



(11) **EP 2 357 852 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.08.2011 Patentblatt 2011/33

(51) Int Cl.:
H04R 25/00 (2006.01) H04R 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11150197.9**

(22) Anmeldetag: **05.01.2011**

(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

(72) Erfinder:
• **Pape, Sebastian**
91054 Erlangen (DE)
• **Petrausch, Stefan**
91056 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **09.02.2010 DE 102010007336**

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

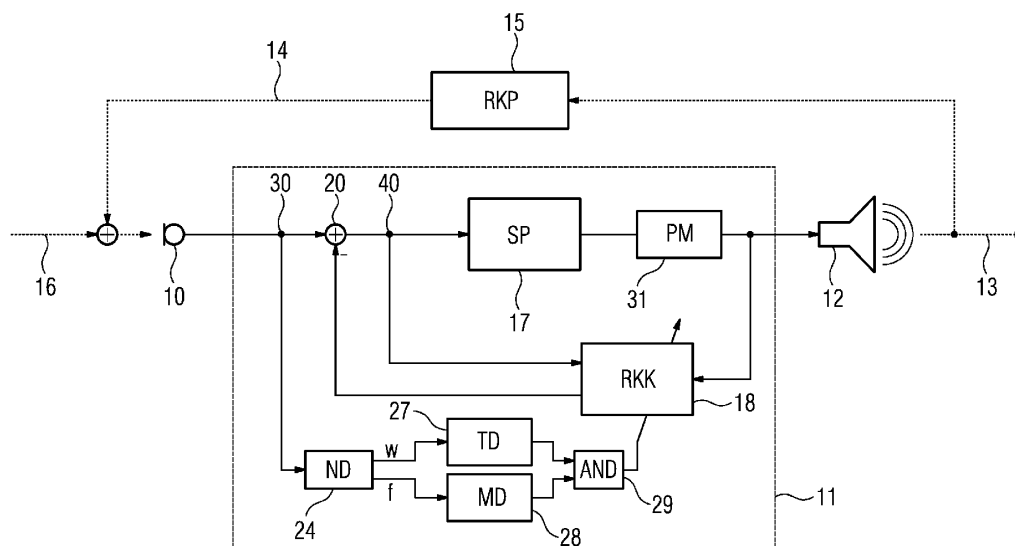
(71) Anmelder: **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd.**
Singapore 139959 (SG)

(54) **Verfahren zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals und Hörvorrichtung**

(57) Rückkopplungen bei einer Hörvorrichtung und insbesondere bei einem Hörgerät sollen kompensiert werden, bevor sie hörbar werden. Hierzu wird ein Verfahren zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals bei einer Hörvorrichtung mit einer Eingangswandlereinrichtung (10), einer Signalverarbeitungseinrichtung (17) und einer Ausgangswandlereinrichtung (12) vorgeschlagen, bei dem ein Rückkopplungssignal (14), das von der Ausgangswandlereinrichtung (12) oder der Signalverarbeitungseinrichtung (17) an die Eingangswandlereinrichtung (10) rückgekoppelt wird, kompensiert wird. Insbesondere wird eine Wahrscheinlichkeit (w) ermittelt, mit

der das Spektrum eines Eingangssignals (30), welches direkt von der Eingangswandlereinrichtung (10) stammt oder welches ein Differenzsignal zwischen dem Signal direkt von der Eingangswandlereinrichtung (10) und einem zu dem Kompensieren dienenden Kompensations-signal ist, mehrere untereinander gleich beabstandete Einschnitte (21) besitzt. In Abhängigkeit von dieser ermittelten Wahrscheinlichkeit (w) wird das Kompensieren (18) verändert oder die Signalverarbeitungseinrichtung (17) verstärkt. Es wird außerdem eine entsprechende Hörvorrichtung und insbesondere ein entsprechendes Hörgerät vorgeschlagen.

FIG 11



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals bei einer Hörvorrichtung mit einer Eingangswandlereinrichtung, einer Signalverarbeitungseinrichtung und einer Ausgangswandlereinrichtung durch Kompensieren eines Rückkopplungssignals, das von der Ausgangswandlereinrichtung oder der Signalverarbeitungseinrichtung an die Eingangswandlereinrichtung rückgekoppelt wird. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Hörvorrichtung. Unter einer Hörvorrichtung wird hier jedes im oder am Kopf tragbare, schallausgehende Gerät verstanden, insbesondere ein Hörgerät, ein Headset, Kopfhörer und dergleichen.

[0002] Hörgeräte sind tragbare Hörvorrichtungen, die zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörgeräten wie Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (HdO), Hörgerät mit externem Hörer (RIC: receiver in the canal) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (ITE, CIC), bereitgestellt. 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 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. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0004] Eines der größten Probleme bei Hörgeräten ist das Auftreten von Rückkopplungen, was sich häufig durch Rückkopplungspfeifen äußert. Dabei findet der

den Lautsprecher des Hörgeräts verlassende Schall einen akustischen Rückkopplungspfad zu den Mikrofonen und wird erneut verstärkt, was zu den typischen Pfeif- oder Halleffekten führt. Moderne Hörsysteme sind in der Lage, den Rückkopplungspfad an die Mimik des Nutzers anzupassen und das Rückkopplungssignal entsprechend zu kompensieren, die entsprechende Einheit des Hörsystems heißt Rückkopplungskompensator.

[0005] Wie unten dargestellt werden wird, simuliert ein adaptives Filter (der Rückkopplungskompensator) den akustischen Rückkopplungspfad durch Minimieren der Energie nach dem Subtraktionspunkt. Dabei ist das Problem, dass das gewünschte oder Nutzsignal aus Sicht des Kopplungskompensators das Störsignal bildet. Darüber hinaus ist wegen der durch das Hörgerät hervorgerufenen Verstärkung das Nutzsignal gewöhnlich stark mit dem Rückkopplungssignal korreliert, sodass kaum zwischen dem Rückkopplungssignal und dem Nutzsignal unterschieden werden kann.

[0006] Daher ist die korrekte Einstellung der Adaptionsgeschwindigkeit für den Rückkopplungspfad äußerst wichtig. Wenn die Adaption zu langsam ist, ist ein Rückkopplungspfeifen für einen gewissen Zeitraum hörbar. Wenn die Adaption zu schnell ist, ergeben sich sog. Musikalische Artefakte, d. h. der Rückkopplungskompensator versucht das Nutzsignal zu unterdrücken. Häufig sind für die korrekte Adaptionsgeschwindigkeit Rückkopplungsdetektoren notwendig. Darüber hinaus ist die Leistungsfähigkeit des Rückkopplungsdetektors für die Leistungsfähigkeit des kompletten Rückkopplungskompensators sehr wichtig.

[0007] Ein typischer Aufbau eines Rückkopplungskompensators in einem Hörgerät mit einem Rückkopplungsdetektor ist in der FIG 2 dargestellt. Ein Mikrofon 10 nimmt ein Schallsignal auf und gibt es an eine Signalverarbeitungseinrichtung 11 weiter. Das aus der Signalverarbeitungseinrichtung 11 resultierende Ausgabesignal wird an einen Ausgangswandler bzw. Lautsprecher 12 weitergeleitet. Der den Lautsprecher verlassende Schall 13 dringt zum einen Teil zum Trommelfell bzw. Ohr und zum anderen Teil wird er als Rückkopplungssignal 14 über den jeweils aktuellen Rückkopplungspfad 15 zu dem Mikrofon 10 rückgekoppelt. Der rückgekoppelte Schall wird mit dem Nutzsignal 16 summiert und die Summe ergibt das akustische Eingangssignal für das Mikrofon 10.

[0008] Die Signalverarbeitungseinrichtung 11 besitzt einen üblichen Signalprozessor 17 und einen Rückkopplungskompensator 18. Außerdem ist ein Rückkopplungsdetektor 19 vorgesehen. Das Ausgangssignal des Signalprozessors 17 wird sowohl dem Lautsprecher 12 als auch dem Rückkopplungskompensator 18 zugeführt. Letzterer bildet den Rückkopplungspfad nach und liefert ein entsprechendes Kompensationssignal, welches durch einen Subtrahierer 20 von dem Signal des Mikrofons 10 subtrahiert wird. Das resultierende Signal wird dem Signalprozessor 17 als Eingangssignal bereitgestellt. Darüber hinaus wird es zur Erzeugung des Rück-

kopplungssignals im Rückkopplungskompensator 18 verwendet.

[0009] Das Signal 30 des Mikrofons 10 und das Differenzsignal 40 nach dem Subtrahierer 20 wird dem Rückkopplungsdetektor 19 zugeführt, der feststellt, ob eine Rückkopplungssituation vorliegt oder nicht. In Abhängigkeit von dieser Entscheidung wird der Rückkopplungskompensator 18 und gegebenenfalls auch der Signalprozessor 17 gesteuert. Bei dem Rückkopplungskompensator 18 handelt es sich häufig um ein adaptives Filter, welches versucht, den akustischen Rückkopplungspfad nachzubilden. Im Idealfall filtert der Rückkopplungskompensator 18 das Ausgabesignal des Signalprozessors 17 in der gleichen Weise wie der akustische Rückkopplungspfad 15. Dies führt zu einer vollständigen Unterdrückung des Rückkopplungssignals 14 bei dem Subtrahierer 20. Häufig ist jedoch der Rückkopplungskompensator 18 fehladaptiert oder einfach zu langsam für die raschen Änderungen des Rückkopplungspfads. Daher sind oft einer oder mehrere Rückkopplungsdetektoren 19 notwendig, um die Adaptionsgeschwindigkeit des Rückkopplungskompensators 18 anzupassen. Diese Rückkopplungsdetektoren 19 analysieren üblicherweise entweder das Mikrofonsignal 30 vor dem Subtrahierer 20 oder das kompensierte Signal 40 nach dem Subtrahierer 20, welches rückkopplungsfrei sein sollte. Ebenso ist es möglich, wie oben bereits angedeutet wurde, den Signalprozessor 17 beispielsweise durch Herabsetzen der Verstärkung so zu beeinflussen, dass Rückkopplungspfeifen vermieden wird.

[0010] Rückkopplungsdetektoren, die auf folgenden Detektionsverfahren beruhen, sind bislang bekannt:

1. Kanalpegelbasierte Detektion:

Durch den Vergleich der Signalpegel in unterschiedlichen Frequenzkanälen ist es möglich, Rückkopplungspfeifen zu detektieren, indem entweder nach Pegelspitzen gesucht wird oder gewisse Pegel in bestimmten Frequenzbändern als Feedback klassifiziert werden.

2. Auf sinusförmigen Signalanteilen basierende Detektion:

Es gibt mehrere Methoden, sinusförmige Signalanteile zu Detektieren. Wenn ein sinusförmiger Signalanteil in einem rückkopplungskritischen Frequenzbereich detektiert wird, deutet dies auf eine Rückkopplung hin.

3. Detektion einer Phasenmodulation:

Die beste Methode für die Rückkopplungsdetektion ist die Detektion einer Phasen- oder Frequenzmodulation, der das Ausgangssignal des Lautsprechers des Hörgeräts unterzogen wurde. Hierbei wird die Phase des Ausgangssignals

mit einer niedrigen, nicht hörbaren Frequenz moduliert. Wenn genau diese Frequenz als Phasenmodulation am Eingang (Mikrofon) detektiert wird, handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um ein Rückkopplungssignal. Dieses Verfahren ist das robusteste Rückkopplungsdetektionsverfahren. Insbesondere auch was Fehldetektionen des Nutzsignals anbelangt.

[0011] Problematisch bei all diesen Ansätzen ist, dass ein hoher Pegel des Rückkopplungspfeifens notwendig ist, um die Rückkopplung überhaupt zu detektieren. Auch die Detektion der Phasenmodulation erfordert ein Eingangssignal mit stabiler Phase - ein Sinussignal -, um eine Modulation dieser Phase zu detektieren. Dies bedeutet, dass Rückkopplungspfeifen notwendig ist, um es zu unterdrücken. Es ist nicht möglich, mit all den oben beschriebenen Methoden das Pfeifen vollständig zu vermeiden.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Rückkopplungssituation möglichst rasch zu erkennen und gegebenenfalls entsprechende Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Dazu sollen ein entsprechendes Verfahren und eine entsprechende Hörvorrichtung bereitgestellt werden. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals bei einer Hörvorrichtung mit einer Eingangswandlereinrichtung, einer Signalverarbeitungseinrichtung und einer Ausgangswandlereinrichtung durch

- Kompensieren eines Rückkopplungssignals, das von der Ausgangswandlereinrichtung oder der Signalverarbeitungseinrichtung an die Eingangswandlereinrichtung rückgekoppelt wird, durch
- Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit, mit der das Spektrum eines Eingangssignals, welches direkt von der Eingangswandlereinrichtung stammt oder welches ein Differenzsignal zwischen dem Signal direkt von der Eingangswandlereinrichtung und einem zu dem Kompensieren dienenden Kompensations-signal ist, mehrere untereinander gleich beabstandete Einschnitte besitzt,
- Verändern des Kompensierens oder einer Verstärkung der Signalverarbeitungseinrichtung in Abhängigkeit von der ermittelten Wahrscheinlichkeit.

[0013] Darüber hinaus wird erfindungsgemäß bereitgestellt eine Hörvorrichtung mit

- einer Eingangswandlereinrichtung,
- einer Signalverarbeitungseinrichtung zum Verarbeiten des von der Eingangswandlereinrichtung ausgegebenen Eingangssignals zu einem Ausgabesignal,
- einer Ausgangswandlereinrichtung zum Wandeln des Ausgabesignals zu einem akustischen Aus-

- gangssignal und
- einer Kompensationseinrichtung zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals, das von der Ausgangswandlereinrichtung oder der Signalverarbeitungseinrichtung an die Eingangswandlereinrichtung rückgekoppelt wird, sowie
- einer Detektionseinrichtung zum Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit, mit der das Spektrum des Eingangssignals mehrere untereinander gleich beabstandete Einschnitte besitzt, wobei
- die Kompensationseinrichtung in Abhängigkeit von der ermittelten Wahrscheinlichkeit steuerbar ist.

[0014] Unter "Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit" wird hier auch das "Feststellen" (d. h. 100% Wahrscheinlichkeit) von Einschnitten (spitze Minima) verstanden. In vorteilhafter Weise kann eine Rückkopplungssituation also allein dadurch erkannt werden, dass in der Übertragungsfunktion gleich beabstandete Einschnitte festgestellt werden und deren Abstand zu einer Übertragungsfunktion bei kompensierter Rückkopplung festgestellt wird. Abhängig davon kann dann eine entsprechende Kompensation eingeleitet werden, ohne dass es bereits zu einem Rückkopplungspfeifen gekommen ist.

[0015] Vorzugsweise erfolgt das Ermitteln der Wahrscheinlichkeit in einer Sprechpause während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Hörvorrichtung. In einer Sprechpause liegt nämlich in der Regel kein Nutzsignal vor, das die Adaption und die Detektion beeinträchtigen könnte.

[0016] Die Übertragungsfunktion von dem Eingangssignal zu dem Ausgangssignal kann einem Kammfilter entsprechen. Unter Berücksichtigung des Rückkopplungssignals ergibt sich dann für das Nutzsignal eine konstante Übertragungsfunktion.

[0017] Weiterhin kann das Ermitteln der Wahrscheinlichkeit in einem verrauschten Frequenzbereich des Eingangssignals erfolgen. Damit ist in der Regel ein breitbandiges Eingangssignal gegeben, bei dem sich zahlreiche Einschnitte deutlich ausprägen können.

[0018] Das Rückkopplungssignal kann dadurch verifiziert werden, dass das Ausgangssignal frequenz- oder phasenmoduliert und die Einschnitte bezüglich der Frequenz- oder Phasenmodulation analysiert werden. Damit kann die Sicherheit der Entscheidung des Vorliegens einer Rückkopplungssituation erhöht werden.

[0019] Vorteilhafterweise erfolgt das Kompensieren durch ein adaptives Filter und die Adaptionsgeschwindigkeit wird in Abhängigkeit von der ermittelten Wahrscheinlichkeit verändert.

[0020] Insbesondere kann das Verändern des Kompensierens so erfolgen, dass die Übertragungsfunktion eines kompensierten Signals, welches durch eine Mischung des Eingangssignals mit einem Kompensationssignal für das Kompensieren des Rückkopplungssignals entsteht, zu dem Ausgangssignal im größten Teil eines vorgegebenen Spektralbereichs, der von dem Kompensieren beeinflusst werden soll, im Wesentlichen stei-

gungsfrei verläuft. Wenn dem so ist, ist eine ideale Kompensation des Rückkopplungssignals erreicht.

[0021] Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

5

FIG 1 eine Prinzipskizze eines Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik;

10

FIG 2 ein Blockschaltbild eines Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik;

FIG 3 eine Übertragungsfunktion eines Mikrofonsignals bei 100% Kompensation;

15

FIG 4 eine Übertragungsfunktion eines kompensierten Signals bei 100% Kompensation;

FIG 5 eine Übertragungsfunktion des Mikrofonsignals bei 80% Kompensation;

20

FIG 6 eine Übertragungsfunktion eines kompensierten Signals bei 80% Kompensation;

FIG 7 eine Übertragungsfunktion eines Mikrofonsignals bei 50% Kompensation;

25

FIG 8 eine Übertragungsfunktion eines kompensierten Signals bei 50% Kompensation;

30

FIG 9 eine Übertragungsfunktion eines Mikrofonsignals bei 30% Kompensation;

FIG 10 eine Übertragungsfunktion des kompensierten Signals mit 30% Kompensation und

35

FIG 11 ein Blockschaltbild eines Hörgeräts gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

40

[0022] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dar.

45

[0023] Der grundlegende Ansatz der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Fehladaptation an den Rückkopplungspfad ohne hörbares Rückkopplungspfeifen detektieren zu können. Die Erfindung macht sich den Kammfilter-Effekt zu Nutze, der auf der Überlagerung eines Nutzsignals mit einem Rückkopplungssignal beruht. Wenn zwei korrelierte Signale einer geringen Verzögerung addiert werden, führt dies zu einer destruktiven bzw. konstruktiven Überlagerung, und Einschnitte bzw. Spitzen können in der Frequenzantwort erkannt werden (vergleiche FIG 3). Wenn der Rückkopplungskompensator (Feedbackcompensator: FBC) ideal adaptiert ist (100% Kompensation), ist die Übertragungsfunktion TM des Mikrofonsignals 30, das von dem Mikrofon 10 (vergleiche FIG 2) stammt, eine endliche Impulsantwort eines Kammfilters mit einer typischen Verteilung der an-

50

55

nähernd gleich beabstandeten Einschnitte 21. Die Übertragungsfunktion TC des kompensierten Signals 40 zum kompensierten Ausgangssignal ist idealerweise vollkommen flach, wie sie in FIG 4 dargestellt ist. Sie weist keine Steigung auf und ist über den gesamten betrachteten Frequenzbereich (hier von 2000 bis 4000 Hz) konstant.

[0024] Wenn der Rückkopplungskompensator 18 andererseits fehladaptiert ist, ist die Übertragungsfunktion TM des Mikrofonsignals 16 zum Ausgangssignal 13 eine unendliche Impulsantwort eines Kammfilters mit einer typischen Verteilung mit signifikanter Frequenzspitzen. In den FIG 5 und 6 liegt die Rückkopplungskompensation bei 80%. Es liegt also eine Fehlanpassung von 20% vor. Gegenüber dem Bild von FIG 3 sind in FIG 5 bereits Frequenzspitzen 22 in der Übertragungsfunktion TM des Mikrofonsignals 30 zu dem Ausgangssignal 13 etwas ausgeprägt. Diese Fehlanpassung führt dazu, dass die Übertragungsfunktion TC des kompensierten Signals zum Ausgangssignal 13 nicht mehr vollständig flach ist, was in FIG 6 angedeutet ist.

[0025] Nimmt die Fehlanpassung weiter zu, so ergeben sich bei einer Kompensation von 50% die Übertragungsfunktionen gemäß den FIG 7 und 8. In FIG 7 sind nun deutlich die gleich beabstandeten Frequenzspitzen 23 zu erkennen, d. h. es kommt zu deutlichen konstruktiven Überlagerungen des Rückkopplungssignals 14 mit dem Nutzsignal 16 in den Frequenzbereichen der Frequenzspitzen 23.

[0026] Steigt die Fehladaptation weiter an, und die Rückkopplungskompensation beträgt beispielsweise nur noch 30%, so ergeben sich die Übertragungsfunktionen der FIG 9 und 10. In der Übertragungsfunktion TM des Mikrofonsignals sind nun deutlich ausgeprägte Frequenzspitzen 25 zu erkennen. Die Übertragungsfunktion TC des kompensierten Signals 40 besitzt dann ebenfalls deutliche Spitzen 26, die untereinander ebenfalls gleich beabstandet sind.

[0027] Bei einer vollständigen Rückkopplungskompensation (100%) ergeben sich also in der Übertragungsfunktion TM des Mikrofonsignals 30 Einschnitte (Notches) und die Übertragungsfunktion TC des kompensierten Signals 40 ist vollkommen flach, d.h. die Rückkopplung ist perfekt kompensiert. Je geringer der Kompensationsgrad wird, desto mehr sind in den Übertragungsfunktionen Spitzen zu erkennen, die über den Funktionsmittelwert hinausragen. Die Spitzen sind ein Anzeichen dafür, dass Rückkopplungspfeifen auftreten bzw. bereits aufgetreten ist. Der Vorteil des Kammfiltereffekts besteht also darin, dass die Verminderung des Kompensationsgrads von 100% bis 0% leicht an den Übertragungsfunktionen erkennbar ist.

[0028] Aus den FIG 3 bis 10 ist ersichtlich, dass die Übertragungsfunktion TM vom Mikrofonsignal 30 primär durch Einschnitte 21 (Minima gegenüber dem Funktionsmittelwert) bei 100% Kompensation geprägt ist, während bei geringer Kompensation (30%) die Übertragungsfunktion in erster Linie durch Frequenzspitzen 26 (Maxima

gegenüber dem Funktionsmittelwert) geprägt ist. Der Übergang von der einschnittgeprägten Übertragungsfunktion zu der spitzengeprägten Übertragungsfunktion ist fließend. Der Übergang kann beobachtet werden, ohne dass es bereits zu hörbaren Artefakten gekommen ist. Darauf basiert der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung.

[0029] Bei der Nutzung des Effekts tritt das Problem auf, dass nur die Antwortpegel des Mikrofonsignals 16 bzw. der Antwortpegel des kompensierten Ausgangssignals 13 beobachtet werden kann und nicht die Übertragungsfunktion TM des Mikrofonsignals 30. Dies bedeutet, dass man nur eine Faltung des Nutzsignals mit der oben dargestellten Übertragungsfunktion TM erhält. Folglich sind robuste Detektionsmethoden notwendig, die im Folgenden näher erläutert werden.

[0030] Generell sind die unten beschriebenen Verfahren unabhängig voneinander und können sowohl für sich allein als auch in Kombination eingesetzt werden. Die meisten von ihnen basieren auf der Detektion von Einschnitten bzw. Spitzen (Notches/Peaks) im Frequenzspektrum. Für diese Detektion gibt es einige Standardverfahren, bei denen man entweder das Spektrum selbst mit hoch auflösender FFT betrachten oder mehrere adaptive Notch/Peak Detektoren und dergleichen einsetzen kann. Es wird hier kein spezifisches Verfahren eingesetzt. Vielmehr wird von der Annahme ausgegangen, dass Notch/Peak Detektoren vorhanden sind, die eine Art Notch/Peak-Wahrscheinlichkeit berechnen.

1. Notch/Peak-Abstand:

Aus den oben Dargestellten lässt sich erkennen, dass zwischen den Notches (Einschnitte) bzw. den Peaks (Frequenzspitzen) ein typischer Abstand gegeben ist. Der Abstand resultiert aus der Gesamtverzögerung der geschlossenen Schleife, die üblicherweise eine Summe der Hörgeräteverzögerung und der Rückkopplungspfadverzögerung ist. Diese Verzögerung ist für eine bestimmte Situation charakteristisch und ändert sich kaum. Davon ausgehend wird vorgeschlagen, aufeinanderfolgende Notches/Peaks zu detektieren. Wenn sich der Abstand zwischen ihnen in einem gewissen Bereich befindet, wird angenommen, dass die Notches/Peaks von dem Kammfiltereffekt herrühren und nicht von dem Nutzsignal. Wenn das Signal eher Notches aufweist, ist der Rückkopplungskompensator 18 gut adaptiert. Wenn eher Peaks auftreten, ist der Kompensator schlecht adaptiert. Für diese Wahrscheinlichkeit lässt sich ein Schwellwert definieren, anhand der über eine Erhöhung der Adaptionsgeschwindigkeit des Rückkopplungskompensators oder eine Verringerung der Verstärkung entschieden wird.

2. Detektion in Sprechpausen:

Es ist vorteilhaft, die Notch-Peak-Detektion nur in Sprechpausen einzusetzen. Dabei kann man annehmen, dass das aktuelle Nutzsignal einem Rauschen entspricht, und man kann direkt von einer Notch-Detektion auf eine gut funktionierende Rückkopplungskompensation schließen.

3. Detektion in verrauschten Frequenzbereichen:

Es ist ferner günstig, die Notch-Detektion in verrauschten Frequenzbereichen einzusetzen. Diese Frequenzbereiche werden nicht durch ein Nutzsignal beeinflusst, sondern nur durch Hintergrundrauschen. Folglich kann man von Notches in diesen Frequenzbereichen auf eine gut funktionierende Rückkopplungskompensation schließen.

4. Vergleich einer Detektion im Mikrofoneingangssignal und im kompensierten Ausgangssignal:

Wie aus den obigen Übertragungsfunktionen hervorgeht, besteht meistens ein klarer Unterschied zwischen der Mikrofonübertragungsfunktion TM und der kompensierten Übertragungsfunktion TC. Es wird vorgeschlagen, die Notch/Peak-Detektion für beide Signale 30, 40 (vergleiche FIG 2) anzusetzen. Wenn während des bestimmungsgemäßen Betriebs des Hörgeräts eine Differenz festgestellt wird, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Rückkopplungskompensation entsprechende Leistung erbringt. Der Unterschied kann vor allem bei 100% Kompensation deutlich erkannt werden (vergleiche FIG 3 und 4). Wenn die Einschnitte (Notches) im Spektrum des Mikrofonsignals 30 entdeckt werden, und keine entsprechenden Notches im Spektrum des kompensierten Signals 40 vorhanden sind, dann arbeitet die Rückkopplungskompensation in gewünschter Weise.

5. Modulierte Notches:

Um zu verifizieren, dass ein Notch von dem Kammfiltereffekt herrührt, kann das Ausgangssignal auch einer nicht hörbaren Phasenmodulation (oder Frequenzmodulation) unterzogen werden. Diese Phasenmodulation wird zu einer Modulation der Notch-Peak-Frequenzen führen. Es kann dann ein geeigneter Notch/Peak-Detektor eingesetzt werden, mit dem die Notch/Peak-Frequenz über der Zeit beobachtet werden kann. Wenn diese Frequenz die gleiche Modulationsfrequenz wie die Phasenmodulation besitzt, ist der Kammfiltereffekt verifiziert. Dieses Verfahren ist das robusteste im Hinblick auf das Nutzsignal.

[0031] Mit den obigen Verfahren kann die Qualität der Rückkopplungsadaption beurteilt werden. Wenn sich der tatsächliche Rückkopplungspfad ändert und der adaptierte, nachgeahmte Rückkopplungspfad nicht mehr passt, ändern sich die Einschnitte (Notches) zu kleinen Spitzen (Peaks) in dem Signal. Daraus lässt sich ein geeigneter Schwellwert definieren, womit der Rückkopplungspfad optimiert werden kann, bevor das Hörgerät zu pfeifen beginnt, oder womit die Verstärkung vermindert werden kann, bevor das Gerät zu pfeifen beginnt. Der Vorteil der Ausnutzung des Kammfiltereffekts besteht also darin, das Auftreten von Rückkopplungspfeifen vorhersagen zu können, bevor es einsetzt. Somit kann der Rückkopplungspfad früh genug adaptiert werden, um das Pfeifen zu verhindern. Die Erfindung liegt also darin, das Eingangssignal hinsichtlich enthaltener Kammfilteranteile zu untersuchen, um schon frühzeitig rückkopplungskritische Zustände zu detektieren. Um die Kammfilter eindeutig als Auswirkung des eingehenden Lautsprecher- bzw. Receiversignals zu erkennen, sind oben mehrere Möglichkeiten vorgeschlagen worden. Die wohl zuverlässigste ist eine Kombination aus dem herkömmlichen, so genannten "Phasenshaker", bei dem die Modulation des Ausgangssignals genutzt wird. Wie bisher wird dabei dem Ausgangssignal eine Modulation aufgebracht, die dann zu einer schwingenden Bewegung der Notches im Frequenzgang des Eingangssignals führt. Damit gewinnt man ein zusätzliches Merkmal, Rückkopplung (Feedback) zu identifizieren.

[0032] FIG 11 zeigt eine Implementierung des oben beschriebenen Verfahrens zur Ermittlung einer Änderung einer Rückkopplungssituation bzw. zur Adaption an eine veränderte Rückkopplungssituation in einem Hörgerät. Der Aufbau der Hörvorrichtung einschließlich des Rückkopplungspfads 15 entspricht im Wesentlichen dem von FIG 2. Es wird daher bezüglich der in beiden FIG gleichen Komponenten und Bezugszeichen auf die Beschreibung von FIG 2 verwiesen. Anstelle des Rückkopplungsdetektors 19 weist das Hörgerät von FIG 11 einen Notchdetektor 24, eine Schwellwertentscheidungseinheit 27, einen Modulationsdetektor 28 und ein UND-Glied 29 auf. Der Notchdetektor 24 nimmt das Mikrofonsignal 30 auf und ermittelt daraus eine Wahrscheinlichkeit w für ein Notch (Einschnitt, d. h. spitzes Minimum) und die entsprechende Frequenz f des Notch. In der Schwellwertentscheidungseinheit 27 wird entschieden, ob eine Abweichung gegenüber dem Idealfall vorliegt, indem die Wahrscheinlichkeit w mit einem Schwellwert verglichen wird. Es wird ein entsprechendes Ausgangssignal an das UND-Glied 29 geliefert.

[0033] Die Notchfrequenz f liefert der Notchdetektor 24 an den Modulationsdetektor 28. Dieser untersucht, ob die Notchfrequenz f eine schwingende Bewegung vollführt. Ein entsprechendes Ausgangssignal wird an das UND-Glied 29 geleitet. Sind in den beiden Entscheidungseinheiten 27 und 28 die jeweiligen Bedingungen erfüllt, so wird der Rückkopplungskompensator 18 mit dem Ausgangssignal des UND-Glieds 29 entsprechend

angesteuert, z. B. die Adaptionsgeschwindigkeit wird verändert.

[0034] Zur Verifizierung der Rückkopplungssituation weist das Hörgerät nach dem Signalprozessor 17 einen Phasenmodulator 31 auf, der das Ausgabesignal an den Lautsprecher 12 phasenmoduliert. Bei Vorliegen einer Rückkopplungssituation ist das Rückkopplungssignal 14 ebenfalls phasenmoduliert und die Modulation ist über den Signalpfad durch das Mikrofon 10 und den Notchdetektor 24 in dem Modulationsdetektor 28 registrierbar. Wenn Modulation vorliegt und die Wahrscheinlichkeit für ein Notch unter eine gewisse Schwelle sinkt (vgl. FIG 5, 7 und 9), wird die Adaptionsgeschwindigkeit des Rückkopplungskompensators erhöht.

Bezugszeichenliste

[0035]

1	Hörgerätgehäuse
2	Mikrofon
3	Signalverarbeitungseinheit
4	Lautsprecher bzw. Hörer
5	Batterie
10	Mikrofon
11	Signalverarbeitungseinrichtung
12	Ausgangswandler/Lautsprecher
13	Schall
14	Rückkopplungssignal
15	Rückkopplungspfad
16	Nutzsignal
17	Signalprozessor
18	Rückkopplungskompensator
19	Rückkopplungsdetektor
20	Subtrahierer
21	Einschnitte
22	Frequenzspitzen
23	Frequenzspitzen
24	Notchdetektor

25	Frequenzspitzen
26	Frequenzspitzen
5 27	Schwellwertentscheidungseinheit
28	Modulationsdetektor
29	UND-Glied
10 30	Mikrofonsignal
31	Phasenmodulator
15 40	kompensiertes Signal
f	Notchfrequenz
TM	Übertragungsfunktion des Mikrofonsignals
20 TC	Übertragungsfunktion des kompensierten Signals
w	Wahrscheinlichkeit
25	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals bei einer Hörvorrichtung mit einer Eingangswandlereinrichtung (10), einer Signalverarbeitungseinrichtung (17) und einer Ausgangswandlereinrichtung (12) durch
 - 35 - Kompensieren eines Rückkopplungssignals (14), das von der Ausgangswandlereinrichtung (12) oder der Signalverarbeitungseinrichtung (17) an die Eingangswandlereinrichtung (10) rückgekoppelt wird,
 - 40 **gekennzeichnet durch**
 - Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit (w), mit der das Spektrum eines Eingangssignals, welches direkt von der Eingangswandlereinrichtung (10) stammt oder welches ein Differenzsignal zwischen dem Signal direkt von der Eingangswandlereinrichtung (10) und einem zu dem Kompensieren dienenden Kompensationssignal ist, mehrere untereinander gleich beabstandete Einschnitte (21) besitzt,
 - 45 - Verändern des Kompensierens oder einer Verstärkung der Signalverarbeitungseinrichtung (17) in Abhängigkeit von der ermittelten Wahrscheinlichkeit (w).
 - 50
- 55 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ermitteln der Wahrscheinlichkeit (w) in einer Sprechphase während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Hörvorrichtung erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Übertragungsfunktion (TM) von dem Eingangssignal zu dem Ausgangssignal einem Kammfilter entspricht.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln der Wahrscheinlichkeit in einem verrauchten Frequenzbereich des Eingangssignals erfolgt. 5
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Rückkopplungssignal (14) dadurch verifiziert wird, dass das Ausgangssignal phasenmoduliert und die Einschnitte (21) bezüglich der Phasenmodulation analysiert werden. 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kompensieren durch ein adaptives Filter (18) erfolgt und die Adaptionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit (w) verändert wird. 15
20
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Verändern des Komprimierens so erfolgt, dass die Übertragungsfunktion eines kompensierten Signals (40), welches durch eine Mischung des Eingangssignals (30) mit einem Kompensationssignal für das Kompensieren des Rückkopplungssignals entsteht, zu dem Ausgangssignal im größten Teil eines vorgegebenen Spektralbereichs, der von dem Kompensieren beeinflusst werden soll, im Wesentlichen steigungsfrei verläuft. 25
30
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die untereinander gleich beabstandeten Einschnitte (21) des Signals nach der Eingangswandlereinrichtung (10) direkt mit selbigen beabstandeten Einschnitten eines kompensierten Signals (40) zur Validierung einer Detektion einer Rückkopplungssituation verglichen werden. 35
40
9. Hörvorrichtung mit
 - einer Eingangswandlereinrichtung (10),
 - einer Signalverarbeitungseinrichtung (17) zum Verarbeiten des von der Eingangswandlereinrichtung (10) ausgegebenen Eingangssignals (30) zu einem Ausgabesignal, 45
 - einer Ausgangswandlereinrichtung (12) zum Wandeln des Ausgabesignals zu einem akustischen Ausgangssignal (13) und 50
 - einer Kompensationseinrichtung (18) zum Kompensieren eines Rückkopplungssignals (14), das von der Ausgangswandlereinrichtung (12) oder der Signalverarbeitungseinrichtung (17) an die Eingangswandlereinrichtung (10) rückgekoppelt wird, **gekennzeichnet durch** 55
 - eine Detektionseinrichtung (24) zum Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit (w), mit der das Spek-

trum des Eingangssignals (30) mehrere untereinander gleich beabstandete Einschnitte (21) besitzt, wobei
- die Kompensationseinrichtung (18) in Abhängigkeit von der ermittelten Wahrscheinlichkeit (w) steuerbar ist.

FIG 1
(Stand der Technik)

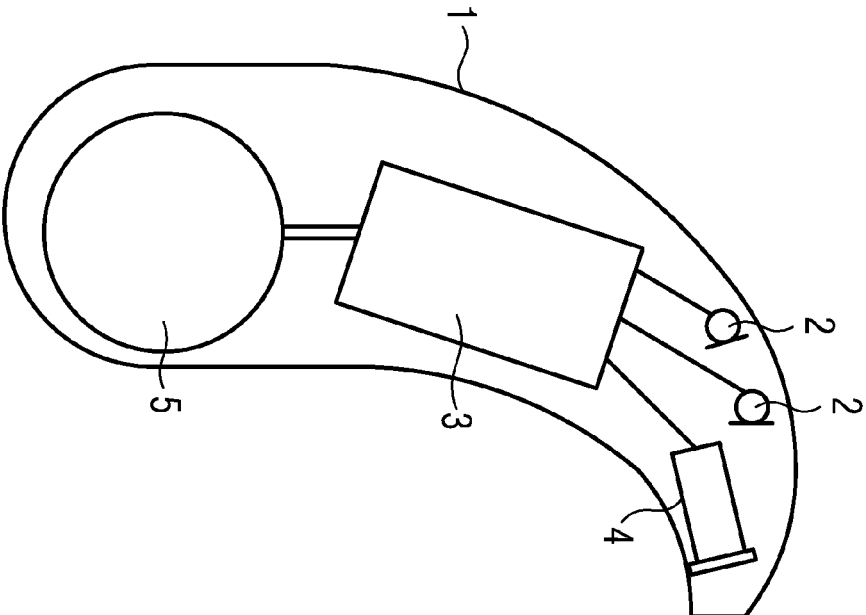
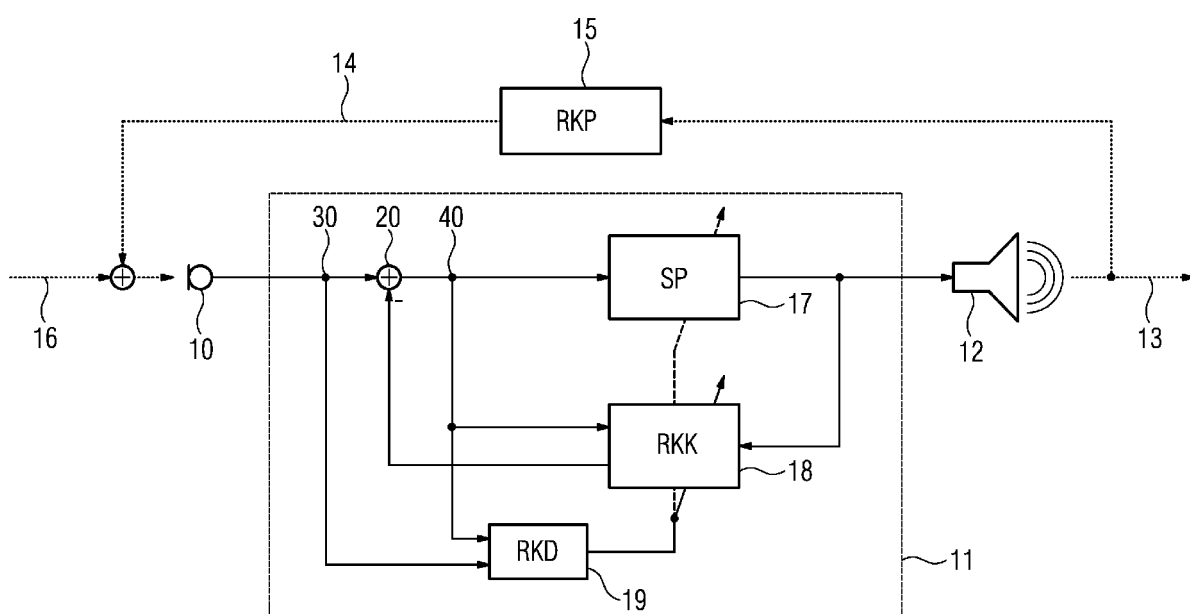
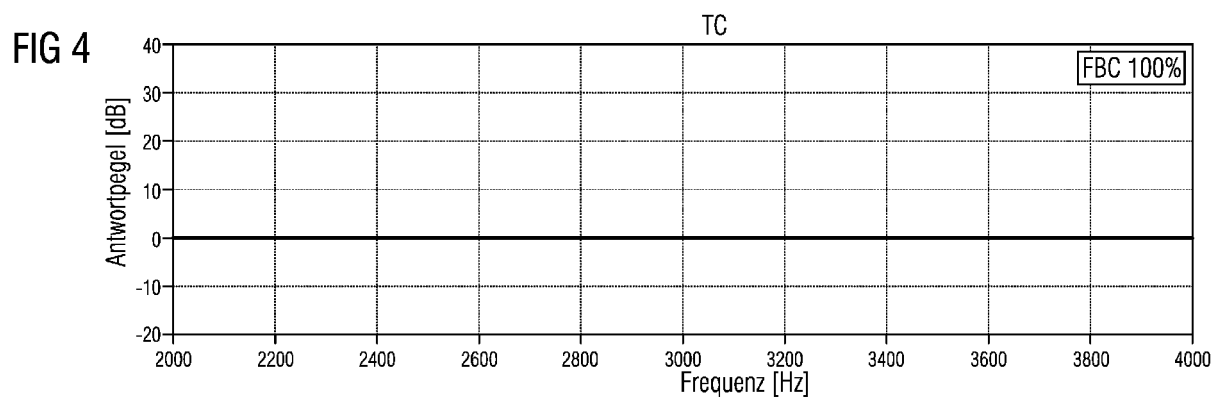
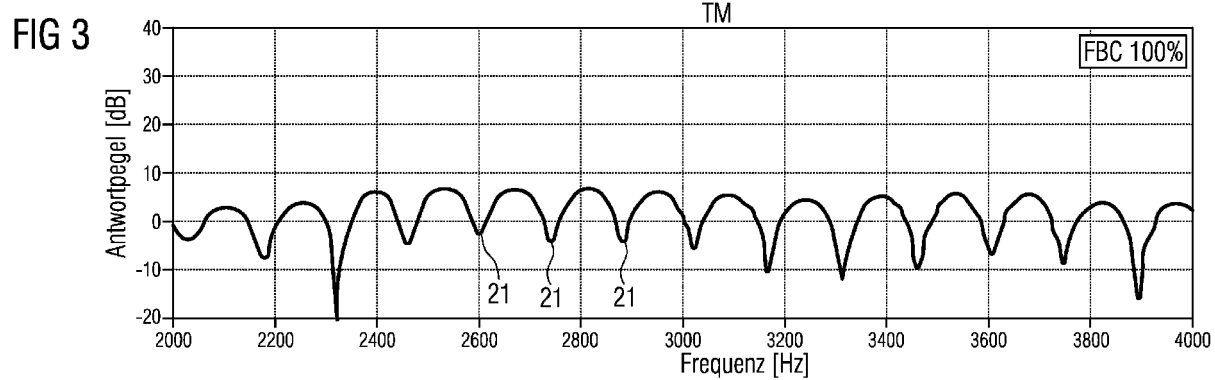


FIG 2
(Stand der Technik)





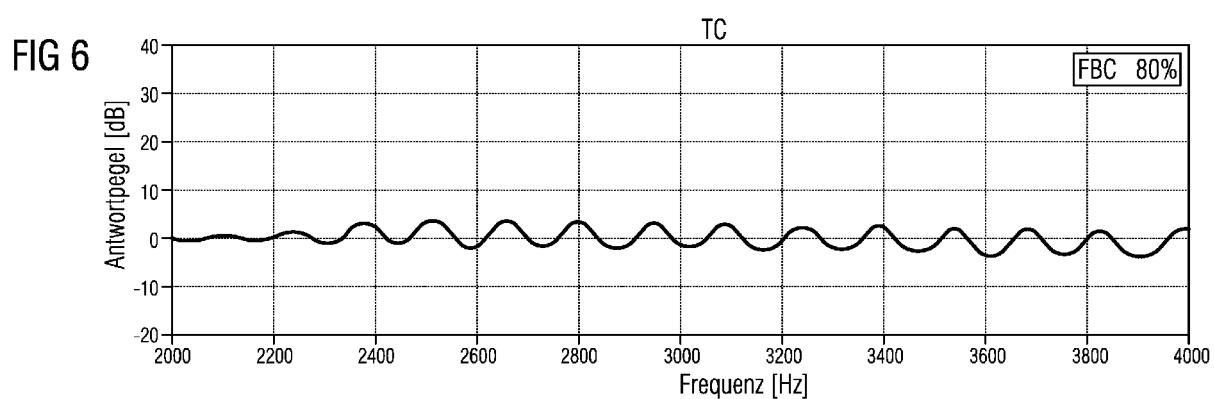
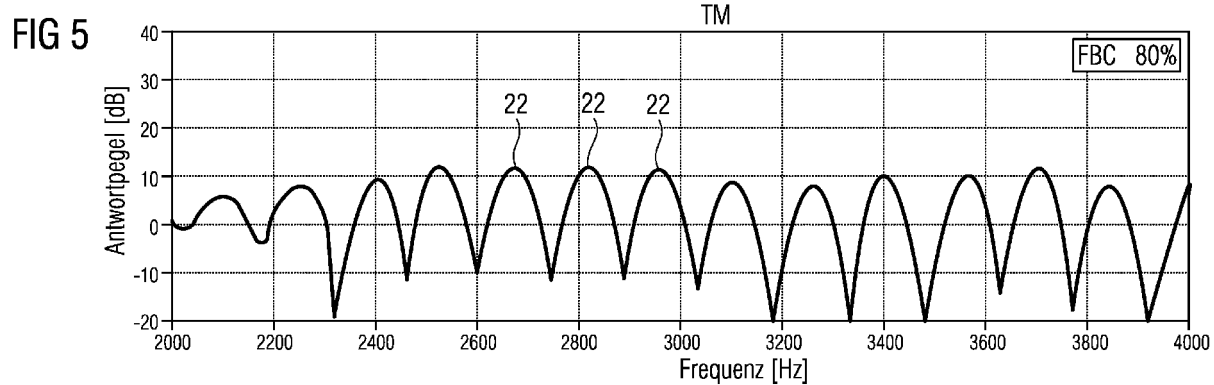


FIG 7

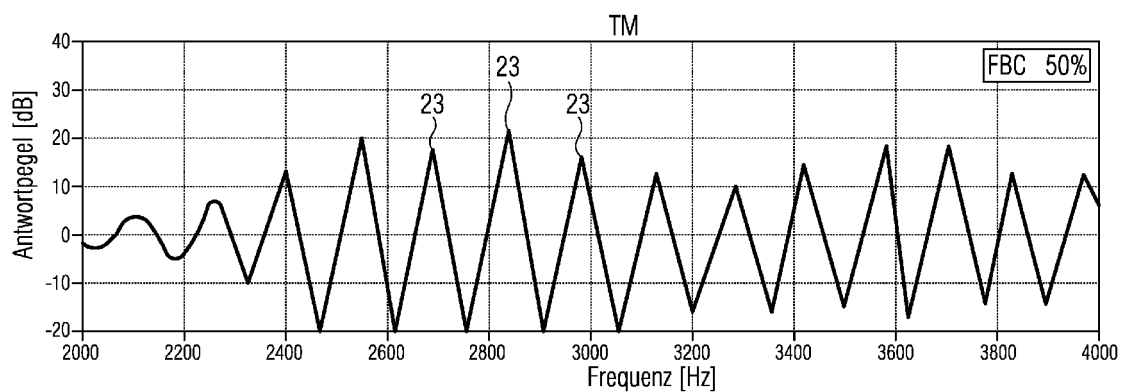


FIG 8

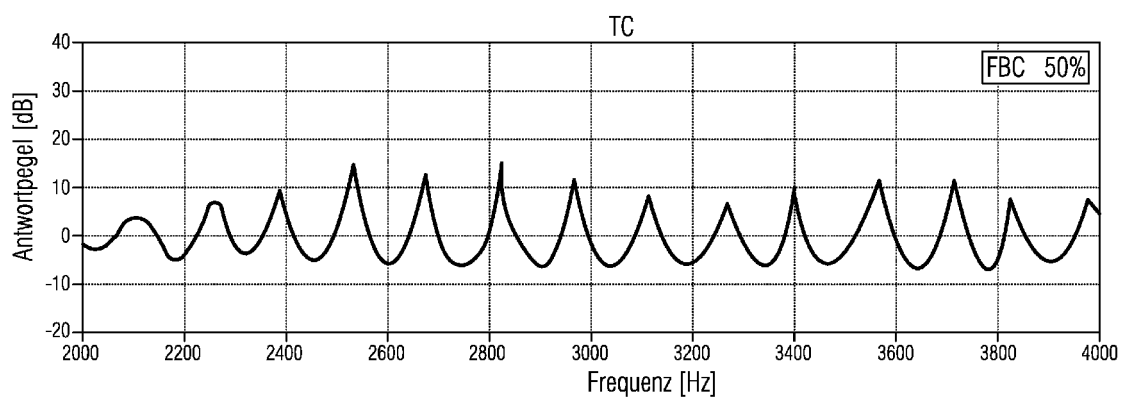


FIG 9

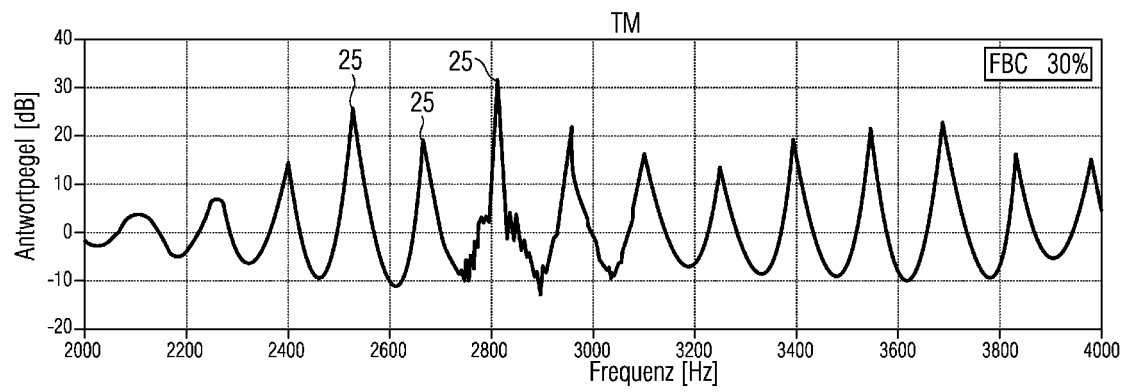


FIG 10

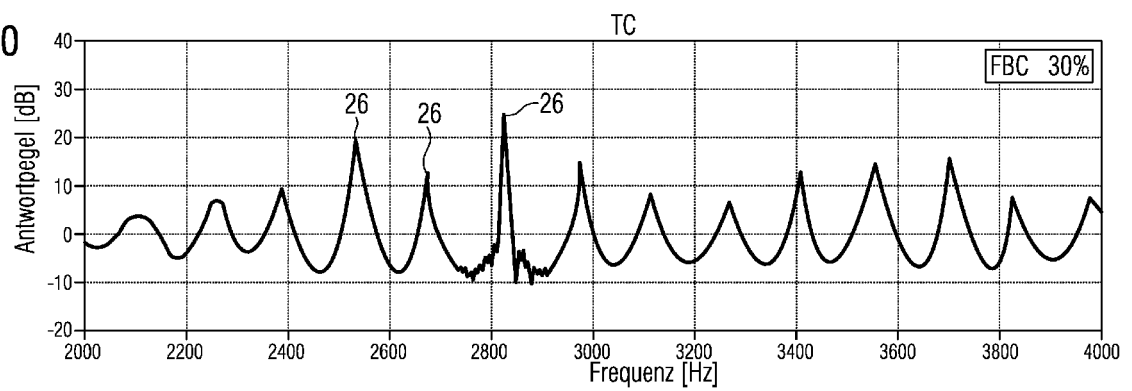
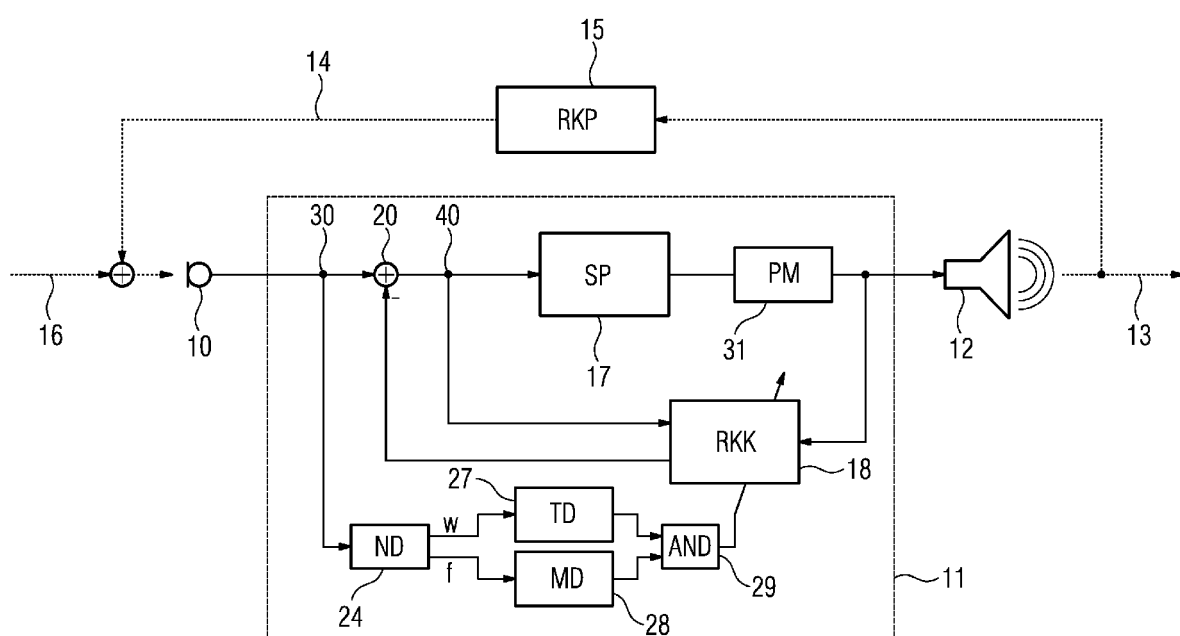


FIG 11





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 15 0197

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	MAXWELL J A ET AL: "REDUCING ACOUSTIC FEEDBACK IN HEARING AIDS", IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 3, Nr. 4, 1. Juli 1995 (1995-07-01), Seiten 304-313, XP000633074, ISSN: 1063-6676, DOI: DOI:10.1109/89.397095 * das ganze Dokument *	1-9	INV. H04R25/00 ADD. H04R3/02
A	WO 2004/079901 A2 (OTICON AS [DK]; BEHRENS THOMAS [DK]; KJEMS ULRIK [DK]; NIELSEN THOMAS) 16. September 2004 (2004-09-16) * Seite 5, Zeile 12 - Zeile 16 *	1-9	
A	DE 101 62 559 A1 (SIEMENS AG [DE]) 10. Juli 2003 (2003-07-10) * das ganze Dokument *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. April 2011	Prüfer Borowski, Michael
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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	

 3
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 11 15 0197

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.

15-04-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004079901 A2	16-09-2004	EP 1602259 A2	07-12-2005
		US 2007094319 A1	26-04-2007

DE 10162559 A1	10-07-2003	CN 1606773 A	13-04-2005
		WO 03052746 A2	26-06-2003
		EP 1456839 A2	15-09-2004
		ES 2268123 T3	16-03-2007
		US 2005096002 A1	05-05-2005

EPO FORM P0461

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