

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4927848号
(P4927848)

(45) 発行日 平成24年5月9日(2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4S	1/00	(2006.01)	HO4S	1/00	K
G1OL	19/00	(2006.01)	G1OL	19/00	400Z
			HO4S	1/00	L

請求項の数 19 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2008-531246 (P2008-531246)	(73) 特許権者	500561300
(86) (22) 出願日	平成18年9月13日 (2006.9.13)		エスアールエス・ラブス・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2009-508442 (P2009-508442A)		SRS Labs, Inc.
(43) 公表日	平成21年2月26日 (2009.2.26)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92705、サンタ・アナ、ダイムラー・ストリート 2909
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/035446	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開番号	W02007/033150		弁理士 蔵田 昌俊
(87) 国際公開日	平成19年3月22日 (2007.3.22)	(74) 代理人	100091351
審査請求日	平成21年9月2日 (2009.9.2)		弁理士 河野 哲
(31) 優先権主張番号	60/716,588	(74) 代理人	100088683
(32) 優先日	平成17年9月13日 (2005.9.13)		弁理士 中村 誠
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オーディオ処理のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デジタルオーディオ信号を処理する方法において、

1つ以上のデジタル信号を受け取るステップであって、前記1つ以上のデジタル信号のそれぞれは、リスナを基準とした音源の空間的な位置に関する情報を有する、ステップと

、
1つ以上のデジタルフィルタを選択するステップであって、前記1つ以上のデジタルフィルタのそれぞれは、特定の範囲のヒアリング応答関数から形成されている、ステップと

、
前記1つ以上のフィルタを前記1つ以上のデジタル信号に適用し、それにより、対応する1つ以上のフィルタされた信号を生じさせるステップであって、前記1つ以上のフィルタされた信号のそれぞれは、前記音源に適用される前記ヒアリング応答関数のシミュレートされた影響を有し、前記1つ以上のフィルタされた信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のフィルタされた信号を含む、ステップと、

存在するかもしれないが、前記1つ以上のフィルタの適用により対処されない任意の強度差に対処するために、両耳間強度差 (IID) に対して、前記左右のフィルタされた信号のそれぞれを調整するステップとを含み、

前記 IID に対して、前記左右のフィルタされた信号のそれぞれを調整する前記ステップは、

前記音源が、前記リスナを基準として左または右に位置しているかどうかを決定す

るステップと、

弱い方の信号として、前記音源の反対側にある前記左または右のフィルタされた信号を割り当てるステップと、

強い方の信号として、前記左または右のフィルタされた信号のうちの他方を割り当てるステップと、

第1の補償値により前記弱い方の信号を調整するステップと、

第2の補償値により前記強い方の信号を調整するステップとを含み、

前記I I Dに対して、前記左右のフィルタされた信号のそれぞれを調整する前記ステップは、前記音源の選択された移動により、新しい1つ以上のデジタルフィルタが前記左右のフィルタされた信号に対して適用されることに応答して実行され、

前記方法は更に、前記第1および第2の補償値の間のクロスフェイドな移行を実行するステップを含む方法。

【請求項2】

前記1つ以上のデジタル信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のデジタル信号を含む請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記リスナを基準とした前記音源の空間的な位置に基づいて、前記左右のデジタル信号は、両耳間時間差(I T D)に対して調整される請求項2記載の方法。

【請求項4】

前記I T Dの調整は、

前記音源の空間的な位置に関する情報を有するモノラル入力信号を受け取るステップと

、前記空間の情報に基づいて、時間差の値を決定するステップと、

前記時間差の値を前記モノラル入力信号に導入することにより、左右の信号を発生させるステップとを含む請求項3記載の方法。

【請求項5】

前記時間差の値は、 $\sin \cos$ の絶対値に比例する量を含み、ここでは、前記リスナの正面を基準とした前記音源の方位角を表し、 \sin は、前記リスナの耳と正面の方向とにより規定される水平面を基準とした前記音源の仰角を表す請求項4記載の方法。

【請求項6】

前記時間差の値の決定は、前記音源の空間的な位置が変化するときに行われる請求項4記載の方法。

【請求項7】

以前の値と現在の値との間で前記時間差の値のクロスフェイドな移行を実行するステップをさらに含む請求項6記載の方法。

【請求項8】

前記クロスフェイドな移行は、複数の処理サイクルの間に、前記左右の信号の発生に使用するための時間差の値を前記以前の値から前記現在の値に変更するステップを含む請求項7記載の方法。

【請求項9】

前記第1の補償値は、 \cos に比例し、ここでは、前記リスナの正面を基準とした前記音源の方位角を表す請求項1記載の方法。

【請求項10】

前記第2の補償値は、 \sin に比例し、ここでは、前記リスナの正面を基準とした前記音源の方位角を表す請求項1記載の方法。

【請求項11】

前記クロスフェイドな移行は、複数の処理サイクルの間に前記第1および第2の補償値を変更するステップを含む請求項1記載の方法。

【請求項12】

前記1つ以上のデジタル信号を受け取る前、または前記1つ以上のフィルタの適用後の

10

20

30

40

50

いずれかで、サンプルレート変換、音源速度に対するドップラー調整、前記リスナに対する前記音源の距離に対処する距離調整、前記音源を基準とした前記リスナの頭の方向に対処する方向調整、または残響調整処理、の処理ステップのうちの少なくとも1つを実行するステップをさらに含む請求項1記載の方法。

【請求項13】

前記1つ以上のデジタル信号に対する前記1つ以上のデジタルフィルタの適用は、前記リスナに関する前記音源の動きの影響をシミュレートする請求項1記載の方法。

【請求項14】

前記1つ以上のデジタル信号に対する前記1つ以上のデジタルフィルタの適用は、前記リスナに関して、選択された場所に前記音源を置くことの影響をシミュレートする請求項1記載の方法。

10

【請求項15】

1つ以上の追加的な音源の影響をシミュレートして、前記リスナに関して、選択された場所で複数の音源の影響をシミュレートするステップをさらに含む請求項14記載の方法。

【請求項16】

前記1つ以上のデジタル信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のデジタル信号を含み、前記複数の音源は、2つより多い音源を含み、そのため、2つより多い音源の影響が、前記左右のスピーカによりシミュレートされる請求項14記載の方法。

【請求項17】

20

前記複数の音源は、サラウンドサウンド配置のうちの1つに類似した方法で配置された5つの音源を含み、前記左右のスピーカはヘッドフォン中に位置しており、そのため、サラウンドサウンド効果が、前記ヘッドフォンに提供される前記左右のフィルタされた信号によりシミュレートされる請求項16記載の方法。

【請求項18】

デジタルオーディオ信号を処理するシステムにおいて、

モノラル入力信号を受け取り、左右の両耳間時間差(IITD)調整された信号を発生させて音源からリスナの左右の耳に到着する音の到着時間差をシミュレートするように構成され、前記モノラル入力信号は、前記リスナを基準とした前記音源の空間的な位置に関する情報を有しているIITDコンポーネントと、

30

前記左右のIITD調整された信号を受け取り、1つ以上のデジタルフィルタを前記左右のIITD調整された信号のそれぞれに適用して左右のフィルタされたデジタル信号を発生させるように構成され、前記1つ以上のデジタルフィルタのそれぞれは、特定の範囲のヒアリング応答関数に基づいており、それにより、前記左右のフィルタされたデジタル信号が、前記ヒアリング応答関数をシミュレートする位置フィルタコンポーネントと、

前記左右のフィルタされたデジタル信号を受け取り、左右の両耳間強度差(IID)調整された信号を発生させて前記左右の耳に到着する音の強度差をシミュレートするように構成されたIIDコンポーネントとを具備し、

前記IIDコンポーネントは、前記左右の両耳間強度差(IID)調整された信号を、

40

前記音源が、前記リスナを基準として左または右に位置しているかどうかを決定するステップと、

弱い方の信号として、前記音源の反対側にある前記左または右のフィルタされた信号を割り当てるステップと、

強い方の信号として、前記左または右のフィルタされた信号のうちの他方を割り当てるステップと、

第1の補償値により前記弱い方の信号を調整するステップと、

第2の補償値により前記強い方の信号を調整するステップと、によって生成するように構成され、

前記左右の両耳間強度差(IID)調整された信号の生成は、前記音源の選択された

50

移動により、新しい1つ以上のデジタルフィルタが前記左右のフィルタされた信号に対して適用されることに応答して実行され、

前記システムは更に、前記第1および第2の補償値の間のクロスフェイドな移行を実行するように構成されたクロスフェードコンポーネントを含むシステム。

【請求項19】

サンプルレート変換コンポーネント、音源速度をシミュレートするように構成されたドップラー調整コンポーネント、前記リスナに対する前記音源の距離に対処するように構成された距離調整コンポーネント、前記音源を基準とした前記リスナの頭の方向に対処するように構成された方向調整コンポーネント、または残響効果をシミュレートするための残響調整コンポーネントのうちの少なくとも1つをさらに具備する請求項18記載のシステム。

10

【発明の詳細な説明】

【優先権主張】

【0001】

本出願は、オーディオ処理のためのシステムおよび方法と題する、2005年9月13日に出願された米国仮出願第60/716,588号の合衆国法典第35部第119条(e)に基づく優先権の利益を主張し、その全体は参照によりここに組み込まれる。

【背景】

【0002】

分野

本開示は一般にオーディオ信号処理に関し、より詳細には、可聴周波数範囲の場所臨界部分をフィルタリングして、3次元リスニング効果をシミュレートするシステムおよび方法に関する。

20

【0003】

関連技術の説明

サウンド信号を処理して、向上したリスニング効果を提供することができる。例えば、さまざまな処理技術は、リスナを基準として位置している、または動いているものとして、音源を知覚させることができる。このような技術により、制限された構成および性能を有するスピーカを使用するときでさえ、リスナはシミュレートされた3次元リスニング体験を楽しむことができる。

30

【0004】

しかしながら、多くのサウンド知覚向上技術は複雑であり、かなりの計算力およびリソースを必要とすることが多い。したがって、限定された計算力およびリソースを有する多くのデバイスに適用されるとき、これらの技術の使用は、実際的でないか、または不可能である。セル電話機、PDA、MP3プレイヤー、およびこれらに類似するもののような、ポータブルデバイスの多くは、一般にこのカテゴリに属する。

【概要】

【0005】

ここで開示するようなオーディオ信号処理のためのシステムおよび方法のさまざまな実施形態により、前述の問題の少なくともいくつかに対処できる。1つの実施形態において、オーディオ周波数範囲の特定の部分に対して、離散的な数の簡単なデジタルフィルタを発生させることができる。ある周波数範囲が人間の耳の、場所弁別能力に対して特に重要であり、一方他の範囲は一般に無視されることを研究が示している。頭関連の伝達関数(HRTF)は、異なる場所に位置する音を耳がどのように知覚するかを特徴付ける例示的な応答関数である。このような応答関数の1つ以上の“場所臨界”部分を選択することにより、場所弁別能力が実質上維持されるヒアリングをシミュレートするために使用できる簡単なフィルタを構築できる。フィルタは簡単であるため、限定された計算力およびリソースを有するデバイス中でフィルタを実現して、多くの望ましいオーディオ効果に対する基礎を形成する場所弁別応答を提供できる。

40

【0006】

50

本開示の1つの実施形態は、デジタルオーディオ信号を処理する方法に関する。方法は1つ以上のデジタル信号を受け取ることを含み、1つ以上のデジタル信号のそれぞれは、リスナを基準とした音源の空間的な位置に関する情報を有する。方法はさらに1つ以上のデジタルフィルタを選択することを含み、1つ以上のデジタルフィルタのそれぞれは、特定の範囲のヒアリング応答関数から形成されている。方法はさらに、1つ以上のフィルタを1つ以上のデジタル信号に適用することを含み、その結果、対応する1つ以上のフィルタされた信号を生じさせ、1つ以上のフィルタされた信号のそれぞれは、音源に適用されるヒアリング応答関数のシミュレートされた影響を有する。

【0007】

1つの実施形態において、ヒアリング応答関数は、頭関連の伝達関数(HRTF)を含む。1つの実施形態において、特定の範囲は、HRTF内の周波数の特定の範囲を含む。1つの実施形態において、周波数の特定の範囲は実質上、可聴周波数間の平均の感度よりも大きい、平均的な人間のヒアリングに対する場所弁別感度を提供する周波数の範囲内にあり、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。1つの実施形態において、周波数の特定の範囲は、HRTF中のピーク構造を含むか、またはこのピーク構造と実質上オーバーラップする。1つの実施形態において、ピーク構造は実質上、約2.5kHzと約7.5kHzとの間の周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。1つの実施形態において、ピーク構造は実質上、約8.5kHzと約18kHzとの間の周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。

【0008】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のデジタル信号を含む。1つの実施形態において、リスナを基準とした音源の空間的な位置に基づいて、左右のデジタル信号は、両耳間時間差(ITD)に対して調整される。1つの実施形態において、ITDの調整は、音源の空間的な位置に関する情報を有するモノラルの入力信号を受け取ることを含み。ITDの調整は、空間的な情報に基づいて、時間差の値を決定することをさらに含む。ITDの調整は、時間差の値をモノラル入力信号に導入することにより、左右の信号を発生させることをさらに含む。

【0009】

1つの実施形態において、時間差の値は、 $\sin \theta \cos \phi$ の絶対値に比例する量を含み、ここで θ はリスナの正面を基準とした音源の方位角を表し、 ϕ はリスナの耳と正面の方向とにより規定される水平面を基準とした音源の仰角を表す。1つの実施形態において、量は次のように表現される。

【数1】

$$|(\text{Maximum_ITD_Samples_per_Sampling_Rate} - 1) \sin \theta \cos \phi|$$

【0010】

1つの実施形態において、音源の空間的な位置が変化するとき、時間差の値の決定が実行される。1つの実施形態において、方法は、以前の値と現在の値との間の時間差の値のクロスフェイドな移行を実行することをさらに含む。1つの実施形態において、複数の処理サイクルの間に、左右の信号の発生に使用するための時間差の値を以前の値から現在の値に変更することをクロスフェイドな移行は含む。

【0011】

1つの実施形態において、1つ以上のフィルタされた信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のフィルタされた信号を含む。1つの実施形態において、方法は、存在するかもしれないが、1つ以上のフィルタの適用により対処されない任意の強度差に対処するために、両耳間強度差(IID)に対して、左右のフィルタされた信号のそれぞれを調整することをさらに含む。1つの実施形態において、IIDに対する左右のフィルタされた信号の調整は、音源がリスナを基準として左または右に位置しているかどうかを決定することを含む。調整は、弱い方の信号として、音源の反対側にある左または右のフィルタされた

10

20

30

40

50

信号を割り当てることをさらに含む。調整は、強い方の信号として、左または右のフィルタされた信号のうちの他方を割り当てることをさらに含む。調整は、第1の補償により、弱い方の信号を調整することをさらに含む。調整は、第2の補償により、強い方の信号を調整することを含む。

【0012】

1つの実施形態において、第1の補償は、 \cos に比例する補償値を含み、ここではリスナの正面を基準とした音源の方位角を表す。1つの実施形態において、音源が実質上真正前にある場合、補償値はオリジナルのフィルタレベルの差とすることができるよう、そして音源が実質上まっすぐ強い方の側にある場合、弱い方の信号に対して利得調整がなされないために補償値はほぼ1であるように、補償値が標準化される。

10

【0013】

1つの実施形態において、第2の補償値は、 \sin に比例する補償値を含み、ここではリスナの正面を基準とした音源の方位角を表す。1つの実施形態において、音源が実質上真正面にある場合、強い方の信号に対して利得調整がなされないために補償値がほぼ1であるように、そして音源が実質上まっすぐ弱い方の側にある場合、補償値はほぼ2であり、それによりほぼ6dBの利得補償を提供して異なる値の方位角における全体的な音の大きさをおおまかに一致させるように補償値が標準化される。

【0014】

1つの実施形態において、音源の選択された移動のために、新しい1つ以上のデジタルフィルタが左右のフィルタされた信号に適用されるとき、IIDに対する左右のフィルタされた信号の調整が実行される。1つの実施形態において、方法は、以前の値と現在の値との間の第1と第2との補償値のクロスフェイドな移行を実行することをさらに含む。1つの実施形態において、クロスフェイドな移行は、複数の処理サイクルの間に第1と第2との補償値を変更することを含む。

20

【0015】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタルフィルタは複数のデジタルフィルタを含む。1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号のそれぞれは、複数のデジタルフィルタの数と同じ数の信号に分割され、それにより複数のデジタルフィルタが複数の分割された信号に並列に適用される。1つの実施形態において、1つ以上のフィルタされた信号のそれぞれは、複数のデジタルフィルタによりフィルタされた、複数の分割された信号を組み合わせるにより取得される。1つの実施形態において、組み合わせることは、複数の分割された信号を合計することを含む。

30

【0016】

1つの実施形態において、複数のデジタルフィルタは、第1と第2とのデジタルフィルタを含む。1つの実施形態において、ヒアリング応答関数のパスバンド部分で実質上最大平坦であり、ヒアリング応答関数のストップバンド部分で実質上ゼロに向けてロールオフする応答を生じさせるフィルタを第1と第2とのデジタルフィルタのそれぞれは含む。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのそれぞれは、バターワースフィルタを含む。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのうちの1つに対するパスバンド部分は、約2.5kHzと約7.5kHzとの間の周波数の範囲により規定される。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのうちの1つに対するパスバンド部分は、約8.5kHzと約18kHzとの間の周波数の範囲により規定される。

40

【0017】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタルフィルタの選択は、リスナについての有限の数の幾何学的位置に基づいている。1つの実施形態において、幾何学的な位置は複数の半面を含み、それぞれの半面は、リスナの耳の間の方向に沿ったエッジと、リスナに対して正面の方向および耳により規定される水平面を基準とした仰角とにより規定される。1つの実施形態において、複数の半面は、1つ以上の前部半面と1つ以上の後部半面とにグループ化される。1つの実施形態において、前部半面は、リスナの前部かつ約0およ

50

び+/-45度の仰角にある半面を含み、そして後部半面は、リスナの後部かつ約0および+/-45度の仰角にある半面を含む。

【0018】

1つの実施形態において、方法は、1つ以上のデジタル信号の受け取り前または1つ以上のフィルタの適用後のいずれかにおいて、以下の処理ステップのうちの少なくとも1つを実行することをさらに含む。これらの処理は、サンプルレート変換、音源速度に対するドップラー調整、リスナに対する音源の距離に対処する距離調整、音源を基準としたリスナの頭の方向に対処する方向調整、または残響調整である。

【0019】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号に対する1つ以上のデジタルフィルタの適用は、リスナに関する音源の動きの影響をシミュレートする。

10

【0020】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号に対する1つ以上のデジタルフィルタの適用は、リスナに関して、選択された場所に音源を置くことの影響をシミュレートする。1つの実施形態において、方法は、1つ以上の追加的な音源の影響をシミュレートして、リスナに関して、選択された場所で複数の音源の効果をシミュレートすることをさらに含む。1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のデジタル信号を含み、複数の音源は2つより多い音源を含み、それにより2つより多い音源の影響が左右のスピーカによりシミュレートされる。1つの実施形態において、複数の音源は、サラウンドサウンド配置のうちの1つに類似した方法で配置された5つの音源を含み、左右のスピーカがヘッドフォン中に位置しており、そのため、サラウンドサウンド効果が、ヘッドフォンに提供される左右のフィルタされた信号によりシミュレートされる。

20

【0021】

本開示の別の実施形態は、音源からの音を表すデジタル信号を処理する位置オーディオエンジンに関する。オーディオエンジンは、1つ以上のデジタルフィルタを選択するように構成されたフィルタ選択コンポーネントを含み、1つ以上のデジタルフィルタのそれぞれは、特定の範囲のヒアリング応答関数から形成されており、選択は、リスナを基準とした音源の空間的な位置に基づいている。オーディオエンジンは、1つ以上のデジタルフィルタを1つ以上のデジタル信号に適用するように構成されたフィルタ適用コンポーネントを含み、その結果、対応する1つ以上のフィルタリングされた信号を生じさせ、1つ以上のフィルタされた信号のそれぞれは、音源からの音に適用されたヒアリング応答関数のシミュレートされた影響を有している。

30

【0022】

1つの実施形態において、ヒアリング応答関数は、頭関連の伝達関数(HRTF)を含む。1つの実施形態において、特定の範囲は、HRTF内の周波数の特定の範囲を含む。1つの実施形態において、周波数の特定の範囲は実質上、可聴周波数間の平均の感度よりも大きい、平均的な人間のヒアリングに対する場所弁別感度を提供する周波数の範囲内にあり、またはその周波数の範囲とオーバーラップする。1つの実施形態において、周波数の特定の範囲は、HRTF中のピーク構造を含むか、またはこのピーク構造と実質上オーバーラップする。1つの実施形態において、ピーク構造は実質上、約2.5kHzと約7.5kHzとの間の周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。1つの実施形態において、ピーク構造は実質上、約8.5kHzと約18kHzとの間の周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。

40

【0023】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号は左右のデジタル信号を含み、それにより、1つ以上のフィルタされた信号は、左右のスピーカに出力すべき左右のフィルタされた信号を含む。

【0024】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタルフィルタは複数のデジタルフィルタを含

50

む。1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号のそれぞれは、複数のデジタルフィルタの数と同じ数の信号に分割され、それにより複数のデジタルフィルタが複数の分割された信号に並列に適用される。1つの実施形態において、1つ以上のフィルタされた信号のそれぞれは、複数のデジタルフィルタによりフィルタされた、複数の分割された信号を組み合わせることにより取得される。1つの実施形態において、組み合わせることは、複数の分割された信号を合計することを含む。

【0025】

1つの実施形態において、複数のデジタルフィルタは、第1と第2とのデジタルフィルタを含む。1つの実施形態において、ヒアリング応答関数のパスバンド部分で実質上最大平坦であり、ヒアリング応答関数のストップバンド部分で実質上ゼロに向けてロールオフする応答を生じさせるフィルタを第1と第2とのデジタルフィルタのそれぞれは含む。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのそれぞれは、バターワースフィルタを含む。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのうちの1つに対するパスバンド部分は、約2.5 KHzと約7.5 KHzとの間の周波数の範囲により規定される。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのうちの1つに対するパスバンド部分は、約8.5 KHzと約18 KHzとの間の周波数の範囲により規定される。

【0026】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタルフィルタの選択は、リスナについての有限の数の幾何学的位置に基づいている。1つの実施形態において、幾何学的な位置は複数の半面を含み、それぞれの半面は、リスナの耳の間の方向に沿ったエッジと、リスナに対して正面の方向および耳により規定される水平面を基準とした仰角とにより規定される。1つの実施形態において、複数の半面は、1つ以上の前部半面と1つ以上の後部半面とにグループ化される。1つの実施形態において、前部半面は、リスナの前部かつ約0および+/-45度の仰角にある半面を含み、そして後部半面は、リスナの後部かつ約0および+/-45度の仰角にある半面を含む。

【0027】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号に対する1つ以上のデジタルフィルタの適用は、リスナに関する音源の動きの影響をシミュレートする。

【0028】

1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号に対する1つ以上のデジタルフィルタの適用は、リスナに関して、選択された場所に音源を置くことの影響をシミュレートする。

【0029】

本開示のさらに別の実施形態は、デジタルオーディオ信号を処理するシステムに関する。モノラル入力信号を受け取り、左右のITD調整された信号を発生させて、音源からリスナの左右の耳に到着する音の到着時間差をシミュレートするように構成された両耳間時間差(ITD)コンポーネントをシステムは含む。モノラル入力信号は、リスナを基準とした、音源の空間的な位置に関する情報を含む。システムは、左右のITD調整された信号を受け取り、1つ以上のデジタルフィルタを左右のITD調整された信号のそれぞれに適用して、左右のフィルタされたデジタル信号を発生させるように構成された位置フィルタコンポーネントをさらに含み、1つ以上のデジタルフィルタのそれぞれは、特定の範囲のヒアリング応答関数に基づいており、それにより左右のフィルタされたデジタル信号はヒアリング応答関数をシミュレートする。システムは、左右のフィルタされたデジタル信号を受け取り、左右のIID調整された信号を発生させて、左右の耳に到着する音の強度差をシミュレートするように構成された両耳間強度差(IID)コンポーネントをさらに含む。

【0030】

1つの実施形態において、ヒアリング応答関数は、頭関連の伝達関数(HRTF)を含む。1つの実施形態において、特定の範囲は、HRTF内の周波数の特定の範囲を含む。

10

20

30

40

50

1つの実施形態において、周波数の特定の範囲は実質上、可聴周波数間の平均の感度よりも大きい、平均的な人間のヒアリングに対する場所弁別感度を提供する周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。1つの実施形態において、周波数の特定の範囲は、HRTF中のピーク構造を含むか、またはこのピーク構造と実質上オーバーラップする。1つの実施形態において、ピーク構造は実質上、約2.5kHzと約7.5kHzとの間の周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。1つの実施形態において、ピーク構造は実質上、約8.5kHzと約18kHzとの間の周波数の範囲内にあるか、またはこの周波数の範囲とオーバーラップする。

【0031】

1つの実施形態において、ITDは、 $\sin \cos$ の絶対値に比例する量を含み、ここで θ はリスナの正面を基準とした音源の方位角を表し、 ϕ はリスナの耳と正面の方向とにより規定される水平面を基準とした音源の仰角を表す。

10

【0032】

1つの実施形態において、音源の空間的な位置が変化するとき、ITDの決定が実行される。1つの実施形態において、ITDコンポーネントは、以前の値と現在の値との間のITDのクロスフェイドな移行を実行するようにさらに構成されている。1つの実施形態において、クロスフェイドな移行は、複数の処理サイクルの間に、以前の値から現在の値にITDを変更することを含む。

【0033】

1つの実施形態において、ITDコンポーネントは、音源がリスナを基準として左または右に位置しているかどうかを決定するように構成されている。ITDコンポーネントはさらに、弱い方の信号として、音源の反対側にある左または右のフィルタされた信号を割り当てるように構成されている。ITDコンポーネントはさらに、強い方の信号として、左または右のフィルタされた信号のうち他方を割り当てるように構成されている。ITDコンポーネントはさらに、第1の補償により、弱い方の信号を調整するように構成されている。ITDコンポーネントはさらに、第2の補償により、強い方の信号を調整するように構成されている。

20

【0034】

1つの実施形態において、第1の補償は \cos に比例する補償値を含み、ここで θ はリスナの正面を基準とした音源の方位角を表す。1つの実施形態において、第2の補償値は \sin に比例する補償値を含み、ここで θ はリスナの正面を基準とした音源の方位角を表す。

30

【0035】

1つの実施形態において、音源の選択された移動のために新しい1つ以上のデジタルフィルタが左右のフィルタされた信号に適用されるとき、IIDに対する左右のフィルタされた信号の調整が実行される。1つの実施形態において、ITDのコンポーネントはさらに、以前の値と現在の値との間の第1と第2との補償値のクロスフェイドな移行を実行するように構成されている。1つの実施形態において、複数の処理サイクルの間に、クロスフェイドな移行は、第1と第2との補償値を変更することを含む。

【0036】

40

1つの実施形態において、1つ以上のデジタルフィルタは複数のデジタルフィルタを含む。1つの実施形態において、1つ以上のデジタル信号のそれぞれは、複数のデジタルフィルタの数と同じ数の信号に分割され、それにより複数のデジタルフィルタが複数の分割された信号に並列に適用される。1つの実施形態において、左右のフィルタされたデジタル信号のそれぞれは、複数のデジタルフィルタによりフィルタされた、複数の分割された信号を組み合わせることにより取得される。1つの実施形態において、組み合わせることは、複数の分割された信号を合計することを含む。

【0037】

1つの実施形態において、複数のデジタルフィルタは、第1と第2とのデジタルフィルタを含む。1つの実施形態において、ヒアリング応答関数のパスバンド部分で実質上最大

50

平坦であり、ヒアリング応答関数のストップバンド部分で実質上ゼロに向けてロールオフする応答を生じさせるフィルタを第1と第2とのデジタルフィルタのそれぞれは含む。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのそれぞれは、バターワースフィルタを含む。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのうちの1つに対するパスバンド部分は、約2.5 KHzと約7.5 KHzとの間の周波数の範囲により規定される。1つの実施形態において、第1と第2とのデジタルフィルタのうちの1つに対するパスバンド部分は、約8.5 KHzと約18 KHzとの間の周波数の範囲により規定される。

【0038】

1つの実施形態において、位置フィルタコンポーネントはさらに、リスナについての有限の数の幾何学的な位置に基づいて、1つ以上のデジタルフィルタを選択するように構成されている。1つの実施形態において、幾何学的な位置は複数の半面を含み、それぞれの半面は、リスナの耳の間の方向に沿ったエッジと、リスナに対して正面の方向および耳により規定される水平面を基準とした仰角とにより規定される。1つの実施形態において、複数の半面は、1つ以上の前部半面と1つ以上の後部半面とにグループ化される。1つの実施形態において、前部半面は、リスナの前部かつ約0および+/-45度の仰角にある半面を含み、そして後部半面は、リスナの後部かつ約0および+/-45度の仰角にある半面を含む。

【0039】

1つの実施形態において、システムは、以下のもののうちの少なくとも1つをさらに含む。それらは、サンプルレート変換コンポーネント、音源速度をシミュレートするように構成されたドップラー調整コンポーネント、リスナに対する音源の距離に対処するように構成された距離調整コンポーネント、音源を基準としたリスナの頭の方角に対処するように構成された方向調整コンポーネント、または残響をシミュレートするための残響調整コンポーネントである。

【0040】

本開示のさらに別の実施形態は、デジタルオーディオ信号を処理するシステムに関する。システムは複数の信号処理チェーンを含み、それぞれのチェーンは、モノラル入力信号を受信し、左右のITD調整された信号を発生させて、音源からリスナの左右の耳に到着する音の到着時間差をシミュレートするように構成された両耳間時間差(ITD)コンポーネントを含む。モノラル入力信号は、リスナを基準とした、音源の空間的な位置に関する情報を含む。それぞれのチェーンは、左右のITD調整された信号を受信し、1つ以上のデジタルフィルタを左右のITD調整された信号のそれぞれに適用して、左右のフィルタされたデジタル信号を発生させるように構成された位置フィルタコンポーネントをさらに含み、1つ以上のデジタルフィルタのそれぞれは、特定の範囲のヒアリング応答関数に基づいており、それにより左右のフィルタされたデジタル信号はヒアリング応答関数をシミュレートする。それぞれのチェーンはさらに、左右のフィルタされたデジタル信号を受信し、左右のIID調整された信号を発生させて、左右の耳に到着する音の強度差をシミュレートするように構成された両耳間強度差(IID)コンポーネントを含む。

【0041】

本開示のさらに別の実施形態は、1つ以上のデジタル信号を受信する手段を有する装置に関する。装置はさらに、音源の空間的な位置に関する情報に基づいて、1つ以上のデジタルフィルタを選択する手段を含む。装置は、1つ以上のフィルタを1つ以上のデジタル信号に適用して、それによりヒアリング応答関数の影響をシミュレートする、対応する1つ以上のフィルタリングされた信号を生じる手段をさらに含む。

【0042】

本開示のさらに別の実施形態は、1つ以上の電子フィルタを形成する手段と、1つ以上の電子フィルタをサウンド信号に適用して、それにより3次元サウンド効果をシミュレートする手段とを有する装置に関する。

【0043】

10

20

30

40

50

これらと他の観点、利点、および本教示の新しい特徴は、以下の詳細な説明を読み、添付の図面を参照すると明らかになる。図面において、類似の要素は、類似の参照番号を有する。

【いくつかの実施形態の詳細な説明】

【0044】

本開示は一般に、オーディオ信号処理技術に関する。いくつかの実施形態において、本開示のさまざまな特徴および技術をオーディオまたはオーディオ/ビジュアルデバイス上で実現できる。ここで記述するように、本開示のさまざまな特徴により、サウンド信号の効率的な処理ができるようになり、それにより、いくつかのアプリケーションにおいて、限定された信号処理リソースによるものでさえ、実際の位置サウンドイメージングを達成できる。そのため、いくつかの実施形態において、計算力が限定されているかもしれないハンドヘルドデバイスのようなポータブルデバイスにより、実際のインパクトをリスナに与えるサウンドを出力できる。ここで開示したさまざまな特徴および概念は、ポータブルデバイスにおける実現に限定されず、サウンド信号を処理する任意の電子デバイスにおいて実現できることを理解するだろう。

10

【0045】

図1は、リスナ102がスピーカ108から音110を聴くことを示す例示的な状況100を示す。リスナ102を基準としたある場所にあるような1つ以上の音源112を知覚するように、リスナ102を描写している。例示的な音源112aは、リスナ102の前部かつ右に“現れており”、例示的な音源112bは、リスナの後部かつ左に現れている。例示的な音源112aはまた、リスナ102を基準として動いているものとして描写されている（矢印114として示されている）。

20

【0046】

また図1中で示したように、リスナ102がいくつかの音源に関して動いているかのように、いくつかの音により思わせることができる。音源とリスナとの方向および動きの多くの他の組み合わせを実現できる。いくつかの実施形態において、（例えば、スクリーンからの）対応する視知覚とともに組み合わせられたこのような聴知覚は、効果的で強力な知覚効果をリスナに提供できる。

【0047】

1つの実施形態において、位置オーディオエンジン104は、スピーカ108に対して信号106を発生させて提供し、このようなリスニング効果を達成できる。位置オーディオエンジン104のさまざまな実施形態および特徴を以下でより詳細に記述する。

30

【0048】

図2は、リスナ102がヘッドフォン124のような2つのスピーカデバイスから音を聴いている別の例示的な状況120を示す。再度、例示的なヘッドフォンに対して信号122を発生させて提供しているように位置オーディオエンジン104を描写している。この例示的な実現において、リスナ102により知覚される音は、リスナ102を基準とした、実質上固定した場所に複数の音源があるかのように思わせる。例えば、音源126（この例においては5つであるが、他の数および構成も可能である）がある場所に位置しているように見せかけることにより、サラウンドサウンド効果を創造できる。

40

【0049】

いくつかの実施形態において、（例えば、スクリーンからの）対応する視知覚とともに組み合わせられたこのような聴知覚は、効果的で強力な知覚効果をリスナに提供できる。したがって、例えば、ヘッドフォンを通してハンドヘルドデバイスを聴いているリスナに対してサラウンドサウンド効果を創造できる。位置オーディオエンジン104のさまざまな実施形態および特徴を以下でより詳細に記述する。

【0050】

図3は、入力信号132を受け取り、出力信号134を発生させる位置オーディオエンジン130のブロック図を示す。ここで記述したような特徴を伴うこのような信号処理を多数の方法で実現できる。限定でない例において、電子デバイス中のオペレーティングシ

50

システムとマルチメディアアプリケーションとの間のアプリケーションプログラミングインターフェイス (API) として、位置オーディオエンジン 130 のいくつかまたはすべての機能を実現できる。別の限定でない例として、エンジン 130 のいくつかまたはすべての機能を (例えば、データファイルまたはストリーミングデータ中の) ソースデータに組み込むことができる。

【0051】

他の構成が可能である。例えば、本開示のさまざまな概念および特徴をアナログシステム中の信号処理に対して実現できる。このようなシステムにおいて、ここで記述したさまざまな技術に類似した方法で、場所臨界情報に基づいて、位置フィルタのアナログ均等物を構成できる。したがって、本開示のさまざまな概念および特徴は、デジタルシステムに

10

【0052】

図4は、位置オーディオエンジン130により実行できるプロセス140の1つの実施形態を示す。プロセスブロック142において、選択された位置応答情報が所定の周波数範囲中で取得される。1つの実施形態において、所定の範囲は、可聴周波数範囲 (例えば、約20Hzから約20KHz) とすることができる。プロセスブロック144において、オーディオ信号は、選択された位置応答情報に基づいて処理される。

【0053】

図5は、プロセス140 (図4) の選択された位置応答情報は、場所臨界または場所関連情報とすることができるプロセス150の1つの実施形態を示す。プロセスブロック152において、場所臨界情報は、周波数応答データから取得される。プロセスブロック154において、場所または1つ以上の音源は、場所臨界情報に基づいて決定される。

20

【0054】

図6は、プロセス150 (図5) のさらに特定の実現を実行できるプロセス160の1つの実施形態を示す。プロセスブロック162において、別々の組のフィルタパラメータが取得され、フィルタパラメータは、1つ以上のHRTF (頭関連の伝達関数) のうちの1つ以上の場所臨界部分をシミュレートすることができる。1つの実施形態において、フィルタパラメータは、デジタル信号フィルタリングに対するフィルタ係数とすることができる。プロセスブロック164において、1つ以上の音源の場所が、フィルタパラメータを使用するフィルタリングに基づいて決定される。

30

【0055】

記述目的のために、“場所臨界” は、音源の場所弁別が特に正確であることが見出される人間のヒアリング応答スペクトル (例えば、周波数応答スペクトル) の部分を意味する。HRTFは、人間のヒアリング応答スペクトルの例である。人間のリスナは一般に、HRTF情報全体を処理せずに、音がどこから来るのかを弁別することを研究 (例えば、E. A. マックパーソン、米国の音響社会のジャーナル、101, 3105, 1997による“スペクトルの相関と耳介キュー処理の場所特徴整合モデルとの比較”) が示している。代わりに、それらはHRTF中のある特徴に焦点を合わせているように思われる。例えば、4KHzを超える周波数における場所特徴整合および勾配の相関は、音方向の識別に対して特に重要であるように思われ、その一方でHRTFの他の部分は一般的に無視される。

40

【0056】

図7Aは、(ほぼ耳のレベルにおける) 前方で右に約45度に位置している例示的な音源に対する左右の耳のヒアリング応答に対応する例示的なHRTF170を示す。1つの実施形態において、矢印172と174とにより示される2つのピーク構造、および(ピーク172と174との間の谷のような) 関連した構造を、例示的な音源方向の左耳のヒアリングに対する場所臨界であると考えることができる。同様に、矢印176と178とにより示される2つのピーク構造、および(ピーク176と178との間の谷のような) 関連した構造を、例示的な音源方向の右耳のヒアリングに対する場所臨界であると考えることができる。

50

【 0 0 5 7 】

図 7 B はプロセス 1 9 0 の 1 つの実施形態を示し、プロセスブロック 1 9 2 において、図 7 A の例示的な H R T F 1 7 0 のような応答データから 1 つ以上の場所臨界周波数（または周波数範囲）を弁別できる。例示的な H R T F 1 7 0 において、2 つの例示的な周波数が矢印 1 7 2、1 7 4、1 7 6、および 1 7 8 により示される。プロセスブロック 1 9 4 において、1 つ以上のこのような場所臨界周波数応答をシミュレートするフィルタ係数を取得できる。ここで記述したように、そしてプロセスブロック 1 9 6 中で示したように、このようなフィルタ係数を引き続き使用して、H R T F 1 7 0 を発生させた例示的な音源方向の応答をシミュレートできる。

【 0 0 5 8 】

H R T F 1 7 0 に対応するシミュレートされたフィルタ応答 1 8 0 は、プロセスブロック 1 9 4 中で決定されたフィルタ係数から結果として生じさせることができる。示したように、ピーク 1 8 6、1 8 8、1 8 2、および 1 8 4（ならびに対応する谷）を再現して、それにより音源の場所弁別のために場所臨界応答を提供する。H R T F 1 7 0 の他の部分は一般に無視されることが示されており、その結果、より低い周波数で実質上平坦な応答として表されている。

【 0 0 5 9 】

ある部分および/または構造だけが選択される（この例において、2 つのピークおよび関連した谷）ため、フィルタ応答の形成（例えば、例示的なシミュレートされた応答 1 8 0 を生じさせるフィルタ係数の決定）を非常に簡単にすることができる。さらに、非常に簡単にされた方法でこのようなフィルタ係数を記憶して使用でき、その結果、リスナに対する実際的な位置弁別サウンド出力を実現するために必要とされる計算力を減らすことができる。フィルタ係数決定の特定の例および後続の使用を以下でより詳細に記述する。

【 0 0 6 0 】

ここでの記述において、フィルタ係数の決定および後続の使用を、例示的な 2 つのピーク選択という文脈において記述している。しかしながら、いくつかの実施形態において、H R T F の他の部分および/または特徴を識別およびシミュレートできることが理解される。そのため例えば、所定の H R T F が、場所臨界とすることができる 3 つのピークを有する場合、それらの 3 つのピークを識別およびシミュレートできる。したがって、2 つのピークに対する 2 つのフィルタの代わりに、3 つのフィルタは、それらの 3 つのピークを表すことができる。

【 0 0 6 1 】

1 つの実施形態において、所望の特徴および/または範囲の近似された応答を発生させるフィルタ係数を取得することにより、H R T F（または他の周波数応答曲線）の選択された特徴および/または範囲をシミュレートすることができる。任意の数の知られている技術を使用して、このようなフィルタ係数を取得できる。

【 0 0 6 2 】

1 つの実施形態において、選択された特徴（例えば、ピーク）により提供できる単純化は、簡単にされたフィルタリング技術の使用を可能にする。1 つの実施形態において、無限インパルス応答（I I R）のような、高速および簡単なフィルタリングを利用して、限定された数の選択された場所臨界特徴の応答をシミュレートできる。

【 0 0 6 3 】

例として、知られているバターワースフィルタリング技術を使用して、例示的な H R T F 1 7 0 の 2 つの例示的なピーク（左のヒアリングに対する 1 7 2 および 1 7 4、右のヒアリングに対する 1 7 6 および 1 7 8）をシミュレートできる。例えば、M A T L A B のような信号処理アプリケーションを含む、知られている任意の技術を使用して、このような既知のフィルタに対する係数を取得できる。表 1 は、例示的な H R T F 1 7 0 のシミュレートされた応答を返すことができる M A T L A B 関数呼び出しの例を示す。

10

20

30

40

【表 1】

ピーク	利得	MATLABフィルタ関数呼び出しパラ (次数,標準化範囲, フィルタタイプ)
ピーク172(左)	2 dB	次数 = 1 範囲 = [2700/(SamplingRate/2),6000/(SamplingRate/2)] フィルタタイプ = 'バンドパス'
ピーク174(左)	2 dB	次数 = 1 範囲 = [11000/(SamplingRate/2),14000/(SamplingRate/2)] フィルタタイプ = 'バンドパス'
ピーク176(右)	3 dB	次数 = 1 範囲 = [2600/(SamplingRate/2),6000/(SamplingRate/2)] フィルタタイプ = 'バンドパス'
ピーク178(右)	11 dB	次数 = 1 範囲 = [12000/(SamplingRate/2),16000/(SamplingRate/2)] フィルタタイプ = 'バンドパス'

表 1

【0064】

1つの実施形態において、例示的なHRTF170の選択されたピークにตอบสนองする前述の例示的なIIRフィルタは、シミュレートされた応答180を生じさせることができる。プロセス190のプロセスブロック196中で示したように、対応するフィルタ係数を後続の使用のために記憶することができる。

【0065】

前に述べたように、(ほぼ耳のレベルにおいて)例示的なHRTF170およびシミュレートされた応答180は、前方で右に約45度に位置する音源に対応する。リスナに関して2または3次元応答カバレッジを提供する類似した方法で、他の源の位置に対する応答を取得できる。他の音源の位置に対する特定のフィルタリング例を以下でより詳細に記述する。

【0066】

図8は、ここでの記述目的のための例示的な空間座標の規定200を示す。リスナ102は原点に位置していると仮定する。Y軸は、リスナ102が向いている前方であると考えている。したがって、X-Y平面は、リスナ102に関して水平面を表す。音源202は、原点から距離“R”に位置していることを示している。角度 θ は水平面からの仰角を表し、角度 ϕ は、Y軸からの方位角を表す。したがって、例えば、リスナの頭の直後に位置している音源は、 $\theta = 180$ 度、および $\phi = 0$ 度を有する。

【0067】

1つの実施形態において、図9中で示したように、(原点にいる)リスナに関する空間を前後だけでなく、左右に分割できる。1つの実施形態において、前部半面210および後部半面212を規定でき、それにより前部半面210および後部半面212は共に、仰角 θ を有する平面を規定し、X軸でX-Y平面を二分する。したがって、例えば、 $\theta = 45$ および $\phi = 0$ にあり、図7Aの例示的なHRTF170に対応する例示的な音源は、前部右(FR)セクション中にあり、 $\theta = 0$ における前部半面中にある。

【0068】

1つの実施形態において、以下でより詳細に記述するように、耳のレベルより上および/または下にある音源に対処するために、さまざまな半面は、水平より上および/または下にあるものとするることができる。所定の半面に対して、一方の側(例えば、右側)に対して取得される応答を使用して、リスナの頭の対称性のために反対側(例えば、左側)に

10

20

30

40

50

ある（ $Y-Z$ 平面に関して）鏡像場所における応答を推定できる。1つの実施形態において、このような対称性は、前後に対しては存在しないため、前後（したがって、前部および後部半面）に対して、別々の応答を取得できる。

【0069】

図10は、1つの実施形態において、（原点にいる）リスナの周りの空間が複数の前部および後部半面に分割できることを示す。1つの実施形態において、前部半面362は水平な方向（ $\theta = 0$ ）にあるものとすることができ、対応する後部半面364もまた実質上水平である。前部半面366は、前方の、約45度（ $\theta = 45^\circ$ ）の高い方向にあるものとすることができ、対応する後部半面368は、後部半面364の下約45度にある。前部半面370は、約-45度（ $\theta = -45^\circ$ ）の方向にあるものとすることができ、対応する後部半面372は、後部半面364の上約45度にある。

10

【0070】

1つの実施形態において、リスナに関する音源は、前述の半面のうちの1つの上にあるものとして近似することができる。それぞれの半面は、1組のフィルタ係数を有することができる。1組のフィルタ係数は、その半面上にある音源の応答をシミュレートする。したがって、図7Aに関して上述した例示的なシミュレートされた応答は、前部水平半面362に対して1組のフィルタ係数を提供できる。左右の応答の相対する利得を調整して、前方向（ Y 軸）からの左右の変位に対処することにより、前部水平半面362上のどこかに位置している音源に対してシミュレートされる応答を近似することができる。さらに、以下に記述した方法で、音源の距離および/または速度のような他のパラメータも近似することができる。

20

【0071】

図11A-11Cは、上述した方法に類似した方法で取得できる、（示していない）さまざまな対応するHRTFに対するシミュレートされた応答のいくつかの例を示す。図11Aは、 $\theta = 270^\circ$ および $\phi = +45^\circ$ （前方の高い半面366に対して真左）に対応するHRTFの場所臨界部分から取得した例示的なシミュレートされた応答380を示す。図11Bは、 $\theta = 270^\circ$ および $\phi = 0^\circ$ （水平な半面362に対して真左）に対応するHRTFの場所臨界部分から取得した例示的なシミュレートされた応答382を示す。図11Cは、 $\theta = 270^\circ$ および $\phi = -45^\circ$ （前方の低い半面370に対して真左）に対応するHRTFの場所臨界部分から取得した例示的なシミュレートされた応答384を示す。後部半面372、364、および368に対して同様のシミュレートされた応答を取得できる。さらに、 θ のさまざまな値で、このようなシミュレートされた応答を取得できる。

30

【0072】

例示的なシミュレートされた応答384において、バンドストップバターワースフィルタリングを使用して、識別される特徴の所望の近似を取得することに注意すべきである。このようにさまざまなタイプのフィルタリング技術を使用して、所望の結果が取得できることを理解すべきである。さらに、バターワースフィルタ以外のフィルタを使用して、同様の結果を達成できる。さらに、IIRフィルタは、高速かつ簡単なフィルタリングを提供するために使用されるが、（有限インパルス応答（FIR）フィルタのような）他のフィルタを使用して、本開示の技術の少なくともいくつかを実現することもできる。

40

【0073】

前述の例示的な半面構成（ $\theta = +45^\circ$ 、 0° 、 -45° ）に対して、表2はフィルタリングパラメータをリストアップしており、フィルタリングパラメータを入力して、6つの半面（366、362、370、372、364、および368）に対するフィルタ係数を取得できる。（表1と同様に）表2中の例示的なパラメータに対して、MATLAB中で例示的なバターワースフィルタの関数呼び出しを次のように作成できる。

【数 2】

“butter(Order, [f_{Low}/(SamplingRate/2), f_{High}/(SamplingRate/2), Type)”

【 0 0 7 4 】

ここで、それぞれの所定のフィルタに対して、Orderは、フィルタ項の最も高い次数を表し、 f_{Low} および f_{High} は、選択された周波数範囲の境界値を表し、SamplingRateはサンプリングレートを表し、Typeはフィルタのタイプを表す。フィルタのパラメータに対して、他の値および/またはタイプも可能である。

【表 2】

半面	フィルタ	利得 (dB)	次数	周波数範囲 (f_{Low} , f_{High}) (KHz)	タイプ
前部, $\varphi = +0^\circ$	左 #1	2	1	2.7, 6.0	バンドパス
前部, $\varphi = +0^\circ$	左 #2	2	1	11, 14	バンドパス
前部, $\varphi = +0^\circ$	右 #1	3	1	2.6, 6.0	バンドパス
前部, $\varphi = +0^\circ$	右 #2	11	1	12, 16	バンドパス
前部, $\varphi = +45^\circ$	左 #1	-4	1	2.5, 6.0	バンドパス
前部, $\varphi = +45^\circ$	左 #2	-1	1	13, 18	バンドパス
前部, $\varphi = +45^\circ$	右 #1	9	1	2.5, 7.5	バンドパス
前部, $\varphi = +45^\circ$	右 #2	6	1	11, 16	バンドパス
前部, $\varphi = -45^\circ$	左 #1	-15	1	5.0, 7.0	バンドストップ
前部, $\varphi = -45^\circ$	左 #2	-11	1	10, 13	バンドストップ
前部, $\varphi = -45^\circ$	右 #1	-3	1	5.0, 7.0	バンドストップ
前部, $\varphi = -45^\circ$	右 #2	3	1	10, 13	バンドストップ
後部, $\varphi = +0^\circ$	左 #1	6	1	3.5, 5.2	バンドパス
後部, $\varphi = +0^\circ$	左 #2	1	1	9.5, 12	バンドパス
後部, $\varphi = +0^\circ$	右 #1	13	1	3.3, 5.1	バンドパス
後部, $\varphi = +0^\circ$	右 #2	6	1	10, 14	バンドパス
後部, $\varphi = +45^\circ$	左 #1	6	1	2.5, 7.0	バンドパス
後部, $\varphi = +45^\circ$	左 #2	1	1	11, 16	バンドパス
後部, $\varphi = +45^\circ$	右 #1	13	1	2.5, 7.0	バンドパス
後部, $\varphi = +45^\circ$	右 #2	6	1	12, 15	バンドパス
後部, $\varphi = -45^\circ$	左 #1	6	1	5.0, 7.0	バンドストップ
後部, $\varphi = -45^\circ$	左 #2	1	1	10, 12	バンドストップ
後部, $\varphi = -45^\circ$	右 #1	13	1	5.0, 7.0	バンドストップ
後部, $\varphi = -45^\circ$	右 #2	6	1	8.5, 11	バンドストップ

表 2

【 0 0 7 5 】

1つの実施形態において、表2中で見られるように、それぞれの半面は4組のフィルタ係数を有することができ、それらは、左右のそれぞれに対して、2つの例示的な場所臨界ピークのための2つのフィルタに対するものである。したがって、6つの半面により、24個のフィルタとすることができる。

【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

1つの実施形態において、同一のフィルタ係数を使用して、所定の半面上のどこかにある源からの音に対する応答をシミュレートできる。以下でより詳細に記述するように、左右の変位、距離、および/または源の速度、による影響に対処して、それらを調整できる。源が1つの半面から別の半面に動く場合、以下に記述する方法で、フィルタ係数の移行を実現し、それにより、知覚される音において滑らかな移行を提供できる。

【0077】

1つの実施形態において、所定の音源が2つの半面の間のどこかの場所に位置している（例えば、源は前部、 $\theta = +30^\circ$ にある）場合、源は“最も近い”面（例えば、最も近い平面は、前部、 $\theta = +45^\circ$ である）にあると考えることができる。理解できるように、ある状況においては、リスナに関する空間においてより多いまたはより少ない半面を提供して、それにより半面の分布においてより小さいまたはより大きい“粒度”を提供することが望ましいかもしれない。

10

【0078】

さらに、3次元空間をX軸に関して半面に分割することを必ずしも必要としない。リスナを基準として空間を1、2、または3次元形状のいずれかに分割できる。1つの実施形態において、X軸に関して半面に分割されるとき、左右のヒアリングのような対称性を利用して、フィルタ係数の組の数を減らすことができる。

【0079】

上述した6つの半面構成（ $\theta = +45^\circ$ 、 0° 、 -45° ）は、リスナを基準とした限定された数の方向に対して、選択された場所臨界応答情報をどのように提供できるかに関する例であることが理解される。そうすることにより、比較的少ない、計算力および/またはリソースを使用して、実質上、実際の3次元サウンド効果を再生できる。半面の数がより細かい粒度、例えば10個（ $\theta = +60^\circ$ 、 $+30^\circ$ 、 0° 、 -30° 、 -60° における前部および後部）に増加される場合でさえ、フィルタ係数の組の数を管理できるレベルで維持できる。

20

【0080】

図12は、機能ブロック図220の1つの実施形態を示し、ここで位置フィルタリング226は、上述したような場所臨界情報のシミュレーションにより、位置オーディオエンジンの機能を提供できる。1つの実施形態において、音源の場所に関する情報を有するモノラル入力信号222をコンポーネント224に入力でき、コンポーネント224は、両耳間時間遅延（または差）（“ITD”）を決定する。源の場所情報に基づいて、ITDは、2つの耳に対する到着時間における差に関する情報を提供できる。ITD機能の例を以下でより詳細に記述する。

30

【0081】

1つの実施形態において、ITDコンポーネント224は、到着の差を考慮に入れた左右の信号を出力することができ、このような出力信号を位置フィルタコンポーネント226に提供できる。位置フィルタコンポーネント226の例示的な動作を以下でより詳細に記述する。

【0082】

1つの実施形態において、位置フィルタコンポーネント226は、場所臨界応答に対して調整された左右の信号を出力できる。このような出力信号をコンポーネント228に提供でき、コンポーネント228は、両耳間強度差（“IID”）を決定する。IIDは、位置フィルタ出力の調整を提供して、左右の信号の強度における位置への依存を調整できる。IID補償の例を以下でより詳細に記述する。IIDコンポーネント228により、スピーカに対して左右の信号230を出力して、音源の位置効果を提供できる。

40

【0083】

図13は、図12のITDコンポーネント224として実現できるITD240の1つの実施形態のブロック図を示す。示すように、入力信号242は、所定のサンプリング時間で音源の場所に関する情報を含むことができる。このような場所は、音源の θ および r の値を含むことができる。

50

【 0 0 8 4 】

入力信号 2 4 2 は、I T D 計算コンポーネント 2 4 4 に提供されることを示しており、I T D 計算コンポーネント 2 4 4 は、左右の耳における異なる到着時間（源が一方の側に位置している場合）をシミュレートするのに必要とされる両耳間時間遅延を計算する。1 つの実施形態において、次のように I T D を計算できる。

【 数 3 】

$$ITD = |(\text{Maximum_ITD_Samples_per_Sampling_Rate} - 1) \sin\theta \cos\phi| \quad (1)$$

【 0 0 8 5 】

したがって、予測されるように、源が、真前（ $= 0^\circ$ ）または真後（ $= 180^\circ$ ）のいずれかにあるとき、I T D = 0 であり、源が真左（ $= 270^\circ$ ）または右（ $= 90^\circ$ ）のいずれかにあるとき、I T D は（ θ の所定の値に対して）最大値を有する。同様に、源が水平面（ $= 0^\circ$ ）にあるとき、I T D は（ ϕ の所定の値に対して）最大値を有し、源が、最上部（ $= 90^\circ$ ）または最下部（ $= -90^\circ$ ）の場所のいずれかにあるとき、I T D はゼロである。

【 0 0 8 6 】

前述の方法で決定された I T D を入力信号 2 4 2 に導入して、それにより I T D 調整された左右の信号を生じさせることができる。例えば、源の場所が右側にある場合、右の信号は、入力信号における音のタイミングから引かれる I T D を有することができる。同様に、左の信号は、入力信号における音のタイミングに加えられる I T D を有することができる。左右の信号を生じさせるこのようなタイミングの調整は、知られている方法で達成でき、左右の遅延線 2 4 6 a および 2 4 6 b として描写されている。

【 0 0 8 7 】

音源が実質上リスナを基準として静止している場合、同一の I T D は、到着時間ベースの 3 次元サウンド効果を提供できる。しかしながら、音源が動く場合、I T D も変化するかもしれない。I T D の新しい値が遅延線に組み込まれる場合、以前の I T D ベースの遅延から突然の変化があるかもしれない、ことによると I T D の知覚において感知できるシフトを招くかもしれない。

【 0 0 8 8 】

1 つの実施形態において、図 1 3 中で示したように、I T D コンポーネント 2 4 0 は、クロスフェイドコンポーネント 2 5 0 a と 2 5 0 b とをさらに含むことができ、クロスフェイドコンポーネント 2 5 0 a と 2 5 0 b は、新しい遅延時間へのより滑らかな移行を左右の遅延線 2 4 6 a および 2 4 6 b に提供する。I T D のクロスフェイド動作の例を以下でより詳細に記述する。

【 0 0 8 9 】

図 1 3 中で示したように、左右の遅延調整された信号 2 4 8 が、I T D コンポーネント 2 4 0 により出力されることを示している。上述したように、遅延調整された信号 2 4 8 はクロスフェイドされているかもしれないし、またはされていないかもしれない。例えば、源が静止している場合、I T D は実質上同一のままであるので、クロスフェイドに対する必要がないかもしれない。源が動く場合、源の場所の変化による I T D 中の突然のシフトを減らし、または実質上除くために、クロスフェイドすることが望まれるかもしれない。

【 0 0 9 0 】

図 1 4 は、図 1 2 のコンポーネント 2 2 6 として実現できる位置フィルタコンポーネント 2 6 0 の 1 つの実施形態のブロック図を示す。示したように、左右の信号 2 6 2 が位置フィルタコンポーネント 2 6 0 に入力されることを示している。1 つの実施形態において、図 1 3 の I T D コンポーネント 2 4 0 により入力信号 2 6 2 を提供できる。しかしながら、フィルタの準備（例えば、場所臨界応答に基づいたフィルタ係数の決定）に関連したさまざまな特徴および概念ならびに、またはフィルタの使用は、I T D コンポーネント 2

10

20

30

40

50

40により提供される入力信号を有することに必ずしも依存しないことが理解される。例えば、ソースデータからの入力信号は、左/右の区別された情報および/またはITDにより区別された情報をすでに有しているかもしれない。このような状況において、位置フィルタコンポーネント260は実質上スタンドアロンのコンポーネントとして動作して、選択された場所臨界情報に基づいて、音の周波数応答を提供することを含む機能を提供できる。

【0091】

図14中で示したように、左右の入力信号262をフィルタ選択コンポーネント264に提供できる。1つの実施形態において、フィルタ選択は、音源に関係付けられた θ および ϕ の値に基づくものとして行うことができる。ここで記述した6つの半面の例に対して、 θ および ϕ は、音源の場所を半面の1つに一意的に関係付けることができる。上述したように、音源が半面のうちの1つの上にない場合、その音源を“最も近い”半面に関係付けることができる。

10

【0092】

例えば、音源が、 $\theta = 10^\circ$ および $\phi = +10^\circ$ に位置していることを仮定する。このような状況において、場所が前部にあり、水平方向が10度の仰角に最も近いので、前部水平半面(図10中の362)を選択できる。前部水平半面362は、表2中で示した例示的な方法において決定される1組のフィルタ係数を有することができる。こうして、“前部、 $\phi = +0^\circ$ 。”半面に対応する4つの例示的なフィルタ(2つの左および2つの右)を、この例の源の位置に対して選択できる。

20

【0093】

図14中で示したように、(選択コンポーネント264により識別された)左フィルタ266aおよび268aを左信号に適用でき、(また、選択コンポーネント264により識別された)右フィルタ266bおよび268bを右信号に適用できる。1つの実施形態において、フィルタ266a、268a、266b、および268bのそれぞれは、それらのそれぞれのフィルタ係数に基づいて、知られている方法でデジタル信号に作用する。

【0094】

ここで記述したように、2つの左フィルタおよび2つの右フィルタは、2つの例示的な場所臨界ピークという状況におけるものである。他の数のフィルタが可能であることが理解される。例えば、周波数応答において3つの場所臨界の、特徴および/または範囲がある場合、左および右側のそれぞれに対して3つのフィルタがあってもよい。

30

【0095】

図14中で示したように、左利得コンポーネント270aは、左信号の利得を調整でき、右利得信号270bは、右信号の利得を調整できる。1つの実施形態において、表12のパラメータに対応する以下の利得を左右の信号に適用できる。

【表3】

	0度 仰角	45度 仰角	-45度 仰角
左利得	-4 dB	-4 dB	-20 dB
右利得	2 dB	-1 dB	-5 dB

40

表 3

【0096】

1つの実施形態において、3つの例示的な仰角における左右の信号間の正確なレベル差を実質上維持するために、表3中でリストアップされる例示的な利得値を割り当てることができる。こうして、これらの例示的な利得を使用して、左右のプロセスにおいて正確なレベルを提供でき、左右のプロセスのそれぞれは、この例において、(第1および第2のフィルタ266および268からの)フィルタ出力と、(利得コンポーネント270からの)

50

) スケール変更された入力との3方向の合計を含む。

【0097】

1つの実施形態において、図14中で示したように、フィルタされ、そして利得調整された左右の信号をそれぞれの加算器272aおよび272bにより合計し、それにより左右の出力信号274を生じさせることができる。

【0098】

図15は、図12のコンポーネント228として実現できるIID(両耳間強度差)調整コンポーネント280の1つの実施形態のブロック図を示す。示したように、左右の信号282がIIDコンポーネント280に入力されることを示している。1つの実施形態において、図14の位置フィルタコンポーネント260により、入力信号282を提供できる。

10

【0099】

1つの実施形態において、IIDコンポーネント280は、第1の補償コンポーネント284中で、弱い方のチャンネルの信号の強度を調整でき、また、第2の補償コンポーネント286中で、強い方のチャンネルの信号の強度を調整できる。例えば、音源が、 $\theta = 10^\circ$ (すなわち、10度だけ右側)に位置していると仮定する。このような状況において、右のチャンネルが強い方のチャンネルであり、左のチャンネルが弱い方のチャンネルであると考えることができる。したがって、第1の補償284を左の信号に適用でき、第2の補償286を右の信号に適用できる。

【0100】

20

1つの実施形態において、次の式で与えられる量により、弱い方のチャンネルの信号のレベルを調整できる。

【数4】

$$Gain = |\cos\theta (Fixed_Filter_Level_Difference_per_Elevation - 1.0)| + 1.0 \quad (2)$$

【0101】

したがって、 $\theta = 0^\circ$ (真前にある)である場合、弱い方のチャンネルの利得は、オリジナルのフィルタのレベル差により調整される。 $\theta = 90^\circ$ (真右にある)である場合、Gain = 1であり、弱い方のチャンネルに対して利得の調整は実施されない。

30

【0102】

1つの実施形態において、次の式で与えられる量により、強い方のチャンネルの信号のレベルを調整できる。

【数5】

$$Gain = \sin\theta + 1.0 \quad (3)$$

【0103】

したがって、 $\theta = 0^\circ$ (真前にある)である場合、Gain = 1であり、強い方のチャンネルに対して利得の調整は実施されない。 $\theta = 90^\circ$ (真右にある)である場合、Gain = 2であり、その結果、6dBの利得補償を提供して、異なる値の θ における全体的な音の大きさをおおまかに一致させる。

40

【0104】

音源が実質上静止している、または所定の半面内で実質上動く場合、同一のフィルタを使用して、フィルタ応答を発生させることができる。上述したようなIID補償により、弱い方の、および強い方のヒアリング側に対する強度補償を提供できる。しかしながら、音源が1つの半面から別の半面に動く場合、フィルタは変化することもあり得る。したがって、フィルタレベルに基づいているIIDは、滑らかな半面の移行を実施するような方法で補償を提供しないかもしれない。音源が半面の間を動くとき、このような移行は強度

50

において感知できる突然のシフトを招くことがある。

【0105】

したがって、図15中で示した1つの実施形態において、IIDコンポーネント280はクロスフェイドコンポーネント290をさらに含むことができ、源が古い半面から新しい半面に動くとき、クロスフェイドコンポーネント290は新しい半面への滑らかな移行を提供する。IIDクロスフェイド動作の例を以下でより詳細に記述する。

【0106】

図15中で示したように、左右の強度調整された信号がIIDコンポーネント280により出力されることを示している。上述したように、強度調整された信号288はクロスフェイドされているかもしれないし、またはされていないかもしれない。例えば、源が、10 静止している、または所定の半面内を動いている場合、フィルタは実質上同じままであるので、クロスフェイドに対する必要はないかもしれない。源が半面間を動く場合、IID中の突然のシフトを減らし、または実質上除くために、クロスフェイドすることが望まれるかもしれない。

【0107】

図16は、図12および13に関連して上述したITDコンポーネントにより実行できるプロセス300の1つの実施形態を示す。プロセスブロック302において、音源位置の角度およびが入力データから決定される。プロセスブロック304において、最大化されたITDサンプルがそれぞれのサンプリングレートに対して決定される。プロセスブロック306において、左右のデータに対してITDオフセット値が決定される。20 プロセスブロック308において、ITDオフセット値に対応する遅延が、左右のデータに導入される。

【0108】

1つの実施形態において、プロセス300はプロセスブロックをさらに含むことができ、そこでは、音源の動きに対処するために、クロスフェイディングが左右のITD調整された信号に実行される。

【0109】

図17は、図12、14、および15に関連して上述した、位置フィルタコンポーネントおよび/またはIIDコンポーネントにより実行できるプロセス310の1つの実施形態を示す。プロセスブロック312において、IID補償利得を決定できる。等式2および3は、このような補償利得計算の例である。30

【0110】

決定ブロック314において、音源が前部かつ右(“F.R.”)にあるかどうかをプロセス310が決定する。答えが“はい”である場合、プロセスブロック316において、(適切な仰角で)前部のフィルタが左右のデータに適用される。フィルタが適用されたデータおよび利得調整されたデータは合計され、位置フィルタ出力信号が発生される。源が右側にあるため、右のデータが強い方のチャンネルであり、左のデータが弱い方のチャンネルである。したがって、プロセスブロック318において、第1の補償利得(等式2)が左のデータに適用される。プロセスブロック320において、第2の補償利得(等式3)が右のデータに適用される。プロセスブロック322において、位置フィルタされた、および利得調整された左右の信号が出力される。40

【0111】

決定ブロック314に対する答えが“いいえ”である場合、音源は前部かつ右にはない。したがって、プロセス310は、他の残っている象限に進む。

【0112】

決定ブロック324において、音源が後部かつ右(“R.R.”)にあるかどうかをプロセス310が決定する。答えが“はい”である場合、プロセスブロック326において、(適切な仰角で)後部のフィルタが左右のデータに適用される。フィルタが適用されたデータおよび利得調整されたデータは合計され、位置フィルタ出力信号が発生される。源が右側にあるため、右のデータが強い方のチャンネルであり、左のデータが弱い方のチャネ50

ルである。したがって、プロセスブロック 3 2 8 において、第 1 の補償利得（等式 2）が左のデータに適用される。プロセスブロック 3 3 0 において、第 2 の補償利得（等式 3）が右のデータに適用される。プロセスブロック 3 3 2 において、位置フィルタされた、および利得調整された左右の信号が出力される。

【 0 1 1 3 】

決定ブロック 3 2 4 に対する答えが“いいえ”である場合、音源は、F . R . または R . R . にはない。したがって、プロセス 3 1 0 は、他の残っている象限に進む。

【 0 1 1 4 】

決定ブロック 3 3 4 において、音源が後部かつ左（“ R . L . ”）にあるかどうかをプロセス 3 1 0 が決定する。答えが“はい”である場合、プロセスブロック 3 3 6 において、（適切な仰角で）後部のフィルタが左右のデータに適用される。フィルタが適用されたデータおよび利得調整されたデータは合計され、位置フィルタ出力信号が発生される。源が左側にあるため、左のデータが強い方のチャンネルであり、右のデータが弱い方のチャンネルである。したがって、プロセスブロック 3 3 8 において、第 2 の補償利得（等式 3）が左のデータに適用される。プロセスブロック 3 4 0 において、第 1 の補償利得（等式 2）が右のデータに適用される。プロセスブロック 3 4 2 において、位置フィルタされた、および利得調整された左右の信号が出力される。

【 0 1 1 5 】

決定ブロック 3 3 4 に対する答えが“いいえ”である場合、音源は、F . R . 、 R . R . 、または R . L . にはない。したがって、プロセス 3 1 0 は、前部かつ左（“ F . L . ”）にあるものと考えられる音源に進む。

【 0 1 1 6 】

プロセスブロック 3 4 6 において、（適切な仰角で）前部のフィルタが左右のデータに適用される。フィルタが適用されたデータおよび利得調整されたデータは合計され、位置フィルタ出力信号が発生される。源が左側にあるため、左のデータが強い方のチャンネルであり、右のデータが弱い方のチャンネルである。したがって、プロセスブロック 3 4 8 において、第 2 の補償利得（等式 3）が左のデータに適用される。プロセスブロック 3 5 0 において、第 1 の補償利得（等式 2）が右のデータに適用される。プロセスブロック 3 5 2 において、位置フィルタされた、および利得調整された左右の信号が出力される。

【 0 1 1 7 】

図 1 8 は、図 1 2 - 1 5 に関連して上述したオーディオ信号処理構成 2 2 0 により実行できるプロセス 3 9 0 の 1 つの実施形態を示す。特に、プロセス 3 9 0 は、半面内または半面間のいずれかの、音源の動きに対応することができる。

【 0 1 1 8 】

プロセスブロック 3 9 2 において、モノラル入力信号が取得される。プロセスブロック 3 9 2 において、位置ベースの I T D が決定され、入力信号に適用される。決定ブロック 3 9 6 において、音源が位置を変更したかどうかをプロセス 3 9 0 が決定する。答えが“いいえ”である場合、I T D 遅延が適用された、左右の遅延線からデータを読み出すことができ、データを遅延線に書き戻すことができる。答えが“はい”である場合、プロセスブロック 4 0 0 においてプロセス 3 9 0 は、新しい位置に基づいて、新しい I T D 遅延を決定する。プロセスブロック 4 0 2 において、クロスフェイドを実行して、以前および新しい I T D 遅延の間で滑らかな移行を提供できる。

【 0 1 1 9 】

1 つの実施形態において、以前と現在との遅延線からデータを読み出すことにより、クロスフェイディングを実行できる。したがって、例えば、プロセス 3 9 0 が呼び出されるたびに、および の値が過去におけるそれらの値と比較されて、源の場所が変化しているかどうか決定される。変化がない場合、新しい I T D 遅延は計算されず、現在の I T D 遅延が使用される（プロセスブロック 3 9 8）。変化がある場合、新しい I T D 遅延が計算され（プロセスブロック 4 0 0）、クロスフェイディングが実行される（プロセスブロック 4 0 2）。1 つの実施形態において、以前の値から新しい値に I T D 遅延値を徐々

10

20

30

40

50

に増加または減少させることにより、ITDクロスフェイディングを達成できる。

【0120】

1つの実施形態において、音源の位置の変化が検出されるとき、ITD遅延値のクロスフェイドを引き起こすことができ、複数の処理サイクルの間に、段階的な変化を発生させることができる。例えば、ITD遅延が古い値 ITD_{old} と新しい値 ITD_{new} を有する場合、次のN個の処理サイクルの間にクロスフェイドな移行を発生させることができる。

【数6】

$$ITD(1) = ITD_{old}, ITD(2) = ITD_{old} + \Delta ITD/N, \dots, ITD(N-1) = ITD_{old} + \Delta ITD(N-1)/N, \\ ITD(N) = ITD_{new}$$

10

【0121】

ここで、 $ITD = ITD_{new} - ITD_{old}$ ($ITD_{new} > ITD_{old}$ を仮定している)である。

【0122】

図18中で示したように、ITDクロスフェイドとともに、またはITDクロスフェイドなしに、ITD調整されたデータをさらに処理することができ、それにより、プロセスブロック404において、およびの現在の値に基づいて、位置フィルタリングを実行できる。図18の描写目的のために、プロセスブロック404はIID補償を含むことも

20

【0123】

決定ブロック406において、半面において変更があったかどうかをプロセス390が決定する。答えが“いいえ”である場合、IID補償のクロスフェイディングは実行されない。答えが“はい”である場合、プロセスブロック408においてプロセス390は、およびの以前の値に基づいて、別の位置フィルタリングを実行する。図18の描写目的のために、プロセスブロック408はIID補償を含むことも仮定される。プロセスブロック410において、IID補償値間で、および/またはフィルタが変更されるとき(例えば、以前および現在の半面に対応するフィルタを切り換えるとき)、クロスフェイディングを実行できる。異なるIID利得を適用するとき、位置フィルタを切り換えるとき

30

【0124】

1つの実施形態において、以前の値から新しい値にIID補償利得値を、および/または以前のセットから新しいセットにフィルタ係数を徐々に増加または減少させることにより、IIDクロスフェイディングを達成できる。1つの実施形態において、半面における変更が検出されるとき、IID利得値のクロスフェイディングを引き起こすことができ、複数の処理サイクルの間にIID利得値の段階的な変更を発生させることができる。例えば、所定のIIDが、古い値の IID_{old} と、新しい値の IID_{new} とを有する場合、次のN個の処理サイクルの間にクロスフェイディングの移行を発生させることができる。

40

【数7】

$$IID(1) = IID_{old}, IID(2) = IID_{old} + \Delta IID/N, \dots, IID(N-1) = IID_{old} + \Delta IID(N-1)/N, \\ IID(N) = IID_{new}$$

【0125】

ここで、 $IID = IID_{new} - IID_{old}$ ($IID_{new} > IID_{old}$ を仮定している)である。位置フィルタをクロスフェイドするために、位置フィルタ係数に対して同様の段階的な変更を導入できる。

【0126】

50

図18中でさらに示したように、位置フィルタされた、およびIID補償された信号は、IIDクロスフェイドされたかどうかにかかわらず、プロセスブロック412において増幅できる出力信号を生じさせ、それにより、処理されたステレオ出力414を生じさせる。

【0127】

いくつかの実施形態において、ITD、ITDクロスフェイディング、位置フィルタリング、IID、IIDクロスフェイディング、またはこれらについての組み合わせ、のさまざまな特徴を、他のサウンド効果を高める特徴と組み合わせることができる。図19は、ITD/位置フィルタリング/IID処理の前および/または後に、サウンド信号を処理できる信号処理構成420の1つの実施形態のブロック図を示す。示したように、源422からのサウンド信号をサンプルレート変換(SRC)424のために処理し、ドップラー効果426に対して調整して、動いている音源をシミュレートできる。距離428およびリスナ源の方向430に対処する効果も実現できる。1つの実施形態において、前述の方法で処理されたサウンド信号を入力信号432としてITDコンポーネント434に提供できる。ITD処理だけでなく、位置フィルタ436およびIID438による処理も、ここで記述したような方法で実行できる。

10

【0128】

図19中でさらに示したように、IIDコンポーネント438からの出力を残響コンポーネント440によりさらに処理して、出力信号442中で残響効果を提供できる。

【0129】

1つの実施形態において、SRC424、ドップラー426、距離428、方向430、および残響440、のコンポーネントの機能は、知られている技術に基づくことができ、したがって、さらに記述する必要はない。

20

【0130】

図20は、1つの実施形態において、複数のオーディオ信号処理チェーン(1からNとして描写され、Nは1より大きい)が複数の源452からの信号を処理できることを示す。1つの実施形態において、SRC454、ドップラー456、距離458、方向460、ITD462、位置フィルタ464、およびIID466のそれぞれのチェーンを、図19の単一のチェーンの例420に類似して構成できる。それぞれのダウンミックスコンポーネント470および474中で、複数のIID466からの左右の出力を組み合わせることができ、2つのダウンミックスされた信号を残響処理(472および476)することができ、それにより出力信号478を生成する。

30

【0131】

1つの実施形態において、SRC454、ドップラー456、距離458、方向460、ダウンミックス(470および474)、および残響(472および476)のコンポーネントの機能は、知られている技術に基づくことができ、したがって、さらに記述する必要はない。

【0132】

図21は、1つの実施形態において、他の構成が可能であることを示す。例えば、残響484、ドップラー486、距離488、および方向490、のコンポーネントにより、(例示的なストリーム1から8として描写された)複数のサウンドデータストリームのそれぞれを処理できる。方向コンポーネント490からの出力を、左右の信号を出力するITDコンポーネント492に入力することができる。

40

【0133】

図21中で示したように、ダウンミックスコンポーネント494を介して、8個のITD492の出力を、対応する位置フィルタに方向付けることができる。このような6組の位置フィルタ496は、6つの例示的な半面に対応するように描写されている。位置フィルタ496は、それぞれのフィルタをそれらに対して提供された入力に適用し、対応する左右の出力信号を提供する。図21の描写目的のため、位置フィルタがIID補償機能を提供できることも仮定する。

50

【 0 1 3 4 】

図 2 1 中で示したように、ダウンミックスコンポーネント 4 9 8 により、位置フィルタ 4 9 6 の出力をさらにダウンミックスすることができ、ダウンミックスコンポーネント 4 9 8 は、(標準ステレオコンテンツのような) 2 D ストリームを、ここで記述したように処理される 3 D ストリームと混合する。1 つの実施形態において、このようなダウンミキシングにより、オーディオ信号中のクリッピングを回避できる。S R S “ W O W X T ” アプリケーションのようなサウンドを高めるコンポーネント 5 0 0 により、ダウンミックスされた出力信号をさらに処理して、出力信号 5 0 2 を発生させることができる。

【 0 1 3 5 】

例として見たように、他のサウンド効果を高める技術とともに、I T D、位置フィルタ、および/または I I D、の特徴を組み込むことに対してさまざまな構成が可能である。したがって、ここで示した以外の構成が可能であることが理解される。

10

【 0 1 3 6 】

図 2 2 A および 2 2 B は、位置フィルタリングのさまざまな機能をどのように実現できるかに関する、限定でない例示的な構成を示す。図 2 2 A 中で示した 1 つの例示的なシステム 5 1 0 において、3 D サウンドアプリケーションプログラミングインターフェイス (A P I) 5 2 0 として示されるコンポーネントにより、位置フィルタリングを実行できる。オペレーティングシステム 5 1 8 とマルチメディアアプリケーション 5 2 2 との間のインターフェイスを提供する一方で、このような A P I は位置フィルタリング機能を提供できる。オーディオ出力コンポーネント 5 2 4 は、スピーカまたはヘッドフォンのような出力デバイスに出力信号 5 2 6 を提供できる。

20

【 0 1 3 7 】

1 つの実施形態において、3 D サウンド A P I 5 2 0 の少なくともいくつかの部分は、システム 5 1 0 のプログラムメモリ 5 1 6 中に存在し、プロセッサ 5 1 4 の制御の下にあるものとして提供することができる。1 つの実施形態において、システム 5 1 0 は、視覚による入力をリスナに提供できるディスプレイ 5 1 2 コンポーネントを含むこともできる。ディスプレイ 5 1 2 により提供される視覚によるキューおよび A P I 5 2 0 により提供されるサウンド処理は、リスナ/観察者に対してオーディオビジュアル効果を高めることができる。

【 0 1 3 8 】

図 2 2 B は、別の例示的なシステム 5 3 0 を示し、別の例示的なシステム 5 3 0 は、ディスプレイコンポーネント 5 3 2 と、スピーカまたはヘッドフォンのようなデバイスに対して位置フィルタされた信号 5 4 0 を出力するオーディオ出力コンポーネント 5 3 8 とを含むこともできる。1 つの実施形態において、システム 5 3 0 は、位置フィルタリングに対して必要とされる少なくともいくつかの情報を有するデータ 5 3 4 を内部に含むことができ、またはアクセスすることができる。例えば、データ 5 3 4 から、プロセッサ 5 3 6 の制御の下で実行されている(示していない)いくつかのアプリケーションに、さまざまなフィルタ係数および他の情報を提供してもよい。

30

【 0 1 3 9 】

ここで記述したように、位置フィルタリングおよび関係付けられた処理技術のさまざまな特徴は、過重な計算を必要とすることなく、実際的な 3 次元サウンド効果の発生を可能にする。それ自体、計算力およびリソースが限定されているかもしれないポータブルデバイスにおける実現に対して、本開示のさまざまな特徴は特に役に立つことができる。

40

【 0 1 4 0 】

図 2 3 A および 2 3 B は、位置フィルタリングのさまざまな機能を実現できるポータブルデバイスの限定でない例を示す。図 2 3 A は、1 つの実施形態において、3 D オーディオ機能 5 5 6 がセル電話機 5 5 0 のようなポータブルデバイスにおいて実現できることを示す。多くのセル電話機は、ビデオディスプレイ 5 5 2 とオーディオ出力 5 5 4 とを含むことができるマルチメディア機能を提供する。しかし、このようなデバイスは通常、限定された、計算力およびリソースを有する。したがって、セル電話機 5 5 0 のユーザに対し

50

て、3Dオーディオ機能556は、向上したリスニング体験を提供できる。

【0141】

図23Bは、別の例示的な実現560において、位置フィルタリングによりサラウンドサウンド効果がシミュレートできる（シミュレートされた音源126により描写された）ことを示す。ヘッドフォン124の左右のスピーカだけを聴いているとはいえ、ヘッドフォン124に提供される出力信号564は、サラウンドサウンド効果をリスナ102に結果として経験させることができる。

【0142】

例示的なサラウンドサウンド構成560に対して、5つの音源を処理するように、位置フィルタリングを構成できる（例えば、図20または21中の5つの処理チェーン）。1つの実施形態において、音源の場所に関する情報（例えば、5つのシミュレートされたスピーカの場所に関する情報）を入力データ中にエンコードすることができる。5つのスピーカ126はリスナ102を基準として動かないので、処理の際に、5つの音源の位置を固定できる。したがって、ITDの決定を簡単にすることができ、ITDクロスフェーディングを除くことができ、フィルタ選択を固定でき（例えば、源が水平面上に置かれている場合、前部および後部水平半面だけが、使用に必要とされる）、IID補償を簡単にすることができ、IIDクロスフェーディングを除くことができる。

【0143】

ポータブルだけでなく、ポータブルでないデバイス上での他の実現が可能である。

【0144】

ここでの記述において、コンポーネントまたはモジュールの点から、さまざまな機能を記述および描写している。このような描写は記述目的のためであり、物理的な境界またはパッケージング構成を必ずしも意味しない。例えば、図12（および他の図）は、コンポーネントとしてITD、位置フィルタ、およびIIDを描写している。単一のデバイス/ソフトウェア、別々のデバイス/ソフトウェア、またはこれらについての任意の組み合わせ中で、これらのコンポーネントの機能を実現できることが理解される。さらに、位置フィルタのような所定のコンポーネントに対して、単一のデバイス/ソフトウェア、複数のデバイス/ソフトウェア、またはこれらについての任意の組み合わせ中で、その機能を実現できる。

【0145】

一般に、一例として、ここで記述したように動作する、コンピュータ、プログラムロジック、またはデータおよび命令を表す他の基板構成をプロセッサが含むことができることが理解される。他の実施形態において、プロセッサは、制御回路、プロセッサ回路、プロセッサ、汎用目的の単一チップまたは複数チップのマイクロプロセッサ、デジタル信号プロセッサ、組み込まれたマイクロプロセッサ、マイクロ制御装置、およびこれらに類似するものを含むことができる。

【0146】

さらに、1つの実施形態において、1つ以上のコンポーネントとしてプログラムロジックを有利に実現してもよいことが理解される。1つ以上のプロセッサ上で実行するようにコンポーネントを有利に構成してもよい。ソフトウェアまたはハードウェアコンポーネント、ソフトウェアモジュールのようなモジュール、オブジェクト指向のソフトウェアコンポーネント、クラスコンポーネントおよびタスクコンポーネント、プロセス方法、関数、属性、手続き、サブルーチン、プログラムコードのセグメント、ドライバ、ファームウェア、マイクロコード、回路、データ、データベース、データ構造、テーブル、配列、ならびに変数をコンポーネントは含むが、それらに限定されない。

【0147】

上で開示した実施形態は、上で開示した実施形態に適用されるような本発明の基本的な新しい特徴を示し、記述し、指摘しているが、示した、デバイス、システム、および/または方法の詳細の形態におけるさまざまな省略、置換、および変更が、本発明の範囲から逸脱することなく当業者により実施されることを理解すべきである。したがって、本発明

10

20

30

40

50

の範囲は、前述の記述により限定されるべきではなく、添付の特許請求の範囲により規定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】図1は、位置オーディオエンジンが、リスナに対して動いている音源のサウンド効果を提供できる例示的なリスニング状況を示す。

【図2】図2は、位置オーディオエンジンが、ヘッドフォンを使用するリスナに対してサラウンドサウンド効果を提供できる別の例示的なリスニング状況を示す。

【図3】図3は、位置オーディオエンジンの全体的な機能のブロック図を示す。

【図4】図4は、図3の位置オーディオエンジンにより実行できるプロセスの1つの実施形態を示す。 10

【図5】図5は、図4のプロセスのさらに特定な例とすることができるプロセスの1つの実施形態を示す。

【図6】図6は、図5のプロセスのさらに特定な例とすることができるプロセスの1つの実施形態を示す。

【図7A】図7Aは、一例として、応答曲線からの1つ以上の場所臨界情報がどのように比較的簡単なフィルタ応答に変換できるかを示す。

【図7B】図7Bは、図7Aの例示的な変換を提供できるプロセスの1つの実施形態を示す。

【図8】図8は、記述の目的のための例示的な空間座標の規定200を示す。 20

【図9】図9は、リスナに関する空間を4つの象限に分割できる例示的な空間の構成を示す。

【図10】図10は、図9の空間の構成における音源を、X軸に関する複数の別々の半面上に位置しているものとして近似し、その結果、位置フィルタリング応答を簡単にすることができる例示的な空間の構成を示す。

【図11A】図11Aは、さまざまな半面に対して、場所臨界シミュレートされたフィルタ応答を取得できるように、図10のいくつかの半面上のさまざまな例示的な場所で取得できるHRTFのような例示的な応答曲線を示す。

【図11B】図11Bは、さまざまな半面に対して、場所臨界シミュレートされたフィルタ応答を取得できるように、図10のいくつかの半面上のさまざまな例示的な場所で取得できるHRTFのような例示的な応答曲線を示す。 30

【図11C】図11Cは、さまざまな半面に対して、場所臨界シミュレートされたフィルタ応答を取得できるように、図10のいくつかの半面上のさまざまな例示的な場所で取得できるHRTFのような例示的な応答曲線を示す。

【図12】図12は、1つの実施形態において、位置フィルタが、位置臨界シミュレートされたフィルタ応答を提供でき、両耳間時間差(ITD)および両耳間強度差(IID)の機能とともに動作できることを示す。

【図13】図13は、図12のITDコンポーネントの1つの実施形態を示す。

【図14】図14は、図12の位置フィルタコンポーネントの1つの実施形態を示す。

【図15】図15は、図12のIIDコンポーネントの1つの実施形態を示す。 40

【図16】図16は、図12のITDコンポーネントにより実行できるプロセスの1つの実施形態を示す。

【図17】図17は、図12の位置フィルタとIIDコンポーネントとにより実行できるプロセスの1つの実施形態を示す。

【図18】図18は、図12のITD、位置フィルタ、およびIIDコンポーネントの機能を提供するために実行できる、プロセスの1つの実施形態を示し、ここでクロスフェイディング機能が、動く音源の影響のなめらかな移行を提供できる。

【図19】図19は、位置フィルタコンポーネントが他のサウンド処理コンポーネントとともにチェーンの一部となることができる例示的な単一の処理構成を示す。

【図20】図20は、1つの実施形態において、複数の信号処理チェーンを実現して、複 50

数の音源をシミュレートできることを示す。

【図21】図21は、図20の実施形態に対する別のバリエーションを示す。

【図22A】図22Aは、位置フィルタを有する位置オーディオエンジンを実現できるオーディオシステムの限定でない例を示す。

【図22B】図22Bは、位置フィルタを有する位置オーディオエンジンを実現できるオーディオシステムの限定でない例を示す。

【図23A】図23Aは、位置フィルタの機能を実現して、向上したリスニング体験をリスナに提供できるデバイスの限定でない例を示す。

【図23B】図23Bは、位置フィルタの機能を実現して、向上したリスニング体験をリスナに提供できるデバイスの限定でない例を示す。

【図1】

図1

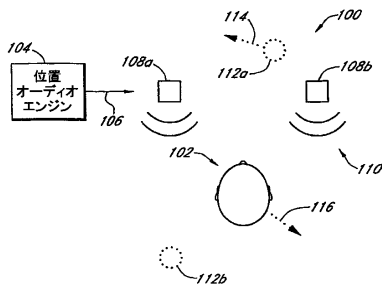


FIG. 1

【図3】

図3

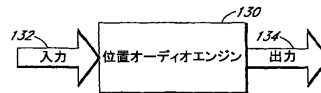


FIG. 3

【図4】

図4

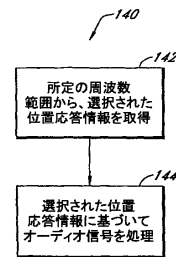


FIG. 4

【図2】

図2

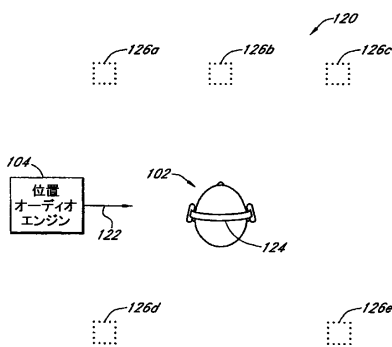


FIG. 2

【図5】

図5

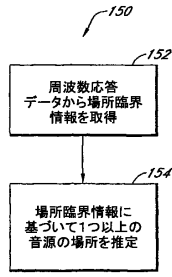


FIG. 5

【図6】

図6

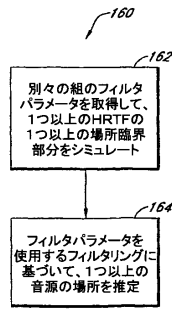


FIG. 6

【図7B】

図7B

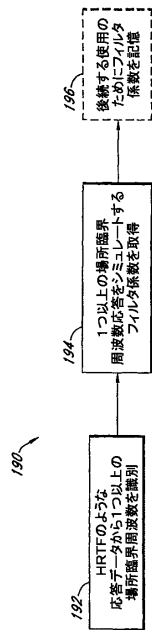


FIG. 7B

【図7A】

図7A

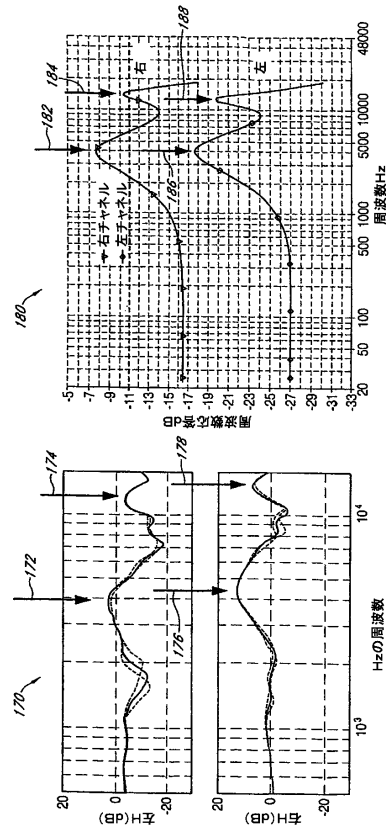


FIG. 7A

【図8】

図8

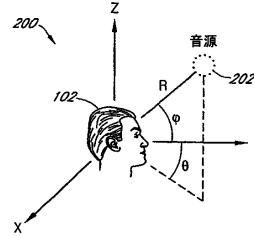


FIG. 8

【図9】

図9

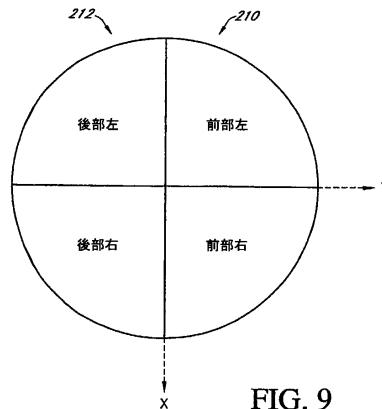


FIG. 9

【図10】

図10

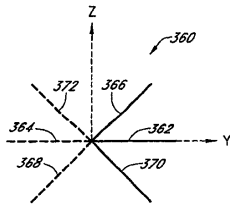


FIG. 10

【図11B】

図11B

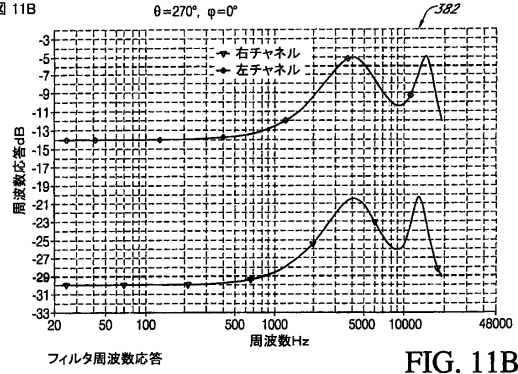


FIG. 11B

【図11A】

図11A

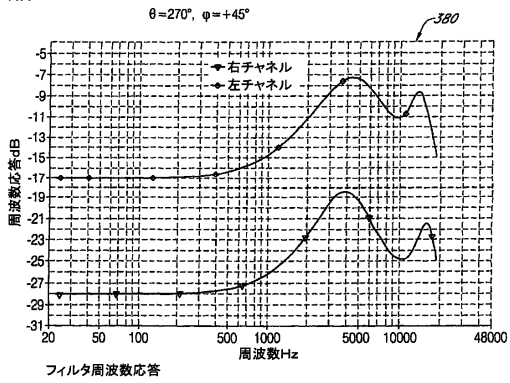


FIG. 11A

【図11C】

図11C

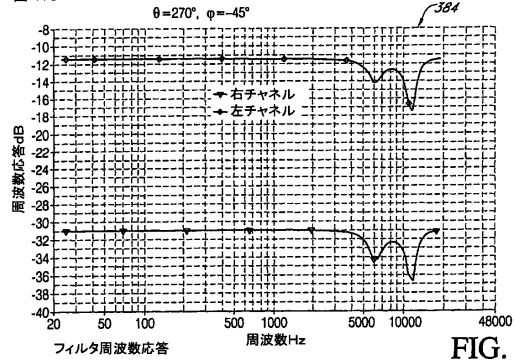


FIG. 11C

【図12】

図12

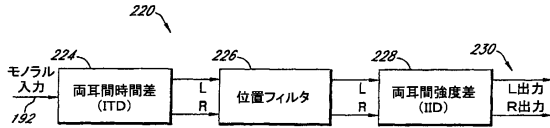


FIG. 12

【図14】

図14

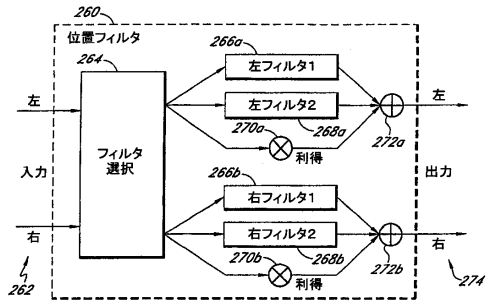


FIG. 14

【図13】

図13

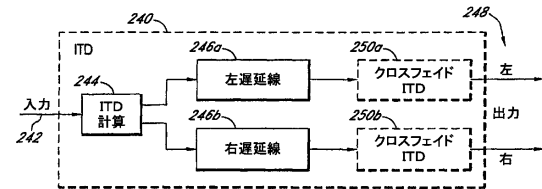


FIG. 13

【 図 15 】

図 15

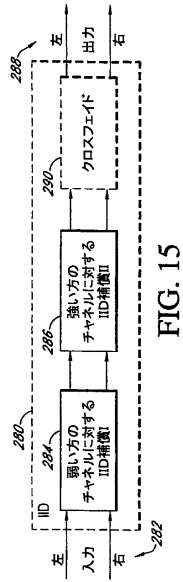


FIG. 15

【 図 16 】

図 16

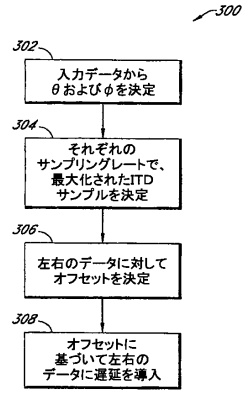


FIG. 16

【 図 17 】

図 17

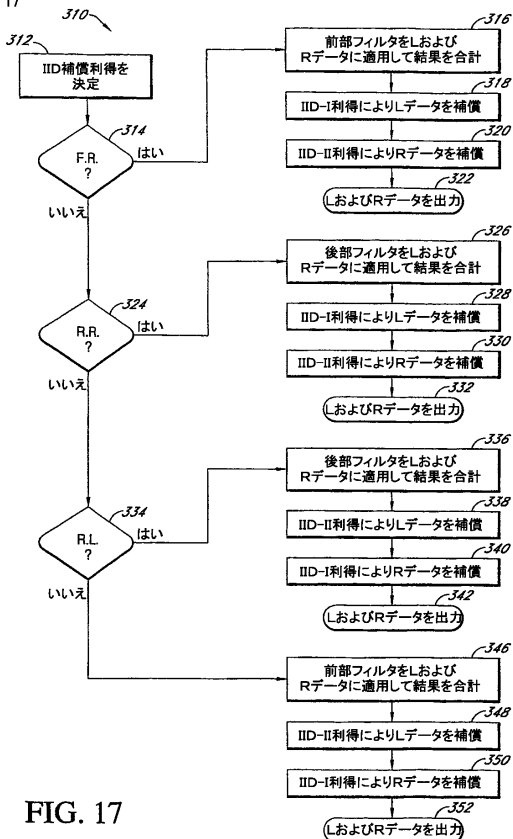


FIG. 17

【 図 18 】

図 18

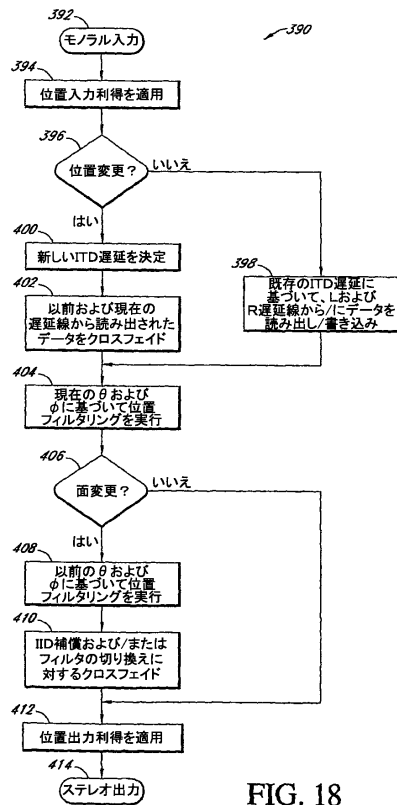


FIG. 18

【図19】

図19

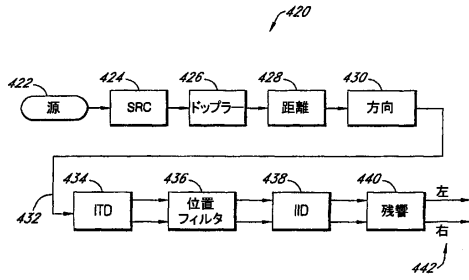


FIG. 19

【図20】

図20

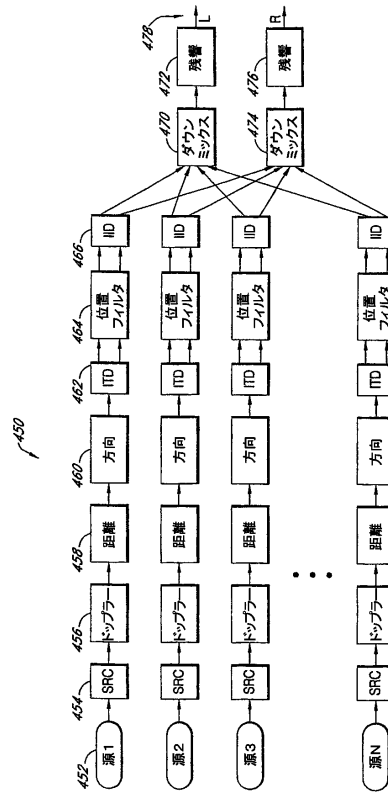


FIG. 20

【図21】

図21

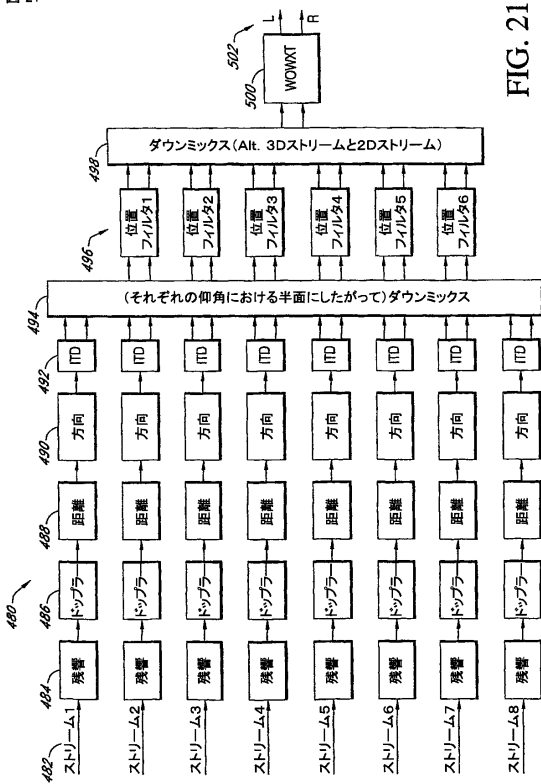


FIG. 21

【図22A】

図22A

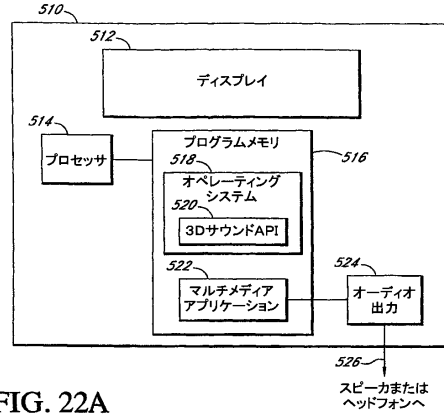


FIG. 22A

【図22B】

図22B

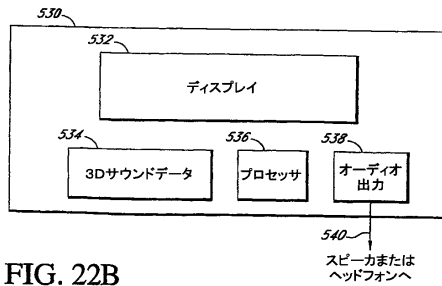


FIG. 22B

【 23 A 】

図 23A

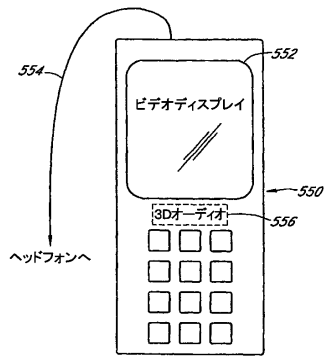


FIG. 23A

【 23 B 】

図 23B

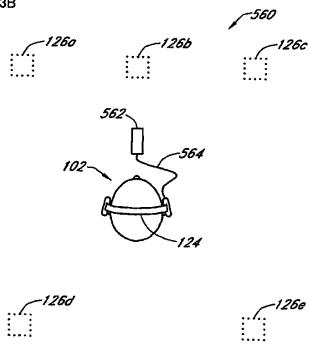


FIG. 23B

フロントページの続き

- (74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (72)発明者 ワング、ウェン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95014、クパーティノ、ロビンデル・ウェイ 7787

審査官 菊池 充

- (56)参考文献 特開2002-051399(JP,A)
特開平10-174200(JP,A)
特開2003-102099(JP,A)
特開2000-050400(JP,A)
特開2004-343706(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0117762(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04S 1/00-7/00
G10L 19/00-21/06