



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 34 043 T2 2007.12.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 197 026 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 34 043.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/06643**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 954 488.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/006695**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.07.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **25.01.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.04.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.03.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.12.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04L 1/06 (2006.01)**

**H04L 25/02 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**143957 P 15.07.1999 US**

**573157 19.05.2000 US**

(73) Patentinhaber:

**Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ),  
Stockholm, SE**

(74) Vertreter:

**HOFFMANN & EITLÉ, 81925 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**NILSSON, Johan, S-23638 Höllviken, SE**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KANALSCHÄTZUNG MIT SENDE DIVERSITÄT**

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**

## Hintergrund

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kanalschätzung in einem mobilen Empfänger, wenn eine Sendediversität verwendet wird. Im Besonderen betrifft die vorliegende Erfindung eine Kanalschätzung in einer Pilotsignale verwendenden Sendediversitätsumgebung.

**[0002]** Eine Sendediversität ist eine Technik, die ein Übertragen von Daten von zwei Antennen beinhaltet und zum Verbessern der Schwundspielräume verwendet wird. Genauer genommen wird, in eine Sendediversität und einen entsprechenden Diversitätsempfang einsetzenden Funkkommunikationssystemen, ein Signal erhalten durch Zusammenfassen bzw. Kombinieren von Signalen, die von zwei oder mehr unabhängigen Quellen abstammen, die mit identischen informationstragenden Signalen moduliert worden sind, die in ihren Übertragungseigenschaften zu einem beliebigen Zeitpunkt variieren können. Diversitätsübertragung und -empfang werden verwendet zum Erhalten einer Zuverlässigkeit und einer Signalverbesserung durch Überwinden der Schwundeffekte, Ausfälle und Schaltkreisstörungen. In Diversitätsübertragung und -empfang verwendenden Funkkommunikationssystemen hängt die Menge der Verbesserung des empfangenen Signals von der Unabhängigkeit der Schwundeigenschaften des Signals als auch der Schaltkreisausfälle und Störungen ab.

**[0003]** Ein Schwund bzw. Fading in Funkkommunikationssystemen kann auf die Zeitvariation der Amplitude oder der relativen Phase verweisen, oder beides, von einer oder mehreren der Frequenzkomponenten eines empfangenen Signals. Der Schwund kann durch zeitvariierende Änderungen in den Ausbreitungspfedeigenschaften des Mediums verursacht sein, das typischerweise eine Luftschnittstelle in dem Fall von Funkkommunikationssystemen ist. Demgemäß kann ein Schwundspielraum als eine Entwurfstoleranz zum Bereitstellen eines ausreichenden Systemverstärkungsgrades oder einer Empfindlichkeit bzw. Ansprechschwelle zum Aufnehmen eines erwarteten Signalschwundes definiert sein, zum Zweck des Sicherstellens, dass eine erforderliche Dienstgüte überall zum Beispiel in einer geographischen Region oder einem Dienstgebiet aufrecht erhalten wird. Ein Schwundspielraum kann die Menge angeben, um welche ein empfangener Signalpegel reduziert sein kann, ohne zu bewirken, dass die Systemleistungsfähigkeit unter einen spezifizierten Schwellenwert fällt, was den Empfang durch zum Beispiel eine Mobilstation (MS) beeinträchtigen würde.

**[0004]** Eine Sendediversität kann zum Beispiel mit unabhängigen Übertragungen von zwei Antennen erreicht werden. Durch Übertragen von zwei Antennen, die zum Beispiel mit zwei Base Stations bzw. Basisstationen (BS) verknüpft sind, ist die Integrität der Kommunikation weniger empfindlich hinsichtlich einer Zerrüttung, wenn ein Signalschwund auf einem oder beiden der Ausbreitungspfade aufgrund eines Kanalrauschens oder anderer Änderungen für die Ausbreitungspfedeigenschaften auftreten sollte. Eine BS kann sowohl Daten- als auch Steuersignale an eine MS übertragen. Es kann ferner für vorbestimmte Signale, zum Beispiele Pilotsignale, üblich sein, von der BS an die MS übertragen zu werden.

**[0005]** Ein Pilotsignal ist ein Signal, das üblicherweise bei einer einzelnen Frequenz über zum Beispiel die Luftschnittstelle eines Funkkommunikationssystems für Überwachungs-, Steuerungs-, Entzerrungs-, Fortsetzungs-, Synchronisations- oder Referenzzwecke übertragen wird. Aufgrund der Ausbreitung von Frequenzkanalsprungsystemen kann es manchmal erforderlich sein, einige unabhängige Pilotfrequenzen einzusetzen, um pilotbezogene Information zu befördern. Pilotsignale können in solchen Systemen eine Reihe vorbestimmter Symbole enthalten. Solche vorbestimmten Symbole können eine bekannte Information bereitstellen, die durch einen Empfänger zum Durchführen einer Kanalschätzung verwendet werden kann.

**[0006]** In dem Fall von eine Sendediversität einsetzenden Systemen werden unterschiedliche Pilotsignale, oder Pilotsymbole, auf den zwei Antennen übertragen. Dies ermöglicht es der MS, individuelle Kanalschätzungen für durch die zwei BS-Antennen übertragenen Signale abzuleiten. Kanalschätzungen ermöglichen es dem Empfänger, die Weise zu charakterisieren, in welcher die Luftschnittstelle die übertragenen Symbole beeinflusst, zum Beispiel durch Erzeugen einer Intersymbolinterferenz (ISI). Demgemäß erleichtert eine Kanalschätzung die Wiederherstellung einer Information aus dem empfangenen Signal für das Ereignis eines Signalschwundes oder von Ähnlichem. Bekannte Pilotsignale verwendende Kanalschätzungen stellen dem Empfänger eine Information über die Beschaffenheit des empfangenen Signals bereit, und es ist ein Beispiel einer kohärenten Schätzung, während noch andere Systeme versuchen, die Luftschnittstelle ohne irgendeine a priori Kenntnis des empfangenen Signals zu charakterisieren.

**[0007]** Um einer MS eine Gelegenheit bereitzustellen, individuelle Kanalschätzungen basierend auf von zwei Antennen übertragenen Signalen zu tätigen, wie in einem Sendediversitätsszenario, werden unterschiedliche

Pilotsymbolsequenzen auf den zwei Antennen übertragen. Ein solches Pilotmusterschema ist in dem 3GPP-Standard beschrieben, siehe 3rd Generation Partnership Project (3GPP), 3GPP RAN 25.211 V2.1.0, Juni 1999, Section 5.3.2.

**[0008]** „Signal Design for Transmitter Diversity Wireless Communication Systems Over Rayleigh Fading Channels“, von J.C. Guey, et al., IEEE Transactions On Communications, Vol. 47, Nr. 4, April 1999, betrachtet eine lineare Modulation auf Frequenz-nicht-selektiven Schwundkanälen und schlägt ein neues Schema für eine codierte Modulation vor, das die Diversität inhärent im System für mehrfache Übertragungen/mehrfache Sender bereitstellt, ohne Erfordern eines Verschachtelns selbst mit einer geringen Mobilität.

**[0009]** Die europäische Patentanmeldung Nr. 99203291.2, als Dokument EP 0 993 129 A2 am 12. April 2000 veröffentlicht, ist auf die Raum-Zeit-blockcodierte Sendeantennendiversität für eine Kanalschätzung von Signalen für einen Breitbandvielfachzugriff im Codemultiplex (WCDMA) gerichtet. Im Besonderen offenbart dieses Dokument einen Schaltkreis, der mit einem Schätzschaltkreis entworfen ist, der gekoppelt ist zum Empfangen von a) einer Vielzahl von Eingabesignalen von einer externen Quelle entlang einer Vielzahl von Pfaden, und b) wenigstens einem bekannten Signal. Das wenigstens eine bekannte Signal hat einen vorbestimmten Wert. Der Schätzschaltkreis produziert eine Vielzahl von Schätzsignalen, die jedem jeweiligen Signalpfad entsprechen, in Ansprechen auf die Vielzahl von Eingabesignalen und dem wenigstens einen bekannten Signal. Ein Korrekturschaltkreis ist gekoppelt zum Empfangen der Vielzahl von Schätzsignalen und der Vielzahl von Eingabesignalen. Der Korrekturschaltkreis produziert eine Schätzung für ein erstes Symbol in Ansprechen auf die Vielzahl von Schätzsignalen und die Vielzahl von Eingabesignalen. Er stützt sich nicht darauf, dass eine Anzahl aufeinander folgender Pilotsymbole konstant ist, um eine Kanalschätzung zu bilden. Solch ein Verfahren und eine Vorrichtung würden zu einem reduzierten Kanalzusatzaufwand und einer verbesserten Bandbreite für informationstragende Nutzlasten führen und die Symbolerfassung verbessern.

#### Zusammenfassung

**[0010]** Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen von Kanalschätzungen hinsichtlich eines Sendediversitätskanals bereitzustellen.

**[0011]** Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, solche Kanalschätzungen bereitzustellen, die Sequenzen von Pilotsymbolen verwenden, die die Kanalschätzungen für einen zeitvariierenden Kanal verbessern.

**[0012]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung werden die vorhergehenden und andere Aufgaben in einem Verfahren und einer Vorrichtung erreicht zum Schätzen von Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}$ ,  $\hat{g}_{12}$ ,  $\hat{g}_{21}$ ,  $\hat{g}_{22}$ , die mit einem Sendediversitätskanal in einem Funkkommunikationssystem verknüpft sind. Solch ein Funkkommunikationssystem kann eine Base Station bzw. Basisstation (BS) und wenigstens eine Mobile Station bzw. Mobilstation (MS) haben, obgleich die Auswahl der Pilotsymbolsequenzen auf einer BS oder einem ähnlichen Übertrager praktiziert werden kann. Der Sendediversitätskanal kann über wenigstens zwei Ausbreitungspfade von wenigstens zwei Antennen übertragen werden, die mit der BS oder einem ähnlichen Übertrager bzw. Sender verknüpft sind. Die BS kann eine Sequenz von Pilotsymbolen für jede der zwei Antennen zur Übertragung von der BS an, vorzugsweise, eine MS über den Sendediversitätskanal bereitstellen. Die MS kann eine Reihe von Symbolen  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  zum Beispiel über den Sendediversitätskanal empfangen, und kann, um die Kanalschätzung zu erleichtern, eine Matrix von Werten der Sequenz von Pilotsymbolen aufbauen, wobei die Sequenz der Pilotsymbole ausgewählt sein kann, so dass die Matrix P einen vollen Rang hat. Demgemäß können die Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}$ ,  $\hat{g}_{12}$ ,  $\hat{g}_{21}$ ,  $\hat{g}_{22}$  mit Verwenden der Matrix und der Reihe von Symbolen  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  bestimmt werden. Die Matrix kann ferner in einem Speicher gespeichert sein und davon abgerufen bzw. wiedergewonnen werden.

**[0013]** Die Sequenz der Pilotsymbole kann zum Beispiel eine erste Sequenz  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ , und  $p_4$ , die mit einer ersten der zwei Antennen verknüpft ist, und eine zweite Sequenz  $p_1^*$ ,  $-p_4^*$ ,  $-p_3^*$ , und  $p_2^*$  enthalten, die mit einer zweiten der Antennen verknüpft ist. Damit die Matrix einen vollen Rang haben kann, kann die Sequenz Werte verwenden, die zum Beispiel  $p_1 = -1 - j$ ,  $p_2 = -1 - j$ ,  $p_3 = -1 - j$ , und  $p_4 = -1 + j$  enthalten. Demgemäß kann die Matrix von der Form

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & p_1 & 0 \\ p_2 & 0 & -p_4^* & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & -p_3 \\ 0 & p_4 & 0 & p_2^* \end{bmatrix}$$

sein.

**[0014]** Eine Matrix  $P^{-1}$  ist eine Inverse der Matrix der Werte der Sequenz von Pilotsymbolen, wobei die Kanal-koeffizienten  $\hat{g}_{11}$ ,  $\hat{g}_{12}$ ,  $\hat{g}_{21}$ ,  $\hat{g}_{22}$  geschätzt werden gemäß einer Beziehung

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_{11} \\ \hat{g}_{12} \\ \hat{g}_{21} \\ \hat{g}_{22} \end{bmatrix} = P^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix}$$

**[0015]** In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Verfahren zum Schätzen der Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}$ ,  $\hat{g}_{12}$ ,  $\hat{g}_{21}$ ,  $\hat{g}_{22}$ , die mit einem Sendediversitätskanal verknüpft sind, in einer MS verkörpert sein. Der Sendediversitätskanal kann wie oben über wenigstens zwei Ausbreitungspfade von wenigstens zwei Antennen übertragen werden, die mit einem Sender, so wie eine BS, verknüpft sind. Die MS kann eine Reihe von Symbolen  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  von dem Sendediversitätskanal empfangen und eine Matrix von Werten einer bekannten Sequenz von Pilotsymbolen aufbauen, wobei die bekannte Sequenz von Pilotsymbolen so ausgewählt ist, dass die Matrix einen vollen Rang hat. Demgemäß können die Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}$ ,  $\hat{g}_{12}$ ,  $\hat{g}_{21}$ ,  $\hat{g}_{22}$  zum Schätzen des Kanals mit Verwenden der Matrix und der Reihe empfangener Symbole  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  bestimmt werden. Die Matrix kann ferner in einem Speicher gespeichert sein und davon abgerufen bzw. wiedergewonnen werden.

**[0016]** Zum Erleichtern einer Schätzung enthält die Sequenz der Pilotsymbole eine mit einer ersten Antenne verknüpfte erste Sequenz  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ , und  $p_4$  und eine mit einer zweiten Antenne verknüpfte zweite Sequenz  $p_1$ ,  $-p_4^*$ ,  $-p_3$ , und  $p_2^*$ . Damit die Matrix einen vollen Rang erreicht, kann die Sequenz ferner zum Beispiel die Werte  $p_1 = -1 - j$ ,  $p_2 = -1 - j$ ,  $p_3 = -1 - j$ , und  $p_4 = -1 + j$  enthalten. Die Matrix ist vorzugsweise von der Form

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & p_1 & 0 \\ p_2 & 0 & -p_4^* & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & -p_3 \\ 0 & p_4 & 0 & p_2^* \end{bmatrix}$$

**[0017]** Eine Matrix  $P^{-1}$  ist eine Inverse der Matrix der Werte der Sequenz der Pilotsymbole, wobei die Kanal-koeffizienten  $\hat{g}_{11}$ ,  $\hat{g}_{12}$ ,  $\hat{g}_{21}$ ,  $\hat{g}_{22}$  geschätzt werden gemäß einer Beziehung

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_{11} \\ \hat{g}_{12} \\ \hat{g}_{21} \\ \hat{g}_{22} \end{bmatrix} = P^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix}$$

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0018]** Die Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden durch Lesen der folgenden Beschreibung zusammen mit den Zeichnungen verstanden werden.

**[0019]** [Fig. 1](#) ist ein Diagramm, das einen beispielhaften Diversitätssender gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0020]** [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, das ein beispielhaftes Kanalformat für eine Information veranschaulicht, die gemäß der vorliegenden Erfindung durch den beispielhaften Diversitätssender von [Fig. 1](#) übertragen ist.

[0021] **Fig. 3** ist ein Diagramm, das eine beispielhafte Pilotsequenz veranschaulicht, die durch den beispielhaften Diversitätssender von **Fig. 1** gemäß der vorliegenden Erfindung übertragen ist.

[0022] **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, das die Schritte beim Anwenden eines Verfahrens einer Kanalschätzung einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

#### Detaillierte Beschreibung

[0023] Die vielfältigen Merkmale der Erfindung werden nun mit Verweis auf die Figuren beschrieben werden, in denen ähnliche Teile mit denselben Bezugszeichen identifiziert sind.

[0024] Gemäß beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bereitstellen einer verbesserten Kanalschätzung in einem Empfänger vorgestellt, wo Signale in einem eine Sendediversität verwendenden Funkkommunikationssystem empfangen werden. Das Kanalschätzungsverfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung modellieren Kanäle unter der Annahme, dass der Kanal für zwei Pilotsymbole bei einer Zeit konstant ist im Gegensatz zu Verfahren gemäß dem Stand der Technik, die auf der Annahme basieren, dass ein Kanal für drei oder mehr Symbole konstant ist. Demgemäß wird die Kanalschätzung schneller durchgeführt und verbessert die Kanalschätzung auf einem zeitvariierenden Kanal.

[0025] Mit Verweis auf **Fig. 1** der Zeichnungen ist der beispielhafte Sender bzw. Übertrager **100** veranschaulicht, dass er einige Komponenten einschließlich Antenne 1 **110** und Antenne 2 **120** hat. Daten **180** können innerhalb des Senders **100** erzeugt werden und können zum Beispiel kanalcodierte Daten, Transmit Power Control bzw. Sendeleistungssteuerungs-(TPC)Befehle, optionale Transport Format Combination Indicator (TFCI) und Ähnliches enthalten. Für Downlink-Sendediversitätssysteme gemäß der vorliegenden Erfindung können Daten **180** an einen Space-Timeblockcodierungsbasierten Transmit-Diversity-(STTD)Codierer **170** auf Eingabeleitung **171** eingegeben werden. Daten **180** können ferner einem Ratenanpassen, Verschachteln und Ähnlichem unterworfen werden, wie es in Nicht-Diversitätssystemen oder Modi durchgeführt werden würde. Es kann ferner erkannt werden, dass STTD-Codierer **170** codierte Daten an Multiplexer **140** weitergeben kann, wo sie passend an Ausgang **143** und **144** geleitet werden können, die für Sendeantenne **110** bzw. **120** bestimmt sind. Diversitätspilotsignale **150** und **160** können auch an Multiplexer **140** auf Eingabeleitung **141** bzw. **142** eingegeben werden, um zusammen mit STTD-codierten Daten zur Ausgabe auf Antennen **110** und **120** untergebracht zu sein. Es kann ferner erkannt werden, dass Kanalisierungscodes (Channelization Codes), Verwürfelungscodes und Ähnliches bei Eingaben bzw. Eingängen **130** bereitgestellt sein können, wobei, über Eingaben bzw. Eingänge **131** und **132**, diese Codes mit Ausgangssignalen **143** und **144** des Multiplexers **140** bei Summierungsanschlüssen **145** und **146** zusammengefasst bzw. kombiniert werden können. Die Sammelsignalausgaben bzw. Sammelsignalausgänge **147** und **148** können auf Antennen **110** und **120** an MS **190** über Luftschnittstellenkanal **111** bzw. **121** übertragen werden, um eine Sendediversität der abgehenden Information gemäß der vorliegenden Erfindung zu erreichen. Es sollte beachtet werden, dass MS **190** vorzugsweise zum Beispiel Antenne **191**, Prozessor **192** und einen Speicher **193** enthalten kann, wie es im Fachgebiet üblich sein würde.

[0026] In **Fig. 2** der Zeichnungen ist eine beispielhafte Datenkanalabbildung **200** bei der Ebene von Superrahmen **230**, Rahmen **220** und Zeitschlitz **210** veranschaulicht. Von besonderem Interesse ist Zeitschlitzformat **210** darin, dass Zeitschlitzformat **210** neben anderer Information Pilotsignale **215** gemäß der vorliegenden Erfindung enthält. Außerdem enthält Zeitschlitzformat **210** TFCI-Block **211**, Data 1 Block **212**, TPC-Block **213** und Data 2 Block **214**. Es sollte beachtet werden, dass, während Sendedaten, die durch TFCI-Block **211**, Data 1 Block **212**, TPC-Block **213** und Data 2 Block **214** dargestellt sind, dieselben für beide Antennen **110** und **120** in Diversitätssender **100** sein können, Pilotsignale **215** auf der Grundlage davon unterschieden werden können, welche Antenne zum Übertragen einer bestimmten Gruppe von Signalen verwendet wird, wie in größerem Detail hier im Nachfolgenden beschrieben ist.

[0027] Mit Verweis auf **Fig. 3** der Zeichnungen, enthalten zwei unterschiedliche Pilotsequenzen **310** und **320**, zum Beispiel entsprechend auf Antenne **110** bzw. Antenne **120** übertragenen Signalen, jeweils vier codierte Pilotsymbole, wie veranschaulicht. Bei MS **190** werden zum Beispiel die Pilotsymbole über Luftschnittstellenkanäle **111** und **121** als vier Symbole empfangen werden. Für Pilotsequenz **310** sind Pilotsymbole  $p_1$  **311**,  $p_2$  **312**,  $p_3$  **313** und  $p_4$  **314** enthalten. Für Pilotsequenz **320** sind Pilotsymbole  $p_1$  **321**,  $-p_4^*$  **322** (das Negative des Konjugierten von  $p_4$  **314**),  $-p_3$  **323** und  $p_2^*$  **324** (das Konjugierte von  $p_2$  **312**) enthalten.

[0028] Für das Sendediversitätssystem **100** seien die empfangenen Symbole  $r_1, r_2, r_3$  und  $r_4$ . Der Übertra-

gungsprozess wird modelliert als

$$r_1 = h_{11}p_1 + h_{21}p_1 + n_1 \quad (3)$$

$$r_2 = h_{12}p_2 - h_{22}p_4 + n_2 \quad (4)$$

$$r_2 = h_{13}p_3 - h_{23}p_2 + n_3 \quad (5)$$

$$r_4 = h_{14}p_4 - h_{24}p_2 + n_4 \quad (6)$$

wobei  $h_{ij} \in \mathbb{C}$  die Kanalkoeffizienten sind,  $n_j \in \mathbb{C}$  hinzugefügtes Rauschen ist und  $p_j \in \mathbb{C}$  die wie oben beschriebenen Pilotsymbole sind. Kanalkoeffizienten,  $h_{ij}$ , werden für Antenne 1 **110** und Antenne 2 **120** unterschiedlich sein und werden zeitvariierend sein. Die Aufgabe für MS **190** ist es,  $h_{ij}$  durch Verwenden des empfangenen Symbols  $r_j$  zu schätzen. Diese Aufgabe ist anderweitig als das Kanalschätzungsproblem bekannt.

**[0029]** Eine Kanalschätzung mit sendediversitätscodierten Pilotsequenzen **310** und **320** erfordert ein Gruppieren von  $r_1$  und  $r_3$ , um einen Satz von Kanalschätzungen zu erhalten, und ein Gruppieren von  $r_2$  und  $r_4$  zum Erhalten eines zweiten Satzes von Kanalschätzungen. Die Struktur des Pilotmusterscodierens eignet sich normalerweise für solch einen Ansatz. Die empfangenen Symbole  $r_1$  und  $r_3$  hängen zum Beispiel von Pilotsymbolen  $p_1$  **311** und  $p_3$  **313** ab. Für die zweite Kanalschätzung, hängen  $r_2$  und  $r_4$  zum Beispiel von Pilotsymbolen  $p_2$  **312** und  $p_4$  **314** ab. Es kann eine Annahme getätigt werden, dass mit Pilotsequenzen **310** und **320** verknüpfte Kanäle für die Dauer von drei Symbolen konstant sind. Solch eine Annahme führt zu der Beziehung unter den neuen Kanalkoeffizienten  $f_{11}$ ,  $f_{21}$ ,  $f_{12}$ ,  $f_{22}$ , mit Erfüllen von:

$$f_{11} = h_{11} = h_{13} \quad (5)$$

$$f_{12} = h_{12} = h_{14} \quad (6)$$

$$f_{21} = h_{21} = h_{23} \quad (7)$$

$$f_{22} = h_{22} = h_{24} \quad (8)$$

**[0030]** Die empfangenen Signale können dann geschrieben werden als

$$r_1 = f_{11}p_1 + f_{21}p_1 + n_1 \quad (9)$$

$$r_3 = f_{11}p_3 - f_{21}p_3 + n_3 \quad (10)$$

und ein erster Satz der Kanalschätzungen kann dann gebildet werden als

$$\begin{bmatrix} f_{11} \\ f_{21} \end{bmatrix} = P_1^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_3 \end{bmatrix} \quad (11)$$

wobei

$$P_1 = \begin{bmatrix} P_1 & P_1 \\ P_3 & -P_3 \end{bmatrix} \quad (12)$$

**[0031]** Da  $P_1$  eine Matrix eines vollen Ranges ist, für Nichtnull-Pilotsymbole  $p_1$  **311** und  $p_3$  **313**, existiert die Matrixinverse. Mit Anwenden desselben Verfahrens auf das zweite,  $p_2$  **312**, und das vierte,  $p_4$  **314**, Pilotsymbol ergeben sich die Kanalschätzungen

$$\begin{bmatrix} f_{12} \\ f_{22} \end{bmatrix} = P_2^{-1} \begin{bmatrix} r_2 \\ r_4 \end{bmatrix} \quad (13)$$

wobei

$$P_2 = \begin{bmatrix} p_2 & -p_4^* \\ p_4 & p_2 \end{bmatrix} \quad (14)$$

**[0032]** Da Matrix  $P_2$  eine Matrix eines vollen Ranges ist, für Nichtnull-Pilotsymbole, existiert wiederum die Matrixinverse. Es tritt jedoch ein Problem mit dem beschriebenen Kanalschätzungsproblem darin auf, dass die Annahme, dass der Kanal für drei Symbole konstant ist, in dem Fall eines zeitvariierenden Kanals schwach ist. Die Dreisymbolannahme würde zum Beispiel ungültig sein für Kanäle mit einer hohen Doppler-Verschiebung und die eine mit einem hohen Spreizungsfaktor, wie zuvor beschrieben, übertragene Information tragen.

**[0033]** Die Lösung, gemäß der vorliegenden Erfindung, stellt ein Modellieren von mit Antenne 1 **110** und Antenne 2 **120** verknüpften Kanälen bereit, wie wenn sie für nur zwei Pilotsymbole einer Pilotsequenz konstant sein können, zum Beispiel  $p_1$  **311**,  $p_2$  **312**, verknüpft mit der durch Antenne 1 **110** übertragenen Pilotsequenz **310**. Es sei die Notation  $g_{11}$  für den Kanalkoeffizient von Antenne 1 **110** eingeführt, und es sei  $g_{21}$  für den Kanalkoeffizient von Antenne 2 **120** eingeführt. Für die letzten zwei Symbole der Pilotsequenz, zum Beispiel  $p_3$  **313** und  $p_4$  **314** für Antenne 1 **110**, sind die Kanalkoeffizienten  $g_{12}$  für Antenne 1 **110** und  $g_{22}$  für Antenne 2 **120**. Solch eine Beziehung gibt Anlass für die folgenden Annahmen:

$$g_{11} = h_{11} = h_{12} \quad (15)$$

$$g_{12} = h_{13} = h_{14} \quad (16)$$

$$g_{21} = h_{21} = h_{22} \quad (17)$$

$$g_{22} = h_{23} = h_{24} \quad (18)$$

**[0034]** Es ist wichtig zu beachten, dass gemäß der vorliegenden Erfindung nur aufeinander folgende Kanalkoeffizienten als gleich seiend angenommen werden. Die empfangenen Symbole können dann geschrieben werden als

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} g_{11} \\ g_{12} \\ g_{21} \\ g_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix} \quad (19)$$

wobei

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & p_1 & 0 \\ p_2 & 0 & -p_4^* & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & -p_3 \\ 0 & p_4 & 0 & p_2^* \end{bmatrix} \quad (20)$$

**[0035]** Wenn die Matrix  $P$  einen vollen Rang hat, kann eine Kanalschätzung abgeleitet werden als

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_{11} \\ \hat{g}_{12} \\ \hat{g}_{21} \\ \hat{g}_{22} \end{bmatrix} = P^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} \quad (21)$$

**[0036]** Die Effektivität der Kanalschätzung gemäß der vorliegenden Erfindung kann sich auf die Rangbedingung der Matrix  $P$  stützen, zum Beispiel in Gleichung (20). Jedoch existieren einige Pilotsymbolsequenzen, die Rangbedingung für  $P$  erfüllen. Ein Beispiel solch einer Pilotsequenz ist  $p_1 = -1 - j$ ,  $p_2 = -1 - j$ ,  $p_3 = -1 - j$ , und  $p_4 = -1 + j$ . Demgemäß ist ein Auswählen von Pilotsequenzen **310** und **320** zum Erreichen einer passenden Rangbeschaffenheit bzw. Rangbedingung für Matrix  $P$  von Bedeutung. Das Kanalschätzungsverfahren gemäß

der vorliegenden Erfindung gibt ferner Anlass für ein Kriterium zum Auswählen von Pilotmustern für individuelle Pilotsymbole von Pilotsequenzen **310** und **320**. Das Auswählen von Pilotmustern gemäß der vorliegenden Erfindung, um der Matrix P einen vollen Rang zu geben, ist auch von Bedeutung.

**[0037]** Eine Ausführungsform des Kanalschätzungsverfahrens der vorliegenden Erfindung kann direkt implementiert werden. Die Matrixinverse für solch eine beispielhafte Ausführungsform kann die Struktur haben

$$P^{-1} = \begin{bmatrix} * & * & 0 & 0 \\ 0 & 0 & * & * \\ * & * & 0 & 0 \\ 0 & 0 & * & * \end{bmatrix} \quad (22)$$

wobei \* ein Element angibt, das möglicherweise nichtnull bzw. ungleich null ist. Die Matrixinverse kann vorberechnet und in einem mit MS **190** verknüpften Speicher auf eine im Fachgebiet bekannte Weise gespeichert werden. Der beispielhafte Kanalschätzer ist direkt implementiert als

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_{11} \\ \hat{g}_{12} \\ \hat{g}_{21} \\ \hat{g}_{22} \end{bmatrix} = P^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} \quad (23)$$

wobei die Struktur der Nullen in (22) genutzt werden kann, um bei einer effizienteren Implementierung anzukommen. Es sollte beachtet werden, dass, während beispielhafte Ausführungsformen mit Verwenden eines bestimmten Satzes von Pilotmustern veranschaulicht sind, es ähnliche Varianten von Pilotmustern gibt, die zum Sendediversitätscodieren mit denselben Eigenschaften geeignet sind. Beabsichtigungsgemäß sind sämtliche solcher Muster, ohne unnötige Aufzählung, gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0038]** Ein Flussdiagramm eines beispielhaften Prozess **400** zum Ableiten von Kanalschätzungen gemäß der vorliegenden Erfindung ist in **Fig. 4** veranschaulicht. Der Prozess kann bei Startblock **410** beginnen, wo eine Initialisierung und andere Routingformalitäten durchgeführt werden können, und schreitet entlang Kante **411** zum Block **420**, wo eine Pilotsequenz, so wie Pilotsequenz **310** und **320**, jeder Antenne **110** bzw. Antenne **210** des Basisstationssenders bereitgestellt werden kann. Demgemäß können Pilotsequenzen **310** und **320** über die Sendediversitätskanal-verwendende Antenne **110** bzw. **210** übertragen werden, die zum Beispiel mit einer Basisstation verknüpft sind. Eine MS, so wie MS **190**, kann eine Reihe von Symbolen  $r_1, r_2, r_3$  und  $r_4$  empfangen, von denen bekannt ist, dass sie Pilotsymbole sind. An dieser Stelle kann Matrix P im Block **440** gemäß Kante **421** aufgebaut werden, wobei Pilotsymbole vom Block **420** empfangen werden, und Kante **431** empfangene Symbole von Block **430** darstellt. Es sollte beachtet werden, dass Matrix P entweder durch Konstruieren der Matrix in Echtzeit oder vorzugsweise durch Abruf bzw. Wiedergewinnen von zum Beispiel Speicher **193** aufgebaut werden kann. Matrix P sollte vorzugsweise die Pilotsequenzen, wie im Block **420** ausgewählt, wiedergeben. Mit Verwenden der empfangenen Symbole  $r_1, r_2, r_3$  und  $r_4$  vom Block **430** und Matrix P vom Block **440** können die Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$  in Block **460** gemäß der Beziehung von zum Beispiel Gleichung (23) berechnet werden. Wenn erforderlich, kann Prozess **400** wie erforderlich wiederholt werden, wie durch Block **470** angegeben.

**[0039]** Die Erfindung ist mit Verweis auf eine bestimmte Ausführungsform beschrieben. Jedoch wird der Fachmann leichtfertig erkennen, dass es möglich ist, die Erfindung in anderen spezifischen Formen als die der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsform zu verkörpern.

**[0040]** Die bevorzugte Ausführungsform ist lediglich veranschaulichend und sollte nicht als in irgendeiner Weise einschränkend betrachtet werden. Der Schutzbereich der Erfindung ist vielmehr durch die beigefügten Ansprüche gegeben, als durch die vorhergehende Beschreibung, und sämtliche Variationen und Äquivalente, die in den Bereich der Ansprüche anfallen, sind beabsichtigungsgemäß darin aufgenommen.

### Patentansprüche

1. Verfahren für eine Mobilstation (**190**) zum Schätzen von mit einem Sendediversitätskanal verknüpften Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$ , wobei der Sendediversitätskanal über wenigstens zwei Ausbreitungspfade von wenigstens zwei mit einem Sender (**100**) verknüpften Antennen (**110, 120**) übermittelt wird, wobei das Ver-

fahren die Schritte umfasst zum:

Empfangen einer Reihe von Symbolen  $r_1, r_2, r_3, r_4$  bei der Mobilstation (**190**) von dem Sendediversitätskanal, und gekennzeichnet ist durch die Schritte zum:

Aufbauen einer Matrix von Werten einer bekannten Sequenz von Pilotsymbolen,

wobei die bekannte Sequenz von Pilotsymbolen ausgewählt ist, so dass die Matrix einen vollen Rang hat, und Bestimmen der Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$  mit Verwenden der Matrix und der Reihe von Symbolen  $r_1, r_2, r_3, r_4$ , wobei eine Matrix  $P^{-1}$  eine Inverse der Matrix der Werte der Sequenz von Pilotsymbolen ist, und wobei die Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$  geschätzt werden gemäß einer Beziehung

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_{11} \\ \hat{g}_{12} \\ \hat{g}_{21} \\ \hat{g}_{22} \end{bmatrix} = P^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix}.$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner den Schritt zum Wiedergewinnen der Matrix von einem Speicher umfassend.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die bekannte Sequenz von Pilotsymbolen ferner eine erste Sequenz  $p_1, p_2, p_3$ , und  $p_4$ , die mit einer ersten der wenigstens zwei Antennen verknüpft ist, und eine zweite Sequenz  $p_1, -p_4^*, -p_3$ , und  $p_2^*$  enthält, die mit einer zweiten der wenigstens zwei Antennen verknüpft ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die bekannte Sequenz ferner  $p_1 = -1 - j$ ,  $p_2 = -1 - j$ ,  $p_3 = -1 - j$ , und  $p_4 = -1 + j$  enthält.

5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Matrix eine Matrix der Form

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & p_1 & 0 \\ p_2 & 0 & -p_4^* & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & -p_3 \\ 0 & p_4 & 0 & p_2^* \end{bmatrix}$$

ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, ferner den Schritt zum Wiedergewinnen der Matrix  $P^{-1}$  von einem Speicher umfassend.

7. Verfahren zum Schätzen von Kanalkoeffizienten in einem Funkkommunikationssystem, wobei das Verfahren ein Schätzen von Kanalkoeffizienten in einer Mobilstation (**190**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 umfasst, wobei das Funkkommunikationssystem einen Sender umfasst, wobei der Sender eine Basisstation ist, und wobei die Basisstation die bekannte Sequenz von Pilotsymbolen für jede der wenigstens zwei Antennen zur Übermittlung von der Basisstation zu der Mobilstation über den Sendediversitätskanal bereitstellt.

8. Vorrichtung zum Schätzen von mit einem Sendediversitätskanal verknüpften Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$  in einer Mobilstation (**190**), wobei der Sendediversitätskanal über wenigstens zwei Ausbreitungspfade von wenigstens zwei mit einem Sender (**100**) verknüpften Antennen (**110, 120**) übermittelt wird, wobei die Vorrichtung umfasst:

eine Einrichtung zum Empfangen einer Reihe von Symbolen  $r_1, r_2, r_3, r_4$  bei der Mobilstation (**190**) von dem Sendediversitätskanal, und gekennzeichnet ist durch:

eine Einrichtung zum Aufbauen einer Matrix von Werten einer bekannten Sequenz von Pilotsymbolen,

wobei die bekannte Sequenz von Pilotsymbolen ausgewählt ist, so dass die Matrix einen vollen Rang hat, und eine Einrichtung zum Bestimmen der Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$  mit Verwenden der Matrix und der Reihe von Symbolen  $r_1, r_2, r_3, r_4$ , wobei eine Matrix  $P^{-1}$  eine Inverse der Matrix der Werte der Sequenz von Pilotsymbolen ist, und wobei die Einrichtung zum Bestimmen die Kanalkoeffizienten  $\hat{g}_{11}, \hat{g}_{12}, \hat{g}_{21}, \hat{g}_{22}$  gemäß einer Beziehung

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_{11} \\ \hat{g}_{12} \\ \hat{g}_{21} \\ \hat{g}_{22} \end{bmatrix} = P^{-1} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix}$$

schätzt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Einrichtung zum Aufbauen ferner eine Speichereinrichtung zum Speichern der Matrix enthält.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die bekannte Sequenz von Pilotsymbolen ferner eine erste Sequenz  $p_1, p_2, p_3,$  und  $p_4$ , die mit einer ersten der wenigstens zwei Antennen (**110, 120**) verknüpft ist, und eine zweite Sequenz  $p_1, -p_4, -p_3,$  und  $p_2$  enthält, die mit einer zweiten der wenigstens zwei Antennen (**110, 120**) verknüpft ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die bekannte Sequenz ferner  $p_1 = -1 - j, p_2 = -1 - j, p_3 = -1 - j,$  und  $p_4 = -1 + j$  enthält.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Matrix eine Matrix von der Form

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & p_1 & 0 \\ p_2 & 0 & -p_4^* & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & -p_3 \\ 0 & p_4 & 0 & p_2^* \end{bmatrix}$$

ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Einrichtung zum Aufbauen eine Speichereinrichtung zum Speichern der Matrix  $P^{-1}$  enthält.

14. System mit einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das System einen Sender umfasst, wobei der Sender eine Basisstation ist mit:  
einer Einrichtung zum Bereitstellen der bekannten Sequenz von Pilotsymbolen für jede der wenigstens zwei Antennen zur Übermittlung von der Basisstation zu der Mobilstation über den Sendediversitätskanal.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

KANALISIERUNGSCODE UND  
LANGER VERWÜRFELUNGSCODE C,  
SPREIZUNGLÄNGE = M

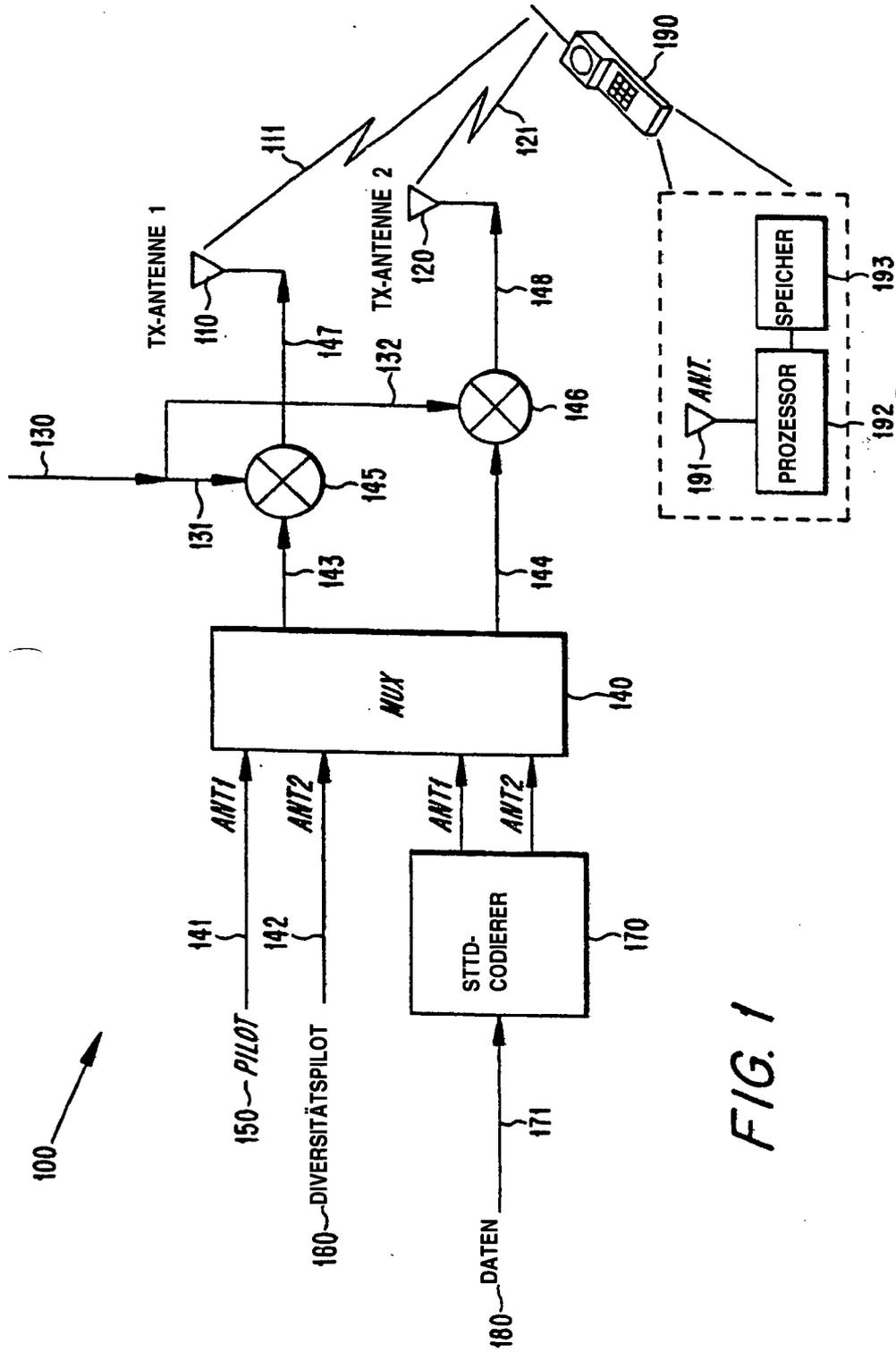


FIG. 1

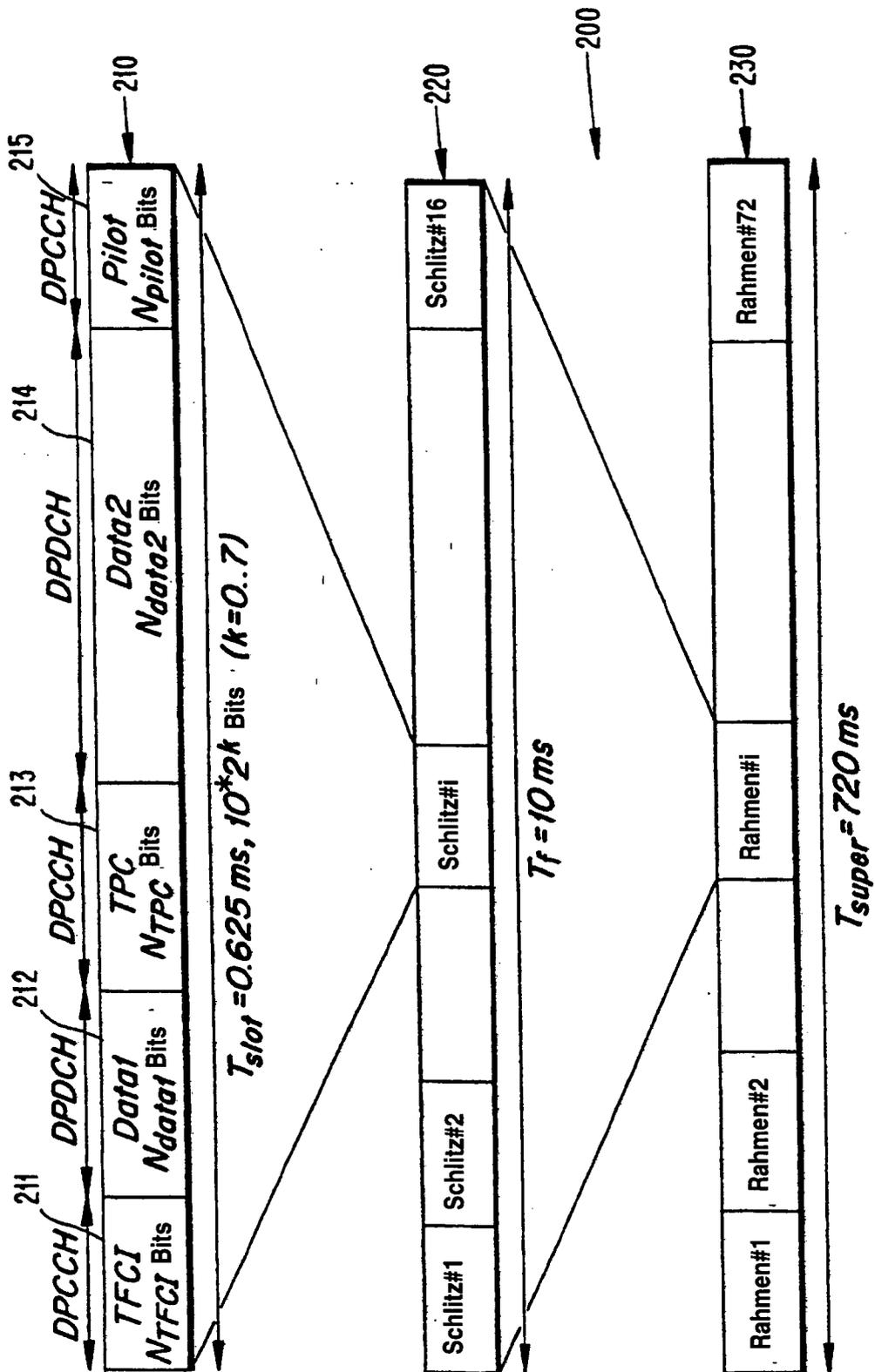


FIG. 2

FIG. 3

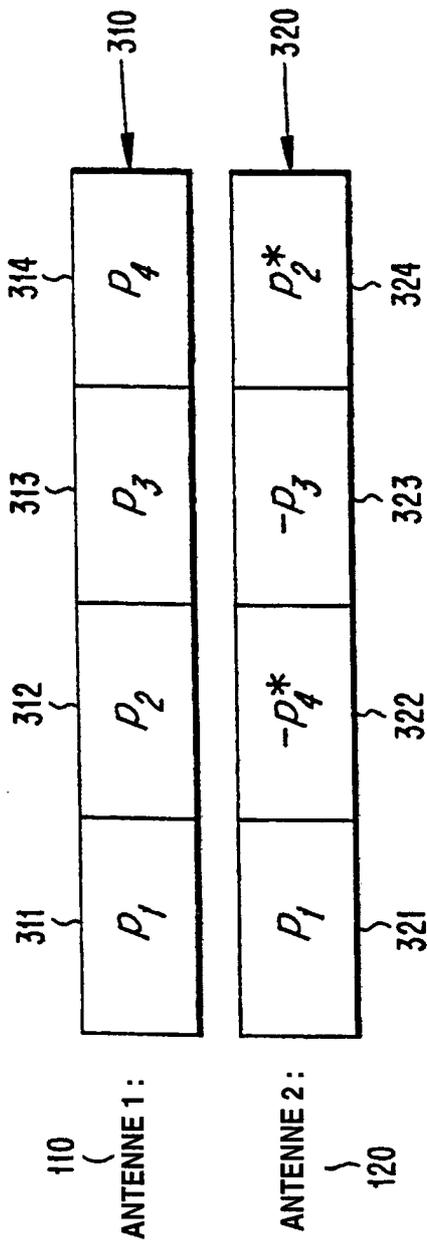


FIG. 4

