(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 27 057 A1** 2005.01.20

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 27 057.4**
(22) Anmeldetag: **16.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **20.01.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G06F 17/17**

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

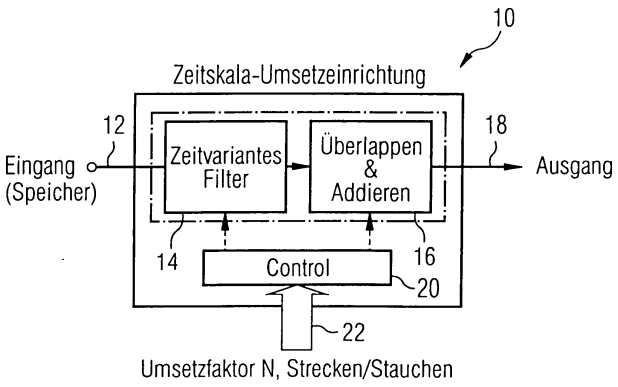
(72) Erfinder:
Lucioni, Gonzalo, Dr., 58454 Witten, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum zeitlichen Stauchen oder Strecken, Verfahren und Folge von Abtastwerten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft u. a. eine Vorrichtung mit einem Eingangsspeicher (104), in dem zu bearbeitende Abtastwerte gespeichert werden. Die Vorrichtung enthält auch eine Steuereinheit, die abhängig von einem Umsetzfaktor (N) ein zeitliches Strecken oder ein zeitliches Stauchen der Folge von Abtastwerten zyklisch steuert. Eine Zeitversatzeinheit (106) ist eingangsseitig mit dem Ausgang des Eingangsspeichers verknüpft. Eine Zusammenführeinheit (112) führt innerhalb eines Arbeitszyklus (M) eine aus der ursprünglichen Folge von Abtastwerten mit einer Filtereinheit (108) erzeugte gefilterte Folge von Abtastwerten und andererseits eine mit Hilfe der Versatzeinheit (106) erzeugte versetzte und anschließende gefilterte (110) Folge zusammen. Trotz des einfachen Aufbaus der Vorrichtung (100) sind Artefakte nicht oder kaum wahrnehmbar.



Beschreibung

[0001] Die Vorrichtung enthält einen Eingangsspeicher, in dem zu bearbeitende Abtastwerte gespeichert werden, und eine Steuereinheit, die abhängig von einem Umsetzfaktor ein zeitliches Strecken oder ein zeitliches Stauchen der Folge von Abtastwerten zyklisch steuert.

Stand der Technik

[0002] Eine solche Vorrichtung ist bspw. aus de DE 100 06 245 A1 bekannt. Neben den dort genannten Umsetzverfahren zur Zeitskalierung sind in den letzten 50 Jahren noch zahlreiche andere Verfahren vorgeschlagen worden. Hinsichtlich eines Kompromisses von benötigter Rechenleistung und erreichter Qualität sind aber nur die wenigsten dieser Verfahren zufriedenstellend. Insbesondere sind Verfahren mit Fouriertransformation oder mit Berechnung von Kreuzkorrelationen zu rechenintensiv. Andere Verfahren sind zwar einfach, führen jedoch zu hörbaren Artefakten.

[0003] Mit Zeitskala-Umsetzeinrichtungen können Audiodaten so umgesetzt werden, dass sich die Zeitdauer des durch die Audiodaten repräsentierten Audiosignals unter weitgehender Beibehaltung seiner Tonhöhe ändert. Viele Verfahren zur Zeitskala-Umsetzung führen zuerst eine Analyse der Audiodaten zur Festlegung von Parametern durch. Erst nach der Analyse beginnt die Bearbeitung. Die Analyse wird in einem Zeitfenster durchgeführt, dessen Breite sich an den Eigenschaften des menschlichen Hörens und sogar an den Eigenschaften der Sprache orientiert, d.h. in einem Zeitfenster in der Größenordnung einiger hundertstel Sekunden, beispielsweise in einem Zeitfenster zwischen 20 und 40 ms (Millisekunden), insbesondere von 30 ms. Durch die Analyse wird der umzusetzende Audiostrom zusätzlich verzögert, so dass die Sprachqualität, insbesondere hinsichtlich des Entstehens von hörbaren Echos, vermindert wird. Der Nutzen der Zeitskala-Umsetzeinrichtung ist deshalb oft geringer als die mit Ihnen verbundenen Nachteile. Insbesondere gilt diese Aussage für die Synchronisation der Abtastrate mittels Zeitskalen-Umsetzeinrichtungen bei Fehlanpassung des Taktes der kommunizierenden Endeinrichtungen in einem Datenübertragungsnetz. Die Fehlanpassungen sind meist geringfügig, in der Regel kleiner als 10 Prozent, die durch die Umsetzung erzeugte Verzögerung ist jedoch für einen Sprecher hörbar.

Aufgabenstellung

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung eine einfach aufgebaute Vorrichtung zum Stauchen und/oder Strecken der Zeitskala einer Folge von Abtastwerten anzugeben. Die Vorrichtung soll insbesondere für Streckungen oder Stauchungen um weniger als 10 Prozent geeignet sein. Das Strecken bzw. Stauchen soll außerdem die Qualität von Sprachsignalen oder Musiksignalen nicht mindern. Insbesondere soll die Vorrichtung ohne Analyse der Audiodaten arbeiten, um eine Echtzeitbearbeitung nicht weiter zu verzögern. Weiterhin sollen ein Verfahren zum Stauchen und Strecken und eine Folge von Abtastwerten angegeben werden.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0006] Die erfindungsgemäße Vorrichtung enthält zusätzlich zu den eingangs genannten Einheiten:

– eine Zeitversatzeinheit, die eingangsseitig mit dem Ausgang des Eingangsspeichers verknüpft ist und die bezogen auf den in einem Arbeitsschritt bearbeiteten Abtastwert der Folge einen um eine Versatzanzahl in der Folge nachfolgenden, d.h. verzögerten, oder vorangehenden, Abtastwert ermittelt,

– eine Zusammenführeinheit, die innerhalb eines Arbeitszyklus einerseits die ursprüngliche Folge von Abtastwerten oder eine aus der ursprünglichen Folge von Abtastwerten mit einer Filtereinheit erzeugte gefilterte Folge von Abtastwerten und andererseits eine mit Hilfe der Versatzeinheit erzeugte versetzte Folge von Abtastwerten oder eine aus der versetzten Folge mit Hilfe der Filtereinheit erzeugte gefilterte versetzte Folge zusammenführt.

[0007] Außerdem enthält bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Arbeitszyklus eine vorgegebene Anzahl von Arbeitsschritten zur Bearbeitung einer Teilfolge der Folge von Abtastwerten. Damit muss die Länge eines Arbeitszyklus nicht ständig neu festgelegt werden.

[0008] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kommt also ohne Analysefenster aus und ist damit für alle Anwendungen von Umsetzeinrichtungen geeignet, insbesondere für Echtzeitanwendungen, wie die Echtzeitkommunikation. Insbesondere ist die Vorrichtung für die Synchronisation der Abtastrate der Audiodaten von paketorientierten Endeinrichtungen geeignet, z.B. von Internet-Endeinrichtungen, die gemäß Internet Protokoll arbeiten.

[0009] Bei anderen Weiterbildungen enthält die Vorrichtung nur Koeffizientenvorgabeeinheiten, Multiplizierereinheiten und Verzögerungseinheiten, d.h. nur wenige verschiedene Einheiten, die sich schaltungstechnisch oder softwaretechnisch auf einfache Art und Weise realisieren lassen.

[0010] Bei weiteren Weiterbildungen der Vorrichtung wird die Sprachqualität weiter erhöht, durch:

– Einbeziehung weiterer Koeffizientenfunktionen, Hilfsfunktionen und zusätzlicher Verzögerungseinheiten, oder durch
– Einbeziehung eines Allpasses.

[0011] Bei einer nächsten Weiterbildung ist die Vorrichtung als reine elektronische Schaltung ohne Prozessor aufgebaut. Die Bearbeitungszeiten sind in diesem Fall verglichen mit den Bearbeitungszeiten bei Einbeziehung eines Prozessors sehr kurz. Alternativ wird jedoch ein Prozessor verwendet, um den schaltungstechnischen Aufwand zu verringern.

[0012] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum zeitlichen Stauchen und Strecken, das insbesondere mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder einer ihrer Weiterbildungen ausgeführt werden kann. Somit gelten die oben genannten technischen Wirkungen auch für das Verfahren und dessen Weiterbildungen.

[0013] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Folge von Abtastwerten, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt worden sind. Auch für die Folge von Abtastwerten gelten die oben genannten technischen Wirkungen.

Ausführungsbeispiel

[0014] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

[0015] **Fig.** 1 eine Blockdarstellung einer Umsetzeinrichtung,

[0016] **Fig.** 2 eine Umsetzeinrichtung mit einer Verzögerungseinheit,

[0017] **Fig.** 3 eine Umsetzeinrichtung mit zwei Verzögerungseinheiten,

[0018] **Fig.** 4 eine Umsetzeinrichtung mit einer Verzögerungseinheit und mit einem Allpass, und

[0019] **Fig.** 5 die Übertragungsfunktionen für die Überlapp- und Addierfunktion der verschiedener Umsetzeinheiten.

[0020] **Fig.** 1 zeigt eine Blockdarstellung einer Umsetzeinrichtung **10**, die zum zeitlichen Strecken bzw. zum zeitlichen Stauchen von Sprachsignalen dient. Mit anderen Worten lässt sich mit Hilfe der Umsetzeinrichtung **10** die Abspielgeschwindigkeit von Sprachdaten in Echtzeit variieren, ohne dass sich bspw. die Tonhöhe des Sprachsignals verändert. Auch treten keine hörbaren Artefakte auf.

[0021] Die Umsetzeinrichtung **10** hat einen Eingang **12** zur Eingabe von Abtastwerten eines Sprachsignals, das bspw. mit einer Frequenz von acht Kilohertz abgetastet worden ist. Bspw. liegen die Abtastwerte im Ganzzahlbereich zwischen –32768 und +32767. Der Eingang **12** führt zu einer Filtereinheit **14**, die für die Eingangswerte oder für zeitversetzte Eingangswerte Filterfunktionen gemäß vorgegebener Koeffizienten ausführt. Die Koeffizienten ändern sich zeitabhängig, so dass eine zeitvariante Filterung vorliegt.

[0022] Der Filtereinheit **14** ist eine Überlapp- und Addiereinheit **16** nachgeschaltet, die zwei von der Filtereinheit **14** ausgegebene Folgen aus Abtastwerten zusammenführt, wie unten noch näher erläutert wird. Die Überlapp- und Addiereinheit gibt eine Ergebnisfolge an einem Ausgang **18** aus.

[0023] Die Umsetzeinrichtung **10** enthält außerdem eine Steuereinheit **20**, die abhängig von einem Umsetzfaktor N und einem Auswahlsignal die Filtereinheit und die Überlapp- und Addiereinheit so ansteuert, dass die Folge von Abtastwerten am Ausgang **18** zeitlich gestreckt oder zeitlich gestaucht im Vergleich zu der Folge am Eingang **12** ist. N ist dabei eine natürliche Zahl.

[0024] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist die Filtereinheit der Überlapp- und Addiereinheit nachgeschaltet, so dass erst eine unverzögerte und eine verzögerte Folge überlappt werden. Erst nach dem Überlappen werden durch das Überlappen erzeugte Artefakte wieder beseitigt, bspw. mit einer geeigneten Fensterfunktion oder mit einem zeitvarianten Dämpfungsglied.

[0025] **Fig.** 2 zeigt eine Umsetzeinrichtung **100**, die eine Speichereinheit **102** enthält, z.B. einen RAM-Speicher (Random Access Memory) oder einen FIFO-Speicher (First In First Out). In der Speichereinheit **102** ist eine Eingangsspeicher **104** enthalten, in dem ankommende Abtastwerte zwischengespeichert werden.

[0026] Die Umsetzeinrichtung **100** enthält weiterhin eine Verzögerungseinheit **106**, die bezogen auf einen in einem Arbeitsschritt s bearbeiteten Abtastwert einen Abtastwert aus der Speichereinheit ermittelt, der zu dem aktuell bearbeiteten Abtastwert um N-Abtastwerte verzögert ist. Die Verzögerung lässt sich durch geeignetes Auslesen aus der Speichereinheit **102** realisieren, z.B. durch einen Adressoffset um N oder ein Vielfaches von N.

[0027] Außerdem enthält die Umsetzeinrichtung **100** eine Multipliziereinheit **108**, die mit dem Ausgang des Eingangsspeichers **108** verknüpft ist. Der andere Eingang der Multipliziereinheit **108** ist mit einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die Koeffizienten gemäß einer Koeffizientenfunktion C1a vorgibt. Die

Multipliziereinheit **108** bildet des Produkt ihrer Eingangswerte in jedem Arbeitsschritt s.

[0028] Eine weitere Multipliziereinheit **110** ist eingansseitig mit dem Ausgang der Verzögerungseinheit **106** und mit einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die Koeffizienten gemäß einer Koeffizientenvorgabefunktion C2a vorgibt. Der Verlauf der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a ist im mittleren Teil der **Fig.** 2 für das Strecken bzw. im unteren Teil der **Fig.** 2 für das Stauchen dargestellt und wird weiter unten näher erläutert. Die Multipliziereinheit **110** bildet je Arbeitsschritt das Produkt ihrer Eingangswerte.

[0029] Eine Addiereinheit **112** ist eingangsseitig mit den Ausgängen der Multipliziereinheiten **108** und **110** verknüpft. Die Addiereinheit **112** bildet die Summe ihrer Eingangswerte.

[0030] Der Verlauf der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a für das Strecken ist im mittleren Teil der **Fig.** 2 dargestellt. Die Werte der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a liegen zwischen 0 und 1. Zunächst hat der Koeffizient C1a konstant den Wert 1. Erst im letzten Abschnitt, genauer im letzten Drittel, eines Arbeitszyklus M aus bspw. 1600 Arbeitsschritten s fällt die Koeffizientenfunktion C1a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß einer Funktion, die der Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear. Dagegen hat der Koeffizient C2a beim Strecken zunächst konstant den Wert 0. Erst im letzten Abschnitt steigt die Koeffizientenfunktion C2a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß einer Funktion, die einer Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear.

[0031] Die bedeutet, dass im ersten Abschnitt eines Arbeitszyklus M beim Strecken die unverzögerte Folge von Abtastwerten ausgegeben wird. Im letzten Abschnitt wird dann auf Grund der Koeffizientenverläufe allmählich umgeschaltet auf die verzögerte Folge. Der allmähliche Übergang erstreckt sich über mehrere Arbeitsschritte s, insbesondere über mehr als 100 Arbeitsschritte s und weniger als 800 Arbeitsschritte s. Allgemeiner ausgedrückt, liegt der Übergang in einem Abschnitt, der mehr als fünf Prozent und weniger als fünfzig Prozent der Arbeitsschritte eines Arbeitszyklus enthält. Letztlich wird zum Strecken damit ein "Echo" angefügt, dass jedoch auf Grund des allmählichen Übergangs, auf Grund der kurzen Zeitspanne, die die Abtastwerte eines Arbeitszyklus M enthalten, und auf Grund der moderaten Streckfaktoren nicht bzw. kaum hörbar ist. Im Ausführungsbeispiel umfasst ein Arbeitszyklus bezogen auf die bearbeiteten Werte mehr als 200 ms (Millisekunden) und weniger als 1000 ms. Es wird maximal um 10 Prozent gestreckt. Somit werden mindestens sechs Sprachgrundeinheiten von jeweils etwa 30 ms in einem Arbeitszyklus M bearbeitet.

[0032] Der Verlauf der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a für das Stauchen ist im unteren Teil der **Fig.** 2 dargestellt. Die Werte der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a liegen wieder zwischen 0 und 1. Zunächst hat der Koeffizient C2a konstant den Wert 1. Erst im letzten Abschnitt, genauer im letzten Drittel, eines Arbeitszyklus M fällt die Koeffizientenfunktion C2a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß einer Funktion, die der Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear. Dagegen hat der Koeffizient C1a beim Stauchen zunächst konstant den Wert 0. Erst im letzten Abschnitt steigt die Koeffizientenfunktion C1a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß einer Funktion, die einer Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear.

[0033] Die bedeutet, dass im ersten Abschnitt eines Arbeitszyklus M beim Stauchen die verzögerte Folge von Abtastwerten ausgegeben wird. Im letzten Abschnitt wird dann auf Grund der Koeffizientenverläufe allmählich umgeschaltet auf die unverzögerte Folge. Letztlich wird zum Stauchen eine Teil der Abtastwerte "unterdrückt". Dies ist jedoch auf Grund der oben genannten Gründe kaum hörbar. Durch den allmählichen Übergang haben auch die "unterdrückten" Abtastwerte einen Einfluss auf das erzeugte Ausgangssignal.

[0034] Für die Koeffizientenfunktionen C1a und C2a gilt außerdem die Beziehung:

$$(C1a)^2 + (C2a)^2 = 1,$$

wodurch die Signalleistung von Sprachsignalen und Musiksignalen im Mittel im wesentlichen unverändert bleibt.

[0035] **Fig.** 3 zeigt eine Umsetzeinrichtung **200** mit zwei Verzögerungseinheiten **206** und **207**. Ein erster Teil der Umsetzeinrichtung **200** stimmt mit der Umsetzeinrichtung **100** strukturell und funktionsmäßig überein. Die Elemente dieses Teils werden deshalb nicht noch einmal erläutert und haben in **Fig.** 3 das gleiche Bezugszeichen wie in **Fig.** 2, jedoch jeweils um den Wert **100** erhöht. An Stelle der Koeffizientenfunktion C1a bzw. C2a werden jedoch Koeffizientenfunktionen C1b und C2b verwendet, deren Verlauf unten noch näher erläutert wird.

[0036] Im Unterschied zu der Umsetzeinrichtung **100** enthält die Umsetzeinrichtung **200** noch eine weitere Verzögerungseinheit **207**, die jedoch um das Doppelte verzögert wie die Verzögerungseinheit **106** bzw. **206**, d.h. um 2·N. Der Eingang der Verzögerungseinheit **207** ist mit dem Ausgang des Eingangsspeichers **204** verknüpft. Der Ausgang der Verzögerungseinheit **207** ist mit dem einen Eingang einer Multipliziereinheit **211** verknüpft. Der andere Eingang der Multipliziereinheit **211** ist mit einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die Koeffizienten gemäß

einer Koeffizientenfunktion C3b vorgibt, deren Verlauf unten näher erläutert wird.

[0037] Der Eingang der Addiereinheit **212** ist sowohl mit den Ausgängen der Multipliziereinheiten **208** und **208** als auch mit dem Ausgang der Multipliziereinheit **211** verknüpft. Am Ausgang der Addiereinheit **212** wird die gestreckte oder die gestauchte Folge aus Abtastwerten ausgegeben.

[0038] Der Verlauf der Koeffizientenfunktion C1b und zweier Hilfsfunktionen C2c und C3c ist im mittleren Teil der **Fig.** 3 für das Strecken und im unteren Teil der **Fig.** 3 für das Stauchen dargestellt. Der Verlauf der Koeffizientenfunktion C1b entspricht dem Verlauf der Koeffizientenfunktion C1a, siehe Erläuterungen zu **Fig.** 2. Der Verlauf der Hilfsfunktion C2c entspricht für das Strecken und für das Stauchen jeweils dem Verlauf der Koeffizientenfunktion C2a für das Strecken und für das Stauchen, siehe Erläuterungen zu **Fig.** 2. Die Hilfsfunktion C3c hat in den ersten zwei Drittel eines Arbeitszyklus M den Wert 0. Im letzten Drittel steigt die Hilfsfunktion C3c streng monoton auf einen Maximalwert von etwa 0,3 an, um dann wieder streng monoton auf den Wert 0 zu fallen. Die Hilfsfunktion C3c hat ihr Maximum in einem Arbeitsschritt s, in welchem die Koeffizientenfunktion C1b den gleichen Wert wie die Hilfsfunktion C2c hat.

[0039] Für die Koeffizientenfunktionen C2b und C3b gilt:

$$C2b = C2c - C3c \cdot C1b,$$

$$C3b = -C2c \cdot C3c.$$

[0040] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel gelten auch die folgenden Beziehungen:

$$(C1b)^2 + (C2c)^2 = 1.$$

$$(C1b) + (C2b) + (C3b) = 1,$$

wodurch die Signalleistung von Sprachsignalen und Musiksignalen im Mittel im wesentlichen unverändert bleibt und bestimmte Töne ebenfalls unverändert bleiben, z.B. Töne mit einer Kreisfrequenz von 2 PI k/N, wobei PI die Zahl PI und k eine natürliche Zahl sind.

[0041] Die Umsetzeinrichtung **200** lässt sich äquivalent auch mit Hilfe zweier parallel geschalteter Entzerrer gemäß Umsetzeinrichtung **100** darstellen. Der Eingang des einen Entzerrerzweiges ist mit dem Ausgang des Eingansspeichers **204** verknüpft. Der Entzerrer wird mit den Koeffizientenfunktionen C1b und C2c gesteuert. Der Eingang des anderen Entzerrerzweiges ist ebenfalls mit dem Ausgang des Eingangsspeichers **204** verknüpft. Der zweite Entzerrerzweig enthält eine Parallelschaltung aus einer weiteren Verzögerungseinheit für eine Verzögerung N und aus einer Entzerrereinheit gemäß Umsetzeinrichtung **100**. Der zweite Entzerrer wird ebenfalls mit den Koeffizientenfunktionen C1b und C2c gesteuert. Außerdem enthält der zweite Entzerrerzweig eine Multipliziereinheit, an deren anderen eingangs die Koeffizientenfunktion C3c anliegt. Beide Entzerrerzweige werden über eine Differenzbildungsschaltung verknüpft, wobei das Ergebnis des zweiten Entzerrerzweiges vom Ergebnis des ersten Entzerrerzweiges in jedem Arbeitsschritt s abgezogen wird.

[0042] Durch die in **Fig.** 3 dargestellte Umsetzeinrichtung werden verbesserte Ergebnisse erreicht, wie unten im Zusammenhang mit der **Fig.** 5 näher erläutert wird. Insbesondere entsteht eine Art Kerbfilter mit kleineren Frequenzlücken im Vergleich zu der Umsetzeinrichtung **100**. Diese Ergebnisse lassen sich in ähnlicher Form weiter verbessern, indem man weitere Verzögerungseinheiten und Koeffizienten einführt.

[0043] **Fig.** 4 zeigt eine Umsetzeinrichtung **300** mit einer Verzögerungseinheit **306** und mit einem Allpass **320** erster Ordnung, Ein erster Teil der Umsetzeinrichtung **300** ist wie die Umsetzeinrichtung **100** aufgebaut und funktioniert gleichermaßen. Die Elemente dieses Teils werden deshalb nicht noch einmal erläutert und haben in **Fig.** 4 ein Bezugszeichen zu dem ausgehend von dem Bezugszeichen in **Fig.** 2 der Wert **200** addiert worden ist. Jedoch werden an Stelle der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a Koeffizientenfunktionen C1d und C3d verwendet, deren Verlauf unten näher erläutert wird.

[0044] Im Unterschied zur Umsetzeinrichtung **100** enthält die Umsetzeinrichtung **300** zusätzlich die Allpasseinheit **320**. Die Allpasseinheit **320** enthält eine Filtereinheit **322** und eine Verzögerungseinheit **324**, die um N-Schritte verzögert. Die Allpasseinheit **320** hat die folgende Übertragungsfunktion:

$$H = (z^{-N} + \gamma)/(1 + \gamma \cdot z^{-N}),$$

wobei H die Übertragungsfunktion ist und γ eine Verzögerung bestimmt, und γ insbesondere den Wert 0,5 oder einen Wert größer als 0,5 hat.

[0045] Der Eingang der Allpasseinheit **320** ist mit dem Ausgang des Eingangsspeichers **304** verknüpft. Der Ausgang der Allpasseinheit **320** führt zu dem einen Eingang einer Multipliziereinheit **311**. Der andere Eingang der Multipliziereinheit **311** ist mit dem Ausgang einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die je Arbeitsschritt s Koeffizienten gemäß einer Koeffizientenvorgabefunktion C2d vorgibt, deren Verlauf unten für die beiden Betriebsarten "Strecken" und "Stauchen" noch näher erläutert wird.

[0046] Der Ausgang der Multipliziereinheit **311** führt zu einem Eingang der Addiereinheit **312**. Die ande-

ren Eingänge der Addiereinheit **112** sind mit dem Ausgängen der Multipliereinheiten **308** und **310** verknüpft.

[0047] Die Werte der Koeffizientenfunktionen C1d, C2d und C3d liegen zwischen 0 und 1. Für die Koeffizientenfunktionen C1d bis C3d gilt:

C1d + C2d + C3d = 1.

wodurch bestimmte Töne ebenfalls unverändert bleiben, z.B. Töne mit einer Kreisfrequenz von 2 PI k/N, wobei PI die Zahl PI und k eine natürliche Zahl sind.

[0048] In der Betriebsart "Strecken" fällt die Koeffizientenfunktion C1d im ersten Drittel eines Arbeitszyklus streng monoton vom Wert 1 auf den Wert 0, bspw. gemäß einer Funktion, die einer Sigmoidfunktion ähnelt oder gleicht. Für die folgenden Arbeitsschritte s des Arbeitszyklus M bleibt die Koeffizientenfunktion C1d auf dem Wert 0. In der Betriebsart "Strecken" steigt die Koeffizientenfunktion C2d im ersten Drittel eines Arbeitszyklus M vom Wert 0 auf den Wert 1 an. Im zweiten Drittel bleibt die Koeffizientenfunktion C2d konstant auf dem Wert 1. Im letzten Drittel fällt die Koeffizientenfunktion streng monoton vom Wert 1 auf den Wert 0. In der Betriebsart "Strecken" bleibt die Koeffizientenfunktion C3d in den ersten zwei Dritteln eines Arbeitszyklus M konstant auf dem Wert 0. Im letzten Drittel eines Arbeitszyklus M steigt die Koeffizientenfunktion C3d streng monoton vom Wert 0 auf den Wert 1.

[0049] Für die Betriebsart "Stauchen" hat die Koeffizientenfunktion C1d den Verlauf der Koeffizientenfunktion C3d in der Betriebsart "Strecken". Die Koeffizientenfunktion C2d hat in der Betriebsart "Stauchen" den gleichen Verlauf wie in der Betriebsart "Strecken". Die Koeffizientenfunktion C3d hat in der Betriebsart "Stauchen" den gleichen Verlauf wie die Koeffizientenfunktion C1d in der Betriebsart "Strecken".

[0050] **Fig.** 5 zeigt die Übertragungsfunktionen für die Überlapp- und Addierfunktion verschiedener Umsetzeinheiten an Stellen, an denen Frequenzlücken entstehen. Eine horizontale x-Achse **400** zeigt die normalisierte Frequenz im Bereich zwischen 0 und 0,5. Der in **Fig.** 5 gezeigte Verlauf wiederholt sich für größere Frequenzen. Eine vertikale y-Achse **402** zeigt die normalisierte Dämpfung in dB im Bereich von –5 dB bis 20 dB. Eine Kurve K1 gilt für die Umsetzeinrichtung **100**, die auch als Entzerrer nullter Ordnung betrachtet werden kann. Die Umsetzeinrichtung **200** kann als Entzerrereinheit erster Ordnung betrachtet werden. Eine Kurve K2 gilt für die Umsetzeinrichtung **200**. Mit zunehmender Ordnung des Entzerrers verringert sich die Dämpfung. Außerdem wird eine Frequenzlücke L1 bzw. L2 kleiner, die für die Kurve K1 bzw. K2 gilt.

[0051] Kurven K3 und K4 gelten für die Umsetzeinrichtung **300** mit einem γ-Wert von 0,5 bzw. 0,75. Mit zunehmendem γ-Wert verringert sich die Frequenzlücke weiter.

[0052] Der Umsetzfaktor N, der die Anzahl von Verzögerungen vorgibt, wird beispielsweise abhängig vom Füllstand des Eingangsspeichers **104**, **204** oder **304** vorgegeben. Gleiches gilt für die Entscheidung, ob gestreckt oder gestaucht werden soll. Leert sich bspw. der Eingangsspeicher zu schnell muss gestreckt werden. Desto schneller sich der Eingangsspeicher leert, desto schneller muss gestreckt werden, d.h. N wird vergrößert.

[0053] Für alle erläuterten Ausführungsbeispiele gilt, dass die Erfindung Eigenschaften des menschlichen Hörens nutzt, wonach spezielle Arten von Artefakten nicht oder nur geringfügig wahrgenommen werden können, insbesondere Artefakte die durch die oben erläuterten Überlappungsverfahren entstehen. Das Verfahren arbeitet im Zeitbereich an Hand eines festen Zeitrasters, welches die Audiodaten in Zeitsegmente aufteilt, bspw. in Zeitsegmente von 200 ms. Zur Umsetzung der Zeitskala wird innerhalb des Zeitsegments in einem Abschnitt mit definierter Länge, bspw. von 30 ms, der ursprüngliche Audiostrom mit einer verzögerten Version seiner selbst überlappt und addiert. Dies erfolgt auf Grund der gewählten Koeffizienten so, dass keine Unstetigkeiten entstehen. Die Verzögerung ist proportional dem Umsetzfaktor und entspricht der Verzögerung zwischen dem Audiostrom am Eingang und am Ausgang der Zeitskala Umsetzeinrichtung. Die Verzögerung liegt bspw. zwischen 0 ms und 20 ms bei einem Umsetzfaktor von 0 Prozent bis 10 Prozent im Sinne von Zeitkompression bzw. Zeitexpansion.

[0054] Die Wahl des genannten Zeitrasters bzw. Zeitsegmentabschnitts trägt ebenfalls zur Verringerung der Wahrnehmbarkeit der entstehenden Artefakte bei.

[0055] Bei den erläuterten Verfahren wird dem Entstehen von Artefakten bzw. hörbaren Störungen bereits vor dem Zusammenführen entgegengewirkt und/oder beim Zusammenführen entstehende Artefakte werden nach dem Zusammenführen beseitigt, bspw. mit einem zeitvariantem Dämpfungsglied, dass die Gesamtverzögerung der Umsetzeinrichtung nicht weiter erhöht. Ein aufwändigeres digitales Filter führt zu einer besseren Qualität, erhöht jedoch in der Regel die Gesamtverzögerung etwas.

[0056] Die erläuterten Verfahren:

– sind an den Eigenschaften menschlichen Hörens orientiert und kommen ohne Analysefenster aus,

– sind mit kleinen algorithmischen Verzögerungszeiten in den Audiopfad einführbar,

– können mit einem kleinen Aufwand implementiert werden,
– durch die geringen Verzögerungen in Echtzeitanwendungen einsetzbar,
– ermöglichen eine qualitativ hochwertige Umsetzung sowohl von Sprache als auch von Musik,
– sind für eine Vielzahl von Anwendungen einsetzbar, z.B. für die Synchronisation der Abtastrate oder für einen dynamischen Jitterbufferabgleich,
– sind mit anderen zeitbasierten Verfahren kombinierbar, z.B. mit dem Verfahren gemäß "MPEG-4 Audio, ISO/IEC FCD 14496-3, Subpart 1: Abschnitt 4.1.3" vom 15.05.1998, siehe z.B. ftp://ftp.tnt.uni-hannover.de/pub/MPEG/audio/mpeg4/documents/w2203/w2203.pdf.

[0057] Bei alternativen Ausführungsbeispielen gemäß **Fig.** 2 und 3 liegen die Überlapp- und Addierbereiche nicht am Ende sondern am Anfang eines Arbeitszyklus M, so dass dann am Ende eines Arbeitszyklus M Abschnitte mit konstanten Koeffizientenfunktionen und mit konstanten Hilfsfunktionen liegen. Bei anderen alternativen Ausführungsbeispielen gemäß **Fig.** 2 und 3 liegen die Überlapp- und Addierbereiche in der Mitte eines Arbeitszyklus M. so dass dann am Ende eines Arbeitszyklus M und am Anfang eines Arbeitszyklus M Abschnitte mit konstanten Koeffizientenfunktionen und konstanten Hilfsfunktionen liegen.

[0058] Bei alternativen Ausführungsbeispielen gemäß **Fig.** 4 gibt es neben den zwei Überlapp- und Addierabschnitten mit sich ändernden Koeffizientenfunktionen und Hilfsfunktionen zwei konstante Abschnitte. Jeder Abschnitt ist bspw. ein Viertel eines Arbeitszyklus M lang. Alternativ lassen sich auch Abschnitte mit untereinander verschiedenen Längen einsetzen. Werden die Überlapp- und Addierabschnitten mit Ü und die konstanten Abschnitte mit K abgekürzt, so gibt es bspw. die folgenden Abschnittsfolgen je Arbeitszyklus M:
Ü - K - Ü - K, oder
K - Ü - K - Ü,
wobei die zeitliche Reihenfolge der in **Fig.** 4 dargestellten Abschnitte beim Stauchen bzw. Strecken erhalten bleibt.

Bezugszeichenliste

10	Umsetzeinrichtung
12	Eingang
14	Filtereinheit
16	Überlapp- und Addiereinheit
18	Ausgang
20	Steuereinheit
22	Eingabeparameter
100, 200, 300	Umsetzeinrichtung
102, 202, 302	Speichereinheit
104, 204, 304	Eingangsspeicher
106, 206, 306	Verzögerungseinheit
207	Verzögerungseinheit
108, 208, 308	Multipliziereinheit
110, 210, 310	Multipliziereinheit
211, 311	Multipliziereinheit
112, 212, 312	Addiereinheit
320	Allpasseinheit
322	Filtereinheit
324	Verzögerungseinheit
s	Arbeitsschritt
C1a, C2a	Koeffizientenfunktion
C1b, C2b, C3b	Koeffizientenfunktion
C2c, C3c	Hilfsfunktion
C1d, C2d, C3d	Koeffizientenfunktion
K1 bis K4	Kurve
L1, L2	Frequenzlücke
400	x-Achse
402	y-Achse
N	Umsetzfaktor

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**100**) zum zeitlichen Stauchen oder Strecken einer Folge von Abtastwerten,
mit einem Eingangsspeicher (**104**), in dem zu bearbeitende Abtastwerte gespeichert werden,
mit einer Steuereinheit (**20**), die abhängig von einem Umsetzfaktor (N) ein zeitliches Strecken oder ein zeitliches Stauchen der Folge von Abtastwerten zyklisch steuert,
wobei ein Arbeitszyklus (M) eine vorgegebene Anzahl von Arbeitsschritten (s) zur Bearbeitung einer Teilfolge der Folge von Abtastwerten enthält,
mit einer Zeitversatzeinheit (**106**), die eingangsseitig mit dem Ausgang des Eingangsspeichers verknüpft ist und die bezogen auf den in einem Arbeitsschritt (s) bearbeiteten Abtastwert der Folge einen um eine Versatzanzahl (N) in der Folge nachfolgenden oder vorangehenden Abtastwert ermittelt,
und mit einer Zusammenführeinheit (**16**, **112**), die innerhalb eines Arbeitszyklus (M) einerseits die ursprüngliche Folge von Abtastwerten oder eine aus der ursprünglichen Folge von Abtastwerten mit einer Filtereinheit (**14**) erzeugte gefilterte Folge von Abtastwerten und andererseits eine mit Hilfe der Versatzeinheit (**106**) erzeugte versetzte Folge von Abtastwerten oder eine aus der versetzten Folge mit Hilfe der Filtereinheit (**14**) erzeugte gefilterte versetzte Folge zusammenführt.

2. Vorrichtung (**100**) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine der Zusammenführeinheit (**16**, **112**) nachgeschaltete Filtereinheit,
wobei insbesondere an der Zusammenführeinheit zwei ungefilterte Folgen zusammengeführt werden,
und wobei insbesondere die nachgeschaltete Filtereinheit ein zeitvariantes Dämpfungsglied ist.

3. Vorrichtung (**100**) nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichzeichnet durch eine Grundvorgabeeinheit,

die je Arbeitsschritt (s) einen Grundwert gemäß einer Grundfunktion (C1a) vorgibt,
eine Zusatzvorgabeeinheit, die je Arbeitsschritt (s) einen Zusatzwert gemäß einer Zusatzfunktion (C2a) vorgibt,
eine in der Filtereinheit (**14**) enthaltene Grund-Multiziereinheit (**108**), die eingangsseitig mit dem Ausgang der Grundvorgabeeinheit und dem Ausgang des Eingangsspeichers (**104**) verknüpft ist und die je Arbeitsschritt (s) ein Produkt aus den eingansseitig anliegenden Werten bildet,
eine in der Filtereinheit (**14**) enthaltene Zusatz-Multipliziereinheit (**110**), die eingangsseitig mit dem Ausgang der Zusatzvorgabeeinheit und dem Ausgang der Versatzeinheit (**106**) verknüpft ist und die je Arbeitsschritt (s) ein Produkt aus den eingansseitig anliegenden Werten bildet,
und durch eine in der Zusammenführeinheit (**16**) enthaltene Addiereinheit (**112**), die eingangsseitig mit den Ausgängen der Multipliziereinheiten (**108**, **110**) verknüpft ist und die je Arbeitschritt (s) die Summe der eingangsseitig anliegenden Produkte bildet.

4. Vorrichtung (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3, dadurch gekennzeichnet, dass die bearbeiteten Teilfolgen alle Abtastwerte der Abtastfolge enthalten oder mehr als fünfundachtzig Prozent aller Abtastwerte, wobei vorzugsweise eine Teilfolge ein Signal enthält, das länger als 150 Millisekunden oder länger als 200 Millisekunden ist.

5. Vorrichtung (**100**) nach Anspruch 4 , dadurch gekennzeichnet, dass die Grundfunktion (C1a) und die Zusatzfunktion (C2a) in der Mitte eines Arbeitszyklus (M) konstant sind,
und/oder dass vorzugsweise die Grundfunktion (C1a) und die Zusatzfunktion (C2a) am Anfang oder am Ende eines Arbeitszyklus (M) konstant sind,
und/oder dass vorzugsweise bei Arbeitsschritten (s) mit unveränderter Grundfunktion (C1a) und mit unveränderter Zusatzfunktion (C2a) nicht benötigte Einheiten der Vorrichtung nicht betrieben werden.

6. Vorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die bearbeiteten Teilfolgen weniger als die Hälfte aller Abtastwerte der Abtastfolge enthalten, und dass die anderen Abtastwerte auf andere Art bearbeitet werden, vorzugsweise auf weniger aufwändige Art, insbesondere durch einfache Übernahme aus der Folge von Abtastwerten.

7. Vorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, gekennzeichnet durch eine weitere Zusatzvorgabeeinheit, die je Arbeitsschritt (s) einen weiteren Zusatzwert gemäß einer weiteren Zusatzfunktion (C3b, C2d) vorgibt,
eine Zusatz-Bearbeitungseinheit (**207**, **320**), die eine vorgegebene Bearbeitungsoperation ausführt,
eine weitere Zusatz-Multipliziereinheit (**211**, **311**), die eingangsseitig mit dem Ausgang der weiteren Zusatzvorgabeeinheit und dem Ausgang der Zusatz-Bearbeitungseinheit (**207**, **320**) verknüpft ist und die je Arbeitsschritt (s) ein Produkt aus den eingansseitig anliegenden Werten bildet,
wobei die Addiereinheit (**312**) eingangsseitig auch mit dem Ausgang der weiteren Zusatz-Multipliziereinheit (**211**, **311**) verknüpft ist und je Arbeitsschritt (s) die Summe der eingangsseitig anliegenden Produkte bildet.

8. Vorrichtung (**100**) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatz-Bearbeitungseinheit (**207**) eingansseitig mit dem Ausgang des Eingangsspeichers verknüpft ist und bezogen auf einen in einem Arbeitsschritt (s) bearbeiteten Abtastwert einen um die doppelte Versatzanzahl (**2N**) in der Folge der Abtastwerte nachfolgenden oder vorausgehenden Abtastwert ermittelt,
und dass vorzugsweise für die Grundfunktion (C1b) und eine Hilfsfunktion (C2c) gilt:
Grundfunktion (C1b)·Grundfunktion (C1b) + Hilfsfunktion (C2c)·Hilfsfunktion (C2c) = 1,
wobei vorzugsweise bezüglich einer weiteren Hilfsfunktion (C3c) gilt:
Zusatzfunktion (C2b) = Hilfsfunktion (C2b) – weitere Hilfsfunktion (C3c)·Grundfunktion (C1b), und
weitere Zusatzfunktion (C3b) = –Hilfsfunktion (C2c)·weitere Hilfsfunktion (C3c),
und wobei vorzugsweise die weitere Hilfsfunktion (C3c) ein Maximum am Schnittpunkt der Grundfunktion (C1b) und der Hilfsfunktion (C2c) hat.

9. Vorrichtung (**100**) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatz-Bearbeitungseinheit (**32**) einen Allpass enthält, vorzugsweise einen Allpass mit der folgenden Übertragungsfunktion:

$$H = (z^{-N} + \gamma)/(1 + \gamma \cdot z^{-N})$$

wobei H die Übertragungsfunktion ist und γ eine Verzögerung bestimmt, und γ insbesondere den Wert 0,5 oder einen Wert größer als 0,5 hat,
und wobei vorzugsweise gilt:
Grundfunktion (C1d) + Zusatzfunktion (C2d) + weitere Zusatzfunktion (C3d) = 1.

10. Vorrichtung (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einheiten (**106** bis **112**) elektronische Schaltungen ohne Prozessor enthalten,
oder dass die Vorrichtung (**100**) mindestens einen Prozessor enthält, der bei der Abarbeitung der Befehle eines Programms die Funktionen mindestens einer Einheit (**106** bis **112**) erbringt,
und/oder dass die Folge von Abtastwerten ein Audiosignal enthält, insbesondere ein Sprachsignal und/oder ein Musiksignal und/oder eine Mehrfrequenztonwählsignal,
und/oder dass die Vorrichtung (**100**) in einer Emp-

fangseinheit oder in einer Sendeeinheit eines Datenübertragungsnetzes enthalten ist,
und/oder dass die Vorrichtung (**100**) in einem Wiedergabegerät enthalten ist, insbesondere in einem Musikwidergabegerät, einem Diktiergerät oder einem Sprachausgabegerät,
und/oder dass die Streckung oder die Stauchung kleiner als 20 Prozent oder kleiner als 10 Prozent beträgt.

11. Verfahren zum zeitlichen Stauchen oder Strecken einer Folge von Abtastwerten, insbesondere in einer Vorrichtung (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
mit den ohne Beschränkung durch die angegebene Reihenfolge ausgeführten Verfahrensschritten:
Festlegen eines Arbeitszyklus (M), der eine vorgegebene Anzahl von Arbeitsschritten (s) enthält,
Festlegen einer Teilfolge der Folge von Abtastwerten für einen Arbeitszyklus (M),
innerhalb eines Arbeitszyklus (M) Erzeugen einer zu der Teilfolge von Abtastwerten zeitlich versetzten gefilterten oder ungefilterten Teilfolge
innerhalb eines Arbeitszyklus (M) Zusammenführen (**16**, **112**) einerseits der Teilfolge von Abtastwerten oder einer daraus erzeugten gefilterten Teilfolge und andererseits der zeitlich versetzten gefilterten oder ungefilterten Teilfolge mit einem allmählichen Übergang von den Abtastwerten der einen Folge zu den Abtastwerten der anderen Folge.

12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch den Schritt:
Zusammenführen (**16**, **112**) innerhalb mindestens eines Abschnitts des Arbeitszyklus (M),
wobei der Abschnitt oder die Abschnitte insgesamt weniger als ein Drittel der Arbeitsschritte (s) oder weniger als ein Siebtel der Arbeitsschritte (s) eines Arbeitszyklus enthält.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusammenführen (**16**, **112**) ohne vorhergehende Analyse der Folge von Abtastwerten ausgeführt wird, insbesondere ohne Berechnung einer Kreuzkorrelationsfunktion.

14. Folge von Abtastwerten, dadurch gekennzeichnet, dass die Folge mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13 erzeugt worden ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

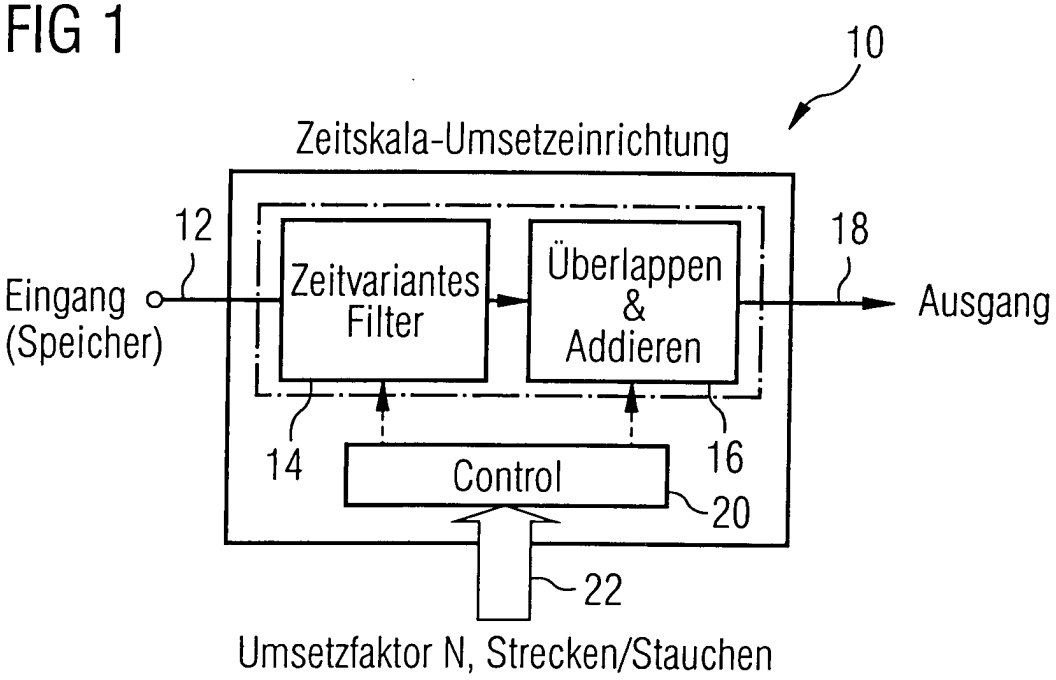


FIG 2

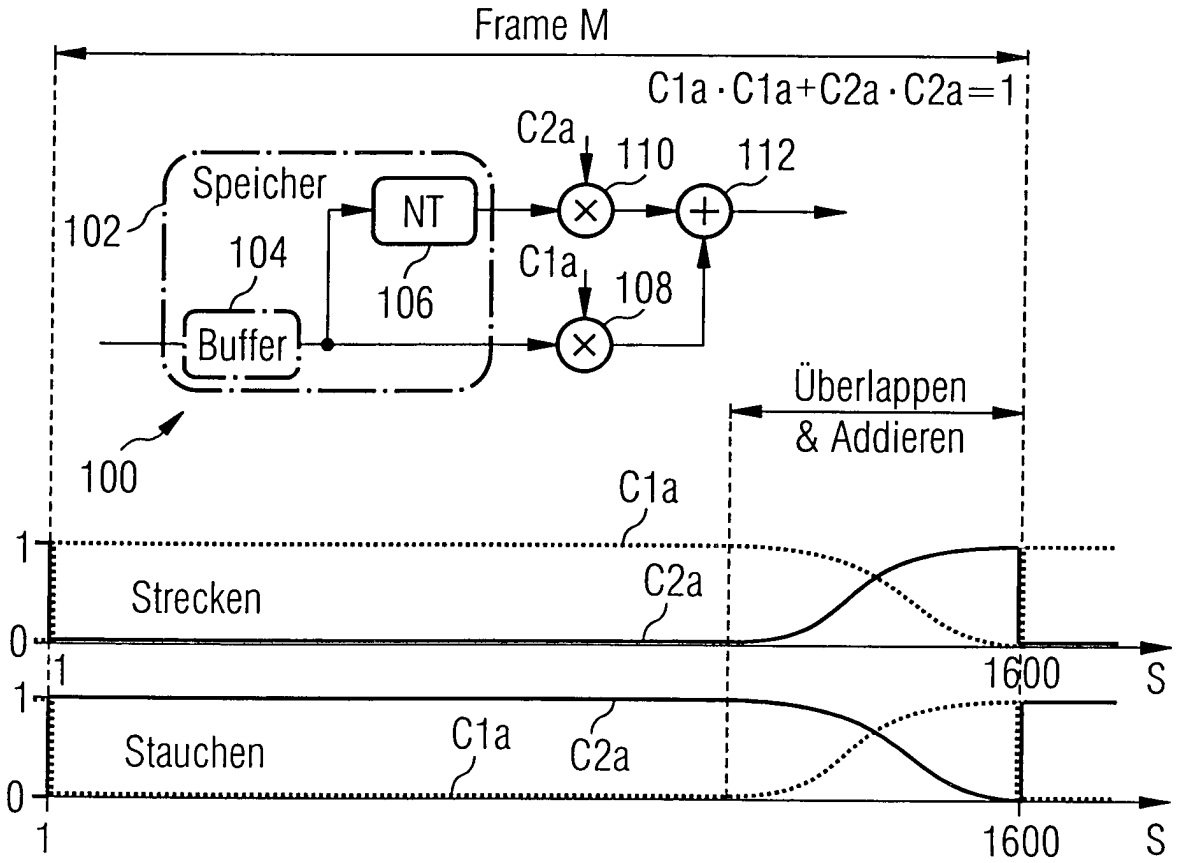


FIG 3

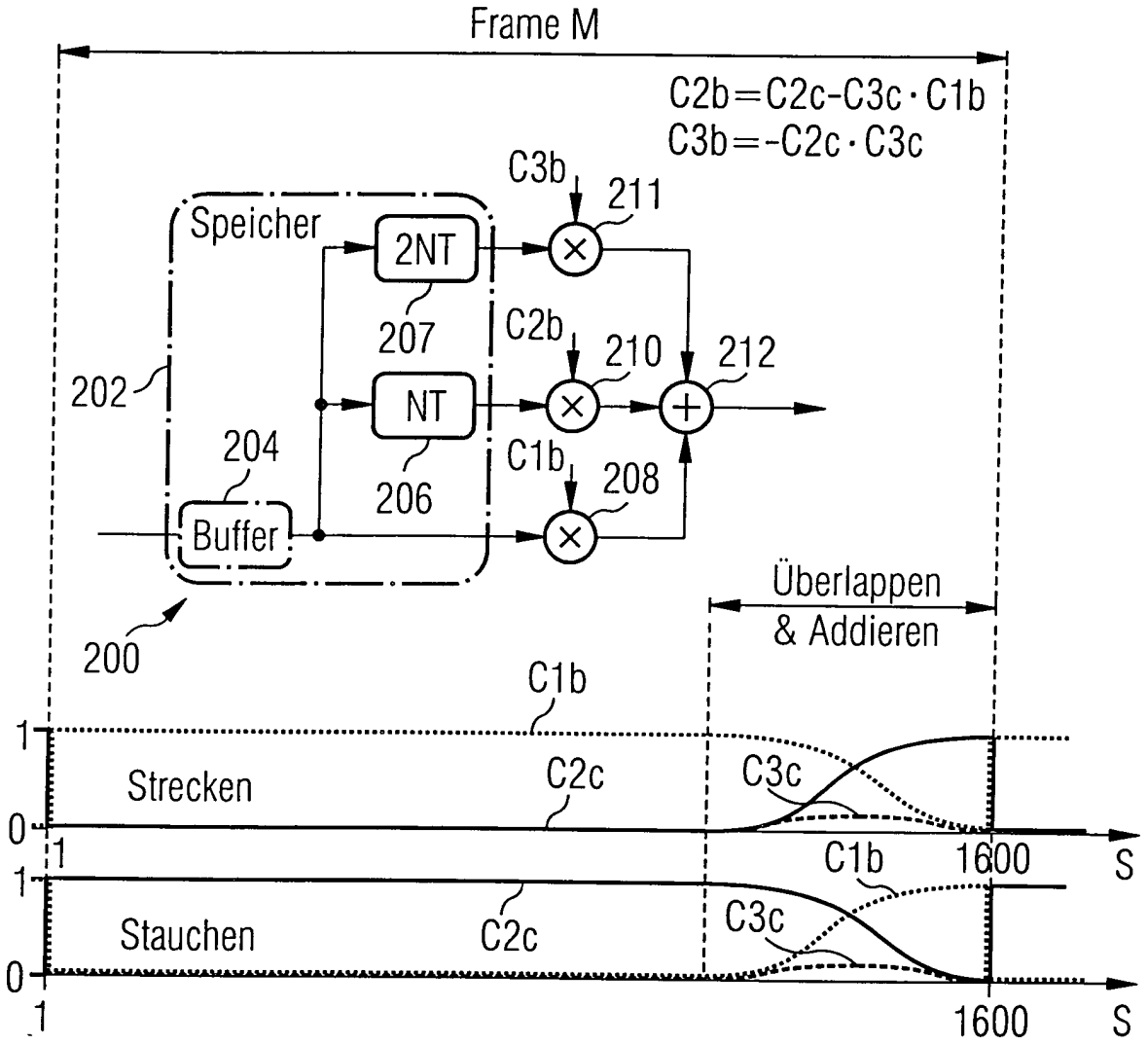

Frame M
C2b=C2c-C3c·C1b
C3b=-C2c·C3c
C3b
211
Speicher
2NT
207
C2b
210
212
202
NT
204
C1b
208
206
Buffer
200
Überlappen
& Addieren
C1b
1
Strecken
C2c
C3c
0
1
C1b
1600
S
1
Stauchen
C2c
C3c
0
1
1600
S

FIG 4

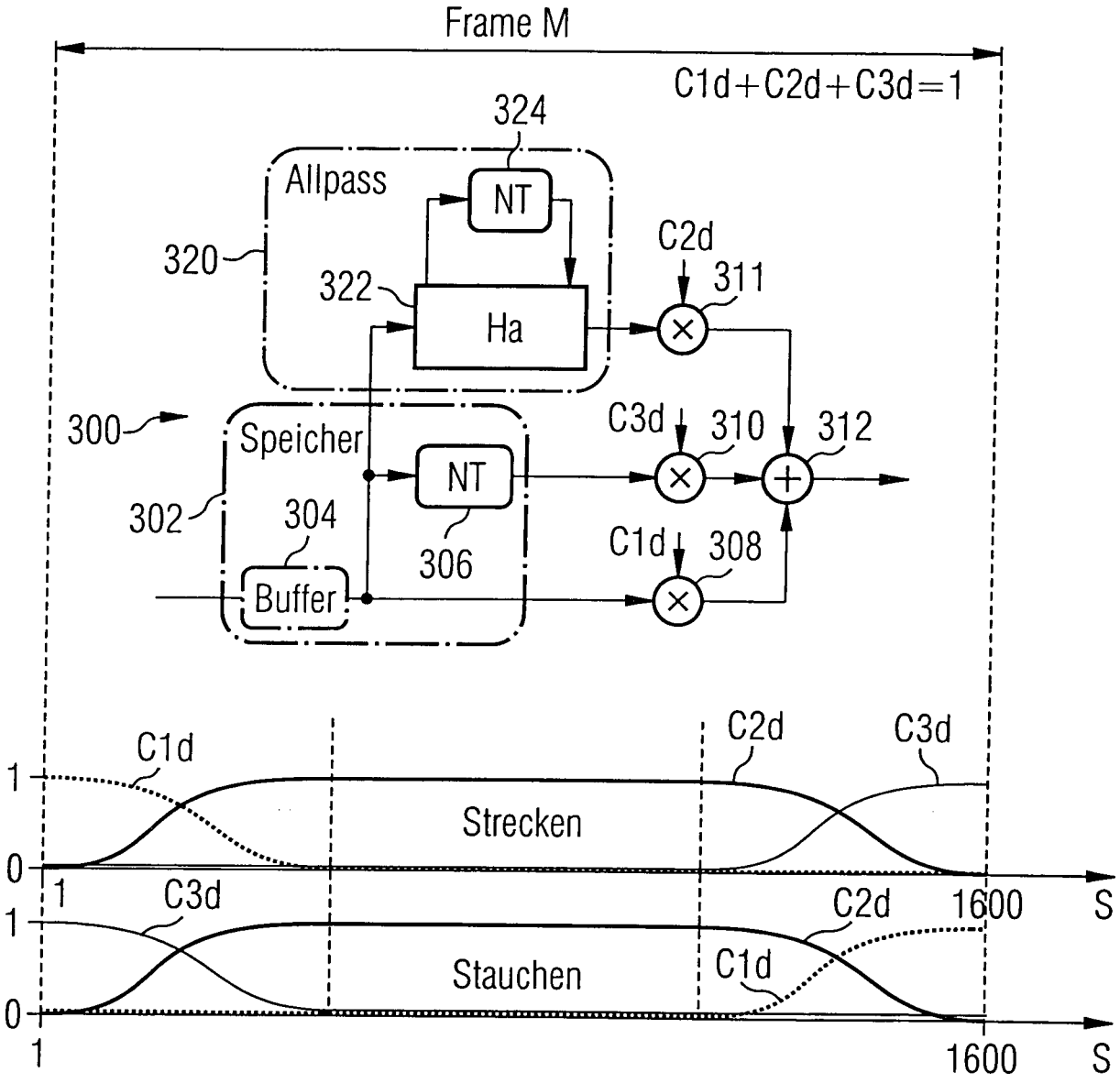
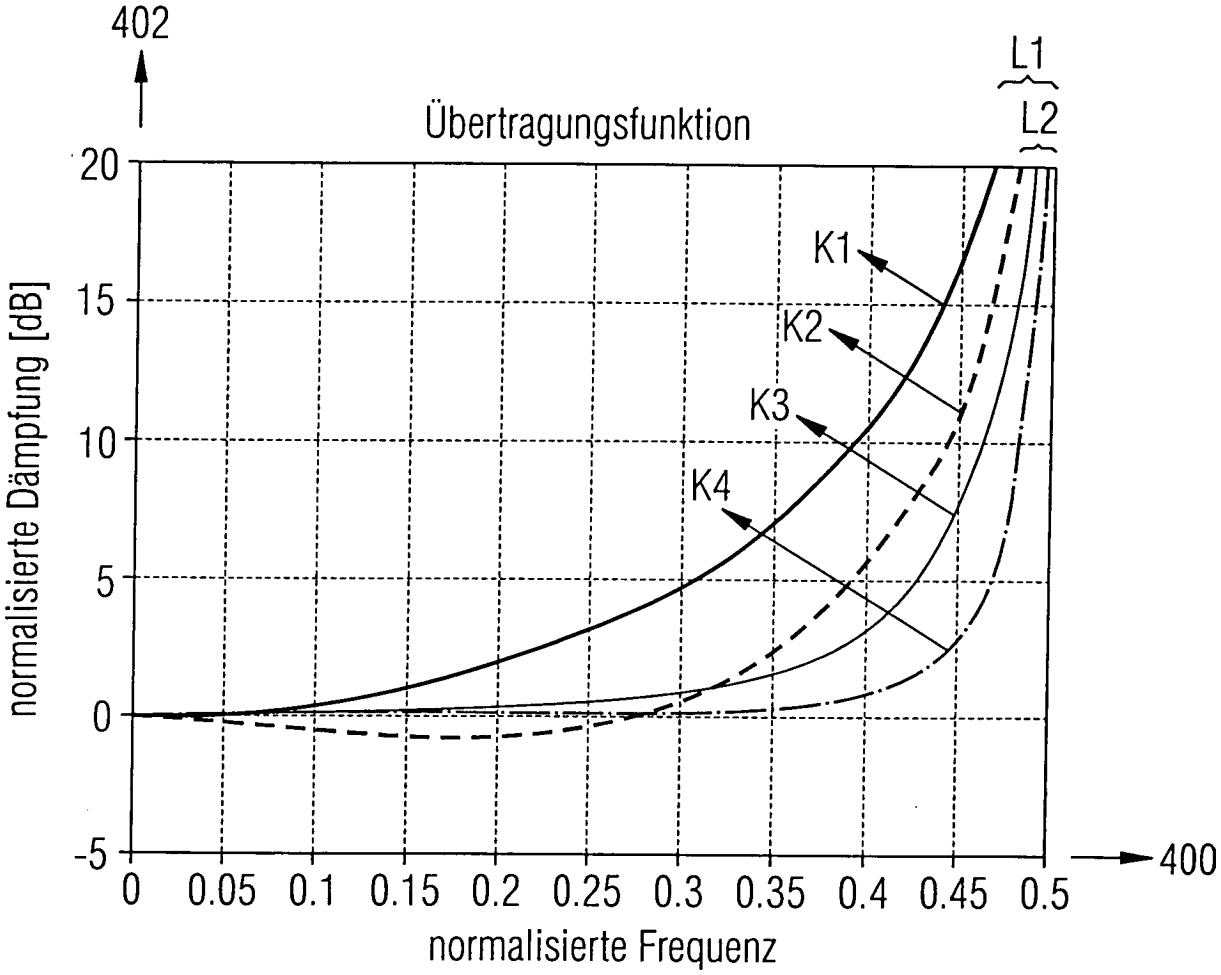

Frame M
C1d+C2d+C3d=1
324
Allpass
NT
320
322
Ha
C2d
311
300
Speicher
C3d
310
312
NT
302
304
306
C1d
308
Buffer
C1d
C2d
C3d
1
Strecken
0
1
C3d
C2d
1600
S
1
Stauchen
C1d
0
1
1600
S

FIG 5


402
Übertragungsfunktion
L1
L2
20
15
10
5
0
-5
K1
K2
K3
K4
normalisierte Dämpfung [dB]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
normalisierte Frequenz
400