

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5288723号
(P5288723)

(45) 発行日 平成25年9月11日 (2013. 9. 11)

(24) 登録日 平成25年6月14日 (2013. 6. 14)

(51) Int.Cl.		F I	
H O 4 R	3/02	(2006. 01)	H O 4 R 3/02
H O 4 B	3/23	(2006. 01)	H O 4 B 3/23
G 1 O L	15/20	(2006. 01)	G 1 O L 15/20 3 7 O F

請求項の数 26 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2007-106374 (P2007-106374)	(73) 特許権者	511204038
(22) 出願日	平成19年4月13日 (2007. 4. 13)		ニュアンス コミュニケーションズ, イ
(65) 公開番号	特開2007-306553 (P2007-306553A)		ンコーポレイテッド
(43) 公開日	平成19年11月22日 (2007. 11. 22)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ O 1
審査請求日	平成22年4月9日 (2010. 4. 9)		8 0 3, パーリントン, ウェイサイド
(31) 優先権主張番号	06009692.2		ロード 1
(32) 優先日	平成18年5月10日 (2006. 5. 10)	(74) 代理人	100078282
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 山本 秀策
		(74) 代理人	100062409
			弁理士 安村 高明
		(74) 代理人	100113413
			弁理士 森下 夏樹
		(72) 発明者	ティム ホーリック
			ドイツ国 8 9 1 4 3 ブラウベウレン,
			イン デン シュロスヴィーゼン 1 4
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチチャネルの反響補償

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチチャネル反響補償の方法であって、

第 1 のチャネルにおける第 1 のオーディオ信号 (x_1) および第 2 のチャネルにおける第 2 のオーディオ信号 (x_2) を提供することと、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) をデコリレーションして、第 1 のデコリレーションされたオーディオ信号

【数 1】

 $(\tilde{x}_1)$

および第 2 のデコリレーションされたオーディオ信号

【数 2】

 $(\tilde{x}_2)$

を生成することと、

第 1 の拡声器によって、該第 1 のデコリレーションされたオーディオ信号

【数 3】

 $(\tilde{x}_1)$

を出力して第 1 の拡声器信号を生成し、かつ第 2 の拡声器によって、該第 2 のデコリレーションされたオーディオ信号

【数 4】

 $(\tilde{x}_2)$

10

を出力して第 2 の拡声器信号を生成することと、

少なくとも 1 つのマイクロフォンによって、該第 1 の拡声器信号および第 2 の拡声器信号ならびに話し手の発した声を検出して、少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を生成することと、

反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を適合することによって、該少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を反響補償して、反響補償された信号 (e) を生成することと

を包含し、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を該デコリレーションすることは、該反響補償フィルタリング手段の該適合されたフィルタ係数に依存して制御されるということを特徴とする、方法。

20

【請求項 2】

前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) と前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) との相関性を決定することをさらに包含し、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を前記デコリレーションするステップは、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) の該決定された相関性によって制御される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記相関性は、前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) および前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) の短期間相関または短期間コヒーレンスを計算することによって決定され、該短期間相関または該短期間コヒーレンスの値または平均値が所定の閾値を超過した場合にだけ、前記デコリレーションするステップが実行されるように制御される、請求項 2 に記載の方法。

30

【請求項 4】

前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) および前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) を前記デコリレーションすることは、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および / または該第 2 のオーディオ信号 (x_2) の時間変化フィルタリングおよび / または適合可能な非線形処理によって実行される、請求項 1 ~ 3 のうちの 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記非線形処理は、半波整流と

$$x'(n) = -\beta(n)x(n) + x(n-1) + \beta(n)x'(n-1)$$

40

に従う全域通過フィルタリングと

を包含し、 β は時間変化パラメータであり、 n は離散的時刻インデックスであり、 x はあるチャンネルのオーディオ信号であり、 x' はフィルタリングされたオーディオ信号である、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

a. 前記決定された相関性が所定の閾値より上である場合にだけ、前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) と前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) との相関性を決定するステップと、

b. 該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および / または該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を時間変化フィルタリングするステップと、

c. 該フィルタリングされた第 1 のオーディオ信号 (x'_1) および / または第 2 のオ

50

オーディオ信号 (x'_2) を適合可能な非線形処理するステップであって、非線形性の度合いは、前記反響補償フィルタリング手段の前記適合されたフィルタ係数に依存する、ステップと

が引き続き実行される、請求項 4 または請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記時間変化フィルタリングのために使用される時間変化フィルタリング手段の前記非線形性の度合いおよび または前記フィルタ係数は、システムディスタンス指標

【数 5】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right) \quad 10$$

に依存し、 n は離散的時刻インデックスであり、 N は前記反響補償フィルタリング手段の長さであり、 N_T は所定のサンプリング時刻の数であり、

【数 6】

$$\hat{h}_1(n) \text{ および } \hat{h}_2(n)$$

は、前記第 1 および前記第 2 のチャンネルそれぞれに対する該反響補償フィルタリング手段の該フィルタ係数を表す、請求項 4 ~ 6 のうちの 1 項に記載の方法。 20

【請求項 8】

前記第 1 および第 2 の拡声器信号を検出することは、少なくとも 1 つの指向性マイクロフォンを備える、少なくとも 1 つのマイクロフォン配列に配置された 2 つ以上のマイクロフォンによって実行され、該マイクロフォンによって生成されたマイクロフォン信号のビームフォーミングによって、ビームフォームされたマイクロフォン信号 (y) を生成することをさらに包含する、請求項 1 ~ 7 のうちの 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

第 1 のオーディオ信号 (x_1) および第 2 のオーディオ信号 (x_2) をデコリレーションして、第 1 のデコリレーションされたオーディオ信号

【数 7】

$$(\tilde{x}_1)$$

および第 2 のデコリレーションされたオーディオ信号

【数 8】

$$(\tilde{x}_2)$$

を生成するステップと、

反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を適合することによって、少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を反響補償して、反響補償された信号 (e) を生成するステップと

をコンピュータに実行させるためのコンピュータ実行可能な命令を有するコンピュータ読み取り可能な媒体であって、

該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を該デコリレーションすることが、該反響補償フィルタリング手段の該適合されたフィルタ係数に依存して制御されるということの特徴とし、

該マイクロフォン信号は、第 1 の拡声器によって出力された第 1 のデコリレーションされたオーディオ信号と、第 2 の拡声器によって出力された第 2 のデコリレーションされた

40

50

オーディオ信号と、話し手の発した声とを含む、コンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 10】

前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) と前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) との相関性を決定するステップを前記コンピュータに実行させるためのコンピュータ実行可能な命令をさらに有し、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を前記デコリレーションするステップは、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) の該決定された相関性によって制御される、請求項 9 に記載のコンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 11】

前記相関性は、前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) および前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) の短期間相関または短期間コヒーレンスを計算することによって決定され、該短期間相関または該短期間コヒーレンスの値または平均値が所定の閾値を超過した場合にだけ、前記デコリレーションするステップが実行されるように制御される、請求項 10 に記載のコンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 12】

前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) および前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) を前記デコリレーションすることは、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および / または該第 2 のオーディオ信号 (x_2) の時間変化フィルタリングおよび / または適合可能な非線形処理によって実行される、請求項 9 ~ 11 のうちの 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 13】

前記非線形処理は、半波整流と

$$x'(n) = -\beta(n)x(n) + x(n-1) + \beta(n)x'(n-1)$$

に従う全域通過フィルタリングと

を包含し、 β は時間変化パラメータであり、 n は離散的時刻インデックスであり、 x はあるチャネルのオーディオ信号であり、 x' はフィルタリングされたオーディオ信号である、請求項 12 に記載のコンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 14】

a. 前記決定された相関性が所定の閾値より上である場合にだけ、前記第 1 のオーディオ信号 (x_1) と前記第 2 のオーディオ信号 (x_2) との相関性を決定するステップと、

b. 該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および / または該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を時間変化フィルタリングするステップと、

c. 該フィルタリングされた第 1 のオーディオ信号 (x'_1) および / または第 2 のオーディオ信号 (x'_2) を適合可能な非線形処理するステップであって、非線形性の度合いは、前記反響補償フィルタリング手段の前記適合されたフィルタ係数に依存する、ステップと

を前記コンピュータに実行させるためのコンピュータ実行可能な命令をさらに有する、請求項 12 または請求項 13 に記載のコンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 15】

前記時間変化フィルタリングのために使用される時間変化フィルタリング手段の前記非線形性の度合いおよび / または前記フィルタ係数は、システムディスタンス指標

【数 9】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

に依存し、 n は離散的時刻インデックスであり、 N は前記反響補償フィルタリング手段の長さであり、 N_T は所定のサンプリング時刻の数であり、

10

20

30

40

【数 1 0】

$\hat{h}_1(n)$ および $\hat{h}_2(n)$

は、前記第 1 および前記第 2 のチャンネルそれぞれに対する該反響補償フィルタリング手段の該フィルタ係数を表す、請求項 1 2 ~ 1 4 のうちの 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な媒体。

【請求項 1 6】

音響信号処理のシステムであって、

マルチチャンネルソース (6 0) によって提供されたオーディオ信号 (x_1 , x_2) をデコリレーションし、該提供されたオーディオ信号 (x_1 , x_2) に基づきデコリレーションされたオーディオ信号

【数 1 1】

($\tilde{x}_1$, $\tilde{x}_2$)

を生成するように構成される、デコリレーション手段 (1 0) と、

該デコリレーションされたオーディオ信号

【数 1 2】

($\tilde{x}_1$, $\tilde{x}_2$)

に基づき生成されたマイクロフォン信号を反響補償するように構成される、適合可能な反響補償フィルタリング手段 (2 0) と、

該適合可能な反響補償フィルタリング手段 (2 0) の適合状態に基づいて、該デコリレーション手段 (1 0) を制御するように構成される、制御手段 (5 0) と

を備える、システム。

【請求項 1 7】

前記制御手段 (5 0) は、前記マルチチャンネルソース (6 0) によって提供された前記オーディオ信号 (x_1 , x_2) の相関状態に基づいて、前記デコリレーション手段 (1 0) を制御するようにさらに構成される、請求項 1 6 に記載のシステム。

【請求項 1 8】

前記制御手段は、前記マルチチャンネルソース (6 0) によって提供された前記オーディオ信号 (x_1 , x_2) の短時間相関または短時間コヒーレンスの値または平均値に基づいて、前記相関状態を決定するように構成される、請求項 1 7 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

デコリレーションされたオーディオ信号

【数 1 3】

($\tilde{x}_1$, $\tilde{x}_2$)

を受信し、該デコリレーションされたオーディオ信号

【数 1 4】

($\tilde{x}_1$, $\tilde{x}_2$)

10

20

30

40

50

に基づき拡声器信号を生成するように構成される、拡声器（３０）であって、該拡声器の各々（４０）は、前記マルチチャネルソース（６０）の１つのチャンネルの信号だけに基づき拡声器信号を生成する、拡声器（３０）と、

該拡声器信号と少なくとも１つの話し手の発した声とを受信し、該拡声器信号と該少なくとも１つの話し手の発した声とに基づき少なくとも１つのマイクロフォン信号（ｙ）を生成するように構成される、少なくとも１つのマイクロフォン（４０）と

をさらに備え、

前記反響補償フィルタリング手段（２０）は、該少なくとも１つのマイクロフォン信号（ｙ）を反響補償し、該少なくとも１つのマイクロフォン信号（ｙ）に基づき反響補償された音響信号（ｅ）を生成するように構成され、

前記制御手段（５０）は、該反響補償された音響信号（ｅ）を受信し、該受信された反響補償された音響信号（ｅ）に基づいて、前記デコリレーション手段（１０）を制御するように構成される、

請求項 １ ６ ～ １ ８ のうちの １ 項に記載のシステム。

【請求項 ２ ０】

前記デコリレーション手段（１０）は、時間変化フィルタリング手段（１１、１３）、特に、全域通過フィルタおよび／または非線形処理手段（１２、１４）を備える、請求項 １ ６ ～ １ ９ のうちの １ 項に記載のシステム。

【請求項 ２ １】

前記制御手段（５０）は、システムディスタンス指標

【数 １ ５】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

に基づいて、前記適合可能な反響補償フィルタリング手段（２０）の前記適合状態を決定するように構成され、ｎは離散的時刻インデックスであり、Nは前記反響補償フィルタリング手段（２０）の長さであり、N_Tは所定のサンプリング時刻の数であり、

【数 １ ６】

$$\hat{h}_1(n) \text{ および } \hat{h}_2(n)$$

は、第 １ および第 ２ のチャンネルそれぞれに対する前記反響補償フィルタリング手段（２０）のフィルタ係数を表す、請求項 １ ６ ～ ２ ０ のうちの １ 項に記載のシステム。

【請求項 ２ ２】

少なくとも１つの指向性マイクロフォンを備える少なくとも１つのマイクロフォン配列と、該少なくとも１つのマイクロフォン配列の該マイクロフォンからのマイクロフォン信号を受信し、ビームフォームされたマイクロフォン信号（ｙ）を生成するように構成されるビームフォーミング手段とをさらに備える、請求項 １ ６ ～ ２ １ のうちの １ 項に記載のシステム。

【請求項 ２ ３】

請求項 １ ６ ～ ２ ２ のうちの １ 項に記載のシステムを備える、ハンズフリーセット。

【請求項 ２ ４】

請求項 １ ６ ～ ２ ２ のうちの １ 項に記載のシステムを備える、音声認識システム。

【請求項 ２ ５】

請求項 １ ６ ～ ２ ２ のうちの １ 項に記載のシステム、および／または請求項 ２ ３ に記載のハンズフリーセット、および／または請求項 ２ ４ に記載の音声認識システムを備える、車

10

20

30

40

50

両通信システム。

【請求項 2 6】

請求項 1 6 ~ 2 2 のうちの 1 項に記載のシステム、および / または請求項 2 3 に記載のハンズフリーセットのうちの 1 つを備える、電話またはビデオ会議システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

(本発明の技術分野)

本発明は、信号処理のためのシステムおよび方法に関し、特に、音響の反響補償 (e c h o c o m p e n s a t i o n) を用いた音声信号処理に関する。本発明は、個々のチャネルの間で相関性を示すマルチチャネルシステムにおける反響補償に特に関係する。

10

【背景技術】

【0 0 0 2】

(本発明の背景)

反響補償は、例えば音声認識システムまたはハンズフリーセットのユーザの音声信号のような所望の信号だけでなく、同じ通信システムの拡声器によって出力される障害信号をも検出するマイクロフォンを備える通信システムでの、オーディオ信号処理におけるベーシックな話題である。ハンズフリーセットの場合においては、例えば、リモートの相手から受信した信号とニアエンドの拡声器による出力とが、ニアエンドのマイクロフォンによってシステムに再び入力され、リモートの相手に返信されることは望ましくない。拡声器によって出力された信号のマイクロフォンによる検出は、不快な音響の反響という結果になり得、音響の反響がかなり希釈されるかまたは実質的に取り除かれない場合には、完全な通信の破綻さえも引き起こし得る。

20

【0 0 0 3】

騒々しい環境下で使用される音声認識システムの場合において、同様の問題が生じる。ユーザの音声信号とは異なる信号が認識ユニットに供給されるということが、防止されなければならない。しかしながら、音声認識システムのマイクロフォンは、例えば、C D もしくは D V D のようなオーディオデバイスまたはラジオによって再生されたオーディオ信号に相当する拡声器出力を検出し得る。これらの信号が十分にフィルタリングされない場合には、ユーザの発声に相当する必要な信号は、おそらくは適切な音声認識を不可能とする程度まで騒音の中に埋もれてしまうであろう。

30

【0 0 0 4】

近年、反響補償のいくつかの方法が提案され、通信システムにインプリメントされてきた。適合可能なフィルタが、音響信号の反響補償のために用いられており (例えば、非特許文献 1 を参照)、それらは、適合可能な有限インパルス応答 (F I R) フィルタ手段によって、拡声器 ~ 部屋 ~ マイクロフォン (L R M) システムの伝達関数をモデル化するために使用される。多数の拡声器によって出力された複数の拡声器信号が個々にある場合には、拡声器の各々に対して 1 つのフィルタが用いられなければならない。

【0 0 0 5】

しかしながら、マルチチャネルシステムにおいては、例えば複数のマイクロフォンが拡声器からの音を検出する場合のように、個々のチャネルがかなりの相関性を示すときには、深刻な問題が生じる。個々のチャネル間の相関性の場合においては、反響補償フィルタを適合する処理、すなわちそれぞれのフィルタ係数の再帰的な計算は、L R M システムの所望のインパルス応答に収束しないかもしれない。なぜならば、例えばある拡声器によって出力されあるマイクロフォンによって検出された信号の一部が、別の拡声器によって出力され別のマイクロフォンによって検出される信号を反響補償するように意図された反響補償フィルタによって補償され得るからである。

40

【0 0 0 6】

マルチチャネル通信においては、反響補償フィルタリング手段の最適化は、特に拡声器の正確な位置に依存する。従って、全ての拡声器の動きは、フィルタ係数の再計算を要求

50

する。

【0007】

上述の収束の問題は、適合問題の非一意性からの結果である。一意性を再構築する公知のアプローチは、個々のチャンネルにおける信号の時間遅延およびチャンネル経路における非線形性の導入を含む（例えば、非特許文献2、非特許文献3を参照）。

【0008】

しかしながら、その種の方法の主たる難点は、そのようなマルチチャンネル信号の相関性を無くすこと（デコリレーション）が、再生されるオーディオ信号の質および、とくに音声信号の明瞭度を劣化させる感知可能なアーチファクトを必然的に持ち込む、という事実によって生じさせられる。

10

【0009】

従って、近年における巧みな処理にもかかわらず、出力オーディオ信号を著しく劣化させることなくマルチチャンネル信号をデコリレーションする上での問題が、今も残されている。

【非特許文献1】E. Haensler and G. Schmidt, John Wiley & Sons, 「Acoustic Echo and Noise Control」、New York、2004年

【非特許文献2】D. R. Morgan, J. L. Hall and J. Benesty, 「Investigation of Several Types of Nonlinearities for Use in Acoustic Echo Cancellation」、IEEE Transactions on Speech and Audio Processing、2001年9月、第9巻、第6号、p. 686

20

【非特許文献3】A. Sugiyama, Y. Joncour and A. Hirano, 「A Stereo Echo Canceller with Correct Echo-Path Identification Based on an Input Sliding Technique」、IEEE Transaction on Signal Processing、2001年11月、第49巻、第11号、p. 2577

【発明の開示】

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

（本発明の概要）

上述の問題は、請求項1に記載のマルチチャンネル反響補償の方法によって解決されるが、該方法は、

第1のチャンネルにおける第1のオーディオ信号（ x_1 ）および第2のチャンネルにおける第2のオーディオ信号（ x_2 ）を提供することと、

該第1のオーディオ信号（ x_1 ）および該第2のオーディオ信号（ x_2 ）をデコリレーションして、第1のデコリレーションされたオーディオ信号

【0011】

40

【数13】

$(\tilde{x}_1)$

および第2のデコリレーションされたオーディオ信号

【0012】

【数14】

$(\tilde{x}_2)$

を生成することと、

第1の拡声器によって、該第1のデコリレーションされた信号

50

【 0 0 1 3 】

【 数 1 5 】

$(\tilde{x}_1)$

を出力して第 1 の拡声器信号を生成し、かつ第 2 の拡声器によって、該第 2 のデコリレーションされた信号

【 0 0 1 4 】

【 数 1 6 】

$(\tilde{x}_2)$

10

を出力して第 2 の拡声器信号を生成することと、

少なくとも 1 つのマイクロフォンによって、該第 1 の拡声器信号および第 2 の拡声器信号ならびに少なくとも必要な信号を検出して、少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を生成することと、

反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を適合することによって、該少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を反響補償して、反響補償された信号 (e) を生成することと

を包含し、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) をデコリレーションすることは、該反響補償フィルタリング手段の該適合されたフィルタ係数に依存して制御される。

20

【 0 0 1 5 】

2 つのチャネルは、2 つのステレオチャネルまたはマルチチャネルオーディオシステムの 2 つの複数チャネルであり得る。少なくとも 1 つの拡声器が、個々のチャネルの各々に対して提供される。マイクロフォンは、拡声器信号とは異なる必要な信号を検出するように意図されるが、それはまた、反響補償によって、低減されるかまたはマイクロフォン信号から実質的に取り除かれるべき拡声器信号を不本意にも検出する。

【 0 0 1 6 】

反響補償は、適合可能な反響補償フィルタリング手段によって実行される。反響補償フィルタ係数は、マイクロフォン信号の質、特に、マイクロフォンによって検出され、その後、例えば通信システムと関連するリモートの相手に送信される音声信号の明瞭度を改善するために、各チャネルに対して別々に動的に調節される。

30

【 0 0 1 7 】

第 1 および第 2 のオーディオ信号は、反響補償フィルタリング手段のパフォーマンス、すなわち動的に適合されたフィルタ係数による適合状態に依存してデコリレーションされる。反響補償フィルタリング手段が、マイクロフォン信号を反響補償するようにうまく適合されていない場合には、デコリレーションは、提供されたオーディオ信号を比較的強力に修正する。例えば、反響補償フィルタリング手段のパフォーマンスが十分と考えられた場合には、デコリレーションが省略されることすらあり得る (反響補償フィルタリング手段パフォーマンス状態 / 適合状態の決定については以下の検討を参照) 。

【 0 0 1 8 】

反響補償に動的に応答してオーディオ信号をデコリレーションすることによって、得られる反響補償されたマイクロフォン信号の質は、著しくかつ確実に向上される。さらに、デコリレーションステップによって持ち込まれるアーチファクトは、反響補償された音声信号の明瞭度を保証するために必要な最小のものにまで低減され得る。これらの信号は、例えば電話を介してリモートの相手に送信され得る。

40

【 0 0 1 9 】

好ましくは、提供されるオーディオ信号の相関性が決定され得、決定の結果に依存してデコリレーションが制御され得る。相関性の度合いは、以下で検討されるように決定され得る。相関性がごくわずかであると考えられる場合には、デコリレーションは全く必要ない。この場合においては、処理は最も簡単であり、アーチファクトはデコリレーションス

50

テップによって持ち込まれない。逆に、強い相関性は、反響補償フィルタリング手段の適合状態に依存して、強力なデコリレーションがこれから実行されるように要求する。

【 0 0 2 0 】

一般的には、相関性は、提供されるオーディオ信号の短時間の相関によって計算され得る。代わりに、相関特性は、短時間のコヒーレンスから判断され得（本明細書においては、提供される信号の相関性に対する指標とみなされる）、短時間相関もしくは短時間コヒーレンス、またはそれらのうちの1つの平均値が、所定のレベルを超過したことが決定された場合にだけ、デコリレーションは実行され得る。

【 0 0 2 1 】

平均短時間コヒーレンスは、サブバンド μ における離散的フーリエ変換の後に周波数と時間とについて平均することによって規定される。

【 0 0 2 2 】

【 数 1 7 】

$$\bar{C}(n) = \lambda \bar{C}(n-1) + (1-\lambda) \sum_{\mu=0}^{N_{DFT}/2} C(O_{\mu}, n)$$

ここに、

$$C(O_{\mu}, n) = \frac{|\langle X_1(O_{\mu}, n) X_2^*(O_{\mu}, n) \rangle|^2}{\langle |X_1(O_{\mu}, n)|^2 \rangle \langle |X_2(O_{\mu}, n)|^2 \rangle}, \text{ここに、 } \mu \in \left[0, \frac{N_{DFT}}{2}\right]$$

ここに、 $X_1, X_2(O_{\mu}, n)$ は、離散的時刻（サンプリング時刻 n ）での中心周波数が O_{μ} である μ 番目のサブバンドに対するフーリエスペクトルである。記号 $\langle \rangle$ は、例えば1次の無限インパルス応答フィルタによって、時間でスムージングすることを表し、アスタリスク記号は複素共役を表す。離散的フーリエ変換（DFT）スペクトルのノードの数（サンプリングポイント）は、 N_{DFT} によって与えられ、 λ は、例えば $[0.0, 0.99]$ から選択される任意の時間定数を表す。所定の閾値に対する合理的な値は、 $[0.96, 0.99]$ の範囲にある。

【 0 0 2 3 】

実験においては、短時間コヒーレンスは、反響補償されたマイクロフォン信号の質の点において、デコリレーションステップを制御するための適切な指標であることが判明している。

【 0 0 2 4 】

デコリレーションステップは、提供される第1および第2のオーディオ信号の時間変化フィルタリングおよび/または適合可能な非線形処理を包含し得、またはそれらで構成され得る、非線形処理のパラメータおよび時間変化フィルタリングのフィルタ係数は、提供される第1のオーディオ信号に対してと、提供される第2のオーディオ信号に対してとは異なる。開示された方法が、2つ以上のチャンネルに適用され得ることをもう一度述べておく。時間変化フィルタリングによって、信号の遅延が導入される。非線形処理によって、第1および第2のオーディオ信号 x_1 および x_2 の信号経路に非線形性が導入されるが、例えばそれは下式に従い、

【 0 0 2 5 】

【 数 1 8 】

$$\tilde{x}_{1,2}(n) = \begin{cases} (1+a_{1,2}) x_{1,2}(n), & x_{1,2}(n) > 0 \text{ の場合} \\ x_{1,2}(n), & \text{他の場合} \end{cases}$$

ここに、波形符号は最終的なデコリレーション信号を表し、 a は非線形性の度合いを表す任意のパラメータである。

【 0 0 2 6 】

これら種類のマルチチャネルオーディオ信号のデコリレーションは、非常に効果的であり、収束の点において比較的ロバストである。特に、時間変化フィルタリングは、 $x'(n) = -\beta(n)x(n) + x(n-1) + \beta(n)x'(n-1)$ に従って、全域通過フィルタリングすることによって、非常に効果的な方法で実行され得、ここに、 β は時間変化パラメータであり、 n は離散的時刻のインデックスであり、 x はあるチャネルのオーディオ信号であり、そしてアクセント記号はフィルタリングされたオーディオ信号を表す。係数 β は、各チャネルに対して異なって選ばれるべきであり、例えば $\beta \in [-0.1, 0.1]$ の範囲で、ゆっくりと時間変化され得る。

【0027】

反響補償されたマイクロフォン信号の質の向上に非常に効を奏することが判明している、本明細書に開示された方法の1つの好適な実施例に従って、以下のステップが引き続き実行されるが、該ステップは、

第1のオーディオ信号と第2のオーディオ信号との相関性を決定するステップと、決定された相関性が所定の閾値よりも上である場合にだけ、

第1のオーディオ信号および/または第2のオーディオ信号を時間変化フィルタリングするステップと、

フィルタリングされた第1のオーディオ信号および/または第2のオーディオ信号の適合可能な非線形処理をするステップとを包含し、非線形の度合いは、反響補償フィルタリング手段のパフォーマンス、つまり反響補償フィルタリング手段の適合されたフィルタ係数に依存する。

【0028】

上述のように、例えば用いられる非線形性の度合いに α 、および/または時間変化フィルタリングに β を選んだデコリレーションは、適合された反響補償フィルタ係数によって与えられる反響補償フィルタリング手段の適合状態/パフォーマンスに依存して、実行され得る。

【0029】

いくつかの研究において、適合状態の適切な指標が、下式で規定されるシステムディスタンス(system distance)によって与えられるということが判明しており、

【0030】

【数19】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

ここに、 n は離散的時刻インデックス、 N は反響補償フィルタリング手段の長さ(すなわち、フィルタ係数の数)、 N_T は所定のサンプリング時刻の数、および

【0031】

【数20】

$$\hat{h}_1(n) \text{ および } \hat{h}_2(n)$$

は、それぞれ、第1のチャネルおよび第2のチャネルに対する反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を表す(インパルス応答を表す)。

【0032】

ニアの相手とリモートの相手との間のある期間の通信の後に、ニア側での反響補償を満足する結果が得られた場合には、さらなるデコリレーションは、ニア側ではあまり重要ではなくなり得る(リモートの相手によって引き続き提供されるマルチチャネルオーディオ信号が、それまでに提供された信号と比較して劇的な相関性の増大を見せない限りにおいて)。例えば、後に、そこからの音が必要な信号に相当する拡声器の突然の動きのために、反響補償がマイクロフォン信号の質を十分に向上させることに失敗した場合には、その

10

20

30

40

50

ときにデコリレーションが、再起動されるかまたは強制される。

【 0 0 3 3 】

例えば拡声器からの音と反響補償によって低減されるかまたは実質的に消去されるべき騒々しい成分とのような、必要な信号を含むあるビームフォーム (b e a m f o r m) されたマイクロフォン信号を得るために、少なくとも1つのマイクロフォンの配列の一部である1つ以上の指向性マイクロフォンを使用し、異なるマイクロフォン信号を生成し、これらの信号をビームフォームすることによって、反響補償されたマイクロフォン信号の全体的な質はさらに向上され得る。

【 0 0 3 4 】

ビームフォーミングは、例えば、簡単な遅延補償および個々のマイクロフォン信号の合計によって、マイクロフォンの配列が特定の指向性を提供することを可能とする。

10

【 0 0 3 5 】

本発明はまた、コンピュータプログラム製品を提供し、該製品は、上述の本発明の方法の実施例のステップを実行するコンピュータが実行可能な命令を有する1つ以上のコンピュータ読み取り可能な媒体を備える。

【 0 0 3 6 】

上述の問題は、マルチチャネル反響補償を含む信号処理システムによっても解決され、該システムは、

マルチチャネルソースによって提供されたオーディオ信号をデコリレーションし、提供されたオーディオ信号に基づきデコリレーションされたオーディオ信号を生成するように構成される、デコリレーション手段と、

20

デコリレーションされたオーディオ信号に基づき生成されたマイクロフォン信号を反響補償するように構成される、適合可能な反響補償フィルタリング手段と、

適合可能な反響補償フィルタリング手段の適合状態に基づいて、デコリレーション手段を制御するように構成される、制御手段とを備える。

【 0 0 3 7 】

マルチチャネルソースは、例えば、ラジオ、CDもしくはDVDのプレーヤであり得、または電話もしくはビデオ会議システムの一部であり得る。電話もしくはビデオ会議システムにおいては、1つのチャンネルが、会議参加者の各々に対して割当てられ得る。デコリレーション手段は、拡声器にデコリレーションされた信号を出力し、各チャンネルに対して少なくとも1つの拡声器がある。各拡声器は、1つのチャンネルからの信号だけを出力する。拡声器部屋マイクロフォン (L R M) システムの一部であるマイクロフォンは、例えば話し手の発した声である必要な信号とデコリレーションされたオーディオ信号に基づき生成された拡声器信号とを検出し得、従って、マイクロフォンは、(検出された拡声器信号を介し) デコリレーション手段によって生成されたデコリレーションされた信号にも基づきマイクロフォン信号を生成する。

30

【 0 0 3 8 】

引き続き、マイクロフォン信号は、反響補償フィルタリング手段によって処理される。反響補償フィルタリング手段によって生成された信号は、制御手段に入力され得、反響補償フィルタリング手段によって生成された反響補償信号に基づいて、デコリレーション手段をさらに制御する。従って、制御手段は、反響補償信号の質を直接判断し得る。

40

【 0 0 3 9 】

反響補償フィルタリング手段は、各チャンネルに対して別々に一式のフィルタ係数を備える。各一式のフィルタ係数は、個々のチャンネルの各々に対して動的に適合されなければならない。

【 0 0 4 0 】

デコリレーション手段は、時間変化フィルタリング手段、詳細には、2つのフィルタ係数だけを有する有限インパルス応答遅延フィルタまたは全域通過フィルタ、および/または非線形処理手段を備える(上での検討も参照) 。

50

【 0 0 4 1 】

制御手段は、反響補償フィルタリング手段の適合されたフィルタ係数による適合状態によって与えられる反響補償フィルタリング手段のパフォーマンスに依存して、デコリレーション手段を制御する。それによって、反響補償フィルタリング手段によって生成された反響補償されたマイクロフォン信号の高い質が、保証され得る。詳細には、反響補償フィルタリング手段の適合を満足する場合においては、デコリレーション手段は、提供された信号をわずかに修正するだけであるように制御され得（例えば、非線形処理によって導入される非線形性の比較的低い度合い、および／または時間変化フィルタリングによって引き起こされる小さな時間の遅延によって）、または可能な限りアーチファクトを持ち込むことを抑えるために、停止すらされ得る。

10

【 0 0 4 2 】

制御手段は有利にも、マルチチャネルソースによって提供されたオーディオ信号の相関状態に基づいて、デコリレーション手段を制御するように、および、マルチチャネルソースによって提供されたオーディオ信号の短時間相関または短時間コヒーレンスの値または平均値に基づいて、相関状態を決定するようにも、さらに構成され得る。

【 0 0 4 3 】

信号処理のための本発明のシステムのさらなる実施例に従って、制御手段は、システムディスタンス指標に基づいて、適合可能な反響補償フィルタリング手段の適合状態を決定するように適合され得、

【 0 0 4 4 】

20

【 数 2 1 】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

ここに、 n は離散的時刻インデックス、 N は反響補償フィルタリング手段の長さ、 N_T は、所定のサンプリング時刻の数、

【 0 0 4 5 】

【 数 2 2 】

$$\hat{h}_1(n) \text{ および } \hat{h}_2(n)$$

30

は第 1 のチャネルおよび第 2 のチャネルそれぞれに対する反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を表す。 $D(n)$ が、所定の値を超過した場合には、制御手段は、マルチチャネルソースによって提供されたオーディオを、少しだけ修正するようにデコリレーション手段を制御し得、またはデコリレーション手段を停止させることすらもあり得る。いくらかの時間の後に、例えば L R M システムの変化によって引き起こされて、ディスタンス指標が閾値を下回る場合には、デコリレーション手段は、（再）起動されるかまたは提供されたオーディオ信号をよりはっきりとデコリレーションするように制御される。

【 0 0 4 6 】

システムディスタンスの見積りと共に、時間変化フィルタリング手段のフィルタ係数、特に全域通過フィルタの適合は、各サンプリング時刻に対して実行される必要はなく、例えば 2 回に 1 回でよい。

40

【 0 0 4 7 】

さらなる実施形態においては、本明細書において開示されたシステムは、マイクロフォンの配列を備え、該マイクロフォンの配列は、少なくとも 1 つの指向性マイクロフォンとビームフォーミング手段とを備え、該ビームフォーミング手段は、マイクロフォン配列の中のマイクロフォンからの信号を受信し、個々のマイクロフォン信号に基づきビームフォームされたマイクロフォン信号 (y) を生成するように構成される。ビームフォーミングは、ノイズの中に埋もれている必要な信号についてのマイクロフォン信号の質を向上させる周知の方法である。

50

【 0 0 4 8 】

システムはまた、ジェネラルサイドローブキャンセラー (General Sidelobe Cancellor、例えば、Griffiths, L. J. and Jim, C. W. 「An alternative approach to linearly constrained adaptive beamforming」、Antennas and PropagationについてのIEEE報告書、第30巻、p. 27、1982年を参照)を備え得、それは、ブロッキングマトリクスおよび適合可能なノイズキャンセリング手段を有する第1 (または低位) の適合可能な経路と、固定ビームフォーマを有する第2 (または上位) の適合可能でない経路との2つの信号処理経路から成る。固定ビームフォーマの代わりに、適合可能なものも選ばれ得る。

10

【 0 0 4 9 】

本発明は、ハンズフリーセットおよび音声認識システムも提供し、各々は、上述のように、そのようなデバイスにおいて特に有効な、信号処理のための本システムの実施例のうちの1つを備える。

【 0 0 5 0 】

さらに、上述の本システムの実施例のうちの1つ、および/または言及されたハンズフリーセット、および/または言及された音声認識システムを備える車両通信システム、および上述の本発明のシステムの実施例のうちの1つを備える電話またはビデオ会議システムが提供される。会議システムは、上述のハンズフリーセットも備え得る。

20

【 0 0 5 1 】

本発明は、さらに以下の手段を提供する。

(項目1)

マルチチャネル反響補償の方法であって、

第1のチャネルにおける第1のオーディオ信号 (x_1) および第2のチャネルにおける第2のオーディオ信号 (x_2) を提供することと、

該第1のオーディオ信号 (x_1) および該第2のオーディオ信号 (x_2) をデコリレーションして、第1のデコリレーションされたオーディオ信号

【 0 0 5 2 】

【数23】

($\tilde{x}_1$)

30

および第2のデコリレーションされたオーディオ信号

【 0 0 5 3 】

【数24】

($\tilde{x}_2$)

を生成することと、

第1の拡声器によって、該第1のデコリレーションされた信号

【 0 0 5 4 】

【数25】

($\tilde{x}_1$)

40

を出力して第1の拡声器信号を生成し、かつ第2の拡声器によって、該第2のデコリレーションされた信号

【 0 0 5 5 】

【数26】

($\tilde{x}_2$)

を出力して第2の拡声器信号を生成することと、

少なくとも1つのマイクロフォンによって、該第1の拡声器信号および第2の拡声器信

50

号ならびに少なくとも必要な信号を検出して、少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を生成することと、

反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を適合することによって、該少なくとも 1 つのマイクロフォン信号 (y) を反響補償して、反響補償された信号 (e) を生成することと

を包含し、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を該デコリレーションすることは、該反響補償フィルタリング手段の該適合されたフィルタ係数に依存して制御されるということを特徴とする、方法。

(項目 2)

上記第 1 のオーディオ信号 (x_1) と上記第 2 のオーディオ信号 (x_2) との相関性を決定することをさらに包含し、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を上記デコリレーションするステップは、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および該第 2 のオーディオ信号 (x_2) の該決定された相関性によって制御される、項目 1 に記載の方法。

10

(項目 3)

上記相関性は、上記第 1 のオーディオ信号 (x_1) および上記第 2 のオーディオ信号 (x_2) の短期間相関または短期間コヒーレンスによって決定され、該短期間相関または該短期間コヒーレンスの値または平均値が所定の閾値を超過した場合にだけ、上記デコリレーションステップが実行されるように制御される、項目 2 に記載の方法。

20

(項目 4)

上記第 1 のオーディオ信号 (x_1) および上記第 2 のオーディオ信号 (x_2) を上記デコリレーションすることは、該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および / または該第 2 のオーディオ信号 (x_2) の時間変化フィルタリングおよび / または適合可能な非線形処理によって実行される、項目 1 ~ 3 のうちの 1 項に記載の方法。

(項目 5)

上記非線形処理は、半波整流と

$$x'(n) = -\beta(n)x(n) + x(n-1) + \beta(n)x'(n-1)$$

に従う全域通過フィルタリングと

を包含し、 β は時間変化パラメータ、 n は離散的時刻インデックス、 x はあるチャネルのオーディオ信号、 x' はフィルタリングされたオーディオ信号である、項目 4 に記載の方法。

30

(項目 6)

以下のステップが引き続き実行される項目 4 または項目 5 に記載される方法であって、該ステップは、

a . 上記決定された相関性が所定の閾値より上である場合にだけ、上記第 1 のオーディオ信号 (x_1) と上記第 2 のオーディオ信号 (x_2) との相関性を決定するステップと、

b . 該第 1 のオーディオ信号 (x_1) および / または該第 2 のオーディオ信号 (x_2) を時間変化フィルタリングするステップと、

c . 該フィルタリングされた第 1 のオーディオ信号 (x'_1) および / または第 2 のオーディオ信号 (x'_2) を適合可能な非線形処理するステップであって、非線形性の度合いは、上記反響補償フィルタリング手段の該適合されたフィルタ係数に依存する、ステップと

40

を包含する、方法。

(項目 7)

上記時間変化フィルタリングのために使用される時間変化フィルタリング手段の該非線形性の度合いおよび上記フィルタ係数は、システムディスタンス指標

【 0 0 5 6 】

【数 2 7】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

に依存し、 n は上記離散的時刻インデックス、 N は上記反響補償フィルタリング手段の長さ、 N_T は所定のサンプリング時刻の数、

【0 0 5 7】

【数 2 8】

 $\hat{h}_1(n)$ および $\hat{h}_2(n)$

10

は、上記第 1 および上記第 2 のチャンネルそれぞれに対する該反響補償フィルタリング手段の該フィルタ係数を表す、項目 4 ~ 6 のうちの 1 項に記載の方法。

(項目 8)

上記第 1 および第 2 の拡声器信号を検出することは、少なくとも 1 つの指向性マイクロフォンを備える、少なくとも 1 つのマイクロフォン配列に配置された 2 つ以上のマイクロフォンによって実行され、該マイクロフォンによって生成されたマイクロフォン信号のビームフォーミングによって、ビームフォームされたマイクロフォン信号 (y) を生成することをさらに包含する、項目 1 ~ 7 のうちの 1 項に記載の方法。

(項目 9)

20

コンピュータプログラム製品であって、項目 1 ~ 8 のうちの 1 項に記載の方法の上記ステップを実行するために、コンピュータ実行可能な命令を有する 1 つ以上のコンピュータ読み取り可能な媒体を備える、製品。

(項目 10)

音響信号処理のシステムであって、

マルチチャンネルソース (60) によって提供されたオーディオ信号 (x_1, x_2) をデコリレーションし、該提供されたオーディオ信号 (x_1, x_2) に基づきデコリレーションされたオーディオ信号

【0 0 5 8】

【数 2 9】

30

 $(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2)$

を生成するように構成される、デコリレーション手段 (10) と、

該デコリレーションされたオーディオ信号

【0 0 5 9】

【数 30】

 $(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2)$

40

に基づき生成されたマイクロフォン信号を反響補償するように構成される、適合可能な反響補償フィルタリング手段 (20) と、

該適合可能な反響補償フィルタリング手段 (20) の適合状態に基づいて、該デコリレーション手段 (10) を制御するように構成される、制御手段 (50) と

を備える、システム。

(項目 11)

上記制御手段 (50) は、上記マルチチャンネルソース (60) によって提供された上記オーディオ信号 (x_1, x_2) の相関状態に基づいて、上記デコリレーション手段 (10) を制御するようにさらに構成される、項目 10 に記載のシステム。

(項目 12)

50

上記制御手段は、上記マルチチャネルソース（６０）によって提供された上記オーディオ信号（ x_1, x_2 ）の短時間相関または短時間コヒーレンスの値または平均値に基づいて、上記相関状態を決定するように構成される、項目１１に記載のシステム。

（項目１３）

デコリレーションされたオーディオ信号

【００６０】

【数３１】

$(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2)$

10

を受信し、該デコリレーションされたオーディオ信号

【００６１】

【数３２】

$(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2)$

に基づき拡声器信号を生成するように構成される、拡声器（３０）であって、該拡声器の各々（４０）は、上記マルチチャネルソース（６０）の１つのチャネルの信号だけに基づき拡声器信号を生成するように構成される、拡声器（３０）と、

該拡声器信号と少なくとも１つの必要な信号とを受信し、該拡声器信号と該少なくとも１つの必要な信号とに基づき少なくとも１つのマイクロフォン信号（ y ）を生成するように構成される、少なくとも１つのマイクロフォン（４０）と

20

をさらに備え、

上記反響補償フィルタリング手段（２０）は、該少なくとも１つのマイクロフォン信号（ y ）を反響補償し、該少なくとも１つのマイクロフォン信号（ y ）に基づき反響補償された音響信号（ e ）を生成するように構成され、

上記制御手段（５０）は、該必要な信号（ e ）を受信し、該受信された必要な信号（ e ）に基づいて、上記デコリレーション手段（１０）を制御するように構成される、

項目１０～１２のうちの１項に記載のシステム。

（項目１４）

上記デコリレーション手段（１０）は、時間変化フィルタリング手段（１１、１３）、特に、全域通過フィルタおよび／または非線形処理手段（１２、１４）を備える、項目１０～１３のうちの１項に記載のシステム。

30

（項目１５）

上記制御手段（５０）は、システムディスタンス指標

【００６２】

【数３３】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

に基づいて、上記適合可能な反響補償フィルタリング手段（２０）の上記適合状態を決定するように構成され、ここに、 n は離散的時刻インデックス、 N は上記反響補償フィルタリング手段（２０）の長さ、 N_T はサンプリング時刻の数、

40

【００６３】

【数３４】

$\hat{h}_1(n)$ および $\hat{h}_2(n)$

は、第１および第２のチャネルそれぞれに対する上記反響補償フィルタリング手段（２０）のフィルタ係数を表す、項目１０～１４のうちの１項に記載のシステム。

（項目１６）

少なくとも１つの指向性マイクロフォンを備える少なくとも１つのマイクロフォン配列

50

と、該少なくとも1つのマイクロフォン配列の該マイクロフォンからのマイクロフォン信号を受信し、ビームフォームされたマイクロフォン信号(y)を生成するように構成されるビームフォーミング手段とをさらに備える、項目10~15のうちの1項に記載のシステム。

(項目17)

項目10~16のうちの1項に記載のシステムを備える、ハンズフリーセット。

(項目18)

項目10~16のうちの1項に記載のシステムを備える、音声認識システム。

(項目19)

項目10~16のうちの1項に記載のシステム、および/または項目17に記載のハンズフリーセット、および/または項目18に記載の音声認識システムを備える、車両通信システム。

(項目20)

項目10~16のうちの1項に記載のシステム、および/または項目17に記載のハンズフリーセットのうちの1つを備える、電話またはビデオ会議システム。

【0064】

(摘要)

本発明は、マルチチャネル反響補償の方法に関し、本発明は、第1のチャネルにおける第1のオーディオ信号および第2のチャネルにおける第2のオーディオ信号を提供することと、該第1のオーディオ信号および該第2のオーディオ信号をデコリレーションして、第1のデコリレーションされたオーディオ信号と第2のデコリレーションされたオーディオ信号とを生成することと、第1の拡声器によって、該第1のデコリレーションされた信号を出力して第1の拡声器信号を生成し、かつ第2の拡声器によって、該第2のデコリレーションされた信号を出力して第2の拡声器信号を生成することと、少なくとも1つのマイクロフォンによって、該第1の拡声器信号および第2の拡声器信号を検出して、少なくとも1つのマイクロフォン信号を生成することと、反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を適合することによって、該少なくとも1つのマイクロフォン信号を反響補償して、反響補償された信号を生成することとを包含し、該第1のオーディオ信号および該第2のオーディオ信号を該デコリレーションすることは、該反響補償フィルタリング手段の該適合されたフィルタ係数に依存して制御される。本発明はまた、該方法を実現するシステムに関する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0065】

本発明のさらなる特徴および利点が、図面を参照して説明される。説明においては、参照は、本発明の好適な実施形態を例示することが意図されている添付の図に対してなされる。そのような実施形態が、本発明の全範囲を表すものではないことが理解される。

【0066】

本明細書において開示されるマルチチャネル反響補償の方法の1つの実施例に従う制御が、図1を参照して以下に説明される。マルチチャネル通信システムの一部である拡声器~部屋~マイクロフォンシステムにおける場合を考えると、マイクロフォンは、各々が1つの個々のチャネルの信号を出力する数個の拡声器による拡声器信号の出力を検出する。

【0067】

マイクロフォンによって生成されたマイクロフォン信号の反響補償が起動され(1)、すなわち、反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数が、マイクロフォンによって検出された拡声器信号により引き起こされた音響上の反響を減らすように調節される。反響補償が起動された後に、リモートの通信相手から受信した次のサンプリング時刻または信号フレーム(2)は、拡声器による出力の前に、デコリレーションのために前処理され得る。ここおよび以下の実施例においては、ステレオシステムにおけるように、2つの別個の音響チャンネルが存在すると想定される。しかしながら、2つのチャンネルに制限するのは、説明を簡単にするためだけであって、本明細書において開示される方法およびシステムは

、実際に２つのチャンネルに制限されるものでは決していない。

【 0 0 6 8 】

本発明の実施例に従って、第１および第２のチャンネルの信号の平均短時間コヒーレンスは、周波数および時間について平均することによって計算され、

【 0 0 6 9 】

【 数 3 5 】

$$\bar{C}(n) = \lambda \bar{C}(n-1) + (1-\lambda) \sum_{\mu=0}^{N_{DFT}/2} C(O_{\mu}, n)$$

ここに、

$$C(O_{\mu}, n) = \frac{< X_1(O_{\mu}, n) X_2^*(O_{\mu}, n) >^2}{< |X_1(O_{\mu}, n)|^2 > < |X_2(O_{\mu}, n)|^2 >}, \text{ここに、 } \mu \in \left[0, \frac{N_{DFT}}{2} \right]$$

10

ここに、 $X_{1,2}(O_{\mu}, n)$ は、離散的時刻（サンプリング時刻 n ）での中心周波数が O_{μ} である、 μ 番目のサブバンドに対するフーリエスペクトルである。記号 $< >$ は、例えば１次の無限インパルス応答フィルタによって、時間でスムージングすることを表し、アスタリスク記号は複素共役を表す。離散的フーリエ変換（ＤＦＴ）スペクトルのノードの数（サンプリングポイント）は、 N_{DFT} によって与えられる。当業者に公知の用語法において、 $C(O_{\mu}, n)$ は、クロスペリオドグラムの変乗平均平方根、すなわち、複素短時間クロスパワー密度スペクトルの変乗平均平方根と、オートペリオドグラムの積との比率によって与えられことが留意されなければならない。時間定数 λ は、 $[0.9, 9.9]$ から選択され得る。

20

【 0 0 7 0 】

平均短時間コヒーレンスが所定の値、例えば $[0.96, 0.99]$ から選択された値を超過した場合には、デコリレーションが以下に説明されるように実行される。閾値に達していない場合には、デコリレーションは実行されないか、または以前のサンプルに対して実行される全てのデコリレーションが停止（４）される。

【 0 0 7 1 】

本発明の実施例においては、デコリレーションは２段階で実行される。最初に、第１の信号と第２の信号との両方に対して、時間変化全域通過フィルタリングが実行され（５）

30

、

$$x'_{1,2}(n) = -\beta_{1,2}(n) x_{1,2}(n) + x_{1,2}(n-1) + \beta_{1,2}(n) x'_{1,2}(n-1)$$

ここで、 $x_{1,2}$ は、第１チャンネルまたは第２チャンネルそれぞれの受信信号であり、 β は、各チャンネルに対してそれぞれに選択される時間変化パラメータであり、 n は、離散的時刻インデックスであり、ダッシュ記号はそれぞれがフィルタリングされた信号であることを示す。パラメータ β が十分にゆっくりと変化する場合には、周波数応答の絶対値の修正はごくわずかである。

【 0 0 7 2 】

パラメータ $\beta(n)$ は、例えば、１秒間にわたって $\beta(n) = 0.1$ であるなど、複数のサンプリング時刻にわたって一定値に保たれ得、その後 200 サンプリング時刻にわたって線形補間によって $\beta(n) = -0.1$ へと変化され得る。そのようなモデリングは、拡声器信号において感知可能なアーチファクトをほとんどもたらさない。しかしながら、得られる２つのチャンネルの信号のデコリレーションは、十分ではない。

40

【 0 0 7 3 】

従って、時間変化フィルタリングは、フィルタリングされた信号 $x'_{1,2}(n)$ の非線形処理（７）によって補完される。しかしながら、全域通過フィルタリングが、すでに全体的な適合および以下の非線形処理に対して最小の収束速度を補償していることが留意されねばならない。次に、後者は下式に従って非線形特性によって実行され、

【 0 0 7 4 】

50

【数 3 6】

$$\tilde{x}_{1,2}(n) = \begin{cases} (1 + a_{1,2}) x'_{1,2}(n), & x'_{1,2}(n) > 0 \text{ の場合} \\ x'_{1,2}(n), & \text{他の場合} \end{cases}$$

ここで、波形符号は最終的にデコリレーションされた信号を意味し、 a は、非線形の度合いを表す任意のパラメータである。最初に起動されたときに、上式に従う非線形処理が、例えば $a = 0.7$ で実行され得る。

【0075】

しかしながら、非線形の度合い a は、通信処理を通して一定であるよりは適合され得る。事実として、システムディスタンス $D(n)$

【0076】

【数 3 7】

$$D(n) = 10 \log_{10} \left(\frac{N}{N_T} \sum_{i=0}^{N_T-1} (\hat{h}_{1,i}^2(n) + \hat{h}_{2,i}^2(n)) \right)$$

は、定期的に決定され (6)、ここで、 N は、反響補償のために使用される反響補償フィルタリング手段の長さであり、 N_T は、所定のサンプリング時刻の数であり、

【0077】

【数 3 8】

$$\hat{h}_1(n) \text{ および } \hat{h}_2(n)$$

は、第 1 および第 2 のチャネルそれぞれに対する反響補償フィルタリング手段のフィルタ係数を表す。

【0078】

システムディスタンスは、用いられる反響補償フィルタリング手段のパフォーマンス指標である。より反響補償が達成されるほど、より低い非線形度が選択される。システムディスタンスに基づいて、 $a(n)$ を制御することによって、処理されたオーディオ信号の中のアーチファクトは低く抑えられ得る。システムディスタンスから非線形処理のために適切に選択されるべき $a(n)$ にマッピングすることは、格納された適切な特性曲線またはテーブルの手段によって実行され得る。システムディスタンスを再決定することは、上記の時間変化フィルタリングのパラメータ β が変えられた (例えば、1 秒ごと) 後だけで十分と考えられる。

【0079】

一実施例として、上記の制御プロセスにおいては、非線形処理 (この場合では、一種の半波整流) のパラメータ $a(n)$ は、

【0080】

【数 3 9】

$$a(n) = \begin{cases} 0.7, & D(n) > -15 \text{ dB, の場合} \\ 0.5, & -15 \text{ dB} \geq D(n) > -20 \text{ dB, の場合} \\ 0.3, & -20 \text{ dB} \geq D(n) > -25 \text{ dB, の場合} \\ 0.2, & -25 \text{ dB} \geq D(n) > -30 \text{ dB, の場合} \\ 0.1, & \text{他の場合} \end{cases}$$

に従って 1 つのチャネルに対して、設定され得る (7)。

【0081】

数秒間の通信の後にマルチチャネル信号のデコリレーションを制御する上述の実施例によって、用いられる非線形性の度合いは、感知可能なアーチファクトを回避するために必

10

20

30

40

50

要なまで低減され得る。用いられる反響補償フィルタリング手段の全体的な適合／パフォーマンスを満足した後の場合には、LRMシステムは、著しく変化し、 $a(n)$ は、反響補償が再び効を奏するまで再び増やされる。

【0082】

図2は、信号処理のための本発明の実施例を示す。2つの音響信号、第1チャンネルの $x_1(n)$ および第2チャンネルの $x_2(n)$ は、デコリレーション手段(10)によって受信される。デコリレーション手段は、受信信号に基づきデコリレーションされた信号

【0083】

【数40】

$$\tilde{x}_1(n) \text{ および } \tilde{x}_2(n)$$

10

を生成するように構成される。デコリレーションされた信号は、LRMシステムの一部である拡声器(30)によって受信される。受信されデコリレーションされた信号

【0084】

【数41】

$$\tilde{x}_1(n) \text{ および } \tilde{x}_2(n)$$

に基づき拡声器(30)によって生成された拡声器信号は、検出された拡声器信号に基づきマイクロフォン信号 $y(n)$ を生成するマイクロフォン(40)によって検出される。示される実施例においては、拡声器(30)のうちの1つは、1つのチャンネルの信号を出力し、もう一方の拡声器は、もう一方のチャンネルの信号を出力する。

20

【0085】

信号

【0086】

【数42】

$$\tilde{x}_1(n) \text{ および } \tilde{x}_2(n)$$

30

は、反響補償フィルタリング手段(20)における入力でもあり、反響補償フィルタリング手段(20)は、第1および第2の音響チャンネルそれぞれのためのフィルタ係数

【0087】

【数43】

$$\hat{h}_1(n) \text{ および } \hat{h}_2(n)$$

を備える。フィルタ係数は、LRMシステムの伝達関数をモデル化するために適合される。各チャンネル

【0088】

【数44】

$$\hat{d}_1(n) \text{ および } \hat{d}_2(n)$$

40

に対する反響成分の見積りは、

【0089】

【数45】

$$(\hat{d}(n))$$

に加えられ、かつマイクロフォン信号 $y(n)$ から差し引かれる。結果として、反響補償

50

信号 $e(n)$ が得られる。

【0090】

しかしながら、本発明の実施例に従って、音響入力信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ は、制御ユニット(50)によっても受信される。このユニットは、例えば、コンピュータ上で稼動するソフトウェア製品の形でインプリメントされ得る上述の方法によって、信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ の相関性(コリレーション)の度合いを決定するように構成される。相関性の度合いが、所定の閾値の下であることが決定された場合には、デコリレーション手段(10)は、制御手段50によって停止される。この場合においては、デコリレーションされた信号

【0091】

【数46】

$\tilde{x}_1(n)$ および $\tilde{x}_2(n)$

は、受信された入力信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ それぞれと一致する。相関性がある閾値を超過した場合には、再起動または強制されたデコリレーション手段によって、デコリレーションが実行される。

【0092】

制御ユニット(50)は、反響補償フィルタリング手段(20)および反響補償された信号 $e(n)$ の適合状態についての情報も受信する。従って、制御ユニット(50)は、例えば上で検討されたシステムディスタンスに基づいて、反響補償フィルタリング手段の適合パフォーマンスを判断し得る。適合パフォーマンス、すなわち反響補償の有効性に基づいて、デコリレーション手段(10)のインパクト、すなわち受信したオーディオ信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ をデコリレーションする度合いが、制御手段(50)によって制御される。

【0093】

図3において、本発明のシステムの実施例がもう少し詳しく示される。オーディオ信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ は、マルチチャネルソース(60)によって提供される。この供給源は、2つのステレオチャネルを有するラジオまたはCDプレーヤであり得る。マイクロフォン(40)によって検出され、反響補償フィルタリング手段(20)によって強化される必要な信号は、リモートの相手との通信のために、電話(70)に供給される。拡声器(30)によって出力されるリモートの相手の信号は、どれか他のマルチチャネルソース(60)からの信号と同様に処理した後に、可能な限り低減される。理想的には、マイクロフォン(40)を使用する拡声器からの音だけが、電話(70)を介してリモートの相手に送信される。

【0094】

図2の実施例におけるように、デコリレーションされた信号は、拡声器(30)によって受信されて、例えばリモートの相手に提示されるべく意図された拡声器からの音に付加されて、不本意にもLRMシステムの転送に従ってマイクロフォン(40)によって検出された拡声器信号を生成する。対応するマイクロフォン信号 $y(n)$ は、反響補償フィルタリング手段(20)によって反響補償される。制御ユニット(50)は、マルチチャネル信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ の相関性を決定し、決定された相関性が所定の有意なレベルより上の場合にだけ、以下に説明される処理を開始する。

【0095】

信号 $x_1(n)$ および $x_2(n)$ は、各チャネルに対して提供される時間変化フィルタリング手段(11)および(13)、ならびに半波修正手段(12)および(14)によってデコリレーションされる。時間変化パラメータ $\beta_{1,2}(n)$ を有する全域通過フィルタが用いられ、それは、図1と関連して説明されたように動作する。フィルタのフィルタ係数は、制御ユニット(50)によって制御される。 $\beta_{1,2}(n)$ は、好ましくは、反響補償フィルタリング手段のパフォーマンス、特に、上で説明されたように制御ユニッ

10

20

30

40

50

トによって決定されるシステムディスタンス $D(n)$ に基づいて、制御され得る。

【 0 0 9 6 】

両チャネルのフィルタされた信号 $x'_{1,2}(n)$ は、

【 0 0 9 7 】

【 数 4 7 】

$$\tilde{x}_{1,2}(n) = \begin{cases} (1 + a_{1,2}) x'_{1,2}(n), & x'_{1,2}(n) > 0 \text{ の場合} \\ x'_{1,2}(n), & \text{他の場合} \end{cases}$$

に従って動作する半波整流手段 (1 2) および (1 4) によって受信されるが、上式において、波形符号は最終的にデコリレーションされた信号を意味し、 a は、制御手段 (5 0) によって制御される非線形の度合いを表す任意のパラメータである (上での検討を参照) 。実際のアプリケーションにおいては、時間変化フィルタリング手段 (1 1) および (1 3) 、ならびに非線形処理手段 (1 2) および (1 4) によるデコリレーションの開始の後、わずか数秒の後に、実施されたデコリレーションのためにもはや感知可能なアーチファクトを生じない値にまで、 a は低減され得る。

10

【 0 0 9 8 】

図 2 および図 3 における両方の実施例は、簡単な方法で任意の数の別個のチャネルに対して一般化され得る。

【 0 0 9 9 】

20

全てのこれまでに検討された実施形態は、限定を意図するものではなく、本発明の特徴および利点を示す実施例として役立つことを意図されている。上で説明された特徴の一部または全てが、異なる方法で組み合わせられ得ることが理解される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 0 】

【 図 1 】図 1 は、音響入力信号の時間変化フィルタリングと非線形処理とを包含する、本発明の方法の実施例の基本を示すフロー図を示す。

【 図 2 】図 2 は、制御手段によって制御されるデコリレーション手段と反響補償フィルタリング手段とを備える、信号処理のための本発明のシステムの実施例を示す。

【 図 3 】図 3 は、その両方が制御手段によって制御される時間変化フィルタリング手段と非線形処理手段と共に、反響補償フィルタリング手段を備える、信号処理のための本発明のシステムの実施例を示す。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 0 1 】

- 1 0 デコリレーション手段
- 2 0 反響補償フィルタリング手段
- 3 0 拡声器
- 4 0 マイクロフォン
- 5 0 制御ユニット
- 6 0 マルチチャネルソース
- 7 0 電話

40

【図 1】

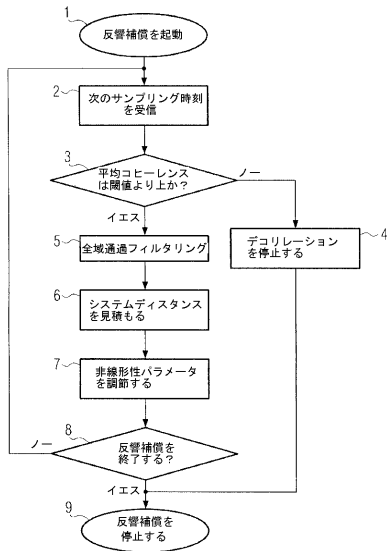


FIG. 1

【図 2】

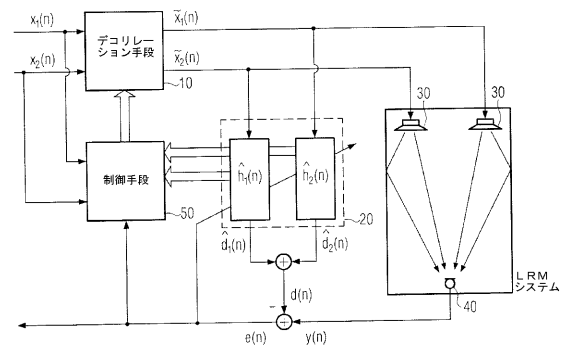


FIG. 2

【図 3】

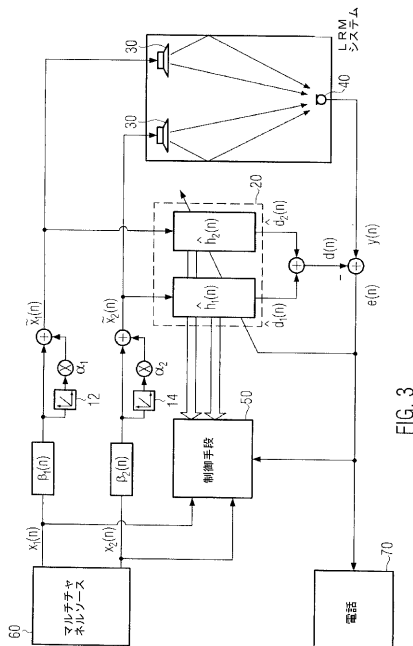


FIG. 3

フロントページの続き

- (72)発明者 ゲールハルト ウベ シュミット
ドイツ国 89081 ウルム, イェルク - シルリン - シュトラーセ 26
- (72)発明者 マルティン レスラー
ドイツ国 89077 ウルム, ヴァイセンブルクヴェーク 3
- (72)発明者 マルクス バック
ドイツ国 88400 ビーベラハ, リンデルシュトラーセ 9
- (72)発明者 ハンス - イェルク コーエフ
ドイツ国 73340 アムシュテッテン, マイセンヴェーク 4

審査官 菊池 充

- (56)参考文献 国際公開第2005/079109(WO, A1)
特開平09-312597(JP, A)
特表2003-503871(JP, A)
特表2005-523624(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04R 3/00 - 3/14
H04B 1/76 - 3/44
G10L 15/00 - 17/00