



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 32 916 T2** 2007.03.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 032 157 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 32 916.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 103 546.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.02.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.08.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H04L 7/04** (2006.01)
H04L 7/10 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

Sony Deutschland GmbH, 10785 Berlin, DE

(74) Vertreter:

**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FI, FR, GB, IT, NL, SE

(72) Erfinder:

**Böhnke, c/o Sony International (Europe) GmbH,
Ralf, 70736 Fellbach, DE; Dölle, c/o Sony
International (Europe) GmbH, Thomas, 70736
Fellbach, DE; Konschak, c/o Sony
International (Europe) GmbH, Tino, 70736 Fellbach,
DE**

(54) Bezeichnung: **Empfangsvorrichtung und Synchronisationsverfahren für ein digitales Nachrichtenübertragungssystem**

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 bezieht sich eine Empfangsvorrichtung zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem und auf ein Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer solchen Empfangsvorrichtung. Im Besonderen verwenden die Empfangsvorrichtung und das Synchronisierungsverfahren der vorliegenden Erfindung einen Kreuzkorrelationsmechanismus, um eine exakte Zeit- und Frequenzsynchronisierung zu verwirklichen.

[0002] Bei digitalen Telekommunikationssystemen ist allgemein eine Synchronisierung von Sende- und Empfangsseite erforderlich. Die Sendeseite und die Empfangsseite können zum Beispiel Basisstationen von Mobilstationen eines Telekommunikationssystems sein, wobei die Synchronisierung der Zeitsteuerung und der Frequenz der gesendeten Signale in der Regel in der Mobilstation durchgeführt wird. Um eine Synchronisierung zu erzielen, wird bekanntlich eine spezielle Trainingssequenz oder ein Referenzsymbol übertragen. Solch ein Referenzsymbol wird in der Regel in die Sendedatenstruktur eingebettet und regelmäßig gesendet, so dass eine Synchronisierung regelmäßig durchgeführt wird.

[0003] In [Fig. 1](#) wird eine allgemeine Struktur einer Empfangsvorrichtung dargestellt. Die Empfangsvorrichtung kann zum Beispiel eine Mobilstation eines digitalen Funktelekommunikationssystems sein. Obwohl die vorliegende Erfindung sich im Wesentlichen auf das Empfangsteil eines Telekommunikationsendgerätes bezieht, versteht es sich, dass das Empfangsteil oder die Empfangsvorrichtung der vorliegenden Erfindung auch ein Empfangs- oder Sendeendgerät oder ein Teil davon sein können.

[0004] Die in [Fig. 1](#) dargestellte Empfangsvorrichtung **1** umfasst eine Antenne **2** zum Empfang von Signalen von der Sendeseite, z. B. von einer Basisstation eines digitalen Funktelekommunikationssystems. Die empfangenen Signale **2** werden einer HF-Einrichtung (Hochfrequenzeinrichtung) **3** zugeführt, die die empfangenen Hochfrequenzsignale in das Basisband herunterkonvertiert. Die herunterkonvertierten Signale werden dann an eine IQ-Demodulationseinrichtung geliefert, in der sie demoduliert und an eine Synchronisierungseinrichtung **5** geliefert werden.

[0005] Die Synchronisierungseinrichtung führt die Zeit- und Frequenzsynchronisierung mit einer empfangenen Trainingssequenz oder einem Referenzsymbol aus, wie oben ausgeführt. Mit der Synchronisierungsinformation der Synchronisierungseinrichtung **5** werden die empfangenen Benutzerdatensignale weiter in der Empfangsvorrichtung verarbeitet, z. B. durch eine Dekodiereinrichtung **6** und so weiter,

die einem Benutzer in sichtbarer oder hörbarer Form zur Verfügung gestellt werden müssen. In der Regel wird die Synchronisierung in der Synchronisierungseinrichtung **5** im Zeitbereich durchgeführt.

[0006] Allgemein formuliert, führt die Synchronisierungseinrichtung **5** eine Zeitbereichskorrelation **20** zwischen dem Referenzsymbol (oder Teilen des Referenzsymbols) und einer verzögerten Version des empfangenen Referenzsymbols (oder Teilen des Referenzsymbols) durch, um das Referenzsymbol (oder Teile des Referenzsymbols) zu bestimmen und somit die Zeitsteuerung für die Synchronisierung zu ermitteln. Dabei wird eine Korrelationsspitze berechnet, die möglichst exakt dem Zeitpunkt des letzten Musterelements bzw. des Tastwerts oder der Abtastprobe des Referenzsymbols entsprechen sollte.

[0007] Um eine gut erfassbare Korrelationsspitze zu verwirklichen, besteht das Referenzsymbol in der Regel aus einer Vielzahl von Synchronisierungsmustern, die mehrmals in einer Referenzsymbolperiode wiederholt werden. Die Synchronisierungsmuster weisen in der Regel dieselbe Gestalt oder Form auf und werden somit in der vorliegenden Erfindung als Wiederholungsmuster bezeichnet. Ein Referenzsymbol enthält daher verschiedene Wiederholungsmuster, wobei ein jedes Wiederholungsmuster aus einer Vielzahl von Musterelementen besteht. Jedes Wiederholungsmuster weist dieselbe Anzahl von Musterelementen auf. Zwischen dem Referenzsymbol und den benachbarten Benutzerdatensymbolen können Schutzintervalle eingefügt werden, um eine Störung zwischen den Symbolen in einer Mehrwegeumgebung des Telekommunikationssystems zu vermeiden.

[0008] Die Zeitbereichskorrelation des empfangenen Referenzsymbols in der Empfangsvorrichtung **1** kann z. B. auf der Basis eines Autokorrelationsmechanismus oder eines Kreuzkorrelationsmechanismus verwirklicht werden. Ein Autokorrelationsmechanismus benötigt dabei keine Kenntnisse über das Referenzsymbol auf der Empfangsseite, wobei ein Kreuzkorrelationsmechanismus die exakte Kenntnis des Referenzsymbols benötigt, das auf der Empfangsseite empfangen werden soll. Wie oben ausgeführt, bezieht sich die Erfindung insbesondere auf eine Empfangsvorrichtung und ein Synchronisierungsverfahren, die einen Kreuzkorrelationsmechanismus verwenden.

[0009] Eine bekannte Kreuzkorrelationseinrichtung **7** wird in [Fig. 2](#) dargestellt. Die Kreuzkorrelationseinrichtung **7** korreliert die Eingangssignale $y(i)$, die z. B. von der IQ-Demodulationseinrichtung **4** stammen, kreuzweise in einem Kreuzkorrelationsfenster der Länge **16**. Die Länge **16** des Kreuzkorrelationsfensters bedeutet, dass das digitale Eingangssignal $y(i)$ Musterelement für Musterelement basierend auf ei-

ner Länge von 16 Musterelementen kreuzweise korreliert wird. Die Länge des Kreuzkorrelationsfensters von 16 Musterelementen kann dabei der Länge eines Wiederholungsmusters des Referenzsymbols entsprechen. In [Fig. 3](#) wird ein Referenzsymbol mit 9 Wiederholungsmustern dargestellt, wobei ein Wiederholungsmuster 16 Musterelemente umfassen kann. Die Empfangsvorrichtung **1** kennt die Struktur des zu empfangenen Referenzsymbols genau. Eine komplexe konjugierte Version eines erwarteten Wiederholungsmusters wird in der Synchronisierungseinrichtung **5** gespeichert und mit den empfangenen Signalen kreuzweise korreliert.

[0010] Die Kreuzkorrelationseinrichtung **7** von [Fig. 2](#), die eine Kreuzkorrelationsfensterlänge von 16 aufweist, umfasst 15 seriell angeordnete Verzögerungseinrichtungen **8**. Die erste Verzögerungseinrichtung verzögert das komplexe Eingangssignal $y(i)$ durch ein Musterelement, was einer Multiplikation mit einem Faktor z^{-1} entspricht. Die zweite Verzögerungseinrichtung verzögert das Ausgangssignal der ersten Verzögerungseinrichtung wiederum um ein Musterelement und so weiter. Weiterhin umfasst die Kreuzkorrelationseinrichtung **7** 16 Multiplikationseinrichtungen **9** und eine Summeneinrichtung **10**. Die Verzögerungseinrichtung **8**, die Multiplikationseinrichtung **9** und die Summeneinrichtung **10** sind so ausgebildet, dass ein Eingangssignal mit einer Länge von 16 Musterelementen mit einer komplexen konjugierten Version der Musterelemente eines Wiederholungsmusters kreuzweise korreliert wird. Die komplexen konjugierten Musterelemente der erwarteten Wiederholungsmuster werden z. B. in der Synchronisierungseinrichtung des Empfängers gespeichert und entsprechend in die Multiplikationseinrichtung **9** ausgelesen. Es wird zum Beispiel ein erstes empfangenes Musterelement $y(0)$ mit einer komplexen konjugierten Version des ersten Musterelements des erwarteten Wiederholungsmusters multipliziert, d. h. $y^*(0) = s_0^*$. Das nächste empfangene Musterelement $y(1)$ wird multipliziert mit $y^*(1) = s_1^*$ und so weiter. Die Summeneinrichtung **10** addiert alle Ergebnisse aus der Multiplikationseinrichtung **9**, so dass ein Ausgangssignal $r(i)$ erhalten wird. Das Ausgangssignal $r(i)$ der Summeneinrichtung **10** wird an eine Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **11** geliefert, die den Absolutwert $r(i)$ zur Erfassung einer Kreuzkorrelationsspitze ermittelt. Die Kreuzkorrelationseinrichtung **7** und die Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **11**, die in [Fig. 2](#) dargestellt sind, können in der Synchronisierungseinrichtung **5** der in [Fig. 1](#) dargestellten Empfangsvorrichtung enthalten sein.

[0011] In [Fig. 3](#) wird die Kreuzkorrelationsspitzenenerfassung beschrieben, die von der Kreuzkorrelationseinrichtung **7** und der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **11**, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, durchgeführt werden. [Fig. 3](#) zeigt drei verschiedene

Phasen einer Kreuzkorrelation eines Eingangssignals. In Phase 1 befindet sich das Korrelationsfenster **13** der Kreuzkorrelationseinrichtung **7** auf den empfangenen Benutzerdaten, dies bedeutet, dass nur die Benutzerdaten kreuzweise korreliert werden. Die Benutzerdaten werden durch "???" angegeben. Folglich wird keine Kreuzkorrelationsspitze erfasst. In Phase 2 stimmt das Korrelationsfenster **13** exakt mit dem achten Wiederholungsmuster S_7 des Referenzsymbols **12** überein, so dass eine entsprechende Kreuzkorrelationsspitze erfasst wird. In Phase 3 korreliert das Kreuzkorrelationsfenster **13** wiederum Benutzerdaten "???" kreuzweise, so dass keine Kreuzkorrelationsspitze erfasst wird.

[0012] Das in [Fig. 3](#) dargestellte Referenzsymbol **12** umfasst 9 Wiederholungsmuster S_0, S_1, \dots, S_8 , die eine identische Form aufweisen. Jedes der Wiederholungsmuster umfasst zum Beispiel 16 Musterelemente, was einer Kreuzkorrelationsfensterlänge von 16 der Kreuzkorrelationseinrichtung **7** in [Fig. 2](#) entspricht. Natürlich können die Anzahl der Wiederholungsmuster in dem Referenzsymbol **12** und die Anzahl der Musterelemente in jedem Wiederholungsmuster geändert und an die entsprechende Anwendung angepasst werden.

[0013] Wie oben dargelegt, benötigt der Kreuzkorrelationsmechanismus die exakte Kenntnis des Referenzsymbols, das auf der Empfangsseite empfangen werden soll. Dies bedeutet, dass die Empfangsvorrichtung exakt die Struktur und die Anzahl der Wiederholungsmuster wissen muss, um die letzte Kreuzkorrelationsspitze erkennen zu können, die zur Zeit- und Frequenzsynchronisierung dient. Andererseits, wenn eine der Kreuzkorrelationsspitzen nicht korrekt erkannt wird, ist die Synchronisierung nicht erfolgreich. In mobilen Kommunikationsumgebungen, in der Mehrwegeschwund die Leistung zur Erfassung von Korrelationen verschlechtert, wird somit die Synchronisierungsleistung in einer bekannten Empfangsvorrichtung des Telekommunikationssystems signifikant gesenkt.

[0014] WO 97/36395 legt eine Empfangsvorrichtung und ein Empfangsverfahren für den Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem offen. Die Synchronisierung wird durch Verwendung einer sequenziellen Korrelationstechnik erzielt. Hiermit wird eine digitale Sequenz, die dem Empfänger bekannt ist, einer Vielzahl von Segmenten zugewiesen. Die Segmente werden Segment für Segment in einem Korrelator korreliert. Die Segmente können dieselben oder unterschiedliche Bitmuster aufweisen. Der Korrelator korreliert eine empfangene digitale Sequenz und eine dem Korrelator bekannte Sequenz. Für jede empfangene digitale Sequenz wird ein Ausgangssignal erhalten, das proportional zur Korrelation zwischen der empfangenen und der bekannten digitalen Sequenz ist. Die Sequenz kann

in eine vorab festgelegte Anzahl von Segmenten unterteilt werden, wobei die Korrelation segmentweise ausgeführt wird. Die [Fig. 4](#), 5a, [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen einige Beispiele, wie eine Sequenz in zwei Segmente aufgeteilt werden kann. Hierdurch zeigt [Fig. 7](#) eine Sequenz mit vier Segmenten gleicher Länge und gleichen Bitmustern mit Ausnahme von Segment S3, das in Bezug auf die anderen Segmente invertiert wird. Die verschiedenen Segmente in [Fig. 7](#) werden relativ zueinander invertiert. Diese Segmentinvertierung kann in verschiedener Weise gewählt werden. So kann beispielsweise eine Segmentinvertierung zufällig sein oder in Hinblick auf gute Auto-Eigenschaften und Kreuzkorrelationseigenschaften ausgewählt werden. Weiterhin, wenn ein invertiertes Segment in dem Korrelator mit den Korrelationskoeffizienten korreliert wird, die für ein nicht-invertiertes Segment vorgesehen sind, wird ein Ausgangssignal erhalten, dessen Wert gleich groß ist wie ein nicht-invertiertes Signal, obwohl mit einem negativen Wert versehen.

[0015] DE 27 56 923 A bezieht sich im Allgemeinen auf die Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung auf der Basis eines empfangenen Synchronisierungsmusters ("Synchronisationszeichen", siehe Seite 10, letzter Absatz). [Fig. 1](#) zeigt die hierarchische Struktur des Synchronisierungsmusters in k Schritten. Die Dekodierung auf der Empfangsseite wird in diesen k Schritten durchgeführt, wobei das Ergebnis eines jeden Schritts weiter vom nachfolgenden Schritt verarbeitet wird (siehe Seite 11, erster Absatz).

[0016] Die erste Zeile von [Fig. 1](#) zeigt, dass das Synchronisierungsmuster aus den Grundmustern M0(F) und der invertierten Version von M0(F) besteht. Jedes dieser Grundmuster umfasst 7 binäre Musterelemente. M0(F) besitzt die binären Musterelemente "1110010" und die invertierte Version von M0(F) besitzt die binären Musterelemente "0001101" (siehe Seite 12, zweiter Absatz). Im Empfänger wird das empfangene Synchronisierungsmuster mit einer bekannten Sequenz verglichen, die aus den 7 binären Beispielen "1110010" besteht (siehe [Fig. 3](#) und die zugehörige Beschreibung).

[0017] Daher bildet M0(F), das die erwähnten 7 binären Beispiele umfasst, ein Grundmuster, wobei das Synchronisierungsmuster aus mehreren solchen Grundmustern besteht. Hiermit werden einige der Grundmuster in Bezug auf die anderen Grundmuster phaseninvertiert. Im Empfänger wird eine Kreuzkorrelation mit einem Kreuzkorrelationsfenster durchgeführt, das die Länge eines Grundmusters hat. Die Erfassung und Korrektur von Fehlern auf der Empfangsseite und die Synchronisierung wird in hierarchischer Weise durchgeführt, um die Synchronisierung zu beschleunigen.

[0018] Das Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer Empfangsvorrichtung für den Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem und eines Synchronisierungsverfahrens zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem, das eine verbesserte Synchronisierungsleistung und Exaktheit bietet.

[0019] Dieses Ziel wird durch eine Empfangsvorrichtung gemäß Anspruch 1 und mit einem Synchronisierungsverfahren gemäß Anspruch 11 erreicht.

[0020] Die Empfangsvorrichtung und das Synchronisierungsverfahren der vorliegenden Erfindung bieten dabei eine verbesserte Kreuzkorrelationsleistung für die Zeit- und Frequenzsynchronisierung, insbesondere mit exakten Informationen für die Zeitsteuerung der Synchronisierung. Die vorliegende Erfindung ist besonders leistungsstark bei der Synchronisierung in einer mobilen Telekommunikationsumgebung, in der Mehrwegeschwund die Leistung und Exaktheit der Synchronisierung verschlechtert. Die Empfangsvorrichtung und das Synchronisierungsverfahren sind anwendbar auf Einträgersysteme (Single Carrier) wie auch auf Mehrträgersysteme (Multicarrier) wie OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)-Systeme.

[0021] Da die letzten Wiederholungsmuster in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster phasenverschoben sind, kann eine exakte Information zum Synchronisierungszeitpunkt erzielt werden, indem die Kreuzkorrelationsspitze und die relative Phase der Kreuzkorrelationsspitze beobachtet werden. Mehr als zwei Wiederholungsmuster verbessern die Leistung. Zweckmäßigerweise wird das phasenverschobene Wiederholungsmuster um 180° in Bezug auf das andere Wiederholungsmuster phasenverschoben. Hierdurch ist eine sehr exakte und zuverlässige Phasenerfassung möglich.

[0022] Zweckmäßigerweise wird die Phasenwechselinformation der beiden Wiederholungsmuster im Referenzsymbol in der Synchronisierungseinrichtung verwendet, um eine Kreuzkorrelationsspitze zu erfassen, die die Position des letzten Wiederholungsmusters angibt. Die Korrelationsspitzeninformation wird unter Verwendung der Phasenwechselinformation der beiden Wiederholungsmuster berechnet, die eine exakte und zuverlässige Erfassung der Korrelationsspitzenposition und somit des Synchronisierungszeitpunkts erlauben.

[0023] Wenn gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung die Kreuzkorrelationseinrichtung eine Länge des Kreuzkorrelationseinrichtungsfensters aufweist, die der Länge eines Wiederholungsmusters entspricht, wird einer Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Kreuzkorrelationsspitze ein Ausgangssi-

gnal der Kreuzkorrelationseinrichtung zugeführt. In dem Fall, dass die Wiederholungsmuster des verwendeten Referenzsymbols jeweils eine Länge von 16 Musterelementen aufweisen, wird das Kreuzkorrelationsfenster auch auf 16 Musterelemente eingestellt, so dass die Kreuzkorrelationseinrichtung auf ein einzelnes Wiederholungsmuster abgestimmt wird. Hierbei umfasst die Erfassungseinrichtung zweckmäßigerweise eine Verzögerungseinrichtung zur Verzögerung des Ausgangssignals der Kreuzkorrelationseinrichtung um eine Länge des Wiederholungsmusters und eine Subtraktionseinrichtung zur Subtraktion des Ausgangssignals der Verzögerungseinrichtung vom Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung. Weiterhin zweckmäßig kann eine Durchschnittsbildungseinrichtung enthalten sein, um das Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung zu glätten. Gemäß diesem einen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein empfangenes komplexes Datensignal, das der Länge eines Wiederholungsmusters in der Kreuzkorrelationseinrichtung entspricht, kreuzweise korreliert und in der Erfassungseinrichtung mit dem entsprechenden nachfolgenden Datensignal verglichen, das die Länge eines Wiederholungsmusters aufweist. Somit werden die beiden Wiederholungsmuster nacheinander kreuzweise korreliert und dann verglichen, um eine Kreuzkorrelationsspitze unter Verwendung der entsprechenden Phasenwechselinformation zu erfassen.

[0024] Wenn gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung die Kreuzkorrelationseinrichtung eine Länge des Kreuzkorrelationsfensters aufweist, die zwei Wiederholungsmustern zur Erfassung der Position einer Kreuzkorrelationsspitze entspricht, korreliert die Kreuzkorrelationseinrichtung direkt die empfangenen Datensignale kreuzweise basierend auf der Länge der beiden Wiederholungsmuster, was zu einer komplexeren Struktur der Kreuzkorrelationseinrichtung führt, aber auch einen effektiveren und ausgefeilteren Synchronisierungsmechanismus ermöglicht. In der Kreuzkorrelationseinrichtung gemäß einem weiteren Aspekt kann die gespeicherte positive und negative Konjugation des erwarteten Wiederholungsmusters zur Erfassung der Position der Kreuzkorrelationsspitze verwendet werden.

[0025] Bei beiden Aspekten der vorliegenden Erfindung ist es zweckmäßig, wenn das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung oder der Erfassungseinrichtung an eine Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten und eine Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen zugeführt wird, wobei die Kreuzkorrelationsspitze, die von der Kreuzkorrelationseinrichtung erfasst wurde, auf der Basis der Erfassungsergebnisse der Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten und der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen bestätigt wird oder nicht. Im Falle des oben dargestellten ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung ist das Signal, das der

Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten und der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen zugeführt wird, das Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung.

[0026] Zweckmäßigerweise erfasst die Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten, ob das Ausgangssignal der Kreuzkorrelations- oder der Erfassungseinrichtung einen vorab festgelegten Kreuzkorrelationsgrenzwert übersteigt und die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen erfasst, ob das Ausgangssignal der Kreuzkorrelation oder der Erfassungseinrichtung unter einer vorab festgelegten Unterbrechung vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze lag. Hierbei kann das Ausgangssignal der Kreuzkorrelation oder der Erfassungseinrichtung in einer Verzögerungseinrichtung verzögert werden, bevor es der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen zugeführt wird. Alternativ kann die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen zudem erfassen, ob das Ausgangssignal der Kreuzkorrelations- oder der Erfassungseinrichtung unter einem vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwert während einer vorab festgelegten Unterbrechungszeit lag.

[0027] Unter Verwendung der Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten und der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen werden weitere Kriterien geprüft, um die Leistung und Zuverlässigkeit der Synchronisierung zu erhöhen.

[0028] Die vorliegende Erfindung wird detailliert in der folgenden Beschreibung an Hand der bevorzugten Ausführungsformen beschrieben, die sich auf die angefügten Zeichnungen beziehen, bei denen:

[0029] [Fig. 1](#) die allgemeine Struktur einer Empfangsvorrichtung eines digitalen Telekommunikationssystems darstellt;

[0030] [Fig. 2](#) eine bekannte Kreuzkorrelationseinrichtung und eine Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten zur Erfassung einer Kreuzkorrelationsspitze darstellt,

[0031] [Fig. 3](#) eine Kreuzkorrelationsspitzenenerfassung zeigt, die von der Kreuzkorrelationsstruktur von [Fig. 2](#) durchgeführt wird;

[0032] [Fig. 4](#) die Struktur eines Referenzsymbols zeigt, das für die Synchronisierung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird,

[0033] [Fig. 5](#) eine Kreuzkorrelationsspitzenenerfassung mit Hilfe des in [Fig. 4](#) dargestellten Referenzsymbols zeigt;

[0034] [Fig. 6](#) eine Kreuzkorrelationseinrichtung und eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung von Kreuzkorrelationsspitzen und der entsprechenden

Phaseninformation auf der Basis eines Referenzsymbols, wie in [Fig. 4](#) dargestellt, zeigt;

[0035] [Fig. 7](#) eine Kreuzkorrelationseinrichtung und eine weitere Erfassungseinrichtung zur Erfassung von Kreuzkorrelationsspitzen auf der Basis eines Referenzsymbols, wie in [Fig. 4](#) dargestellt, zeigt;

[0036] [Fig. 8](#) ein Synchronisierungsergebnis der Kreuzkorrelationseinrichtung und der Erfassungseinrichtung von [Fig. 7](#) zeigt;

[0037] [Fig. 9](#) eine weitere Ausführungsform der Erfassungseinrichtung von [Fig. 6](#) darstellt,

[0038] [Fig. 10](#) ein Simulationsergebnis der Kreuzkorrelationseinrichtung und der Erfassungseinrichtung von [Fig. 9](#) zeigt;

[0039] [Fig. 11](#) eine weitere Ausführungsform einer Kreuzkorrelationseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zusammen mit einer Einrichtung zur Berechnung des Absolutwerts zeigt;

[0040] [Fig. 12](#) ein Simulationsergebnis der Kreuzkorrelationseinrichtung und der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten aus [Fig. 11](#) zur Erfassung einer Kreuzkorrelationsspitze darstellt,

[0041] [Fig. 13](#) eine weitere Ausführungsform einer Synchronisierungsstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, die eine Kreuzkorrelationseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und eine Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten und eine Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen umfasst; und

[0042] [Fig. 14](#) eine alternative Struktur der Ausführungsform, die in [Fig. 13](#) dargestellt wird, zeigt.

[0043] [Fig. 4](#) zeigt die Struktur eines Referenzsymbols **14** als Beispiel für eine Referenzsymbolstruktur, die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden soll. Das Referenzsymbol **14** von [Fig. 4](#) umfasst 9 Wiederholungsmuster S_0, S_1, \dots, S_8 . Jedes Wiederholungsmuster weist eine Länge von 16 Musterelementen S_0, S_1, \dots, S_{15} auf. Hierbei wird das letzte Wiederholungsmuster S_8 um 180 Grad phasenverschoben bezüglich der anderen Wiederholungsmuster, was eine Multiplikation mit (-1) bedeutet. Somit umfasst das letzte Wiederholungsmuster S_8 15 Musterelemente $-S_0, -S_1, \dots, -S_{15}$. Alle Wiederholungsmuster des Referenzsymbols **14** weisen dieselbe Form auf, wobei das letzte Wiederholungsmuster S_8 um 180 Grad phasenverschoben ist. Es muss angemerkt werden, dass das Referenzsymbol **14** mehr oder weniger als 9 Wiederholungsmuster aufweisen kann und dass jedes Wiederholungsmuster mehr oder weniger als 16 Musterelemente haben kann.

[0044] In [Fig. 5](#) wird das Referenzsymbol **14** als in eine Benutzerdatensequenz eingebettet dargestellt. Die Benutzerdaten werden durch "???" angegeben. [Fig. 5](#) zeigt drei verschiedene Phasen der Kreuzkorrelation eines empfangenen Signals, das ein Referenzsymbol **14** hat, in der das letzte Wiederholungsmuster S_8 um 180° phasenverschoben ist. Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Empfangsvorrichtung werden die Datensequenzen der drei Phasen in [Fig. 5](#) beispielsweise von der IQ-Demodulierungseinrichtung **4** der Synchronisierungseinheit **5** zugeführt, wobei die Synchronisierungseinrichtung **5** wie in [Fig. 6](#) dargestellt ausgestaltet ist. In Phase 1 korreliert das Kreuzkorrelationsfenster **15** nur die Benutzerdaten kreuzweise, so dass keine Kreuzkorrelationsspitze erfasst wird. In Phase 2 stimmt das Korrelationsfenster **15** mit dem 8. Wiederholungsmuster S_7 des Referenzsymbols **14** überein, so dass eine Kreuzkorrelationsspitze erfasst wird. Die relative Phase der Kreuzkorrelationsspitze des 8. Wiederholungsmusters S_7 wird ebenso als "+" erfasst. Da das 9. Wiederholungsmuster S_8 um 180° bezüglich des 8. Wiederholungsmusters S_7 phasenverschoben ist, weist die für das 9. Wiederholungsmuster S_8 erfasste Kreuzkorrelationsspitze die relative Phase "-" bezüglich der Phase des 8. Wiederholungsmusters S_7 auf. Die Wiederholungsmuster S_0, S_1, \dots, S_6 , die den letzten beiden Wiederholungsmustern S_7 und S_8 vorausgehen, weisen eine relative Phase "+" auf.

[0045] In Phase 3 von [Fig. 5](#) werden nur die Benutzerdaten in dem Kreuzkorrelationsfenster **15** kreuzweise korreliert, so dass keine Kreuzkorrelationsspitze erfasst wird. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, kann durch Verwendung einer Referenzsymbolstruktur wie der in [Fig. 4](#) dargestellten, in der eines der Wiederholungsmuster phaseninvertiert in Bezug auf mindestens eines der anderen Wiederholungsmuster im Referenzsymbol ist, eine relative Phaseninformation zusätzlich zur Kreuzkorrelationsspitzeninformation erhalten werden. Diese Phaseninformation liefert Zusatzinformationen zur Position der letzten Korrelationsspitze im Referenzsymbol und so exaktere und zuverlässigere Synchronisierungsinformationen.

[0046] In [Fig. 6](#) werden eine Kreuzkorrelationseinrichtung **16** und eine Erfassungseinrichtung **19** dargestellt, die in einer ersten Ausführungsform einer Synchronisierungseinrichtung **5** einer Empfangsvorrichtung **1** der vorliegenden Erfindung implementiert werden können, deren allgemeine Struktur in [Fig. 1](#) dargestellt wird. Die Struktur der Kreuzkorrelationseinrichtung **16** ist identisch mit der in [Fig. 2](#) dargestellten Kreuzkorrelationseinrichtung **7**, so dass auf eine detaillierte Erläuterung verzichtet wird. Die Kreuzkorrelationseinrichtung **16** umfasst **15** Verzögerungseinrichtungen **17** und **16** Multiplikationseinrichtungen **18** wie auch eine Summereinrichtung zum Addieren der Ausgangssignale der Multiplikationseinrichtung **18**. Die Länge des Kreuzkorrelations-

fensters der Kreuzkorrelationseinrichtung **16** entspricht der Länge eines Wiederholungsmusters, die z.B. 16 Musterelemente beträgt. Ein empfangener Datenstrom von 16 Musterelementen wird mit komplexen konjugierten Musterelementen eines erwarteten Wiederholungsmusters kreuzweise korreliert, das in der Empfangsvorrichtung **1** gespeichert ist. Das Ausgangssignal $r(i)$ der Summereinrichtung, d.h. das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung **16** wird einer Erfassungseinrichtung **19** zur Erfassung der Größe und der Phase des Signals $r(i)$ zugeführt, und so kann die exakte Position der Kreuzkorrelationsspitze des letzten Wiederholungsmusters S8 des Referenzsymbols **14** erfasst werden (siehe [Fig. 5](#)).

[0047] [Fig. 7](#) zeigt eine weitere Verwirklichung der Erfassungseinrichtung. Die Kreuzkorrelationseinrichtung **16** aus [Fig. 7](#) entspricht der Kreuzkorrelationseinrichtung **16** von [Fig. 6](#). In dem in [Fig. 7](#) gezeigten Beispiel umfasst die Erfassungseinrichtung eine Verzögerungseinrichtung **20** zur Verzögerung des Ausgangssignals $r(i)$ der Kreuzkorrelationseinrichtung **16** um eine Wiederholungsmusterlänge, die z.B. 16 Musterelemente beträgt. Die Erfassungseinrichtung **19** umfasst weiterhin eine Subtraktionseinrichtung **21** zur Subtraktion des Ausgangssignals $s(i)$ der Verzögerungseinrichtung **20** vom Ausgangssignal $r(i)$ der Kreuzkorrelationseinrichtung **16**. Das Ausgangssignal $z(i) = r(i) - s(i)$ der Subtraktionseinrichtung **21** wird einer Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **22** zugeführt, die den Absolutwert von $z(i)$ berechnet. Es sollte angemerkt werden, dass $y(i)$, $r(i)$, $s(i)$, $z(i)$ komplexe Werte sind, so dass die Größe und die Phaseninformation in $z(i)$ enthalten sind. Unter der Annahme, dass $r(i)$ in dem Bestandteil des Referenzsymbols vorliegt, in dem die Phase des Wiederholungsmusters nicht phasenverschoben ist, beispielsweise im Teil S0, ... S7 des in [Fig. 4](#) gezeigten Referenzsymbols **14**, gilt dann:

$$s(i) = r(i - 16) = r(i) \cdot e^{j\varphi} \Rightarrow z_1(i) = r(i) - s(i) = r(i)(1 - e^{j\varphi}).$$

[0048] Unter der Annahme, dass $r(i)$ mit dem phaseninvertierten Wiederholungsmuster S8 des Referenzsymbols **14** übereinstimmt, gilt dann:

$$s(i) = r(i - 16) = -r(i) \cdot e^{j\varphi} \Rightarrow z_2(i) = r(i) - s(i) = r(i)(1 + e^{j\varphi}).$$

[0049] Wie zu ersehen ist, wird der Absolutwert von $z(i)$ verbessert, wenn $r(i)$ mit dem phasenverschobenen Wiederholungsmuster S8 übereinstimmt. Der Phasenwert φ hat nichts mit der Phasenverschiebung zwischen dem Wiederholungsmuster S7 und S8 zu tun, sondern resultiert aus einem möglichen Frequenzversatz zwischen der Sende- und Empfangsseite. Betrachtet man den Erfassungsbereich des Phasenwechsels, der durch die Referenzsymbolstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung unter dem Einfluss eines Frequenzversatzes zwischen

dem Sender und Empfänger eingeführt wird, erhält man folgendes Ergebnis: $z_1(i)/z_2(i) = -j \cdot \cot(\varphi/2)$. So muss für eine eindeutige Erfassung der Absolutwert von φ kleiner sein als π , wobei der Phasenwert φ das Produkt aus dem Frequenzversatz und der Dauer T_p eines Wiederholungsmusters ist, $\varphi = 2\pi f_{\text{versatz}} T_p$.

[0050] In [Fig. 8](#) wird ein Simulationsergebnis für den Absolutwert von $z(i)$ als Ausgangssignal der in [Fig. 7](#) gezeigten Struktur dargestellt. Für das Referenzsymbol **14**, das 9 Wiederholungsmuster umfasst, wobei jedes Wiederholungsmuster aus 16 Musterelementen besteht, und wobei die Phase des letzten Wiederholungsmusters S8 bezüglich der Phase der anderen Wiederholungsmuster invertiert ist, wird erwartet, dass die Kreuzkorrelationsspitze im letzten Musterelement auftritt, d.h. dem Zeitpunkt, der dem letzten Musterelement des letzten Wiederholungsmusters S8 entspricht. Wie in [Fig. 8](#) ersichtlich befindet sich die Kreuzkorrelationsspitze in Musterelement 144, was der korrekte Wert ist. Somit ermöglichen die Kreuzkorrelationseinrichtung **16** und die Erfassungseinrichtung **19**, die in [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellt werden, eine korrekte und effiziente Erfassung der Kreuzkorrelationsspitze.

[0051] In [Fig. 9](#) werden die Kreuzkorrelationseinrichtung **16** und eine weitere Ausführungsform der Erfassungseinrichtung von [Fig. 7](#) dargestellt. Hierbei entspricht die Struktur in [Fig. 9](#) der in [Fig. 7](#) dargestellten Struktur, wobei das Ausgangssignal der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **22** einer Durchschnittsbildungseinrichtung **23** zugeführt wird, um den Absolutwert des $z(i)$ -Ausgangssignals aus der Einrichtung **22** zu glätten. Die in [Fig. 9](#) gezeigte Struktur ist besonders zweckmäßig in Umgebungen mit hohem Geräuschpegel und Schwund. Die Durchschnittsbildungseinrichtung **23** ist zweckmäßigerweise ein Filter mit einem Gleitenden Durchschnitt, der der Länge eines Wiederholungsmusters entspricht, die beispielsweise 16 Musterelemente beträgt, wie in [Fig. 4](#) gezeigt. Die Kreuzkorrelationseinrichtungsstrukturen, die in [Fig. 7](#) und [Fig. 9](#) gezeigt werden, können beispielsweise in der Synchronisierungseinrichtung **5** der in [Fig. 1](#) dargestellten Empfangsvorrichtung implementiert sein.

[0052] [Fig. 10](#) zeigt ein Simulationsergebnis des gemittelten Absolutwerts $z(i)$ als Ausgangssignal der in [Fig. 9](#) gezeigten Struktur. Die Erfassung des letzten Wiederholungsmusters, das wie in [Fig. 4](#) gezeigt eine invertierte Phase aufweist, kann im Übergang zwischen Musterelement 128 und Musterelement 144 beobachtet werden.

[0053] In [Fig. 11](#) wird eine zweite Ausführungsform einer Kreuzkorrelationseinrichtung **24** dargestellt, die in einer Synchronisierungseinrichtung **5** einer Empfangsvorrichtung **1** der vorliegenden Erfindung implementiert werden kann, von der eine allgemeine Struk-

tur in [Fig. 1](#) dargestellt wird.

[0054] Die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** hat im Wesentlichen dieselbe Struktur wie die in [Fig. 6](#) gezeigte Kreuzkorrelationseinrichtung **16** und die in [Fig. 2](#) gezeigte Kreuzkorrelationseinrichtung **7**. Der Hauptunterschied ist, dass die in [Fig. 11](#) dargestellte Kreuzkorrelationseinrichtung **24** eine Kreuzkorrelationsfensterlänge von zwei Wiederholungsmustern aufweist, die in dem gezeigten Beispiel 32 Musterelementen entsprechen, wenn von der Struktur des Referenzsymbols von [Fig. 4](#) ausgegangen wird. Dabei umfasst die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** 31 Verzögerungseinrichtungen **25**, die seriell angeordnet sind und jeweils eine Verzögerung um ein Musterelement verursachen. Weiterhin umfasst die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** 32 Multiplikationseinrichtungen, die die entsprechenden (verzögerten) Musterelemente des empfangenen Signals $y(i)$ mit den gespeicherten positiven und negativen komplexen konjugierten Werten der Musterelemente des erwarteten Wiederholungsmusters multiplizieren. Dabei wird beispielsweise das erste Musterelement, das der Kreuzkorrelationseinrichtung **24** zugeführt wird, mit dem ersten komplexen konjugierten Musterelement S_0^* des erwarteten Wiederholungsmusters multipliziert. Dasselbe gilt für die restlichen Musterelemente, die der Kreuzkorrelationseinrichtung **24** zugeführt werden, die jeweils mit dem Rest der gespeicherten (positiven) komplexen konjugierten Musterelemente S_1^* bis S_{15}^* multipliziert werden. Die zweiten 16 Musterelemente, die in die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** eingehen, werden jeweils mit den negativen komplexen konjugierten Musterelementen $-S_1^*$ bis $-S_{15}^*$ des erwarteten Wiederholungsmusters multipliziert. Dabei wird beispielsweise das erste Musterelement, das in die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** eingegeben wird, mit dem negativen Wert des komplexen konjugierten ersten Musterelements des erwarteten Wiederholungsmusters $-S_0^*$ multipliziert. Dasselbe gilt für die restlichen Musterelemente der zweiten 16 Musterelemente, die in die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** eingehen, die jeweils mit den negativen Werten der komplexen konjugierten Werte, nämlich $-S_1^*$ bis $-S_{15}^*$, multipliziert werden. Es muss angemerkt werden, dass die Werte S_0, S_1, \dots, S_{15} der Wiederholungsmuster S_0, S_1, \dots, S_8 des in [Fig. 4](#) dargestellten Referenzsymbols **14** jeweils dieselben sind. Anders formuliert, alle Wiederholungsmuster S_0, S_1, \dots, S_8 des Referenzsymbols **14** von [Fig. 4](#) weisen dieselbe Form auf, mit Ausnahme des letzten Wiederholungsmusters S_8 , das eine invertierte Phase hat.

[0055] Die Ausgangssignale der Multiplikationseinrichtung **26** der Kreuzkorrelationseinrichtung **24** werden in einer Summeneinrichtung **27** addiert, die ein Ausgangssignal $z(i)$ generiert. Das Ausgangssignal $z(i)$ der Summeneinrichtung **27** wird einer Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **28** zugeführt, die den Absolutwert $|z(i)|$ berechnet. Das Ausgangssignal

der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **28** bietet daher Informationen über die Größe wie auch die Phase der Datensignale, die durch die Kreuzkorrelationseinrichtung **24** kreuzweise korreliert werden.

[0056] Ein Simulationsergebnis für das Ausgangssignal der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **28** der in [Fig. 11](#) dargestellten Struktur wird in [Fig. 12](#) gezeigt. In diesem Fall wurde ein Referenzsymbol ähnlich dem in [Fig. 14](#) dargestellten Referenzsymbol **14** verwendet, aber mit nur 6 Wiederholungsmustern, wobei jedes Wiederholungsmuster aus 16 Musterelementen besteht. Die Phase des letzten Wiederholungsmusters wird um 180° bezüglich der anderen vorhergehenden Wiederholungsmuster phasenverschoben. Somit wird erwartet, dass die Position des letzten Musterelements des letzten Wiederholungsmusters sich an der Musterelementposition 96 befindet, was in dem in [Fig. 12](#) gezeigten Simulationsergebnis klar ersichtlich ist. [Fig. 12](#) zeigt klar, dass das Ausgangssignal genau dann ein Maximum erreicht, wenn eine korrekte Überlappung zwischen den beiden Wiederholungsmustern, die in der Kreuzkorrelationseinrichtung **24** verarbeitet wurden, erzielt wird.

[0057] [Fig. 13](#) zeigt eine erweiterte Struktur zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Exaktheit des Ausgangssignals der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **22** der in [Fig. 7](#) gezeigten Struktur, der Durchschnittsbildungseinrichtung **23** der in [Fig. 9](#) gezeigten Struktur oder der Einrichtung zur Berechnung von Absolutwerten **28** der in [Fig. 11](#) gezeigten Struktur. Bei der verbesserten Struktur, die in [Fig. 13](#) dargestellt wird, wird das entsprechende Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung **24** oder der Erfassungseinrichtung **19**, das der Absolutwert von $z(i)$ ist, an eine Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** und eine Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **30** übergeben. Die Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** erfasst, ob der Absolutwert von $z(i)$ einen vorab festgelegten Kreuzkorrelationsspitzenwert überschreitet. Die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **30** erfasst, ob der Absolutwert von $z(i)$ vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze unterhalb eines vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwerts lag. In [Fig. 12](#) ist ersichtlich, dass der Absolutwert von $z(i)$ Null oder nahe Null ist, solange die Datensignale, die in die Kreuzkorrelationseinrichtung eingehen, einen Teil des Referenzsymbols bilden, wobei die Phasen der Wiederholungsmuster nicht im gegenseitigen Bezug invertiert werden. Hierbei kann eine Vorabsynchronisierung erzielt werden, da die erfasste Korrelationsspitze nur bestätigt wird, wenn die Unterbrechung vor der Korrelationsspitze erfasst wird.

[0058] Anders ausgedrückt, kann die Unterbrechung vor der Korrelationsspitze zur Identifizierung

des Bereichs der möglichen Position der Kreuzkorrelationsspitze verwendet werden. Nur wenn die Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** erfasst, dass der Absolutwert von $z(i)$ den vorab festgelegten Kreuzkorrelationsgrenzwert überschreitet und die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen erfasst, dass der Absolutwert von $z(i)$ unterhalb eines vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwerts vor der zu erfassenden Kreuzkorrelationsspitze lag, wird die Kreuzkorrelationsspitze bestätigt. In diesem Fall senden die Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** und die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **30** jeweils eine positive Information an die Bestimmungseinrichtung **33**, die beispielsweise ein UND-Gatter sein kann, das die Position der erfassten Kreuzkorrelationsspitze nur im Falle eines positiven Signals von den beiden Einrichtungen **29** und **30** ausgibt. Vor der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **30** können sich eine Durchschnittsbildungseinrichtung **31** und/oder eine Verzögerungseinrichtung **32** befinden. Die Durchschnittsbildungseinrichtung **31** kann beispielsweise ein Filter mit einem Gleitenden Durchschnitt sein, um den Absolutwert von $z(i)$ zu glätten. Die Filterlänge entspricht vorzugsweise der Länge eines Wiederholungsmusters des Referenzsymbols. Die Verzögerungseinrichtung **32** liefert vorzugsweise eine Verzögerung entsprechend der Länge eines Wiederholungsmusters des Referenzsymbols. Die Durchschnittsbildungseinrichtung **31** wie auch die Verzögerungseinrichtung **32** können je nach Anwendung vorgesehen werden oder nicht.

[0059] [Fig. 14](#) zeigt eine alternative Struktur von [Fig. 13](#). In [Fig. 14](#) wird der Absolutwert von $z(i)$ einer Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** zugeführt, die identisch mit der Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** von [Fig. 13](#) ist. Die in [Fig. 14](#) dargestellte Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **34** erfasst, ob der Absolutwert von $z(i)$ unterhalb eines vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwerts vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze lag, und erfasst weiterhin, ob er während einer vorab festgelegten Unterbrechungszeit unterhalb des vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwerts lag. Im Gegensatz zur Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **30** von [Fig. 13](#), die nur einen Zeitpunkt vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze prüft, prüft die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **34** von [Fig. 14](#) eine Zeitspanne vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze. Wie in [Fig. 13](#) bestimmt eine Bestimmungseinrichtung **33**, die beispielsweise ein UND-Gatter sein kann, ob die Ausgangssignale aus der Einrichtung zur Erfassung von Spitzengrenzwerten **29** und der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen **34** beide positiv sind und bestätigt die erfasste Korrelationsspitze als die in diesem Fall erforderliche Korrelationsspitze. Beide in [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) gezeigten Strukturen liefern eine erhöhte Erfassungsgenauigkeit und reduzieren die

Möglichkeit eines falschen Alarms durch die kombinierte Erfassung einer Vorabsynchronisierung und einer Korrelationsspitzenenerfassung. Die Vorabsynchronisierung, d.h. die Erfassung der Unterbrechung vor einer erfassten Kreuzkorrelationsspitze ermöglicht die Erfassung eines Bereichs an möglichen Synchronisierungsspitzenpositionen, was dazu genutzt werden kann, die Anzahl der für die nachfolgenden Synchronisierungen erforderlichen Berechnungen zu reduzieren.

[0060] Es muss angemerkt werden, dass obwohl die Kreuzkorrelations- und Synchronisierungsstrukturen, die in den [Fig. 6](#), [Fig. 7](#), [Fig. 9](#), [Fig. 11](#), [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) dargestellt werden, in der Synchronisierungseinrichtung **5** der in [Fig. 1](#) gezeigten Empfangsvorrichtung implementiert werden können, diese erfindungsbezogenen Strukturen in jeder anderen Empfangsvorrichtung implementiert oder verwendet werden können, solange der Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung gemäß den beigefügten Ansprüchen erfüllt wird.

Patentansprüche

1. Empfangsvorrichtung (**1**), ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem, mit Empfangseinrichtungen (**2**, **3**), die für den Empfang eines Referenzsymbols ausgebildet sind, das eine Vielzahl von Wiederholungsmustern enthält, wobei jedes Wiederholungsmuster aus mehreren komplexen Musterelementen besteht und die Phase der Musterelemente des letzten Wiederholungsmusters in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster verschoben ist, und eine Synchronisierungseinrichtung (**5**), ausgebildet zur Synchronisierung der Empfangsvorrichtung (**1**) im digitalen Telekommunikationssystem mit Hilfe des empfangenen Referenzsymbols, wobei die Synchronisierungseinrichtung (**5**) eine Kreuzkorrelationseinrichtung (**16**; **24**) umfasst, die ausgebildet ist, um die Vielzahl von Wiederholungsmustern in einem Kreuzkorrelationsfenster kreuzweise zu korrelieren, das die Länge von ein oder zwei Wiederholungsmustern hat, mit einer Erfassungseinrichtung für Kreuzkorrelationsspitzen (**20-23**; **31-34**), die im Folgenden als Erkennungseinrichtung bezeichnet wird, ausgebildet zur Erkennung der Phasenverschiebung des letzten Wiederholungsmusters in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster im Referenzsymbol.

2. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, das phasenverschobene Wiederholungsmuster in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster um 180° phasenverschoben ist.

3. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet dass, in dem Fall, dass die Kreuzkorrelationseinrichtung (16) eine Kreuzkorrelationsfensterlänge von einem Wiederholungsmuster aufweist, ein Ausgangssignal des Kreuzkorrelationsmusters (16) an die Erfassungseinrichtung geliefert wird, die zur Erfassung der Kreuzkorrelationsspitze ausgebildet ist.

4. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Kommunikationssystem gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet dass, die Erfassungseinrichtung eine Verzögerungseinrichtung (20) enthält, die zur Verzögerung des Ausgangssignals der Kreuzkorrelationseinrichtung (16) um die Länge eines Wiederholungsmusters ausgebildet ist, und eine Subtraktionseinrichtung (21), die zur Subtraktion des Ausgangssignals der Verzögerungseinrichtung (20) vom Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung (16) ausgebildet ist.

5. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin eine Einrichtung für die Durchschnittsbildung (23) enthält, die zur Glättung des Ausgangssignals der Erfassungseinrichtung ausgebildet ist.

6. Empfangsvorrichtung zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine positive und eine negative Konjugation einer erwarteten Wiederholung in der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) zur Erfassung der Position der Kreuzkorrelationsspitze verwendet wird.

7. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) oder der Erfassungseinrichtung einer Erfassungseinrichtung von Spitzengrenzwerten (29) und eine Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen (30; 34) zugeführt wird, wobei die von der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) oder der Erfassungseinrichtung erfasste Kreuzkorrelationsspitze basierend auf den Erfassungsergebnissen der Erkennungseinrichtung für Spitzengrenzwerte und der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen bestätigt wird oder nicht.

8. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung von Spitzengrenzwerten (29) zur Erfassung ausgebildet ist, ob das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) oder der Erfassungseinrichtung einen vor-

ab festgelegten Kreuzkorrelations-Spitzengrenzwert überschreitet, und die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen (30; 34) zur Erfassung ausgebildet ist, ob das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) oder der Erfassungseinrichtung vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze unter einem vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwert lag.

9. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) oder das Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung in einer Verzögerungseinrichtung verzögert wird, bevor es der Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen bereitgestellt wird.

10. Empfangsvorrichtung, ausgebildet zum Empfang von Signalen in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erfassung von Unterbrechungen (34) zusätzlich zur Erfassung ausgebildet ist, ob das Ausgangssignal der Kreuzkorrelationseinrichtung (24) oder das Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung während in einer vorab festgelegten Unterbrechungszeit unter dem vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwert lagen.

11. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem, das die Schritte umfasst Empfang eines Referenzsymbols, das eine Vielzahl von Wiederholungsmustern enthält, wobei jedes Wiederholungsmuster aus mehreren komplexen Musterelementen besteht und die Phase des Musterelements des letzten Wiederholungsmusters in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster verschoben ist, und Synchronisierung der Empfangsvorrichtung im digitalen Telekommunikationssystem mit Hilfe des empfangenen Referenzsymbols, wobei die Vielzahl der Wiederholungsmuster in einem Kreuzkorrelationsfenster kreuzkorreliert wird, das die Länge von ein oder zwei Wiederholungsmustern besitzt, und wobei die Phasenverschiebungsinformation des letzten Wiederholungsmusters in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster in dem Referenzsymbol im Synchronisierungsschritt verwendet wird, um eine Kreuzkorrelationsspitze zu erfassen, die die Position des letzten Wiederholungsmusters angibt.

12. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet dass, das phasenverschobene Wiederholungsmuster in Bezug auf die anderen Wiederholungsmuster um 180° phasenverschoben ist.

13. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen

Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet dass, in dem Fall, dass das Kreuzkorrelationsfenster die Länge eines Wiederholungsmusters aufweist, ein Erfassungsschritt in dem Kreuzkorrelationsschritt zur Ermittlung der Kreuzkorrelationsspitze durchgeführt wird.

14. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung eines Empfangsgerätes in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet dass in dem Erfassungsschritt ein Verzögerungsschritt zur Verzögerung des Ausgangssignals des Kreuzkorrelationsschritts um die Länge eines Wiederholungsmusters und ein Subtraktionsschritt zur Subtraktion des Ausgangssignals des Verzögerungsschritts von dem Ausgangssignal des Kreuzkorrelationsschritts durchgeführt werden.

15. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass es weiterhin einen Durchschnittsbildungsschritt zur Glättung des Ausgangssignals des Erfassungsschritts enthält.

16. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine positive und eine negative Konjugation eines erwarteten Wiederholungsmusters in dem Kreuzkorrelationsschritt zur Erfassung der Position der Kreuzkorrelationsspitze verwendet werden.

17. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 11–16, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Kreuzkorrelationsschritt oder in dem Erfassungsschritt ein Spitzengrenzwert-Erfassungsschritt und ein Unterbrechungserfassungsschritt durchgeführt werden, wobei die im Kreuzkorrelationsschritt oder im Erfassungsschritt erkannte Kreuzkorrelationsspitze auf der Basis der Erfassungsergebnisse des Spitzengrenzwert-Erfassungsschritts und des Unterbrechungserfassungsschritts bestätigt wird oder nicht.

18. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Spitzengrenzwert-Erfassungsschritt erfasst wird, ob das Ausgangssignal des Kreuzkorrelationsschritts oder des Erfassungsschritts einen vorab festgelegten Kreuzkorrelationspitzen-Grenzwert überschreitet, und im Unterbrechungserfassungsschritt erfasst wird, ob das Ausgangssignal des Kreuzkorrelationsschritts oder des Erfassungsschritts vor der erfassten Kreuzkorrelationsspitze unter einem vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwert liegt.

19. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal des Kreuzkorrelationsschritts oder des Erfassungsschritts in einem Verzögerungsschritt verzögert wird, bevor der Schritt zur Erfassung der Unterbrechung durchgeführt wird.

20. Synchronisierungsverfahren zur Synchronisierung einer Empfangsvorrichtung in einem digitalen Telekommunikationssystem gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Unterbrechungserfassungsschritt zusätzlich erfasst wird, ob das Ausgangssignal des Kreuzkorrelationsschritts oder das Ausgangssignal des Erfassungsschritts während einer vorab festgelegten Unterbrechungszeit unter dem vorab festgelegten Unterbrechungsgrenzwert liegen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

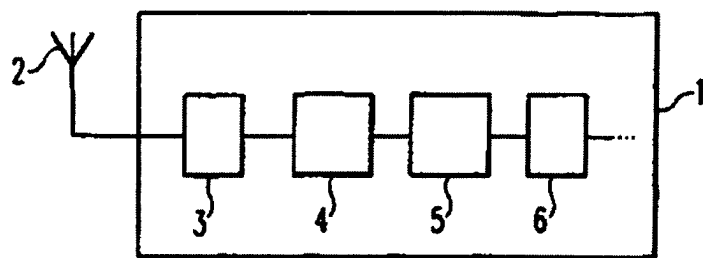


Fig. 1

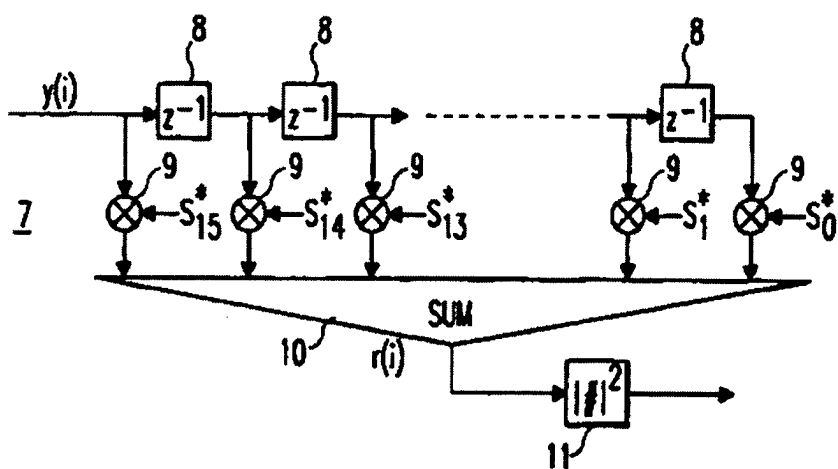


Fig. 2

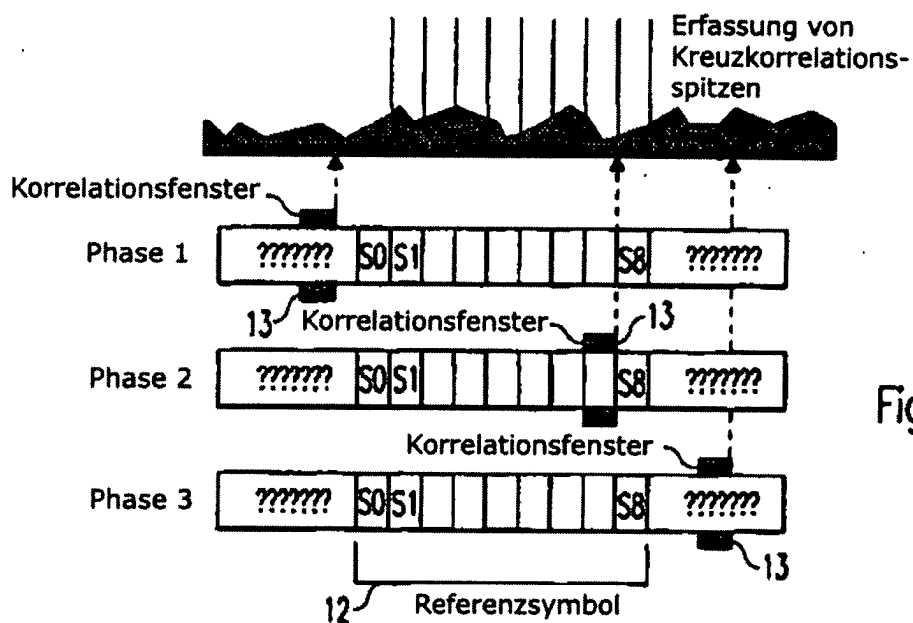


Fig. 3

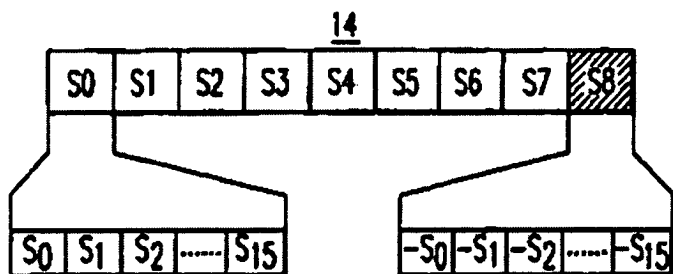


Fig. 4

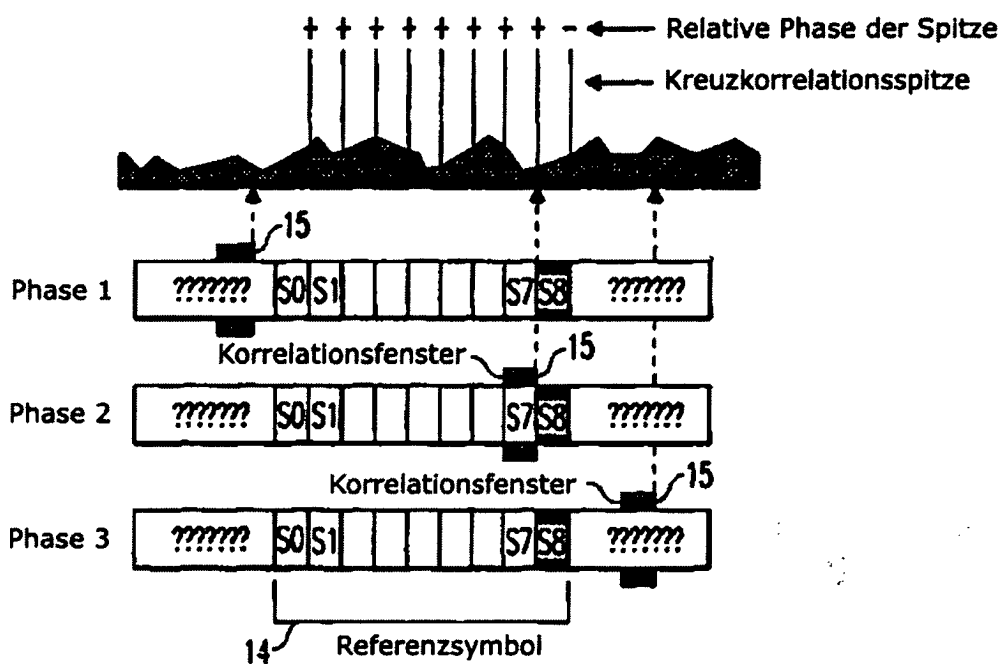
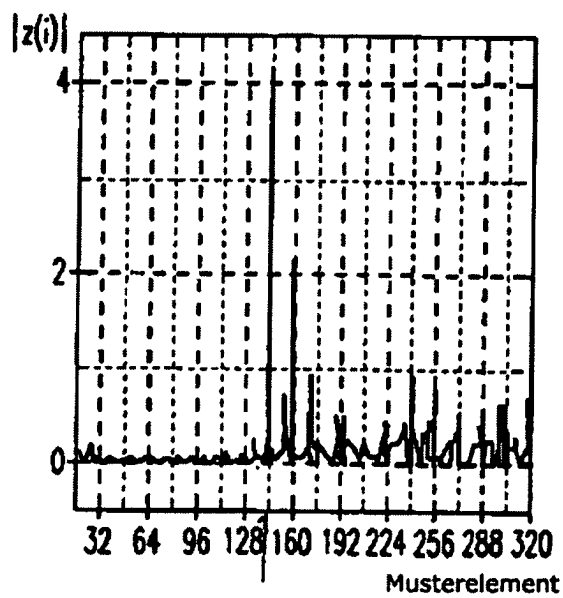
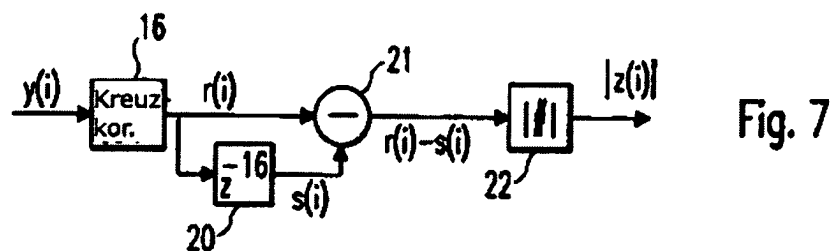
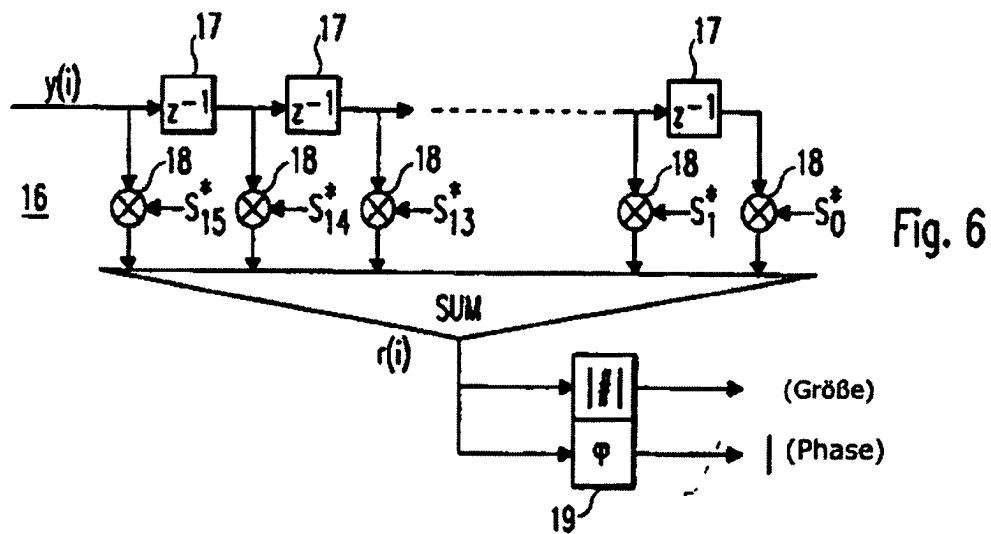


Fig. 5



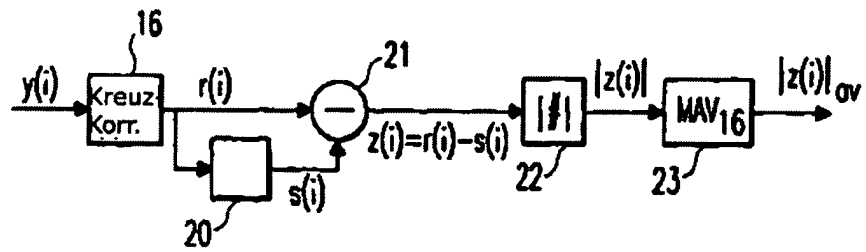


Fig. 9

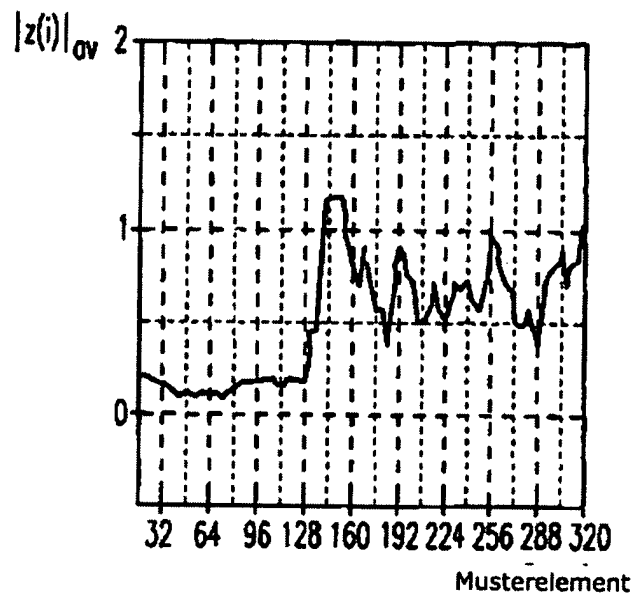


Fig. 10

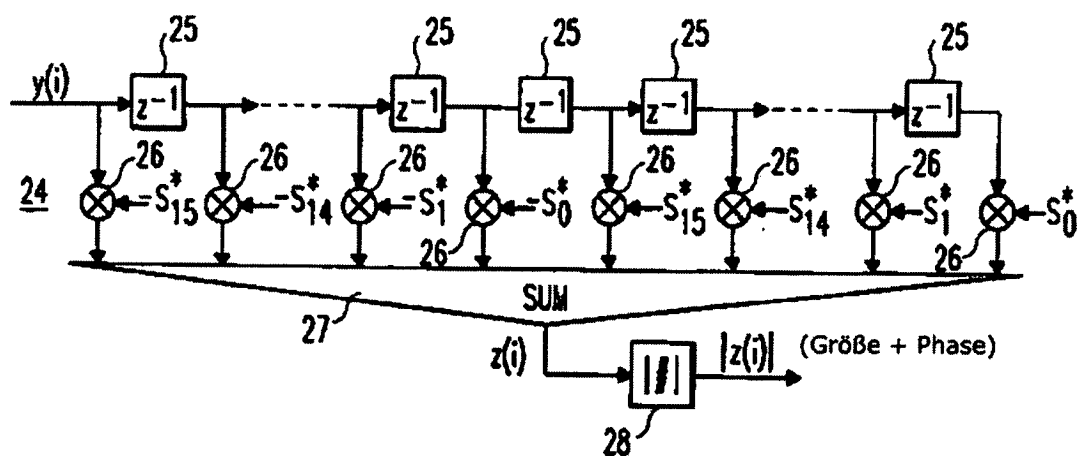


Fig. 11

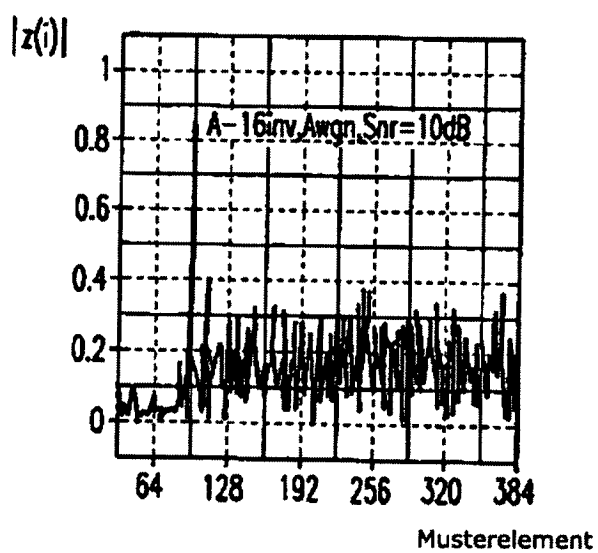


Fig. 12

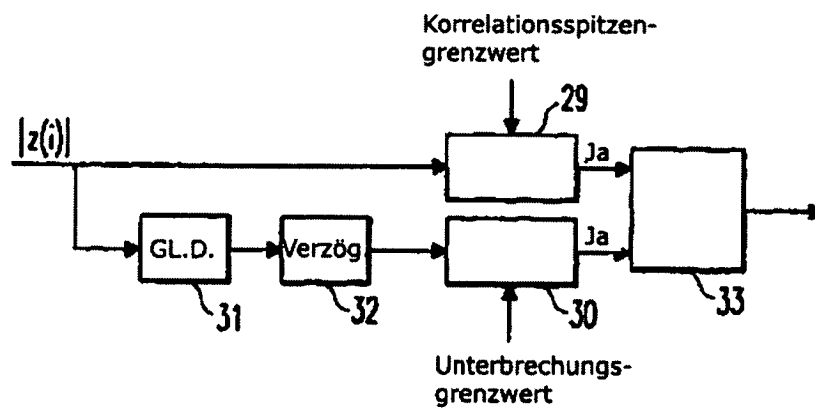


Fig. 13

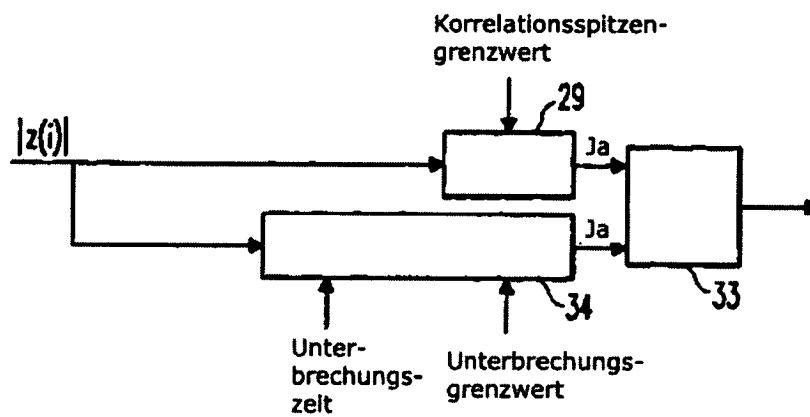


Fig. 14