



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 16 354 T2** 2004.05.27

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 860 944 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H03H 21/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 16 354.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 200 391.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.02.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.08.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.05.2004**

(30) Unionspriorität:

**9701881      18.02.1997      FR**

(74) Vertreter:

**Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen**

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,  
NL**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Deville, Yannick, 75008 Paris, FR**

(54) Bezeichnung: **Trennvorrichtung für nicht-stationäre Quellen**

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 Erfindung betrifft eine Trennvorrichtung für Quellen zur Verarbeitung von Eingangssignalen, gebildet aus primären, aus Quellen kommenden Signalmischungen, und zur Bewertung der Primärsignale, wobei die Vorrichtung eine erste Untervorrichtung zur Trennung von Quellen aufweist, das mit Hilfe von Trennkoeffizienten Bewertungen der Primärsignale abgibt, und eine zweite Untervorrichtung, die Trennkoeffizienten adaptiv bestimmt.

[0002] Es gibt Vorrichtungen, die an ihren Eingängen Signale erhalten, die in der Form von Mischsignalen erscheinen, gebildet aus einer Überlagerung von Beiträgen, die aus mehreren Signalquellen herrühren. Dies kommt z. B. mit einer Antenne vor, die Signale von mehreren Sendern erhält, oder wenn ein Mikrofon ein erwünschtes Sprachsignal liefert, das mit unerwünschten Störsignalen vermischt ist. Allgemein möchte man alle in der Mischung vorhandenen Quellsignale herausnehmen, entweder perfekt oder durch Optimierung eines Signa/Rausch-Verhältnisses.

[0003] Unter Verwendung mehrerer Sensoren, die mehrere Mischsignale abgeben, hat man versucht, zuverlässige Bewertungen der Quellsignale zu erhalten. Bekannte Techniken arbeiten mit unbekannten Signalmischungen und mit unbekannten Signalquellen, weshalb die Trenntechniken mit Techniken zur Blindtrennung von Quellen bezeichnet werden.

[0004] Unter den Trennstrukturen bekannter Quellen kann man z. B. das Dokument nach altem Stand der Technik „Multi-layer neural networks with a local adaptive learning A. CICHrule for blind separation of source signals“, OCKI, W. KASPRZAK, S. AMARI, (NInternational Symposium on nonlinear theory and ist applications OLTA'95), LAS VEGAS, 10.–14. Dezember 1995, 1C-5, Seiten 61 bis 65, erwähnen. Dieses Dokument betrifft schwer zu bearbeitende Mischungen, z. B. weil die Mischsignale einander sehr ähnlich oder Mischsignalen mit sehr unterschiedlichen Niveaus sind.

[0005] Allerdings eignen die in dem Dokument beschriebenen Strukturen sich nicht, wenn die Quellsignale nicht-stationär sind. Dies stellt einen wesentlichen Nachteil dar, denn diese Signaltypen werden in konkreten Anwendungen wie der Verarbeitung von Sprachsignalen oder allgemein von Tonsignalen sehr häufig angetroffen.

[0006] Ziel der Erfindung ist es, eine Trennvorrichtung für Quellen vorzuschlagen, die es ermöglicht, den Fall nicht-stationärer Signale verarbeiten zu können, selbst wenn diese Signale in die Kategorie der zuvor erwähnten sogenannten schwer zu verarbeitenden Signale fallen.

[0007] Dieses Ziel wird mit einer Trennvorrichtung für Quellen zur Verarbeitung von Eingangssignalen, gebildet aus primären, aus Quellen kommenden Signalmischungen, und zur Bestimmung der Primärsignale erreicht, wobei die Vorrichtung eine erste Untervorrichtung zur Trennung von Quellen mit ersten Eingängen aufweist, die mit den Signaleingängen verbunden sind, zweite Eingänge für den Erhalt der Trennkoeffizienten sowie Ausgänge, um erste Bewertungen der Primärsignale abzugeben, und eine zweite Untervorrichtung zur adaptiven Bestimmung der Trennkoeffizienten, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine dritte Untervorrichtung aufweist, die die ersten Bewertungen erhält, unter denen sie eine maximale Bewertung mit einem maximalen Amplitudenniveau erkennt und welches die ersten Bewertungen in Bezug auf die maximale Bewertung normalisiert, um zweite Bewertungen abzugeben, die zur Berechnung der Trennkoeffizienten in die zweite Untervorrichtung kommen.

[0008] So kann, wenn die aus den Quellen kommenden Primärsignale im Laufe einer Übergangsperiode starke Variationen der Amplitudenniveaus aufweisen, während dieser Übergangsperiode keine zeitweise Überschreitung des Amplitudenniveaus der zweiten Bewertungen stattfinden. Das Niveau der zweiten Bewertungen bleibt immer im festgelegten Amplitudenrahmen.

[0009] Allerdings weisen, wenn das Niveau des Eingangssignals relativ konstant ist, sei es stark oder schwach, die ersten am Eingang abgegebenen Bewertungen am Ausgang ein weitgehend ähnliches Durchschnittsniveau auf. Dies bedeutet, dass die von der Vorrichtung berechneten Trennkoeffizienten sich derart anpassen, um die zuerst abgegebenen, mit einer vordefinierten Energie normalisierten Bewertungen zu erhalten. Dies kann bei gewissen Anwendungen in Handicap bilden, denn man verliert so die starke oder schwache Beschaffenheit des Eingangssignals. Im Falle von Sprachsignalen kann es z. B. von Nutzen sein, eine schwache von einer starken Stimme zu unterscheiden.

[0010] Um diesen Nachteil entsprechend der Erfindung zu korrigieren enthält die dritte Untervorrichtung ein Ausgangsmodul, das jede erste Bewertung durch einen spezifischen Trennkoeffizienten teilt, um dritte Bewertungen auszugeben, proportional zu den Primärsignalen mit von den besagten Primärsignalen unabhängigen Proportionalitätsfaktoren.

[0011] In manchen besonderen Anwendungen kann es vorkommen, dass ein Primärsignal vorübergehend abwesend ist. Die Situation, die Beachtung verdient ist diejenige mit abwechselnd redenden Sprechern. Hierbei gibt es demnach Momente, in denen ein jeder Redner aufhört zu sprechen, d. h. dass sein Quellsignal momentan unterbrochen ist, um einige Augenblicke später wieder einzusetzen. Demnach muss die Bewertung dieses abwesenden Signals während diesen Zeiträumen am Ausgang Null sein. Doch im Falle von primären

Signalen, die am Ausgang Null oder sehr schwach sind, wird die Trennvorrichtung dazu neigen, am nicht verwendeten Ausgang eine der anderen Bewertungen ungleich Null zu duplizieren. Um diese Situation zu vermeiden versieht man der Erfindung zufolge die dritte Untervorrichtung mit einem Auswahlmodul, welches verhindert, dass eine Bewertung auf einem Weg dupliziert wird, der einem abwesenden Signal zugeteilt ist.

[0012] Diese verschiedenen sowie noch weitere Aspekte der Erfindung werden anhand der hiernach beschriebenen Durchführungsformen verdeutlicht und erklärt.

[0013] Die Erfindung wird besser anhand der folgenden Figuren verstanden, die als nicht erschöpfende Beispiele gegeben werden und folgendes darstellen:

[0014] **Fig. 1:** Ein allgemeines Schema einer Trennvorrichtung für Quellen.

[0015] **Fig. 2:** Ein besonderes Schema einer Trennvorrichtung nach altem Stand der Technik zum Trennen von zwei Eingangssignalen.

[0016] **Fig. 3:** Die Formen eines Eingangssignals, das starke Niveauvariationen aufweist.

[0017] **Fig. 4:** Ein allgemeines Schema einer Trennvorrichtung für Quellen nach altem Stand der Technik.

[0018] **Fig. 5:** Ein allgemeines Schema einer Trennvorrichtung für Quellen nach der Erfindung.

[0019] **Fig. 6:** Ein Trennschema für Quellen nach der Erfindung, welches es den Bewertungen ermöglicht, am Ausgang nicht zu divergieren.

[0020] **Fig. 7:** Ein Trennschema für Quellen nach der Erfindung, welches es den Bewertungen ermöglicht, nicht zu divergieren und proportioniert zu den Eingangssignalen zu bleiben.

[0021] **Fig. 8:** Ein Schema einer Trennvorrichtung für Quellen nach der Erfindung, welches es den Bewertungen ermöglicht, nicht zu divergieren, proportioniert zu den Eingangssignalen zu bleiben und eine Bewertung daran zu hindern, über einen einem abwesenden Primärsignal zugeteilten Weg dupliziert zu werden.

[0022] **Fig. 9:** Ein Schema eines besonderen Beispiels mit zwei Eingangssinglen im Falle der **Fig. 8**.

[0023] **Fig. 1** zeigt Primärquellen S1 bis Sn, gebildet z. B. aus den Stimmen der Insassen eines Fahrzeugs, aus Quellen diverser Geräusche (Motor, Fahrwerk, Luftzug durch die Fenster etc.) und aus einem Autoradio. Die Primärquellen geben Primärsignale  $X_i(t)$  ab. Man beobachtet, dass sich diese Primärsignale im Übertragungsraum untereinander vermischen werden. Um die Stimmen zu erkennen bringt man im Innern des Fahrgastraums Sensoren C1 bis Cn, z. B. Mikrofone an. Die Sensoren geben Mischsignale  $E_i(t)$  ab.

[0024] Auf analoge Art kann dies den Empfang von Funkwellen betreffen, die von Quellen S1 bis Sn gesendet werden und von Sensoren empfangen werden, gebildet aus Antennen C1 bis Cn. In der Luft werden die von den Sendern abgegebenen Primärsignale  $X_i(t)$  untereinander vermischt auf dem Niveau der Antennen ankommen. Diese werden denn vermischte Signale  $E_i(t)$  liefern, welche die einzigen auf Empfangsniveau zugänglichen sind. Für den Erhalt von bewerteten Signalen, sogenannte Bewertungen  $\hat{X}_i(t)$ , wobei i der laufende, von 1 bis n variierende Index ist, und die jeder Quelle entsprechen, ausgehend von den Mischsignalen  $E_i(t)$ , ist die Verwendung einer Trennvorrichtung **10** für Quellen bekannt.

[0025] Nach altem Stand der Technik (**Fig. 4**) kommen die Eingangssignale  $E_i(t)$  in eine Untervorrichtung **12** zur Trennung von Quellen, welche die ersten Bewertungen  $\hat{X}_i(t)$  abgibt. Eine zweite Untervorrichtung **14** bestimmt Trennkoeffizienten  $W_{ij}$  anhand der ersten Bewertungen  $\hat{X}_i(t)$ . Dafür berechnet sie Korrekturfaktoren  $\Delta W_{ij}$  zur Aktualisierung der Trennkoeffizienten. Diese werden in der Untervorrichtung **12** dann in den folgenden Zyklus zur Bestimmung der folgenden Bewertungen  $\hat{X}_i(t)$  eingeführt.

[0026] Aus Gründen der Verständlichkeit wird ein einfacher Fall einer Vorrichtung mit direkter Struktur beschrieben, mit einer einzigen Verarbeitungsschicht zum Trennen zweier Quellsignale  $X_1(t)$  und  $X_2(t)$  nach dem erwähnten alten Stand der Technik (**Fig. 2**). Zwei Sensoren geben Mischsignale  $E_1(t)$  und  $E_2(t)$  ab. Diese Signale sind über folgende Relationen mit den Primärsignalen verbunden:

$$(1) E_1(t) = a_{11}X_1(t) + a_{12}X_2(t)$$

$$(2) E_2(t) = a_{21}X_1(t) + a_{22}X_2(t)$$

in denen die Ausdrücke  $a_{11}$ ,  $a_{12}$ ,  $a_{21}$ ,  $a_{22}$  Koeffizienten unbekannter Mischungen sind. Die in diesen Relationen stehenden Signale sind zentrierte Signale, d. h. dass die weiteren Komponenten, die dort stehen könnten, z. B. durch einen geeigneten Filtervorgang beseitigt wurden.

[0027] Das auf **Fig. 2** dargestellte Schema nach altem Stand der Technik ermöglicht die Bestimmung der Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  anhand der Mischsignale  $E_1(t)$  und  $E_2(t)$  anhand der Relationen:

$$(3) \hat{X}_1(t) = W_{11}E_1(t) + W_{12}E_2(t)$$

$$(4) \hat{X}_2(t) = W_{21}E_1(t) + W_{22}E_2(t)$$

in denen die Ausdrücke  $W_{11}$ ,  $W_{12}$ ,  $W_{21}$ ,  $W_{22}$  adaptive Trennkoeffizienten sind.

[0028] Zur Aktualisierung der Trennkoeffizienten kann man folgende Anpassungsregeln anwenden:

$$(5) W_{ii}(t+1) = W_{ii}(t) - \mu \{f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_i(t)] - 1\}$$

$$(6) W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) - \mu f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)], i \neq j$$

in denen  $\mu$  ein positiver Anpassungsschritt ist und  $f$  und  $g$  vorzugsweise keine linearen Funktionen sind. Man kann insbesondere  $f(x) = x^3$  und  $g(x) = x$  wählen. Auf **Fig. 4** kommen die Signale  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  in die Untervorrichtung **14**, welche die Korrekturfaktoren  $\Delta W_{ij}$  berechnet, die den Koeffizienten  $W_{ij}$  zwischen den Zeitpunkten  $t$  und  $t+1$  zu liefern sind, entsprechend den Relationen:

$$(7) \Delta W_{ii} = W_{ii}(t+1) - W_{ii}(t) = -\mu \{f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_i(t)] - 1\}$$

$$(8) \Delta W_{ij} = W_{ij}(t+1) - W_{ij}(t) = -\mu f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)], i \neq j$$

[0029] Die neuen Werte von  $W_{ij}$  werden in die in der ersten Untervorrichtung **12** enthaltenen Trennkoeffizientenspeicher geladen.

[0030] Die Anpassungsregel (6) wird angewandt, um die gekreuzten Koeffizienten  $W_{12}$  und  $W_{21}$  mit dem Ziel zu aktualisieren, die Komponente  $X_2(t)$  in  $\hat{X}_1(t)$  und die Komponente  $X_1(t)$  in  $\hat{X}_2(t)$  zu beseitigen.

[0031] Die Anpassungsregel (5) wird angewandt, um die direkten Koeffizienten  $W_{11}$  und  $W_{22}$  mit dem Ziel zu aktualisieren, die jeweilige Signalskala  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  zu normalisieren. Diese direkten Koeffizienten passen sich selbst an die Art der zu verarbeitenden Signale an.

[0032] Im Falle von zwei Signalen wie auf **Fig. 2** dargestellt kommt das Mischsignal  $E_1(t)$  in die Multiplikatoren **141**, **142** und das Mischsignal  $E_2(t)$  in die Multiplikatoren **143**, **144**. Die Ausgänge der Multiplikatoren **141** und **143** werden in einem Addierer **150** addiert, während die Ausgänge der Multiplikatoren **142** und **144** in einem Addierer **151** addiert werden um jeweils die Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  auszugeben. Das Modul **161** erhält die Bewertung  $\hat{X}_1(t)$  und das Modul **162** erhält die Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$ . Die Module **161** und **162** berechnen jeweils die Korrekturfaktoren  $\Delta W_{11}$  und  $\Delta W_{21}$  nach den Gleichungen 7 und 8 und geben aktualisierte Trennkoeffizienten  $W_{11}$  und  $W_{21}$  aus. In den Modulen **163** und **164** wird eine analoge Verarbeitung für die Korrekturfaktoren  $\Delta W_{12}$  und  $\Delta W_{22}$  durchgeführt.

[0033] Betrachten wir den Fall von Signalquellen mit einer relativ konstanten Skala (oder einem konstanten Rahmen) während einer bestimmten Periode, wobei die Mischkoeffizienten  $a_{ij}$  außerdem konstant oder sehr langsam variabel sind. In diesem Fall konvergieren die Koeffizienten  $W_{11}$  und  $W_{22}$  zu relativ konstanten Werten und versichern die mit den Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  vordefinierten Energien. Im Falle  $f(x) = x^3$  und  $g(x) = x$  wird die vordefinierte Energie  $\langle \hat{X}^4 \rangle$  ausgedrückt. Dieser vordefinierte Wert ist z. B. gleich 1 im Falle der Gleichungen 5 oder 6. Die Aktualisierung der Trennkoeffizienten wird jede Zeiteinheit  $t$ ,  $t+1$ ,  $t+2$ ... durchgeführt.

[0034] Wenn die Skala der Quellsignale plötzlich sehr stark schwankt, verursacht dies eine schnelle und starke Schwankung der Mischsignale. Dieser Fall ist auf **Fig. 3** dargestellt. Bei Punkt A gibt es eine plötzliche Schwankung im Rahmen der Mischsignale  $E(t)$ . Allerdings werden die Trennkoeffizienten  $W_{11}$  und  $W_{22}$  in den direkt auf die vorhergehenden Aktualisierialgorithmen folgenden Zeitpunkten Werte nahe an denen beibehalten, die sie eben vor diesem starken Anstieg hatten, denn ihre Anpassung erfordert eine Dauer, die sich über einige hundert bis einige tausend Zeiteinheiten erstreckt. Somit verursacht der starke Skalaanstieg der Mischsignale auch einen starken Anstieg der Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  über die Relationen (3) und (4), was wiederum bewirkt, dass die Änderungen der Koeffizienten  $W_{11}$  und  $W_{22}$  auf Grund der Relation (5) groß werden. So werden die Werte dieser Trennkoeffizienten sehr groß, womit ein starker Anstieg der Ausgangssignale verbunden ist, was einen neuen Anstieg der Trennkoeffizienten verursacht und bedingt, dass die Ausgänge im Falle nicht stationärer Signale sehr stark divergieren können.

[0035] Die Erfindung besteht in der Änderung der Vorrichtung nach altem Stand der Technik wie auf **Fig. 4** dargestellt, unter Beibehaltung der Vorgänge (3) und (4), doch Änderung der Regeln zur Anpassung der Trennkoeffizienten. Genauer gesagt leitet man, anstatt die ersten Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  zur Aktualisierung der Koeffizienten zu verwenden, diese Signale durch spezifische Verfahren, welche ihr Amplitude nach dem betrachteten Zeitpunkt begrenzen. Diese zweiten Bewertungen mit begrenzten Amplituden sind es, die dann verwendet werden. Somit werden die den Trennkoeffizienten zugefügten Änderungen begrenzt. Auf diese Art konvergieren die neuen Koeffizienten nach und nach zu neuen stabilen Werten, und divergieren nicht mehr.

[0036] Diese Durchführungsform ist auf den **Fig. 5** und **6** dargestellt. Eine dritte Untervorrichtung **15** ist am Ausgang der ersten Untervorrichtung **12** angeordnet. Die dritte Untervorrichtung wandelt die ersten Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  bis  $\hat{X}_n(t)$  in zweite Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  bis  $\hat{X}_n(t)$ , deren Amplituden in Bezug auf das Signal mit der maximalen Amplitude normalisiert sind, im absoluten Wert, entnommen unter denen von  $\hat{X}_1(t)$  bis  $\hat{X}_n(t)$  im betrachteten Zeitpunkt enthaltenen. Dieser Vorgang wird in einer Einheit **16** zur Begrenzung der Amplitude durchgeführt (**Fig. 6**).

[0037] Jederzeit ändert man die Trennkoeffizienten folgendermaßen:

- man berechnet die Ausgänge  $\hat{X}_i(t)$  der Vorrichtung nach altem Stand der Technik;

- man berechnet das Maximum  $M$  ihrer absoluten Werte, also:  $M = \max|\hat{X}_i(t)|$ ,  $i = 1 \dots n$ ;
- man definiert einen Schwellenwert  $\beta > 0$  entsprechend dem zulässigen Maximalwert für die absoluten Werte der Grenzsingale  $\dot{X}_i(t)$ . Diese Schwelle wird frei gewählt und definiert den Umfang der gewünschten Begrenzung.

[0038] In dem betrachteten Zeitpunkt vergleicht man  $M$  mit  $\beta$  und führt die Begrenzung durch, wie:

- wenn  $M \leq \beta$ , haben die Signale  $\dot{X}_i(t)$  eine relativ schwache Amplitude, es ist demnach nicht notwendig, zu begrenzen, womit:

$$\forall i = 1 \dots n, \dot{X}_i(t) = \hat{X}_i(t);$$

- wenn  $M > \beta$ , hat mindestens ein Signal eine starke Amplitude, man begrenzt somit alle Signale mit einem selben Reduktionsfaktor, womit:

$$\forall i = 1 \dots n, \dot{X}_i(t) = \beta \frac{\hat{X}_i(t)}{M}.$$

[0039] Die Variationen  $\Delta W_{ij}$  werden auf dieselbe Weise berechnet wie in der Vorrichtung nach altem Stand der Technik. Die zweite Untervorrichtung **14** bestimmt die an den Trennkoeffizienten  $W_{ij}$  anhand der zweiten Bewertungen  $\dot{X}_i(t)$  bis  $\dot{X}_n(t)$  vorzunehmenden Änderungen, d. h.:

$$(9) \Delta W_{ii} = -\mu\{f[\dot{X}_i(t)]g[\dot{X}_i(t)] - 1\}$$

$$(10) \Delta W_{ij} = -\mu f[\dot{X}_i(t)]g[\dot{X}_j(t)], i \neq j$$

[0040] Die Erfindung kann auch auf eine Trennstruktur für Quellen angewandt werden (Modul **12**) beschrieben in dem Dokument: „Blind separation of sources, Part I: An adaptive algorithm based on neuromimetic architecture“, C. JUTTEN, J. HERAULT, Signal Processing 24, 1991, Seiten 1–10.

[0041] Eine zweite Möglichkeit ermöglicht zur Begrenzung der Divergenz der Ausgangssingale besteht in der Berechnung der Korrekturfaktoren:

$$(11) F_{ij}(t) = -\mu\{f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)] - 1\}, i = j$$

$$(12) F_{ij}(t) = -\mu f[\hat{X}_i(t)]g[\hat{X}_j(t)], i \neq j,$$

aber anstatt der derartigen Verwendung dieser Korrekturfaktoren zur Aktualisierung der Trennkoeffizienten leitet man die diesen Korrekturfaktoren entsprechenden Signale durch Tiefpass-Filterverfahren, um den Verlauf dieser Variationen abzuschwächen. So werden plötzliche Skalaänderungen vermieden. Diese Lösung erweist sich weniger stabil als die vorhergehende.

[0042] Vorzugsweise verbindet man sie mit der ersten Lösung, wobei in diesem Fall die zweite Untervorrichtung **14** eine Tiefpass-Filtereinheit **141** aufweist, die die Korrekturfaktoren  $F_{ij}(t)$  filtert, um die Variationen der Koeffizienten  $\Delta W_{ij}$  zu berechnen, um die Trennkoeffizienten  $W_{ij}$  zu aktualisieren.

[0043] In diesem Fall wird jeder Trennkoeffizient um eine Menge  $\Delta W_{ij}(t)$  geändert, die aus einer Tiefpassfilterung der Größe 1 herrührt, d. h.:

$$\Delta W_{ij}(t) = \frac{F_{ij}(t) + \alpha \Delta W_{ij}(t-1)}{1 + \alpha},$$

was auch ausgedrückt werden kann mit:

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \frac{F_{ij}(t+1) + \alpha (W_{ij}(t) - W_{ij}(t-1))}{1 + \alpha}$$

wobei  $\alpha > 0$  ein Filterparameter zur Definition der Amplitude des vom Filter bewirkten Glättungseffekts ist. Dieser Parameter ist vorbestimmt.

[0044] Der an den ersten, von der ersten Untervorrichtung abgegebenen Bewertungen vorgenommene Energienormalisierungsvorgang hat zur Folge, diese ersten Bewertungen nahe einer vordefinierten Energie zu halten, und dies ungeachtet der Skala der Quellsingale. Die ersten Bewertungen konvergieren demnach zur selben normalisierten Energie. Dies ist nicht immer in allen Anwendungen akzeptabel, wo nicht stationäre Quellsingale auftreten. Nehmen wir z. B. den Fall, wo die Quellsingale Sprachsingale mit Perioden sind, wäh-

rend denen die Signale eine hohe Energie aufweisen (laute Worte) und Perioden, während denen die Signale eine geringe Energie aufweisen (leise Worte). In der zuvor beschriebenen Situation hätten die ersten Bewertungen in diesen beiden Situationen alle dieselbe hohe Energie, was einer Energienivellierung gleichkommt.

[0045] Um diesem Effekt der Erfindung (**Fig. 7**) gemäß abzuweichen wurde eine Nachverarbeitung an den ersten Bewertungen  $\hat{X}_i(t)$  durchgeführt. Dafür wird jede erste Bewertung  $\hat{X}_i(t)$  des Rangs  $i$  durch den seinem Rang entsprechenden Trennkoeffizienten  $W_{ij}$  geteilt, was in den Gleichungen 3 und 4 offenbar wird. Dies ähnelt einer Denormalisierung oder einer selbstanpassenden Leistungskontrolle. Man kann leicht beobachten, dass die dritten so erhaltenen Bewertungen  $\tilde{X}_i(t) = \hat{X}_i(t)/W_{ij}$  proportional zu den entsprechenden Quellsignalen  $X_i(t)$  sind, mit einem konstanten Proportionalitätsfaktor. Dieser Vorgang wird in dem auf **Fig. 7** dargestellten Ausgangsmodul **17** durchgeführt.

[0046] Die Verarbeitungsschritte bestehen demnach zuerst in der Multiplikation der Mischsignale durch die Trennkoeffizienten  $W_{ij}$ , dann in der Lieferung der ersten normalisierten Bewertungen  $\hat{X}_i(t)$  und dann in der Division durch die selben Trennkoeffizienten  $W_{ij}$  für den Erhalt der dritten denormalisierten Bewertungen  $\tilde{X}_i(t) = \hat{X}_i(t)/W_{ij}$ . Es ist anzumerken, dass diese Vorgänge nicht überzählig sind und sich nicht aufheben.

[0047] Eine andere besondere Durchführungsform der Erfindung betrifft den Fall von zwei nicht stationären Signalen, für die es während eines bestimmten Zeitraums nur ein einziges Quellsignal  $X_i(t)$  ungleich Null gibt, oder insbesondere wenn bei zwei Quellsignalen eines der Signale in Bezug auf das andere sehr hoch ist. In diesem Fall wird dieses starke Signal eine (je nach Fall erste oder zweite) Bewertung ergeben, die an den beiden Ausgangswegen der Vorrichtung nach den vorhergehenden Durchführungsformen auftreten wird, d. h. dass abwechselnd, wenn das Signal  $X_1(t)$  stärker, und dann wiederum das andere Signal  $X_2(t)$  stärker ist, die Bewertung  $\tilde{X}_i(t)$  nicht nur an dem (dem Signal  $X_1(t)$  zugeteilten) Weg 1, sondern auch am Weg 2 auftreten wird. Und umgekehrt, wenn das Signal  $X_2(t)$  stärker wird.

[0048] Um diesen Fall zu verarbeiten verfügt die dritte Untervorrichtung 15 am Ausgang über ein Auswahlmodul **19**, welches eine Bewertung daran hindert, über einen einem abwesenden Quellsignal zugeteilten Weg dupliziert zu werden. Dieses Auswahlmodul **19** ist am Ausgang des Ausgangsmodul **17** angeordnet (**Fig. 7**), um das auf **Fig. 8** dargestellte Schema zu erhalten. Dieses Modul **19** arbeitet folgendermaßen:

- wenn die beiden an seine Eingänge kommenden Signale korreliert sind, dann gibt das Modul **19** das Signal ab, das die stärkste Amplitude hat, und hält den anderen Ausgang auf Null;
- wenn die beiden Signale nicht korreliert sind, wird die Verarbeitung unabhängig vom Block ausgeführt, wie zuvor beschrieben wurde.

[0049] Um die Funktion dieses Moduls **19** umzusetzen kann es sich handeln um:

- einen Unterblock, der die Proportionalität der beiden Eingangssignale dieses Moduls **19** erkennt, z. B. auf der Grundlage eines Korrelationstests, der das korrekte Multiplexing der in ihn kommenden Signale aktiviert;
- oder ein Quelltrennmodul analog zu dem in der Beschreibung bereitgestellten, das der Trennung von Quellen dient, oder zu dem im zuvor erwähnten Dokument von C. Jutten und J. Herault beschriebenen. Doch in diesem Fall sind die zu verarbeitenden Signale „schwer zu verarbeitenden“ Mischsignale, da es sich auf diesem Niveau um Signale handelt, die entweder korreliert oder nicht korreliert sind.

[0050] Der Fall mit zwei Signalen wird als Beispiel gegeben, wobei die Auswahl zwischen mehr als zwei Signalen stattfinden kann.

[0051] **Fig. 9** zeigt eine besondere Durchführungsform der **Fig. 8** im Falle es nur zwei Mischsignale  $E_1(t)$  und  $E_2(t)$  gibt. Für die **Fig. 9** wurden dieselben Bezeichnungen wie für die **Fig. 2** verwendet. Die Einheit **16** zur Begrenzung der Amplitude liefert begrenzte Bewertungen  $\hat{X}_1(t)$  und  $\hat{X}_2(t)$  an die Module **161** bis **164**, die die neuen Trennkoeffizienten berechnen. Die Ausgangsuntereinheiten **17<sub>1</sub>** und **17<sub>2</sub>** berechnen jeweils:

$$\tilde{X}_1(t) = \hat{X}_1(t)/W_{11}$$

$$\text{und } \tilde{X}_2(t) = \hat{X}_2(t)/W_{22}.$$

[0052] Wenn eines der Signale  $E_1(t)$  oder  $E_2(t)$  momentan abwesend oder sehr schwach ist, verhindert die Auswahlinheit **19**, dass die Bewertung des einen gleichzeitig über den Weg dupliziert wird, der ihm nicht zugeteilt ist.

### Patentansprüche

1. Trennvorrichtung für Quellen (**10**) zur Verarbeitung von Eingangssignalen ( $E(t)$ ), gebildet aus primären, aus Quellen ( $S_1 - S_n$ ) kommenden Signalmischungen ( $X_i(t)$ ), und zur Bewertung der Primärsignale, wobei die Vorrichtung eine erste Untervorrichtung (**12**) zur Trennung von Quellen mit ersten Eingängen aufweist, die mit

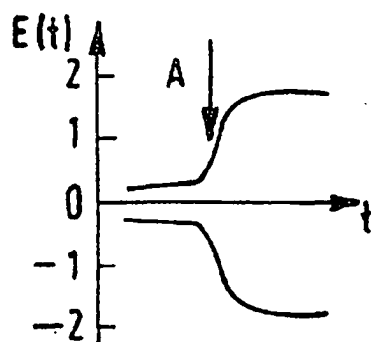
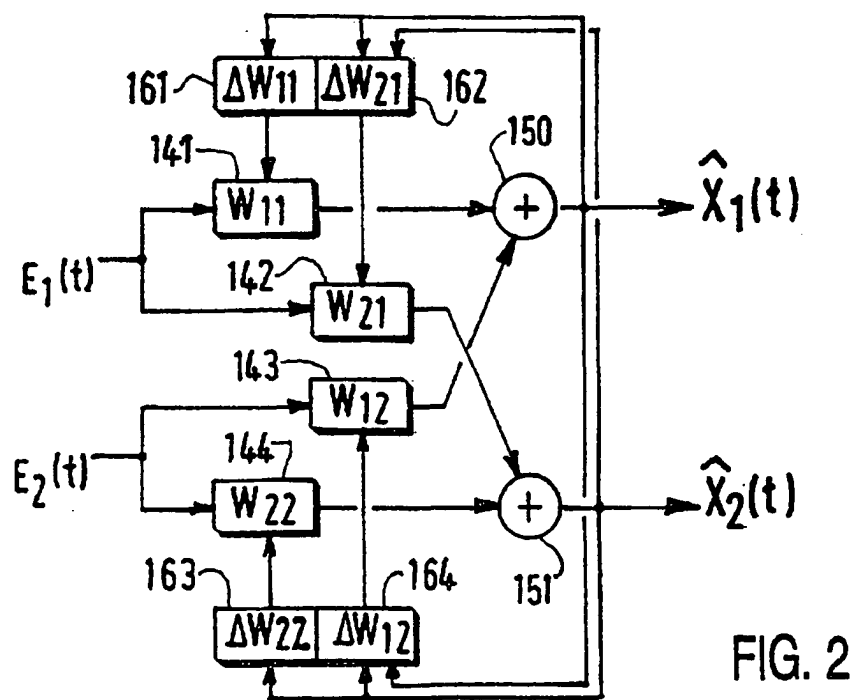
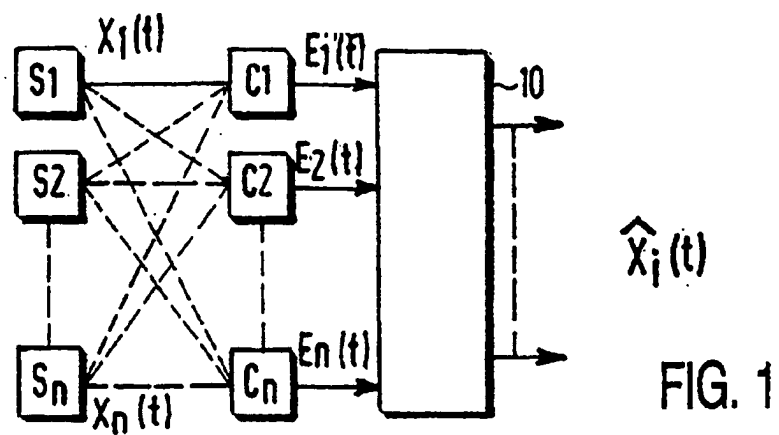
den Signaleingängen verbunden sind, zweite Eingänge für den Erhalt der Trennkoeffizienten ( $W_{ij}$ ) sowie Ausgänge, um erste Bewertungen ( $\hat{X}_i(t)$ ) der Primärsignale abzugeben, und eine zweite Untervorrichtung (14) zur adaptiven Bestimmung der Trennkoeffizienten, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine dritte Untervorrichtung (15) aufweist, die die ersten Bewertungen erhält, unter denen sie eine maximale Bewertung mit einem maximalen Amplitudenniveau erkennt und welches die ersten Bewertungen in Bezug auf die maximale Bewertung normalisiert, um zweite Bewertungen ( $\check{X}_i(t)$ ) abzugeben, die zur Berechnung der Trennkoeffizienten in die zweite Untervorrichtung kommen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Untervorrichtung ein Ausgangsmodul (17) enthält, das jede erste Bewertung ( $\hat{X}_i(t)$ ) durch einen spezifischen Trennkoeffizienten ( $W_{ij}$ ) teilt, um dritte Bewertungen ( $\tilde{X}_i(t)$ ) auszugeben, proportional zu den Primärsignalen mit von den besagten Primärsignalen unabhängigen Proportionalitätsfaktoren ( $X_i(t)$ ).

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Untervorrichtung (15) Ausgangswege (1 – n) aufweist, die spezifisch jeder Bewertung zugeteilt sind, wobei die dritte Untervorrichtung über ein Auswahlmodul (19) verfügt, das eine Bewertung daran hindert, über einen einem abwesenden Quellsignal zugeteilten Weg dupliziert zu werden.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Untervorrichtung (14) über Filterverfahren (141) verfügt, um die Trennkoeffizienten ( $W_{ij}$ ) zu filtern.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen





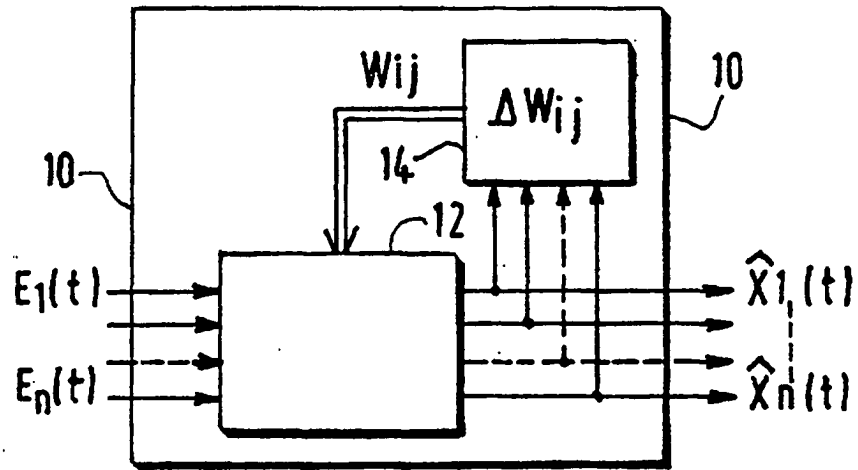


FIG. 4

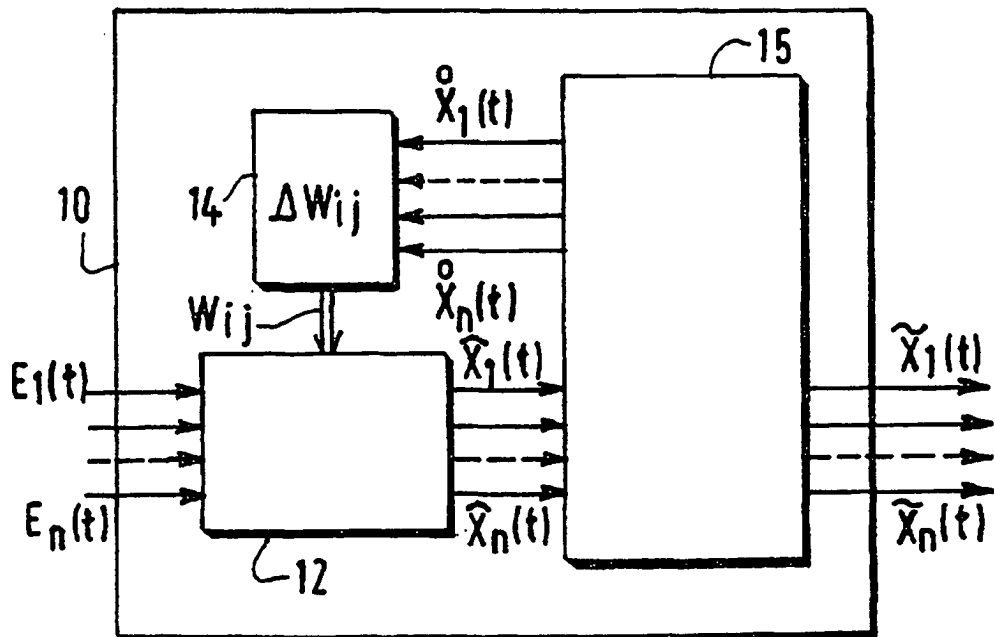


FIG. 5

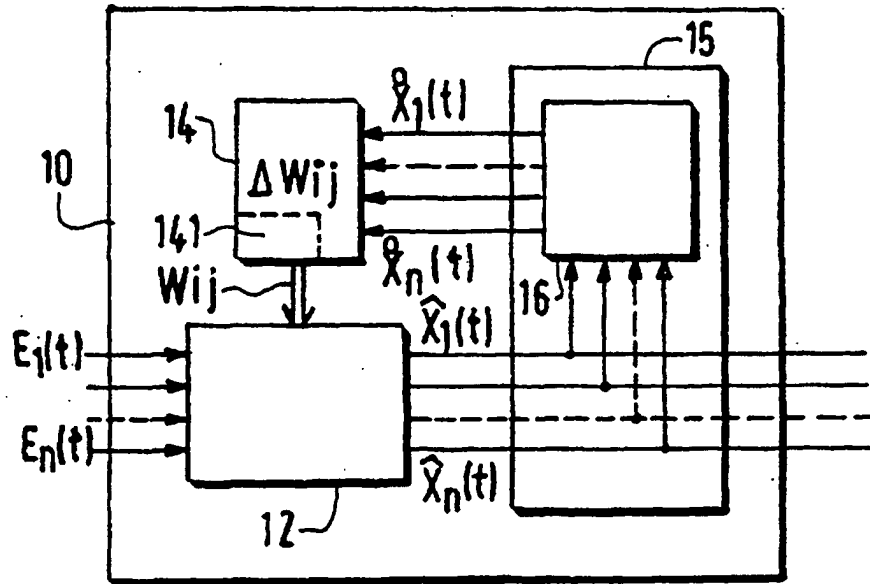


FIG. 6

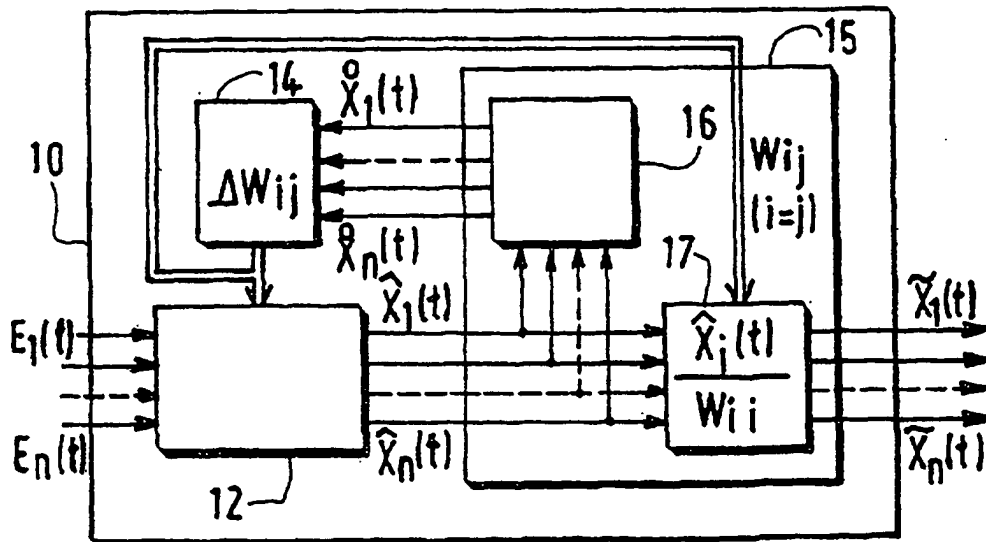


FIG. 7

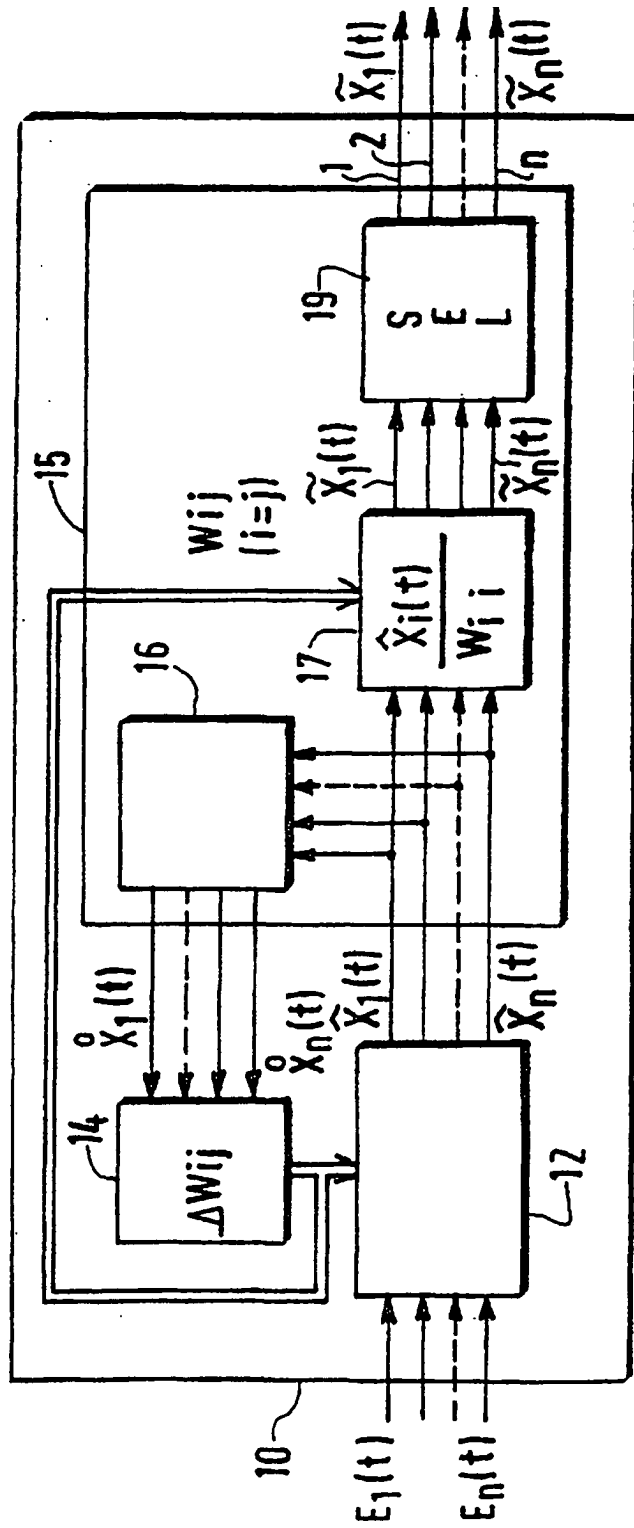


FIG. 8

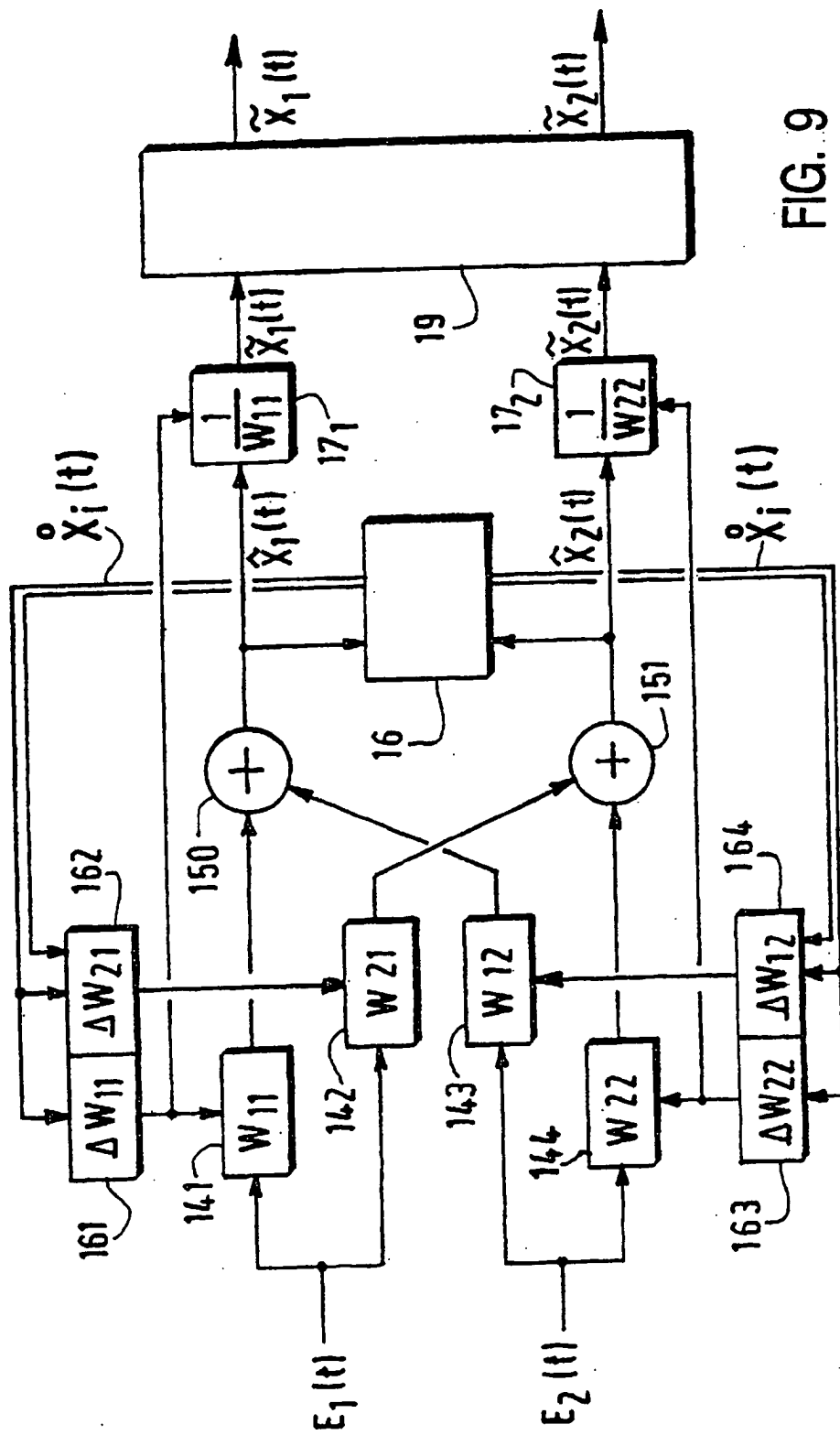


FIG. 9