

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4081237号

(P4081237)

(45) 発行日 平成20年4月23日(2008.4.23)

(24) 登録日 平成20年2月15日(2008.2.15)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 H 17/00 (2006.01)
 G O 1 H 17/00 A
 G O 1 H 17/00 Z

請求項の数 50 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2000-507986 (P2000-507986)	(73) 特許権者	501352882
(86) (22) 出願日	平成10年8月27日 (1998.8.27)		キネテイツク・リミテッド
(65) 公表番号	特表2001-514380 (P2001-514380A)		イギリス国、ロンドン・エス・ダブリュ・
(43) 公表日	平成13年9月11日 (2001.9.11)		1・6・テイ・デイ、バツキンガム・ゲー
(86) 国際出願番号	PCT/GB1998/002566		ト・85
(87) 国際公開番号	W01999/010715	(74) 代理人	100062007
(87) 国際公開日	平成11年3月4日 (1999.3.4)		弁理士 川口 義雄
審査請求日	平成17年8月10日 (2005.8.10)	(74) 代理人	100105131
(31) 優先権主張番号	9718026.9		弁理士 井上 満
(32) 優先日	平成9年8月27日 (1997.8.27)	(74) 代理人	100113332
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 一入 章夫
		(74) 代理人	100103920
			弁理士 大崎 勝真
		(74) 代理人	100117053
			弁理士 相馬 貴昌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ノイズにおける周期的な信号を感知する信号処理システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最初の信号 $s_{sin c}$ におけるノイズ影響をその表示によって局所化する方法であって、モデル信号 $\Sigma b_{in c}$ は、少なくとも1つのモデルパラメータ (a_0 、 a_1 、 a_2 、 $\dots$ 、 a_n) $_{in c}$ を含むパラメータセットによって表示可能な少なくとも1つのモデル成分 $b_{in c}$ を含み、

方法が、

(a) 最初の信号 $s_{sin c}$ からモデル信号 $\Sigma b_{in c}$ を減算して、残りの信号 $r_{in c}$ を導出するステップと、

(b) ゼロと一単位との間の値を有する乗算疑似積分係数 p によって残りの信号 $r_{in c}$ をスケーリングするステップと、

(c) ステップ (b) で得られたスケーリングされた残りの信号を、モデル信号 $\Sigma b_{in c}$ の少なくとも1つの部分に加算して、スケーリングされた残りの信号の摂動ノイズの影響が局所化された少なくとも1つの疑似積分された信号 $P l d a t a_{in c}$ を与えるステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項 2】

ステップ (c) より前に、モデル信号 $\Sigma b_{in c}$ が、スケーリングされた残りの信号に加算するためのスケーリングされた少なくとも1つのモデル成分を備えるそれらの部分を得るために、 $(1 - p)$ で乗算され、モデル化された各成分 $b_{in c}$ を表わすモデルパラメータセット (a_0 、 a_1 、 s_2 、 $\dots$ 、 a_n) は、以下の追加ステップによりシ

10

20

テム誤差が補正される方法であって、追加ステップが、

(a) 各特定のモデル化成分 $b_{i n c}$ の疑似積分された信号 $P l d a t a_{i n c}$ をモデル化して、対応する局所的に摂動したモデルパラメータ $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{L p}$ のセットを得るステップと、

(b) その対応する局所的に摂動したモデルパラメータ $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{L p}$ から各モデルパラメータ $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)$ を減算して、少なくとも1つの局所化された摂動誤差の対応するセットを得るステップと、

(c) 疑似積分係数 ρ で局所化された各摂動誤差を除算することによって、局所化された各摂動誤差を再スケーリングするステップと、

(d) 各再スケーリングした局所化された摂動誤差をその対応するモデルパラメータ $(a_0, a_1, \dots, a_n)$ に加算することにより、それぞれの疑似積分されたモデルパラメータ $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{P l}$ のセットを得るステップとであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

10

【請求項3】

信号が、多数の信号ウィンドウ $S S_{i n c}, S S_{i n c+1}, \dots, S S_{i n c+n}$ を提供するためにセグメント化され、方法が、各信号成分をモデル化する複数の疑似積分されたパラメータセット $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{P l}$ を生成するために繰り返し適用され、補正されたパラメータセット $(a'_0, a'_1, a'_2, \dots, a'_n)$ が、この様な複数のパラメータセットから導出されることを特徴とする請求項2に記載の方法。

20

【請求項4】

モデル信号 $\Sigma b_{i n c}$ が、疑似積分されたモデルパラメータ $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{P l}$ のそれぞれのセットから順次導出されたの少なくとも1つの補正された成分 $b'_{i n c}$ の加算によって、システム誤差 $\Sigma b'_{i n c}$ のために補正されることを特徴とする請求項2または3に記載の方法。

【請求項5】

最初の信号 $S S_{i n c}$ が、デジタルでサンプリングされた信号 $[S S]_{i n c}$ であり、モデル信号 $\Sigma b_{i n c}$ が、前に予測されサンプリングされた信号値 $[\Sigma b]_{i n c}$ を含むことを特徴とする請求項1、2、3、または4に記載の方法。

【請求項6】

デジタルでサンプリングされた信号 $[S S]_{i n c}$ と、少なくとも1つの成分信号 $b_{i n c}$ の重ねあわせを含む前に予測されサンプリングされた信号値 $[\Sigma b]_{i n c}$ との間の差を抽出する場合のノイズ影響を局所化する方法であって、該方法は、

(a) サンプリングされた信号 $[S S]_{i n c}$ から予測された信号値 $[\Sigma b]_{i n c}$ を減算して、サンプリングされた残りの信号 $[r]_{i n c}$ を導出するステップと、

(b) ゼロと一単位との間の値を有する疑似積分係数 ρ に従って、残りの信号 $[r]_{i n c}$ が ρ によって乗算されるように、残りの信号 $[r]_{i n c}$ をスケーリングするステップと、

(c) ステップ(b)で得られスケーリングされた残りの信号を、少なくともモデル信号 $\Sigma b_{i n c}$ の部分に加算するステップとを含む方法。

40

【請求項7】

ステップ(c)より前に、モデル信号 $\Sigma b_{i n c}$ が、スケーリングされた残りの信号に加算するためのそれらの部分を得るために、 $(1 - \rho)$ で乗算されることを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】

システム誤差を打ち消すための請求項2に記載の方法であって、誤差が、ノイズの影響を示す信号の一成分 $b_{i n c}$ を記述するパラメータの予測値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{i n c}$ 内であって、該方法は、

(a) 請求項1のステップ(a)より前に、前に決定されたパラメータ値から、期待されたサンプリング信号値 $[\Sigma b]_{i n c}$ を予測するステップと、

50

(b) 請求項1のステップ(a)から(c)を実行するステップであって、最初の信号が、ノイズに影響された信号から取られたサンプリング値 $[ss]_{inc}$ のデータセグメントを含み、モデル信号が、ステップ(a)で得られた期待されるサンプリング信号値 $[\Sigma b]_{inc}$ を含み、従って、残りの信号 r_{inc} 及び疑似積分された信号 $Pl data_{inc}$ は、残りの信号サンプリング値 $[r]_{inc}$ と、信号成分 b_{inc} に適切な疑似積分されたデータ $[Pl data]_{inc}$ のセットとをそれぞれ備えるステップと、

(c) 信号成分 b_{inc} を記述するパラメータに適切な局所的に摂動したパラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{LP}$ を、疑似積分されたデータセット $[Pl data]_{inc}$ から導出するステップと、

(d) 予測パラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{inc}$ と、疑似積分係数 ρ で除算された局所的に摂動したパラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{LP}$ との間の差から、モデル信号成分 b_{inc} を記述する予測パラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{inc}$ の各々において、再スケーリングされた摂動誤差 $err(a_i)$ を測定するステップと、

(e) 予測パラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{inc}$ に、ステップ(d)で導出された再スケーリングされた摂動誤差 $err(a_i)$ を加算して、疑似積分されたパラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{PL}$ を得るステップと、

(f) 疑似積分されたパラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{PL}$ を平滑化及びトラッキングして、補正されたパラメータ値 $(a'_0, a'_1, \dots, a'_n)$ を与えるステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項9】

請求項8に記載の方法であって、

(a) 前に決定されたそれぞれの疑似積分されたパラメータ値を含むそれぞれの履歴キャッシュ内に、最新値として、疑似積分されたパラメータ値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{PL}$ を格納するステップと、

(b) 各キャッシュから最初のパラメータ値をクリアするステップと、

(c) 各履歴キャッシュ内の疑似積分されたパラメータ値にトラックフィッティングして、その結果生じたトラックをサンプリング値 $[ss]_{inc+1}$ の将来のセグメントに外挿することにより、ノイズに影響される信号の将来のサンプリング値 $[ss]_{inc+1}$ に適切な補正された各パラメータ値 a_i' の新しい値を予測するステップとを更に備えることを特徴とする方法。

【請求項10】

トラッキングが、時間ドメイン内で実行されて、繰り返しパラメータ補正が、時間的に変化する信号の影響を引き起こすことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項11】

ステップ(c)のトラックフィッティングが、線形回帰手順であることを特徴とする請求項9または10に記載の方法。

【請求項12】

請求項8から11のいずれか一項に記載の方法であって、信号が多成分信号 Σb_{inc} であり、方法が、その各成分 b_{inc} に適用されることを特徴とする方法。

【請求項13】

デジタルでサンプリングされた信号30の成分を分離する請求項2に記載の方法であって、該方法は、

(a) 請求項1のステップ(a)より前に、検出システム50によってセグメント $[ss]_{inc}$ でデジタル化された信号30を計時するステップと、

(b) 請求項1のステップ(a)から(c)を実行するステップであって、最初の信号が、デジタル化された信号セグメント $[ss]_{inc}$ を含み、モデル信号が、予測されたモデルパラメータのセットから導出された予測振幅値 $[\Sigma b]_{inc}$ を含み、各セット $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{inc}$ が信号のモデル化された成分 b_{inc} を表わし、従って、残りの信号 r_{inc} と疑似積分された信号 $Pl data_{inc}$ が、残りの信

10

20

30

40

50

号のサンプリング値 $[r]_{i_{nc}}$ と、疑似積分されたデータセット $[Pldata]_{i_{nc}}$ とをそれぞれ備えるステップと、

(c) デジタルでサンプリングされた信号 30 のサンプリング時間に関連して、予測振幅値 $[\Sigma b]_{i_{nc}}$ に適用されたプロファイル $b_{i_{nc}}$ のタイミングにおける誤差を補正し、それぞれ疑似積分されたデータ $[Pldata]_{i_{nc}}$ のセットを使用して、検出された各成分のこの適用された振幅プロファイル $b_{i_{nc}}$ における振幅変化をトラッキングするステップと、

(d) 新しい信号成分のために残りの信号 $[r]_{i_{nc}}$ を探索するステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項 14】

予測された成分が、前に計時されたデジタル信号 30 のセグメントにおいてトラッキングされた検出成分から導出されることを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

デジタルサンプリングされた信号 30 の成分が、周期的な成分であることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の方法。

【請求項 16】

請求項 13 または 14 に記載の方法であって、信号成分が周期的な成分であり、請求項 12 のステップ (c) が、

(a) 検出された各周期的な成分の予測振幅プロファイル $b_{i_{nc}}$ から疑似積分されたデータセット $[Pldata]_{i_{nc}}$ の重み付けされ平均化されたオフセットを測定し、
それによりスケールリングされた摂動タイミングオフセットを導出するステップと、

(b) 疑似積分係数 ρ で重み付けされ平均化されスケールリングされた摂動タイミングオフセットを除算し、それにより予測された振幅値 $[\Sigma b]_{i_{nc1}}$ の各々における再スケールリングされたタイミング誤差を導出するステップと、

(c) 疑似積分されたデータ $[Pldata]_{i_{nc}}$ をプロファイルフィッティングして、局所的に摂動したプロファイルフィットを生成し、プロファイルフィットに適合する局所的に摂動したプロファイル係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{LP}$ のセットを導出するステップと、

(d) 各局所的に摂動した係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{LP}$ と、プロファイル係数の対応する係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{i_{nc}}$ との間の差を測定し、各々の差を疑似積分係数 ρ で除算することにより、再スケールリングされたプロファイル係数誤差のセットを導出するステップと、

(e) 前に予測したタイミング及びプロファイル係数値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{i_{nc}}$ に、再スケールリングされたタイミング誤差及び各再スケールリングされたプロファイル係数誤差を加算し、それぞれ、疑似積分されたタイミング及びプロファイル係数値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{p1}$ を生成するステップと、

(f) 疑似積分されたタイミング及びプロファイル係数値 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{p1}$ を平滑化及びトラッキングして、それぞれ補正されたタイミング及びプロファイル係数値を生成するステップと、

(g) 補正されたタイミング及びプロファイル係数値から、将来入力するデジタル信号セグメント $[ss]_{i_{nc}+1}$ に適切な、タイミングと各係数プロファイルとの新しい値を予測するステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項 17】

ステップ (g) において予測された値は、引き続いてサンプリングされた信号セグメント $[ss]_{i_{nc}+1}$ の分析において、請求項 12 のステップ (b) 及び (c) の引き続く繰り返しにおいて使用された、予測振幅値 $[\Sigma b]_{i_{nc}}$ と、振幅プロファイル $b_{i_{nc}}$ 及び関連する予測モデルパラメータ $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i_{nc}}$ のセットと、タイミングとを導出するために使用されることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

請求項 16 のステップ (f) は、

- (a) 前に決定された疑似積分されたタイミングとプロファイル係数値を含むそれぞれの履歴キャッシュに、疑似積分されたタイミング及びプロファイル係数値 (a_0 、 a_1 、 $\dots$ 、 a_n) p_1 を最新値として格納するステップと、
- (b) 各キャッシュから第 1 パラメータ値をクリアするステップと、
- (c) 各履歴キャッシュにおける値にトラックフィッティングし、その結果生じフィッティングしたトラックをサンプリング値 $[ss]_{inc+1}$ の将来のセグメントに外挿することにより、将来のデジタル化された入力信号セグメント $[ss]_{inc+1}$ に適切なタイミングと各プロファイル係数との新しい値を予測するステップとを更に備えることを特徴とする請求項 16 または 17 に記載の方法。

10

【請求項 19】

振幅プロファイルの勾配が急激な位置でのオフセットが、比較的強く重み付けされ、勾配がゼロ付近の位置でのオフセットが、比較的弱く重み付けされた重み付けスキームに従って、重み付けオフセットが導出されることを特徴とする請求項 16、17、または 18 に記載の方法。

【請求項 20】

疑似積分係数 ρ が、0.003 から 0.03 の範囲であることを特徴とする請求項 1 から 19 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

デジタルでサンプリングされた信号 30 の周期的な成分を検出する方法であって、該方法が、

20

- (a) サンプリングされた信号 30 をフィルタリングして、該周期的な成分の周期性 τ を概算する同期して推定された周期 σ を得るステップと、
- (b) デジタルでサンプリングされた信号 30 をデータブロックにスライスし、各データブロックのサイズが、同期して推定された周期 σ に等しいステップと、
- (c) デジタルにサンプリングされた信号 30 におけるサンプル点のブロック間で同相の振幅を平均化し、周期性 σ の平均振幅値

【数 1】

$$\overline{b(\sigma)}$$

30

を得るステップと、

- (d) 各データブロック内のサンプル点振幅 b_i から平均振幅値

【数 2】

$$\overline{b(\sigma)}$$

を減算し、残りの値のブロックを得るステップと、

- (e) 疑似積分係数 ρ に従って残りの値のブロックをスケーリングして、残りの値が ρ で乗算されるようにしたステップと、

40

- (f) ステップ (e) で得られたスケーリングされた残りの値を、少なくとも平均振幅値

【数 3】

$$\overline{b(\sigma)}$$

の部分に加算して、局所的に摂動した振幅値を得るステップと、

- (g) 平均振幅値

【数 4】

$$\overline{b}(\sigma)$$

から局所的に摂動した振幅値の時間におけるオフセットを測定することにより、局所的に摂動するオフセットを導出するステップと、

(h) 疑似積分係数 ρ により、局所的に摂動したオフセットを除算し、その結果得られた疑似積分された値をトラッキング及び平滑化して、平均タイミング誤差ラインを得るステップと、

(i) 平均タイミング誤差ラインの勾配に等しい量で、同期して推定された周期 (σ) を補正し、周期的な成分の周期性 τ の詳細な推定値を得るステップとを含むことを特徴とする方法。 10

【請求項 2 2】

ステップ (f) より前に、ステップ (e) で生成されたスケーリングされた残りの値に加算するためのその部分を得るために、平均振幅値

【数 5】

$$\overline{b}(\sigma)$$

を $(1 - \rho)$ によって乗算することによりスケーリングすることの特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。 20

【請求項 2 3】

(a) 受信された信号データストリーム ss_{inc} 、30 に物理現象を変換するトランスデューサ 5 4、5 6 と、

(b) 受信された信号 $b(s)$ 、 ss_{inc} の少なくとも 1 つの成分 Σb_{inc} 、

【数 6】

$$\overline{b}(s)$$

の予測推定を含む予測信号を与える予測器 7 0、7 2、9 4 と、 30

(c) 受信された信号 ss_{inc} から予測信号 Σb_{inc} 、

【数 7】

$$\overline{b}(s)$$

を減算して、残りの信号 r_{inc} を生成するリムーバ 6 2、7 8 と、

(d) 各セットが 1 つの予測信号成分 Σb_{inc} 、

【数 8】

$$\overline{b}(s)$$

40

に対応する、疑似積分された成分 $Pldata_{inc}$ のセットを備える疑似積分された信号を生成し、またこの疑似積分された成分セットを使用して予測信号成分を補正する評価器 9 0、7 8 であって、疑似積分された成分 $Pldata_{inc}$ の各セットが、ゼロと一単位と間の値を有する疑似積分係数 ρ によってスケーリングされた、それぞれの残りの信号 r_{inc} に、予測信号成分 Σb_{inc} 、

【数 9】

$$\overline{b}(s)$$

50

の少なくとも一つの部分を加算することにより、残りの信号 $r_{i n c}$ と予測信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ 、

【数 1 0】

$$\overline{b}(s)$$

から導出される評価器 9 0、7 8 と、

(e) 予測信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ 、

【数 1 1】

$$\overline{b}(s)$$

10

を補正し、受信された信号成分 $\Sigma b'_{i n c}$ 、

【数 1 2】

$$\overline{b'}(\tau)$$

の補正された推定値を生成する更新器 9 2、7 8 とを内蔵することを特徴とする信号処理システム。

【請求項 2 4】

20

予測された信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ 、

【数 1 3】

$$\overline{b}(s)$$

が、スケーリングされた残りの信号 $r_{i n c}$ に加算するためのその部分を得るために、 $(1 - \rho)$ で乗算することによってスケーリングされることを特徴とする請求項 2 3 に記載の信号処理システム。

【請求項 2 5】

評価器 9 0、7 8 が、疑似積分されたデータ $P l d a t a_{i n c}$ の各セットを使用して、各予測信号成分 $b_{i n c}$ のモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c}$ 、 s において局所的に摂動した誤差を導出し、また疑似積分係数 ρ で除算することにより局所的に摂動した誤差を再スケーリングする推定器 9 0、7 8 を備え、更新器 9 2、7 8 は、再スケーリングされた局所的に摂動した誤差を、モデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c}$ 、 s に加算することにより、疑似積分されたモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{p l}$ のセットを生成し、受信された信号成分 $\Sigma b'_{i n c}$ 、

30

【数 1 4】

$$\overline{b'}(\tau)$$

40

の補正推定を生成するように構成され、更新器は、疑似積分されたモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c}$ を平滑化及び/またはトラッキングし、それによってその値 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c + 1}$ を補正、更新または予測するように更に構成されることを特徴とする請求項 2 4 に記載の信号処理システム。

【請求項 2 6】

予測器 7 0、7 2 は、入力信号 $s s_{i n c}$ の少なくとも 1 つの近似成分 $\Sigma b_{i n c}(s)$ を検出するように構成され、評価器 9 0 は、このような近似成分内の誤差の測定値を提供するように構成され、更新器 7 8 は、それにより、改良された精度 $\Sigma b'_{i n c}(\tau)$ で成分を生成するように構成されることを特徴とする請求項 2 4 に記載の信号処理システム

50

。

【請求項 27】

予測信号が、受信された信号の 1 より多い成分 Σb_{inc} 、

【数 15】

$$\overline{b}(s)$$

の予測推定値を含み、検出システムが、繰り返し成分を検出するように構成されることを特徴とする請求項 26 に記載の信号処理システム。

【請求項 28】

10

予測器 70、72 は、入力信号 ss_{inc} を記述する近似パラメータ $b_{inc}(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n, s)$ を検出するように構成され、評価器 90 が、このような近似パラメータ内の誤差の測定値を提供するように構成され、更新器 78 が、それにより、改良された精度 $b'_{inc}(a'_0, a'_1, a'_2, \dots, a'_n, \tau)$ でパラメータを生成するように構成されることを特徴とする請求項 24 に記載の信号処理システム。

【請求項 29】

信号成分 $b_{inc}(\tau)$ が、周期的な成分であることを特徴とする請求項 27 または 28 に記載の信号処理システム。

【請求項 30】

20

受信された信号データストリーム 30 が、セグメント $[ss]_{inc}$ におけるシステムにより計時されたデジタルでサンプリングされたデータストリームであることを特徴とする請求項 29 に記載の信号処理システム。

【請求項 31】

請求項 30 に記載の信号処理システムであって、該システムが、予測された周期的な成分 Σb_{inc} に適切なサンプリングされたサイクロット振幅値 $[\Sigma]b_{inc}$ のサンプルされたセグメント $[ss]_{inc}$ から減算することにより、デジタルでサンプリングされたデータストリームのセグメント $[ss]_{inc}$ から残りのデータ信号 $[r]_{inc}$ を生成するように構成されたサイクロットリムーバ 62 を更に含み、予測された周期的な成分 Σb_{inc} が、サンプリングされたセグメント $[ss]_{inc}$ と同期してサンプリングされたサイクロット振幅プロファイル b_{inc} の重ね合わせを表わすことを特徴とするシステム。

30

【請求項 32】

予測器 70、72 が、時間ドメイン内のデータストリーム ss_{inc} 、 r_{inc} を分析し、信号 ss_{inc} 、 r_{inc} 内の周期的な成分の主要周期の近似的な最大尤度推定値を生成するように構成されたフィルタサイズの試験セットを含みフィルタバンク 70 を備えることを特徴とする請求項 31 に記載の信号処理システム。

【請求項 33】

フィルタバンク 70 内の各フィルタが、受信されたデータストリーム 30 を非オーバーラップの一連のデータブロック内にスライスするように構成され、各データブロックが、整数 s のサンプル点を含み、最大尤度推定器が、パワースペクトル $P(\sigma)$ であり、 P が、サイズ σ のいくつかの隣接データブロックの平均値に含まれるサンプリングされた信号毎の平均パワーであることを特徴とする請求項 31 に記載の信号処理システム。

40

【請求項 34】

フィルタバンク 70 が、試験周期セット s を含み、各試験周期 s が、受信されたデータストリーム 30 のサンプル間周期の倍数であることを特徴とする請求項 33 に記載の信号処理システム。

【請求項 35】

請求項 33 または 34 に記載の信号処理システムであって、該システムが、最大尤度スペクトル $P(\sigma)$ 内で発生したピークの特性を識別し、それにより、受信された信号デー

50

タストリーム 30 内の実際の周期 τ に対する近似値である試験周期 σ によって発生するピークを識別するように構成されるサイクレット限定作用素 76 を有することを特徴とするシステム。

【請求項 36】

受信された信号の予測推定値が、フィルタバンク 70 によって与えられたサイクレット振幅プロファイル $[\Sigma b(\sigma)_{i n c}]$ のサンプリングされた平均値であり、パワースペクトル $P(\sigma)$ 及びリムーバ 78 内のピークに対応して、請求項 24 の信号処理装置システムの評価器 78 及び更新器 78 の構成部品が、それにより主要な周期的信号成分の予測サイクレット振幅プロファイル $[\Sigma b'(\tau)_{i n c}]$ の補正された推定値を生成するように構成されることを特徴とする請求項 33、34 または 35 に記載の信号処理システム

10

【請求項 37】

予測器 94 が、更新器 92 により発生された、前に受信された予測信号 $\Sigma b'_{i n c-1}$ の補正された推定値に基づいて、受信された信号 $\Sigma b_{i n c}$ の予測推定値を生成するように構成されることを特徴とする請求項 24 に記載の信号処理システム。

【請求項 38】

受信された信号データストリーム $s s_{i n c}$ 、30 が、少なくとも 1 つの明確な時間変化する成分 $b_{i n c}$ を含むことを特徴とする請求項 37 に記載の信号処理システム。

【請求項 39】

請求項 38 に記載の信号処理システムであって、該システムが、時間に関して検出された信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ をトラッキングするように構成され、評価器 90 が、疑似積分されたデータセット $P l d a t a_{i n c}$ を使用して、受信された信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ の予測推定値における予測の不正確さを補正するように構成されることを特徴とするシステム。

20

【請求項 40】

信号成分 $b_{i n c}(\tau)$ が、周期的な成分であることを特徴とする請求項 38 または 39 に記載の信号処理システム。

【請求項 41】

受信された信号データストリーム 30 が、セグメント $[s s]_{i n c}$ 内のシステムにより計時されたデジタルでサンプリングされたデータストリームであることを特徴とする請求項 40 に記載の信号処理システム。

30

【請求項 42】

請求項 41 に記載の信号処理システムであって、該システムは、サンプリングされたセグメント $[s s]_{i n c}$ と同期してサンプリングされた、予測された周期的な成分 $\Sigma b_{i n c}$ (サイクレット振幅プロファイル) に適切なサイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ のサンプリングされたセグメント $[s s]_{i n c}$ からの減算によって、デジタルでサンプリングされたデータストリームのセグメント $[s s]_{i n c}$ から残りのデータ信号 $[r]_{i n c}$ を生成するように構成されるサイクレットリムーバ 62 も有することを特徴とするシステム。

【請求項 43】

予測器 94 が、検出された各周期的な成分の振幅プロファイル $b_{i n c}$ を記述する予測タイミング τ 及び振幅係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{i n c}$ の形式で、受信された信号 $\Sigma b_{i n c}$ の予測推定値と、入力データセグメントの時間枠内の検出された周期的な成分全ての振幅プロファイル $\Sigma b_{i n c}$ に適切な予測されたサイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ とを与えるように構成され、評価器 90 は、それにより予測されたタイミングと振幅係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{i n c}$ 内の誤差を測定するように構成されることを特徴とする請求項 42 に記載の信号処理システム。

40

【請求項 44】

更新器 92 が、内部で測定された誤差に従って予測タイミング τ 及び振幅係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{i n c}$ を補正し、補正されたタイミング及び振幅係数を生成するように構成され、トラッキングシステムが、将来の入力データセグメント内で検出された周

50

期的な各成分のタイミングと予測サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c + 1}$ とを予測し、また検出された各周期的な成分の振幅プロファイル $b_{i n c + 1}$ の変化を予測するように構成されることを特徴とする請求項 4 3 に記載の信号処理システム。

【請求項 4 5】

予測器 9 4 が、前に予測されたタイミング及び振幅係数、並びに補正されたタイミング及び振幅係数のそれぞれの履歴キャッシュを内蔵し、予測器 9 4 は、各キャッシュの範囲内の値にトラックをカーブフィッティングさせるように構成されることを特徴とする請求項 4 4 に記載の信号処理システム。

【請求項 4 6】

予測器 9 4 が、将来の入力データセグメントのサンプリング点でのトラックを評価し、それにより、将来のセグメントに適切な、予測された振幅値 $[b]_{i n c + 1}$ を与え、サイクレットリムーバ 6 2 に対して、予測されたこれらのサイクレット振幅値 $[b]_{i n c + 1}$ を渡すように構成されることを特徴とする請求項 4 4 に記載の信号処理システム。

【請求項 4 7】

請求項 4 0 から 4 6 のいずれか一項に記載の信号処理システムであって、該システムは、検出された信号成分 $b_{i n c}(\tau)$ の信号対ノイズ比を評価するように構成されるトラックリムーバ 6 6 も内蔵し、システムは、その信号対ノイズ比が閾値以下に下がるときに、受信された信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ の引き続いて生成された予測推定値から、この様な成分のいずれかを除去するように構成されることを特徴とするシステム。

【請求項 4 8】

アナログ入力信号から低い帯域データを生成する請求項 4 4 に記載の信号処理システムであって、該システムが、検出された各周期的な成分の予測サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c + 1}$ を抽出するサイクレットデータ出力 1 1 0 を有することを特徴とするシステム。

【請求項 4 9】

多成分音響信号から少なくとも 1 つの主要音響成分を除去する請求項 4 2 から 4 7 のいずれか一項に記載の信号処理システムであって、該システムが、このような第 1 システムであって、選択された主要音響成分を検出するように構成されたこのような第 2 システムと共に配置され、システムが、選択された各主要音響成分をトラッキングするように構成され、選択された各主要音響成分の予測振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ より少ないサンプリングされた入力信号 $[s s_{i n c}]$ から生成された残りの信号 $r_{i n c}$ を出力するように構成された残り信号出力 1 0 6 を有し、第 2 システムが、

(a) 受信された信号データストリーム $s s_{i n c}$ 、3 0 に物理現象を変換する第 2 トランスデューサ 5 4、5 6 と、

(b) 入力信号 $s s_{i n c}$ の少なくとも 1 つの近似成分 $[\Sigma b]_{i n c}(s)$ の予測推定値を含む予測信号を与える第 2 予測器 7 0、7 2、9 4 であって、評価器 9 0 が、このような近似成分内の誤差の測定値を与えるように構成され、更新器 7 8 が、それにより改良された精度 $\Sigma b'_{i n c}(\tau)$ を有する成分を生成するように構成され、

(c) 受信された信号 $s s_{i n c}$ から予測信号 $\Sigma b_{i n c}$ 、

【数 1 6】

$$\overline{b}(s)$$

を減算して、残りの信号 $r_{i n c}$ を生成する第 2 リムーバ 6 2、7 8 と、

(d) 各セットが 1 つの予想信号成分 $b_{i n c}$ 、

【数 1 7】

$$\overline{b}(s) \overline{b}(s) \overline{b}(s)$$

に対応する、疑似積分された成分 $P l d a t a_{i n c}$ のセットを含む疑似積分された信号

を生成し、またこの疑似積分された成分セットを使用して予測信号成分を補正する第2評価器90、78であって、疑似積分された成分 $P l d a t a_{i n c}$ の各セットが、疑似積分係数 ρ によってスケールリングされた残りの信号 $r_{i n c}$ と、係数 $(1 - \rho)$ によってスケールリングされた予測信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ 、

【数18】

$$\overline{b}(s)$$

のそれぞれとを加算することにより、残りの信号 $r_{i n c}$ と、予測信号成分 $\Sigma b_{i n c}$ 、

【数19】

$$\overline{b}(s)$$

から導出される評価器90、78と、

(e) 評価器90、78に内蔵され、疑似積分されたデータ $P l d a t a_{i n c}$ の各セットを使用して各予測信号成分 $b_{i n c}$ のモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c}$ 、 s に局所的に摂動された誤差を導出すると共に、疑似積分係数 ρ で除算することによって、局所的に摂動した誤差を再スケールリングする第2推定器と、

(f) 再スケールリングされた局所的に摂動した誤差にそのモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c}$ 、 s に加算して、それにより、疑似積分されたモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{p l}$ を生成することにより、受信された信号成分 $\Sigma b'_{i n c}$ 、

【数20】

$$\overline{b'}(\tau)$$

の補正推定値を生成し、疑似積分されたモデル記述子 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c}$ を平滑化及び/またはトラッキングし、それにより、 $(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)_{i n c + 1}$ の値を補正、更新、または予測するように構成される第2更新器92、78とを内蔵することを特徴とするシステム。

【請求項50】

多成分音響信号から少なくとも1つの主要音響成分を分離する請求項42から47のいずれか一項に記載の信号処理システムであって、該システムが、このような第1システムであって、選択された主要音響成分を検出するように構成されたこのような第2システムと共に配置され、第1システムが、選択された各主要音響成分をトラッキングするように構成され、選択された各主要音響成分の補正または予測された振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ $[\Sigma b]_{i n c + 1}$ を出力するように構成された信号出力チャネル108、110を有し、第2システムが、

(a) 受信された信号データストリーム $s s_{i n c}$ 、30に物理現象を変換する第2トランスデューサ54、56と、

(b) 入力信号 $s s_{i n c}$ の少なくとも1つの近似成分 $\Sigma b_{i n c}(s)$ の予測推定値を含む予測信号を与える第2予測器70、72、94であって、評価器90が、測定値を与えるように構成される。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、ノイズの影響を局所化する方法、及び該方法を適用する信号処理システムに関する。また、本発明は、信号検出における信号処理システム、及び多成分信号の分析に関するトラッキングシステムの適用に関する。

【0002】

信号源に関係なく、信号の検出は不完全で、実際に検出された信号にはノイズが含まれ、

10

20

30

40

50

その多くは比較的大きなシステム誤差を含む。特に、時間的に変化する信号のトラッキングの場合、動的な変化のため、1つの周期と次の周期との間のシステム誤差が自動的に発生する場合がある。このため、時間による信号の変化をトラッキングできるようにする必要がある。このような変化は、多くの理由で、多くの異なった種類の信号で発生する場合がある。特定の関心事としては、多くの生活の局面において、通常発生する周期的な現象が挙げられる。例えば、通信信号、回転機械の音、心拍、話し声は全て、成分周期部分に分類できる。

【0003】

モデルスキームの多くは、周期現象の分析で使用されてきた。このような分析は、多くの用途が認められる。例えば、回転中のエンジンの音響スペクトルから周期的な信号成分を減算することで、ギアボックスからの音など比較的低強度の非周期的な音を検出することが可能になる。同様に、各周期的な成分を分離して、特定の単一発生源に帰する場合、その発生源の動作音を監視することができる。これにより、故障部品の早期診断が行えるが、その指標は、そうでなければ雑音の中で失われてしまう。同様に、話し声の周期的な成分は、他の音から分離され、話される通信は、雑音環境で行われる。また、医療用の用途も存在する。心拍の分析が行うことができると共に、高調波混信は、生物医学上の信号を監視することができるように該信号から除去することができる。更に、このような複雑な信号の表示が必要とする帯域幅は、信号自体よりもはるかに少なくなり、より低い通信チャネル帯域幅を通過することができる。

【0004】

先行技術は、周期的なシステムにおける周期性を推定する様々な技術を含んでいる。その多くは、受信された信号全体に存在する複数の信号を分解させることには十分対応せず、時間変化する周期または振幅のトラッキングを効果的に処理することができないフーリエ解析に基づく。フーリエ解析には、その周期性の可能な多くの試験値各々についての尤度測定値の初期評価が必要である。潜在的な周期範囲は連続性があり、試験値の別個セットの構築において、十分きめ細かい基準を使用しなければならない。通常、適切なセットに導く分析は、フーリエドメイン内でまたは楕円フィルタを使用して間接的に実行される。分析の基礎として固定周波数フーリエ成分を使用する場合、非固定の周期をトラッキングするいずれかの技術を即座に適合させるのに妨げとなる。更にまた、このフーリエ演算は、演算コストが高価で、リアルタイムでの解析をより困難にし、どの近似を行った結果においても、モデルの信号対ノイズ比(SNR)はより低くなる。楕円フィルタは、SNRの点では改良が見られるが、フーリエ技術の基本的な欠点は依然として解消されていない。

【0005】

フーリエ演算において、高調波に関連するフーリエ成分は、再結合されねばならない。通常、この係数は複雑な値となるので、直接の線形加算は、モデル化された信号全体を形成する高調波セットの集合には使用することができない。この係数の非干渉性二次加算を使用する場合、この測定は、如何なる周期の試験値でも、そのSNRの点では最適化されない。

【0006】

一方、層状の楕円フィルタ、即ち、所与の試験周期に整合させた試験値毎のフィルタは、周期的な成分の試行の推定を再構成するのに使用される。時間ドメインに直接適用される場合、楕円フィルタは、特定の周期の試験値に関連する高調波成分だけを使用して、逆フーリエ、及びフーリエ変換を予め乗算することにより演算してもよい。逆フーリエ変換は、高調波関連のフーリエ係数を再結合するより、最適な方法を提供する。また、尤度スペクトルは、試験周期に応じて得られる。この方法では、各楕円フィルタの平均パワー出力を評価することによって行う。従って、フーリエ成分は、明示的に演算されず、前段落の非干渉性フーリエ方法と比較してSNRが改良されている。

【0007】

本発明の目的は、ある信号の複数の非固定成分の検出及びトラッキングに適用可能な方法

10

20

30

40

50

を提供することである。

【0008】

本特許明細書では、「サイクレット」という用語は、通常の時間間隔で繰り返される信号の基本成分を説明するものとして使用される。理論上、一サイクレットの振幅プロファイル及び反復周波数は、如何なる場合においても拘束されない。サイクレット「トラック」は、時間に関するサイクレット周期性及び振幅プロファイルの変化を説明している。

【0009】

本発明は、最初の信号におけるノイズ影響をその表示によって局所化する方法であって、モデル信号は少なくとも1つのモデルパラメータを含むパラメータセットによって表示可能な少なくとも1つのモデル化された成分を含み、方法が、

(a) 最初の信号からのモデル信号を減算して、残りの信号を導出させるステップと、
(b) ゼロと一単位との間の値を有する乗算疑似積分係数 ρ によって残りの信号をスケールリングするステップと、
(c) ステップ(b)で得られたスケールリングされた残りの信号を、モデル信号の少なくとも1つの部分に加算して、スケールリングされた残りの信号の摂動ノイズの影響が局所化される少なくとも1つの疑似積分された信号を与えるステップとを備えることを特徴とする方法を提供する。

【0010】

本発明により、信号の明瞭性及び大きさに影響するシステム上の要因と、ノイズを区別することができる。本発明で使用される技術、いわゆる疑似積分の潜在的な適用は、数多い。ノイズの大きさは、より重要でまたシステム上の信号効果と同様になることが多く、それをマスクする。本発明は、パラメータ推定上のノイズの影響を突き止め、システム上の信号効果に関する情報を抽出可能にする方法を提供する。

【0011】

ステップ(c)より前に、モデル信号が、スケールリングされた残りの信号に加算するためのスケールリングされた少なくとも1つのモデル成分を備えるそれらの部分を得るために、 $(1 - \rho)$ で乗算され、るのが好ましい。疑似積分係数 ρ は、一単位以下でなければならず、本技術の適用の殆どにおいて、0.01となる。実際の信号は、本発明では、システム上の影響と、ランダムノイズの影響によって摂動するモデル信号に相当すると考慮される。ランダム信号及びシステム上の影響を含む、残りの信号をスケールリングすることにより、小さい係数 ρ 、及び $(1 - \rho)$ によるモデル信号によって、モデル化された信号のピークは、それらを摂動するノイズのスケールリングされたレベルの100倍までとなる。従って、疑似積分データ内では、ノイズの摂動影響は、モデル化された各成分またはパラメータ付近で局所化される。通常、ノイズによってマスクされる信号内のピークは局所化されない。この様なピークを、ランダムノイズの影響と区別できるようにするには積分が必要である。

【0012】

モデル化された各成分を表わすモデルパラメータセットは、以下の追加ステップによって、システム誤差のために補正されてもよい。

(a) 各特定のモデル化成分の疑似積分された信号をモデル化して、対応する局所的に摂動したモデルパラメータセットを得るステップと、
(b) その対応する局所的に摂動したモデルパラメータから各モデルパラメータを減算して、少なくとも1つの局所化された摂動誤差の対応するセットを得るステップと、
(c) 疑似積分係数 ρ で除算することにより、各局所化された摂動誤差を再スケールリングして元のレベルに戻すステップと、
(d) 再スケールリングされた、各局所化された摂動誤差をその対応するモデルパラメータに加算することにより、それぞれの疑似積分されたモデルパラメータのセットを得るステップ。

【0013】

この疑似積分の拡張により、システム誤差またはその影響を補正することができる。信号

10

20

30

40

50

のモデルの生成では、如何なる方法においても不正確性が発生する場合がある。モデルの生成の仕方に関係なく、信号、またはその成分の完全な復元は起こりがたい。信号は、時間経過と共に変わり、過去に使用したモデルを予測上不正確にする。モデルは、実際の信号に近似したもののみであり、システム誤差は、モデルの不完全性によって発生する場合がある。この特性は、疑似積分パラメータが、如何なるモデルの不完全性の原因に関係なく、モデルを更新するために使用できる点で高度な柔軟性を有する。

【 0 0 1 4 】

信号は、多くの信号ウィンドウを提供するために区分してもよく、方法は、モデル化された各信号成分についての複数の疑似積分されたパラメータセットを生成するために繰り返し適用され、補正されたパラメータセットは、この様な複数のパラメータセットから導出される。

10

【 0 0 1 5 】

本特性により、先行技術に比べて、得られる精度、速度、効率が改良されるという利点が得られる。疑似積分ドメインにおける動作により、疑似積分されたパラメータは、モデルの不完全性を補正するのに使用することができる。複数の疑似積分されたセットを生成することにより、より多くのデータが利用可能で、それに伴い、システム誤差の補正または同様にモデルの更新が行える。補正方法についても各種使用できる。例えば、疑似積分された各パラメータの複数の値は、そのパラメータの補正された値（平滑化）を付与するために簡単に平均化することができる。より正確な方法は、生成された値を使用して、後続の予測値（パラメータトラッキング）に外挿することである。何れの場合においても、モデルパラメータに適用される補正よりも、疑似積分されたパラメータの平滑化またはトラッキングを行えば、先行技術よりもかなりの改良がもたらされる。本発明において、後続の補正值は、前に適用された補正值を常に含み、その結果、安定性及び精度が向上する。その上、完全な補正が適用できるので、小さいシステム誤差は、先行技術の積分ルーチンに固有の積分遅れ、及びその結果生じる時間ペナルティを発生させることなくノイズから分離させることができる。このため、この疑似積分の適用は、リアルタイム信号処理の実行に適切である。

20

【 0 0 1 6 】

本特性により、モデル信号成分の数、及び関連する制御パラメータがリアルタイムで容易に変更できるという利点も得られる。各々は、バイアス誤差と、現在使用中の制御パラメータの分散を最小限にするため、有効な条件に従って調整することができる。

30

【 0 0 1 7 】

本発明が適用されるシステムの性質は、限定されないことは明確である。通常、いくつかの信号成分の各々は、いくつかのパラメータ、例えば、範囲、角度、周波数、位相、タイミング、温度、変化率、濃度などの選択によって、モデル化または記述することができる。

【 0 0 1 8 】

モデル信号は、疑似積分されたモデルパラメータからのそれぞれのから順次導出された、少なくとも1つの補正された成分の追加によってシステム誤差のために補正してもよい。

【 0 0 1 9 】

最初の信号は、デジタルでサンプリングされた信号が好ましく、モデル信号は、前に予測されたサンプリングされた信号値を含むのが好ましい。本特性により、精度、速度、効率などの利点が維持され、予測された信号値と、実際の信号値との間の誤差のリアルタイム補正に役立つ。このパラメータを「トラッキングする」能力は、強力で、幅広く適用可能なツールである。例えば、時間、位置、その他のパラメータによって急速に変わる場合がある複雑な信号は、精度、速度、効率に従ってもよい。将来または異なった位置のいずれかにおける、近似の信号モデルまたは信号の予測は、その将来の時間または位置において、実際に補正された信号と即座に比較することができる。不正確な予測によって発生するシステム誤差は、演算上高価で、時間がかかる信号積分を行う必要なしに、信号ノイズから分離して補正することができる。

40

50

【 0 0 2 0 】

本発明の方法は、以下のステップにより、ノイズの影響を表わす信号の一成分を記述するパラメータの予測において発生するシステム誤差の影響を補正するために使用してもよい。

【 0 0 2 1 】

(a) 前に決定されたパラメータ値から期待されたサンプリング信号値を予測するステップと、

(b) 最初の信号が、ノイズの影響を示す信号から得られたサンプリング値のデータセグメントを含み、モデル信号が、ステップ (a) で得られた期待されるサンプリング信号値を含み、従って、残りの信号及び疑似積分信号が、残りの信号サンプリング値と、信号成分に適切な疑似積分されたデータのセットとを備える、上記のようなステップ (a) から (c) に従うステップと、

(c) 信号成分を記述するパラメータに適切な、局所的に摂動したパラメータ値を、疑似積分されたデータセットから導出するステップと、

(d) 予測パラメータ値と、疑似積分係数 p で除算された局所的に摂動したパラメータ値との間の差から、モデル信号成分を記述する予測パラメータ値の各々において、再スケーリングされた摂動誤差を測定するステップと、

(e) 予測パラメータ値に、ステップ (d) で導出された再スケーリングされた摂動誤差を加算して、疑似積分されたパラメータ値を得るステップと、

(f) 疑似積分されたパラメータ値を平滑化またはトラッキングして、補正されたパラメータ値を与えるステップ。

【 0 0 2 2 】

補正されたパラメータ値は、この様に演算上高価になることなく、予測から迅速に得ることができる。これにより、急速に変化するパラメータ値のトラッキングがリアルタイムで行うことができ、先行技術のトラッキングルーチンによって通常与えられない機能も実施することができる。

【 0 0 2 3 】

この方法は、

(a) 前に決定されたそれぞれの疑似積分されたパラメータ値を含むそれぞれの履歴キャッシュ内に、最新値として、疑似積分されたパラメータ値を格納するステップと、

(b) 各キャッシュから最初のパラメータ値をクリアするステップと、

(c) 各履歴キャッシュ内の疑似積分されたパラメータ値にトラックフィッティングして、その結果生じたトラックをサンプリング値の将来のセグメントに外挿することにより、ノイズに影響される信号の将来のサンプリング値に適切な、補正された各パラメータ値の新しい値を予測するステップとを備えることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

これにより、精度及び柔軟性の利点を得られる。将来の予測は、伝播される偽誤差の尤度を簡単に平滑化して制限することよりも、多数の前のセグメントから得られた値にカーブフィッティングさせることに基づいている。その上、履歴キャッシュのサイズは、この状況に適合するように変更することができる。パラメータが急速に変わると、履歴キャッシュが大きくなり、その結果、望ましくない遅れにより過剰に重み付けされた誤差が早期に発生するため、履歴キャッシュは短いものが好ましい。逆に、小さい信号対ノイズ比 (S N R) によって緩慢に変化する信号パラメータは、履歴キャッシュがより大きい場合、所与のセグメントサイズで、精度を増した状態でトラッキングされる。

【 0 0 2 5 】

トラッキングは、時間ドメイン内で行ってもよいし、パラメータ補正は、時間的に変化する信号の効果を引き起こしてもよい。更にまた、ステップ (c) のトラッキングフィッティングは、線形回帰手順である。

【 0 0 2 6 】

この信号は、多成分信号であることが好ましく、上述される方法は、その各成分に適用さ

れる。

【0027】

この方法は、以下のステップによって、デジタルでサンプリングされた信号の周期的な成分を分離するために用いてもよい。

【0028】

(a) 検出システムにより、デジタル化された信号をセグメントで計時するステップと、

(b) 最初の信号が、デジタル化された信号セグメントを含み、モデル信号が、予想モデルパラメータのセットから導出された予想振幅値を含み、各セットが信号のモデル化成分を表わし、残りの信号と疑似積分された信号が、残りの信号のサンプリング値と、疑似積分されたデータセットとをそれぞれ備える、上記で初めに述べたようにステップ(a)から(c)に従ったステップと、

(c) デジタルでサンプリングされた信号30のサンプリング時間に関して、予測振幅値に適用されたプロファイルのタイミングにおける誤差を補正し、疑似積分されたデータのそれぞれのセットを使用して、検出された各成分のこの適用された振幅プロファイルにおける振幅変化をトラッキングするステップと、

(d) 新しい信号成分のために残りの信号を探索するステップ。

【0029】

予測された成分は、前に計時されたデジタル信号セグメントにおいてトラッキングされた検出成分から導出してよい。

【0030】

これらの特性により、信号の複数の成分を個々に検出したり、分離したりすることができる。この方法は、如何なる段階においても、その時間までに検出終了した全成分が、デジタル化された信号のセグメントから減算されて、残りの信号を生成する点において反復性がある。検出された各成分パラメータ値セットは、振幅プロファイル及びタイミングを記述し、その後、補正されたパラメータ値(プロファイル及びタイミング)を導出させるために、残りの信号を使用して疑似積分される。その後、残りの信号は、合成信号からまだモデル化及び分離されていない信号成分があるか探索される。その後、検出された新しい成分は、新しいパラメータ値のセットと共にモデル化され、その方法の次の繰り返しに含まれる。

【0031】

この検出方法には、先行技術と比較して、精度、速度、及び効率の点で利点がある。

【0032】

デジタルでサンプリングされた信号の成分は、周期的な成分であることが好ましい。各周期的な成分は、その後、その基本単位について、サイクレットとして考慮される。本実施形態では、サンプリングレートに関しては、サイクレットプロファイル振幅及び該振幅のタイミングを後続させることができる。この方法の各反復により、該プロファイル及びタイミングは更新され、補正されたサイクレット値が生成される。本発明の実施形態によると、信号の急速に変化する周期的な成分をリアルタイムで検出したり、従わせたりすることができる。フーリエ変換に基づく先行技術の解析技術は、急速に変化する信号成分をトラッキングするときには、満足に実行することができない。

【0033】

好ましくは、ステップ(c)は、

(a) 検出された各周期的な成分の予測振幅プロファイルから疑似積分されたデータセットの重み付けされ平均化されたオフセットを測定し、それによりスケーリングされた摂動タイミングオフセットを導出するステップと、

(b) 疑似積分係数 ρ により重み付けされ平均化されスケーリングされた摂動タイミングオフセットを除算し、それにより予測された振幅値の各々における再スケーリングされたタイミング誤差を導出するステップと、

(c) 疑似積分されたデータをプロファイルフィッティングして、局所的に摂動したブ

10

20

30

40

50

ロファイルフィットを生成し、プロファイルフィットに適合する局所的に摂動したプロファイル係数のセットを導出するステップと、

(d) 各局所的に摂動した係数と、プロファイル係数の対応する係数との間の差を測定し、各々の差を疑似積分係数 ρ で除算することにより、再スケーリングされたプロファイル係数誤差のセットを導出するステップと、

(e) 前に予測したタイミング及びプロファイル係数値に、再スケーリングされたタイミング誤差及び各再スケーリングされたプロファイル係数誤差を加算し、疑似積分されたタイミング及びプロファイル係数値それぞれを導出するステップと、

(f) 疑似積分されたタイミング及びプロファイル係数値を平滑化及びトラッキングして、それぞれ補正されたタイミング及びプロファイル係数値を生成するステップと、

(g) 補正されたタイミング及びプロファイル係数値から、将来入力するデジタル信号セグメントに適切な各係数とタイミングとの新しい値を予測するステップとを備える。

【0034】

本発明の実施形態では、信号の急速に変化する周期的な成分の検出及びトラッキングにおいて、精度、速度、及び効率の点で利点がある。サイクルを記述するのに適切なパラメータモデルは、振幅プロファイル係数全体及びタイミングによって与えられる。従って、これらのモデルパラメータは、本実施形態では疑似積分される。

【0035】

ステップ (g) で予測した値は、引き続いてサンプリングされた信号セグメントの解析において、上記に詳述されたステップ (b) 及び (c) の引き続く繰り返しにおいて使用され、予測振幅値、振幅プロファイル、及び関連する予測されたモデルパラメータのセットとタイミングとを導出するのに使用されるのが好ましい。

【0036】

上述された通り、ステップ (f) は、

(a) 前に決定された疑似積分タイミングとプロファイル係数値を含むそれぞれの履歴キャッシュに、疑似積分されたタイミング及びプロファイル係数値を最新値として格納するステップと、

(b) 各キャッシュから第1パラメータ値をクリアするステップと、

(c) 各履歴キャッシュにおける値にトラックフィッティングし、その結果生じたフィッティングしたトラックをサンプリング値の将来のセグメントに外挿することにより、将来のデジタル化された入力信号セグメントに適切な補正されたタイミングと各プロファイル係数の新しい値を予測するステップとを更に備えてもよい。

【0037】

この重み付けオフセットは、振幅プロファイルの勾配が急激な位置でのオフセットが比較的強く重み付けされ、勾配がゼロ付近の位置でのオフセットが比較的弱く重み付けされる、重み付けスキームに従って導出させるのが好ましい。

【0038】

疑似積分係数 ρ は、0.003 から 0.03 の範囲内であることが好ましい。

【0039】

もう1つの態様において、本発明によれば、

デジタルでサンプリングされた信号の周期的な成分を検出する方法であって、該方法が、

(a) サンプリングされた信号をフィルタリングして、該周期的な成分の周期性を概算する、同期して推定された周期を得るステップと、

(b) デジタルでサンプリングされた信号をデータブロックにスライスし、各データブロックのサイズが、同期して推定された周期に等しいステップと、

(c) デジタルにサンプリングされた信号におけるサンプル点のブロック間で同相の振幅を平均化し、周期性の平均振幅値を得るステップと、

(d) 各データブロック内のサンプル点振幅から平均振幅値を減算し、残りの値のブロックを得るステップと、

(e) 疑似積分係数 ρ に従って残りの値のブロックをスケーリングして、残りの値が ρ

10

20

30

40

50

で乗算するようにしたステップと、

(f) 少なくとも平均振幅値の部分にステップ(e)において得られたスケーリングされた残りの値を加算して、局所的に摂動する振幅値を得るステップと、

(g) 平均振幅値から局所的に摂動した振幅値の時間におけるオフセットを測定することにより、局所的に摂動するオフセットを導出するステップと、

(h) 疑似積分係数 ρ により、局所的に摂動したオフセットを除算し、その結果得られた疑似積分された値をトラッキングまたは平滑化して、平均タイミング誤差ラインを得るステップと、

(i) 平均タイミング誤差ラインの勾配に等しい量で、同期して推定された周期(σ)を補正し、周期的な成分の周期性の詳細な推定を得るステップとを備えることを特徴とする方法を提供する。

10

【0040】

ステップ(f)の前に、ステップ(e)で生成されたスケーリングされた残りの値に加算するためのその部分を得るために、平均振幅値を $(1 - \rho)$ で乗算することによってスケーリングすることが好ましい。

【0041】

この態様において、本発明は、精度及び効率の可能性の点で利点を有する。局所的な非同期探索が後続する同期推定により、周期的な信号の効率的な収集及びトラッキングが行える。本発明によれば、最も近似した直交基本サイクロットを使用して各周期的な成分をプロファイルすることにより、自由度は少なくなり、ノイズレベルを低減させる必要がある

20

【0042】

もう1つの態様において、本発明は、

(a) 受信された信号データストリームに物理現象を変換するトランスデューサと、

(b) 受信された信号の少なくとも1つの成分の予測推定を含む予測信号を与える予測器と、

(c) 受信された信号から予測信号を減算して、残りの信号を生成するリムーバと、

(d) 各セットが1つの予想信号成分に対応する、疑似積分された成分のセットを備える疑似積分された信号を生成し、またこの疑似積分された成分セットを使用して予測信号成分を補正する評価器であって、疑似積分された成分の各セットが、ゼロと、一単位との間の値を有する疑似積分係数 ρ によってスケーリングされた、それぞれの残りの信号に、予測信号成分の少なくとも一つの部分を加算することにより、残りの信号と予測された信号成分から導出される評価器と、

30

(e) 予測信号成分を補正し、受信された信号成分の補正された推定値を生成する更新器とを内蔵することを特徴とする信号処理システムを提供する。

【0043】

予測信号成分は、スケーリングされた残りの信号に加算するためのその部分を得るために、 $(1 - \rho)$ で乗算することによりスケーリングされることが好ましい。

【0044】

本態様において、本発明は、信号規模及び演算効率の明確さに影響する別の要素から、ノイズを区別できる強力な信号処理装置を提供する。この処理装置の潜在的な用途は様々であるが、信号係数の範囲全体は、ノイズ信号から抽出してもよく、各成分を記述するパラメータを選んで、該信号を生成するシステムに適合させることもできる。

40

【0045】

評価器は、各疑似積分されたデータセットを使用して、予測された各信号成分のモデル記述子における局所的に摂動する誤差を発生させ、また疑似積分係数 ρ で除算することにより、局所的に摂動した誤差を再スケーリングする推定器を備えることが好ましい。更新器は、再スケーリングされた局所摂動誤差をそのモデル記述子に追加することによって、受信された信号成分の補正された推定値を生成するように構成され、それにより疑似積分されたモデル記述子のセットを生成し、更新器は、疑似積分されたモデル記述子を平滑化及

50

び／またはトラッキングし、それによって、その値の補正、更新、または予測を行うように更に構成される。

【 0 0 4 6 】

予測器が、入力信号の少なくとも 1 つの近似成分を検出するように構成され、評価器が、このような近似成分内の誤差の測定値を与えるように構成され、更新器が、それによって改良された精度を有する成分を生成するように構成されてもよい。

【 0 0 4 7 】

予測信号は、受信された信号の 1 より多い成分の予測推定値を含むのが好ましく、検出システムは、繰り返し成分を検出するように構成される。

【 0 0 4 8 】

予測器が、入力信号を記述する近似パラメータを検出するように構成され、評価器が、このような近似パラメータ内の誤差の測定値を与えるように構成され、更新器が、改良された精度を有するパラメータを生成するように構成されてもよい。

【 0 0 4 9 】

この信号成分は、周期的な成分であることが好ましく、受信された信号データストリームは、セグメントにおけるシステムにより計時されるデジタルでサンプリングされたデータストリームであることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

検出システムは、予測された周期的な成分に適切な、サンプリングされたサイクレット振幅値のサンプリングされたセグメントから減算することにより、デジタルでサンプリングされたデータストリームのセグメントから残りのデータ信号を生成するように構成されたサイクレットリムーバを更に含み、予測された周期的な成分は、サンプリングされたセグメントと同期してサンプリングされたサイクレット振幅プロファイルの重ね合わせを表わしてもよい。

【 0 0 5 1 】

予測器は、時間ドメイン内のデータストリームを分析し、信号内の周期的な成分の主要周期の近似的な最大尤度推定値を生成するように構成されたフィルタサイズの試験セットを備えるフィルタバンクを備えてもよい。

【 0 0 5 2 】

フィルタバンク内の各フィルタは、データブロックの非オーバーラップシリーズに受信された信号データストリームをスライスするように構成され、各データブロックが、整数のサンプル点を含み、最大尤度推定器が、いくつかの隣接データブロックの平均化されたパワースペクトルであることを特徴とするのが好ましい。このフィルタバンクは、試験周期のセットを備え、各試験周期が、受信された信号データストリームのサンプリング間周期の倍数であることを特徴としてもよい。

【 0 0 5 3 】

このシステムは、最大尤度スペクトルにおいて発生したピークの特徴を識別し、それによって、受信された信号データストリーム内に実際の周期に近似する試験周期によって発生するピークを識別するように構成されるサイクレット限定作用素を有してもよい。

【 0 0 5 4 】

受信された信号の予測推定値は、フィルタバンクによって与えられたサイクル振幅プロファイルの平均化されたサンプリング値であり、パワースペクトル及びリムーバ内のピークに対応して、評価器及び更新器の構成部品が、それにより主要な周期的信号成分の予測サイクレット振幅プロファイルの補正された推定値を生成するように構成されるのが好ましい。

【 0 0 5 5 】

このシステムは、更新器によって生成された、前に予測された受信信号の補正された推定値に基づいて受信された信号の予測推定値を生成するように構成された予測器を内蔵してもよい。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

該システムは、時間に関して検出された信号成分をトラッキングするように構成され、評価器が、疑似積分されたデータセットを使用して、受信された信号成分の予測推定値における予測精度を補正するように構成されることを特徴とするのが好ましい。

【0057】

信号成分は周期的な成分であってもよく、受信された信号データストリームは、セグメントにおけるシステムにより計時される、デジタルでサンプリングされたデータストリームであることが好ましい。

【0058】

このシステムは、サンプリングされたセグメントと同期してサンプリングされた予測周期成分（サイクレット振幅プロファイル）に適切なサイクレット振幅値のサンプリングされたセグメントから減算することにより、デジタルでサンプリングされたデータストリームのセグメントから残りのデータ信号を生成するように構成されたサイクレットリムーバを有してもよい。

10

【0059】

予測器は、検出された各周期的な成分の振幅プロファイルを記述する予測タイミング及び振幅係数の形式で、受信された信号の予測推定値と、入力データセグメントのフレーム内で検出された周期的な成分全ての振幅プロファイルに適切な予測サイクレット振幅値とを与えるように構成してもよく、それにより評価器は、予測されたタイミング及び振幅係数における誤差を測定するように構成される。

20

【0060】

好ましい実施形態において、更新器は、そこで測定された誤差に従って予測されたタイミング、及び振幅係数を補正し、補正されたタイミング及び振幅係数を生成するように構成される。また、トラッキングシステムは、将来の入力データセグメントにおいて検出された各周期的な成分のタイミング及び予測されたサイクレット振幅値を予測し、また検出された各周期的な成分の変化する振幅プロファイルを予測するようにも構成される。

【0061】

予測器は、前に予測されたタイミング及び振幅係数、並びに補正されたタイミング及び振幅係数のそれぞれに履歴キャッシュを内蔵してもよく、その中で予測器は、それぞれのキャッシュ各々における値にトラックをカーブフィッティングするように構成される。

30

【0062】

予測器は、将来のある入力データセグメントのサンプリング点でのトラックを評価し、それにより将来のセグメントに適切な予測振幅値を与え、サイクレットリムーバにこれらの予測サイクレット振幅値を渡すように構成してもよい。

【0063】

別の態様において、本発明は、アナログ入力信号から低帯域データを生成するための信号処理システムであって、該システムが、前述した様ないずれか1つのトラッキングシステムを内蔵し、検出された各周期的な成分の予測サイクレット振幅値が、サイクレットデータ出力によりトラッキングシステムから抽出されることを特徴とするシステムを提供する。

【0064】

このシステムは、少なくとも1つの主要音響成分を多成分音響信号から除去するように構成され、該システムは、このような第1システムであって、選択された主要音響成分を検出するように構成された第2システムとともに配置され、該システムは、選択された各主要音響成分をトラッキングするように構成され、選択された各主要音響成分の予測振幅値より少ない、サンプリングされた入力信号から生成された残りの信号を出力するように構成された残りの信号出力を含むことを特徴とする。

40

【0065】

このシステムは、少なくとも1つの主要音響成分を多成分音響信号から分離するように構成され、このような第1システムであって、選択された主要音響成分を検出するように構成された第2システムとともに配置され、該第1システムは、選択された主要音響成分を

50

トラッキングするように構成され、選択された各主要音響成分の補正または予測された振幅値を出力するように構成された信号出力チャンネルを有することを特徴とする。

【 0 0 6 6 】

本発明がより完全に理解されるように、その一実施形態を、以下の添付図面を参照して説明する。

【 0 0 6 7 】

図 1 について説明すると、単一の周期的信号成分 1 0 の時間による振幅変化が図示される。時間周期 τ 後に繰り返す非対称ユニット 1 2 を図示する。図示されるように、各周期的な信号成分 1 0 は、周期 τ と共に実質的に反復するサイクレット 1 2 として説明される。この信号は、時間軸に沿ったマーク 1 4 によって示される通り、離散時間間隔でサンプリングされる。

10

【 0 0 6 8 】

図 2 は、デジタルでエンコードされた信号の表示 3 0 である。3 2 などの小さいボックスの各々は、各サンプル点 1 4 で信号の大きさをデジタル形式で示す情報（デジタルワード）のいくつかのビットを含むものとして表示される。2 0 個の小さいボックスの各セグメント（交互に陰影づけられたセグメント）は、サウンドセグメント 3 4 であって、より下側の矢印は、データセグメント 3 6 を示す。この特定の例においては 2 6 ワードであるが、可変である。データ 3 6 と、サウンド 3 4 セグメントとの間の差は、後に明らかにするが、要約すると、この信号は、サウンドセグメント 3 4 における分析用に入力（計時）される一方、データセグメント 3 6 上ではその信号の分析が実行されるが、分析手順の段階及びその信号に存在する実際の成分によって変わる場合がある。

20

【 0 0 6 9 】

図 3 について説明すると、多周期のサウンドの成分を検出する検出システムは、全体に 5 0 で示される。この検出システム 5 0 は、サウンド信号を検出し、対応する電氣的表示をアナログデジタルコンバータ（A / D コンバータ）5 4 に渡す、マイクロホントランスデューサ 5 2 を備える。A / D コンバータ 5 4 からのデジタル出力は、データストリームとしてコンピュータに入力され、メインキャッシュメモリ 5 6 に格納される。データフローは、4 つのシステム構成要素、すなわちサイクレット検出器 6 0、サイクレットリムーバ 6 2、サイクレットトラッカー 6 4、トラックリムーバ 6 6 経由でデータ入力、出力、分析を制御するフローコントローラ 5 8 によって調整される。これらの 4 つの構成要素は相互接続され、その各々は各種サブ構成要素も備える。特に、サイクレット検出器 6 0 は、検出器キャッシュ 7 2、セレクトア 7 4、サイクレット限定作用素 7 6、及び推定器 7 8 によりデータを受信するフィルタバンク 7 0 を備える。サイクレットリムーバ 6 2 は、予測減算器 8 0 を有する。サイクレットトラッカー 6 4 は、誤差評価器 9 0、P l d a t a キャッシュ 9 1、更新器 9 2、及びサイクレット予測器 9 4 を備える。

30

トラックリムーバ 6 6 は、マージ決定器 1 0 0、S N R 評価器 1 0 2、及びトラック限定作用素 1 0 4 を備える。これらのサブ構成要素は、以下に示される検出システム操作の概要において明らかになるであろう方法で相互接続される。システム 5 0 からの各種出力 1 0 6、1 0 8、及び 1 1 0、すなわちサイクレットリムーバ 6 2 からの残りの信号出力 1 0 6、予測サイクレット波形出力 1 0 8、及びサイクレットトラッカー 6 4 からのサイクレットデータ出力 1 1 0 が利用可能である。これらは、前方向送信、更なる処理、またはオペレータへの直接提示など様々な用途に使用してもよい。

40

【 0 0 7 0 】

先ず、システム 5 0 について概説し、詳細説明については以降で行う。

【 0 0 7 1 】

図 3 について説明すると、周期的な成分を伴う現象に関するサウンドは、マイクロホントランスデューサ 5 2 によって検出される。本実施形態では、検出されたサウンドの発生源は、多くの部品の回転機械と考えられる。信号処理技術の当業者には、これが、本発明の適用性における制限にはならないことが理解される。本発明に従って分析できる多成分現象は多く存在し、回転機械から具体的に発生する周期的なサウンド成分の例は、図示によ

50

ってのみ含まれる。

【 0 0 7 2 】

このような回転機械からのサウンド信号全体（合成信号とも呼ばれる）の構造は、非常に複雑である。この信号には、回転、振動、不規則な動きに関係なく、全ての可動部品からの成分信号が含まれる。このため、検出された信号は、複数の発生源からのサウンドの組み合わせであり、その各々は、通常明確な特性、強度及び周期を有する。このような合成信号は、多周期信号とも呼ばれる。その上、一発生源からの信号の強度も周期も、時間と共に一定になる傾向はない。例えば、車のエンジンの音に関するギアチェンジの効果について考えると、合成信号は、非周期的な発生源からの音と、通常の追加ノイズとによって更に複雑化する。

10

【 0 0 7 3 】

本発明の装置の動作について考える前に、合成サウンド信号の構造について記述可能な枠組みを設定するのが便利である。合成信号は、非周期的な成分、ノイズ、及び繰り返すサイクレットのアセンブリと考えることができ、各サイクレットが、図 1 に図示される周期 τ を有するサイクレット 1 2 など、特徴的な振幅プロファイル及び周期を有する。本実施形態は、周期的な成分（サイクレット）によってある程度の寄与が成される合成信号に関し、また、このような周期的な寄与が 1 つより多くある場合、この合成信号は、多周期を備えるものとして説明される。また、「非固定」という言葉は、時間と共に変化するサイクレット周期または振幅プロファイルを説明するために使用される。時間内で離散的にサイクレットをサンプリングする場合、サンプリング時間に関しては、その振幅プロファイルの相対位置は、タイミング測定値と呼ばれる。このタイミングは、サイクレット周期と関連する。

20

【 0 0 7 4 】

図 3 について説明すると、マイクロホン 5 2 は、A / D コンバータ 5 4 に出力される電気信号に合成サウンド信号を変換する。この電気信号は、図 2 に図示される信号同様、ワードデータストリームを形成するために、A / D コンバータ 5 4 によって増幅及びデジタル化され、メインキャッシュメモリ 5 6 に格納される。このメモリ 5 6 からは、サイクレット検出器 6 0 と、サイクレットリムーバ 6 2 と、サイクレットトラッカー 6 4 と、トラックリムーバ 6 6 との間のデータの進行が、フローコントローラ 5 8 によって調整される。

【 0 0 7 5 】

この 4 つの構成要素 6 0、6 2、6 4 及び 6 6 は共に、その構成要素の周期的な部分にデータストリーム 3 0 を分解させる。これは、サイクレットベースの展開を検出及びトラックキングすることによって成される。最初のサイクレット検出は、サイクレット検出器 6 0 によって実行され、トラックキング機構は、非固定サイクレット周期及び振幅プロファイルを監視する。検出後、サイクレットは、入力データストリームと、非検出サイクレットとして、非周期的なサウンドを含む残りの信号とから抽出され、ノイズが生成される。システム 5 0 は、1 つまたは多数のサイクレットが、信号の残部から分離された状態で集中的または個別に監視できる点で非常に柔軟性がある。別法として、1 つまたは複数のサイクレットは、選択的に除去することができ、残りの（周期的かつ非周期的な）サウンドを備える残りの信号 1 0 6 が監視される。この様に、非常に音の大きな周期発生源が存在する場合、その発生源によるサイクレットは、入力信号と、残りの信号出力 1 0 6 経由で監視される残りの信号から抽出される。もう 1 つの状況としては、システム 5 0 によって初期の信号から分離された 1 つ以上の非常に周期的なサウンドの監視を要求したり、予測サイクレット波形出力 1 0 8 により個別に出力するか、組み合わせて出力してもよい。

30

40

【 0 0 7 6 】

サイクレットトラッカー 6 4 の動作を中心にある程度までは、サイクレット検出器 6 0 は、疑似積分として既知の新しい技術である。疑似積分により、機能中の小さいシステム誤差は、積分遅れを発生することなく、ノイズから分離することが可能である。この積分は、パラメータのセットが、第 2 の変数いわゆる時間の進行に伴って変化すると予測される状況に適用可能である。パラメータの値は、次の入力データセグメントのために予測され

50

、実際の入力データからの残りの誤差関数を導出するために使用される。疑似積分により、予測情報は、ノイズの影響を局所化する様な方法で残りの誤差関数と組み合わせられるが、予測されたパラメータ値における避けられないシステム誤差は、不変のまま残される。過去のパラメータ予測値と、疑似積分技術によって得られた誤差とは、重み付け最小平均二乗など適切な標準的平滑化方法によって、各パラメータの「トラック」を与えるために集計及び平滑化される。履歴キャッシュは、各パラメータについての新しい疑似積分値と共に連続的に更新されるが、この局所化が実際のパラメータ値に妥当に近ければ、過去の予測値からは実質上関係がない。この柔軟性は、先行技術カルマンフィルタトラッキングルーチンにおいては利用できない。このルーチンは、予測誤差を完全に補正し、それによってパラメータ推定値における遅れ、及びかたよりを発生させるといふ、この回顧的な方法では使用できない。

10

【0077】

本実施形態に疑似積分を適用する際の段階は、以下に要約することができる。1．実際のデータの値を記述するパラメータのセットを規定する。

2．前のサイクレットの反復値は、いわゆる、それぞれのパラメータ値の6つの推定値をそれぞれが含む、それぞれの履歴キャッシュに格納される各パラメータの前の推定値を設定する。

3．各履歴キャッシュにおける6つの値にトラックフィットさせて、該トラックを外挿して各パラメータの次の(7番目)の値を予測する。

4．これらのパラメータから、次のデータ入力セグメントにおいて発見されるように予測されるデータ値を計算する。

20

5．実際の入力データから予測されたデータを減算して、残りの誤差データを生成する。この残りの誤差データは、予測における不正確さによるノイズと、システム誤差とを含む。

6．データを疑似積分し、推定スペクトルを生成する。疑似積分を実行するには、予測データをレベル(1 - ρ)にスケーリングし、小さいレベル(ρ)にスケーリングした残りの誤差データにこれを加算する。これにより、ノイズ及び他の予測不能な成分によって発生した推定スペクトルにおける疑似極大値を含むことが避けられる。

7．疑似積分データのスペクトルから、必要なパラメータの値を再推定する。採用されたスケーリングレベルにより、予測データが、新しいパラメータの推定値を支配するようにする。

30

8．各パラメータについて、新しい推定値と、それによって予測される値との間の差を求め、1 / ρ で乗算することによって、その差をその元のレベルに戻す再スケーリングする。

9．再スケーリングされた差は、予測値に加えられ、それぞれの履歴キャッシュにおいて7番目の位置に格納され、先頭の値(第1値)がクリアされる。

10．履歴キャッシュ内で6つの値にトラックフィットさせ、以前通り次の値を予測する。これにより、非固定環境において、最新の結果が最も重み付けされて与えられる。

11．ステップ5から10のサイクレットを継続する。このデータを「トラッキング中」とする。

40

【0078】

本明細書における用語「トラックフィッティング」は、履歴キャッシュに格納された値に適用される、適切なカーブフィッティングルーチンを意味する。初期には、履歴キャッシュは存在せず、推定を実施する必要がある。初期パラメータセットは、適度に長い時間周期に関して、データを平均化する検出器段階から得ることができる。

【0079】

図2及び3について説明すると、データフローコントローラ58は、サウンドセグメント34と称されるパケット中のメインキャッシュメモリ56からデータを抽出する。これらのセグメント34は、サイクレットリムーバ62経由でサイクレット検出器60の検出器キャッシュ72に入力される。サイクレットリムーバ62は、少なくとも1つの周期的な

50

成分がデータストリーム内で検出されるまで、入力サウンドセグメント34上では機能しない。システム50は、サウンドセグメント34のシーケンスで計時されるが、サイクレット検出器60は、その動作の様々な段階で多少のデータを必要としてもよく、従ってそれ自体のキャッシュメモリ、検出器キャッシュ72を内蔵する。検出器キャッシュ72は、サウンドセグメント34をキャッシュし、それらセグメントをデータセグメント36として示されるパケット内のフィルタバンク70に渡す。

【0080】

検出器キャッシュ72への入力を継続して行う検出器動作において、メインキャッシュ56が出力するパケットサイズ(サウンドセグメント)は、関係しない。サイクレットは、データがデータセグメント36内で分析されるときに検出される。図3を参照すると、フィルタバンク70は、実質上フィルタサイズのセットであり、その各々は、異なった周期に対応して、データセグメント36を分析し、従ってサイクレットプロファイル及び周期の初期推定を得る。

【0081】

データセグメント36は、一定のサイズではなく、いつでもサイクレット検出器60における各フィルタの要件に適切なサイズに、検出器キャッシュ72によって適合される。新しいサイクレットの検出時、検出器60は、多くの反復に関する平均サイクレットを測定するので、この様な平均化を支援するのに十分な数のサイクレット反復を含むデータセグメントサイズが必要である。図1に示す例では、サイクレット周期は、12個のサンプリング点14の範囲内に含まれる。平均化関数に適切な反復数が5回の場合、データセグメント36は、少なくとも60ワードを含まねばならない。これは、図2のデータストリーム表示における60個の小さなボックス32に対応する。この図の各サウンドセグメント34は、20個の小さいボックス32に対応するので、この様な3個のサウンドセグメント34は、サイクレット12を検出するために必要である。検出すべき他のサイクレットが、15個のサンプリング点を占有する場合、反復数5回のデータセグメント36は、少なくとも75ワードを含まねばならない。これには、4個のサウンドセグメント34が必要なので、検出器キャッシュ72は、フィルタバンクによる使用のための追加セグメント34を格納する。

【0082】

フィルタサイズは、フィルタセットの各部材がデータワードの整数に対応するウィンドウサイズを有する点で、データサンプリングレートに同期するように限定される。

【0083】

データセグメント36は、その後「スライス」されるが、その際バンク内の各フィルタの試験周期に従ってデータブロックに、最新に受信されたデータワードが最初にスライスされる。平均化されたサイクレットベクトルと、それに関連する平均サイクレットパワーは、対応するデータブロックから各試験周期のために導出される。このスライス処理、及び平均化処理は、フィルタバンク70にわたって反復されるので、フィルタバンク70は、試験周期範囲にわたって、パワースペクトル($P(s)$)を与えることを可能にする。このパワースペクトルにより、各フィルタによって成される選択が、データストリーム内に存在する実際のサイクレット周期に対応する確率の測定値を与える。

【0084】

パワースペクトル($P(s)$)は、フィルタバンク70からセレクタ74に出力される。セレクタ74は、パワースペクトル内の主要ピークを識別し、この情報をサイクレット限定作用素76に示す。サイクレット限定作用素76は、各ピークの性質、すなわちピークがノイズ閾値を超えているか、このピークが「リングング」、またはフィルタサイズを真のサイクレット周期の倍数とする分周波によるものかを識別する。限定作用素76は、真の基本サイクレットが発見されたことを満たすとき、ローカルの「非同期」細分化を実行するように構成される推定器78に、関連サイクレット情報を渡して、サイクレット周期の正確な非積分測定値を得る。この非同期技術は、標準技術ではないが、疑似積分と呼ばれる新規な動作に基づいている。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

正確なサイクレットモデルは、このモデルを現行の検出されたサイクレットのリストに新しいトラックとして加える命令により、サイクレットトラッカー 6 4 に渡される。初期の検出後、サイクレットトラッカー 6 4 は、システム 5 0 経由で計時される次の入力サウンドセグメント 3 4 の時間枠に、正確なサイクレットモデルを外挿する。後続のサウンドセグメントにおけるサンプリングレートは、通常、サイクレット反復率に同期しないので、この外挿は、関連サンプリング点、すなわちタイミングにおけるサイクレットの「位相」の評価を含む。この新しく検出されたトラックの予測されたサイクレット値は、前に検出されたサイクレットのサイクレット値と組み合わせられ、サイクレットリムーバ 6 2 に入力される。

10

【 0 0 8 6 】

本明細書では、この位相情報は、「サイクレットタイミング」として示され、従ってタイミング誤差は、サイクレットトラッカー 6 4 によって発生する。タイミング誤差は、次の様々な理由、すなわち、発生源の周期が急激に変化したり、発生源のタイミングが急激に変化したり、予測された周期変化が正しくないため、予測されたセグメントにおけるタイミング誤差が発生したり、周期は正しいが、サウンドセグメント内のサイクレットの位置が正しくないなどにより発生する。

【 0 0 8 7 】

サイクレットトラッカー 6 4 は、初期検出及び特徴が、サイクレット検出器 6 0 によって一度達成されると、サイクレット範囲全体をトラッキングする。これに関連して、トラッカー 6 4 は、残りの信号を表わすキャッシュ化データと、1つ以上の予測サイクレットプロファイルと比較し、次のサウンドセグメント 3 4 における予測誤差を最小限にするために意図される量によって全パラメータを更新する。この残りの信号は、通常、ノイズ、干渉、及びサイクレットプロファイルにおける予測誤差よりかなり大きな強度を有することのある他の検出されていない周期的な成分を含む。このサイクレットトラッカー 6 4 は、2つの独立した段階、すなわち疑似積分、並びにそれに続く過去の出力を平滑化するためのトラックフィッティングルーチンにおける、これらの比較的小さな予測誤差を分離する。この結果発生した曲線は、次のサウンドセグメントの時間枠に外挿され、関連する全パラメータの予測値を生成するために使用される。これらの推定値は、サイクレットデータ出力 1 1 0 で利用可能であり、この圧縮されたフォーマットで維持されたサウンドデータストリームは、元の信号よりもはるかに低い帯域幅のチャネルを経由して送信することが可能である。この推定値は、予測器 9 4 に渡され、ここで、予測されたサイクレットプロファイル値が適切なサンプル時間で評価され、サイクレットプロファイルリムーバ 6 2 に渡され、次のサウンドセグメントについての残りの信号が計算される。このパラメータに対する更新は、適切な間隔で実行される。このパラメータが急速に変化する場合に保持される、過去の出力の小さいキャッシュのみで間隔を短くでき、パラメータ展開が遅い場合、より大きな履歴キャッシュでは間隔は少なくなることが多い。これにより、リアルタイムでの実用状況における、時間対周期の分析のための直接の手段が与えられる。

20

30

【 0 0 8 8 】

サイクレットリムーバ 6 2 は、トラッカー 6 4 から受信する予測サイクレット値を、実際の入力サウンドセグメントから減算し、残りの信号を形成する。ここでこの残りの信号は、サイクレットトラッカー 6 4 及び検出器 6 0 両方への入力を形成する。これにより、サイクレットトラッカー 6 4 は、上述した通り、次の入力サウンドセグメントについての予測を形成することができると共に、サイクレット検出器 6 0 は、ここに記載される通り、より弱い、またはより長い周期のサイクレットを検出するため、その検出サイクレットを再び反復できる。制限ノイズ閾値を超えて何も残らなくなるまで、各サイクレットは順次検出されるので、減算は反復される。検出可能な周期の全てがキャンセルされると、尤度スペクトルは、ほぼ等方的になる。その後、サイクレットトラッカー 6 4 は、引き続き、時系列で将来のサウンドセグメントをトラッキング及び予測する。

40

【 0 0 8 9 】

50

非固定周期は、時がたつにつれて強度を得たり、脆弱化して消失する場合がある。トラックリムーバ 66 は、サイクレットトラッカーによって予測されたサイクレット波形を監視し、サイクレットトラッカー 64 がサイクレットトラックが終了されるべき特定サイクレットへのトラッキングルーチンの適用を中止するよう指示されるように構成される。予測サイクレット波形出力 108 からの出力は、トラックリムーバ 66 のサブ構成要素、マージ決定器 100 に入力される。マージ決定器 100 は、2 以上の組み合わせるトラックがあるかどうか探索して、単一トラックを形成する。このような徴候が発見された場合、マージ決定器 100 は、サイクレットトラッカー 64 に 1 つ以上のサイクレットトラックを除去するように指示する。非マージトラックは、各サイクレットについて信号対ノイズパワー比を評価する SNR 評価器 102 に渡される。その後、トラック限定作用素 104 は、特定トラックからの信号がノイズレベルを下回ったかどうか判断する。SNR 評価器 102 及びトラック限定作用素 104 は、両者とも、入力セグメントからのサイクレットトラックの突然の消失を検出することができるが、その状況は、例えば、サウンド発生源がオフに切り替えられ、サイクレット振幅プロファイルのグラジュアルフェードが弱いレベルに設定された場合に発生することがある。何れの場合においても、サイクレットトラッカー 64 には、サイクレットトラックを除去する指示が送られる。

【0090】

次に、検出器キャッシュ 72 及びフィルタバンク 70 サブ構成要素を始めとする、サイクレット検出器 60 の動作について詳細に説明する。この特定の実施形態において使用されるフィルタバンク 70 は、スライディングウィンドウ手順を採用している。このウィンドウ長さは、データワード単位で測定され、この様なワードの積分数に限定される。これは、同期検出として既知である。つまり、検出されたサイクレット周期に関しては、A/D コンバータ 54 のデータサンプリングレートに同期することを前提として、近似処理が強制される。フィルタバンクは、各々が異なった整数値化された周期に整合するフィルタのセットを含む。各フィルタは、データワードの積分数を含む、選択された異なるウィンドウ長さを使用する。このように、フィルタは、時間ドメイン内、等価的にはデータワードのドメイン内で実行される。各ウィンドウ長さについて、セグメント 36 は、一連の非オーバーラップデータブロックに分割され、分割されたブロック間の類似性の度合い（周期的な相関）が測定される。これは、データセグメント 36 に沿ってスライディングウィンドウを階段状にし、各連続ブロックを抽出して、それをいくつかの前のブロックの合計に重ねることによって成される。この合計は、データセグメント 36 内のブロック合計数に正規化され、平均化されたサイクレットプロファイルを生成する。この平均化された機能は、サイクレットベクトルとも言われる。このデータブロックの干渉性平均化（積分）が得られるのは、ウィンドウ長さにより確立される試験周期が、元の信号内の周期的な成分の反復周期に整合する場合に限られる。このように、フィルタバンク 30 は、各データセグメントにスライディングウィンドウ長さの試験セットを適用し、各ウィンドウ長さについて推定されたサイクレットを生成する。このサイクレットベクトルは、それ自体は近似最大尤度指標ではないが、実質的にはブロック内でワードに関して変化する振幅プロファイル関数となる。近似指標を与えるには、フィルタバンク 70 は、各サイクレットベクトルにおける平均パワーを示す値（P）を各フィルタについて計算する。ノイズフロア内の変化について成された近似調整については、後述する。

【0091】

起動段階時、サウンドセグメント 34 の検出器キャッシュ 72 への連続入力、サイクレット探索の順序を命令する。まず、キャッシュされるサウンドセグメントがほんのわずかのとき、検出器キャッシュ 72 によって与えられるデータセグメント 36 は、ウィンドウサイズの大きな、すなわち長い周期のフィルタによって実行されるフィルタバンク内の平均化処理に不十分なデータワードを含む。しかし、後続のサウンドセグメント 34 が、検出器キャッシュ 72 に含まれるとき、フィルタバンク 70 に利用可能なデータセグメント 36 は、増加したより長いデータストリームを含み、より長い周期のサイクレットの探索を行えるようにする。

【 0 0 9 2 】

フィルタバンク 70 は、標準スライディングウィンドウを使用して実施される演算上有効な同期方法を使用する。ここでは本実施形態の基本的な動作について、数学的に説明する。フィルタの 1 つに渡されたキャッシュされたデータセグメント 36 は、 n 個の離散点でサンプリングされたアナログ信号に対応し、一連の n 個のデータワードとして表示される。これらのデータワード (b_i 、 $i = 1$ から n) は、 m 個の非オーバーラップブロック (w_j 、 $j = 1$ から m) にグループ分けされ、その各々は、 s が、整数値で、スライディングウィンドウのサイズを示す s 個のワードを備え、特定フィルタに関連する試験周期が、フィルタバンクから使用される。試験周期 s についてのサイクレットベクトル

【 0 0 9 3 】

【 数 2 1 】

$$\overline{(w = b(s))}$$

は、その後、これら m 個のブロックの平均値から推定される。

【 0 0 9 4 】

【 数 2 2 】

$$\text{サイクレットベクトル} = \overline{b(s)} = \frac{\sum_{j=1}^m w_j}{m}$$

この平均化されたサイクレットベクトルにおける s 個の値により、試験周期の値の 1 つについて推定された振幅プロファイルが規定される。 m の値は、十分な積分及びフィルタ処理を行うためユーザにより規定される (通常は 5 である)。

【 0 0 9 5 】

フィルタバンク 70 は、サイクレットベクトルのフィルタ毎または試験周期毎の 1 つの値の推定される平均信号対ノイズパワー比 (SNR) の測定を生成する。これは、以下の式によって付与される。

【 0 0 9 6 】

【 数 2 3 】

$P(s) = \text{推定信号パワー} / \text{期待ノイズパワー}$

$$= \frac{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \overline{b_i(s)^2}}{N(s)}$$

式中、 i は、ベクトル

【 0 0 9 7 】

【 数 2 4 】

$$\overline{b_i(s)}$$

におけるワードに対するポイントであり、試験周期 s に対するサイクレットベクトルの振幅プロファイル推定値である。 $P(s)$ の各値により、試験周期 s を入力サウンドデータストリームの最良の記述子とする相対尤度の推定値を規定する。従って、最も確率の高い周期は、フィルタバンク 70 内のフィルタ全ての出力 SNR を比較し、1 つ以上の有効極大値、すなわちスペクトル $P(s)$ におけるピークを探索することにより得られる。

【 0 0 9 8 】

検出器が探索する前に、入力データストリームから前に予測されたサイクレットを未検出

10

20

30

40

50

サイクレットとして減算する効果は、期待ノイズパワースペクトル $N(s)$ の一定の歪みがあることを意味する。入力データストリームは、フィルタ処理手順によって完全に抑制されていないノイズまたは他の追加干渉を有する。前に予測されたサイクレットは、一定の漏れノイズを有し、これは、予測サイクレットに従って、サイクレットリムーバ 80 によって入力データストリームから減算されて、残りの信号を与える。検出器 60 は、この残りの信号を使って、他の周期の探索に使用する（残りの）パワースペクトルを生成する。フィルタによって漏洩したノイズ成分も、サイクレットリムーバ 80 によって減算されるので、この残りのパワースペクトルは、ノイズレベル以下の傾斜を含む。これらの傾斜は、検出されたサイクレットの周期（及びその倍数）に中心を置く。推定かたよりを避けるため、ノイズパワースペクトル $N(s)$ は、同じ位置で同様のかたちの傾斜を含むように再び正規化される。このため、キャンセルされたサイクレットがなく、一単位の SNR にスケールリングされたサイクレットのパワースペクトルに相当する期間、減算された各サイクレットについて低減されなければ、ノイズパワースペクトルは不変である。

【0099】

フィルタバンク 70 で使用される試験周期 s は、分析中の合成サウンド信号の発生源に従ってユーザによって指定される。選択されたフィルタバンクセットは、その発生源によって生成されるデータストリームにおいて期待される周期の範囲全体に広がるべきである。解像度の増加のため、このセットは、特に、周期 s の低い値、及び m の高い値で、 f が 0 から 1 の範囲にある非整数周期 $\sigma = s + f$ を有してもよい。式中、得られた出力スペクトル $P(\sigma)$ は、同期方法によって生成されるが、 σ は、整数及び非整数フィルタサイズを含むフィルタセットに相応する。パワースペクトル $P(\sigma)$ における追加点は、このように生成され、より小さい非整数周期 τ を有するサイクレットを検出するときの内挿を支援する。この場合、スライディングウィンドウのサイズは s であり、（整数の場合について） s 個のサンプリング点が、各データブロックに採取される。しかし、その後、ウィンドウは、各位置における s 個のサンプル点を採取する σ の倍数である位置にスライドする。本実施形態において、フィルタバンク 70 は、非整数ウィンドウ位置の最も近い整数値を選択する。この近似化の結果、平均化される非連続データブロックが生ずる場合がある。異なったデータブロックからのサンプリング点は、以前と同様に重ねられて平均化されるが、サイクレットの m 個のサンプリングされたバージョンは、全く同一のサンプリング段階とは限らないので、サイクレットプロファイルの推定値にいくつかの誤差がある。しかし、部分的なサイクレット周期による誤差が連続データブロックにおいて合成されないときは、より重大な暴走効果を防止する。

【0100】

上記で行った嵌め込み近似値の有無を問わず、同期方法の欠点は、非整数周期 τ を探索するときには、サイクレット特性のさらなる細分化が必要な点である。この様な細分化は、演算コストが高価な非同期方法を使用してサイクレット推定器 78 によって成される。

【0101】

別の実施形態では、同期平均化フィルタバンク 70 の代わりに、より計算コストが高価な楕円フィルタを使用している。この代替により、推定処理における自由度の数は低減され、その結果、信号対ノイズ比が改良される可能性をもたらす。

【0102】

フィルタバンク 70 は、そのセット内での各フィルタによって生成される SNR (P) を、その試験周期の関数 (σ ワード) としてセレクタ 74 に出力する。これは、パワースペクトル ($P(\sigma)$) と呼ばれる。セレクタ 74 は、この離散的なスペクトルを分析し、極大値の位置を識別する。 σ の試験値の範囲に関しては、サイクレットベクトルの値と、パワースペクトル ($P(\sigma)$) は、各最大値の性質を決定するように構成されるサイクレット限定作用素 76 に渡される。

【0103】

検出された各サイクレットベクトルに関連して、限定作用素 76 は、同期方法によって検出されるサイクレットベクトルのパワー ($P(\sigma)$) が、特定のプリセット閾値、すなわ

10

20

30

40

50

ちノイズ検出閾値を上回るかどうかまず判別する。上回る場合、限定作用素 7 6 は、検出されたサイクレットベクトルが、基本成分であるかどうか評価する。

【 0 1 0 4 】

試験周期に応じて評価されるパワースペクトル固有の特性は、スペクトルが多数の別個の極大値を含むことである。（存在してもよい数が多数の場合）真のサイクレットの場合に加えて、これらの極大値は、2つのカテゴリーの内の1つに該当する場合がある。第1に、そのいくつかは、例えば、試験周期が、真のサイクレット繰り返し周期の2倍または3倍の分周波で発生する。第2に、例えば、サイクレット自身の周期の一定の度合い（リングング）によるスペクトルの他の点でのフィルタ漏れが発生する場合がある。これは、そのサイクレットが、減衰した複素数指数を近似させる場合に発生する場合がある。サイクレット限定作用素 7 6 は、副高周波による極大値、漏れ、及びノイズを排除し、有効極大値の1つを選択するように構成される。

10

【 0 1 0 5 】

（上記に詳述された）閾値レベルをその予測最大値より上に設定することにより、ノイズは簡単に扱われる。

【 0 1 0 6 】

他のカテゴリーを扱うには、サイクレット限定作用素 7 6 は、短い試験周期から長い試験周期への局所的な極大値についての探索を行う。このため、分周波による値に達する前に、基本的な周期の最大値を見つける必要がある。これは、真のサイクレット反復より短い試験周期での局所的な極大値を生成するリングング効果の場合とは異なる。従って、各極大値は、リングングの起こりうる徴候に対して試験が行われる。これは、増加した数のデータブロックを使用し、それと共に平均化されたサイクレットベクトルを計算することによって成される。通常、真のサイクレット反復値が発見された場合、平均値におけるサンプル数の増加により、パワー値 $P(\sigma)$ の SNR は増加する。しかし、この反復値がリングングによる場合、その効果の性質が減衰すると、サンプル数の増加により信号及びパワー値 $P(\sigma)$ は減少する。このため、 SNR が増加しないで減少すると、限定作用素 7 6 は、この周期を排除し、次に重要な最大値の探索を続行する。

20

【 0 1 0 7 】

このように、サイクレット限定作用素 7 6 は、上記のパワースペクトルの最大閾値が基本値であるかどうかを決定する。そうでない場合、限定作用素 7 6 は、フィルタバンク 7 0 に次の局所的な最大値を与えるよう命令し、その確認試験を反復する。フィルタバンク 7 0 内の主要な基本値が発見された場合、そのサイクレットベクトル及び周期は、推定器 7 8 に出力される。上記の極大閾値が発見されない場合、合成サウンド信号における更なるサイクレットが存在しないと想定される。

30

【 0 1 0 8 】

通常、一サイクレットの周期は、元の信号のデジタル化に使用されるサンプリング間隔の整数の倍数値ではない。このため、フィルタバンク 7 0、セクタ 7 4、及び限定作用素 7 6 によって実行されるサイクレット検出及び推定の同期方法は、真の反復値への近似値のみを生成し、微調整が必要となる。この微調整は、推定器 7 8 によって行われる。

【 0 1 0 9 】

推定器 7 8 は、同期周期 σ に従って連続データブロックを抽出する。各データブロックは、フィルタバンク 7 0 によって導出した平均サイクレット値（サイクレットベクトル

40

【 0 1 1 0 】

【 数 2 5 】

$$\overline{b}_i(\sigma)$$

におけるポインタ i によって示されるワード位置における振幅値)を減算して、残りの誤差データブロックを形成し、 p 毎の残りの値を重み付けし、 $(1 - p)$ で重み付けされた平均サイクレット値に加算することにより疑似積分される。疑似積分されたブロックは、

50

単一プロット上に折り畳まれて、位置決めされる。連続ブロックから重ね合わされたサイクレット振幅プロファイルは、真のサイクレット反復値 (τ) は、同期して推定された周期 (σ) よりもそれぞれ短いか長いかによって、左右いずれかへのドリフトを示す。カーブフィッティングルーチンは、この重ねあわせブロック内の疑似積分振幅データの平均値に、振幅プロファイルを適合させるために使用される。不規則なプロファイル形状が内挿されている、このようなカーブフィッティングルーチンは、外挿目的のトラックフィットと区別するため、プロファイルフィットと称する。この平均振幅プロファイルからの疑似積分データ点の横軸に沿ったオフセットにより、推定された試験周期 σ への補正の基礎となる。このオフセットは、疑似積分係数 ρ によって除算され、線形回帰近似が適用される。ブロック数に関して測定される、このフィットの勾配により誤差補正が生成される。従って、同期して推定された周期 σ は、サイクレットの周期として採用される新しい非整数周期 τ に補正される。この情報はサイクレットトラッカー 64 に渡され、トラッキング機能において使用される。

10

【0111】

プロファイルフィッティングルーチンから別々に周期制限を適用することによって、自由度の数を最小限にすることができる。これにより、ノイズ低減の範囲を最大限にすることができる。同期方法によってパワースペクトルを生成する際、サイクレットベクトル内の s 個の点を各々使用する。このため、平滑化を行わない場合、 s 個の自由度がノイズの一因となる。しかし、非同期方法においては、プロファイルフィッティングルーチン、例えば、最小二乗フィットが使用される。このルーチンは、自由度がより少なく、従って信号対ノイズ比を改良する。

20

【0112】

いくつかの状況においては、一セグメントから次のセグメントへの相対的なサンプルタイミングの変化が非常に顕著な場合が発生する。このような状況では、スケーリングされたオフセットは、顕著に変調され、再スケーリング時には、受け入れ不可能なレベルに達する。従来のトラッキングに近い方法は、この場合に使用できるが、積分ずれが問題となる可能性がある。しかし、尤度関数における曖昧性が無ければ、受け入れ可能な技術は、疑似積分係数 ρ の値を一単位、あるいはプロファイルフィッティング段階における一単位付近に設定することである。これにより、非同期サンプリングによって発生する、起こりうる係数変調影響を最小限にする。

30

【0113】

更にまた、プロファイルフィッティングは、ウィンドウの中心付近の過渡エッジに平滑な曲線を適合させるときに、特に有効なわけではない。このフィットを過渡エッジに適合させる際、過渡エッジの左右両側への点のフィットが、摂動される。従って、カーブフィッティングルーチンの精度は、サイクレットの過渡エッジがウィンドウの始めに位置決めされる場合に、増加する可能性がある。その後、過渡エッジは、主要なフィッティング処理から除外され、必要に応じて別々にフィッティングされるか無視される。このように、推定器 78 は、プロファイルフィッティングルーチンが実行される前に、ウィンドウの始めに過渡エッジを再位置決めする手順も実行する。

40

【0114】

推定器 78 によって使用されるプロファイルフィッティングルーチンは、ユーザ定義可能である。本実施形態において、このフィットは、サイクレット振幅プロファイルが以下の式によって記述される n 次多項式に対するものである。

【0115】

【数 26】

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

式中、 y の値は、サイクレット振幅を表わし、 x の値は、サイクレット内の時間 (データサンプル点) を表わす。パラメータ a_0 、 a_1 、 a_2 、 $\dots$ 、 a_n は、サイクレット係数と称される。サイクレット係数の値とサイクレットのサンプル点 14 の情報から、サ

50

イクレットベクトル $w = [b_0, b_1, b_2, \dots, b_s]$ の修正値は、 b 値（サイクレット値）がサイクレット内の s 個のサンプル点における振幅値である場合に、推定される。

【0116】

推定器 78 は、その後、サイクレットトラッカー 64 にトラックを追加する命令に従って、これらのサイクレット係数の正確な値と、数値と、周期を渡す。

【0117】

検出器 60 は、ノイズ限界値に達するまで、進行的により弱く、より長いサイクレットを見つける、上述のサイクレット検出処理を反復するように設定される。トラッキングされた各サイクレットは、サイクレットリムーバ 62 によって将来の入力サウンドセグメント 34 から減算されるが、この成分は、検出器キャッシュ 72 に既に格納されているサウンドセグメント 34 には影響しない。従って、推定器 78 は、その初期検出時に各サイクレットの過去の履歴を外挿し、これを検出器キャッシュ 72 に格納されたサウンドセグメント 34 から減算するように構成される。新しいサイクレット同期検出の平均化段階で連続して使用されるキャッシュ化サウンドセグメント 34 の全てを通じて、外挿し直す必要がある。これにより、前に使用されたサウンドセグメント 34 は、後続のサイクレット検出において再使用することができるので、検出器キャッシュ 72 が残りの有効信号データを補充するのを待たずに済む。検出されたサイクレットが、このデータからは消去されなかった場合、そのサイクレットは、平均化のために使用されるデータ内に依然として存在し、その対応する極大値は、あと幾つかのデータセグメントが計時されるまで、パワースペクトルからは消去されない。

【0118】

あるサイクレットの初期検出時、推定器 78 によって得られる過去の履歴は、サイクレット情報、及びトラックを追加する指示とともに、サイクレットトラッカー 64 に渡される。サイクレットトラッカー 64 は、この情報を使用して、新しく検出されたサイクレットを外挿し、システム 50 に入力される次のサウンドセグメント 34 内の振幅値を予測する。

【0119】

サウンド信号が断続的な発生源から発するシステムに適用される別の実施形態において、連続的なリアルタイムデータストリーム 30 は受信されず、このデータは、バッチモードで分析される。同じデータセグメント 36 は、その後、安定したトラックが得られ、検出できる更なる周期的な信号が無くなるまで、繰り返し再使用される。トラックリムーバ 66 は余剰になるので、このような実施形態には含まれない。

【0120】

要約すると、推定器 78 は、荒いサイクレットデータを細分化し、このサイクレットの正確な測定値を生成する。その後、これは、いくつかのサウンドセグメント 34 により反対方向に外挿される。新しいトラックを追加する指示と、最終的に正確なサイクレットの詳細は、次の入力サウンドセグメント 34 への順方向外挿のためにサイクレットトラッカー 64 に渡される。

【0121】

サイクレットリムーバ 62 は、メインコンピュータキャッシュ 56 から入力サウンドセグメント 34 と、サイクレットトラッカー 64 から入力サウンドセグメント 34 についての予測サイクレット値とを受信する。サイクレットリムーバ 62 は、実際のセグメント値から予測値を減算し、サイクレット検出器 60 及びサイクレットトラッカー 64 の両方に供給する、残りの信号データセグメントを与える。この残りの信号は、残り信号出力 106 経由でのシステム 50 からの出力にも利用可能である。サイクレット検出器 60 は、この残りの信号データセグメントをその検出キャッシュ 72 に追加する。サイクレットトラッカー 64 は、残りのセグメント内の情報を使用して、誤差を推定し、疑似積分を利用することにより、時間変化するサイクレット周期 ($\tau(t)$) と、振幅プロファイルとをトラッキングする。

【 0 1 2 2 】

次に、サイクレットトラッカー 6 4 の動作について詳述する。サイクレットトラッカー 6 4 は、サイクレット係数 ($a_0, a_1, \dots, a_n$) と、サイクレットプロファイル振幅値 ($b_0, b_1, \dots, b_s$) と、検出された各サイクレットについての周期 τ とをトラッキングする。入力サウンドセグメント 3 4 から検出されたサイクレットの減算を可能にするため、システム 5 0 は、将来のセグメントについてのサイクレットプロファイル値 ($b_0, b_1, \dots, b_s$) の各セットを予測可能にしなければならない。サイクレット周期 τ が時間がたっても一定のままである場合、サイクレット係数 ($a_0, a_1, \dots, a_n$) が一度決定されると、これは実行するのに比較的簡単である。しかし、 τ が、時間の関数 (t) である場合、この変化をトラッキングする必要がある。本発明の実施形態において、トラッキングは、サイクレット周期及び振幅プロファイル内の時間変化を最初に予測し、実際のデータが受信されると、誤差を測定し、修正のための演算を実行する演算効率で実行される。

10

【 0 1 2 3 】

各種データセグメント及び / または関数を識別するため、本明細書では以下の記号を使用する。

【 0 1 2 4 】

入力サウンドセグメントは、 p 個のデータワードを備え、サブスクリプト「 inc 」によって、他のこのようなセグメントと区別される。直前及び後続のサウンドセグメントは、それぞれ、サブスクリプト「 $inc - 1$ 」及び「 $inc + 1$ 」というラベルが付く。このように、入力サウンドセグメントは、 $[ss_0, ss_1, ss_2, \dots, ss_{p-1}]_{inc}$ によって表わされるか、離散的にサンプリングされた場合は単に $[ss]_{inc}$ によって表され、連続内挿された関数について考える場合は鍵括弧が無く ss_{inc} によって表わされる。

20

【 0 1 2 5 】

これらのサンプル点の範囲内での予測サイクレット振幅値は、連続的なサイクレットプロファイルが使用されていても、その値が離散的で $[\Sigma b]_{inc}$ であれば、

【 0 1 2 6 】

【 数 2 7 】

$$\sum_{crclets} [b_0, b_1, b_2, \dots, b_{p-1}]_{inc} = [\Sigma b]_{inc}$$

30

として集中的に指定される。一例として、1つの特定サイクレットが使用されるとき、総和記号は抜かされる。

【 0 1 2 7 】

同様の以下の表記で、残りの信号データセグメント内の振幅値は、以下の式によって与えられる。

【 0 1 2 8 】

【 数 2 8 】

$$[r]_{inc} = [ss]_{inc} - [\Sigma b]_{inc}$$

40

当該サイクレットが周期的な関数である場合、多くの反復に関するサンプリング点は、1つの反復サイクレット内に折り畳まれる。これは、サイクレットプロファイルには影響しないが、サイクレット周期がサンプリング間隔の整数倍でない限り、より多くの点でサイクレットのサンプリングを効果的に与える。この折り畳まれたサイクレット内のサンプリング時間は、折り畳み時間と称される。

【 0 1 2 9 】

サイクレット検出器 6 0 からトラックを追加する命令が到着し、トラッカー 6 4 が、現在のサウンドセグメント用に検出器 6 0 によって推定されたサイクレット係数を供給される

50

とき、トラッカー 64 は、振幅プロファイル内の関連サンプリング点を使用して、次のセグメント用の振幅を予測する。前に検出されたサイクレットのサイクレット振幅値は、関連サンプリング点で、トラッキングルーチンによって生成される予測サイクレット係数から同様に推定される。サイクレット振幅値のセットはすべて、サイクレットリムーバ 62 に共に入力される。

【0130】

サイクレット検出器 60 と同様に、サイクレットトラッカー 64 は、その動作のために、時折サウンドセグメント 34 の計時によって与えられるデータに比べて、より多いあるいはより少ないデータを必要とする。トラッキング動作の基本は、別のキャッシュメモリ、P l d a t a キャッシュ 91 を必要とする疑似積分技術が挙げられる。サイクレットトラッカー 64 のサブ構成要素、更新器 92 は、P l d a t a キャッシュ 91 に格納された疑似積分データ ($[P l d a t a]_{i n c}$) に適合するプロファイルによって、補正されたサイクレット係数 ($a_0, a_1, \dots, a_n$) $t r a c k$ を決定する。これを可能にするには、更新器 92 は、少なくともサイクレット全体の情報を必要とする。その上、当該サイクレットの一領域において、より多くのサンプル点を与えることにより、折り畳まれた分布を均一に重み付けするのを避けるため、この折り畳み動作には整数のサイクレット周期が使用される。これにより、P l d a t a キャッシュ 91 からは 3 つの起こりうる状況と、それに続く応答が得られる。入力サウンドセグメント $[s s]_{i n c}$ が、 p 個のサンプリングデータワードと、サイクレット周期スパン τ (必ずしも整数でない) サンプルとを有し、 n が整数値が 1 以上である場合、以下の 3 つの可能性がある。

【0131】

1. $p > n \tau$
2. $p = n \tau$
3. $p < \tau$

第 1 の場合では、サイクレット周期の整数値以内の全サンプル時間に対応する $[P l d a t a]_{i n c}$ 値は、保持されたキャッシュ及び残り ($< \tau$) の部分から出力される。これらの不使用のサンプルで連続的に処理されたサウンドセグメント $[s s]_{i n c + 1}$ がキャッシュされるとき、サイクレット反復の整数値以内のサンプル時間は、キャッシュ 91 に現在格納されるサンプルの総数 ($(p - n \tau)_{i n c} + P_{i n c + 1}$) から出力され、残りは、次のサウンドセグメント $[s s]_{i n c + 2}$ と共に使用するため再び保持される。

【0132】

第 2 の場合では、P l d a t a キャッシュ 91 は、サウンドセグメント 34 の計時と同期して空になる。

【0133】

第 3 の場合では、P l d a t a キャッシュ 91 は、サイクレット周期をカバーするのに十分なサンプルを有するように、十分なサウンドセグメントが計時されるまで待ち、これが達成された後だけ、評価器 90 に出力を行う。介在するサウンドセグメント時間において、サイクレット係数の誤差は、評価されないが、この係数は、既存のトラッキング情報を使用して介在するサウンドセグメントの時間枠内で更新される。周期及びタイミングについても、同様に更新される。従って、評価器 90 及び更新器 92 は、P l d a t a キャッシュ 91 から整数値のサイクレットをカバーする $[P l d a t a]_{i n c}$ 値を受信する。従って、通常、異なった周期成分が、異なったレートで更新される。

【0134】

トラッキング機能は、入力サウンドセグメント $[s s]_{i n c}$ がサイクレットリムーバに入力されたときに起動する。サイクレット予測器 94 の前のサイクレットは、前のサウンドセグメントから導出される情報から $[s s]_{i n c - 1}$ を含むまで、このサウンドセグメント $[s s]_{i n c}$ で発見される予測サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ を有する。P l d a t a キャッシュ 91 は、サイクレットリムーバ 62 からの残りの信号データセグメント $[r]_{i n c}$ とともに、これらの予測サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ を受信する

。トラッキングされた個々の各サイクレットについては、サイクレットトラッカー 64 のサブ構成要素、評価器 90 が、疑似積分を使用してタイミング及び周期誤差の測定値を推定する。

【0135】

疑似積分を実行するには、評価器 90 は、予測サイクレット振幅値及び残りのセグメント値から、P l d a t a として既知の疑似積分データの値を生成する。具体的には、評価器 90 は、以下を評価する。

【0136】

【数 29】

$$[P l d a t a]_{i n c} = (1 - \rho) [\Sigma b]_{i n c} + \rho [r]_{i n c}$$

10

式中、 ρ は、疑似積分係数であり、通常 0 . 0 1 までとする。

【0137】

[P l d a t a]_{i n c} 値は、その後、キャッシュされたセグメント用に既に決定されたサンプリング時間で、予測サイクレット係数 (a_0 、 a_1 、...、 a_n) によって生成されるキャッシュされた振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ と比較される。これらの値は、予測サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ と、入力サウンドセグメント $[s s]_{i n c}$ に存在する実際のサイクレット振幅値との間のタイミング誤差を示す度合いに対してオフセットされる。従って、評価器 90 は、サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{i n c}$ における、縦座標軸 (タイミング) に沿った [P l d a t a]_{i n c} 値のオフセットを測定する。サイクレット振幅極大値付近の追加ノイズまたは干渉の値が小さくても、大きなタイミング誤差として解釈される。これを避けるため、部分的なサンプル間隔の単位における時間オフセットは、サイクレットの勾配が最も急激で、勾配ゼロ付近で減衰する場合に強く重み付けされる。この重み付けされたオフセットは、平均化されて、 $1 / \rho$ で乗算される。この疑似積分された値は、予測サイクレットタイミングに関するタイミング誤差を示す。すなわち、この値は、サウンドセグメント内のサイクレットの位置決めにおけるシステム誤差を示すが、他のキャンセルされていない成分からのノイズ及び起こりうる (しかし低減された) 干渉を受ける。

20

【0138】

ノイズを更に低減するため、更新器 92 は、スライディングウィンドウ履歴キャッシュ内にタイミング履歴を格納する。これにより、予測値、及び評価器 90 内で評価された疑似積分誤差の両方を含む、前の q 個のセグメントのタイミングの記録を行う。 q の大きさは、トラッキング中のサイクレットに合うように適合可能である。サイクレットタイミングの変化が急速な場合、履歴キャッシュが大きくなり、その結果、早期の誤差が望ましくない遅延と共に過剰に重み付けされる。逆に、ゆっくりと変化するサイクレットは、履歴キャッシュがより大きくても、トラッキング精度及び S N R が向上する。本実施形態のため、6 のキャッシュサイズが使用され、一例として、提示されたサイクレットに適切なものと推定される。トラッキング手順が、特定のサイクレットに関連して初めて誘発されるとき、タイミング履歴は、サイクレット検出器 60 における推定器 78 サブ構成要素から得られる。弱い、非固定性の高い周期的な成分が期待される場合、より精度の高い初期履歴キャッシュが、サイクレット検出器 60 内のトラック細分化ルーチンを反復することによって生成される。新しいタイミング誤差の値を測定するとき、更新器 92 は、履歴ウィンドウから最も早いタイミング推定を除去し、それを最新の値に置き換える。最小二乗フィットは、この 6 つのタイミングセットで実行されて、タイミング関数を導出する。このフィットの次数は、ユーザ設定可能であるが、通常、線形回帰近似に基づく最初の次数で十分である。このように、方程式 $y = m x + c$ によるタイミング誤差関数が得られる。これは、次のセグメントにおけるタイミングを予測するために外挿することができる。外挿された部分の勾配 m は、サイクレット周期 τ の測定値であり、次のサウンドセグメント $[s s]_{i n c + 1}$ の周期の再評価を可能にする。通常、この勾配は、少ないサウンドセグメントの時間枠においてはあまり変化しない。

30

40

50

【 0 1 3 9 】

更新器 9 2 は、次の入力サウンドセグメント $[ss]_{inc+1}$ におけるサイクレットの周期 τ' を計算し、タイミングを調整して予測された開始点、終了点、サンプリング点を与える。また、更新器 9 2 は、P l d a t a キャッシュ 9 1 からの疑似積分データ $[P l d a t a]_{inc}$ を使用して、サイクレット振幅値 $[\Sigma b]_{inc}$ 、及びトラッキングされた各サイクレットについて計算されたサイクレット係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{inc}$ におけるシステム誤差を測定する。その後、これらの係数を更新して、次のセグメント $[ss]_{inc+1}$ におけるサイクレット振幅値を予測する。

【 0 1 4 0 】

更新された係数を導出するため、更新器 9 2 は、先ず、以下の一般的な曲線方程式に $[P l d a t a]_{inc}$ 値を適合させて、疑似積分された係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{pl}$ のセットを導出する。

10

【 0 1 4 1 】

【数 3 0】

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

他の曲線関数は、本発明の別の適用により適切である可能性もあり、多項式フィットは、本実施形態において成される。トラッキングされたサイクレット係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)_{inc}$ のセットの各メンバの予測から生じる誤差は、疑似積分係数 ρ によって除算されたトラッキング値と、疑似積分された値との間の差によって与えられる。

20

【 0 1 4 2 】

各係数 a_i については、 $i = 0$ から n であり、

【 0 1 4 3 】

【数 3 1】

$$err(a_i) = \frac{(a_i)_{inc} - (a_i)_{pl}}{\rho}$$

その後、この係数の疑似積分値が、以下の通り生成される。

【 0 1 4 4 】

【数 3 2】

$$a_i' = a_i + err(a_i)$$

30

しかし、タイミング更新同様、この値は、幾分低減されたノイズを受ける。

【 0 1 4 5 】

更新器 9 2 は、サイクレット係数履歴中の疑似積分されたサイクレット係数の値を格納する。タイミング履歴同様、最新の値のウィンドウだけが維持され、この例では、ウィンドウサイズは 6 で十分である。別個の係数履歴が各係数値 a_i のために保持される。直線フィット、例えば、線形回帰は、各係数履歴中に格納された値に対して成される。

【 0 1 4 6 】

各サイクレットの場合、サイクレットプロファイル及びタイミングについてのトラックフィット（回帰された）係数は、予測器 9 4 に渡される。

40

【 0 1 4 7 】

予測器 9 4 は、サイクレット係数 $(a_0, a_1, \dots, a_n)$ のセットと、次の入力サウンドセグメント $[ss]_{inc+1}$ に適切な振幅値、

【 0 1 4 8 】

【数 3 3】

$$\sum_{crclets} [b_0, b_1, b_2, \dots, b_p]_{inc+1}$$

とに、フィットされたラインを外挿することによって、このトラッキング情報を変換する

50

。

【 0 1 4 9 】

サイクレット係数は、サイクレットデータ出力 1 1 0 経由でシステム 5 0 から出力されて、トラックリムーバ 6 6 に渡される。サイクレット値 $[b]_{i_{nc}+1}$ は、監視が必要な場合、予測されたサイクレット波形出力 1 0 8 により別々に、つぎの入力サウンドセグメント $[ss]_{i_{nc}+1}$ からの減算のためのサイクレットリムーバ 6 2 に一緒に出力される。これらの値は、P l d a t a キャッシュ 9 1 に渡される。サイクレットトラックを追加する命令が検出器 6 0 から受信される場合、この新しく検出されたサイクレットの予測サイクレット値は、両方の出力においてトラッキングされた値と組み合わせられる。同様に、トラックを削除する命令が、トラックリムーバ 6 6 から受信された場合、このサイクレットに適切な $[b]_{i_{nc}+1}$ 値が、両方の出力から除去される。

10

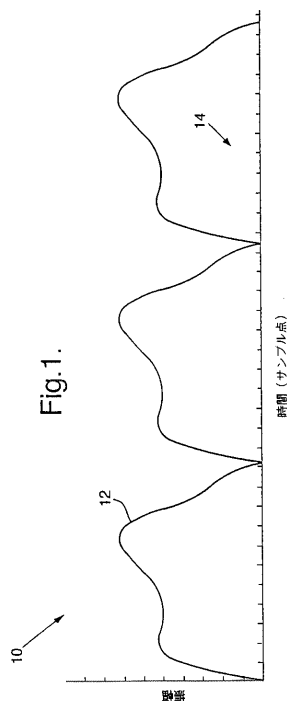
【図面の簡単な説明】

【図 1】 単一の周期的なソースによって発生した信号の表示である。

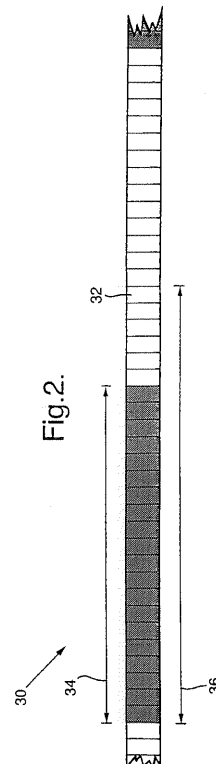
【図 2】 本発明の検出システムによる代表的な分析用データストリームである。

【図 3】 検出システムの構成部品の概要である。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 クラーク, アイラ・ジエームズ
イギリス国、ウスターシャー・ダブリュ・アール・１４・３・ピー・エス、モールバーン、セント
・アンドリュース・ロード、デラ・モールバーン気付(番地なし)

審査官 ▲高▼見 重雄

(56)参考文献 欧州特許出願公開第０６８３３９８(ＥＰ, Ａ１)
米国特許第５５６６１３４(ＵＳ, Ａ)

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G01H 1/00-17/00