



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.03.2017 Patentblatt 2017/10

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

(21) Anmeldenummer: **16178046.5**

(22) Anmeldetag: **05.07.2016**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Sivantos Pte. Ltd.**
Singapore 139959 (SG)

(72) Erfinder:
• **ROSENKRANZ, Tobias Daniel**
91054 Erlangen (DE)
• **WURZBACHER, Tobias**
90768 Fürth (DE)

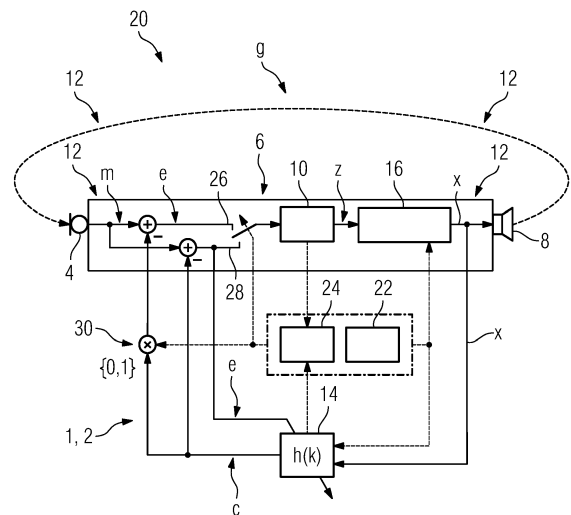
(30) Priorität: **02.09.2015 DE 102015216822**

(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR UNTERDRÜCKUNG EINER RÜCKKOPPLUNG IN EINEM HÖRGERÄT**

(57) Die Erfindung nennt ein Verfahren (20) zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät (1), insbesondere Hörhilfegerät (2), wobei ein Mikrofon (4) des Hörgeräts (1) ein Eingangssignal (m) erzeugt und ein Lautsprecher (8) des Hörgeräts (1) ein akustisches Signal erzeugt, welches über einen akustischen Rückkopplungspfad (g) teilweise auf das Mikrofon (4) rückkoppelt, und wobei entlang eines Hauptsignalpfades (6) in Abhängigkeit vom Eingangssignal (m) ein Zwischen-signal (z), und anhand des Zwischensignals (z) ein Ausgangssignal (x) gebildet wird. Dabei ist vorgesehen, dass wobei eine Sprachaktivität eines Benutzers des Hörgerätes (1) überwacht wird (22), eine Transferfunktion (24) einer durch den Hauptsignalpfad (6) und den Rückkopplungspfad (g) gebildeten elektroakustischen geschlossenen Signal-schleife (12) geschätzt wird, dass in Abhängigkeit von der Transferfunktion (24) der geschlossenen Signal-schleife (12) und von der Sprachaktivität des Benutzers des Hörgerätes (1) das Zwischen-signal (z) zur Bildung des Ausgangssignals (x) de-korreliert wird (16), und anhand des Ausgangssignals (x) ein Kompensationssignal (c) erzeugt wird, welches dem Eingangssignal (m) zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird, und dass das Ausgangssignal (x) dem Lautsprecher (8) zur Wiedergabe zugeführt wird.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät, insbesondere Hörhilfegerät, wobei ein Mikrofon des Hörgeräts ein Eingangssignal erzeugt und wobei ein Lautsprecher des Hörgeräts ein akustisches Signal erzeugt, welches teilweise auf das Mikrofon rückkoppelt, wobei entlang eines Hauptsignalpfades in Abhängigkeit vom Eingangssignal ein Zwischensignal, und anhand des Zwischensignals ein Ausgangssignal gebildet wird, und wobei das Ausgangssignal dem Lautsprecher zur Wiedergabe zugeführt wird.

[0002] In Hörgeräten ist die Rückkopplung, also eine Aufnahme eines durch einen Lautsprecher des Hörgeräts erzeugten Schallsignals durch ein Mikrofon des Hörgeräts und eine damit einhergehende erneute Verstärkung im internen Signalweg, ein aufgrund der geringen Abstände zwischen Mikrofon und Lautsprecher sowie der oftmals hohen Empfindlichkeit der eingesetzten Mikrofone häufig auftretendes Problem.

[0003] Bei der Unterdrückung der Rückkopplung werden oft Algorithmen zur Frequenz-Verzerrung wie z.B. Frequenzverschiebung, Phasenmodulation oder Frequenzkompression eingesetzt, da diese das vom Mikrofon aufgenommene Signal und das vom Lautsprecher erzeugte Schallsignal voneinander dekorrelieren. Eine derartige Dekorrelierung führt zu einer robusteren Adaption in Algorithmen zur adaptiven Rückkopplungs-Auslöschung und somit zu einer schnelleren Unterdrückung von Pfeifgeräuschen, welche aufgrund der Rückkopplung entstehen. Überdies können Fehler in der Adaption, welche im Signal des Hörgeräts zu hörbaren Artefakten führen können, weitgehend unterbunden werden.

[0004] Je nach Bauart, Ohrpassestück und patientenspezifischer Anpassung des Hörgeräts kann ein Teil des Umgebungsschalls neben dem durch den Lautsprecher erzeugten Schallsignal in den Gehörgang des Benutzers gelangen. Hierdurch werden das "echte" Schallsignal aus der Umgebung und das Frequenz-verzerrte Schallsignal des Lautsprechers miteinander überlagert. Während das Frequenz-verzerrte Schallsignal alleine von einem Benutzer als qualitativ hochwertig empfunden werden kann, ist die Wahrnehmung des aus der Überlagerung resultierenden Schallsignals meist unangenehm. Im Fall einer Frequenz-Verschiebung (also einer Verschiebung der Frequenz des Lautsprecher-Signals bzgl. des ursprünglichen Signals entlang der Frequenzachse um einen bestimmten Betrag) kann es hierbei zu einer hörbaren Modulation in Form von Schwebungen kommen, welche sich je nach Betrag der Frequenzverschiebung als flirrendes oder rasselndes Störgeräusch bemerkbar machen.

[0005] Für einen Benutzer des Hörgeräts wird dabei die Überlagerung des Klanges seiner eigenen Stimme mit einem Frequenz-verzerrten Signal derselben meist besonders lästig empfunden. Da der Klang der eigenen Stimme auch durch den Schädelknochen zum Gehör-

gang geleitet wird, besteht dieses Problem unabhängig von der Bauweise des Ohrpassestücks, und kann somit auch nicht ohne weiteres behoben werden, z.B. durch einen besseren Verschluss des Gehörgangs (welcher zudem seinerseits nur weitere Probleme wie Okklusionseffekte mit sich brächte).

[0006] In der DE 10 2013 207 403 B3 wird ein Verfahren zur Steuerung einer Adaptionsschrittweite eines adaptiven Filters einer Hörvorrichtung für eine Rückkopplungsreduktion offenbart. Hierzu wird ein Autokorrelationswert von Abtastwerten eines Mikrofonsignals, zwischen denen eine Zeitdifferenz besteht, gewonnen, und die Adaptionsschrittweite des adaptiven Filters wird anhand des Autokorrelationswerts gesteuert. Eine Frequenz eines auf der Basis des Mikrofonsignals gewonnenen Ausgangssignals wird bei dem Erzeugen des Hörsignals verschoben und die Zeitdifferenz für das Gewinnen des Autokorrelationswerts wird in Abhängigkeit von dem Verschieben der Frequenz des Mikrofonsignals gesteuert.

[0007] Die DE 10 2014 218 672 B3 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Rückkopplungsunterdrückung. Bei dem Verfahren wird eine erste Übertragungsfunktion für einen ersten Abschnitt einer Signalantwort geschätzt, die einen Rückkopplungspfad umfasst. Eine Energie eines Rückkopplungssignals einer zweiten Übertragungsfunktion des Rückkopplungspfades wird für einen zweiten Abschnitt des Signalantwort geschätzt und ein Parameter der Signalverarbeitungseinrichtung und/oder der Rückkopplungsunterdrückungseinheit wird in Abhängigkeit von der geschätzten Energie eingestellt.

[0008] Die DE 10 2005 032 274 A1 zeigt ein Verfahren zur Eigenstimmendetektion. Dabei ist vorgesehen, die eigene Stimme mit einer speziellen Analyseinrichtung zu detektieren und die Hörgerätealgorithmen in Abhängigkeit davon zu steuern. Dies kann durch ein Mikrofon im Gehörgang erreicht werden, dessen Signalpegel mit dem eines externen Mikrofons verglichen wird. Beispielsweise lässt sich hiermit die automatische Verstärkungsregelung eines Hörgeräts bei Präsenz der eigenen Stimme einfrieren.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät anzugeben, welches eine möglichst hohe Klangqualität im Ausgangssignal ermöglichen soll und dabei für den Benutzer des Hörgerätes in Gesprächssituationen ein möglichst angenehmes Hörempfinden bewirken soll.

[0010] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät, insbesondere Hörhilfegerät, wobei ein Mikrofon des Hörgeräts ein Eingangssignal erzeugt und ein Lautsprecher des Hörgeräts ein akustisches Signal erzeugt, welches über einen akustischen Rückkopplungspfad teilweise auf das Mikrofon rückkoppelt, und wobei entlang eines Hauptsignalpfades in Abhängigkeit vom Eingangssignal ein Zwischensignal, und anhand des Zwischensignals ein Ausgangssignal

gebildet wird. Hierbei ist vorgesehen, dass eine Sprachaktivität eines Benutzers des Hörgerätes überwacht wird, eine Transferfunktion einer durch den Hauptsignalpfad und den Rückkopplungspfad gebildeten elektro-akustischen geschlossenen Signalschleife geschätzt wird, und dass in Abhängigkeit von der Transferfunktion der geschlossenen Signalschleife und von der Sprachaktivität des Benutzers des Hörgerätes das Zwischensignal zur Bildung des Ausgangssignals dekorreliert wird sowie anhand des Ausgangssignals ein Kompensationssignal erzeugt wird, welches dem Eingangssignal zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird, wobei das Ausgangssignal dem Lautsprecher zur Wiedergabe zugeführt wird. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfindnerische Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0011] Unter einem Mikrofon ist hierbei generell jeder Eingangswandler umfasst, welcher dazu eingerichtet ist, ein Schallsignal in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Ebenso ist unter einem Lautsprecher jeder elektro-akustische Wandler umfasst, welcher dazu eingerichtet ist, aus einem elektrischen Signal ein Schallsignal zu erzeugen. Insbesondere wird aus dem Hauptsignalpfad das Ausgangssignal zumindest fallweise in einen Nebensignalpfad ausgekoppelt, in welchem das Kompensationssignal erzeugt wird, das dem Eingangssignal zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird. Die Dekorrelierung des Zwischensignals erfolgt hierbei insbesondere durch eine Frequenz-Verzerrung, unter welcher u.a. auch eine ggf. zeitabhängige Frequenz-Verschiebung und eine Phasenmodulation umfasst sind.

[0012] Eine mögliche Lösung für das genannte Problem wäre es, die Dekorrelierung generell inaktiv zu lassen, und nur dann einzuschalten, sobald ein auf Rückkopplung beruhendes Pfeifen detektiert wird. Hierdurch nimmt der Benutzer des Hörgerätes seine eigene Stimme durch eine direkte Schallübertragung und durch den Signalweg des Hörgerätes identisch wahr; Interferenzen, Schwebungen oder ein unangenehmes Flirren treten nicht auf. Eine inaktive Dekorrelierung zwischen dem Mikrofonsignal und dem vom Lautsprecher wiederzugebenden Ausgangssignal ist bevorzugt von im Hörgerät zur Unterdrückung bzw. Auslöschung der Rückkopplung angewandten Algorithmen zu berücksichtigen. Diese sind entweder ebenfalls zu deaktivieren, oder operieren bevorzugt mit deutlich langsameren Zeitkonstanten als bei einer aktivierten Dekorrelierung, um zu verhindern, dass infolge der hohen vorhandenen Korrelation zwischen dem Eingangssignal - welches das Schallsignal der Umgebung widerspiegelt - und dem Ausgangssignal durch das anhand des Ausgangssignals erzeugte Kompensationssignal tonale Komponenten des Eingangssignals eliminiert werden, was zu hörbaren, unerwünschten Artefakten führen würde. Ein Nachteil der so entstehenden bedarfsweisen Unterdrückung der Rückkopplung ist jedoch, dass ein derartiges System ein Rückkopplungs-Pfeifen zuerst immer detektieren muss, bevor die Dekorrelierung aktiviert wird und die Rückkopplung

wirksam unterdrückt werden kann. Das System lässt sich daher nur schwer von Störungen durch die Rückkopplung vollständig befreien. Insbesondere gilt dies für Störgeräusche unterhalb einer Aktivierungsschwelle für die Dekorrelierung und die Unterdrückung der Rückkopplung.

[0013] Als alternative Lösung wird nun verfahrensgemäß angegeben, die Dekorrelierung des Zwischensignals zur Bildung des Ausgangssignals sowie die Unterdrückung der Rückkopplung im Eingangssignal anhand des aus dem Ausgangssignal gebildeten Kompensationssignals in Abhängigkeit von der Sprachaktivität des Benutzers des Hörgerätes und in Abhängigkeit von der Transferfunktion der geschlossenen Signalschleife durchzuführen, welche vom akustischen Rückkopplungspfad und dem Hauptsignalpfad gebildet wird. Insbesondere umfasst dies, die Dekorrelierung zu modifizieren, sobald beim Benutzer des Hörgerätes eine Aktivität der eigenen Stimme detektiert wird. Diese Modifikation der Dekorrelierung erfolgt dabei unter der Nebenbedingung, dass die Gesamtverstärkung der geschlossenen Signalschleife (closed loop gain) durch die Veränderung der Dekorrelierung und durch sich daraus ergebenden etwaigen Veränderungen für die Unterdrückung der Rückkopplung nicht in kritische Bereiche gerät.

[0014] Kommende Generationen von Hörgeräten werden die Möglichkeit bieten, zu detektieren, ob der Benutzer des Hörgerätes gerade selbst am Sprechen ist (own voice detection, OVD). Dies bietet insbesondere die Möglichkeit, die Dekorrelierung abzuschwächen oder ganz auszuschalten, sobald die OVD eine Aktivität der eigenen Sprache des Benutzers anzeigt. Zudem wird die Transferfunktion der geschlossenen Signalschleife (closed-loop transfer function, CLTF) des Hörgerätes kontinuierlich überwacht, und die Frequenz-Verzerrung nur dann modifiziert, wenn die Gesamtverstärkung der CLTF unterhalb eines bestimmten Grenzwertes liegt. Dieses Vorgehen kann verhindern, dass eine Veränderung der Dekorrelierungsbeispielsweise in Form einer Abschwächung oder gänzlichen Aussetzung - und daraus resultierende Konsequenzen für den Prozess zur Unterdrückung der Rückkopplung zu unerwünschten Pfeifgeräuschen führen.

[0015] Die CLTF ist hierbei bevorzugt zu berechnen aus der internen Transferfunktion des Hörgerätes und der Transferfunktion des Rückkopplungspfades. Der Rückkopplungspfad ist ein passives System, sodass seine Gesamtverstärkung immer kleiner ist als 0 dB. Das Hörgerät liefert üblicherweise eine Verstärkung größer als 0 dB. Ohne jegliche Unterdrückung einer Rückkopplung beginnt ein Hörgerät pfeifende Störgeräusche zu erzeugen, wenn die Gesamtverstärkung der CLTF größer als 0 dB ist, da in diesem Fall das durch den Lautsprecher erzeugte Schallsignal über die geschlossene Signalschleife immer weiter verstärkt wird. Die Erfindung bedient sich somit der Erkenntnis, dass für eine Unterdrückung der Rückkopplung die Transferfunktion des

Rückkopplungspfad es meist zumindest näherungsweise bekannt ist, während die Transferfunktion des Hauptsignalpfades im Hörgerät bekannt ist. Die Erfindung erkennt nun, dass sich anhand der geschätzten Transferfunktion der geschlossenen Signalschleife eine Bedingung aufstellen lässt, wann die Unterdrückung der Rückkopplung bevorzugt nicht geändert werden sollte.

[0016] In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass viele Hörgeräte eine Signalverarbeitung des Eingangssignals anwenden, in welcher eine Kompression der Dynamik erfolgt, also für Signalkomponenten im Eingangssignal, welche durch laute Schallsignale erzeugt wurden, die Verstärkung in der Signalverarbeitung verringert wird. Da die Quelle der eigenen Stimme, nämlich der Mund, üblicherweise relativ nah am Hörgerät liegt, wird die eigene Stimme vom Hörgerät meist als ein entsprechend lautes Schallsignal wahrgenommen, und somit durch die Signalverarbeitung in Folge der Kompression weniger verstärkt. Hierdurch verringert sich auch die CLTF. Diese überraschende Erkenntnis, dass die Gefahr eines Rückkopplungs-Pfeifens durch eine Kompression in der Signalverarbeitung üblicherweise während einer eigenen Sprachaktivität verringert ist, macht sich die Erfindung in besonders vorteilhafter Weise zunutze.

[0017] Als weiter vorteilhaft erweist es sich hierbei, wenn bei einer erkannten Abwesenheit einer Sprachaktivität des Benutzers des Hörgerätes die Dekorrelierung des Zwischensignals zur Bildung des Ausgangssignals in einem Normalmodus erfolgt, das Kompensationssignal anhand Ausgangssignals erzeugt wird, welches aus dem im Normalmodus dekorelierten Zwischensignal gebildet wird, und das Kompensationssignal dem Eingangssignal zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird, und/oder wenn bei einer erkannten Sprachaktivität des Benutzers des Hörgerätes die Dekorrelierung des Zwischensignals zur Bildung des Ausgangssignals in einem Sondermodus erfolgt, wenn die Gesamtverstärkung der Transferfunktion der geschlossenen Signalschleife einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet, wobei das Zwischensignal im Sondermodus mit einer geringeren Dekorrelierungsstärke dekoreliert wird als im Normalmodus.

[0018] Insbesondere findet dabei eine Definition der Dekorrelierungsstärke über Veränderungen der Korrelationsfunktion durch das Dekorrelieren statt. Beispiele für eine konkrete Ausgestaltung der Verringerung der Dekorrelierungsstärke sind eine Frequenzverschiebung um einen geringeren Betrag im Frequenzraum oder eine Phasenmodulation mit einer geringeren Modulationsfrequenz. Generell erfolgt in einem Hörgerät eine Dekorrelierung oftmals nur in einer bestimmten Bandbreite. Oftmals werden dabei die tieferen Frequenzen unverändert gelassen. Eine geringere Dekorrelierungsstärke wird in diesem Fall auch durch eine Verringerung der Bandbreite erreicht, in welcher die Dekorrelierung angewandt wird.

[0019] Insbesondere erfolgt das Erkennen einer Abwesenheit bzw. einer Abwesenheit der eigenen Sprachaktivität des Benutzers des Hörgerätes mithilfe eines

Wahrscheinlichkeitsmodells und ggf. einer entsprechenden Schranke, d.h., es wird im ggf. durch das Kompensationssignal kompensierten Eingangssignal aus dem Klangbild - also u.a. insbesondere aus den Amplituden, dem Frequenzspektrum und Autokorrelationen - ein Wert für die Wahrscheinlichkeit ermittelt, ob eine Sprachaktivität vorliegt oder nicht. Liegt der Wert oberhalb einer Schranke, wird von einer Sprachaktivität ausgegangen. Insbesondere ist die Verringerung der Dekorrelierungsstärke im Sondermodus abhängig vom Wahrscheinlichkeitswert, d.h., je sicherer eine Sprachaktivität vorliegt, desto weniger wird das Zwischensignal dekoreliert.

[0020] Die angegebene Ausgestaltung liefert die Möglichkeit, die Unterdrückung der Rückkopplung für den Fall, dass auf eine Abwesenheit der Sprachaktivität entschieden wird bzw. wenn keine Sprachaktivität erkannt werden kann, mit den bestmöglichen Parametern hinsichtlich der Unterdrückung der Störgeräusche und der Signalqualität und -artefaktfreiheit durchzuführen. Zudem wird jedoch im Fall, dass eine Sprachaktivität erkannt wird, vorübergehend das individuelle Hörempfinden des Benutzers des Hörgerätes priorisiert und zudem auch eine Unterdrückung der Rückkopplung ggf. abgeschwächt oder ausgesetzt. Dies ist jedoch genau deshalb möglich, weil der Übergang in den Sondermodus von einer unkritischen Gesamtverstärkung der geschlossenen Signalschleife aus Hauptsignalpfad und Rückkopplungspfad abhängig ist.

[0021] Günstigerweise wird hierbei im Sondermodus die Dekorrelierung des Zwischensignals ausgeschaltet, so dass die Dekorrelierungsstärke auf Null herabgesetzt. Durch eine vollständig ausgeschaltete Dekorrelierung weisen das durch den Lautsprecher generierte Schallsignal und ein über Knochenleitung zum Gehör des Benutzers geführtes Schallsignal bis auf Verzögerungen unterhalb der Wahrnehmungsschwelle keine nennenswerten Unterschiede auf. Hierdurch wird für den Benutzer des Hörgerätes beim Sprechen ein besonders angenehmes Hörempfinden erreicht. Ein derartiges Vorgehen ist insbesondere bei einer Erkennung der Sprachaktivität mit einer hohen Sicherheit von Vorteil.

[0022] Bevorzugt wird die Kompensation des Eingangssignals mittels des Kompensationssignals ausgesetzt, wenn die Dekorrelierung des Zwischensignals im Sondermodus erfolgt. Dies ist insbesondere günstig, wenn im Sondermodus die Dekorrelierung gänzlich ausgesetzt wird. Der Grund hierfür ist, dass ohne eine Dekorrelierung eine präzise Abschätzung des akustischen Rückkopplungspfad es meist nicht zufriedenstellend erzielt werden kann, und in diesem Fall besonders für tonale Geräusche als Eingangssignal hörbare und störende Artefakte auftreten können. Während dieser Zeit kann nun der zuletzt abgeschätzte Rückkopplungspfad konstant gehalten werden, und der einzige zeitabhängige Faktor, welcher die CLTF beeinflusst, ist die Signalverarbeitung im Hörgerät, welche bekannt ist. In dieser Ausgestaltung verbleibt ein Restrisiko, dass der Rückkopplungspfad sich verändert und sich insbesondere ver-

stärkt, während der Benutzer des Hörgeräts längere Zeit am Sprechen ist. In diesem Fall könnte ein Rückkopplungs-Pfeifen auftreten, bis der Benutzer aufhört zu sprechen. In der Praxis ist dieses Risiko eines lang anhaltenden Rückkopplungs-Pfeifens jedoch sehr gering, da man üblicherweise selbst beim Sprechen längerer Ausführungen immer kurze Pausen zwischen einzelnen Satzteilen oder Sätzen einfügt. Die CLTF kann deswegen einer Aktualisierung unterzogen werden, da in einer solchen Sprachpause die Dekorrelierung und die Unterdrückung der Rückkopplung aktiviert sind.

[0023] Bevorzugt schätzt ein adaptives Filter anhand des Ausgangssignals, des Kompensationssignals und des Eingangssignals die Transferfunktion des Rückkopplungspfades ab, welche in die Transferfunktion der geschlossenen Signalschleife eingeht. Das adaptive Filter wird somit einerseits dazu verwendet, die Rückkopplung zu unterdrücken, wenn insbesondere keine Sprachaktivität vorliegt, und andererseits können die Filterkoeffizienten dazu verwendet werden, die Transferfunktion des akustischen Rückkopplungspfades abzuschätzen.

[0024] In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Idee schätzt das adaptive Filter bei einer Dekorrelierung im Sondermodus weiterhin mittels der Filterkoeffizienten die Transferfunktion akustischen Rückkopplungspfades ab, aber das mittels der Filterkoeffizienten generierte Kompensationssignal wird nicht dem Hauptsignalpfad zur Subtraktion vom Eingangssignal zugeführt. Das aus der Differenz vom Eingangssignal und dem Kompensationssignal resultierende Fehlersignal wird nur dazu verwendet, um im adaptiven Filter weiter den Rückkopplungspfad abzuschätzen. Dies ist ein sogenannter shadow-filter-approach. Das geschätzte Kompensationssignal wird nicht im Hauptsignalpfad subtrahiert, da es infolge der geringen Dekorrelierung und somit hohen Korrelation zwischen dem Eingangssignal und dem Ausgangssignal, welche zur Bildung des Kompensationssignals herangezogen werden, zu hörbaren Artefakten führen könnte. Der geschätzte Rückkopplungspfad wird hierbei zur Aktualisierung der CLTF nur in Zeiträumen ohne Dekorrelierung genutzt.

[0025] Hierbei ist zu betonen, dass der geschätzte Rückkopplungspfad in diesen Zeiträumen nicht so präzise bekannt ist, wie er es wäre, wenn die Dekorrelierung eingeschaltet wäre. Im Fall eines tonalen Schallsignals zur Erzeugung des Eingangssignals wird der Rückkopplungspfad üblicherweise überschätzt, es wird also eine stärkere akustische Rückkopplung angenommen als wirklich vorhanden. In dieser Ausgestaltung könnte deswegen die Dekorrelierung fehlerhafterweise im Normalmodus erfolgen, wenn der Rückkopplungspfad überschätzt wird, und dadurch die Gesamtverstärkung der geschlossenen Signalschleife zu hoch geschätzt wird.

[0026] Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn im adaptiven Filter zur Abschätzung der Transferfunktion des Rückkopplungspfades die Adaptionsgeschwindigkeit verringert wird, wenn die Dekorrelierung des Zwischensignals im Sondermodus erfolgt. hierdurch kann die oben

angesprochene Überschätzung des Rückkopplungspfades verringert werden.

[0027] Günstigerweise wird das Zwischensignal durch eine Frequenz-Verzerrung decorreliert wird. Unter einer Frequenz-Verzerrung sind insbesondere eine Frequenz-Verschiebung und eine Phasenmodulation umfasst. Eine Dekorrelierung mittels einer Frequenz-Verzerrung ist ein in der Praxis besonders vorteilhaftes und wirksames Verfahren, um bei einer Unterdrückung einer Rückkopplung das Entstehen von Artefakten im Ausgangssignal und/oder Fehladaptierungen zu verhindern. Zudem führen gerade die Unterschiede zwischen einem z.B. durch den Kieferknochen des Benutzers des Hörgeräts geleiteten Sprachschall und einem mittels einer Frequenz-Verzerrung decorrelierten Schallsignal des Hörgerätes infolge der dabei auftretenden Schwebungen und Interferenzen zwischen den beiden Signalen für den Benutzer oftmals zu einem unangenehmen Hörempfinden, so dass das angegebene Verfahren hier besonders vorteilhaft ist.

[0028] Die Erfindung nennt weiter ein Hörgerät, insbesondere Hörhilfegerät, welches wenigstens ein Mikrofon zur Erzeugung eines Eingangssignals, wenigstens einen Lautsprecher zur Wiedergabe eines Ausgangssignals, eine Überwachungseinheit zur Überwachung einer Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts und eine Steuereinheit umfasst, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, eine Rückkopplung des über den wenigstens einen Lautsprecher wiedergegebenen Ausgangssignals in das vom wenigstens einen Mikrofon erzeugte Eingangssignal durch ein vorbeschriebenes Verfahren zu unterdrücken. Die für das Verfahren und seine Weiterbildungen genannten Vorteile können dabei sinngemäß auf das Hörgerät übertragen werden.

[0029] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild ein Verfahren zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät nach Stand der Technik, und

Fig. 2 in einem Blockschaltbild ein Verfahren zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät mit einer durch Sprachdetektion deaktivierbaren Dekorrelierung.

[0030] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0031] In Fig. 1 ist schematisch ein Blockschaltbild eines Hörgerätes 1 dargestellt, welches hier als Hörhilfegerät 2 ausgebildet ist. Das Hörgerät 1 umfasst ein Mikrofon 4, welches aus einem Schallsignal s der Umgebung ein Eingangssignal m erzeugt. Entlang eines Hauptsignalpfades 6 im Hörgerät 1 wird das Eingangssignal m in verschiedenen, noch zu beschreibenden Signalverarbeitungsstufen in ein Ausgangssignal x weiter-

verarbeitet, welches einem Lautsprecher 8 des Hörgeräts 1 zur Wiedergabe zugeführt wird. Über einen akustischen Rückkopplungspfad g kann das durch den Lautsprecher 8 wiedergegebene Ausgangssignal x teilweise auf das Mikrofon 4 rückkoppeln. In einer Signalverarbeitungseinheit 10 findet im Hauptsignalpfad 6 unter anderem eine Verstärkung eines aus dem Eingangssignal m gewonnenen Signals statt. Würde das Eingangssignal m nun in der Signalverarbeitungseinheit 10 verstärkt, und direkt als Ausgangssignal x an den Lautsprecher 8 zur Wiedergabe ausgegeben werden, so würde in der elektroakustischen geschlossenen Signalschleife 12, welche durch den Hauptsignalpfad 6 und den akustischen Rückkopplungspfad g gebildet wird, ein Signal immer weiter verstärkt, so dass durch die Rückkopplung ein störendes Pfeifgeräusch erzeugt werden würde. Um dies zu verhindern, wird die Rückkopplung mittels eines adaptiven Filters 14 unterdrückt.

[0032] Das adaptive Filter 14 erhält dabei das an den Lautsprecher 8 zur Wiedergabe auszugebende Ausgangssignal x, und erzeugt aus diesem mittels der Filterkoeffizienten $h(k)$ ein Kompensationssignal c, welches zur Kompensation der Rückkopplung vom Eingangssignal m subtrahiert wird. Das aus dieser Subtraktion erzeugende Fehlersignal e geht nun einerseits als Steuergröße zur Ermittlung der Filterkoeffizienten $h(k)$ in das adaptive Filter 14 mit ein, und wird im Hauptsignalpfad 6 zur Verstärkung und weiteren Signalverarbeitung der Signalverarbeitungseinheit 10 zugeführt. Um zu verhindern, dass das adaptive Filter 14 auch tonale Komponenten aus dem Eingangssignal m eliminiert, welche einem Nutzsignal im Schallsignal s entsprechen, wird dem adaptiven Filter 14 nicht direkt das Resultat der Signalverarbeitungseinheit 10 zugeführt. Vielmehr erzeugt diese zunächst ein Zwischensignal z, welches anschließend für eine bessere Performance des adaptiven Filters 14 bei der Unterdrückung der Rückkopplung durch eine Frequenz-Verzerrung 16 dekorreliert wird. Das Ausgangssignal x, welches dem Lautsprecher 8 zur Wiedergabe beziehungsweise dem adaptiven Filter 14 für die Erzeugung des Kompensationssignals c zugeführt wird, ist also das aus der Signalverarbeitungseinheit 10 im Hauptsignalpfad 6 resultierende Zwischensignal z, welches durch die Frequenz-Verzerrung 16 dekorreliert wurde.

[0033] Umfasst nun das Schallsignal s, welches vom Mikrofon 4 des Hörgeräts 1 erfasst wird, die eigene Sprache eines Benutzers des Hörgeräts 1, so kann der Benutzer seine eigene Sprache einerseits direkt - beispielsweise über Knochenleitung des Kieferknochens - und andererseits durch das Hörgerät 1 wahrnehmen. Die Frequenz-Verzerrung 16 führt jedoch hierbei dazu, dass beide Signale nicht exakt übereinstimmen, wodurch es zu Interferenzen bzw. Schwebungen der beiden Signale kommen kann, was für gemeinhin von einem Benutzer des Hörgeräts 1 oftmals als sehr unangenehm empfunden wird. Eine Lösung dieses Problems ist durch das Verfahren gegeben, welches anhand der Fig. 2 beschrieben wird.

[0034] In Fig. 2 ist schematisch in einem Blockaltbild ein Verfahren 20 dargestellt, in welchem zur Unterdrückung der Rückkopplung im Hörgerät 1 eine Spracherkennungs-Einheit 22 zur Detektion einer Sprachaktivität vorgesehen ist, in deren Abhängigkeit die Dekorrelierung durch die Frequenz-Verzerrung 16 aktiviert beziehungsweise deaktiviert beziehungsweise abgeschwächt wird. Solange die Spracherkennungs-Einheit 22 hierbei keinerlei Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts 1 detektiert, verläuft die Unterdrückung der Rückkopplung hinsichtlich der im Hörgerät 1 erzeugten Signale - also insbesondere des Eingangssignals m, des Kompensationssignals c, des Fehlersignals e, des Zwischensignals z, und des Ausgangssignals x - wie in Fig. 1 dargestellt.

[0035] Wird jedoch von der Spracherkennungs-Einheit 22 eine Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts 1 detektiert, so wird in einem nächsten Schritt überprüft, ob die Transferfunktion 24 der elektro-akustischen geschlossenen Signalschleife 12 eine Gesamtverstärkung aufweist, die unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes liegt. Ist dies der Fall, so kann wenigstens für den Zeitraum der Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts 1 der Prozess zur Unterdrückung der Rückkopplung modifiziert werden, ohne dass die Gefahr besteht, hierdurch ein rückkopplungsbedingtes Pfeifgeräusch entstehen zu lassen. Entsprechend ist hierfür der Grenzwert für die Gesamtverstärkung in der geschlossenen Signalschleife 12 mit einigen Sicherheitsabstand unterhalb des für das System kritischen Wertes von 0 dB zu wählen.

[0036] Die Transferfunktion 24 der geschlossenen Signalschleife 12 bedient sich hierbei einerseits der Kenntnis der in der Signalverarbeitungseinheit 10 verwendeten Algorithmen zur Signalverarbeitung, der Kenntnis des Ansprechverhaltens und des Frequenzgangs des Mikrofons 4 und des Lautsprechers 8, sowie eines Schätzwertes für die Transferfunktion des akustischen Rückkopplungspfad g, welche durch das adaptive Filter 14 anhand der Filterkoeffizienten $h(k)$ abgeschätzt wird.

[0037] Liegt nun für den Fall, dass von der Spracherkennungs-Einheit 22 eine Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts 1 erkannt wurde, die Gesamtverstärkung der geschlossenen Signalschleife 12 unterhalb des vorgegebenen Grenzwertes, so wird die Frequenz-Verzerrung 16 zur Erzeugung des Ausgangssignals x aus dem Zwischensignal z abgeschwächt. Eine Abschwächung der Frequenz-Verzerrung ist hierbei bevorzugt über die Korrelation des Frequenz-verzerrten Ausgangssignals x mit dem noch nicht Frequenz-verzerrten Zwischensignal z zu definieren, so dass eine Abschwächung der Frequenz-Verzerrung insbesondere eine geringere Veränderung der Korrelationsfunktion zur Folge hat. Ist beispielsweise die Frequenz-Verzerrung 16 durch eine ggf. zeitabhängige Frequenz-Verschiebung gegeben, so ist die Abschwächung der Frequenz-Verschiebung durch eine Verringerung des Betrages gegeben, um welchen die Frequenz des Zwischensignals z zur Bildung des Ausgangssignals x verschoben wird. Im Fall einer Pha-

senmodulation als Frequenz-Verzerrung 16 lässt sich eine Abschwächung der Frequenz-Verzerrung durch eine verringerte Modulationsfrequenz erzielen.

[0038] Durch die Verringerung der Frequenz-Verzerrung 16 ist nun das Ausgangssignal x bzgl. des Fehlersignals e nicht mehr hinreichend dekorreliert, so dass es bei der Unterdrückung der Rückkopplung durch das vom adaptiven Filter 14 erzeugte Kompensationssignal c im Hauptsignalpfad 6 und somit im Ausgangssignal x zur Bildung von hörbaren Artefakten kommen könnte. In diesem Fall kann im Hauptsignalpfad 6 das Filter 14 umgangen werden, eine Subtraktion des Kompensationssignals c findet dann nur noch für die Berechnung der Filterkoeffizienten h statt (welche für die Abschätzung des Rückkopplungspfades g in der geschlossenen Signalschleife 12 erforderlich sind). Das Mikrofonsignal m wird für den Zeitraum der detektierten Sprachaktivität vorübergehend direkt zur zentralen Signalverarbeitung 10 weitergeleitet (oberer Schaltweg 26 in der Weiche). Dies kann alternativ über einen ansteuerbaren Aktivierungsfaktor 30 (z.B. 0 oder 1) erreicht werden, mit welchem das Kompensationssignal c in Abhängigkeit der genannten Bedingungen zu multiplizieren ist.

[0039] Im Fall, dass die Spracherkennungs-Einheit 22 keine Sprachaktivität detektiert, wird das Zwischensignal z ähnlich dem in Fig. 1 dargestellten Blockschaltbild durch die Frequenz-Verzerrung 16 mit der für einen Normalbetrieb der Unterdrückung der Rückkopplung vorgesehenen Dekorrelierungsstärke dekorreliert und so das Ausgangssignal x gebildet. Das adaptive Filter 14 erzeugt hieraus zur Unterdrückung der Rückkopplung das Kompensationssignal c , welches vom Mikrofonsignal m subtrahiert wird (unterer Schaltweg 28 in der Weiche).

[0040] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0041]

1	Hörgerät
2	Hörhilfegerät
4	Mikrofon
6	Hauptsignalpfad
8	Lautsprecher
10	Signalverarbeitungseinheit
12	geschlossene Signalschleife
14	adaptiver Filter
16	Dekorrelierung, Frequenz-Verzerrung
20	Verfahren
22	Spracherkennungs-Einheit
24	Transferfunktion des geschlossenen Schleife
26	oberer Schaltweg der Weiche
28	unterer Schaltweg der Weiche

30 Aktivierungsfaktor

Patentansprüche

1. Verfahren (20) zur Unterdrückung einer Rückkopplung in einem Hörgerät (1), insbesondere Hörhilfegerät (2), wobei ein Mikrofon (4) des Hörgeräts (1) ein Eingangssignal (m) erzeugt und ein Lautsprecher (8) des Hörgeräts (1) ein akustisches Signal erzeugt, welches über einen akustischen Rückkopplungspfad (g) teilweise auf das Mikrofon (4) rückkoppelt, wobei entlang eines Hauptsignalpfades (6) in Abhängigkeit vom Eingangssignal (m) ein Zwischensignal (z), und anhand des Zwischensignals (z) ein Ausgangssignal (x) gebildet wird, wobei eine Sprachaktivität eines Benutzers des Hörgeräts (1) überwacht wird (22), wobei eine Transferfunktion (24) einer durch den Hauptsignalpfad (6) und den Rückkopplungspfad (g) gebildeten elektro-akustischen geschlossenen Signalschleife (12) geschätzt wird, wobei in Abhängigkeit von der Transferfunktion (24) der geschlossenen Signalschleife (12) und von der Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts (1)

- das Zwischensignal (z) zur Bildung des Ausgangssignals (x) dekorreliert wird (16), und
- anhand des Ausgangssignals (x) ein Kompensationssignal (c) erzeugt wird, welches dem Eingangssignal (m) zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird,

und wobei das Ausgangssignal (x) dem Lautsprecher (8) zur Wiedergabe zugeführt wird.

2. Verfahren (20) nach Anspruch 1, wobei bei einer erkannten Abwesenheit einer Sprachaktivität (22) des Benutzers des Hörgeräts (1)

- die Dekorrelierung (16) des Zwischensignals (z) zur Bildung des Ausgangssignals (x) in einem Normalmodus erfolgt,
- das Kompensationssignal (c) anhand des Ausgangssignals (x) erzeugt wird, welches aus dem im Normalmodus dekorrelierten Zwischensignal (z) gebildet wird, und
- das Kompensationssignal (c) dem Eingangssignal (m) zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird, und/oder

wobei bei einer erkannten Sprachaktivität (22) des Benutzers des Hörgeräts (1) die Dekorrelierung (16) des Zwischensignals (z) zur Bildung des Ausgangssignals (x) in einem Sondermodus erfolgt, wenn die Gesamtverstärkung der Transferfunktion

(24) der geschlossenen Signalschleife (12) einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet, und wobei das Zwischensignal (z) im Sondermodus mit einer geringeren Dekorrelationsstärke dekorreliert wird als im Normalmodus.

5

3. Verfahren (20) nach Anspruch 2, wobei im Sondermodus die Dekorrelation (16) des Zwischensignals (z) ausgeschaltet wird, so dass die Dekorrelationsstärke auf Null herabgesetzt wird. 10
4. Verfahren (20) nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei die Kompensation des Eingangssignals (m) mittels des Kompensationssignals (c) ausgesetzt wird, wenn die Dekorrelation (16) des Zwischensignals (z) im Sondermodus erfolgt. 15
5. Verfahren (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein adaptives Filter (14) anhand des Ausgangssignals (x), des Kompensationssignals (c) und des Eingangssignals (m) die Transferfunktion des Rückkopplungspfads (g) abschätzt, welche in die Transferfunktion (24) der geschlossenen Signalschleife (12) eingeht. 20
25
6. Verfahren (20) nach Anspruch 5, wobei im adaptiven Filter (14) zur Abschätzung der Transferfunktion des Rückkopplungspfads (g) die Adaptionsgeschwindigkeit verringert wird, wenn die Dekorrelation (16) des Zwischensignals (z) im Sondermodus erfolgt. 30
7. Verfahren (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Zwischensignal (z) durch eine Frequenz-Verzerrung (16) dekorreliert wird. 35
8. Hörgerät (1), insbesondere Hörhilfegerät (2), umfassend wenigstens ein Mikrofon (4) zur Erzeugung eines Eingangssignals (m), wenigstens einen Lautsprecher (8) zur Wiedergabe eines Ausgangssignals (x), eine Spracherkennungs-Einheit (22) zur Überwachung einer Sprachaktivität des Benutzers des Hörgeräts (1) und eine Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist, eine Rückkopplung des über den wenigstens einen Lautsprecher (8) wiedergegebenen Ausgangssignals (x) in das vom wenigstens einen Mikrofon (4) erzeugte Eingangssignal (m) durch ein Verfahren (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu unterdrücken. 40
45
50

55

FIG 1

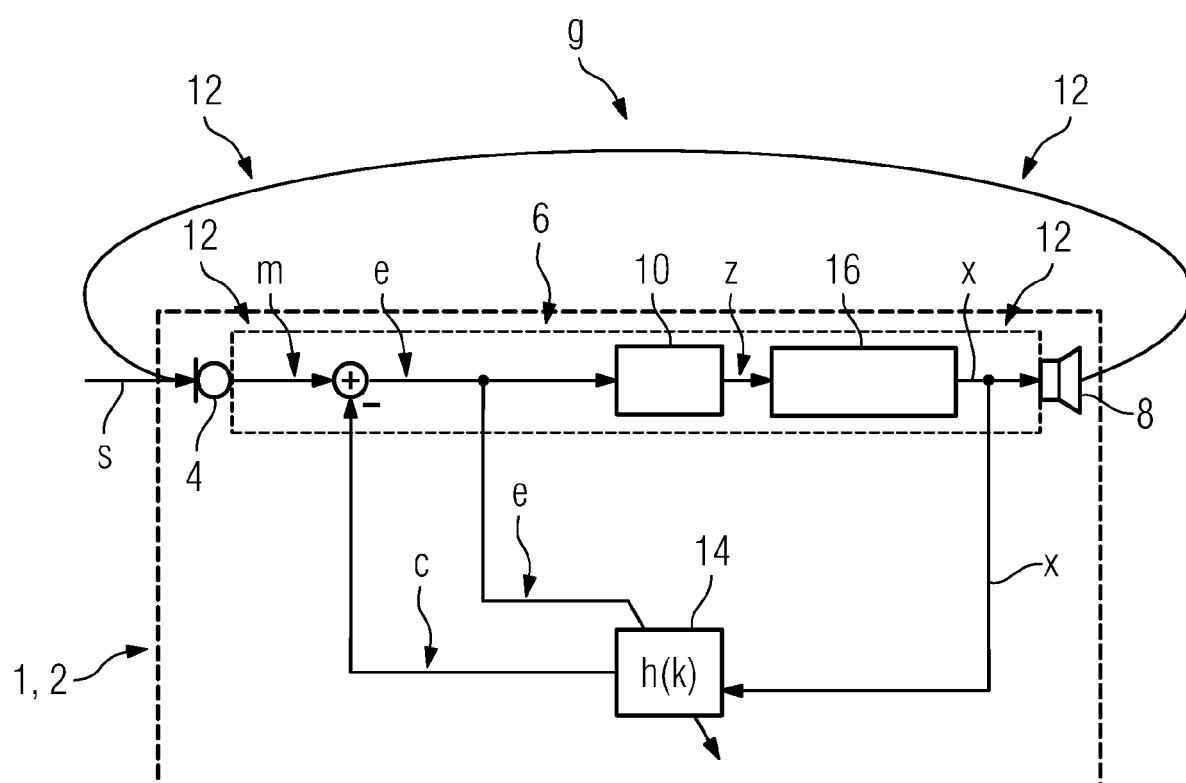
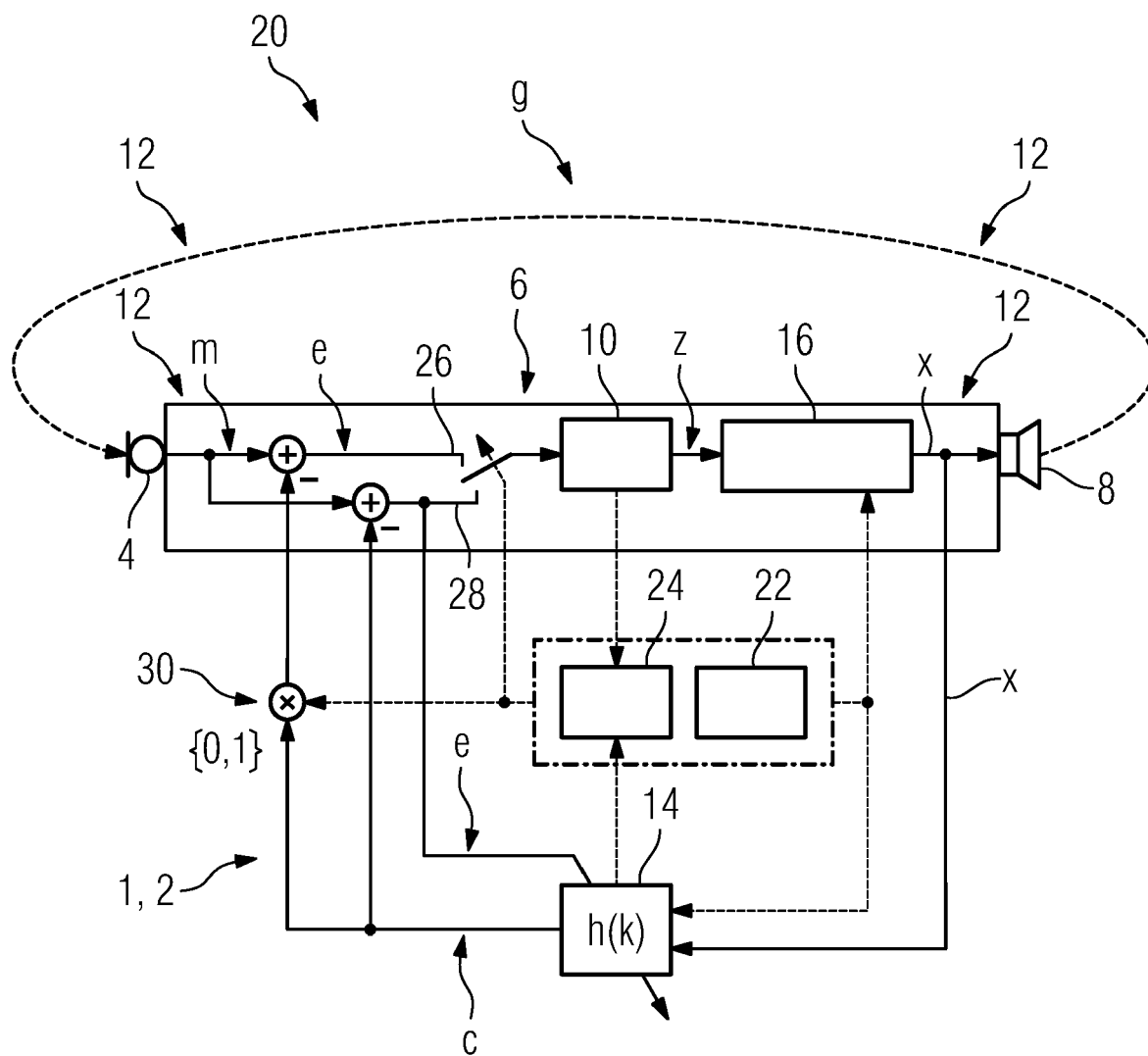


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 17 8046

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2014/146977 A1 (MUNK STEEN MICHAEL [DK] ET AL) 29. Mai 2014 (2014-05-29) * Absätze [0005], [0024] - [0029], [0044], [0047], [0057], [0067], [0068], [0095]; Abbildungen 1A - 8 * * Absätze [0100], [0107], [0110], [0116] - [0119], [0139], [0140] *	1-8	INV. H04R25/00
A	EP 2 835 985 A1 (OTICON AS [DK]) 11. Februar 2015 (2015-02-11) * Absätze [0006], [0013] - [0051], [0064] - [0067] *	1-8	
A	EP 2 237 573 A1 (OTICON AS [DK]) 6. Oktober 2010 (2010-10-06) * Absätze [0083], [0089], [0090], [0109], [0114], [0115], [0138], [0141]; Abbildungen 1a - 6b *	1-8	
A	FRANCIS KUK ET AL: "Understanding Feedback and Digital Feedback Cancellation Strategies", THE HEARING REVIEW, Bd. 9, Nr. 2, 28. Februar 2002 (2002-02-28), Seiten 36-49, XP055336767, * das ganze Dokument *	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. Januar 2017	Prüfer Lörch, Dominik
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 8046

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-01-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2014146977	A1	29-05-2014	CN 103841497 A		04-06-2014
				EP 2736271 A1		28-05-2014
				US 2014146977 A1		29-05-2014
15	-----					
	EP 2835985	A1	11-02-2015	CN 104349258 A		11-02-2015
				EP 2835985 A1		11-02-2015
				US 2015043764 A1		12-02-2015
				US 2016302016 A1		13-10-2016
20	-----					
	EP 2237573	A1	06-10-2010	EP 2237573 A1		06-10-2010
				EP 2621198 A2		31-07-2013

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102013207403 B3 [0006]
- DE 102014218672 B3 [0007]
- DE 102005032274 A1 [0008]