



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 31 156 T2 2004.05.19**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 781 474 B1**

(51) Int Cl.7: **H04B 7/005**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 31 156.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FI95/00492**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 930 537.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/008881**

(86) PCT-Anmeldetag: **11.09.1995**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **21.03.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.07.1997**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.05.2004**

(30) Unionspriorität:
944202 12.09.1994 FI

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU,
MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Nokia Corp., Espoo, FI

(72) Erfinder:
**LAAKSO, Timo, FIN-00100 Helsinki, FI;
LILLEBERG, Jorma, FIN-90580 Oulu, FI**

(74) Vertreter:
**TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 81679 München**

(54) Bezeichnung: **EMPFANGSVERFAHREN UND EMPFÄNGER**

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 bezieht sich auf ein Empfangsverfahren, bei dem ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal abgetastet wird und bei dem die in dem Signal enthaltenen gegenseitigen Verzögerungen von Übertragungen und die Übertragungsstärken anhand des empfangenen Signals gemessen werden, wobei die Übertragungen von einem oder mehreren Sendern ausgehen.

[0002] Ein Hauptproblem beim Entwurf und bei der Implementierung eines Datenübertragungssystems ist das gleichzeitige Senden und Empfangen von Signalen von mehreren gleichzeitigen Anwendern in der Weise, daß sich die Signale gegenseitig so wenig wie möglich stören. Aus diesem Grund und wegen der verwendeten Übertragungskapazität sind viele verschiedene Übertragungsprotokolle und viele Zugriffsverfahren verwendet worden, wovon vor allem im Mobiltelefonverkehr das am weitesten verbreitete der FDMA (Frequency Division Multiple Access = Vielfachzugriff im Frequenzmultiplex) und der TDMA (Time Division Multiple Access = Vielfachzugriff im Zeitmultiplex) und neuerdings auch der CDMA (Code Division Multiple Access = Vielfachzugriff im Codemultiplex) sind.

[0003] Der CDMA ist ein Vielfachzugriffsverfahren, das auf einer Spreizspektrumstechnik basiert und neuerdings in Zellenfunksystemen zusätzlich zu den bisher verwendeten FDMA- und TDMA-Verfahren in Gebrauch gekommen ist. Der CDMA besitzt gegenüber den bisherigen Verfahren viele Vorteile, etwa die Einfachheit der Frequenzplanung und der Spektrumseffizienz.

[0004] In einem CDMA-Verfahren wird ein schmalbandiges Datensignal eines Anwenders durch einen Spreizcode mit einem viel breiteren Band als das Datensignal in ein verhältnismäßig breites Band multipliziert. Bandbreiten, die in bekannten Testsystemen verwendet werden, enthalten z. B. 1,25 MHz, 10 MHz und 25 MHz. Die Multiplikation spreizt das Datensignal auf das gesamte zu verwendende Band auf. Alle Anwender senden gleichzeitig auf demselben Frequenzband. Für jede Verbindung zwischen einer Basisstation und einer Mobilstation wird ein anderer Spreizcode verwendet, wobei die Signale der Anwender in den Empfängern anhand des Spreizcodes des Anwenders voneinander unterschieden werden können. Wenn möglich, werden die Spreizcodes in der Weise gewählt, daß sie zueinander orthogonal sind, d. h., daß sie nicht miteinander korrelieren.

[0005] Korrelatoren in CDMA-Empfängern, die in herkömmlicher Weise implementiert sind, sind mit einem gewünschten Signal synchronisiert, das sie anhand des Spreizcodes erkennen. In dem Empfänger wird das Datensignal in das ursprüngliche Band wiederhergestellt, indem es mit demselben Spreizcode wie beim Sendeschritt multipliziert wird. Im Idealfall korrelieren die Signale, die mit irgendeinem anderen Spreizcode multipliziert worden sind, nicht miteinander und werden nicht in das schmale Band wiederhergestellt. Im Hinblick auf das gewünschte Signal erscheinen sie daher als Rauschen. Das Ziel ist es, das Signal des gewünschten Anwenders aus einer Anzahl von sich gegenseitig störenden Signalen zu erfassen. In der Praxis korrelieren die Spreizcodes, wobei es die Signale der anderen Anwender schwerer machen, das gewünschte Signal zu erfassen, weil sie das empfangene Signal verzerren. Diese gegenseitige Störung, die durch die Anwender verursacht wird, wird Vielfachzugriff-Störung genannt.

[0006] Die Situation ist besonders problematisch, wenn ein oder mehrere Anwender mit einer erheblich größeren Signalstärke als die anderen Anwender senden. Diese Anwender, die eine größere Signalstärke verwenden, stören die Verbindungen der anderen Anwender erheblich. Eine solche Situation wird Nah-Fern-Problem genannt und kann beispielsweise in Zellenfunksystemen auftreten, wenn sich ein oder mehrere Anwender in der Nähe der Basisstation befinden und manche Anwender weiter weg sind, woraufhin die Anwender, die näher sind, die Signale der anderen Anwender in dem Empfänger der Basisstation überdecken, wenn nicht die Leistungssteuerungsalgorithmen des Systems sehr schnell und effizient sind.

[0007] Der zuverlässige Empfang von Signalen ist insbesondere in asynchronen Systemen problematisch, d. h. in Systemen, in denen die Signale der Anwender nicht miteinander synchronisiert sind, da die Symbole der Anwender durch die verschiedenen Symbole der anderen Anwender gestört werden. In herkömmlichen Empfängern arbeiten jedoch Filter, die an die Spreizcodes angepaßt sind, und Gleitkorrelatoren, die beide als Detektoren verwendet werden, in Nah-Fern-Situationen nicht gut. Von den bekannten Verfahren wird das beste Ergebnis durch einen dekorrelierenden Detektor geschaffen, der eine Vielfachzugriff-Störung aus dem empfangenen Signal dadurch beseitigt, daß er es mit der Kreuzkorrelationsmatrix der verwendeten Spreizcodes multipliziert. Der dekorrelierende Detektor ist genauer in Lupas, Verdu, "Linear multiuser detectors for synchronous code-division multiple access channels" IEEE Transactions on Information Theory, Bd. 35, Nr. 1, S. 123-136, Januar 1989; und Lupas, Verdu, "Near-far resistance of multiuser detectors in asynchronous channels", IEEE Transactions on Communications, Bd. 38, April 1990, worauf hier Bezug genommen wird, beschrieben. Diese Verfahren enthalten jedoch viele Operationen wie etwa Matrixinversionsoperationen, die eine hohe Rechenkapazität erfordern und besonders anspruchsvoll sind, wenn die Qualität des Übertragungskanaals und die Anzahl der Anwender sich ständig ändern, wie dies beispielsweise in Zellenfunksystemen der Fall ist.

[0008] Die Patentschrift US 5 231 648 bietet eine Lösung, bei der ein Entscheidungsrückkopplungsentzerrer

für die Entzerrung verwendet wird.

[0009] Der Zweck der vorliegenden Erfindung ist es, ein Empfangsverfahren zu schaffen, das sowohl in asynchronen als auch in synchronen Systemen selbst dann gut arbeitet, wenn in dem empfangenen Signal starke Rauschsignale vorhanden sind, beispielsweise in Nah-Fern-Situationen. Der Zweck besteht außerdem darin, ein Empfangsverfahren zu schaffen, das geringere Bitfehler-Verhältnisse als die herkömmlichen Verfahren zur Folge hat und auf der Implementierungsstufe keine anspruchsvollen Rechenoperationen umfaßt.

[0010] Dies wird mit dem Verfahren des im Oberbegriff beschriebenen Typs erzielt, bei dem ein abgetastetes Signal in eine Schätzeinrichtung eingegeben wird, die die Abtastwerte in der Weise verarbeitet, daß aus den Abtastwerten für jedes gewünschte Signal ein Schätzwert berechnet wird, indem sämtliche Abtastwerte verwendet werden, die während einer bestimmten Überwachungszeitspanne angekommen sind, und bei dem immer dann, wenn ein neuer Abtastwert bei der Schätzeinrichtung ankommt, anhand des angekommenen Abtastwerts ein Korrekturterm berechnet wird und die früher berechneten Schätzwerte mit dem berechneten Korrekturterm aktualisiert werden. Das Verfahren gemäß der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die erhaltenen Schätzwerte einer Nachverarbeitung unterworfen werden, in der die Signale verschiedener Anwender in kleinere Gruppen unterteilt werden, wovon jede die Signale von zwei oder mehr Anwendern umfaßt, und daß die Signale einer Gruppe gleichzeitig erfaßt werden, wobei jede Gruppe nacheinander erfaßt wird und die Signale der Gruppen, die bereits erfaßt wurden, regeneriert und aus der empfangenen Übertragung gelöscht werden, bevor die nächste Gruppe erfaßt wird.

[0011] Das Verfahren gemäß der Erfindung ist außerdem dadurch gekennzeichnet, daß die erhaltenen Schätzwerte einer Nachverarbeitung unterworfen werden, in der die Signale unterschiedlicher Anwender in kleinere Gruppen unterteilt werden, wovon jede die Signale von zwei oder mehr Anwendern umfaßt, und daß die Signale einer Gruppe gleichzeitig erfaßt werden, wobei jede Gruppe parallel erfaßt wird.

[0012] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf einen Empfänger, der Mittel, in denen ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal abgetastet wird, Mittel, in denen die in dem Signal enthaltenen relativen Verzögerungen der Übertragungen und die Übertragungsstärken anhand des empfangenen Signals gemessen werden, wobei die Übertragungen von einem oder mehreren Sendern ausgehen, sowie Mittel, deren Eingang das abgetastete Signal bildet, umfaßt, wobei Mittel vorgesehen sind, die aus den Abtastwerten für jede erwünschte Übertragung auf der Grundlage sämtlicher Abtastwerte, die während einer besonderen Überwachungszeitspanne angekommen sind, einen Schätzwert berechnen, anhand eines neuen Abtastwerts am Eingang der Mittel einen Korrekturterm berechnen und die berechneten Schätzwerte mit dem berechneten Korrekturterm aktualisieren.

[0013] Der Empfänger gemäß der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß er Nachverarbeitungsmittel umfaßt, die mit dem Ausgang der Schätzmittel verbunden sind, und daß die Nachverarbeitungsmittel Mittel, die das Signal in mehrere Gruppen unterteilen, wovon jede die Signale von wenigstens zwei Anwendern enthält, sowie Mittel, die so beschaffen sind, daß sie die Signale in jeder Gruppe gleichzeitig erfassen und jede Gruppe nacheinander erfassen, umfassen und daß der Empfänger ferner Regenerationsmittel und Mittel zum Extrahieren der Signale der bereits erfaßten Gruppen aus der empfangenen Übertragung vor der Erfassung der nächsten Gruppe umfaßt.

[0014] Der Empfänger gemäß der Erfindung ist ferner dadurch gekennzeichnet, daß er Nachverarbeitungsmittel umfaßt, die mit dem Ausgang der Schätzmittel verbunden sind, und daß die Nachverarbeitungsmittel Mittel, die das Signal in mehrere Gruppen unterteilen, wovon jede die Signale von wenigstens zwei Anwendern umfaßt, sowie Mittel, die so beschaffen sind, daß sie die Signale in jeder Gruppe gleichzeitig erfassen und jede Gruppe parallel erfassen, umfassen.

[0015] Das Verfahren gemäß der Erfindung verwendet eine einstellbare Überwachungszeitspanne, die sich über mehrere gesendete Datensymbole erstreckt und somit zuverlässige Schätzwerte ergibt. Das Verfahren gemäß der Erfindung ist ordnungsrekursiv, weshalb die Anzahl der Anwender und die Anzahl der Wege einfach erniedrigt und erhöht werden können. Die Länge der Überwachungszeitspanne kann anhand der Charakteristiken der empfangenen Signale wie etwa der Kreuzkorrelationseigenschaften der Signalformen der Anwender gewählt werden.

[0016] Die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung verwendet ein mehrstufiges Empfangsverfahren, bei dem die vorläufigen Schätzwerte, die durch die optimale lineare Schätzeinrichtung bereitgestellt werden, an einen geeigneten Nachverarbeitungsblock geliefert werden, wo eine zuverlässige Erfassung anhand der Schätzwerte mit einem geeigneten Erfassungsverfahren ausgeführt wird, beispielsweise mit einem Detektor des Viterbi-Typs oder mit einem anderen linearen oder nichtlinearen Detektor.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung genauer mit Bezug auf die Beispiele beschrieben, die den beigefügten Zeichnungen entsprechen, worin die **Fig. 1 bis 4** die Matrixoperationen veranschaulichen, die in dem Verfahren gemäß der Erfindung angewendet werden,

[0018] **Fig. 5** ein Blockschaltplan ist, der die Struktur eines Empfängers gemäß der Erfindung veranschaulicht,

[0019] **Fig. 6** ein Blockschaltplan ist, der die Struktur eines Detektorblocks eines Empfängers gemäß der En-

dung genauer veranschaulicht,

[0020] die Fig. 7a und 7b Blockschaltpläne sind, die alternative Implementierungen der zweiten Detektorstufe des Empfängers veranschaulichen und

[0021] Fig. 8 eine mögliche Struktur eines Kanalschätzblocks veranschaulicht.

[0022] In der Anordnung gemäß der Erfindung wird ein Signal, das empfangen und möglicherweise verarbeitet worden ist, in irgendeiner Weise abgetastet. Die Abtastwerte werden nicht wie in einem herkömmlichen Empfänger an angepaßte Filter geliefert, statt dessen wird jeder Abtastwert für eine optimale lineare Schätzeinrichtung (OLE) bereitgestellt. Die Schätzeinrichtung untersucht das empfangene abgetastete Signal während einer Überwachungszeitspanne, die sich über mehrere Datensymbole erstreckt, wobei die empfangenen Symbole anhand dessen geschätzt werden.

[0023] Das Empfangsverfahren gemäß der Erfindung kann sowohl in synchronen als auch in asynchronen Systemen angewendet werden. Das Verfahren ist unabhängig von der Anzahl der Anwender oder von der Anzahl der auf mehreren Wegen sich ausbreitenden Signalkomponenten jedes Anwenders anwendbar.

[0024] Die Überwachungszeitspanne kann die gleiche Dauer wie beispielsweise die Kanalkohärenzzeit haben. Die Überwachungszeitspanne wird ständig aktualisiert, wenn neue Abtastwerte bei der Schätzeinrichtung ankommen. Wenn in dem Verfahren gemäß der Erfindung ein neuer Abtastwert bei der Schätzeinrichtung ankommt, wird der Schätzwert des gewünschten Signals nicht vollständig erneut auf der Grundlage der verfügbaren Abtastwerte berechnet, vielmehr wird im Hinblick auf eine Verringerung der Anzahl der Rechnungen anhand des neuen Abtastwerts ein Korrekturterm berechnet und dazu verwendet, den anhand der vorhergehenden Abtastwerte berechneten Schätzwert zu aktualisieren. In dem Verfahren gemäß der Erfindung kann die Aktualisierung sequentiell unter Verwendung eines sogenannten SLS-Rechenverfahrens (sequentielles Rechenverfahren der kleinsten Quadrate) ausgeführt werden. Das Verfahren ist genauer in [1] R. W. Farebrother, Linear Least-Squares Computations, Marcel Dekker, New York, 1988 und [2] S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, Prentice-Hall, New Jersey, 1993, beschrieben, die als Literaturhinweise erwähnt werden, die die Erfindung beschreiben. Das Verfahren wird jedoch im folgenden kurz beschrieben.

[0025] Ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal $r(t)$ hat im allgemeinen die Form

$$r(t) = \sum_{k=1}^{K(t)} \sum_{m=-M(k)}^{M(k)} \sum_{l=1}^{L(t,k)} \alpha_{klm} b_{km} s_k(t - mT - d_{klm}) + w(t)$$

wobei α_{klm} eine komplexe Kanaldämpfung ist, b_{km} das Symbol des Anwenders ist, $s_k(t - mT - d_{klm})$ die Breitbandsignalfolge (Spreizcodefolge) des Anwenders ist, d_{klm} eine Verzögerung ist, die sich aus der Asynchronizität ergibt, und $w(t)$ ein Rauschen ist. Die Anzahl der Anwender $K(t)$ ist eine zeitlich veränderliche Funktion, $M(k)$ ist die Anzahl der zu sendenden Symbole und $L(t,k)$ ist die Anzahl der empfangenen Signalkomponenten, die von der Zeit und vom Anwender abhängt. $L(t,k)$ ändert sich in Abhängigkeit von der Zeit, da sich die Anzahl der auf mehreren Wegen sich ausbreitenden Signalkomponenten für verschiedene Anwender mit der Zeit ändert. Die gleiche Gleichung kann auch in Vektorform dargestellt werden:

$$R = Hu + w$$

wobei die Komponenten von u die Kanaldämpfung α_{klm} und die Eingangsterme der Symbole b_{km} des Anwenders umfaßt, w einen Rauschvektor umfaßt und H die Signalformen der Anwender sind: $H = [h_1, h_2, \dots, h_K]$. Diese Gleichung kann durch die folgende Formel

$$u = (H^T H)^{-1} H^T S$$

direkt nach der gewünschten Größe u aufgelöst werden, die Operation ist jedoch im Hinblick auf die Berechnung wegen der Matrixinversionsoperationen anspruchsvoll.

[0026] Wenn in den Verfahren gemäß der Erfindung ein neuer Abtastwert bei der Schätzeinrichtung ankommt, wird der Schätzwert nicht vollständig neu berechnet, da dies große Matrixberechnungen erfordern würde, statt dessen wird der vorhergehende Schätzwert $\hat{u}[n-1]$ anhand der in dem neuen Abtastwert enthaltenen Informationen mit dem zu berechnenden Korrekturterm aktualisiert:

$$\hat{u}[n] = \hat{u}[n-1] + G[n](r[n] - h^T \hat{u}[n-1])$$

wobei $G[n]$ ein Gewichtungskoeffizient ist, der von der Anzahl der Abtastwerte abhängt, und der Term in den Klammern einen möglichen Fehler beschreibt, der in dem alten Schätzwert durch die in dem neuen Abtastwert enthaltenen Informationen verursacht wird. h^T ist die neue horizontale Zeile in H , die dem neuen Abtastwert entspricht. Die obige Formel ist in dem obengenannten Literaturhinweis [2] genauer beschrieben.

[0027] In einem Zellenfunksystem ändern sich die Signalkomponenten des empfangenen Signals ständig in der Weise, daß sich auch die Anzahl der Anwender ständig ändert, wenn ein Anruf beginnt oder endet und außerdem dann, wenn sich die Anzahl der auf mehreren Wegen sich ausbreitenden Signalkomponenten ändert. Die Signalkomponenten ändern sich auch dann, wenn ein von einem Anwender gesendetes Signal in ein neues Symbol geändert wird. Die Anzahl der empfangenen Signalkomponenten ist somit von den obengenannten Termen K, L und M abhängig, die sich als Funktion der Zeit ändern. Aus diesem Grund müssen ständig große Matrixinversionsoperationen ausgeführt werden, wenn die obengenannte Matrixformel verwendet wird, die die Lösung für u ergibt.

[0028] Das Empfangsverfahren gemäß der Erfindung verwendet ein rekursives Rechenverfahren ORLS (ordnungsrekursives Rechenverfahren der kleinsten Quadrate), mittels dessen die obenerwähnten Matrixinversionsoperationen vermieden werden können und Signalkomponenten ohne große Rechnungen hinzugefügt oder gelöscht werden können. Die Schätzmatrix \hat{u}_k , die gemäß der Erfindung berechnet wird, wird rekursiv aktualisiert, wenn sich die Anzahl der Signalkomponenten in Abhängigkeit von K, L und M ändert, derart, daß die neue Anzahl der Komponenten verwendet wird, um einen Korrekturterm zu berechnen, mittels dessen eine neue Matrix \hat{u}_k anhand der vorhergehenden Schätzmatrix bereitgestellt wird. Daher besteht kein Bedarf an einer erneuten Berechnung der gesamten Matrix \hat{u} .

[0029] Es wird angenommen, daß bei einer bestimmten Anzahl von Signalkomponenten die zu lösende Gleichung die obenerwähnte Form $R = Hu + w$ hat. In diesem Beispiel wird angenommen, daß die Anzahl der Komponenten um eins erhöht wird. Entsprechend werden dann die Dimensionen der Rechenmatrizen geändert, was die folgende Gleichung ergibt:

$$\mathbf{R} = [\mathbf{Hh}_{n+1}] \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{u}_{n+1} \end{bmatrix} + \mathbf{w}$$

[0030] Die gewünschte neue Matrix \hat{u}' kann gemäß dem Verfahren anhand der vorhergehenden Matrix u mittels eines Korrekturkoeffizienten berechnet werden, der durch die folgende Formel gegeben ist:

$$\hat{\mathbf{u}}' = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{u}} - \mathbf{G}_1 \\ \mathbf{G}_2 \end{bmatrix}$$

wobei die Koeffizienten G_1 und G_2 anhand der Koeffizienten der neuen Spalte h_{n+1} , die zu der Matrix H hinzuzufügen ist, und anhand der früheren Terme der Matrix H berechnet werden. Das Verfahren ist genauer in dem obenerwähnten Literaturhinweis [2] beschrieben.

[0031] Die obenbeschriebenen Operationen können ohne die Matrixinversionsoperationen mit einfachen Transformationen ausgeführt werden. Eine Weise der Ausführung der erforderlichen Transformationen im Hinblick auf die Ausführung der obenerwähnten rekursiven Verfahren wird im folgenden beschrieben. Die Rechenverfahren, die zu offenbaren sind, sind eingehender in dem obenerwähnten Literaturhinweis [1] beschrieben. Es ist anzumerken, daß es auch andere bekannte Matrixrechenverfahren gibt, mittels derer die entsprechenden Operationen ausgeführt werden können, und daß das Verfahren gemäß der Erfindung nicht auf die hier beispielhaft angegebenen Operationen eingeschränkt ist.

[0032] Die zu untersuchende Gleichung hat die folgende Matrixform:

$$R = Hu + w$$

[0033] Um die Rechnungen zu vereinfachen, werden die Matrizen der Gleichung dazu verwendet, eine neue Matrix der Form $[H|R]$ zu bilden, d. h. der Vektor R wird zu der am weitesten rechts stehenden Spalte der Matrix H hinzugefügt. Das Ziel besteht darin, diese neue Matrix in die Form von **Fig. 1** zu ändern, wo die Matrix auf der linken Seite eine dreieckige Matrix **10** enthält und die anderen Terme mit Ausnahme der am weitesten rechts stehenden Spalte, die von null verschieden sein kann, alle null sind. In der Figur sind alle Terme, die einen von null verschiedenen Wert haben können, mit dem Buchstaben X bezeichnet. Die gewünschte Form wird erzielt unter Verwendung beispielsweise der sogenannten Haushälteroperation (Householder operation), mittels derer die Matrix in der Weise geändert werden kann, daß jeder Term unterhalb des gewünschten Terms in der Spalte null ist, und unter Verwendung der Givens-Drehung, mittels derer jeder Term in der Matrix null gemacht werden kann. Die Werte der anderen Terme in den Matrizen ändern sich selbstverständlich während dieser Operationen. Die Lösung der obengenannten Gleichung ändert sich jedoch nicht, da die obenbeschriebenen Operationen unitär sind, wie in dem obenerwähnten Literaturhinweis beschrieben ist.

[0034] Die durch die Matrix gebildete Gleichung kann, falls gewünscht, ausgehend von der obengenannten Form einfach gelöst werden, indem bei der unteren Ecke der dreieckigen Matrix begonnen wird und zeilenweise aufgestiegen wird. Dieses Verfahren wird in der Literatur Relokationsverfahren genannt.

[0035] Beispielsweise ist es mittels der obengenannten Operationen möglich, die Gleichung zu ändern, um

- die Überwachungszeitspanne zu ändern oder wenn sich die Anzahl der Signalkomponenten ändert, ohne daß Matrixinversionsoperationen ausgeführt werden müssen, die hinsichtlich der Rechnung anspruchsvoll sind.
- [0036] Im folgenden werden einige beispielhafte Fälle untersucht, um das Verfahren gemäß der Erfindung zu veranschaulichen. Andere ähnliche Matrixverarbeitungsbeispiele sind in dem obengenannten Literaturhinweis [1] offenbart. Es wird angenommen, daß in dem empfangenen Signal eine neue Signalkomponente erfaßt wird. Eine Spalte **20**, die der neuen Signalkomponente entspricht, wird dann zu der Matrix von **Fig. 1** auf der rechten Seite der dreieckigen Matrix hinzugefügt, woraufhin die Matrix von dem in **Fig. 2** gezeigten Typ ist. Die Matrix muß dann in die gewünschte Form von **Fig. 1**, die eine dreieckige Matrix und eine Spalte enthält, zurückgeändert werden. Dies geschieht durch Zurücksetzen der beiden untersten Terme der hinzugefügten Spalte beispielsweise mittels der Givens-Drehung. In der Givens-Drehung wird eine Matrix mit einer bestimmten berechenbaren unitären Matrix multipliziert, woraufhin der gewünschte Term zurückgesetzt werden kann. Falls entsprechend eine Signalkomponente aus der Überwachungszeitspanne gelöscht werden soll, geschieht dies durch Entfernen der am weitesten links befindlichen Spalte aus der Matrix. Eine Matrix des in **Fig. 2** gezeigten Typs wird dann zu der Matrix von **Fig. 3**. Damit die gewünschte Form wieder geschaffen werden kann, muß die Diagonale **30** unter Verwendung entweder der Haushälter- oder der Givens-Operation zurückgesetzt werden.
- [0037] Falls ferner die Überwachungszeitspanne mit einem neuen Abtastwert im Fall von **Fig. 1** aktualisiert wird, wird eine neue Zeile **40**, die dem neuen Abtastwert entspricht, gemäß **Fig. 4** zu der Matrix hinzugefügt. Um wieder die gewünschte Form zu schaffen, die die dreieckige Matrix enthält und anhand derer die Gleichung einfach gelöst werden kann, muß, falls gewünscht, die untere Zeile unter Verwendung beispielsweise der Givens-Matrixoperation zurückgesetzt werden.
- [0038] Die obenbeschriebenen Operationen können selbstverständlich auch ausgeführt werden, wenn die Abtastwerte und die Signalkomponenten nicht einzeln nacheinander, sondern in Gruppen verarbeitet werden, beispielsweise fünf Abtastwerte oder Signalkomponenten zu einer Zeit. Die erforderlichen Berechnungen sind in jedem Fall verhältnismäßig einfach.
- [0039] Mittels der OLE werden die erhaltenen Schätzwerte an die nächste Stufe des Empfängers geliefert, der einen geeigneten Erfassungsalgorithmus (EDA, Enhanced Detection Algorithm = verbesserter Erfassungsalgorithmus) enthält, bei dem zuverlässige Schätzwerte aus den empfangenen Symbolen durch eine Nachverarbeitung der Schätzwerte erhalten werden. Als Nachverarbeitung können lineare oder nichtlineare Signalverarbeitungsverfahren verwendet werden.
- [0040] Die zweite Stufe des Empfängers kann ein Detektor des sequentiellen Viterbi-Typs sein, der aufeinanderfolgende Kanalschätzergebnisse verwendet.
- [0041] Der Detektor zweiter Stufe kann auch auf einer blockweisen Verarbeitung basieren, wobei die Anwender auf der Grundlage eines geeigneten Kriteriums in Gruppen unterteilt werden und an den Signalen jeder Gruppe eine gleichzeitige Erfassung ausgeführt wird. Die Gruppen können entweder parallel oder nacheinander unter Verwendung von Störungskompensationsverfahren erfaßt werden. Diese Art von Verfahren ist genauer in der finnischen Patentanmeldung 943196, auf die hier Bezug genommen wird, beschrieben.
- [0042] Das Verfahren gemäß der Erfindung ist auf einen AWGN-Kanal, einen Mehrweg-Kanal und einen Schwund-Mehrweg-Kanal sowohl in synchronen als auch in asynchronen Datenübertragungssystemen anwendbar. Die einzige Vorbedingung für das Verfahren besteht darin, daß die gegenseitigen Verzögerungen der Signalkomponenten vor der ersten Erfassungsstufe (OLE) des Empfängers geschätzt werden können. Die Verzögerungen können mit bekannten Verfahren geschätzt werden, etwa mit einem angepaßten Filter, das Verfahren gemäß der Erfindung kann jedoch auch ein iteratives Rechenverfahren anwenden, das die erhaltenen Verzögerungsschätzwerte stufenweise über mehrere Iterationsdurchläufe genauer bestimmt, um den gewünschten Genauigkeitsgrad zu erhalten.
- [0043] In einem iterativen Verfahren wird ein empfangenes Signal zunächst mit einem angepaßten Filter gefiltert, das einen Schätzwert für die stärkste Signalkomponente jedes Anwenders liefert, wobei während des ersten Iterationsdurchlaufs diese stärkste geschätzte Signalkomponente jedes Anwenders aus dem empfangenen Signal extrahiert wird. Die zweitstärkste erfaßte Signalkomponente jedes Anwenders wird dann geschätzt und aus dem verbleibenden Signal extrahiert, wobei die Prozedur auf diese Weise durch ständiges Schätzen und Extrahieren der nächststärksten Signalkomponente aus dem Signal fortgesetzt wird, bis alle Komponenten geschätzt worden sind.
- [0044] In dem zweiten Iterationsdurchlauf werden Signale, die die stärkste Signalkomponente jedes Anwenders am meisten stören, aus dem empfangenen Signal extrahiert, woraufhin die stärkste Signalkomponente erneut geschätzt und aus dem Signal extrahiert wird. Die zweitstärkste Signalkomponente wird anschließend geschätzt und extrahiert. Eine entsprechende Operation zur Extraktion und Schätzung wird an den anderen Signalkomponenten in der Reihenfolge ihrer Größe ausgeführt. Die Verzögerungen können mit diesem Verfahren genau geschätzt werden, dennoch ist die Operation hinsichtlich der Rechnung noch immer nicht anspruchsvoll. Das offenbarte Kanalschätzverfahren ist genauer in der gleichzeitig anhängigen finnischen Patentanmeldung 944203, auf die hier Bezug genommen wird, beschrieben.

[0045] **Fig. 5** ist ein Blockschaltplan, der die Struktur eines Empfängers gemäß der Erfindung veranschaulicht. Die Figur zeigt den Empfänger eines Teilnehmerendgeräts, der Empfänger gemäß der Erfindung kann sich jedoch selbstverständlich auch in einer Basisstation befinden, wobei seine wesentlichen Teile, d. h. insbesondere die Detektorblöcke, in der gleichen Weise wie in dem Endgerät verwirklicht sind. Der Empfänger gemäß der Erfindung umfaßt eine Antenne **50**, die ein Signal empfängt, das an die Funkfrequenzteile **51** geliefert wird, wo das Signal in eine Zwischenfrequenz umgesetzt wird. Von den Funkfrequenzteilen wird das Signal an einen A/D-Umsetzer geliefert, wo das Signal in eine digitale Form umgesetzt wird. Das umgesetzte Signal wird an einen Detektorblock **53** geliefert, wo die gewünschten Symbole, die in dem Signal enthalten sind, erfaßt werden. In dem Empfänger des in **Fig. 5** gezeigten Endgeräts wird das erfaßte Signal an einen Kanaldecodierer **54** und an einen Sprachdecodierer **55** geliefert, von wo aus das decodierte Sprachsignal an einen Lautsprecher **56** geliefert wird. Falls sich der Empfänger in der Basisstation befindet, wird das Signal nach dem Detektorblock an andere Teile des Empfängers geliefert. Der Empfänger gemäß der Erfindung umfaßt ferner Steuermittel **57**, die die Operationen der anderen Teile steuern.

[0046] **Fig. 6** ist ein Blockschaltplan, der genauer die Ausführung eines Detektors in einem Empfänger gemäß der Erfindung veranschaulicht. Der Empfänger umfaßt Mittel **60**, die das empfangene Signal abtasten. Der Empfänger umfaßt außerdem Schätzmittel **61**, wo Verzögerungen der in dem empfangenen Signal enthaltenen Signalkomponenten geschätzt werden. Das abgetastete Signal und die Daten der Signalkomponenten sowie ihre Verzögerungen werden an ein erstes Detektormittel **62** geliefert, wo die gesendeten Symbole unter Verwendung der obenbeschriebenen Verfahren in der Weise geschätzt werden, daß die Schätzwerte rekursiv berechnet werden, indem sie jedesmal aktualisiert werden, wenn ein neuer Abtastwert ankommt, wobei die obenbeschriebenen Matrixrechenverfahren verwendet werden, die unter Verwendung eines oder mehrerer Signalprozessoren verwirklicht werden können. Die Schätzmittel **61** können außerdem eine Entscheidungsrückkopplung von den folgenden Erfassungsstufen des Empfängers verwenden. Die Schätzmittel werden dann mit Symbolschätzwerten und komplexen Dämpfungskoeffizienten **65**, **66** versorgt, die von den Detektoren erhalten werden und in der Schätzeinrichtung **61** bei der Berechnung der Verzögerungen verwendet werden können.

[0047] In seiner bevorzugten Ausführungsform umfaßt der Empfänger ferner zweite Detektormittel **63**, für die das Ausgangssignal **65** der ersten Detektormittel **62** den Eingang bildet und in denen eine genauere Erfassung für die Schätzwerte, die durch die ersten Detektormittel **62** berechnet werden, berechnet wird. Die zweite Detektorstufe kann einen Detektor des Viterbi-Typs, einen linearen oder nichtlinearen Signalverarbeitungsblock oder aber einen blockweise arbeitenden Detektor umfassen.

[0048] **Fig. 7a** veranschaulicht eine mögliche Struktur des zweiten Detektorblocks. Der Detektorblock umfaßt Mittel **70**, in denen das Signal in mehrere Gruppen unterteilt wird, wovon jede die Signale von wenigstens zwei Anwendern enthält, Mittel **71**, **76**, **81**, die jede Gruppe nacheinander erfassen, Regenerationsmittel **72**, **77** sowie Mittel **75**, **80**, die die Signale der bereits erfaßten Gruppen aus dem zu verarbeitenden Signal extrahieren, bevor die Erfassung des nächsten Blocks erfolgt. Der Detektorblock umfaßt außerdem Verzögerungsmittel **74**, **79**, in denen das zu verarbeitende Signal während der Erfassung und Regeneration gespeichert wird. **Fig. 7b** veranschaulicht eine alternative Ausführung des zweiten Detektorblocks, worin der Empfänger Mittel **71**, **76**, **81** zum parallelen Erfassen jeder Gruppe umfaßt. Die obenbeschriebene Struktur des zweiten Detektorblocks wird genauer in der obengenannten finnischen Patentanmeldung 943196 untersucht.

[0049] Die Schätzmittel **61**, in denen die Verzögerungen der Signalkomponenten, die in dem empfangenen Signal enthalten sind, geschätzt werden, können mit bekannter Technologie mittels eines angepaßten Filters implementiert sein, ein besseres Ergebnis wird jedoch mit Mitteln erhalten, die ein iteratives Verfahren anwenden. **Fig. 8** veranschaulicht eine mögliche Struktur der Mittel. Die Schätzmittel umfassen Mittel **83** zum Filtern des empfangenen Signals mit einem Filter, das an den Kanal angepaßt ist, und Mittel **83** zum Schätzen der Verzögerungen und Amplituden der stärksten empfangenen Signalkomponenten aus dem gefilterten Signal. Die Schätzeinrichtung umfaßt außerdem Mittel **85**, in denen die stärkste geschätzte Signalkomponente jedes Anwenders aus dem empfangenen Signal extrahiert wird und in denen die zweitstärkste erfaßte Signalkomponente jedes Anwenders aus dem verbleibenden Signal geschätzt wird. Die Schätzeinrichtung umfaßt Mittel **85** zum ständigen Schätzen und Extrahieren der nächststärksten Signalkomponente aus dem Signal, bis alle Komponenten geschätzt worden sind.

[0050] Um den zweiten Durchlauf der Iteration auszuführen, umfaßt die Schätzeinrichtung Mittel **86** zum Extrahieren der Signale, die die stärkste Signalkomponente jedes Anwenders am meisten stören, aus dem empfangenen Signal, Mittel **86**, die erneut die stärkste Signalkomponente schätzen und extrahieren, und Mittel **86**, die die anderen Signalkomponenten in der Reihenfolge ihrer Größe schätzen und extrahieren, wobei der Empfänger Mittel **87** umfaßt, die eine erforderliche Anzahl von Iterationsdurchläufen an dem empfangenen Signal ausführen. Die Schätzeinrichtung umfaßt außerdem Speichermittel **84**, die das empfangene Signal während der Iterationsdurchläufe speichern. Die beschriebenen Kanalschätzmittel **61** werden in der gleichzeitig anhängigen finnischen Patentanmeldung 944203, auf die hier Bezug genommen wird, genauer untersucht.

[0051] Obwohl die Erfindung mit Bezug auf das Beispiel gemäß der beigefügten Zeichnungen beschrieben

worden ist, ist die Erfindung selbstverständlich nicht darauf eingeschränkt, sondern kann in vielen Weisen innerhalb des Umfangs des Erfindungsgedankens, der in den beigefügten Ansprüchen offenbart ist, abgewandelt werden.

Patentansprüche

1. Empfangsverfahren, bei dem ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal abgetastet wird, bei dem die relativen Übertragungsverzögerungen, die in dem Signal enthalten sind, und die Übertragungsstärken an dem empfangenen Signal gemessen werden, wobei die Übertragungen von einem oder mehreren Sendern ausgehen, bei dem ein abgetastetes Signal in eine Schätzeinrichtung (62) eingegeben wird, die die Abtastwerte in der Weise verarbeitet, daß aus den Abtastwerten für jedes gewünschte Signal ein Schätzwert berechnet wird, indem sämtliche Abtastwerte, die während einer bestimmten Überwachungsperiode angekommen sind, verwendet werden, und bei dem immer dann, wenn ein neuer Abtastwert bei der Schätzeinrichtung (62) ankommt, anhand des Abtastwerts, der angekommen ist, ein Korrekturterm berechnet wird und die vorher berechneten Schätzwerte mit dem berechneten Korrekturterm aktualisiert werden,

dadurch gekennzeichnet, daß

die erhaltenen Schätzwerte einer Nachverarbeitung unterworfen werden, bei der die Signale unterschiedlicher Anwender in kleinere Gruppen unterteilt werden, wovon jede die Signale von zwei oder mehr Anwendern enthält, und die Signale einer Gruppe gleichzeitig erfaßt werden, und jede Gruppe nacheinander erfaßt wird und die Signale der bereits erfaßten Gruppen regeneriert und aus der empfangenen Übertragung gelöscht werden, bevor die nächste Gruppe erfaßt wird.

2. Empfangsverfahren, bei dem ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal abgetastet wird, bei dem die relativen Übertragungsverzögerungen, die in dem Signal enthalten sind, und die Übertragungsstärken an dem empfangenen Signal gemessen werden, wobei die Übertragungen von einem oder mehreren Sendern ausgehen, und bei dem ein abgetastetes Signal in eine Schätzeinrichtung (62) eingegeben wird, die die Abtastwerte in der Weise verarbeitet, daß für jedes gewünschte Signal aus den Abtastwerten ein Schätzwert berechnet wird, indem alle Abtastwerte, die während einer bestimmten Überwachungsperiode angekommen sind, verwendet werden,

wobei immer dann, wenn ein neuer Abtastwert bei der Schätzeinrichtung (62) ankommt, anhand des Abtastwerts, der angekommen ist, ein Korrekturterm berechnet wird, und

die früher berechneten Schätzwerte mit dem berechneten Korrekturterm aktualisiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß

die erhaltenen Schätzwerte einer Nachverarbeitung unterworfen werden, bei der

die Signale unterschiedlicher Anwender in kleinere Gruppen unterteilt werden, wovon jede die Signale von zwei oder mehr Anwendern enthält, und die Signale einer Gruppe gleichzeitig erfaßt werden, und jede Gruppe parallel erfaßt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die berechneten Schätzwerte unter Verwendung bekannter Matrizenoperationen aktualisiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Überwachungsperiode von den Eigenschaften der empfangenen Signalkomponenten abhängt.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schätzwerte immer dann aktualisiert werden, wenn die Anzahl der Signalkomponenten geändert werden soll.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig zwei oder mehr aufeinanderfolgende Abtastwerte als Eingang für die Schätzeinrichtung verwendet werden, bevor die Schätzwerte aktualisiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverarbeitung die Formung der Schätzwerte mit linearen oder nichtlinearen Filterungsverfahren umfaßt.

8. Empfänger, der Mittel (60), in denen ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal abgetastet wird, Mittel (61), in denen die relativen Übertragungsverzögerungen, die in dem Signal enthalten sind, und die Übertragungsstärken an dem empfangenen Signal gemessen werden, wobei die Übertragungen von einem oder mehreren Sendern ausgehen, und Mittel (62), deren Eingang das abgetastete Signal (64) bildet, umfaßt, wobei diese Mittel (62) so beschaffen sind, daß sie auf der Grundlage aller Abtastwerte, die während einer bestimmten Überwachungsperiode angekommen sind,

aus diesen Abtastwerten einen Schätzwert für jede gewünschte Übertragung berechnen, auf der Grundlage eines neuen Abtastwerts am Eingang dieser Mittel **(62)** einen Korrekturterm berechnen und die berechneten Schätzwerte mit dem berechneten Korrekturterm aktualisieren, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger Nachverarbeitungsmittel **(63)** enthält, die an den Ausgang der Schätzmittel **(62)** angeschlossen sind und versehen sind mit Mitteln **(70)**, die das Signal **(65)** in mehrere Gruppen unterteilen, wovon jede die Signale von wenigstens zwei Anwendern umfaßt, sowie mit Mitteln **(71, 76, 81)**, die so beschaffen sind, daß sie die Erfassung von Signalen in jeder Gruppe gleichzeitig ausführen und jede Gruppe nacheinander erfassen, und der Empfänger ferner Regenerationsmittel **(72, 77)** sowie Mittel **(75, 80)**, die die Signale der bereits erfaßten Gruppen aus der empfangenen Übertragung extrahieren, bevor die nächste Gruppe erfaßt wird, umfaßt.

9. Empfänger, der Mittel **(60)**, in denen ein empfangenes asynchrones CDMA-Signal abgetastet wird, Mittel **(61)**, in denen die relativen Übertragungsverzögerungen, die in dem Signal enthalten sind, und die Übertragungsstärken an dem empfangenen Signal gemessen werden, wobei die Übertragungen von einem oder mehreren Sendern ausgehen, und Mittel **(62)**, deren Eingang das abgetastete Signal **(64)** bildet, umfaßt, wobei diese Mittel **(62)** so beschaffen sind, daß sie auf der Grundlage aller Abtastwerte, die während einer bestimmten Überwachungsperiode angekommen sind, aus den Abtastwerten für jede gewünschte Übertragung einen Schätzwert berechnen, auf der Grundlage eines neuen Abtastwerts am Eingang dieser Mittel **(62)** einen Korrekturterm berechnen und die berechneten Schätzwerte mit dem berechneten Korrekturterm aktualisieren, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger Nachverarbeitungsmittel **(63)** enthält, die mit dem Ausgang der Schätzmittel **(62)** verbunden sind und versehen sind mit Mitteln **(70)**, die das Signal **(65)** in mehrere Gruppen unterteilen, wovon jede die Signale von wenigstens zwei Anwendern enthält, sowie mit Mitteln **(71, 76, 81)**, die so beschaffen sind, daß sie eine gleichzeitige Erfassung der Signale in jeder Gruppe ausführen und jede Gruppe parallel erfassen.

10. Empfänger nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger Mittel **(62)** umfaßt, die die Länge der Überwachungsperiode anhand der Eigenschaften des empfangenen Signals auswählen.

11. Empfänger nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverarbeitungsmittel **(63)** so beschaffen sind, daß sie zuverlässige Kanal- und Symbolschätzungen für die empfangenen Übertragungen auf der Grundlage der vorherigen Schätzwerte, die als der Eingang dienen, berechnen.

12. Empfänger nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schätzmittel **(62)** zwei oder mehr Abtastwerte aus der Abtastleitung, die am Eingang ankommt, sammeln, bevor ein Korrekturkoeffizient für die Schätzwerte anhand der Abtastwerte berechnet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

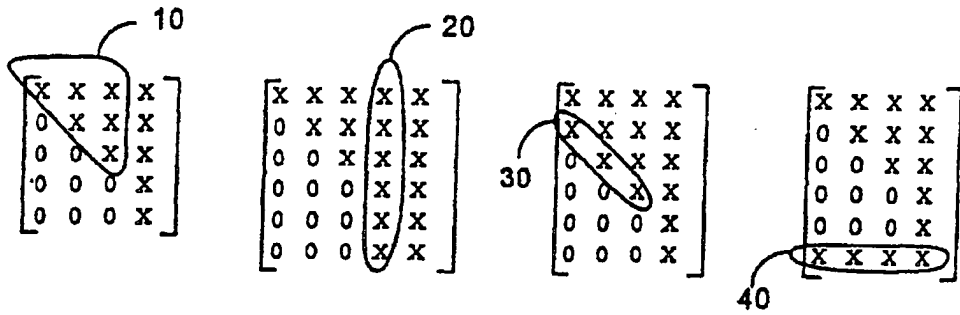


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

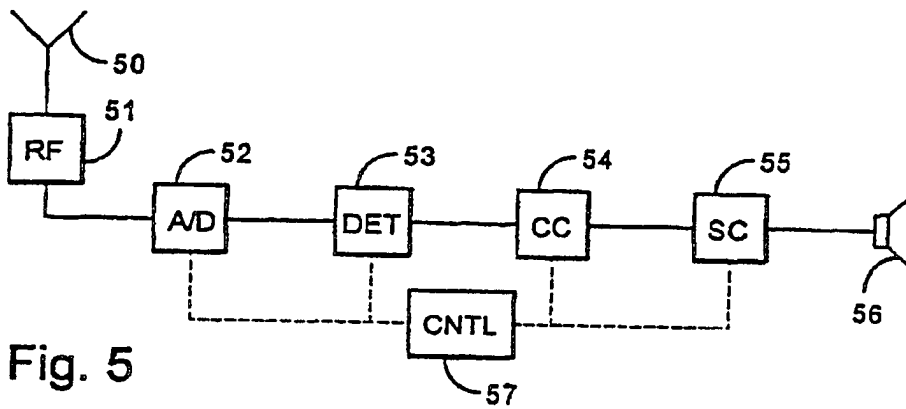


Fig. 5

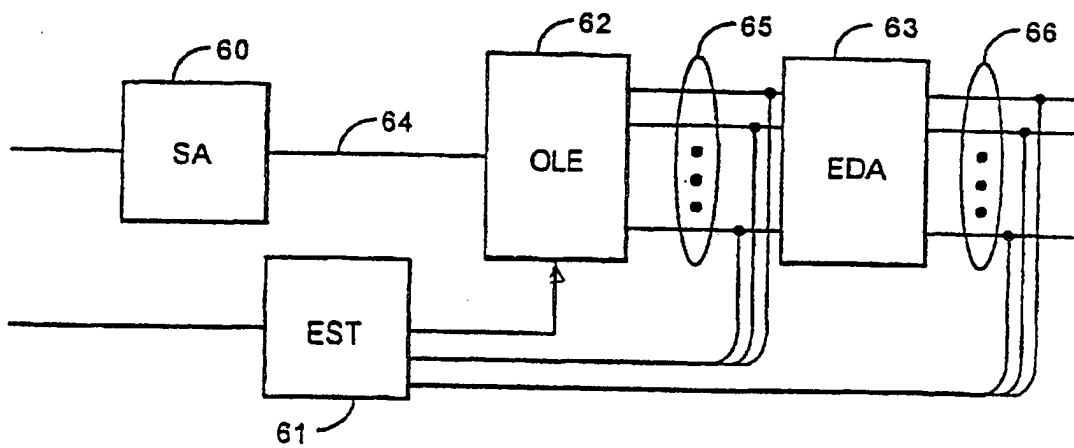


Fig. 6

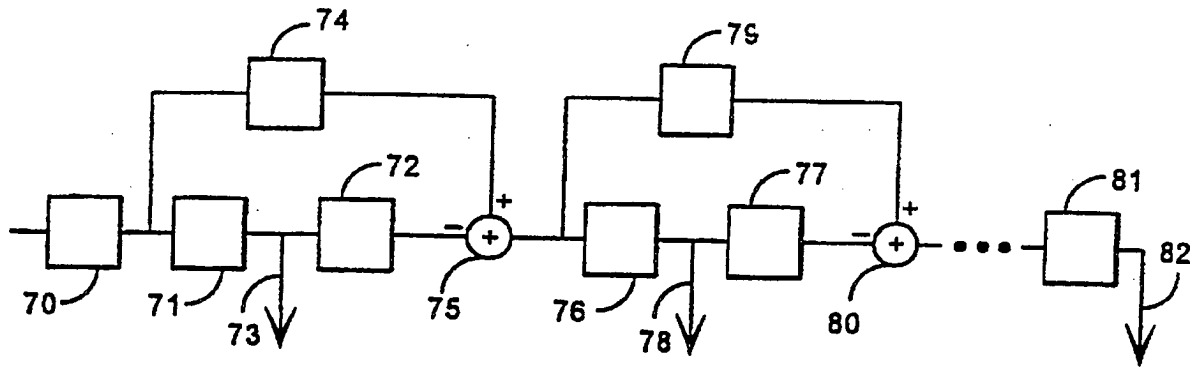


Fig. 7a

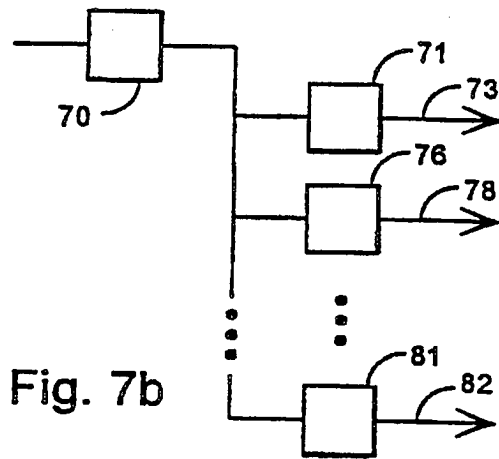


Fig. 7b

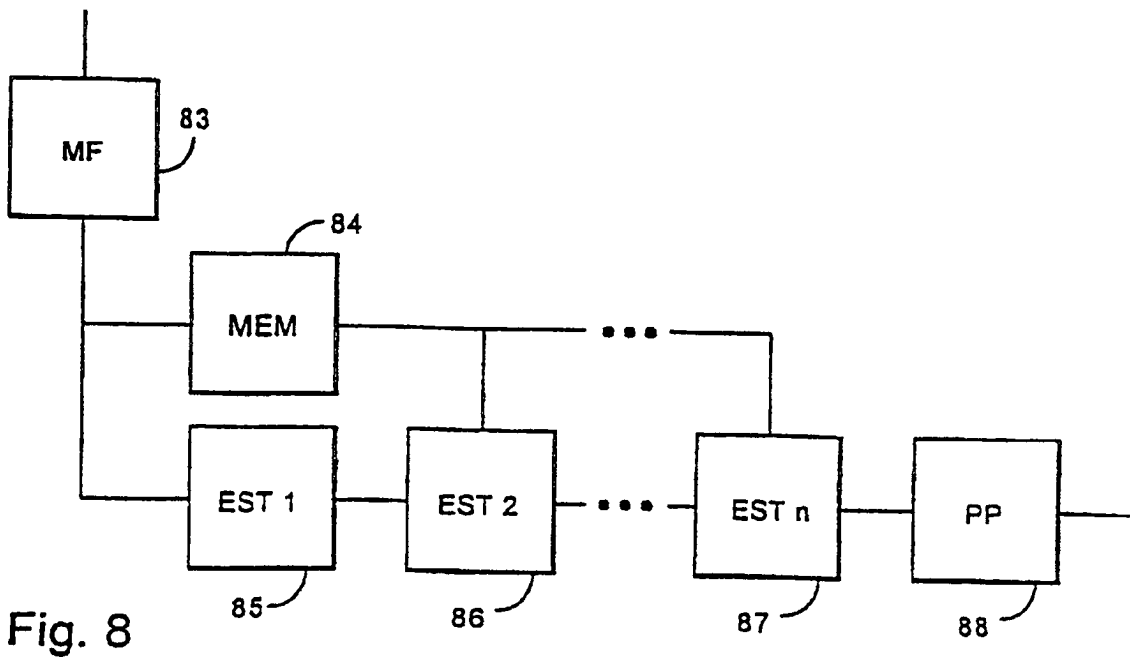


Fig. 8