

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.01.2012 Patentblatt 2012/03

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

(21) Anmeldenummer: **11173205.3**

(22) Anmeldetag: **08.07.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **12.07.2010 DE 102010026884**

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

(72) Erfinder:
 • **Gerkmann, Timo
 44791 Bochum (DE)**

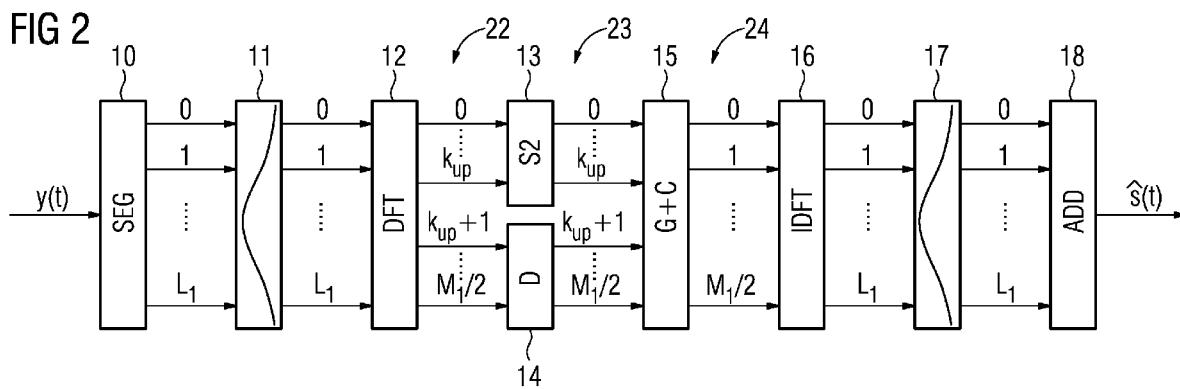
- **Martin, Rainer
 44803 Bochum (DE)**
- **Puder, Henning
 91052 Erlangen (DE)**
- **Sörgel, Wolfgang
 91052 Erlangen (DE)**

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

(54) Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung mit zweistufiger Transformation

(57) Für eine Hörvorrichtung und insbesondere für ein Hörgerät soll eine Filterbank mit ausreichend hoher Auflösung für Verstärkung und Geräuschreduktion bei möglichst geringem Rechenaufwand bereitgestellt werden. Es wird daher eine zweistufige Frequenztransformation mit geringer Latenz für Hörgeräte vorgeschlagen.

Ein Teil der Verarbeitung, z. B. die Verstärkung erfolgt nach einer hohen Sperrdämpfung der ersten Stufe. In einer zweiten Stufe vor der Rücktransformation der ersten Stufe kann eine erhöhte Frequenzauflösung erreicht werden, was beispielsweise für eine Geräuschreduktion günstig ist.



Beschreibung

[0001] Dir vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung durch Segmentieren und Transformieren eines Eingangssignals der Hörvorrichtung in einer ersten Transformationsstufe zu einem mehrkanaligen Transformationssignal erster Stufe, mehrkanaliges Verarbeiten eines Signals erster Stufe zu einem mehrkanaligen, verarbeiteten Signal erster Stufe und Rücktransformieren des mehrkanaligen verarbeiteten Signals erster Stufe in der ersten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen des resultierenden mehrkanaligen Signals zu einem Ausgangssignal. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Hörvorrichtung. Unter einer Hörvorrichtung wird hier jedes im oder am Ohr tragbare, schallausgebende 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] Hörgeräte erfüllen unter anderem zwei Aufgaben. Zum einen sorgen sie für eine Signalverstärkung zum Ausgleich eines Hörverlusts und zum anderen muss in der Regel eine Geräuschreduktion erfolgen. Beide

5 Aufgaben werden im Frequenzbereich gelöst, wofür eine spektrale Analyse-Synthese-Filterbank benötigt wird.

[0005] Der Entwurf der Filterbank unterliegt einer Vielzahl von zugrunde liegenden Optimierungskriterien. Die resultierende Filterbank stellt einen Kompromiss zwischen Zeit- und Frequenzauflösung, Latenz, Rechenkomplexität sowie Grenzfrequenz und Sperrdämpfung des Prototypiefpasses dar.

[0006] Zur Frequenzanalyse mit gleichmäßiger Auflösung kann eine Filterbank, basierend auf der diskreten 15 Fouriertransformation, verwendet werden. Eine ungleichmäßige Auflösung kann erreicht werden, indem die Verzögerungsglieder der Filterbank durch Allpassfilter ersetzt werden, durch eine Filterbank in Baumstruktur oder durch den Einsatz einer Wavelettransformation (T.

20 Gülow, A. Engelsberg und U. Heute, "Comparision of a discret wavelet transformation and a non-uniform polyface filterbank applied to spectral-subtraction speech enhancement", Elsevier Signal Processing, Seiten 5-19, Vol. 64, Ausgabe 1, Januar 1998).

[0007] Die meisten dieser Verfahren sind entweder einstufig oder wie im Fall von Filterbänken in Baumstruktur mehrstufig, aber mit großer algorithmischer Verzögerung bzw. geringer Frequenzauflösung, ohne die vier angesprochenen Optimierungsmöglichkeiten (EP 2 124 334 A1, EP 2 124 335 A2 und EP 2 124 482 A2).

[0008] Die Signalverzögerung kann zum einen reduziert werden, indem kurze Synthesefenster eingesetzt werden (D. Mauler und R. Martin, "A low delay, variable resolution, perfect reconstruction spectral analysis-synthesis system for speech enhancement", European Signal Processing Conference(EUSIPCO), Seiten 222-227, September 2007).

[0009] Zum anderen kann man die resultierende Filterfunktion in den Zeitbereich transformieren und dort anwenden (P. Vary: "Anadaptive filter-bank equalizer for speech enhancement", Elsevier Signal Processing, Seiten 1206-1214, Vol. 86, Ausgabe 6, Juni 2006). Eine zusätzliche Reduktion der Signalverzögerung wird durch eine Kürzung des Zeitbereichfilters, oder die Umrechnung in ein minimal-phasisches Filter erreicht (H. W. Löllmann und P. Vary, "Low delay filter-banks für speech und audio processing", in Eberhard Hänsler und Gerhard Schmidt: Speech and Audio Processing in Adverse Environments, Springer Berlin Heidelberg, 2008).

[0010] Filterbänke stellen stets einen Kompromiss zwischen Zeit- und Frequenzauflösung, Signalverzögerung und Rechenkomplexität dar. Der Kompromiss zwischen Zeit- und Frequenzauflösung ist durch Länge und Form eines Prototypiefpasses bzw. Prototyp-Wavelets bestimmt. Eine zeitliche Streckung des Prototypiefpasses führt zu einer geringeren Zeauflösung und einer höheren Frequenzauflösung. Weiterhin bestimmt die zeitliche Form des Prototypiefpasses den Kompromiss

zwischen der Grenzfrequenz und der Sperrdämpfung eines Frequenzgangs.

[0011] Der Kompromiss zwischen Zeit- und Frequenzauflösung bzw. Grenzfrequenz und Sperrdämpfung, Signalverzögerung und Rechenkomplexität wird vorab getroffen und gilt für alle im Hörgerät implementierten Algorithmen gleichermaßen. Dies kann ungünstig sein, da beispielsweise die Verstärkung einzelner Bänder in Hörgeräten eine hohe Sperrdämpfung verlangt, um die übrigen Bänder durch die Verstärkung so wenig wie möglich zu beeinflussen. Hingegen ist für eine Geräuschreduktion die Sperrdämpfung weniger kritisch. Stattdessen benötigt man für eine Geräuschreduktion mit hoher Qualität eine hohe Frequenzauflösung in den unteren Frequenzbändern, um eine Geräuschreduktion zwischen den spektralen Harmonischen stimmhafter Laute zu ermöglichen.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung und eine Hörvorrichtung bereitzustellen, bei denen sowohl eine bessere Signalverstärkung als auch eine bessere Geräuschreduktion möglich sind.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung durch Segmentieren und Transformieren eines Eingangssignals der Hörvorrichtung in einer ersten Transformationsstufe zu einem mehrkanaligen Transformationssignal erster Stufe, mehrkanaliges Verarbeiten eines Signals erster Stufe zu einem mehrkanaligen verarbeiteten Signal erster Stufe und Rücktransformieren des mehrkanaligen verarbeiteten Signals erster Stufe in der ersten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen des resultierenden mehrkanaligen Signals zu einem Ausgangssignal, Segmentieren und Transformieren des mehrkanaligen Transformationssignals erster Stufe in einer zweiten Transformationsstufe zu einem vielkanaligen Transformationssignal zweiter Stufe, Verarbeiten des vielkanaligen Transformationssignals zweiter Stufe und Rücktransformieren des verarbeiteten vielkanaligen Signals in der zweiten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen des resultierenden vielkanaligen Signals zu dem Signal erster Stufe oder Ermitteln einer Zeitbereichsfilterfunktion aus dem verarbeiteten vielkanaligen Signal und Filtern des mehrkanaligen Transformationssignals erster Stufe zu dem Signal erster Stufe.

[0014] Darüber hinaus wird erfindungsgemäß bereitgestellt eine Hörvorrichtung mit einer ersten Transformationseinrichtung zum Segmentieren und Transformieren eines Eingangssignals der Hörvorrichtung in einer ersten Transformationsstufe zu einem mehrkanaligen Transformationssignal erster Stufe, einer ersten Verarbeitungseinrichtung zum mehrkanaligen Verarbeiten eines Signals erster Stufe zu einem mehrkanaligen verarbeiteten Signal erster Stufe und einer ersten Rücktransformationseinrichtung zum Rücktransformieren des mehrkanaligen, verarbeiteten Signals erster Stufe in der ersten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen des resultierenden mehrkanaligen Signals zu einem Aus-

gangssignal, sowie umfassend eine zweite Transformationseinrichtung zum Segmentieren und Transformieren des mehrkanaligen Transformationssignals erster Stufe in einer zweiten Transformationsstufe zu einem vielkanaligen Transformationssignal zweiter Stufe, eine zweite Verarbeitungseinrichtung zum Verarbeiten des vielkanaligen Transformationssignals zweiter Stufe und eine zweite Rücktransformationseinrichtung zum Rücktransformieren des verarbeiteten vielkanaligen Signals in der zweiten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen

5 des resultierenden vielkanaligen Signals zu dem Signal erster Stufe oder eine Filtereinrichtung zum Ermitteln einer Zeitbereichsfilterfunktion aus dem verarbeiteten vielkanaligen Signal und Filtern des mehrkanaligen Transformationssignals erster Stufe zu dem Signal erster Stufe.

[0015] In vorteilhafter Weise kann somit eine Verarbeitung in zwei Auflösungsstufen durchgeführt werden. Insbesondere wird eine zweistufige spektrale Analyse

20 ermöglicht. Während sich beispielsweise die erste Stufe durch eine hohe Dämpfung im Sperrbereich des Filters auszeichnen kann, kann die zweite Stufe die Frequenzauflösung der ersten Stufe erhöhen. Der Ausgang der ersten Stufe ist somit für eine hohe frequenzabhängige 25 Verstärkung geeignet, während sich der Ausgang der zweiten Stufe für eine Geräuschreduktion mit hoher Frequenzauflösung eignet. Die algorithmische Gesamtverzögerung des Eingangssignals kann sehr klein gewählt werden. In einer Variante erfolgt das mehrkanalige Verarbeiten in der ersten Stufe vor den Verarbeitungsschritten der zweiten Stufe. In einer anderen Ausführungsform 30 erfolgt das mehrkanalige Verarbeiten in der ersten Stufe nach den Verarbeitungsschritten der zweiten Stufe. Je nachdem, wie sich die einzelnen Verarbeitungsschritte beeinflussen, ist die eine oder andere Variante zu wählen.

[0016] Vorzugsweise umfasst das mehrkanalige Verarbeiten in der ersten Stufe ein Verstärken und/oder Komprimieren. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn diese erste Stufe eine hohe Sperrdämpfung aufweist.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird in der zweiten Stufe nur ein Teil der Kanäle des mehrkanaligen Transformationssignals segmentiert, transformiert, verarbeitet und rücktransformiert 45 oder gefiltert. Damit kann trotz erhöhter Frequenzauflösung durch die zweite Stufe insgesamt ein reduzierter Rechenaufwand erreicht werden, da eben nicht alle Kanäle in der zweiten Stufe verarbeitet werden. In diesem Fall sollten die übrigen Kanäle des mehrkanaligen Transformationssignals, die nicht in der zweiten Stufe verarbeitet werden, entsprechend der zweiten Stufe verzögert 50 werden.

[0018] In der zweiten Stufe können Gewichtungsfaktoren ermittelt werden, und mit Ihnen kann beim Verarbeiten des vielkanaligen Transformationssignals zweiter Stufe eine Gewichtung durchgeführt werden. Damit kann stets eine aktuelle Gewichtung erfolgen, indem die Gewichtungsfaktoren fortlaufend nachgeführt werden.

[0019] In der zweiten Stufe kann außerdem nach dem Segmentieren und/oder vor dem Zusammensetzen eine Filterung erfolgen, bei der die Kanäle der tiefen Frequenzen betont werden. Dies kann soweit gehen, dass die oberen Kanäle nach der Rücktransformation komplett unterdrückt werden, so dass eine Reduzierung des Rechenaufwands erreicht werden kann.

[0020] In einer alternativen Ausführungsform kann in der zweiten Stufe die Anzahl der Kanäle nach dem Ermitteln der Zeitbereichsfilterfunktion gekürzt werden. Damit lässt sich eine Reduzierung der Signalverzögerung erreichen.

[0021] Alternativ kann in der zweiten Stufe die Zeitbereichsfilterfunktion in eine minimalphasige Filterfunktion umgerechnet werden. Auch damit lässt sich die Signalverzögerung reduzieren.

[0022] Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 den prinzipiellen Aufbau eines Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik,

FIG 2 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens der Signalverarbeitung mit zweistufiger Frequenztransformation;

FIG 3 ein Blockschaltbild von Verarbeitungsschritten der zweiten Stufe gemäß einer ersten Ausführungsform und

FIG 4 ein Blockschaltbild von Verarbeitungsschritten in der zweiten Stufe gemäß einer alternativen Ausführungsform.

[0023] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0024] Entsprechend dem Hauptgedanken der vorliegenden Erfindung ist eine zweistufige spektrale Analyse vorgesehen. Während sich z. B. die erste Stufe durch eine hohe Dämpfung im Sperrbereich der Filter auszeichnet, soll die zweite Stufe die Frequenzauflösung der ersten Stufe erhöhen. Der Ausgang der ersten Stufe ist somit für eine hohe frequenzabhängige Verstärkung geeignet, während sich der Ausgang der zweiten Stufe für eine Geräuschreduktion mit hoher Frequenzauflösung eignet. Die algorithmische Gesamtverzögerung des Eingangssignals soll dabei sehr klein sein.

[0025] Entsprechend dem Beispiel von FIG 2 soll ein Zeitbereichssignal $y(t)$ verarbeitet werden, das in einer Hörvorrichtung und insbesondere in einem Hörgerät als Eingangssignal beispielsweise nach einem Mikrofon vorliegt. Das Eingangssignal $y(t)$ wird einer Segmentierungseinheit 10 zugeführt, welche das Eingangssignal in mehrere Kanäle (0 bis L_1) zerlegt. Anschließend erfolgt mit einem Prototypfilter 11 eine Multiplikation mit der Prototypfilterfunktion (hier Glockenkurve) im Zeitbereich. Daraus resultiert eine Reduktion von Aliasing-Effekten.

Nach der Zeitbereichsfilterung erfolgt eine Transformation (hier eine diskrete Fouriertransformation) durch eine Transformationseinheit 12. Während der Prototypfilterpass 11 in dieser ersten Stufe die Länge L_1 aufweist, besitzt die Transformationseinheit 12 die Länge M_1 . Da das Eingangssignal reellwertig ist, liefert die DFT $M_1/2$ nicht redundante Koeffizienten. Die Koeffizienten $0 \dots k_{up}$

5 werden in einer zweiten Stufe 13 spektral höher aufgelöst, wobei $k_{up} < M_1/2$. Die übrigen Koeffizienten $k_{up} + 1 \dots 10 M_1/2$ werden einer Verzögerungseinheit 14 zugeführt. Dort werden die Signale ebenso verzögert wie diejenigen die die Verarbeitung der zweiten Stufe 13 durchlaufen. Nach der zweiten Stufe 13 und der Verzögerungseinheit 14 liegen ebenso viel Frequenzkanäle vor, wie 15 nach der DFT 12. Die Signale der Frequenzbänder aus der zweiten Stufe 13 bzw. aus der Verzögerungseinheit 14 werden einer Verarbeitungseinheit 15 zugeführt, welche bandweise hier eine Verstärkung und Kompression durchführt. Die Anzahl der Frequenzbänder insgesamt 20 bleibt unverändert ($M_1/2$). Das Ausgangssignal der Verarbeitungseinheit 15 wird einer Rücktransformationseinheit 16 zugeführt, mit der L_1 Signalsegmente im Zeitbereich erzeugt werden. Ein anschließendes Prototypfilter 17 sorgt für eine Reduktion von Aliasing-Effekten. Eine Zusammensetzeinrichtung 18 setzt schließlich 25 sämtliche seitlichen Segmente des Filters 17 durch Überlappen bzw. Addieren zusammen, so dass ein Ausgangssignal $s(t)$ resultiert.

[0026] In der vorliegenden Anmeldung wird das Ausgangssignal 22 der Transformationseinheit 12 auch mehrkanaliges Transformationssignal erster Stufe genannt. Das mehrkanalige Ausgangssignal 23 der zweiten Stufe 13 wird auch als mehrkanaliges Signal erster Stufe bezeichnet. Des Weiteren wird das Signal 24 nach der 30 Verarbeitungseinheit 15 als mehrkanaliges verarbeitetes Signal erster Stufe bezeichnet. Das Ausgangssignal der gesamten Rücktransformationseinrichtung einschließlich Rücktransformationseinheit 16, Filter 17 und Zusammensetzeinrichtung 18 entspricht dem Signal $s(t)$.

[0027] Die Frequenzauflösung der ersten Analysestufe kann in der zweiten Analysestufe 13 erhöht werden. Das Signal 22 nach der Transformation in der ersten Stufe soll insbesondere für hohe frequenzabhängige Verstärkungen geeignet sein. Dazu werden Prototypfilterpass 40 11 mit hoher Sperrdämpfung benötigt, womit bei fester Signallaufzeit die Frequenzauflösung begrenzt ist. Die Erhöhung der Frequenzauflösung durch die zweite Stufe 13 ist speziell für die Geräuschreduktion von Vorteil, da dann auch zwischen den spektralen Harmonischen 45 stimmhafter Sprachlaute das Störgeräusch reduziert werden kann. Für die zweite Stufe ist eine hohe Sperrdämpfung nicht so entscheidend wie für die erste Stufe. Dafür ist es aber wichtig, dass die Gesamtverzögerung 50 aus der ersten und zweiten Stufe gering bleibt und z. B. 55 10 ms nicht übersteigt.

[0028] In FIG 3 ist ein Ausführungsbeispiel der zweiten Stufe 13 in einem Blockdiagramm schematisch dargestellt. Eingangssignal ist hier symbolisch eines der kom-

plexen Frequenzbandsignale $Y_k(1)$, wobei 1 eine Zeitvariable ist. In der zweiten Stufe 13 erfolgt ebenfalls eine Frequenztransformation. Die Frequenzbandsignale werden weiter aufgespalten. Hierzu wird das Frequenzband signal $y_k(1)$ einer Segmentierungseinheit 30 zugeführt, das das Signal in L_2 Unterbänder unterteilt. Das resultierende Signal wird von einem nachgeschalteten Protoypiefpass 31 im Analyseteil der zweiten Stufe gefiltert. Der Protoypiefpass 31 hat die Länge L_2 . Anschließend wird in einer Transformationseinheit 32 eine diskrete Fouriertransformation der Länge M_2 durchgeführt. Aus den Ausgangssignalen der Transformationseinheit 32 werden in einer Verarbeitungseinheit 33 eine Gewichtungsfunktion bzw. Gewichtungsfaktoren berechnet und angewandt. Im Syntheseteil erfolgt eine Rücktransformation durch die Rücktransformationseinheit 34. Der anschließende Protoypiefpass 35 des Syntheseteils besitzt L_D von Null verschiedene Werte, wobei üblicherweise gilt $L_2 \geq M_2 \gg L_D$. Nach dem Protoypiefpass 35 werden die Signalkomponenten in einer Zusammensetzeinheit 36 überlappend addiert, was zu einem Ausgangssignal $\hat{s}(1)$ führt. Die zweite Stufe 13 wird auf jedes der Bänder $0, \dots, k_{up}$ von FIG 2 angewandt. k und 1 sind hierbei frequenz- und Segmentindex der ersten Stufe.

[0029] Diese zweite Stufe basiert auf dem eingangs erwähnten Verfahren von D. Mauler und R. Martin. Es ermöglicht eine hohe Frequenzauflösung bei wählbarer algorithmischer Verzögerung. Bei dem Verfahren werden kurze Synthesefenster verwendet, um die Signalverzögerung kurz zu halten. Die Signalverzögerung der zweiten Stufe ist durch die Länge des Synthesefensters -1 gegeben.

[0030] Das zweitstufige Verfahren ermöglicht auch eine ungleiche Frequenzauflösung, indem die zweite Stufe auf die Bänder $0, \dots, k_{up}$ angewandt wird. Die übrigen Bänder $k_{up} + 1, \dots, M_1/2$ werden um die Laufzeit der zweiten Stufe verzögert. Die hohe Frequenzauflösung in den tiefen Frequenzen erlaubt die Auflösung von spektralen Harmonischen stimmhafter Laute, während die hohe zeitliche Auflösung in dem oberen Frequenzbändern eine gute zeitliche Abbildung kurzer Sprachlaute, wie Plosive, ermöglicht. Weiterhin ist eine Anwendung der zweiten Stufe auf nur einem Teil der Frequenzbänder der ersten Stufe günstig in Bezug auf den Rechenaufwand. Üblicherweise sind die Bänder der ersten Stufe relativ stark überlappend. In der zweiten Stufe kann die spektrale Gewichtungsfunktion (z. B. für eine Verstärkung) nur für den nicht überlappenden Anteil berechnet werden, was zu einer weiteren Reduktion des Rechenaufwands führt.

[0031] Das Eingangssignal $y_k(1)$ entspricht einem Band des mehrkanaligen Transformationssignals 22 erster Stufe. Das Signal nach der Transformationseinheit 32 wird hier auch als vielkanaliges Transformationssignal 42, zweite Stufe bezeichnet. Das Signal nach der Verarbeitungseinheit 33 lautet verarbeitetes, vielkanaliges Signal 43. Das Ausgangssignal $\hat{s}_k(1)$ entspricht einem Segment des Signals 23 erster Stufe 1.

[0032] In einer alternativen Ausführungsform wird für die zweite Stufe das ebenfalls eingangs erwähnte Verfahren nach H. W. Löllmann und P. Vary angewandt. Dabei erfolgt eine Filterung im Zeitbereich. Anstelle der zweiten Stufe 13 des Ausführungsbeispiels von FIG 3 wird also eine alternative zweite Stufe 13' gemäß dem Blockdiagramm der FIG 4 durchgeführt. Eingangssignal ist wieder das Frequenzbandsignal $Y_k(1)$. Es wird auch hier nach einer Segmentierungseinheit 50 und einem Protoypiefpass 51 in einer Transformationseinheit 52 eine segmentweise Transformation in dem Fourierbereich durchgeführt. Dort wird in einer Verarbeitungseinrichtung, die eine Recheneinheit 53 aufweist, eine spektrale Gewichtungsfunktion W berechnet, die dann in einer weiteren Recheneinheit 54 in eine linearphasige Zeitbereichsfilterfunktion umgerechnet wird. Die Länge der Einheiten 52, 53 und 54 beträgt jeweils N_2 , während die Länge vor der Transformation L_2 beträgt. Nach der linearphasigen Transformation erfolgt eine Filterung durch ein weiteres Protoypiefpassfilter 55 in Syntheseteil der zweiten Stufe 13'. Das Protoypiefpassfilter 55 hat die Länge L_2 . Das resultierende Signal wird anschließend durch eine Kürzungseinheit 56 auf die Länge L_D gekürzt. Alternativ zur Kürzung kann das linearphasige Zeitbereichsfilter in ein minimalphasiges umgerechnet werden. Üblicherweise gilt auch hier $L_2 \geq M_2 \gg L_D$. Die zweite Stufe wird auf jedes der Bänder $0, \dots, k_{up}$ von FIG 2 angewandt. k und 1 sind auch hier wieder Frequenz- und Segmentindex der ersten Stufe.

[0033] Das Signal nach der Transformation in der zweiten Stufe wird hier auch als vielkanaliges Transformationssignal 62, zweite Stufe bezeichnet. Das Signal nach der Gewichtungseinheit 53 wird hier als verarbeitetes, vielkanaliges Signal 63 bezeichnet. Das Ausgangssignal $\hat{s}_k(1)$ entspricht dem Signal 23 erster Stufe von FIG 2.

[0034] Durch eine Filtereinheit 57 wird hier eine FIR-Filterung des mehrkanaligen Transformationssignals 22 erster Stufe (hier symbolisiert durch das einzelne Band $Y_k(1)$) durchgeführt. Die L_D Filterkoeffizienten stammen von der Kürzungseinheit 56. Das gefilterte Signal, symbolisiert durch das Segment $\hat{s}_k(1)$, entspricht dem mehrkanaligen, verarbeiteten Signal 23 erster Stufe.

[0035] Bei dem Verfahren gemäß dem Ausführungsbeispiel von FIG 4 wird also eine Filterfunktion im Zeitbereich angewandt. Um eine möglichst geringe Signalverzögerung zu realisieren, kann das Zeitbereichsfilter gekürzt werden oder in ein minimalphasiges Filter umgerechnet werden.

[0036] Die Signalverzögerung der zweiten Stufe ist in diesem Verfahren durch die Gruppenlaufzeit eines linearphasigen Finite Impulse Response (FIR) Filter oder eines minimalphasigen autoregressiven (AR) Filters gegeben. Die Gruppenlaufzeit eines linearphasigen FIR-Filters ist abhängig von der Filterlänge L_D und gegeben durch $(L_D-1)/2$. Im Extremfall, wenn das Synthesefenster gemäß dem Ausführungsbeispiel von FIG 3 bzw. das FIR-Filter gemäß dem Ausführungsbeispiel von FIG 4

nur einen Abtastwert lang ist, bewirkt die zweite Stufe gar keine algorithmische Verzögerung.

[0037] Die vorliegende Erfindung ermöglicht somit die Anwendung von Algorithmen auf die Ausgänge derjenigen Stufe, die für den jeweiligen Algorithmus besser geeignet ist. Das zweistufige Verfahren ist zudem günstig in Bezug auf den Rechenaufwand, da die Frequenzanalyse der ersten Stufe als Vorverarbeitung für die zweite Stufe benutzt wird.

[0038] Weiterhin ermöglicht das zweistufige Verfahren unterschiedliche Frequenzauflösungen in den Bändern. Vorzugsweise wird die zweite Stufe nur auf den unteren Frequenzbändern angewandt, so dass die unteren Frequenzbänder eine hohe Frequenzauflösung aufweisen, während die oberen Frequenzbänder eine hohe zeitliche Auflösung aufweisen.

[0039] Die hohe Frequenzauflösung in den tiefen Frequenzen erlaubt, wie erwähnt, die Auflösung von spektralen Harmonischen stimmhafter Laute, während die hohe zeitliche Auflösung in den oberen Frequenzbändern eine gute zeitliche Abbildung kurzer Sprachlaute, wie Plosive, ermöglicht. Weiterhin ist eine Anwendung der zweiten Stufe auf nur einen Teil der Frequenzbänder der ersten Stufe günstig in Bezug auf den Rechenaufwand.

[0040] Üblicherweise sind die Bänder der ersten Stufe relativ stark überlappend. In der zweiten Stufe kann die Berechnung der spektralen Gewichtungsfunktion erfindungsgemäß auf nicht überlappende, hoch aufgelöste Teilbänder der zweiten Stufe reduziert werden, was zu einer weiteren Reduktion des Rechenaufwands führt.

[0041] Im Unterschied zu einer Filterbank in Baumstruktur weist die erfindungsgemäße Filterbank eine sehr geringe Signalverzögerung auf. Die Signalverzögerung ist durch die Fensterfunktion bzw. Kürzung der zweiten Stufe frei wählbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung durch

- Segmentieren und Transformieren eines Eingangssignals ($y(t)$) der Hörvorrichtung in einer ersten Transformationsstufe zu einem mehrkanaligen Transformationssignal (22) erster Stufe,
- mehrkanaliges Verarbeiten eines Signals (23) erster Stufe zu einem mehrkanaligen verarbeiteten Signal (24) erster Stufe und

- Rücktransformieren des mehrkanaligen verarbeiteten Signals (24) erster Stufe in der ersten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen des resultierenden mehrkanaligen Signals zu einem Ausgangssignal ($s(t)$),

gekennzeichnet durch

- Segmentieren und Transformieren des mehrkanaligen Transformationssignals (22) erster Stufe in einer zweiten Transformationsstufe (13,

5 13') zu einem vielkanaligen Transformationssignal (42, 62) zweiter Stufe,

- Verarbeiten des vielkanaligen Transformationssignals (42, 62) zweiter Stufe und
-

- a) Rücktransformieren des verarbeiteten vielkanaligen Signals (43) in der zweiten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen des resultierenden vielkanaligen Signals zu dem Signal (23) erster Stufe oder
- b) Ermitteln einer Zeitbereichsfilterfunktion (W) aus dem verarbeiteten vielkanaligen Signal (42, 62) und Filtern (57) des mehrkanaligen Transformationssignals (22) erster Stufe zu dem Signal (23) erster Stufe.

10 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das mehrkanalige Verarbeiten (15) in der ersten Stufe vor den Verarbeitungsschritten der zweiten Stufe (13, 13') erfolgt.

15 3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das mehrkanalige Verarbeiten (15) in der ersten Stufe nach den Verarbeitungsschritten der zweiten Stufe (13, 13') erfolgt.

20 4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das mehrkanalige Verarbeiten (15) in der ersten Stufe sowohl vor als auch nach den Verarbeitungsschritten der zweiten Stufe (13, 13') erfolgt.

25 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mehrkanalige Verarbeiten (15) in der ersten Stufe ein Verstärken und/oder Komprimieren umfasst.

30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der zweiten Stufe (13, 13') nur ein Teil ($0 \dots k_{up}$) der Kanäle des mehrkanaligen Transformationssignals (22) segmentiert, transformiert, verarbeitet und rücktransformiert oder gefiltert wird.

35 7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die übrigen Kanäle ($k_{up}+1, \dots, M_1/2$) des mehrkanaligen Transformationssignals (22), die nicht in der zweiten Stufe (13, 13') verarbeitet werden, entsprechend der zweiten Stufe verzögert werden.

40 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der zweiten Stufe (13, 13') Gewichtungsfaktoren ermittelt und mit ihnen beim Verarbeiten des vielkanaligen Transformationssignals (42, 62) zweiter Stufe eine Gewichtung durchgeführt wird.

45 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der zweiten Stufe (13, 13') nach dem

Segmentieren (30, 50) und/oder vor dem Zusammensetzen (36) eine Filterung (31, 35) erfolgt, bei der die Kanäle der tieferen Frequenzen betont werden.

5

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der zweiten Stufe die Anzahl der Kanäle nach dem Ermitteln der Zeitbereichsfilterfunktion gekürzt (56) wird.

10

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in der zweiten Stufe (13, 13') die Zeitbereichsfilterfunktion in eine minimalphasige Filterfunktion umgerechnet wird.

15

12. Hörvorrichtung mit

- einer ersten Transformationseinrichtung zum Segmentieren und Transformieren eines Eingangssignals ($y(t)$) der Hörvorrichtung in einer ersten Transformationsstufe zu einem mehrkanaligen Transformationssignal (22) erster Stufe,
- einer ersten Verarbeitungseinrichtung (15) zum mehrkanaligen Verarbeiten eines Signals (23) erster Stufe zu einem mehrkanaligen verarbeiteten Signal (24) erster Stufe und
- einer ersten Rücktransformationseinrichtung zum Rücktransformieren (16) des mehrkanaligen, verarbeiteten Signals erster Stufe in der ersten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen (18) des resultierenden mehrkanaligen Signals zu einem Ausgangssignal ($s(t)$), **gekennzeichnet durch**
- eine zweite Transformationseinrichtung zum Segmentieren und Transformieren des mehrkanaligen Transformationssignals (22) erster Stufe in einer zweiten Transformationsstufe (13, 13') zu einem vielkanaligen Transformationssignal (42, 62) zweiter Stufe,
- eine zweite Verarbeitungseinrichtung (33) zum Verarbeiten des vielkanaligen Transformationssignals (42, 62) zweiter Stufe und
-
- a) eine zweite Rücktransformationseinrichtung zum Rücktransformieren (34) des verarbeiteten vielkanaligen Signals (43) in der zweiten Transformationsstufe sowie Zusammensetzen (36) des resultierenden vielkanaligen Signals zu dem Signal (23) erster Stufe oder
- b) eine Filtereinrichtung zum Ermitteln einer Zeitbereichsfilterfunktion aus dem verarbeiteten vielkanaligen Signal (42, 62) und Filtern (57) des mehrkanaligen Transformationssignals (22) erster Stufe zu dem Signal (23) erster Stufe.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1
(Stand der Technik)

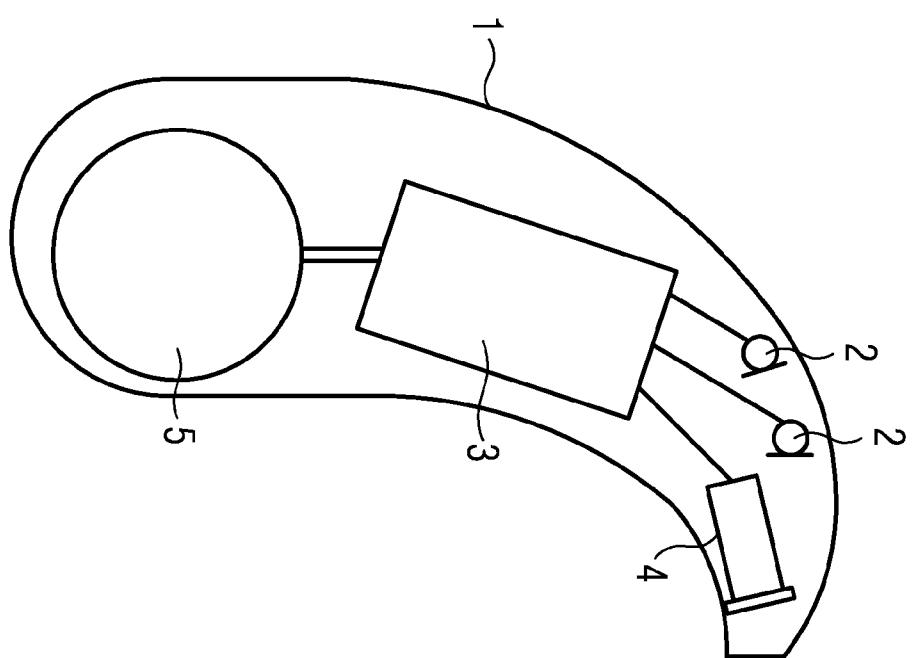


FIG 2

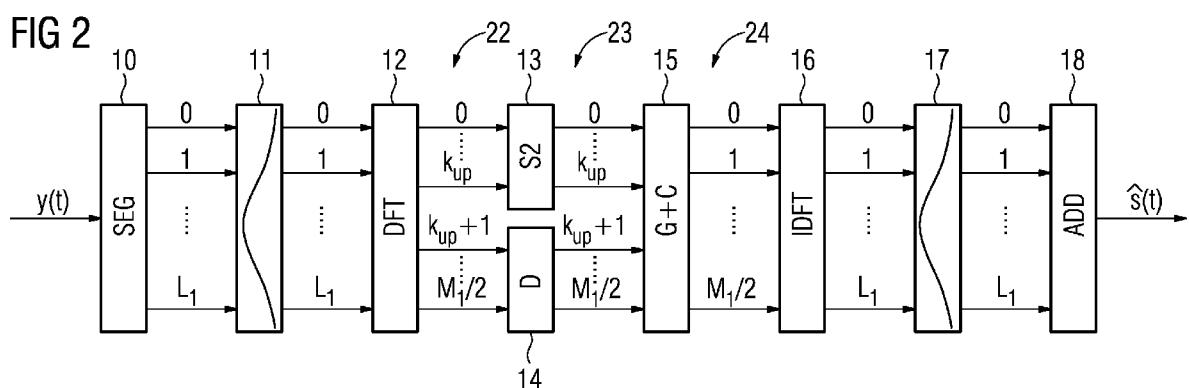


FIG 3

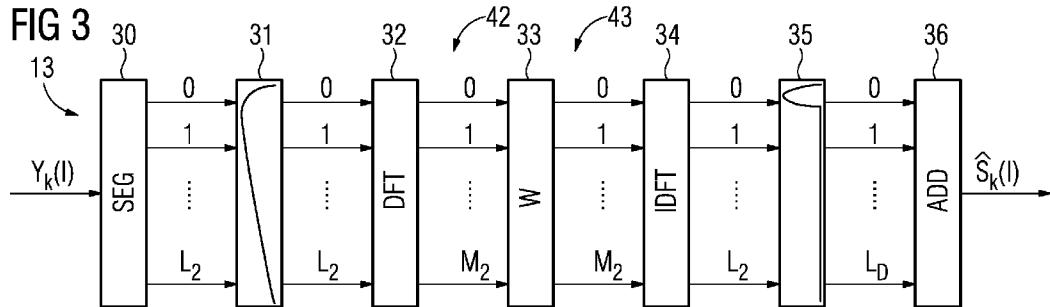
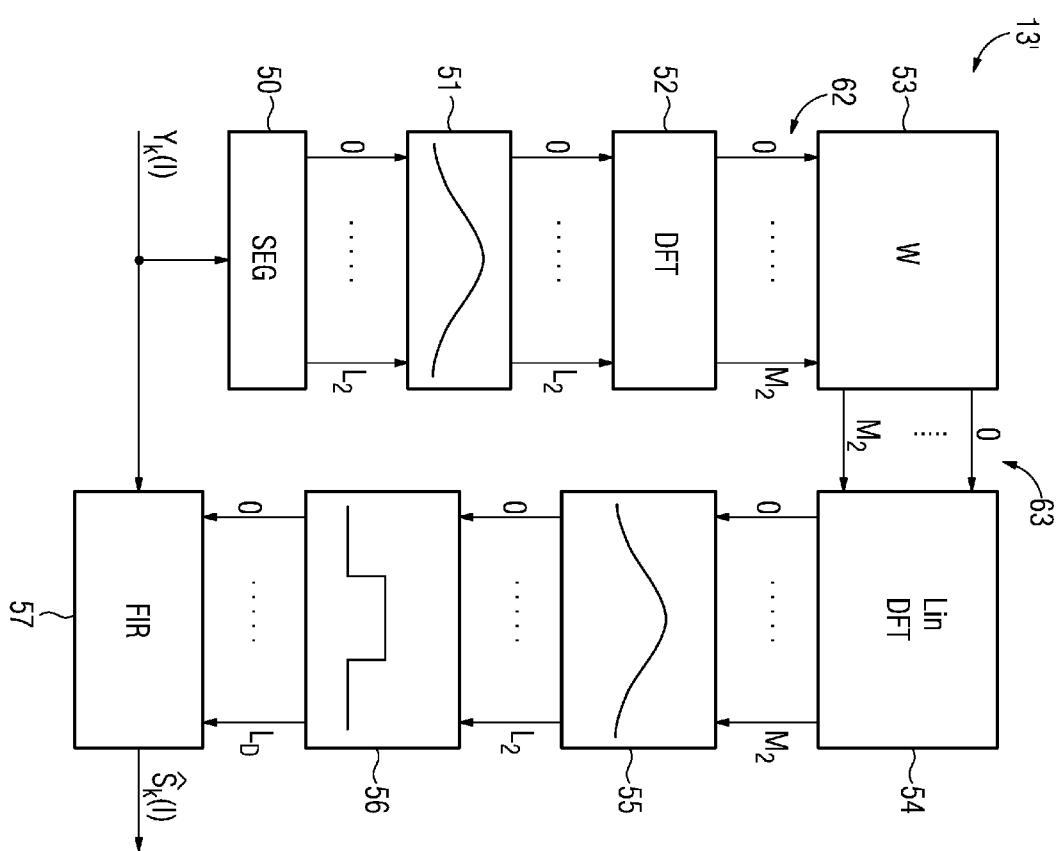


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 17 3205

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	EP 2 124 482 A2 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 25. November 2009 (2009-11-25) * Absätze [0019] - [0028]; Abbildungen 2,3	1-5,9-12	INV. H04R25/00
Y	*	6-8	
Y	----- EP 0 362 783 A2 (THOMSON BRANDT GMBH [DE]) 11. April 1990 (1990-04-11) * Spalte 2, Zeilen 26-38; Abbildung 2 *	6,7	
Y	----- EP 1 919 257 A2 (SIEMENS AUDIOLOGISCHE TECHNIK [DE]) 7. Mai 2008 (2008-05-07) * Absatz [0018]; Abbildung 2 *	8	
A	US 5 027 410 A (WILLIAMSON MALCOLM J [US] ET AL) 25. Juni 1991 (1991-06-25) * Spalte 8, Zeile 60 - Spalte 11, Zeile 2; Abbildungen 8,9 *	1-12	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R H03H
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		6. September 2011	Fobel, Oliver
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			

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

EP 11 17 3205

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.

06-09-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 2124482	A2	25-11-2009	DE 102008024534 A1		03-12-2009
			US 2009290734 A1		26-11-2009
EP 0362783	A2	11-04-1990	DE 3834188 A1		12-04-1990
			ES 2049292 T3		16-04-1994
			HK 118394 A		04-11-1994
			JP 2145008 A		04-06-1990
EP 1919257	A2	07-05-2008	DE 102006051071 A1		08-05-2008
			US 2008159573 A1		03-07-2008
US 5027410	A	25-06-1991	WO 9005437 A1		17-05-1990

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

- EP 2124334 A1 [0007]
- EP 2124335 A2 [0007]
- EP 2124482 A2 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **T. GÜLZOW ; A. ENGELSBERG ; U. HEUTE.** Comparison of a discrete wavelet transformation and a non-uniform polyface filterbank applied to spectral-subtraction speech enhancement. Elsevier Signal Processing, Januar 1998, vol. 64, 5-19 [0006]
- **D. MAULER ; R. MARTIN.** A low delay, variable resolution, perfect reconstruction spectral analysis-synthesis system for speech enhancement. European Signal Processing Conference(EUSIPCO, September 2007, 222-227 [0008]
- **P. VARY.** An adaptive filter-bank equalizer for speech enhancement. Elsevier Signal Processing, Juni 2006, vol. 86, 1206-1214 [0009]
- Low delay filter-banks for speech and audio processing. **H. W. LÖLLMANN ; P. VARY.** Eberhard Hänsler und Gerhard Schmidt: Speech and Audio Processing in Adverse Environments. Springer, 2008 [0009]