

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4598507号
(P4598507)

(45) 発行日 平成22年12月15日(2010.12.15)

(24) 登録日 平成22年10月1日(2010.10.1)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 5 0 M

請求項の数 10 外国語出願 (全 13 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2004-369091 (P2004-369091) | (73) 特許権者 | 300019238 |
| (22) 出願日 | 平成16年12月21日(2004.12.21) | | ジーイー・メディカル・システムズ・グロー |
| (65) 公開番号 | 特開2005-199061 (P2005-199061A) | | ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル |
| (43) 公開日 | 平成17年7月28日(2005.7.28) | | エルシー |
| 審査請求日 | 平成19年12月20日(2007.12.20) | | アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53 |
| (31) 優先権主張番号 | 10/744,812 | | 188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ |
| (32) 優先日 | 平成15年12月22日(2003.12.22) | | ュー・ブルバード・ダブリュー・710 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | ・3000 |
| | | (74) 代理人 | 100137545 |
| | | | 弁理士 荒川 聡志 |
| | | (74) 代理人 | 100105588 |
| | | | 弁理士 小倉 博 |
| | | (74) 代理人 | 100106541 |
| | | | 弁理士 伊藤 信和 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 最小誤差時空間再帰フィルタを使用する画像ノイズ低減のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像データをフィルタリングするシステム(100)であって、
 時間フィルタリング技術を使用して画像データをフィルタリングし、時間フィルタリング出力を生成する時間フィルタリングユニット(110)と、
 空間的フィルタリング技術を使用して、前記画像データをフィルタリングし、空間フィルタリング出力を生成する空間フィルタリングユニット(120)と、
 前記画像データを、前記時間フィルタリング出力と関連付けて、前記画像データと前記時間フィルタリング出力との類似性の程度を示す時間関連出力を生成する第1の局所関連ユニット(130)と、
 前記画像データを、前記空間フィルタリング出力と関連付けて、前記画像データと前記空間フィルタリング出力との類似性の程度を示す空間関連出力を生成する第2の局所関連ユニット(140)と、
 前記空間関連出力と前記時間関連出力を協働させて、混合ユニット出力を生成する混合ユニット(150)と、
 を備えるシステム。

【請求項 2】

前記混合ユニット出力を受けるためのマルチプレクサ(255)を更に備え、
 前記マルチプレクサ(255)が、前記混合ユニット出力に基づいて、前記時間フィルタリング出力又は前記空間フィルタリング出力を選択して画像を変更することを特徴とする

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記時間フィルタリング出力と前記混合ユニット出力とを乗算する第 1 の乗算ユニット (1 7 0) と、

前記空間フィルタリング出力と前記混合ユニット出力の補集合とを乗算する第 2 の乗算ユニット (1 8 0) と、

前記第 1 の乗算ユニット (1 7 0) の出力信号と前記第 2 の乗算ユニット (1 8 0) の出力信号を加算する加算ユニット (1 9 0) と、

を備え、

前記加算ユニット (1 9 0) の出力が、新しい時間フィルタ出力を生成するために、前記時間フィルタリングユニット (1 1 0) に戻される請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 4】

前記混合ユニット (1 5 0) が、次式に従って前記混合ユニット出力を生成し、

$$k = 1 / (1 + (C s / C t))$$

ここで、

k は、前記混合ユニット出力であり、

C s は、前記空間相関出力であり、

C t は、前記時間相関出力であり、

は、システム設計者によって設定することができる調整可能なパラメータである請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のシステム。

20

【請求項 5】

多重解像度空間フィルタ (5 0 0) を使用して、信号をフィルタリングする方法であって前記多重解像度空間フィルタ (5 0 0) の合成過程 (5 3 0) が、

多重解像度空間フィルタ (5 0 0) の分解 (5 1 0) 及び処理 (5 2 0) 過程から入力信号を収集する段階と、

時間フィルタリング技術 (5 3 6) を使用して前記入力信号をフィルタリングし時間フィルタリング出力を生成する段階と、

空間フィルタリング技術 (5 3 6) を使用して前記入力信号をフィルタリングし空間フィルタリング出力を生成する段階と、

前記時間フィルタリング出力を前記入力信号と相関付けて、前記入力信号及び前記時間フィルタリング出力 (5 3 6) 間の類似性の程度を示す時間相関出力を生成する段階と、

30

前記空間フィルタリング出力を前記入力信号と相関付けて、前記入力信号及び前記空間フィルタリング出力 (5 3 6) 間の類似性の程度を示す空間相関出力を生成する段階と、

前記空間相関出力と前記時間相関出力とを混合して出力信号 (5 3 6) を生成する段階と、

を含む方法。

【請求項 6】

前記出力信号に基づいて、前記時間フィルタリング出力又は前記空間フィルタリング出力を選択する段階を更に含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記出力信号に基づいて、前記時間フィルタリング出力の一部又は前記空間フィルタリング出力の一部を選択する段階を更に含む、請求項 5 に記載の方法。

40

【請求項 8】

前記出力信号 (k) の補集合 (1 - k) を発生させる段階と、

前記時間フィルタリング出力 (t) と前記出力信号 (k) を乗算する段階と、

前記空間フィルタリング出力 (s) と前記補集合 (1 - k) を乗算する段階を更に含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 9】

前記時間フィルタリング出力 (t) と前記出力信号 (k) が乗算された信号 (t ') と、

前記空間フィルタリング出力 (s) と前記補集合 (1 - k) が乗算された信号 (s ') を

50

加算する段階と、
加算された信号を使用して新たな入力信号をフィルタリングし時間フィルタリング出力を生成する段階と、
を更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記混合が、

$$k = 1 / (1 + (C_s / C_t))$$

にしたがって行われ、

ここで、

k は、前記出力信号であり、

C_s は、前記空間相関出力であり、

C_t は、前記時間相関出力であり、

は、システム設計者によって設定することができる調整可能なパラメータである、請求項 5 乃至 9 のいずれかに記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、フルオロスコピー画像処理においてノイズを低減するためのシステム及び方法に関する。より具体的には、本発明は、フルオロスコピー画像を時空間フィルタリングするためのシステム及び方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

イメージングシステムは、X線システム、コンピュータトモグラフィー（CT）システム、超音波システム、電子ビームトモグラフィー（EBT）システム、磁気共鳴（MR）システム、及び同様のものなどの多様なイメージング診断装置を包含する。イメージングシステムは、例えば、患者を透過するX線などのエネルギー源への曝露によって、例えば患者などの被検体の画像を生成する。生成された画像は多くの目的に使用することができる。例えば、画像は、構造体内の内部欠陥の検出、構造体内での流体流れの検出、又は構造体内の被検体の存在の有無の表示に使用することができる。加えて、イメージングシステムは、低侵襲医療処置に使用することができ、更に画像誘導手術中に使用することができる。

30

【0003】

医療イメージング診断装置の1つの特定の形式は、ディジタルフルオロスコピーイメージングである。フルオロスコピー画像の収集中に、複数のX線画像が引き続き取り込まれて、画像シーケンス又はビデオを形成する。各個々のX線画像はフレームと呼ばれる。各フレームはピクセルから構成される。X線検出器へ到達するX線フォトン数は有限であり、これは量子画像ノイズをもたらす。画像ノイズは、解剖学的特徴の視認性を制限し、或いは、さもなければ観察者の気をそらし妨げとなる可能性がある望ましくない作用がある。

40

【0004】

フルオロスコピーシステムの最新の画像処理技術は、種々のフィルタを使用して画像ノイズを低減し、関心特徴の視認性を強化する。画像ノイズの低減に使用されるフィルタ形式の1つの実施例は、適応フィルタである。一般に、適応フィルタは、ピクセルに関する値を読み取る。ピクセルの値が、所与の範囲内にある場合には、ピクセルはノイズと見做されて再計算される。ピクセルが、所与の範囲外にある場合には、ピクセルは十分正確なものと推測されて、フィルタの通過が許可される。従来的には、ピクセル値を再計算し、適応フィルタを使用して不要なフルオロスコピー画像ノイズを低減させるのに使用される2つの技法：時間フィルタリングと空間フィルタリングがある。

【0005】

50

時間フィルタリングは、対象ピクセルの現在値と同じ対象ピクセルの前回値とを比較する。時間フィルタは、対象ピクセルの現在値を対象ピクセルの前回値と比較することによって、雑音ピクセルを再計算することができる。即ち、時間フィルタは、雑音ピクセル値を数回前のフレームからのピクセル値の平均値で置き換えることができる。

【0006】

時間ノイズフィルタリングは、静止画像シーケンスでは最も効果的である。運動が殆ど無いシーケンス中では、連続する画像は、同一の情報を含み、ピクセルの真値により類似した平均値を生成する。しかしながら、被検体が運動中の場合には、ピクセル値は、連続する画像にわたり広範囲に変動する可能性がある。従って、連続的画像は異なる情報を含む可能性がある。異なる情報の平均化は、現在の真のピクセル値と類似しない値を生成する可能性がある。従って、時間フィルタリングは、フレームの平均化は無用な運動ボケ又は運動遅れを生じる可能性があるために、動画の質を高める方法としては満足の得られないものである。

【0007】

空間フィルタリングは、対象ピクセルの現在値を対象ピクセルの近傍ピクセル値と比較する。次に近傍ピクセルは、雑音ピクセルに対して新しい値を計算するのに使用される。近傍ピクセルは、現在のフレーム内で対象ピクセルを囲むピクセルである。典型的な近傍ピクセルは、対象ピクセルと、該ピクセルの真北、真南、真東、及び真西から成る4つの近傍ピクセルとすることができる。4つの近傍ピクセルは、対象ピクセルの周りにダイヤモンド形状を形成する。別の典型的な近傍ピクセルは、8つの近傍ピクセルである。8つの近傍ピクセルは、対象ピクセルと、そのピクセルの北、南、西、東、北東、北西、南東及び南西から成る。8つの近傍ピクセルは、対象ピクセルの周りにボックスを形成する。現在では、多くの形態の近傍ピクセルが存在する。

【0008】

時間フィルタリングと異なり、空間ノイズフィルタリングは、画像シーケンス内での静的及び動的被検体のフィルタリングに対して同等に効果的である。画像シーケンスが運動を含む間は、対象ピクセル値は、広範囲に変動する可能性がある。上記に説明したように、過去のフレームでの対象ピクセル値に対する対象ピクセル値の平均化は、運動遅れをもたらすことになる。それでもなお、現在の画像での対象ピクセルの近傍は、真の対象ピクセル値と概ね同様の情報を含む可能性がある。近傍間の平均値は、真の対象ピクセル値とより類似した値を生成することができる。

【0009】

しかしながら、現在のフレームでの近傍間平均化は、不要な空間的アーチファクトを導入する可能性がある。幾つかの典型的な不要の空間的アーチファクトは、損失エッジ、疑似エッジ、域内平滑化、セグメント化出現、「パッチ設定」、又は「ブロック歪み」とすることができる。画像の動的領域内に存在する空間的アーチファクトは、一般に、同等のノイズ低減を伴う時間フィルタリングによって生じる運動遅れに比べると、より許容可能である。しかしながら、画像内の静的被検体に対しては、空間フィルタリングは、時間フィルタリングには無いアーチファクトを導入する。アーチファクトは一貫して画像を劣化させ、画像の細部を見えにくくする。よって、空間フィルタリングは、シーケンス内で静的被検体の質を高める方法としては不満足なものである。

【0010】

現在、空間フィルタと時間フィルタの種々の組み合わせが存在する。ほとんどの組み合わせは、空間フィルタが画像内の静的領域の質を効果的に高めることができないことと、時間フィルタが画像内の動的領域の質を効果的に高めることができないことをバランスさせようとするものである。典型的な空間フィルタと時間フィルタの組み合わせでは、画像が空間フィルタと時間フィルタの両方を通過する。その結果、ほとんどの空間フィルタと時間フィルタの組み合わせは、空間フィルタと時間フィルタの両方のある程度の欠点を画像内に導入する。その結果、画像の静的及び動的領域の両方で不十分な解像度となる。

【非特許文献1】Burt, P. J., and Anderson E. H. による論文「

10

20

30

40

50

The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code」(IEEE 報告書、C-31:532-540, 1983)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

従って、静的領域では空間的詳細を保持しながら、動的領域では運動遅れを回避することができるシステム及び方法に対するニーズが存在する。このようなシステム及び方法は、画像ノイズを最小化にしつつ、更に時間フィルタ及び空間フィルタに関係する不要なアーチファクト及び遅れを最小化することが可能となる。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の特定の実施形態は、最小誤差時空間再帰フィルタの使用による画像ノイズ低減のためのシステム及び方法を提供する。1つの実施形態では、システムは、入力データをフィルタリングして出力を生成する時間フィルタリングユニットを含む。空間フィルタリングユニットは、入力データをフィルタリングして出力を生成する。第1の局所相関ユニットは、入力データを時間フィルタ出力と相関付けて、時間相関出力を生成する。第2の局所相関ユニットは、入力データを空間フィルタ出力と相関付けて、空間相関出力を生成する。混合ユニットは、空間相関出力と時間相関出力を協働させて、混合ユニット出力を生成する。1つの実施形態では、マルチプレクサが、混合ユニット出力を受けるために使用することができる。マルチプレクサは、混合ユニット出力に基づいて、時間フィルタ出力又は空間フィルタ出力を選択することができる。或いは、混合ユニット出力を受けて、混合ユニット出力の補集合を生成するために相補ユニットを用いても良い。

【0013】

1つの実施形態では、方法は、ノイズ除去すべき入力信号を収集する段階を含む。ノイズ除去方法は、時間フィルタリング技術を使用して入力信号をフィルタリングし、時間フィルタリング出力を生成する段階を含む。同様に、入力信号は、空間フィルタリング技術を使用してフィルタリングされ、空間フィルタリング出力を生成する。次に、時間フィルタリング出力は、入力信号と相関付けられて、時間相関出力を生成することができる。同様に、空間フィルタリング出力は、入力信号と相関付けられて、空間相関出力を生成することができる。次に、空間相関出力及び時間相関出力は、混合されて出力信号を生成することができる。時間フィルタリング出力及び/又は空間フィルタリング出力は、出力信号値に基づき選択することができる。出力信号は、入力画像からノイズを除去するのに用いることができる。

【0014】

本発明の1つの実施形態では、システムは、空間フィルタリング技術を使用してデータをフィルタリングし、第1の空間フィルタリング出力を発生させる第1の空間フィルタリングユニットを使用する。比較ユニットは、時間比較信号を空間比較信号と比較するために使用される。比較ユニット出力は、2進数を表すことができる。マルチプレクサは、比較ユニット出力を受けて、時間更新信号又は空間更新信号のどちらか一方を選択するために使用される。最後に、遅延ユニットは、出力信号をバッファリングし、遅延ユニット出力を生成するために使用される。時間更新信号と時間比較信号は、乗算ユニットによって乗算することができる。加算ユニットは、データを変更するのに使用することができる。更に加算ユニットは、空間更新信号と空間比較信号を生成するのに使用することができる。出力信号は、時間更新信号、空間更新信号、又は時間更新信号と空間更新信号の両方、によって変更された入力データとすることができる。更に、第2の空間フィルタリングユニットを用いて、遅延ユニット出力をフィルタリングして、第2の空間フィルタリング出力を生成することができる。第2の空間フィルタリング出力を用いて、時間比較信号を計算することができる。遅延ユニット出力を用いて、時間更新信号を計算することができる。

【0015】

10

20

30

40

50

他の実施形態では、最小誤差時空間再帰フィルタは、多重解像度空間フィルタに使用することができる。最小誤差時空間再帰フィルタは、多重解像度空間フィルタの合成部分において実装することができる。

【 0 0 1 6 】

本発明のシステム及び方法は、画像ノイズを最小にすることができると共に、画像の動的領域内での運動遅れを回避し且つ画像の静的領域内での空間詳細を保持する。従って、動的及び静的画像領域の両方に対する解像度を増大させることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

上記の発明の開示並びに本発明の特定の実施形態の以下の詳細な説明は、添付の図面と共に読めばより良く理解されるであろう。本発明の説明の目的で、特定の実施形態が各図面に示される。しかしながら、本発明は、添付図面に示す構成及び手段に限定されないことを理解されたい。

【 0 0 1 8 】

図 1 は、本発明の実施形態に従って使用される最小差時空間 (M D S T) フィルタのデータ流れ図 1 0 0 を示す。データ流れ図 1 0 0 は、入力信号 x から出力信号 y を計算する際の種々のユニット及びデータの流れを示す。入力信号 x は、4つのユニットへの入力である。入力信号 x は、再帰時間フィルタ 1 1 0、空間特徴保存フィルタ 1 2 0、局所相関ユニット 1 3 0、及び局所相関ユニット 1 4 0 への入力である。空間特徴保存フィルタ 1 2 0 及び再帰時間フィルタ 1 1 0 は、それぞれ出力 s 及び t を生成する。出力 t 及び s は、乗算ユニット 1 7 0 及び 1 8 0 へそれぞれ入力される。出力 t 及び s はまた、入力信号 x と共に、局所相関ユニット 1 3 0、1 4 0 へそれぞれ入力される。局所相関ユニット 1 3 0、1 4 0 は、出力 c_t 及び c_s をそれぞれ生成する。出力 c_t 及び c_s は、混合関数ユニット 1 5 0 へ入力される。混合関数ユニット 1 5 0 は、相補ユニット 1 6 0 及び乗算ユニット 1 7 0 へ伝送される出力 k を生成する。 k の有効な値は、0 又は 1、或いは 0 から 1 の間とすることができる。相補ユニット 1 6 0 の出力 $(1 - k)$ は、乗算ユニット 1 8 0 へ伝送される。乗算ユニット 1 7 0、1 8 0 の出力 t' 及び s' はそれぞれ、加算ユニット 1 9 0 で合成されて出力信号 y を形成する。出力信号 y はまた、次のフレームにおける t 値の計算に使用する目的で、再帰時間フィルタ 1 1 0 に戻される。システム 1 0 0 の構成要素は、個別のユニットであっても良く、種々の形態で統合しても良く、及び / 又はハードウェア及び / 又はソフトウェア内に実装しても良い。各構成要素及び信号は以下に説明する。

【 0 0 1 9 】

本 M D S T データ流れ図 1 0 0 では、時間及び空間フィルタリングの両方が個別に実行される。時間及び空間フィルタ出力は、出力が最新の入力信号 x と一致する程度に関する割合で混合される。入力信号 x は、入力画像、フレームデータ、又はピクセルストリームとすることができる。

【 0 0 2 0 】

再帰時間フィルタ 1 1 0 は、前回のフレーム y_{prev} と入力信号 x の加重平均を生成する。再帰時間フィルタの出力は t であり、

$$t = x + a_1 (y_{prev} - x) \quad \text{式 1}$$

ここで、 a_1 は再帰時間フィルタ 1 1 0 内部で設定される平均化係数である。

【 0 0 2 1 】

空間特徴保存フィルタ 1 2 0 は、調整可能な量の空間フィルタリングを実行する。空間フィルタリングは、入力信号 x の重要な特徴を保存する。空間特徴保存フィルタ 1 2 0 の出力は s である。

【 0 0 2 2 】

第 1 の局所相関ユニット 1 3 0 は、時間フィルタの出力である t を入力画像 x と比較することによって局所相関信号 c_t を生成する。 c_t 値は、 t が x と一致するように接近するにつれて増大することができる。 c_t 値は、 t が x との一致から遠ざかるにつれて減少

する。tとxの比較は、ピクセルの近傍の範囲内で実施される。第2の局所相関ユニット140は、空間フィルタの出力であるsを入力画像xとピクセルの近傍内で比較することによって局所相関信号 c_s を生成する。慣例により、 c_s の大きい値は、画像sとx間の局所類似性の程度が大きいことを示す。慣例により、 c_s の小さい値は画像sとx間の局所非類似性の程度が大きいことを示す。同様に、信号 c_t は、画像tとx間の局所類似性の程度を符号化することができる。

【0023】

次に、相関ユニット130、140の出力 c_t 、 c_s は、混合関数ユニット150に入力される。混合関数ユニット150は、空間及び時間フィルタリングが出力信号y内に存在することができる程度を相関値 c_t 及び c_s に基づいて求める。本関数は、空間及び時間フィルタリングに対する調整可能なバイアスを有する。本発明の実施形態で使用される混合関数kは、次式：

10

【0024】

【数1】

$$k = \frac{1}{1 + \left(\frac{c_s}{c_t} \right)^{\gamma}} \quad \text{式2}$$

【0025】

20

であり、ここで、 γ は、システム設計者によって設定することができる調整可能なパラメータである。

【0026】

1つの実施形態では、混合関数の出力kは、0と1の間である。信号kは、出力y内で使用することができる時間フィルタリングの割り当てを表す。従って、kにtを乗算すると、t'が得られる。信号t'は出力画像yに寄与するtの部分である。

【0027】

信号kはまた、相補ユニット160に入力される。kが相補ユニット160へ入力されると、例えばkは、0から1の間であり、出力画像yへ寄与することができる時間フィルタリングの部分を表す。相補ユニット160は、出力画像yへ寄与することができる空間フィルタリングの部分を表す出力(1-k)を生成する。信号(1-k)とsを乗算してs'が得られる。信号s'は出力画像yへ寄与するsの部分である。

30

【0028】

次に、信号t'及びs'は、加算ユニット190によって共に加算されて、出力信号yを生成する。信号yは、再帰時間フィルタ110の一部と、空間特徴保存フィルタ120の一部とを組み入れることができる。また、出力yは、新しい再帰時間フィルタ出力値tを計算する際に使用するために、再帰時間フィルタ110に戻される。

【0029】

或いは、出力yは、再帰時間フィルタ110の出力t又は空間特徴保存フィルタ120の出力sのいずれかから完全に構成される。図2は、本発明による実施形態に従って使用されるMDSTフィルタの2進データ流れ図200を示す。2進データ流れ図200は、混合関数ユニット150の出力kが、例えば0又は1に設定される以外は、データ流れ図100と同等である。更に、2進データ流れ図200は、 γ が無限大に近づくと、データ流れ図100と機能的に等しくなる。従って、出力yは、完全に再帰時間フィルタ110の出力tであるか、又は完全に空間特徴保存フィルタ120の出力sであるか、いずれか一方である。マルチプレクサ255は、 $k=1$ の時は時間出力t、 $k=0$ の時は空間出力sを選択する。従って：

40

【0030】

【数 2】

$$y = \begin{cases} t & k=1 \text{ の場合} \\ s & k=0 \text{ の場合} \end{cases} \quad \text{式 3}$$

【0031】

である。図 2 の他の要素は図 1 と同等である。

【0032】

図 3 は、本発明の実施形態による最小差時空間フィルタを実装するためのシステム 300 を示す。本システム 300 は、2 進データ流れ図 200 の変更を利用して、入力画像フレーム x に対して空間フィルタリング又は時間フィルタリングのどちらか一方を選択する。システム 300 では、 x は 4 つのユニットへ入力される。入力画像 x は、空間フィルタ 310、加算ユニット 330、加算ユニット 340、及び加算ユニット 350 に入力される。空間フィルタ 310 の出力は s である。信号 s は、加算ユニット 320 及び加算ユニット 340 へ供給される。信号 s は、更新 / 比較信号 $d s$ 及び比較信号 $d t'$ を計算するのに使用される。

10

【0033】

空間更新信号 $d s$ は、比較ユニット 360 における直接使用及びマルチプレクサ 370 への入力として計算される。空間更新 / 比較信号 $d s$ は、次式によって計算される。

$$d s = s - x \quad \text{式 4}$$

20

ここで、 $d s$ は、 x の空間平滑化されたものである s と入力画像 x との差を表している。次に、空間更新 / 比較信号 $d s$ は、比較ユニット 360 及びマルチプレクサ 370 へ入力される。空間更新 / 比較信号は、時間比較信号と比較ユニット 360 において直接比較される。空間更新 / 比較信号はまた、条件 $k = 0$ のときには、入力信号 x を更新して出力 y を生成するように選択することができる。

【0034】

時間更新信号 $d t$ はまた、時間比較信号 $d t'$ と共に計算される。時間更新信号 $d t$ 及び時間比較信号 $d t'$ の両方は、前回フレームの出力である y_{prev} の関数である。パラメータ y_{prev} は、出力 y を遅延すなわちバッファ 380 z^{-1} frame に通すことによって生成される。遅延 380 は、信号を 1 フレームだけ遅延させ、その結果、遅延 380 の出力 y_{prev} は前回フレームの信号 y を含むようになる。信号 y_{prev} は、空間フィルタ 390 及び加算ユニット 330 へ入力される。

30

【0035】

加算ユニット 330 は、前回フレームの出力 y_{prev} と入力画像フレーム x との間の差を計算する。加算ユニット 330 は、加算又は減算を実行することができる。次いで、この差に時間フィルタリング係数 a_1 を乗算する。時間フィルタリング係数は、一般に 0 と 1 の間であり、システムをバイアスするのに使用することができる。従って、時間更新信号 $d t$ は次式で計算される。

$$d t = a_1 (y_{prev} - x) \quad \text{式 5。}$$

時間更新信号 $d t$ は、 k によって選択される場合に出力 y を生成するのに使用される。従って、 $d t$ は、 k によって選択される場合に修正信号として x に加算することができる。

40

【0036】

しかしながら、比較のために使用される時間比較信号 $d t'$ は、出力の生成に使用される時間更新信号 $d t$ とは異なる。信号 $d t'$ は、前回フレームの空間平滑化されたものと現在のフレームの空間平滑化されたものとの差として計算される。前回フレーム y_{prev} の空間平滑化されたものは y' である。空間平滑化フレーム y' は、 y_{prev} が空間フィルタ 390 を通った結果である。 y_{prev} が空間フィルタ 390 を通過すると、 k のノイズが減少する。次いで、空間平滑化された前回フレーム y' と空間平滑化された現在フレーム s との間の差は、時間フィルタリング係数 a_2 と乗算される。時間フィルタリング係数 a_2 は、一般に 0 と 1 の間であり、システム内にバイアスを導入するのに使用す

50

ることができる。従って、 dt' は次式のように計算される。

$$dt' = a_2 [M_2(y_{prev}) - M_1(x)] \quad \text{式 6}$$

$$dt' = a_2 [y' - s] \quad \text{式 7。}$$

1つの実施形態では、 $a_1 = a_2$ 且つ空間フィルタ M_1 及び M_2 は等しい。或いは、システムのバイアスを制御する目的で、 a_1 と a_2 は異なっても良い。

【0037】

上述のように、 dt' 及び ds は、比較ユニット360で比較される。1つの実施形態では、比較ユニット360の出力 k は、 ds 又は dt' のどちらが小さいかによって決まる。 $dt' < ds$ である場合には、 k は1に等しい。 $dt' \geq ds$ である場合には、 $k = 0$ である。

【0038】

【数3】

$$k = \begin{cases} 1 & |dt'| < |ds| \text{ の場合} \\ 0 & \text{上記以外} \end{cases} \quad \text{式 8}$$

【0039】

従って、システム300は、画像の動的領域を空間フィルタを通してフィルタリングし、画像の静的領域を時間フィルタを通してフィルタリングすることができる。選択信号 k は、運動信号と考えることができる。 $k = 1$ の場合、被検体の運動が生じる可能性は無く、時間平均化が確実である。 $k = 0$ の場合、運動の可能性が高く、空間平均化が選定される。

【0040】

出力 k はマルチプレクサ370へ入力される。 k が1の場合、マルチプレクサ370は時間更新信号 dt を通過させる。 k が0の場合、マルチプレクサ370は空間更新信号 ds を通過させる。出力信号 y は、入力信号 x に修正信号 d を加えたものから成り、 d が ds 又は dt のいずれかに等しい場合、

$$y = x + d \quad \text{式 9}$$

【0041】

【数4】

$$d = \begin{cases} dt & k=1 \text{ の場合} \\ ds & k=0 \text{ の場合} \end{cases} \quad \text{式 10}$$

【0042】

或いは、図4は、本発明の実施形態による最小差時空間フィルタを実装するためのシステム400を示す。本システム400は、システム300から空間フィルタ390 (M_2) が除去されてシステム400が生成されている以外は、システム300と同等である。空間フィルタ390 (M_2) をシステム300から除去すること、及びその後のデータ流れが変化することにより、システム300が実行する計算回数を低減することができる。従って、システム300に優る、システム400を使用することの利点は、システム400がコンピュータ面でより安価な点である。

【0043】

しかしながら、空間フィルタ390 (M_2) の除去は、システム300のコントラスト対ノイズ比を悪化させる可能性がある。システム300では、空間フィルタ390 (M_2) の効果は、2進数信号である信号 k からのノイズを除去することである。 M_2 を除去することによって、システム400は、コンピュータ面では実装がより安価となるが、0と1の間で k がディザリングする可能性が増大する。

【0044】

別の実施形態では、MDSTフィルタのノイズ低減能力は、MDSTフィルタが多重解

10

20

30

40

50

像度空間フレームワークヘシステムに組み込まれる時に改善される。図5は、本発明の実施形態によるMDS Tフィルタを組み込んだ多重解像度空間フレームワークシステム500を示す。従って本システム500では、MDS Tフィルタは、種々の空間的尺度で運動及び特長を検出し、異なる尺度でノイズを低減することができる。システム500は、MDS Tを多重解像度空間フィルタの合成フェーズ内に組み込む。またこの配置により、MDS Tが異なる空間的又は時間的バイアスを異なる空間的尺度で有することが可能となる。Burt, P. J, and Anderson E. H. による論文「The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code」(IEEE報告書、C-31:532-540, 1983)では、典型的な多重解像度空間フレームワークを開示している。

10

【0045】

図5は、分解フェーズ510、処理フェーズ520、及び合成フェーズ530を含む。多重解像度空間フィルタの分解フェーズは、画像から周波数帯を抽出する。システム500では、4つの周波数帯が分解フェーズ510において抽出される。しかしながら、どのような数の周波数帯が抽出されても良い。lpdブロック502は、周波数帯分離に使用されるローパスフィルタである。lpsブロック504は、ローパスフィルタ502からのデータを平滑化するフィルタである。lpsブロック504は、ローパス補間フィルタlpi534の低域通過特性とより一致する。lpsブロック504とローパス補間フィルタlpi534との間は、分解フェーズにおいて減算される信号のスペクトル特性が、合成フェーズにおいて加算される信号のスペクトル特性と一致するように相関付けることができる。ハイパス情報は、例えば、アンシャープマスキングによって抽出することができる。アンシャープマスキングは、原画像から画像の平滑化されたものを減算する。従って、入力平滑化されたものは、原入力から減算されて、ハイパス情報を生成する。低周波画像もまた、ダウンサンプリングユニット506によってダウンサンプリングされて、本プロセスを繰り返す。

20

【0046】

多重解像度空間フレームワークの処理フェーズ520は、抽出された周波数帯に対する操作を実行する。システム500では、例証として、バンド増幅器525は画像データxを操作するように示されている。周波数帯信号に対して実施される典型的な操作は、詳細部を強調するための線形増幅、又は、詳細部を強調し、ノイズ及びハロー・アーチファクトを最小化するための非線形増幅である。

30

【0047】

合成フェーズ530では、信号は、アップサンプリングユニット532によってアップサンプリングされる。また、信号は、ローパス補間フィルタlpi534を通過する。また、合成フェーズ530では、信号は、MDS Tフィルタ536を通過して、既知の多重解像度空間フレームワークよりもノイズの少ない画像を生成する。

【0048】

図6は、本発明の1つの実施形態による最小差時空間フィルタを実装する方法600を示す。ステップ610で、入力画像又は信号を収集する。上述のように、入力画像は、フレームデータ、画像、又はピクセルのストリームとすることができる。ステップ620で、入力画像を2つの別々のフィルタに通過させる。入力画像は、空間的及び時間的の両方でフィルタリングされる。ステップ630で、各フィルタの出力を入力信号と相関付ける。空間フィルタ出力を入力信号と相関付けて、入力信号と該入力信号の空間的にフィルタリングされたものとの間の差分を求める。時間フィルタ出力を入力信号と相関付けて、入力信号と入力信号の時間フィルタリングされたものとの間の差分を求める。1つの実施形態では、両方の相関関係が出力を生成する。ステップ640で、相関関係の出力を、該出力に適用されるべき時間又は空間フィルタリングの量を協働させるよう使用する。

40

【0049】

本発明を特定の実施形態を参照して説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく、種々の変更を行い、均等物と置き換え得ることは当業者であれば理解されるであろう

50

。加えて、本発明の範囲から逸脱することなく、特定の状況又は材料を本発明の教示に対して適合させるよう多数の修正を行うことができる。従って、本発明は、開示された特定の実施形態に限定されず、添付の本発明の請求項の範囲に含まれる全ての実施形態を包含することが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施形態によって使用される最小差時空間（MDS T）フィルタのデータ流れ図。

【図2】本発明の実施形態によって使用される最小差時空間（MDS T）フィルタの2進データ流れ図。

10

【図3】本発明の実施形態による最小差時空間システム。

【図4】本発明の実施形態による別の最小差時空間システム。

【図5】最小差時空間フィルタを組み込んだ多重解像度空間フレームワークシステム。

【図6】本発明の実施形態による最小差時空間フィルタを実装するための方法。

【符号の説明】

【0051】

100 画像データフィルタリングシステム

110 再帰時間フィルタ

120 特徴保存空間フィルタ

130、140 局所相関ユニット

150 混合関数

160 相補ユニット

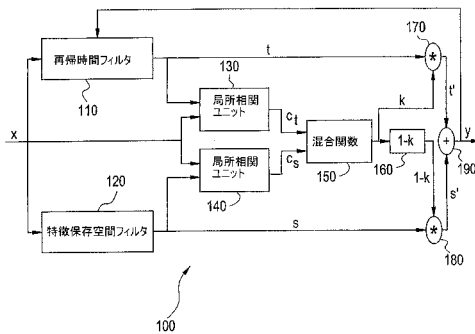
170 乗算ユニット

180 乗算ユニット

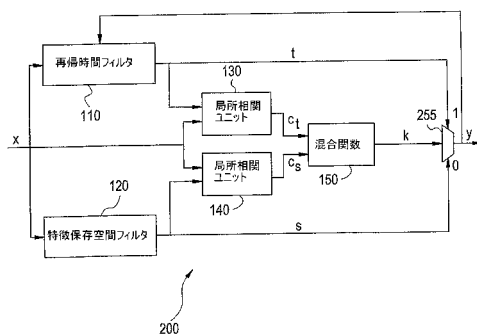
190 加算ユニット

20

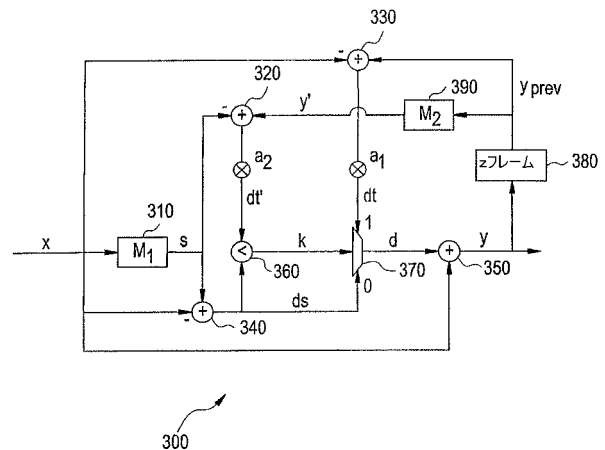
【図1】



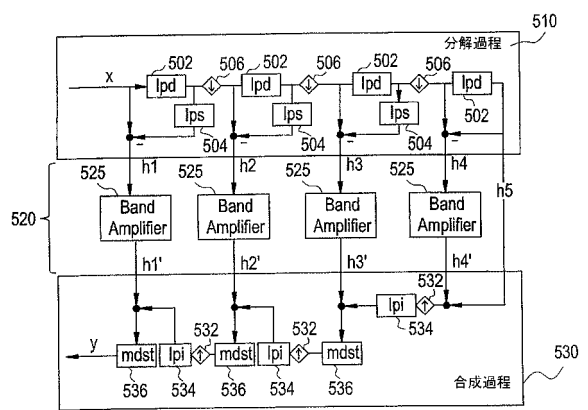
【図2】



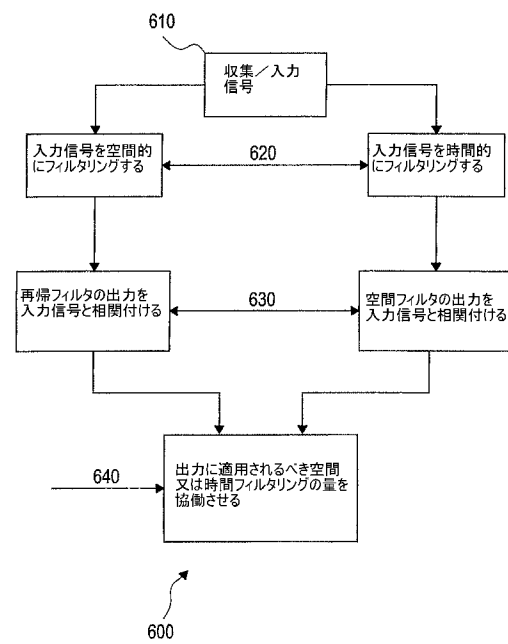
【図3】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(74)代理人 100129779

弁理士 黒川 俊久

(72)発明者 ディミトリ・ヴィクトロヴィッチ・ヤツネンコ

アメリカ合衆国、ユタ州、ソルトレイク・シティー、セカンド・アベニュー、ナンバーＴ - 6、1
2 3 番

(72)発明者 ダニエル・マホノリ・ベイツ

アメリカ合衆国、ユタ州、ソルトレイク・シティー、エス、1 9 4 0、イー、6 4 3 9 番

審査官 遠藤 孝徳

(56)参考文献 米国特許第 6 3 3 5 9 9 0 (U S , B 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 1 2 3 7 5 0 (U S , A 1)

特表 2 0 0 0 - 5 0 8 8 5 1 (J P , A)

特表 2 0 0 0 - 5 0 7 7 2 6 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 2 8 0 2 5 (U S , A 1)

特表平 1 0 - 5 0 5 4 4 3 (J P , A)

特表 2 0 0 0 - 5 1 6 7 9 6 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 2 9 5 4 9 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 6 / 0 0 - 6 / 1 4

H 0 4 N 5 / 1 4 - 5 / 2 1 7

H 0 4 N 5 / 3 0 - 5 / 3 3 5

H 0 4 N 7 / 1 8

H 0 5 G 1 / 0 0 - 1 / 7 0