



(10) **DE 11 2007 002 995 B4** 2014.11.20

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 002 995.1**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/KR2007/005406**
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2008/069449**
 (86) PCT-Anmeldetag: **30.10.2007**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.06.2008**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **08.10.2009**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **20.11.2014**

(51) Int Cl.: **H04J 11/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10-2006-0123026 06.12.2006 KR
10-2007-0018976 26.02.2007 KR

(72) Erfinder:
Jeong, Byung-Jang, Daejeon, KR; Chung, Hyun-Kyu, Daejeon, KR; Noh, Tae-Gyun, Daejeon, KR

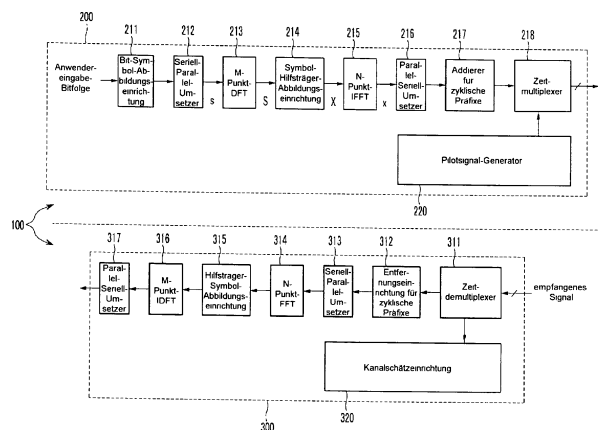
(73) Patentinhaber:
Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, KR

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2006 / 0 203 932 A1
US 2006 / 0 268 676 A1

(74) Vertreter:
Patentanwälte Betten & Resch, 80333 München, DE

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Senden und Empfangen eines Pilotsignals in einem drahtlosen Kommunikationssystem**

(57) Hauptanspruch: Pilotsignal-Sender (200), der umfasst: eine digitale Fourier-Transformations-Einheit (213) für die digitale Fourier-Transformation eines Datensignals; einen Pilotsignal-Generator (220) zum Erzeugen eines Pilotsignals, das durch eine vorgegebene Lücke basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge in den Frequenzbereich überführt wird; einen Zeitmultiplexer (218) für die Zeitmultiplexierung des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem transformierten Datensignal und zum Senden eines resultierenden Signals über eine Antenne; und eine Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung (214) zum Bestimmen eines Hilfsträgers zum Übertragen des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem Datensignal und zum Abbilden des Datensignals auf den bestimmten Hilfsträger.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein drahtloses Kommunikationssystem. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Vorrichtung und auf ein Verfahren zum Erzeugen, Senden und Empfangen eines Pilotsignals.

Technischer Hintergrund

[0002] Das orthogonale Frequenzmultiplex-Schema (OFDM-Schema), das eines der Datenübertragungsverfahren im drahtlosen Kommunikationssystem ist, wird infolge seiner hervorragenden Eigenschaften aktiv im Gebiet der Mobilkommunikation angewendet.

[0003] Im Allgemeinen moduliert das OFDM-Verfahren jeweilige Symbolfolgen in entsprechende Hilfsträger im Frequenzbereich und multiplexiert sie. Wenn die Anzahl der Hilfsträger vergrößert wird, wird außerdem das Spitze-zu-Durchschnitt-Leistungsverhältnis (PAPR) vergrößert. Das heißt, das OFDM-Verfahren besitzt im Vergleich zu anderen Typen der Übertragungsverfahren eine Eigenschaft eines hohen PAPR, was als der Hauptnachteil des OFDM-Verfahrens bekannt ist.

[0004] Ferner ist das hohe PAPR in der Aufwärtsstrecke nachteiliger als in der Abwärtsstrecke, weil das hohe PAPR den Preis des Mobilendgerätes vergrößert und die Aufwärtsstreckenüberdeckung verringert.

[0005] Um die Probleme zu lösen, wird der Einzelträger-Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff (SC-FDMA) vorgeschlagen, bei dem eine Informationssymbolfolge mit einer digitalen Fourier-Transformation (DFT) gestreut, OFDM-moduliert und gesendet wird. Ausführlich besitzt das gesendete Signal entsprechend einer geeigneten Beziehung zwischen der DFT der Vorverarbeitung und der inversen schnellen Fourier-Transformation (IFFT) des OFDM-Modulationsprozesses ebenso wie das Einzelfrequenz-Modulationssignal ein niedriges PAPR.

[0006] Die Eigenschaft des niedrigen PAPR des SC-FDMA-Übertragungssignals ist jedoch sowohl während des Pilotübertragungsintervalls als auch während des Datenübertragungsintervalls aufrechtzuerhalten, wobei es folglich erforderlich ist, dass der SC-FDMA-Typ des Pilotkanals den niedrigen Pilot-Zusatzaufwand und das Aufrechterhalten des niedrigen PAPR im Fall des Konstruierens eines Pilotkanals des SC-FDMA-Typs berücksichtigt. Das heißt, im Fall der Zeitmultiplexierung des Pilotkanals und eines Datenkanals ist es leicht, das niedrige PAPR des Pilotübertragungssignals aufrechtzuerhalten, während im Fall der Frequenz- und Code-multiplexierung das Datensignal und das Pilotsignal im Zeitbereich überlagert werden und folglich das PAPR vergrößern.

[0007] Ferner ist ein in Beziehung stehender Stand der Technik ein Pilotkanal-Bildungsverfahren, das das niedrige PAPR des SC-FDMA-Signals aufrechterhält und gleichzeitig den Pilot-Zusatzaufwand so steuert, dass er nicht übermäßig ist, und das gemeinsam auf den lokalisierten Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff (L-FDMA) und auf den verteilten Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff (D-FDMA) anwendbar ist.

[0008] Das Pilotkanal-Bildungsverfahren vergrößert jedoch die Frequenzauflösung des Pilotsignals im Vergleich zum Datensignal und verringert folglich die Kanalschätzleistung.

[0009] Aus der Druckschrift US 2006/0203932 A1 ist ein Sender bekannt, der Pilotsymbole basierend auf einer Polyphasensequenz erzeugt. Die Druckschrift US 2006/0268676 A1 offenbart auf einer Pilotgewichtung basierende Kanalschätzmethoden.

Offenbarung der Erfindung

Technisches Problem

[0010] Die vorliegende Erfindung ist bei einem Versuch gemacht worden, eine Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung und ein Pilotsignal-Sende-/Empfangsverfahren eines drahtlosen Kommunikationssystems zu schaffen, die bzw. das die Vorteile des gleichzeitigen Unterstützens mehrerer Kanäle des Frequenzmultiplex-Vielfachzugriffs-Systems (FDMA-Systems) und des Schaffens einer Qualitäts-Kanalschätzleistung aufweist.

Technische Lösung

[0011] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Pilotsignal-Sender: eine digitale Fourier-Transformations-Einheit für die digitale Fourier-Transformation eines Datensignals; einen Pilotsignal-Generator zum Erzeugen eines Pilotsignals, das durch eine vorgegebene Lücke basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge in den Frequenzbereich überführt wird; einen Zeitmultiplexer für die Zeitmultiplexierung des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem transformierten Datensignal und zum Senden eines resultierenden Signals über eine Antenne; und eine Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung zum Bestimmen eines Hilfsträgers zum Übertragen des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem Datensignal und zum Abbilden des Datensignals auf den bestimmten Hilfsträger.

[0012] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Pilotsignal-Empfänger in einem drahtlosen Kommunikationssystem: einen Zeitdemultiplexer für die Zeitdemultiplexierung eines empfangenen Datensignals zusammen mit einem Pilotsignal; eine Einheit für die schnelle digitale Fourier-Transformation für die schnelle Fourier-Transformation (FFT) des zeitdemultiplexierten Datensignals; und eine Kanalschätzeinrichtung zum Schätzen des Kanals durch das Umsetzen der Frequenz des zeitdemultiplexierten Pilotsignals, wobei die Kanalschätzeinrichtung ein Modul für den inversen Frequenzübergang zum Ausführen der Frequenzumsetzung an dem Pilotsignal, basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge, umfasst.

[0013] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Pilotsignal-Sendeverfahren in einem drahtlosen Kommunikationssystem: Ausführen einer digitalen Fourier-Transformation eines Datensignals; Erzeugen eines Pilotsignals, das durch eine vorgegebene Lücke basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge in den Frequenzbereich überführt wird; Bestimmen eines Hilfsträgers zum Übertragen des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem transformierten Datensignal; Abbilden des Datensignals auf den bestimmten Hilfsträger; und Zeitmultiplexierung des abgebildeten Datensignals zusammen mit dem Pilotsignal und Senden des resultierenden Signals über eine Antenne.

[0014] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Pilotsignal-Empfangsverfahren in einem drahtlosen Kommunikationssystem: Zeitdemultiplexierung eines externen Datensignals zusammen mit einem Pilotsignal; Ausführen einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) des zeitdemultiplexierten Datensignals; Frequenzumsetzung des zeitdemultiplexierten Pilotsignals basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge; und Schätzen eines Kanals unter Verwendung des Pilotsignals mit umgesetzter Frequenz.

Vorteilhafte Wirkungen

[0015] Entsprechend der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine hervorragende Kanalschätzleistung geschaffen, wobei wenigstens ein Kanal des SC-FDMA-Systems, d. h. der L-FDMA-Kanal und der D-DFMA-Kanal, durch das Bereitstellen des Pilotsignals zum Aufrechterhalten der Frequenzauflösung im Frequenzbereich unterstützt wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0016] Fig. 1 zeigt eine Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung eines Einzelträger-Frequenzmultiplex-Viel-fachzugriffssystems gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0017] Fig. 2 zeigt eine ausführliche graphische Darstellung der Konfiguration eines in Fig. 1 gezeigten Pilotsignal-Generators.

[0018] Fig. 3 zeigt eine ausführliche graphische Darstellung der Konfiguration einer in Fig. 1 gezeigten Kanalschätzeinrichtung.

[0019] Fig. 4 zeigt eine Struktur eines Rahmens, der ein Pilotsignal gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält.

[0020] Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 und Fig. 8 zeigen jeweils die SC-FDMA-Systemleistung in dem Fall der Verwendung eines Pilotsignals gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines allgemeinen Pilotsignals.

Ausführung der Erfindung

[0021] In der folgenden ausführlichen Beschreibung sind einfach zur Veranschaulichung nur bestimmte beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben.

[0022] Demgemäß sind die Zeichnungen und die Beschreibung in ihrer Art als veranschaulichend und nicht als einschränkend zu betrachten. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen überall in der Beschreibung gleiche Elemente.

[0023] Im Folgenden wird eine Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung in einem Einzelträger-Frequenzmultiplex-Vielfachzugriffssystem beschrieben. Die beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist sowohl auf andere Kommunikationssysteme als auch auf das SC-FDMA-System anwendbar.

[0024] Nun wird die Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung im SC-FDMA-System beschrieben.

[0025] Fig. 1 zeigt eine Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung eines Einzelträger-Frequenzmultiplex-Vielfachzugriffssystems gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0026] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, enthält die Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung **100** eine Sendevorrichtung **200** und eine Empfangsvorrichtung **300**.

[0027] Ausführlich enthält die Sendevorrichtung **200** eine Bit-Symbol-Abbildungseinrichtung **211**, einen Seriell-Parallel-Umsetzer **212**, eine erste digitale Fourier-Transformations-Einheit **213**, eine Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung **214**, eine erste Einheit **215** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation, einen Parallel-Seriell-Umsetzer **216**, einen Addierer **217** für zyklische Präfixe, einen Zeitmultiplexer **218** und einen Pilotsignal-Generator **220**. Die erste digitale Fourier-Transformations-Einheit **213** ist so veranschaulicht, dass sie eine digitale M-Punkt-Fourier-Transformations-Einheit verwendet, während die erste Einheit **215** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation so veranschaulicht ist, dass sie eine N-Punkt-Einheit für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation verwendet.

[0028] Fig. 2 zeigt eine ausführliche graphische Darstellung der Konfiguration eines Pilotsignal-Generators **220** in der Pilotsignal-Sendevorrichtung **200**.

[0029] Wie in Fig. 2 gezeigt ist, enthält der Pilotsignal-Generator **220** ein Pilotsymbol-Sicherungsmodul **221**, ein Modul **222** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation (oder IFFT-Modul), ein Parallel-Seriell-Umsetzungsmodul **223**, ein Präfixhinzufügungsmodul **224** und ein Frequenzübergangsmodul **225**. Hier ist das Modul **222** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation durch eine N/B-Punkt-Einheit für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation veranschaulicht.

[0030] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, enthält die Empfangsvorrichtung **300** einen Zeitdemultiplexer **311**, eine Entfernungseinrichtung **312** für zyklische Präfixe, einen Seriell-Parallel-Umsetzer **313**, eine zweite digitale Fourier-Transformations-Einheit **314**, eine Hilfsträger-Symbol-Abbildungseinrichtung **315**, eine zweite Einheit **316** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation, einen Parallel-Seriell-Umsetzer **317** und eine Kanalschätzeinrichtung **320**. In diesem Fall wird die zweite digitale Fourier-Transformations-Einheit **314** unter Bezugnahme auf eine digitale N-Punkt-Fourier-Transformations-Einheit beschrieben, während die zweite Einheit **316** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation unter Bezugnahme auf eine M-Punkt-Einheit für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation beschrieben wird.

[0031] Fig. 3 zeigt eine ausführliche graphische Darstellung der Konfiguration einer Kanalschätzeinrichtung **320** in der Pilotsignal-Empfangsvorrichtung **300**.

[0032] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, enthält die Kanalschätzeinrichtung **320** ein Präfixentfernungsmodul **321**, ein Modul **322** für den inversen Frequenzübergang, ein Seriell-Parallel-Umsetzungsmodul **323**, ein digitales Fourier-Transformations-Modul (oder ein FFT-Modul) **324** und ein Kanalschätzmodul **325**. In diesem Fall wird das digitale Fourier-Transformations-Modul **324** unter Bezugnahme auf eine digitale N/B-Punkt-Fourier-Transformations-Einheit beschrieben.

[0033] Hinsichtlich der Pilotsignal-Sendevorrichtung **200** setzt die Bit-Symbol-Abbildungseinrichtung **211** eine extern eingegebene Anwender-Bitfolge in eine Symbolfolge um, während der Seriell-Parallel-Umsetzer **212** aus der umgesetzten Symbolfolge parallel M Symbolfolgen erzeugt.

[0034] Die erste digitale Fourier-Transformations-Einheit **213** verwendet die digitale M-Punkt-Fourier-Transformations-Einheit, um eine digitale Fourier-Transformation auf die M Symbolfolgen anzuwenden, während die Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung **214** die Position des Hilfsträgers für das Senden der mit einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) transformierten Symbolfolge zusammen mit dem zu erzeugenden Pilotsignal zur Empfangsvorrichtung **300** bestimmt.

[0035] Die erste Einheit **215** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation führt die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation der Symbolfolge mit der bestimmten Übertragungsposition aus, während der Parallel-Seriell-Umsetzer **216** die mit einer inversen schnellen digitalen Fourier-Transformation transformierte Symbolfolge in eine serielle Symbolfolge umsetzt. Der Addierer **217** für zyklische Präfixe fügt ein zyklisches Präfix zur seriellen Symbolfolge hinzu.

[0036] Der Zeitmultiplexer **218** führt die Zeitmultiplexierung der Symbolfolge, zu der das zyklische Präfix hinzugefügt worden ist, d. h. des Datensignals zusammen mit dem Pilotsignal gemäß der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, aus und sendet ein resultierendes Signal über eine Antenne an die Empfangsvorrichtung **300**.

[0037] Das Modul **222** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation des Pilotsignal-Generators **220** führt die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation einer gespeicherten Pilotsymbolfolge in dem Pilotsymbolfolgen-Sicherungsmodul **221** (d. h. eines Pilotsignals) aus, während das Parallel-Seriell-Umsetzungsmodul **223** die Pilotsymbolfolge in eine serielle Pilotsymbolfolge umsetzt.

[0038] Das Frequenzübergangsmodule **225** führt den Übergang der seriellen Pilotsymbolfolge für ein vorgegebenes Intervall in den Frequenzbereich aus, während das Präfixhinzufügungsmodul **224** in Anbetracht der Länge der überführten Pilotsymbolfolge ein zyklisches Präfix hinzufügt.

[0039] Der Zeitdemultiplexer **311** der Pilotsignal-Empfangsvorrichtung **300** zeitdemultiplexiert das extern über die Antenne empfangene Datensignal zusammen mit dem Pilotsignal, während die Entfernungseinrichtung **312** für zyklische Präfixe das zyklische Präfix vom demultiplexierten Datensignal entfernt.

[0040] Der Seriell-Parallel-Umsetzer **313** setzt das Datensignal, von dem das zyklische Präfix entfernt worden ist, in ein paralleles Datensignal um, während die zweite digitale Fourier-Transformations-Einheit **314** die digitale Fourier-Transformation des parallelen Datensignals ausführt.

[0041] Die Hilfsträger-Symbol-Abbildungseinrichtung **315** bildet das umgesetzte Datensignal auf die entsprechende Symbolfolge ab, die zweite Einheit **316** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation führt die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation des abgebildeten Datensignals aus und der Parallel-Seriell-Umsetzer **317** setzt das Datensignal in ein serielles Datensignal um.

[0042] Das Präfixentfernungsmodul **321** der Kanalschätzeinrichtung **320** entfernt das Präfix vom zeitdemultiplexierten Pilotsignal, während das Modul **322** für den inversen Frequenzübergang eine Frequenzumsetzung am Pilotsignal, von dem das Präfix entfernt worden ist, basierend auf einer vorgegebenen Phasenfolge ausführt. Ein ausführlicher Umsetzungsprozess wird später beschrieben.

[0043] Das Seriell-Parallel-Umsetzungsmodul **323** setzt das Pilotsignal mit umgesetzter Frequenz in ein paralleles Pilotsignal um, wobei das digitale Fourier-Transformations-Modul **324** die digitale Fourier-Transformation des parallelen Pilotsignals ausführt. Das Kanalschätzmodul **325** schätzt den Kanal unter Verwendung des transformierten Pilotsignals.

[0044] Nun wird die oben erwähnte Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung **100** beschrieben.

[0045] Nun wird der Betrieb der Pilotsignal-Sendevorrichtung **200** beschrieben.

[0046] Die Bit-Symbol-Abbildungseinrichtung **211** setzt die extern eingegebene Anwender-Bitfolge in eine Symbolfolge um, während der Seriell-Parallel-Umsetzer **212** die umgesetzte Symbolfolge in M parallele Symbolfolgen umsetzt. Die erste digitale Fourier-Transformations-Einheit **213** führt die digitale Fourier-Transformation der M Symbolfolgen aus, um dieselben zu streuen und um die Signale in dieselben zu mischen.

[0047] Außerdem kann der Prozess der digitalen Fourier-Transformation weggelassen werden, wobei in diesem Fall das System den orthogonalen Frequenzmultiplexzugriff (OFDMA) repräsentiert. Das OFDMA-System

besitzt im Vergleich zu anderen Übertragungsverfahren ein hohes Spitze-zu-Durchschnitt-Leistungsverhältnis (PAPR). Deshalb führt das SC-FDMA-System die digitale Fourier-Transformation der entsprechenden Symbolfolge aus, um das PAPR zu verringern.

[0048] Die Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung **214** bestimmt die Position des Hilfsträgers für das Senden der mit einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) transformierten Symbolfolge zusammen mit dem zu erzeugenden Pilotsignal an die Empfangsvorrichtung **300**. In diesem Fall ist es, wenn die Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung **214** die entsprechende Symbolfolge dem benachbarten Hilfsträger zuordnet, ein Kanal mit lokalisiertem Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff (L-FDMA), während es, wenn die Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung **214** die entsprechende Symbolfolge den Verteilungs-Hilfsträgern mit gleichen Intervallen zuordnet, ein Kanal mit verteiltem Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff (D-FDMA) ist.

[0049] Demgemäß schafft die Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung **100** das Pilotsignal, um den L-FDMA-Kanal und den D-FDMA-Kanal gemeinsam zu unterstützen, wobei die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung andere Kanäle unterstützen kann.

[0050] Die erste Einheit **215** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation führt die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation der Symbolfolge $\{X_k, k = k_0, k_1, \dots, k_{M-1}\}$ mit der bestimmten Übertragungsposition in $\{x_n, n = 0, 1, \dots, N - 1\}$ aus, wie in der Gleichung 1 ausgedrückt ist.

(Gleichung 1)

$$x_n = \sum_{k=k_0}^{k_{M-1}} X_k \cdot e^{j2\pi nk / N} .$$

[0051] Hier ist die Position der Symbolfolge $\{k = k_0, k_1, \dots, k_{M-1}\}$ $\{k = l, l + 1, \dots, l + M - 1\}$, weil der L-FDMA-Kanal M benachbarte Hilfsträger besitzt, wobei dieselbe im Fall des D-FDMA-Kanals $\{k = l, l + Q, \dots, l + (M - 1)Q\}$ ist. Außerdem ist l eine Konstante, während Q das Intervall zwischen den Hilfsträgern ist, die im D-FDMA-Kanal in regelmäßigen Intervallen verteilt sind.

[0052] Der Parallel-Seriell-Umsetzer **216** setzt die mit einer inversen schnellen digitalen Fourier-Transformation transformierte Symbolfolge in eine serielle Symbolfolge um, während der Addierer **217** für zyklische Präfixe ein zyklisches Präfix zur seriellen Symbolfolge hinzufügt. Ferner fügt das SC-FDMA-System **100** ein zyklisches Präfix vor dem Datensignal hinzu, um zu verhindern, dass das Datensignal, das durch einen Umweg verzögert wird, eine Selbstinterferenz erzeugt.

[0053] Der Zeitmultiplexer **218** führt die Zeitmultiplexierung der Symbolfolge, zu der ein zyklisches Präfix hinzugefügt worden ist, d. h., des Datensignals zusammen mit dem zu erzeugenden Pilotsignal, aus und sendet das resultierende Signal über die Antenne an die Empfangsvorrichtung **300**. Folglich führt der Zeitmultiplexer **218** die Zeitmultiplexierung des Pilotsignals und des Datensignals aus, um das niedrige PAPR des Pilotsignals leicht aufrechtzuerhalten.

[0054] Nun wird ein Pilotsignal-Erzeugungsprozess gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0055] Das Modul **222** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation führt die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation der in dem Pilotsymbolfolgen-Sicherungsmodul **221** gespeicherten Pilotsymbolfolge aus, während das Parallel-Seriell-Umsetzungsmodul **223** die transformierte Pilotsymbolfolge in eine serielle Pilotsymbolfolge umsetzt.

[0056] Ferner verwendet die Pilotsignal-Sendevorrichtung **200** ein Signal mit konstanter Amplitude und null Autokorrelation (CAZAC), das eine gute PAPR-Eigenschaft besitzt und für die Kanalschätzung vorteilhaft ist, für die Pilotsymbolfolge. Die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine andere Signalfolge für die Pilotsymbolfolge verwenden.

[0057] Die Gesamtlänge der Pilotsymbolfolge ist so konfiguriert, dass sie eine Länge besitzt, die kürzer als die des oben angegebenen Anwendereingabebits ist. Das heißt, hinsichtlich der ersten Einheit **215** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation und des dritten Moduls **222** für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation wird die N-Punkt-IFFT auf den Datenblock angewendet, während die (N/B)-Punkt-IFFT auf den

Pilotblock angewendet wird, weil die Länge des Pilotblocks so konfiguriert ist, dass sie um $1/B$ kürzer als die des allgemeinen Datenblocks ist.

[0058] Das Präfixhinzufügungsmodul **224** fügt unter Berücksichtigung der Länge der Pilotsymbolfolge, deren Übergang durch eine vorgegebene Lücke in den Frequenzbereich ausgeführt wird, ein Präfix zur seriellen Pilotsymbolfolge hinzu, was nun beschrieben wird.

[0059] Das durch den Pilotsignal-Generator **220** erzeugte Pilotsignal

$$\{q_0^b, q_1^b, \dots, q_{N/B-1}^b\}$$

ist in der Gleichung 2 ausgedrückt.

(Gleichung 2)

$$q_n^b = p_n \cdot \Phi_n^b = \left(\sum_{k=0}^{N/B-1} P_k \cdot e^{j2\pi mk/N} \right) \cdot \Phi_n^b,$$

$$n \in \{0, 1, \dots, N/B-1\}, b \in \{1, 2, \dots, B\}.$$

[0060] Im Fall der Erzeugung des Pilotsignals

$$\{q_0^b, q_1^b, \dots, q_{N/B-1}^b\}$$

muss der Pilotsignal-Generator **220** das Pilotsignal nicht erzeugen und an alle Datensignale $b \in \{1, 2, \dots, B\}$ senden, wobei er in Abhängigkeit vom Fall das Pilotsignal für ein vorgegebenes Datensignal (b) erzeugen und senden kann.

[0061] Der Pilotsignal-Generator **220** kann die Phasenübergangsfolge

$$\Phi_n^b$$

nach Gleichung 2 so konfigurieren, wie in der Gleichung 3 gezeigt ist.

$$\Phi_n^b = e^{j2\pi n(b-1)/N} \quad (\text{Gleichung 3})$$

[0062] Nun wird der Betrieb der Pilotsignal-Sendevorrichtung **200**, wenn das Datensignal zur Pilotsignal-Empfangsvorrichtung **300** zu senden ist, d. h. der Datenblock 2 ($B = 2$) ist, ausführlich beschrieben.

[0063] Der erste Pilotübertragungsblock erzeugt keinen Frequenzübergang, weil der erste Pilotübertragungsblock als

$$\Phi_n^1 = 1$$

für allen $n \in \{0, 1, \dots, N/2 - 1\}$ gegeben ist.

[0064] Die Position des Pilotsignals im zweiten Pilotübertragungsblock wird durch einen Hilfsträger durch

$$\Phi_n^b = e^{j2\pi n(b-1)/N}$$

in den Frequenzbereich überführt.

[0065] Das Präfixhinzufügungsmodul **224** fügt ein Präfix hinzu, um die Orthogonalität zwischen den Hilfsträgern in dem Fall des Übertragens des Pilotsignals in einer gleichen Weise wie der der Datensignalübertragung aufrechtzuerhalten. In dem Fall der Hinzufügung fügt das Präfixhinzufügungsmodul **224** in Anbetracht der verkürzten Länge des Pilotübertragungsblocks ein Präfix in einem modifizierten Format hinzu, das sich vom Fall des Hinzufügens eines zyklischen Präfixes im allgemeinen Datenblock unterscheidet.

[0066] Das heißt, wenn die Länge des Präfixes als L gegeben ist und die Position des Präfixes für jeden Übertragungsblock als $-L \leq n \leq -1$ gegeben ist, konfiguriert das Präfixhinzufügungsmodul **224** das Präfix jedes Pilotübertragungsblocks

$$q_n^b$$

so, wie in der Gleichung 4 ausgedrückt ist.

$$q_n^b = p_{n+N/B} \cdot \Phi_{n+N}^b, \quad n \in \{-L, -(L-1), \dots, -1\} \quad (\text{Gleichung 4})$$

[0067] Wenn B so gegeben ist, dass es in der Gleichung 4 2 ist, ist erfüllt, dass

$$q_n^1 = p_{n+N/2} = q_{n+N/2}^1, \quad n \in \{-L, -(L-1), \dots, -1\}$$

und

$$q_n^2 = -p_{n+N/2} \cdot \Phi_{n+N/2}^2 = -q_{n+N/2}^2, \quad n \in \{-L, -(L-1), \dots, -1\}$$

gilt.

[0068] Demgemäß wird das Präfix des ersten Pilotübertragungsblocks

$$q_n^1$$

gleich dem allgemeinen zyklischen Präfix, während das Präfix des zweiten Pilotübertragungsblocks

$$q_n^2$$

ein durch das Invertieren seiner Phase erzeugtes zyklisches Präfix ist.

[0069] Folglich erhält das Präfixhinzufügungsmodul **224** die Frequenzauflösung des Frequenzbereichs aufrecht und schafft durch das Hinzufügen des zyklischen Präfixes, das die Länge des Pilotsignals berücksichtigt hat, das durch eine vorgegebene Lücke in den Frequenzbereich überführt worden ist, zum Pilotsignal eine Kanalschätzleistung in hoher Qualität. Ein Beispiel des zum entsprechenden Signal hinzugefügten zyklischen Präfixes ist in **Fig. 4** gezeigt.

[0070] **Fig. 4** zeigt eine Struktur eines Rahmens, der ein Pilotsignal gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält.

[0071] Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, besitzt ein Daten-/Steuerblock **420** eine zeitmultiplexierte Struktur mit einem Pilotblock **440**, ist ein allgemeines zyklisches Präfix **410** zum Daten-/Steuerblock **420** hinzugefügt und besitzt der Pilotblock **440** eine Struktur, zu der ein phaseninvertiertes zyklisches Präfix **430** hinzugefügt ist.

[0072] Nun wird der Betrieb der Pilotsignal-Empfangsvorrichtung **300** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0073] Das durch den Zeitdemultiplexer **311** der Pilotsignal-Empfangsvorrichtung **300** von einem Zeitmultiplexer **218** der Pilotsignal-Sendevorrichtung **200** empfangene Pilotsignal ist in der Gleichung 5 ausgedrückt.

(Gleichung 5)

$$\begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_{L-1} \\ \vdots \\ y_{N/2-1} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} h_0 & 0 & \dots & h_{L-1} & \dots & h_1 \\ h_1 & h_0 & \ddots & 0 & \ddots & \vdots \\ \vdots & h_1 & \ddots & \ddots & \ddots & h_{L-1} \\ h_{L-1} & \ddots & \ddots & h_0 & \ddots & 0 \\ \vdots & h_{L-1} & \ddots & h_1 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \vdots & \dots & h_0 \end{bmatrix}}_{\text{zyklische Matrix}} \begin{bmatrix} q_0^1 \\ q_1^1 \\ \vdots \\ q_{L-1}^1 \\ \vdots \\ q_{N/2-1}^1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \eta_0 \\ \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_{L-1} \\ \vdots \\ \eta_{N/2-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_{L-1} \\ \vdots \\ y_{N/2-1} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} h_0 & 0 & \dots & -h_{L-1} & \dots & -h_1 \\ h_1 & h_0 & \ddots & 0 & \ddots & \vdots \\ \vdots & h_1 & \ddots & \ddots & \ddots & -h_{L-1} \\ h_{L-1} & \ddots & \ddots & h_0 & \ddots & 0 \\ \vdots & h_{L-1} & \ddots & h_1 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \vdots & \dots & h_0 \end{bmatrix}}_{\text{nichtzyklische Matrix}} \begin{bmatrix} q_0^2 \\ q_1^2 \\ \vdots \\ q_{L-1}^2 \\ \vdots \\ q_{N/2-1}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \eta_0 \\ \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_{L-1} \\ \vdots \\ \eta_{N/2-1} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{y} = \tilde{\mathbf{H}}\mathbf{q}^b + \boldsymbol{\eta}$$

[0074] Wie aus der Gleichung 5 hervorgeht, erhält der erste Pilotübertragungsblock die Orthogonalität zwischen den Hilfsträgern im Frequenzbereich aufrecht, da eine Kanalmatrix in einer gleichen Weise wie im Fall des Übertragens des Datenblocks eine azyklische Matrix wird.

[0075] Der zweite Pilotübertragungsblock besitzt infolge des Einflusses des phaseninvertierten zyklischen Präfixes keine zyklische Kanalmatrix. Das heißt, eine allgemeine Empfangsvorrichtung garantiert nicht die Orthogonalität zwischen den Hilfsträgern für den zweiten Pilotübertragungsblock.

[0076] Die Pilotsignal-Empfangsvorrichtung 300 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überwindet jedoch das oben angegebene Problem unter Verwendung der in Fig. 3 gezeigten Struktur.

[0077] Erstens sind die Operationen vom Zeitdemultiplexer 311 bis zum Parallel-Seriell-Umsetzer 317 der Pilotempfangsvorrichtung 300 umgekehrte Prozesse der Operationen vom Seriell-Parallel-Umsetzer 212 bis zum Zeitmultiplexer 218 der Sendevorrichtung 200, wobei sie allgemeine Datensignal-Empfangsprozesse sind.

[0078] Nun wird ein Pilotsignal-Empfangsprozess gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0079] Das Präfixentfernungsmodul 321 entfernt das Präfix aus dem von der Sendevorrichtung 200 empfangenen Pilotsignal, während das Modul 322 für den inversen Frequenzübergang das Pilotsignal, von dem das Präfix entfernt worden ist, mit der Phasenübergangsfolge

$$(\Phi_n^b)^*$$

multipliziert, um die Frequenzumsetzung auszuführen. Die Schreibweise

$$(\cdot)^*$$

in der Phasenübergangsfolge repräsentiert ein komplex Konjugiertes, das in Gleichung 6 ausgedrückt ist.

$$\begin{aligned}\Phi^{b^*}y &= \Phi^{b^*} \tilde{H} q^b + \Phi^{b^*} \eta \\ &= \Phi^{b^*} \tilde{H} \Phi^b p + \Phi^{b^*} \eta \\ &= H p + \Phi^{b^*} \eta\end{aligned}$$

(Gleichung 6)

[0080] Die modifizierte Kanalmatrix H in der dritten Gleichheit in der Gleichung 6 ist eine zyklischen Matrix für alle $b \in \{1, 2, \dots, B\}$. Der obige Prozess ist basierend auf dem Fall beschrieben worden, in dem der Datenblock B als 2 gegeben ist, was der Leichtigkeit der Beschreibung dient, wobei der Prozess alle B -Werte erfüllt.

[0081] Das Seriell-Parallel-Umsetzungsmodul **323** setzt das Pilotsignal, an dem ein Phasenübergang ausgeführt worden ist, in ein paralleles Pilotsignal um, während das digitale Fourier-Transformations-Modul **324** die digitale Fourier-Transformation des parallelen Pilotsignals ausführt, um dasselbe zu streuen, damit es gemischt wird. Das Kanalschätzmodul **325** extrahiert das Pilotsignal aus dem digital fourier-transformierten Signal und schätzt den Kanal unter Verwendung des extrahierten Pilotsignals. Entsprechend dem Schätzergebnis wird eine weitere stabile Kanalschätzleistung geschaffen.

[0082] Das heißt, die Pilotsignal-Sende-/Empfangsvorrichtung schafft das Pilotsignal zum Aufrechterhalten der Frequenzauflösung im Frequenzbereich, um die Bereitstellung einer hervorragenden Kanalschätzleistung zu erlauben, wenn das allgemeine Pilotsignal verwendet wird, z. B. ein versetztes Pilotsignal. Ein Beispiel der Kanalschätzleistung pro Signal ist in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt.

[0083] **Fig. 5**, **Fig. 6**, **Fig. 7** und **Fig. 8** zeigen jeweils die SC-FDMA-Systemleistung in dem Fall der Verwendung eines Pilotsignals gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines allgemeinen Pilotsignals.

[0084] Das Vergleichsverfahren für die Bezugnahme verwendet den Fall der perfekten Kanalschätzung, bei dem die Kanäle für alle Hilfsträger bekannt sind, und das Pilotsignal, das durch 3GPP LTE berücksichtigt wird. Die Kanalschätzung in dem Fall der Verwendung des Pilotsignals und des versetzten Pilotsignals wird durch das Verfahren der kleinsten Quadrate für die Hilfsträger ausgeführt, bei denen alle Pilotsignale positioniert sind, wobei dasselbe für die restlichen Hilfsträger durch lineare Interpolation im Frequenz- und Zeitbereich ausgeführt wird.

[0085] Ausführlich verwenden **Fig. 5** und **Fig. 6** die 16-QAM für die Leistungskurve bei der L-FDMA-Kanalübertragung, wobei die Geschwindigkeit des Endgeräts in **Fig. 5** 3 km/h beträgt, während dessen Geschwindigkeit in **Fig. 6** 30 km/h beträgt. Wie aus der Zeichnung hervorgeht, übertrifft die Anwendung des Pilotsignals gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung den Fall der Verwendung des versetzten Pilotsignals an Leistung.

[0086] **Fig. 7** und **Fig. 8** verwenden die QPSK für die Leistungskurve bei der D-FDMA-Kanalübertragung, wobei die Geschwindigkeit des Endgeräts in **Fig. 7** 60 km/h beträgt, während die Geschwindigkeit des Endgeräts in **Fig. 8** 120 km/h beträgt. Wie aus der Zeichnung hervorgeht, schafft die Anwendung des Pilotsignals gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine ein bisschen bessere Leistung im Vergleich zum versetzten Pilotsignal.

Patentansprüche

1. Pilotsignal-Sender (**200**), der umfasst:
eine digitale Fourier-Transformations-Einheit (**213**) für die digitale Fourier-Transformation eines Datensignals;
einen Pilotsignal-Generator (**220**) zum Erzeugen eines Pilotsignals, das durch eine vorgegebene Lücke basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge in den Frequenzbereich überführt wird;
einen Zeitmultiplexer (**218**) für die Zeitmultiplexierung des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem transformierten Datensignal und zum Senden eines resultierenden Signals über eine Antenne; und
eine Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung (**214**) zum Bestimmen eines Hilfsträgers zum Übertragen des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem Datensignal und zum Abbilden des Datensignals auf den bestimmten Hilfsträger.

2. Pilotsignal-Sender nach Anspruch 1, bei dem die Symbol-Hilfsträger-Abbildungseinrichtung (**214**) das Datensignal auf einen Kanal mit lokalisiertem Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff oder einen Kanal mit verteiltem Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff abbildet.

3. Pilotsignal-Sender nach Anspruch 1, bei dem

der Pilotsignal-Generator (**220**) umfasst:

ein Modul (**222**) für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation zum Ausführen der inversen schnellen digitalen Fourier-Transformation des Pilotsignals;
 ein Frequenzübergangsmodul (**225**) zum Überführen des mit einer inversen schnellen digitalen Fourier-Transformation transformierten Pilotsignals durch eine vorgegebene Lücke in den Frequenzbereich; und
 ein Präfixhinzufügungsmodul (**224**) zum Hinzufügen eines zyklischen Präfixes zum Pilotsignal unter Berücksichtigung der Länge des überführten Pilotsignals.

4. Pilotsignal-Sender nach Anspruch 3, bei dem das Präfixhinzufügungsmodul (**224**) ein phaseninvertiertes zyklisches Präfix zum Pilotsignal hinzufügt.

5. Pilotsignal-Sender nach Anspruch 3, bei dem das Modul (**222**) für die inverse schnelle digitale Fourier-Transformation das Pilotsignal transformiert, das so festgelegt ist, dass es kürzer als die Länge des Datensignals ist.

6. Pilotsignal-Sender nach Anspruch 1, bei dem das Pilotsignal ein Signal mit konstanter Amplitude und null Autokorrelation (CAZAC) enthält.

7. Pilotsignal-Empfänger (**300**), der umfasst:

einen Zeitdemultiplexer (**311**) für die Zeitdemultiplexierung eines empfangenen Datensignals zusammen mit einem Pilotsignal;
 eine Einheit (**314**) für die schnelle digitale Fourier-Transformation für die schnelle Fourier-Transformation (FFT) des zeitdemultiplexierten Datensignals; und
 eine Kanalschätzeinrichtung (**320**) zum Schätzen des Kanals durch das Umsetzen der Frequenz des zeitdemultiplexierten Pilotsignals,
 wobei die Kanalschätzeinrichtung (**320**) ein Modul (**322**) für den inversen Frequenzübergang zum Ausführen der Frequenzumsetzung an dem Pilotsignal, basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge, umfasst.

8. Pilotsignal-Empfänger nach Anspruch 7, bei dem

die Kanalschätzeinrichtung (**320**) ferner umfasst:

ein Präfixentfernungsmodul (**321**) zum Entfernen eines Präfixes aus dem zeitdemultiplexierten Pilotsignal; und
 ein Kanalschätzmodul (**325**) zum Schätzen des Kanals unter Verwendung des Pilotsignals mit umgesetzter Frequenz.

9. Pilotsignal-Sendeverfahren, das umfasst:

Ausführen einer digitalen Fourier-Transformation eines Datensignals;

Erzeugen eines Pilotsignals, das durch eine vorgegebene Lücke basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge in den Frequenzbereich überführt wird;

Bestimmen eines Hilfsträgers zum Übertragen des erzeugten Pilotsignals zusammen mit dem transformierten Datensignal;

Abbilden des Datensignals auf den vorgegebenen Hilfsträger; und

Zeitmultiplexierung des abgebildeten Datensignals zusammen mit dem Pilotsignal und Senden des resultierenden Signals über eine Antenne.

10. Pilotsignal-Sendeverfahren nach Anspruch 9, bei dem das Abbilden des Datensignals auf den Hilfsträger das Abbilden des Datensignals auf den Kanal mit lokalisiertem Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff oder den Kanal mit verteiltem Frequenzmultiplex-Vielfachzugriff umfasst.

11. Pilotsignal-Sendeverfahren nach Anspruch 9, bei dem die Erzeugung des Pilotsignals umfasst:

Ausführen der inversen schnellen digitalen Fourier-Transformation des Pilotsignals; und

Hinzufügen eines zyklischen Präfixes zum Pilotsignal in Anbetracht der Länge des überführten Pilotsignals.

12. Pilotsignal-Sendeverfahren nach Anspruch 11, bei dem

die Erzeugung des Pilotsignals umfasst:

Bilden des Pilotsignals, wie es in einer Pilotsymbolfolge und der Phasenübergangsfolge gegeben ist.

13. Pilotsignal-Sendeverfahren nach Anspruch 11, bei dem das Hinzufügen des zyklischen Präfixes das Hinzufügen des zyklischen Präfixes entsprechend der Länge des Pilotsignals umfasst.

14. Pilotsignal-Sendeverfahren nach Anspruch 9, das ferner umfasst:
Steuern der Länge des Pilotsignals, damit es kürzer als die Länge des Datensignals ist, wobei die Erzeugung des Pilotsignals das Erzeugen des Pilotsignals durch das Überführen des kurzen Pilotsignals für eine vorgegebene Lücke in den Frequenzbereich umfasst.

15. Pilotsignal-Empfangsverfahren, das umfasst:
Zeitdemultiplexierung eines externen Datensignals zusammen mit einem Pilotsignal;
Ausführen einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) des zeitdemultiplexierten Datensignals;
Frequenzumsetzung des zeitdemultiplexierten Pilotsignals basierend auf einer vorgegebenen Phasenübergangsfolge; und
Schätzen eines Kanals unter Verwendung des Pilotsignals mit umgesetzter Frequenz.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

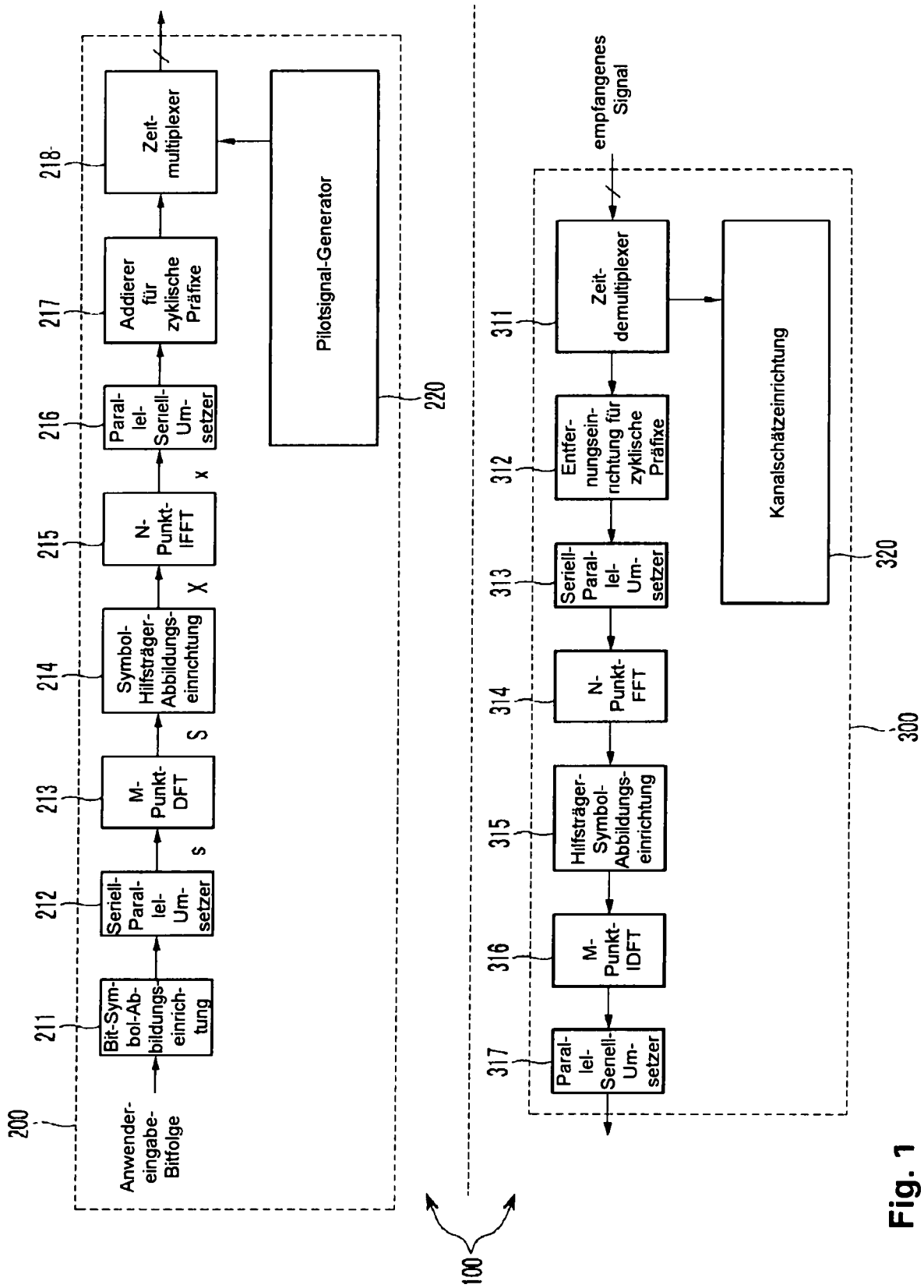


Fig. 1

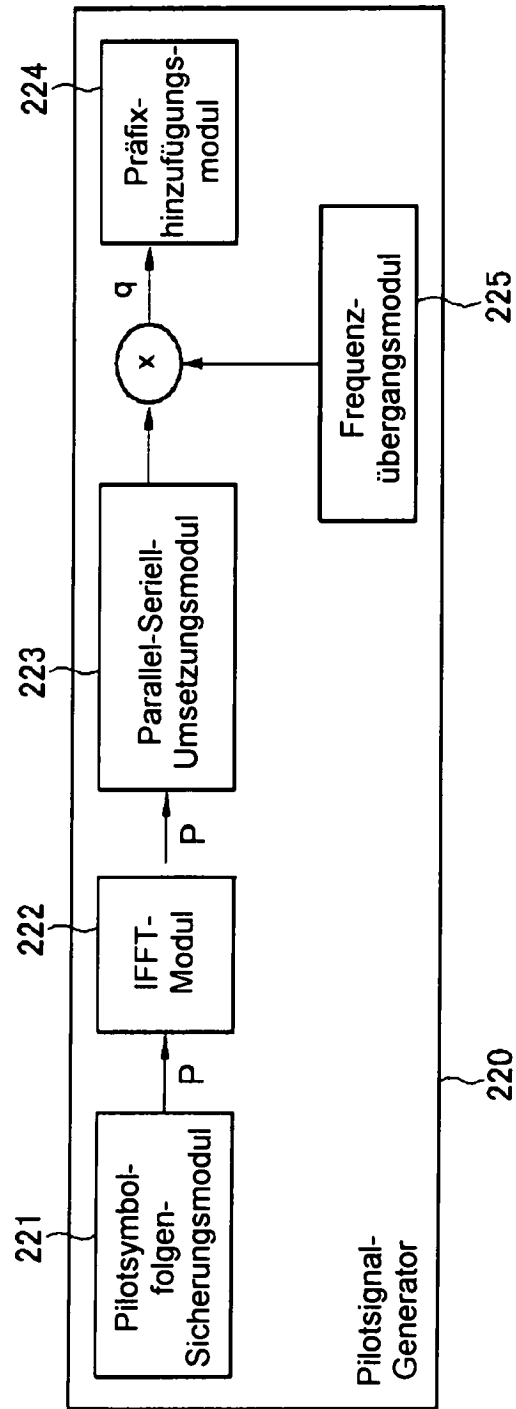


Fig. 2

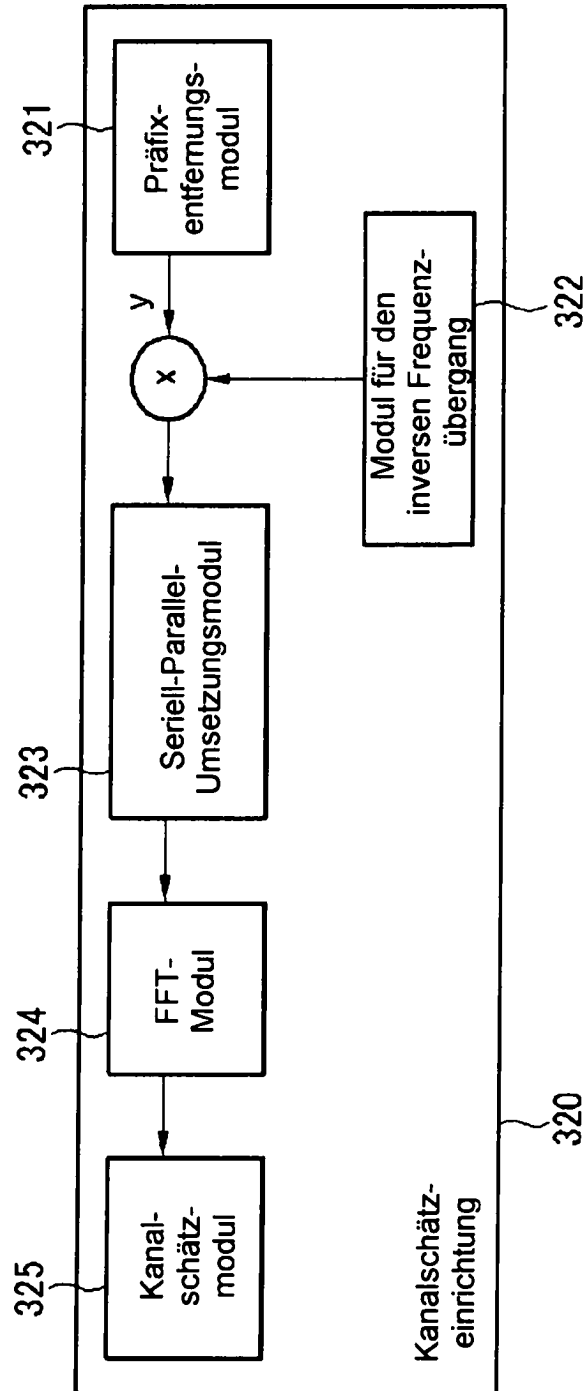


Fig. 3

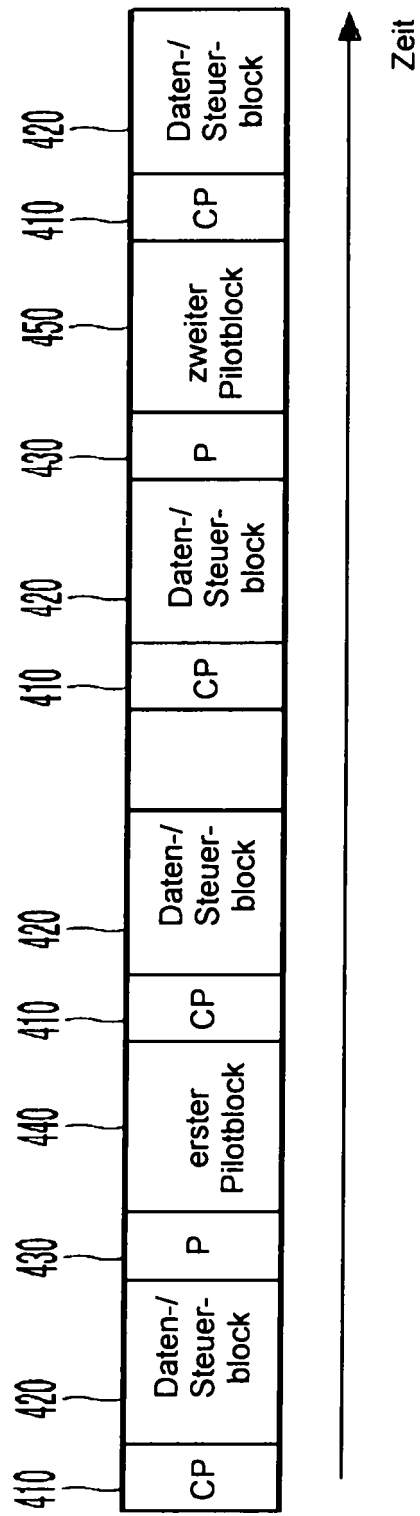
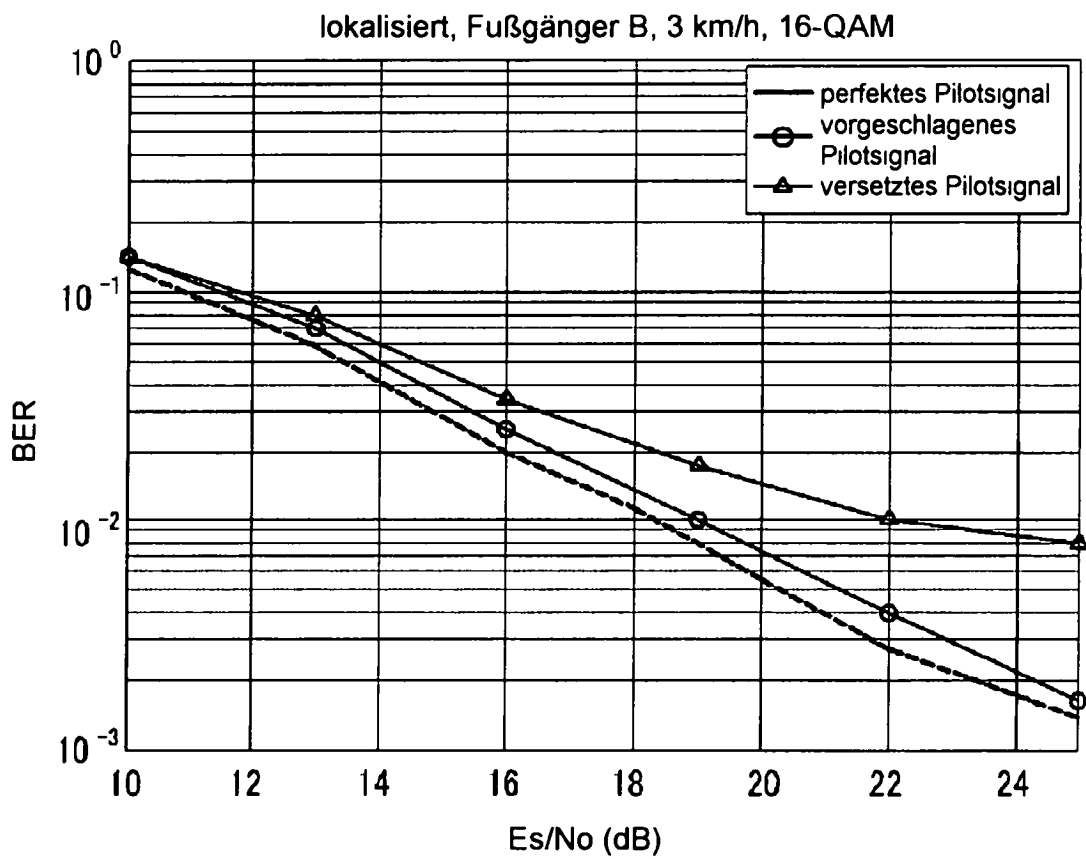
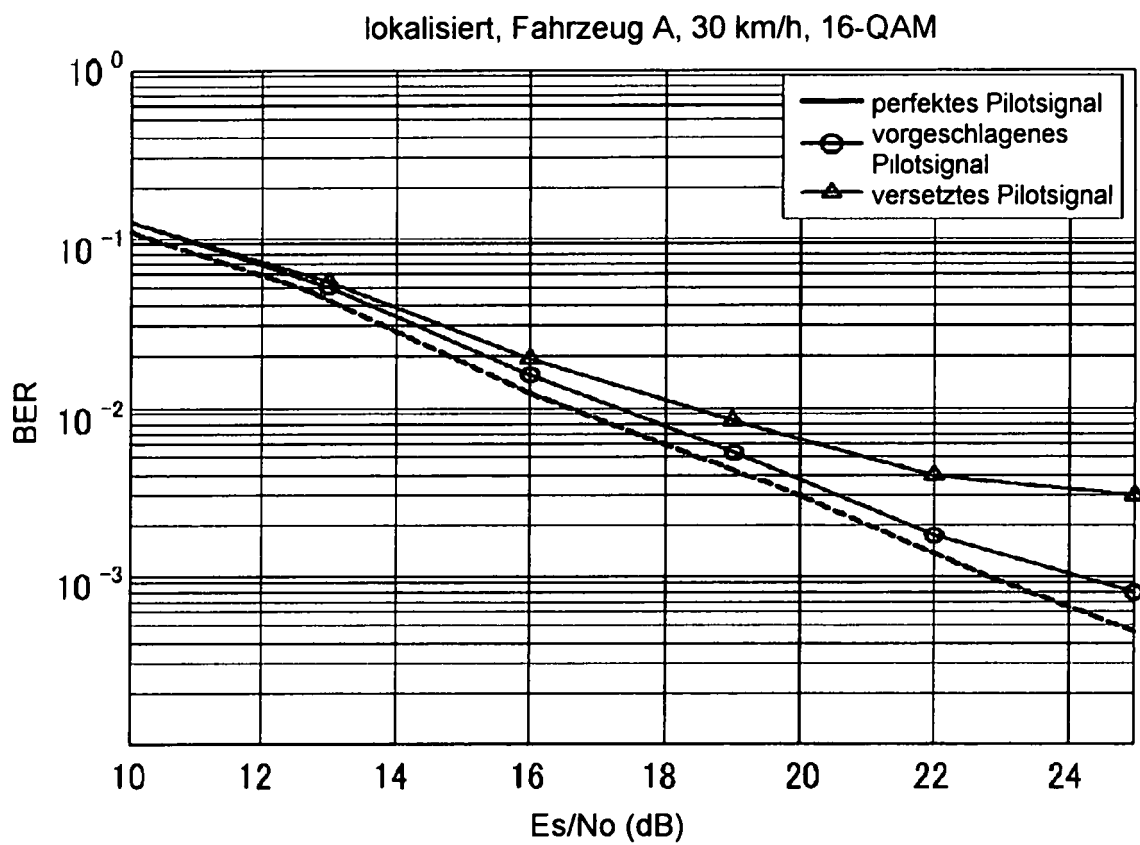
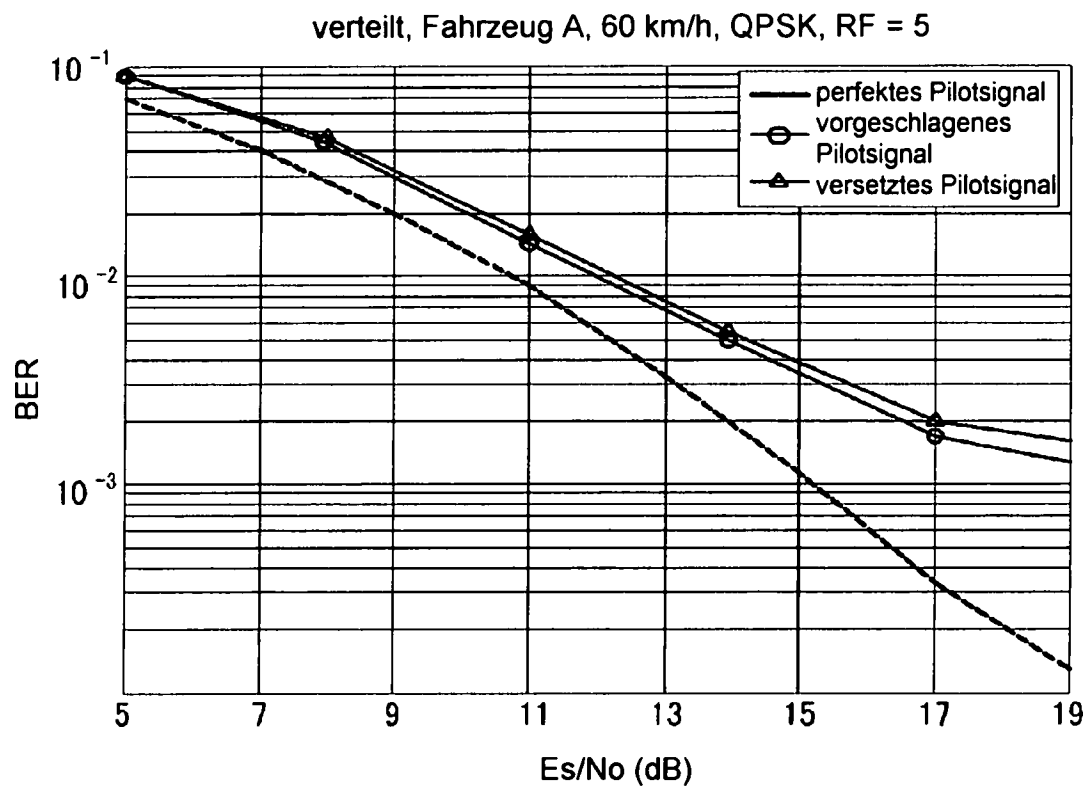
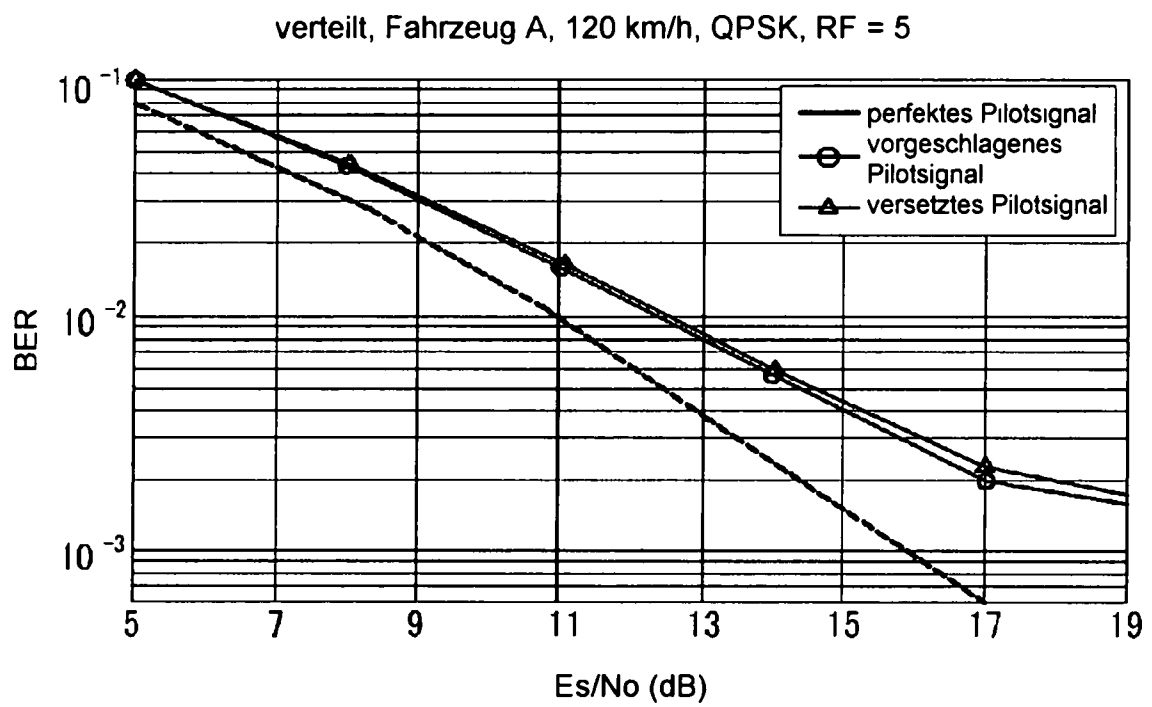


Fig. 4

**Fig. 5**

**Fig. 6**

**Fig. 7**

**Fig. 8**