

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4177882号
(P4177882)

(45) 発行日 平成20年11月5日(2008.11.5)

(24) 登録日 平成20年8月29日(2008.8.29)

(51) Int.Cl. F I
H04R 25/00 (2006.01)
H04R 25/00 K
H04R 25/00 L

請求項の数 21 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-501123 (P2007-501123)	(73) 特許権者	500011045
(86) (22) 出願日	平成16年3月3日(2004.3.3)		ヴェーデクス・アクティーセルスカプ
(65) 公表番号	特表2007-525917 (P2007-525917A)		デンマーク国、デーケー-3500 フェ
(43) 公表日	平成19年9月6日(2007.9.6)		ルルーゼ、ニイ・ベステルガーツヴェイ、
(86) 国際出願番号	PCT/EP2004/002135		25
(87) 国際公開番号	W02005/096670	(74) 代理人	100080322
(87) 国際公開日	平成17年10月13日(2005.10.13)		弁理士 牛久 健司
審査請求日	平成18年8月31日(2006.8.31)	(74) 代理人	100104651
			弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100114786
			弁理士 高城 貞晶
		(72) 発明者	クリンクベイ・クリスチャン・チャルフェ
			デンマーク国、デーケー-3500、フェ
			ルルーゼ、クロステルバッケン 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応帰還抑制システムを備えた補聴器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

音響入力を電気入力信号に変換する入力トランスデューサ(2)、
上記電気入力信号から帰還消去信号を減算し、それにより、プロセッサ入力信号を生成する減算ノード、
上記プロセッサ入力信号からプロセッサ出力信号を導出する信号プロセッサ(3)、
上記プロセッサ出力信号から音響出力を導出する出力トランスデューサ(4)、
上記プロセッサ入力信号および出力信号から導出される複数の周波数帯域信号のうち、
帰還消去に係る複数の周波数帯域信号をそれぞれ選択する周波数選択ユニット(10
i, 10 j, . . . , 10 n), ならびに選択された周波数帯域信号のそれぞれの利得を
調整することによって、選択されたすべての周波数帯域信号に対してのスペクトルを平坦
化する周波数等化を行う周波数等化ユニット(14 i, 14 j, . . . , 14 n)を備え
た、1対の等化フィルタ(7 a, 7 b), ならびに
等化周波数帯域信号から帰還消去信号を適応的に導出する適応帰還推定フィルタ(5,
6),
を備えた補聴器。

【請求項 2】

第1適応等化フィルタ(7 a)は、制御信号(102)に基づいて、選択された周波数
帯域信号の適応周波数等化を行う適応周波数等化ユニット(12 i~12 n, 14 i~1
4 n)を備え、

10

20

第2非適応等化フィルタ(7b)は、第1等化フィルタ(7a)の等化特性を利用する

請求項1に記載の補聴器。

【請求項3】

上記第1等化フィルタ(7a)は、上記プロセッサ出力信号を等化するように接続され、上記第2等化フィルタ(7b)は、上記プロセッサ入力信号を等化するように接続される、

請求項2に記載の補聴器。

【請求項4】

上記第1等化フィルタ(7a)は、上記プロセッサ入力信号を等化するように接続され、上記第2等化フィルタ(7b)は、上記プロセッサ入力信号を等化するように接続される、

請求項2に記載の補聴器。

【請求項5】

上記制御信号(102)は外部制御信号である、

請求項2、3または4に記載の補聴器。

【請求項6】

上記制御信号(102)は上記複数の周波数帯域信号のうちの一つの平均絶対値から導出される、

請求項2、3または4に記載の補聴器。

【請求項7】

上記第1等化フィルタ(7a)は、周波数選択ユニットとして機能する複数の帯域フィルタ(10i, 10j, . . . , 10n)、複数の周波数帯域信号の平均絶対値を算出する複数の絶対平均値算出ユニット(12i, 12j, . . . , 12n)、ならびに制御信号(102)およびそれぞれの利得調節された周波数帯域信号の平均絶対値の差に応じて複数の利得係数信号(101)を導出する複数の利得調整ユニット(14i, 14j, . . . , 14n)を備えている、

請求項2～6のいずれか一項に記載の補聴器。

【請求項8】

第1等化フィルタ(7a)は、複数の周波数帯域信号に、これらに対応する複数の利得係数信号(101)を乗算することによって、利得調節された複数の周波数帯域信号を導出する複数の乗算器(15i, 15j, . . . , 15n)を備えている、

請求項7に記載の補聴器。

【請求項9】

上記複数の乗算器は、上記第1等化フィルタ(7a)の信号経路中において、対応する複数の帯域フィルタの後段に接続される、

請求項8に記載の補聴器。

【請求項10】

上記複数の乗算器は、上記第1等化フィルタ(7a)の信号経路中において、対応する複数の帯域フィルタの前段に接続される、

請求項8に記載の補聴器。

【請求項11】

上記第1等化フィルタ(7a)は、絶対平均値計算ユニット(12i, 12j, . . . , 12n)と、対応する利得調整ユニット(14i, 14j, . . . , 14n)との間に接続された複数の第2乗算器(16i, 16j, . . . , 16n)を備えている、

請求項9に記載の補聴器。

【請求項12】

上記絶対平均値計算ユニット(12i, 12j, . . . , 12n)は、複数の周波数帯域信号のノルムを算出する、

請求項7～11のいずれか一項に記載の補聴器。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

音響入力信号から帰還消去信号を減算することによって導出されたプロセッサ入力信号を処理してプロセッサ出力信号を生成する信号プロセッサ（3）を有する補聴器の音響帰還を減少させる方法であって、

上記プロセッサ入力信号および出力信号から導出される複数の周波数帯域信号のうち、帰還消去に関係する複数の周波数帯域信号を選択し、

選択された複数の周波数帯域信号のそれぞれの利得を調整することによって、選択されたすべての周波数帯域信号に対してのスペクトルを平坦化する周波数等化を行い、

等化周波数帯域信号から帰還消去信号を適応的に導出する、

補聴器の音響帰還減少方法。

10

【請求項 1 4】

上記周波数等化は、プロセッサ出力信号の周波数帯域信号を適応的に等化すること、およびプロセッサ入力信号に使用された等化特性を利用して、プロセッサ入力信号の周波数帯域信号を等化することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

上記周波数等化は、プロセッサ出力信号の周波数帯域信号を適応的に等化すること、およびプロセッサ出力信号に使用された等化特性を利用して、プロセッサ出力信号の周波数帯域信号を等化することを含む、

請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 6】

上記適応周波数等化は、一の共通制御信号と利得調節された複数の周波数帯域信号の平均絶対値を比較することによって、複数の周波数帯域信号の利得係数を制御するステップを含む、

請求項 1 4 または 1 5 に記載の方法。

20

【請求項 1 7】

適応周波数等化に外部制御信号を使用する、

請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

適応周波数等化に複数の周波数帯域信号のうちの一つの平均絶対値から導出された制御信号を使用する、

請求項 1 6 に記載の方法。

30

【請求項 1 9】

利得調節された複数の周波数帯域信号の複数の絶対値の平均を計算するステップは、複数の周波数帯域信号のノルムの算出を含む、

請求項 1 6 または 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 3 ～ 1 9 のいずれか一項に記載の方法を、コンピュータ上で実行するためのプログラムコードを有するコンピュータプログラム・プロダクト。

【請求項 2 1】

音響入力信号から帰還消去信号を減算することによって導出されたプロセッサ入力信号を処理してプロセッサ出力信号を生成する信号プロセッサ（3）、

上記プロセッサ入力および出力信号から導出される複数の周波数帯域信号のうち、帰還消去に関係する複数の周波数帯域信号をそれぞれ選択する周波数選択ユニット（10 i, 10 j, . . . , 10 n）、ならびに選択された周波数帯域信号のそれぞれの利得を調整することによって、選択されたすべての周波数帯域信号に対してのスペクトルを平坦化する周波数等化を行う周波数等化ユニット（14 i, 14 j, . . . , 14 n）を備えた 1 対の等化フィルタ（7 a, 7 b）、ならびに

上記等化周波数帯域信号から帰還消去信号を適応的に導出する適応帰還推定フィルタ（5, 6）、

を備えた補聴器回路。

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、補聴器の分野に関する。この発明は特に、帰還消去信号 (a feedback cancellation signal) を発生する適応フィルタを有する補聴器、補聴器の音響帰還 (acoustic feedback) を減少させる方法、および補聴器回路に関する。

【背景技術】

【0002】

あらゆる補聴具 (hearing instruments) において、イヤーマールドおよび耳道との間のベントまたはシールから音が漏れる場合、音響帰還 (acoustic feedback) が発生する。ほとんどの場合、音響帰還は聞こえない。しかしながら、補聴器の現場利得 (in-situ gain) が十分に高いとき、または最適寸法よりも大きいベントが使用されている場合、耳道内に発生した補聴器の出力が、イヤーマールド／シールによって与えられる減衰を超えることがある。その場合、補聴器の出力が不安定になり、それまで聞こえなかった音響帰還が、すなわちホイッスリングまたはハウリング雑音の形で聞こえるようになる。多くのユーザおよび周囲の人にとって、そのような可聴音響帰還は不快であり、困惑の種でもある。さらに、ハウリングの寸前にある、すなわち、副振動帰還 (sub-oscillatory feedback) を示す補聴具は、周波数特性を悪化させ、間欠的なホイッスリングを起こすこともある。音響帰還は、特に、ベント開口を有するCIC (完全耳穴式) 補聴器においては深刻な問題である。ベント開口の存在と、補聴器の出力および入力トランスデューサ間の距離が短いために、出力トランスデューサから入力トランスデューサまでの音響帰還経路の減衰が低下し、短い遅延時間が信号内の相関作用を維持するからである。

【0003】

図1は補聴器の概略的なブロック図を示し、音響入力を電気入力信号に変換する入力トランスデューサまたはマイクロフォン2、入力信号を増幅してプロセッサ出力信号を生成する信号プロセッサまたはコンプレッサ3、および最後になるが、プロセッサ出力信号を音響出力に変換する出力トランスデューサまたはレシーバ4を備えている。補聴器の音響帰還経路が破線矢印で示され、減衰ベクトルが β で表されている。ある周波数範囲において、プロセッサ3の利得G (マイクロフォンおよびレシーバの変換効率を含む) と減衰 β との積が1に近い場合、可聴音響帰還が生じる。

【0004】

そのような望ましくない帰還を抑制するために、従来技術では、帰還を補償する適応フィルタを補聴器内に設けることが知られている。適応フィルタは、出力トランスデューサから入力トランスデューサまでの音響伝搬路を含めた、補聴器の出力部から入力部までの伝達関数を推定する。適応フィルタの入力部は補聴器の出力部に接続され、適応フィルタの出力信号は入力トランスデューサ信号から減算され、これによって、音響帰還が補償される。この種の補聴器は、たとえば国際公開第02/25996A1号に開示されており、その文書は参照されてこの明細書に援用される。このようなシステムでは、適応フィルタは、入力信号から相関作用を除去するように働く。しかしながら、音声または音楽などを表す信号は、かなりの自己相関作用をもつ信号である。したがって、音声または音楽を表す信号から相関作用を除去すると、信号がひずみ、そのようなひずみはもちろん望ましくないもので、適応フィルタがあまりに高速に適応することは適切でない。このため、既知の補聴器の適応フィルタの収束率は、音響環境の突然の変化にうまく対応することができる望ましい高収束率と、音声および音楽を表す信号をひずまない状態に確実に維持する望ましい低収束率とを折り合わせたもの (a compromise) である。

【0005】

このような適応フィードバック抑制システムが、図2に概略的に示されている。信号プロセッサ3からの出力信号 (基準信号) が、適応推定フィルタ5に与えられる。フィルタ制御ユニット6が適応フィルタを、たとえば適応フィルタリングの収束率または速度および関連するフィルタ係数を制御する。適応フィルタは、帰還経路を常時監視し、帰還信号

の推定値を供給する。この推定値に基づいて、帰還消去信号が生成され、補聴器の信号路中に与えられ、これにより、音響帰還を減少させるか、理想的な場合には、それを除去することができる。

【0006】

適応フィードバック推定フィルタとして、有限インパルス応答 (finite impulse response: F I R) フィルタ、ワープト F I R フィルタなどのワープトフィルタ (warped filter)、またはワープト無限インパルス応答 (warped infinite impulse response: I I R) フィルタなどを用いることができる。そのようなフィルタのタイプが、国際公開第 02/25996 A 1 号に詳細に記載されている。

【0007】

適応フィルタリングの概要は、1995年に発行されたPhilipp A. Regaliaの教本「Adaptive IIR filtering in signal processing and control (信号処理および制御における適応 I I R フィルタリング)」にさらに示されている。

【0008】

多くの理由から、適応帰還推定フィルタに入力される信号の等化 (equalize)、理想的な場合にはその白色化 (whiten) が望ましいであろう。帰還推定に平均最小二乗 (L M S) 形アルゴリズムが使用される場合、信号等化の有利性が特に顕著である。

【0009】

信号の白色化は、基準信号を、同一の対角要素を有する対角行列に変換するための自己相関行列に対応する F I R フィルタノードの直交化 (orthogonalization) または相関解除 (decorrelation) に相当する。これは所定の有益な結果をもたらす。すなわち、各ノードの分散が同一であるので、適応がすべてのフィルタ係数に対して同率で生じる。自己相関行列は対角行列であり、潜在的なコスト関数 (cost function) の二次導関数に有用な情報がないので、R L S (帰納的最小二乗) アルゴリズムの性能に似ており、適応は一般的に高速である。さらに、状況によっては、適応誤差も周波数スペクトル全体にわたって均一に分散する。

【0010】

補聴器における適応帰還抑制に伴うさらなる問題は以下の通りである。すなわち、同一のユーザにおいて、補聴器の音響帰還は、あくび、咀嚼、会話、耳垢などにより、経時的に変化する。しかしながら、所定の特性は、ほとんどの状況においてあてはまると考えることができる。もっとも顕著には、1~1.3 kHz未満の周波数では、それよりも高い周波数の場合に比べて音響帰還ははるかに少ない (弱い)。さらに、10 kHzを超える周波数でも、ほとんどの補聴器レシーバはこの周波数よりも高い音をほとんど発生しないので、帰還の問題は限定される。また、ほとんどのユーザは、高い周波数範囲よりも低い周波数における聴力損失が小さい。したがって、一部の周波数範囲では補聴器利得が低く (ゼロにさえも) なる傾向があり、このような周波数範囲は帰還の問題を受けにくくなる。したがって、帰還消去システムを構成するとき、消去を特に十分に実行しなければならない周波数範囲をいくらか強調することには意味がある。しかしながら、これは、上記の信号の等化または相関解除を求める要望と対立する。したがって、適応フィルタ入力信号の所望の相関解除または直交化を与える周波数等化または白色化と、帰還抑制に関係のない周波数を除去する適応フィルタ入力信号の適当な周波数重み付けとの間に、適正な平衡状態を見つけないという問題がある。

【発明の開示】

【0011】

したがって、この発明の目的は、改良された帰還消去および適応特性を有する帰還消去システムを有する補聴器を提供することである。この発明の他の目的は、改良された帰還消去および適応特性を有する補聴器の音響帰還を減少させる方法を提供することである。

【0012】

この目的は、音響入力を電気入力信号に変換する入力トランスデューサ、上記電気入力信号から帰還消去信号を減算し、それにより、プロセッサ入力信号を生成する減算ノード

10

20

30

40

50

、上記プロセッサ入力信号からプロセッサ出力信号を導出する信号プロセッサ、上記プロセッサ出力信号から音響出力を導出する出力トランスデューサ、上記プロセッサ入力信号および出力信号から複数の周波数帯域信号をそれぞれ選択する周波数選択ユニットならびに選択帯域信号の周波数等化を行う周波数等化ユニットを備えた1対の等化フィルタ、ならびに等化周波数帯域信号から帰還消去信号を適応的に導出する適応帰還推定フィルタを備えた補聴器によって達成される。

【0013】

適応帰還推定フィルタの入力信号の選択された周波数帯域の等化フィルタリングによって、帰還消去に関係する周波数帯域内の信号の周波数等化および相関解除がもたらされる一方、その他の関係ない周波数範囲、たとえばより低い周波数は無視される。その結果、

10

【0014】

この発明の一実施形態によると、対とされる周波数等化フィルタは、制御信号に基づいて、選択された周波数帯域信号の適応周波数等化を行う適応周波数等化ユニットを備える第1適応等化フィルタ、および第1適応等化フィルタの等化特性を受け継ぐ第2非適応等化フィルタ(second non-adaptive equalization filter)を含む。プロセッサ出力信号(基準信号)またはプロセッサ入力信号(誤差信号)のいずれかを適応等化させることができ、同一の等化特性を利用して他方の信号の等化が行われる。

【0015】

好ましくは、共通の制御信号が、適応等化フィルタの複数の周波数帯域信号の利得を制御する。制御信号は、調整可能な値などの外部信号、または適応等化フィルタの周波数帯域信号(複数)のうちの一つの平均絶対値(an averaged absolute value of one on the frequency band signals of the adaptive equalization filter)(たとえば、最低平均音圧信号のもの)から導出された内部信号とすることができる。

20

【0016】

第1等化フィルタは、周波数選択ユニットとして機能する複数の帯域フィルタ、複数の周波数帯域信号(複数)の平均絶対値(複数)を算出する複数の絶対平均値算出ユニット、ならびに制御信号およびそれぞれの利得調節された周波数帯域信号(複数)の平均絶対値(複数)の差に応じて複数の利得係数信号を導出する複数の利得調整ユニットを備えたものでもよい。

30

【0017】

適応等化フィルタは、好ましくは、周波数帯域信号(複数)に利得係数信号を乗算し、利得調節された周波数帯域信号を生成する複数の乗算器を備えている。乗算器は、対応の帯域フィルタの前段または後段に接続することができ、または帯域フィルタの利得設定を直接的に調節することができる。各周波数帯域用に個別の第2乗算器を設けて、絶対平均値算出ユニットおよび利得調整ユニットの間に接続してもよい。この構成によって、特に高速の利得調節が可能になる。

【0018】

さらなる態様によれば、この発明は、音響入力および帰還消去信号から導出されたプロセッサ入力信号を処理してプロセッサ出力信号を生成する信号プロセッサを有する補聴器の音響帰還を減少させる方法であって、プロセッサ入力信号および出力信号から複数の周波数帯域信号を選択し、選択された周波数帯域信号の周波数等化を行い、等化周波数帯域信号から帰還消去信号を適応的に導出する方法を提供する。

40

【0019】

この発明は、さらなる態様において、請求項20に記載のコンピュータプログラム・プロダクトを提供する。

【0020】

この発明は、さらに別の態様において、請求項21に記載の補聴器回路を提供する。

【0021】

この発明のさらなる特定の変形例は、さらなる従属請求項によって定義される。

50

【0022】

この発明およびそのさらなる特徴および利点は、特定の実施形態についての、図面を参照した以下の詳細な説明によってさらに容易に明らかになるであろう。

【実施例】

【0023】

図3は、この発明による補聴器の一実施形態のブロック図を示す。

【0024】

音響入力がマイクロフォン2によって電気入力信号に変換され、この電気入力信号から帰還消去信号 $s(n)$ が加算ノード8で減算されて誤差信号 $e(n)$ が得られ、これは次にプロセッサ入力信号として、補聴器プロセッサ、すなわちコンプレッサ3に送られて、増幅されたプロセッサ出力信号、すなわち基準信号 $u(n)$ が生成される。プロセッサ出力信号を音響出力に変換する出力トランスデューサ（スピーカ、レシーバ）4が設けられている。コンプレッサ3の増幅特性は、低信号レベルにおいてより多くの利得を供給する非線形でもよいし、また当該技術分野においては周知のように、圧縮特性を示すものであってもよい。基準信号 $u(n)$ は、詳細について後述する適応周波数等化フィルタ（adaptive frequency equalization filter）7aに入力する。誤差信号 $e(n)$ は、周波数等化フィルタ7bに入力し、ここでの等化特性は、第一適応周波数等化フィルタ7aから受け継がれる。周波数等化された基準信号および周波数等化された誤差信号は、次に、適応帰還推定フィルタ5の適応を制御する制御ユニット6に与えられる。

【0025】

他の実施形態では、誤差信号 $e(n)$ に対する適応等化が行われ、それぞれの利得調節係数が、基準信号 $u(n)$ に適用される等化フィルタにコピーされる。

【0026】

制御ユニット6を含む適応帰還推定フィルタ5は帰還経路を監視し、デジタルフィルタを調節する適応アルゴリズムを含み、それは音響帰還経路をシミュレートし、音響帰還を推定して、実際の音響帰還経路をモデル化する帰還消去信号 $s(n)$ を生成する。制御ユニット6が適応フィルタ5のフィルタ係数を適応させる。

【0027】

この発明の基本的概念の一つは、帰還消去フィルタの入力信号の周波数等化、または理想的には、その白色化である。等化または相関解除は、ここでは、信号スペクトルをより平坦化する、すなわち変動をより小さくする処理として解釈されるべきである。信号の完全な相関解除（decorrelation）は、一般的に白色化（whitening）と呼ばれ、信号スペクトルがナイキスト周波数よりも低いすべての周波数に対して同一振幅を有することを意味する。適応白色化フィルタ（adaptive whitening filters）は、文献、たとえば1985年のWidrowおよびStearnsの「Adaptive Signal Processing（適応信号処理）」から周知である。

【0028】

消去フィルタの入力信号、たとえば基準信号のスペクトルが、一定周波数において非常に支配的な値を有する場合、適応消去フィルタは、静穏な状態下では、これらの周波数成分の音響帰還経路に特にうまく適合するが、他方、他の周波数の場合には適合不良が予想される。周波数スペクトルを等化することによって、より均一に分散した適応結果を得ることができる。誤差最小化処理は、周波数スペクトル全体にわたって均一に分散した推定誤差およびより一定の適応時定数（a more uniform adaptation time constant）を生じるであろう。付随的な効果として、基準信号の固有値の広がりが増加するので、適応帰還消去のために等化された信号を用いることによって、より高速の適応が可能である（2002年Prentice HallでのHaykinの「Adaptive Filter Theory（適応フィルタ理論）」を参照されたい）。

【0029】

白色化はさまざまな方法で実施することができる。どの方法が好ましいかは、所望の確度および計算負荷などの目的に応じて決まる。その方法には以下のものが含まれる。

【0030】

i. 入力信号を直交化するために線形 F I R または I I R フィルタを直接的に適応させるもの。これは、適応線形予測に類似する。

i i. 離散的フーリエ変換 (D F T) を計算し、各周波数ビン (特定幅の周波数帯域; frequency bin) を同一の大きさ (the same magnitude) に等化した後に逆 D F T を行うもの。

i i i. 帯域フィルタのフィルタバンク、およびスペクトルを平坦化する、すなわちすべての帯域が同一の帯域幅を有する場合、同一レベルにするための各帯域レベルの適応。その後、周波数帯域信号を加え、それにより、等化された信号を得る。

【0031】

以下に記載する実施形態では方法 (i i i.) を用いるが、この出願にしたがって他の方法を用いてもよい。

【0032】

この出願の第二の基本的概念は、周波数重み付けである。これは、帰還消去のための適応処理に対して、約 1 k H z ~ 約 1 0 k H z の周波数などの、音響帰還を起こしやすい周波数だけを考慮に入れる必要があることを意味する。帰還消去のために、消去が音響帰還経路に特にうまく適合しなければならない周波数範囲が選択される。たとえば、1 k H z 未満の周波数を省くことによって、適応消去フィルタが、閉ループ安定性を損なったり、可聴効果を危険にさらすことなく、低周波範囲内において任意の大きい誤差を生じることができる。

【0033】

多数の選択された周波数帯域内において周波数等化を行うことによって、この発明は、周波数白色化および周波数重み付けの両概念の利点を活用することができる。一方で、相関解除適応入力信号の高速かつ均一な適応が可能であり、また他方で、帰還消去処理に関係する周波数帯域だけを選択することができる。周波数の選択を最初に行い、その後に選択された周波数に基づいて等化を行う場合、両概念を同時に適用することができる。

【0034】

両概念に個別に対処する場合、一般的に望ましくない特性を有する解決策 (a solution) を招く。2002年Prentice HallでのS. Haykinの「Adaptive Filter Theory (適応フィルタ理論)」に記載されているそのようなデザインでは、たとえば線形予測変数モデルに基づく適応白色化フィルタを最初に信号に適用し、その後に白色化された信号の高域または帯域フィルタリングを行い、それにより、所望の周波数範囲を強調する。この手法の欠点は、「望ましくない」周波数成分 (後続の重み付けフィルタでフィルタリング除去されるもの) が、白色化フィルタの適応に影響を及ぼすことである。たとえば、信号が、おおむね低周波に集中している信号エネルギーを有する会話信号である場合、等化フィルタ適応は、高周波範囲におけるスペクトルの変動にほとんど配慮しないであろう。

【0035】

これとは反対に、信号の低周波コンテンツに関係なく、高周波範囲または任意の他の選択された周波数範囲においてスペクトルを迅速に平坦化することが可能であることが、この発明の重要な利点である。

【0036】

1987年Prentice HallでのLjungの「System identification-Theory for the User (ユーザのためのシステム同定理論)」に示されている方形化予測誤差の期待値の最小化に基づくシステム同定の理論により、開ループの場合の平均最小二乗誤差アルゴリズムに基づく適応アルゴリズムにおける信号の、異なるスペクトル分布の影響を導き出すことができる。信号エネルギーが集中する割合が比較的大きいある一定の周波数範囲の場合、この周波数範囲はコスト関数 (cost function) において大きい重みも有するので、誤差最小化処理がうまくいく。しかしながら、信号エネルギーが集中する割合がより少ない周波数範囲の場合、その逆になる。モデル誤差が大きいかかわらず、最小化誤差が小さいことはもっともであろう。

10

20

30

40

50

【0037】

この発明によると、信号スペクトルが（帰還消去に関係する）選択された周波数範囲において等化されるので、適応誤差最小化処理は選択周波数範囲全体において均一に分散した推定誤差を生じ、したがって望ましくない信号ひずみが排除されるであろう。

【0038】

補聴器において音響帰還を抑制する方法の特定の実施形態が、図10に概略的に示されている。

【0039】

方法ステップS1において、プロセッサ入力信号が、入力トランスデューサ（マイクロフォン）による音響入力およびマイクロフォン出力信号から減算される帰還消去信号から導出される。次に、それに続く方法ステップS2において、補聴器プロセッサまたはコンプレッサがプロセッサ出力信号を生成し、レシーバに送られる。ステップS3において、帰還抑制に関係する複数の周波数帯域信号が、プロセッサ入力信号およびプロセッサ出力信号から選択される。選択された周波数帯域信号は次に、方法ステップS4において、上述したように適応的に周波数等化され、方法ステップS6において、帰還消去信号を計算する適応帰還推定フィルタに送られ、その信号が方法ステップS1においてマイクロフォン出力信号から減算される。

【0040】

好ましい実施形態では、周波数等化利得係数（複数）は、基準信号用に適応的に算出され、信号をひずませないようにするために、続いて誤差信号（プロセッサ入力信号）用に等化フィルタにコピーされる。上述したように、帰還消去フィルタがFIR、ワープトFIRまたは同様の構造である場合、基準信号を適応的に等化することによって、後続の帰還消去フィルタにおけるすべてのフィルタ係数（複数）に対して同様な適応レート（adaptation rate）が得られよう。

【0041】

基準信号の一定の周波数帯域を選択することによって、スペクトルの修正ができ、それにより、モデル確度の重み付けを変更することができる。たとえば、周波数の選択にストップバンドフィルタ（a stop-band filter）を使用することによって、帰還消去適応が、コスト関数に影響を与えることなく、ストップバンド内において任意の大きい誤差を発生することができるという効果が得られるであろう。

【0042】

誤差スペクトルの形状は、閉ループで実行されるとき、消去フィルタ係数適応の重み付けにいくらか影響を及ぼすので、基準信号を適応的に等化することに代えて、状況によっては誤差信号に関して適応等化を行うことが好ましい。また、再帰アルゴリズムがフィルタ適応に使用されるので、誤差スペクトルは一定の役割を果たす。

【0043】

次に図4～図9を参照しながら、適応周波数推定フィルタ7aの特定の実施形態を詳細に説明する。

【0044】

図4に示された等化フィルタの実施形態は、入力信号を分割する複数の帯域フィルタ10i, 10j, . . . , 10nを備え、これらは、上述したように、プロセッサ入力信号（誤差信号）またはプロセッサ出力信号（基準信号）を複数の周波数帯域信号に分割する。適切な数の帯域フィルタ、たとえば4, 8または12個のフィルタを利用することができる。通過帯域周波数は、好ましくは、帰還消去に関係する周波数範囲が選択され、無関係の周波数は省かれるように選択される。また、帰還が起きにくい周波数範囲では、プロセッサ3の利得が非常に低いので、これらの周波数範囲は排除されよう。

【0045】

すべての周波数帯域信号について、利得調整ユニット14i, 14j, . . . , 14nおよび絶対平均値算出ユニット12i, 12j, . . . , 12nが設けられている。利得調整ユニットは、制御信号102を利得調節された周波数帯域信号と比較して、それぞれ

の周波数帯域信号の利得を規定する利得係数信号101を導出する。絶対平均値計算ユニット12i, 12j, . . . , 12nは、所定数のサンプルを平均した、たとえば線形または二次ノルム信号のような絶対値信号を算出する。絶対値の平均は、 l_1 -ノルム（線形ノルム）の推定値である。他のノルム、たとえば l_2 （二次ノルム）も可能であるが、より多くの計算を必要とする。これらのノルムの一部の説明には、スウェーデン、ルンド、StudentlitteraturのLennart Raade及びBertil Westergrenによる1990年の「Beta Mathematics Handbook（ベータ数学ハンドブック）」第2版335ページを参照することができる。乗算器16i, 16j, . . . , 16nによって、平均絶対値信号に利得係数信号101によって定められた利得係数が乗算され、利得調整ユニット14i, 14j, . . . , 14nに入力する。乗算器15i, 15j, . . . , 15nによって、帯域フィルタの出力信号に利得係数信号101によって定められた同じ利得係数が乗算され、それぞれのフィルタブランチの出力信号が生じる。次に、すべての選択周波数範囲の利得調節された周波数帯域信号が加えられ、適応帰還推定フィルタに送られる出力信号が生成される。

10

【0046】

図4において、複数の利得調整ユニット14i, 14j, . . . , 14nを制御する制御信号102は、たとえば選択可能な外部電圧値のような外部信号である。図5に示す実施形態は、制御信号102が外部信号ではなく、周波数帯域信号のうちの一つの平均絶対値から導出される点を除いて、図4の実施形態に対応している。しかしながら、制御信号102の値を規定する周波数帯域は、この周波数範囲の信号レベルが他のすべての周波数帯域の周波数等化の基準として機能するので、適切に選択される必要がある。

20

【0047】

各フィルタブランチにおいて2つの乗算器15i~15nおよび16i~16nを使用する理由は、利得調整ユニット14i~14nが利得乗算によって実行され、（図6~図9の実施形態と異なって）瞬時により高速の利得調節が行われ、これが第2乗算器の付加計算要求にはるかに勝るからである。

【0048】

適応周波数等化フィルタのさらなる実施形態が、図6および図7に示されている。各周波数帯域用に2つの乗算器を使用するのに代えて、1つの乗算器15i~15nだけが使用されている。この構成では、乗算の結果が絶対平均値計算ユニット14i~14nによって遅延され、結果的に、出力信号の利得調整及び／又は脈動（gain regulation and/or ripple）が低速化する。図6の実施形態でも外部制御信号102を使用しているが、他方図7の実施形態では内部制御信号が算出される。

30

【0049】

適応等化フィルタのさらに別の実施形態が、図8および図9に示されている。これらの実施形態では、乗算器が帯域フィルタの前段に配置されている。その結果、結果が利得調整ユニットによって認識されるまでに、利得調整の時間にさらに長い遅延が生じる。しかしながら、図8および図9の構成の利点は、より大きい利得ステップが帯域フィルタによってフィルタリング除去され、乗算器はより大きい量子化を有することができることである。図8の実施形態では外部制御信号が使用され、図9の実施形態では内部制御信号が使用されている。

40

【0050】

原則的に、利得係数信号を乗算することによって利得調節を行う乗算器は、それぞれのフィルタブランチ内の任意の場所、すなわち帯域フィルタの前段、帯域フィルタの後段、または何らかの形でフィルタ内に組み込んで接続されることができる。

【0051】

この発明によれば、図4~図9の実施形態に示されているように、適応等化フィルタリングを行う他のタイプおよび方法を用いることができることをここで認識されたい。これらの方法は、上述したように、入力信号を直交化するために線形FIRまたはIIRフィルタを直接的に適応させること、または離散的フーリエ変換、等化を利用すること、その

50

後に逆離散的フーリエ変換を行うことを含む。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】 補聴器の音響帰還経路を示す概略ブロック図である。

【図2】 適応帰還消去システムを有する従来型補聴器を示すブロック図である。

【図3】 この発明による補聴器の一実施形態を示す概略ブロック図である。

【図4】 この発明による適応等化フィルタの第1実施形態を示すブロック図である。

【図5】 この発明による適応等化フィルタの第2実施形態を示すブロック図である。

【図6】 この発明による適応等化フィルタの第3実施形態を示すブロック図である。

【図7】 この発明による適応等化フィルタの第4実施形態を示すブロック図である。

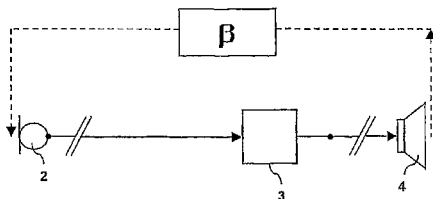
【図8】 この発明による適応等化フィルタの第5実施形態を示すブロック図である。

【図9】 この発明による適応等化フィルタの第6実施形態を示すブロック図である。

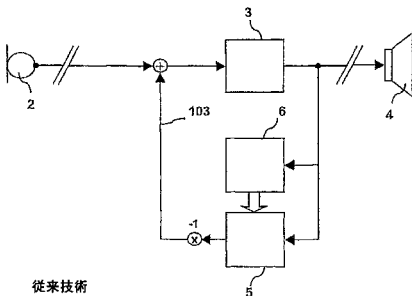
【図10】 この発明による帰還抑制方法の一実施形態を示すフローチャートである。

10

【図1】

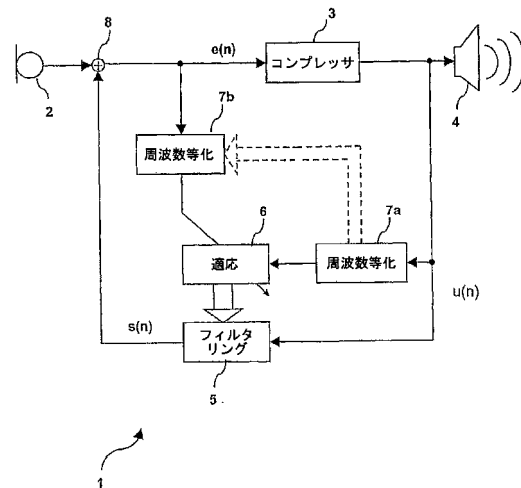


【図2】

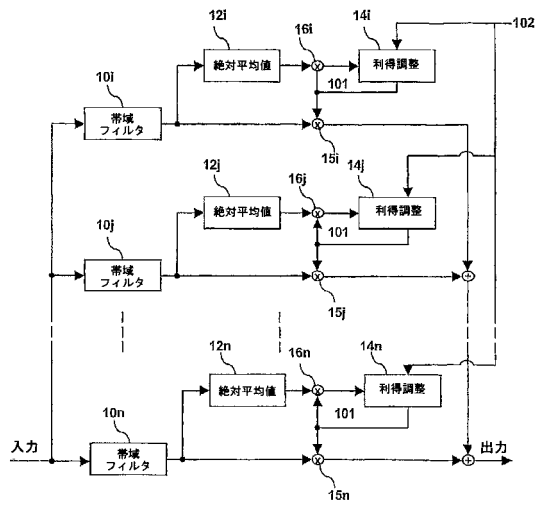


従来技術

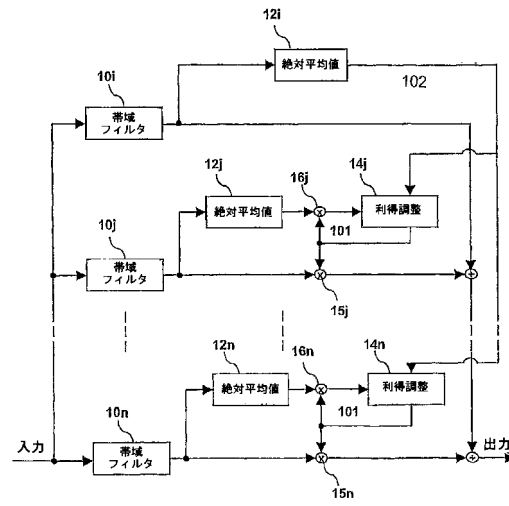
【図3】



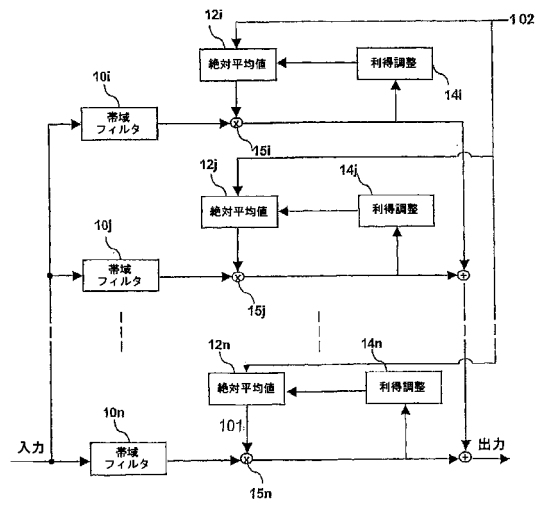
【図 4】



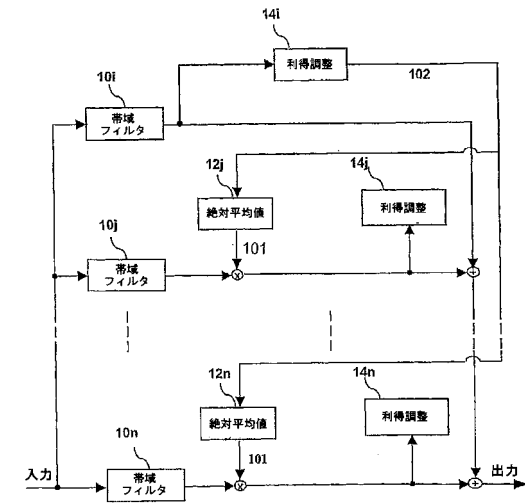
【図 5】



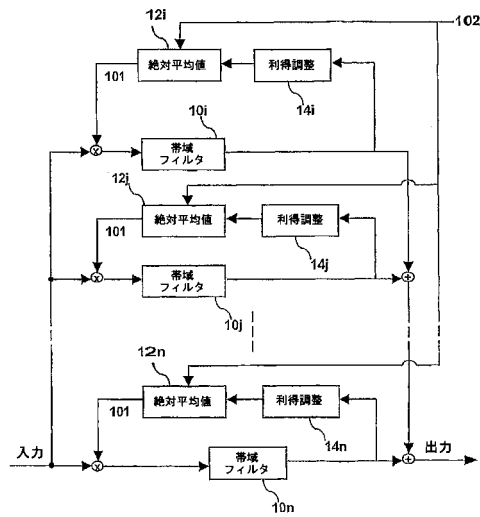
【図 6】



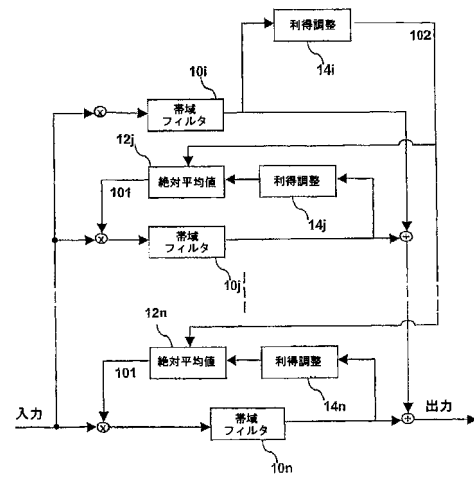
【図 7】



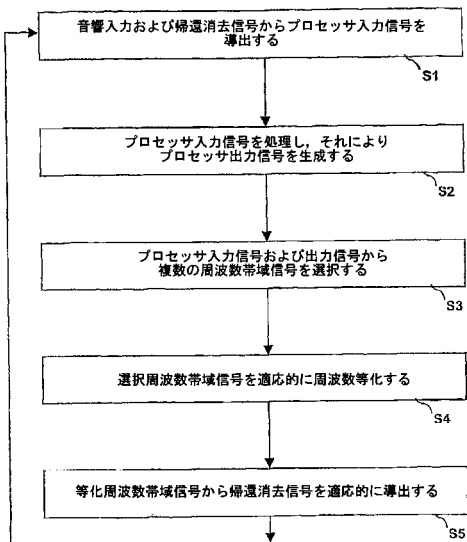
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 ノルハールト・ペテル・マホニウス
デンマーク国, デーケー—2000 フレデレクスベルク, 3. テフ, フィンセンスヴェイ 46
ベー
- (72)発明者 セデルバルフ・ヨルゲン
デンマーク国, デーケー—2000 フレデレクスベルク, 3. テフ, アダルスベイ 6

審査官 新川 圭二

- (56)参考文献 国際公開第2004/017303 (WO, A1)
特表2005-536128 (JP, A)
特開2003-032780 (JP, A)
特開昭59-064932 (JP, A)
特開昭62-163424 (JP, A)
特開2000-354292 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 25/00