



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 34 841 T2 2006.03.23**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 401 183 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 34 841.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 020 042.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.09.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.03.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H04M 9/08 (2006.01)**

H04B 3/23 (2006.01)

H04R 29/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9510714 13.09.1995 FR

9605312 26.04.1996 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB, IT

(73) Patentinhaber:

France Telecom, Paris, FR

(72) Erfinder:

Scalart, Pascal, 22300 Ploubezre, FR; Duhamel,

Pierre, 92130 Issy les Moulineaux, FR; Benamar,

Abdelkrim, 77500 Chelles, FR

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Echokompensation**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur adaptiven Echounterdrückung.

[0002] Der gegenwärtige Aufschwung der Telekommunikationen im Bereich der großen Öffentlichkeit und insbesondere der Funkkommunikationen mit Mobiltelefonen führt die Entwickler dieser Systeme zum Einsatz optimaler technischer Lösungen im Sinne von Benutzungskomfort.

[0003] In diesem Sinn sind die industriellen Forschungs- und Entwicklungsteams häufig mit Problemen der adaptiven Systemidentifikation konfrontiert. Von diesen Problemen kann man im Rahmen der Funkkommunikationen mit Mobiltelefonen die Problematik nennen, die mit der Entzerrung der Übertragungskanäle und mit der akustischen Echokompensation für die Freisprech-Funktelefonie verbunden ist.

[0004] Diese Probleme der Systemidentifikation werden häufig durch die Anwendung von Signalverarbeitungsverfahren gelöst, in die adaptive Identifikationsprozesse integriert sind. Ein anderes Beispiel für den Stand der Technik ist aus dem Dokument US-A-4 513 177 bekannt. Bis heute jedoch erlaubt keine dieser Vorrichtungen deren automatische Einstellung auf die Bedingungen von Umgebungsgeräusch.

[0005] Die Anwendung von solchen adaptiven Verfahren zur Systemidentifikation birgt einen wesentlichen Nachteil, der in starker Korrelation zwischen den erzielten Leistungen und der Wahl der ihnen zugeordneten Steuer-/Regelparameter liegt. Diese Wahl ist umso mehr entscheidend, als sich die Benutzungsumgebung dieser Vorrichtungen im Laufe der Zeit weiterentwickelt, wie das z.B. bei der akustischen Echokompensation im Kontext mit Funkkommunikationen mit den Mobiltelefonen der Fall sein kann.

[0006] Die Kostenzwänge treiben die Konstrukteure von Echounterdrückungsvorrichtungen oft dahin, ihre Anstrengungen auf Algorithmen zur Variation von Verstärkungen zu konzentrieren, welche weniger komplex sind als die Algorithmen zur adaptiven Identifikation. Bis heute erlaubt aber keine Vorrichtung zur Variation von Verstärkungen, sich automatisch an Bedingungen von umgebendem Lärm anzupassen, ohne Erfassungsmechanismen zur Stimmaktivität zu verwenden.

[0007] In einer Echounterdrückungsvorrichtung mit variablen Verstärkungen wird eine Empfangsverstärkung auf das direkte Signal angewendet, bevor es am Lautsprecher verwendet wird (Eingang des Echogeneratorsystems), und eine Sendeverstärkung wird

am durch das Mikrofon eingefangenen Signal verwendet (Ausgang des Echogeneratorsystems), um das Rückgabesignal zu bilden. Stimmaktivitätsdetektoren beim Empfang (DAVR) und Stimmaktivitätsdetektoren beim Senden (DAVE) sowie ein Doppelstimmendetektor (DDP) tiefem die notwendigen Informationen an Module, welche die Sende- und die Empfangsverstärkungen berechnen. Wenn also der entfernte Sprecher spricht (Erfassung durch DAVR), wird die Sendeverstärkung verringert, um das Echo zu unterdrücken. Im Falle der Sprachaufnahme durch den lokalen Sprecher (Erfassung durch DAVE) wird diese Bedingung zur Sendeverstärkung freigegeben, und die Empfangsverstärkung wird verringert. Im Falle der Doppelstimme (beide Sprecher sprechen gleichzeitig; durch DDP erfasstes Phänomen), bestimmt ein Komparator den Sprecher, dessen Pegel höher ist und bevorzugt dessen Senderichtung, oder eine Zwischeneinstellung der Sende- und Empfangsverstärkungen wird hergestellt.

[0008] Diese klassischen Verfahren sind in drei wichtigen Situationen von Nachteil:

- Für Endgeräte mit starker Kopplung führt die erforderliche Verstärkungsvariation zu einer quasi wechselnden Konversation. Dieser mögliche Wechsel kann das Abbrechen von Wortanfängen oder Wortenden hervorrufen, was die Verständlichkeit der Konversation erheblich stört.
- In einer stark lärmigen Umgebung (beispielsweise im mobilen Kontext bzw. Umfeld) kann der Komparator auf einer Übertragungsrichtung blockiert bleiben, was die Kommunikation einseitig macht. In einer solchen Umgebung kann der entfernte Sprecher erhebliche Variationen des Lärmpegels wahrnehmen, was seinen Hörkomfort stark stört.
- Die Vorrichtungen zur Stimmaktivitätserfassung und zur Doppelstimmenerfassung weisen keine vollständige Zuverlässigkeit auf, insbesondere in stark lärmigen Situationen. Ein solcher Mangel an Zuverlässigkeit kann zu fehlerhaften Berechnungen von Verstärkungen führen, was die Qualität der Konversation reduziert.

[0009] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, einen Echounterdrückungsprozess vorzuschlagen, welcher auf einer adaptiven Variation von Verstärkungen basiert, der dabei die Leistungsfähigkeiten verbessert und die Komplexität reduziert.

[0010] Die Erfindung schlägt also ein Echounterdrückungsverfahren vor wie in Anspruch 1 dargelegt.

[0011] Die Adaptionsvariable μ_t berücksichtigt in einer geeigneten Art und Weise Sprach-, Echo-, und Lärmbedingungen, um die Verstärkungswerte zu bestimmen. Wenn die Leistung P_{1t} kleiner ist als der Schwellwert, ist normalerweise kein signifikantes Echosignal vorhanden, wobei die Variable μ_t also Null

sein kann. In der Situation von einfachem Echo ist die Leistung des Beobachtungssignals kleiner als M -mal die Leistung des Eingangssignals, wobei M eine Majorante des Quadratmoduls der Transferfunktion des Echogeneratorsystems ist. In diesem Fall ist die Variable μ_t nahe an ihrem Maximalwert $a/(c + d \cdot M)$. Bei Vorhandensein von Echo, von Lärm und von lokaler Sprache (Doppelsprache) wird die Leistung P_{2t} größer, ja sogar sehr viel größer als die Leistung P_{1t} und zwar derart, dass μ_t gegen Null tendiert.

[0012] Die Berücksichtigung dieser Adaptionsvariable μ_t erlaubt es also, auf Detektoren von Sprachaktivität und Doppelsprache zu verzichten, welche die bekannten Echounterdrückungsvorrichtungen, die auf dem Prinzip der adaptiven Verstärkungen beruhen, kompliziert machen.

[0013] Vorzugsweise werden die Empfangsverstärkungen G_{rt} und die Sendeverstärkungen G_{et} in regressiver Weise in folgender Form bestimmt:

$$G_{et} = \gamma \cdot G_{e_{t-1}} + (1 - \gamma) \cdot f(\mu_t)$$

$$G_{rt} = 1 - \delta G_{et}$$

worin $G_{e_{t-1}}$ den Wert der Sendeverstärkung zum vorhergehenden Berechnungszeitpunkt bezeichnet, $f(\mu_t)$ eine abfallende Funktion der Adaptionsvariable μ_t bezeichnet, und γ und δ positive Konstanten kleiner als 1 bezeichnen.

[0014] Die Sendeverstärkung und die Empfangsverstärkung sind so mittels eines Auslassungsfaktors γ geglättet, was es erlaubt, die Reaktivität des Systems zu steuern/regeln. Dies trägt auch dazu bei, das Risiko des Abbrechens von Wortanfängen und -enden zu reduzieren.

[0015] Ein anderer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Echounterdrückungsvorrichtung wie in Anspruch 4 dargelegt.

[0016] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von bevorzugten, jedoch die Erfindung nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen, in denen:

[0017] die [Fig. 1](#) ein Übersichtsschema einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Echounterdrückungsvorrichtung ist; und

[0018] die [Fig. 2](#) ein Organigramm eines erfindungsgemäßen Prozesses zur Adaption von Verstärkungen ist.

[0019] Die [Fig. 1](#) zeigt eine Vorrichtung, welche die vorliegende Erfindung benutzt, beispielsweise gebil-

det durch eine freihändige Fernsprechstelle. Es wird angenommen, dass diese Stelle digitale Signale x_t , y_t empfängt und aussendet, die als direktes Signal und als Rückgabesignal bezeichnet sind (im Falle von analogen Kommunikationen sind geeignete Umwandler vorgesehen, damit die Signale x_t und y_t in einer digitalen Form verfügbar sind, wobei der Index $t = 0, 1, 2, \dots$ die aufeinander folgenden Stichprobenzeitpunkte bezeichnet).

[0020] Im dargestellten Beispiel umfasst die Freihandfernsprechstelle einen Lautsprecher **11** und ein Mikrofon **13**, welche Teil eines Echogeneratorsystems **14** sind.

[0021] Ein Eingangssignal x'_t wird erhalten, indem eine Empfangsverstärkung G_{rt} mittels eines Multiplikators **66** am direkten Signal x_t angewendet wird. Das Eingangssignal x'_t wird durch einen Umwandler **68** in ein analoges Signal umgewandelt und verstärkt, bevor es am Lautsprecher **11** verwendet wird.

[0022] Das durch das Mikrofon **13** eingefangene Signal umfasst in allgemeiner Art und Weise Echokomponenten z_t , welche vom durch den Lautsprecher **11** ausgesendeten Signal stammen, und lokale Ausgangskomponenten b_t , welche Lärm und/oder taugliches Signal (Sprache des lokalen Sprechers) umfassen. Dieses vom Mikrofon **13** abgeleitete Signal wird verstärkt und durch den Umwandler **70** digitalisiert, um ein digitales Beobachtungssignal y_t zu erzeugen.

[0023] Eine Sendeverstärkung G_{et} wird mittels eines Multiplikators **72** am Beobachtungssignal y_t angewendet, um das Rückgabesignal y'_t zu erzeugen.

[0024] Um die Empfangs- und die Sendeverstärkungen zu bestimmen, umfasst die Echounterdrückungsvorrichtung zwei Einheiten **74**, **76** zur Schätzung der augenblicklichen Leistungen, eine Einheit **78** zur Berechnung einer Adaptionsvariable μ_t und eine Einheit **80** zur Berechnung der Verstärkungen. Im in der [Fig. 1](#) dargestellten Fall ist die durch die Einheit **74** berechnete Schätzung P_{1t} die Schätzung der Leistung des Eingangssignals x'_t , und die durch die Einheit **76** berechnete Schätzung P_{2t} ist die Schätzung der Leistung des Beobachtungssignals y_t .

[0025] Um die Leistung P_{1t} des Eingangssignals x'_t zu einem Zeitpunkt t zu schätzen, verwendet die Einheit **74** ein exponentielles Fenster, dessen Zeitkonstante mit λ_1 bezeichnet ist ($0 \leq \lambda_1 < 1$)

$$P_{1t} = \lambda_1 \cdot P_{1_{t-1}} + x_t'^2 \quad (18)$$

oder

$$P_{1t} = \lambda_1 \cdot P_{1_{t-1}} + (1 - \lambda_1) x_t'^2$$

(18bis) wobei x_t' das Muster des Eingangssignals zum

Zeitpunkt t darstellt.

[0026] Der gleiche Typ von exponentiellem Fenster kann durch die Einheit **76** verwendet werden, um die Schätzung $P2_t$ zu berechnen. Wenn $P2_t$ eine Schätzung der Leistung des Beobachtungssignals y_t darstellt, so ist diese gegeben durch:

$$P2_t = \lambda_2 \cdot P2_{t-1} + y_t^2$$

(19)oder

$$P2_t = \lambda_2 \cdot P2_{t-1} + (1 - \lambda_2) y_t^2$$

(19bis) wobei y_t das Muster des Eingangssignals zum Zeitpunkt t ist, und $0 \leq \lambda_2 < 1$ ist (λ_2 gleich wie oder unterschiedlich als λ_1).

[0027] Der Schritt **50** in [Fig. 2](#) stellt die durch die Einheiten **74** und **76** durchgeführten Operationen dar (im Falle der Formel (18bis) und (19bis)).

[0028] Die Einheit **78** berechnet auf Grundlage der Schätzungen $P1_t$ und $P2_t$ eine Adaptionvariable μ_t , welche verwendet wird, um die Verstärkungswerte zu bestimmen. Die Einheit **78** führt auch die Schritte **51** bis **53** aus, welche in der [Fig. 2](#) dargestellt sind. Sie bestimmt zuerst, ob die Schätzung der Leistung $P1_t$ größer ist als ein Schwellwert T (welcher fest oder anpassbar sein kann). Wenn $P1_t > T$ ist, wird die Adaptionvariable μ_t gleich 0 genommen. Sonst wird sie entsprechend der folgenden Formel berechnet:

$$\mu_t = \frac{a}{c + d \cdot P2_t / P1_t}$$

wobei a , c und d positive Konstanten bezeichnen.

[0029] Die Einheit **80** berechnet also in Funktion der Variable μ_t die Verstärkungen Gr_t und Ge_t , welche den Multiplikatoren **66**, **72** geliefert werden. In einer ersten Phase berechnet die Einheit **80** eine Größe f in Form von einer absteigenden Funktion $f(\mu_t)$ der Adaptionvariable μ_t . Im in der [Fig. 2](#) dargestellten Beispiel (Schritte **54** bis **58**) ist diese Funktion $f(\mu_t)$ 1, wenn die Adaptionvariable μ_t kleiner als ein erster Schwellwert $T1$ ist, $\beta(1 - \alpha \cdot \mu_t)$, wenn die Adaptionvariable μ_t größer ist als ein zweiter Schwellwert $T2$, und $1 - \alpha \cdot \mu_t$, wenn die Adaptionvariable μ_t zwischen den Schwellwerten $T1$ und $T2$ liegt. Die Parameter α und β sind positive Konstanten. Die Schwellwerte $T1$ und $T2$ können fest oder anpassbar sein. Die Konstante β , welche im Allgemeinen kleiner als 1 ist, erlaubt es, die kleinen Werte der Variable μ_t hervorzuheben, was wiederum eine größere Anpassbarkeit bei der Auswahl der Parameter a , c und d erlaubt.

[0030] Ein exponentielles Fenster erlaubt dann, die Sendeverstärkung Ge_t in der Form einer über die Zeit der zuvor berechneten Größe f geglätteten Version zu berechnen. So berechnet die Einheit **80** beim

Schritt **59** die Sendeverstärkung Ge_t zum Zeitpunkt t in der Form

$$Ge_t = \gamma \cdot Ge_{t-1} + (1 - \gamma) \cdot f,$$

wobei γ ein Auslassungsfaktor zwischen 0 und 1 ist. Die Empfangsverstärkung Gr_t zum Zeitpunkt t wird ebenfalls berechnet gemäß

$$Gr_t = 1 - \delta \cdot Ge_t,$$

wobei δ eine Konstante zwischen 0 und 1 ist.

[0031] Mit der obigen Berechnungsmethode sind die Empfangs- und die Sendeverstärkungen direkt mit der Energie des akustischen Echos verbunden, was es erlaubt, das Echo in adaptiver Art und Weise abzuschwächen und das Risiko des Verlustes von Wortanfängen oder -enden zu reduzieren.

[0032] Ferner ist der Variationsbereich der Sendeverstärkung Ge_t eine absteigende Funktion des Lärmpegels, was es erlaubt, die Risiken heftiger Variation des Lärmpegels erheblich zu reduzieren, welche durch den entfernten Sprecher wahrgenommen werden.

[0033] Es ist zu beachten, dass diese Vorteile erreicht wurden, ohne auf Detektoren zur Sprachaktivität oder Doppelsprache zurückzugreifen, welche in den bekannten Echounterdrückungsvorrichtungen komplexe Elemente mit gelegentlich ungenügender Zuverlässigkeit sind.

[0034] In der Praxis kann die erfindungsgemäße Echounterdrückungsvorrichtung mit adaptiven Verstärkungen realisiert werden, indem ein Prozessor programmiert wird, der für die Signalbehandlung (DSP) spezialisiert ist wie dies üblich ist. Sie kann ebenfalls realisiert werden mittels eines spezifischen integrierten Schaltkreises (ASIC), der für diese Anwendung vorgesehen ist.

[0035] Wenn die Tonaufnahme mehrere Mikrofone und/oder wenn die Tonrückgabe mehrere Lautsprecher verwendet, können selbstverständlich das „Eingangssignal“ und das „Beobachtungssignal“, deren Leistungen geschätzt werden, durch lineare Kombinationen von durch die Mikrofone gemessenen Signalen oder an die Lautsprecher gerichteten Signalen gebildet werden.

[0036] Unter anderem kann beim Mitteln einer eventuellen Anpassung der verwendeten Konstanten die durch die Einheit **74** berechnete Schätzung $P1_t$ der Leistung des direkten Signals x_t entsprechen und nicht derjenigen des Eingangssignals x'_t , und die durch die Einheit **76** berechnete Schätzung $P2_t$ kann der Leistung des Rückgabesignals y'_t und nicht derjenigen des Beobachtungssignals y_t entsprechen, wie

dies durch die punktierten Pfeile in der [Fig. 1](#) schematisch dargestellt ist.

[0037] Die Erfinder konnten die guten Betriebsleistungen des Verfahrens zur Anpassung von Verstärkungen gemäß der Erfindung in einer Echounterdrückungsvorrichtung verifizieren. Beispielhaft hat das Verfahren gute Betriebsleistungen gezeigt beim Vorhandensein von Echo allein bei Ruhe und bei Lärm und beim Vorhandensein von Doppelsprache, mit den nachfolgenden numerischen Werten:

- die unterschiedlichen digitalen Signale sind in Stichproben von 16 bit bei 8 kHz aufgeteilt;
- $\lambda_1 = 0,9375$, und $\lambda_2 = 0,9961$ (Schritt **50**);
- $T = 100\,000$ (Schritt **51**);
- $a = 1$, $c = 2$ und $d = 4$ (Schritt **53**);
- $\alpha = 2$, $\beta = 0,1$, $T1 = 0,2$ und $T2 = 0,25$ (Schritte **54 bis 58**);
- $\gamma = 0,9375$ und $\delta = 0$ (Schritt **59**).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Echounterdrückung zum Dämpfen von Echokomponenten eines direkten Signals (x_t) in einem Rückgabesignal (y'_t), wobei beim Verfahren eine Empfangsverstärkung (Gr_t) am direkten Signal angewendet wird, um ein in einem Echogeneratorsystem (**14**) ausgesendetes Eingangssignal (x'_t) zu erzeugen, und wobei eine Sendeverstärkung (Ge_t) an einem vom Echogeneratorsystem ausgegebenen Beobachtungssignal (y_t) angewendet wird, um das Rückgabesignal zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Empfangs- und die Sendeverstärkung (Gr_t , Ge_t) zu einem Zeitpunkt, an dem eine Schätzung $P1_t$ der Leistung des direkten Signals (x_t) oder des Eingangssignals (x'_t) größer ist als ein vorbestimmter Schwellwert (T), auf der Basis einer Adaptionsvariable μ_t bestimmt werden, die in folgender Form berechnet wird:

$$\mu_t = \frac{a}{c+d \cdot P2_t / P1_t}$$

worin a , c und d positive Konstanten bezeichnen, und $P2_t$ eine Schätzung der Leistung des Beobachtungssignals (y_t) oder des Rückgabesignals (y'_t) zum betrachteten Zeitpunkt bezeichnet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsverstärkung Gr_t und die Sendeverstärkung Ge_t in rekursiver Weise in folgender Form bestimmt werden:

$$Ge_t = \gamma \cdot Ge_{t-1} + (1 - \gamma) \cdot f(\mu_t)$$

$$Gr_t = 1 - \delta Ge_t$$

worin Ge_{t-1} den Wert der Sendeverstärkung zum vorhergehenden Berechnungszeitpunkt bezeichnet, $f(\mu_t)$ eine abfallende Funktion der Adaptionsvariable μ_t bezeichnet, und γ und δ positive Konstanten kleiner als

1 bezeichnen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktion $f(\mu_t)$

1 ist, wenn die Adaptionsvariable μ_t kleiner ist als ein erster Schwellwert ($T1$), $\beta(1 - \alpha \cdot \mu_t)$ ist, wenn die Adaptionsvariable μ_t größer ist als ein zweiter Schwellwert ($T2$), wobei α und β positive Konstanten bezeichnen, und $1 - \alpha \cdot \mu_t$ ist, wenn die Adaptionsvariable μ_t zwischen dem ersten und dem zweiten Schwellwert ($T1$, $T2$) enthalten ist.

4. Echounterdrückungsvorrichtung zum Dämpfen von Echokomponenten eines direkten Signals (x_t) in einem Rückgabesignal (y'_t), umfassend erste Verstärkungsanwendungsmittel (**66**), um eine Empfangsverstärkung (Gr_t) am direkten Signal anzuwenden, und um ein in einem Echogeneratorsystem (**14**) ausgesendetes Eingangssignal (x'_t) zu erzeugen, und

zweite Verstärkungsanwendungsmittel (**72**), um durch Anwenden einer Sendeverstärkung (Ge_t) an einem vom Echogeneratorsystem ausgegebenen Beobachtungssignal (y_t) das Rückgabesignal zu erzeugen,

dadurch gekennzeichnet, dass

es ferner Berechnungsmittel (**74**, **76**, **78**, **80**) umfasst, um die Empfangs- und die Sendeverstärkung (Gr_t , Ge_t) zu einem Zeitpunkt, an dem eine Schätzung $P1_t$ der Leistung des direkten Signals (x_t) oder des Eingangssignals (x'_t) größer ist als ein vorbestimmter Schwellwert (T), auf der Basis einer Adaptionsvariable μ_t zu bestimmen, die in folgender Form berechnet wird:

$$\mu_t = \frac{a}{c+d \cdot P2_t / P1_t}$$

worin a , c und d positive Konstanten bezeichnen, und $P2_t$ eine Schätzung der Leistung des Beobachtungssignals (y_t) oder des Rückgabesignals (y'_t) zum betrachteten Zeitpunkt bezeichnet.

5. Echounterdrückungsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnungsmittel (**80**) die Empfangsverstärkung (Gr_t) und die Sendeverstärkung (Ge_t) in rekursiver Weise in folgender Form berechnen:

$$Ge_t = \gamma \cdot Ge_{t-1} + (1 - \gamma) \cdot f(\mu_t)$$

$$Gr_t = 1 - \delta Ge_t$$

worin Ge_{t-1} den Wert der Sendeverstärkung zum vorhergehenden Berechnungszeitpunkt bezeichnet, $f(\mu_t)$ eine abfallende Funktion der Adaptionsvariable μ_t bezeichnet, und γ und δ positive Konstanten kleiner als 1 bezeichnen.

6. Echounterdrückungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Funkti-

on $f(\mu_t)$

1 ist, wenn die Adaptionvariable μ_t kleiner ist als ein erster Schwellwert (T1),

$\beta(1 - \alpha \cdot \mu_t)$ ist, wenn die Adaptionvariable μ_t größer ist als ein zweiter Schwellwert (T2), wobei α und β positive Konstanten bezeichnen, und

$1 - \alpha \cdot \mu_t$ ist, wenn die Adaptionvariable μ_t zwischen dem ersten und dem zweiten Schwellwert (T1, T2) enthalten ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG. 1.

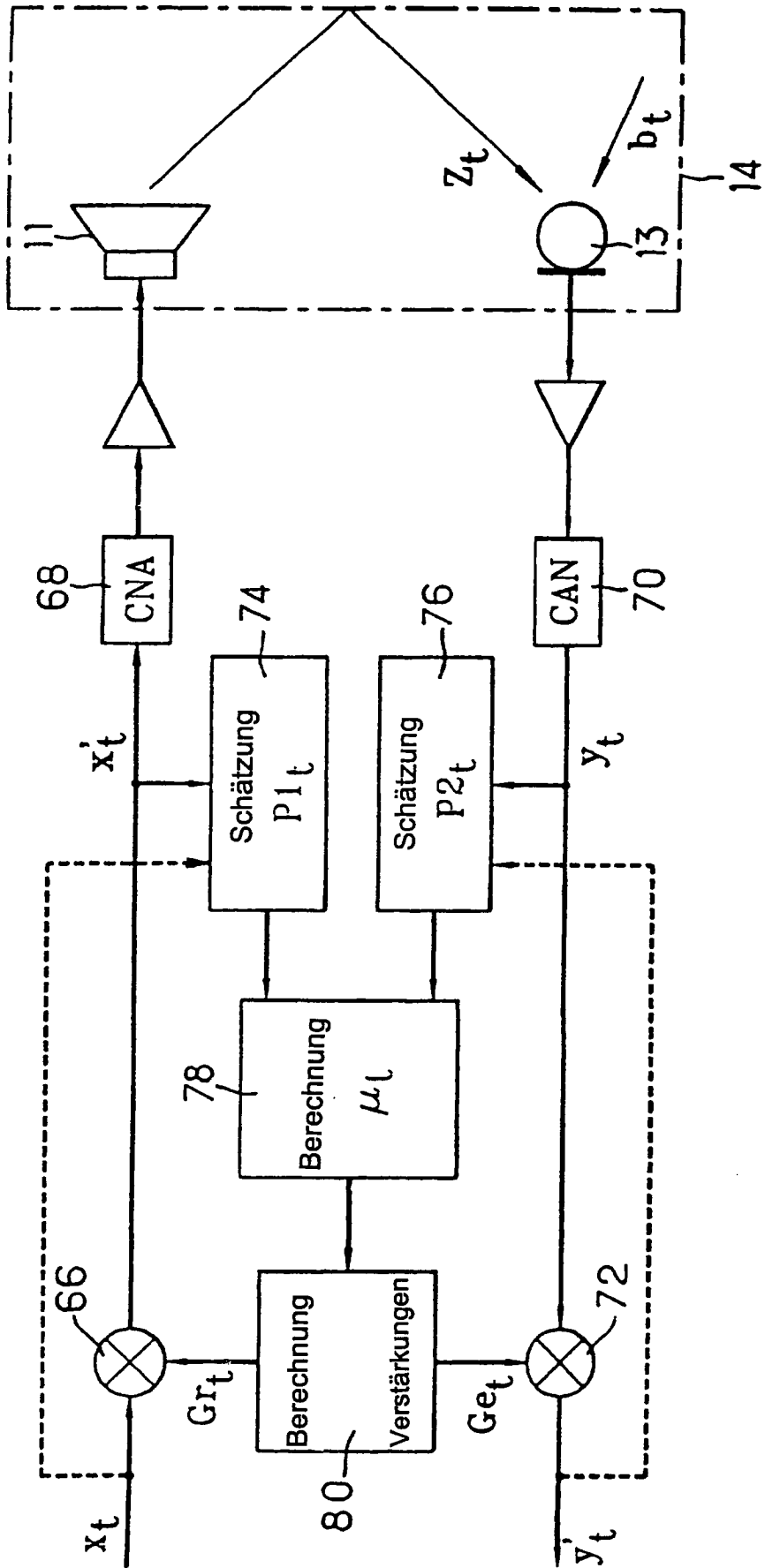


FIG.2.

