



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 12 696 T2 2007.02.22**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 451 812 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G10L 21/02 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 12 696.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB02/04606**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 781 472.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/044777**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.10.2002**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **30.05.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.09.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **21.06.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.02.2007**

(30) Unionspriorität:  
**01204498 23.11.2001 EP**

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

(73) Patentinhaber:  
**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,  
NL**

(72) Erfinder:  
**SMEETS, Jo, NL-5656 AA Eindhoven, NL; VAN DE  
PAR, L., Steven, NL-5656 AA Eindhoven, NL**

(74) Vertreter:  
**Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen**

(54) Bezeichnung: **BANDBREITENVERGRÖSSERUNG FÜR AUDIOSIGNALE**

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 bezieht sich auf eine Bandbreitenerweiterungsanordnung zum Erzeugen eines Breitband-Audiosignals aus einem Schmalband-Audiosignal, wobei die Bandbreitenerweiterungsanordnung spektrale Faltungsmittel aufweist, die mit dem Eingang gekoppelt sind zum Erzeugen eines spektral gefalteten Audiosignals durch spektrale Faltung wenigstens eines Teils des Schmalband-Audiosignals.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich weiterhin auf einen Empfänger zum Empfangen eines Schmalband-Audiosignals über einen Übertragungskanal, wobei der Empfänger eine Bandbreitenerweiterungsanordnung zum Erzeugen eines Breitband-Audiosignals aus einem Schmalband-Audiosignal aufweist, auf ein Verfahren zum Empfangen eines Schmalband-Audiosignals, und auf ein Verfahren zum Erzeugen eines Breitband-Audiosignals aus einem Schmalband-Audiosignal.

**[0003]** EP-A-1047045 beschreibt einen Tonsynthesizer. Ein "Noise Adder" erzeugt ein Rauschsignal mit einem Frequenzband von 3400 bis 4600 Hz, stellt die Verstärkung des Rauschsignals ein und fügt das verstärkungseingestellte Rauschsignal einer Anregungsquelle zu, nachdem er durch eine Nullfüllschaltung mit Nullen gefüllt worden ist, wodurch eine Breitbandanregungsquelle geschaffen wird, die ziemlich flach ist. Die Signalverstärkung wird durch Ermittlung einer Schmalbandanregungsquelle oder einer Leistung der Breitbandanregungsquelle nach Füllung mit Nullen und Schönung der Verstärkung auf die Schmalbandanregungsquelle oder die Leistung eingestellt wird.

**[0004]** Das Dokument "Speech Enhancement Via Frequency Bandwidth Extension Using Line Spectral Frequencies" von S. Chennoukh, A. Gerrits, G. Miet und R. Sluijter in den "Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing" Salt Lake City, Utah, den 8.-11. Mai 2001 beschreibt eine Bandbreitenerweiterungsanordnung, die beispielsweise für Audiosignale, beispielsweise Sprachsignale oder Musiksignale verwendet werden kann, die von einem Übertragungsmedium, wie einem Funkkanal, einem Koaxialkabel oder einer optischen Faser empfangen werden. Andere mögliche Applikationen sind automatische Beantwortungsgeräte, Diktiergeräte, (mobile) Telefone, MP3-Spieler und gesprochene Bücher.

**[0005]** Schmalbandsprache, die bei den bestehenden Telefonnetzwerken angewandt wird, hat eine Bandbreite von 3100 Hz (3000–3400 Hz). Sprache klingt natürlicher, wenn die Bandbreite auf etwa 7 kHz (50–7000 Hz) gesteigert wird. Sprache mit dieser Bandbreite wird als Breitbandsprache bezeichnet

und hat ein zusätzliches Tiefband (50–300 Hz) und Hochband (3400–7000 Hz). Von dem Schmalbandsprachsignal ist es möglich, ein Hochband und ein Tiefband zu erzeugen, und zwar durch Extrapolation. Das resultierende Sprachsignal wird als Pseudo-Breitbandsprachsignal bezeichnet. Es sind verschiedene Techniken zum Erweitern der Bandbreite des Schmalbandsignals bekannt, beispielsweise aus dem Dokument: "A new technique for wideband enhancement of coded narrowband speech" "IEEE Speech Coding Workshop 1999", vom 20. bis zum 23. Juni 1999, Porvoo, Finnland. Diese Techniken werden zur Verbesserung der Sprachqualität in einem Schmalbandnetzwerk, wie einem Telefonnetzwerk, ohne Änderung des Netzwerkes angewandt. Auf der Empfangsseite (beispielsweise ein Handy oder ein Telefonbeantworter) kann die Schmalbandsprache auf Pseudobreitbandsprache erweitert werden. Es ist ein Nachteil dieser bekannten Bandbreitenerweiterungsanordnung, dass die spektrale Faltung des Eingangs-Schmalbandsignals harmonische Verschiebungen herbeiführt (d.h. die harmonischen Anteile in dem Hochband liegen nicht genau auf den Frequenzen, wie sie liegen sollten), wobei diese harmonischen Verschiebungen zu einer krachenden oder metallisch klingenden Schall führen, wenn die Sprache wiedergegeben wird. Diese harmonischen Verschiebungen treten auf, weil die harmonischen Anteile des Hochbandes nur harmonisch mit denen des Schmalbandsignals relatiert sind, wenn harmonische Abtastung angewandt wird (was im Allgemeinen nicht der Fall sein wird).

**[0006]** Es ist nun u. a. eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Bandbreitenerweiterungsanordnung zu schaffen, die diese Nachteile nicht aufweist. Die vorliegende Erfindung wird durch die Hauptansprüche definiert. Die Unteransprüche definieren vorteilhafte Ausführungsformen.

**[0007]** Es hat sich herausgestellt, dass die harmonischen Verschiebungen in dem spektral gefalteten Audiosignal effektiv dadurch maskiert werden können, dass das spektral gefaltete Audiosignal und das geformte Rauschsignal kombiniert werden. Wenn die harmonischen Verschiebungen maskiert werden, ist der unerwünschte knisternde/metallische Schall nicht länger anwesend, wenn das Breitband-Audiosignal wiedergegeben wird.

**[0008]** Das geformte Rauschsignal kann dadurch erzeugt werden, dass ein (weißes) Rauschsignal entsprechend einer Eigenschaft des (wenigstens eines Teils des) spektral gefalteten Audiosignals geformt wird, beispielsweise entsprechend einer Amplitude oder einer Phase des spektral gefalteten Audiosignals. Das Rauschsignal wird im Verhältnis zu der vorübergehenden Umhüllenden wenigstens eines Teils des spektral gefalteten Audiosignals geformt. Hörtests haben gezeigt, dass die Kombination eines der-

artigen geformten Rauschsignals und des spektral gefalteten Audiosignals zu einem Breitband-Audiosignal einer sehr guten Qualität führt.

[0009] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des Übertragungssystems **10** mit einem Empfänger **14** mit einer Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** nach der vorliegenden Erfindung,

[0011] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** nach der vorliegenden Erfindung,

[0012] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines Rauschformers **32** zur Verwendung in dem Übertragungssystem **10** nach der vorliegenden Erfindung,

[0013] [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines Umhüllenden-Extrahierers/Hilbert-Transformators **40** zur Verwendung in dem Übertragungssystem **10** nach der vorliegenden Erfindung,

[0014] [Fig. 5](#) ein Blockschaltbild einer bekannten Bandbreitenerweiterungsanordnung **18**, und

[0015] [Fig. 6](#) ein Blockschaltbild eines Teils **74** der Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** nach [Fig. 5](#), wobei der Teil **74** entsprechend der vorliegenden Erfindung angepasst worden ist.

[0016] In den Figuren sind entsprechende Elemente durch dieselben Bezugszeichen angegeben.

[0017] [Fig. 1](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des Übertragungssystems **10** nach der vorliegenden Erfindung. D Übertragungssystem **10** umfasst einen Sender **12** zum Übertragen eines Schmalband-Audiosignals, beispielsweise eines Schmalband-Sprachsignals oder eines Schmalband-Musiksignals, zu einem Empfänger **14**, und zwar über einen Übertragungskanal **16**. Das Übertragungssystem **10** kann ein Telefonkommunikationssystem sein, wobei der Sender ein (mobiles) Telefon sein kann und wobei der Empfänger ein (mobiles) Telefon oder ein Telefonbeantworter sein kann. Der Empfänger **14** umfasst eine Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** zum Erzeugen eines Breitband-Audiosignals aus dem Schmalband-Audiosignal. Die Bandbreite des Schmalband-Audiosignals ist kleiner als die Bandbreite des Breitband-Audiosignals. Die Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** umfasst einen Eingang **20** zum Empfangen des Schmalband-Audiosignals und einen Ausgang **22** zum Liefern des Breitband-Audiosignals zu (nicht dargestellten) zusätzlichen Signalverarbeitungsteilen des

Empfängers **14**, wobei diese genannten Teile zur Multiplikation, Wiedergabe und/oder Speicherung des Breitband-Audiosignals vorgesehen sein können.

[0018] [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** nach der vorliegenden Erfindung, wobei diese Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** in dem Übertragungssystem **10** nach der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Die Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** umfasst einen Eingang **20**, spektrale Faltungsmittel **30**, einen Rauschformer **32**, einen Kombinerer **34** und einen Ausgang **22**. Die spektralen Faltungsmittel **30** sind mit dem Eingang **20** gekoppelt, so dass ein Schmalband-Audiosignal, das über den Eingang **20** empfangen wird, den spektralen Faltungsmitteln **30** zugeführt wird. Die spektralen Faltungsmittel **30** sind vorgesehen zum Erzeugen eines spektral gefalteten Audiosignals **33** durch spektrale Faltung wenigstens eines Teils des Schmalband-Audiosignals. Das spektral gefalteten Audiosignal **33** wird durch die spektralen Faltungsmittel **30** dem Rauschformer **32** und dem Kombinerer **34** zugeführt. Der Rauschformer **32** ist vorgesehen zum Erzeugen eines geformten Rauschsignals **35** durch Formung eines (weißen) Rauschsignals **31** entsprechend wenigstens einem Teil des spektral gefalteten Audiosignals **33**. Das geformte Rauschsignal **35** wird von dem Rauschformer **32** dem Kombinerer **34** zugeführt. Der Kombinerer **34** ist vorgesehen zum Kombinieren des geformten Rauschsignals **35** und des spektral gefalteten Audiosignals **33** zu einem Breitband-Audiosignal. Die Bandbreite des Breitband-Audiosignals ist gröber als die Bandbreite des Schmalband-Audiosignals. Zum Schluss wird das Breitband-Audiosignal dem Ausgang **22** zugeführt.

[0019] Vorzugsweise ist der Rauschformer **32** vorgesehen zum Erzeugen des geformten Rauschsignals **35** durch Formung des Rauschsignals **21** im Verhältnis zu einer Umhüllenden wenigstens eines Teils des spektral gefalteten Audiosignals **33**. Ein derartiger Rauschformer **32** ist in [Fig. 3](#) dargestellt. [Fig. 3](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des Rauschformers **32** zur Verwendung in dem Übertragungssystem **10** nach der vorliegenden Erfindung. Der Rauschformer **32** umfasst einen Umhüllendenextrahierer **40** und einen Mischer **42**. Der Umhüllendenextrahierer **40** ist vorgesehen zum Extrahieren eines Umhüllendensignals **41** aus dem spektral gefalteten Audiosignal **33** und zum Liefern dieses Umhüllendensignals **41** zu dem Mischer **42**. Der Mischer **42** ist vorgesehen zum Erzeugen des geformten Rauschsignals **35** durch Multiplikation des Rauschsignals **31** mit dem Umhüllendensignal **41**.

[0020] [Fig. 4](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines Umhüllendenextrahierers/Hilbert-Transformators **40** zur Verwendung in dem Emp-

fänger **14** nach der vorliegenden Erfindung. Der Umhüllendenextrahierer **40** umfasst vorzugsweise einen Hilbert-Transformator **40**. Der Hilbert-Transformator **40** umfasst eine Kaskadenschaltung eines schnellen Fourier-Transformators **50**, einer Nullungseinheit **52**, eines invertierten schnellen Fourier-Transformators **54** und eines Gleichrichters **56**. Der schnelle Fourier-Transformator **50** transformiert eine Zeitdomänenendarstellung des spektral gefalteten Signals **33** zu einer Frequenzdomänenendarstellung davon **51**. Die Nullungseinheit **52** ist vorgesehen zur Nullung der negativen Frequenzen dieser Frequenzdomänenendarstellung **51**. Der invertierte Fourier-Transformator **54** ist vorgesehen zum Transformieren der genullten Frequenzdomänenendarstellung **53** zu einer Zeitdomänenendarstellung davon **55**. Der Gleichrichter **56** ist vorgesehen zum Erzeugen des Umhüllendensignals **41** durch Gleichrichtung (d.h. durch Übernahme des Absolutwertes) der genullten Zeitdomänenendarstellung **55**.

**[0021]** Die Frequenzdomänenendarstellung **51** des spektral gefalteten Audiosignals **33** ist ein komplexes Signal. Ein reelles Signal kann durch eine Summe von Sinuskurven mit verschiedenen Phasen, Amplituden und Frequenzen dargestellt werden. Eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) ist eine Summe komplexer e-Potenzen. Da eine Sinuskurve als eine Summe von zwei e-Potenzen beschrieben werden kann, eine mit einer positiven und eine mit einer negativen Frequenz, ist ein FFT-Spektrum gegenüber Null (DC) symmetrisch. Durch Entfernung der negativen Frequenzen in den Nullungsmitteln **52** wird ein Spektrum eines komplexen Signals (analytischen Signals) geschaffen, das eine Summe unabhängiger e-Potenzen ist. Wenn der Absolutwert von dem IFFT dieses analytischen Signals genommen wird, (beispielsweise durch den Gleichrichter **56**) wird die Zeitdomänen-umhüllende des ursprünglichen Eingangssignals gefunden (durch die Tatsache, dass der Absolutwert einer komplexen e-Potenz gleich Eins ist).

**[0022]** [Fig. 5](#) zeigt ein Blockschaltbild einer bekannten Bandbreitenerweiterungsanordnung **18**, wie diese aus dem Dokument: "Speech Enhancement Via Frequency Bandwidth Extension Using Line Spectral Frequencies" von S. Chennoukh, A. Gerrits, G. Miet und R. Sluijter in "the proceedings of the 2001 IEEE International Conference on acoustics, Speech and Signal Processing", Salt Lake City, Utah, den 8. bis zum 11. Mai 2001 bekannt. Ein Eingangsschmalbandsprachsignal, das mit 8 kHz abgetastet wird und das dem Eingang **20** der Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** zugeführt wird, wird zunächst mit Hilfe einer Aufwärtsabtastung **60** durch zwei aufwärts abgetastet ("up-sampled") (d.h. zwischen aufeinander folgende Abtastwerte werden Nullen eingefügt). Das erhaltene aufwärts abgetastete Signal **61** wird mit 16 kHz abgetastet. Es hat dasselbe Spektrum in dem Tiefband, d.h. 0–4 kHz, wie das Ein-

gangssignal und eine gefaltete Version davon in dem Hochband, d.h. 4–8 kHz. Dieses Signal **61** wird danach in einem Tiefpassfilter **62** zum Entfernen der gefalteten Version tiefpassgefiltert, und zwar zum Wiederherstellen derselben spektralen Eigenschaften wie das Eingangssignal, aber mit 16 kHz abgetastet. Das tiefpassgefilterte Signal **63** wird einem LPC Analysenfilter **70** sowie einer Abwärtsabtastanordnung **64**.

**[0023]** Das tiefpassgefilterte Signal **63** wird von der Abwärtsabtastanordnung **64** abwärts abgetastet. Danach wird das resultierende abwärts abgetastete Signal **65** (das mit 8 kHz angetastet wird) unter Verwendung eines autoregressiven LPC Modells mit Hilfe eines LPC Analysenfilters **66** modelliert. Das LPC Analysenfilter **66** leitet LPC Koeffizienten **67** von dem abwärts abgetasteten Signal **65** her. Diese LPC Koeffizienten **67** stellen das Spektrum des Eingangsschmalbandsprachsignals dar. Daraufhin werden die Schmalband-LPC-Koeffizienten **67** durch eine Umhüllendenbandbreitenerweiterungsanordnung **68** verwendet zum Erweitern der spektralen Umhüllenden des Schmalbandsignals und zum Herleiten von Breitband-LPC-Koeffizienten **69**. Diese Erweiterung der spektralen Umhüllenden wird dadurch durchgeführt, dass Tiefbandlinienspektralfrequenzen ("line spectral frequencies") zu Breitband LSFs abgebildet werden. Diese Abbildung wird mit Hilfe eines Satzes von Abbildungsmatrizen durchgeführt.

**[0024]** Danach wird das Ausgangssignal **63** des Tiefpassfilters **62** unter Verwendung eines erweiterten LPC Analysenfilters **70** auf Basis der Breitband LPC Koeffizienten analysiert. Der Analysenrest **71**, von dem erwartet wird, dass er ein flaches Spektrum hat; wird danach in spektralen Faltungsmitteln **30** erfolgreich um zwei abwärts abgetastete und aufwärts abgetastet (d.h. jeder zweite Abtastwert wird auf Null gesetzt). Die erfolgreiche Abwärts- und Aufwärtsabtastung verwirklicht eine spektrale Faltung. Das resultierende spektral gefaltete Signal **73** ist ein spärliches Signal, das verwendet wird um ein Breitband-synthesefilter **72** anzuregen, damit ein Breitbandsprachsignal erhalten wird, das dem Ausgang **22** der Breitbanderweiterungsanordnung **18** zugeführt wird. Das Breitbandsynthesefilter **72** arbeitet auf Basis der Breitband LPC Koeffizienten **69** und ist die Inverse des Analysenfilters **70**.

**[0025]** [Fig. 6](#) zeigt ein Blockschaltbild eines Teils **74** der Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** nach [Fig. 5](#), wobei dieser Teil **74** entsprechend den Grundlagen der vorliegenden Erfindung angepasst ist. Neben dem Teil **74**, wie in [Fig. 5](#) darstellt, umfasst der Teil **74**, wie in [Fig. 6](#) dargestellt, einen Rauschformer **32**, Kombinerer **86** und **88** und verschiedene Verstärkungsstufen **80**, **82**, **84** und **92**. Der Rauschformer **32** umfasst einen Umhüllendenextrahierer **40**, einen Mischer **42** und ein Bandpassfilter **90**. Der Kombinie-

rer **86** entspricht dem Kombinierer **34** in [Fig. 2](#).

**[0026]** Der Teil **74** der Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** aus [Fig. 5](#) kann durch den Teil **74** beschrieben werden, wie in [Fig. 6](#) dargestellt, wenn der Verstärkungsfaktor  $a$  der Verstärkungsstufe **92** auf 0 gesetzt wird und der Verstärkungsfaktor  $b$  der Verstärkungsstufe **84** auf 2 gesetzt wird und der Verstärkungsfaktor  $c$  der Verstärkungsstufe **80** auf 0 gesetzt wird. Es sei bemerkt, dass die Verstärkungsstufe **84** in [Fig. 5](#) nicht dargestellt ist.

**[0027]** Das spektral gefaltete Signal **73** umfasst Niederband- und Hochbandanteile. Da nur der Hochbandteil des spektral gefalteten Signals **73** an harmonischen Verschiebungen leidet, ist es nicht notwendig, die Umhüllende des Niederbandteils zu extrahieren. Folglich werden die Niederbandanteile aus dem spektral gefalteten Signal **73** mit Hilfe der Verstärkungsstufe **82** und des Kombinierers **88** entfernt. Die Amplitude des spektral gefalteten Signals **73** entspricht der Hälfte der Amplitude des Analysenrestsignals **71** (wegen der Eigenschaften des spektralen Falters **30**, der eine Kaskadenschaltung eines Abwärtsabtasters um zwei und eines Aufwärtsabtasters um zwei aufweist). Mit Hilfe der Verstärkungsstufe **82** wird das Analysenrestsignal **71** gedämpft und durch die Verstärkungsstufe **82** invertiert, die auf das Analysenrestsignal **71** eine Verstärkungsfaktor gleich  $-0,5$  anwendet. Das resultierende gedämpfte Analysenrestsignal **73** wird danach mit Hilfe des Kombinierers **88** dem spektral gefalteten Signal **73** hinzugefügt, wodurch auf diese Weise der Niederbandanteil aus dem spektral gefalteten Signal **73** entfernt wird. Das resultierende kombinierte Signal **85** umfasst nur Hochbandanteile und wird dem Umhüllendenextrahierer **40** zugeführt (entsprechend dem Signal **33** in [Fig. 3](#)).

**[0028]** Der Umhüllendenextrahierer **40** extrahiert ein Umhüllendensignal **87** aus dem Signal **85** und liefert dieses Signal **87** dem Mischer **42**. Der Mischer **42** erzeugt ein geformtes Rauschsignal **91** (entsprechend dem Signal **35** in [Fig. 3](#)) durch Multiplikation eines bandpassgefilterten Rauschsignals **89** mit dem Umhüllendensignal **87**. Das bandpassgefilterte Rauschsignal **89** wird durch Filterung eines (weißen) Rauschsignals **31** mit Hilfe eines Bandpassfilters **90** erhalten, das nur die Hochbandanteile des Rauschsignals **31** durchlässt.

**[0029]** Das geformte Rauschsignal **91** wird verstärkt/gedämpft durch die Verstärkungsstufe **92** und das resultierende Signal **93** wird dem Kombinierer **86** zugeführt. Das spektral gefaltete Signal **73** wird verstärkt/gedämpft durch die Verstärkungsstufe **84** und das resultierende Signal **95** wird ebenfalls dem Kombinierer **86** zugeführt. Außerdem wird das Analysenrestsignal **71** verstärkt/gedämpft durch die Verstärkungsstufe **80** und das resultierende Signal **81** wird

ebenfalls dem Kombinierer **86** zugeführt. Der Kombinierer **86** kombiniert die Signale **93**, **95** und **81** dadurch, dass sie zu einem kombinierten Signal **97** zusammenaddiert werden, das dem Breitbandsynthesefilter **72** zugeführt wird.

**[0030]** Damit das Breitbandsynthesefilter **72** imstande ist, das Niederband zu rekonstruieren, muss die nachfolgende Beziehung zwischen den Verstärkungsfaktoren  $b$  und  $c$  gelten:  $0,5b + c = 1$ . (Diese Niederbandsignale sind 100% korreliert, folglich können Amplituden summiert werden). Für das Hochband muss die nachfolgende Beziehung zwischen den Verstärkungsfaktoren  $a$  und  $b$  erfüllt werden:  $(a/2)^2 + (b/2)^2 = 1$  und folglich  $a^2 + b^2 = 4$ . (Dies ist wegen der Tatsache, dass hier die Signale nicht korreliert sind und folglich sollen Energien summiert werden). Wenn beispielsweise  $a = b = \sqrt{2}$  ist, dann ist  $c = 1 - \frac{1}{2}\sqrt{2} \approx 0,3$ . Das Abstimmen kann aber andere Kombinationen ergeben, die bessere Resultate liefern als die berechneten Ergebnisse. Befriedigung gibt es, wenn mit der nachfolgenden Einstellung erhalten:  $a = 1,2$ ,  $b = 1,1$  und  $c = 0,45$ .

**[0031]** Die Bandbreitenerweiterungsanordnung **18** kann mit Hilfe digitaler Hardware oder mit Hilfe von Software implementiert werden, die durch einen digitalen Signalprozessor oder durch einen Allzweck-Mikroprozessor durchgeführt wird.

**[0032]** Der Rahmen der vorliegenden Erfindung beschränkt sich nicht auf die explizit beschriebenen Ausführungsformen. Die vorliegende Erfindung wird durch die Patentansprüche definiert. Bezugszeichen beschränken den Rahmen der vorliegenden Erfindung nicht. Das Wort "umfassen" schließt das Vorhandensein anderer Elemente oder Verfahrensschritte als diejenigen, die in einem Anspruch genannt wird, nicht aus. Die Verwendung des Wortes "ein" vor einem Element schließt das Vorhandensein einer Anzahl derartiger Elemente nicht aus. Die vorliegende Erfindung kann mit Hilfe von Hardware mit verschiedenen einzelnen Elementen und mit Hilfe eines auf geeignete Art und Weise programmierten Computers implementiert werden. In dem Vorrichtungsanspruch, worin mehrere Mittel nummeriert sind, können mehrere dieser Mittel durch ein und dasselbe Hardwareelement verkörpert werden.

### Patentansprüche

1. Bandbreitenerweiterungsanordnung (**18**) zum Erzeugen eines Breitband-Audiosignals aus einem Schmalband-Audiosignal, wobei die Bandbreitenerweiterungsanordnung Folgendes umfasst:  
 – einen Eingang (**20**) zum Empfangen des Schmalband-Audiosignals mit einer ersten Bandbreite,  
 – einen Ausgang (**22**) zum Liefern des Breitband-Audiosignals mit einer zweiten Bandbreite, die größer ist als die erste Bandbreite,

- spektrale Faltungsmittel (**30**), die mit dem Eingang (**20**) gekoppelt sind zum Erzeugen eines spektral gefalteten Audiosignals (**33**) durch spektrale Faltung wenigstens eines Teils des Schmalband-Audiosignals, gekennzeichnet durch:
  - einen Rauschsignalformer (**32**) zum Erzeugen eines geformten Rauschsignals (**35**) dadurch, dass einem Rauschsignal (**31**) Form gegeben wird, und zwar im Verhältnis zu einer zeitlichen Umhüllenden wenigstens eines Teils des spektral gefalteten Audiosignals (**33**); und
  - eine Kombinierschaltung (**34**) zum Kombinieren des geformten Rauschsignals (**35**) und des spektral gefalteten Audiosignals (**33**) zu dem Breitband-Audiosignal, wobei harmonische Verschiebungen in dem spektral gefalteten Audiosignal (**33**) maskiert werden.

2. Bandbreitenerweiterungsanordnung (**18**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rauschsignalformer (**32**) Folgendes umfasst:

- eine Umhüllende-Extraktionsstufe (**40**) zum Extrahieren eines zeitlichen umhüllenden Signals (**41**) aus dem spektral gefalteten Audiosignal (**33**), und
- eine Mischstufe (**42**) zum Erzeugen des geformten Rauschsignals (**35**) durch Mischung des Rauschsignals (**31**) mit dem zeitlichen umhüllenden Signals (**41**).

3. Bandbreitenerweiterungsanordnung (**18**) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Umhüllende-Extraktionsstufe (**40**) einen Hilbert-Transformator aufweist, der eine Kaskadenschaltung aus einem Fourier-Transformator (**50**) zum Transformieren einer Zeitdomänenendarstellung des spektral gefalteten Audiosignals (**33**) zu einer Frequenzdomänenendarstellung (**51**) davon, Mitteln (**52**) zum Nullen der negativen Frequenzen der Frequenzdomänenendarstellung (**51**), einem invertierten Fourier-Transformator (**54**) zum Transformieren der genullten Frequenzdomänenendarstellung (**53**) zu einer Zeitdomänenendarstellung davon (**55**), und einem Gleichrichter (**56**) zum Erzeugen des zeitlichen umhüllenden Signals (**41**) durch Gleichrichtung der genullten Zeitdomänenendarstellung (**55**).

4. Empfänger (**14**) zum Empfangen eines Schmalband-Audiosignals von einem Übertragungskanal (**16**), wobei der Empfänger (**14**) eine Bandbreitenerweiterungsanordnung (**18**) nach Anspruch 1 aufweist.

5. Verfahren zum Erzeugen eines Breitband-Audiosignals aus einem Schmalband-Audiosignal, wobei das Schmalband-Audiosignal eine erste Bandbreite hat und das Breitband-Audiosignal eine zweite Bandbreite hat, die größer ist als die erste Bandbreite, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

- das Erzeugen eines spektral gefalteten Audiosignals (**33**) durch spektrale Faltung wenigstens eines Teils des Schmalband-Audiosignals, dadurch ge-

kennzeichnet, dass das Verfahren weiterhin Folgendes umfasst:

- das Erzeugen eines geformten Rauschsignals (**35**) durch Formung eines Rauschsignals (**31**) im Verhältnis zu einer zeitlichen Umhüllenden wenigstens eines Teils des spektral gefalteten Audiosignals (**33**),
- das Kombinieren des geformten Rauschsignals (**35**) und des spektral gefalteten Audiosignals (**33**) zu dem Breitband-Audiosignal, wobei harmonische Verschiebungen in dem spektral gefalteten Audiosignal (**33**) maskiert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren weiterhin Folgendes umfasst:

- das Extrahieren eines zeitlichen umhüllenden Signals (**41**) aus dem spektral gefalteten Audiosignal (**33**) und
- das Erzeugen des geformten Rauschsignals (**35**) durch Mischung des Rauschsignals (**31**) mit dem zeitlichen umhüllenden Signal (**41**).

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Extraktionsschritt Folgendes umfasst:

- das Transformieren einer Zeitdomänenendarstellung des spektral gefalteten Audiosignals (**33**) zu einer Frequenzdomänenendarstellung davon (**51**),
- dass Nullen der negativen Frequenzen der Frequenzdomänenendarstellung (**51**),
- das Transformieren der genullten Frequenzdomänenendarstellung (**53**) zu einer Zeitdomänenendarstellung davon (**55**), und
- das Erzeugen des zeitlichen umhüllenden Signals (**41**) durch Gleichrichtung der genullten Zeitdomänenendarstellung (**55**).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

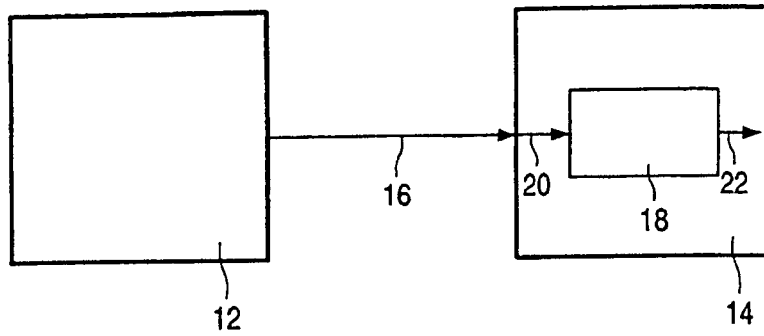


FIG. 1

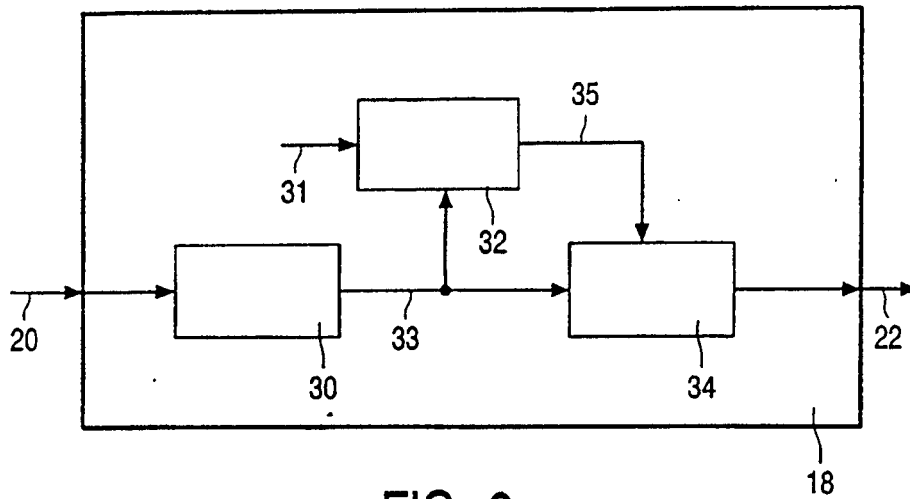


FIG. 2

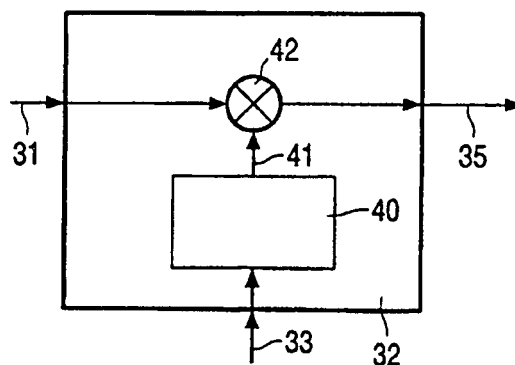


FIG. 3

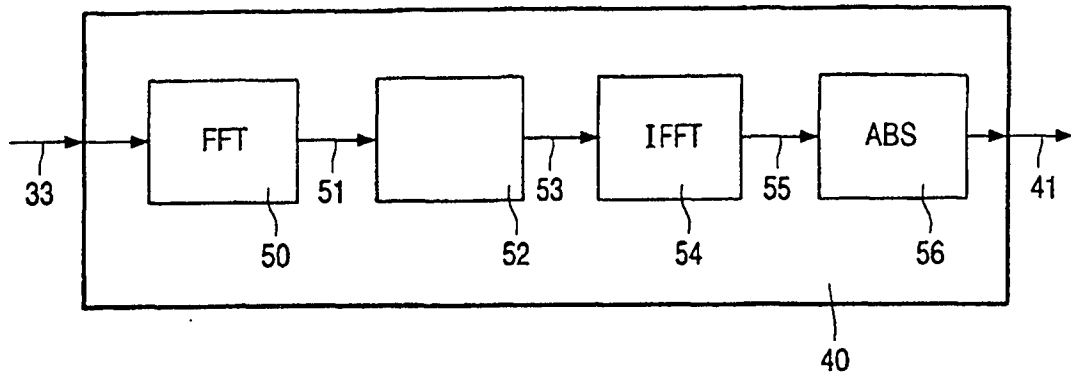


FIG. 4

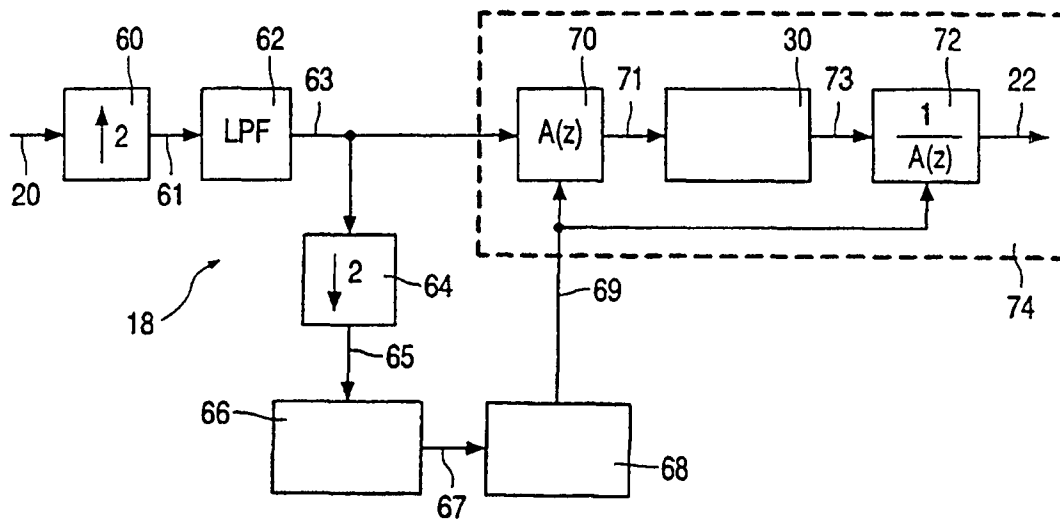


FIG. 5



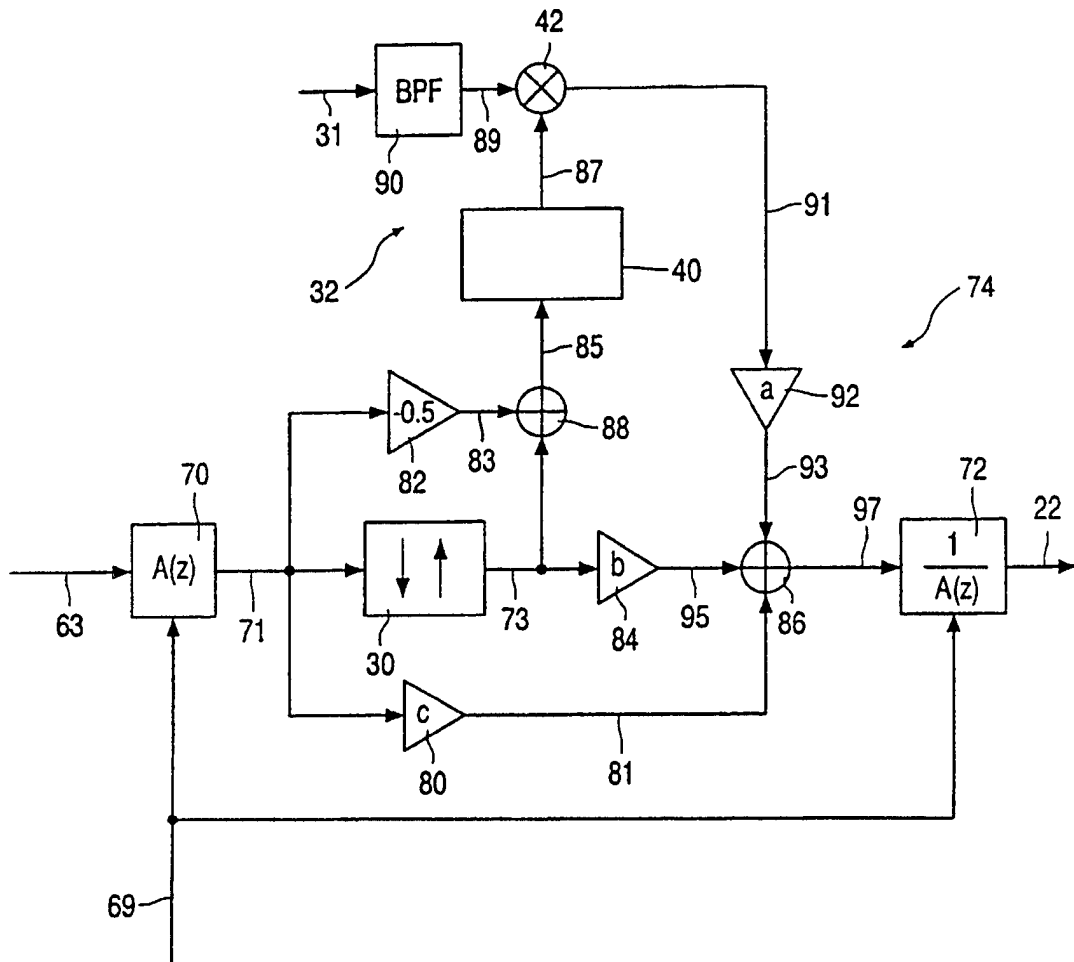


FIG. 6