



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 92 425 T5** 2005.06.30

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/079721**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **103 92 425.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/07943**
(86) PCT-Anmeldetag: **13.03.2003**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.09.2003**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.06.2005**

(51) Int Cl.7: **H04R 3/02**
G10L 19/02, H04R 5/04, H04B 15/00

(30) Unionspriorität:
60/363,994 **13.03.2002** **US**

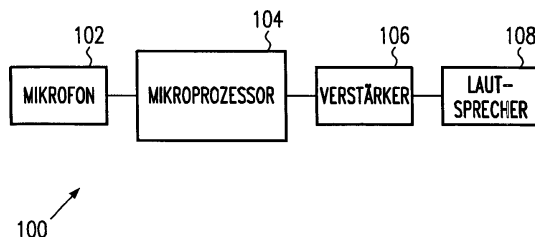
(71) Anmelder:
**HARMAN INTERNATIONAL INDUSTRIES,
INCORPORATED, Northridge, Calif., US**

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(72) Erfinder:
**Kreifeldt, Richard, Sandy, Utah, US; Reed, Curtis
R., Salt Lake City, Utah, US; Hammond, Aaron M.,
Eagle Mountain, Utah, US**

(54) Bezeichnung: **Audiorückkoppelungsverarbeitungssystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren für das Verarbeiten eines Audiorückkoppelungssignals, umfassend:
Empfangen eines Audiosignals;
Anwenden einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation auf ein Rückkoppelungssignal im Audiosignal; und
Identifizieren einer Frequenz des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der vorläufige US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 60/363,994 mit dem Titel "Employing Narrow Bandwidth Notch Filters In Feedback Elimination", die am 13. März 2002 eingereicht wurde und hiermit durch Bezugnahme eingeschlossen wird.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Rückkoppelung in Audiosystemen. Insbesondere bezieht sich diese Erfindung auf das Identifizieren einer Frequenz der Rückkoppelung und das adaptive Filtern der Rückkoppelungssignale in einem Audiosystem.

STAND DER TECHNIK

[0003] Ein Audiosystem umfasst typischerweise einen Eingangssignalwandler (Mikrofon), einen Verstärker, einen Mikroprozessor und eine Tonausgabe (Lautsprecher). Der Eingangssignalwandler empfängt Töne und gibt sie in das System, der Verstärker verstärkt die Töne, der Mikroprozessor führt eine Signalverarbeitung durch, und die Tonausgabe (der Lautsprecher) liefert einen Ton an die Nutzer des Systems. Viele Audiosysteme ermöglichen einen Duplexbetrieb, bei dem Töne in das Mikrofon eingegeben werden können, während Töne am Lautsprecher ausgegeben werden. Wenn jedoch das Mikrofon einen Teil der Töne, die am Lautsprecher ausgegeben werden, als ein Eingangssignal empfängt, so wird ein nicht stabiles System mit geschlossener Schleife erzeugt, was zu einer Audiorückkoppelung führt.

[0004] Die Audiorückkoppelung zeigt sich als ein oder mehrere Audiorückkoppelungssignale am Lautsprecher, wo jedes Rückkoppelungssignal als sinusförmiges Signal modelliert werden kann (das heißt das oder die Rückkoppelungssignale zeigen Eigenschaften eines sinusförmigen Signals). Um ein spezielles Rückkoppelungssignal zu eliminieren, wandelt der Mikroprozessor das Audiosignal in eine diskrete (abgetastete) Frequenzspektrumdarstellung um, wie in Form einer diskreten Fouriertransformation (DFT), einer Spektralschätzung (Spectral Estimation), von Filterbänken oder einer ähnlichen Darstellung. Die Umwandlung des Audiosignals in das abgetastete Frequenzspektrum ermöglicht eine allgemeine Identifikation der Frequenz der Rückkoppelungssignale. Die Frequenzabtastung, die die größte Größe im diskreten Frequenzbereich aufweist, wird als Frequenz des Rückkoppelungssignals ausgewählt.

[0005] Ein Kerbfilter wird bei der identifizierten Frequenz des Rückkoppelungssignals platziert, um das spezielle Rückkoppelungssignal zu eliminieren. Durch die Begrenzungen des Mikroprozessors hinsichtlich der Rechenleistung und des Speicherplatzes ist die Abtastungsauflösung der abgetasteten Frequenzspektrumdarstellung jedoch begrenzt. Somit liefert die ausgewählte Frequenzabtastung keine genaue Schätzung der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals. Da die ausgewählte Frequenzabtastung keine genaue Schätzung darstellt, wird ein Kerbfilter verwendet, das eine signifikant breitere Bandbreite und/oder eine größere Kerbtiefe (cut-depth) als sie tatsächlich für das Filtern des Rückkoppelungssignals benötigt wird, aufweist. Die breitere Bandbreite und/oder die größere Kerbtiefe sind notwendig, um zu gewährleisten, dass das Rückkoppelungssignal vom Ausgangssignal eliminiert wird.

[0006] Die Verwendung eines Kerbfilters mit einer breiteren Bandbreite und/oder einer größeren Kerbtiefe kann jedoch die Tonqualität der Töne am Lautsprecher verschlechtern.

[0007] Die Begrenzungen des Mikroprozessors hinsichtlich der Rechenleistung und des Speicherplatz beschränken die Anzahl der Kerbfilter, die verwendet werden können, um Audiorückkoppelungssignale zu eliminieren. Wenn die Anzahl der Rückkoppelungssignale die Anzahl der verfügbaren Kerbfilter überschreitet, können einige der Rückkoppelungssignale durch das System nicht eliminiert werden. Das Misslingen, mindestens einige der Rückkoppelsignale zu eliminieren, kann es erforderlich machen, dass die Systemverstärkung reduziert werden muss, was zu einer verschlechterten Systemleistung führt.

ZUSAMMENFASSUNG

[0008] Diese Erfindung liefert ein Audiosystem, das die Frequenz eines Rückkoppelungssignals unter Ver-

wendung einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation identifiziert. Die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation kann unter Verwendung einer Frequenzinterpolation auf einem abgetasteten Frequenzspektrumsignal, das einem Rückkoppelungssignal entspricht, erzielt werden. Die Rückkoppelungsinterpolation erlaubt es, die Frequenz des Rückkoppelungssignals zu identifizieren, insbesondere wenn die Frequenz der Rückkoppelung zwischen Abtastungen des Frequenzspektrumsignals liegt. Die Interpolation kann Abtastungen des abgetasteten Frequenzspektrumsignals einschließen, um ein eindeutiges quadratisches Polynom (oder ein Polynom höherer Ordnung) zu erzeugen, das der ursprünglichen Hauptkeule des Rückkoppelungssignals, das durch das Frequenzspektrumsignal dargestellt wird, ähnelt. Das Polynom kann für die Abtastungen unter Verwendung einer Polynominterpolation, einer rationalen Funktionsinterpolation, einer kubischen Spline-Interpolation und dergleichen konstruiert werden. Die Spitze des Polynoms und somit eine Darstellung/Schätzung der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals kann beispielsweise durch das Setzen der Ableitung der erzeugten Polynomgleichung zu null bestimmt werden. Ein schmal ausgebildetes Filter, wie ein Kerbfilter, kann an der bestimmten Frequenz der Rückkoppelung platziert werden, um das Rückkoppelungssignal zu eliminieren oder zu reduzieren. Das Filter reduziert auch die Wirkung auf die Qualität des Audiosignals, das durch das Audiosystem geliefert wird.

[0009] Das Audiosystem kann adaptiv mehrere Rückkoppelungssignale unter Verwendung eines einzigen Filters, wie eines Kerbfilters, filtern. Das adaptive Filtern kann das Identifizieren der Frequenzen der Rückkoppelung im Audiosignal und das Bestimmen, welche Frequenzen der Rückkoppelungssignale in einem Frequenzfenster, das aneinander angrenzende Abtastungen des abgetasteten Frequenzspektrums umfasst, liegen, umfassen. Ein Filter, wie ein Kerbfilter, ist konfiguriert, um die Frequenzen, die als innerhalb des Frequenzbereichs, der durch das Frequenzfenster abgedeckt wird, liegend identifiziert wurden, herauszufiltern, um somit Kerbfilter für das Filtern anderer Rückkoppelungssignale frei zu stellen oder um die Anforderungen an den Speicher und die Verarbeitungsleistung des Mikroprozessors des Audiosystems zu reduzieren. Der Frequenzbereich, der durch das Frequenzfenster abgedeckt wird, kann jede Anzahl von aneinander angrenzenden Abtastungen umfassen, und er kann vorbestimmt und/oder konfigurierbar sein. Weiterhin kann der Frequenzbereich, der durch das Frequenzfenster abgedeckt wird, in Abhängigkeit vom untersuchten Frequenzband und/oder der Auflösung des abgetasteten Frequenzspektrums variieren.

[0010] Andere Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind oder werden für Fachleute bei der Untersuchung der folgenden Figuren und der detaillierten Beschreibung deutlich. Es ist beabsichtigt, dass alle diese zusätzlichen Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile, die in dieser Beschreibung beinhaltet sind, innerhalb des Umfangs der Erfindung liegen und durch die folgenden Ansprüche geschützt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Die Erfindung kann unter Bezug auf die folgenden Beschreibungen und Zeichnungen besser verstanden werden. Die Komponenten in den Figuren sind nicht notwendigerweise als Maßstab zu verstehen, die Betonung liegt stattdessen auf der Darstellung der Prinzipien der Erfindung. Darüber hinaus bezeichnen in den Figuren gleiche Bezugszahlen entsprechende Teile in den verschiedenen Ansichten.

[0012] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Audiosystems, das Rückkoppelungsidentifikations- und Reduktionstechniken aufweist.

[0013] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb des Audiosystems der [Fig. 1](#) bei der Identifizierung der Frequenz eines Rückkoppelungssignals zeigt.

[0014] [Fig. 3](#) ist ein Schaubild, das ein Rückkoppelungssignal im Zeitbereich zeigt.

[0015] [Fig. 4](#) ist ein Schaubild, das die zeitdiskrete Fouriertransformation des Rückkoppelungssignals der [Fig. 3](#) zeigt.

[0016] [Fig. 5](#) ist ein Schaubild, das eine Zeitfensterfunktion zeigt.

[0017] [Fig. 6](#) ist ein Schaubild, das eine zeitdiskrete Fouriertransformation der Zeitfensterfunktion der [Fig. 5](#) zeigt.

[0018] [Fig. 7](#) ist ein Schaubild, das das Zeitsignal zeigt, das sich aus dem Multiplizieren des Rückkoppelungssignals der [Fig. 3](#) mit der Fensterfunktion der [Fig. 5](#) ergibt.

[0019] [Fig. 8](#) ist ein Schaubild, das die zeitdiskrete Fouriertransformation des der Fensterfunktion unterworfenen Rückkoppelungssignals der [Fig. 7](#) zeigt.

[0020] [Fig. 9](#) ist ein Schaubild, das die diskrete Fouriertransformation des der Fensterfunktion unterworfenen Rückkoppelungssignals der [Fig. 7](#) zeigt.

[0021] [Fig. 10](#) zeigt eine Vergrößerung eines Abschnitts des Schaubilds der [Fig. 9](#), die die Frequenzabschnitte (frequency bins) zeigt, die bei Interpolieren einer Frequenz eines Rückkoppelungssignals verwendet werden können.

[0022] [Fig. 11](#) ist ein Schaubild, das die Eigenschaften von Kerbfiltern des Stands der Technik mit einem Kerbfilter, das unter Verwendung der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation konfiguriert ist, vergleicht.

[0023] [Fig. 12](#) ist ein anderes Schaubild, das die Eigenschaften eines Kerbfilters des Stands der Technik mit einem Kerbfilter, das unter Verwendung der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation konfiguriert ist, vergleicht.

[0024] [Fig. 13](#) ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb des Audiosystems der [Fig. 1](#) für das Durchführen einer adaptiven Filterung zeigt.

[0025] [Fig. 14](#) ist ein Schaubild, das ein Frequenzfenster zeigt, das einen spezifizierten Frequenzbereich eines Zeitsignals abdeckt, das beim Durchführen der adaptiven Filterung verwendet werden kann.

[0026] [Fig. 15](#) ist ein Schaubild, das ein Frequenzfenster zeigt, das einen spezifizierten Frequenzbereich eines Frequenzsignals abdeckt, das bei der Durchführung der adaptiven Filterung verwendet werden kann.

[0027] [Fig. 16](#) ist ein Schaubild, das die Eigenschaften zweier Kerbfilter für das Filtern entsprechender Rückkoppelungssignale zeigt.

[0028] [Fig. 17](#) ist ein Schaubild, das die Eigenschaften eines Kerbfilters zeigt, das für das adaptive Filtern zweier Rückkoppelungssignale konfiguriert ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0029] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Audiosystems **100**, das Rückkoppelungsidentifikationstechniken und Rückkoppelungsreduktionstechniken oder Rückkoppelungseliminationstechniken aufweist. Das Audiosystem verwendet eine interpolierende Rückkoppelungsidentifikation und kann adaptiv mehrere Rückkoppelungssignale unter Verwendung eines Kerbfilters filtern. Die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation liefert eine einzige Schätzung der Rückkoppelungsfrequenz, die von mehr als einer Abtastung einer diskreten Frequenzspektrumsdarstellung eines Rückkoppelungssignals erhalten wird. Die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation kann das Verwenden einer Frequenzinterpolation durch das Erzeugen eines Polynoms zweiter oder höherer Ordnung unter Verwendung einer oder mehrerer Abtastungen der diskreten Frequenzspektrumsdarstellung einschließen. Eine genaue Darstellung der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals kann beispielsweise durch das Setzen einer Ableitung des Polynoms auf null erfolgen. Ein Filter, so wie ein Kerbfilter, kann in Erwidern auf die interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation platziert werden, um das Rückkoppelungssignal mit nur geringer oder gar keiner Wirkung auf die Qualität des Audiosignals, das durch das Audiosystem geliefert wird, zu reduzieren oder eliminieren. Die adaptive Filterung umfasst das Konfigurieren eines Filters, wie eines Kerbfilters, um mehrere Rückkoppelungssignale zu eliminieren, um es anderen Filtern zu ermöglichen, andere Rückkoppelungssignale zu reduzieren oder zu eliminieren. Die adaptive Filterung kann auch oder alternativ die Anforderungen an den Speicher oder die Rechenleistung des Prozessors des Audiosystems reduzieren.

[0030] Das Audiosystem **100** umfasst eine Audioeingabe, das ist ein Mikrofon **102**, für das Empfangen eines Audiosignals. Das Mikrofon **102** ist mit einem Mikroprozessor **104** verbunden, der den Betrieb des Audiosystems **100** steuern kann. Der Mikroprozessor **104** kann alle Analog-Digital-Umwandlungen der empfangenen Audiosignale und eine digitale Signalverarbeitung durchführen. Der Mikroprozessor **104** kann ferner Digital-Analog-Umwandlungen des Audiosignals, das durch das Audiosystem **100** geliefert wird, durchführen. Der Mikroprozessor **104** ist mit einem Verstärker **106** verbunden, der ein ausgegebenes Audiosignal verstärken kann. Der Verstärker **106** ist mit einem Lautsprecher **108** verbunden, um das ausgegebene Audiosignal an einen Nutzer des Audiosystems zu liefern. Während eine spezielle Konfiguration gezeigt ist, kann das Audiosys-

tem andere Konfigurationen, die solche mit weniger oder zusätzlichen Komponenten einschließen, aufweisen.

[0031] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens für das Identifizieren und Reduzieren und/oder Entfernen eines Rückkoppelungssignals in einem Audiosystem. Ein Audiozeitsignal $s[n]$ vom Mikrofon **102** wird am Mikroprozessor **104** empfangen (Schritt **200**). Die Audiorückkoppelung kann sich ergeben, wenn ein oder mehrere Teile des Audiosignals, das vom Lautsprecher **108** geliefert wird, am Mikrofon **102** empfangen werden, um dadurch ein nicht stabiles System mit geschlossener Schleife zu verursachen. Der Mikroprozessor **104** wandelt das Audiozeitsignal in ein abgetastetes Frequenzsignal $|S(k)|$ um (Schritt **202**). Der Mikroprozessor kann Fenstertechniken, wie Rechteck, Hamming, Bartlett und dergleichen, verwenden, um das Frequenzsignal zu berechnen. Der Mikroprozessor **104** kann dann die Rückkoppelung detektieren (Schritt **204**). Die Detektion der Rückkoppelung kann das Durchführen einer Frequenzspektrumsanalyse, wie einer diskreten Fouriertransformation (DFT), einer Spektralschätzung, von Filterbänken und ähnliche Techniken, einschließen. Abtastungen des Frequenzsignals können bei der Interpolation (Schritt **206**) verwendet werden, um die Frequenz des Rückkoppelungssignals zu bestimmen, und das Rückkoppelungssignal kann gefiltert werden (Schritt **208**). Das Interpolieren (Schritt **206**) und das Filtern (Schritt **208**) werden weiter unten in Bezug auf [Fig. 10](#) diskutiert.

[0032] Die [Fig. 3](#) bis [Fig. 10](#) zeigen die Detektion des Rückkoppelungssignals durch den Mikroprozessor **104**. Die [Fig. 3](#) zeigt ein Rückkoppelungszeitsignal $s[n]$. Die [Fig. 4](#) zeigt ein Frequenzsignal $|S(e^{j\omega})|$, das sich aus der Umwandlung des Rückkoppelungssignals $s[n]$ in die Frequenzebene unter Verwendung von beispielsweise der zeitdiskreten Fouriertransformation (DTFT) ergibt. [Fig. 5](#) zeigt eine Zeitfensterfunktion $w[n]$. [Fig. 6](#) zeigt die DTFT $|W(e^{j\omega})|$ der Fensterfunktion $w[n]$. [Fig. 7](#) zeigt das Produkt des Rückkoppelungszeitsignals $s[n]$ mit der Zeitfensterfunktion $w[n]$. [Fig. 8](#) zeigt das der Fensterfunktion unterworfenen Frequenzsignal $|\hat{S}(e^{j\omega})|$, das um das Rückkoppelungsfrequenzsignal $|S(e^{j\omega})|$ zentriert ist, das sich aus dem Durchführen der DTFT des Produkts von $s[n]$ und $w[n]$ ergibt. [Fig. 9](#) zeigt das abgetastete Frequenzsignal $|\hat{S}[k]|$, das sich aus der DFT des Produkts von $s[n]$ und $w[n]$ ergibt. Dies ist beispielsweise äquivalent dem Abtasten des der Fensterfunktion unterworfenen Rückkoppelungsfrequenzsignals $|\hat{S}(e^{j\omega})|$ der [Fig. 8](#) in gleichmäßig beabstandeten Frequenzintervallen. [Fig. 10](#) zeigt einen Teil des abgetasteten, der Fensterfunktion unterworfenen Frequenzsignals $|\hat{S}[k]|$ der [Fig. 9](#), wobei sie insbesondere eine detailliertere Ansicht um eine Hauptkeule des Rückkoppelungssignals zeigt. Die Frequenzspektrumssignale, die in den [Fig. 4](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 8](#) dargestellt sind, sind DTFT. Die Frequenzspektrumssignale, die in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt sind, sind DFTs. Andere Frequenzspektrumsanalysetechniken können beim Umwandeln des Zeitsignals in die Frequenzebene und dem Analysieren des Frequenzsignals verwendet werden.

[0033] Im Flussdiagramm der [Fig. 2](#) liefert die Interpolation (Schritt **206**) eine einzelne Darstellung/Schätzung einer Rückkoppelungsfrequenz, die aus mehreren Abtastungen der diskreten Frequenzspektrumsdarstellung des Frequenzsignals bestimmt wurde. Die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation kann unter Verwendung von Frequenzinterpolationstechniken, wie das beispielsweise in Bezug auf das Schaubild der [Fig. 10](#) beschrieben wird, bestimmt werden, wobei jede Frequenzabtastung einen Frequenzabschnitt definiert. Die in [Fig. 10](#) verwendeten Bezeichnungen sind wie folgt:

B_{estimate} = die geschätzte Frequenz des Rückkoppelungssignals

B_p = Spitzenabschnittsnummer (Maximum)

B_{p-1} = Abschnitt gerade unterhalb (frequenzmäßig) der Spitzenabschnittsnummer B_{p+1} = Abschnitt gerade oberhalb (frequenzmäßig) der Spitzenabschnittsnummer

A_{estimate} = Amplitude bei der geschätzten Frequenz der Rückkoppelung

A_p = Amplitude des Spitzenabschnitts

A_{p-1} = Amplitude des Abschnitts gerade unterhalb (frequenzmäßig) des Spitzenabschnitts

A_{p+1} = Amplitude des Abschnitts gerade oberhalb (frequenzmäßig) des Spitzenabschnitts

[0034] B_{estimate} ist die geschätzte Frequenz des Rückkoppelungssignals, die unter Verwendung der unten beschriebenen Interpolationstechniken bestimmt werden kann. Idealerweise wird die Frequenz B_{estimate} mit der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals zusammenfallen. In jedem Fall ist die Frequenz B_{estimate} typischerweise eine genauere Schätzung der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals als die Frequenz B_p , die von Systemen des Stands der Technik gewählt wurde.

[0035] Die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation, wie die Frequenzinterpolation, liefert eine genauere Schätzung der tatsächlichen Frequenz der Rückkoppelung und kann unter Verwendungen von Abtastungen von DFT $|S[k]|$ bestimmt werden. Unter Verwendung von Abtastungen des DFT-Signals $|S[k]|$ kann ein eindeutiges quadratisches Polynom (oder ein Polynom höherer Ordnung) erzeugt werden, das der ursprünglichen Hauptkeule des DTFT, die das Rückkoppelungssignal darstellt, ähnelt. Ein Polynom kann aus den Abtastpunkten der DFT $|S[k]|$ rekonstruiert werden. Ein Interpolationspolynom für den Grad $N-1$ ist als Lagrange-Polynom

dargestellt:

$$P(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3) \wedge (x-x_N)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3) \wedge (x_1-x_N)} Y_1 + \frac{(x-x_1)(x-x_3) \wedge (x-x_N)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3) \wedge (x_2-x_N)} Y_2 + \wedge + \frac{(x-x_1)(x-x_2) \wedge (x-x_{N-1})}{(x_N-x_1)(x_2-x_3) \wedge (x_2-x_N)} Y_N$$

[0036] Andere Interpolationspolynomtechniken können verwendet werden, wobei sie die polynomiale Interpolation, die rationale Funktionsinterpolation, die kubische Spline-Interpolation und dergleichen einschließen.

[0037] Das Anwenden der Lagrange-Polynomgleichung auf die Frequenzinterpolation (hier für ein quadratisches Polynom oder Polynom zweiter Ordnung) führt zu einer Rückkoppelungsfrequenzgleichung $f(B)$ von

$$f(B) = \frac{(B-B_p)(B-B_{p+1})}{(B_{p-1}-B_p)(B_{p-1}-B_{p+1})} A_{p-1} + \frac{(B-B_{p-1})(B-B_{p+1})}{(B_p-B_{p-1})(B_p-B_{p+1})} A_p + \frac{(B-B_{p-1})(B-B_p)}{(B_{p+1}-B_{p-1})(B_{p+1}-B_p)} A_{p+1}$$

[0038] Eine Spitze der quadratische Kurve und somit eine Schätzung/Darstellung der Frequenz des Rückkoppelungssignals kann durch eine Auflösung nach einem Maximum von $f(B)$ bestimmt werden. Das Auflösen nach dem Maximum kann beispielsweise durch das Ableiten von $f(B)$ und das Setzen der Ableitung auf null erfolgen, was zur geschätzten Rückkoppelungsfrequenz B_{estimate} führt

$$B_{\text{estimate}} = \left\{ \left[A_{p-1} * (B_p + B_{p+1}) (B_p - B_{p-1}) (B_p - B_{p+1}) (B_{p+1} - B_{p-1}) (B_{p+1} - B_p) \right] / 2 \right\} + 11 \\ \left\{ \left[A_p * (B_{p-1} + B_{p+1}) (B_{p-1} - B_p) (B_{p-1} - B_{p+1}) (B_{p+1} - B_{p-1}) (B_{p+1} - B_p) \right] / 2 \right\} + \\ \left\{ \left[A_{p+1} * (B_{p-1} + B_p) (B_{p-1} - B_p) (B_{p-1} - B_{p+1}) (B_p - B_{p-1}) (B_p - B_{p+1}) \right] / 2 \right\}$$

[0039] Der Pol der quadratischen Kurve liefert eine genauere Darstellung der Frequenz des Rückkoppelungssignals als die Frequenz B_p der Spitze allein. Wo vor der Interpolation bekannt ist, dass A_p größer als A_{p+1} und A_{p-1} ist, kann bestimmt werden, dass das interpolierte Polynom an diesem Ort kein Minimum sondern nur ein Maximum aufweist. Somit führt das Hernehmen der Ableitung des Interpolationspolynoms und das Setzen der Ableitung auf null, zum Maximum und somit zur genauere Darstellung der Frequenz des Rückkoppelungssignals als die Frequenz B_p . Wenn jedoch vor der Interpolation nicht bekannt ist, dass A_p größer als A_{p+1} und A_{p-1} ist, kann es notwendig sein, zu bestimmen, dass die Frequenz B_{estimate} ein Maximum und kein Minimum der quadratischen Gleichung darstellt.

[0040] Um zu bestimmen, dass die Frequenz bei B_{estimate} ein Maximum (und kein Minimum) darstellt, kann ein Wert A_{estimate} durch den Mikroprozessor **104** unter Verwendung der obigen Gleichung für $f(B)$ berechnet werden, die die Amplitude des Rückkoppelungssignals bei der interpolierten Frequenz B_{estimate} darstellt. A_{estimate} kann mit den Werten A_{p+1} und A_{p-1} , die Amplituden des Rückkoppelungssignals an den entsprechenden Frequenzen B_p und B_{p+1} darstellen, verglichen werden, um zu gewährleisten, dass A_{estimate} die höchste Amplitude aufweist.

[0041] Der Schritt der Interpolation **206** der [Fig. 2](#) liefert eine genauere Schätzung der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals. Unter Verwendung der Frequenzschätzung B_{estimate} kann ein Filter für das Filtern der Rückkoppelung des Audiosignals konfiguriert werden (Schritt **208**). Das Filter kann ein Bandbreiten-Kerbfilter sein. Es können andere Filter verwendet werden. Da eine genaue Schätzung für die Frequenz des Rückkoppelungssignals unter Verwendung der Frequenzinterpolation identifiziert wurde, kann das Bandbreiten-Kerbfilter durch den Mikroprozessor **104** als ein Kerbfilter mit schmaler Bandbreite konfiguriert werden (das heißt es können Koeffizienten, die den Gütefaktor und/oder die Verstärkung/Kerbtiefe einschließen, dafür berechnet werden), das die Frequenz des Rückkoppelungssignals herausfiltern kann. Der Mikroprozessor **104**

kann auch die Bandbreite und/oder eine Kerbtiefe des Kerbfilters minimieren. Das konfigurierte Filter kann dann an der Frequenz B_{estimate} platziert werden (das heißt, es wird mit einer Mittenfrequenz von B_{estimate} ausgestaltet). Eine solche Filterung kann, wie das ein Fachmann erkennen wird, unter Verwendung von Filtertechniken, wie Techniken der Finiten Impulsantwort (FIR) und der Infiniten Impulsantwort oder irgend einer anderen Filtertechnik, die für das Herausfiltern des Rückkoppelungssignals ausreichend ist, geschehen. Somit ermöglicht die Identifizierung der Frequenz des Rückkoppelungssignals unter Verwendung einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation eine genaue Platzierung des Kerbfilters an der Frequenz des Rückkoppelungssignals, und es ist somit für das Herausfiltern des Rückkoppelungssignals genauer konfiguriert.

[0042] [Fig. 10](#) zeigt ein Beispiel der Interpolation durch das Erzeugen eines Polynoms, das die ursprüngliche Hauptkeule des Frequenzspektrums modelliert, wobei die Interpolation ausgeführt wird durch das Bestimmen eines Maximums des Polynoms mit Hilfe der Ableitung. Ein Fachmann wird erkennen, dass jede Interpolationstechnik verwendet werden kann, um die Rückkoppelungsfrequenz zu identifizieren. Beispielsweise können zusätzliche Frequenzabschnitte zwischen Abtastungen des Abtastfrequenzsignals, das in [Fig. 10](#) gezeigt ist, eingefügt werden, wobei jeder eingefügte Abschnitt einen Energiewert von null aufweist. Das abgetastete Frequenzsignal kann dann durch ein Tiefpassfilter hindurchgeführt werden, was zu einem interpolierten abgetasteten Spektrum führt. Unter Verwendung des interpolierten abgetasteten Spektrums kann man ein Maximum des gefilterten Frequenzspektrums bestimmen, um eine genauere Schätzung der Rückkoppelungssignalfrequenz zu erhalten.

[0043] Die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) zeigen Schaubilder, die die Eigenschaften von Kerbfiltern des Stands der Technik mit Kerbfiltern, die gemäß der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation konfiguriert sind, vergleichen. Der abgetastete Frequenzabschnitt, der eine maximale Amplitude B_p in [Fig. 10](#) aufweist, kann 994 Hz in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) entsprechen. Eine genauere Darstellung der Frequenz des Rückkoppelungssignals, B_{estimate} in [Fig. 10](#), kann den 1000 Hz in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) entsprechen. Die abgetasteten Frequenzabschnitte und die Frequenz des Rückkoppelungssignals können andere Frequenzen aufweisen. Wie in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) gezeigt ist, führen Rückkoppelungsidentifikationstechniken des Stands der Technik zu einem Kerbfilter, das konfiguriert ist, um die Frequenzen bei der maximalen Abschnittsfrequenz 994 Hz heraus zu filtern, und sie müssen eine erhöhte Bandbreite aufweisen, wie das durch die Linie **1100** in [Fig. 11](#) gezeigt ist, oder eine erhöhte Kerbtiefe, wie das durch die Linie **1200** der [Fig. 12](#) gezeigt ist, um zu gewährleisten, dass die Verstärkung (G) des Filters an der tatsächlichen Frequenz der Rückkoppelung ausreichend ist, um das Rückkoppelungssignal zu filtern.

[0044] Im Gegensatz dazu liefern Rückkoppelungsidentifikationstechniken, die eine interpolierende Rückkoppelungsidentifikation verwenden, eine genauere Darstellung (hier ungefähr 1000 Hz) der tatsächlichen Frequenz der Rückkoppelung. Somit kann ein Kerbfilter, das die bei **1105** und **1205** der [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) gezeigten Eigenschaften aufweist, bei der genaueren Schätzung der tatsächlichen Frequenz des Rückkoppelungssignals platziert werden. Da das Filter genauer platziert wird, so kann es schmaler gemacht werden (das heißt eine reduzierte Bandbreite und/oder Kerbtiefe aufweisen), während es gewährleistet, dass die Verstärkung bei der Frequenz des Rückkoppelungssignals ausreichend ist, um das Rückkoppelungssignal zu eliminieren oder zu reduzieren, und dies nur eine geringe oder gar keine Wirkung auf die Qualität des Signals, das am Lautsprecher **108** geliefert wird, hat oder in jedem Fall eine geringere Wirkung auf die Audioqualität als bei Kerbfiltern, die unter Verwendung von Rückkoppelungsidentifikationstechniken des Stands der Technik konfiguriert wurden, zeigt.

[0045] [Fig. 13](#) ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens für das Liefern einer adaptiven Filterung der Rückkoppelung in einem Audiosystem. Frequenzen einer Vielzahl von Rückkoppelungssignalen werden durch den Mikroprozessor **104** identifiziert/geschätzt (Schritt **1300**). Solche Frequenzen können, wie das oben beschreiben wurde, unter Verwendung der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation oder auf irgend andere Weise identifiziert werden. Der Mikroprozessor **104** bestimmt im Schritt **1302**, ob die Frequenzen der Rückkoppelungssignale innerhalb des Frequenzfensters, das einen spezifizierten Frequenzbereich abdeckt, liegen. Der Frequenzbereich, der durch das Frequenzfenster abgedeckt wird, kann vorbestimmt sein und/oder er kann konfigurierbar sein, und er kann in Abhängigkeit vom untersuchten Frequenzband variieren. Der spezifizierte Frequenzbereich, der durch das Frequenzfenster abgedeckt wird, wird weiter unten in Bezug auf die [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) diskutiert.

[0046] Der Mikroprozessor **104** filtert im Schritt **1304** das Rückkoppelungssignal innerhalb des Frequenzbereichs, der durch das Frequenzfenster abgedeckt wird. Der Mikroprozessor **104** konfiguriert ein Filter für das Herausfiltern aller Frequenzen eines Rückkoppelungssignals, von denen bestimmt wurde, dass sie innerhalb des Frequenzbereichs liegen. Das Filter kann ein Kerbfilter oder ein anderer Typ von Filter sein. Der Mikropro-

zessor kann Filterkoeffizienten, wie den Gütefaktor, die Kerbtiefe und eine Mittenfrequenz, für den Filter bestimmen.

[0047] [Fig. 14](#) ist ein Schaubild, das ein Frequenzfenster, das einen spezifizierten Frequenzbereich für Darstellung der Rückkoppelungssignale auf der Zeitebene abdeckt, darstellt, wobei es bei der Bereitstellung der adaptiven Filterung, die oben unter Bezug auf [Fig. 13](#) diskutiert wurde, verwendet werden kann. Wie in [Fig. 14](#) gezeigt ist, kann ein Frequenzfenster, das allgemein bei **1405** dargestellt ist, einen spezifizierten Frequenzbereich, beispielsweise Δf , abdecken. Wenn zwei Rückkoppelungsfrequenzen, beispielsweise die Rückkoppelungsfrequenz f_1 und die Rückkoppelungsfrequenz f_2 innerhalb des Frequenzfensters **1405** liegen, kann im Schritt **1302** bestimmt werden, dass die adaptive Filterung verwendet wird, um ein einzelnes Filter zu konfigurieren, um die Rückkoppelungsfrequenzen heraus zu filtern.

[0048] Um zu bestimmen, ob die Rückkoppelungsfrequenzen innerhalb des Frequenzfensters **1405** liegen, kann eine Frequenzdifferenz Δf zwischen den Rückkoppelungsfrequenzen, beispielsweise durch das Subtrahieren einer Frequenz von der anderen, bestimmt werden. Beispielsweise kann, wie das in [Fig. 14](#) gezeigt ist, Δf durch das Subtrahieren der Frequenz f_1 , die eine erste Frequenz darstellt, an der eine Rückkoppelung vorhanden ist, von f_2 , die eine zweite Frequenz darstellt, an der eine Rückkoppelung vorhanden ist, bestimmt werden. Wenn der Wert Δf kleiner als Δf ist, und somit der Frequenzbereich durch das Frequenzfenster **1405** abgedeckt wird, kann bestimmt werden, dass die Rückkoppelung, die an den Frequenzen f_1 und f_2 vorhanden ist, durch ein einzelnes Filter adaptiv gefiltert werden kann.

[0049] Ein Filter kann beispielsweise durch den Mikroprozessor **104** an der Mittenfrequenz f_c innerhalb des Frequenzfensters **1405**, das einen ausreichenden Gütefaktor und/oder eine ausreichende Kerbtiefe aufweist, um die Rückkoppelung an den Frequenzen f_1 und f_2 heraus zu filtern, konfiguriert werden.

[0050] Zugleich oder danach kann, wenn ein Rückkoppelungssignal bei der Frequenz f_3 identifiziert wird, wie das beispielsweise in [Fig. 14](#) gezeigt ist, der Mikroprozessor **104** bestimmen, ob die Frequenzdifferenz Δf zwischen f_3 und f_c kleiner als der Frequenzbereich, der durch das Frequenzfenster **1405** abgedeckt wird, ist. Wenn bestimmt wird, dass die neu berechnete Differenz Δf kleiner als Δf ist, kann der Mikroprozessor **104** bestimmen, dass die Rückkoppelung, die bei f_3 identifiziert wurde, unter Verwendung eines Filters bei f_c adaptiv gefiltert werden kann, und kann somit das Filter zentriert bei f_c neu konfigurieren (das heißt den Gütefaktor, die Kerbtiefe und/oder f_c neu festlegen), um die Rückkoppelung, die bei den Frequenzen f_1 , f_2 und f_3 identifiziert wurde, heraus zu filtern.

[0051] Alternativ kann der Mikroprozessor **104** statt dem Bestimmen der Frequenzdifferenz zwischen f_3 und f_c eine Frequenzdifferenz Δf zwischen f_3 und f_1 bestimmen, um sie mit dem Frequenzbereich Δf des Frequenzfensters **1405** zu vergleichen, um zu bestimmen, ob die Rückkoppelungsfrequenzen f_1 , f_2 und f_3 adaptiv durch ein einzelnes Filter gefiltert werden können. Wenn zusätzliche Rückkoppelungsfrequenzen gleichzeitig und/oder nachfolgend identifiziert werden, kann der Mikroprozessor **104** bestimmen, ob zusätzliche Filter verwendet werden oder ob existierende Filter verwendet werden, um die gleichzeitig oder nacheinander identifizierten Frequenzen der Rückkoppelung abzudecken.

[0052] Zusätzlich kann der Mikroprozessor **104** weitere Algorithmen verwenden, die die Anzahl der Filter, die notwendig sind, um die identifizierten Rückkoppelungsfrequenzen heraus zu filtern, minimieren. In [Fig. 14](#) kann die Frequenz der Rückkoppelungsfrequenz f_1 1000 Hz betragen, wohingegen die Rückkoppelungsfrequenz f_2 1012 Hz betragen kann, und die Rückkoppelungsfrequenz f_3 bei 1024 Hz liegen kann. Der spezifizierte Frequenzbereich Δf des Frequenzfensters **1405** kann jeden Wert, beispielsweise 6 Hz, 12 Hz, 20 Hz, 100 Hz oder irgend einen anderen Wert, annehmen. Der spezifizierte Frequenzbereich Δf kann über dem Frequenzspektrum als eine Funktion der Frequenz der speziellen zu untersuchenden Rückkoppelungsfrequenzen variieren. Beispielsweise kann der Frequenzbereich Δf logarithmisch zunehmen, wenn die spezielle Frequenz, die auf eine Rückkoppelung hin untersucht wird, zunimmt. Somit kann Δf bei niedrigeren Frequenzen einen kleineren Wert als bei höheren Frequenzen aufweisen. Zusätzlich kann es sein, dass der Wert von Δf , der das Frequenzfenster **1405** definiert, durch einen Nutzer des Systems **100** konfigurierbar ist.

[0053] Das Schaubild der [Fig. 14](#) beschreibt, wie der Bestimmungsschritt **1302** für Rückkoppelungssignale, die im Zeitbereich dargestellt sind, vorgenommen werden kann. Der Bestimmungsschritt **1310** kann für identifizierte Rückkoppelungssignale im Frequenzbereich ähnlich ausgeführt werden, beispielsweise so wie das in Bezug auf das Schaubild der [Fig. 15](#) beschrieben wird.

[0054] [Fig. 15](#) ist ein Schaubild, das ein Frequenzfenster zeigt, das einen spezifizierten Frequenzbereich für

eine Frequenzdarstellung von Rückkoppelungssignalen abdeckt, das für die oben diskutierte adaptive Filterung verwendet werden kann. Ein Frequenzfenster **1505** ist gezeigt, wie es einen spezifizierten Frequenzbereich αB , der durch eine spezielle Anzahl von Frequenzabschnitten (das sind Frequenzabtastungen) dargestellt wird, abdeckt. Um im Schritt **1302** zu bestimmen, ob die Rückkoppelungsfrequenzen innerhalb des Frequenzfensters **1505** liegen, kann eine Frequenzdifferenz ΔB , die hier als Anzahl von Frequenzabschnitten dargestellt ist, zwischen Rückkoppelungsfrequenzabschnitten, beispielsweise durch das Subtrahieren eines Rückkoppelungsfrequenzabschnitts vom anderen, bestimmt werden. Wie in [Fig. 15](#) gezeigt ist, kann ΔB durch das Subtrahieren des Frequenzabschnitts #B328, der eine erste Frequenz, an der eine Rückkoppelung vorhanden ist, darstellt, vom Frequenzabschnitt #B326, der eine zweite Frequenz, an der eine Rückkoppelung vorhanden ist, bestimmt werden. Wenn der Wert ΔB kleiner als αB und somit kleiner als der Frequenzbereich, der durch das Frequenzfenster **1505** abgedeckt wird, ist, kann bestimmt werden, dass die Rückkoppelung, die an den Frequenzabschnitten B328 und B326 vorhanden ist, durch ein einziges Filter adaptiv gefiltert werden kann.

[0055] Ein Filter kann beispielsweise durch den Mikroprozessor **104** an der Mittenfrequenz f_c innerhalb des Frequenzfensters **1505** mit einem ausreichenden Gütefaktor und/oder einer ausreichenden Kerbtiefe, um die Rückkoppelung an den Frequenzabschnitten B326 und B328 heraus zu filtern, konfiguriert werden.

[0056] Gleichzeitig oder nachfolgend kann der Mikroprozessor **104**, wenn ein Rückkoppelungssignal an einem Frequenzabschnitt #B333, wie das beispielsweise in [Fig. 15](#) gezeigt ist, identifiziert wird, bestimmen, ob die Frequenzdifferenz ΔB zwischen dem Frequenzabschnitt #B333 und f_c kleiner als der spezifizierte Frequenzbereich αB , der durch das Frequenzfenster **1505** abgedeckt wird, ist. Wenn bestimmt wird, dass das neu berechnete ΔB kleiner als αB ist, so kann der Mikroprozessor **104** bestimmen, dass die Rückkoppelung, die beim Frequenzabschnitt #B333 identifiziert wurde, unter Verwendung des Filters bei f_c adaptiv gefiltert werden kann. Der Mikroprozessor **104** kann das Filter, das an der Mittenfrequenz f_c zentriert ist, neu konfigurieren (das heißt, den Gütefaktor, die Kerbtiefe und/oder f_c neu konfigurieren), um die Rückkoppelung, die bei den Frequenzen, die durch die Frequenzabschnitte **326**, **328** und **333** dargestellt werden, identifiziert wurde, heraus zu filtern. In [Fig. 15](#) ist die Mittenfrequenz f_c beispielsweise im Abschnitt #B327 gezeigt.

[0057] Ähnlich wie das oben in Bezug auf [Fig. 14](#) diskutiert wurde, kann der Mikroprozessor statt der Bestimmung der Frequenzdifferenz zwischen dem Abschnitt #B333 und f_c eine Frequenzdifferenz ΔB zwischen den Abschnitten B333 und B326 bestimmen. Diese Frequenzdifferenz ΔB kann mit dem Frequenzbereich αB des Frequenzfensters **1505** verglichen werden, um zu bestimmen, ob die Rückkoppelungsfrequenzen, die in den Abschnitten B326, B328 und B333 dargestellt sind, durch ein einziges Filter adaptiv gefiltert werden können. Wenn zusätzliche Rückkoppelungsfrequenzen gleichzeitig und/oder nachfolgend identifiziert werden, kann der Mikroprozessor **104** bestimmen, ob zusätzliche Filter verwendet werden, oder ob existierende Filter verwendet werden, um die gleichzeitig oder nacheinander identifizierten Frequenzen der Rückkoppelung abzudecken.

[0058] Zusätzlich kann der Mikroprozessor **104**, wie das oben diskutiert wurde, weitere Algorithmen verwenden, die die Anzahl von Filtern, die notwendig sind, um die identifizierten Rückkoppelungsfrequenzen heraus zu filtern, minimieren. Der spezifizierte Frequenzbereich αB des Frequenzfensters **1505** ist in [Fig. 15](#) in Form von 3 Frequenzabschnitten gezeigt, wobei der Abschnitt #326 eine Frequenzabtastung bei 1000 Hz darstellen kann, und der Abstand zwischen den Frequenzabtastungen/Abschnitten ungefähr 6 Hz betragen kann. Ein Fachmann wird jedoch in ähnlicher Weise, wie das oben in Bezug auf [Fig. 14](#) diskutiert wurde, erkennen, dass αB jede Anzahl von Frequenzabschnitten, beispielsweise 2, 3, 5 oder 10 Frequenzabschnitte umfassen kann, und dass die Frequenzdifferenz, die durch αB dargestellt wird, als eine Funktion der untersuchten Rückkoppelungsfrequenzen variieren kann. Zusätzlich kann der wert von αB , der das Frequenzfenster **1505** definiert, durch einen Nutzer des Systems **100** konfigurierbar sein.

[0059] [Fig. 16](#) zeigt ein Schaubild, das die Eigenschaften nebeneinander platzierter Kerbfilter, die vom hier diskutierten adaptiven Filtern profitieren können, zeigt. Die Rückkoppelung wurde bei den Frequenzen f_1 gleich ungefähr 1000 Hz und f_2 gleich ungefähr 1012 Hz identifiziert. Um die Rückkoppelung, die an diesen Frequenzen identifiziert wurde, zu eliminieren, können Kerbfilter, die die Kennlinien **1600** und **1605** aufweisen, verwendet werden. Die Kennlinie **1600** umfasst einen Gütefaktor gleich ungefähr 128 und eine Kerbtiefe gleich ungefähr -6 dB, um die Rückkoppelung zu eliminieren oder zu reduzieren. Die Kennlinie **1605** umfasst einen Gütefaktor von ungefähr 128 und eine Kerbtiefe von ungefähr -6 dB, um die Rückkoppelung zu eliminieren oder zu reduzieren. Unter Verwendung der adaptiven Filterung kann der Mikroprozessor **104** jedoch bestimmen, dass die Frequenzdifferenz Δf zwischen Rückkoppelungsfrequenzen bei den Frequenzen f_1 und f_2 innerhalb eines Frequenzbereichs αF , der ein Frequenzfenster bildet, liegt, wobei αF 15 Hz betragen kann. Der Mikroprozessor **104** kann ein einziges Kerbfilter konfigurieren, um die Rückkoppelung beider identifizierten

Rückkoppelungsfrequenzen heraus zu filtern.

[0060] In [Fig. 17](#) ist die Kennlinie eines Kerbfilters, das durch den Mikroprozessor **104** konfiguriert ist, als **1700** gezeigt. Die Kennlinie zeigt ein Kerbfilter, das für eine Mittenfrequenz f_c von ungefähr 1006 Hz gestaltet ist, und einen Gütefaktor von ungefähr 45 und eine Kerbtiefe von ungefähr -6 dB aufweist. Das Kerbfilter ist zwischen den zwei identifizierten Frequenzen, hier f_1 bei ungefähr 1000 Hz und f_2 bei ungefähr 1012 Hz platziert, um die Rückkoppelungssignalfrequenzen heraus zu filtern. Das Kerbfilter kann an einem Mittelpunkt der Frequenzen der identifizierten Rückkoppelung, hier bei ungefähr 1006 Hz, platziert (das ist mit einer Mittenfrequenz gestaltet) werden. Das Kerbfilter kann an jeder anderen Frequenz zwischen den identifizierten Rückkoppelungsfrequenzen oder innerhalb des untersuchten (nicht gezeigten) Frequenzfensters, das für das Herausfiltern der identifizierten Rückkoppelung ausreicht, platziert werden. Wenn bestimmt wird, dass mehr als zwei Frequenzen von Rückkoppelungssignalen in den Frequenzbereich αF fallen, kann eine mittlere Frequenz für die bestimmten Frequenzen der Rückkoppelung berechnet werden, wobei das Filter dann an der mittleren Frequenz platziert wird. Alternativ kann eine Mittelpunktfrequenz zwischen den größten und niedrigsten Frequenzen, von denen bestimmt wird, dass sie innerhalb des Frequenzbereichs αf , der das Frequenzfenster bildet, liegen, für die Platzierung des Kerbfilters ausgewählt werden.

[0061] Somit kann statt dass zwei oder mehr Kerbfilter erforderlich sind, um mehrere Rückkoppelungssignale innerhalb des Frequenzfensters, das durch den Frequenzbereich αf definiert wird, heraus zu filtern, ein einzelnes Kerbfilter verwendet werden. Somit können das oder die anderen Kerbfilter, die im Audiosystem vorhanden sind, verwendet werden, um die Rückkoppelung bei anderen Frequenzen zu eliminieren oder zu reduzieren. Statt dass man zusätzliche Kerbfilter hat, kann die Reduzierung der Anzahl der Kerbfilter für das Filtern von Rückkoppelungssignalen die Anforderungen an den Speicher und/oder die Rechenleistung des Mikroprozessors **104** reduzieren. Das Filtern kann als Software, die auf dem Mikroprozessor **104** ausgeführt wird, erzielt werden.

[0062] Weiterhin können mehrere Sätze von Frequenzen von Rückkoppelungssignalen durch den Mikroprozessor **104** identifiziert werden, wobei der Mikroprozessor **104** ein Kerbfilter konfiguriert, um die Rückkoppelungssignale, die jedem Satz der Rückkoppelungsfrequenzen entsprechen, zu filtern.

[0063] Das oben diskutierte Audiosystem **100** kann in mobilen Telefonen, Lautsprecheranlagen, Lauthörtelefonen, die einen Duplexbetrieb erlauben, oder irgend einem anderen Audiosystem, das an einer Rückkoppelung leidet, verwendet werden. Das Mikrofon **102** kann jeder Eingangssignalwandler sein, der ausreicht, um Audiosignale in das Audiosystem **100** einzugeben. Der Mikroprozessor **104** kann jeder Mikroprozessor sein, der die Funktionalität/Verarbeitung durchführen kann, die das Umwandeln von Zeitsignalen in abgetastete Frequenzsignale einschließt. Weiterhin kann der Mikroprozessor **104**, obwohl das nicht gezeigt ist, ein externes Speichermedium, wie einen Computerspeicher, der ein Computerprogramm einschließt, das auf dem Mikroprozessor **104**, für das Ausführen einer oder mehrerer der hier beschriebenen Funktionen ausführbar ist, umfassen oder mit einem solchen verbunden sein. Das Speichermedium kann ein magnetisches, ein optisches oder irgend ein anderes Speichermedium, das eine Programmierung für den Mikroprozessor **104** liefern kann, sein.

[0064] Der Lautsprecher **108** kann jeder Lautsprecher sein, der das Audioausgangssignal vom Audiosystem **100** liefert. Alternativ können hier nicht gezeigte Hardware-Komponenten mit dem Mikroprozessor **104** verbunden sein, um die Frequenzabtastrungsumwandlung durchzuführen, wenn der Mikroprozessor **104** keine solche Funktion aufweist. Das Filtern kann unter Verwendung von Software, Hardware oder einer Kombination vorgenommen werden, und es braucht nicht auf Kerbfiltertechniken beschränkt zu sein. Die Software kann auf einem Mikroprozessor ausführbar sein, um eine digitale Signalverarbeitung oder ähnliches durchzuführen. Die Hardware kann mit dem Mikroprozessor **104** verbunden sein, der die Hardware konfigurieren kann, um die gewünschte Verarbeitung und/oder Filtereigenschaften zu erzielen.

[0065] Zusätzlich sind die Werte, die in Bezug auf die Figuren dargestellt und diskutiert wurden, beispielhaft und stellen keine Beschränkungen beim Rückkoppelungsidentifikations- und Eliminations- oder Reduktionssystem dar. Weiterhin kann der Wert für den Frequenzbereich αf in Bezug auf die adaptive Filterung jeder Wert sein, der mindestens einige der hier diskutierten Vorteile erzielt. Der Frequenzbereich $\alpha f/\alpha B$ kann erhöht werden (größer gemacht werden), um die Anzahl der Filter, die notwendig sind, um die Rückkoppelung zu eliminieren, zu reduzieren. Eine geringere Anzahl von Filtern kann wünschenswert sein, wo die Anzahl der Rückkoppelungssignale die Anzahl der Filter, die für das Filtern der Rückkoppelung verfügbar sind, überschreitet, oder wo ein Prozessor, der das Filtern durchführt, begrenzte Speicher- und/oder Verarbeitungsfähigkeiten aufweist. Das Frequenzfenster, das durch den Frequenzbereich $\alpha f/\alpha B$ definiert wird, kann unter Berücksichtigung

des speziell verwendeten Audiosystems bestimmt werden, und es kann vom Nutzer konfigurierbar sein. Solche Überlegungen können die Auswahl eines Frequenzbereichs, der es ermöglicht, Frequenzen von Rückkoppelungssignalen zu kombinieren, ohne übermäßig die Tonqualität, die durch das Audiosystem geliefert wird, zu beeinträchtigen, einschließen. Verschiedene Audiosysteme, die variierende Anforderungen in Bezug auf die Tonqualität haben, werden hiermit bereitgestellt. Beispielsweise mag ein Lautsprechersystem weniger strenge Anforderungen an die Tonqualität haben als ein Audiosystem, das in einer Konzerthalle oder dergleichen verwendet wird. Ein größerer Frequenzbereichswert $\alpha f/\alpha B$ kann für das erstere als für das letztere gewünscht sein, um die gewünschte Tonqualität zu berücksichtigen.

[0066] Weiterhin wird ein Fachmann erkennen, dass verschiedene Techniken beim Identifizieren der Frequenzen der Rückkoppelung innerhalb des Frequenzbereichs $\alpha f/\alpha B$ verwendet werden können. Weiterhin kann der Mikroprozessor verschiedene Techniken beim Gruppieren identifizierter Rückkoppelungssignalsätze, die jeweils durch ein einziges Filter gefiltert werden sollen, verwenden, wobei die Technik die Anzahl der Filter, die für das Filtern der identifizierten Rückkoppelungssignale erforderlich sind, minimieren kann.

[0067] Das Audiosystem **100** kann sowohl eine interpolierende Rückkoppelungsidentifikation bei der Identifizierung von Rückkoppelungssignalen als auch eine adaptive Filterung für die Konfigurierung eines Filters, um mehrere Frequenzen von Rückkoppelungssignalen auszufiltern, durchführen. Das Audiosystem **100** muss die Rückkoppelungsidentifikation nicht unter Verwendung der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation und/oder der adaptiven Filterung ausführen. Stattdessen kann das Audiosystem **100** beim Identifizieren von Frequenzen der Rückkoppelung unter Verwendung einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation verwendet werden, während es mit zusätzlicher Hardware oder Mikroverarbeitungsmöglichkeiten verbunden ist, wobei diese verwendet werden, um die identifizierten Frequenzen der Rückkoppelung zu eliminieren oder zu reduzieren. Die Hardware kann eine adaptive Filterung einschließen. Weiterhin kann das Audiosystem **100** eine adaptive Filterung unter Verwendung der Frequenzen der Rückkoppelung, die durch die externe Hardware oder eine Verarbeitungsmöglichkeit identifiziert wurden, durchführen (wobei die Rückkoppelungsfrequenzen, die unter Verwendung der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation identifiziert werden, eingeschlossen sein können, wobei dies aber nicht der Fall sein muss).

[0068] Die Darstellungen wurden unter Bezug auf funktionelle Blöcke, die als Module und Komponenten identifiziert wurden, diskutiert, wobei sie nicht diskrete Strukturen darstellen sollen und sie weiter kombiniert oder weiter unterteilt werden können. Zusätzlich werden Fachleute erkennen, dass während verschiedene Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurden, andere Ausführungsformen und Implementierungen, die innerhalb des Umfangs dieser Erfindung liegen, möglich sind. Somit ist die Erfindung nur im Licht der angefügten Ansprüche und ihrer Äquivalente beschränkt.

ZUSAMMENFASSUNG

[0069] Bei der Erfindung handelt es sich um ein Audiosystem, das Frequenzen von Rückkoppelungssignalen identifizieren und diese Rückkoppelungssignale filtern kann. Es wird eine Frequenzinterpolation auf ein abgetastetes Frequenzspektrumssignal, das einem Rückkoppelungssignal entspricht, verwendet, wobei die Frequenzinterpolation es erlaubt, die Frequenz des Rückkoppelungssignals zu identifizieren, insbesondere wenn die Frequenz zwischen Abtastungen des Frequenzspektrumssignals liegt. Die Frequenzidentifikation ermöglicht es, ein weniger störendes Filter, wie ein Kerbfilter, an der bestimmten Frequenz der Rückkoppelung zu platzieren, um das Rückkoppelungssignal zu eliminieren. Die Platzierung des Kerbfilters reduziert die Wirkung auf das Audiosignal, das durch das Audiosystem geliefert wird. Das Audiosystem kann eine adaptive Filterung mehrerer Rückkoppelungssignale unter Verwendung eines einzigen Filters, wie eines Kerbfilters, liefern. Das einzelne Kerbfilter wird konfiguriert, um mehr als ein Rückkoppelungssignal zu filtern, um somit Kerbfilter für das Filtern anderer Rückkoppelungssignale frei zu machen oder um die Anforderungen hinsichtlich des Speichers und der Verarbeitungsleistung des Prozessors des Systems zu reduzieren.

Patentansprüche

1. Verfahren für das Verarbeiten eines Audiorückkoppelungssignals, umfassend:
Empfangen eines Audiosignals;
Anwenden einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation auf ein Rückkoppelungssignal im Audiosignal;
und
Identifizieren einer Frequenz des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Audiosignal ein Zeitsignal ist, weiter umfassend:
Unterziehen des Zeitsignals einer Fensterfunktion;
Umwandeln des Zeitsignals in ein Frequenzsignal; und
Anwenden der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation, um die Frequenz des Rückkoppelungssignals zwischen Abtastungen des abgetasteten Frequenzsignals zu identifizieren.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei es weiter das Erzeugen eines Polynoms abhängig von den Abtastungen des Frequenzsignals und das Anwenden einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation abhängig vom Polynom umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei es weiter eine Ermittlung des Maximums des Polynoms, um die Rückkoppelungsfrequenz zu identifizieren, umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei es weiter die Verifizierung, dass die identifizierte Frequenz eine größere Größe als eine Größe der Frequenzabtastungen des der Fensterfunktion unterworfenen Frequenzsignals hat, umfasst.
6. Verfahren nach Anspruch 2, weiter umfassend:
Berechnen von Koeffizienten für ein Kerbfilter in Abhängigkeit von der identifizierten Frequenz des Rückkoppelungssignals; und
Herausfiltern der identifizierten Frequenz des Rückkoppelungssignals unter Verwendung des Kerbfilters.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei es weiter das Minimieren der Bandbreite und/oder der Kerbtiefe des Kerbfilters in Abhängigkeit von der identifizierten Frequenz des Rückkoppelungssignals umfasst.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei es weiter das Filtern des Audiosignals, um die identifizierte Rückkoppelung zu eliminieren, in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation umfasst.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Vielzahl von Rückkoppelungssignalen innerhalb des Audiosignals vorhanden sind, und wobei es weiter das Identifizieren einer Vielzahl von Frequenzen, die der Vielzahl von Rückkoppelungssignalen entsprechen, in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei es weiter das Filtern des Audiosignals, um die Vielzahl der Frequenzen der identifizierten Rückkoppelung in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation zu eliminieren, umfasst.
11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei es weiter das adaptive Filtern von mindestens zwei benachbarten identifizierten Frequenzen des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation mit einem einzigen Filter durch das Konfigurieren des Filters, damit es mindestens zwei benachbarte identifizierte Frequenzen filtert, umfasst.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Filter ein Kerbfilter ist, und es weiter das Bestimmen von Koeffizienten des Kerbfilters, um die Bandbreite und/oder eine Kerbtiefe des Kerbfilters in Erwiderung auf die identifizierten Frequenzen des Rückkoppelungssignals zu minimieren, umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei es weiter das Auswählen von mindestens zwei benachbarten identifizierten Frequenzen der Rückkoppelung in einem spezifizierten Frequenzbereich umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der spezifizierte Frequenzbereich abhängig von einer untersuchten Rückkoppelungsfrequenz variabel ist.
15. Verfahren nach Anspruch 11, weiter umfassend:
Bestimmen einer minimalen identifizierten Frequenz und einer maximalen identifizierten Frequenz, die gefiltert werden;
Auswählen einer inneren Frequenz zwischen der minimalen identifizierten Frequenz und der maximalen identifizierten Frequenz; und
Konfigurieren des Filters an der ausgewählten inneren Frequenz.
16. Audiosystem, umfassend:

einen Audiosignalanschluss für das Empfangen eines Audiosignals;
einen Prozessor, der mit dem Signalanschluss verbunden ist, um eine interpolierende Rückkoppelungsidentifikation auf ein Rückkoppelungssignal im Audiosignal anzuwenden und eine Frequenz einer Rückkoppelungssignals im Audiosignal in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation zu identifizieren.

17. Audiosystem nach Anspruch 16, wobei das Audiosignal ein Audiozeitsignal ist, und es weiter umfasst: dass der Prozessor fähig ist, das Rückkoppelungssignal einer Fensterfunktion zu unterwerfen, das der Fensterfunktion unterworfenen Signal in ein Frequenzsignal umzuwandeln, und die Frequenz des Rückkoppelungssignals zwischen Abtastungen des abgetasteten Frequenzsignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation zu identifizieren.

18. Audiosystem nach Anspruch 17, wobei der Prozessor die Frequenz des Rückkoppelungssignals zwischen den Abtastungen unter Verwendung der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation durch das Erzeugen eines Polynoms abhängig von den Abtastungen des Frequenzsignals identifiziert.

19. Audiosystem nach Anspruch 18, wobei der Prozessor die Frequenz des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation durch das Ermitteln eines Maximums des erzeugten Polynoms identifiziert.

20. Audiosystem nach Anspruch 19, wobei der Prozessor die Frequenz des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation durch das Verifizieren, dass die identifizierte Frequenz eine größere Energiegröße als eine Energiegröße der Frequenzabtastungen des Frequenzsignals hat, identifiziert.

21. Audiosystem nach Anspruch 17, wobei es weiter den Prozessor, der die Koeffizienten für ein Kerbfilter in Erwiderung auf die identifizierte Frequenz des Rückkoppelungssignals berechnet, umfasst.

22. Audiosystem nach Anspruch 21, wobei der Prozessor Koeffizienten für das Kerbfilter durch das Minimieren der Bandbreite und/oder der Kerbtiefe des Kerbfilters in Erwiderung auf die identifizierte Frequenz des Rückkoppelungssignals berechnet.

23. Audiosystem nach Anspruch 16, wobei es weiter ein Filter, das mit dem Prozessor und dem Audiosignalanschluss verbunden ist, umfasst, für das Filtern des Audiosignals, um die Rückkoppelung an der identifizierten Rückkoppelungsfrequenz in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation zu reduzieren.

24. Audiosystem nach Anspruch 23, wobei das Filter ein Kerbfilter ist, das auf die identifizierte Frequenz des Rückkoppelungssignals abgestimmt ist.

25. Audiosystem nach Anspruch 16, wobei es eine Vielzahl von Rückkoppelungssignalen im Audiosignal gibt, und der Prozessor die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation auf die Vielzahl der Rückkoppelungssignale anwendet und eine Vielzahl von Frequenzen, die der Vielzahl der Rückkoppelungssignale entspricht, in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation identifiziert.

26. Audiosystem nach Anspruch 25, wobei es weiter eine Vielzahl von Filtern umfasst, die mit dem Prozessor und dem Audiosignalanschluss verbunden sind, für das Filtern des Audiosignals, um die identifizierte Rückkoppelung in Erwiderung auf das interpolierte Audiosignal zu filtern.

27. Audiosystem nach Anspruch 25, wobei es weiter ein Filter umfasst, das mit dem Prozessor und dem Audiosignalanschluss verbunden ist, wobei der Prozessor adaptiv mindestens zwei benachbarte identifizierte Frequenz des Rückkoppelungssignals durch das Konfigurieren eines Filters, um die mindestens zwei benachbarten identifizierten Frequenzen in Erwiderung auf das interpolierte Audiosignal zu filtern, filtert.

28. Audiosystem nach Anspruch 27, wobei das Filter ein Kerbfilter ist, und der Prozessor das Kerbfilter durch die Bestimmung der Koeffizienten für das Kerbfilter konfiguriert, um die Bandbreite und/oder eine Kerbtiefe des Kerbfilters in Erwiderung auf die identifizierten Frequenzen des Rückkoppelungssignals zu minimieren.

29. Audiosystem nach Anspruch 27, wobei der Prozessor adaptiv die mindestens zwei benachbarten identifizierten Frequenzen durch das Auswählen der mindestens zwei benachbarten identifizierten Frequenzen der

Rückkoppelung innerhalb eines spezifizierten Frequenzbereichs filtert.

30. Audiosystem nach Anspruch 29, wobei der spezifizierte Frequenzbereich in Abhängigkeit von der untersuchten Rückkoppelungsfrequenz variabel ist.

31. Audiosystem nach Anspruch 27, wobei der Prozessor adaptiv die mindestens zwei benachbarten identifizierten Frequenzen des Rückkoppelungssignals durch das Bestimmen einer minimalen identifizierten Frequenz und einer maximalen identifizierten Frequenz, die durch das Filter gefiltert werden, das Auswählen einer inneren Frequenz zwischen der minimalen identifizierten Frequenz und der maximal identifizierten Frequenz und das Konfigurieren des Filters für das Filtern an der ausgewählten inneren Frequenz filtert.

32. Audiosystem nach Anspruch 27, wobei der Prozessor ein Speichermedium beinhaltet, das programmiert ist, um die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation auf das Rückkoppelungssignal anzuwenden, und die Frequenz des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation zu identifizieren.

33. Verfahren zur Verarbeitung einer Audiorückkoppelung, umfassend:
Empfangen eines Audiosignals, das mehrere Rückkoppelungssignale einschließt;
Identifizieren einer Vielzahl von Rückkoppelungsfrequenzen, wobei jede Rückkoppelungsfrequenz einem der Rückkoppelungssignale entspricht;
Bestimmen, ob mindestens zwei Rückkoppelungsfrequenzen der Vielzahl der Rückkoppelungsfrequenzen innerhalb eines spezifizierten Frequenzbereichs liegen; und
Konfigurieren eines Filters in Erwiderung auf die Bestimmung, um die mindestens zwei bestimmten Rückkoppelungsfrequenzen auszufiltern.

34. Verfahren nach Anspruch 33, wobei es weiter das Konfigurieren eines Kerbfilters, so dass es mindestens zwei bestimmte Frequenzen herausfiltert, umfasst.

35. Verfahren nach Anspruch 33, wobei es das Bestimmen der Bandbreite und/oder der Kerbtiefe und/oder der Mittenfrequenz des Filters umfasst.

36. Verfahren nach Anspruch 35, wobei es weiter das Auswählen einer Mittenfrequenz für das Filter, bei der es sich um die Mitte von mindestens zwei Rückkoppelungsfrequenzen handelt, umfasst.

37. Verfahren nach Anspruch 33, wobei es weiter das Bestimmen, ob mindestens zwei benachbarte Rückkoppelungsfrequenzen im spezifizierten Frequenzbereich liegen, umfasst.

38. Verfahren nach Anspruch 33, wobei es weiter die Bestimmung, ob nur zwei Rückkoppelungsfrequenzen im spezifizierten Frequenzbereich liegen, umfasst.

39. Verfahren nach Anspruch 33, wobei der spezifizierte Frequenzbereich in Abhängigkeit einer untersuchten Rückkoppelungsfrequenz variabel ist.

40. Verfahren nach Anspruch 33, wobei es weiter das Anwenden der interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation auf mindestens eines der Rückkoppelungssignale und das Identifizieren von mindestens einer der Rückkoppelungsfrequenzen in Erwiderung auf die interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation umfasst.

41. Speichermedium für die Verwendung bei einem Prozessor eines Audiosystems, das folgendes umfasst:
einen Speicherabschnitt, der für das Ermöglichen des Empfangs eines Audiosignals, das Anwenden einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation auf ein Rückkoppelungssignal in einem Audiosignal und das Identifizieren einer Frequenz des Rückkoppelungssignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation programmiert ist.

42. Speichermedium nach Anspruch 41, wobei das Audiosignal ein Audiozeitsignal ist, und es weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der programmiert ist für:
Unterziehen des Zeitsignals einer Fensterfunktion;
Umwandeln des Zeitsignals in ein Frequenzsignal; und
Identifizieren der Frequenz des Rückkoppelungssignals zwischen Abtastungen des abgetasteten Frequenzsignals in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation.

43. Speichermedium nach Anspruch 42, wobei es weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der für das Erzeugen eines Polynoms in Abhängigkeit von den Abtastungen des Frequenzsignals programmiert ist.

44. Speichermedium nach Anspruch 43, wobei es weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der für das Identifizieren der Frequenz des Rückkoppelungssignals durch das Ermitteln eines Maximums des Polynoms programmiert ist.

45. Speichermedium nach Anspruch 41, wobei es weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der für das Filtern der identifizierten Frequenz des Rückkoppelungssignals durch das Berechnen von Koeffizienten für das Filter in Abhängigkeit von der identifizierten Frequenz des Rückkoppelungssignals programmiert ist.

46. Speichermedium nach Anspruch 45, wobei das Filtern ein Kerbfilter annähert und weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der für das Minimieren der Bandbreite und/oder der Kerbtiefe des angenäherten Kerbfilters in Erwiderung auf die identifizierte Frequenz des Rückkoppelungssignals programmiert ist.

47. Speichermedium für die Verwendung bei einem Prozessor eines Audiosystems, das folgendes umfasst:
einen Speicherabschnitt, der für das Empfangen eines Audiosignals, das mehrere Rückkoppelungsfrequenzen einschließt,
für das Identifizieren einer Vielzahl von Rückkoppelungsfrequenzen, wobei jede Rückkoppelungsfrequenz einem Rückkoppelungssignal entspricht,
für das Bestimmen, ob mindestens zwei Rückkoppelungsfrequenzen der Vielzahl der Rückkoppelungsfrequenzen in einem spezifizierten Frequenzbereich liegen, und
für das Konfigurieren eines Filters, um die mindestens zwei bestimmten Rückkoppelungsfrequenzen in Erwiderung auf die Bestimmung heraus zu filtern, programmiert ist.

48. Speichermedium nach Anspruch 47, wobei es weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der für das Konfigurieren eines Kerbfilters programmiert ist, um die mindestens zwei bestimmten Frequenzen heraus zu filtern.

49. Speichermedium nach Anspruch 48, wobei das Kerbfilter ein angenähertes Kerbfilter ist, und es weiter einen Speicherabschnitt umfasst, der für das Annähern des Kerbfilters programmiert ist.

50. Speichermedium nach Anspruch 47, wobei der Speicherabschnitt für das Anwenden einer interpolierenden Rückkoppelungsidentifikation auf mindestens ein Rückkoppelungssignal, und das Identifizieren von mindestens einer der Rückkoppelungsfrequenzen in Erwiderung auf die interpolierende Rückkoppelungsidentifikation programmiert ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

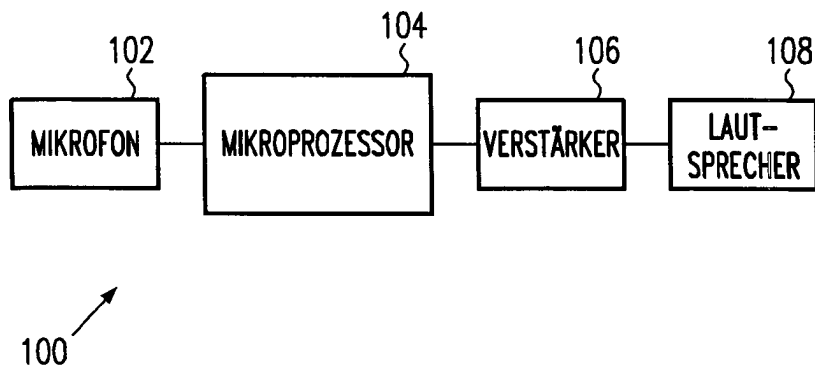


Fig.1

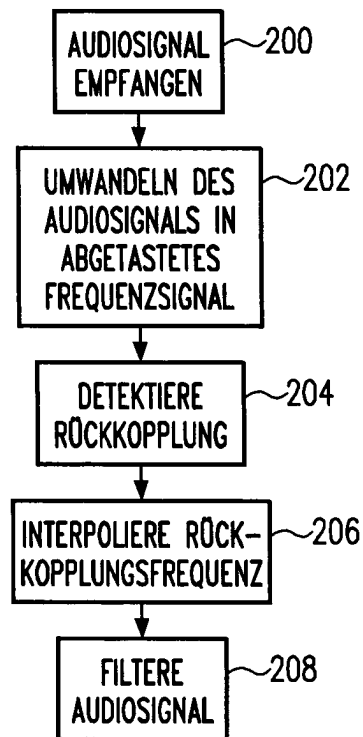


Fig.2

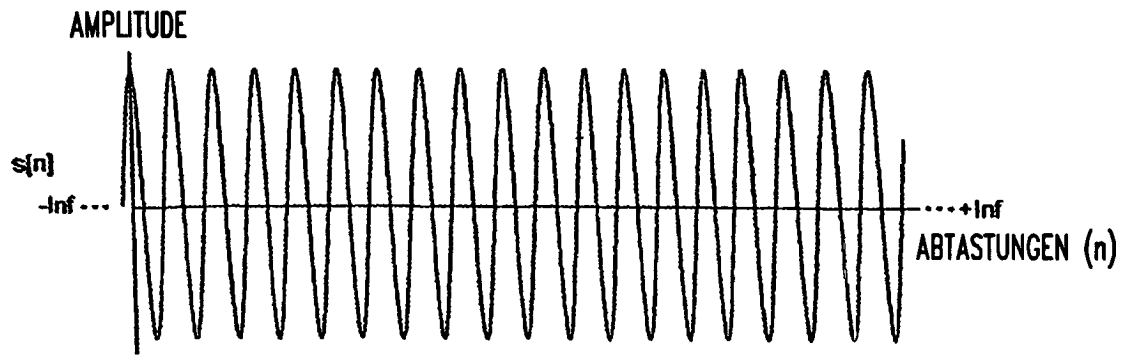


Fig.3

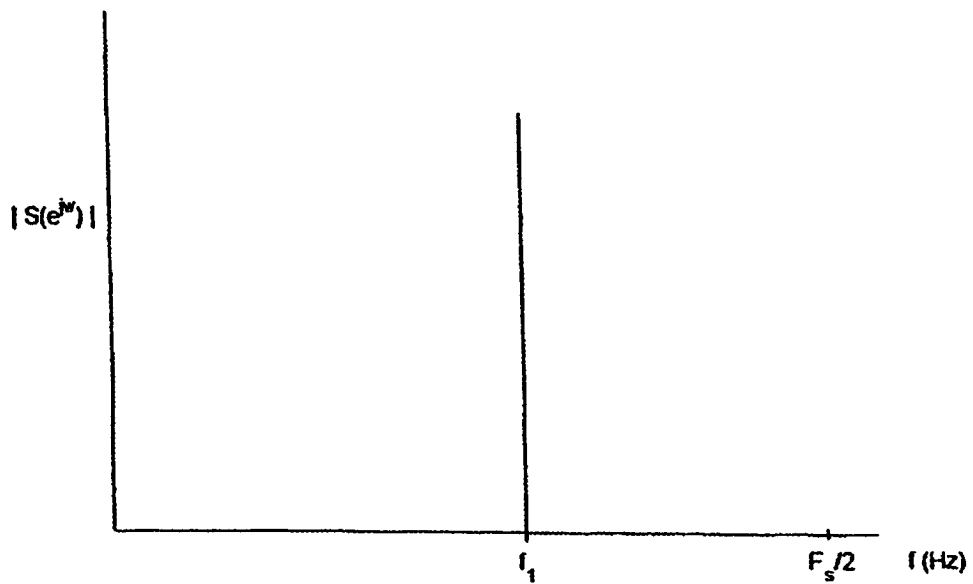


Fig.4

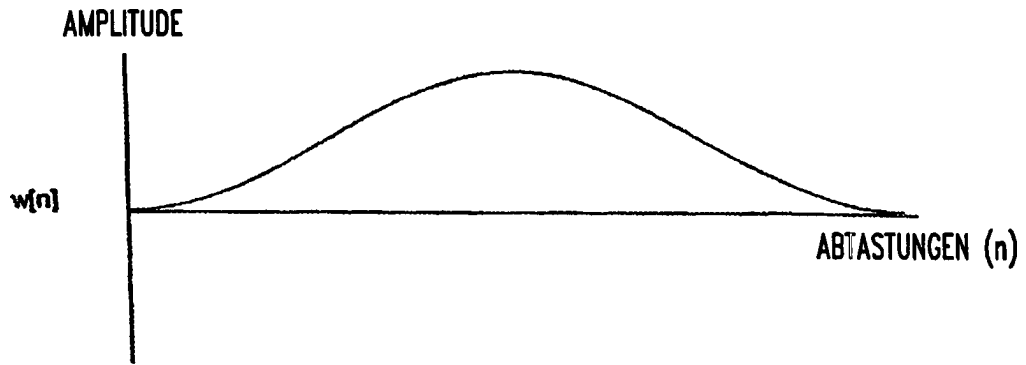


Fig.5

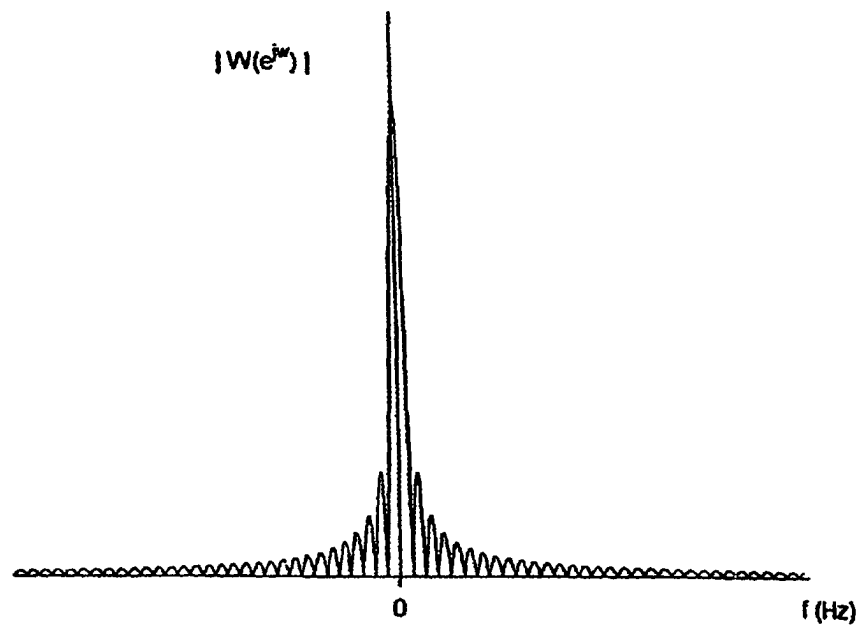


Fig.6

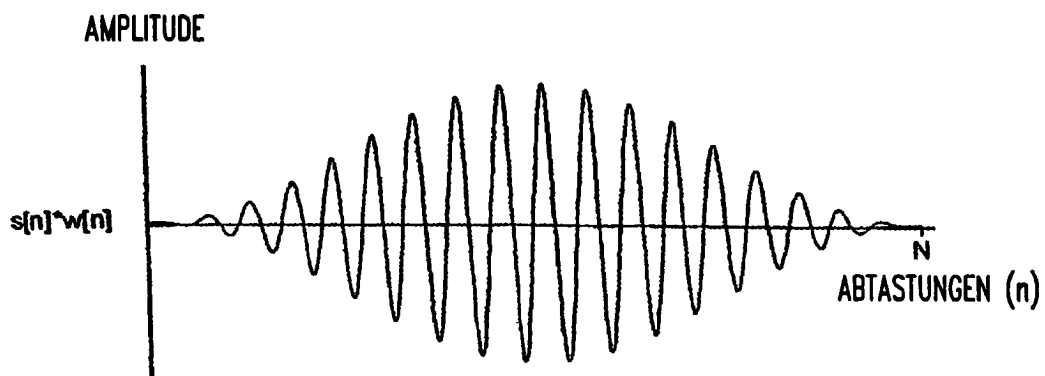


Fig.7

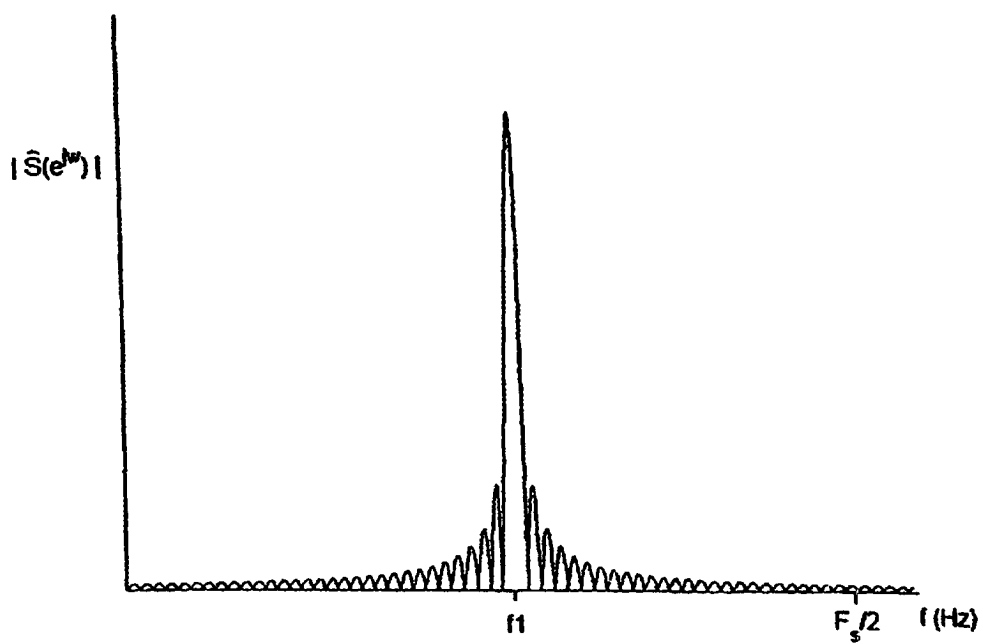


Fig.8

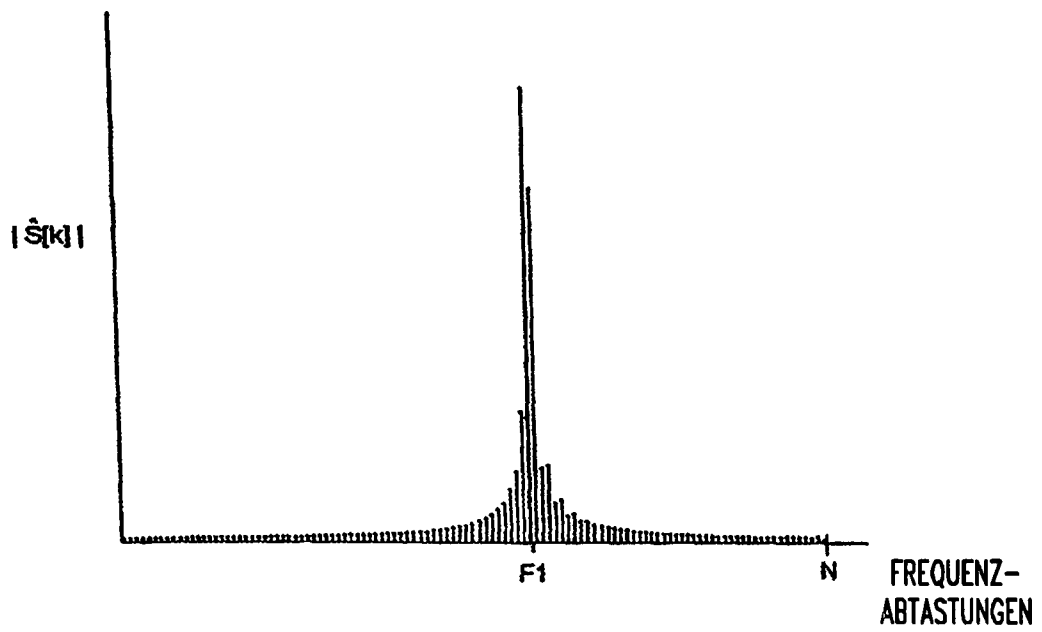


Fig.9

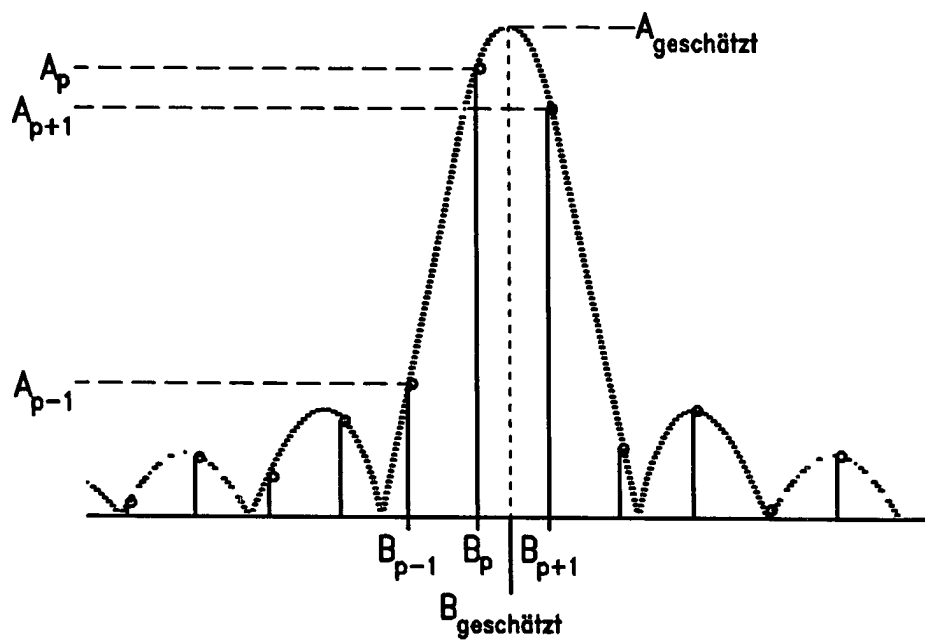


Fig.10

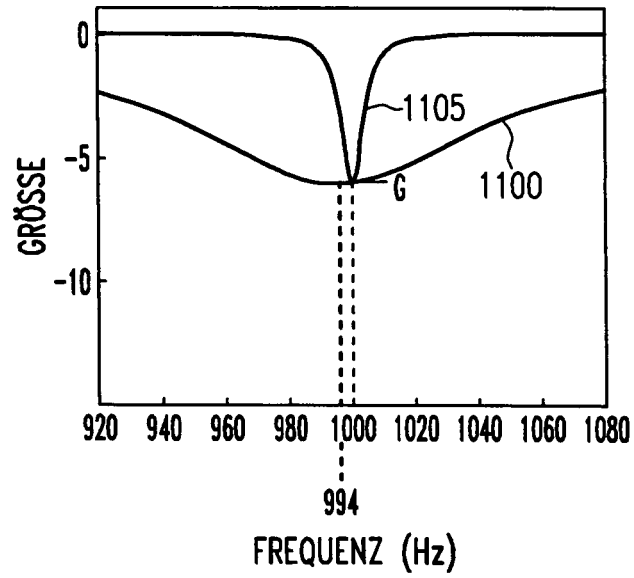


Fig.11

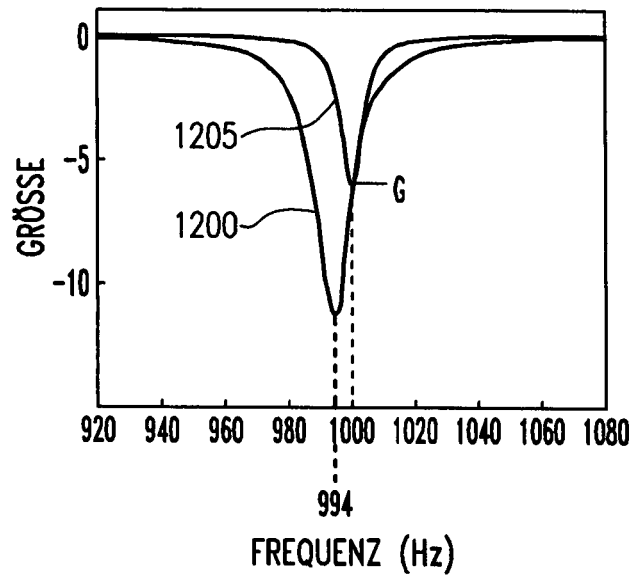


Fig.12

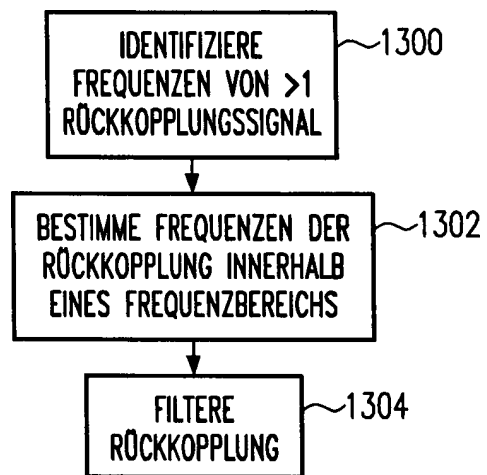


Fig.13

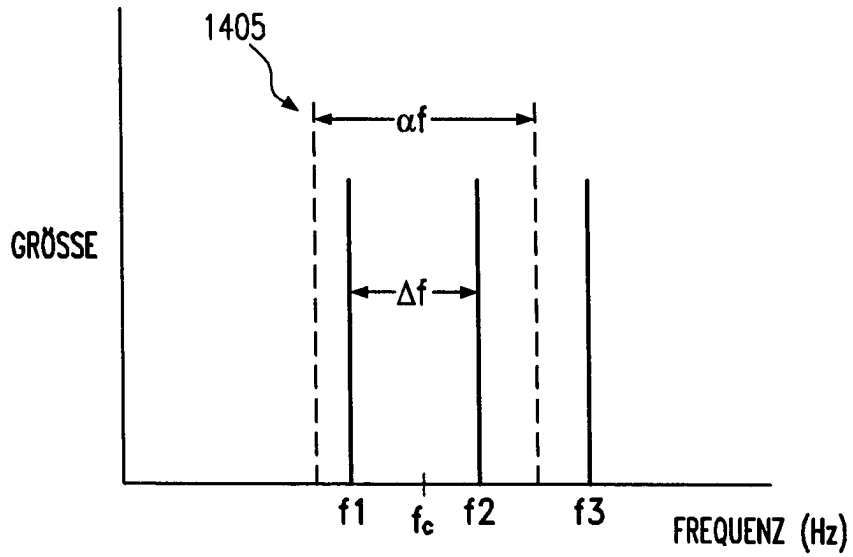


Fig.14

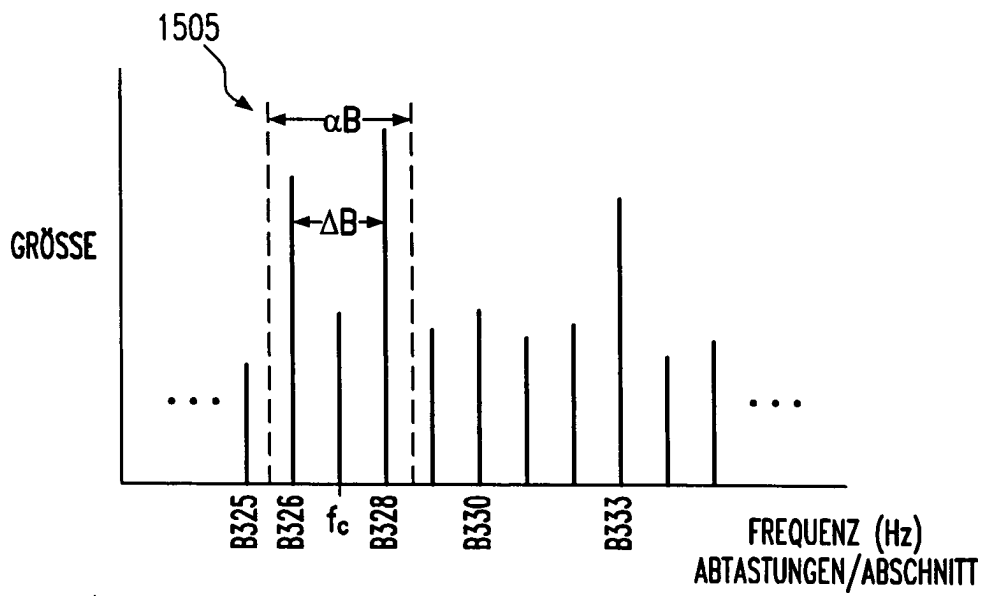


Fig.15

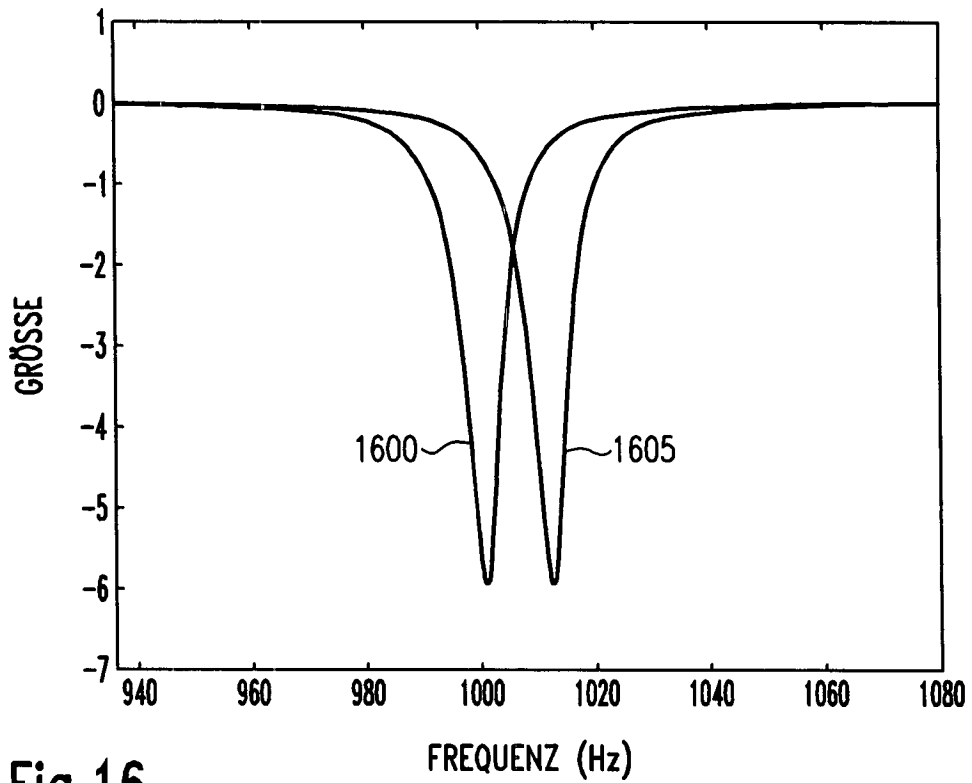


Fig.16

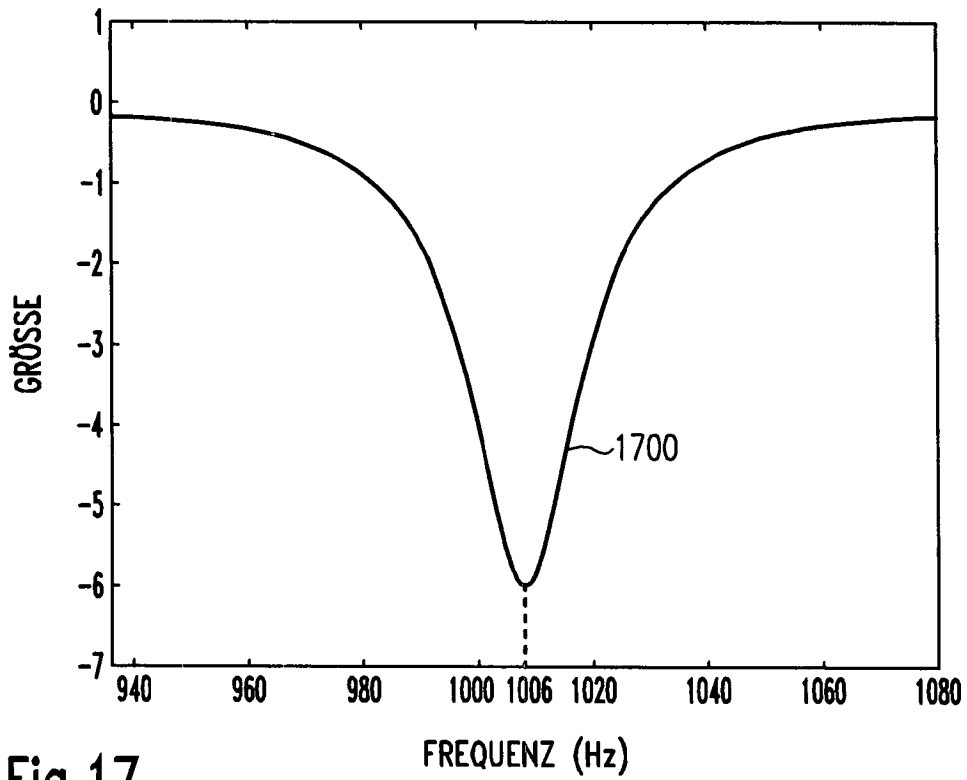


Fig.17