

(19)



(11)

EP 2 437 258 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.11.2015 Patentblatt 2015/46

(51) Int Cl.:
G10L 21/00 ^(2013.01) **H04R 25/00** ^(2006.01)
G10L 19/02 ^(2013.01)

(21) Anmeldenummer: **11183051.9**

(22) Anmeldetag: **28.09.2011**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Frequenzkompression mit selektiver Frequenzverschiebung**

Method and device for frequency compression with selective frequency shifting

Procédé et dispositif de compression de fréquence à décalage de fréquence sélectif

(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**

(30) Priorität: **29.09.2010 DE 102010041653**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.04.2012 Patentblatt 2012/14

(73) Patentinhaber: **Sivantos Pte. Ltd.
Singapore 139959 (SG)**

(72) Erfinder:
• **Bäumli, Robert
90542 Eckental (DE)**

• **Kornagel, Ulrich
91052 Erlangen (DE)**
• **Pilgrim, Thomas
91052 Erlangen (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A2- 1 333 700 WO-A1-2005/015952
WO-A1-2007/000161**

EP 2 437 258 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Frequenzkompression eines Audiosignals durch Bereitstellen des Audiosignals in mehreren Frequenzkanälen und Verschieben oder Abbilden eines Anteils des Audiosignals von einem ersten Frequenzkanal der mehreren Frequenzkanäle in einen zweiten Frequenzkanal der mehreren Frequenzkanäle. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zur Frequenzkompression eines Audiosignals mit einer Verschiebeeinrichtung zum Verschieben oder Abbilden eines Anteils des Audiosignals. Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auch auf eine Höreinrichtung mit einer derartigen Vorrichtung. Unter einer Höreinrichtung wird hier jedes im oder am Ohr tragbare, schallausgebende Gerät verstanden, wie beispielsweise 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] Bei Hörgeräten kennt man im Wesentlichen zwei gängige Verfahren, um die Sprachverständlichkeit zu erhöhen. In den meisten Geräten wird, im Allgemeinen mittels AGC (Automatic Gain Control), ein frequenzabhängiger Pegelausgleich durchgeführt, um Signale über die Hörschwelle des Schwerhörigen zu heben, sodass dieser die Signale wieder wahrnehmen kann. Das zweite Verfahren wird meist ergänzend zum ersten eingesetzt und zielt auf Hörschäden ab, bei denen selbst durch reine Verstärkung des Signals die Hörschwelle in gewissen, typischerweise hohen, Frequenzen nicht erreicht werden kann. Diese hohen Frequenzen werden auf einen tiefen (hörbaren) Frequenzbereich abgebildet, sodass sie grundsätzlich durch Verstärkung über die Hörschwelle gehoben werden können. Das Verfahren wird Frequenzkompression genannt, da der gewünschte Frequenzbereich auf einen kleineren, besser hörbaren Frequenzbereich abgebildet wird.

[0005] Es befinden sich Hörgeräte auf dem Markt, die Frequenzkompression unterstützen. Das darin verwendete Verfahren nutzt Eigenschaften der verwendeten Filterbank für eine einfache Implementierung. Es werden selektiv einzelne Kanäle, unter anderem abhängig von deren Momentanleistung, auf andere Kanäle kopiert, sodass die in diesen Kanälen enthaltenen Frequenzanteile, am Ausgang verschoben, in einem anderen Frequenzbereich wieder auftauchen. Wohin die Kanäle abgebildet werden, bestimmt eine Abbildungsvorschrift und ist einstellbar, sodass verschiedene Kompressionsverhältnisse realisierbar sind.

[0006] FIG 2 zeigt das Prinzip der Frequenzkompression durch einfaches Kopieren von Kanälen. In der Figur sind mehrere Kanäle dargestellt, die durch ihre Mittenfrequenzen 10 bis 15 symbolisch kenntlich gemacht sind. Beispielsweise ist der Mittenfrequenz 14 ein Kanal 14' zugeordnet. Innerhalb des Kanals 14' befindet sich eine dominante Momentanfrequenz 14". Im Zuge der Frequenzkompression soll der Kanal 14' auf den Kanal 11' kopiert, verschoben oder abgebildet werden. Bei dieser Verschiebung wird dann auch die dominante Momentanfrequenz 14" auf die Zielfrequenz 11" verschoben. Die Frequenz des Tons (dominante Momentanfrequenz 11" und 14") relativ zur jeweiligen Kanalmitte innerhalb von Quell- und Zielkanal ist identisch.

[0007] Durch das einfache Kopieren der Kanäle entsteht allerdings auch eine nicht kontinuierliche Abbildung von Quellfrequenz auf Zielfrequenz, wie bei dem in FIG 3 dargestellten Test mittels Frequenz-Sweep zu sehen ist. Es ist dort die Ausgangsfrequenz f_o über der Eingangsfrequenz f_i dargestellt. Am Eingang der Signalverarbeitung des Hörgeräts wird ein Frequenz-Sweep angelegt. Am Ausgang der Signalverarbeitung wird ein entsprechendes Ausgangssignal mit den Ausgangsfrequenzen f_o gemessen. Deutlich sind die Frequenzsprünge 16 an den Kanalübergängen zu erkennen. Dennoch ist die grundsätzliche Abbildungskennlinie für das Abbilden bzw. Verschieben der Frequenzkanäle deutlich erkennbar. In der Regel treten auch etwas schwächere Ar-

tefakte auf, die in FIG 3 nicht dargestellt sind und die für das vorliegende Arbeitsprinzip keine maßgebliche Rolle spielen. Das Problem bei dieser Frequenzabbildung ist, dass zwei im Eingangsspektrum aufeinanderfolgende Frequenzen im Ausgangsspektrum vertauscht sein können. Dies führt dazu, dass Tonfolgen am Eingang gegenüber den resultierenden Tonfolgen am Ausgang in ihrer Frequenz verwürfelt erscheinen, was den Höreindruck verschlechtern kann.

[0008] Aus dem Dokument WO 2007/000161 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem ein höheres, erstes Frequenzband, das oberhalb des Hörbereichs eines Schwerhörigen liegt, in ein zweites, für den Träger hörbares Frequenzband transponiert wird. Dazu wird in dem höheren Band ein dominantes Signal erkannt und dieses mittels eines Oszillators mit adaptiver Frequenz und einem Mischer in den hörbaren Bereich herunter transponiert. Das verschobene Signal des ersten Frequenzbandes und das Signal des zweiten Frequenzbandes, das in dem hörbaren Zielbereich vorhanden ist, werden gemischt.

[0009] Dokument EP 133700 A2, beschreibt ein Frequenzkompressionsverfahren, bei dem ein einziger kontinuierlicher Frequenzbereich mittels einer kontinuierlichen, nichtlinearen Frequenzkompressionskennlinie komprimiert wird.

[0010] Aus Dokument WO 2005015952 A1 sind Verfahren bekannt, Frequenzbänder aus einem höheren Frequenzbereich in einen niedrigeren umzusetzen. Das Dokument schlägt hierzu ein Resampling in der Zeit-Domäne oder alternativ eine Frequenzkompression in der Frequenz-Domäne vor. Es können Frequenzbänder zur Kompression vorgesehen werden, die ein ausreichend starkes Signal aufweisen oder keine harmonischen Anteile.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, die Frequenzkompression eines Audiosignals dahingehend zu optimieren, dass ein verbesserter Höreindruck entsteht. Es ist ein entsprechendes Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung vorzuschlagen.

[0012] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Frequenzkompression eines Audiosignals, durch Bereitstellen des Audiosignals in mehreren Frequenzkanälen und Verschieben oder Abbilden eines Anteils des Audiosignals von einem ersten Frequenzkanal der mehreren Frequenzkanäle in einen zweiten Frequenzkanal der mehreren Frequenzkanäle, wobei eine dominante Momentanfrequenz in dem ersten Frequenzkanal ermittelt wird, bei dem Verschieben oder Abbilden zunächst der gesamte erste Frequenzkanal einschließlich der dominanten Momentanfrequenz in den zweiten Frequenzkanal verschoben oder abgebildet wird, wobei die dominante Momentanfrequenz eine Zwischenfrequenzposition erhält, eine endgültige Frequenzposition für die dominante Momentanfrequenz durch eine vorgegebene kontinuierliche Kompressionskennlinie in dem zweiten Frequenzkanal ausgehend von der Fre-

quenzposition der dominanten Momentanfrequenz in dem ersten Frequenzkanal ermittelt wird und die dominante Momentanfrequenz von der Zwischenfrequenzposition auf die endgültige Frequenzposition geschoben oder abgebildet wird.

[0013] Darüber hinaus wird erfindungsgemäß bereitgestellt eine Vorrichtung zur Frequenzkompression eines Audiosignals mit einer ersten Verschiebeeinrichtung zum Verschieben oder Abbilden eines Anteils des Audiosignals, das in mehreren Frequenzkanälen bereitgestellt ist, von einem ersten Frequenzkanal der mehreren Frequenzkanäle in einen zweiten Frequenzkanal der mehreren Frequenzkanäle, sowie umfassend eine Schätzeinrichtung zum Ermitteln einer dominanten Momentanfrequenz in dem ersten Frequenzkanal, wobei mit der ersten Verschiebeeinrichtung der gesamte erste Frequenzkanal einschließlich der dominanten Momentanfrequenz in den zweiten Frequenzkanal so verschiebbar oder abbildbar ist, dass die dominante Momentanfrequenz eine Zwischenfrequenzposition erhält, eine Recheneinrichtung zum Ermitteln einer endgültigen Frequenzposition für die dominante Momentanfrequenz durch eine vorgegebene kontinuierliche Kompressionskennlinie in dem zweiten Frequenzkanal ausgehend von der Frequenzposition der dominanten Momentanfrequenz in dem ersten Frequenzkanal, und eine zweite Verschiebeeinrichtung zum Verschieben oder Abbilden der dominanten Momentanfrequenz von der Zwischenfrequenzposition auf die endgültige Frequenzposition.

[0014] In vorteilhafter Weise ist es so möglich, trotz kanalweisen Verschiebens einen Ton exakt an diejenige Position zu verschieben, die die vorgegebene Kompressionskennlinie fordert.

[0015] Vorzugsweise erfolgt das Verschieben oder Abbilden der dominanten Momentanfrequenz von der Zwischenfrequenzposition auf die endgültige Frequenzposition durch Amplitudenmodulation. Die Amplitudenmodulation entspricht einer Multiplikation des Signals mit dem Modulationsterm $\exp(j \cdot 2\pi \Delta f \cdot t)$. Dies wiederum entspricht im Spektralbereich einer Verschiebung um die Frequenz Δf .

[0016] In einer speziellen Ausführungsform ist der zweite Frequenzkanal für das Verschieben oder Abbilden des ersten Frequenzkanals fest vorgegeben. Auf diese Weise kann bei der Kanalverschiebung Rechenzeit eingespart werden.

[0017] Bei einer alternativen Ausführungsform wird der zweite Frequenzkanal für das Verschieben oder Abbilden des ersten Frequenzkanals anhand der Kompressionskennlinie bestimmt. Dies bedeutet, dass der zweite Frequenzkanal für das Verschieben hier nicht vorgegeben ist, sodass einer oder mehrere Frequenzkanäle anhand der Kompressionskennlinie ermittelt werden können, die für den zweiten Frequenzkanal in Frage kommen. Als zweiter Frequenzkanal kann derjenige von mehreren möglichen Frequenzkanälen gewählt werden, bei dem die dominante Momentanfrequenz am nächsten in der jeweiligen Kanalmitte angeordnet ist. Auf diese

Weise lassen sich Artefakte, welche durch die Modulation entstehen können, vermeiden.

[0018] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Frequenzkompression kann eine Polyphasen-Filterbank zum Bereitstellen des Audiosignals in mehreren Frequenzkanälen aufweisen. Damit ist es möglich, in den Kanälen nur positive Frequenzanteile zu erzeugen.

[0019] Besonders vorteilhaft wird die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer Höreinrichtung und insbesondere in einem Hörgerät eingesetzt. Damit kann eine Frequenzkompression bei Hörgeräteträgern mit weniger Artefakten realisiert werden.

[0020] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

- FIG 1 den prinzipiellen Aufbau eines Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik;
- FIG 2 das Prinzip der Frequenzkompression durch einfaches Kopieren von Kanälen gemäß dem Stand der Technik;
- FIG 3 eine Frequenzübertragungsfunktion der Kompression gemäß FIG 2 entsprechend dem Stand der Technik;
- FIG 4 das erfindungsgemäße Prinzip der Frequenzkompression durch Kopieren von Kanälen mit anschließender Modulation;
- FIG 5 die gemessene Frequenzübertragungsfunktion bei der Kompression gemäß FIG 4; und
- FIG 6 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Frequenzkompression.

[0021] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0022] In FIG 4 ist eine Kanalanordnung ähnlich wie in FIG 2 dargestellt. Es sind mehrere Kanäle mit den Mittenfrequenzen 10 bis 15 wiedergegeben. Wie in dem bekannten Beispiel wird in einem ersten Schritt 17 eine Verschiebung des Kanals 14' auf den Kanal 11' durchgeführt. Innerhalb des Kanals 14' befindet sich ein Ton bzw. eine dominante Momentanfrequenz 14". Diese wird, wie in Zusammenhang mit FIG 2 bereits erläutert, auch hier in dem ersten Schritt 17 von einer Frequenzposition f_s auf die Zwischenfrequenzposition f_z verschoben. Der Abstand der Zwischenfrequenzposition f_z zur Kanalmitte 11 des zweiten Kanals 11' entspricht dem Abstand der Frequenzposition f_s der ursprünglichen Momentanfrequenz 14" gegenüber der Kanalmitte 14 des Quellkanals bzw. ersten Kanals 14'.

[0023] Der erste Schritt 17 der Frequenzverschiebung stellt nur eine grobe kanalweise Verschiebung dar. Dass der Ton 14" bei seiner Verschiebung tatsächlich auf einer Frequenzposition landet, die unmittelbar aus einer Frequenzkompressionskennlinie hervorgeht, ist unwahrscheinlich. In FIG 4 ist eine Frequenzposition f_d dargestellt, auf der der Ton 14" tatsächlich landen würde, wenn die Abbildung mit einer vorgegebenen Kompressions-

kennlinie erfolgt. Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, nach dem ersten Schritt 17 einen weiteren Schiebenschritt durchzuführen, um den verschobenen Ton 11" auf die endgültige Frequenzposition f_d zu schieben, sodass sich der Zielton 18 ergibt. Für diesen Zweck wird der verschobene Ton 11" durch Amplitudenmodulation in einem zweiten Schritt 19 verschoben. Das Verschieben erfolgt hier um den Betrag Δf . In dem zweiten Schritt 19 wird der Ton also auf seine endgültige Position f_d geschoben.

[0024] Durch Vorgabe einer kontinuierlichen Abbildungskennlinie von Quell- auf Zielfrequenz lässt sich grundsätzlich sicherstellen, dass Frequenzen in ihrer Reihenfolge am Ausgang nicht vertauscht erscheinen. Um eine solche kontinuierliche Abbildungskennlinie im Hörgerät zu realisieren, wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Kombination aus selektiver Kanalabbildung und Amplitudenmodulation verwendet. Die Kanalabbildung sorgt dafür, dass, wie bereits ausführlich dargestellt wurde, ein bestimmter Frequenzbereich (erster Frequenzkanal 14') zuerst grob in einen anderen Bereich (zweiter Frequenzkanal 11') abgebildet wird, ähnlich schon bekannten Verfahren. Durch Messung der dominanten Momentanfrequenz f_s in dem Quellkanal 14' kann über die Abbildungskennlinie genau ermittelt werden, worauf diese im Zielkanal (11') abgebildet werden muss. Durch entsprechende Modulation des Kanals 11' kann die dominante Momentanfrequenz genau dorthin moduliert werden, wo sie gemäß der Abbildungskennlinie erwartet wird. Vorteilhaft lässt sich dieses Verfahren bei einer Polyphasen-Filterbank einsetzen, die nur das komplexwertige, analytische Signal (nur positiver Frequenzanteil einer FourierTransformation) in den Kanälen erzeugt. Hierbei lässt sich mittels Modulation mit einem Modulationsterm $\exp(j \cdot 2\pi \Delta f \cdot t)$ jeder Kanal zyklisch modulieren, sodass die Frequenzanteile darin entsprechend zyklisch um die Kreisfrequenz $\Delta\omega = 2\pi \Delta f$ verschoben werden.

[0025] Grundsätzlich sind bei der Messung bzw. Schätzung der dominanten Momentanfrequenz zwei Fälle zu unterscheiden:

1) Es existiert eine dominante Frequenz, die geschätzt werden kann, d.h. es existiert ein starker tonaler Anteil in diesem Kanal. Damit kann eine Abbildung auf eine Zielfrequenz erfolgen.

2) Es existiert keine dominante Frequenz, d.h. das Signal in dem Kanal ist rauschartig. Die Frequenzabschätzung führt zu einer mehr oder weniger zufälligen Momentanfrequenz. Dies wiederum führt bei der Abbildung auf eine Zielfrequenz zu einer Phasenrandomisierung bzw. zufälligen Modulation in dem Kanal, was bei rauschartigen Kanälen kaum Einfluss auf den Höreindruck bewirkt.

[0026] Insofern lässt sich das Verfahren unabhängig von der Tonalität des Kanals anwenden, da keine nega-

tiven Auswirkungen bei rauschartigen Anteilen zu befürchten sind.

[0027] FIG 5 zeigt das Messergebnis der erfindungsgemäßen Frequenzkompression. Wie in FIG 3 ist auch hier in der Ordinate die Ausgangsfrequenz f_o und in der Abszisse die Eingangsfrequenz f_i dargestellt. An den Eingang ist ein Frequenz-Sweep angelegt. Durch die Modulation im Zielkanal entsteht ein kontinuierlicher Frequenzverlauf. Die Zuordnung von Quellfrequenz zu Zielfrequenz wird als Kompressionskennlinie bezeichnet. Es treten also keine Frequenzsprünge mehr auf und somit auch keine diesbezüglichen Artefakte.

[0028] Das zweistufige Frequenzverschiebungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung kann in zwei Varianten durchgeführt werden:

1) Die Abbildungsvorschrift der Kanäle ist fest, und nur innerhalb der Kanäle wird eine Modulation aufgeprägt. Das bedeutet, dass die Zuordnung der verschiedenen Quellkanäle auf einen Zielkanal im voraus bekannt ist. Innerhalb des Zielkanals wird dann eine Modulation vorgenommen, sodass aufgrund der geschätzten Momentanfrequenz des ausgewählten Quellkanals und der Abbildungsvorschrift die gewünschte Zielfrequenz im Zielkanal vorliegt.

2) Die Abbildung zwischen Kanälen ist nicht vorgegeben, sondern wird aufgrund der Abbildungskennlinie und der geschätzten Momentanfrequenz festgelegt. Zusätzlich wird wie bei der ersten Variante eine Modulation aufgeprägt. Das bedeutet, dass die Zuordnung der verschiedenen Quellkanäle auf einen Zielkanal während des Betriebs ermittelt wird, und die Abbildungskennlinie sowohl für die Zuordnung der verschiedenen Quellkanäle auf einen Zielkanal herangezogen wird als auch für die anschließende Modulation innerhalb des Zielkanals. Dies nutzt die Tatsache aus, dass sich die Kanäle einer Filterbank typischerweise überlappen und verschiedene Zuordnungen von Quellkanälen zu Zielkanälen mit unterschiedlichen Modulationen zu einem ähnlichen Ergebnis führen würden. Es ist hierbei vorteilhaft, die Abbildung so zu gestalten, dass sowohl im Quell- als auch Zielkanal die Momentanfrequenz nahe der Bandmitte liegt, da dann Artefakte durch die Modulation minimiert werden.

[0029] Die Abbildungsvorschrift von Quell- auf Zielfrequenz muss durch geeignete Mittel der Audiologie bereitgestellt werden. Hier kann typischerweise eine Abbildung anhand einer Bark-ERB- oder Spinc-Frequenzaufteilung vorgenommen werden, wie dies in dem Dokument EP 1 333 700 A2 beschrieben ist.

[0030] FIG 6 zeigt ein Blockschaltbild einer möglichen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Frequenzkompressionsvorrichtung. In jedem Quellkanal 20, 20', 20'' der Filterbank wird die momentane Quellfrequenz f_s durch einen Schätzer 21 geschätzt. Basierend auf dem

Zuordnungsschema der Frequenzkompression (abgeleitet von der Kompressionskennlinie) und dem Signal s der dominanten Momentanfrequenz wird jedem Zielkanal 22, 22', 22'' ein Quellkanal 20, 20', 20'' durch eine Verschiebeeinrichtung 23 zugewiesen. Das Zuordnungsschema kann entweder fest, d.h. eine feste Auswahl der Quellkanäle 20, 20', 20'' werden einem einzigen Zielkanal zugeordnet, oder variabel sein, d.h. abhängig von der Frequenzschätzung und der Kompressionskennlinie wird für jeden Quellkanal 20, 20', 20'' festgelegt, welchem Zielkanal 22, 22', 22'' er zugeordnet wird. Im Zielkanal wird das Signal aus dem ausgewählten Quellkanal über einen Modulator 24 mittels Amplitudenmodulation derart moduliert, dass die Abbildung von Quellfrequenz auf Zielfrequenz exakt der Kompressionskennlinie entspricht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Frequenzkompression eines Audiosignals (s), durch

- Bereitstellen des Audiosignals (s) in mehreren Frequenzkanälen (14', 20, 20', 20'') und
- Verschieben oder Abbilden eines Anteils des Audiosignals (s) von einem ersten Frequenzkanal (14') der mehreren Frequenzkanäle (14', 20, 20', 20'') in einen zweiten Frequenzkanal (11') der mehreren Frequenzkanäle (11', 22, 22''), wobei ein gewünschter Frequenzbereich auf einen kleineren Frequenzbereich abgebildet wird,
- eine dominante Momentanfrequenz (14'') in dem ersten Frequenzkanal (14') ermittelt wird,
- bei dem Verschieben oder Abbilden zunächst der gesamte erste Frequenzkanal (14') einschließlich der dominanten Momentanfrequenz (14'') in den zweiten Frequenzkanal (11') verschoben oder abgebildet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die dominante Momentanfrequenz (14'') eine Zwischenfrequenzposition (f_z) erhält,
- eine endgültige Frequenzposition (f_d) für die dominante Momentanfrequenz (14'') durch eine vorgegebene kontinuierliche Kompressionskennlinie in dem zweiten Frequenzkanal (11') ausgehend von der Frequenzposition (f_s) der dominanten Momentanfrequenz (14'') in dem ersten Frequenzkanal (14') ermittelt wird und
- die dominante Momentanfrequenz (14'') von der Zwischenfrequenzposition (f_z) auf die endgültige Frequenzposition (f_d) geschoben oder abgebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verschieben

oder Abbilden der dominanten Momentanfrequenz (14'') von der Zwischenfrequenzposition (f_z) auf die endgültige Frequenzposition (f_d) durch Amplitudenmodulation erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der zweite Frequenzkanal (11') für das Verschieben oder Abbilden des ersten Frequenzkanals (14') fest vorgegeben ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei für das Verschieben oder Abbilden des ersten Frequenzkanals (14') der zweite Frequenzkanal (11') anhand der kontinuierlichen Kompressionskennlinie bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei als zweiter Frequenzkanal (11') derjenige von mehreren möglichen Frequenzkanälen (11', 22, 22', 22'') gewählt wird, bei dem die dominante Momentanfrequenz (14'') am nächsten zu der jeweiligen Kanalmitte abgebildet wird.
6. Vorrichtung zur Frequenzkompression eines Audiosignals (s) mit
 - einer ersten Verschiebeeinrichtung (23) zum Verschieben oder Abbilden eines Anteils des Audiosignals (s), das in mehreren Frequenzkanälen (14', 20, 20', 20'') bereitgestellt ist, von einem ersten Frequenzkanal (14') der mehreren Frequenzkanäle (14', 20, 20', 20'') in einen zweiten Frequenzkanal (11') der mehreren Frequenzkanäle (11', 22, 22', 22''), wobei ein gewünschter Frequenzbereich auf einen kleineren Frequenzbereich abgebildet wird,
 - einer Schätzeinrichtung (21) zum Ermitteln einer dominanten Momentanfrequenz (14'') in dem ersten Frequenzkanal (14'), wobei
 - mit der ersten Verschiebeeinrichtung (23) der gesamte erste Frequenzkanal (14') einschließlich der dominanten Momentanfrequenz (14'') in den zweiten Frequenzkanal (11') verschiebbar oder abbildbar ist,
 - **dadurch gekennzeichnet, dass** die dominante Momentanfrequenz (14'') eine Zwischenfrequenzposition (f_z) erhält,
 - eine Recheneinrichtung zum Ermitteln einer endgültigen Frequenzposition (f_d) für die dominante Momentanfrequenz (14'') durch eine vorgegebene kontinuierliche Kompressionskennlinie in dem zweiten Frequenzkanal (11') ausgehend von der Frequenzposition (f_s) der dominanten Momentanfrequenz (14'') in dem ersten Frequenzkanal (14'), und
 - eine zweite Verschiebeeinrichtung (24) zum Verschieben oder Abbilden der dominanten Momentanfrequenz (14'') von der Zwischenfre-

quenzposition (f_z) auf die endgültige Frequenzposition (f_d).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, die eine Polyphasen-Filterbank zum Bereitstellen des Audiosignals (s) in den mehreren Frequenzkanälen (14', 20, 20', 20'') aufweist.
8. Höreinrichtung mit einer Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7.

Claims

1. Method for frequency compression for an audio signal (s), by
 - providing the audio signal (s) in a plurality of frequency channels (14', 20, 20', 20'') and
 - shifting or mapping a component of the audio signal (s) from a first frequency channel (14') from a plurality of frequency channels (14', 20, 20', 20'') into a second frequency channel (11') from a plurality of frequency channels (11', 22, 22', 22''), wherein a desired frequency range is mapped onto a smaller frequency range,
 - a dominant instantaneous frequency (14'') in the first frequency channel (14') is obtained,
 - the shifting or mapping first of all involves the whole first frequency channel (14'), including the dominant instantaneous frequency (14''), being shifted or mapped into the second frequency channel (11'),
- characterized in that
 - the dominant instantaneous frequency (14'') is provided with an intermediate frequency position (f_z),
 - a final frequency position (f_d) for the dominant instantaneous frequency (14'') is ascertained by a prescribed continuous compression characteristic in the second frequency channel (11') from the frequency position (f_s) of the dominant instantaneous frequency (14'') in the first frequency channel (14'), and
 - the dominant instantaneous frequency (14'') is shifted or mapped from the intermediate frequency position (f_z) onto the final frequency position (f_d).
2. Method according to Claim 1, wherein the shifting or mapping of the dominant instantaneous frequency (14'') from the intermediate frequency position (f_z) onto the final frequency position (f_d) is effected by means of amplitude modulation.
3. Method according to Claim 1 or 2, wherein the sec-

ond frequency channel (11') is firmly prescribed for the shifting or mapping of the first frequency channel (14').

4. Method according to Claim 1 or 2, wherein for the shifting or mapping of the first frequency channel (14') the second frequency channel (11') is determined on the basis of the continuous compression characteristic.

5. Method according to Claim 4, wherein the second frequency channel (11') chosen is the one from a plurality of possible frequency channels (11', 22, 22') for which the dominant instantaneous frequency (14'') closest to the respective channel centre is mapped.

6. Apparatus for frequency compression for an audio signal (s), having

- a first shifting device (23) for shifting or mapping a component of the audio signal (s), which is provided in a plurality of frequency channels (14', 20, 20', 20''), from a first frequency channel (14') from the plurality of frequency channels (14', 20, 20', 20'') into a second frequency channel (11') from a plurality of frequency channels (11', 22, 22', 22''), wherein a desired frequency range is mapped onto a smaller frequency range,

- an estimation device (21) for ascertaining a dominant instantaneous frequency (14'') in the first frequency channel (14'), wherein

- the first shifting device (23) can be used to shift or map the whole first frequency channel (14'), including the dominant instantaneous frequency (14''), into the second frequency channel (11'),

- **characterized in that**

- the dominant instantaneous frequency (14'') is provided with an intermediate frequency position (f_z),

- a computation device for ascertaining a final frequency position (f_d) for the dominant instantaneous frequency (14'') by means of a prescribed continuous compression characteristic in the second frequency channel (11') from the frequency position (f_s) of the dominant instantaneous frequency (14'') in the first frequency channel (14'), and

- a second shifting device (24) for shifting or mapping the dominant instantaneous frequency (14'') from the intermediate frequency position (f_z) onto the final frequency position (f_d).

7. Apparatus according to Claim 6, which has a poly-phase filter bank for providing the audio signal (s) in the plurality of frequency channels (14', 20, 20', 20'').

8. Hearing device having an apparatus according to Claim 6 or 7.

5 Revendications

1. Procédé de compression de fréquence d'un signal audio (s), consistant à

- fournir le signal audio (s) dans une pluralité de canaux de fréquence (14', 20, 20', 20'') et

- déplacer ou projeter une partie du signal audio (s) d'un premier canal de fréquence (14') de la pluralité de canaux de fréquence (14', 20, 20', 20'') vers un second canal de fréquence (11') de la pluralité de canaux de fréquence (11', 22, 22', 22''), dans lequel un domaine de fréquence souhaité est soumis à une projection d'image dans un domaine de fréquence plus petit,

- une fréquence instantanée dominante (14'') est estimée dans le premier canal de fréquence (14'),

- la presque totalité du premier canal de fréquence (14'), y compris la fréquence instantanée dominante (14''), est déplacée ou projetée dans le second canal de fréquence (11') lors du déplacement ou de la projection,

caractérisé en ce que

- la fréquence instantanée dominante (14'') conserve une position de fréquence intermédiaire (f_z),

- une position de fréquence définitive (f_d) est estimée pour la fréquence instantanée dominante (14'') par l'intermédiaire d'une caractéristique de compression continue prédéterminée dans le second canal de fréquence (11') à partir de la position de fréquence (f_s) de la fréquence instantanée dominante (14'') dans le premier canal de fréquence (14'), et

- la fréquence instantanée dominante (14'') est déplacée ou projetée de la position de fréquence intermédiaire (f_z) vers la position de fréquence définitive (f_d).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le déplacement ou la projection de la fréquence instantanée dominante (14'') de la position de fréquence intermédiaire (f_z) vers la position de fréquence définitive (f_d) s'effectue par modulation d'amplitude.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le second canal de fréquence (11') est prédéterminé de manière fixe pour le déplacement ou la projection du premier canal de fréquence (14').

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel

le second canal de fréquence (11') est déterminé sur la base de la caractéristique de compression continue pour le déplacement ou la projection du premier canal de fréquence (14').

(14', 20, 20', 20'').

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel on sélectionne en tant que second canal de fréquence (11') celui de la pluralité de canaux de fréquence possibles (11', 22, 22', 22'') pour lequel la fréquence instantanée dominante (14'') est projetée le plus près du milieu de canal respectif.

5

10

6. Dispositif de compression de fréquence d'un signal audio (s), comportant

15

- un premier dispositif de déplacement (23) destiné à déplacer ou à projeter une partie du signal audio (s) qui est fourni dans une pluralité de canaux de fréquence (14', 20, 20', 20''), d'un premier canal de fréquence (14') de la pluralité de canaux de fréquence (14', 20, 20', 20'') vers un second canal de fréquence (11') de la pluralité de canaux de fréquence (11', 22, 22', 22''), dans lequel un domaine de fréquence souhaité est projeté vers un domaine de fréquence plus petit,
- un dispositif d'estimation (21) destiné à estimer une fréquence instantanée dominante (14'') dans le premier canal de fréquence (14'), dans lequel
- la totalité du premier canal de fréquence (14'), y compris la fréquence instantanée dominante (14''), peut être déplacée ou projetée dans le second canal de fréquence (11') au moyen du premier dispositif de déplacement (23),

20

25

30

35

caractérisé en ce que

- la fréquence instantanée dominante (14'') conserve une position de fréquence intermédiaire (f_z),
- un dispositif de calcul destiné à estimer une position de fréquence définitive (f_d) pour la fréquence instantanée dominante (14'') par l'intermédiaire d'une caractéristique de compression continue prédéterminée dans le second canal de fréquence (11') à partir de la position de fréquence (f_s) de la fréquence instantanée dominante (14'') dans le premier canal de fréquence (14'), et
- un second dispositif de déplacement (24) destiné à déplacer ou à projeter la fréquence instantanée dominante (14'') de la position de fréquence intermédiaire (f_z) vers la position de fréquence définitive (f_d).

40

45

50

55

7. Dispositif selon la revendication 6, comprenant un banc de filtres polyphasés destiné à fournir le signal audio (s) dans la pluralité de canaux de fréquence

FIG 1
(Stand der Technik)

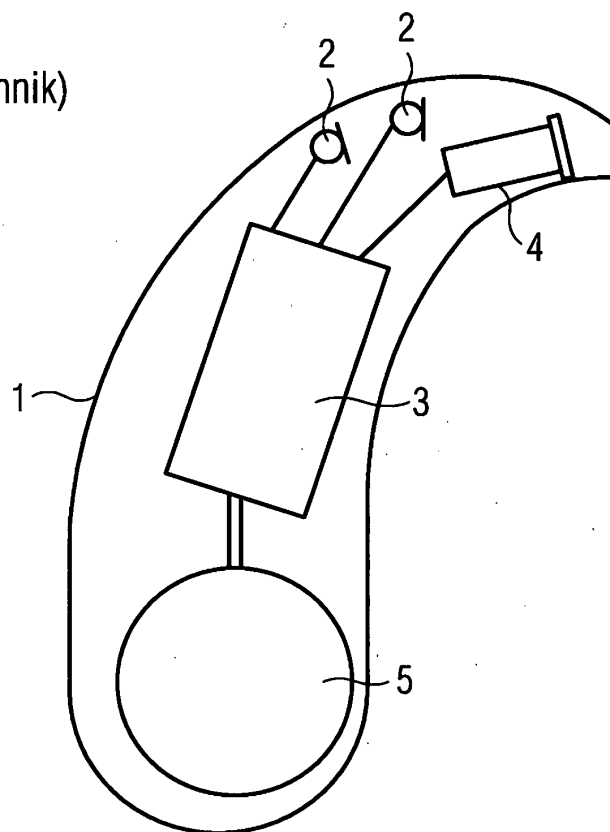


FIG 2
(Stand der Technik)

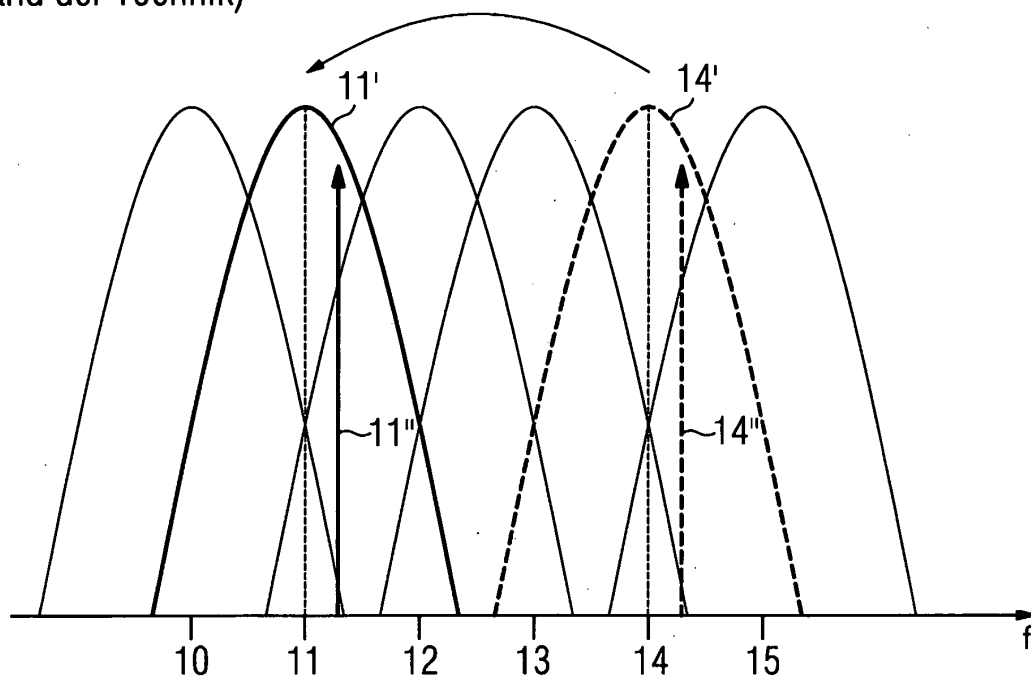


FIG 3
(Stand der Technik)

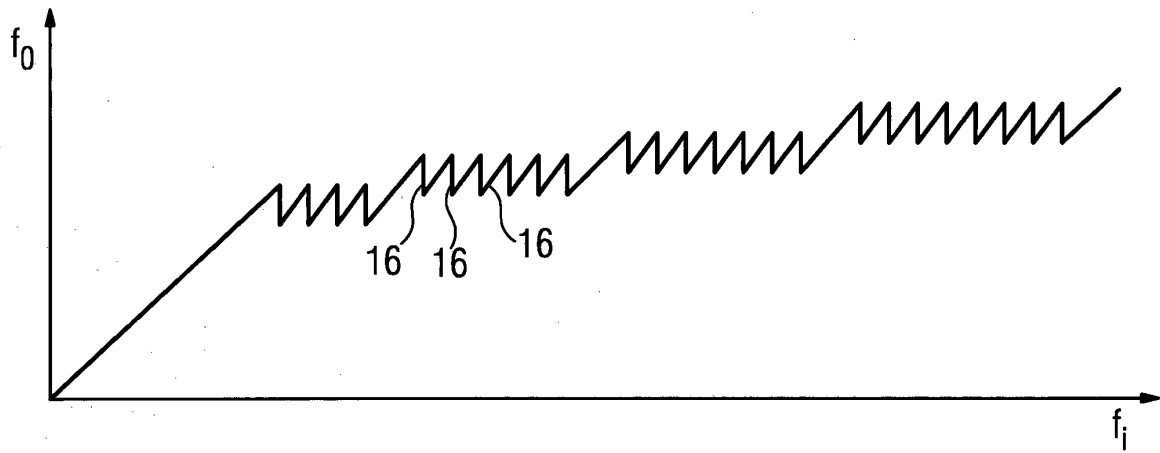


FIG 4

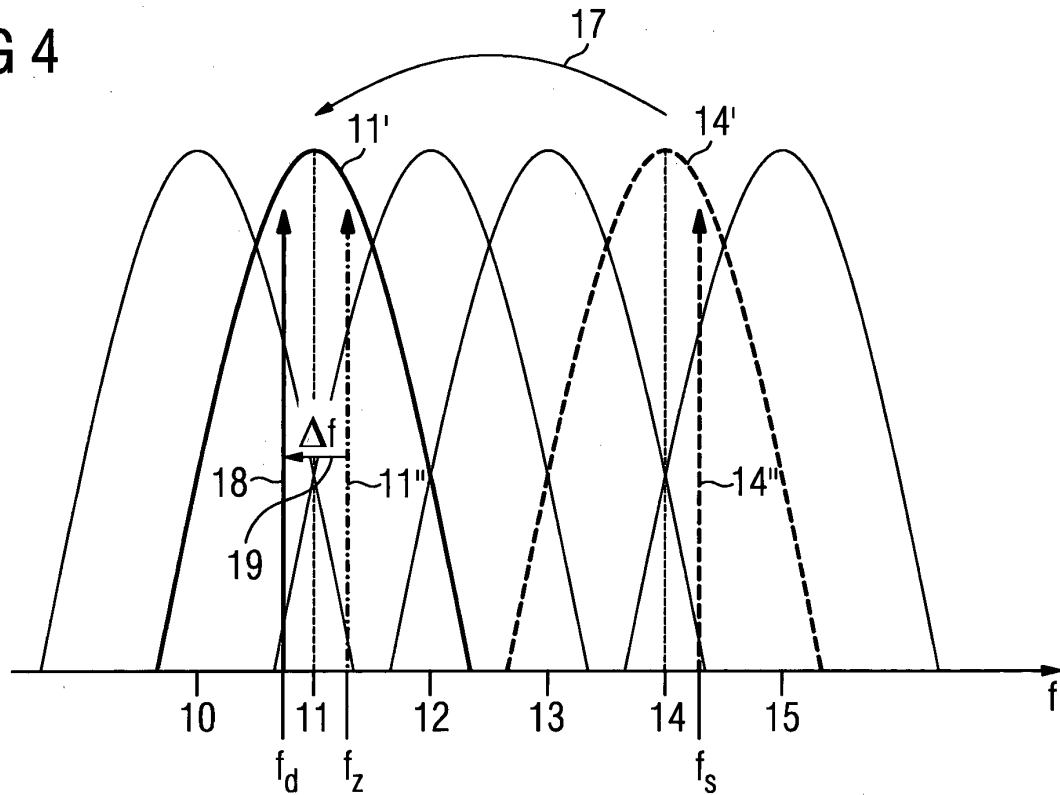
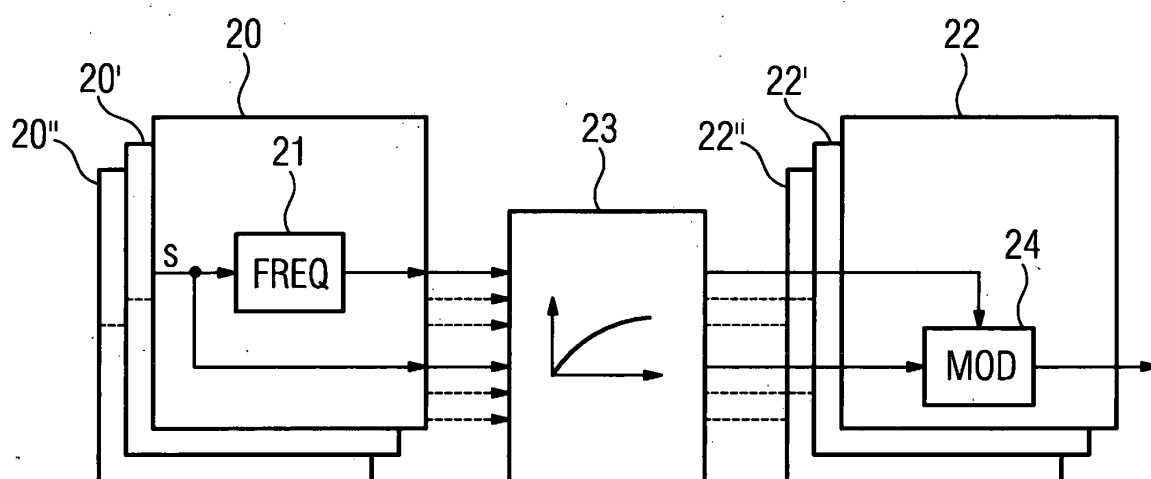


FIG 5



FIG 6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2007000161 A1 **[0008]**
- EP 133700 A2 **[0009]**
- WO 2005015952 A1 **[0010]**
- EP 1333700 A2 **[0029]**