



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 05 576 T2 2005.11.17**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 275 109 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G10L 21/02**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 05 576.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR01/01126**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 925 627.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/080223**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.04.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **25.10.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.11.2005**

(30) Unionspriorität:
0005023 18.04.2000 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:
**France Telecom, S.A., Paris, FR; Télédiffusion de
France, Paris, FR**

(72) Erfinder:
**PHILIPPE, Pierrick, F-35250 Chevaigane, FR;
COLLEN, Patrice, F-35000 Rennes, FR**

(74) Vertreter:
Thömen und Kollegen, 30175 Hannover

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR SPEKTRALEN ANREICHERUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum spektralen Anreichern eines Signals mit unvollständigem Spektrum. Insbesondere findet die vorliegende Erfindung eine Anwendung in der Verbesserung des Decodierens eines Audiosignals, das von einem Codierer mit Spektralbandeinschränkung codiert wird.

[0002] Beim Audiocodieren mit Durchsatzverringereung muss das Audiosignal oft einer Einschränkung der Bandbreite unterzogen werden, wenn der Binar-durchsatz schwach wird. Diese Einschränkung der Bandbreite ist erforderlich, um das Einführen von hörbarem Quantifizierungsrauschen in das codierte Signal zu vermeiden. Es ist daher wünschenswert, den Hochfrequenzinhalt des Originalsignals so weit wie möglich zu regenerieren.

[0003] Gemäß dem Stand der Technik und insbesondere aus dem Dokument WO-A-9857436 ist es bekannt, den spektralen Hochfrequenzinhalt des Originalsignals zu regenerieren, indem man eine Oberschwingungstransposition des Niederfrequenzspektrums des decodierten Signals zu den hohen Frequenzen durchführt. Diese Transposition wird durchgeführt, indem man den spektralen Wert einer Grundschwingung mit f_k in allen Frequenzen der Oberschwingungsserie $n \cdot f_k$ kopiert. Die Form des so erzielten Hochfrequenzspektrums wird durch Anwenden von spektralen Gewichtungsfaktoren angepasst.

[0004] [Fig. 1](#) stellt schematisch die Vorrichtung zur spektralen Rekonstruktion gemäß dem Stand der Technik dar. Das codierte Audiosignal wird von einem Decodierer (101) decodiert, der ein Signal S_b mit Niederfrequenzspektrum zu einer Reihe von Analysefiltern (102) liefert, wobei die Ausgänge (k) dieser Filter mit den Eingängen von Oberschwingungsreihen $n \cdot k$ ($n=1 \dots N$) einer Bank von Synthesefiltern (104) verbunden werden, nachdem sie mit spektralen Gewichtungsfaktoren (103) gewichtet wurden. Zur Vereinfachung wurden die Dezimatoren am Ausgang der Analysefilterbank (jeweils die Interpolatoren der Synthesefilterbank) nicht dargestellt.

[0005] Das Signal S_H , das sich aus der Synthese ergibt, besitzt ein Hochfrequenzspektrum. Es wird dem Signal S_b durch einen Summierer (105) hinzugefügt, um ein rekonstruiertes Breitbandsignal S_R zu erzeugen.

[0006] Die oben dargelegte Rekonstruktionstechnik beruht auf einer Analyse in Unterbändern und einer komplexen Oberschwingungsverdopplung. Sie erlaubt es, Anpassungsverfahren der Phase und der Amplitude, die sehr aufwändige Rechnungen bedingen, anzuwenden. Ferner modellieren die spektralen Gewichtungsfaktoren die Spektralhülle nur grob.

[0007] Im Allgemeinen und außerhalb jedes Decodierungskontextes ist es wichtig, den Spektralinhalt eines physikalischen Signals mit unvollständigem Spektrum anreichern zu können. Man nennt jedes Spektrum mit abgegrenztem Träger oder jedes Spektrum, das „Löcher“ aufweist, ein unvollständiges Spektrum. Das ist insbesondere der Fall für ein Audiosignal oder ein Sprachsignal mit eingeschränktem Band: eine spektrale Anreicherung verbessert den Eindruck der Tonqualität und die Verständlichkeit des Signals signifikant.

[0008] Das Erfindung zugrunde liegende Problem besteht in der Herstellung einer Vorrichtung zur spektralen Rekonstruktion und allgemeiner einer Vorrichtung zum spektralen Anreichern, die leistungsfähig und wenig komplex ist.

[0009] Ein Nebenproblem der Erfindung, das einer Ausführungsform zugrunde liegt, besteht darin, eine spektrale Formung des rekonstruierten Signals zu erzielen, die sowohl präziser ist als auch einfacher als der Stand der Technik.

[0010] Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch das in Anspruch 1 beanspruchte Verfahren und durch die in Anspruch 19 beanspruchte Vorrichtung gelöst.

[0011] Die oben genannten Merkmale der Erfindung sowie weitere ergeben sich klarer bei der Lektüre der folgenden Beschreibung einer Ausführungsform, die sich auf die anliegenden Zeichnungen bezieht, unter welchen:

[0012] [Fig. 1](#) schematisch eine Vorrichtung zur spektralen Rekonstruktion eines Audiosignals gemäß dem Stand der Technik darstellt;

[0013] [Fig. 2](#) schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum spektralen Anreichern darstellt;

[0014] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) ein Modul zur spektralen Transposition darstellen, das bei einer Ausführungsform der Erfindung verwendet werden kann;

[0015] [Fig. 4](#) schematisch das Verfahren zum spektralen Anreichern gemäß einer Ausführungsform der Erfindung darstellt;

[0016] [Fig. 5](#) schematisch ein erfindungsgemäßes System darstellt, das einen Codierer und einen Decodierer mit spektraler Anreicherungs Vorrichtung umfasst.

[0017] Wir kommen auf den Fall der spektralen Anreicherung eines Signals S_b mit unvollständigem Spektrum zurück und insbesondere auf ein Signal mit eingeschränktem Band.

[0018] Die vorliegende Erfindung nutzt die Tatsache, dass ein Signal unter bestimmten Stationärzustandsannahmen als das Ergebnis der Filterung eines Erregungssignals durch ein Spektralhüllenfilter modelliert werden kann. Wenn man über eine Beschreibung der Spektralhülle des Signals S_B verfügt, ist es möglich, sein Spektrum zu bleichen, indem man es durch ein (annähernd) umgekehrtes Transferfunktionsbleichfilter mit Hüllenfunktion laufen lässt. Man erzielt daher eine Annäherung des ursprünglichen Erregungssignals, das des Einflusses der Spektralform in dem betrachteten Band entledigt ist. Daher wird im Sonderfall eines Sprachsignals das Erregungssignal seiner formantischen Struktur entledigt. Die Erfindung schlägt vor, das Spektrum des Signals S_B anzureichern, indem das gebleichte Spektrum transponiert wird. Das daraus resultierende Signal ist ein Signal mit transponiertem Spektrum, das geformt werden muss. Diese spektrale Formung erfolgt durch ein Formungsfilter, dessen Transferfunktion zum Beispiel ausgehend von der Spektralhüllenfunktion des Signals S_B extrapoliert wird.

[0019] **Fig. 2** stellt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum spektralen Anreichern dar. Das Signal mit unvollständigem Spektrum, typisch ein Audiosignal mit eingeschränktem Band (zum Beispiel eingeschränkt auf das Band 0–5 kHz) wird durch ein Bleichfilter (**201**) gefiltert, dessen Transferfunktion ausgehend von einer Schätzung der Spektralhülle erzielt wird. Die Schätzung der Spektralhülle erfolgt durch ein Modul (**202**) der Anreicherungsanordnung. Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird die Spektralhülle ausgehend von einer Analyse des Signals mit unvollständigem Spektrum geschätzt. Gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird die Hülle ausgehend von einer Information geschätzt, die von einer externen Quelle geliefert wird, zum Beispiel von einem Decodierer. In beiden Fällen ist die Transferfunktion des Bleichfilters die Umgekehrte der Spektralhüllenfunktion.

[0020] Das gebleichte Spektralsignal S_W wird einer spektralen Transposition durch ein Transpositionsmodul (**203**) unterzogen. Das erzielte Signal mit verschobenem Spektrum, S_H , typisch ein Signal mit einem Spektrum, das zu hohen Frequenzen verschoben ist (im Fall des vorhergehenden Audiosignals zum Beispiel 5–10 kHz), wird dann durch ein Formungsfilter (**204**) gefiltert. Gemäß einer ersten Ausführungsform wird seine Transferfunktion ausgehend von der Spektralhüllenfunktion des Signals S_B extrapoliert. Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird die Transferfunktion ausgehend von einer externen Funktion geschätzt, die die Spektralhülle eines Vollbandsignals beschreibt, aus dem S_B hervorgegangen ist. Das gefilterte Signal S_E , das hier Spektralanreicherungssignal genannt wird, wird zu dem Signal S_B mit eingeschränktem Spektrum durch einen Summierer (**205**) hinzugefügt, um ein spektral angereichertes

(oder rekonstruiertes) Signal S_R zu erzeugen.

[0021] Das Modul (**202**) zur Spektralhüllenschätzung kann zum Beispiel die Hülle durch eine LPC-Analyse modellieren, wie sie in dem Artikel von J. Makhoul mit dem Titel „Linear Prediction: a tutorial review“, Proceedings of the IEEE, Band 63, Nr. 4, Seiten 561–580 beschrieben ist. Das Signal S wird gemäß einem autoregressiven Modell der Reihe P modelliert:

$$s_n = -\sum_{k=1}^P a_k s_{n-k} + G u_n$$

wobei S_n das zu modellierende Signal darstellt, a_k die Vorhersagekoeffizienten (oder auch LPC-Koeffizienten) sind, u_n der Rest der Vorhersage ist, P der Reihe des verwendeten Filters ist, das heißt die Anzahl der Koeffizienten des verwendeten LPC-Filters. G ist eine Normierungsverstärkung. Das LPC-Filter modelliert das Signal S in der folgenden Form:

$$S(z) = G/A(z) \text{ wobei } A(z) = \sum_{k=1}^P a_k z^{-k}; a_0 = 1$$

ist.

[0022] Unter angemessener Auswahl der Reihe P des Filters (P ausreichend hoch) und der LPC-Koeffizientenwerte, kann man den Vorhersagerest u_n spektral weiß (oder quasi weiß) machen. Da das Ergebnis des Filterns von $S(z)$ durch das Filter $A(z)$ $U(z)$ ist, wird das Filter $A(z)$ auch Bleichfilter genannt. Die Berechnung der Koeffizienten dieses Filters erfolgt herkömmlich (zum Beispiel mittels des Algorithmus von Levinson-Durbin).

[0023] Die Form des Spektrums wird daher modelliert durch:

$$\hat{S}(\omega) = \frac{G^2}{\rho(0) + 2 \sum_{i=1}^P \rho(i) \cos(\omega i)}$$

[0024] Mit der folgenden Annahme:

$$\rho(i) = \sum_{k=0}^{P-i} a_k a_{k+i} \quad a_0 = 1, \quad 0 \leq i \leq P$$

[0025] Die Bewertung der Koeffizienten a_k kann direkt durch LPC-Analyse des Signals mit beschränktem Spektrum S_B oder auch ausgehend von einer externen Information (zum Beispiel durch einen wie weiter unten beschriebenen Decodierer geliefert) durchgeführt worden sein. Diese Ausführungsform wird durch die gepunktete Linie (**230**) dargestellt.

[0026] Die Bewertung der Koeffizienten a_k kann auch durch LPC-Analyse des Original-Vollbandsignals durchgeführt worden sein. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn das Signal S_B aus einer Codierung mit Bandbeschränkung hervorgegangen ist: der Codierer kann die LPC-Koeffizienten (direkt oder in ihrer reduzierten und quantifizierten Form) an die Anreicherungs Vorrichtung liefern, wobei es die Werte der Koeffizienten erlauben, die Spektralform des Vollbandspektrums wiederzufinden. Diese Ausführungsform wird durch die gepunktete Linie (220) dargestellt.

[0027] Die Bestimmung der Koeffizienten wird auf einem zeitlichen Träger durchgeführt, der so ausgewählt werden kann, dass er den lokalen Stationäruzuständen des Signals bestens entspricht. Bei einem nicht stationären Signal wird daher der Teil des Signals, der zu analysieren ist, in hinsichtlich des Spektralinhalts homogene Unterrahmen zerlegt. Diese Homogenität kann direkt dank der Spektralanalyse gemessen werden, indem man die Entfernung zwischen den geschätzten Spektren auf jedem der Unterrahmen misst und dann die Filter ähnlicher Zonen gruppiert.

[0028] Die Information, die die Spektralhülle beschreibt, kann natürlich eine andere sein als die LPC-Koeffizienten, es reicht, dass sie erlaubt, die Spektralhülle in Form eines Filters zu modellieren. Man kann zum Beispiel diese Information in Form von Vektoren eines Wörterbuchs von Spektralformen konzipieren: es reicht, dass die Koeffizienten des Modellierungsfilters daraus abgeleitet werden können. Die Transferfunktion des Bleichfilters wird als die Umgekehrte der Transferfunktion des Hüllenmodellierungsfilters ausgewählt.

[0029] Das Bleichen durch das Filter (201) kann daher sowohl im zeitlichen als auch im Frequenzbereich durchgeführt werden.

[0030] Ebenso kann das Spektraltranspositionsmodul (203) in dem Frequenz- oder in dem zeitlichen Bereich funktionieren. Der Transpositionsvorgang kann eine einfache Verschiebung oder eine komplexere Operation sein. Wenn das Zielband (das heißt das Band des Signals S_H) neben dem ursprünglichen Band (des Signals S_B) liegt, verwendet man vorteilhafterweise einen Umkehrer gefolgt von einer Verschiebung, die es erlaubt, eine Unterbrechung des Spektrums im Verbindungspunkt der zwei Bänder zu vermeiden.

[0031] Die Transpositionsoperation ist im Frequenzbereich bekannt und wird daher nicht beschrieben.

[0032] Die Transposition kann auch im zeitlichen Bereich durchgeführt werden. Es handelt sich um eine einfache Verschiebung, die zum Beispiel mittels einer einfachen Modulation mit einzigem Seitenband

bei der Verschiebungsfrequenz mit Eliminieren des unteren Seitenbands durchgeführt werden kann. Wenn es sich um eine Umkehrung mit Verschiebung in ein benachbartes Band handelt, kann sie durch eine Modulation mit einzigem Seitenband auf das Doppelte der Verbindungsfrequenz mit Eliminieren des oberen Seitenbandes durchgeführt werden.

[0033] Die Transposition kann auch mittels einer Analysefilterbank und einer Synthesefilterbank (zum Beispiel einer Mehrphasenfilterbank) wie in [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) dargestellt durchgeführt werden. Die Verschiebung erfolgt dank der Verbindung der Ausgänge der Analysefilter zu den Eingängen verschobener Reihen der Eingänge der Synthesefilter (3a) und das Umkehren gefolgt von der Verschiebung dank der Verbindung der Ausgänge der Analysefilter mit den Eingängen umgekehrter Reihen, die dann von den Eingängen der Synthesefilter (3) verschoben werden.

[0034] Die Transposition kann das ganze oder einen Teil des ursprünglichen Bands betreffen. Mehrere Transpositionen in dem Zielband mit verschiedenen Frequenzen können vor dem Schritt der spektralen Formung in Betracht gezogen werden. Ferner kann die Transposition entweder nach oder vor dem spektralen Bleichen oder aber mit Letzterem kombiniert erfolgen.

[0035] Nach der Transposition in das Zielband wird das Signal durch ein Formungsfilter (204) geformt. Mehrere Ausführungsformen sind möglich.

[0036] Wenn die vorliegende Erfindung zum spektralen Anreichern eine Vollbandspektralhülleninformation empfängt (zum Beispiel in dem Fall eines Signals, das aus einer Codierung mit Bandeinschränkung wie weiter oben erwähnt hervorgeht), kann diese Information zuerst verwendet werden, die Transferfunktion des Formungsfilters zu schätzen. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn man über LPC-Koeffizienten des Vollbandsignals verfügt. Das Spektrum des Zielbands hat dann die Form der Hülle in dem betrachteten Band. Diese Ausführungsform wird durch die gepunktete Linie (220) dargestellt.

[0037] Anschließend kann man die Transferfunktion durch Extrapolieren der Spektralhülle des ursprünglichen Bands erzielen. Verschiedene Extrapolationsverfahren können in Betracht gezogen werden, insbesondere jedes Verfahren, das die Spektralhülle modelliert.

[0038] In dem Sonderfall, bei dem die LPC-Koeffizienten durch das Modul (202) ausgehend von der Hülle des ursprünglichen Bands geschätzt wurden, ist es vorteilhaft, ein Formungsfilter zu verwenden, das als Koeffizienten die LPC-Koeffizienten hat.

[0039] Wird die Transposition mit dem Bleichen verbunden, können das Bleichfilter und das darauf folgende Formungsfiltern in einem einzigen Vorgang durch ein Filter mit einer Transferfunktion gleich dem Produkt der jeweiligen Transferfunktionen des Bleichfilters und des Formungsfilters durchgeführt werden.

[0040] Fig. 4 stellt das Verfahren des spektralen Anreicherns nach einer Ausführungsform der Erfindung dar. Genauer genommen gibt sie eine schematische Darstellung der verschiedenen Signale S_B , S_W , S_H , S_E , S_R in dem Sonderfall, in dem das unvollständige Spektrum auf ein Niederfrequenzband beschränkt ist, und das Zielband das benachbarte Hochfrequenzband ist (ein typischer Fall einer Audioanwendung).

[0041] Die Transposition wird als auf das Bleichen folgend angenommen.

[0042] Fig. 4a stellt das Spektrum des Niederfrequenzsignals S_B sowie die Vollbandspektralhülle dar. Diese wird entweder durch Extrapolieren der Hülle des Niederfrequenzbands (gepunktete Kurve) bestimmt oder von einer äußeren Informationsquelle geliefert, die die Vollbandhüllenbeschreibung gibt.

[0043] Fig. 4b stellt das Spektrum des Signals S_W nach dem spektralen Bleichen dar.

[0044] Fig. 4c stellt das Spektrum des Signals S_H nach der spektralen Transposition dar. Die hier ausgewählte Transposition ist eine einfache Verschiebung.

[0045] Fig. 4d stellt das Spektrum des Signals S_E nach Spektralformung dar.

[0046] Fig. 4e stellt das Spektrum des spektral angereicherten oder rekonstruierten Signals S_R dar.

[0047] Fig. 5 stellt ein erfindungsgemäßes System dar, das einen Codierer mit Bandeinschränkung (510) sowie einen Decodierer (500) verbunden mit einer Vorrichtung zum spektralen Anreichern wie bereits beschrieben umfasst.

[0048] Der Codierer kann dank eines Spektralschätzungsmoduls (511) eine Information liefern, die die Signalhülle des Vollbandsignals beschreibt. Alternativ kann er eine Information liefern, die die Spektralhülle des Signals in einem oder mehreren Bändern beschreibt, die Gegenstand der Formung sein sollen. Diese Information kann daher direkt von dem Spektralformungsfilter wie oben bereits besprochen verwendet werden. Gegebenenfalls wird die von dem Codierer übermittelte Information zum Korrigieren der Transferfunktion des Bleichfilters derart verwendet, dass das Ergebnis des Vorgangs Blei-

chen-Transposition-Formung die Spektralhülle des Signals vor dem Codieren bestens wiederherstellt. Diese Ausführungsform wird durch die gepunktete Linie (520) dargestellt.

[0049] Der Decodierer liefert ein Signal mit unvollständigem oder eingeschränktem Spektrum, das spektral gemäß dem oben beschriebenen Verfahren angereichert werden kann. Es handelt sich daher eigentlich um eine spektrale Rekonstruktion, da ein Teil des Spektrums des Originalquellensignals S durch das Codieren abgetrennt wurde. Zusätzlich zu dem decodierten Signal mit unvollständigem Spektrum kann der Decodierer selbst auch eine Information zu einer Spektralhülle dieses Signals liefern, die von dem Hüllenschätzungsmodul (502) verwendet werden kann. Diese Ausführungsform wird durch die gepunktete Linie (530) dargestellt. Wenn der Decodierer nur das decodierte Signal mit unvollständigem Spektrum liefert, wird die Spektralhülle ausgehend von diesem letzten Signal geschätzt.

[0050] Eine typische Anwendung des erfindungsgemäßen Systems ist die der spektralen Rekonstruktion eines durch einen perceptiven Codierer codierten Audiosignals. Der Audiocodierer kann vom Typ mit Durchsatzverringering durch Transformierte (zum Beispiel MPEG1, MPEG2 oder MPEG4-G4) oder vom Typ CELP (ITU G72X) oder sogar vom parametrischen Typ (parametrischer Typ MPEG4) sein.

[0051] Die empfundene Tonqualität wird bei einem gleichen übertragenen Durchsatz verbessert, der Ton wird „klarer“. Alternativ kann der Durchsatz für eine äquivalente Qualität verringert werden. Ein Konfigurationsbeispiel ist das Folgende: Übertragen eines mit 24 kbit/s codierten Signals mit Hinzufügen von 2 kbit/s Hochfrequenzspektraldaten. Die Qualität des Signals zu 26 kbit/s, das dabei erzielt wird, entspricht der eines Signals zu etwa 64 kbit/s ohne die erfindungsgemäße Vorrichtung.

[0052] Die Anwendungen der Erfindung sind vielfach und beschränken sich nicht auf die spektrale Rekonstruktion von Audiosignalen. Die Erfindung kann ein beliebiges physikalisches Signal und insbesondere ein Sprachsignal rekonstruieren.

[0053] Schließlich ist die Erfindung, wie man gesehen hat, nicht auf die spektrale Rekonstruktion eines vorexistierenden Originalsignals beschränkt, sondern kann auf die Spektralanreicherung eines Signals im Allgemeinen angewandt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anreichern eines Spektralinhalts eines Signals, das ein unvollständiges Spektrum hat, das ein erstes Spektralband umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

– mindestens eine Transposition des Spektralinhalts des ersten Bands in ein zweites Spektralband, das nicht in dem Spektrum enthalten ist, um ein Signal mit transponiertem Spektrum zu erzeugen, wobei das Spektrum auf das zweite Spektralband beschränkt ist;

– Formung des Spektrums des Signals mit transponiertem Spektrum, um ein Anreicherungssignal zu erzielen;

– Kombination des Signals mit unvollständigem Spektrum und des Anreicherungssignals, um ein Signal mit angereichertem Spektrum zu erzeugen;

dadurch gekennzeichnet, dass das Erzeugen des Signals mit transponiertem Spektrum einen Schritt des Bleichens des Spektralinhalts derart umfasst, dass das Spektrum des Signals mit transponiertem Spektrum eine gebleichte Version des Spektralinhalts ist.

2. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Spektralband neben dem ersten liegt.

3. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Transposition des Spektralinhalts eine Spektralverschiebung umfasst.

4. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Transposition des Spektralinhalts auch ein Umkehren des Spektrums umfasst.

5. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spektralverschiebung durch eine Modulation durchgeführt wird.

6. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation eine Modulation mit einzigem Seitenband ist.

7. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Spektralverschiebung durch Filtern des Signals mit unvollständigem Spektrum durch eine Analysefilterbank durchgeführt wird und durch Anlegen ihrer Ausgänge auf Eingänge verschobener Reihen einer Synthesefilterbank.

8. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Umkehren und die Spektralverschiebung durch Filtern des Signals mit unvollständigem Spektrum durch eine Analysefilterbank durchgeführt wird und durch Anlegen ihrer Ausgänge auf Eingänge umgekehrter und verschobener Reihen einer Synthesefilterbank.

9. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts

nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bleichen des Spektralinhalts durch Filtern des Signals mit unvollständigem Spektrum durch ein Bleichungsfilter durchgeführt wird.

10. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Transferfunktion des Bleichungsfilters ausgehend von einer Information erzielt wird, die die Spektralhülle des Signals mit unvollständigem Spektrum gibt.

11. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Information, die die Spektralhülle gibt, LPC-Faktoren des Signals mit unvollständigem Spektrum umfasst.

12. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Formung des Spektrums durchgeführt wird, indem das Signal mit transponiertem Spektrum durch ein Formungsfilter gefiltert wird.

13. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Transferfunktion des Formungsfilters durch Extrapolieren der Spektralhülle des Signals mit unvollständigem Spektrum erzielt wird.

14. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Transferfunktion des Formungsfilters ausgehend von einer Information erzielt wird, die die Spektralhülle einer Version mit vollständigem Spektrum des Signals mit unvollständigem Spektrum ergibt.

15. Verfahren zum Anreichern des Spektralinhalts nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Transferfunktion des Bleichungsfilters in Abhängigkeit von der Information korrigiert wird, die die Spektralhülle der Version mit vollständigem Spektrum gibt.

16. Verfahren zum Verbessern des Decodierens eines Signals mit unvollständigem Spektrum, insbesondere eines Audiosignals mit begrenztem Band, wobei das Signal mit unvollständigem Spektrum durch ein Codieren mit Spektralbegrenzung eines Breitbandquellensignals zum Beispiel durch ein perzeptives Codieren erzielt wurde, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbesserung darin besteht, das decodierte Signal durch das Verfahren zum spektralen Anreichern nach einem der Ansprüche 1 bis 15 anzureichern.

17. Verfahren zum Verbessern des Decodierens eines Signals mit unvollständigem Spektrum, insbesondere eines Audiosignals mit begrenztem Band,

wobei das Signal mit unvollständigem Spektrum durch ein Codieren mit Spektralbegrenzung eines Breitbandquellensignals zum Beispiel durch ein perzeptives Codieren erzielt wurde, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbesserung darin besteht, das decodierte Signal durch ein Verfahren zum spektralen Anreichern nach Anspruch 12 oder 13 anzureichern, und dass die Information, die die Spektralhülle des Signals mit unvollständigem Spektrum gibt, von dem Decodierungsschritt bereitgestellt wird.

18. Verfahren zum Verbessern des Decodierens eines Signals mit unvollständigem Spektrum, insbesondere eines Audiosignals mit begrenztem Band, wobei das Signal mit unvollständigem Spektrum durch ein Codieren mit Spektralbegrenzung eines Breitbandquellensignals erzielt wurde, dadurch gekennzeichnet, dass, weil das Codieren eine Information liefert, die die Spektralhülle des Breitbandquellensignals gibt, die Verbesserung darin besteht, das decodierte Signal durch das Verfahren zum spektralen Anreichern nach Anspruch 14 oder 15 anzureichern, wobei die Version mit vollständigem Spektrum des Signals mit unvollständigem Spektrum das Breitbandquellensignal ist.

19. Vorrichtung zum Anreichern des Spektralinhalts eines Signals, das ein unvollständiges Spektrum hat, das ein erstes Spektralband umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass sie angepasst ist, um die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15 anzuwenden.

20. Zusätzliche Vorrichtung für einen Signaldecodierer, wobei das zu decodierende Signal von einem Codierer mit Bandbegrenzung stammt, zum Beispiel einem perzeptiven Audiocodierer, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche Vorrichtung geeignet ist, um die Schritte des Verfahrens nach Anspruch 16 anzuwenden.

21. Empfangsvorrichtung, die einen Decodierer eines von einem Codierer mit Bandbegrenzung, zum Beispiel einem perzeptiven Audiocodierer, codierten Signals umfasst, und eine zusätzliche Vorrichtung, die dazu geeignet ist, die Schritte des Verfahrens nach Anspruch 16 oder 17 anzuwenden.

22. Vorrichtung zum Codieren/Decodieren, die einen Codierer mit Bandbegrenzung umfasst, zum Beispiel einen perzeptiven Codierer, der ein Quellensignal empfängt und ein codiertes Signal erzeugt, einen Spektralschätzer, der eine Spektralhülleninformation des Vollbandquellensignals gibt, einen Decodierer des codierten Signals und eine zusätzliche Vorrichtung, die dazu geeignet ist, die Schritte des Verfahrens nach Anspruch 18 durchzuführen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

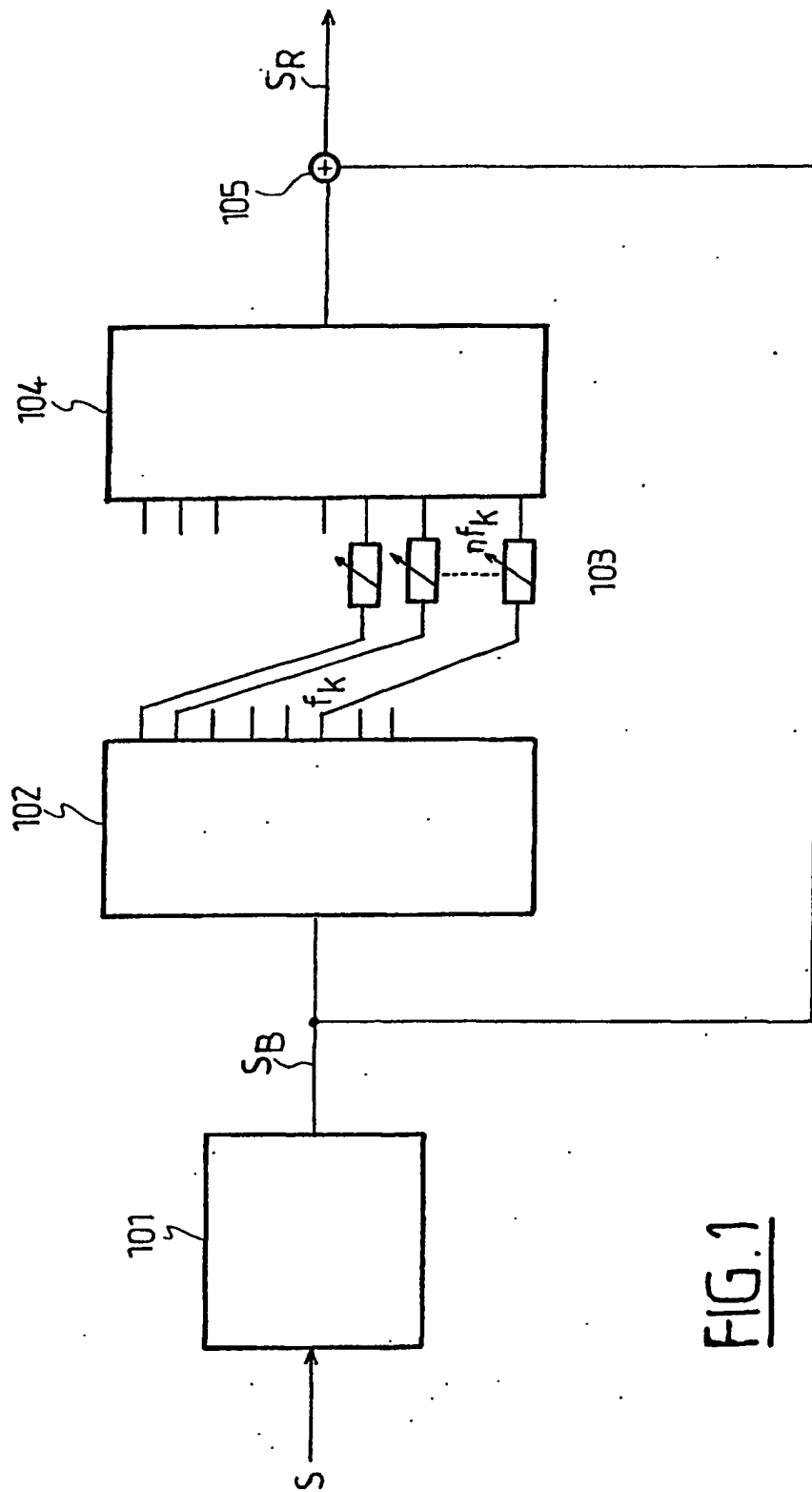


FIG. 1

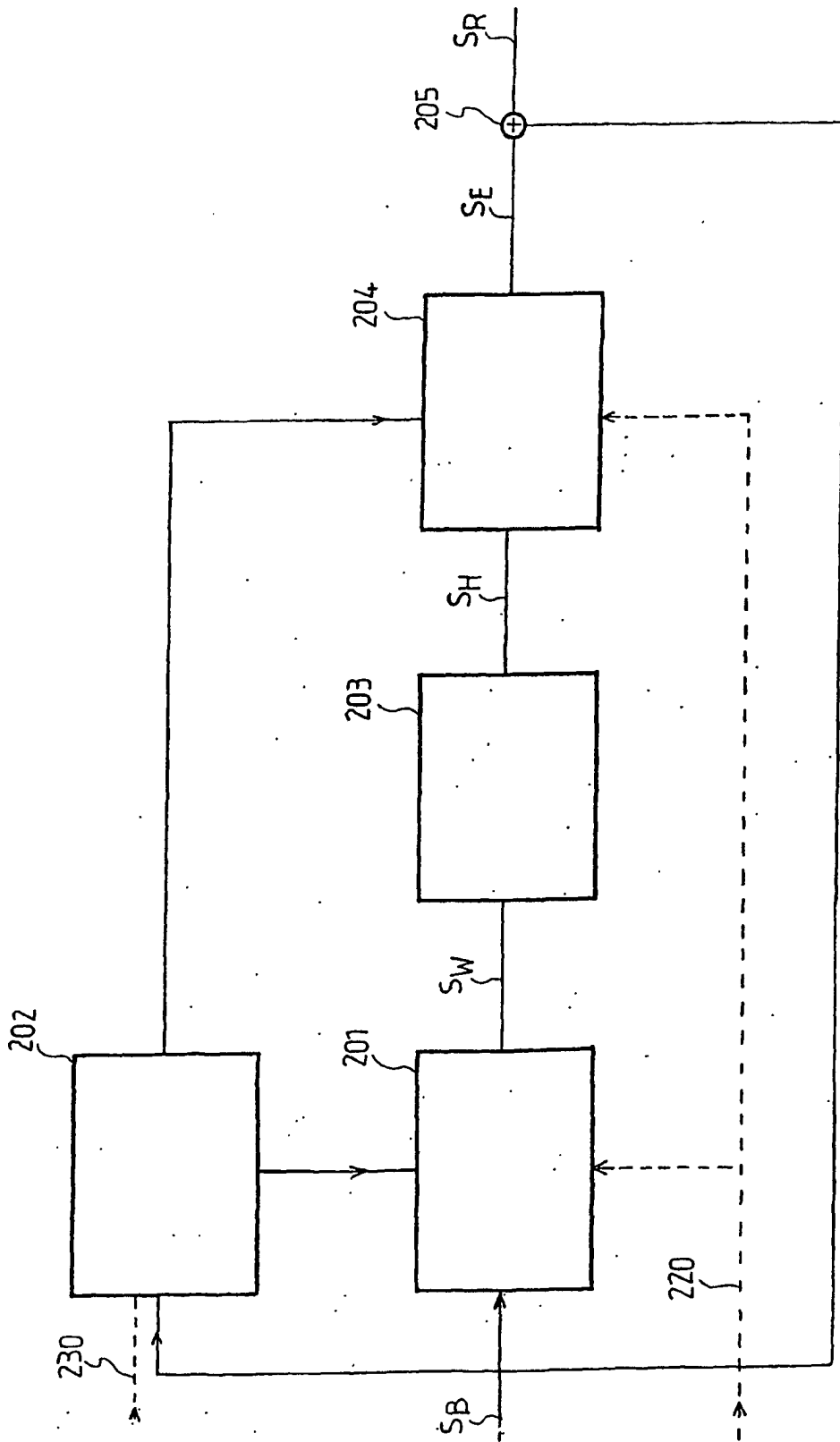


FIG. 2

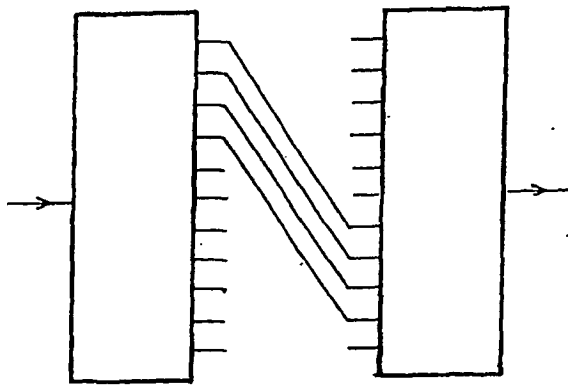


FIG. 3a

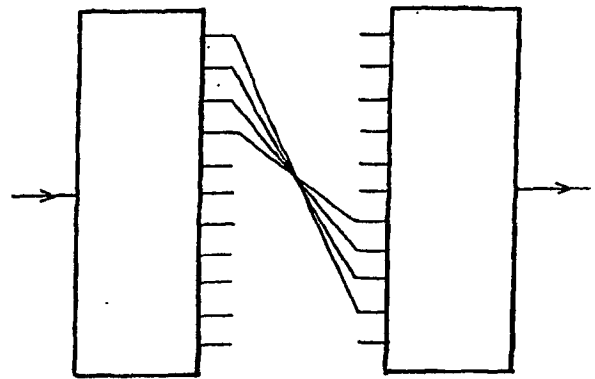


FIG. 3b

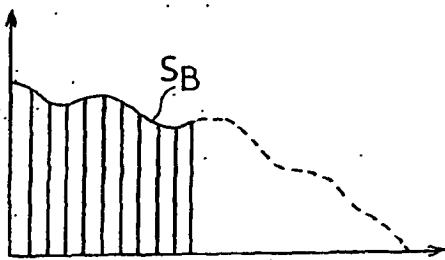


FIG. 4a

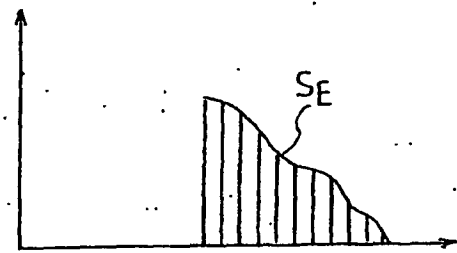


FIG. 4d

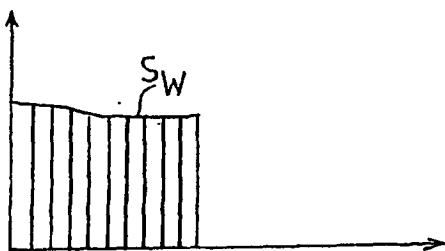


FIG. 4b

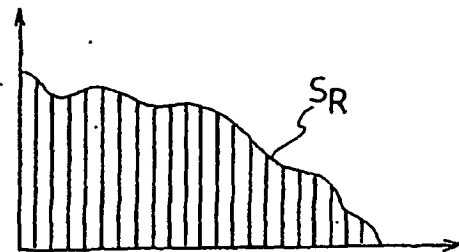


FIG. 4e

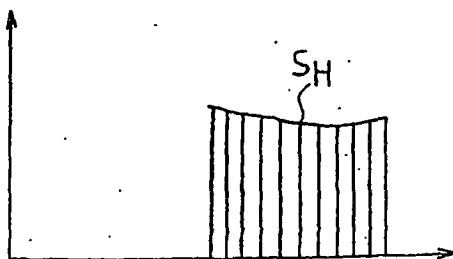


FIG. 4c

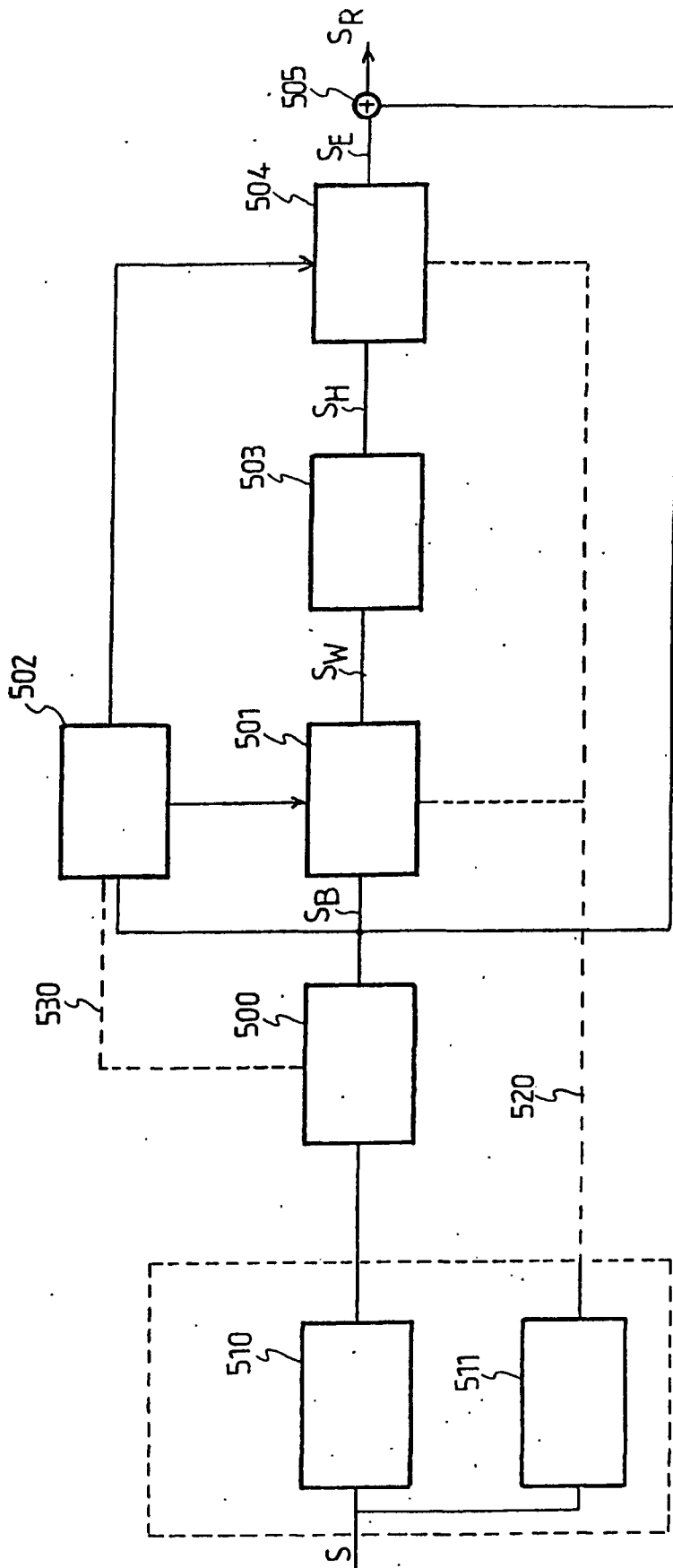


FIG. 5