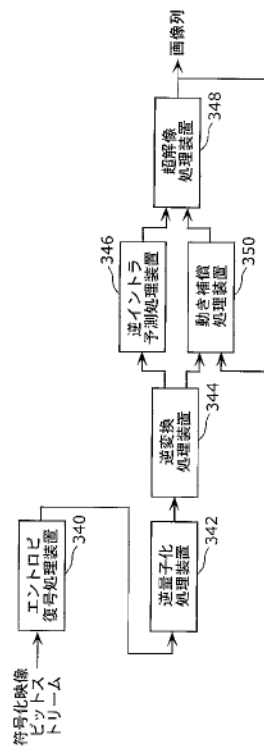
【図 2】



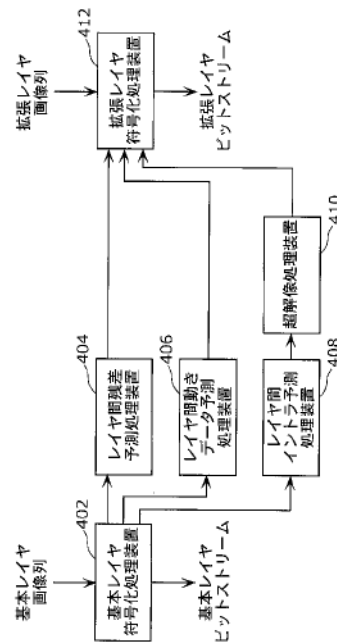
【図 3 a】



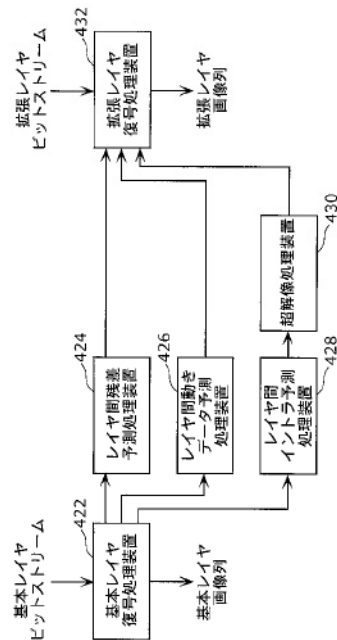
【図 3 b】



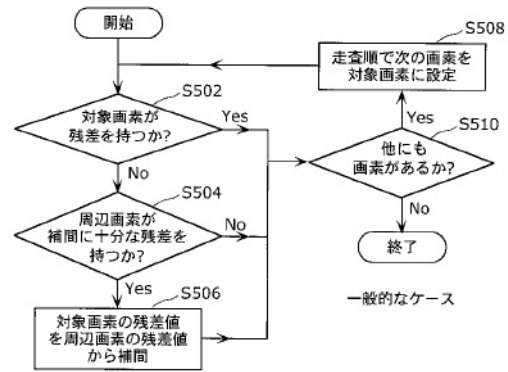
【図 4 a】



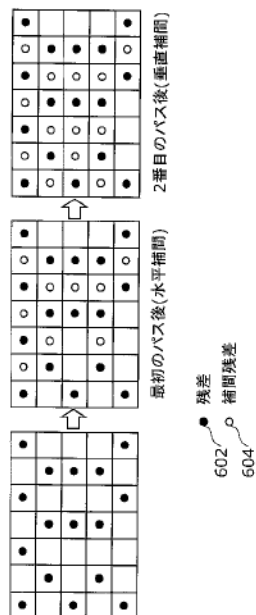
【図 4 b】



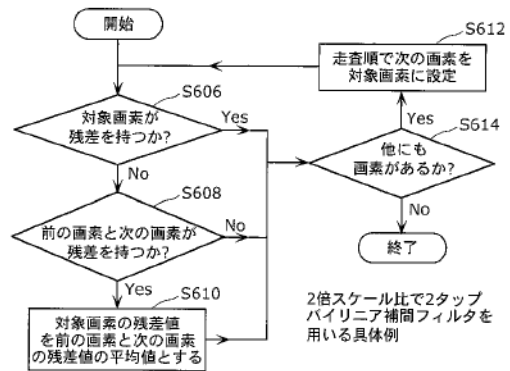
【図 5】



【図 6 a】



【図 6 b】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
H 0 4 N	5/205	(2006.01)	G 0 9 G 5/36 5 2 0 C
G 0 6 T	1/00	(2006.01)	H 0 4 N 5/205
			G 0 6 T 1/00 2 8 0

(72)発明者 シェン メイ・シェン

シンガポール 5 3 4 4 1 5 シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック 1 0 2 2、0 6 - 3
5 3 0 番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式
会社内

(72)発明者 近藤 敏志

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 遠間 正真

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

F ターム(参考) 5B057 CC01 CD05 CE06 CG03 CH09 DC32
5C006 AB01 AF04 AF19 AF34 AF44 AF45 AF47 AF61 AF84 BC16
BF02 BF15 BF21 BF28 EB05 EC02 EC09 FA29
5C021 PA58 PA66 PA89 RA01 RA11 RB06 RB08 XA07 XB07
5C080 AA05 AA10 BB05 DD02 DD07 DD25 EE19 EE21 GG10 GG11
GG17 JJ02 JJ07 KK14 KK20
5C082 AA12 AA21 AA32 AA37 BA20 BA41 BB02 BB15 BB22 BD01
BD02 CA21 CA32 CA84 DA55 DA65 DA86 MM01

【外国語明細書】**TITLE OF THE INVENTION**

Method and apparatus for super resolution processing with residual interpolation

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION**Industrial Field of Utilization**

This invention can be used in any image and video processing, more particularly, in image and video super resolution processing.

Background and Prior Art

Super-resolution processing is a technique to produce high resolution images from a plurality of low resolution images. It can be used in display devices such as PDP (Plasma Display Panel), LCD (Liquid Crystal Display), and also CRT (Cathode Ray Tube) monitor, to enhance the resolution and quality of the input sequence of images for display purposes. When used in a recording device, such as a harddisk recorder or a DVD (Digital Versatile Disc) recorder, it can enhance the resolution and quality for transcoding or storage purpose. Super-resolution can also be used for printing purposes, whereby a series of images from a camcorder or digital camera can be processed to form a single high resolution, high quality image. Similarly, in surveillance application, it can enhance the resolution and quality of faces and vehicle number plate.

One method for super resolution processing involves image registration, whereby the observed low resolution images are motion compensated and warped into a common high resolution grid, referred to as the registered image. The initial estimate for the high resolution frame is obtained by spatial interpolation method such as bicubic interpolation. This estimate is iteratively refined by a process of blurring; frame difference; inversed point spread function; regularization; and refinement. A residual image is produced during the frame difference operation, whereby the registered image is subtracted from the blurred high resolution estimate. Details of super resolution processing can be found in various prior art including patent US 2004/0156561 A1, and patent US 2005/0019000 A1 for example.

Problems to be solved

A good registered image is importance for getting a good super-resolved image. Good registration includes accurate motion estimation, and also sub-pixel shifts between the current image and the neighbouring images. When there is a lack of sub-pixel shifts, the registered image will contain missing pixels. Consequently, it results in the residual image having similar missing pixels. The corresponding missing pixels in the high resolution estimate will undergo less refinement compared with those non-missing pixels. The problem is that these missing pixels occurs in a periodic manner, and results in the appearance of grid artifacts. Visually, it makes edges look jaggy or saw-tooth shape. For example, in a 2x resolution upsampling case, it can result in an alternating pattern, with one pixel brighter, the next pixel darker, and then brighter, and so on.

Means of Solving the Problems

In the current invention, residual interpolation is used to solve the mentioned problem of grid artifact. Residual interpolation involves interpolating the residual value of the missing pixels from the neighboring non-missing pixels residual value.

Effects of Invention

What is novel about this invention is that residual interpolation is used to prevent grid artifact. Regularization can also prevent grid artifact by applying smoothness constrain to the high resolution estimate. However, it is applied on the entire image and the strength of the smoothing needs to be controlled. Blurring will occur for regions which do not require smoothing, and also when the strength is not appropriately set, over blurring or under blurring will occur.

Residual interpolation is applied for missing pixels and hence will not blur the regions with non-missing pixels. Also, the strength of residual interpolation is naturally taken care of by the value of the residual itself. When residual value is high, so will the interpolated value, and vice versa.

The result is a better super resolution algorithm producing sharper images compared with using regularization.

Residual interpolation can be used together with regularization, whereby the strength of regularization can be reduced to prevent over blurring.

Best Mode for Carrying out the Invention

Post-processing or pre-processing apparatus

Referring to figure 2, a block diagram depicting the use of super resolution processor in a post-processing or pre-processing apparatus is shown. The input **D252** consists of video and/or audio source, etc. If required, a demuxer **202**, is used to separate the video source from the other source. If required, the other source or the other bitstreams **D256**, are processed by other processor. The video source may be compressed, and in this case, the encoded video bitstream **D258** is decoded by a video decoder **204**, producing decoded sequence of images **D262**. The video source may also be uncompressed, and in this case, the uncompressed sequence of images **D254** is used. An optional pre-processor **206** may be used to process the sequence of images **D262** and **D254**, producing processed sequences of images **D264**. A super-resolution processor **208** processes the sequence of images, producing super resolution enhanced sequence of images **D266**. The super resolution processor **208** includes residual interpolation. Optionally, if the video source is compressed, auxiliary data **D260** from the encoded video bitstream can be used by the super resolution processor. Examples of auxiliary data include motion vectors, quantization parameters, and deblocking filter strength. The super resolution enhanced sequence of images may undergo further processing by post-processor **210**. The processed super resolution enhanced sequence of images **D268**, can be displayed using display devices **214**. Optionally, it can be stored using storage devices **212**. Additionally, the storage devices **212** may employ compression for storage.

Encoding apparatus and decoding apparatus

Referring to figure 3a and figure 3b, two block diagrams depicting the use of super resolution processor in an encoding apparatus (encoder) and decoding apparatus (decoder) are shown respectively. In the encoder, a sequence of images can undergo intra coding or inter coding. An intra prediction processor **306** performs prediction using current frame information. A motion estimation processor **302** performs motion compensated prediction by referencing other frames. The resulting images from processor **302**, and **306**, are then processed by transformation processor **304**, quantization processor **308**, and then entropy processor **310** producing an encoded video bitstream. A local decoder comprising of inverse quantization processor **312**, inverse transformation processor **314**,

motion compensation processor 318, and inverse intra prediction processor 316 are used to reconstruct the current frame, which will be stored as reference frame used by motion estimation processor 302. In the present invention, a super resolution processor 320 is used to enhance the quality and resolution of the reference frame used by the motion estimation processor 302 and motion compensation processor 318. The super resolution processor 320 includes residual interpolation. Optionally, auxiliary data such as motion vectors, quantization parameters, and deblocking filter strength can be used by the super resolution processor 320.

In the decoder, the sequence of images are reconstructed from the encoded video bitstream using entropy decoding processor 340, inverse quantization processor 342, inverse transformation processor 344, inverse intra prediction processor 346, and motion estimation processor 350. A super resolution processor 348 is used to enhance the quality and resolution of the reference frame similar to the encoder. The super resolution processor 348 includes residual interpolation. Optionally, auxiliary data such as motion vectors, quantization parameters, and deblocking filter strength can be used by the super resolution processor 348. Additionally, the displayed images are also enhanced by the super resolution processor 348.

The encoder and decoder described is a simplified version. There are currently encoders and decoders which uses advanced tools such as deblocking-filter to further enhance the quality of the images. The current invention does not specified that encoding and decoding must be performed exactly as shown in figure 3a, and 3b. It is used only as an example to explain that super resolution can be utilized in an encoder and decoder to improve the coding efficiency or picture quality, by enhancing the reference frames used for motion estimation, motion compensated prediction and for display.

Inter-layer prediction encoding apparatus and decoding apparatus

Referring to figure 4a and 4b, two block diagrams depicting the use of super resolution processor for inter-layer intra prediction in an encoding apparatus (encoder) and decoding apparatus (decoder) are shown respectively. Inter-layer prediction is used for layered coding to improve the coding efficiency. One example of layered coding using inter-layer prediction is the working draft of the scalable extension to ISO/IEC 14496-part 10, also known as scalable video coding. A base-layer encoding processor 402 is used to encode the base-layer sequence of images. An enhancement-layer encoding processor 412 is used to encode the enhancement-layer sequence of images. Inter-layer prediction is used by the enhancement-layer encoding processor 412 to remove redundancy between the enhancement-layer and base-layer, improving the coding efficiency compared with coding the enhancement-layer alone. Inter-layer residual prediction processor 404 is used to remove the redundancy between the enhancement-layer residual and the base-layer residual. An inter-layer motion data prediction processor 406 is used to remove redundancy between motion data in the enhancement-layer and base-layer. Examples of motion data include the partition size and types used by each macroblock, the prediction direction, and the motion vectors. An inter-layer intra prediction processor 408 make use of the intra images of the base layer or the reconstructed images of the base layer as additional reference images for coding of the enhancement layer images. A super resolution processor 410 is used to enhance these additional reference images. The super resolution processor 410 includes residual interpolation. Optionally, auxiliary data such as motion vectors, quantization parameters, and deblocking filter strength can be used by the super resolution processor 410.

In the decoder, a base-layer decoding processor 422 is used to decode the base-layer bitstream. The enhancement-layer decoding processor 432 makes use of the inter-layer residual prediction processor 424, inter-layer motion data prediction processor 426, and inter-layer intra prediction processor 428 to decode the enhancement-layer bitstream. Similar to the encoder a super resolution processor 430 is used to enhance the reference pictures from the inter-layer intra prediction processor 428. The super resolution processor 430 includes residual interpolation. Optionally, auxiliary data such as motion

vectors, quantization parameters, and deblocking filter strength can be used by the super resolution processor 430.

Super Resolution processor

Referring to figure 1a, a block diagram depicting the processors (functional blocks) within the super resolution processor is shown. An interpolation processor 110 interpolates the frame that will be super resolution enhanced. Methods for interpolation include the well-known bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation, and Lanczos interpolation. The interpolated image is stored in the high resolution buffer 112. This is the initial high resolution estimate. Registration is performed for the sequence of images by the processors in 122. This includes the motion estimation processor 102, which computes the warping vectors between the reference frames and the current frame. The registration processor 104, performs registration based on the warping vectors. The point spread function processor 114 blurs the high resolution estimate in the high resolution buffer 112. The frame difference processor 106 computes the difference (residual) between the registered image and the blurred high resolution estimate. The residual interpolation processor 124 interpolates the residual value of the missing pixels from the residual values of the neighboring non-missing pixels. The inverse point spread function processor 108 back-projects the differences (residual) onto the high resolution grid. The high resolution estimate processor 116 combines the back projected difference and the smoothing constraints, producing the enhancement coefficients. The enhancement coefficients are then used to update the high resolution estimate. This completes one cycle of iteration for the enhancement process. The process repeats using processor 114, 106, 124, 108, 116, and 118. The iteration may continue until a predetermined number of cycles or until the value of the enhancement coefficients falls below certain threshold. Adaptive enhancement process can also be performed on a pixel by pixel level, whereby only certain pixels may be selected to undergo further enhancement process.

Referring to figure 1b, a block diagram depicting the processor (functional blocks) within the super resolution processor similar to that in figure 1a is shown. The difference is the additional illumination masking and/or illumination compensation processor 120, and regularization processor 118. These 2 processors are optional. For processor 120, it computes the illumination compensation value and the illumination mask, which will be used by registration processor 104. Processor 118 is used to compute the smoothing constraints, which will be used by processor 116.

Residual interpolation (generic case)

Referring to figure 5, a flow diagram of residual interpolation for a generic case is shown. All the pixels in the residual image will be scanned. The scanning order can be raster scan or transposed raster scan. In raster scan, the first row is scanned from the left to right, and then the second row is scanned from the left to right, and so on until the last row. For transposed raster scan, the first column is scanned from the top down, and then the second is scanned from the top down, and so on until the last column. Other scanning order may be used. At step S502, the current pixel is checked whether it has a residual. In other words it checks whether the current pixel is a missing pixel. If it does not have a residual, at step S504, the neighboring pixels are checked whether there are sufficient residual for interpolation. For example, if a 2-tap filter is used, then there should be 2 residual values in the appropriate positions. Alternatively, the interpolation filter may be adaptively changed to suit the local characteristics of the residual image. For example, normally when 6 values are present, a 6-tap AVC filter can be used, and at the edges, when only 2 values are present, a 2-tap bilinear filter can be used. If there are sufficient residual, at step S506, The residual value of the current pixel is interpolated from the neighboring pixels. Step S510 is executed when, at step S502, it is checked that the current pixel has a residual, or at step S504 there is insufficient neighboring residual for interpolation, or after step S506. At Step S510, it is check if there are more pixels. If not, the process ends. Otherwise, at step S508 the next pixel in the scanning order is set as the current pixel, and the process repeats at step S502.

The process can be repeated and the interpolated residual for the current process are being used to interpolate more missing pixels in the next process. Also, the first residual interpolation process can be performed with raster scan and a horizontal interpolation filter, while the second residual interpolation process can be performed with transposed raster scan and a vertical interpolation filter. Such case is useful when 2D separable interpolation filters are used.

Residual interpolation (specific example)

Referring to figure 6b, a flow diagram of residual interpolation for a specific case of 2x scale ratio and a 2-tap bilinear filter is shown. Figure 6a shows an example of the position of residual **602**, and interpolated residual **604** for this specific case. Since the scale ratio is 2x, the position of missing pixels forms an alternating pattern. A two pass process is used, whereby in the first pass, horizontal interpolation is performed with raster scan and in the second pass, vertical interpolation is performed with transposed raster scan. For each pass, the following steps are performed. At step **S606**, it checks whether the current pixel has a residual. If not, at step **S608**, it checks whether the previous pixel and the next pixel in the scanning order have residual. This is because a 2-tap bilinear interpolation filter is used. If available, at step **S610**, the residual value of the current pixel is the averaged value of the previous pixel's residual value and next pixel's residual value. At step **S614**, it checks whether there are more pixels. If not, the process ends. Otherwise, at step **S612**, the next pixel in the scanning order is set as the current pixel, and the process repeats at step **S606**.

System LSI

The functional blocks of the super resolution processor with residual interpolation are typically achieved in the form of integrated circuit or LSI (Large Scale Integrated) circuit. Each of these parts can be in many single-function LSIs, or also can be in one integrated LSI. The name used here is LSI, but it may also be called IC, system LSI, super LSI, or ultra LSI in accordance with the degree of integration.

Moreover, ways to achieve integration is not only LSI, but also special circuit or general purpose processor and so forth can achieve the integration. FPGA (Field Programmable Gate Array) that can be programmed after manufacturing LSI or reconfigurable processor that can re-configure the connection or configuration of LSI can be used for the same purpose.

In the future, with advancement in manufacturing technology, a brand-new technology may replace LSI. The integration can be done by that technology. Application of biotechnology is one such possibility.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig 1a is a block diagram depicting the processors within the super resolution processor.

Fig 1b is a block diagram depicting the processors within the super resolution processor, similar to figure 1a except with the additional regularization processor and illumination masking and/or illumination compensation processor.

Fig. 2 is a block diagram depicting the use of a super resolution processor for post-processing or pre-processing.

Fig. 3a is a block diagram depicting the use of a super resolution processor in an encoder.

Fig. 3b is a block diagram depicting the use of a super resolution processor in a decoder.

Fig 4a is a block diagram depicting the use of a super resolution processor in an encoder where by interlayer prediction is used.

Fig 4b is a block diagram depicting the use of a super resolution processor in a decoder where by interlayer prediction is used.

Fig 5 is a flow diagram of residual interpolation for a generic case.

Fig 6a is a diagram depicting the position of residual and interpolated residual for a specific case of 2x scale ratio and a 2-tap bilinear interpolation filter.

Fig 6b is a flow diagram of residual interpolation for a specific case of 2x scale ratio and a 2-tap bilinear interpolation filter.

WHAT IS CLAIMED IS

1. A method for super resolution processing with residual interpolation of a sequence of images, comprising:

a step for interpolation, producing an initial high resolution estimate; (110)

a step for registration, producing a registered image; (122)

a step for repeating the following steps;

a step for blurring the high resolution estimate by using a point spread function, producing a blurred image; (114)

a step for subtracting the blurred image and registered image, producing a residual image; (106)

a step for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels; (124)

a step for back projecting the residual image by using an inverse point spread function, producing a back-projected image; (108)

a step for combining the smoothing image and the back-projected image, producing the enhancement coefficients; and (116)

a step for updating the enhancement coefficients to the high resolution estimate, producing a new high resolution estimate. (112)

2. A method for registration, producing a registered image, as claimed in claim 1, comprising:

a step for motion estimation, producing warping vectors; and (102)

a step for registration based on the warping vectors, producing a registered image. (104)

3. A method for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels, as claimed in claim 1, comprising:

a step for checking whether the current pixel has a residual value; (S502)

a step for checking whether the neighbouring pixels have sufficient residual for interpolation, if the current pixel does not have a residual value; (S504)

a step for interpolating the residual value of the current pixel from the residual values of the neighbouring pixels, if the current pixel does not have a residual value and the neighbouring pixels have sufficient residual for interpolation ; (S506)

a step for checking whether there are more pixels; (S510)

a step for setting the current pixel as the next pixel in the scanning order, if there are no more pixels; (S508)

a step for repeating the process from the step for checking whether the current pixel has a residual value, if there are no more pixels; and

a step for ending the process when it is checked that there are no more pixels.

4. The method for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels, as claimed in claim 3, wherein said scanning order, can be raster scan or inverse raster scan, or any arbitrary scanning sequence.

5. A method for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels, as claimed in claim 1, further comprising:

a step for repeating the method as claimed in claim 3, so that the interpolated residual values can be used to further produce new interpolated residual values.

6. A method for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels, as claimed in claim 1, further comprising:

a step for using different scanning order for each pass of residual interpolation.

7. Another method for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels, as claimed in claim 1, comprising:

a step for checking whether the current pixel has a residual value; (S606)

a step for checking whether the previous pixel and the next pixel have residual, if the current pixel does not have a residual; (S608)

a step for interpolating the residual value of the current pixel from the residual values of the previous pixel and next pixel, if the current pixel does not have a residual value and the previous pixel and next pixel have residual value; (S610)

a step for checking whether there are more pixels; (S614)

a step for setting the current pixel as the next pixel in the scanning order, if there are no more pixels; (S612)

a step for repeating the process from the step for checking whether the current pixel has a residual value, if there are no more pixels; and

a step for ending the process when it is checked that there are no more pixels.

8. An apparatus for super resolution processing with residual interpolation of a sequence of images, comprising:

a means for interpolation, producing an initial high resolution estimate; (110)

a means for registration, producing a registered image; (122)

a means for repeating the following steps;

a means for blurring the high resolution estimate by using a point spread function, producing a blurred image; (114)

a means for subtracting the blurred image and registered image, producing a residual image; (106)

a means for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels; (124)

a means for back projecting the residual image by using an inverse point spread function, producing a back-projected image; (108)

a means for combining the smoothing image and the back-projected image, producing the enhancement coefficients; and (116)

a means for updating the enhancement coefficients to the high resolution estimate, producing a new high resolution estimate. (112)

9. A LSI (Large Scale Integrated) circuit for super resolution processing with residual interpolation of a sequence of images, comprising:

a unit for interpolation, producing an initial high resolution estimate; (110)

a unit for registration, producing a registered image; (122)

a unit for repeating the following steps;

a unit for blurring the high resolution estimate by using a point spread function, producing a blurred image; (114)

a unit for subtracting the blurred image and registered image, producing a residual image; (106)

a unit for interpolating the missing residual from the residual image by using the residual value of the neighbouring non-missing pixels; (124)

a unit for back projecting the residual image by using an inverse point spread function, producing a back-projected image; (108)

a unit for combining the smoothing image and the back-projected image, producing the enhancement coefficients; and (116)

a unit for updating the enhancement coefficients to the high resolution estimate, producing a new high resolution estimate. (112)

10. An apparatus for super resolution processing with residual interpolation in a pre-processor or post-processor, comprising:

a means for demuxing the input source if required, producing uncompressed sequence of images or encoded video bitstream and other bitstreams; (202)

a means for decoding the encoded video bitstream if required, producing a decoded sequence of images and optionally, auxiliary data; (204)

a means for optionally pre-processing the decoded sequence of images or the uncompressed sequence of images, producing a processed sequence of images; (206)

a means for super resolution processing with residual interpolation, as claimed in claim 1 to 9, of the processed sequence of images, producing super resolution enhanced sequence of images; (208)

a means for optionally post processing the super resolution enhanced sequence of images, producing processed super resolution enhanced sequence of images; (210)

a means for optionally storing the processed super resolution enhanced sequence of images, with optional compression; and (212)

a means for optionally displaying the processed super resolution enhanced sequence of images. (214)

11. An apparatus for super resolution processing with residual interpolation in an encoder, comprising:

a means for intra prediction; (306)

a means for motion estimation; (302)

a means for transformation; (304)

a means for quantization; (308)

a means for entropy coding; (310)

a means for inverse quantization; (312)

a means for inverse transformation; (314)

a means for inverse intra prediction; (316)

a means for motion compensation; and (318)

a means for super resolution processing with residual interpolation, as claimed in claim 1 to 9, of reference images used by the motion estimation and motion compensation. (320)

12. An apparatus for super resolution processing with residual interpolation, in a decoder, comprising:

a means for entropy decoding; (340)

a means for inverse quantization; (342)

a means for inverse transformation; (344)

a means for inverse intra prediction; (346)

a means for motion compensation; and (350)

a means for super resolution processing with residual interpolation, as claimed in claim 1 to 9, of reference images used by the motion compensation. (348)

13. An apparatus for super resolution processing with residual interpolation in an encoder where inter-layer prediction is used, comprising:

a means for encoding the base layer; (402)

a means for encoding the enhancement layer with inter-layer prediction; (412)

a means for inter-layer residual prediction between the enhancement layer and base layer; (404)

a means for inter-layer motion data prediction between the enhancement layer and base layer; (406)

a means for inter-layer intra prediction between the enhancement layer and base layer; and (408)

a means for super resolution processing with residual interpolation, as claimed in claim 1 to 9, of the intra images or decoded images of the base layer that is used as additional reference for coding the enhancement layer. (410)

14. An apparatus for super resolution processing with residual interpolation in a decoder where inter-layer prediction is used, comprising:

a means for decoding the base layer; (422)

a means for decoding the enhancement layer with inter-layer prediction; (432)

a means for inter-layer residual prediction between the enhancement layer and base layer; (424)

a means for inter-layer motion data prediction between the enhancement layer and base layer; (426)

a means for inter-layer intra prediction between the enhancement layer and base layer; and (428)

a means for super resolution processing with residual interpolation, as claimed in claim 1 to 9, of the intra images or decoded images of the base layer that is used as additional reference for decoding the enhancement layer. (430)

ABSTRACT

Super-resolution is an image and video processing technique for improving the resolution and quality of a sequence of images. Provided is a method and apparatus for performing super resolution with residual interpolation. Residual interpolation involves interpolating the residual value of the missing pixels from the residual values of the neighbouring non-missing pixels. This reduces the grid artifacts in the super resolved image.

Representative Drawing

Figure 1a

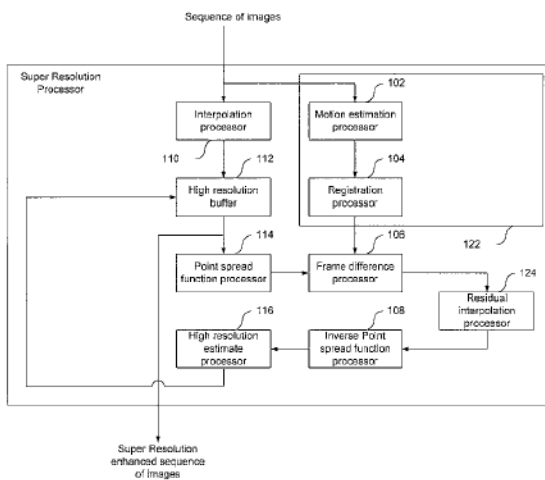


Fig. 1a

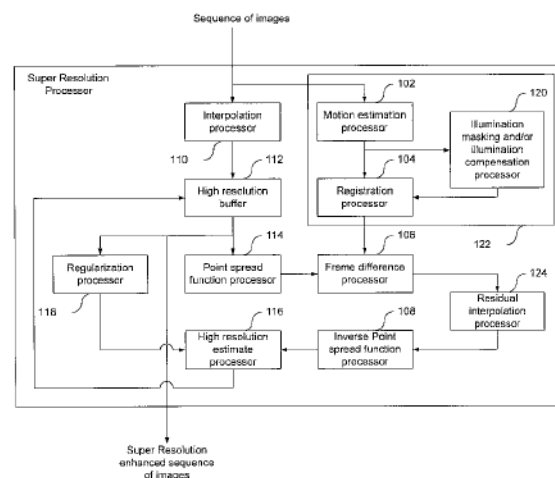


Fig. 1b

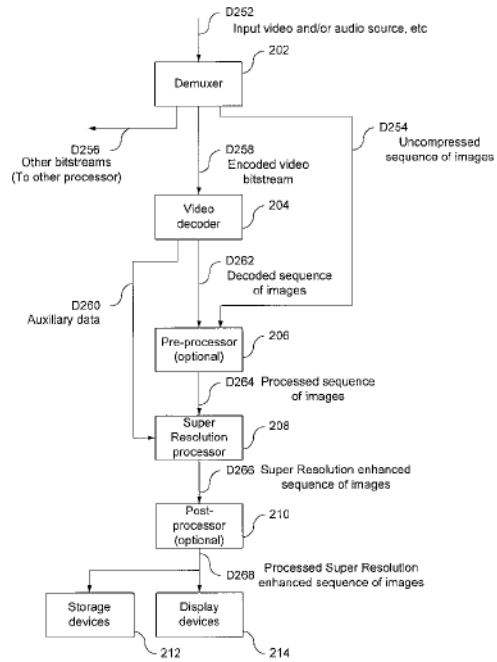


Fig. 2

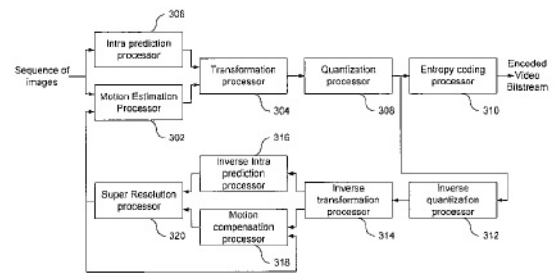


Fig. 3a

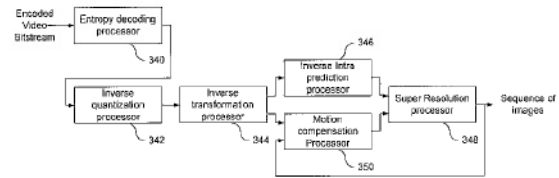


Fig. 3b

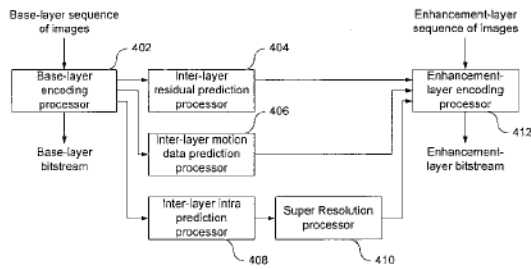


Fig. 4a

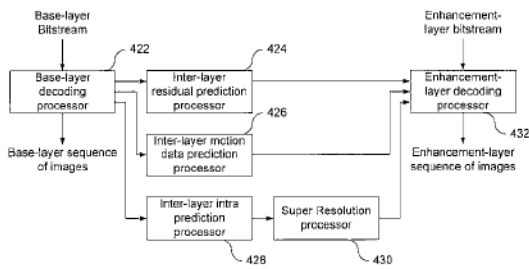


Fig. 4b

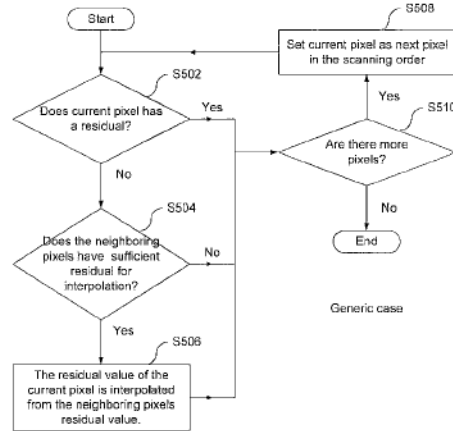


Fig. 5

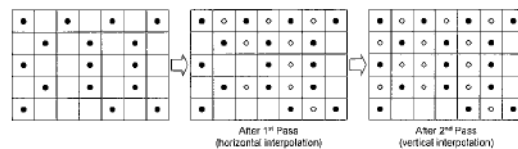


Fig. 6a

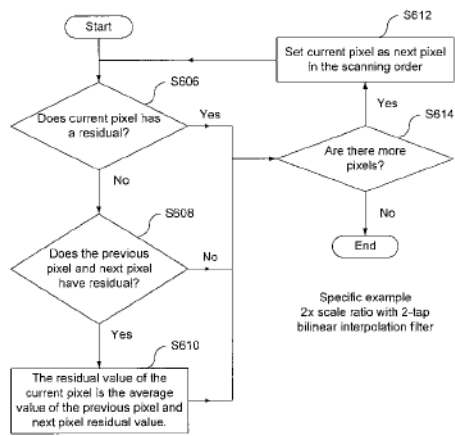


Fig. 6b