



(11) **EP 2 503 795 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.09.2012 Patentblatt 2012/39

(51) Int Cl.:
H04R 25/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12158347.0**

(22) Anmeldetag: **07.03.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd. Singapore 139959 (SG)**

(72) Erfinder: **Puder, Henning 91052 Erlangen (DE)**

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver et al Siemens Aktiengesellschaft Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

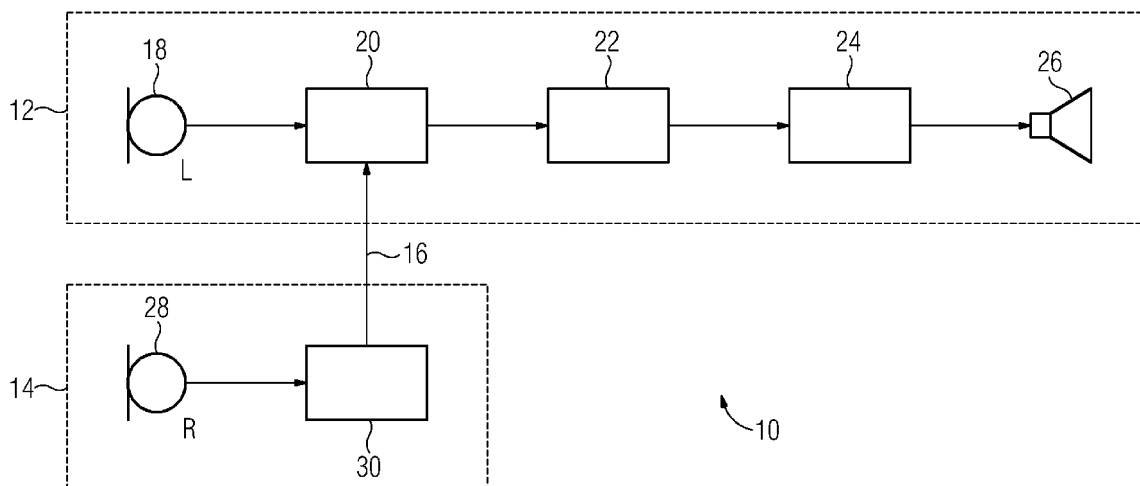
(30) Priorität: **25.03.2011 DE 102011006129**

(54) **Hörvorrichtung mit Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung und Verfahren zum Betreiben der Hörvorrichtung**

(57) Für eine Hörvorrichtung soll eine artefaktfreie, schnelle Rückkopplungsunterdrückung ermöglicht werden. Bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung (10) ist bei einem ersten Hörgerät (12) ein erstes Mikrophon (18) über ein Pre-Whitening-Filter (20) mit einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung (22) gekoppelt. Die

Hörvorrichtung ist dazu ausgelegt, einen Frequenzgang des Pre-Whitening-Filters (20) in Abhängigkeit von einem Signal eines zweiten Mikrofons (28) der Hörvorrichtung festzulegen. Zu der Erfindung gehört auch ein Verfahren zum Betreiben der Hörvorrichtung.

FIG 2



EP 2 503 795 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hörvorrichtung, bei der ein Mikrofon über ein Pre-Whitening-Filter mit einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung gekoppelt ist. Unter dem Begriff Hörvorrichtung wird hier insbesondere eine Hörhilfe verstanden. Darüber hinaus fallen unter den Begriff aber auch andere tragbare akustische Geräte wie Headsets, Kopfhörer und dergleichen.

[0002] Hörhilfen sind tragbare Hörvorrichtungen, die zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörhilfen bereitgestellt. Sie können Hörgeräte wie Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (HdO), Hörgeräte mit externem Hörer (RIC: receiver in the canal) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (ITE, CIC), umfassen. Die beispielhaft aufgeführten Hörgeräte werden am Außenohr oder im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem Markt aber auch Knochenleitungshörhilfen, implantierbare oder vibrotaktile Hörhilfen zur Verfügung. Dabei erfolgt die Stimulation des geschädigten Gehörs entweder mechanisch oder elektrisch.

[0003] Hörgeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z. B. ein Mikrofon, und/oder ein elektromagnetischer Empfänger, z. B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher, oder als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prinzipielle Aufbau ist in FIG 1 am Beispiel eines Hinter-dem-Ohr-Hörgeräts dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 1 zum

[0004] Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mikrofone 2 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 3, die ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 1 integriert ist, verarbeitet die Mikrofonsignale und verstärkt sie. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 3 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers übertragen. Anstelle einer Otoplastik kann auch ein als Dome (Dome - Kuppel) bezeichnetes kuppelförmiges Ohrstück verwendet werden, das sich beim Einsetzen in den Gehörgang an eine Form desselben anpasst. Im Zusammenhang mit einer offenen Anpassung wird oft ein sogenannter Tip (Tip - Spitze) verwendet, der eine besonders schmale Form aufweist, so dass er eine Belüftung des Gehörganges nicht beeinträchtigt. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0005] Bei einer akustischen Rückkopplung (Englisch: feedback) gelangt ein Teil des vom Hörer 4 erzeugten Schalls (als Luft- oder Körperschall) über einen Rückkopplungspfad wieder zu wenigstens einem der Mikrofone 2. Dies kann dazu führen, dass das Hörgerät 1 einen unerwünschten Pfeifton erzeugt. Um einen solchen Pfeifton zu vermeiden, kann eine Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung (Englisch: feedback canceller) vorgesehen sein, die beispielsweise Bestandteil der Signalverarbeitungseinheit 3 sein kann.

[0006] Für eine erfolgreiche Unterdrückung eines Pfeiftons muss in der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung zunächst ein Modell für den Rückkopplungspfad adaptiert werden. Während der Adaption können hierbei unerwünschte Artefakte entstehen, die im Schallsignal des Hörers wahrnehmbar sind. Zu dieser Artefaktbildung kann es insbesondere bei Mikrofonsignalen mit totalem Anteil kommen.

[0007] Hierzu ist als theoretische Lösung bekannt, das Mikrofon über ein Pre-Whitening-Filter mit der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung zu koppeln. Als Pre-Whitening-Filter ist hier ein Filter bezeichnet, das innerhalb eines Kurzzeitspektrums eines Mikrofonsignals Unterschiede zwischen den Amplituden einzelner Frequenzanteile verringert. Man spricht auch vom Weißen (Englisch: Whitening) des Kurzzeitspektrums. Eine solche Nivellierung des Kurzzeitspektrums entspricht einer Verringerung der Autokorrelation des Signals, d.h. seiner Dekorrelation. Insbesondere wird eine Tonalität des Mikrofonsignals verringert. Für eine ideale Weißung entspricht der Frequenzgang eines Pre-Whitening-Filters dem invertierten Kurzzeitspektrum des zu weißenden Signals.

[0008] Nachteilig bei der Verwendung eines Pre-Whitening-Filters ist, dass durch die Nivellierung auch diejenigen spektralen Spitzen im Kurzzeitspektrum des Mikrofonsignals gedämpft werden, die für den Pfeifton der Rückkopplung charakteristisch sind. Hierdurch wird die Adaption des Modells in der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung wegen der dann nur noch schwach ausgeprägten spektralen Spitze erschwert. Sie wird insbesondere sehr langsam.

[0009] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einer Hörvorrichtung eine artefaktfreie, schnelle Rückkopplungsunterdrückung zu ermöglichen.

[0010] Die Aufgabe wird durch eine Hörvorrichtung gemäß Anspruch 1 und durch ein Verfahren gemäß Anspruch 4 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Unteransprüche gegeben.

[0011] Bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist ein erstes Mikrofon über ein Pre-Whitening-Filter mit einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung gekoppelt. Zusätzlich weist die Hörvorrichtung ein zweites Mikrofon auf. Die Hörvorrichtung ist dabei dazu ausgelegt, einen Frequenzgang des Pre-Whitening-Filters (für das erste Mikrofon) in Abhängigkeit von einem Signal des zweiten Mikrofons festzulegen.

[0012] Zum Betreiben der erfindungsgemäßen Hör-

vorrichtung sieht das erfindungsgemäße Verfahren in einem ersten Schritt vor, ein erstes Mikrofonsignal des ersten Mikrofons und ein zweites Mikrofonsignal des zweiten Mikrofons zu erfassen. Das erste Mikrofonsignal wird mittels des Pre-Whitening-Filters gefiltert. Ein Frequenzgang des Pre-Whitening-Filters für das erste Mikrofonsignal wird dabei in Abhängigkeit von dem zweiten Mikrofonsignal festgelegt. Auf Grundlage des gefilterten ersten Mikrofonsignals wird dann die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung für das erste Mikrofonsignal adaptiert.

[0013] Die erfindungsgemäße Hörvorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren weisen den Vorteil auf, dass die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung im Falle einer Rückkopplung im ersten Mikrofonsignal schnell adaptiert wird und dennoch keine Artefakte während der Adaption entstehen. Mit der Adaption der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung ist hier und im Folgenden die Adaption des von der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung verwendeten Modells für den Rückkopplungspfad gemeint.

[0014] Die Artefakte werden durch das Pre-Whitening-Filter vermieden. Indem der Frequenzgang des Pre-Whitening-Filters aber auf der Grundlage des zweiten Mikrofonsignals festgelegt wird, in dem kein (oder zumindest ein anderer) Rückkopplungsanteil enthalten ist, ergibt sich bei der Filterung des ersten Mikrofonsignals während einer Rückkopplung keine Dämpfung der spektralen Spitze im Kurzzeitspektrum des ersten Mikrofonsignals. Dadurch ist die schnelle Adaption der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung ermöglicht.

[0015] Um den Frequenzgang des Pre-Whitening-Filters einzustellen, kann dieses mit einem adaptiven Filter gekoppelt sein, welches dazu ausgelegt ist, Filterkoeffizienten für eine Pre-Whitening-Filterung in Abhängigkeit von dem Mikrofonsignal des zweiten Mikrofons zu bestimmen. Das Pre-Whitening-Filter empfängt dann die Filterkoeffizienten von dem adaptiven Filter und legt den Frequenzgang anhand der Filterkoeffizienten fest. Die Filterkoeffizienten werden dabei bevorzugt auch entsprechend adaptiv ermittelt, d.h. kontinuierlich. Somit stehen auch bei einer Veränderung des Kurzzeitspektrums des Umgebungsschallsignals stets die passenden Filterkoeffizienten bereit.

[0016] Die Filterkoeffizienten, oder allgemeiner der Frequenzgang, können beispielsweise auf der Grundlage eines Least-Mean-Square-Algorithmus oder des Levinson-Durbin-Algorithmus oder einer linearen Prädiktion oder einer Autokorrelationsbestimmung festgelegt werden.

[0017] Die Hörvorrichtung wird in vorteilhafter Weise weitergebildet, wenn die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung ein Schattenfilter aufweist. Mittels eines Schattenfilters können Rausch- und Stabilitätsprobleme in besonders kritischen akustischen Umgebungen vermieden werden. Alternativ zu einem Schattenfilter kann bei der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung eine Schätzeinrichtung für einen Rückkopplungspfad

auch in einen Nutzsinalpfad integriert sein. Durch diese Integration müssen weniger Filter bereitgestellt sein, um eine adaptive Rückkopplungsunterdrückung zu bewirken.

[0018] Eine andere vorteilhafte Weiterbildung ergibt sich, wenn das erste Mikrofon in einer bestimmungsgemäß an einem Ohr eines Benutzers der Hörvorrichtung zu tragenden Komponente der Hörvorrichtung, z.B. einem Hörgerät, und das zweite Mikrofon in einem Abstand zu dieser Komponente angeordnet ist. Durch den Abstand ist es sehr unwahrscheinlich, dass sich eine Rückkopplung mit einem Pfeifton bei einer bestimmten Frequenz gleichzeitig in beiden Mikrofonen ausbildet. So ist gewährleistet, dass durch das Pre-Whitening keine Dämpfung des Rückkopplungsanteils, d.h. der spektralen Spitzen in den Kurzzeitspektren des ersten Mikrofonsignals, verursacht wird.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die beiden Mikrofone in Komponenten der Hörvorrichtung angeordnet sind, die an unterschiedlichen Seiten des Kopfes eines Benutzers zu tragen sind, also z.B. in zwei Hörgeräten. Diese Weiterbildung beruht auf der Beobachtung, dass in den beiden Komponenten eine Rückkopplung für die gleiche Frequenz fast nie zugleich entsteht. Dagegen sind die Umgebungsschallsignale, die von den beiden Komponenten empfangen werden, stets sehr ähnlich. Somit ist ein Weißen (Whitening) des Signalanteils des Umgebungsschalls in dem ersten Mikrofonsignal mithilfe eines Pre-Whitening-Filters möglich, dessen Frequenzgang auf der Grundlage des zweiten Mikrofonsignals ermittelt ist. Der Signalanteil, der durch eine lokale Rückkopplung in das erste Mikrofon verursacht wird, wird dabei nicht gedämpft. Die Kopfabschattung bewirkt, dass das Rückkopplungssignal, das sich an einem der Hörgeräte ausprägt, bei dem anderen gar nicht oder nur stark gedämpft ankommt, so dass dessen Pre-Whitening-Filter keine Dämpfungen bei dem Rückkopplungssignal aufweist.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dazu zeigt:

FIG 1 eine schematische Darstellung eines Hinterdem-Ohr-Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik,

FIG 2 ein schematische Darstellung einer binauralen Hörhilfe gemäß einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung,

FIG 3 zwei Diagramme mit je zwei Graphen zu Frequenzgängen von Pre-Whitening-Filtern, deren Filterkoeffizienten jeweils ohne eine Rückkopplung bestimmt wurden,

FIG 4 drei Diagramme mit je zwei Graphen zu Frequenzgängen von Pre-Whitening-Filtern, deren Koeffizienten einmal während einer Rück-

kopplung und einmal ohne eine Rückkopplung bestimmt wurden,

FIG 5 eine schematische Darstellung eines Hörgeräts der Hörhilfe von FIG 2 und

FIG 6 eine schematische Darstellung eines Hörgeräts einer binauralen Hörhilfe gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung.

[0021] In FIG 2 ist ein schematischer Aufbau einer binauralen Hörhilfe 10 gezeigt. Die Hörhilfe 10 weist als Komponenten ein linkes Hörgerät 12 und ein rechtes Hörgerät 14 auf, die von einem Benutzer der Hörhilfe 10 jeweils am Ohr zu tragen sind. In FIG 2 deuten die Buchstaben L (links) und R (rechts) an, an welcher Seite des Kopfes die Hörgeräte jeweils getragen werden. Bei den Hörgeräten 12 und 14 kann es sich beispielsweise um In-dem-Ohr-Hörgeräte oder um Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte handeln.

[0022] Die beiden Hörgeräte 12 und 14 sind über eine Kommunikationsverbindung 16 miteinander verbunden. Es kann sich dabei beispielsweise um ein Kabel oder um eine Funkverbindung handeln. Über die Kommunikationsverbindung 16 können zwischen den Hörgeräten 12 und 14 z.B. Audiosignale oder andere Daten ausgetauscht werden.

[0023] Das linke Hörgerät 12 weist ein erstes Mikrofon 18 auf, das über ein Pre-Whitening-Filter 20 mit einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 gekoppelt ist. Die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 ist über eine Nachverarbeitungseinrichtung 24 mit einem Hörer 26 des Hörgeräts 12 gekoppelt.

[0024] In dem rechten Hörgerät 14 befindet sich ein zweites Mikrofon 28, das mit einem adaptiven Filter 30 gekoppelt ist. Von dem adaptiven Filter 30 ermittelte Filterkoeffizienten werden über die Kommunikationsverbindung 16 zum Pre-Whitening-Filter 20 übertragen.

[0025] Ein Mikrofonensignal des ersten Mikrofons 18 wird durch das Pre-Whitening-Filter 20 geweißt. Dies verringert die Tonalität des Mikrofonensignals, wodurch während einer Adaption der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 weniger Artefakte im Ausgangssignal der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 erzeugt werden.

[0026] Die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 kann auf einer adaptiven Systemidentifikation basieren, mit der auf der Grundlage eines Modells für eine Übertragungsfunktion eines lokalen Rückkopplungspfads vom Hörer 26 zu dem Mikrofon 18 ein Rückkopplungsanteil in dem aus dem Pre-Whitening-Filter 20 empfangenen Signal ermittelt wird. Die Adaption der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 erfolgt anhand des in dem Mikrofonensignal des ersten Mikrofons 18 enthaltenen Rückkopplungsanteils.

[0027] Der Frequenzgang des Pre-Whitening-Filters 20, d.h. sein Übertragungsverhalten, ist durch die Filter-

koeffizienten festgelegt, welche das Pre-Whitening-Filter 20 von dem adaptiven Filter 30 empfängt.

[0028] Das adaptive Filter 30 bestimmt die Filterkoeffizienten auf der Grundlage eines Mikrofonensignals des zweiten Mikrofons 28. Die Filterkoeffizienten können beispielsweise auf der Grundlage einer linearen Prädiktion bestimmt werden. Anstelle einer linearen Prädiktion kann beispielsweise auch der Levinson-Durbin-Algorithmus oder generell ein Verfahren zum Bestimmen einer Autokorrelationsfunktion des Mikrofonensignals verwendet werden. Im spektralen Bereich ist beispielsweise eine Invertierung eines Auto-Leistungsdichtespektrums des Mikrofonensignals eine Methode zum Bestimmen eines Filters für ein Pre-Whitening.

[0029] Das adaptive Filter 30 kann auch Bestandteil des linken Hörgeräts 12 sein.

[0030] Durch die Nachverarbeitungseinrichtung 24 wird die Signalverzerrung, wie sie durch das Pre-Whitening-Filter 20 im Mikrofonensignal bewirkt wurde, d.h. durch das Weißen, wieder rückgängig gemacht. Für diese Entzerrung kann das Ausgangssignal der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 beispielsweise mit einem Filter prozessiert werden, dessen Übertragungsfunktion durch Invertieren einer momentanen Übertragungsfunktion des Pre-Whitening-Filters 20 gebildet ist.

[0031] Zu der Nachverarbeitungseinrichtung 24 gehört auch ein Verstärker, durch den das entzerrte Signal zum Betreiben des Hörers 24 verstärkt wird.

[0032] Bei der Hörhilfe 10 ist auch für einen (nicht dargestellten) Hörer des rechten Hörgeräts 14 eine Rückkopplungsunterdrückung ermöglicht. Dazu weist das rechte Hörgerät 14 ebenfalls ein Pre-Whitening-Filter und eine Rückkopplungsunterdrückungseinheit auf, die beide der Übersichtlichkeit halber in FIG 2 nicht dargestellt sind. Filterkoeffizienten für das Pre-Whitening-Filter des rechten Hörgeräts 14 werden über ein zweites adaptives Filter auf Grundlage des Mikrofonensignals des ersten Mikrofons 18 bestimmt.

[0033] Das Pre-Whitening mittels des Pre-Whitening-Filters 20 kann auch mit einer Frequenzverschiebung (Englisch: frequency shifting) kombiniert sein. Dies ergibt den Vorteil, dass die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 besonders robust gegen eine Artefaktbildung ist. Die Frequenzverschiebung kann z.B. durch eine Einseitenbandmodulation, beispielsweise mittels eines Hilbert-Filters, bewirkt werden. Die Verschiebung kann beispielsweise 20 Hz betragen.

[0034] Für das in FIG 2 erläuterte Beispiel sei im Folgenden angenommen, dass ein Teil eines vom Hörer 26 erzeugter Schall in das erste Mikrofon 18 rückgekoppelt wird, so dass im Mikrofonensignal des ersten Mikrofons 18 ein Signalanteil eines Umgebungsschalls und ein Signalanteil der Rückkopplung enthalten sind. Das zweite Mikrofon 28 erfasst ebenfalls den Umgebungsschall. Der Signalanteil der Rückkopplung ist dagegen wegen einer Abschirmung durch den Kopf des Benutzers nicht im Mikrofonensignal des zweiten Mikrofons 28 enthalten.

[0035] Indem das Weißen (Whitening) des Mikrofon-

signals des ersten Mikrofons 18 auf der Grundlage der Filterkoeffizienten aus dem adaptiven Filter 30 erfolgt, wird der Signalanteil der Rückkopplung in dem Mikrofonsignal des ersten Mikrofons 18 nicht gedämpft. Daher adaptiert die Rückkopplungsunterdrückungseinheit 22 schnell genug, um das Entstehen eines Pfeiftons zu verhindern. Dennoch ist eine Artefaktbildung stark vermindert oder sogar ganz verhindert.

[0036] Im Folgenden wird anhand der FIG 3 und der FIG 4 die Vermeidung einer Verlangsamung der Adaption der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 noch einmal näher erläutert.

[0037] Dazu sind in FIG 3 zwei Diagramme D1 und D2 gezeigt. In beiden Diagrammen D1, D2 sind jeweils zwei Graphen zu Frequenzgängen (Englisch: frequency response) von Pre-Whitening-Filtern gezeigt. Die Abszissenachse der Diagramme D1 und D2 gibt die Frequenz f (in Kilohertz) an, die Ordinatenachse die Amplitude A (in Dezibel).

[0038] In dem Diagramm D1 sind ein Frequenzgang F1 und ein Frequenzgang F2 dargestellt. Der Frequenzgang F1 wurde auf der Grundlage des Mikrofonsignals des Mikrofons 18 des linken Hörgeräts 12 bestimmt, der Frequenzgang F2 auf der Grundlage des Mikrofonsignals des Mikrofons 28 des rechten Hörgeräts 14. Mittels der beiden Mikrofone 18, 28 wurde ein Umgebungsschall erfasst. Eine Rückkopplung war bei beiden Hörgeräten 12, 14 nicht vorhanden.

[0039] Die den Frequenzgängen zugrundeliegenden Filterkoeffizienten wurden im Falle des Frequenzgangs F2 mittels des adaptiven Filters 30 (rechtes Mikrofonsignal) bzw. im Falle des Frequenzgangs F1 mittels des adaptiven Filters des linken Hörgeräts 12 (linkes Mikrofonsignal) bestimmt.

[0040] Wie in Diagramm D1 zu erkennen ist, ergeben sich für beide Mikrofonsignale sehr ähnliche Frequenzgänge F1 und F2. Daher ist es möglich, die Filterkoeffizienten, welche den Frequenzgang F2 (rechtes Mikrofonsignal) ergeben, zum Weißén des Mikrofonsignals des linken Mikrofons mittels des Pre-Whitening-Filters 20 zu verwenden. Genauso können die Filterkoeffizienten für den Frequenzgang F2 (linkes Mikrofonsignal) problemlos in dem Pre-Whitening-Filter des rechten Hörgeräts 14 verwendet werden.

[0041] Im Diagramm D2 sind Frequenzgänge F3 und F4 gezeigt. Der Frequenzgang F3 entspricht dem Frequenzgang F1, wie er sich zu einem anderem Zeitpunkt ergibt, wenn sich das adaptive Filter an eine Änderung des Umgebungsschalls angepasst hat. Der Frequenzgang F4 entspricht dem Frequenzgang F2 zu dem anderen Zeitpunkt.

[0042] Anhand des Diagramms D2 ist zu erkennen, dass sich auch zu einem anderen Zeitpunkt für beide Mikrofone 18, 28 stets sehr ähnliche Frequenzgänge ergeben.

[0043] In FIG 4 sind in drei Diagrammen D3, D4 und D5 jeweils weitere Frequenzgänge gezeigt, die anhand der Mikrofonsignale des linken Mikrofons 18 und des

rechten Mikrofons 28 ermittelt worden sind. Die Diagramme D3 bis D5 zeigen dabei wieder Frequenzgänge, wie sie sich zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten ergeben. Im Unterschied zu den Diagrammen aus FIG 3, zeigen die Diagramme D3 bis D5 Frequenzgänge zu Pre-Whitening-Filtern, wie sie sich ergeben, wenn am linken Hörgerät 12 eine akustische Rückkopplung vorhanden ist, aufgrund welcher ein oder mehrere Pfeiftöne vom linken Hörgerät 12 erzeugt werden.

[0044] Im Diagramm D3 ist ein Frequenzgang F5 für ein Pre-Whitening-Filter gezeigt, der auf der Grundlage des linken Mikrofonsignals bestimmt wurde. Der Frequenzgang F5 weist eine starke Einkerbung 32 auf. Die Einkerbung 32 befindet sich bei der Frequenz eines Pfeiftons, der durch die Rückkopplung verursacht ist. Wenn die Filterkoeffizienten, welche den Frequenzgang F5 ergeben, auch zum Weißén des linken Mikrofonsignals in dem Pre-Whitening-Filter 20 verwendet würden, würde dies wegen der Einkerbung 32 zu einer starken Dämpfung des aus der Rückkopplung stammenden Signalanteils führen, d.h. die durch den Pfeifton verursachten spektralen Spitze im Kurzzeitspektrum des Mikrofonsignals des linken Mikrofons 18 würde gedämpft. Entsprechend würde sich eine Adaption der nachgeschalteten Rückkopplungsunterdrückungseinheit 22 verlangsamen.

[0045] Ein Frequenzgang F6, der auf der Grundlage des Mikrofonsignals des rechten Hörgeräts 14 vom adaptiven Filter 30 bestimmt wurde, ist in einem Frequenzbereich 34, in welchem die Frequenz des Pfeiftons liegt, nicht von der Rückkopplung beeinflusst. Der Frequenzgang F6 repräsentiert somit ausschließlich den Umgebungsschall. Mit den Filterkoeffizienten aus dem adaptiven Filter 30 ist es deshalb möglich, das linke Mikrofonsignal mittels des Pre-Whitening-Filters 20 zu weißén, ohne dabei den aus der Rückkopplung stammenden Signalanteil zu dämpfen. Dies ermöglicht die schnelle und dennoch artefaktfreie Rückkopplungsunterdrückung.

[0046] In den Diagrammen D4 und D5 sind jeweils noch einmal Frequenzgänge entsprechend den Frequenzgängen F5 und F6 gezeigt, wie sie sich für zwei andere Umgebungsschallsignale ergeben. Die Rückkopplung am linken Hörgerät 12 verursacht stets nur in demjenigen Frequenzgang F7, F8 Einkerbungen, der im linken Hörgerät 12 auf der Grundlage des Mikrofonsignals des linken Mikrofons 18 bestimmt wurde.

[0047] In FIG 5 ist zur Veranschaulichung der Funktionsweise der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 das linke Hörgerät 12 der in FIG 2 gezeigten Hörhilfe 10 noch einmal genauer dargestellt.

[0048] Die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22 weist eine Schätzeinheit 36 auf, mittels welcher zu einer Übertragungsfunktion H eines Rückkopplungspfad eine geschätzte Übertragungsfunktion H ermittelt wird. Im Folgenden wird die Übertragungsfunktion H als der geschätzte Rückkopplungspfad H bezeichnet. Der geschätzte Rückkopplungspfad H stellt das bereits erwähnte Modell für den Rückkopplungspfad dar. Auf der

Grundlage des geschätzten Rückkopplungspfads H wird aus einem Ausgabesignal 38 einer Verarbeitungseinheit 40 ein Rückkopplungsanteil 42 geschätzt.

[0049] Der geschätzte Rückkopplungsanteil 42 wird mittels einer Berechnungseinheit 44 von dem Ausgangssignal des Pre-Whitening-Filters 20 subtrahiert. Bei einer idealen Adaption der Schätzeinheit 36 würde hierdurch ein Rückkopplungsanteil in einem Ausgangssignal des Pre-Whitening-Filters 20 entfernt. Das Ausgangssignal der Berechnungseinheit 44 wird zum einen als Nutzsignal an die Verarbeitungseinheit 40 übertragen. Zum anderen bildet das Ausgangssignal ein Fehlersignal 46 zum Adaptieren der Schätzeinheit 36, d.h. zum Adaptieren des geschätzten Rückkopplungspfads \hat{H} .

[0050] Die Verarbeitungseinheit 40 kann beispielsweise eine selektive Verstärkung einzelner Frequenzbereiche bewirken, für welche ein Hörvermögen des Benutzers der Hörhilfe 10 beeinträchtigt ist.

[0051] In FIG 5 ist auch die Funktionsweise der Nachverarbeitungseinrichtung 24 genauer veranschaulicht. Zu aktuellen Filterkoeffizienten PW für das Pre-Whitening-Filter 20 empfängt ein einstellbares Filter 48 der Nachverarbeitungseinrichtung 24 über eine Kommunikationsverbindung 16' Filterkoeffizienten PW^{-1} , mittels welcher der Frequenzgang des einstellbaren Filters 48 festgelegt wird. Durch die Filterkoeffizienten PW^{-1} ergibt sich dabei ein Frequenzgang des einstellbaren Filters 48, der invers zu demjenigen des mit den Filterkoeffizienten PW betriebenen Pre-Whitening-Filters 20 ist, so dass durch Filtern des Ausgangssignals 38 der Verarbeitungseinheit 40 mit dem einstellbaren Filter 48 die bereits beschriebene Entzerrung bewirkt wird.

[0052] Der Verstärker 50 bewirkt dann die ebenfalls bereits beschriebene Verstärkung des entzerrten Signals für den Betrieb des Hörers 26.

[0053] Wie bereits erwähnt, wird bei dem Hörgerät 12 durch eine einzige Filterung des Ausgangssignals 38 mit der Schätzeinheit 36 ein Signal, nämlich der geschätzte Rückkopplungsanteil 42, ermittelt, mittels welchem sowohl das Bilden des Fehlersignals 46 für die Adaption der Schätzeinheit 36 als auch die Entfernung des Rückkopplungsanteils in dem Nutzsignal für den Hörer 26 ermöglicht wird. Die Schätzung des Rückkopplungspfads H ist somit in den Nutzsignalpfad integriert, der hier vom Mikrofon 18 über das Pre-Whitening-Filter 20, die Berechnungseinheit 44, die Verarbeitungseinheit 40 und die Nachbearbeitungseinrichtung 24 zum Hörer 26 führt.

[0054] Im Folgenden ist in diesem Zusammenhang eine alternative Ausführungsform eines Hörgeräts beschrieben, bei dem ein Schattenfilter verwendet wird.

[0055] In FIG 6 ist ein Hörgerät 12' einer nicht weiter dargestellten binauralen Hörhilfe 10' gezeigt. In FIG 6 sind Elemente des Hörgeräts 12', welche in ihrer Funktion Elementen des Hörgeräts 12 entsprechen, mit gleichen, aber gestrichelten Bezugszeichen versehen.

[0056] Bei dem Hörgerät 12' kann die Adaption einer Schätzeinheit 36' auf Basis eines "pre-whitened" Signals durchgeführt werden, ohne dass eine Filterung von Si-

gnalen mit dem invertierten Frequenzgang nötig ist. Ein von einem Hörer 26' ausgegebenes Signal muss somit bei dem Hörgerät 12' nicht erst entzerrt werden, wodurch mögliche Probleme mit einem stabilen Betrieb des für die Entzerrung nötigen inversen Filters und ein mögliches Rauschen in dem ausgegebenen Signal vermieden werden können. Das Hörgerät 12' kann so auch in Umgebungen verwendet werden, in denen ein Weißes eines Mikrofonsignals eines Mikrofons 18' eine verhältnismäßig starke Verzerrung verursacht. Zudem müssen zu Filterkoeffizienten PW für ein Pre-Whitening-Filter 20' keine Filterkoeffizienten für eine inverse Filterung, eben die Entzerrung, berechnet werden.

[0057] Die Schätzeinheit 36' ist Bestandteil einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung 22' des Hörgeräts 12'. Sie bildet zusammen mit einer Berechnungseinheit 44' ein Schattenfilter 52, mit dem ein Rückkopplungspfad \hat{H} in der im Zusammenhang mit der Schätzeinheit 36 und der Berechnungseinheit 44 beschriebenen Weise geschätzt wird. Eine Rückführung eines Ausgabesignals einer Verarbeitungseinheit 40' zur Schätzeinheit 36' erfolgt über ein weiteres Pre-Whitening-Filter 20". Die beiden Pre-Whitening-Filter 20' und 20" sind über eine Kommunikationsverbindung 16" mit einem nicht dargestellten adaptiven Filter verbunden, welches dem adaptiven Filter 30 entspricht. Damit ist auch bei dem Hörgerät 12' eine schnelle Adaption der Schätzeinheit 36' aus den benannten Gründen gewährleistet.

[0058] Anders als bei dem Hörgerät 12, ist bei dem Hörgerät 12' eine Unterdrückung eines Rückkopplungsanteils durch ein Rückkopplungsfilter 36" und eine Berechnungseinheit 44" unmittelbar in dem nicht-geweißten Mikrofonsignal bewirkt. Eine Übertragungsfunktion des Rückkopplungsfilters 36", d.h. dessen Frequenzgang, entspricht dabei der von der Schätzeinheit 36' geschätzten Übertragungsfunktion \hat{H} des Rückkopplungspfads. Die Schätzeinheit 36' überträgt dazu entsprechende Koeffizienten an das Rückkopplungsfilter 36". Mittels des Schattenfilters 52 wird somit ein geschätzter Rückkopplungspfad \hat{H} ermittelt, ohne dass hierzu ein Nutzsignal auf einem das Mikrofon 18' mit dem Hörer 26' verbindenden Nutzsignalpfad verändert werden muss. Indem das Schattenfilter 52 hierbei die geweißten Signale der Pre-Whitening-Filter 20' und 20" verarbeitet, ist bei dem Rückkopplungsfilter 36" eine artefaktfreie Verarbeitung des Mikrofonsignals des Mikrofons 18' durch das Rückkopplungsfilter 36" ermöglicht.

[0059] Ein zum Betreiben des Hörers 26' vorgesehener Verstärker des Hörgeräts 12', der dem Verstärker 50 entspricht, ist in FIG 6 nicht dargestellt.

[0060] Wie in den Beispielen gezeigt ist, ist bei der Hörhilfe 10 für beide Hörgeräte 12 und 14 eine artefaktfreie, schnell adaptierende Rückkopplungsunterdrückung ermöglicht.

Patentansprüche

1. Hörvorrichtung (10, 10'), bei der ein erstes Mikrofon (18, 18') über ein Pre-Whitening-Filter (20, 20') mit einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung (22, 22') gekoppelt ist, 5
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Hörvorrichtung (10, 10') dazu ausgelegt ist, einen Frequenzgang (F2, F4, F6) des Pre-Whitening-Filters (20, 20') in Abhängigkeit von einem Signal eines zweiten Mikrofons (28) der Hörvorrichtung (10) einzustellen. 10
2. Hörvorrichtung (10, 10') nach Anspruch 1, bei welcher das Pre-Whitening-Filter (20, 20') mit einem adaptiven Filter (30) gekoppelt ist, welches dazu ausgelegt ist, Filterkoeffizienten für eine Pre-Whitening-Filterung in Abhängigkeit von dem Mikrofonsignal des zweiten Mikrofons (28) zu bestimmen, wobei das Pre-Whitening-Filter (20, 20') dazu ausgelegt ist, die Filterkoeffizienten von dem adaptiven Filter (30) zu empfangen und den Frequenzgang (F2, F4, F6) anhand der Filterkoeffizienten einzustellen. 15
3. Hörvorrichtung (10, 10') nach Anspruch 1 oder 2, bei welcher die Hörvorrichtung (10, 10') dazu ausgelegt ist, den Frequenzgang (F2, F4, F6) auf der Grundlage eines Least-Mean-Square-Algorithmus oder des Levinson-Durbin-Algorithmus oder einer linearen Prädiktion oder einer Autokorrelationsbestimmung einzustellen. 20
4. Hörvorrichtung (10, 10') nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung (22') ein Schattenfilter (52) aufweist oder bei der Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung (22) eine Schätzeinrichtung (36, 44, 46) für einen Rückkopplungspfad (**H**) in einen Nutzsinalpfad integriert ist. 25
5. Hörvorrichtung (10, 10') nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher das erste Mikrofon (18, 18') in einer bestimmungsgemäß an einem Ohr eines Benutzers der Hörvorrichtung (10, 10') zu tragenden Komponente (12, 12') der Hörvorrichtung (10, 10') und das zweite Mikrofon (28) in einem Abstand zu dieser Komponente (12, 12') angeordnet ist. 30
6. Hörvorrichtung (10, 10') nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die beiden Mikrofone (18, 28; 18') in an unterschiedlichen Seiten des Kopfes eines Benutzers zu tragenden Komponenten (12, 14; 12') angeordnet sind. 35
7. Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung (10, 10'), umfassend die Schritte: 40
 - Erfassen eines ersten Mikrofonsignals eines ersten Mikrofons (18, 18'),
 - Filtern des ersten Mikrofonsignals mittels eines Pre-Whitening-Filters (20, 20'),
 - Adaptieren einer Rückkopplungsunterdrückungseinrichtung (22, 22') auf Grundlage des gefilterten ersten Mikrofonsignals, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
 - Erfassen eines zweiten Mikrofonsignals eines zweiten Mikrofons (28) und
 - Festlegen eines Frequenzgangs des Pre-Whitening-Filters (20, 20') für das erste Mikrofonsignal in Abhängigkeit von dem zweiten Mikrofonsignal.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei Filterkoeffizienten (PW) ermittelt werden, durch welche eine Pre-Whitening-Filterung des zweiten Mikrofonsignals ermöglicht ist, und der Frequenzgang (F2, F4, F6) des Pre-Whitening-Filters (20, 20') mittels der Filterkoeffizienten (PW) festgelegt wird. 45
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Filterkoeffizienten (PW) adaptiv ermittelt werden. 50
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Frequenzgang (F2, F4, F6) auf der Grundlage eines Least-Mean-Square-Algorithmus oder des Levinson-Durbin-Algorithmus oder einer linearen Prädiktion oder einer Autokorrelationsbestimmung festgelegt wird. 55

FIG 1
(Stand der Technik)

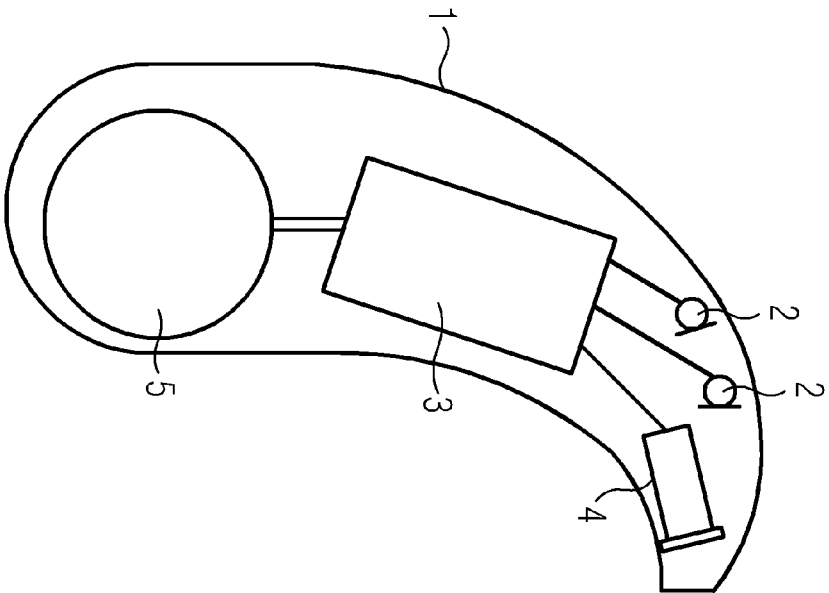


FIG 2

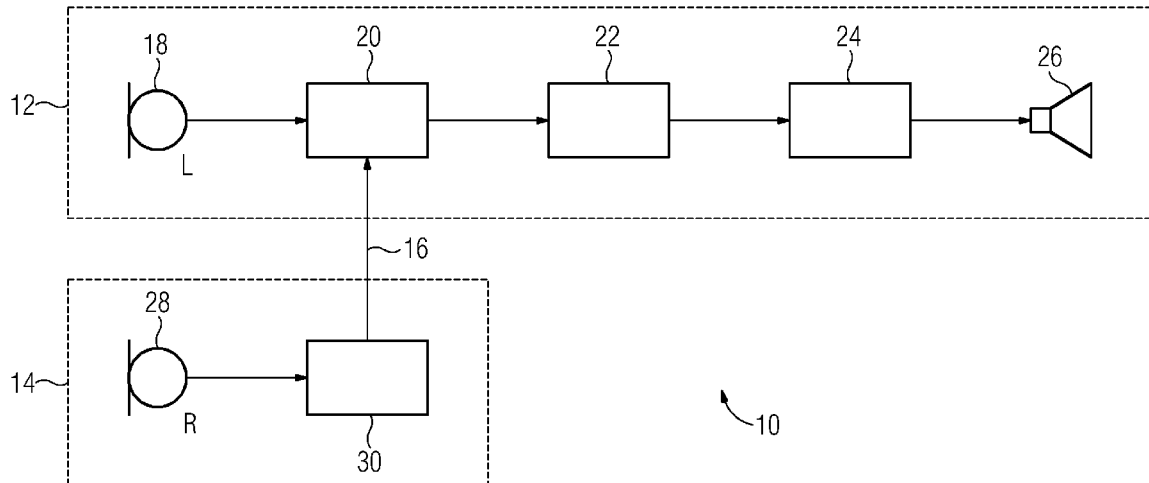


FIG 3

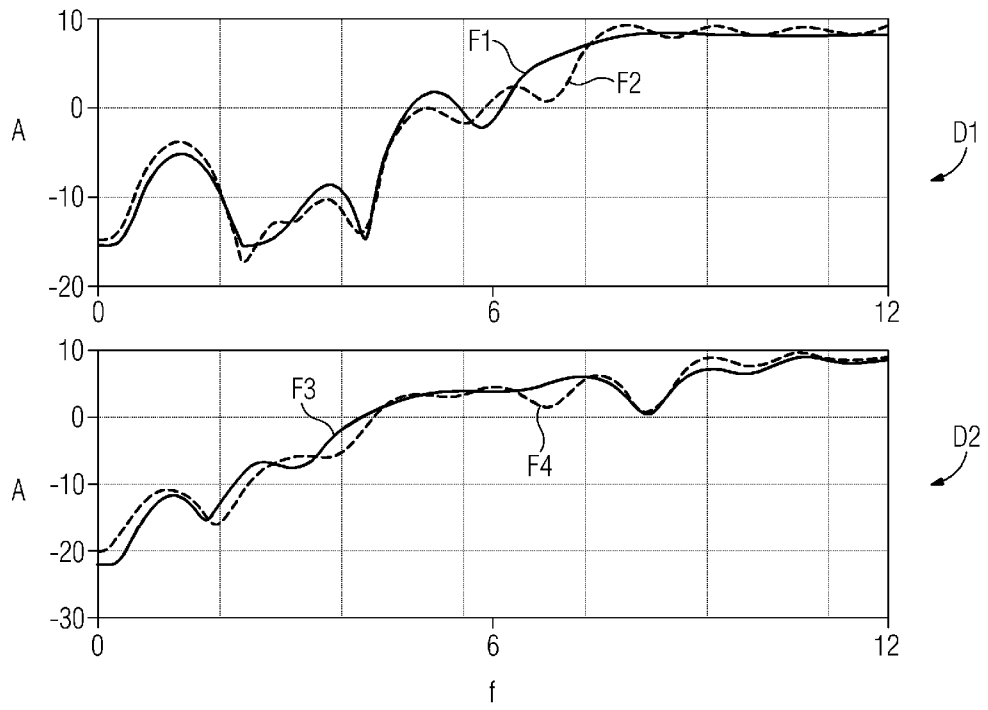


FIG 4

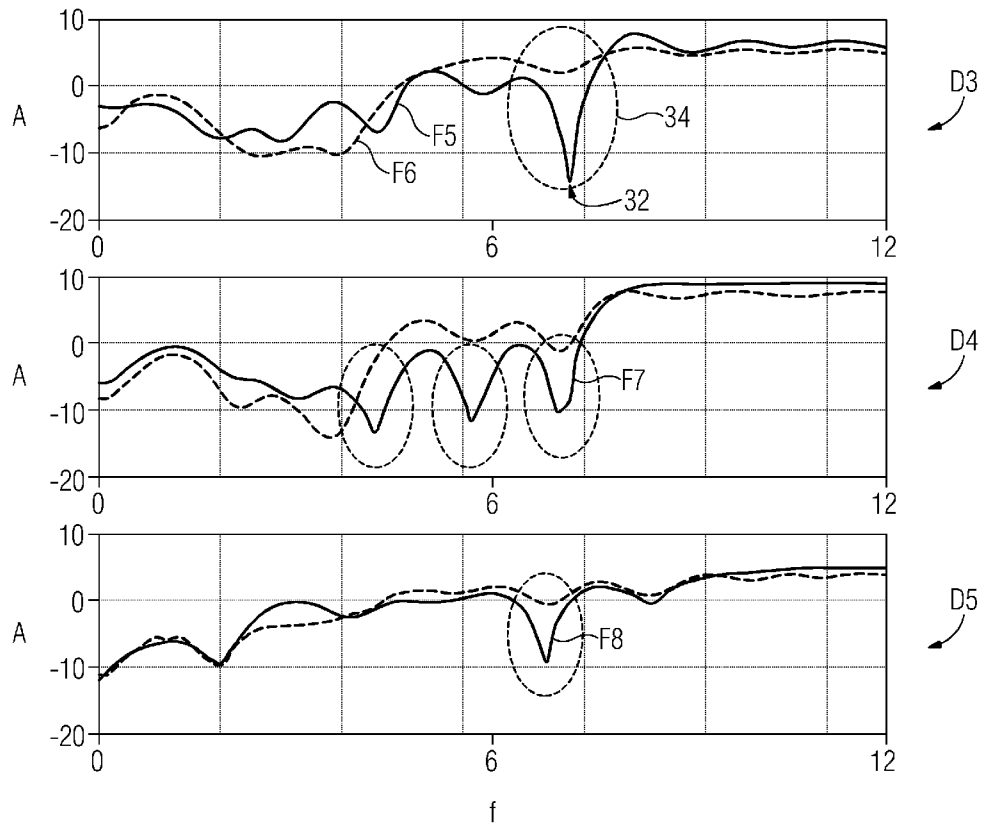


FIG 5

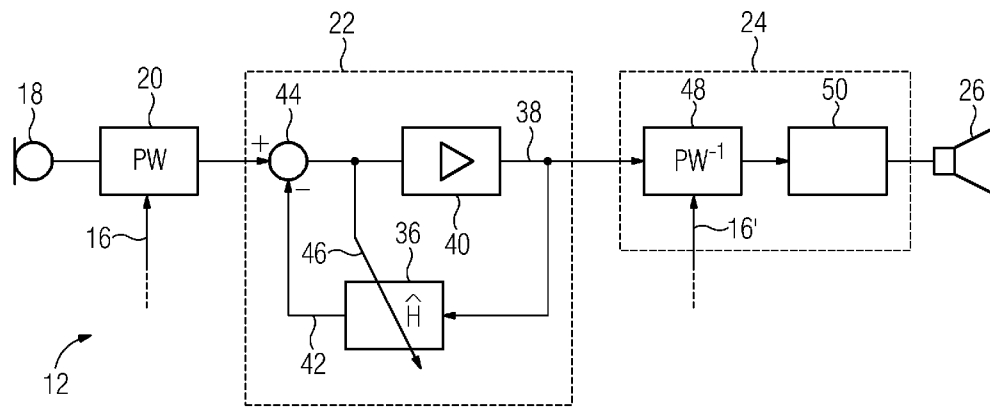


FIG 6

