



(11) **EP 2 648 424 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.10.2013 Patentblatt 2013/41

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

(21) Anmeldenummer: **13160298.9**

(22) Anmeldetag: **21.03.2013**

(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: **Dreßler, Oliver 90763 Fürth (DE)**

(30) Priorität: **05.04.2012 DE 102012205651**

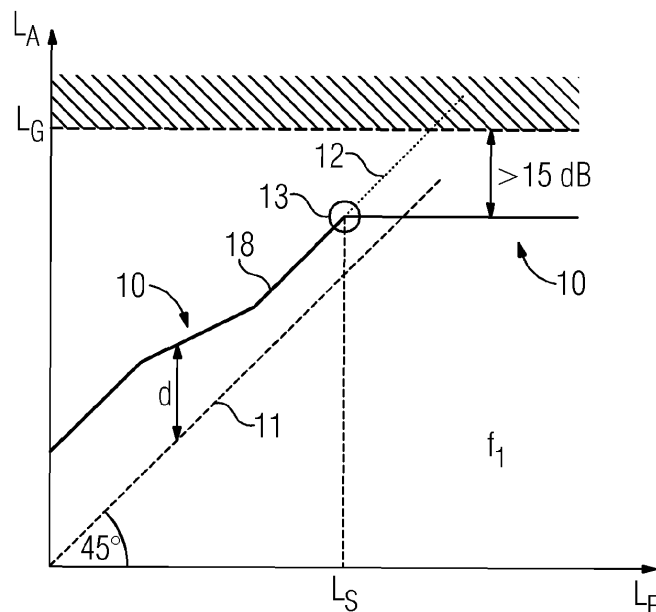
(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver Siemens AG Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

(54) **Verfahren zur Ausgangspegelbegrenzung bei Hörvorrichtungen**

(57) Psychoakustische Randbedingungen sollen bei der Verstärkung von Eingangssignalen einer Hörvorrichtung besser berücksichtigt werden. Dazu wird ein Verfahren zum Verstärken eines Eingangssignals in einer Hörvorrichtung durch Vorgeben je einer kanalspezifischen Kompressionskennlinie (12) in mehreren spektral getrennten Verarbeitungskanälen der Hörvorrichtung, die einen Zusammenhang zwischen einem Eingangsspiegel (L_E) und einem Ausgangspegel (L_A) im jeweiligen Verarbeitungskanal der Hörvorrichtung definiert, und Verstärken eines jeweiligen Eingangssignalanteils der Hörvorrichtung in jedem Verarbeitungskanal in Abhän-

gigkeit von einer kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie (10) vorgeschlagen. Dabei wird eine kanalspezifische Eingangspegelschwelle (L_S) für jeden Verarbeitungskanal vorgegeben. Anschließend erfolgt ein Festlegen der jeweiligen kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie (10) entsprechend der vorgegebenen kanalspezifischen Kompressionskennlinie (12) unterhalb der kanalspezifischen Eingangspegelschwelle (L_S) und ein Festlegen des jeweiligen Verlaufs der kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie (10) mit einem Kompressionsverhältnis größer 8 oberhalb der kanalspezifischen Eingangspegelschwelle (L_S).

FIG 2



EP 2 648 424 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verstärken eines Eingangssignals in einer Hörvorrichtung durch Vorgeben je einer kanalspezifischen Kompressionskennlinie in mehreren spektral getrennten Verarbeitungskanälen der Hörvorrichtung, die einen Zusammenhang zwischen einem Ausgangspegel und einem Eingangssignalanteil der Hörvorrichtung in jedem Verarbeitungskanal in Abhängigkeit von einer kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie. Unter einer Hörvorrichtung wird hier jedes im oder am Ohr tragbare, einen Hörreiz verursachende 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] Die Leistungsfähigkeit eines Hörgeräts wird

normgemäß (vergleiche IEC 60118-7:2005) durch den erzielbaren Ausgangsschalldruckpegel bei einem Ausgangspegel von 90 dB SPL (Sound Pressure Level) bestimmt. Die daraus resultierende so genannte OSPL 90-Wiedergabekurve muss optimal eingestellt werden, um einerseits zu laute Ausgangspegel und zu starke Verzerrungen des Ausgangssignals zu vermeiden und andererseits einen Betrieb im Sättigungsbereich des Hörers bei nicht ausreichender Sprachverständlichkeit auszuschließen.

[0005] Im Allgemeinen stehen zwei Verfahren zur Begrenzung des maximalen Ausgangsschalldruckpegels zur Verfügung, wie dies in Dillon H.: "Hearing aids" Turramurra, Australien, Boomerang Press (2001) geschildert ist. Zum einen können durch so genanntes "peak clipping" Signalspitzen abgeschnitten werden. Alternativ kann eine ausgangsspegelgesteuerte Dynamikkompression (compression limiting) mit hoher Kompressionsrate durchgeführt werden, die das Verhältnis zwischen Eingangsspegelbereich zu Ausgangspegelbereich darstellt. In den meisten Fällen wird die ausgangsspegelgesteuerte Dynamikkompression eingesetzt. Nur bei Hörgeräten zur Versorgung sehr schwerer Hörverluste werden lediglich die Signalspitzen abgeschnitten.

[0006] Allen Verfahren gemeinsam ist der Vergleich des Ausgangsschalldruckpegels mit einer bestimmten Pegelschwelle. Die jeweiligen Begrenzungsalgorithmen werden dann bei Überschreiten dieser Pegelschwelle wirksam. Für die Begrenzung durch ausgangsspegelgesteuerte Dynamikkompression kann sowohl eine frequenzabhängige als auch frequenzunabhängige Pegelschwelle vorgegeben werden. Mit der geeigneten Wahl frequenzabhängiger Pegelschwellen wird der erzielbare maximale Ausgangsschalldruckpegel in einzelnen Frequenzbereichen optimiert.

[0007] Die Signalverarbeitung in digitalen Hörgeräten erfolgt üblicherweise in mehreren (z. B. 48 oder 64) Kanälen. Jedem dieser Kanäle ist ein bestimmtes Frequenzband zugeordnet. In jedem der Kanäle wird dann ein Eingangssignalanteil frequenzabhängig bzw. kanalspezifisch verarbeitet.

[0008] Die für die Begrenzung frequenzabhängigen bzw. kanalspezifischen (auf die Frequenzbänder der jeweiligen Kanalsignalverarbeitung umgerechneten) Pegelschwellen liegen im Allgemeinen unterhalb einer frequenzunabhängigen, d. h. breitbandigen Pegelschwelle, auf die der breitbandige Gesamtpegel des Ausgangssignals bezogen wird. Neben der kanalspezifischen Ausgangspegelbegrenzung kann auch die breitbandige Ausgangspegelbegrenzung wirken, die im Signalfluss nach der frequenzabhängigen bzw. kanalspezifischen Pegelbegrenzung appliziert wird. Als Folge davon werden jedoch schmalbandige Signale (z. B. Sinustöne) bei einem niedrigeren Breitbandpegel begrenzt als breitbandige (z. B. rauschartige) Signale. Dies führt dazu, dass lediglich die frequenzunabhängige Pegelschwelle für sehr laute breitbandige Eingangssignale wirksam wird. Die damit verbundenen Verzerrungen sind bei lauten Signalen

sehr störend.

[0009] Weiterhin ist bekannt, dass unter der Voraussetzung gleicher Lautheit der Pegel eines schmalbandigen Signals höher sein muss als der Pegel eines breitbandigen Signals. So wird z. B. ein Sinussignal bei der Frequenz 1 kHz mit dem Pegel 78 dB SPL gleich laut zu einem gleichmäßig anregenden Rauschen mit dem Pegel von 60 dB SPL empfunden, wie dies aus E. Zwicker, H. Fastl: "Psychoacoustics, Facts and Models", Springer (1999) hervorgeht. Dies steht im Gegensatz zu obigem Verhalten bei einer Ausgangspegelbegrenzung durch Dynamikkompression mit festen frequenzabhängigen Schwellen für den Ausgangspegel. Durch diese Begrenzung ist dann die Lautheit eines breitbandigen Signals wesentlich höher als die eines schmalbandigen Signals.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren zum Verstärken eines Eingangssignals in einer Hörvorrichtung bereitzustellen, mit dem dem natürlichen Hörempfinden besser Rechnung getragen werden kann.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Verstärken eines Eingangssignals in einer Hörvorrichtung durch Vorgeben je einer kanalspezifischen Kompressionskennlinie in mehreren spektral getrennten Verarbeitungskanälen der Hörvorrichtung, die einen Zusammenhang zwischen einem Eingangspegel und einem Ausgangspegel im jeweiligen Verarbeitungskanal der Hörvorrichtung definiert, und Verstärken eines jeweiligen Eingangssignalanteils der Hörvorrichtung in jedem Verarbeitungskanal in Abhängigkeit von einer kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie, Vorgeben einer kanalspezifischen Eingangspegelschwelle für jeden Verarbeitungskanal, Festlegen der jeweiligen kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie entsprechend der vorgegebenen kanalspezifischen Kompressionskennlinie unterhalb der kanalspezifischen Eingangspegelschwelle und Festlegen eines jeweiligen Verlaufs der kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie mit einem Kompressionsverhältnis größer 8 oberhalb der kanalspezifischen Eingangspegelschwelle.

[0012] In vorteilhafter Weise erfolgt also das Verstärken eines Eingangssignals kanalspezifisch in mehreren Verarbeitungskanälen, die jeweils einem Frequenzband entsprechen. Dabei wird die Kompression kanalspezifisch durch jeweils eine Kompressionskennlinie festgelegt, die von dem Eingangssignal bzw. dem Anteil des Eingangssignals im jeweiligen Kanal abhängt. Damit ergibt sich also eine Verstärkung des Eingangssignals, die nicht fest von dem Ausgangspegel abhängt, sondern von der Natur des Eingangssignals. Damit kann eine signal-spezifische Verstärkung realisiert werden, was dem natürlichen Hörempfinden eher Rechnung trägt.

[0013] Vorzugsweise wird der Eingangspegel jedes kanalspezifischen Eingangssignalanteils mit einer Zeitkonstante ermittelt, die wesentlich größer als 250 ms ist. Es liegt damit eine verhältnismäßig lange Zeitkonstante,

d. h. eine langsame Verarbeitung vor, wodurch Signalverzerrungen vermieden werden.

[0014] Darüber hinaus kann ein kanalspezifischer Ausgangspegelgrenzwert für jeden Verarbeitungskanal vorgegeben werden, wobei die jeweilige kanalspezifische Kompressionskennlinie einen festen Abstand zu dem kanalspezifischen Ausgangspegelgrenzwert nicht unterschreitet. Ein solcher Abstand zu einer vorgegebenen Ausgangspegelgrenze hat den Vorteil, dass die bestimmte Ausgangspegelgrenze auch dann nicht überschritten wird, wenn der Eingangspegel insbesondere während einer Einschwingzeit einer gewissen Dynamik unterliegt.

[0015] Dieser feste Abstand der Kompressionskennlinie zu dem kanalspezifischen Ausgangspegelgrenzwert sollte mindestens 15 dB betragen. Dies ist daher günstig, da Sprachsignale im Mittel eine Dynamik von +/-15 dB besitzen. Der Abstand sollte daher 15 dB nicht unterschreiten.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird ein frequenzunabhängiger Gesamtpegel des alle Eingangssignalanteile umfassenden Eingangssignals gemessen, ein Zeitpunkt ermittelt, zu dem der gemessene Gesamtpegel einen vorgegebenen Gesamtpegelschwellwert erreicht, für den Zeitpunkt in jedem Verarbeitungskanal die jeweilige kanalspezifische Eingangspegelschwelle entsprechend dem momentanen Pegel des jeweiligen Eingangssignalanteils festgelegt (wodurch das Vorgeben der kanalspezifischen Eingangspegelschwelle weitergebildet ist), und es werden die kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinien in allen Verarbeitungskanälen dementsprechend festgelegt. Dies hat den Vorteil, dass bei höheren Eingangspegeln die Pegelbegrenzung nicht signalunspezifisch erfolgt. Vielmehr wird also festgestellt, dass ein Eingangssignal mit hohem Gesamtpegel (breitbandig) vorliegt, und anschließend erfolgt die Kompression bzw. Begrenzung sehr spezifisch in Abhängigkeit vom Kanal bzw. von der Frequenz.

[0017] Hierbei kann die kanalspezifische Betriebs-Kompressionskennlinie so lange unverändert beibehalten werden, wie der gemessene Gesamtpegel größer oder gleich dem Gesamtpegelschwellwert ist. Wenn also der Gesamtpegel des Eingangssignals sehr hoch bleibt, muss nicht ständig eine neue Kompressionskennlinie bestimmt werden.

[0018] Darüber hinaus kann jede kanalspezifische Betriebs-Kompressionskennlinie der jeweiligen vorgegebenen kanalspezifischen Kompressionskennlinie entsprechen, wenn der gemessene Gesamtpegel unter dem Gesamtpegelschwellwert liegt. Bei niedrigen Gesamtpegeln des Eingangssignals kann also die vorgegebene Kompressionskennlinie im jeweiligen Kanal verwendet werden, ohne diese in Abhängigkeit von dem Eingangssignal bzw. Eingangssignalanteil ermitteln zu müssen.

[0019] Darüber hinaus ist es günstig, wenn in jedem Verarbeitungskanal die Kompression in einem Pegelintervall unmittelbar unterhalb der jeweiligen kanalspezifischen

schen Eingangspegelschwelle nahe 1 liegt. Dies hat den Vorteil einer natürlichen Dynamik des Ausgangssignals im Bereich der frequenzabhängigen bzw. kanalspezifischen Eingangspegelschwelle.

[0020] Ferner kann für jede kanalspezifische Eingangspegelschwelle ein minimaler Pegelwert vorgegeben werden. Dies hat unter Umständen dann Vorteile, wenn schmalbandige Eingangssignale vorliegen. In diesem Fall erfolgt die Pegelbegrenzung bzw. starke Kompression nicht bereits bei sehr kleinen Eingangspegeln.

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

FIG 1 den schematischen Aufbau einer Hörvorrichtung gemäß dem Stand der Technik;

FIG 2 ein Eingangs-Ausgangs-Pegeldiagramm mit einer Verstärkungsbegrenzung oberhalb einer frequenzabhängigen Eingangspegelschwelle;

FIG 3 spektrale Leistungsdichten am Eingang und Ausgang bei einem breitbandigen Signal; und

FIG 4 spektrale Leistungsdichten am Eingang und Ausgang bei identischem breitbandigen Eingangspegel wie in FIG 3 jedoch einem schmalbandigen Signal.

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

[0023] In einer Hörvorrichtung und insbesondere in einem Hörgerät wird ein Eingangssignal typischerweise durch eine Analysefilterbank in mehrere Eingangssignale zerlegt, und die Eingangssignale werden in mehreren Kanälen frequenzspezifisch weiterverarbeitet. Es erfolgt also in jedem Kanal eine spezifische Verstärkung. Am Ende der kanalspezifischen Verarbeitung werden die einzelnen Kanäle in einer Synthesefilterbank zusammengeführt, woraus schließlich ein breitbandiges Ausgangssignal resultiert.

[0024] Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung bezieht sich auf eine eingangsseitige bzw. eingangsabhängige Begrenzung der Verstärkung zur Reduktion der Verzerrungen bei lauten breitbandigen Eingangssignalen. Die Begrenzung der Verstärkung wird durch eine Kompressionskennlinie 10 gemäß FIG 2 speziell für jeden Kanal erreicht. Die Kompressionskennlinie 10 ist frequenzabhängig und damit kanalspezifisch erreicht. Aus der Kompressionskennlinie 10 in dem Eingangs-Ausgangs-Pegeldiagramm ergibt sich der Ausgangspegel L_A der Hörvorrichtung in Abhängigkeit von dem Eingangspegel L_E am Eingang der Hörvorrichtung.

[0025] Auf der Winkelhalbierenden 11 des Eingangs-Ausgangs-Pegeldiagramms entspricht der Ausgangspegel L_A dem Eingangspegel L_E . Auf der Winkelhalbierenden 11 erfolgt also keine Verstärkung und das Kompressions-

verhältnis beträgt 1. Der vertikale Abstand von der Winkelhalbierenden 11 zu der Kompressionskennlinie 10 entspricht der pegelspezifischen Verstärkung, die durch die Kompressionskennlinie 10 verursacht wird.

[0026] Um nun die eingangsseitige Begrenzung der Verstärkung zu realisieren, wird für jeden Kanal zusätzlich eine frequenzabhängige bzw. kanalspezifische Eingangspegelschwelle L_S vorgegeben. Eine solche kanalspezifische Eingangspegelschwelle L_S teilt die tatsächlich im Betrieb verwendete Betriebs-Kompressionskennlinie 10 in zwei Hälften. Unterhalb der Eingangspegelschwelle L_S entspricht die Betriebs-Kompressionskennlinie 10 einer vorgegebenen Kompressionskennlinie. Oberhalb der Eingangspegelschwelle L_S weicht die Betriebskompressionskennlinie 10 von der vorgegebenen Kennlinie 12 (gepunktete Linie in FIG 2) ab. Sie verläuft hier horizontal stetig weiter. Dies entspricht einem unendlich hohen Kompressionsverhältnis. Für die vorliegende Erfindung genügt es aber, wenn die Betriebs-Kompressionskennlinie oberhalb der kanalspezifischen bzw. frequenzabhängigen Eingangspegelschwelle mit sehr geringer Steigung verläuft, nämlich mit einem Kompressionsverhältnis von mehr als 8. Mit einem derart hohen Kompressionsverhältnis der eingangspegelbezogenen Dynamikkompression oberhalb der (festen) frequenzabhängigen Eingangspegelschwelle L_S und einer langsamen Zeitkonstante für die Signalverarbeitung (wesentlich größer 250 ms) ergeben sich Kompressionsverhältnisse, bei denen die statische Verstärkung mit einer weiteren Zunahme des Eingangspegels über die Eingangspegelschwelle L_S hinaus reduziert wird.

[0027] In FIG 2 ist weiterhin ein frequenzabhängiger Ausgangspegelgrenzwert L_G dargestellt. Er kennzeichnet einen Ausgangspegel, der bei keinem Eingangspegel überschritten werden soll. Der durch die Hörvorrichtung bzw. das Hörgerät erzeugte Ausgangsschalldruck soll entsprechend der Betriebs-Kompressionskennlinie 10 mindestens 15 dB unter dem kanalspezifischen bzw. frequenzabhängigen Ausgangspegelgrenzwert L_G liegen. Dies liegt daran, dass die Sprache im Mittel einen Dynamikbereich von 30 dB (+/- 15dB) besitzt. Da die Messung des Eingangspegels beispielsweise im Bereich von 1 ms liegt, steht der Arbeitspunkt erst nach einer gewissen Zeit fest. In dieser Einschwingzeit kann es zu deutlichen Verzerrungen kommen, wenn der Pegel nicht begrenzt ist.

[0028] Wie bereits angedeutet wurde, entspricht der vertikale Abstand d der Betriebs-Kompressionskennlinie 10 von der Mittelsenkrechten 11 der tatsächlich applizierten Verstärkung beim jeweiligen Eingangspegel L_E . Bei niedrigen Eingangspegeln erfolgt typischerweise eine höhere Verstärkung als bei höheren Eingangspegeln. Bei sehr hohen Eingangspegeln wird sogar gedämpft.

[0029] Die in FIG 2 dargestellte Betriebs-Kompressionskennlinie 10 ist kanalspezifisch bzw. frequenzabhängig und gilt hier für die Frequenz f_1 . Für andere Frequenzen kann die jeweilige Kompressionskennlinie einen anderen Verlauf besitzen.

[0030] Die kanalspezifische Eingangspiegelschwelle L_S muss nicht fest eingestellt bzw. vorgegeben sein. Vielmehr kann sie auch in Abhängigkeit eines breitbandigen Eingangsschalldruckpegels (d. h. des frequenzunabhängigen Gesamteingangspegels) berechnet werden. Dazu wird beispielsweise in jedem Kanal der Eingangspiegel des jeweiligen Eingangssignalanteils genau dann abgetastet, wenn der zugehörige frequenzunabhängige bzw. breitbandige Gesamteingangspegel eine vorgegebene frequenzunabhängige Pegelschwelle (z. B. 15 dB unter dem Ausgangspegelgrenzwert L_G) liegt. Es wird dabei der Knickpunkt 13 der Betriebs-Kompressionskennlinie 10 dynamisch bestimmt. Demnach kann der Knickpunkt 13 bzw. die dazugehörige Eingangspiegelschwelle L_S in einigen der Verarbeitungskanäle niedrig liegen und in anderen höher liegen.

[0031] Die Auswirkung der dynamischen Festlegung der kanalspezifischen Eingangspiegelschwelle L_S in Abhängigkeit vom Gesamteingangspegel kann anhand der FIG 3 und 4 erläutert werden. Die FIG 3 und 4 stellen jeweils spektrale Leistungsdichten I am Ausgang 14, 15 und am Eingang 16, 17 dar. FIG 3 gilt für ein breitbandiges Signal BB (z. B. breitbandiges Rauschen), während FIG 4 für ein schmalbandiges Signal SB (z. B. Sinuston) gilt. Beide Signale haben über alle Kanäle addiert den gleichen breitbandigen Gesamteingangspegel, d. h. die Fläche unter der gestrichelten Kurve 16 entspricht der Fläche unter der gestrichelten Kurve 17. Dieser Gesamteingangspegel entspricht der Summe der Einzelpegel und repräsentiert die Gesamtenergie bzw. Gesamtleistung des Eingangssignals. Beispielsweise wird bei einem Gesamteingangspegel von 90 dB gemessen.

[0032] Die FIG 2 kann schematisch als Schnitt durch die FIG 3 und 4 bei der Frequenz f_1 betrachtet werden. Für einen bestimmten Pegel ergibt sich dann bei der Frequenz f_1 der Abstand d' zwischen Eingang 17 und Ausgang 15.

[0033] Bei einem breitbandigen Rauschen gemäß FIG 3 ist der Abstand zwischen spektraler Leistungsdichte am Ausgang 14 und am Eingang 16 beispielsweise nahezu konstant. Dies liegt daran, dass der Eingangspiegel L_E kaum über der Frequenz variiert, sodass gemäß FIG 2 auch nahezu immer die gleiche Verstärkung appliziert wird, und somit auch die spektrale Leistungsdichte am Ausgang 14 nahezu konstant bleibt.

[0034] Besitzt das Eingangssignal jedoch gemäß FIG 4 beispielsweise bei einer Frequenz f_2 eine deutlich höhere spektrale Leistungsdichte als bei anderen Frequenzen, so ändert sich gemäß FIG 2 auch die Verstärkung deutlich über der Frequenz. Da sie typischerweise bei höheren Pegeln abnimmt, beträgt der Abstand der Kurven 15 und 17 bei der Frequenz f_2 weniger als bei anderen Frequenzen.

[0035] Wird bei einem breitbandigen Eingangssignal BB gemäß FIG 3 der Schwellwert für den Gesamteingangspegel erreicht, liegen die Pegel der einzelnen Kanäle gemäß Kurve 16 auf einem mittleren Niveau und es wird gemäß FIG 2 eine entsprechende mittlere Verstär-

kung appliziert. Den Energiezuwachs zwischen Eingangssignal und Ausgangssignal repräsentiert die Fläche zwischen den Kurven 14 und 16.

[0036] Bei dem schmalbandigen Signal SB wird der Schwellwert für den Gesamteingangspegel erreicht, wenn die Pegel um die Frequenz f_2 sehr hoch sind, während die Pegel außerhalb dieses Maximums verhältnismäßig niedrig sind. Dementsprechend wird um das Pegelmaximum bei der Frequenz f_2 weniger verstärkt als außerhalb dieses Maximums bei den Frequenzen mit niedrigerem Pegel. Der gesamte Energiezuwachs ergibt sich wieder aus der Fläche zwischen den Kurven 15 und 17. Da bei dem schmalbandigem Signal vorwiegend niedrige Pegel vorliegen, ergibt sich über einen Großteil des Spektrums eine größere Verstärkung als bei dem breitbandigen Signal BB, sodass die Fläche zwischen den Kurven 15 und 17 größer ist als die Fläche zwischen den Kurven 14 und 16. Dies aber bedeutet, dass der Gesamteingangspegel eines schmalbandigen Signals mehr verstärkt wird als der Gesamteingangspegel eines breitbandigen Signals. Damit wird das natürliche Hörempfinden ausgenutzt, denn es wird ein schmalbandiges Signal mehr verstärkt als ein breitbandiges, wobei das schmalbandige verstärkte Signal dann auch nicht lauter empfunden wird als das breitbandige verstärkte Signal.

[0037] Bei der Verwendung langsamer Kompressionszeitkonstanten ergeben sich somit für den Fall der hohen Kompressionsverhältnisse oberhalb der Eingangspiegelschwellen L_S vernachlässigbare Signalverzerrungen. Nach Überschreiten der Eingangspiegelschwellen verhindert ein ausreichend dimensionierter Abstand der resultierenden Ausgangspegel zu den frequenzabhängigen Ausgangspegelgrenzwerten L_G eine Verzerrung sehr lauter Sprachsignale. Nur in einer dynamischen Betrachtung kommt es kurzzeitig während der Einschwingzeit zu Verzerrungen.

[0038] Durch die Verwendung einer frequenzunabhängigen Gesamteingangspegelschwelle erfolgt die eingangsseitige Begrenzung unabhängig von der spektralen Verteilung des Signals. Es werden jedoch unterschiedliche frequenzabhängige Eingangspiegelschwellen L_S ermittelt, die von der aktuellen spektralen Verteilung des Signals abhängig sind.

[0039] Gemäß einer Weiterbildung werden in einem definierten Eingangspiegelintervall 18 unmittelbar unterhalb der frequenzabhängigen Eingangspiegelschwelle L_S nur Kompressionsverhältnisse nahe 1 verwendet. Die applizierten Verstärkungsfaktoren sind damit in diesem Intervall pegelunabhängig (gleicher Abstand der Betriebs-Kompressionskennlinie 10 zu der Mittelsenkrechten 11). Darüber hinaus sollte die Verstärkung in diesem Bereich deutlich abgeschwächt im Vergleich zu den statisch eingestellten Verstärkungsfaktoren bei sehr niedrigen Pegeln sein. Dadurch ergibt sich in Summe, wie oben dargestellt wurde, trotz der identischen breitbandigen Gesamteingangspegelschwelle (=Gesamtpiegelschwellwert) ein höherer Ausgangsschalldruckpegel für schmalbandige Signale als für breitbandige Signale. Die

Lautheit der dadurch begrenzten Ausgangssignale ist somit deutlich besser den psychoakustischen Randbedingungen angeglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verstärken eines Eingangssignals in einer Hörvorrichtung durch

- Vorgeben je einer kanalspezifischen Kompressionskennlinie (12) in mehreren spektral getrennten Verarbeitungskanälen der Hörvorrichtung, die einen Zusammenhang zwischen einem Eingangsspegel (L_E) und einem Ausgangsspegel (L_A) im jeweiligen Verarbeitungskanal der Hörvorrichtung definiert, und
 - Verstärken eines jeweiligen Eingangssignalsanteils der Hörvorrichtung in jedem Verarbeitungskanal in Abhängigkeit von einer kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie (10),

gekennzeichnet durch

- Vorgeben einer kanalspezifischen Eingangsspegelschwelle (L_S) für jeden Verarbeitungskanal,
 - Festlegen der jeweiligen kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie (10) entsprechend der vorgegebenen kanalspezifischen Kompressionskennlinie (12) unterhalb der kanalspezifischen Eingangsspegelschwelle (L_S) und
 - Festlegen eines jeweiligen Verlaufs der kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinie (10) mit einem Kompressionsverhältnis größer 8 oberhalb der kanalspezifischen Eingangsspegelschwelle (L_S).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Eingangsspegel (L_E) jedes kanalspezifischen Eingangssignalsanteils mit einer Zeitkonstante ermittelt wird, die wesentlich größer als 250 ms ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein kanalspezifischer Ausgangspegelgrenzwert (L_G) für jeden Verarbeitungskanal vorgegeben wird und die jeweilige kanalspezifische Betriebs-Kompressionskennlinie (10) einen festen Abstand zu dem kanalspezifischen Ausgangspegelgrenzwert (L_G) nicht unterschreitet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der feste Abstand mindestens 15 dB beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein frequenzunabhängiger Gesamtpegel des alle Eingangssignale umfassenden Ein-

gangssignals gemessen wird, ein Zeitpunkt ermittelt wird, zu dem der gemessene Gesamtpegel einen vorgegebenen Gesamtpegelschwellwert erreicht, für den Zeitpunkt in jedem Verarbeitungskanal die jeweilige kanalspezifische Eingangsspegelschwelle (L_S) entsprechend dem momentanen Pegel des jeweiligen Eingangssignalsanteils festgelegt wird, und die kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinien (10) in allen Verarbeitungskanälen dementsprechend festgelegt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die kanalspezifischen Betriebs-Kompressionskennlinien (10) solange unverändert beibehalten werden, wie der gemessene Gesamteingangsspegel größer oder gleich dem Gesamtpegelschwellwert ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei jede kanalspezifische Betriebs-Kompressionskennlinie (10) der jeweiligen vorgegebenen kanalspezifischen Kompressionskennlinie (12) entspricht, wenn der gemessene Gesamtpegel unter dem Gesamtpegelschwellwert liegt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in jedem Verarbeitungskanal das Kompressionsverhältnis in einem Pegelintervall unmittelbar unterhalb der jeweiligen kanalspezifischen Eingangsspegelschwelle (L_S) nahe 1 liegt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für jede kanalspezifische Eingangsspegelschwelle (L_S) ein minimaler Pegelwert vorgegeben wird.

FIG 1
(Stand der Technik)

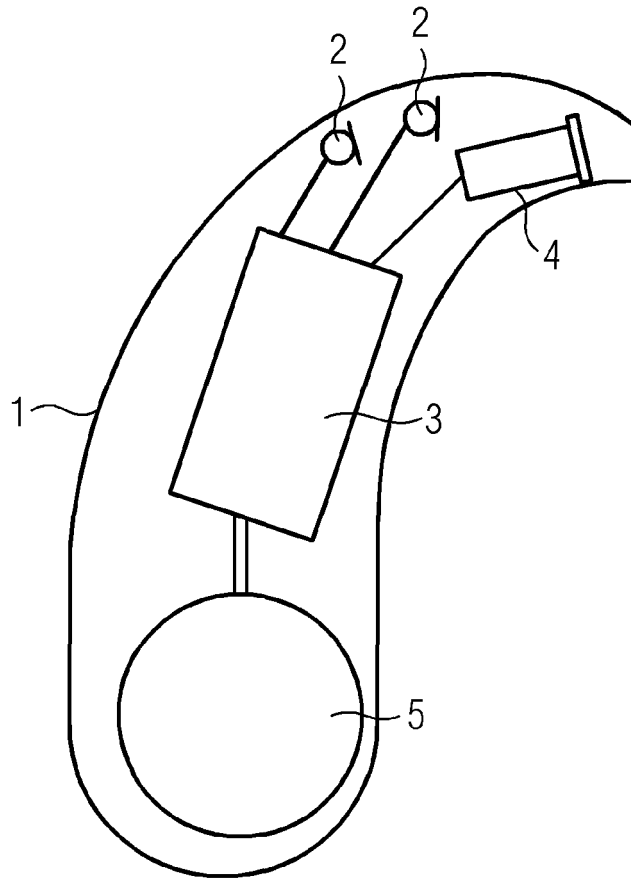


FIG 2

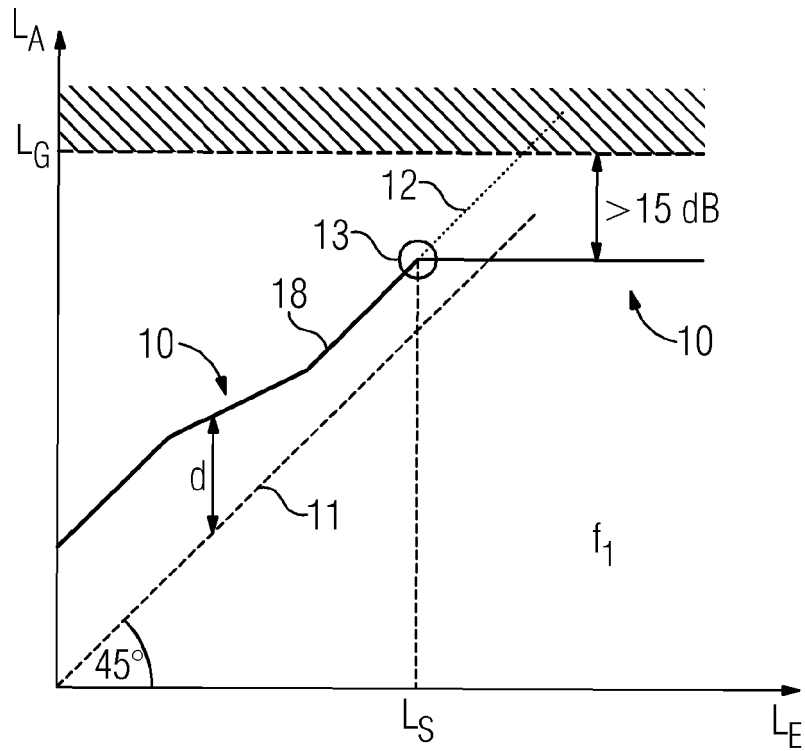


FIG 3

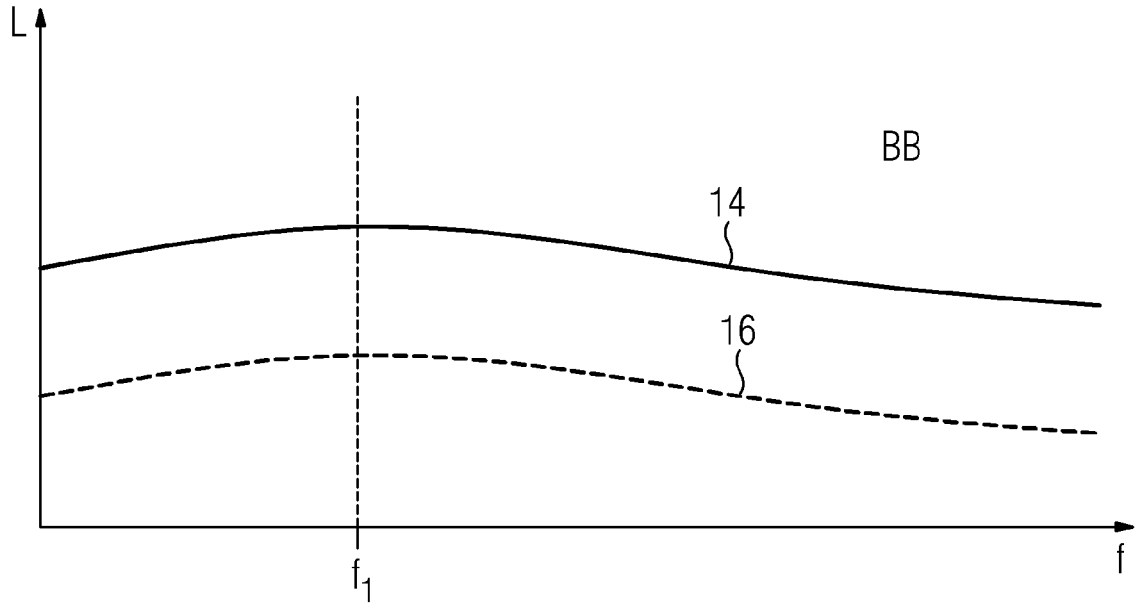
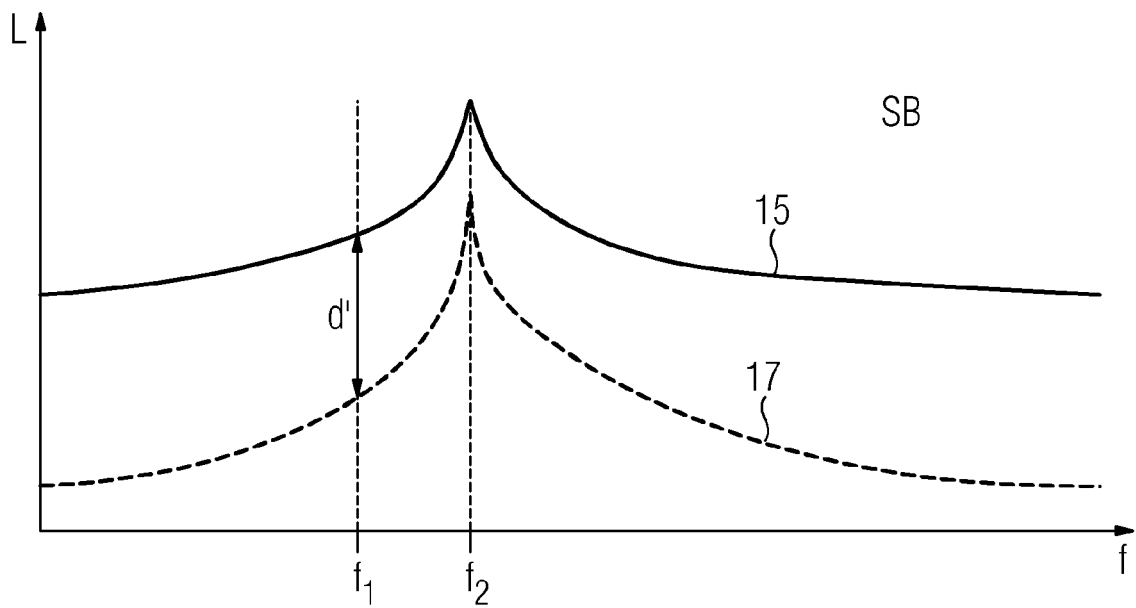


FIG 4



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 Nicht-Patentliteratur

- Hearing aids. **DILLON H.** Turramurra. Boomerang Press, 2001 **[0005]**
- **E. ZWICKER ; H. FASTL.** Psychoacoustics, Facts and Models. Springer, 1999 **[0009]**