(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 453 355 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.09.2004 Patentblatt 2004/36

(51) Int Cl.[7]: **H04R 25/00**

(21) Anmeldenummer: **03405125.0**

(22) Anmeldetag: **26.02.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO

(71) Anmelder: **Bernafon AG**
3018 Bern (CH)

(72) Erfinder: **Schaub, Arthur**
8633 Wolfhausen (CH)

(74) Vertreter: **Frei, Alexandra Sarah**
Frei Patentanwaltsbüro,
Postfach 768
8029 Zürich (CH)

(54) Signalverarbeitung in einem Hörgerät

(57) In einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät, in welchem Koeffizienten eines Filters (6) zur frequenzabhängigen Amplitudenanpassung eines Eingangssignals (X) nach Massgabe dieses Eingangssignals (X) angepasst werden, werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Bestimmen von Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung g_m, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln des Eingangssignals (X) beschreiben,
- Bestimmen von Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung a_m, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von im Eingangssignal detektierten Störgeräuschen beschreiben, und
- Berechnen der Koeffizienten des Filters (6) c_m aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m und den Koeffizienten a_m der Geräuschunterdrückung.

Es wird dabei nur ein einziges steuerbares Filter sowohl zur Kompressionsverstärkung als auch zur Geräuschunterdrückung verwendet und wird eine Verzögerungszeit für die Filterung des Eingangssignals klein gehalten.

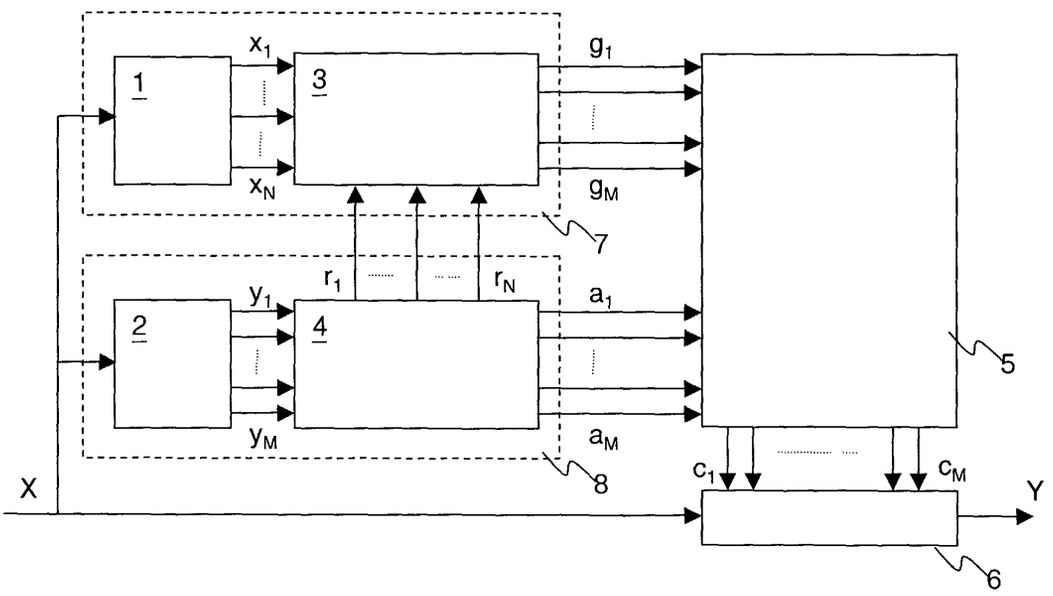


Fig. 1

EP 1 453 355 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche. Die Erfindung eignet sich insbesondere zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit durch Unterdrückung von Störlärm bei Hörhilfen bzw. Hörgeräten.

STAND DER TECHNIK

[0002] Ein gattungsgemässes Verfahren ist beispielsweise aus der EP 1 067 821 A1 bekannt, deren Inhalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird. Darin wird eine Hörhilfe beschrieben, in welcher eine Unterdrückung von Störlärm in einem Eingangssignal in einem Hauptsignalpfad erfolgt, der weder eine Transformation in den Frequenzbereich noch eine Aufteilung in Teilbandsignale, sondern lediglich ein Unterdrückungsfilter aufweist. Eine Übertragungsfunktion des Unterdrückungsfilters wird periodisch neu bestimmt aufgrund von Abschwächungsfaktoren, die in einem parallel zum Hauptsignalpfad liegenden Signalanalysepfad ermittelt werden. Die Abschwächungsfaktoren werden zur Abschwächung von Signalkomponenten in Frequenzbändern mit erheblichem Anteil an Störlärm verwendet. Das Unterdrückungsfilter ist als Transversalfilter realisiert, dessen Impulsantwort periodisch als gewichtete Summe der Impulsantworten von transversalen Bandpassfiltern neu berechnet wird. Auf diese Weise wird eine Verarbeitung mit geringer Signalverzögerung möglich.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0003] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät der eingangs genannten Art zu schaffen, welche eine höhere Qualität und Verständlichkeit des verarbeiteten Signals realisieren.

[0004] Diese Aufgabe lösen eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 10 sowie ein Hörgerät mit den Merkmalen des Patentanspruchs 20.

[0005] Im erfindungsgemässen Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät

- werden Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln des Eingangssignals beschreiben, bestimmt,
- werden Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals nach Massgabe von im Eingangssignal detektierten Störgeräuschen beschreiben, bestimmt, und
- werden Koeffizienten eines Filters zur Filterung des Eingangssignals aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung und den Koeffizienten der Geräuschunterdrückung berechnet..

[0006] Dabei ist mit dem Begriff "Anpassung eines Signals" zusammenfassend sowohl eine Verstärkung als auch eine Abschwächung gemeint.

[0007] Durch die Erfindung wird es möglich, den Amplitudengang des Filters an wechselnde Sprach- und Störsignale sowie an die Bedürfnisse einer schlechthörenden Person anzupassen, wobei eine Verzögerungszeit für die Filterung des Eingangssignals klein gehalten wird.

[0008] Ein weiterer Vorteil ist, dass die Kompressionsverstärkung unterschiedliche Verstärkungswerte für verschiedene Frequenzbereiche des Eingangssignal zulässt.

[0009] Ein weiterer Vorteil ist, dass nur ein einziges steuerbares Filter sowohl zur Kompressionsverstärkung als auch zur Geräuschunterdrückung verwendet wird.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung geschieht die Bestimmung der Koeffizienten der Kompressionsverstärkung in einer ersten Menge von Frequenzbereichen F_n mit n=1..N des Eingangssignals anhand von Signalpegeln oder Amplitudenkomponenten. Ein Signalpegel wird bestimmt aus einem Teilsignal des Eingangssignals, welches durch Filterung des Eingangssignales und Aufteilung in Teilsignale mit Signalkomponenten in jeweils nur einem Frequenzbereich gebildet wird. Die Signalpegel werden iterativ als momentane Effektivwerte einer Signalleistung in den jeweiligen Frequenzbereichen des Eingangssignals bestimmt. Dadurch wird es möglich, die Kompressionsverstärkung mit einer zeitlichen Auflösung nachzuführen, die einer Abtastrate des Eingangssignals entspricht.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung geschieht die Bestimmung der Koeffizienten a_m der Geräuschunterdrückung in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen Φ_m mit m=1..M des Eingangssignals durch Bestimmung von Modulationstiefen d_m und durch Bestimmung der Koeffizienten a_m für jeden der Frequenzbereiche Φ_m nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefe d_m. Dabei werden die Modulationstiefen d_m aus einer zeitlichen Reihenfolge von Maximal- und Minimalwerten eines Signalpegels p_m im jeweiligen Frequenzbereich Φ_m bestimmt. Dadurch wird es möglich, schwach modulierte, das heisst monotone Störgeräusche selektiv herauszufiltern. Zeitkonstanten für die Anpassung der Geräuschunterdrückung liegen vorzugsweise im Bereich von um 50 Millisekun-

den oder darunter.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Frequenzbereiche Φ_m für die Geräuschunterdrückung klein im Vergleich mit den Frequenzbereichen F_n für die Kompressionsverstärkung. Es umfasst also mindestens ein Frequenzbereich F_n zwei oder mehrere Frequenzbereiche Φ_m. Dementsprechend weisen Filter zur Bestimmung von Anteilen des Eingangssignals in den Frequenzbereichen Φ_m eine grössere Signallaufzeit oder Verzögerung auf als Filter für die Frequenzbereiche F_n. Dies ermöglicht eine scharfe Aufteilung des Frequenzbereiches zur Unterdrückung von Störungen und gleichzeitig eine schnelle Anpassung der Kompressionsverstärkung an ein wechselndes Sprachsignal. Eine maximal tolerierbare Verzögerung für die Anpassung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung beträgt 5 Millisekunden, bevorzugt werden Werte unter 2.5 Millisekunden. Erfindungsgemäss sind Werte unter einer Millisekunde erzielbar.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Filter nicht in jedem Abtastintervall exakt an die neu berechneten Koeffizienten nachgeführt. Statt dessen wird es nur gemäss einem oder mehreren geänderten Koeffizienten nachgeführt. Dies erlaubt eine Anpassung mit geringem Rechenaufwand und entsprechend geringem Energieverbrauch. Vorzugsweise geschieht die Anpassung jeweils nur für den oder die Koeffizienten, deren Änderung eine vorgegebene Schwelle überschreiten oder die vergleichsweise gross respektive am grössten ist. Ebenfalls möglich ist eine periodische Änderung je eines oder einiger weniger Koeffizienten oder ein pseudozufälliges Durchlaufen und Anpassen aller Koeffizienten.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Einfluss der Geräuschunterdrückung in der Bestimmung der Koeffizienten für die Kompressionsverstärkung berücksichtigt. Dazu übermittelt ein Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Geräuschunterdrückung einem Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung Korrekturwerte, welche einer durch die Geräuschunterdrückung verursachten Signalabschwächung entsprechen.

[0015] Die erfindungsgemässe Vorrichtung weist die Merkmale des Patentanspruches 10 auf. Ein erfindungsgemässes Hörgerät weist Mittel zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens auf.

[0016] Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor. Dabei sind Merkmale der Verfahrensansprüche sinngemäss mit den Vorrichtungsansprüchen kombinierbar und umgekehrt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, welche in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert.

[0018] Es zeigen:

Figur 1 schematisch eine Struktur der Signalverarbeitung;
Figur 2 ein Blockdiagramm einer Berechnung von Verstärkungswerten; und
Figur 3 ein Blockdiagramm einer Berechnung von Abschwächungswerten und Korrekturgrössen gemäss der Erfindung.

[0019] Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0020] Die Figur 1 zeigt schematisch eine Struktur der Signalverarbeitung in einem erfindungsgemässen Hörgerät. Ein Eingangssignal X wird auf ein steuerbares Filter 6, auf ein Mittel zur Bestimmung einer Kompressionsverstärkung 7 und auf ein Mittel zur Bestimmung einer Geräuschunterdrückung 8 geführt. Das steuerbare Filter 6 ist zur Bildung eines Ausgangssignals Y nach Massgabe von Filterkoeffizienten $c_1..c_M$ ausgebildet.

[0021] Im Mittel zur Bestimmung der Kompressionsverstärkung 7 wird das Eingangssignal X auf eine erste Filtereinheit 1 geführt. Die erste Filtereinheit 1 ist zur Bestimmung von Signalanteilen $x_1..x_N$ des Eingangssignals X in einer ersten Menge von Frequenzbereichen F_n mit n=1..N ausgebildet. In einer Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 werden aus den Signalanteilen $x_1..x_N$ Parameter respektive Koeffizienten oder Anpassungswerte der Kompressionsverstärkung $g_1..g_M$ berechnet. Diese Koeffizienten werden im Hinblick auf die Verstärkungsfunktion des Hörgerätes auch als *Verstärkungswerte* bezeichnet. Es werden aber auch andere Koeffizienten als Verstärkungswerte bezeichnet.

[0022] Im Mittel zur Bestimmung der Geräuschunterdrückung 8 wird das Eingangssignal X auf eine zweite Filtereinheit 2 geführt. Die zweite Filtereinheit 2 ist zur Bestimmung von Signalanteilen $y_1..y_M$ des Eingangssignals X in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen Φ_m mit m=1..M ausgebildet. In einer Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 werden aus den Signalanteilen $y_1..y_M$ Parameter respektive Koeffizienten oder Anpassungswerte der Ge-

räuschunterdrückung $a_1..a_M$ berechnet. Diese Koeffizienten werden im Hinblick auf die damit erzielte Geräuschunterdrückung auch als *Abschwächungswerte* bezeichnet.

[0023] Die Kombinationseinheit 5 kombiniert die Koeffizienten der Kompressionsverstärkung $g_1..g_M$ mit den Koeffizienten der Geräuschunterdrückung $a_1..a_M$ und berechnet daraus kombinierte logarithmischen Verstärkungswerte $c_1..c_M$ als Filterkoeffizienten des steuerbaren Filters 6. Vorzugsweise sind die erwähnten Koeffizienten g_i,a_i und c_i logarithmisch skaliert und wird in der Kombinationseinheit 5 im wesentlichen eine Subtraktion $c_m=g_m-a_m$ mit m=1..M durchgeführt.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung übermittelt die Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 der Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 Korrekturwerte $r_1..r_N$, welche einer durch die Geräuschunterdrückung verursachten jeweiligen Signalabschwächung in den Frequenzbereichen $F_1..F_n$ entsprechen.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die erste Filtereinheit 1 und die zweite Filtereinheit 2 nicht als separate Einheiten implementiert, sondern als kombinierte Filtereinheit. Beispielsweise wird sequentiell eine Filterung mit breiten Frequenzbändern zur Bestimmung der Signalanteile $x_1..x_N$ durchgeführt und werden diese gefilterten Signale zur Bestimmung der Signalanteile $y_1..y_M$ weiter gefiltert.

[0026] Die Erfindung in der gezeigten Ausführungsform funktioniert zusammengefasst wie folgt: Das Eingangssignal wird in drei Signalpfade aufgeteilt, einen Hauptsignalpfad mit einem steuerbaren Filter, einen ersten parallelen Signalanalysepfad für die Kompressionsverstärkung und einen zweiten parallelen Signalanalysepfad für die Geräuschunterdrückung.

[0027] Figur 2 zeigt ein Blockdiagramm einer Berechnung von Verstärkungswerten in der Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3. Für die Kompressionsverstärkung werden Signalpegel in N relativ wenigen Frequenzbereichen berechnet. Figur 2 zeigt die Berechnung für *einen* dieser N Frequenzbereiche, für die übrigen Frequenzbereiche wird dieselbe Struktur verwendet. Von einem Signalanteil x_n in diesem Frequenzbereich wird in einem Block 21 eine Signalleistung gebildet, beispielsweise als laufende Summe von quadrierten Signalwerten. In einem Block 22 wird durch Logarithmierung ein Signalpegel p_n gebildet. Der Begriff Signalpegel bezeichnet hier also den in einem logarithmischen Zahlenbereich, z.B. in dB, ausgedrückten Effektivwert der momentanen Signalleistung im Frequenzbereich F_n. Aus dem Signalpegel p_n wird durch Subtraktion 23 eines Korrekturwertes r_n ein modifizierter Signalpegel p_n' berechnet. Auf die Bestimmung von Korrekturwerten r_n wird weiter unten separat eingegangen. Jedem Frequenzbereich F_n der Kompressionsverstärkung ist mindestens ein Frequenzbereich Φ_m der Geräuschunterdrückung zugeordnet. Für jeden dieser zugeordneten Frequenzbereiche Φ_m (in der Figur 2 sind dies drei, entsprechend Blöcken 24, 24', 24") ist eine eigene Funktion f_m vorgegeben, die aus dem modifizierten Signalpegel p_n' einen Verstärkungswert g_m berechnet, also

$$g_m = f_m(p_n')$$

[0028] Diese Funktionen f_m berücksichtigen einen individuellen Hörverlust und audiologische Erfahrungen. In den Funktionen f_m enthaltene Parameter, Verstärkungswerte oder Hörkorrekturwerte sind vorzugsweise benutzerspezifisch und beispielsweise in einem EPROM des Hörgeräts gespeichert. Die gesamte Anzahl dieser Funktionen f_m und der Verstärkungswerte g_m, also über alle N Frequenzbereiche F_n der Kompressionsverstärkung, ist gleich der Anzahl M der Frequenzbereiche Φ_m der Geräuschunterdrückung.

[0029] Zielt man darauf ab, leise Phoneme, d.h. Konsonanten, in einem Sprachsignal mehr zu verstärken als laute Phoneme, d.h. Vokale, damit für einen Hörbehinderten möglichst alle Phoneme in kontinuierlich gesprochener Sprache gut hörbar werden, dann müssen die Signalpegel p_n so ermittelt werden, dass Unterschiede zwischen leisen und lauten aufeinanderfolgenden Phonemen gut erfasst werden. Darüber hinaus müssen die laufend ermittelten Verstärkungswerte g_m zeitgerecht auf jene Signalabschnitte angewendet werden, in denen sich die zugehörigen Phoneme befinden, d.h. die Verstärkungswerte müssen synchron auf das Audiosignal X einwirken. Eine dermassen schnell, im Rhythmus aufeinanderfolgender Phoneme wirkende, synchrone Kompressionsverstärkung ergibt nur gute Resultate, wenn die Anzahl separater Frequenzbereiche klein gewählt wird, z.B. $N \leq 5$, vorzugsweise $N \leq 3$. Sonst werden für die verschiedenen Phoneme charakteristische spektrale Unterschiede zwischen den Frequenzbereichen zu sehr vermindert und damit die Sprachverständlichkeit beeinträchtigt. Die Kompressionsverstärkung mit wenigen, relativ breiten Frequenzbereichen ist mit geringer Verarbeitungsverzögerung in der Grössenordnung von 1 Millisekunde möglich, was dem Wunsche einer idealerweise verzögerungsfreien Signalverarbeitung nahe kommt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Kompressionsverstärkung für nur ein einziges Frequenzband, also für den gesamten Frequenzbereich des Audiosignals gemeinsam durchgeführt. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung werden dafür zwei Frequenzbänder verwendet, also N=2.

[0030] Die Signalanalyse zur Bestimmung von Signalpegeln in Frequenzbereichen f_n für die Kompressionsverstärkung wird vorzugsweise iterativ durchgeführt, wobei für jeden neuen Wert des Eingangssignals aktuelle Signalpegel bestimmt werden. Dazu werden vorzugsweise rekursive Signalanalyseverfahren verwendet. Beispielsweise wird ite-

rativ der quadratische Mittelwert des Signals x[k] zum k-ten Abtastzeitpunkt als

$$s[k] = s[k-1] + \varepsilon \cdot (x^2[k] - s[k-1]),$$

berechnet, wobei $0 < \varepsilon << 1$ gewählt wird.

[0031] Ein entsprechender Signalpegelwert, z.B. in dB, ergibt sich dann zu

$$p[k] = 10*\log10(s[k])$$

[0032] Bei der Geräuschunterdrückung geht es darum, Teilsignale in Frequenzbereichen des Audiosignals abzuschwächen, in denen sich hauptsächlich nur monotone Störgeräusche befinden. Dazu werden zunächst in M separaten Frequenzbereichen Φ_m Differenzen zwischen zeitlich aufeinanderfolgenden Maximal- und Minimalwerten der Signalpegel p_m, sogenannte Modulationstiefen d_m, ermittelt, wobei m = 1, ..., M gilt.

[0033] Für die Geräuschunterdrückung ist eine iterative Bestimmung der Signalpegel im Takte der Abtastrate des Eingangssignals nicht notwendig. Zum Einsparen von Rechenoperationen wird daher vorzugsweise mit reduzierten Abtastraten gearbeitet. Dabei wird der Signalpegel p_m segmentweise für Segmente einer Länge von ca. 20-30 ms als momentaner Effektivwert der Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich Φ_m gebildet. Damit kann die Geräuschunterdrückung mit einer zeitlichen Auflösung p_m beispielsweise unter 50 ms nachgeführt werden.

[0034] Zu Bestimmung von Maximal- und Minimalwerten werden separate Schätzwertfunktionen nachgeführt: Dazu wird in jedem Abtastintervall ein gespeicherter Maximalwert entweder um ein kleines Inkrement linear oder gemäss einer Exponentialfunktion verringert, oder es wird der aktuelle Pegelwert übernommen, falls er diesen verringerten Maximalwert übertrifft. Sinngemäss wird der Minimalwert in jedem Abtastintervall um ein kleines Inkrement angehoben oder es wird der aktuelle Pegelwert übernommen, falls er den angehobenen Minimalwert unterschreitet. Die Modulationstiefe ergibt sich als Differenz zwischen diesen beiden Schätzwertgrössen. Eine kleine Modulationstiefe entsteht also bei gleichbleibender Signalenergie. Um sprunghafte Änderungen der Modulationstiefe zu vermeiden, werden die so ermittelten Differenzwerte vorzugsweise noch einer Glättung unterzogen. Durch entsprechende Wahl der erwähnten Inkremente klingen die Extrema mit Zeitkonstanten im Bereich von einigen wenige Sekunden ab.

[0035] Für Sprache in ruhiger akustischer Umgebung nimmt die Modulationstiefe Werte von 30 dB und mehr an. Im Verkehrslärm wird der tiefe Frequenzbereich bis etwa 500 Hz oft von monotonem Störgeräusch dominiert, so dass selbst bei Vorhandensein von Sprachsignalen die Modulationstiefe in diesem Frequenzbereich bis nahe auf 0 dB sinkt. Andere Störgeräusche wiederum überdecken das Sprachsignal eher in höheren Frequenzbereichen. Vorzugsweise werden Teilsignale in Frequenzbereichen Φ_m abgeschwächt, in denen die Modulationstiefe d_m unter einen kritischen Wert von z.B. 15 dB fällt, wobei das Ausmass der Abschwächung a_m monoton und beispielsweise linear mit kleiner werdender Modulationstiefe zunimmt.

[0036] Für eine möglichst genaue Erfassung und Trennung von Frequenzbereichen mit unterschiedlicher Modulationstiefe ist eine grosse Anzahl separater Frequenzbereiche vorteilhaft, z.B. M = 20. Für die Signalverarbeitung in so vielen schmalen Frequenzbereichen ergibt sich zwangsläufig eine lange zeitliche Verzögerung in der Grössenordnung von 10 ms, die jedoch mit einem allmählichen Abschwächen und gelegentlichen Anheben der Teilsignale in diesen Frequenzbereichen gut verträglich ist.

[0037] Die Verstärkungswerte g_m der Kompressionsverstärkung 3 und die Abschwächungswerte a_m der Geräuschunterdrückung 4 werden pro Frequenzbereich kombiniert und als Steuergrössen c_m dem steuerbaren Filter 6 im Hauptsignalpfad zugeführt. Die Übertragungsfunktion des steuerbaren Filters wird bei Bedarf in jedem Abtastintervall des Eingangssignals frequenzspezifisch in einem oder einigen wenigen Frequenzbereichen nachgeführt und in allen andern Frequenzbereichen unverändert belassen.

[0038] Für den kombinierten Einsatz von Kompressionsverstärkung und Geräuschunterdrückung besteht die Möglichkeit, eine Signalanalyse in relativ vielen Frequenzbereichen Φ_m vorzunehmen, so wie es für die Geräuschunterdrückung sinnvoll ist, und danach die Ergebnisse in geeigneter Weise bezüglich der für die Kompressionsverstärkung relevanten wenigen Frequenzbereiche F_n zusammenzufassen. Der Nachteil eines solchen sequentiellen Vorgehens besteht darin, dass sich für die gesamte Signalverarbeitung eine lange Signalverzögerung in der Grössenordnung von 10 ms ergibt. Vom rechnerischen Aufwand her scheinen für eine solche Realisierung insbesondere die Schnelle Fouriertransformation und die inverse Schnelle Fouriertransformation attraktiv. Dabei wird das Audiosignal nacheinander in einzelnen Segmenten mit einer Dauer von ca. 10 ms in den Frequenzbereich transformiert, analysiert und modifiziert, und anschliessend in den Zeitbereich zurück transformiert. Durch den Einsatz der segmentweisen Signalverarbeitung ergeben sich jedoch folgende weitere Nachteile: Die Signalpegel p_n werden als Mittelwerte in einem Segment berechnet, wodurch ein ausgeprägter Signalanstieg zu einem bestimmten Zeitpunkt nur mit der zeitlichen Auflösung eines Verarbeitungssegmentes erfasst wird. Auch die Bestimmung der einzelnen Verstärkungswerte und damit der gesamten

Übertragungsfunktion erfolgt bloss im Takt der aufeinanderfolgenden Segmente.

[0039] Vorzugsweise wird deshalb die Filterung des Eingangssignals X aufgrund einer getrennten und parallel verlaufenden Signalanalyse für die Geräuschunterdrückung wie auch für die Kompressionsverstärkung durchgeführt. Dabei werden die notgedrungen verzögert erhaltenen Koeffizienten a_m zur Geräuschunterdrückung mit schneller erhaltenen Koeffizienten g_m zur Kompressionsverstärkung kombiniert, und werden mehrere der Koeffizienten g_m mit unterschiedlichen Funktionen f_m anhand desselben, optional modifizierten, Signalpegels $p_n'=p_n-r_n$ eines Frequenzbereiches F_n zur Kompressionsverstärkung bestimmt.

[0040] Die kombinierte und parallele Verarbeitung geschieht im Einzelnen wie folgt: Im untersten Signalpfad durchläuft das Audiosignal ein steuerbares Filter 6, das die benötigten frequenzabhängigen Signalmodifikationen vornimmt. Die beiden oberen Signalpfade beinhalten je eine Filtereinheit, welche das Audiosignal in Teilsignale separater Frequenzbereiche aufteilen. Die erste Filtereinheit 1 bewirkt eine Signalaufteilung in nur wenige, N breite Frequenzbereiche F_n, was mit geringer Signalverzögerung durchführbar ist. Die zweite Filtereinheit 2 bewirkt eine Signalaufteilung in viele, M schmale Frequenzbereiche Φ_m, was eine lange Verzögerungszeit nach sich zieht. Dabei werden die Frequenzbereiche vorzugsweise so gewählt, dass jeder Frequenzbereich Φ_m Teilbereich eines Frequenzbereiches F_n ist. Die Frequenzbereiche zu Kompressionsverstärkung F_n überdecken zusammen vorzugsweise denselben Frequenzbereich wie die Frequenzbereiche zur Geräuschunterdrückung Φ_m. Ein Frequenzbereich zur Kompressionsverstärkung überdeckt jeweils mehrere Frequenzbereiche zur Geräuschunterdrückung. Verhältnisse zwischen den Breiten von Frequenzbereichen und zwischen der Aufteilung von Frequenzbereichen sind vorzugsweise zumindest annähernd logarithmisch.

[0041] Ein typischer Frequenzbereich für das Eingangssignal ist: 0 bis 10 kHz. Dieser wird beispielsweise in die folgenden Frequenzbereiche für die Kompressionsverstärkung und Geräuschunterdrückung unterteilt:

Kompressionsverstärkung (Hz)	Geräuschunterdrückung (Hz)
0 bis 1250	0 bis 312.5
	312.5 bis 625
	625 bis 937.5
	937.5 bis 1250
1250 bis 2500	1250 bis 1562.5
	1562.5 bis 1875
	1875 bis 2187.5
	2187.5 bis 2500
2500 bis 10000	2500 bis 3125
	3125 bis 3750
	3750 bis 4375
	4375 bis 5000
	50000 bis 6250
	6250 bis 7500
	7500 bis 10000

[0042] Dabei beträgt die Abtastrate beispielsweise 20 kHz und dementsprechend die Nutzbandbreite die Hälfte, also 10 kHz. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung betragen diese Werte 16 kHz respektive 8 kHz.

[0043] In der Signalanalyse zur Geräuschunterdrückung erfolgt für jeden der M Frequenzbereiche Φ_m eine Bestimmung des zugeordneten Signalpegels p_m, der Modulationstiefe d_m und des Abschwächungswertes a_m, wobei letzterer vorteilhafterweise in einem logarithmischen Zahlenbereich ausgedrückt wird. Die Bestimmung der Modulationstiefe d_m erfolgt wie oben beschrieben nach Massgabe d.h. als Funktion des zeitlichen Verlaufs des entsprechenden Signalpegels p_m, und die Bestimmung der Koeffizienten a_m nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefen d_m. Die zweite Filtereinheit 2 und ein Teil der Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 bilden also ein Mittel zur Bestimmung von diesen Grössen p_m, d_m und a_m in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen des Eingangssignals X.

[0044] In der Signalanalyse zur Kompressionsverstärkung wird in jedem der N Frequenzbereiche F_n der Signalpegel p_n bestimmt und zwar so, dass jeder Signalwert des Teilsignals $x_n[k]$ zu einer Aktualisierung des Signalpegels beiträgt, was zu einer höheren zeitlichen Auflösung führt als bei der blossen Bestimmung eines segmentweisen Mittelwertes.

[0045] Die erste Filtereinheit 1 und ein Teil der Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 bilden also ein Mittel zur Bestimmung von Signalpegeln in einer ersten Menge von Frequenzbereichen des Eingangssignals X. Danach werden für alle M Frequenzbereiche Φ_m Verstärkungswerte

$$g_m = f_m(p_n')$$

bestimmt, wobei jeder modifizierte Signalpegel p_n', also die um die Korrekturwerte $r_1..r_N$ verringerten Pegel, zur Bestimmung der Verstärkungswerte in all jenen Frequenzbereichen Φ_m benützt wird, die zusammengefügt den Frequenzbereich F_n ergeben. Die Korrekturwerte r_n berücksichtigen eine etwaige Abschwächung der Signalleistungen infolge der Geräuschunterdrückung.

[0046] Jeder der Verstärkungswerte g_m mit m = 1..M ist also einem Frequenzbereich Φ_m zugeordnet. Mit der Festlegung von M verschiedenen Verstärkungswerten für die schmalen Frequenzbereiche Φ_m ist die Kompressionsverstärkung in der erfindungsgemäss kombinierten Signalverarbeitung zugleich auch mit einer wesentlich flexibleren Übertragungsfunktion, also mit M statt nur N Funktionen f_m, realisierbar, als wenn bloss ein Verstärkungswert für jeden breiten Frequenzbereich F_n festgelegt würde. Die Verstärkungswerte g_m werden wiederum vorzugsweise in einem logarithmischen Zahlenbereich ausgedrückt. Die Funktionen f_m legen frequenzspezifisch in Abhängigkeit des Signalpegels eine gewünschte frequenzspezifische Verstärkung nach audiologischen Prinzipien fest.

[0047] Die M Verstärkungs- und Abschwächungswerte gelangen zur Kombination 5 von Verstärkungen und Abschwächungen, wo sie in jedem Frequenzbereich Φ_m separat kombiniert werden, was bei Verwendung eines logarithmischen Zahlenbereichs durch einfache Subtraktion erfolgt:

$c_m = g_m - a_m$.

[0048] Die M kombinierten logarithmischen Verstärkungswerte c_m gelangen zum steuerbaren Filter 6, wo sie in lineare Verstärkungswerte γ_m transformiert werden. Das steuerbare Filter 6 mit Übertragungsfunktion H(z) lässt sich aus M parallelen Filtern zusammensetzen, deren Übertragungsfunktionen $H_m(z)$ jeweils nur im Frequenzbereich Φ_m eine Durchlass- und in allen andern Frequenzbereichen eine Sperrcharakteristik aufweisen und zur Erreichung der gewünschten frequenzabhängigen Modifikation des Audiosignals X je mit dem linearen Verstärkungswert γ_m multipliziert werden

$$H(z) = \gamma_1 \cdot H_1(z) + \gamma_2 \cdot H_2(z) + ... + \gamma_M \cdot H_M(z).$$

[0049] Für eine Aktualisierung des steuerbaren Filters 6 im Takt der Abtastrate des Audiosignals X ist diese elementare Beziehung nicht geeignet, weil der Rechenaufwand und die damit verbundene Leistungsaufnahme einer integrierten Schaltung viel zu gross wären. Sie eignet sich bloss für eine segmentweise Nachführung, was aber wegen der reduzierten zeitlichen Auflösung in der hier beispielhaft gezeigten Ausführung nicht optimal ist.

[0050] Um eine bessere zeitliche Auflösung zu erreichen, wird die Übertragungsfunktion H(z) des steuerbaren Filters 6 vorzugsweise in jedem Abtastintervall k iterativ aktualisiert gemäss

$$H(z)\,[k] = H(z)\,[k - 1] + \delta H(z)\,[k],$$

wobei die Grösse $\delta H(z)[k]$ für die exakte Aktualisierung des steuerbaren Filters 6 in einem oder allenfalls einigen wenigen Frequenzbereichen Φ_m steht. Im Falle der Aktualisierung in einem einzigen Frequenzbereich Φ_m gilt folglich

$$\delta H(z)[k] = (\gamma_m[k] - \gamma_m[\kappa_m]) \cdot H_m(z),$$

wobei κ_m jenes Abtastintervall bezeichnet, in dem der Frequenzbereich Φ_m das letzte Mal aktualisiert wurde. Es werden also in den vorgegebenen regelmässigen Abtastrespektive Zeitintervallen, vorzugsweise mit der Abtastrate des Eingangssignals, nicht alle, sondern nur ausgewählte Koeffizienten angepasst, vorzugsweise genau einer.

[0051] Für die Wahl des oder der in einem bestimmten Abtastintervall zu aktualisierenden Frequenzbereiche Φ_m bieten sich grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten an. Es kann z.B. jeweils jener Frequenzbereich Φ_m aktualisiert werden, für den $|c_m[k]-c_m[\kappa_m]|$ maximal ist oder jene Frequenzbereiche Φ_m, in denen diese Grössen einen bestimmten Schwellwert, z.B. 1 dB, überschreiten. Eine wiederum andere Möglichkeit besteht darin, dass m einfach immer wieder von neuem alle Werte von 1 bis M systematisch oder pseudozufällig durchläuft.

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird mittels der Korrekturwerte $r_1..r_n$ der folgende Sachverhalt berücksichtigt: Die Geräuschunterdrückung ermittelt Abschwächungswerte, die nur von den Modulationstiefen,

jedoch nicht von den Signalpegeln selbst abhängen, wie es für Normalhörende richtig ist. Hörbehinderte, deren subjektive Empfindung der Lautheit jedoch im allgemeinen in nichtlinearer Weise mit dem Signalpegel anwächst, werden folglich eine Signalabschwächung um einen festen Wert a_m je nach Signalpegel als unterschiedlich ausgeprägt wahrnehmen. In einer seriellen Verarbeitung, also bei einer Geräuschunterdrückung mit daran anschliessender Kompressionsverstärkung, würde dieser Effekt automatisch korrigiert. Da hier aber eine parallele Verarbeitung stattfindet, werden die Korrekturwerte $r_1..r_n$ von der Geräuschunterdrückung an die Kompressionsverstärkung übermittelt, um diese Korrektur vorzunehmen. Es werden also in der Signalanalyse zur Geräuschunterdrückung abschwächungsbedingte Korrekturwerte r_n für die N Signalpegel der Kompressionsverstärkung bestimmt und die Berechnung der Verstärkungswerte erfolgt mit Signalpegeln, die um diese Korrekturwerte vermindert sind. Es wird also die Kompressionsverstärkung nach Massgabe der Geräuschunterdrückung korrigiert. Damit wird erreicht, dass die mittels Geräuschunterdrückung für den Normalhörenden optimal aufbereiteten Signale individuell richtig in den Hörbereich eines jeden Hörbehinderten abgebildet werden.

[0053] Konkret bedeutet dies, dass für jeden Frequenzbereich Φ_m zusätzlich zur bereits vorhandenen Signalleistung s[k] auch noch eine infolge der frequenzspezifischen Geräuschunterdrückung reduzierte Signalleistung u[k] berechnet wird. Für die in einem Frequenzbereich F_n enthaltenen Frequenzbereiche Φ_m werden die s[k] und die u[k] separat addiert. Aus dem logarithmischen Verhältnis der beiden Summen wird die bezüglich F_n gültige logarithmische Korrekturgrösse r_n erhalten.

[0054] Figur 3 zeigt ein Blockdiagramm für eine entsprechende Signalverarbeitung, wie sie in der Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 zur Bestimmung der Korrekturgrössen r_n stattfindet. Es ist ein Fall dargestellt, wo drei Frequenzbereiche Φ_m der Geräuschunterdrückung in einem Frequenzbereich der Kompressionsverstärkung enthalten sind. In einem Block 31 wird in bekannter Weise eine Signalleistung s[k] auf Signalpfad 38 bestimmt und daraus in Block 32 ein Signalpegel, und aus diesem in Block 33 eine Modulationstiefe d_m und daraus in Block 34 ein Abschwächungswert a_m. In Block 35 wird der logarithmische Abschwächungswert a_m linear skaliert und durch Multiplikation mit der Signalleistung s[k] wird die reduzierte Signalleistung u[k] auf Signalpfad 36 berechnet.

[0055] Die reduzierte Signalleistung u[k] wird für jeden der drei Frequenzbereiche, also für y_m, y_{m+1}, y_{m+2} parallel berechnet und in Knoten 37 summiert. Sie Signalleistungen s[k] der drei Frequenzbereiche wird im Summationspunkt 39 summiert. Die Summen werden in den Blöcken 40 respektive 41 logarithmisch skaliert und in der Subtraktion 41 wird als Differenz der Korrekturwert r_n gebildet.

[0056] Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist bevorzugt zumindest teilweise als analoge Schaltung oder mikroprozessorbasiert oder unter Verwendung von applikationsspezifischen integrierten Schaltungen oder mit einer Kombination dieser Techniken implementiert.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0057]

1	erste Filtereinheit
2	zweite Filtereinheit
3	Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung
4	Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung
5	Kombinationseinheit
6	steuerbares Filter
7	Mittel zur Bestimmung einer Kompressionsverstärkung
8	Mittel zur Bestimmung einer Geräuschunterdrückung
X	Eingangssignal
Y	Ausgangssignal
21	Leistungsbildung
22	Pegelberechnung, logarithmische Skalierung
23	Subtraktion
24, 24', 24"	Verstärkungsfunktion
31	Leistungsbildung
32, 40, 41	Pegelberechnung, logarithmische Skalierung
33	Modulationstiefenbestimmung
34	Abschwächungswertbestimmung
35	lineare Skalierung
36	reduzierte Signalleistung u[k]
37,39	Summation
38	Signalleistung s[k]

42 Subtraktion

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät, aufweisend ein Filter (6) zur frequenzabhängigen Amplitudenanpassung eines Eingangssignals (X) und Mittel zur Anpassung von Koeffizienten dieses Filters (6) nach Massgabe des Eingangssignals (X),
dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung aufweist
ein Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung g_m welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln x_n des Eingangssignals (X) beschreiben,
ein Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung a_m, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von im Eingangssignal (X) detektierten Störgeräuschen beschreiben,
wobei das Mittel zur Anpassung von Koeffizienten des Filters (6) diese Koeffizienten aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m und den Koeffizienten der Geräuschunterdrückung a_m ermittelt.

2. Vorrichtung gemäss Anspruch 1, wobei das Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m aufweist ein Mittel zur Bestimmung von Signalpegeln p_n in einer ersten Menge von Frequenzbereichen F_n mit n=1..N des Eingangssignals (X) und ein Mittel zur Bestimmung der Koeffizienten g_m zur Kompressionsverstärkung für jeden einer zweiten Menge von Frequenzbereichen Φ_m mit m=1..M des Eingangssignals (X) als Funktion eines dem Frequenzbereich Φ_m zugeordneten optional modifizierten Signalpegels p_n.

3. Vorrichtung gemäss Anspruch 2, wobei das Mittel zur Bestimmung von Signalpegeln p_n diese iterativ als momentane Effektivwerte einer Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich F_n bildet.

4. Vorrichtung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Geräuschunterdrückung a_m aufweist Mittel zur Bestimmung von Modulationstiefen d_m in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen Φ_m mit m=1..M des Eingangssignals (X) und ein Mittel zur Bestimmung der Koeffizienten a_m zur Geräuschunterdrückung für jeden der Frequenzbereiche Φ_m des Eingangssignals (X) nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefen d_m.

5. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei N < M ist und mindestens einer der Frequenzbereiche F_n zur Kompressionsverstärkung mindestens zwei der Frequenzbereiche Φ_m zur Geräuschunterdrückung umfasst.

6. Vorrichtung gemäss Anspruch 5, wobei die Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 dazu ausgebildet ist, jeden Koeffizienten g_m zur Kompressionsverstärkung jeweils als $g_m = f_m(p_n)$ zu bestimmen, wobei p_n der optional modifizierte Signalpegel desjenigen Frequenzbereiches F_n zur Kompressionsverstärkung ist, der den Frequenzbereich Φ_m zur Geräuschunterdrückung umfasst, und f_m eine von M Funktionen ist, die in ihrer Gesamtheit eine frequenzabhängige Kompressionsverstärkung bestimmen.

7. Vorrichtung gemäss Anspruch 6, wobei die miteinander kombinierten Koeffizienten a_m und g_m logarithmisch skaliert sind und ihre Kombination durch Subtraktion einen kombinierten logarithmischen Verstärkungswert $c_m = g_m - a_m$ bildet.

8. Vorrichtung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Mittel zur Anpassung von Koeffizienten des Filters (6) dazu ausgebildet ist, in vorgegebenen Zeitintervallen nicht alle, sondern nur ausgewählte Koeffizienten anzupassen.

9. Vorrichtung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, aufweisend Mittel (23,35,36,37,38,39,40,41,42) zur Korrektur der Kompressionsverstärkung (3) durch Modifikation der Signalpegel p_n nach Massgabe der Geräuschunterdrückung.

10. Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät, in welchem Koeffizienten eines Filters (6) zur frequenzabhängigen Amplitudenanpassung eines Eingangssignals (X) nach Massgabe dieses Eingangssignals (X) angepasst werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Bestimmen von Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung g_m, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln des Eingangssignals (X) beschreiben,
- Bestimmen von Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung a_m, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von im Eingangssignal detektierten Störgeräuschen beschreiben, und
- Berechnen der Koeffizienten des Filters (6) aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m und den Koeffizienten a_m der Geräuschunterdrückung.

11. Verfahren gemäss Anspruch 10, wobei zur Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m in einer ersten Menge von Frequenzbereichen F_n jeweils zugeordnete Signalpegel p_n mit n=1..N des Eingangssignals (X) bestimmt werden, und die Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m für jeden einer zweiten Menge von Frequenzbereichen Φ_m mit m=1..M des Eingangssignals (X) als Funktion eines dem Frequenzbereich Φ_m zugeordneten Signalpegels p_n bestimmt werden.

12. Verfahren gemäss Anspruch 11, wobei ein Signalpegel p_n jeweils iterativ als momentaner Effektivwert einer Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich F_n berechnet wird.

13. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 10 bis 11, wobei zur Bestimmung von Koeffizienten der Geräuschunterdrückung a_m in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen Φ_m mit m=1..M des Eingangssignals (X) Modulationstiefen d_m bestimmt werden und die Koeffizienten a_m für jeden der Frequenzbereiche Φ_m nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefe d_m bestimmt werden, wobei die Modulationstiefen d_m aus einer zeitlichen Reihenfolge von Maximalund Minimalwerten eines Signalpegels p_m im jeweiligen Frequenzbereich Φ_m bestimmt werden, und der Signalpegel p_m in einem Frequenzbereich Φ_m als Effektivwert der Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich Φ_m gebildet wird.

14. Verfahren gemäss Anspruch 13, wobei für jede Modulationstiefe d_m, die einen vorgegebenen Wert übersteigt, der zugeordnete Koeffizient a_m null ist, und für Werte der Modulationstiefe d_m unterhalb des vorgegebenen Wertes mit abnehmender Modulationstiefe d_m der Koeffizient a_m monoton wächst.

15. Verfahren gemäss Anspruch 10-14, wobei mindestens einer der Frequenzbereiche F_n zur Kompressionsverstärkung mindestens zwei der Frequenzbereiche Φ_m zur Geräuschunterdrückung umfasst, und jeder Koeffizient g_m zur Kompressionsverstärkung jeweils als $g_m = f_m(p_n)$ bestimmt wird, wobei p_n der Signalpegel desjenigen Frequenzbereiches F_n zur Kompressionsverstärkung ist, der den Frequenzbereich Φ_m zur Geräuschunterdrückung umfasst, und f_m eine von M Funktionen ist, die in ihrer Gesamtheit eine frequenzabhängige Kompressionsverstärkung bestimmen, und wobei die Koeffizienten a_m und g_m logarithmisch skaliert sind und ihre Kombination durch Subtraktion einen kombinierten logarithmischen Verstärkungswert $c_m = g_m - a_m$ bildet.

16. Verfahren gemäss Anspruch 10-15, wobei die Koeffizienten des Filters (6) in regelmässigen Zeitabständen aufdatiert werden, bei jedem Aufdatieren aber nicht alle, sondern nur wenige der Koeffizienten aufdatiert werden, insbesondere nur jene Koeffizienten, deren Änderung am grössten ist oder einen vorgegebenen Wert überschreitet.

17. Verfahren gemäss Anspruch 16, wobei die kombinierten Koeffizienten des Filters (6) c_m im Filter (6) in lineare Werte γ_m transformiert werden und eine iterative, frequenzspezifische Aktualisierung einer Übertragungsfunktion des Filters (6) gemäss $H(z)[k] = H(z)[k - 1] + \Sigma_m (\gamma_m[k] - \gamma_m[\kappa_m]) \cdot H_m(z)$ erfolgt, wobei $H_m(z)$ nur im Frequenzbereich Φ_m Durchlass- und sonst Sperrcharakteristik aufweist, κ_m ein Abtastintervall bezeichnet, in dem die Übertragungsfunktion für den Frequenzbereich Φ_m zum letzten Mal aktualisiert wurde, und eine Summation Σ_m in einem Abtastintervall k jeweils nur einen oder einige wenige der insgesamt M Frequenzbereiche umfasst.

18. Verfahren gemäss Anspruch 10-17, wobei die Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung g_m unter Berücksichtigung der Werte der Koeffizienten der Geräuschunterdrückung a_m geschieht.

19. Verfahren gemäss Anspruch 18, wobei die Koeffizienten der Kompressionsverstärkung aus modifizierten Signalpegeln p_n' anstelle der Signalpegel p_n bestimmt werden, wobei $p_n' = p_n - r_n$ ist, und r_n logarithmisch skalierte Korrekturwerte sind, die einer durch die Geräuschunterdrückung verursachten Signalabschwächung entsprechen.

20. Hörgerät, aufweisend Mittel zur Ausführung des Verfahrens gemäss einem der Ansprüche 10 bis 19.

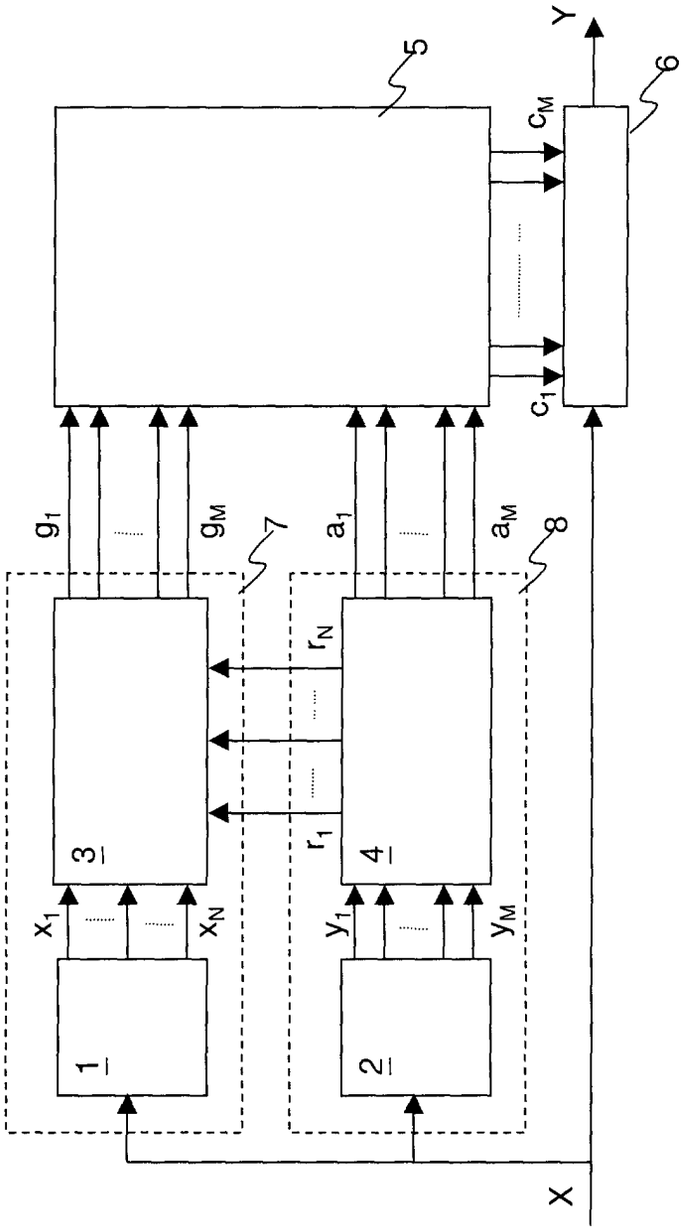


Fig. 1

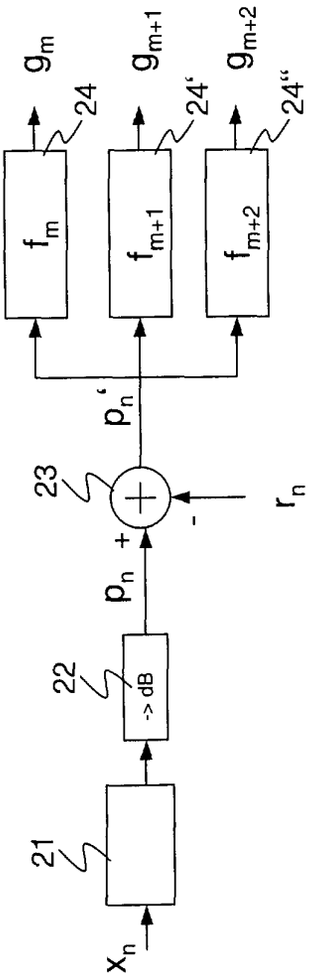

x_n
21
22
-> dB
p_n
+
23
-
r_n
p_n'
f_m
f_{m+1}
f_{m+2}
24
24'
24"
g_m
g_{m+1}
g_{m+2}

Fig. 2

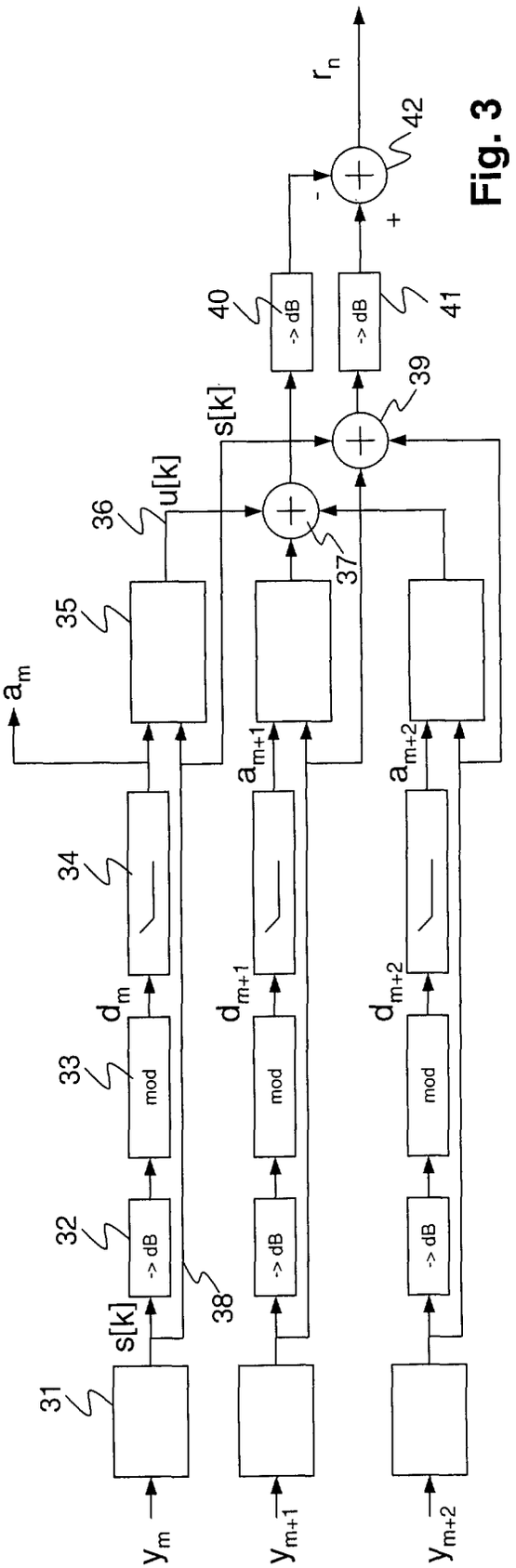

y_m
y_{m+1}
y_{m+2}
31
s[k]
32
-> dB
33
mod
d_m
d_{m+1}
d_{m+2}
34
35
a_m
a_{m+1}
a_{m+2}
36
u[k]
37
38
39
s[k]
40
-> dB
41
-> dB
42
-
+
r_n

Fig. 3

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 40 5125

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A,D	EP 1 067 821 A (BERNAFON AG) 10. Januar 2001 (2001-01-10) * Seite 3, Zeile 31 - Zeile 46; Abbildung *	1-20	H04R25/00
A	EP 1 191 813 A (TOEPHOLM & WESTERMANN) 27. März 2002 (2002-03-27) * Seite 3, Zeile 12 - Seite 4, Zeile 17; Abbildungen *	1-20	
A	WO 99 51059 A (AUDIOLOGIC HEARING SYS LP) 7. Oktober 1999 (1999-10-07) * Seite 2, Zeile 26 - Zeile 33; Abbildungen *	1-20	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)

H04R

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	20. Februar 2004	Gastaldi, G

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 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 03 40 5125

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.

20-02-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1067821 A	10-01-2001	AU 4508300 A	11-01-2001
		EP 1067821 A2	10-01-2001
		US 6580798 B1	17-06-2003
EP 1191813 A	27-03-2002	EP 1191813 A1	27-03-2002
		AU 8959201 A	02-04-2002
		CA 2417803 A1	28-03-2002
		WO 0225996 A1	28-03-2002
		EP 1191814 A1	27-03-2002
		US 2002057814 A1	16-05-2002
WO 9951059 A	07-10-1999	US 2002094100 A1	18-07-2002
		AU 3207599 A	18-10-1999
		EP 1068773 A1	17-01-2001
		WO 9951059 A1	07-10-1999

EPO FORM P0461

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