

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-219527
(P2015-219527A)

(43) 公開日 平成27年12月7日(2015.12.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G10K 11/178 (2006.01)	G10K 11/16 H	5D005
H04R 1/10 (2006.01)	H04R 1/10 101B	5D061
	H04R 1/10 101A	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L 外国語出願 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2015-99577 (P2015-99577)
 (22) 出願日 平成27年5月15日 (2015.5.15)
 (31) 優先権主張番号 1454406
 (32) 優先日 平成26年5月16日 (2014.5.16)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. WALKMAN

(71) 出願人 509127457
 パロット
 フランス, F-75010 パリ, ケー
 ド ジェムマペ, 174
 (74) 代理人 100094112
 弁理士 岡部 譲
 (74) 代理人 100106183
 弁理士 吉澤 弘司
 (74) 代理人 100114915
 弁理士 三村 治彦
 (74) 代理人 100120363
 弁理士 久保田 智樹
 (74) 代理人 100125139
 弁理士 岡部 洋

最終頁に続く

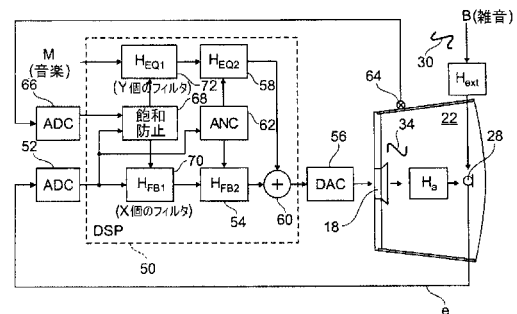
(54) 【発明の名称】 フィードバックマイクロフォン信号の飽和の影響を防止する ANC 雑音能動制御オーディオヘッドセット

(57) 【要約】

【課題】 新たな ANC 雑音低減技法を提案すること。

【解決手段】 ヘッドセット (HS) は、能動雑音制御機能を含み、内部 ANC マイクロフォン (MP) が音響空洞内部に配置され、音響雑音成分を含む信号を送出する。デジタルシグナルプロセッサ DSP が、ANC MP が送出する信号にフィルタリング伝達関数 H_{FB2} を適用するフィードバック (FB) ANC ブランチと、FB ブランチの信号を再生するオーディオ信号 M と混合する手段とを備える。HS は移動センサを備える。DSP は、内部 MP によって送出される信号と、移動センサが送出する信号とを同時に分析し、これらの信号の現特性が一組の所定基準を満たすかを検証する手段を備える。FB ANC フィルタの上流では、飽和防止フィルタ H_{FB1} を検証の結果に応じて選択的に切り換える。再生する信号 M の等化ブランチのフィルタリング H_{EQ2} を同様の飽和防止フィルタ H_{EQ1} によって変更する。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

オーディオヘッドセットであって、

各々が、再生されることになるオーディオ信号の音響再生用のトランスデューサ(18)を含む2つのイヤホン(10)であって、該トランスデューサは耳音響空洞(22)内に収容されている、イヤホン(10)と、

音響雑音成分を含む拾われた信号を送出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と、

前記イヤホンのうちの少なくとも1つに搭載され、加速度計信号を送出するように構成される移動センサ(64)と、

デジタルシグナルプロセッサ、すなわちDSP(50)であって、

前記マイクロフォンに由来する信号と、再生されることになる前記オーディオ信号(M)とを入力として受け取り、前記トランスデューサ(18)を動作させるように構成される信号を出力として送出手段(60)と、

i) 前記マイクロフォンによって送出手段(60)に送られる前記マイクロフォン信号及びii) 前記移動センサ(64)によって送出手段(60)に送られる前記加速度計信号を同時に分析し、これらのマイクロフォン信号及び加速度計信号の現特性が第1の組の所定基準を満たすか否かを検証するように構成される手段(68)を備える雑音低減手段と、

を備える、DSP(50)と、

を備え、

該ヘッドセットは、ANC能動雑音制御システムを備え、

前記マイクロフォンは、前記音響空洞(22)内部に配置された内部ANCマイクロフォン(28)であり、

前記DSP(50)は、

前記内部ANCマイクロフォン(28)によって拾われる前記信号に対してフィルタリング伝達関数(H_{FB})を適用するように構成されるフィードバックANCフィルタ(54)を備える閉ループフィードバックブランチ(36)と、

前記フィードバックANCフィルタ(54)の前記出力において前記フィードバックブランチによって送出手段(60)に送られる前記信号と、再生されることになる前記オーディオ信号(S)とを入力として受け取り、前記トランスデューサ(18)を動作させるように構成される前記信号を出力として送出手段(46)と、

を備え、

前記DSPは、前記内部マイクロフォン(28)によって送出手段(60)に送られる前記信号の飽和の前記フィードバックブランチに対する前記影響を防止する手段を更に備え、該手段は、

i) 前記マイクロフォン(28)によって送出手段(60)に送られる前記マイクロフォン信号及びii) 前記移動センサ(64)によって送出手段(60)に送られる前記加速度計信号を同時に分析し、これらのマイクロフォン信号及び加速度計信号の現特性が第1の組の所定基準を満たすか否かを検証するように構成される前記手段(68)と、

前記フィードバックブランチにおいて前記フィードバックANCフィルタ(54)の上流における、前記第1の組の基準の前記検証の結果に応じて選択的に切替可能なフィードバック飽和防止フィルタ(70)と、

を備えることを特徴とする、オーディオヘッドセット。

【請求項 2】

前記フィードバック飽和防止フィルタ(70)は、複数の選択的に切替可能な事前構成されたフィルタのうちの1つであり、

前記DSP(50)は、

前記第1の組の基準の前記検証の前記結果に応じて、前記事前構成された飽和防止フィルタのうちの1つを選択するように構成される手段(68)、

を更に備える、請求項1に記載のオーディオヘッドセット。

【請求項 3】

10

20

30

40

50

前記 DSP (50) は、

再生されることになる前記オーディオ信号 (M) を前記混合手段 (60) に印加する前に、該再生されることになるオーディオ信号 (M) に対して等化伝達関数 (H_{EQ}) を適用するように構成される等化フィルタ (58) を備える等化ブランチと、

前記等化ブランチにおいて前記等化フィルタ (58) の上流における、前記フィードバック飽和防止フィルタ (70) と同時に選択的に切換可能な等化飽和防止フィルタ (72) と、

を更に備える、請求項 1 に記載のオーディオヘッドセット。

【請求項 4】

前記フィードバック飽和防止フィルタ (72) は、複数の選択的に切換可能な事前構成された等化フィルタのうちの 1 つであり、

10

前記 DSP (50) は、

前記第 1 の組の基準の前記検証の前記結果に応じて前記事前構成された等化フィルタのうちの 1 つを選択するように構成される手段 (68)、

を更に備える、請求項 1 に記載のオーディオヘッドセット。

【請求項 5】

前記加速度計信号の前記現特性は、前記加速度計信号のエネルギーの値 (R_{ms_{acc}}) を含み、前記所定基準は、前記エネルギーの値が比較される閾値 (Threshold_a) を含む、請求項 1 に記載のオーディオヘッドセット。

【請求項 6】

20

前記マイクロフォン信号の前記現特性は、複数のそれぞれの周波数帯域 (フィルタ 1、フィルタ 2、...) における前記マイクロフォン信号のエネルギーの値 (R_{ms1}、R_{ms2}...) を含み、前記所定基準は、前記加速度計信号の前記エネルギーの値 (R_{ms_{acc}}) が前記閾値 (Threshold_a) を超えた場合に前記マイクロフォン信号の前記エネルギー値が比較される一続きのそれぞれの閾値 (Threshold₁、Threshold₂、... Threshold_N) を含む、請求項 5 に記載のオーディオヘッドセット。

【請求項 7】

前記フィードバック ANC フィルタ (54) は、複数の選択的に切換可能な事前構成されたフィードバック ANC フィルタのうちの 1 つであり、

30

前記 DSP (50) は、

前記内部マイクロフォンによって送出される前記信号の現特性が第 2 の組の所定基準を満たすか否かを検証するように構成される、前記内部マイクロフォンによって送出される前記信号を分析する手段 (62) と、

前記第 2 の組の基準の前記検証の結果に応じて前記事前構成されたフィードバック ANC フィルタのうちの 1 つを選択するように構成される選択手段 (62) と、

を更に備える、請求項 1 に記載のオーディオヘッドセット。

【請求項 8】

前記 DSP (50) は、

再生されることになる前記オーディオ信号 (M) を前記混合手段 (60) に印加する前に、該再生されることになるオーディオ信号 (M) に対して等化伝達関数 (H_{EQ}) を適用するように構成される等化フィルタ (58) を備える等化ブランチ、

40

を更に備え、

前記等化フィルタ (58) は、複数の選択的に切換可能な事前構成された等化フィルタのうちの 1 つであり、

前記選択手段 (62) は、前記現在選択されているフィードバック ANC フィルタに応じて前記事前構成された等化フィルタのうちの 1 つを選択するようにも適合されている、請求項 7 に記載のオーディオヘッドセット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、「能動雑音制御 (active noise control : アクティブノイズコントロール) システムを備えたオーディオヘッドセットに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

こうしたヘッドセットは、有線接続によって、又は無線接続、特に Bluetooth リンク (Bluetooth SIG の登録商標) によってそのヘッドセットが接続される MP3 プレイヤー、ラジオ、スマートフォン等の装置に由来する音源 (例えば、音楽) を聴くために使用することができる。

【 0 0 0 3 】

ヘッドセット装着者の声を拾うように構成されるマイクロフォンセットが設けられている場合、このヘッドセットは、音源を聴くことの補足として「ハンズフリー」電話機能等の通信の機能に使用することもできる。そして、ヘッドセットトランスデューサは、ヘッドセット装着者が会話している遠隔の話者の声を再生する。

【 0 0 0 4 】

ヘッドセットは、一般に、ヘッドバンドによって連結された 2 つのイヤホンを用意している。各イヤホンは、閉鎖されたケーシングを備えており、こうしたケーシングは、音響再生トランスデューサ (以下、単に「トランスデューサ」と呼ぶ) を収容し、かつ耳を外部音響環境から隔離するサーカムオーラル型パッドを介挿して使用者の耳の周囲にあてがわれるように意図されている。

【 0 0 0 5 】

「イントラオーラル (intra-aural) 」型のイヤホンもある。このイヤホンは、素子が外耳道内に配置され、そのため、耳を包囲するか又は覆うパッドを持たない。以下、トランスデューサが耳を包囲する (「サーカムオーラル型」ヘッドセット) 、又は耳の上に乗る (「スープラオーラル (supra-aural) ヘッドセット) ケーシング内に収容されている「ヘッドセット」型のイヤホンについて主に言及するが、この例は、限定的であるものとしてみなされてはならず、それは、本発明は、理解されるように、イントラオーラル型イヤホンにも適用することができるためである。

【 0 0 0 6 】

ヘッドセットが雑音の多い環境 (地下鉄、繁華街、列車、飛行機等) で使用される場合、装着者は、閉鎖されたケーシング及びサーカムオーラル型パッドによって装着者を隔離するヘッドセットイヤホンによって、雑音から部分的に保護される。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、この全く受動的な保護は単に部分的であり、それは、特に周波数スペクトルの低い部分における音の一部が、イヤホンケーシングを通して又は装着者の頭蓋骨を介して耳に伝達される可能性があるためである。

【 0 0 0 8 】

そのため、いわゆる「能動雑音制御」すなわち ANC 技法が開発され、その原理は、入ってくる雑音成分を拾い、この雑音成分に対して、理想的にはその雑音成分の圧力波の反転したコピーである音波を、時間的にかつ空間的に重ね合わせることにある。問題は、雑音成分との弱め合う干渉をそのように生成すること、及びスプリアス音波の圧力の変動を低減する、理想的には相殺することである。

【 0 0 0 9 】

特許文献 1 (Parrot) は、閉ループフィードバックフィルタリングタイプ及び開ループフィードフォワードフィルタリングタイプを結合した ANC システムが設けられた、こうしたヘッドセットについて記載している。フィードバックフィルタリングパスは、イヤホンケーシング、サーカムオーラル型パッド及びトランスデューサによって境界が定められた音響空洞の内部に配置されたマイクロフォンによって収集される信号に基づく。言い換えれば、このマイクロフォンは、使用者の耳の近くに配置され、主に、トランスデューサによって生成される信号及び前方空洞内で依然として知覚可能な、相殺されていない残留

10

20

30

40

50

雑音信号を受け取る。トランスデューサによって再生される音源のオーディオ信号が差し引かれるこのマイクロフォンの信号は、ANCシステムのフィードバックループに対する誤差信号を構成する。フィードフォワードフィルタリングパスは、ヘッドセットの装着者の現在置かれている環境に存在するスプリアス雑音を収集する外部マイクロフォンによって拾われる信号を使用する。最後に、第3のフィルタリングパスが、再生される音源に由来するオーディオ信号を処理する。3つのフィルタリングパスの出力信号が合成されてトランスデューサに印加され、周囲雑音の抑制信号に関連する音源信号を再生する。

【0010】

特許文献2 (Parrot) は、特に「ハンズフリー」電話機能において使用可能な、マイクロフォン/ヘッドセットの組合せ型の装置について記載している。ヘッドセットには、生理学的センサが設けられており、生理学的センサは、ヘッドセット装着者の頬又はこめかみに接触してあてがわれ、本質的に周囲雑音によってほとんど損なわれない特徴を有する音声振動を収集する。生理学的センサは、より近接した有り得る結合状態で使用者の頬又はこめかみにあてがわれるように、ヘッドセットイヤホンのパッドの表皮の内面に配置された、加速度計とすることができる。このように収集された信号は、フィルタリングされ、従来の外部マイクロフォンによって拾われる信号と結合された後、近接した話者(ヘッドセット装着者)の発話信号を通信システムに送るのを可能にし、話者の了解度を大幅に向上させることになる。このセンサの別の利点は、動的フィルタの遮断周波数を計算するために、センサから送出される信号を使用することができるということである。

10

【0011】

特許文献3は、適応型、すなわち、伝達関数が、信号をリアルタイムに分析するアルゴリズムによって動的にかつ連続的に変更されるフィルタを用いるANCシステムを備える、別の装置について記載している。ヘッドセットイヤホンのケーシングの上に配置された外部マイクロフォンは、周囲雑音を収集し、その雑音のレベルは、ヘッドセットの外部環境に存在する雑音に対して適応するように、フィードバックフィルタの伝達関数を調整するために分析される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】欧州特許出願公開第2597889号

30

【特許文献2】欧州特許出願公開第2518724号

【特許文献3】国際公開第2010/129219号(欧州特許出願公開2425421号)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

既存のANCシステムには、イヤホンの内部音響空洞に急峻な加圧及び減圧があるときに現れる現象があり、上記加圧及び減圧は、聞こえないが、その振幅は、マイクロフォンの膜が急峻に圧搾されその公称限界を超える電気信号を生成するほど高い。

40

【0014】

この現象は、特に、ヘッドセットを手で触っている間に、又は使用者が激しく歩くか若しくは走っているときに発生する。そして、ヘッドセットの移動により、前方空洞内に過度の過圧又は減圧が発生し、それが低周波数の高い電気ピークになる。マイクロフォンによって拾われた過度の信号により、フィードバックANCフィルタ内に飽和が発生し、それが、トランスデューサの出力において生成されかつ使用者に対して不快な可聴信号又は「プロップ(plop)」の原因となる。

【0015】

この現象は、通常の歩行状態で発生する可能性さえもあり、その場合、100Hz未満の低周波数の歩行(step)雑音の共鳴音が聞こえ、厄介である場合がある。フィードバックANCフィルタは、これらの歩行雑音の共鳴音を、内部マイクロフォンの信号を増幅す

50

ることによって減衰させることができるが、歩行が激しくなると、マイクロフォン信号の電気レベルが、その通常動作の限界を超え、この場合もまた、ANCフィルタ及びトランスデューサの飽和をもたらす場合がある。

【0016】

この飽和は、信号処理チェーンの幾つかの位置で介入する場合があります、すなわち、アナログ/デジタル変換器の入力ダイナミクスの電氣的超過、デジタルシグナルプロセッサDSPにおける最大デジタル値の超過、又はトランスデューサによって再生される信号が、デジタル/アナログ変換器が生成することができる最大値を超えた場合の出力飽和であり、これらの現象の各々は、不快な「プロップ」をもたらしやすい。

【0017】

本発明の目的は、以下のように、これらの現象を補償するのを可能にする新たなANC雑音低減技法を提案することである。

- 特にヘッドホン使用者の歩行移動による、イヤホンの音響空洞内の過圧/減圧の空気圧現象を補償することにより、
- ANCシステムの雑音防止性能の低下なしに、すなわち、使用者が知覚する残留雑音が、特にi)低周波の強力な減衰及びii)広い周波数抑制帯域幅により、常に最高に低減され、
- 音源(又は、電話用途では遠隔話者の声)に由来するオーディオ信号が歪むことなく、かつこの信号のスペクトルなしに、全てがANC処理によって切り離され、
- ただし、雑音相殺信号及び再生されることになるオーディオ信号は、同じチャンネルによって増幅され、同じトランスデューサによって再生される。

【0018】

本発明の別の目的は、特にデジタルシグナルプロセッサ(DSP)内で実施可能な、こうしたANCシステムに対するデジタル技術(上述した特許文献1におけるようなアナログ技術ではない)を実施することである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

これらの目的を達成するために、本発明は上述した特許文献2によって開示されるようなオーディオヘッドセットを提案する。そのようなヘッドセットは、

- 各々が、再生されることになるオーディオ信号の音響再生用のトランスデューサを含む2つのイヤホンであって、トランスデューサは耳音響空洞内に収容されている、イヤホンと、
- 音響雑音成分を含む拾われた信号を送出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と、
- イヤホンのうちの少なくとも1つに搭載され、加速度計信号を送出するように構成される移動センサと、
- デジタルシグナルプロセッサ、すなわちDSPであって、

マイクロフォンに由来する信号と、再生されることになるオーディオ信号とを入力として受け取り、トランスデューサを誘導するように構成される信号を出力として送出的混合手段と、

- i) マイクロフォンによって送出的されるマイクロフォン信号及びii) 移動センサによって送出的される加速度計信号を同時に分析し、これらのマイクロフォン信号及び加速度計信号の現特性が第1の組の所定基準を満たすか否かを検証するように構成される手段を備える雑音低減手段と、
- を備える、DSPと、
- を備える。

【0020】

本発明の特徴として、

- ヘッドセットは、ANC能動雑音制御システムを備え、
- マイクロフォンは、音響空洞内部に配置された内部ANCマイクロフォンであり、

10

20

30

40

50

- DSPは、

内部ANCマイクロフォンによって送出される信号に対してフィルタリング伝達関数を適用するように構成されるフィードバックANCフィルタを備える閉ループフィードバックブランチと、

フィードバックANCフィルタの出力においてフィードバックブランチによって送出される信号と、再生されることになるオーディオ信号とを入力として受け取り、トランスデューサを誘導するように構成される信号を出力として送出する混合手段と、

を備え、

- DSPは、内部マイクロフォンによって送出される信号の飽和のフィードバックブランチに対する影響を防止する手段を更に備え、手段は、

i) マイクロフォンによって送出されるマイクロフォン信号及びii) 移動センサによって送出される加速度計信号を同時に分析し、これらのマイクロフォン信号及び加速度計信号の現特性が第1の組の所定基準を満たすか否かを検証するように構成される手段と、

フィードバックブランチにおいてフィードバックANCフィルタの上流における、第1の組の基準の検証の結果に応じて選択的に切換可能なフィードバック飽和防止フィルタと、

を備える。

【0021】

様々な有利な従属的特徴によれば、

- フィードバック飽和防止フィルタは、複数の選択的に切換可能な事前構成されたフィルタのうちの1つであり、DSPは、第1の組の基準の検証の結果に応じて、事前構成された飽和防止フィルタのうちの1つを選択するように構成される手段を更に備え、

- DSPは、再生されることになるオーディオ信号を混合手段に印加する前に、再生されることになるオーディオ信号に対して等化伝達関数を適用するように構成される等化フィルタを備える等化ブランチと、等化ブランチにおいて等化フィルタから上流における、フィードバック飽和防止フィルタと同時に選択的に切換可能な等化飽和防止フィルタとを更に備え、

- 等化飽和防止フィルタは、複数の選択的に切換可能な事前構成された等化フィルタのうちの1つであり、DSPは、第1の組の基準の検証の結果に応じて、事前構成された等化フィルタのうちの1つを選択するように構成される手段を更に備え、

- 加速度計信号の現特性は、加速度計信号のエネルギーの値を含み、所定基準は、エネルギーの値が比較される閾値を含む。それは、特に、複数のそれぞれの周波数帯域におけるエネルギーの値とすることができ、所定基準は、加速度計信号のエネルギーの値が閾値を超えた場合にこれらのエネルギー値が比較される一続きのそれぞれの閾値を含み、

- フィードバックANCフィルタは、複数の選択的に切換可能な事前構成されたフィードバックANCフィルタのうちの1つであり、DSPは、内部マイクロフォンによって送出される信号の現特性が第2の組の所定基準を満たすか否かを検証するように構成される、内部マイクロフォンによって送出される信号を分析する手段と、第2の組の基準の検証の結果に応じて、事前構成されたフィードバックANCフィルタのうちの1つを選択するように構成される選択手段とを更に備え、

- DSPは、再生されることになるオーディオ信号を混合手段に印加する前に、再生されることになるオーディオ信号に対して等化伝達関数を適用するように構成される等化フィルタを備える等化ブランチを更に備える。等化フィルタは、複数の選択的に切換可能な事前構成された等化フィルタのうちの1つであり、選択手段は、現在選択されているフィードバックANCフィルタに応じて、事前構成された等化フィルタのうちの1つを選択するようにも適合されている。

【0022】

ここで、本発明の実施形態の一例について、図を通して同じ参照記号が同一の又は機能的に類似する要素を示す添付図面を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

【図 1】使用者の頭部にあるオーディオヘッドセットを概略的に示す図である。

【図 2】種々の音響信号及び電気信号とともに、能動雑音制御オーディオヘッドセットの動作に伴う様々な機能ブロックを示す概略図である。

【図 3】様々な機械要素及びその電気機械部材の構成を示す、本発明によるヘッドセットのイヤホンのうちの一方の正面断面図である。

【図 4】ヘッドセット装着者の 2 回のジャンプの間の、ANCヘッドセットの内部マイクロフォンによる増幅の前に送出された電気信号の一般的な波形の一例を示す図である。

【図 5】本発明による雑音除去処理が行われる方法を、機能ブロックとして概略的に示す図である。

【図 6】マイクロフォン信号の分析、及びヘッドセットトランスデューサに送出される信号に適用されるフィルタの選択の機能を実施する要素をより厳密に示す図である。

【図 7】図 6 の分析及び選択の機能の状態機械の動作を記述するフローチャートである。

【図 8】検出された移動の関数として自動的に選択された、本発明による飽和防止フィルタリングあり及びなしの ANC フィルタの伝達関数を振幅及び位相で示す図である。

【図 9】図 8 に例示する 2 つの場合で得られた減衰の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

図 1 に、使用者の頭部に配置されたオーディオヘッドセットを示す。このヘッドセットは、本来従来の方法では、保持ヘッドバンド 1 2 によって連結された 2 つのイヤホン 1 0、1 0' を含む。イヤホン 1 0 の各々は、使用者の耳の輪郭の上にくる外部ケーシング 1 4 を備え、ケーシング 1 4 と耳の周囲との間に、耳領域と外部音環境との間に音響の観点から十分な気密性を確保するように意図されたサーカムオーラル型可撓性パッド 1 6 が介在している。導入部で示したように、トランスデューサが耳を包囲するか又は耳の上に乗っているケーシング内に収容されている「ヘッドセット」型の構成のこの例は、限定的であるものとしてみなされてはならず、それは、本発明はまた、外耳道に配置される素子を備えるイントラオーラル型イヤホン、したがって、耳を包囲するか又は覆うケーシング及びパッドのないイヤホンにも適用することができるためである。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、種々の音響信号及び電気信号とともに、能動雑音制御オーディオヘッドセットの動作に伴う様々な機能ブロックを示す概略図である。

【 0 0 2 6 】

イヤホン 1 0 は、2 つの空洞、すなわち耳側の前方空洞 2 2 及び反対側の後方空洞 2 4 を画定する仕切り 2 0 によって支持される、以下、単に「トランスデューサ」と呼ぶ音響再生トランスデューサ 1 8 を封入している。

【 0 0 2 7 】

前方空洞 2 2 は、内部仕切り 2 0、イヤホンの壁 1 4、パッド 1 6、及び耳領域における使用者の頭部の外面によって画定される。この空洞は、パッド 1 6 の接触領域における不可避な音の漏れを除き、閉鎖された空洞である。後方空洞 2 4 は、放音口 2 6 がイヤホンの前方空洞 2 2 内で低周波の増強を得るのを可能にすることを除き、閉鎖された空洞である。

【 0 0 2 8 】

最後に、能動雑音制御のために、内部空洞 2 2 に存在する残留雑音、すなわち使用者によって知覚されることになる雑音を拾うように、外耳道に可能な限り近接して配置された内部マイクロフォン 2 8 が設けられている。トランスデューサによって再生された音源（又は、電話用途における遠隔話者の声）のオーディオ信号を別にして、内部マイクロフォン 2 8 によって拾われる音響信号は、以下の組合せである。

- イヤホンケーシング 1 4 を通した周囲の外部雑音 3 0 の伝達に由来する残留雑音 3 2、及び

- 理想的には弱め合う干渉の原理に従って、残留雑音 3 2、すなわち聴取点において抑制

10

20

30

40

50

されるべき雑音の反転コピーである、トランスデューサ 18 によって生成された音波 34 。

【0029】

音波 34 による雑音相殺は決して完全ではなく、内部マイクロフォン 28 は、閉ループフィードバックフィルタリングブランチ 36 に印加される誤差信号 e として使用される残留信号を収集する。

【0030】

場合によっては、外部マイクロフォン 38 は、波 30 によって図式化されている、イヤホンの外側の周囲雑音を拾うように、ヘッドセットイヤホンのケーシングの上に配置することができる。この外部マイクロフォン 38 によって収集される信号は、能動雑音制御システムの前向きフィルタリングステージ 40 に印加される。フィードバックブランチ 36 から、かつ存在する場合は前向きブランチ 40 から来る信号は、42 において合成され、トランスデューサ 18 を誘導する。

【0031】

さらに、トランスデューサ 18 は、音源 (Walkman、ラジオ等)、又は電話用途の場合の遠隔話者の声に由来する再生されることになるオーディオ信号を受け取る。この信号は、それを歪ませる閉ループの影響を受けるため、閉ループの利得及び能動制御なしでの目標応答によって決まる所望の伝達関数を有するように、等化によって前処理されなければならない。ヘッドセットは、場合によっては、図 1 に示すように、例えば「ハンズフリー」電話機能が与えられている場合、通信機能向けの別の外部マイクロフォン 44 を搭載することができる。この追加の外部マイクロフォン 44 は、ヘッドセット装着者の声を拾うように意図されており、能動雑音制御に介在せず、以下では、能動雑音制御に専用マイクロフォン 38 のみを ANC システムによって使用される可能性がある外部マイクロフォンとしてみなす。

【0032】

図 3 は、イヤホン 10 のうちの一方 (他方のイヤホン 10' は同一であるように作成されている) に対して図 2 に概略的に示す種々の機械要素及び電気音響要素の例示的な実施形態を断面図で示す。そこでは、ケーシング 14 の内部を前方空洞 22 及び後方空洞 24 に分割する仕切り 20 を見ることができ、この仕切りには、トランスデューサ 18 が搭載され、内部マイクロフォン 28 が使用者の外耳道に近接して内部マイクロフォン 28 を保持するグリッド 48 によって支持されている。

【0033】

本発明の目的は、特に 100 Hz を下回る低周波数で、内部マイクロフォン 28 によって送出される信号の値の極度な超過をもたらしやすい、前方空洞 22 内の急峻な過圧 / 減圧からもたらされる、導入部で明らかにした現象を補償することである。

【0034】

ここで、図 4 は、内部マイクロフォン 28、ここでは 110 dB SPL (音圧レベル) の音響圧力に対して 100 mV を超過しない信号を送出するエレクトレットマイクロフォンによって送出される信号の一例を示す。しかしながら、図 4 に示すように、2 回の小さい連続的なジャンプの場合、この値は非常に広く超過される (この例では、600 mV に達しかつそれを越える) 場合があり、それによって、処理チェーンの様々な位置で増幅後に飽和の影響をもたらされる場合がある。

【0035】

本発明の基本概念は、特に使用者が歩いているか又は走っている場合に、ヘッドセットの急峻な移動中の全ての飽和現象を回避するために、こうした信号ピークを生成しやすい状況を、フィードバックフィルタから上流で、非常に短い待ち時間で検出することにある。

【0036】

図 5 は、本発明による、この現象を補償することができる飽和防止機能を組み込んだ ANC 能動雑音制御システムを機能ブロックとして概略的に示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

それは、デジタルシグナルプロセッサ D S P 5 0 によって実施されるデジタル型の A N C システムである。これらの方式は相互接続された回路として提示されているが、種々の機能の実施態様は本質的にソフトウェアベースであり、この表現は単に例示的なものであることが留意されよう。

【 0 0 3 8 】

そこではまた、内部マイクロフォン 2 8 によって拾われる誤差信号 e の A D C 変換器 5 2 によるデジタル化の後の、原理について図 2 を参照して上述したフィードバックブランチも見ることができる。デジタル化された誤差信号は、フィードバックフィルタ 5 4 によって処理され、その後、イヤホン 1 0 の空洞内でトランスデューサ 1 8 によって再生されるように、D A C 5 6 によってアナログ信号に変換される。再生された信号は、場合によっては音楽信号 M に結合され、音楽信号 M は、5 8 における等化の後、6 0 において雑音相殺信号に合成され、D A C 5 6 によって変換されトランスデューサ 1 8 によって再生される。

【 0 0 3 9 】

ブロック 5 4 (マイクロフォン信号に対するフィードバック伝達関数 H_{FB2}) 及びブロック 5 8 (音楽 M を等化する伝達関数 H_{EQ2}) によって実行されるフィルタリング動作は、特に、本出願人の名義による、「Casque audio a controle actif de bruit ANC avec reduction du souffle electrique (電氣的雑音の低減及び A N C 雑音の能動制御されたオーディオ・ヘッドフォン) 」と題する 2 0 1 4 年 1 1 月 4 日の仏国特許出願第 1 4 5 3 2 8 4 号に記載されているように、実行することができ、上記出願は、使用者に再生される信号のレベル及びスペクトルコンテンツに応じて、イヤホンの前方空洞 2 2 内に配置されたマイクロフォン 2 8 によって拾われるような、周囲雑音のある程度の高い減衰と同様にある程度高い電気ヒスの減衰との妥協を最適化するように、内部マイクロフォン 2 8 によって拾われた信号に応じて複数の選択的に切換可能な事前構成されたフィルタ構成を実施するように提案している。

【 0 0 4 0 】

しかしながら、この特定のヒス防止フィルタリング技法は、決して限定的なものではなく、本発明による飽和防止システムはまた、他の技法によって実行されるフィードバックフィルタリング動作及び等化フィルタリング動作に適用される。

【 0 0 4 1 】

図示する例では、A N C 能動雑音制御は、A N C モジュール 6 2 によって制御され、A N C モジュール 6 2 は、信号 e を分析して、結果的に、フィードバックブランチ 5 4 の伝達関数 H_{FB2} 及び音楽信号等化ブランチ 5 8 の伝達関数 H_{EQ2} を適応させる。

【 0 0 4 2 】

より厳密には、内部マイクロフォン 2 8 によって拾われる信号 e (ヘッドセット使用者の耳によって拾われる信号と同一であると想定される) は、(図 5 の構成において) 以下のように与えられる。

【 数 1 】

$$e = H_{ext}/(1-H_a*H_{FB2}) * B + H_d/(1-H_a*H_{FB2}) * H_{EQ2} * M$$

B は、外部雑音信号 3 0 であり、

M は、入力音楽信号であり、

H_{ext} は、外部雑音源と内部マイクロフォン 2 8 との間の伝達関数であり、

H_{FB2} は、フィードバックフィルタ 5 4 の伝達関数であり、

H_{EQ2} は、等化フィルタ 5 8 の伝達関数であり、

H_a は、トランスデューサ 1 8 と内部マイクロフォン 2 8 との間の伝達関数である。

【 0 0 4 3 】

この式では、再生される音楽信号に対して以下の伝達関数が与えられることを観察することができる、

【数 2】

$$H_a/(1-H_a*H_{FB})^*H_{EQ2}$$

それにより、フィードバック ANC ブランチ 5 4 のフィルタ H_{FB2} が変更される場合、使用者による音楽の知覚もまた変更される。音楽の知覚が同じままであるために、ANC 制御アルゴリズム 6 2 は、当然ながら音楽信号が存在する場合に、音楽等化 ブランチ 5 8 のフィルタ H_{EQ2} をフィードバック ANC ブランチ 5 4 のフィルタと同時に変更して、

10

【0044】

本発明の特徴として、内部マイクロフォン 2 8 の信号に対するのと一緒に、ANC 雑音能動制御処理は、ヘッドセット (図 2 及び図 5) に搭載された加速度計 6 4 に関わり、その役割は、内部マイクロフォン 2 8 によって拾われる信号の飽和の影響をもたらしやすいイヤホンの移動、通常は、使用者が歩く、走る、ジャンプする等のとき、又は使用者が、例えば自身の耳の上のその位置を再調整するために、イヤホンを手で触るとき、使用者の変位からもたらされる移動を、非常に短い待ち時間で検出することである。

【0045】

特許文献 2 (Parrot) は、イヤホンに一体化された加速度計を備えるヘッドセットについて記載しているが、この文献では、加速度計は、例えば、ヘッドセットが携帯電話と組み合わせて「ハンズフリー」装置として使用される場合、使用者が発する音声信号の骨伝導によって伝達される音声成分であり、したがって雑音の少ない非音響音声成分を収集するために、生理学センサとして使用される。本発明の場合、この同じ加速度計を使用することができるが、異なる役割で、すなわち、音声構成 (使用者の声) ではなく聴取構成 (音響再生) において、ヘッドセットの ANC 機能を改善する役割で使用される。

20

【0046】

ADC 変換器 6 6 によるデジタル化後の加速度計信号 6 4 は、「飽和防止」モジュール 6 8 に印加され、飽和防止モジュール 6 8 はまた、ADC 変換器 5 2 によるデジタル化後の、内部マイクロフォン 2 8 によって収集される信号 e も受け取る。

30

【0047】

2 つの加速度信号及びマイクロフォン信号は、飽和防止モジュール 6 8 によって一緒に分析され、飽和防止モジュール 6 8 は、フィードバック ブランチにおいてフィードバック フィルタリング自体 (ブロック 5 4、伝達関数 H_{FB2}) の上流に配置されたフィルタ 7 0 (伝達関数 H_{FB1}) と、等化 ブランチにおいて等化フィルタ (ブロック 5 8、伝達関数 H_{EQ2}) から上流に配置された等化フィルタ 7 2 (伝達関数 H_{EQ1}) とを制御する。

【0048】

非常に有利には、ただし非限定的に、フィードバック ブランチ及び等化 ブランチの伝達関数をそれぞれ定義するブロック 7 0 及び 7 2 に対して、選択的に切換可能な所定のフィルタリング構成を、加速度計 6 4 及び内部マイクロフォン 2 8 によって一緒に拾われる信号に応じてこれらの異なるフィルタの間でスワッピングする高性能な機構により提供することができる。

40

【0049】

飽和防止モジュール 6 8 は、これらの信号に基づき、フィードバック ブランチのブロック 7 0 の X 個のフィルタのうち、選択するよう勧められるもの、及び同様に、音楽信号等化 ブランチのブロック 7 2 の Y 個のフィルタのうち、選択するよう勧められるものを定義する (ここで、Y を X と同じとすることができるが、必ずしも同じでなくてもよい)。

【0050】

ブロック 7 0 の伝達関数 H_{FB1} の X 個のフィルタ (又は、ブロック 7 2 の伝達関数 H

50

E Q 1 の Y 個のフィルタ) 間の選択は、以下のように行われる。

【 0 0 5 1 】

フィルタの各々に対して、そのパラメータ (中心周波数 f_0 、品質係数 Q 及び利得 G) が、補間され、遷移時に、初期状態と最終状態との間のこれらの補間されたパラメータに対して係数が計算される。通常、無限インパルス応答 (I I R) フィルタ、すなわち、このフィルタが生成したかもしれない応答の以前の値とともに入力として印加される信号の値に基づく応答によって特徴付けられるタイプのフィルタを使用することができる。特に、次数 2 の「双 2 次」と呼ばれる I I R フィルタを使用することができ、時点 n 、 $n - 1$ 及び $n - 2$ における入力信号 x の関数として時点 n における出力信号 y を与えるその伝達関数は、以下によって与えられ、

10

【 数 3 】

$$y(n) = b_0 * x(n) + b_1 * x(n-1) + b_2 * x(n-2) - a_1 * y(n-1) - a_2 * y(n-2)$$

伝達関数の係数 a_1 、 a_2 、 b_0 、 b_1 及び b_2 は、フィルタのパラメータ f_0 、 Q 及び G に由来する。

【 0 0 5 2 】

図 6 は、ブロック 7 0 及び 7 2 の信号の分析及びフィルタの選択に対して飽和防止モジュール 6 8 によって実施される要素をより厳密に示す。

20

【 0 0 5 3 】

内部マイクロフォン 2 8 によって収集されるデジタル化信号 e は、一組のフィルタ 7 4 によって周波数分解され、それにより、7 6 において、この信号 e のエネルギー Rms_i がその N 個の周波数成分の各々において計算される。例えば、 Rms_1 は、1 0 0 H z 未満のマイクロフォン信号の電力とすることができ、 Rms_2 は、約 8 0 0 H z の信号の出力とすることができ、それにより、スペクトル分析を介して様々な著しい状況を識別することが可能になり、すなわち、例えば、公共交通機関型 (飛行機、列車) の雑音の多い環境におけるヘッドセットの使用の場合、低周波と高周波との間の比は、オフィスにおける等のより静かな環境におけるよりはるかに重要である。

【 0 0 5 4 】

30

得られた値 Rms_1 、 Rms_2 . . . Rms_N は、状態機械 7 8 に与えられ、状態機械 7 8 は、エネルギーのこれらの値をそれぞれの閾値と比較し、これらの比較に応じて、フィールドバックブランチのブロック 7 0 の X 個のフィルタのうちのいずれを、そして場合によっては (音楽が存在する場合) 等化ブランチのブロック 7 2 の Y 個のフィルタのうちのいずれを選択しなければならないかを判断する。

【 0 0 5 5 】

図 7 は、状態機械 7 8 がいかに動作するかをより詳細に示す。ヘッドセットに存在する加速度計の信号の電力 RMS_{acc} は、場合によってはプレフィルタリングの後に、永続的に分析される。この電力が所定閾値 $Threshold_a$ を超える場合 (テスト 8 0)、状態機械は、ヘッドセットが、A N C 制御の飽和をもたらしやすいように移動しているとみなし、図 7 のアルゴリズムの左部分に対応する飽和防止制御プロセスをトリガーする。

40

【 0 0 5 6 】

このアルゴリズムでは、パラメータ $Activity$ 及び $Attenuation$ はボール変数であり、パラメータ $Timer_1$ 及び $Timer_2$ は、「 $Timer = 0$ 」の実行によってゼロにリセットされる時間遅延の計数値であり、「 $Timer ++$ 」という表記は、アルゴリズムが遅延時間を継続させることを示す。

【 0 0 5 7 】

規定閾値を超える加速がある場合、状態機械は、内部マイクロフォン 2 8 の信号を分析する。電力 RMS_1 (或る特定の周波数範囲におけるマイクロフォン信号の出力) が所定

50

閾値 $Threshold_1$ を超える場合 (テスト 82)、状態機械は、例えば、低周波数での ANC 減衰を低減する効果がある X 個のフィルタのうちの一つを選択することによって、フィードバックブランチの伝達関数 H_{FB1} を変更し、音楽の同じ知覚を維持するように等化ブランチの伝達関数 H_{EQ1} も変更する (ブロック 84)。

【0058】

反対の場合、別の周波数帯域でのマイクロフォン信号の電力 RMS_2 は、第2閾値 $Threshold_2$ ($Threshold_2 < Threshold_1$) に対して同様にテストされる (ブロック 82')。 $RMS_2 > Threshold_2$ である場合、伝達関数 H_{FB1} 及び H_{EQ1} の変更 (ブロック 84') がまた適用され、通常、フィードバック ANC の減衰があるが、上記の場合より重要ではない。このため、閾値を徐々に低くして、或る特定の数の連続した閾値を反復的にテストし (テスト 82'')、それにより、フィードバックブランチ H_{FB1} の X 個の選択可能なフィルタのうち、ANC 制御の減衰と ANC 制御の飽和に対する保護との妥協を最適化するものを選択することができる (ブロック 84'')。

10

【0059】

全ての帯域において、内部マイクロフォン 28 の信号電力が最低閾値より低い場合、飽和の危険はないとみなされ、 $X2$ 秒間の遅延の満了後 (テスト 86)、状態機械は、飽和防止モジュール 70 及び 72 を停止させる (ブロック 88)。

【0060】

テスト 80 において、加速度計信号の分析により加速度計信号が規定閾値を超えないことが示されるといふ仮定において、飽和防止処理が作動していた場合 (テスト 90)、 $X1$ 秒の遅延時間の満了時 (テスト 92)、制御は、状態機械によって自動的に停止する (ブロック 94)。

20

【0061】

飽和防止制御を停止させ、適切な時点にのみそれを「立ち上げる」ことにより、DSP 50 の電気消費量に対して著しい経済性の利点が与えられ、このため、ヘッドセットの自立性が向上する。

【0062】

図 8 及び図 9 は、飽和防止モジュール 68 による (A) 変更なし及び (B) 変更ありの場合の、ANC 制御のフィードバックブランチに対して適用された伝達関数 H_{FB1} の 2 つの例を示し、図 8 は、これら 2 つの場合における伝達関数 H_{FB1} を振幅及び位相で示し、図 9 は、得られた対応する減衰を示す。

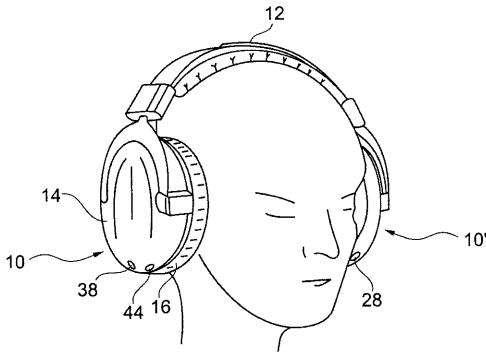
30

【0063】

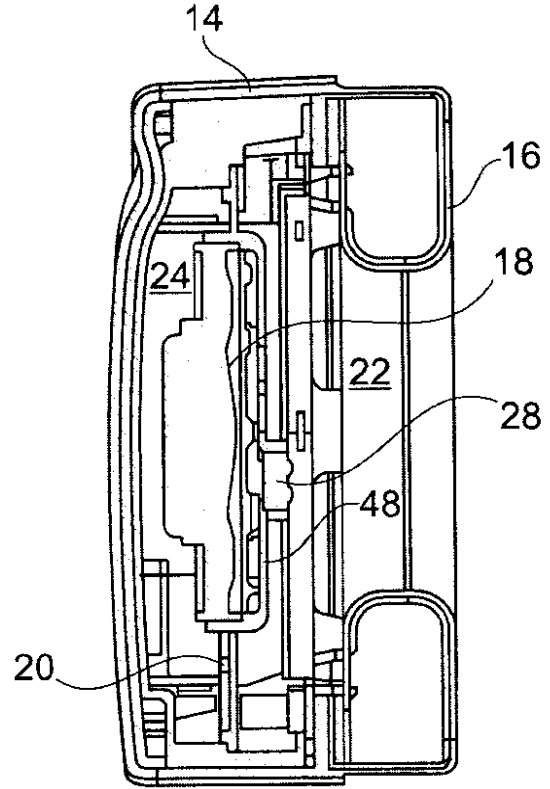
加速度の検出により、曲線 A (飽和防止制御なし) と曲線 B (飽和防止制御あり) との間において 40 Hz において $12\text{ dB} \sim 15\text{ dB}$ 程度のフィードバック ANC ブランチの利得の減衰が引き起こされていることが観察される。この変更は、本質的に、 150 Hz 未満の低周波数で操作され、それは、通常実際に遭遇する歩行雑音の共鳴音等が位置するのがこの周波数範囲であるためである。当然ながら、飽和防止制御により、ANC 制御の減衰の性能が低減するが、対照的に、フィードバック ANC 制御ブランチの飽和によるトランスデューサの出力における非常に不快な「プロップ」の生成が回避される。

40

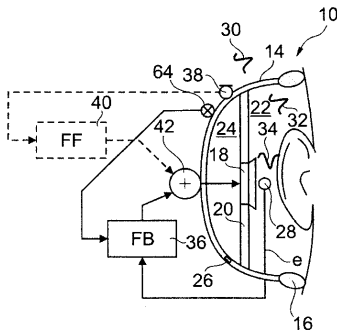
【図1】



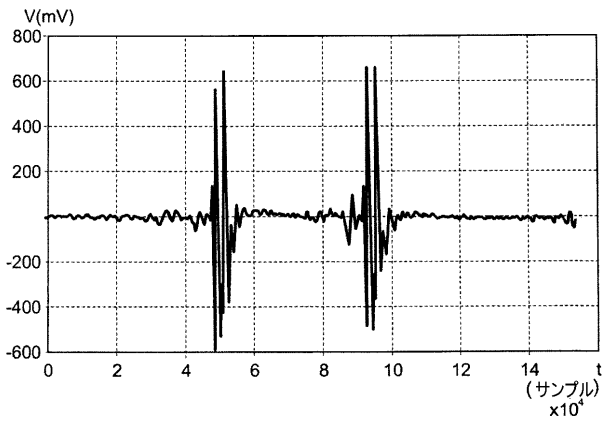
【図3】



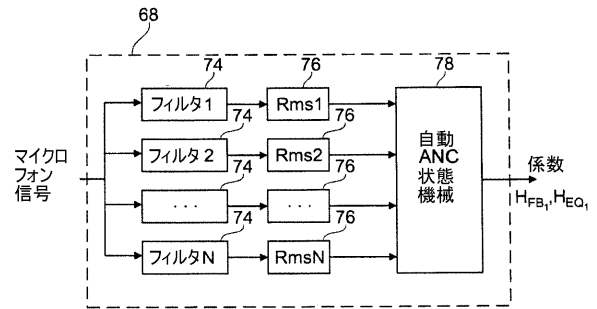
【図2】



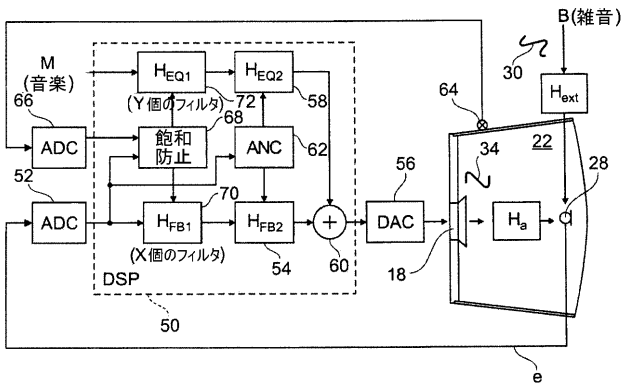
【図4】



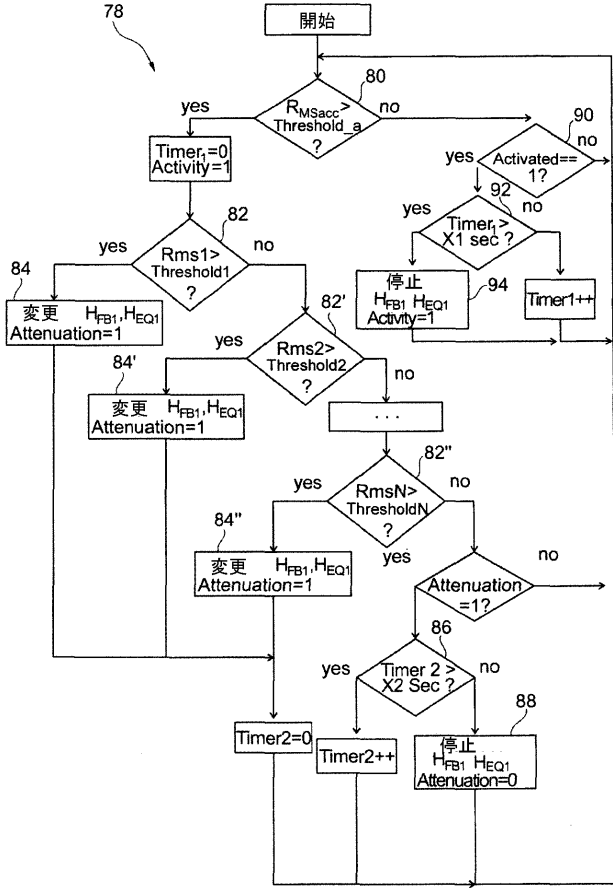
【図6】



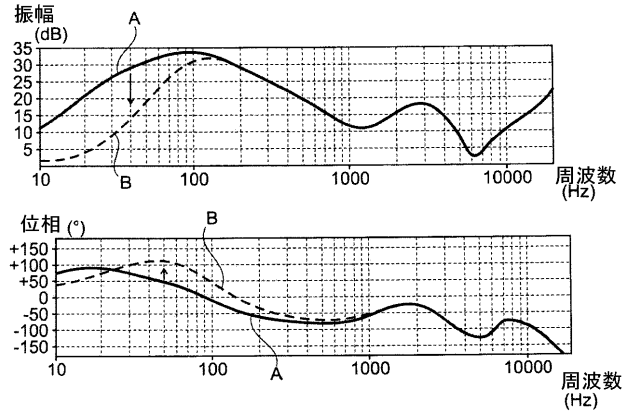
【図5】



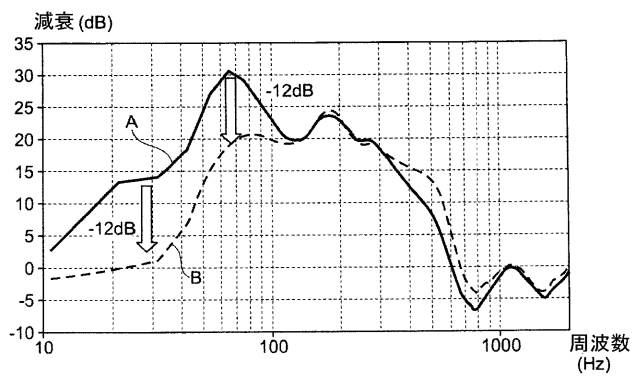
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヴュ オアン コ テュイ
フランス 75012 パリ,リュ クロード ドカーン, 52
- (72)発明者 ベノワ ポーション
フランス 75010 パリ,リュ フィリップ ド ジラール 24
- (72)発明者 フォン ファ
フランス 75011 パリ,アヴニユ フィリップ オーギュスト 123
- (72)発明者 ピエール ギーウ
フランス 75011 パリ,リュ アムロ 48
- Fターム(参考) 5D005 BA13
5D061 FF02

【外国語明細書】

[Title of the Invention]

**ANC noise active control audio headset with prevention
of the effects of a saturation of the feedback microphone signal**

The invention relates to an audio headset comprising an "active noise control" system.

Such a headset may be used for listening an audio source (music for example) coming from an apparatus such as MP3 player, radio, smartphone, etc., to which it is connected by a wireline connection or by a wireless connection, in particular a *Bluetooth* link (registered trademark of Bluetooth SIG).

If provided with a microphone set adapted to pick up the voice of the headset wearer, this headset may also be used for functions of communication such as "hands-free" phone functions, as a complement of audio source listening. The headset transducer then reproduces the voice of the remote speaker with which the headset wearer is in conversation.

The headset generally comprises two earphones linked by a headband. Each earphone comprises a closed casing housing a sound reproduction transducer (simply called "transducer" hereinafter) and intended to be applied around the user's ear with interposition of a circumaural pad isolating the ear from the external sound environment.

There also exists earphones of the "intra-aural" type, with an element to be placed in the ear canal, hence having no pad surrounding or covering the ear. In the following, it will mainly be referred to earphones of the "headset" type with a transducer housed in a casing surrounding the ear ("circumaural" headset) or in rest on the latter ("supra-aural" headset), but this example must not be considered as being limitative, as the invention can also be applied, as will be understood, to intra-aural earphones.

When the headset is used in a noisy environment (metro, busy street, train, plane, etc.), the wearer is partially protected from the noise by the headset earphones, which isolate him thanks to the closed casing and to the circumaural pad.

However, this purely passive protection is only partial, as a portion of the sounds, in particular in the low portion of the frequency spectrum, can be transmitted to the ear through the earphones casing, or via the wearer's cranium.

That is why so-called "Active Noise Control" or ANC techniques have been developed, whose principle consists in picking up the incident noise

component and in superimposing, temporally and spatially, to this noise component an acoustic wave that is ideally the inverted copy of the pressure wave of the noise component. The matter is to create that way a destructive interference with the noise component and to reduce, ideally neutralize, the variations of pressure of the spurious acoustic wave.

The EP 2 597 889 A1 (Parrot) describes such a headset, provided with an ANC system combining closed-loop *feedback* and open-loop *feedforward* filtering types. The feedback filtering path is based on a signal collected by a microphone placed inside the acoustic cavity delimited by the earphone casing, the circumaural pad and the transducer. In other words, this microphone is placed near the user's ear, and receives mainly the signal produced by the transducer and the residual noise signal, not neutralized, still perceptible in the front cavity. The signal of this microphone, from which is subtracted the audio signal of the music source to be reproduced by the transducer, constitutes an error signal for the feedback loop of the ANC system. The feedforward filtering path uses the signal picked up by the external microphone collecting the spurious noise existing in the immediate environment of the headset's wearer. Finally, a third filtering path processes the audio signal coming from the music source to be reproduced. The output signals of the three filtering paths are combined and applied to the transducer to reproduce the music source signal associated to a surrounding noise suppression signal.

The EP 2 518 724 A1 (Parrot) describes a device of the combined micro / headset type, usable in particular for "hands-free" phone functions. The headset is provided with a physiological sensor applied against the cheek or the temple of the headset wearer and collecting vocal vibrations that have the characteristic to be, by nature, very little corrupted by the surrounding noise. The physiological sensor may be in particular an accelerometer placed on the inner face of the skin of the pad of the headset earphone, so as to come in application against the cheek or the temple of the user with the closer possible coupling. The hence-collected signal allows, after filtering and combination with signals picked up by conventional external microphones, to deliver to the communication system a speech signal of the close speaker (the headset wearer), whose intelligibility will have been greatly improved. Another advantage of this sensor is the possibility to use the signal delivers therefrom to calculate a cut frequency of a dy-

namic filter.

The WO 2010/129219 A1 (EP 2 425 421 A0) describes another device, comprising an ANC system of the adaptive type, i.e. using filters whose transfer function is dynamically and continuously modified by an algorithm for analysing the signal in real time. An external microphone placed on the casing of the headset earphones collects the ambient noises, whose level is analysed to adjust the transfer function of the feedback filter, so as to adapt to the noise existing in the external environment of the headset.

The existing ANC systems are subjected to a phenomenon appearing when the internal acoustic cavity of the earphone undergoes abrupt compressions and decompressions, which are inaudible but whose amplitude is so high that the membrane of the microphone is abruptly squeezed and produces an electric signal exceeding its nominal limit.

This phenomenon occurs in particular during the handling of the headset, or when the user walks heavily or runs. The movements of the headset then create excessive overpressures or depressions in the front cavity, which translates into a high electric peak in the low frequencies. The excessive signal picked up by the microphone creates in the feedback ANC filter a saturation leading to an audible signal or "plop" produced at the output of the transducer and unpleasant for the user.

This phenomenon may even occur in normal walking conditions, where step noise resonances in low frequencies below 100 Hz are heard and are sometimes cumbersome. The feedback ANC filter may attenuate these step noise resonances by amplifying the signal of the internal microphone but, when the steps become heavier, the electric level of the microphone signal may exceed the limits of its normal operation and cause, here again, a saturation of the ANC filter and the transducer.

This saturation may intervene at several locations of the signal processing chain: electric exceeding of the input dynamics of the analog/digital converter, exceeding of the maximum digital value in the digital signal processor DSP, or output saturation if the signal reproduced by the transducer exceeds the maximum value that the digital/analog converter may produce, each of these phenomena being liable to cause an unpleasant "plop".

The object of the invention is to propose a new ANC noise reduction technique allowing to compensate for these phenomena:

- by compensating for the pneumatic phenomena of overpressure / de-

pression in the acoustic cavity of the earphone, in particular due to the step movements of the headphone user;

- without degradation of the anti-noise performance of the ANC system, that is to say that the residual noise perceived by the user will always be reduced at best, with in particular i) a strong attenuation of the low frequencies and ii) a large frequency suppression bandwidth;
- the whole, without the audio signal coming from the music source (or the remote speaker voice, in a telephony application) be distorted, and without the spectrum of this signal is amputated by the ANC processing
 - although the noise neutralization signal and the audio signal to be reproduced are amplified by the same channel and reproduced by the same transducer.

Another object of the invention is to implement a digital technology (and not an analog technology as in the above-mentioned EP 2 597 889 A1) for such an ANC system, implementable in particular within a digital signal processor (DSP).

To achieve these objects, the invention proposes an audio headset as disclosed by the above-mentioned EP 2 518 724 A1. Such a headset comprises:

- two earphones each including a transducer for the sound reproduction of an audio signal to be reproduced, this transducer being housed in an acoustic cavity of the ear;
- at least one microphone adapted to deliver a picked-up signal including an acoustic noise component;
- a movement sensor mounted on at least one of the earphones and adapted to deliver an accelerometer signal; and
- a digital signal processor, DSP, comprising:
 - mixing means, receiving as an input a signal coming from the microphone as well as said audio signal to be reproduced, and delivering as an output a signal adapted to pilot the transducer; and
 - noise reduction means, comprising means adapted to analyse concurrently i) the microphone signal delivered by the microphone and ii) the accelerometer signal delivered by the movement sensor, and to verify whether current characteristics of these microphone and accelerometer signals fulfil or not a first set of predetermined criteria.

Characteristically of the invention:

- the headset comprises an ANC active noise control system;
- the microphone is an internal ANC microphone placed inside the acoustic cavity;
- the DSP comprises:
 - a closed-loop feedback branch, comprising a feedback ANC filter adapted to apply a filtering transfer function to the signal delivered by the internal ANC microphone; and
 - said mixing means, which receive as an input the signal delivered by the feedback branch at the output of the feedback ANC filter as well as said audio signal to be reproduced, and deliver as an output said signal adapted to pilot the transducer; and
- the DSP further comprises means for preventing the effects on the feedback branch of a saturation of the signal delivered by the internal microphone, comprising:
 - said means adapted to analyse concurrently i) the microphone signal delivered by the microphone and ii) the accelerometer signal delivered by the movement sensor, and to verify whether current characteristics of these microphone and accelerometer signals fulfil or not a first set of predetermined criteria; and
 - in the feedback branch upstream from the feedback ANC filter, a feedback anti-saturation filter selectively switchable as a function of the result of the verification of the first set of criteria.

According to various advantageous subsidiary characteristics:

- the feedback anti-saturation filter is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured filters, and the DSP further comprises means adapted to select one of the pre-configured anti-saturation filters as a function of the result of the verification of the first set of criteria;
- the DSP further comprises: an equalization branch, comprising an equalization filter adapted to apply an equalization transfer function to the audio signal to be reproduced before application of the latter to the mixing means; and in the equalization branch, upstream from the equalization filter, an equalization anti-saturation filter that is selectively switchable at the same time as the feedback anti-saturation filter;
- the equalization anti-saturation filter is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured equalization filters, and the DSP further comprises means adapted to select one of the pre-configured

equalization filters as a function of the result of the verification of the first set of criteria;

- the current characteristics of the accelerometer signal comprise a value of energy of the accelerometer signal, and the predetermined criteria comprise a threshold to which is compared said value of energy. It may in particular be values of energy in a plurality of respective frequency bands, the predetermined criteria comprising a series of respective thresholds to which are compared these energy values if the value of energy of the accelerometer signal exceeds the threshold;
- the feedback ANC filter is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured feedback ANC filters, and the DSP further comprises: means for analysing the signal delivered by the internal microphone, adapted to verify whether current characteristics of the signal delivered by the internal microphone fulfil or not a second set of predetermined criteria; and selection means, adapted to select one of the pre-configured feedback ANC filters as a function of the result of the verification of the second set of criteria;
- the DSP further comprises an equalization branch, comprising an equalization filter adapted to apply an equalization transfer function to the audio signal to be reproduced before application of the latter to the mixing means. The equalization filter is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured equalization filters, and the selection means are also adapted to select one of the pre-configured equalization filters as a function of the current selected feedback ANC filter.

◇

An example of embodiment of the invention will now be described, with reference to the appended drawings in which the same references denote identical or functionally similar elements throughout the figures.

Figure 1 generally illustrates an audio headset on the head of a user.

Figure 2 is a schematic representation showing the different acoustic and electrical signals as well as the various functional blocks involved in the operation of an active noise control audio headset.

Figure 3 is a sectional view in elevation of one of the earphones of the headset according to the invention, showing the configuration of the various mechanical elements and electromechanical members thereof.

Figure 4 illustrates an example of typical waveform of the electric signal

delivered before amplification by the internal microphone of an ANC headset, during two jumps of the headset wearer.

Figure 5 schematically illustrates, as functional blocks, the way the denoising processing according to the invention is performed.

Figure 6 illustrates more precisely the elements implementing the function of analysis of the microphone signal and of selection of the filters to be applied to the signals delivered to the headset transducer.

Figure 7 is a flow chart describing the operation of the state machine of the function of analysis and selection of Figure 6.

Figure 8 shows, in amplitude and phase, the transfer functions of the ANC filter with and without the anti-saturation filtering according to the invention, automatically selected as a function of the detected movements.

Figure 9 illustrates examples of attenuation obtained in the two cases exemplified in Figure 8.

◇

In Figure 1 is shown an audio headset placed on the head of the user thereof. This headset includes, in a manner conventional per se, two earphones 10, 10' linked by a holding headband 12. Each of the earphones 10 comprises an external casing 14 coming on the user's ear contour, with interposition between the casing 14 and the ear periphery a circumaural flexible pad 16 intended to ensure a satisfying tightness, from the acoustic point of view, between the ear region and the external sound environment. As indicated in introduction, this example of configuration of the "headset" type with a transducer housed in a casing surrounding the ear or in rest on the latter must not be considered as being limitative, as the invention can also be applied to intra-aural earphones comprising an element to be placed in the ear canal, hence earphones devoid of casing and pad surrounding or covering the ear.

Figure 2 is a schematic representation showing the different acoustic and electrical signals as well as the various functional blocks involved in the operation of an active noise control audio headset.

The earphone 10 encloses an sound reproduction transducer 18, hereinafter simply called "transducer", carried by a partition 20 defining two cavities, i.e. a front cavity 22 on the ear side and a rear cavity 24 on the opposite side.

The front cavity 22 is defined by the inner partition 20, the wall 14 of the

earphone, the pad 16 and the external face of the user's head in the ear region. This cavity is a closed cavity, except the inevitable acoustic leakages in the region of contact of the pad 16. The rear cavity 24 is a closed cavity, except for an acoustic vent 26 allowing to obtain a reinforcement of the low frequencies in the front cavity 22 of the earphone.

Finally, for the active noise control, an internal microphone 28 is provided, placed the closest possible to the ear canal, to pick-up the residual noise present in the internal cavity 22, a noise that will be perceived by the user.

Leaving aside the audio signal of the music source reproduced by the transducer (or the remote speaker voice, in a telephony application), the acoustic signal picked up by this internal microphone 28 is a combination:

- of the residual noise 32 coming from the transmission of the surrounding external noise 30 through the earphone casing 14, and
- a sound wave 34 generated by the transducer 18, which is, ideally according to the principle of the destructive interferences, the inverted copy of the residual noise 32, i.e. of the noise to be suppressed at the listening point.

The noise neutralization by the sound wave 34 being never perfect, the internal microphone 28 collects a residual signal that is used as an error signal e applied to a closed-loop feedback filtering branch 36.

Potentially, an external microphone 38 may be placed on the casing of the headset earphones, to pick up the surrounding noise outside the earphone, schematised by the wave 30. The signal collected by this external microphone 38 is applied to a feedforward filtering stage 40 of the active noise control system. The signals coming from the feedback branch 36, and, if present, from the feedforward branch 40, are combined in 42 to pilot the transducer 18.

Furthermore, the transducer 18 receives an audio signal to be reproduced coming from a music source (Walkman, radio, etc.), or the remote speaker voice, in a telephony application. As this signal undergoes the effects of the closed loop that distorts it, it will have to be pre-processed by an equalization so as to have the desired transfer function, determined by the gain of the open loop and the target response with no active control.

The headset may possibly carry, as illustrated in Figure 1, another external microphone 44 intended for communication functions, for example if the headset is provided with "hands-free" phone functions. This additional ex-

ternal microphone 44 is intended to pick up the voice of the headset wearer, it does not intervene in the active noise control, and, in the following, it will be considered as an external microphone potentially used by the ANC system only the microphone 38 dedicated to the active noise control. Figure 3 illustrates, in a sectional view, an exemplary embodiment of the different mechanical and electroacoustic elements schematically shown in Figure 2 for one of the earphones 10 (the other earphone 10' being made identical). We can see therein the partition 20 dividing the inside of the casing 14 into a front cavity 22 and a rear cavity 24 with, mounted on this partition, the transducer 18 and the internal microphone 28 carried by a grid 48 holding the latter close to the ear canal of the user.

The object of the invention is to compensate for the phenomenon, exposed in introduction, resulting from the abrupt overpressures / depressions in the front cavity 22, which are liable to produce, in particular in the low frequencies below 100 Hz, extreme exceedings of the value of the signal delivered by the internal microphone 28.

Hence, Figure 4 illustrates an example of signal delivered by the internal microphone 28, here an electret microphone that delivers a signal not exceeding 100 mV for an acoustic pressure of 110 dB SPL (*Sound Pressure Level*). However, as illustrated in Figure 4, in the case of two small successive jumps, it is observed that this value may be very widely exceeded (in the example, it reaches and exceeds 600 mV), which may produce after amplification effects of saturation in various locations of the processing chain.

The basic idea of the invention is to detect upstream from the feedback filter, with a very low latency, the situations liable to produce such signal peaks, in order to avoid all the saturation phenomena during the abrupt movements of the headset, in particular with the user walks or runs.

Figure 5 schematically illustrates, as functional blocks, the ANC active noise control system incorporating, according to the invention, an anti-saturation function allowing to compensate for this phenomenon.

It is an ANC system of the digital type, implemented by a digital signal processor DSP 50. It will be noted that, although these schemes are presented as interconnected circuits, the implementation of the different functions is essentially software-based, this representation being only illustrative.

We can also see therein the feedback branch whose principle has been described hereinabove with reference to Figure 2, after digitization by means of an ADC converter 52 of the error signal e picked up by the internal microphone 28. The digitized error signal is processed by a feedback filter 54, then converted into an analog signal by the DAC 56, so as to be rendered by the transducer 18 in the cavity of the earphone 10. The reproduced signal is possibly combined to a music signal M that, after equalization in 58, is combined in 60 to the noise cancelling signal, for conversion by the DAC 56 and reproduction by the transducer 18.

The filtering operations performed by the blocks 54 (feedback transfer function H_{FB2} on the microphone signal) and 58 (transfer function H_{EQ2} for equalizing the music M) may be performed in particular as described in the application FR 14 53284 of 11.04.2014, in the name of the present Applicant, entitled "*Casque audio à contrôle actif de bruit ANC avec réduction du souffle électrique*", which proposes to implement a plurality of selectively switchable, pre-configured filter configurations, as a function of the signal picked up by the internal microphone 28, so as to optimize the compromise between the more or less high attenuation of the surrounding noise and that of an electric hiss also more or less high, as a function of the level and spectral content of the signal rendered to the user, as picked up by the microphone 28 placed in the front cavity 22 of the earphone.

This particular anti-hiss filtering technique is however not limitative in any way, and the anti-saturation system according to the invention also applies to feedback and equalization filtering operations performed by other techniques.

In the illustrated example, the ANC active noise control is controlled by an ANC module 62, which analyses the signal e and adapts consequently the transfer functions H_{FB2} of the feedback branch 54 and H_{EQ2} of the music signal equalization branch 58.

More precisely, the signal e picked up by the internal microphone 28 (that is supposed to be identical to the signal picked up by the ear of the headset user) is (in the configuration of Figure 5) given by:

$$e = H_{ext} / (1 - H_a * H_{FB2}) * B + H_d / (1 - H_a * H_{FB2}) * H_{EQ2} * M$$

B being the external noise signal 30,

M being the input music signal,

H_{ext} being the transfer function between an external noise source and the internal microphone 28,

H_{FB2} being the transfer function of the feedback filter 54,

H_{EQ2} being the transfer function of the equalization filter 58, and

H_a being the transfer function between the transducer 18 and the internal microphone 28.

In this equation, it can be observed that a music signal played is subjected to a transfer function:

$$H_a/(1-H_a*H_{FB})*H_{EQ2}$$

so that, if the filter H_{FB2} of the feedback ANC branch 54 is modified, the perception of the music by the user is also modified. In order for the perception of the music to remain the same, the ANC control algorithm 62 modifies the filter H_{EQ2} of the music equalization branch 58 at the same time as that of the feedback ANC branch 54, to re-equilibrate the effects of the filtering, of course if a music signal is present.

Characteristically of the invention, jointly to the signal of the internal microphone 28, the ANC noise active control processing involves an accelerometer 64 mounted on the headset (Figures 2 and 5), whose role will be to detect with a very low latency the earphone movements liable to produce effects of saturation of the signal picked up by the internal microphone 28, typically movements resulting from displacements of the user when the latter walks, runs, jumps... or when the latter handles the earphones, for example to readjust the position thereof on his ears.

The EP 2 518 724 A1 (Parrot) describes a headset comprising an accelerometer integrated to an earphone, but in this document the accelerometer is used as a physiological sensor to collect non-acoustic voice components transmitted by bone conduction, hence not noisy, of a voice signal emitted by the user, for example in the case where the headset is used as a "hands-free" device in combination with a portable phone. In the case of the present invention, this same accelerometer may be used, but with a different role, i.e. improving the ANC function of the headset, in a listening configuration (sound reproduction) and not a voice configuration (user's voice).

The accelerometer signal 64, after digitization by means of an ADC converter 66, is applied to an "anti-saturation" module 68 that also receives

the signal e collected by the internal microphone 28, after digitization by the ADC converter 52.

The two acceleration and microphone signals are analysed jointly by the anti-saturation module 68, which controls a filter 70 (transfer function H_{FB1}) placed in the feedback branch upstream from the feedback filtering itself (block 54, transfer function H_{FB2}), and likewise an equalization filter 72 (transfer function H_{EQ1}) placed in the equalization branch upstream from the equalization filter (block 58, transfer function H_{EQ2}).

Very advantageously, but in a non-limitative way, it is possible to provide, for the blocks 70 and 72 defining respectively the transfer functions of the feedback and equalization branches, a plurality of selectively switchable, predetermined filtering configurations, with a smart mechanism of swapping between these different filters as a function of the signal jointly picked up by the accelerometer 64 and the internal microphone 28.

The anti-saturation module 68, based on these signals, defines that of the X filters of the block 70 of the feedback branch it is advisable to select and, likewise, that of the Y filters of the block 72 of the music signal equalization branch it is advisable to select (wherein Y can be, but not necessarily, equal to X).

The selection between the X filters of the transfer function H_{FB1} of the block 70 (or of the Y filters of the transfer function H_{EQ1} of the block 72) is made as follows.

For each of the filters, the parameters thereof are interpolated (central frequency f_0 , quality factor Q and gain G) and upon a transition the coefficients are calculated with respect to these interpolated parameters between the initial state and the final state. Typically, it is possible to use an infinite impulse response (IIR) filter, i.e. a type of filter characterized by a response based on the values of the signal applied at the input as well as the prior values of the response that this filter may have produced. It may be used in particular an IIR filter of order 2, referred to as "biquad", whose transfer function giving the output signal y at the time instant n as a function of the input signal x at time instants n , $n-1$ and $n-2$ is given by:

$$y(n) = b_0 * x(n) + b_1 * x(n-1) + b_2 * x(n-2) - a_1 * y(n-1) - a_2 * y(n-2),$$

the coefficients a_1 , a_2 , b_0 , b_1 and b_2 of the transfer function coming from the parameters f_0 , Q and G of the filter.

Figure 6 illustrates more precisely the elements implemented by the anti-saturation module 68 for the analysis of the signal and the selection of the filters of the blocks 70 and 72.

The digitized signal e collected by the internal microphone 28 is subjected to a frequency decomposition by a set of filters 74 so as to calculate in 76 the energy Rms_i of this signal e in each of its N frequency components. For example, Rms_1 may be the power of the microphone signal below 100 Hz, Rms_2 the power of the signal about 800 Hz, etc., which allows via the spectral analysis to make the distinction between various significant situations: for example, for a use of the headset in a noisy environment of the public transportation type (plane, train), the ratio between low and high frequencies is far more important than in a calmer environment such as in an office.

The obtained values $Rms_1, Rms_2 \dots Rms_N$ are applied to a state machine 78, which compares these values of energy to respective thresholds and determines as a function of these comparisons which one of the X filters of the block 70 of the feedback branch, and as the case may be (if music is present), which one of the Y filters of the block 72 of the equalization branch, must be selected.

Figure 7 illustrates more precisely how this state machine 78 operates.

The power RMS_{acc} of the signal of the accelerometer present on the headset is, possibly after pre-filtering, analysed on a permanent basis. If this power exceeds a predetermined threshold $Threshold_a$ (test 80) then the state machine considers that the headset undergoes a movement liable to cause a saturation of the ANC control and triggers an anti-saturation control process, corresponding to the left part of the algorithm of Figure 7.

On this algorithm, the parameters *Activity* et *Attenuation* are Boolean variables, whereas the parameters $Timer_1$ and $Timer_2$ are counting values of a time delay that is reset to zero by an action " $Timer = 0$ ", the notation " $Timer++$ " indicating that the algorithm lets the delay time continue.

In presence of an acceleration exceeding the prescribed threshold, the state machine analyses the signal of the internal microphone 28. If the power RMS_i (power of the microphone signal in a certain frequency range) exceeds a predetermined threshold $Threshold_1$ (test 82), then the state machine modifies the transfer function H_{FB1} of the feedback branch, for example by selecting one of the X filters that has for effect to reduce the

ANC attenuation in the low frequencies, and also modifies the transfer function H_{EQ1} of the equalization branch to keep the same perception of the music (block 84).

In the opposite case, the power RMS_2 of the microphone signal in another frequency band is tested in the same way (block 82') with respect to a second threshold $Threshold_2$ (with $Threshold_2 < Threshold_1$). If $RMS_2 > Threshold_2$, then a modification of the transfer functions H_{FBI} and H_{EQ1} (block 84') is also applied, typically with an attenuation of the feedback ANC present, but less important than in the previous case. It is hence possible to test iteratively a certain number of successive thresholds (test 82''), with progressively lower thresholds, so as to choose, among the X selectable filters of the feedback branch H_{FBI} , the one which will optimize the compromise between the attenuation of the ANC control and the protection against the saturation of the latter (block 84'').

If in all the bands the power of the signal of the internal microphone 28 is lower than the lowest threshold, it is considered that there is no risk of saturation and, after expiration of a delay of $X2$ seconds (test 86), the state machine deactivates the anti-saturation modules 70 and 72 (block 88).

In the hypothesis where, in the test 80, the analysis of the accelerometer signal indicates that the latter does not exceed the prescribed threshold, if the anti-saturation processing were active (test 90), then at the expiry of a delay time of $X1$ seconds (test 92), the control is automatically deactivated by the state machine (block 94).

The fact to deactivate the anti-saturation control and to "wake up" the latter only at the appropriate times offers the advantage of a significant economy on the electric consumption of the DSP 50, hence increasing the autonomy of the headset.

Figures 8 and 9 illustrate two examples of transfer functions H_{FBI} applied on the feedback branch of the ANC control, without (A) and with (B) modification by the anti-saturation module 68: Figure 8 shows, in amplitude and phase, the transfer function H_{FBI} in these two cases, whereas Figure 9 illustrates the corresponding attenuations obtained.

It is observed that the detection of an acceleration triggers an attenuation of the gain of the feedback ANC branch of the order of 12 to 15 dB at 40 Hz between the curve A (without anti-saturation control) and the curve B

(with anti-saturation control). The modification is essentially operated in the low frequencies, below 150 Hz, because this is in this frequency range that the step noise resonances, etc. usually met in practice are located. Of course, the anti-saturation control reduces the performances of attenuation of the ANC control but, in counterpart, avoids the production of a very unpleasant "plop" at the output by the transducer due to the saturation of the feedback ANC control branch.

CLAIMS

1. An audio headset, comprising:

- two earphones (10) each including a transducer (18) for the sound reproduction of an audio signal to be reproduced, said transducer being housed in an ear acoustic cavity (22);
- at least one microphone adapted to deliver a picked-up signal including an acoustic noise component;
- a movement sensor (64) mounted on at least one of the earphones and adapted to deliver an accelerometer signal; and
- a digital signal processor, DSP, (50) comprising:
 - mixing means (46), receiving as an input a signal coming from the microphone as well as said audio signal to be reproduced (S), and delivering as an output a signal adapted to pilot the transducer (18); and
 - noise reduction means, comprising means (68) adapted to analyse concurrently i) the microphone signal delivered by the microphone and ii) the accelerometer signal delivered by the movement sensor (64), and to verify whether current characteristics of these microphone and accelerometer signals fulfil or not a first set of predetermined criteria,

characterized in that:

- the headset comprises an ANC active noise control system;
- the microphone is an internal ANC microphone (28) placed inside the acoustic cavity (22);
- the DSP (50) comprises:
 - a closed-loop feedback branch (36), comprising a feedback ANC filter (54) adapted to apply a filtering transfer function (H_{FB}) to the signal picked up by the internal ANC microphone (28); and
 - said mixing means (46), which receive as an input the signal delivered by the feedback branch at the output of the feedback ANC filter (54) as well as said audio signal to be reproduced (S), and deliver as an output said signal adapted to pilot the transducer (18); and
- the DSP further comprises means for preventing the effects on the

feedback branch of a saturation of the signal delivered by the internal microphone (28), comprising:

- said means (68) adapted to analyse concurrently i) the microphone signal delivered by the microphone (28) and ii) the accelerometer signal delivered by the movement sensor (64), and to verify whether current characteristics of these microphone and accelerometer signal fulfil or not a first set of predetermined criteria; and
- in the feedback branch upstream from the feedback ANC filter (54), a feedback anti-saturation filter (70) selectively switchable as a function of the result of the verification of the first set of criteria.

2. The audio headset according to claim 1, wherein:

- the feedback anti-saturation filter (70) is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured filters; and
- the DSP (50) further comprises:
 - means (68) adapted to select one of the pre-configured anti-saturation filters as a function of the result of the verification of the first set of criteria.

3. The audio headset according to claim 1, wherein:

- the DSP (50) further comprises:
 - an equalization branch, comprising an equalization filter (58) adapted to apply an equalization transfer function (H_{EQ}) to the audio signal to be reproduced (M) before application of the latter to the mixing means (60); and
 - in the equalization branch, upstream from the equalization filter (58), an equalization anti-saturation filter (72) that is selectively switchable at the same time as the feedback anti-saturation filter (70).

4. The audio headset according to claim 1, wherein:

- the feedback anti-saturation filter (72) is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured equalization filters; and
- the DSP (50) further comprises:
 - means (68) adapted to select one of the pre-configured equalisation filters as a function of the result of the verification of the first set of criteria.

5. The audio headset according to claim 1, wherein the current characteristics of the accelerometer signal comprise a value of energy (Rms_{acc}) of the accelerometer signal, and the predetermined criteria comprise a threshold ($Threshold_a$) to which is compared said value of energy.

6. The audio headset according to claim 5, wherein the current characteristics of the microphone signal comprise values of energy ($Rms1, Rms2 \dots$) of the microphone signal in a plurality of respective frequency bands (Filter1, Filter 2...), and the predetermined criteria comprise a series of respective thresholds ($Threshold1, Threshold2 \dots ThresholdN$) to which are compared said energy values of the microphone signal if the value of energy (Rms_{acc}) of the accelerometer signal exceeds said threshold ($Threshold_a$).

7. The audio headset according to claim 1, wherein:

- the feedback ANC filter (54) is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured feedback ANC filters; and
- the DSP (50) further comprises:
 - means (62) for analysing the signal delivered by the internal microphone, adapted to verify whether current characteristics of the signal delivered by the internal microphone fulfil or not a second set of predetermined criteria; and
 - selection means (62), adapted to select one of the pre-configured feedback ANC filters as a function of the result of the verification of the second set of criteria.

8. The audio headset according to claim 7, wherein:

- the DSP (50) further comprises:
 - an equalization branch, comprising an equalization filter (58) adapted to apply an equalization transfer function (H_{EQ}) to the audio signal to be reproduced (M) before application of the latter to the mixing means (60);
- the equalization filter (58) is one between a plurality of selectively switchable, pre-configured equalization filters, and
- the selection means (62) are also adapted to select one of the pre-configured equalization filters as a function of the current selected

feedback ANC filter.

DESCRIPTIVE ABSTRACT

The headset includes an active noise control, with an internal ANC microphone (28) placed inside the acoustic cavity (22) and delivering a signal including an acoustic noise component. A digital signal processor DSP (50) comprises a feedback ANC branch (54) applying a filtering transfer function (54, H_{FB2}) to the signal delivered by the ANC microphone, and means (46) for mixing the signal of the feedback branch with an audio signal to be reproduced (M). The headset comprises a movement sensor (64) mounted on one of the earphones. The DSP comprises means (68) for analysing concurrently i) the signal delivered by the internal microphone (28) and ii) the signal delivered by the movement sensor (64), and verifying whether current characteristics of these signals fulfil or not a set of predetermined criteria. Upstream from the feedback ANC filter (54), an anti-saturation filter (70, H_{FB1}) is selectively switched as a function of the result of this verification. The filtering of an equalization branch (58, H_{EQ2}) of the signal to be reproduced (M) is also modified by a similar anti-saturation filter (72, H_{EQ1}).

[Representative Drawing]

Figure 5

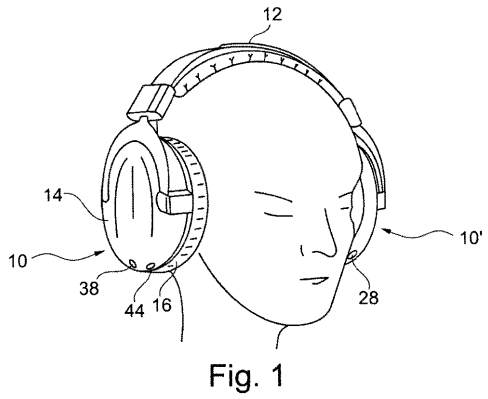


Fig. 1

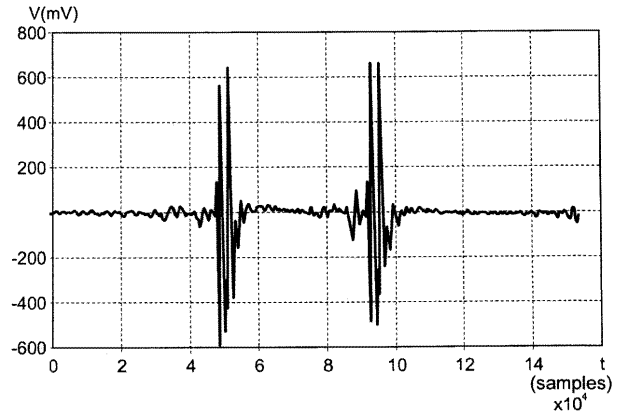


Fig. 4

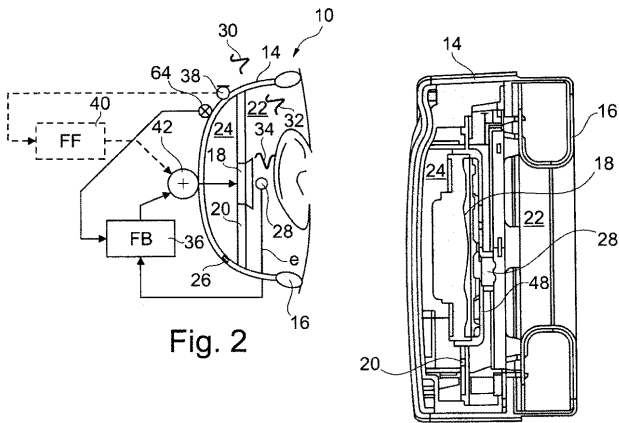


Fig. 2

Fig. 3

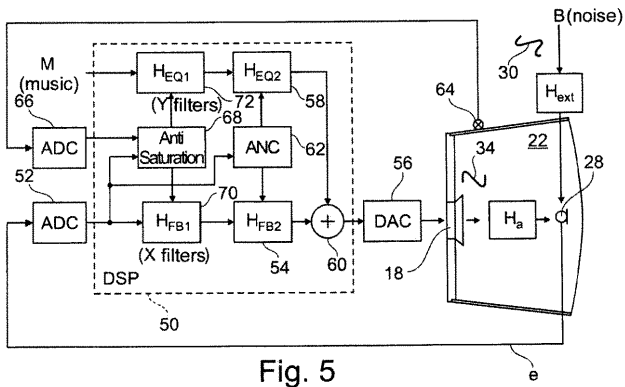


Fig. 5

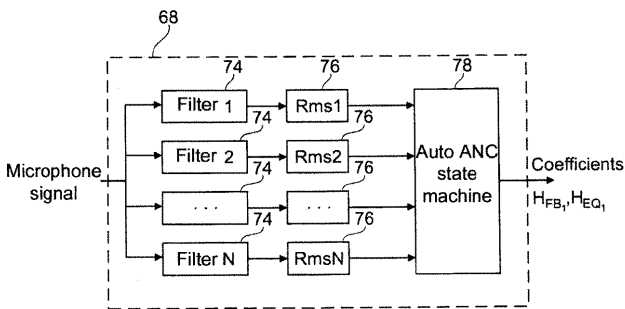


Fig. 6

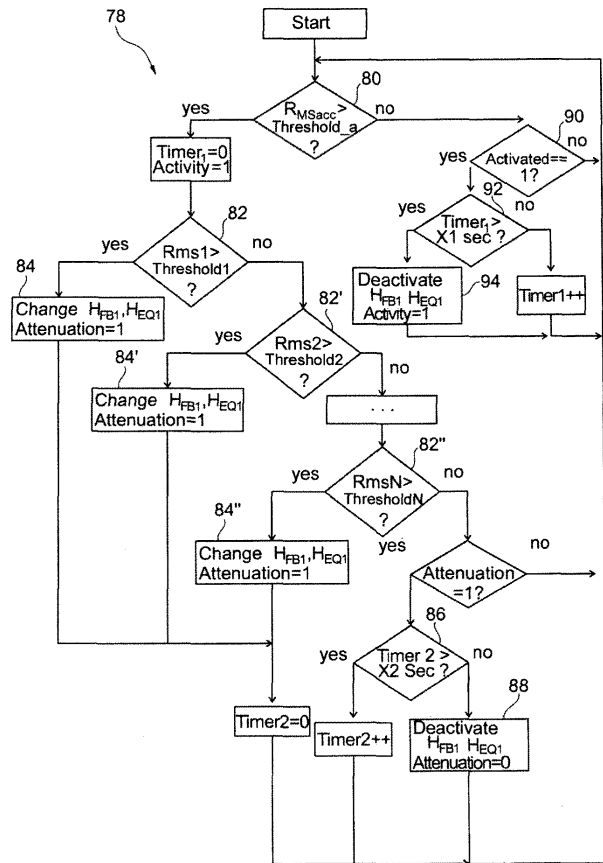


Fig. 7

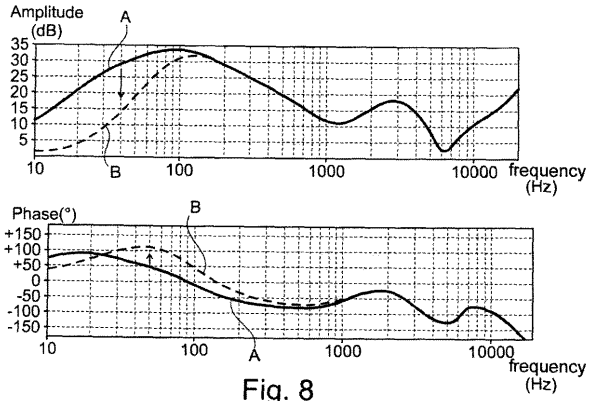


Fig. 8

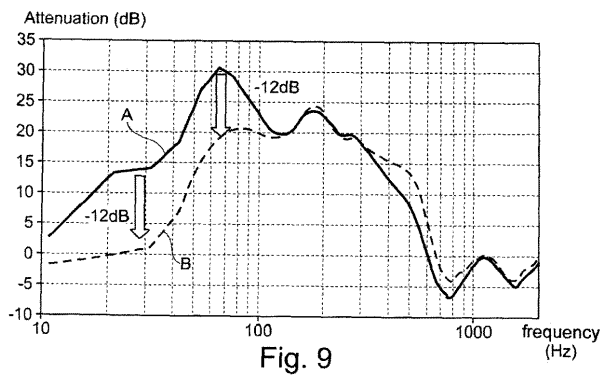


Fig. 9