



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 34 130 B3** 2004.02.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 34 130.3**

(22) Anmeldetag: **26.07.2002**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.02.2004**

(51) Int Cl.⁷: **H03M 7/30**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(72) Erfinder:

**Edler, Bernd, 30419 Hannover, DE; Geyersberger,
Stefan, 97076 Würzburg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

**PRINCEN, J., BRADLEY, A.B.: Analysis/Synthesis
Filter Bank Design Based on Time Domain
Aliasing
Cancellation. In: IEEE Transactions on acoustics,**

**speech, and signal processing, Vol. ASSP-34,
No. 5, October 1986, S. 1153-1161;
VINTON, M.S., ATLAS, L.E.: A Scalable and
Progres-**

**sive Audio Codec. In: IEEE ICASSP 2001, May
7-11,**

2001, Salt Lake City;

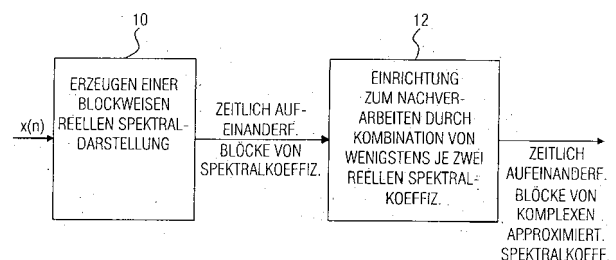
**KARP, T., FLIEGE, N.J.: MDFT Filter Banks with
Perfect Reconstruction. In: Proc. IEEE ISCAS
1995,**

Seattle, WA;

**KARP, T., FLIEGE, N.J.: Modified DFT Filter Bank
with Perfect Reconstruction. In: IEEE Transac-
tions on Circuits and Systems-II: Analog and
Digital Signal Processing, Vol. 46, No. 11,
November 1999, S. 1404-1414;**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals**

(57) Zusammenfassung: Eine Filterbankvorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals umfaßt eine Einrichtung (10) zum Erzeugen einer blockweisen reellen Spektraldarstellung, die beispielsweise eine MDCT implementiert, um zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke von reellen Spektralkoeffizienten zu erhalten. Die Ausgangswerte dieser Spektralumsetzungsvorrichtung werden einer Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten der blockweisen reellen Spektraldarstellung zugeführt, um eine approximierte komplexe Spektraldarstellung zu erhalten, die aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizienten und einen zweiten Teilspektralkoeffizienten darstellbar ist, wobei zumindest entweder der erste oder der zweite Teilspektralkoeffizient durch eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten ermittelt wird. Durch Kombination zweier reeller Spektralkoeffizienten, und zwar vorzugsweise durch eine gewichtete Linearkombination, wird eine gute Approximation für eine komplexe Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals erhalten, wobei zudem mehrere Freiheitsgrade zur Optimierung des Gesamtsystems zur Verfügung stehen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Zeit-Frequenz-Umsetzungsalgorithmen und insbesondere auf solche Algorithmen in Verbindung mit Audiokompressionskonzepten.

[0002] Für einige Anwendungen bei der Codierung zu Zwecken der Datenkompression und insbesondere bei der Audiocodierung ist eine Darstellung reellwertiger zeitdiskreter Signale in Form von komplexwertigen Spektralkomponenten notwendig. Ein komplexer Spezialkoeffizient kann durch einen ersten und einen zweiten Teilspektralkoeffizient dargestellt werden, wobei je nach Wunsch der erste Teilspektralkoeffizient der Realteil und zweite Teilspektralkoeffizient der Imaginärteil sind. Alternativ kann der komplexe Spektralkoeffizient auch durch den Betrag als ersten Teilspektralkoeffizient und die Phase als zweiten Teilspektralkoeffizient dargestellt werden.

Stand der Technik

[0003] Insbesondere bei der Audiocodierung werden oft reellwertige Transformationsverfahren eingesetzt, wie z. B. die bekannte MDCT, die in „Analysis/Synthesis Filter Bank Design Based on Time Domain Aliasing Cancellation“, J. Princen, A. Bradley, IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Processing **34**, S. 1153–1161, 1986, beschrieben ist. Es besteht z. B. innerhalb des psychoakustischen Modells der Bedarf nach einem komplexen Spektrum. Hierzu wird auf das psychoakustische Modell in Annex D.2.4 des Standards ISO/IEC 11172-3 verwiesen, der auch als MPEG1-Standard bezeichnet wird. Bei bestimmten Anwendungen läuft parallel zur eigentlichen MDCT-Transformation (MDCT = modifizierte diskrete Cosinustransformation) eine komplexe diskrete Fourier-Transformation mit, um psychoakustische Parameter zu berechnen, wie z. B. die psychoakustische Maskierungsschwelle.

[0004] Bei dieser diskreten Fourier-Transformation (DFT) wird das Eingangssignal zunächst mittels Multiplikation mit zeitlich gegeneinander versetzten Fensterfunktionen in Blöcke einer vorgegebenen Länge unterteilt. Jeder dieser Blöcke wird anschließend durch Anwendung der DFT in eine Spektraldarstellung überführt. Beibehalten die verwendeten Blöcke jeweils L Abtastwerte, d. h. beträgt die Fensterlänge L, so läßt sich der Ausgang der DFT wiederum in Form von insgesamt L Werten (Real- und die Imaginärteile oder Betrags- und Phasenwerte) vollständig beschreiben. Wenn beispielsweise das Eingangssignal reell ist, ergeben sich L/2 komplexe Werte. Bei der Verwendung geeigneter Fensterfunktionen kann aus dieser Darstellung mit Hilfe einer inversen DFT das Eingangssignal wieder rekonstruiert werden.

[0005] Dieser Ansatz unterliegt jedoch einigen Einschränkungen. So ist beispielsweise eine kritische Abtastung nur möglich, wenn sich aufeinanderfolgende Fenster nicht überlappen. Andernfalls wären nämlich bei einem zeitlichen Versatz von $N < L$ Werten für jeweils N neue Eingangswerte der DFT L Werte in der Spektraldarstellung zu übertragen, was insbesondere bei Datenkompressionsverfahren unerwünscht ist.

[0006] Die Verwendung nicht-überlappender Fensterfunktionen bedeutet jedoch eine starke Einschränkung der erzielbaren Güte der Spektralzerlegung, wobei insbesondere die Trennung unterschiedlicher Frequenzbänder zu nennen ist.

[0007] Eine bessere Bandtrennung läßt sich dagegen mit reellwertigen Transformationen mit überlappenden Fensterfunktionen erzielen. Eine besondere Klasse dieser Transformationen stellen die sogenannten modulierten Filterbänke dar, die sich durch die Möglichkeit einer effizienten Implementierung auszeichnen. Unter diesen modulierten Filterbänken hat sich als Sonderform die modifizierte diskrete Cosinustransformation (MDCT) durchgesetzt, bei der die Fensterlänge L aufgrund unterschiedlicher Überlappungsgrade Werte zwischen N und $2N - 1$ annehmen kann.

[0008] **Fig. 6** zeigt die Zerlegung eines zeitdiskreten Eingangssignals $x(n)$ in die Spektralkomponenten $u_{k,m}$, wobei m den zeitlichen Blockindex darstellt, also den Zeitindex nach der Abtaststratenreduktion, während k der Frequenzindex oder Teilband-Index ist. Die Abtastfrequenzen sind in allen Teilbändern gleich, d. h. die Original-Abtastfrequenz ist um den Faktor N reduziert. Die in **Fig. 6** dargestellte Filterbank mit Filtern **60** und nachgeschalteten Downsampling-Elementen **62** liefert eine gleichförmige Bandaufteilung.

[0009] Bei einer modulierten Filterbank entstehen die einzelnen Teilbandfilter durch Multiplikation einer Prototyp-Impulsantwort $h_p(n)$ mit einer teilbandspezifischen Modulationsfunktion, wobei für die MDCT und ähnliche Transformationen folgende Vorschrift verwendet wird:

$$h_k(n) = h_p(n) \cos\left(\frac{\pi}{N} \left(n - \frac{N}{2} + \frac{1}{2}\right) \left(k + \frac{1}{2}\right)\right)$$

[0010] Die obige Transformationsvorschrift kann auch von der obigen Gleichung abweichen, z. B. wenn die Sinusfunktion anstatt der Cosinusfunktion verwendet wird, oder wenn anstelle von „-N/2“ „+N/2“ verwendet wird. Auch der Einsatz mit der später erwähnten abwechselnden MDCT/MDST (bei Verwendung von k anstelle von $k+1/2$) ist denkbar.

[0011] In der oben stehenden Gleichung stellt $h_p(n)$ die Prototyp-Impulsantwort dar. $h_k(n)$ ist die Filter-Impulsantwort- für das Filter, das dem Teilband k zugeordnet ist. n ist der Zählindex des zeitdiskreten Eingangssignals $x(n)$, während N die Anzahl der Spektralkoeffizienten angibt.

[0012] Die Ausgangswerte einer reellwertigen Transformation, wie z. B. der MDCT, die bekanntlich nicht energieerhaltend ist, sind jedoch nur bedingt für Anwendungen einsetzbar, die komplexwertige Spektralkomponenten erfordern. Verwendet man beispielsweise die Beträge der reellen Ausgangswerte als Näherung für die Beträge komplexwertiger Spektralkomponenten in den entsprechenden Frequenzbereichen, so ergeben sich selbst bei sinusförmigen Eingangssignalen konstanter Amplitude starke Schwankungen. Eine derartige Vorgehensweise liefert demnach nur schlechte Näherungen für Kurzzeit-Betragspektren des Eingangssignals.

[0013] In der Fachveröffentlichung „A Scalable and Progressive Audio Codec“, Vinton und Atlas, IEEE ICASSP 2001, 7.-11. Mai 2001, Salt Lake City, ist ein Audiocodierer mit einem Transformationsalgorithmus dargestellt, der aus einer Basistransformation und einer zweiten Transformation besteht. Das Eingangssignal wird durch eine Kaiser-Bessel-Fensterfunktion gefenstert, um zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke von Abtastwerten zu erzeugen. Die Blöcke von Eingangswerten werden dann entweder mittels einer modifizierten diskreten Cosinustransformation (MDCT) oder mittels einer modifizierten diskreten Sinustransformation (MDST) abhängig von einem Verschiebungsindex transformiert. Dieser Basistransformationsprozeß entspricht im wesentlichen der TDAC-Filterbank, die in der zitierten Fachveröffentlichung von Princen und Bradley beschrieben ist. Hierauf werden zwei zeitlich benachbarte Blöcke von Spektralkoeffizienten in eine einzige komplexe Transformation kombiniert, derart, daß der MDCT-Block die Realteile von komplexen Spektralkoeffizienten darstellt, während der zeitlich aufeinanderfolgende MDST-Block die zugehörigen Imaginärteile der komplexen Spektralkoeffizienten darstellt. Hieraus wird eine Zeit-Frequenz-Verteilung des Betrags des komplexen Spektrums erzeugt, wobei eine zweidimensionale Betragsverteilung über der Zeit in jedem Frequenzband gefenstert wird, und zwar wieder mit 50% überlappenden Fensterfunktionen. Hierauf wird mittels der zweiten Transformation eine Betragsmatrix berechnet. Die Phaseninformationen werden der zweiten Transformation nicht unterzogen.

[0014] Die abwechselnde Verwendung der Ausgangswerte einer MDCT als Real- und Imaginärteil wird auch in der Fachveröffentlichung „MDFT Filter Banks with Perfect Reconstruction“, Karp und Fliege, Proc. IEEE IS-CAS 1995, Seattle, WA, als „MDFT“ eingeführt.

[0015] Es wurde herausgefunden, daß auch diese Approximation eines komplexen Spektrums aus einer reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Eingangssignals dahingehend problematisch ist, daß für Töne bestimmter Frequenzen keine angemessene Betragsdarstellung gewonnen werden kann. Somit ist auch bei dieser Transformation die Bestimmung von Kurzzeit-Betragspektren nur bedingt möglich.

[0016] Die DE 696 03 166 T2 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur effizienten Implementierung von Einseitenband-Filterbänken, die genaue Werte der spektralen Amplitude und Phase erzeugen. Im einzelnen wird eine erste Spektraldarstellung erzeugt durch Falten oder Kombinieren und entsprechendes Umstellen von Eingangssignalabtastwerten, um rotierte komplexwertige Abtastwerte zu erhalten, auf die eine Blocktransformation angewendet wird. Hierauf wird eine komplexe Rotationsfunktion auf Zwischentransformationskoeffizienten angewendet, um dann die rotierten Koeffizienten umzuordnen, um die erste Spektraldarstellung zu erzeugen. Die zweite Spektraldarstellung wird im wesentlichen durch den selben Prozeß erzeugt, wobei jedoch der erste Schritt des Faltens an einer anderen Gruppe von Eingangssignalabtastwerten ausgeführt wird, und wobei der letzte Schritt des Umordnens das Vorzeichen der Hälfte der Werte in der Spektraldarstellung invertiert.

Aufgabenstellung

[0017] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Konzept zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals zu schaffen.

[0018] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung nach Patentanspruch 1, ein Verfahren zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung nach Patentanspruch 18, eine Vorrichtung zum Codieren eines zeitdiskreten Signals nach Patentanspruch 19, ein Verfahren zum Codieren eines zeitdiskreten Signals nach Patentanspruch 20, eine Vorrichtung zum Erzeugen einer reellen Spektraldarstellung nach Patentanspruch 21, ein Verfahren zum Erzeugen einer reellen Spektraldarstellung nach Patentanspruch 22 oder durch ein Computer-Programm nach Patentanspruch 23 gelöst.

[0019] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine gute Approximation für eine Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals aus einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals ermittelt werden kann, indem ein erster Teilspektralkoeffizient und/oder ein zweiter Teilspektralkoeffizient dadurch berechnet wird, daß zumindest zwei reelle Spektralkoeffizienten kombiniert werden. Damit wird z. B. der Realteil/oder der Imaginärteil eines approximierten komplexen Spektralkoeffizienten für einen bestimmten Frequenzindex durch Kombination von zwei oder mehr reellen Spektralkoeffizienten vorzugsweise in zeitlicher und/oder frequenzmäßiger Nähe zu dem zu berechnenden komplexen Spektralkoeffizienten erhalten. Vorzugsweise ist die Kombination eine Linearkombination, wobei ferner die zu kombinierenden reellen

Spektralkoeffizienten vor der Linearkombination, d. h. einer Addition oder Subtraktion, mit konstanten Gewichtungsfaktoren gewichtet werden können.

[0020] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß eine Linearkombination eine Addition oder Subtraktion verschiedener Linearkombinationspartner ist, die mit Gewichtungsfaktoren vor der Linearkombination gewichtet sein können oder nicht. Die Gewichtungsfaktoren können positive oder negative reelle Zahlen einschließlich Null sein.

[0021] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die zwei oder mehr reellen Spektralkoeffizienten, die kombiniert werden, um einen komplexen Teilspektralkoeffizienten für einen Frequenzindex und einen (zeitlichen) Blockindex zu erhalten, in frequenzmäßiger und/oder zeitlicher Nähe angeordnet. In frequenzmäßiger Nähe befinden sich die reellen Spektralkoeffizienten mit einem um 1 höheren oder um 1 niedrigeren Frequenzindex aus dem aktuellen (zeitlichen) Block. Darüber hinaus befinden sich in zeitlicher Nähe die entsprechenden reellen Spektralkoeffizienten aus dem unmittelbar vorausgehenden zeitlichen Block oder dem unmittelbar nachfolgenden zeitlichen Block mit demselben Frequenzindex. In zeitlicher und frequenzmäßiger Nähe befinden sich ferner die reellen Spektralkoeffizienten des unmittelbar vorausgehenden oder unmittelbar folgenden zeitlichen Blocks mit einem Frequenzindex, der um einen Frequenzindex höher oder niedriger ist als der Frequenzindex des gerade berechneten Teilspektralkoeffizienten.

[0022] Vorzugsweise variiert die Kombinationsvorschrift zum Berechnen eines Teilspektralkoeffizienten abhängig davon, ob der Frequenzindex gerade oder ungerade ist.

[0023] Erfindungsgemäß wurde herausgefunden, daß eine Kombination von reellen Spektralkoeffizienten in zeitlicher und/oder frequenzmäßiger Nähe zu dem komplexen Spektralkoeffizienten, der bestimmt werden soll, eine gute Annäherung an einen erwünschten Frequenzgang der gesamten Anordnung aus der Einrichtung zum Erzeugen einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung und der Einrichtung zum Nachverarbeiten der blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung liefert, wobei der Frequenzgang – der üblicherweise einen Bandpasscharakter aufweist – für positive Frequenzen einen erwünschten Verlauf haben soll, und für negative Frequenzen möglichst klein bzw. gleich 0 sein soll. Ein solcher Frequenzgang ergibt sich durch das erfindungsgemäße Konzept und wird für viele Anwendungen als vorteilhaft angesehen.

[0024] Die Eigenschaften dieses Frequenzgangs können bei bevorzugten Ausführungsbeispielen z. B. durch geeignete Einstellung der Gewichtungsfaktoren oder aber durch entsprechende Modifikation der Fensterfunktionen der ersten Transformation zum Erzeugen der reellwertigen Spektralkoeffizienten manipuliert werden. Das System liefert somit viele Freiheitsgrade zur Anpassung an bestimmte Bedürfnisse, wobei insbesondere auch die Möglichkeit zu nennen ist, nicht nur zwei reelle Spektralkoeffizienten zu kombinieren, sondern auch mehr als zwei reelle Spektralkoeffizienten zu kombinieren, um eine noch bessere Approximation an einen gewünschten Frequenzgang der Gesamtanordnung zu erreichen.

Ausführungsbeispiel

[0025] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

[0026] **Fig. 1** ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung;

[0027] **Fig. 2a bis 2c** eine Darstellung der einer Teilspektralkomponente für einen komplexen Spektralkoeffizient mit Frequenzindex k und Blockindex m benachbarten reellen Spektralkoeffizienten;

[0028] **Fig. 3** eine schematische Darstellung zur Berechnung komplexer Teilbandsignale mit einer reellwertigen Transformation T_1 und einer Nachverarbeitungstransformation T_2 ;

[0029] **Fig. 4** ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit kritischer Abtastung;

[0030] **Fig. 5** ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ohne kritische Abtastung; und

[0031] **Fig. 6** eine bekannte reellwertige Filterbank mit gleichförmiger Bandaufteilung.

[0032] **Fig. 1** zeigt eine Vorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals $x(n)$. Das zeitdiskrete Signal $x(n)$ wird in eine Einrichtung **10** zum Erzeugen einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals eingespeist, wobei die Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von Spektralkoeffizienten aufweist, wie es anhand der **Fig. 2a bis 2b** detaillierter erläutert wird. Am Ausgang der Einrichtung **10** liegt somit eine Folge von zeitlich aufeinanderfolgenden Blöcken von Spektralkoeffizienten vor, die aufgrund der Eigenschaft der Einrichtung **10** reellwertige Spektralkoeffizienten sind. Diese Folge von zeitlich aufeinanderfolgenden Blöcken von Spektralkoeffizienten wird in eine Einrichtung **12** zum Nachverarbeiten eingespeist, um eine blockweise komplexe approximierte Spektraldarstellung zu erhalten, die aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Spektralkoeffizient dar-

stellbar ist, wobei zumindest der erste oder der zweite Spektralkoeffizient durch eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten ermittelt wird.

[0033] Die **Fig. 2a bis 2c** zeigen zusammen eine Folge von Blöcken von Beträgen von reellwertigen Spektralkoeffizienten, wie sie durch die Einrichtung **10** von **Fig. 1** erzeugt werden. m stellt einen Blockindex dar, während k einen Frequenzindex darstellt. **Fig. 2** zeigt einen entlang der Frequenzachse aufgetragenen Block von reellwertigen Spektralkoeffizienten zum Zeitpunkt bzw. Blockindex $(m-1)$. Der Block von Spektralkoeffizienten umfaßt Spektralkoeffizienten $u_{i,m-1}$, wobei i ein Laufindex ist, während $m-1$ für den Blockindex steht. Insbesondere ist in **Fig. 2a** eine Spektrallinie mit dem Frequenzindex $i = k$ sowie eine Spektralkomponente mit dem Frequenzindex $i = (k-1)$ und $i = (k+1)$ gezeigt.

[0034] **Fig. 2b** zeigt dieselbe Situation, nun jedoch für den zeitlich nachfolgenden Block m . Schließlich zeigt **Fig. 2c** wieder dieselbe Situation, nun jedoch für den Blockindex $(m+1)$. Damit ergibt sich in der Folge der **Fig. 2a, 2b, 2c** ein zeitlicher Verlauf, der durch einen Pfeil **20** in den **Fig. 2a bis 2c** symbolisiert ist.

[0035] **Fig. 3** zeigt eine alternative Darstellung der Vorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung, wobei das zeitdiskrete Eingangssignal $x(n)$ in der Einrichtung **10** zum Erzeugen einer blockweisen reellen Spektraldarstellung eingespeist wird, die in **Fig. 3** mit T_1 bezeichnet ist. Es sei darauf hingewiesen, daß es sich hier um eine erste Umsetzung des Zeitsignals, das gefenstert worden ist, um blockweise vorzuliegen, in eine spektrale Darstellung am Ausgang der Einrichtung **10** handelt. **Fig. 3** zeigt eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt bzw. Blockindex m , bezieht sich also auf **Fig. 2b**, die vorstehend beschrieben worden ist. Die Ausgangswerte der Einrichtung **10**, also die reellwertigen Spektralkoeffizienten, die beispielsweise MDCT-Koeffizienten sein können, werden in die Einrichtung **12** zum Nachverarbeiten eingespeist, um ausgangsseitig ein komplexes Spektrum zu erhalten, das für jeden Frequenzindex k einen ersten Teilspektralkoeffizienten $p_{k,m}$ und einen zweiten Teilspektralkoeffizienten $q_{k,m}$ umfaßt, wobei $p_{k,m}$ der Realteil und $q_{k,m}$ der Imaginärteil des komplexen Spektralkoeffizienten für den Frequenzindex k sind, wobei m den Blockindex bezeichnet.

[0036] Erfindungsgemäß werden somit zur Erzeugung komplexwertiger Spektralkomponenten reellwertige Transformationen in Form von modulierten Filterbänken für die eigentliche Spektralzerlegung eingesetzt. Es werden nunmehr reelle Spektralkoeffizienten aus zeitlich aufeinanderfolgenden und/oder spektral benachbarten Ausgangswerten der reellwertigen Transformation verwendet, die in **Fig. 3** mit T_1 bzw. **10** bezeichnet ist. Aus diesen wird beispielhaft ein Real- und ein Imaginärteil p, q für einen bestimmten Frequenzindex und für einen bestimmten (zeitlichen) Blockindex gebildet. Alternativ könnten selbstverständlich auch Betrag und Phase erzeugt werden. Hierbei können besondere Phasenbeziehungen der Modulationsfunktionen ausgenutzt werden, die einer modulierten Filterbank zugrunde liegen.

[0037] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Operation T_2 bzw. **12**, die der ersten Transformation nachgeschaltet ist, wiederum eine invertierbare, kritisch abgetastete Transformation. Damit ergibt sich ein Gesamtsystem, welches ebenfalls die Eigenschaft der kritischen Abtastung aufweist und gleichzeitig eine Rekonstruktion aus den gewonnenen Spektralkomponenten ermöglicht.

[0038] T_2 ist nun eine zweidimensionale Transformation, da bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sowohl zeitlich benachbarte als auch frequenzmäßig benachbarte reellwertige Spektralkoeffizienten kombiniert werden, d. h. da sich ihre Eingangswerte entlang der Zeit- und der Frequenzachse erstrecken, wie es anhand der **Fig. 2a bis 2c** dargestellt worden ist. Da aus jeder Transformations-Operation unter Verwendung der Einrichtung **12** jeweils ein Real- und ein Imaginärteil entsteht, ist für eine kritische Abtastung nur für jede zweite Abtastposition der Zeit/Frequenz-Ebene ein Wertepaar zu berechnen. Dies wird bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung durch Abtastratenreduktion entlang der Zeitachse, d. h. Berechnung nur für jeden zweiten Block der ersten Transformation T_1 erreicht. Alternativ wird dies durch Abtastratenreduktion entlang der Frequenzachse, d. h. Berechnung nur für jedes zweite Teilband i der ersten Transformation, erreicht. Wieder alternativ wird dies versetzt, d. h. in Form eines Schachbrett-Musters, bei dem abwechselnd jeder zweite Block und jedes zweite Band verwendet werden, erreicht.

[0039] Die Transformationskoeffizienten der zweiten Transformation, mit denen die Ausgangswerte von T_1 vor ihrer Summation jeweils gewichtet werden, also die Gewichtungsfaktoren, erfüllen vorzugsweise die Bedingungen für die exakte Rekonstruktion gemäß dem jeweiligen Abtastschema. Das erfindungsgemäße System enthält eine Anzahl von Freiheitsgraden, die für eine Optimierung der Eigenschaften des Gesamtsystems, d. h. für die Optimierung des Frequenzgangs des Gesamtsystems als komplexe Filterbank, genutzt werden können.

[0040] Es sei ferner darauf hingewiesen, daß für manche Anwendungen die kritische Abtastung nicht zwingend erforderlich ist. Dies kann z. B. der Fall sein bei einer Nachverarbeitung der decodierten aber noch nicht in den Zeitbereich zurücktransformierten Signale in einem Audiodecodierer. In diesem Fall hat man einen höheren Freiheitsgrad bei der Wahl der Transformationskoeffizienten in T_2 . Dieser höhere Freiheitsgrad wird bevorzugt für eine bessere Optimierung des Gesamtverhaltens eingesetzt.

[0041] Nachfolgend wird anhand von **Fig. 4** ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung für die detaillierte Vorschrift der Einrichtung **12** zum Nachverarbeiten dargestellt. Es wird bevorzugt, zwischen einem geraden Frequenzindex k und einem ungeraden Frequenzindex $k+1$ zu unterscheiden. Im Falle eines geraden

Frequenzindex, also wenn $p_{k,m}$ und $q_{k,m}$ zu berechnen sind (m ist der Blockindex und k ist der Frequenzindex), wird gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung der Realteil $p_{k,m}$ durch Summation von zwei zeitlich aufeinanderfolgenden reellwertigen Spektralkoeffizienten ermittelt. $p_{k,m}$ ergibt sich somit entweder aus der Summation des Spektralkoeffizienten mit dem Index k aus den **Fig. 2b** und **2a** oder aus den **Fig. 2c** und **2b**.

[0042] Der zugehörige Imaginärteil $q_{k,m}$ wird erfindungsgemäß durch Summation zweier aufeinanderfolgender Werte mit dem Frequenzindex $k-1$ entweder wieder der **Fig. 2a**, **2b** (Block $m-1$ und Block m) oder der **Fig. 2b** und **2c** (Block m und Block $m+1$) erhalten.

[0043] Für einen ungeraden Frequenzindex $k+1$ wird der Realteil $p_{k+1,m}$ als Differenz zweier aufeinanderfolgender Werte berechnet, also als Differenz zwischen den Spektralkoeffizienten $k+1$ der **Fig. 2a**, **2b** oder **2b**, **2c**. Der zugehörige Imaginärteil $q_{k+1,m}$ ergibt sich als Differenz zweier aufeinanderfolgender Werte mit dem Frequenzindex k , also als Differenz aus den reellwertigen Spektralkoeffizienten mit dem Index k der **Fig. 2a**, **2b** oder **2b**, **2c**.

[0044] Damit ergibt sich die in **Fig. 4** dargestellte Transformationsfunktion, die insgesamt mit dem Bezugszeichen **12a** bezeichnet ist, wobei die Transformationsfunktion zwei Transformations-Untervorschriften $h_L(m)$ und $h_H(m)$ aufweist, die, wie es in **Fig. 4** gezeigt ist, paarweise alternierend auf die Ausgangswerte der Einrichtung **10** angewendet werden. Insbesondere hat die erste Unterfunktion $h_L(m)$ die Form $\{1, 1\}$, während die zweite Unterfunktion die Form $\{1, -1\}$ umfaßt. Die Notation der Unterfunktionen $h_L(m)$ und $h_H(m)$ soll bedeuten, daß eine Summe bzw. Differenz der entsprechenden Spektralkoeffizienten aus zwei (zeitlich) benachbarten Blöcken zu bilden ist.

[0045] Die kritische Abtastung wird durch eine zeitliche Abtastratenreduktion um den Faktor 2 erzielt, wie es durch die mit **12b** bezeichneten Einrichtung in **Fig. 4** symbolisch dargestellt ist. Ist eine Orthogonalität der zweiten Transformation (**12a**, **12b**) gewünscht, so können sämtliche Ausgangswerte p , q durch Multiplikation mit dem Faktor $1/\sqrt{2}$ normiert werden.

[0046] Die der ersten Transformation, die beispielsweise eine MDCT ist, nachgeschaltete zweite Transformation (**12a**, **12b**) greift jeweils über die zwei benachbarten Bänder, aus denen der Realteil $p_{k,m}$ und der Imaginärteil $q_{k,m}$ für einen Frequenzindex k gebildet werden. Außerdem werden, wie es durch die Funktionen h_L und h_H dargestellt ist, zeitlich aufeinanderfolgende reellwertige Spektralkoeffizienten in der Kombination, d. h. der Summation bzw. Differenzbildung, berücksichtigt.

[0047] Da bei dem in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsbeispiel die nachgeschaltete Transformation **12a**, **12b** keine Freiheitsgrade zur Optimierung des Gesamtsystems im Sinne von in den Funktionen h_L und h_H enthaltenen einstellbaren Gewichtungsfaktoren umfaßt, wird es bevorzugt, zur Optimierung des Gesamtsystems die Fensterfunktion der ersten Transformation, also beispielsweise der MDCT, zu manipulieren, d. h. im Vergleich zu einer vorgegebenen bekannten Fensterfunktion zu verändern. Hierbei erhält man einen Freiheitsgrad $N/2$ bei einer Frequenzauflösung von N Teilbändern und einer Fensterlänge von $L = 2 N$ Werten.

[0048] Zusammenfassend lautet die in **Fig. 4** dargestellte Transformationsvorschrift T_2 folgendermaßen: für k gerade:

$$p_{k,m} = u_{k,m} + u_{k,m-1} \quad (1)$$

$$q_{k,m} = u_{k-1,m} + u_{k-1,m-1} \quad (2)$$

für $k+1$:

$$p_{k+1,m} = u_{k+1,m} - u_{k+1,m-1} \quad (3)$$

$$q_{k+1,m} = u_{k,m} - u_{k,m-1} \quad (4)$$

[0049] Zur Rückgängigmachung der Transformation T_2 , wie sie für **Fig. 4** beispielhaft in den Gleichungen (1) bis (4) dargestellt ist, wird eine zu der Transformationsvorschrift T_2 inverse Transformationsvorschrift T_2^{-1} verwendet. Wenn Gleichungen (1) bis (4) betrachtet werden, so zeigt sich, daß die reellen Spektralkomponenten $u_{k,m-1}$ und $u_{k,m}$ aus dem Realteil $p_{k,m}$ und dem Imaginärteil $q_{k+1,m}$ also aus den Gleichungen (1) und (4) berechnet werden können, indem die beiden Gleichungen (1) und (4) für zwei Unbekannte nach den gesuchten reellen Spektralkoeffizienten $u_{k,m-1}$ und $u_{k,m}$ aufgelöst werden. Unter Verwendung dieser inversen Kombinationsvorschrift T_2^{-1} kann unter Kenntnis der Folge von Blöcken von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten wieder auf die Folge von reellen Spektralkoeffizienten zurückgerechnet werden, indem die inverse Kombinati-

onsvorschrift durchgeführt wird.

[0050] Nachfolgend wird anhand von **Fig. 5** ein alternatives Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem keine kritische Abtastung vorgesehen ist. Hierbei wird der Ausgangswert $u_{k,m}$ der m-ten MDCT-Operation mit dem Frequenzindex k direkt zur Bildung des Realteils herangezogen. Der zugehörige Imaginärteil wird als gewichtete Summe der in der Zeit-Frequenz-Ebene umliegenden MDCT-Ausgangswerte $u_{k-1, m-1}$, $u_{k-1, m}$, $u_{k-1, m+1}$, $u_{k, m-1}$, $u_{k, m+1}$, $u_{k+1, m-1}$, $u_{k+1, m}$ und $u_{k+1, m+1}$ berechnet. Eine mögliche Kombination der entsprechenden Filter gemäß **Fig. 5** (im Beispiel für k ungerade) lautet folgendermaßen:
für den Realteil p:

$$h_R(m) = \{0, 1, 0\},$$

für den Imaginärteil q:

$$h_A(m) = \{a, -b, a\}, h_B(m) = \{c, 0, -c\}, h_C(m) = \{a, b, a\}$$

[0051] In dem obigen Ausdruck können die Werte der Koeffizienten a, b, und c zur Optimierung des Gesamtsystems herangezogen werden, also wieder dazu, daß ein gewünschter Frequenzgang der Gesamtanordnung erreicht wird, der, wie es ausgeführt worden ist, beispielsweise dahingehend erwünscht ist, daß für positive Frequenzen eine Bandpasscharakteristik als Frequenzgang vorliegt, während für negative Frequenzen eine möglichst große Dämpfung erwünscht wird.

[0052] Gleichungsmäßig ausgedrückt stellt sich die in **Fig. 5** dargestellte Transformationsvorschrift T_2 , die aus den Einzelfiltern **50a**, **50b**, **50c**, S0d sowie einem Summierer **50e** besteht, folgendermaßen dar:
für k ungerade:

$$p_{k,m} = u_{k,m}; \quad (5)$$

$$\begin{aligned} q_{k,m} = & a \cdot u_{k-1,m+1} - b \cdot u_{k-1,m} + a \cdot u_{k-1,m-1} + \\ & -c \cdot u_{k,m+1} \quad c \cdot u_{k,m-1} + \\ & a \cdot u_{k-1,m-1} + b \cdot u_{k+1,m} + a \cdot u_{k+1,m-1}; \end{aligned} \quad (6)$$

Zur Berechnung von $q_{k,m}$ werden somit mehr oder weniger stark durch Gewichtungsfaktoren a, b, c gewichtet sämtliche zum reellen Spektralkoeffizienten $u_{k,m}$ in der Zeit-Frequenz-Ebene benachbarten reellen Spektralkoeffizienten verwendet, wie es in Gleichung (6) dargestellt ist.

[0053] Es sei darauf hingewiesen, dass für ein gerades k dieselben Gleichungen (4) bis (6) verwendet können. Die Gewichtungsfaktoren haben in diesem Fall vorzugsweise die gleichen Beträge, jedoch teilweise unterschiedliche Vorzeichen.

[0054] Zur Umkehrung der in **Fig. 5** dargestellten Transformationsvorschrift ist für die Ermittlung von $u_{k,m}$ lediglich eine triviale Operation durchzuführen, da sich dieser Wert unmittelbar aus Gleichung (5) ergibt. Nachdem es sich bei dem in **Fig. 5** gezeigten System um ein nicht kritisch abgetastetes System handelt, sind die Real- und Imaginärteile informationsmäßig redundant dargestellt. Dies äußert sich in der invertierten Transformationsvorschrift T_2^{-1} dadurch, daß allein aus den Realteilen die reellen Spektralkoeffizienten berechnet werden können. Gleichung (6) muß daher nicht zur Auswertung herangezogen werden. Die der Transformationsvorschrift inverse Transformationsvorschrift ist somit bei dem in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel identisch und durch Gleichung (5) gegeben.

[0055] Es sei darauf hingewiesen, daß bei dem im vorhergehenden beschriebenen Fall, bei dem die komplexe approximierten Spektraldarstellung beispielsweise in einem psychoakustischen Modell benötigt wird, um in einem Codierer die Quantisiererschrittweite einzustellen, eine Rückrechnung von der komplexen approximierten Spektraldarstellung zu der reellen Spektraldarstellung nicht mehr benötigt wird. Alternativ können jedoch Fälle existieren, bei denen eine entsprechende Inversion benötigt wird, bei denen also aus der komplexen approximierten Spektraldarstellung wieder die zugrundeliegende reelle Spektraldarstellung berechnet werden muß.

[0056] Abhängig von den Gegebenheiten können die erfindungsgemäßen Verfahren in Hardware oder in Software implementiert werden. Die Implementation kann auf einem digitalen Speichermedium, insbesondere

einer Diskette oder CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem zusammenwirken, daß das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computer-Programm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichertem Programmcode zur Durchführung von einem oder mehreren der erfindungsgemäßen Verfahren, wenn das Computer-Programm-Produkt auf einem Rechner abläuft. In anderen Worten ausgedrückt ist die Erfindung auch ein Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung von einem oder mehreren der Verfahren, wenn das Computer-Programm auf einem Computer abläuft.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (10) zum Erzeugen einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals, wobei die Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von reellen Spektralkoeffizienten aufweist; und

einer Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten der blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung, um eine blockweise komplexe approximierte Spektraldarstellung zu erhalten, die aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Teilspektralkoeffizient darstellbar ist, wobei zumindest entweder der erste oder der zweite Teilspektralkoeffizient durch eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten zu ermitteln ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der erste Teilspektralkoeffizient ein Realteil des komplexen approximierten Spektralkoeffizienten ist, und bei der der zweite Teilspektralkoeffizient ein Imaginärteil des komplexen approximierten Spektralkoeffizienten ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Kombination eine Linearkombination ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um zur Ermittlung eines komplexen Spektralkoeffizienten einer bestimmten Frequenz einen reellen Spektralkoeffizienten der Frequenz und einen reellen Spektralkoeffizienten einer benachbarten höheren oder niedrigeren Frequenz zu kombinieren.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um zur Ermittlung eines komplexen Spektralkoeffizienten einer bestimmten Frequenz einen reellen Spektralkoeffizienten in einem aktuellen Block und einen reellen Spektralkoeffizienten in einem zeitlich vorausgehenden Block oder einem zeitlich nachfolgenden Block zu kombinieren.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ausgebildet ist, um bei einer kritischen Abtastung zu arbeiten, derart, daß für jeden zeitdiskreten Abtastwert durch die Einrichtung (10) zum Erzeugen einer blockweisen reellen Spektraldarstellung ein reeller Spektralwert generiert wird, und daß für zwei reelle Spektralkoeffizienten ein komplexer Spektralkoeffizient generiert wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um zur Abtastratenreduktion lediglich für jeden zweiten Block von reellwertigen Spektralkoeffizienten aktiv zu sein, oder um zur Abtastratenreduktion für jeden zweiten reellen Spektralkoeffizienten aktiv zu sein, oder um zur Abtastratenreduktion abwechselnd nur für jeden zweiten Block oder nur für jeden zweiten reellen Spektralkoeffizienten aktiv zu sein.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um für den ersten Teilspektralkoeffizienten mit einem geraden Frequenzindex zwei reelle Spektralkoeffizienten mit demselben Frequenzindex aus einem aktuellen Block und einem zeitlich vorausgehenden Block zu summieren, und um für den zweiten Teilspektralkoeffizienten mit dem geraden Frequenzindex zwei reelle Spektralkoeffizienten mit einem um 1 niedrigeren Frequenzindex aus dem aktuellen Block und dem zeitlich vorausgehenden Block zu summieren.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um für den ersten Teilspektralkoeffizienten mit einem ungeraden Frequenzindex eine Differenz zwischen zwei reellen Spektralkoeffizienten mit dem ungeraden Frequenzindex aus einem aktuellen

Block und einem zeitlich vorausgehenden Block zu bilden, und um für den zweiten Teilspektralkoeffizienten mit dem ungeraden Index eine Differenz zwischen zwei reellen Spektralkoeffizienten mit einem um 1 niedrigeren Frequenzindex aus dem aktuellen Block und dem zeitlich vorausgehenden Block zu bilden.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um den ersten und den zweiten Teilspektralkoeffizienten jeweils mit einem Faktor $1/\sqrt{2}$ zu normieren.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um als ersten Teilspektralkoeffizienten für einen Frequenzindex einen reellen Spektralkoeffizienten mit dem Frequenzindex zu verwenden, und um zur Berechnung des zweiten Teilspektralkoeffizienten eine gewichtete Summe der reellen Spektralkoeffizienten mit benachbarten Frequenzindizes eines aktuellen Blocks, von einem oder mehreren vorausgehenden Blöcken oder von einem oder mehreren nachfolgenden Blöcken zu verwenden, wobei zumindest zwei Gewichtungsfaktoren ungleich 0 sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der die Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um zur Berechnung des zweiten Teilspektralkoeffizienten den reellen Spektralkoeffizienten, der den ersten Teilspektralkoeffizienten bildet, nicht zu verwenden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei der die Einrichtung zum Nachverarbeiten ausgebildet ist, um zur Berechnung des zweiten Spektralkoeffizienten folgende Vorschrift anzuwenden:

$$q_{k,m} = a \cdot u_{k-1,m+1} - b \cdot u_{k-1,m} + a \cdot u_{k-1,m-1} +$$

$$-c \cdot u_{k,m+1} \quad c \cdot u_{k,m-1} +$$

$$a \cdot u_{k-1,m-1} + b \cdot u_{k+1,m} \quad + a \cdot u_{k+1,m-1};$$

wobei a , b , c positive oder negative Gewichtungsfaktoren sind, wobei $k-1$ ein aktueller Frequenzindex k weniger 1 ist, wobei $m-1$ ein aktueller Blockindex m weniger 1 ist, wobei $k+1$ ein aktueller Frequenzindex k zuzüglich 1 ist, wobei $m+1$ ein aktueller Blockindex m zuzüglich 1 ist, und wobei $u_{k-1,m-1}$ ein reeller Spektralkoeffizient eines zeitlich vorausgehenden Blocks mit einem Frequenzindex $k-1$ ist, wobei $u_{k-1,m}$ ein reeller Spektralkoeffizient eines aktuellen Blocks mit einem Frequenzindex $k-1$ ist, wobei $u_{k-1,m+1}$ ein reeller Spektralkoeffizient eines zeitlich nachfolgenden Blocks mit einem Frequenzindex $k-1$ ist, wobei $u_{k,m-1}$ ein reeller Spektralkoeffizient mit dem Frequenzindex k aus dem zeitlich vorausgehenden Block ist, wobei $u_{k,m+1}$ ein reeller Spektralkoeffizient mit dem Frequenzindex für den zeitlich nachfolgenden Block ist, wobei $u_{k+1,m-1}$ ein reeller Spektralkoeffizient mit dem Frequenzindex $k+1$ aus dem zeitlich vorausgehenden Block ist, wobei $u_{k+1,m}$ ein reeller Spektralkoeffizient für den Frequenzindex $k+1$ aus dem aktuellen Block ist, und wobei $u_{k+1,m+1}$ ein reeller Spektralkoeffizient mit dem Frequenzindex $k+1$ aus dem zeitlich nachfolgenden Block ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, bei der sich für gerade und ungerade Frequenzindizes k Vorzeichen von einem oder mehreren Gewichtungsfaktoren unterscheiden.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, bei der die Gewichtungsfaktoren eingestellt sind, um einen gewünschten Frequenzgang für die Vorrichtung zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung zu schaffen.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (10) zum Erzeugen ausgebildet ist, um eine modifizierte diskrete Cosinustransformation auszuführen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, bei der die Einrichtung (10) zum Erzeugen ausgebildet ist, um eine modifizierte diskrete Cosinustransformation mit einer Fensterüberlappung von 50% auszuführen.

18. Verfahren zum Erzeugen einer komplexen Spektraldarstellung eines zeitdiskreten Signals, mit folgenden Schritten: Erzeugen (10) einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals, wobei die Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von reellen Spektralkoeffizienten aufweist; und Nachverarbeiten (12) der blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung um eine blockweise komplexe approximierte Spektraldarstellung zu erhalten, die aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist,

wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Teilspektralkoeffizient darstellbar ist, wobei zumindest entweder der erste oder der zweite Teilspektralkoeffizient durch eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten zu ermitteln sind.

19. Vorrichtung zum Codieren eines zeitdiskreten Signals, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum Erzeugen einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals, wobei die Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von reellen Spektralkoeffizienten aufweist; einem Psychoakustikmodul zum Berechnen eines psychoakustischen Maskierungsschwelle abhängig von dem zeitdiskreten Signal;
einer Einrichtung zum Quantisieren eines Blocks von reellwertigen Spektralkoeffizienten unter Verwendung der psychoakustischen Maskierungsschwelle,
wobei das Psychoakustikmodul eine Einrichtung (12) zum Nachverarbeiten der blockweisen reellen Spektraldarstellung aufweist, um eine blockweise komplexe approximierte Spektraldarstellung zu erhalten, die aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Teilspektralkoeffizient darstellbar ist, wobei zumindest entweder der erste oder der zweite Teilspektralkoeffizient durch eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten zu ermitteln sind.

20. Verfahren zum Codieren eines zeitdiskreten Signals, mit folgenden Schritten: Erzeugen einer blockweisen reellwertigen Spektraldarstellung des zeitdiskreten Signals, wobei die Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von reellen Spektralkoeffizienten aufweist; Berechnen einer psychoakustischen Maskierungsschwelle abhängig von dem zeitdiskreten Signal; Quantisieren eines Blocks von reellwertigen Spektralkoeffizienten unter Verwendung der psychoakustischen Maskierungsschwelle, wobei im Schritt des Berechnens ein Schritt (12) des Nachverarbeitens der blockweisen reellen Spektraldarstellung durchgeführt wird, um eine blockweise komplexe approximierte Spektraldarstellung zu erhalten, die aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Teilspektralkoeffizient darstellbar ist, wobei zumindest entweder der erste oder der zweite Teilspektralkoeffizient durch eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten zu ermitteln ist.

21. Vorrichtung zum Erzeugen einer reellen Spektraldarstellung aus einer komplexen approximierten Spektraldarstellung, wobei die zu bestimmende reelle Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von reellen Spektralkoeffizienten aufweist, wobei die komplexe approximierte Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Teilspektralkoeffizient darstellbar ist, wobei die komplexen approximierten Spektralkoeffizienten durch eine Transformationsvorschrift aus den reellen Spektralkoeffizienten berechnet worden sind, wobei die Transformationsvorschrift eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten umfaßt, um zumindest den ersten oder den zweiten Teilspektralkoeffizienten eines komplexen approximierten Spektralkoeffizienten zu berechnen, mit folgendem Merkmal:
einer Einrichtung zum Durchführen einer zu der Transformationsvorschrift (T_2) inversen Kombinationsvorschrift, um aus den komplexen approximierten Spektralkoeffizienten die reellen Spektralkoeffizienten zu berechnen.

22. Verfahren zum Erzeugen einer reellen Spektraldarstellung aus einer komplexen approximierten Spektraldarstellung, wobei die zu bestimmende reelle Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von reellen Spektralkoeffizienten aufweist, wobei die komplexe approximierte Spektraldarstellung zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufweist, wobei jeder Block einen Satz von komplexen approximierten Spektralkoeffizienten aufweist, wobei ein komplexer approximierter Spektralkoeffizient durch einen ersten Teilspektralkoeffizient und einen zweiten Teilspektralkoeffizient darstellbar ist, wobei die komplexen approximierten Spektralkoeffizienten durch eine Transformationsvorschrift aus den reellen Spektralkoeffizienten berechnet worden sind, wobei die Transformationsvorschrift eine Kombination von zumindest zwei reellen Spektralkoeffizienten umfaßt, um zumindest den ersten oder den zweiten Teilspektralkoeffizienten eines komplexen approximierten Spektralkoeffizienten zu berechnen, mit folgendem Schritt: Durchführen einer zu der Transformationsvorschrift (T_2) inversen Kombinationsvorschrift, um aus den komplexen approximierten Spektralkoeffizienten die reellen Spektralkoeffizienten zu berechnen.

23. Computer-Programm mit einem Programmcode zum Durchführen des Verfahrens gemäß Anspruch 18, Anspruch 20 oder Anspruch 22, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

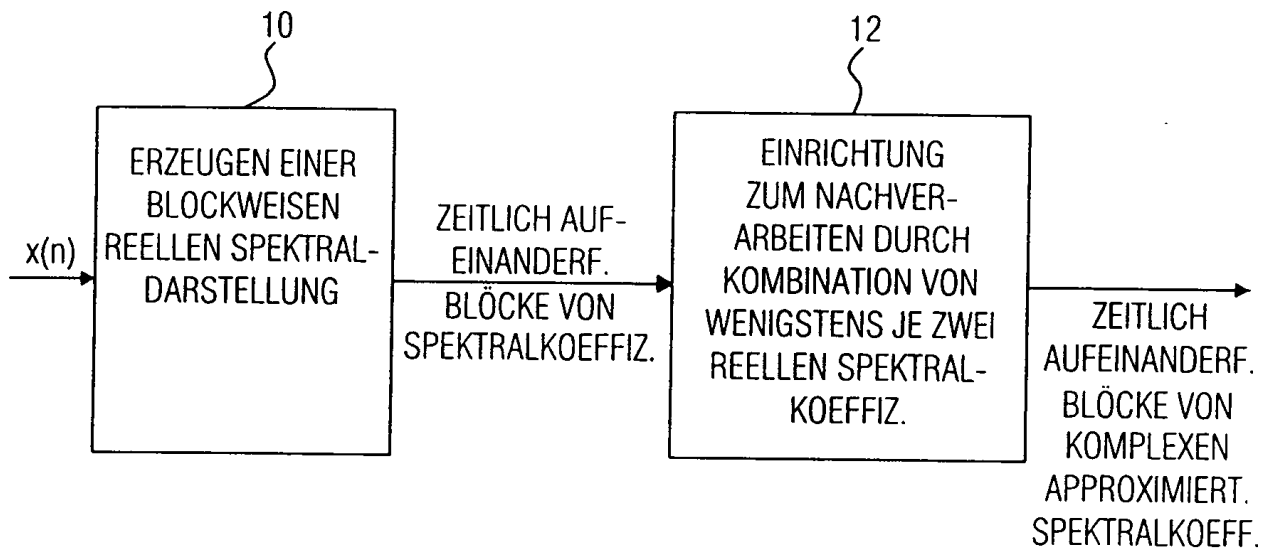


FIG. 1

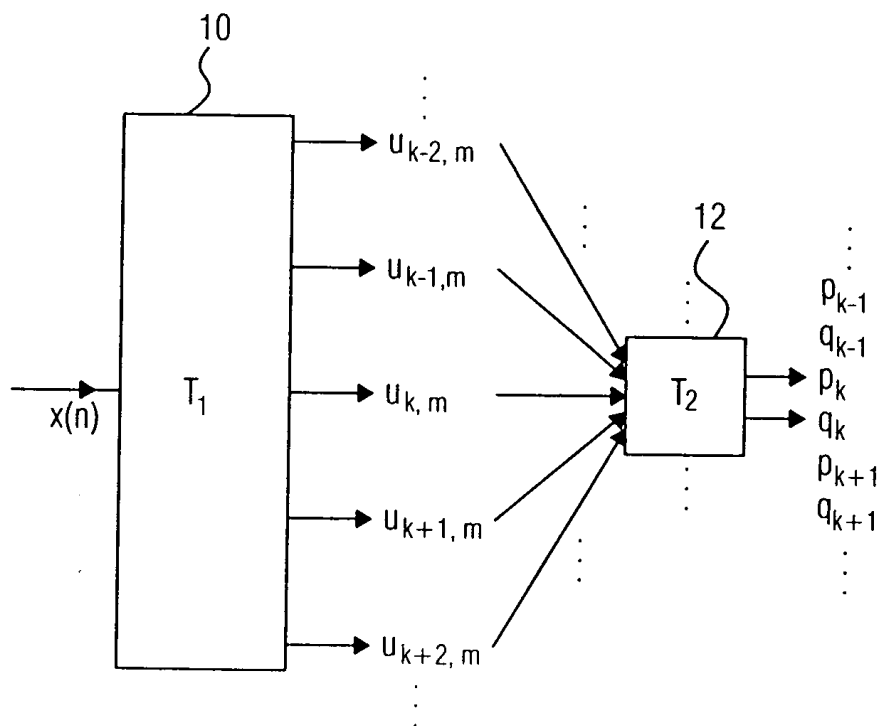
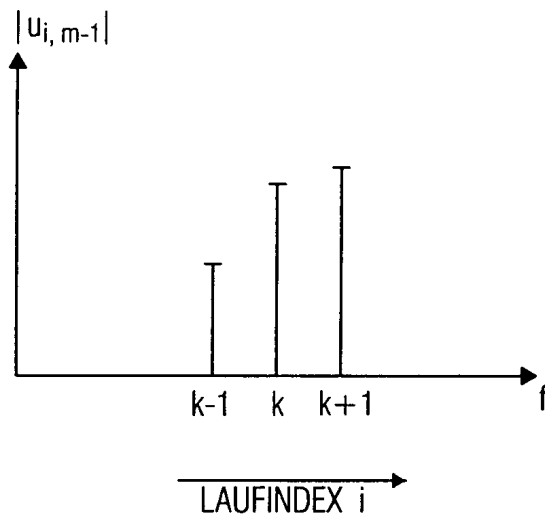


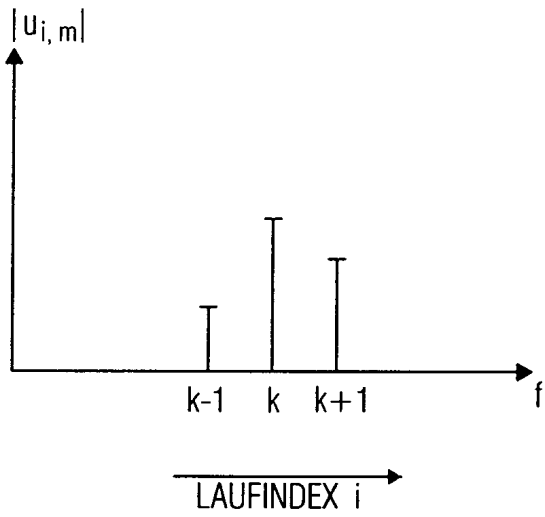
FIG. 3

FIG. 2a



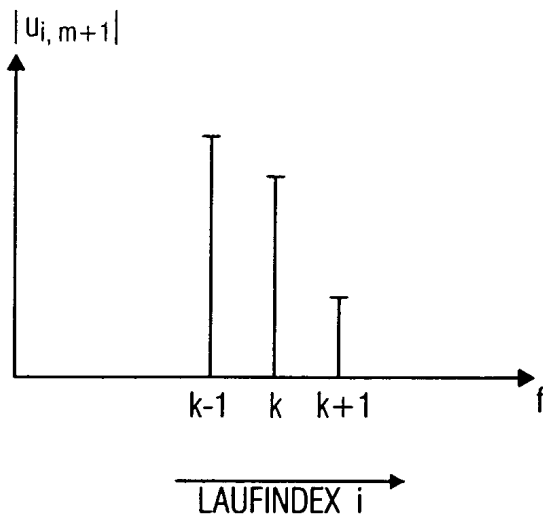
BLOCK m-1

FIG. 2b

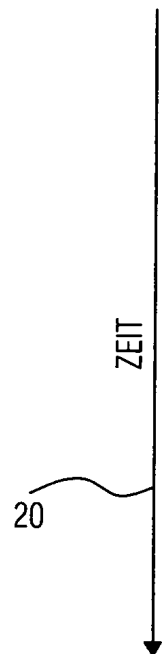


BLOCK m

FIG. 2c



BLOCK m+1



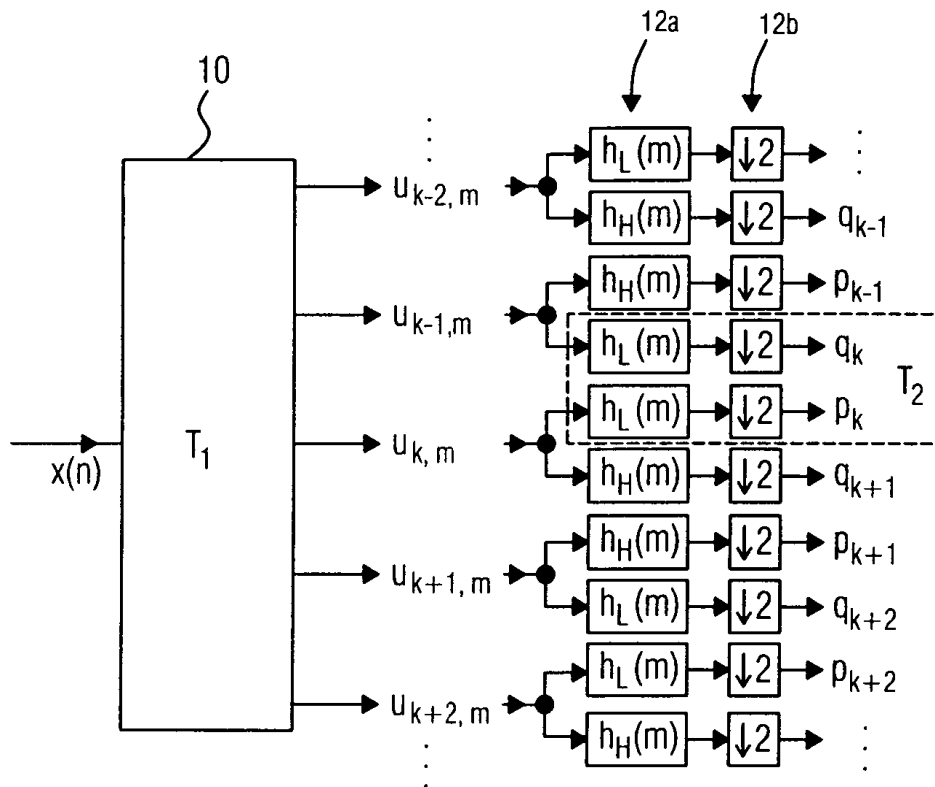


FIG. 4

$$h_L(m) = \{1, 1\}$$

$$h_H(m) = \{1, -1\}$$

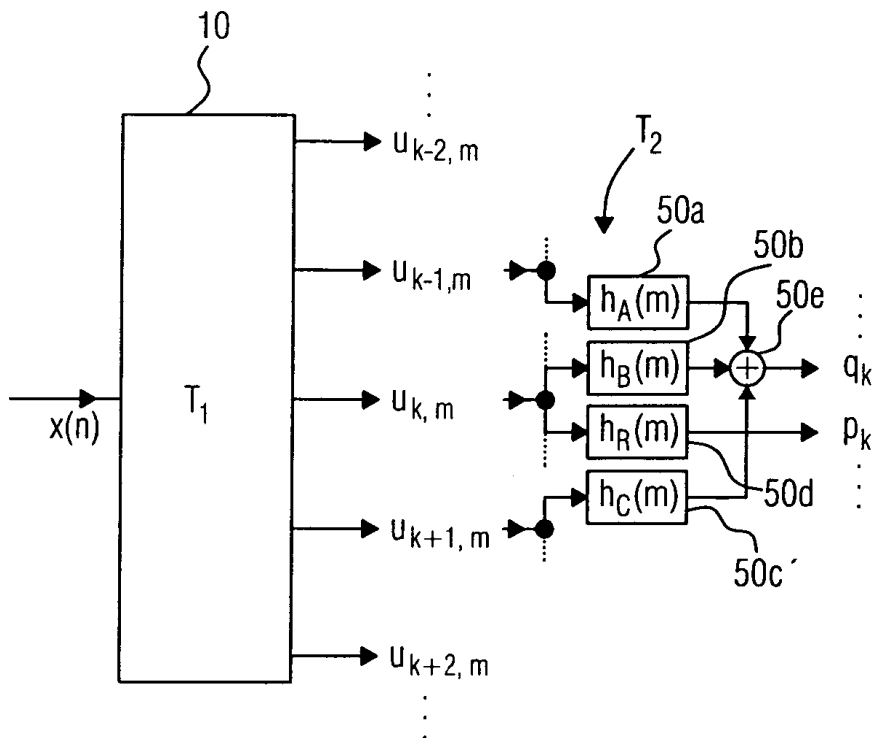


FIG. 5

$$h_R(m) = \{0, 1, 0\};$$

$$h_B(m) = \{c, 0, -c\};$$

$$h_A(m) = \{a, -b, a\}$$

$$h_C(m) = \{a, b, a\}$$

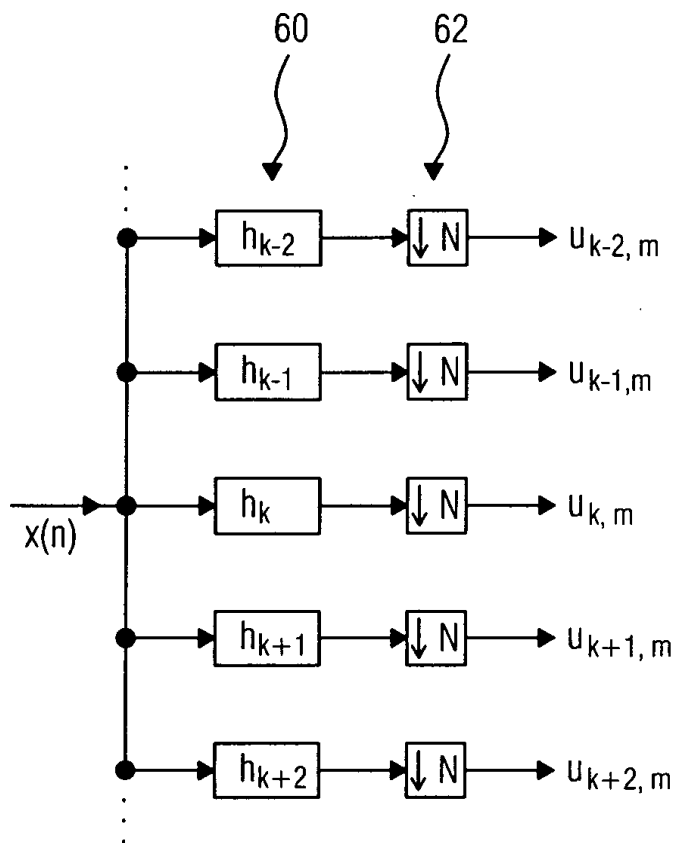


FIG. 6
(STAND DER TECHNIK)