

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5588054号
(P5588054)

(45) 発行日 平成26年9月10日 (2014.9.10)

(24) 登録日 平成26年8月1日 (2014.8.1)

(51) Int.Cl.	F I
HO4R 25/00 (2006.01)	HO4R 25/00 M
HO4R 3/02 (2006.01)	HO4R 3/02
	HO4R 25/00 J

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-185736 (P2013-185736)	(73) 特許権者	000115636
(22) 出願日	平成25年9月6日 (2013.9.6)		リオン株式会社
審査請求日	平成25年10月3日 (2013.10.3)		東京都国分寺市東元町3丁目20番41号
早期審査対象出願		(74) 代理人	100110881
			弁理士 首藤 宏平
		(72) 発明者	春原 政浩
			東京都国分寺市東元町3丁目20番41号
			リオン株式会社内
		(72) 発明者	西山 和輝
			東京都国分寺市東元町3丁目20番41号
			リオン株式会社内
		審査官	大野 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 補聴器、拡声器及びハウリングキャンセラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

音を電気信号に変換するマイクロホンと、
 前記マイクロホンの出力信号に基づいて生成される第1の信号にゲインを付与して第2の信号を生成するゲイン設定部を含む補聴処理部と、
 前記第2の信号を音に変換するレシーバと、
 前記レシーバの入力側から音による伝達を經由して前記マイクロホンの出力側までの経路に対応する伝達関数を適応的に推定する適応フィルタと、前記第1及び第2の信号に基づいて前記適応フィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部と、前記伝達関数に基づいて生成された第3の信号を前記マイクロホンの出力信号から減算して前記第1の信号を出力する減算部と、を含むフィードバック除去部と、
 少なくとも、前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度とを制御する制御部と、
 を備え、
前記係数更新部は、入力のパワーで正規化された更新量により前記フィルタ係数を更新し、

前記制御部は、電源投入直後から第1の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対して通常動作時のゲインよりも小さいゲインを設定するとともに、前記電源投入直後から第2の時間が経過するまで、前記適応フィルタに対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定することを特徴とする補聴器。

【請求項2】

前記係数更新部は、N L M S (Normalized Least Mean Square) アルゴリズムに従って前記適応フィルタのフィルタ係数を更新することを特徴とする請求項 1 に記載の補聴器。

【請求項 3】

前記制御部は、前記電源投入直後から前記第 1 の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対し、順次ゲインを増加させるように制御することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の補聴器。

【請求項 4】

前記第 1 の時間と前記第 2 の時間は互いに等しい時間に設定されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の補聴器。

【請求項 5】

音を電気信号に変換するマイクロホンと、
前記マイクロホンの出力信号に基づいて生成される第 1 の信号にゲインを付与して第 2 の信号を生成するゲイン設定部を含む信号処理部と、
前記第 2 の信号を音に変換するスピーカと、
前記スピーカの入力側から音による伝達を經由して前記マイクロホンの出力側までの経路に対応する伝達関数を適応的に推定する適応フィルタと、前記第 1 及び第 2 の信号に基づいて前記適応フィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部と、前記伝達関数に基づいて生成された第 3 の信号を前記マイクロホンの出力信号から減算して前記第 1 の信号を出力する減算部と、を含むフィードバック除去部と、

少なくとも、前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度とを制御する制御部と、
を備え、

前記係数更新部は、入力のパワーで正規化された更新量により前記フィルタ係数を更新し、

前記制御部は、電源投入直後から第 1 の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対して通常動作時のゲインよりも小さいゲインを設定するとともに、前記電源投入直後から第 2 の時間が経過するまで、前記適応フィルタに対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定することを特徴とする拡声器。

【請求項 6】

音を電気信号に変換する第 1 の変換手段の出力信号に基づいて生成される第 1 の信号にゲインを付与して第 2 の信号を生成するゲイン設定部と、

電気信号を音に変換する第 2 の変換手段の入力側から音による伝達を經由して前記第 1 の変換手段の出力側までの経路に対応する伝達関数を適応的に推定する適応フィルタと、前記第 1 及び第 2 の信号に基づいて前記適応フィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部と、前記伝達関数に基づいて生成された第 3 の信号を前記第 1 の変換手段の出力信号から減算して前記第 1 の信号を出力する減算部と、を含むフィードバック除去部と、

少なくとも、前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度とを制御する制御部と、
を備え、

前記係数更新部は、入力のパワーで正規化された更新量により前記フィルタ係数を更新し、

前記制御部は、電源投入直後から第 1 の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対して通常動作時のゲインよりも小さいゲインを設定するとともに、前記電源投入直後から第 2 の時間が経過するまで、前記適応フィルタに対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定することを特徴とするハウリングキャンセラ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハウリングの発生を抑制可能な構成を具備する補聴器、拡声器、及びハウリングキャンセラに関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

一般的な補聴器は、外部空間から伝わる音を収集するマイクロホンと、使用者の外耳道に音を出力するレシーバとを具備するため、イヤホンから出力された音がマイクロホンにフィードバックすることにより、ハウリングが発生する場合がある。このようなハウリングの発生を抑制するための手段として、ハウリングキャンセラが知られている。特に、デジタル信号処理を導入した補聴器では、フィードバック伝達関数を適応的に推定する適応フィルタを用いたハウリングキャンセラの導入が有効である。通常、適応フィルタの適応速度を高速にすると、伝達関数の収束が速くなるが誤差は増加するとともに、エントレインメントが起きやすくなる。エントレインメントとは、補聴器における適応フィルタを用いたフィードバックキャンセラにおいて、このフィードバックキャンセラが誤動作して正弦波に近い入力信号を歪ませてしまうことを言う。従って、適応フィルタの適応速度を常時高速にしておくことは好ましくない。一方、適応フィルタの適応速度を低速にすると、推定の精度が向上するとともに、エントレインメントが起きにくくなるが、伝達関数の収束に時間を要する。よって、適応フィルタの適応速度を状況に応じて適切に制御するハウリングキャンセラが提案されている（例えば、特許文献1、2参照）。例えば、特許文献1には、通常時は適応フィルタを低い適応速度で作動させ、ハウリングが生じたときに手動スイッチにより適応フィルタの適応速度を高速に切り替えるハウリングキャンセラを備えた補聴器が開示されている。また例えば、特許文献2には、入力信号と誤差信号の差の大きさに基づいて、適応フィルタの適応速度を変化させるハウリングキャンセラを備えた補聴器が開示されている。

10

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平6-189397号公報

【特許文献2】特表2007-515820号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

補聴器の電源投入直後には、適応フィルタによるフィードバック伝達関数の推定をゼロから行う方法が一般的である。このとき、補聴器に十分なゲインが付与されていれば、電源投入直後にはフィードバック伝達関数の推定が収束していない状態にあるため、ハウリングが生じやすい状態にある。よって、ハウリングキャンセラを導入した補聴器であっても、その効果は電源投入から十分な時間が経過してから得られることになり、電源投入直後の所定期間は使用者にとって不快なハウリングが発生するという問題がある。この点に関し、上記特許文献1、2に開示されたハウリングキャンセラは、電源投入時のハウリングについては考慮されていない。

30

【0005】

特許文献1、2に開示されたハウリングキャンセラによれば、電源投入直後に適応フィルタの適応速度を高速にし、これによりフィードバック伝達関数を短時間で推定する対策も可能である。しかし、特許文献1の技術では、電源投入の度に手動スイッチにより適応フィルタの適応速度を高速にする煩雑な操作が必要となる。この場合、適応フィルタの適応速度を大きくしたとしても、ハウリングが生じる時間が短くなるに過ぎず、ハウリングの発生を確実に抑えられるものではない。また、特許文献2の技術では、入力信号と誤差信号の差の大きさを判断した後に適応フィルタの適応速度を切り替えるので、適切に切り替えが働いたとしても、ハウリングが生じやすい時間が短くなるに過ぎない点は同様である。さらには、初期設定や切り替えが適切でなかった場合は、生じたハウリングを抑制できるまでに時間を要する場合がある。

40

本発明はこれらの問題を解決するためになされたものであり、比較的簡単な構成で、補聴器の電源投入直後に問題となるハウリングの発生を抑制可能であって、使用者にとって快適な補聴器等を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の補聴器(1)は、音を電気信号に変換するマイクロホン(16)と、前記マイクロホンの出力信号に基づいて生成される第1の信号にゲインを付与して第2の信号を生成するゲイン設定部(10a)を含む補聴処理部(10)と、前記第2の信号を音に変換するレシーバ(15)と、前記レシーバの入力側から音による伝達を經由して前記マイクロホンの出力側までの経路に対応する伝達関数を適応的に推定する適応フィルタ(12)と、前記第1及び第2の信号に基づいて前記適応フィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部(13)と、前記伝達関数に基づいて生成された第3の信号を前記マイクロホンの出力信号から減算して前記第1の信号を出力する減算部(14)と、を含むフィードバック除去部と、少なくとも、前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度とを制御する制御部(11)とを備えて構成され、前記係数更新部は、入力のパワーで正規化された更新量により前記フィルタ係数を更新し、前記制御部は、電源投入直後から第1の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対して通常動作時のゲインよりも小さいゲインを設定するとともに、前記電源投入直後から第2の時間が経過するまで、前記適応フィルタに対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定することを特徴としている。

10

【0007】

本発明の補聴器によれば、補聴器の電源投入直後から第2の時間が経過するまでは、適応フィルタにより推定される伝達関数が未だ収束していない状態にあるが、この際には通常動作時に比べ、ゲインを低下させることによりハウリングの発生を抑制しつつ、適応フィルタの適応速度を高速にすることにより短時間で伝達関数が推定できるような制御を行う。よって、複雑な構成及び制御を導入することなく、補聴器の電源投入直後に問題となるハウリングの発生を確実に抑制することが可能となる。

20

【0008】

本発明の補聴器の構成において、前記係数更新部としては、NLM S(Normalized Least Mean Square)アルゴリズムを採用することが望ましい。NLM Sアルゴリズムの採用により、過去から現在までの入力のパワーで更新量が正規化されるので、適応フィルタの適応速度をパワーの大小に依存しないようにすることができる。

【0009】

本発明の補聴器において、前記制御部による前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度は多様な制御が可能である。例えば、電源投入直後から第1の時間が経過するまで、ゲイン設定部に対し、複数段階にわたって順次ゲインを増加させるような制御を採用することができる。また、段階を十分に増やせば、滑らかにゲインを増加させることができる。これにより、電源投入後のゲインが緩やかに変化し、信号レベルの急激な上昇を避けることで使用者に違和感を与えずに済む。なお、第1の時間と第2の時間は互いに等しい時間に設定可能である。このように設定することで、制御を簡素化することができる。

30

【0010】

また、上記課題を解決するために、本発明の拡声器(2)は、音を電気信号に変換するマイクロホン(16)と、前記マイクロホンの出力信号に基づいて生成される第1の信号にゲインを付与して第2の信号を生成するゲイン設定部(20a)を含む信号処理部(20)と、前記第2の信号を音に変換するスピーカ(22)と、前記スピーカの入力側から音による伝達を經由して前記マイクロホンの出力側までの経路に対応する伝達関数を適応的に推定する適応フィルタ(12)と、前記第1及び第2の信号に基づいて前記適応フィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部(13)と、前記伝達関数に基づいて生成された第3の信号を前記マイクロホンの出力信号から減算して前記第1の信号を出力する減算部(14)と、を含むフィードバック除去部と、少なくとも、前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度とを制御する制御部(11)とを備えて構成され、前記係数更新部は、入力のパワーで正規化された更新量により前記フィルタ係数を更新し、前記制御部は、電源投入直後から第1の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対して通常動作時のゲインよりも小さいゲインを設定するとともに、前記電源投入直後から第2の時間が経過

40

50

するまで、前記適応フィルタに対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定することを特徴としている。

【0011】

また、上記課題を解決するために、本発明のハウリングキャンセラは、音を電気信号に変換する第1の変換手段の出力信号に基づいて生成される第1の信号にゲインを付与して第2の信号を生成するゲイン設定部と、電気信号を音に変換する第2の変換手段の入力側から音による伝達を経由して前記第1の変換手段の出力側までの経路に対応する伝達関数を適応的に推定する適応フィルタと、前記第1及び第2の信号に基づいて前記適応フィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部と、前記伝達関数に基づいて生成された第3の信号を前記第1の変換手段の出力信号から減算して前記第1の信号を出力する減算部と、を 10
含むフィードバック除去部と、少なくとも、前記ゲイン設定部と前記適応フィルタの適応速度とを制御する制御部とを備えて構成され、前記係数更新部は、入力のパワーで正規化された更新量により前記フィルタ係数を更新し、前記制御部は、電源投入直後から第1の時間が経過するまで、前記ゲイン設定部に対して通常動作時のゲインよりも小さいゲインを設定するとともに、前記電源投入直後から第2の時間が経過するまで、前記適応フィルタに対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定することを特徴としている。
 本発明のハウリングキャンセラは、上述の補聴器及び拡声器には限られず、多様な機器に組み込むことが可能である。

【発明の効果】

【0012】

以上説明したように、本発明によれば、ハウリングキャンセラを導入した補聴器等の機器において、適応フィルタによる伝達関数の推定が収束しない電源投入直後の時間帯であっても、通常動作時に比べ、ゲインを小さく設定するとともに適応フィルタの適応速度を高速にすることにより、ハウリングの発生を抑制して速やかに通常動作に移行することができるので、比較的簡単な構成及び制御により、使用者にとって快適な補聴器等の機器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本実施形態の補聴器において、デジタル信号処理に関連する具体的な構成例を示すブロック図である。 30

【図2】本実施形態の補聴器の電源投入後において、図1のハウリング抑制制御部の制御により実行されるハウリング抑制処理の具体例を示すフローチャートである。

【図3】ハウリング抑制処理における制御パラメータとして、ゲイン設定部に対するゲインと係数更新部に対するステップサイズパラメータとに関し、それぞれの時間経過に伴う変化を示す図である。

【図4】本実施形態の補聴器において、電源投入直後のハウリング抑制処理を実行する場合の効果の説明する図である。

【図5】本実施形態の拡声器において、デジタル信号処理に関連する具体的な構成例として、図1の補聴器の構成例に対応する範囲を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明を適用した複数の実施形態について添付図面を参照しながら説明する。

【0015】

[補聴器]

以下の実施形態は、補聴器に対して本発明を適用した例である。図1は、本実施形態の補聴器1において、デジタル信号処理に関連する具体的な構成例を示すブロック図である。図1の構成例には、ゲイン設定部10aを含む補聴処理部10と、ハウリング抑制制御部11a及びタイマ11bを含む制御部11と、適応フィルタ12と、係数更新部13と、減算部14と、レシーバ15と、マイクロホン16とが示されている。このうち、レシーバ15及びマイクロホン16以外の構成要素は、例えば、デジタル信号処理を実行 50

可能なDSP(Digital Signal Processor)による信号処理によって実現することができる。図1の各構成要素は、補聴器1の内部に搭載された電池(不図示)によって電源を供給することにより動作する。また、図1では省略しているが、レシーバ15の入力側には、デジタル信号をアナログ信号に変換するDA変換器を設けるとともに、マイクロホン16の出力側には、アナログ信号をデジタル信号に変換するAD変換器を設ける必要がある。なお、図1に示す補聴器1としては、耳あな型、耳かけ型、ポケット型などを含む多様な種類の補聴器を挙げることができる。

【0016】

以上の構成において、補聴処理部10は、後述の減算部14から出力される誤差信号 $e(n)$ に対し、各々の使用者に適合して個別に設定された所定の補聴処理を施す手段である。また、補聴処理部10内のゲイン設定部10aは、この信号に対し、ハウリング抑制制御部11aにより設定されたゲイン G を付与した入力信号 $x(n)$ を生成する。補聴処理部10によって適用可能な補聴処理としては、ゲイン設定部10aによるゲイン G の付与に加えて、例えば、補聴処理部10に入力される誤差信号 $e(n)$ に対するマルチバンドコンプレッション、ノイズリダクション、トーンコントロール、出力制限処理など、補聴器1の使用者の聴力特性や使用環境に合わせた多様な処理を挙げることができる。

【0017】

制御部11は、補聴器1におけるデジタル信号処理を全体的に制御する手段である。このうち、制御部11内のハウリング抑制制御部11aは、補聴器1の電源投入直後に実行されるハウリング抑制処理を制御する手段であり、タイマ11bから出力される計時データに基づいて所定の制御信号をゲイン設定部10a及び係数更新部13に対して出力する。このハウリング抑制処理は、補聴器1の電源投入後の所定期間内におけるゲイン G 及び適応フィルタ12の適応速度を最適に制御することにより、補聴器1の電源投入時に使用者に不快感を与えるハウリングの発生を抑制するための処理である。なお、ハウリング抑制制御部11aによる具体的な制御内容の詳細については後述する。

【0018】

レシーバ15は、例えば、使用者の外耳道内に設置され、電気信号である入力信号 $x(n)$ を音に変換して外耳道内の空間に出力する。レシーバ15としては、例えば、動電型や電磁型などのレシーバを用いることができる。また、マイクロホン16は、補聴器1の外部空間から伝わる音を収集し、それを電気信号に変換して所望信号 $d(n)$ として出力する。マイクロホン16としては、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)、動電型、コンデンサ型、圧電型などの多様なマイクロホンを用いることができる。本実施形態では、図1に示すように、レシーバ15の伝達関数 $R(z)$ と、マイクロホン16の伝達関数 $M(z)$ をそれぞれ想定する。

【0019】

ここで、マイクロホン16には、外部の環境音のみが入力されるのが理想的であるが、実際にはレシーバ15から出力される音が外耳道からマイクロホン16に回り込み、フィードバック音となる。このフィードバック音の伝搬経路に関連して、レシーバ15の出力側からマイクロホン16の入力側に至る伝達関数 $F(z)$ を想定する。よって、レシーバ15に入力される入力信号 $x(n)$ と、マイクロホン16から出力される所望信号 $d(n)$ の間には、次の(1)式で表される伝達関数 $P(z)$ が介在することになる。

$$P(z) = R(z)F(z)M(z) \quad (1)$$

【0020】

よって、(1)式の伝達関数 $P(z)$ で表される経路と、マイクロホン16の出力側から減算部14及び補聴処理部10を経てレシーバ15の入力側に至る電気経路とによってループが構成されるので、所定の発振条件が満たされたときにハウリングが発生することになる。本実施形態の補聴器1は、後述する手段によりハウリングの発生を抑制することができる。

【0021】

適応フィルタ12は、補聴処理部10により生成される入力信号 $x(n)$ に対し、係数

10

20

30

40

50

更新部 13 から出力されるフィルタ係数を用いて、(1)式で表される伝達関数 $P(z)$ を適応的に推定したフィルタ演算を行い、出力信号 $y(n)$ を生成する。適応フィルタ 12 としては、例えば、所定のタップ数(例えば、32タップ)を有する FIR (Finite Impulse Response)を用いることができる。係数更新部 13 は、上述の誤差信号 $e(n)$ 及び入力信号 $x(n)$ に基づいて、適応フィルタ 12 に供給すべきフィルタ係数を算出する。本実施形態においては、係数更新部 13 における適応アルゴリズムとして、例えば、NLS (Normalized Least Mean Square)アルゴリズムを採用することができる。

【0022】

一般に、NLS アルゴリズムは、過去から現在までの入力のパワーで更新量を最適化しつつ、信号の二乗平均を最小化するようなフィルタ係数を算出する手法であり、通常
10
の LMS アルゴリズムに比べて適応速度の面で優れている。例えば、係数更新部 13 による係数 $w(n)$ の更新は、入力信号 $x(n)$ 及び誤差信号 $e(n)$ を用いて、次の(2)式で表すことができる。

$$w(n+1) = w(n) + 2\mu \cdot x(n) \cdot e(n) / P_x \quad (2)$$

ただし、 μ : ステップサイズパラメータ

P_x : 入力信号 $x(n)$ のパワーの平均値

【0023】

(2)式において、ステップサイズパラメータ μ が大きいほど適応速度が速くなるが、分母の P_x により更新量が正規化されている点が特徴的である。ステップサイズパラメータ μ は、補聴器 1 の通常動作時における伝達関数 $P(z)$ の時間的变化に適合する値に設
20
定される。ただし、本実施形態では、補聴器 1 の電源投入直後において、伝達関数 $P(z)$ の推定が収束するのに時間を要することから、ステップサイズパラメータ μ を大きくする制御を行うが、この点について詳しくは後述する。

【0024】

減算部 14 は、マイクロホン 16 から出力される所望信号 $d(n)$ から、適応フィルタ 12 により生成される出力信号 $y(n)$ を減算し、それを上述の誤差信号 $e(n)$ として出力する。この場合、誤差信号 $e(n)$ は、次の(3)式で表すことができる。なお、(3)式において、所望信号 $d(n)$ は本発明のマイクロホン 16 の出力信号に相当し、誤差信号 $e(n)$ は本発明の第 1 の信号に相当し、出力信号 $y(n)$ は本発明の第 3 の信号
30
に相当する。

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (3)$$

【0025】

ここで、適応フィルタ 12 と、係数更新部 13 と、減算部 14 は、一体的に本発明のフィードバック除去部として機能する。すなわち、図 1 の構成にフィードバック除去部を設けない場合は、上述したように、レシーバ 15 からの音が、伝達関数 $F(z)$ で表される伝搬経路を経てマイクロホン 16 に達し、そのまま補聴処理部 10 を経てレシーバ 15 に戻ることに
40
より所定の条件を満たすとハウリングが生じる。そのため、上述のフィードバック除去部の作用により、レシーバ 15 からマイクロホン 16 へのフィードバック音に対応する信号成分を(3)式に基づいて生成しマイクロホン 16 の出力信号から除去することができるので、ハウリングの発生を抑制することができる。ただし、補聴器 1 の電源投入直後には、適応フィルタ 12 による推定が十分に収束せずに一時的にハウリングが発生する可能性があるため、本実施形態では、後述するように、通常動作時とは異なる対策を導入している。

【0026】

次に、本実施形態の補聴器 1 における電源投入時のハウリング抑制処理について、図 2 及び図 3 を参照して説明する。図 2 は、本実施形態の補聴器 1 の電源投入後において、図 1 のハウリング抑制制御部 11a の制御により実行されるハウリング抑制処理の具体例を示すフローチャートである。また、図 3 は、ハウリング抑制処理における制御パラメータとして、ゲイン設定部 10a に対するゲイン G と係数更新部 13 に対するステップサイズパラメータ μ とに関し、それぞれの時間経過に伴う変化を示す図である。
50

【 0 0 2 7 】

図2に示すように、補聴器1の電源が投入されると、そのタイミングを起点とする経過時間 t を計時するタイマ11b(図1)を起動させる(ステップS1)。これにより、ステップS1では、 $t = 0$ 秒から計時が開始するものとして説明する。続いて、制御パラメータである上述のゲイン G 及びステップサイズパラメータ μ の初期設定を行うとともに、後述のステップS4の判断に用いる n の初期設定 ($n = 1$) を行う(ステップS2)。ステップS2では、例えば、通常動作時のゲイン $G_0 = 40$ (dB) を仮定したとき、それに対する相対値として、 $G = G_0 - 30$ dB に設定するものとする。また、例えば、通常動作時のステップサイズパラメータ μ_0 を基準として、それに8倍の倍率を乗じて、 $\mu = 8 \cdot \mu_0$ に設定するものとする。ステップS2の初期設定により、電源投入直後において、ゲイン G が十分に小さいためにハウリングを生じにくくなり、かつ、(2)式の μ が十分に大きいために適応フィルタ12の適応速度が高速になる。

10

【 0 0 2 8 】

次に、タイマ11bにより計時される経過時間 t が、ゲイン G 及び制御パラメータを通常動作時の設定に切り替えるタイミングを規定する設定時間 T_b (本発明の第1及び第2の時間)に達したか否かを判定する(ステップS3)。例えば、設定時間 T_b は $T_b = 3$ (秒)に設定される。ステップS3の判定の結果、経過時間 t が設定時間 T_b に満たないときは(ステップS3: NO)、続いて上述の経過時間 t が、ゲイン G を増加させるタイミングを規定する設定時間 T_a 毎に更新される所定の時間 $n \cdot T_a$ に達したか否かを判定する(ステップS4)。例えば、設定時間 T_a は $T_a = 0.5$ (秒)に設定される。ステップS4の判定の結果、経過時間 t が時間 $n \cdot T_a$ に達したときは(ステップS4: YES)、ゲイン G を所定の値だけ増加させ(ステップS5)、ステップS4の判断に用いる n の値を更新し(ステップS6)、続いてステップS7に移行する。一方、ステップS4の判定の結果、経過時間 t が時間 $n \cdot T_a$ に満たないときは(ステップS4: NO)、ステップS5、S6を実行することなく、ステップS7に移行する。ステップS7では、経過時間 t を更新し(ステップS7)、続いてステップS3に戻る。

20

【 0 0 2 9 】

図2の例では、ステップS5に移行したとき、ゲイン G を5dBだけ増加させることを想定する。例えば、初期時点で $G = G_0 - 30$ dB に設定されている状況で、1回目のステップS5を実行する場合、ゲイン G を5dBだけ増加させて、 $G = G_0 - 25$ dB に設定される。また例えば、1回目にステップS5を実行した後、後続の処理を経て2回目にステップS5を実行するのは、 $t = 1$ (秒)の経過時点である。この場合、0.5秒が経過する度にステップS5において5dBずつゲイン G が上昇することになる。なお、本実施形態では、上述したように、第1の時間と第2の時間を互いに等しい時間(設定時間 T_b)に設定する場合を例にとって説明するが、第1の時間と第2の時間は、互いに異なる時間に設定してもよい。

30

【 0 0 3 0 】

一方、ステップS3の判定の結果、経過時間 t が設定時間 T_b に達したときは(ステップS3: YES)、制御パラメータである上述のゲイン G 及びステップサイズパラメータ μ をそれぞれ通常動作時の設定に切り替える(ステップS8)。ステップS8では、上述したように、ゲイン G 及びステップサイズパラメータ μ を、 $G = G_0$ 、 $\mu = \mu_0$ に設定する。ステップS2で説明した設定例と比べると、ゲイン G は30dB増加し、ステップサイズパラメータ μ は $1/8$ に減少することになる。これ以降は、補聴器1の通常動作に移行し(ステップS9)、ステップS8で設定された制御パラメータを用いたハウリング抑制処理が継続的に実行される。

40

【 0 0 3 1 】

図2に示すハウリング抑制処理を適用することにより、電源投入から通常動作に移行するまでの間、ゲイン G 及びステップサイズパラメータ μ は、例えば、図3に示すように変化する。まず、ゲイン G については、電源投入時 ($t = 0$) に $G = G_0 - 30$ (dB) から開始し、0.5秒が経過する毎に5dBずつ階段状に増加していく。そして、3秒が経

50

過して通常動作に移行すると、 $G = G_0$ になることがわかる。一方、ステップサイズパラメータ μ については、電源投入時($t = 0$)に $\mu = 8 \cdot \mu_0$ から開始して、その値を3秒が経過するまで保つ。そして、3秒が経過して通常動作に移行すると、 $\mu = \mu_0$ まで急激に減少することがわかる。

【0032】

本実施形態の補聴器1においては、適応フィルタ12による伝達関数 $P(z)$ の推定が収束していないためにハウリングを生じやすい電源投入直後から時間 T_b が経過するまでの時間帯に、ゲイン設定部10aのゲイン G を低下させるように制御することで、図1を用いて説明したループ内のトータルのゲインを下げてハウリングの発生を防止することができる。また、この時間帯に、ステップサイズパラメータ μ を十分に大きくするように制御することで、適応フィルタ12の適応速度を高速化して伝達関数 $P(z)$ の推定を速やかに収束に近づけることができる。時間 T_b 経過後にゲイン G が G_0 となり、適応フィルタのステップサイズパラメータ μ が μ_0 となった場合でも、既に十分に適応フィルタ12の推定が収束に近付いた状態なので、速やかに適応フィルタ12の推定を収束させることができる。なお、ステップサイズパラメータ μ については、図3に示すように2段階で変化させても問題はないが、ゲイン G については、変化量が大きいと使用者に違和感を与えるので、図3に示すように階段状の波形などの緩やかな波形で制御させることが望ましい。ただし、ゲイン G 及びステップサイズパラメータ μ の変化パターンは、本発明の目的を達成できる限り制約はなく、多様な変化パターンを適用することができる。

【0033】

次に、本実施形態の補聴器1における電源投入時のハウリング抑制処理の効果について、図4を用いて説明する。図4(A)は、本実施形態との対比のため、電源投入直後における図2のハウリング抑制処理ではなく、通常動作時のハウリング抑制処理を実行したときのシミュレーションによる音信号波形を示している。図4(B)は、図4(A)と同様の環境条件で、電源投入直後における図2のハウリング抑制処理を実行したときのシミュレーションによる音信号波形を示している。なお、図4(B)では、電源投入から3秒が経過するまでは制御パラメータを、 $G = G_0 - 30 \text{ dB}$ 、 $\mu = 16 \cdot \mu_0$ に設定し、3秒経過後に制御パラメータを、 G_0 、 μ_0 に設定するものとする。図4(A)では電源投入直後にハウリングが発生し、かつ、図4(B)ではハウリングが抑制されていることは明らかであり、図2のハウリング抑制処理を適用することによる十分な効果が確認された。

【0034】

[拡声器]

以下の実施形態は、拡声器に対して本発明を適用した例である。図5は、本実施形態の拡声器2において、デジタル信号処理に関連する具体的な構成例として、図1の補聴器1の構成例に対応する範囲を示すブロック図である。図5において、ハウリング抑制制御部11a及びタイマ11bを含む制御部11と、適応フィルタ12と、係数更新部13と、減算部14と、マイクロホン16については、図1と同様であるため説明を省略する。一方、図1の補聴処理部10は、図5では信号処理部20に置き換えられているが、この信号処理部20は、例えば、ノイズ除去機能など、拡声器2の機能に応じた多様な信号処理を想定することができる。なお、信号処理部20内のゲイン設定部20aについては、図1のゲイン設定部10aと同様である。また、信号処理部20には、使用者が拡声器2の音量を調整するための可変抵抗からなる音量調整部21が接続されている。さらに、図1のレシーバ15は、図5ではスピーカ22により置き換えられている。なお、スピーカ22の入力側には、図示しないパワーアンプを挿入する必要がある。以上のように、図5に示す拡声器2においても、図2～図4を用いて説明した電源投入時のハウリング抑制処理を導入することができ、この場合の効果についても、補聴器1の場合と同様である。ただし、補聴器1と拡声器2の回路条件や音の伝搬経路の相違を考慮し、制御パラメータ等については適切に設定することが望ましい。

【0035】

[ハウリングキャンセラ]

上記各実施形態では、本発明を、補聴器 1 及び拡声器 2 にそれぞれ適用する場合を説明したが、本発明は、これらに限らず多様な機器に適用することができる。すなわち、図 1 や図 5 に示した構成を具備し、図 2 に示した処理を実行可能であれば、単独で、あるいは他の機器に組み込んで本発明を適用することができる。このようなハウリングキャンセラは、機器の電源投入直後のハウリングの発生を抑制可能である限り、補聴処理部 10 (図 1) 又は信号処理部 20 (図 5) の構成や、制御パラメータの設定等については、多様な選択が可能である。

【 0 0 3 6 】

以上、本実施形態に基づき本発明の内容を具体的に説明したが、本発明は上述の各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を施すことができる。例えば、図 1 及び図 5 では、係数更新部 13 の適応アルゴリズムとして N L M S アルゴリズムを採用する場合を説明したが、本発明の目的を達成できる限り、通常の L M S アルゴリズムやそれ以外の多様な適応アルゴリズムを採用することができる。また、図 1 や図 5 の具体的な構成や図 2 の制御方法についても、本実施形態の内容に限定されず、多様な構成及び制御を採用可能であることは当然である。

【符号の説明】

【 0 0 3 7 】

1 ... 補聴器	
2 ... 拡声器	
10 ... 補聴処理部	20
10 a、20 a ... ゲイン設定部	
11 ... 制御部	
11 a ... ハウリング抑制制御部	
11 b ... タイマ	
12 ... 適応フィルタ	
13 ... 係数更新部	
14 ... 減算部	
15 ... レシーバ	
16 ... マイクロホン	
20 ... 信号処理部	30
21 ... 音量調整部	
22 ... スピーカ	

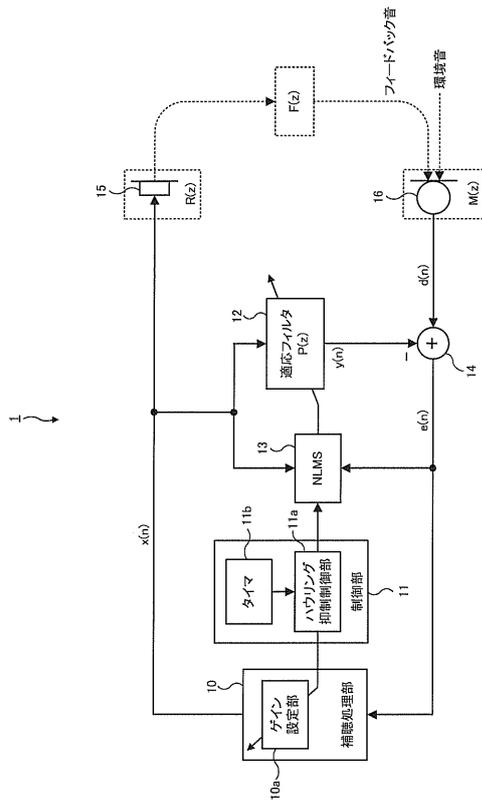
【要約】

【課題】電源投入直後のハウリングの発生を抑制可能な補聴器等を提供する。

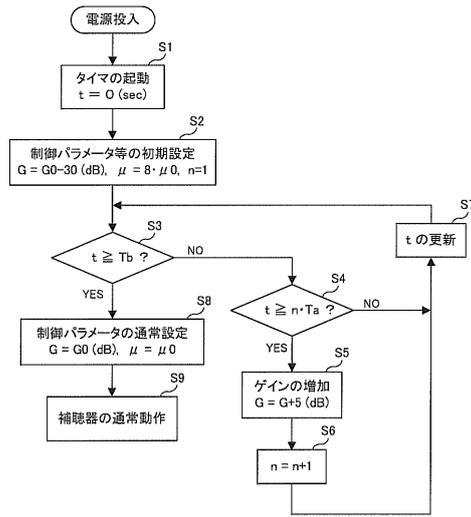
【解決手段】本発明の補聴器は、マイクロホン 16 と、信号 $e(n)$ にゲインを付与して信号 $x(n)$ を生成するゲイン設定部 10 a を含む補聴処理部 10、信号 $x(n)$ を音に変換するレシーバ 15 と、レシーバ 15 の入力側からマイクロホン 16 の出力側までの伝達関数 $P(z)$ を適応的に推定する適応フィルタ 12 により生成された信号 $y(n)$ をマイクロホン 16 の出力信号 $d(n)$ から除去して信号 $e(n)$ を生成するフィードバック除去部と、ゲイン設定部 10 a と適応フィルタ 12 の適応速度を制御する制御部 11 を備えている。制御部 11 は、電源投入直後から第 1 の時間が経過するまでゲイン設定部 10 a に対して通常動作時のゲインより小さいゲインを設定し、電源投入直後から第 2 の時間が経過するまで適応フィルタ 12 に対して通常動作時の適応速度よりも速い適応速度を設定する。

【選択図】図 1

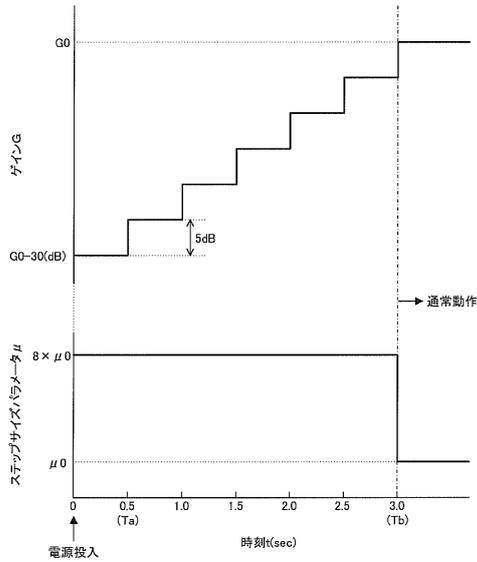
【図1】



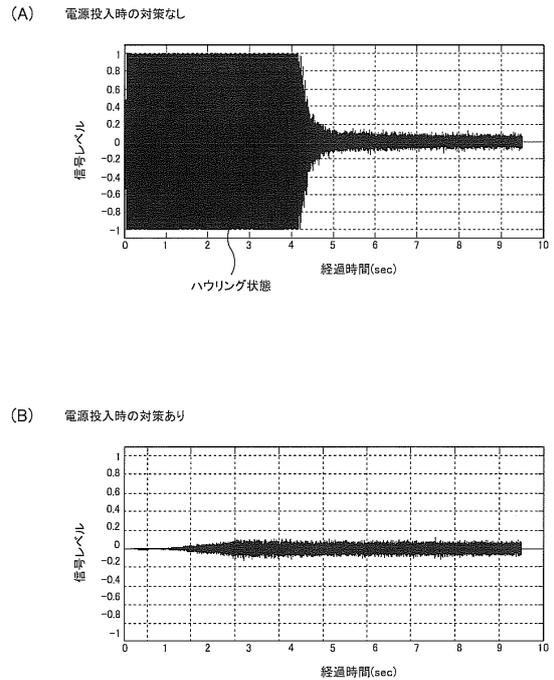
【図2】



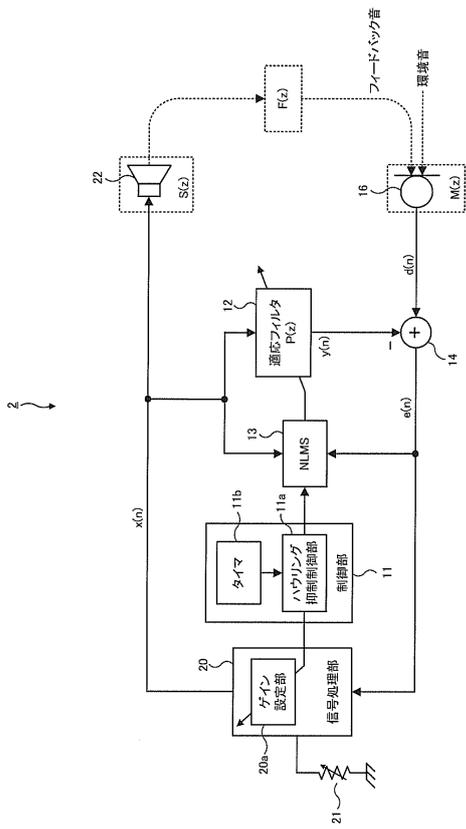
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2009-529261(JP,A)
特開平03-157098(JP,A)
特開平03-240400(JP,A)
国際公開第11/042055(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 25/00 - 25/04
H04R 3/00 - 3/14