



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.11.2009 Patentblatt 2009/48

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

(21) Anmeldenummer: **09159399.6**

(22) Anmeldetag: **05.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK TR

- **Bäumli, Robert**
90542, Eckental (DE)
- **Puder, Dr. Henning,**
91052, Erlangen (DE)
- **Sörgel, Wolfgang**
91052, Erlangen (DE)

(30) Priorität: **21.05.2008 DE 102008024534**

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

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

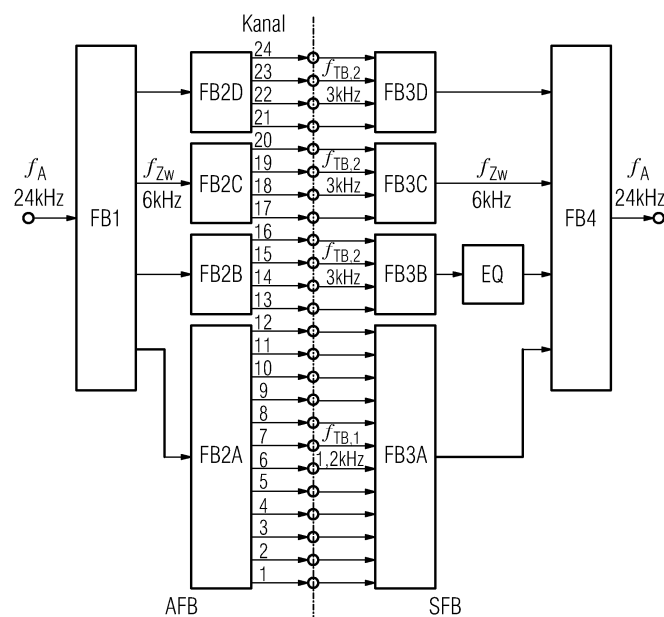
(72) Erfinder:
• **Alfsmann, Daniel**
44787, Bochum (DE)

(54) **Hörvorrichtung mit einem Entzerrungsfilter im Filterbank-System**

(57) Mehrstufige Filterbank-Systeme mit Filterbänken unterschiedlicher Bandbreite führen häufig in Hörvorrichtungen und insbesondere in Hörgeräten zu Störungen. Daher wird eine Hörvorrichtung mit einem Filterbank-System vorgeschlagen, das eine mehrstufige Analyse-Filterbank (AFB und/oder eine mehrstufige Synthese-Filterbank (SFB) aufweist, um ein Eingangssignal der Hörvorrichtung durch mehrere Filterbankkanäle in meh-

rere Teilbandsignale zu zerlegen und/oder Teilbandsignale mehrerer Filterbankkanäle wieder zusammenzufügen. Das Filterbank-System ist mit mindestens einem Entzerrungsfilter (EQ) ausgestattet, um Unterschiede der komplexen Frequenzgänge zwischen Filterbankkanälen auszugleichen. Insbesondere können so Gruppenlaufzeitunterschiede aber auch Dämpfungs- bzw. Verstärkungsunterschiede zwischen benachbarten Filterbänken ausgeglichen werden.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Hörvorrichtung mit einem Filterbank-System, das eine mehrstufige Analysefilterbank und/oder eine mehrstufige Synthesefilterbank aufweist, um ein Eingangssignal der Hörvorrichtung durch mehrere Filterbankkanäle in mehrere Teilbandsignale zu zerlegen und/oder um Teilbandsignale mehrerer Filterbankkanäle wieder zusammenzufügen. Unter dem Begriff "Hörvorrichtung" wird jedes im oder am Ohr tragbare, schallausgebende Gerät, insbesondere ein Hörgerät, ein Headset, Kopfhörer und dergleichen, verstanden.

[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] Schallsignale, die mit einem oder mehreren Mikrofonen einer Hörvorrichtung und insbesondere eines Hörgeräts aufgenommen werden, werden häufig mittels einer oder mehrerer frequenzselektiver digitaler Analysefilterbänke (AFB) in K Teilbandsignale zerlegt. Die Teil-

bandsignale werden dann einer teilbandspezifischen Signalmanipulation unterzogen. Schließlich werden die manipulierten Teilbandsignale mittels einer digitalen Synthese-Filterbank (SFB) resynthetisiert. Dabei erfolgt die Zerlegung und Resynthese durch eine aus mindestens zwei kaskadierten Stufen zusammengesetzte Filterbank bzw. eine partiell mindestens zweistufige (Analyse) Filterbank zur Zerlegung des Eingangssignals in K Teilbandsignale mit verminderter Abtastrate. Das Filterbanksystem ist hierbei so konzipiert, dass die zu manipulierenden K Teilbandsignale unterschiedliche Bandbreite B_i mit $i=1, \dots, I$ aufweisen, wobei $2 \leq I < K$ ist.

[0005] Das gesamte Filterbank-System besteht also aus einer mehrstufigen AFB und einer mehrstufigen SFB. Bei den einzelnen Filterbänken kann es sich jeweils um herkömmliche komplex modulierte Filterbänke handeln.

[0006] Die oben skizzierte Filterbank zur Erzeugung von Teilbandsignalen unterschiedlicher Bandbreiten B_i , mit $i=1, \dots, I$ und $2 \leq I < K$ bewirkt eine Verzögerung (Gruppenlaufzeit) der K Teilbandsignale, die abhängig ist von der jeweiligen Signal- bzw. Kanalbandbreite B_i . Dadurch ergeben sich zwischen den Teilbandsignalen bzw. Teilbandsignalgruppen unterschiedlicher Bandbreite B_i Sprünge in der Gesamtsignalverzögerung, die sich störend auf die Signalqualität auswirken.

[0007] Aus der Druckschrift WO 98/02983 ist ein Geräuschreduktionsfilter mit geringer Verzögerung bekannt. Eine Analysefilterbank zerlegt ein Eingangssignal in zwei Ausgangskanäle. Das Signal des ersten Kanals ist eine Schätzung einer periodischen Komponente des Eingangssignals und das Signal des zweiten Kanals ist eine Schätzung einer nichtperiodischen Komponente des Eingangssignals. Im ersten Kanal wird das Signal einer Verzögerung unterzogen, während das Signal im zweiten Kanal ein Geräuschreduktionsfilter passiert.

[0008] Weiterhin ist in Göckler, Heinz G.; Groth Alexandra: Multiratenysteme Abtastatenumsetzung und digitale Filterbänke, Wildburgstetten, Schlemmbachverlag 2004, S. 397 bis 399, eine maximaldezipierende M-Kanal-Analyse-Filterbank in Baumstruktur offenbart. Die Filterbank weist drei Stufen auf.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, die Signalqualität bei der Verarbeitung von Signalen in Hörvorrichtungen mit Hilfe mehrstufiger Filterbänke zu verbessern.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Hörvorrichtung mit einem Filterbank-System, das eine mehrstufige Analysefilterbank und/oder eine mehrstufige Synthesefilterbank aufweist, um ein Eingangssignal der Hörvorrichtung durch mehrere Filterbank-Kanäle in mehrere Teilbandsignale zu zerlegen und/oder um Teilbandsignale mehrerer Filterbank-Kanäle wieder zusammenzufügen, wobei das Filterbank-System mit mindestens einem Entzerrungsfilter ausgestattet ist, um Unterschiede der Frequenzgänge zwischen Filterbank-Kanälen auszugleichen.

[0011] In vorteilhafter Weise ist es mit dem Entzerrungsfilter (Equalizer) möglich, die unterschiedlichen

Gruppenlaufzeiten und gegebenenfalls unterschiedliche Betragsverläufe der Frequenzgänge der Filterbank-Kanäle auszugleichen bzw. Laufzeitsprünge zu verschleifen oder zu glätten.

[0012] Somit können Unstetigkeitsstellen im Frequenzgang des Filterbank-Systems beseitigt und damit zusammenhängende Störungen unterdrückt werden.

[0013] Vorzugsweise ist sowohl die Analyse-Filterbank als auch die Synthese-Filterbank mehrstufig aufgebaut, und das Entzerrungsfilter ist zwischen zwei hierarchischen Ebenen von Filtern des Filterbank-Systems angeordnet. Alternativ kann das Entzerrungsfilter in der untersten Stufe der Analyse-Filterbank oder der Synthese-Filterbank angeordnet sein. Damit sind nur ein oder mehrere Equalizer notwendig, die bei der niedrigsten Abtastrate arbeiten und somit weniger Rechenleistung erfordern.

[0014] Weiterhin alternativ kann das Entzerrungsfilter in der obersten Stufe der Synthese-Filterbank angeordnet sein. Vorteilhaft daran ist, dass der Gruppenlaufzeit-/Betragsfrequenzgang-Übergang über die maximale Frequenzbreite, nämlich die gesamte Signalbandbreite verteilt werden kann.

[0015] Vorzugsweise wird das Entzerrungsfilter in der Synthese-Filterbank angeordnet. Hiermit lassen sich auch Verzerrungen, die von der Analyse-Filterbank herkommen, entzerren.

[0016] Vorzugsweise sind in dem Filterbank-System mindestens zwei Paare nebeneinander liegender Filterbänke vorhanden, die im Verhältnis zueinander unterschiedliche Bandbreite besitzen, so dass bei jedem Filterbankpaar jeweils zwei Filterbank-Kanäle verschiedener Breite nebeneinander liegen, und im breiteren der jeweils zwei Filterbankkanäle ist je ein Entzerrungsfilter zur Gruppenlaufzeiterhöhung angeordnet. Damit lässt sich ohne weiteres ein stetiger Übergang der Gruppenlaufzeit an den Teilbandgrenzen erreichen.

[0017] 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 die Struktur einer gesamten Filterbank-Kaskade aus AFB und SFB mit Equalizer;
- FIG 3 ein Gruppenlaufzeitdiagramm über mehrere Teilbänder der Filterbänke von FIG 2;
- FIG 4 die Struktur eines Entzerrungsfilters realisiert als Kaskade von rekursiven Strukturen zweiter Ordnung;
- FIG 5 eine Allpassstruktur mit minimaler Multipliziereranzahl;
- FIG 6 einen Signalflussgrafen eines Allpasses ersten Grades;

FIG 7 einen Signalflussgrafen eines Allpasses zweiten Grades;

FIG 8 ein Gruppenlaufzeitdiagramm mit Sprungkompensation;

FIG 9 die Spezifikation eines komplexen Entzerrungsfilters und

FIG 10 die Spezifikation eines reellen Entzerrungsfilters.

[0018] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0019] In FIG 2 ist eine Filterbank-Kaskade bestehend aus einer mehrstufigen Analyse-Filterbank (AFB) und einer mehrstufigen Synthese-Filterbank (SFB) dargestellt. Die beispielhafte Filterbank dient zur Signalverarbeitung in einer Hörvorrichtung und insbesondere in einem Hörgerät. Die eingangsseitige Filterbank (FB1) der AFB zerlegt das Eingangssignal in vier Kanäle. Die ausgangsseitigen Filterbänke FB2A, FB2B, FB2C und FB2D zerlegen die vier Kanäle weiter in letztlich 24 Kanäle. Der unterste Kanal der FB1 wird dabei durch die FB2A in zwölf Kanäle zerlegt, während die übrigen drei Kanäle der FB1 mit Hilfe der ausgangsseitigen Filterbänke FB2B, FB2C und FB2D jeweils in vier Kanäle zerlegt werden. Die Eingangsabtastrate der FB1 beträgt beispielsweise 4 kHz. Die Abtastrate zwischen den beiden Filterbankstufen f_{zw} beträgt im gewählten Beispiel 6 kHz. Die Abtastraten in den Teilbandkanälen am Ausgang der AFB beträgt in den hohen Frequenzgruppen also nach den Filterbänken FB2B, FB2C und FB2D jeweils 3 kHz. Die Abtastrate nach der Filterbank FB2A der unteren Frequenzgruppe beträgt 1,2 kHz. Es erfolgt hier also in vorteilhafter Weise eine Abwärtstastung.

[0020] Nach der AFB wird eine teilbandspezifische Signalmanipulation durchgeführt, die in FIG 2 jedoch nicht dargestellt ist. Der Übersicht halber schließt sich an die AFB in FIG 2 unmittelbar die SFB zur Resynthese des Signals an. Die SFB ist hinsichtlich der Filterbänke in den einzelnen Stufen symmetrisch zu der AFB aufgebaut. Demnach befinden sich in der untersten Stufe der SFB die Filterbänke FB3A, FB3B, FB3C und FB3D, die jeweils zwölf bzw. vier Teilbandsignale zu einem Signal zusammenfügen. Die vier resultierenden Signale mit einer Abtastrate von 6 kHz werden der höheren Synthesestufe FB4 zugeführt, die die Signale zu einem Ausgangssignal mit einer Abtastrate von 24 kHz zusammensetzt.

[0021] Die breiteren Filterbänke FB2A und FB3A in der unteren Frequenzgruppe führen hier auch zu einer erhöhten Gruppenlaufzeit τ_g gegenüber der nächst höheren Frequenzgruppe mit den schmälere Filterbänken FB2B und FB3B. Dies kann FIG 3 anschaulich entnommen werden. Der Übersicht halber sind dort lediglich die Wirkungen der Filterbänke FB3A, FB3B und FB3C der Synthese-Filterbank eingezeichnet. An der Grenze zwi-

schen den beiden Filterbänken FB3A und FB3B ergäbe sich ein Gruppenlaufzeitsprung, der gestrichelt eingezeichnet ist. Ein derartiger Sprung würde jedoch zu Störungen im Ausgangssignal führen.

[0022] Erfindungsgemäß wird daher der Filterbank FB3B ein Entzerrungsfilter (Equalizer EQ) nachgeschaltet. Dieses Entzerrungsfilter EQ erhöht die Gruppenlaufzeit der Filterbank FB3B an der oberen (höherfrequenten) Bandkante auf den Wert der Gruppenlaufzeit der Filterbank FB3A an deren unterer Bandkante. Somit ergibt sich der in FIG 3 durchgezogene, stetige Verlauf zwischen den beiden Filterbänken FB3A und FB3B. Störungen im Ausgangssignal aufgrund von Gruppenlaufzeitunterschieden der Filterbänke können so größtenteils vermieden werden. Das Entzerrungsfilter EQ kann aber auch an anderen Stellen in dem AFB-SFB-System angeordnet sein. Dadurch wäre beispielsweise der gepunktete Übergang der Gruppenlaufzeit von dem Wert der Filterbank FB3A zum Wert der Filterbank FB3C in FIG 3 möglich (näheres siehe unten).

[0023] Entsprechend dem Grundgedanken der vorliegenden Erfindung wird ein AFB-SFB-System generell mit mindestens einem Entzerrer (Equalizer EQ) ausgestattet, um Gruppenlaufzeitunterschiede und/oder Dämpfungs-/Verstärkungsunterschiede zwischen Filterbank-Kanälen unterschiedlicher Bandbreite B_i zu vermindern. Dabei sollte sich die Entzerrungsfunktion stets auf den Fall beziehen, dass die Teilbandsignale der AFB-SFB-Filterbank keiner Manipulation unterworfen sind, also ein so genannter "Ruhezustand" vorliegt. Ziel des Angleichungsverfahrens ist dabei nicht die absolute Angleichung der Eigenschaften der Filterbank-Kanäle unterschiedlicher Bandbreite, sondern die abrupten, auf einen sehr schmalbandigen Frequenzbereich beschränkten Übergänge der Übertragungseigenschaften auf ein breiteres Frequenzband auszudehnen, um damit störende Artefakte zu vermeiden. Allgemein sollen also mit dem Entzerrungsfilter Gruppenlaufzeiten in gewissen Teilbändern erhöht bzw. Dämpfungen/Verstärkungen in gewünschter Weise verändert werden. In einem Spezialfall könnte so auch in Anlehnung an das Beispiel von FIG 3 die Gruppenlaufzeit der Filterbank FB3B an der oberen Bandkante vom Wert der Gruppenlaufzeit der Filterbank FB3C auf den Wert der Gruppenlaufzeit der Filterbank FB3A an der unteren Bandkante erhöht werden.

[0024] Nachfolgend werden weitere Ausführungsbeispiele für eine Anordnung von einem oder mehreren Entzerrungsfiltern EQ in dem Filterbanksystem dargestellt:

[0025] Beispielsweise kann ein Entzerrungsfilter EQ auch in die AFB integriert werden. Insbesondere könnte es analog zu dem Beispiel von FIG 2 zwischen den Ausgang der Filterbank FB1 und den Eingang der Filterbank FB2B geschaltet sein. Bei mehreren Mikrofonen, die auch mehrere AFB erfordern, würde dies zu einem erhöhten Aufwand führen.

[0026] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel könnte ein Entzerrungsfilter auf der untersten Ebene der Teilbänder im breiteren (3kHz) Kanal mit der nied-

rigsten Mittenfrequenz vorgesehen sein. In diesem Fall wird der Übergangsbereich nur über einen Kanal (der Bandbreite 3 kHz) ausgedehnt, während er sich bei einer Anordnung des Entzerrungsfilters in einer höheren Ebene beispielsweise über 3×3 kHz erstrecken kann. Alternativ muss in vier benachbarten 3 kHz-Kanälen jeweils ein Entzerrungsfilter eingesetzt werden. Vorteil beim Einsatz nur eines oder zweier Entzerrungsfilter auf dieser untersten Ebene ist, dass sie bei niedrigster Abtastrate arbeiten können und somit in der Regel weniger Rechenleistung erfordern.

[0027] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird das Entzerrungsfilter EQ in der höchsten Ebene des kaskadierten Filterbank-Systems hier am Ausgang der Filterbank FB4, angeordnet. Zwar erfordert dies eine höhere Abtastrate und damit einen höheren Aufwand, aber der Gruppenlaufzeit - bzw. Betragsfrequenzgang - Übergang kann über die maximale Frequenzbreite, d.h. die gesamte Signalbandbreite verteilt werden (vgl. gepunktete Linie in FIG 3)

[0028] In einem weiteren Ausführungsbeispiel besitzt das Filterbank-System mehr als zwei unterschiedliche Bandbreiten. An jedem Übergang zwischen benachbarten Kanälen unterschiedlicher Bandbreite ist ein Entzerrungsfilter EQ vorgesehen. Dabei ist das Entzerrungsfilter jeweils in dem Kanal mit der größeren Bandbreite anzuordnen, da es dort die Gruppenlaufzeit erhöhen muss. Im Fall einer Betragsfrequenzgangsentserrung kann das verstärkende oder abschwächende Entzerrungsfilter EQ auch in dem jeweils anderen Kanal angeordnet sein.

[0029] Wie die oben dargestellten Ausführungsbeispiele zeigen, bringt die erfindungsgemäße Einführung von Entzerrern bzw. Entzerrungsfiltern EQ in einzelnen Filterbank-Kanälen auf unterschiedlicher hierarchischer Ebene eine Vermeidung abrupter Übergänge der Dämpfung/Verstärkung und/oder der Gruppenlaufzeit. Besondere Vorteile ergeben sich, wenn eine möglichst kleine Anzahl von Entzerrungsfiltern EQ eingesetzt wird, indem sie an denjenigen Stellen angeordnet werden, wo sie am wirksamsten sind. Sie können aber auch dort angeordnet werden, wo sie am wenigsten Rechenaufwand verursachen.

[0030] Das Entzerrungsfilter EQ, mit dem auf einem sehr schmalbandigen Frequenzbereich beschränkte Übergänge der Übertragungseigenschaften auf ein breiteres Frequenzband ausgedehnt werden können, kann auf vielfältige Art und Weise realisiert werden. Nachfolgend sind einige konkreten Realisierungsformen aufgezählt:

1. Rekursive (IIR) Realisierung des Entzerrers EQ mit einer der beiden Direktformen (= 1. und 2. kanonische Form aus Karl-Dirk Kammeyer, Kristian Krotschel: "Digitale Signalverarbeitung, Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen", 6. Auflage, Teubner Verlag 2006, Kapitel 4.1, Seiten 78 ff.) mit hoher Koeffizientenempfindlichkeit. Eine weitere

Realisierungsmöglichkeit besteht in der Kaskadenform (= 3. kanonische Form; hierzu ebenso K-D Kammeyer et al. a.a.O.) mit geringer Koeffizientenempfindlichkeit. FIG 4 zeigt eine derartige Struktur des Entzerrungsfilters EQ. Es verhält sich beispielsweise wie ein Allpass und stellt eine herkömmliche Kaskade aus rekursiven Filtern zweiter Ordnung dar. Die Filterkoeffizienten von EQ sind beispielsweise mit der MATLAB-Funktion `tf2sos` in diese Form umzurechnen. Aus dem Allpass sechster Ordnung ergeben sich so drei Sektionen ($\gamma = 2, 3$) zweiter Ordnung mit dem Verstärkungsfaktor g_* , dem Koeffizienten des FIR-Teils $b_0, \dots, b_1, \dots, b_2, \dots$ und den Koeffizienten des IIR-Teils $a_1, \dots, a_2, \dots$. Schließlich lässt sich der Entzerrer EQ auch mit einer Parallelform (= 4. kanonische Form; vgl. ebenso K-D Kammeyer et al. a.a.O.) mit geringer Koeffizientenempfindlichkeit realisieren.

2. Nichtrekursive (FIR) Realisierung des Entzerrers EQ mit einer der beiden Direktformen (= 1. und 2. kanonische Form) mit in diesem Fall geringer Koeffizientenempfindlichkeit, aber auch mit der Kaskadenform (= 3. kanonische Form) mit geringer Koeffizientenempfindlichkeit (vgl. hierzu ebenso K-D Kammeyer et al. a.a.O.).

3. Ausführung des Entzerrers zur kombinierten Entzerrung von Betragsfrequenzgang und Gruppenlaufzeit: Realisierung als IIR-System oder als FIR-System mit nicht symmetrischer Impulsantwort (Koeffizienten) gemäß obiger Punkte 1 bzw. 2.

4. Ausführung des Entzerrers zur ausschließlichen Entzerrung von Betragsfrequenzgängen von Filterbankkanälen: Realisierung als IIR-System oder als linearphasiges FIR-System mit symmetrischer Impulsantwort (Koeffizienten) gemäß obiger Punkte 1 bzw. 2.

5. Ausführung des Entzerrers zur ausschließlichen Entzerrung der Gruppenlaufzeit von Filterbankkanälen: Realisierung als IIR-Allpass gemäß obigem Punkt 1. Außerdem kann der Entzerrer gemäß FIG 5 als sehr effizienter Allpass realisiert werden (vgl. K-D Kammeyer et al., Kapitel 4.3 "Allpässe"). Die Allpassstruktur von FIG 5 ist zwar bezüglich der Speicher nicht kanonisch, da $2n$ Speicherelemente für ein System n -ter Ordnung benötigt werden, sie kommt dafür aber mit der Minimalzahl von Multiplizierern, nämlich $n+1$, aus. Vom Standpunkt des Realisierungsaufwandes bietet diese Struktur gegenüber der kanonischen Form daher Vorteile.

Der Entzerrer kann auch hier in Kaskadenform realisiert sein, wobei jeder Block erster oder zweiter Ordnung ein bzw. zwei Verzögerungsglieder und einen (zwei) Multiplizierer benötigt. Ein entsprechender kanonischer Allpass erster Ordnung mit einem

einzigsten Multiplizierer ist in FIG 6 wiedergegeben, während ein kanonischer Allpass zweiter Ordnung mit zwei Multiplizierern in FIG 7 dargestellt ist.

6. Die Angleichung der Gruppenlaufzeit kann stetig durch einen Allpass in dem Entzerrungsfiler EQ erfolgen. In FIG 8 ist der Gruppenlaufzeitsprung 10 dargestellt, der ohne das Laufzeitfilter EQ auftritt. Damit die Gruppenlaufzeit möglichst monoton verändert wird, sind die einzelnen Übergangsbereiche 11, 12, 13 und 14 der Filterübertragungsfunktionen H_0, H_1, H_2 der Filterbänke FB3A, FB3B und FB3C zu beachten. Soll die Gruppenlaufzeit anstelle des Sprungs 10 monoton verlaufen, so kann durch das Entzerrungsfiler EQ beispielsweise die Gruppenlaufzeit addiert werden, die sich in FIG 8 unter der gestrichelten Linie 15 ergibt, welche die Übergangsbereiche 12 und 13 verbindet (vgl. auch FIG 3). Möchte man des Weiteren die Gruppenlaufzeit für höhere Frequenzen möglichst niedrig halten, so kann der Übergangsbereich für die Gruppenlaufzeit weiter eingeschränkt werden. Der Verlauf der Gruppenlaufzeit kann dann entsprechend der durchgezogenen Linie 16 etwas steiler gehalten werden.

[0031] Das Entzerrungsfiler EQ kann weiter dadurch optimiert werden, dass ein möglichst einfacher Allpass entworfen wird, der die Spezifikation nach FIG 8 näherungsweise enthält. Dazu ist in FIG 9 zunächst die komplexwertige Spezifikation (resultierend aus der Verarbeitung der Signale durch beispielsweise komplex modulierte Filterbank)eines Allpasses normiert auf die Abtastrate f_{zw} im Teilband aufgetragen. Dabei beschreibt die gestrichelte Linie 17 einen Abfall der zusätzlich eingeführten Gruppenlaufzeit, der technisch für eine einwandfreie Überlagerung mindestens der Teilbänder nötig ist, und die durchgezogene Linie 18 einen steileren Abfall im Sinne einer möglichst niedrigen Gruppenlaufzeit für höhere Frequenzen. Anstelle eines komplexen Entzerrers gemäß FIG 9 kann aber gegebenenfalls auch ein reeller Entzerrer entsprechend FIG 10 verwendet werden. Die durch die symmetrischen Anteile entstehenden Artefakte stören hier nicht. Der Aufbau eines reellen Filters ist jedoch deutlich einfacher als der eines komplexen Filters, so dass hier das reelle Filter zu bevorzugen ist.

[0032] Die oben geschilderten Realisierungsformen ermöglichen einzeln oder in Kombination miteinander in einer oder mehreren hierarchischen Ebenen einen Entzerrer in einzelnen Filterbankkanälen zu verwirklichen, um abrupte Übergänge der Dämpfung/Verstärkung und/oder der Gruppenlaufzeit zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Hörvorrichtung mit

- einem Filterbank-System, das eine mehrstufi-

ge Analysefilterbank (AFB) und/oder eine mehrstufige Synthesefilterbank (SFB) aufweist, um ein Eingangssignal der Hörvorrichtung durch mehrere Filterbankkanäle in mehrere Teilbandsignale zu zerlegen und/oder um Teilbandsignale mehrerer Filterbankkanäle wieder zusammenzufügen,

5

dadurch gekennzeichnet, dass

10

- das Filterbank-System mit mindestens einem Entzerrungsfilter (EQ) ausgestattet ist, um Unterschiede der komplexen Frequenzgänge zwischen Filterbankkanälen auszugleichen.

15

2. Hörvorrichtung nach Anspruch 1, wobei mit dem Entzerrungsfilter (EQ) Gruppenlaufzeitunterschiede zwischen den Filterbankkanälen ausgleichbar sind.
3. Hörvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei mit dem Entzerrungsfilter (EQ) Dämpfungs- oder Verstärkungsunterschiede zwischen den Filterbankkanälen ausgleichbar sind.
4. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sowohl die Analysefilterbank (AFB) als auch die Synthesefilterbank (SFB) mehrstufig aufgebaut sind und das Entzerrungsfilter (EQ) zwischen zwei hierarchischen Ebenen von Filtern des Filterbank-Systems angeordnet ist.
5. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Entzerrungsfilter (EQ) in der Synthesefilterbank (SFB) angeordnet ist.
6. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Entzerrungsfilter (EQ) in der untersten Stufe der Analysefilterbank (AFB) oder der Synthesefilterbank (SFB) angeordnet ist.
7. Hörvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Entzerrungsfilter (EQ) in der obersten Stufe der Synthesefilterbank (SFB) angeordnet ist.
8. Hörvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei in dem Filterbanksystem mindestens zwei Paare nebeneinander liegender Filterbänke vorhanden sind, dabei die jeweils nebeneinander liegenden Filterbänke im Verhältnis zueinander Kanäle unterschiedlicher Bandbreite besitzen, so dass bei jedem Filterbankpaar jeweils zwei Filterbankkanäle verschiedener Breite nebeneinander liegen, und im breiteren der jeweils zwei Filterbankkanäle je ein Entzerrungsfilter (EQ) zur Gruppenlaufzeiterhöhung angeordnet ist.

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

(Stand der Technik)

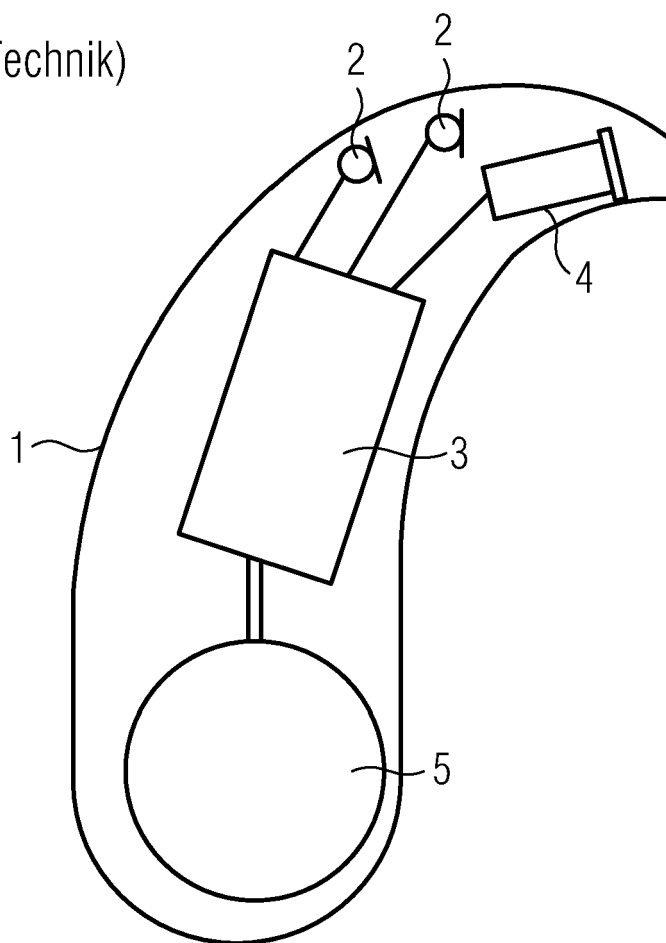


FIG 2

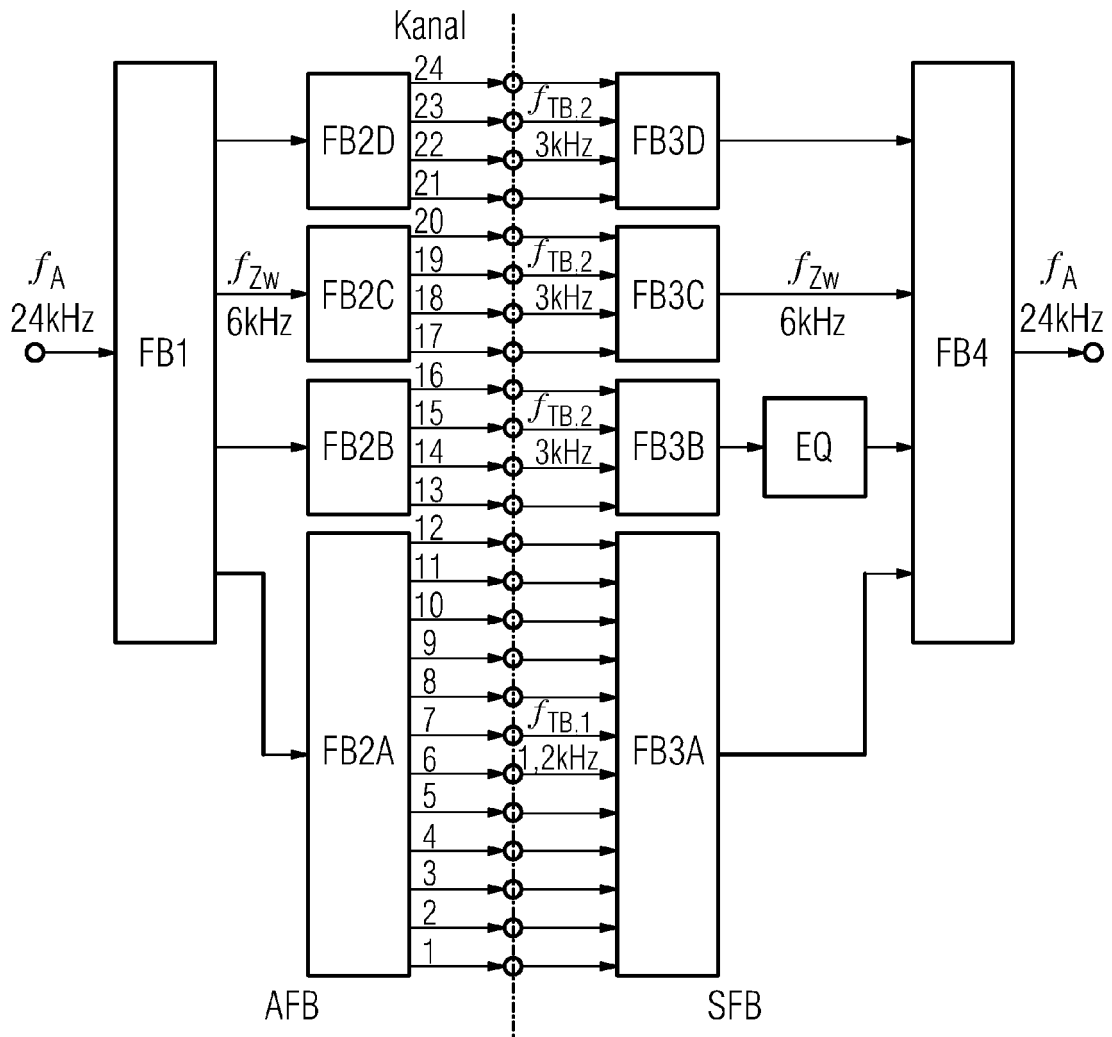


FIG 3

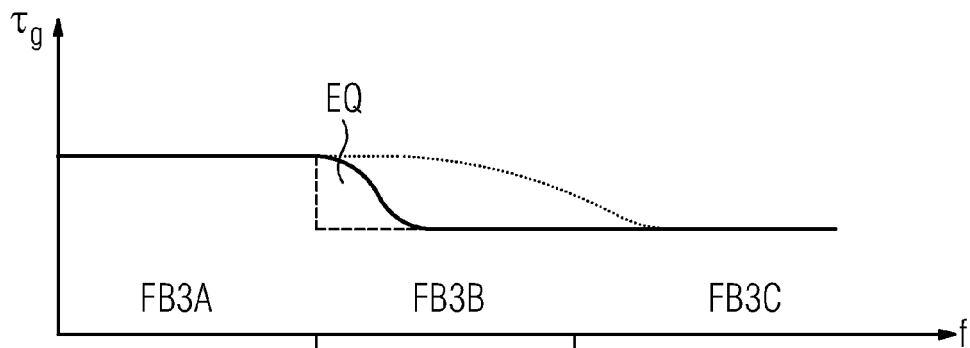


FIG 4

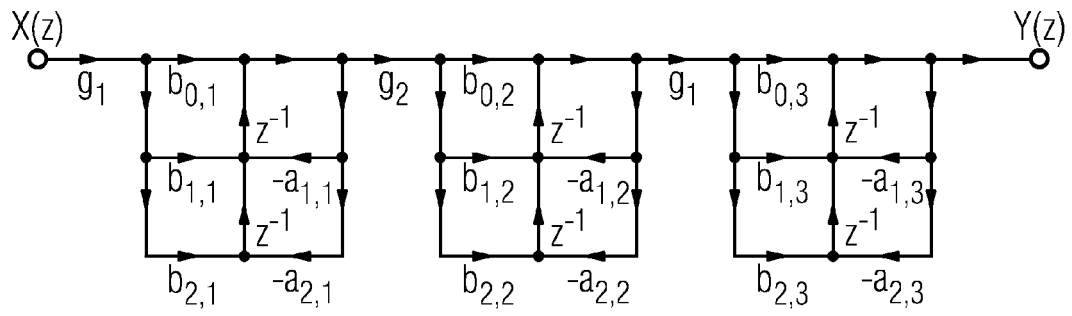


FIG 5

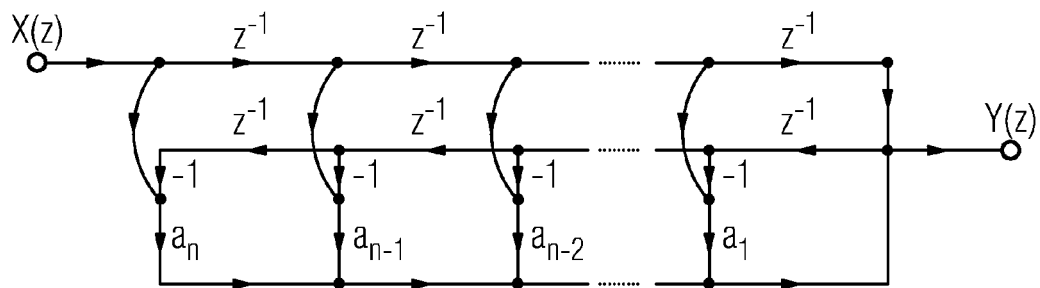


FIG 6

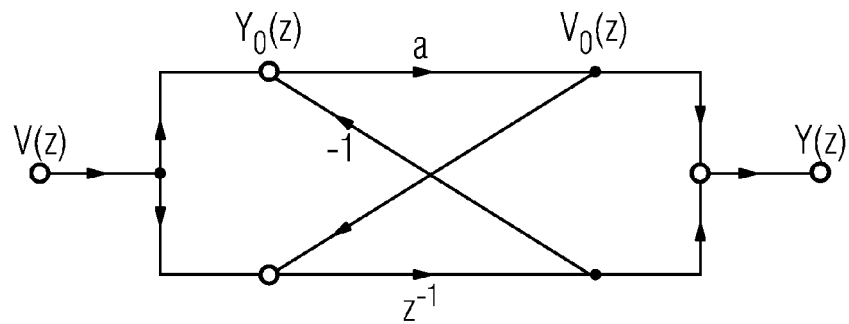


FIG 7

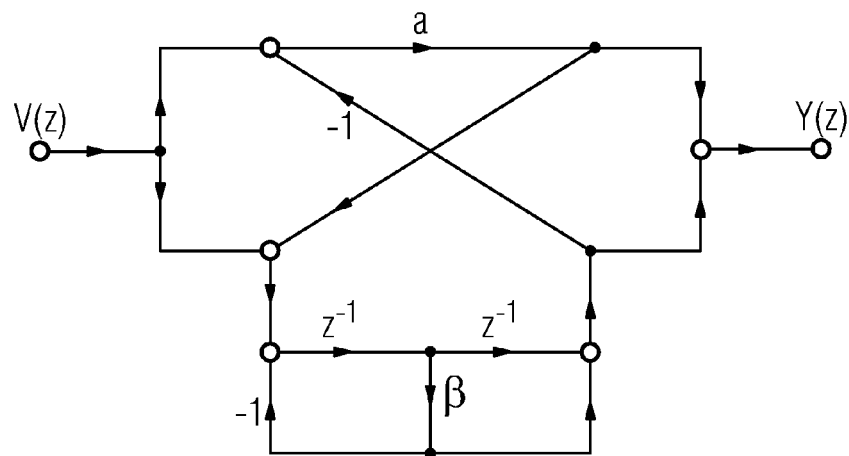


FIG 8

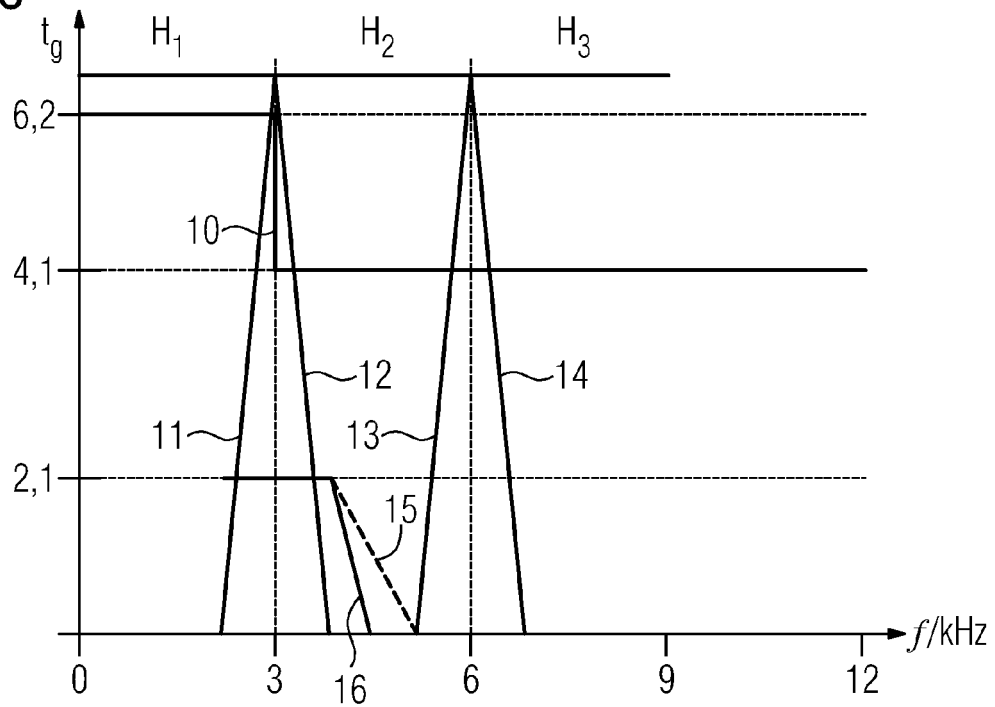


FIG 9

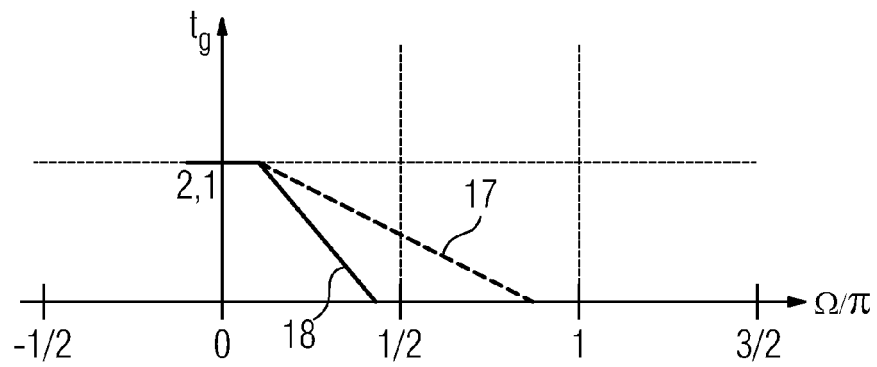
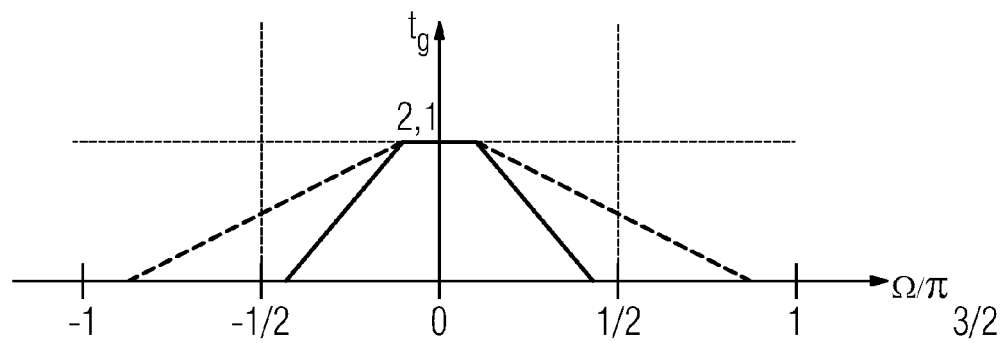


FIG 10



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 Patentedokumente

- WO 9802983 A [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Multiratenysteme Abstratenumsetzung und digitale Filterbänke. **Göckler, Heinz G. ; Groth Alexandra.** Wildburgstetten. Schlemmbachverlag, 2004, 397-399 [0008]
- **Karl-Dirk Kammeyer ; Kristian Kroschel.** Digitale Signalverarbeitung, Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen. Teubner Verlag, 2006, 78 ff [0030]