



(10) **DE 10 2011 054 916 B4** 2016.12.08

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 916.1**
(22) Anmeldetag: **28.10.2011**
(43) Offenlegungstag: **24.05.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.12.2016**

(51) Int Cl.: **H04B 7/06 (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:
12/939,327 04.11.2010 US

(62) Teilung in:
10 2011 123 047.9

(73) Patentinhaber:
**Intel Mobile Communications Technology GmbH,
85579 Neubiberg, DE**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Lambsdorff & Lange, 81673
München, DE**

(72) Erfinder:
Wehinger, Joachim, 82024 Taufkirchen, DE

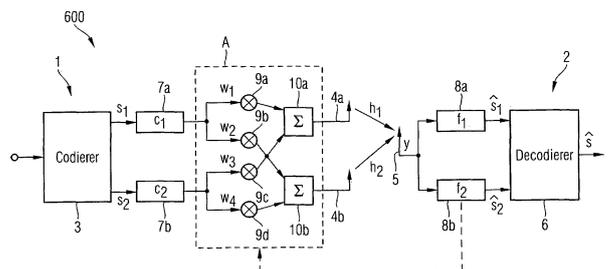
(56) Ermittelter Stand der Technik:

**ALAMOUTI, S. M.: A Simple Transmit Diversity
Technique for Wireless Communications. In: IEEE
Journal on Selected Areas in Communications,
vol. 16, no. 8, October 1998, pp. 1451 – 1458.**

**ALEXIOU, A.; QADDI, M.: Robust Linear
Precoding to Compensate for Antenna
Correlation in Orthogonal Space-Time Block
Coded Systems. In: IEEE Sensor Array and
Multichannel Signal Processing Workshop
Proceedings, 18 - 21 July 2004, pp. 701 - 705.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Verarbeitung von Daten**

(57) Hauptanspruch: Ein Verfahren, umfassend:
Codieren von Daten gemäß einem Raum-Zeit-Sendediver-
sitätsschema zum Erhalten von wenigstens zwei Datenströ-
men,
Spreizen der wenigstens zwei codierten Datenströme, wo-
bei ein erster codierter Datenstrom mit einem ersten Spreiz-
code und ein zweiter codierter Datenstrom mit einem zwei-
ten Spreizcode gespreizt wird, und
Raummultiplexen der gespreizten und codierten Daten.



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Die Erfindung betrifft einen Sender, einen Empfänger und ein Verfahren zur Verarbeitung von Daten in einem Sender und einem Empfänger. Insbesondere betrifft die Erfindung das Verbessern der Qualität einer Datenübertragung zwischen einem Sender und einem Empfänger.

[0002] In Hochfrequenzkommunikationssystemen können sich übertragene Signale von einem Sender zu einem Empfänger über unterschiedliche Übertragungskanäle ausbreiten. Bei einer Entzerrung der empfangenen Datenströme im Empfänger können die Datenströme einander als Störungsquelle ansehen, was eine Verschlechterung der Leistung des Empfängers bewirken kann.

[0003] Die Druckschrift ALEXIOU, A.; QADDI, M. Robust Linear Precoding to Compensate for Antenna Correlation in Orthogonal Space-Time Block Coded Systems. In: IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop Proceedings, 18–21 July 2004, pp. 701–705 offenbart einen Sender mit einem Raum-Zeit-Block Kodierer und einem linearen Vorkodierer, wobei zu sendende Daten den Raum-Zeit-Block Kodierer und den linearen Vorkodierer nacheinander durchlaufen.

[0004] Die Druckschrift ALAMOUTI, S. M.: A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications. In: IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 16, no. 8, October 1998, pp. 1451–1458 betrifft ein einfaches Sendediversitätsschema mit zwei Sendezweigen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0005] Die beiliegenden Zeichnungen sind zur Bereitstellung eines weiteren Verständnisses von Ausführungsformen beigefügt und sind in die vorliegende Beschreibung aufgenommen und bilden einen Teil derselben. Die Zeichnungen veranschaulichen Ausführungsformen und dienen zusammen mit der Beschreibung zur Erläuterung von Grundsätzen von Ausführungsformen. Weitere Ausführungsformen und viele der beabsichtigten Vorteile von Ausführungsformen werden leicht erkennbar, sowie sie durch Bezugnahme auf die nachfolgende ausführliche Beschreibung besser verständlich werden.

[0006] Fig. 1 zeigt schematisch ein Hochfrequenzkommunikationssystem **100**.

[0007] Fig. 2 zeigt schematisch ein weiteres Hochfrequenzkommunikationssystem **200**.

[0008] Fig. 3 zeigt schematisch einen Sender **300**.

[0009] Fig. 4 zeigt schematisch einen Sender **400** als beispielhafte Ausführungsform.

[0010] Fig. 5 zeigt schematisch einen Empfänger **500** als beispielhafte Ausführungsform.

[0011] Fig. 6 zeigt schematisch ein weiteres Hochfrequenzkommunikationssystem **600** mit einem Sender als weitere beispielhafte Ausführungsform und einen Empfänger als weitere beispielhafte Ausführungsform.

[0012] Fig. 7 zeigt schematisch ein Verfahren **700** als beispielhafte Ausführungsform.

[0013] Fig. 8 zeigt schematisch ein Verfahren **800** als weitere beispielhafte Ausführungsform.

[0014] Fig. 9 zeigt schematisch ein Verfahren **900** als weitere beispielhafte Ausführungsform.

[0015] Fig. 10 zeigt schematisch die Leistung von zwei Empfängern.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0016] Im Folgenden werden Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei gleiche Bezugsziffern insgesamt allgemein zur Bezugnahme auf gleiche Elemente benutzt werden. In der nachfolgenden Beschreibung werden für Erläuterungszwecke zahlreiche bestimmte Einzelheiten aufgeführt, um ein durchgehendes Verständnis eines oder mehrerer Aspekte von Ausführungsformen bereitzustellen. Einem Fachmann kann jedoch klar sein, dass einer oder mehrere Aspekte der Ausführungsformen mit einem

geringeren Grad dieser bestimmten Einzelheiten ausgeübt werden können. Die nachfolgende Beschreibung soll daher nicht in einem begrenzenden Sinn aufgefasst werden, und der Schutzrahmen wird durch die beiliegenden Ansprüche definiert.

[0017] Die zusammengefassten verschiedenen Aspekte können in verschiedenen Formen ausgeführt werden. Die nachfolgende Beschreibung zeigt als Veranschaulichung verschiedene Kombinationen und Konfigurationen, in denen die Aspekte ausgeübt werden können. Es versteht sich, dass die beschriebenen Aspekte und/oder Ausführungsformen nur Beispiele sind und dass andere Aspekte und/oder Ausführungsformen benutzt werden können und strukturmäßige und funktionsmäßige Abänderungen durchgeführt werden können, ohne aus dem Rahmen der vorliegenden Offenbarung zu weichen.

[0018] Während zusätzlich ein bestimmtes Merkmal oder ein bestimmter Aspekt einer Ausführungsform möglicherweise hinsichtlich nur eines von mehreren Ausführungen offenbart ist, könnte ein solches Merkmal oder ein solcher Aspekt mit einem oder mehreren sonstigen Merkmalen oder Aspekten der anderen Ausführungen kombiniert sein, wie es für eine beliebige gegebene oder bestimmte Anwendung wünschenswert und vorteilhaft sein könnte. Weiterhin sollen in dem Ausmaß, in dem die Begriffe „enthalten“, „aufweisen“, „mit“ oder weitere Varianten derselben in entweder der ausführlichen Beschreibung oder den Ansprüchen benutzt werden, diese Begriffe auf eine dem Begriff „umfassen“ ähnliche Weise einschließend sein. Auch soll der Begriff „beispielhaft“ nur ein Beispiel bedeuten, und nicht das Beste oder Optimale.

[0019] Die hier beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen können in verschiedenen drahtlosen Kommunikationsnetzen wie beispielsweise [Netzen des Code Division Multiple Access (CDMA), Time Division Multiple Access (TDMA), Frequency Division Multiple Access (FDMA), Orthogonal FDMA (OFDMA) und Single Carrier FDMA (SC-FDMA) benutzt werden. Die Begriffe „Netz“ und „System“ werden häufig austauschbar benutzt. Ein CDMA-Netz kann eine Funktechnik wie beispielsweise Universal Terrestrial Radio Access (UTRA), cdma2000 usw. implementieren. UTRA umfasst Breitband-CDMA (W-CDMA – Wideband-CDMA) und andere CDMA-Varianten. Mit cdma2000 werden die Standards IS-2000, IS-95 und IS-856 abgedeckt. Ein TDMA-Netz kann eine Funktechnik wie beispielsweise Global System for Mobile Communications (GSM) und Ableitungen derselben wie beispielsweise z. B. Enhanced Data Rate for GSM Evolution (EDGE), Enhanced General Packet Radio Service (EGPRS) usw. implementieren. Ein OFDMA-Netz kann eine Funktechnik wie beispielsweise Evolved UTRA (E-UTRA), Ultra Mobile Broadband (UMB), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, Flash-OFDM.RTM. usw. implementieren. UTRA und E-UTRA sind Teile von Universal Mobile Telecommunication System (UMTS). Die obenerwähnten Standards sind u. a. in durch die Organisation „3rd Generation Partnership Project“ (3GPP) bereitgestellten Dokumenten beschrieben. Insbesondere ist der Inhalt des Dokuments 3GPP TS 25.214 V8.9.0 (2010-03), 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Physical Layer Procedure (FDD) (Ausgabe 8) hier durch Bezugnahme aufgenommen.

[0020] Die hier beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen können weiterhin gemäß einem Multiple Input Multiple Output (MIMO)-Verfahren betrieben werden, das die Verwendung mehrerer Antennen sowohl am Sender als auch am Empfänger vorsieht. MIMO ist ein Teil von drahtlosen Kommunikationsstandards wie beispielsweise IEEE 802.11n (Wi-Fi), 4G, 3GPP Long Term Evolution, WiMAX und HSPA+. Insbesondere können die dargestellten Verfahren und Vorrichtungen in Verbindung mit auf High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)-Systeme angewandten MIMO-Verfahren, d. h. MIMO-HSDPA, gelesen werden. In diesem Zusammenhang kann der Begriff „Raummultiplex“ benutzt werden, der einem Übertragungsverfahren in drahtloser MIMO-Kommunikation entspricht und das zum Übertragen unabhängiger und getrennt codierter Datensignale, sogenannter Ströme, von jeder der mehreren Sendeantennen benutzt werden kann. Die Codierung von Daten im Raummultiplex kann auf einem Ansatz mit offener Schleife oder einem Ansatz mit geschlossener Schleife basieren.

[0021] Zusätzlich können die beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen auf ein Raum-Zeit-Sendediversität (STTD – Space Time Transmit Diversity)-Schema bezogen sein, das auch als Raum-Zeit-Blockcodierung-basierende Sendediversität (Space Time Block Coding Based Transmit Diversity) bezeichnet werden kann. STTD ist ein beispielsweise in UMTS-Zellularsystemen dritter Generation benutztes Verfahren zur Sendediversität. STTD benutzt STBC (Space Time Block Codes – Raum-Zeit-Blockcodes) zum Übertragen mehrerer Kopien eines Datenstroms über eine Anzahl von Antennen zum Ausnutzen der verschiedenen empfangenen Versionen der Daten, so dass die Zuverlässigkeit der Datenübertragung verbessert werden kann.

[0022] In Funkkommunikationssystemen kann ein oder mehrere Funkkommunikationssignale auf einem oder mehreren Funkkommunikationskanälen übertragener Sender vorhanden sein. Insbesondere kann der Sender eine Basisstation oder eine in der Vorrichtung eines Benutzers enthaltene Sendevorrichtung wie beispielsweise

ein Mobilfunk-Sende/Empfänger, eine Handfunkvorrichtung oder irgendeine ähnliche Vorrichtung sein. Gemäß dem UMTS-Standard kann ein Sender oder eine Basisstation auch als Node B bezeichnet werden. Durch Sender übertragene Funkkommunikationssignale können von Empfängern wie beispielsweise einer Empfangsvorrichtung in einem Mobilfunk-Sender/Empfänger, einer Handfunkvorrichtung oder ähnlichen Vorrichtung empfangen werden. Insbesondere können Funkkommunikationssysteme wie hier offenbart UMTS-Systeme enthalten, die dem 3GPP-Standard für UMTS-Systeme entsprechen können. Gemäß dem UMTS-Standard kann ein Empfänger oder eine Mobilstation auch als Benutzereinrichtung (UE – User Equipment) bezeichnet werden. Funkkommunikationssignale wie hier offenbart können in UMTS-Systemen insbesondere über physikalische Funkkommunikationskanäle wie beispielsweise primäre gemeinsame Pilotkanäle, sekundäre gemeinsame Pilotkanäle, dedizierte physikalische Kanäle, dedizierte physikalische Steuerkanäle oder ähnliche Kanäle gemäß dem UMTS-Standard bereitgestellt werden.

[0023] Fig. 1 zeigt schematisch ein Hochfrequenzkommunikationssystem **100** mit einem Sender **1** und einem Empfänger **2**. Der Sender **1** enthält einen Codierer **3**, ausgelegt zum Codieren von Daten gemäß einem STTD-Schema und zwei Sendeantennen **4a**, **4b**. Die Sendeantennen **4a**, **4b** sind zum Senden von Datensignalen über durch Pfeile und die entsprechenden Kanalkoeffizienten h_1 und h_2 angezeigte Sendekanäle eingerichtet. Es versteht sich, dass der Sender **1** weitere Komponenten enthalten kann, die in der Fig. 1 der Einfachheit halber nicht ausdrücklich dargestellt sind. Beispielsweise kann der Sender **1** einen Digitalsignalprozessor zum Verarbeiten von Signalen im Digitalbereich, Digitalfilter zum Filtern der übertragenen Signale, einen Digital/Analog-Wandler zum Umwandeln von Digitalsignalen in Analogsignale, einen Aufwärtsmischer zum Verschieben der Analogsignale in ein Hochfrequenzband und/oder einen Leistungsverstärker zum Ausgeben des verstärkten Signals in Sendeantennen **4a**, **4b** enthalten.

[0024] Der Empfänger **2** enthält eine Empfangsantenne **5** und einen zum Decodieren von Daten, beispielsweise durch den Codierer **3** codierten Daten, ausgelegten Decodierer **6**. Ähnlich dem Sender **1** kann der Empfänger **2** auch weitere Komponenten enthalten. Beispielsweise kann der Empfänger **2** einen Digitalsignalprozessor, einen Abwärtsmischer zum Abwärtswandeln von empfangenen Signalen in ein Zwischenband oder ein Basisband, eine Abtasteinheit zum Abtasten eines Signals, einen Analog/Digital-Wandler zum Umwandeln des empfangenen Analogsignals in ein Digitalsignal, eine Kanalschätzeinheit zum Schätzen von Kanalkoeffizienten auf der Basis von über einen gemeinsamen Pilotkanal (CPICH) empfangenen Daten und/oder ein oder mehrere Filter zum Filtern der empfangenen Signale enthalten.

[0025] Der Codierer **3** empfängt ein Signal s mit Daten, die über die zwei Sendeantennen **4a**, **4b** zu übertragen sind (Sendedaten). Die Sendedaten können entsprechend einer bestimmten Permutation verarbeitet werden. Hier können zwei aufeinanderfolgende komplexe Datensymbole $s(m)$ und $s(m+1)$ der Datenströme paarweise wie folgt abgebildet werden:

$$s_1(m) = s(m), \quad (1)$$

$$s_1(m+1) = s(m+1), \quad (2)$$

$$S_2(m) = -s^*(m+1) \text{ und} \quad (3)$$

$$s_2(m+1) = s^*(m). \quad (4)$$

[0026] Das Symbol m entspricht einem das m -te Symbol bezeichnenden Zeitindex, während s_1 und s_2 Datensymbole bezeichnen, die über die erste Sendeantenne **4a** bzw. die zweite Sendeantenne **4b** zu übertragen sind. Das Sternchensymbol „*“ bezeichnet komplexe Konjugation.

[0027] Verarbeitung der Sendedaten gemäß Gleichungen (1) bis (4) entspricht einer Alamouti-Codierung, wobei zwei Versionen der Sendedaten so bereitgestellt werden, dass die Sendedaten über zwei Sendeantennen anstatt nur einer gesendet werden können. Auf diese Weise wird die Zuverlässigkeit der Datenübertragung verbessert und die Diversität eines die Rundsendesignale empfangenden Empfängers kann verdoppelt werden (ein Rayleigh-Fadingkanal angenommen). Man beachte, dass entsprechend der obigen Abbildung von Gleichungen (1) bis (4) die Sendesymbole zeitlich codiert sind. Da zusätzlich die Symbole über zwei Sendeantennen übertragen werden, sind sie auch räumlich codiert. Das Codierungsschema kann damit als ein Raum-Zeit-Sendediversitätsschema bezeichnet werden.

[0028] Die codierten Sendedaten werden durch die zwei Sendeantennen **4a**, **4b** übertragen. Der erste, durch die erste Sendeantenne **4a** gesendete Datenstrom wird über einen ersten Sendekanal (siehe erster Kanalko-

effizient h_1) übertragen, während der durch die zweite Sendeantenne **4b** gesendete zweite Datenstrom über einen zweiten Sendekanal (siehe zweiter Kanalkoeffizient h_2) übertragen wird. An der Empfangsantenne **5** empfangene aufeinanderfolgende Datensymbole $y(m)$ und $y(m+1)$ lassen sich schreiben als

$$y(m) = h_1 s(m) - h_2 s^*(m+1) + w(m) \quad (5)$$

und

$$y(m+1) = h_1 s(m+1) + h_2 s^*(m) + w(m+1), \quad (6)$$

wobei die Variable „ w “ additives gaußsches weißes Rauschen bezeichnet.

[0029] Das Signal y wird vom Decodierer **6** in Übereinstimmung mit dem STTD-Schema decodiert, das vom Codierer **3** benutzt worden ist. Das vom Codierer **6** ausgegebene decodierte Signal \hat{s} kann geschrieben werden als

$$\begin{pmatrix} \hat{s}(m) \\ \hat{s}(m+1) \end{pmatrix} = \frac{1}{|h_1|^2 + |h_2|^2} \begin{pmatrix} h_1 & h_2^* \\ -h_2 & h_1^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y^*(m) \\ y(m+1) \end{pmatrix}. \quad (7)$$

[0030] Man beachte, dass nach der Gleichung (7) die Kanalkoeffizienten h_1 und h_2 zum Decodieren des Signals y erforderlich sind. Beispielsweise können die Kanalkoeffizienten h_1 und h_2 durch eine im Empfänger **2** enthaltene Kanalschätzeinheit erhalten werden.

[0031] Fig. 2 zeigt schematisch ein weiteres Hochfrequenzkommunikationssystem **200** mit einem Sender **1** und einem Empfänger **2**. Der Sender **1** enthält einen Codierer **3**, der dem Codierer **3** der Fig. 1 ähnlich sein kann, zwei Spreizeinheiten **7a, 7b** zum Spreizen von Signalen mit einem Spreizcode und zwei Sendeantennen **4a, 4b**. Der Sender **1** kann weiterhin eine (nicht gezeigte) Verwürfelungseinheit zum Verwürfeln von Signalen mit einem Verwürfelungscode enthalten. Der Empfänger **2** enthält eine Empfangsantenne **5**, zwei Entzerrer **8a, 8b** und einen Decodierer **6**, der dem Decodierer **6** der Fig. 1 ähnlich sein kann. Beispielsweise kann der Empfänger **2** als ein linearer Empfänger betrieben werden. In diesem Fall können die Entzerrer **8a, 8b** insbesondere als ein Linear Minimum Mean Squared Error (LMMSE)-Entzerrer, ein Zero Forcing (ZF)-Entzerrer ausgeführt sein oder kann als Alternative durch einen RAKE-Empfänger ersetzt werden. In einer weiteren Ausführungsform kann der Empfänger **2** als ein nichtlinearer Empfänger betrieben werden und kann insbesondere einen Interferenzunterdrücker enthalten. Der Sender **1** und der Empfänger **2** der Fig. 2 können wie schon in Verbindung mit Fig. 1 erwähnt weitere Komponenten enthalten.

[0032] Vom Codierer **3** werden codierte Signale s_1 und s_2 zu den Spreizeinheiten **7a, 7b** ausgegeben, wobei das erste Ausgangssignal s_1 durch einen ersten Spreizcode c_1 gespreizt wird und das zweite Ausgangssignal s_2 durch einen zweiten Spreizcode c_2 gespreizt wird. Die gespreizten Signale werden über Sendeantennen **4a, 4b** über die Luftschnittstelle gesendet (siehe Kanalkoeffizienten h_1 und h_2) und an der Empfangsantenne **5** empfangen. Das empfangene Signal y wird in Konformität mit den Spreizcodes c_1 und c_2 , die von den Spreizeinheiten **7a, 7b** des Senders **1** benutzt worden sind, durch jeden der Entzerrer **8a, 8b** entzerrt (oder gefiltert). Man beachte, dass der Datenstrom y nicht in zwei verschiedene Datenströme aufgeteilt wird, sondern jeder der Entzerrer **8a, 8b** identische Daten empfängt.

[0033] Die von den Entzerrern **8a, 8b** ausgegebenen Signale \hat{s}_1 und \hat{s}_2 lassen sich schreiben als

$$\hat{s}_1(m) = y(m) * f_1(m) * h_1 \quad (8)$$

und

$$\hat{s}_2(m) = y(m) * f_2(m) * h_2. \quad (9)$$

wobei das Sternchen oder Sternchensymbol „ $*$ “ die mathematische Verknüpfung einer Faltung bezeichnet. Die entzerrten Signale \hat{s}_1 und \hat{s}_2 werden zum Decodierer **6** weitergeleitet, um Nicht-Raum-Zeit-Sendediversitätsdaten \hat{s} zu erzeugen.

[0034] Während einer Übertragung über die Luftschnittstelle kann das durch die erste Sendeantenne **4a** übertragene Signal mit dem durch die zweite Sendeantenne **4b** übertragenen Signal interferieren und umgekehrt.

Anders gesagt können die über die Sendeantennen **4a**, **4b** übertragenen Signale einander als Interferenzquellen ansehen. Diese Interferenz kann die Qualität der durch die Entzerrer **8a**, **8b** durchgeführten Entzerrung verringern, was eine Verschlechterung der Leistung des Empfängers **2** bewirken kann.

[0035] Fig. 3 zeigt schematisch einen Sender **300** mit Spreizeinheiten **7a**, **7b**, Multiplizierern **9a**, **9b**, **9c**, **9d**, Kombiniereinheiten **10a**, **10b** und Sendeantennen **4a**, **4b**. Zur Erläuterung werden die Multiplizierer **9a** bis **9d** und die Kombiniereinheiten **10a**, **10b** durch einen durch ein gestricheltes Quadrat angedeuteten Abschnitt A zusammengefasst. Der Sender **300** kann wie schon in Verbindung mit vorhergehenden Figuren beschrieben weitere Komponenten enthalten. Die Spreizeinheiten **7a**, **7b** können den Spreizeinheiten **7a**, **7b** der Fig. 2 ähnlich sein.

[0036] Von der ersten Spreizeinheit **7a** wird ein erstes Signal s_1 mit einem ersten Spreizcode c_1 gespreizt und das gespreizte Signal zu den Multiplizierern **9a**, **9b** weitergeleitet. Auf ähnliche Weise wird in der zweiten Spreizeinheit **7b** ein zweites Signal s_2 mit einem zweiten Spreizcode c_2 gespreizt und das gespreizte Signal zu den Multiplizierern **9c**, **9d** ausgegeben. Das von der ersten Spreizeinheit **7a** ausgegebene Signal wird mit einem ersten Gewicht w_1 und zweiten Gewicht w_2 mit Multiplizierern **9a** bzw. **9b** multipliziert. Die Gewichte w_1 und w_2 können als Vorcodierungsgewichte bezeichnet werden. Das von der zweiten Spreizeinheit **7b** ausgegebene Signal wird auf ähnliche Weise verarbeitet, d. h. mit Gewichten w_3 bzw. w_4 gelichtet. In einem nächsten Schritt werden die mit den Gewichten w_1 und w_3 gelichteten Signale durch die Kombiniereinheit **10a** kombiniert und die mit den Gewichten w_2 und w_4 gewichteten Signale werden durch die Kombiniereinheit **10b** kombiniert. Man beachte, dass die durch die Multiplizierer **9a** bis **9d** und/oder die Kombiniereinheiten **10a**, **10b** durchgeführten Schritte als „Vorcodierung“ bezeichnet werden können. Von jeder der Kombiniereinheiten **10a**, **10b** wird ein vorcodiertes Signal so zu den Sendeantennen **4a**, **4b** weitergeleitet, dass die Signale über die Luftschnittstelle übertragen werden können.

[0037] Beispielsweise können die Gewichte w_1 und w_3 als konstante reelwertige Skalarwerte gewählt werden, während die Gewichte w_2 und w_4 als variable komplexwertige Skalarwerte gewählt werden können. Die Gewichte können damit definiert werden als

$$w_1 = w_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

und

$$w_4 = -w_2, \quad (11)$$

wobei

$$w_2 \in \left\{ \frac{1+i}{2}, \frac{1-i}{2}, \frac{-1+i}{2}, \frac{-1-i}{2} \right\}. \quad (12)$$

[0038] Die Variable i bezeichnet hierbei die komplexe Einheit. Die Gewichte w_1 bis w_4 können in einen ersten Vektor (w_1, w_2) und einen zweiten Vektor (w_3, w_4) kombiniert werden, die orthogonal zueinander und damit linear unabhängig sind und als Vorcodierungsvektoren bezeichnet werden können.

[0039] Während eines Betriebs des Senders **300** können die Signale s_1 und s_2 unabhängigen Datenströmen entsprechen, die getrennt codiert sein können. Die Verarbeitung von Sendedaten gemäß Fig. 3 ergibt daher ein effektives Verdoppeln der Datenrate. Da es zwei Sendeantennen **4a**, **4b** gibt, wird die Raumdimension wieder verwendet, d. h. gemultiplext. Eine Übertragung von Signalen mit dem Sender **300** kann daher als Raummultiplex bezeichnet werden.

[0040] Fig. 4 zeigt schematisch einen Sender **400** als beispielhafte Ausführungsform. Der Sender **400** enthält eine erste Einheit **11** zum Codieren von Daten gemäß einem Raum-Zeit-Sendediversitätsschema und eine zweite Einheit **12** zum Raummultiplexen von Daten. Der Sender **400** ist zum Arbeiten in einem Betriebsmodus ausgelegt, in dem Daten durch die erste Einheit und die zweite Einheit verarbeitet werden. Der Sender **400** kann wie schon in Verbindung mit vorhergehenden Figuren beschrieben weitere Komponenten enthalten. Ein Verfahren zum Betreiben des Senders **400** wird in Verbindung mit Fig. 7 und Fig. 9 erläutert. Man beachte weiterhin, dass das Funkkommunikationssystem **600** der Fig. 6 einen ähnlichen Sender **1** enthält.

[0041] Die erste Einheit **11** und die zweite Einheit **12** können dem Codierer **3** der **Fig. 1**, **Fig. 2** bzw. dem Abschnitt A der **Fig. 3** entsprechen. Der Sender **400** ist damit zum Übertragen von Signalen eingerichtet, die nach einem STTD-Schema codiert und gleichzeitig raumgemultiplext sind. Es versteht sich, dass der Sender **400** weiterhin zum gezielten Verwenden der ersten und zweiten Einheit **11**, **12** ausgelegt sein und damit Signale übertragen kann, die ausschließlich nach einem STTD-Schema codiert und ausschließlich raumgemultiplext sind. Ein Vergleich mit den vorhergehenden Figuren zeigt, dass der Sender **400** damit zum Durchführen der gleichen Operationen wie die Sender **1** der **Fig. 1** und **Fig. 2** und der Sender **300** der **Fig. 3** fähig ist.

[0042] **Fig. 5** zeigt schematisch einen Empfänger **500** als beispielhafte Ausführungsform. Der Empfänger **500** enthält eine Antenne **5** zum Empfangen von Daten, die STTD-codiert und raumgemultiplext, beispielsweise vom Sender **400** der **Fig. 4** gesendete Daten, sein können. Ferner enthält der Empfänger **500** eine erste Einheit **13** zum Raum-Demultiplexen von Daten und eine zweite Einheit **14** zum Decodieren von Daten zum Erzeugen von Nicht-Raum-Zeit-Sendediversität-codierten Daten. Der Empfänger **500** ist zum Arbeiten in einem Betriebsmodus ausgelegt, in dem Daten durch die erste Einheit **13** und die zweite Einheit **14** verarbeitet werden. Ferner kann der Empfänger **500** wie schon in Verbindung mit vorhergehenden Figuren beschrieben weitere Komponenten enthalten. Ein Verfahren zum Betreiben des Empfängers **500** wird in Verbindung mit der **Fig. 8** erläutert. Man beachte ferner, dass das Funkkommunikationssystem **600** der **Fig. 6** einen ähnlichen Empfänger **2** enthält.

[0043] Die **Fig. 6** zeigt schematisch ein Hochfrequenzkommunikationssystem **600** mit einem Sender **1** und einem Empfänger **2**. Der Sender **1** enthält einen Codierer **3**, der den Codierern **3** der **Fig. 1** und **Fig. 2** ähnlich sein kann, und Spreizeinheiten **7a**, **7b**, die den Spreizeinheiten **7a**, **7b** der **Fig. 2** und **Fig. 3** ähnlich sein können. Zusätzlich enthält der Sender **1** Multiplizierer **9a**, **9b**, **9c**, **9d** und Kombiniereinheiten **10**, **10b**, die den entsprechenden, in Verbindung mit **Fig. 3** beschriebenen Einheiten ähnlich sein können, sowie Sendeantennen **4a**, **4b**. Der Empfänger **2** enthält eine Empfangsantenne **5**, Entzerrer **8a**, **8b**, die den Entzerrern **8a**, **8b** der **Fig. 2** ähnlich sein können, und einen Decodierer **6**, der den Decodierern **6** der **Fig. 1** und **Fig. 2** ähnlich sein kann. Der Sender **1** und der Empfänger **2** können weitere Komponenten wie bereits in Verbindung mit vorhergehenden Figuren beschrieben enthalten.

[0044] Während eines Betriebs des Funkkommunikationssystems **600** werden vom Codierer **3** Sendedaten nach einem STTD-Schema codiert, das beispielsweise auf einem Alamouti-Code beruhen kann. Vom Codierer **3** wird ein erster codierter Datenstrom s_1 zu der ersten Spreizeinheit **7a** weitergeleitet, die die Daten mit einem ersten Spreizcode c_1 spreizt. Auf ähnliche Weise wird ein zweiter codierter Datenstrom s_2 durch die zweite Spreizeinheit **7b** mit einem zweiten Spreizcode c_2 gespreizt. In einer weiteren Ausführungsform können die codierten Datenströme s_1 und s_2 zusätzlich durch (nicht gezeigte) Verwürfelungseinheiten mit einem ersten und einem zweiten Verwürfelungscode verwürfelt werden. Die von den Spreizeinheiten **7a** und **7b** ausgegebenen gespreizten Datenströme werden zu den Komponenten des Abschnitts A weitergeleitet und wie schon in Verbindung mit der **Fig. 3** beschrieben verarbeitet.

[0045] Die STTD-codierten und raumgemultiplexten Daten werden von den Antennen **4a**, **4b** gesendet und über die Luftschnittstelle über zwei Übertragungskanäle (siehe Kanalkoeffizienten h_1 und h_2) übertragen. Die übertragenen Signale werden von der Empfangsantenne **5** empfangen und zu den Entzerrern **8a** bzw. **8b** weitergeleitet. Man beachte, dass der empfangene Datenstrom y nicht in zwei verschiedene Datenströme aufgeteilt wird, sondern jeder der Entzerrer **8a** und **8b** identische Daten empfängt. Vom ersten Entzerrer **8a** werden die empfangenen Daten gefiltert, um Daten zu erhalten, die von der ersten Sendeantenne **4a** übertragen worden sind. Unerwünschte, durch den Spreizcode c_1 nicht gespreizte (und damit nicht von der ersten Antenne **4a** gesendete) Signale werden nicht entspreizt und durchlaufen daher nicht den Entzerrer **8a**. Auf ähnliche Weise werden die von der zweiten Sendeantenne **4b** gesendeten Signale durch Filtern der empfangenen Daten durch den zweiten Entzerrer **8b** erhalten. Jeder der Entzerrer **8a**, **8b** wirkt daher als Entspreizungseinheit. Wenn die empfangenen Signale durch eine Verwürfelungseinheit des Senders **1** verwürfelt worden sind, kann eine (nicht gezeigte) Entwürfelungseinheit zusätzlich die empfangenen Datenströme entwürfeln.

[0046] Neben dem Entspreizen der empfangenen Datensignale können die Entzerrer **8a**, **8b** ferner zum Raum-Demultiplexen der empfangenen Daten eingerichtet sein. Dafür müssen die Entzerrer **8a**, **8b** die Gewichte w_1 bis w_4 kennen, die im Sender **1** zum Raummultiplexen der Sendedaten benutzt worden sind (siehe Abschnitt A). Dafür kann der Sender **1** die benutzten Gewichte über einen Kommunikationskanal, beispielsweise einen geteilten Steuerkanal (SCCH – Shared Control Channel) zum Empfänger **2** übermitteln.

[0047] Die entspreizten und Raum-gedemultiplexten Signale \hat{s}_1 und \hat{s}_2 werden zum Decodierer **5** weitergeleitet, um Nicht-Raum-Zeit-Sendediversität-codierte Daten zu erzeugen, wobei die Decodierung in Übereinstim-

mung mit dem durch den Codierer **3** benutzten STTD-Schema durchgeführt wird. Man beachte, dass die Kanalkoeffizienten h_1 und h_2 zum Erhalten der Signale \hat{s}_1 und \hat{s}_2 erforderlich sind (siehe Gleichungen (8) und (9)). Der Empfänger **2** kann somit ferner eine (nicht gezeigte) Kanal schätzereinheit zum Schätzen der Kanalkoeffizienten h_1 und h_2 enthalten und benutzt, damit über einen Pilotkanal übertragene Daten. Das vom Decodierer **5** ausgegebene decodierte Signal \hat{s} kann durch weitere Komponenten des Empfängers **2** verarbeitet werden, die der Einfachheit halber nicht ausdrücklich dargestellt sind.

[0048] Es gibt mehrere Möglichkeiten zum Wählen einer zutreffenden Menge von durch die Komponenten des Abschnitts A benutzten Gewichten w_1 bis w_4 . Die Vorcodierungsvektoren (w_1, w_2) und (w_3, w_4) können linear unabhängig gewählt werden, so dass die Signalmräume der durch die Sendeantennen **4a**, **4b** übertragenen Signale auch linear unabhängig sind. Insbesondere können die Vorcodierungsvektoren orthogonal zueinander sein und ergeben damit orthogonale Signalmräume. Bei Annahme einer idealen Signalübertragung über die Luftschnittstelle sind die Signalmräume noch orthogonal, wenn die Signale am Empfänger **2** empfangen werden.

[0049] Zum Beispiel können die Gewichte w_1 bis w_4 gewählt werden, wie bereits in Verbindung mit **Fig. 3** beschrieben worden ist. Nach einer Ausführungsform können alle Gewichte zeitlich konstant sein. Als Alternative können ein oder mehrere der Gewichte zeitlich veränderlich sein. Für den Fall veränderlicher Gewichte kann eine zusätzliche Kommunikation zwischen dem Sender **1** und dem Empfänger **2** hergestellt werden. Hier kann der Empfänger **2** eine Kanal Güteanzeige (CQI – Channel Quality Indication) wie auch zwei linear unabhängige Vektoren zum Sender **1** senden. Die zwei vom Sender **1** empfangenen Vektoren können als bevorzugte Vorcodierungsvektoren oder Vorcodierungssteueranzeige (PCI – Precoding Control Indication) bezeichnet werden.

[0050] In der **Fig. 6** wird die Übertragung dieser Informationen durch einen gestrichelten Pfeil angezeigt. Man beachte, dass eine solche Übertragung für den Fall von zeitlich konstanten Vorcodierungsvektoren nicht erforderlich sein kann. Für den Fall von den Gleichungen (10) und (11) entsprechenden Gewichten braucht nur ein Vektor $(w_1^{\text{pref}}, w_2^{\text{pref}})$ übertragen werden. Der Sender **1** kann die Vorcodierungsvektoren (w_1, w_2) und (w_3, w_4) auf Grundlage der empfangenen Daten, d. h. der CQI und/oder dem Vektor $(w_1^{\text{pref}}, w_2^{\text{pref}})$ erzeugen. Gemäß dem Obigen kann das Raummultiplexen des Hochfrequenzkommunikationssystem **600** damit auf einem Ansatz mit offener Schleife oder einem Ansatz mit geschlossener Schleife basieren.

[0051] Wie bereits beschrieben worden ist, können im Kommunikationssystem **200** der **Fig. 2** die übertragenen Datenströme einander als zu einer Leistungsver schlechterung führende Interferenz ansehen. Dies ist nicht der Fall für das Kommunikationssystem **600** der **Fig. 6**. Ähnlich der **Fig. 2** werden die durch die Sendeantennen **4a**, **4b** gesendeten zwei Datenströme aufgrund der STTD-Codierung auf der gleichen physikalischen Ressource übertragen. Die entsprechenden Signalmräume sind jedoch linear unabhängig. Infolgedessen interferieren die übertragenen Datenströme nicht, so dass eine Leistungsver schlechterung während der Entzerrung durch die Entzerrer **8a**, **8b** vermieden oder zumindest abgeschwächt werden kann. Das Funkkommunikationssystem **600** der **Fig. 6** bietet daher die Nutzen des Codierens von Daten nach einem STTD-Schema, d. h. Verdoppeln der Diversität am Empfänger, aber ohne eine Leistungsver schlechterung während einer Entzerrung zu erleiden. Im Vergleich mit der **Fig. 2** kann der Empfänger **2** des Systems **600** daher vom Sender **1** in größerer Entfernung mit der gleichen Sendeleistung gesendete Signale empfangen. Es ist ferner zu beachten, dass das Kommunikationssystem **600** eine Diversitätsverdopplung bereitstellt, ohne die Anzahl von Empfangsantennen zu verdoppeln, d. h. ohne die Komplexität des Empfängers **2** zu erhöhen. Dafür wird die Komplexität des Senders **1** durch die zusätzlichen Komponenten des Abschnitts A erhöht.

[0052] Wieder auf **Fig. 3** Bezug nehmend kann ein Betrieb des Senders **300** ein Verdoppeln der Datenrate für den Fall zweier unabhängiger Datenströme s_1 und s_2 ergeben. Dies ist für den Sender **1** des Kommunikationssystem **600** nicht der Fall. Hier werden die über die Antennen **4a**, **4b** übertragenen Datenströme durch den Codierer **3** nach einem STTD-Schema codiert oder vertauscht und sind daher voneinander abhängig. Aus Gleichungen (1) bis (4) wird erkennbar, dass (außer der komplexen Konjugation und Vorzeichenänderung) die beiden Datenströme die gleichen Daten enthalten. Infolgedessen wird die Datenrate effektiv nicht verdoppelt.

[0053] **Fig. 7** zeigt schematisch ein Verfahren **700** als eine beispielhafte Ausführungsform. Das Verfahren **700** enthält zwei Schritte S1, S2 und kann zum Beispiel im Zusammenhang mit den in **Fig. 4** und **Fig. 6** gezeigten Sendern gelesen werden. In einem ersten Schritt S1 werden die Daten nach einem Raum-Zeit-Sendediversitätsschema codiert. Wieder auf **Fig. 4** und **Fig. 6** Bezug nehmend kann der Schritt S1 durch die erste Einheit **11** bzw. den Codierer **3** durchgeführt werden. Im zweiten Schritt S2 werden die codierten Daten raumgemultiplext. Wieder auf **Fig. 4** und **Fig. 6** Bezug nehmend kann der Schritt S2 durch die zweite Einheit **12** bzw. die Komponenten des Abschnitts A durchgeführt werden.

[0054] Fig. 8 zeigt schematisch ein Verfahren **800** als weitere beispielhafte Ausführungsform. Das Verfahren **800** enthält drei Schritte S1 bis S3 und kann zum Beispiel in Verbindung mit den Empfängern der Fig. 5 und Fig. 6 gelesen werden. In einem ersten Schritt S1 werden Raum-Zeit-Sendediversität-codierte und raumgemultiplexte Daten empfangen. In jeder der Fig. 5 und Fig. 6 werden die Daten von der Empfangsantenne **5** empfangen. Im zweiten Schritt S2 werden die empfangenen Daten raumgedemultiplext. Wieder auf Fig. 5 und Fig. 6 Bezug nehmend wird das Raumdemultiplexen durch die erste Einheit **13** bzw. die Entzerrer **8a, 8b** durchgeführt. In einem dritten Schritt S3 werden die raumgedemultiplexten Daten zum Erzeugen von Nicht-Raum-Zeit-Sendediversität-codierten Daten decodiert. Wieder auf Fig. 5 und Fig. 6 Bezug nehmend wird das Decodieren durch die zweite Einheit **14** bzw. den Decodierer **6** durchgeführt.

[0055] Fig. 9 zeigt schematisch ein Verfahren **900** als weitere beispielhafte Ausführungsform. Das Verfahren **900** enthält fünf Schritte S1 bis S5 und kann zum Beispiel in Verbindung mit dem Sender der Fig. 6 gelesen werden. In einem ersten Schritt S1 werden Daten nach einem Raum-Zeit-Sendediversitätsschema codiert, um einen ersten codierten Datenstrom und einen zweiten codierten Datenstrom zu erzeugen (siehe Fig. 6, Codierer **3** und Datenströme s_1, s_2). Im zweiten Schritt S2 wird der erste codierte Datenstrom mit einem ersten Gewichtungsvektor, umfassend ein erstes Gewicht und ein zweites Gewicht zum Erzeugen eines ersten gewichteten Datenstroms und eines zweiten gewichteten Datenstroms, gewichtet (siehe Fig. 6, erster Gewichtungsvektor (w_1, w_2) und Multiplizierer **9a, 9b**). Im dritten Verfahrensschritt S3 wird der zweite codierte Datenstrom mit einem zweiten Gewichtungsvektor, umfassend ein drittes Gewicht und ein viertes Gewicht zum Erzeugen eines dritten gewichteten Datenstroms und eines vierten gewichteten Datenstroms, gewichtet (siehe Fig. 6, zweiter Gewichtungsvektor (w_3, w_4) und Multiplizierer **9c, 9d**). Der erste Gewichtungsvektor (w_1, w_2) und der zweite Gewichtungsvektor (w_3, w_4) sind linear unabhängig. Im vierten Schritt S4 wird ein erstes Signal über eine erste Antenne übertragen, wobei das erste Signal auf dem ersten gewichteten Datenstrom und dem dritten gewichteten Datenstrom basiert (siehe Fig. 6, Kombiniereinheit **10a** und Antenne **4a**). Im fünften Schritt S5 wird ein zweites Signal über eine zweite Antenne übertragen, wobei das zweite Signal auf dem zweiten gewichteten Datenstrom und dem vierten gewichteten Datenstrom basiert (siehe Fig. 6, Kombiniereinheit **10b** und Antenne **4b**).

[0056] Fig. 10, zeigt schematisch die Leistung von zwei Empfängern, wobei die Bitfehlerrate (BER – Bit Error Rate) gegen das Signal-Rauschverhältnis (SNR – Signal to Noise Ratio) aufgezeichnet wird. Man beachte, dass die Fig. 10 rein qualitativer Beschaffenheit ist, so dass beispielsweise die Achsen keine Skalierung enthalten. Ein erster Graph X zeigt Werte für einen ersten, Daten in einem Hochfrequenzkommunikationssystem ähnlich der Fig. 2 empfangenden Empfänger an. Ein zweiter Graph Y zeigt Werte für einen zweiten, Daten in einem Hochfrequenzkommunikationssystem ähnlich der Fig. 6 empfangenden Empfänger an. Aus der Fig. 10 wird damit ersichtlich, dass das Kommunikationssystem **600** niedrigere SNR-Werte zur Bereitstellung einer ähnlichen Verringerung der BER im Vergleich mit dem Kommunikationssystem **200** erfordert.

[0057] Es versteht sich, dass die im Zusammenhang mit zwei Sendeantennen und einer Empfangsantenne beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren auf eine höhere Anzahl von Sende- und/oder Empfangsantennen enthaltende Vorrichtungen und Verfahren verallgemeinert werden können. Beispielsweise würde ein Erweitern des Senders **1** der Fig. 6 auf einen Sender mit drei anstatt zwei Sendeantennen drei anstatt zwei linear unabhängige Vorcodierungsvektoren zum Erzeugen von drei Datenströmen mit linear unabhängigen Signalräumen erfordern.

[0058] Obwohl die Erfindung in Bezug auf eine oder mehrere Ausführungen dargestellt und beschrieben worden ist, können Änderungen und/oder Abänderungen an den dargestellten Beispielen durchgeführt werden, ohne aus dem Sinn und Rahmen der beiliegenden Ansprüche zu weichen. Insbesondere hinsichtlich der verschiedenen durch die oben beschriebenen Komponenten oder Strukturen (Baugruppen, Vorrichtungen, Schaltungen, Systeme usw.) durchgeführten Funktionen sollen die zum Beschreiben dieser Komponenten benutzten Begriffe (einschließlich einer Bezugnahme auf ein „Mittel“), sofern nicht anders angedeutet, einer beliebigen Komponente oder Struktur entsprechen, die die angegebene Funktion der beschriebenen Komponente durchführt (z. B. die funktionsmäßig gleichwertig ist), selbst wenn sie nicht strukturmäßig der offenbarten Struktur gleichwertig ist, die die Funktion in den hier dargestellten beispielhaften Ausführungen der Erfindung durchführt. Während zusätzlich möglicherweise ein bestimmtes Merkmal der Erfindung hinsichtlich nur einer von mehreren Ausführungen offenbart ist, kann ein solches Merkmal mit einem oder mehreren anderen Merkmalen der anderen Ausführungen kombiniert werden, so wie es für jede gegebene oder besondere Anwendung wünschenswert und vorteilhaft sein kann.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren, umfassend:
Codieren von Daten gemäß einem Raum-Zeit-Sendediversitätsschema zum Erhalten von wenigstens zwei Datenströmen,
Spreizen der wenigstens zwei codierten Datenströme, wobei ein erster codierter Datenstrom mit einem ersten Spreizcode und ein zweiter codierter Datenstrom mit einem zweiten Spreizcode gespreizt wird, und
Raummultiplexen der gespreizten und codierten Daten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Raum-Zeit-Sendediversitätsschema auf einem Alamouti-Code basiert.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Raummultiplexen der codierten Daten Vorcodieren der codierten Daten mit zwei linear unabhängigen Vorcodierungsvektoren umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die zwei linear unabhängigen Vorcodierungsvektoren orthogonal zueinander sind.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei jeder der linear unabhängigen Vorcodierungsvektoren ein erstes Gewicht und ein zweites Gewicht umfasst.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das erste Gewicht und das zweite Gewicht zeitlich konstant sind.
7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das erste Gewicht zeitlich konstant ist und das zweite Gewicht zeitlich veränderlich ist.
8. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die codierten Daten einen ersten Datenstrom umfassen, der unter Verwendung eines ersten der linear unabhängigen Vorcodierungsvektoren verarbeitet wird, und einen zweiten Datenstrom, der unter Verwendung eines zweiten der linear unabhängigen Vorcodierungsvektoren verarbeitet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 3, ferner umfassend:
Empfangen von Daten, umfassend eine Kanalqualitätsanzeige und zwei linear unabhängige Vektoren; und
Erzeugen der Vorcodierungsvektoren auf Grundlage der in den empfangenen Daten enthaltenen Informationen.
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die codierten Daten einen ersten Datenstrom und einen zweiten Datenstrom umfassen.
11. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend:
Bereitstellen der codierten und raumgemultiplexten Daten an einem ersten Antennenanschluss und einem zweiten Antennenanschluss.
12. Ein Verfahren, umfassend:
Empfangen von Raum-Zeit-Sendediversität-codierten und raumgemultiplexten Daten;
Entspreizen der empfangenen Daten mit einem ersten und davon getrennt mit einem zweiten Spreizcode;
Raumdemultiplexen der entspreizten Daten; und
Decodieren der raumgedemultiplexten Daten zum Erzeugen von Nicht-Raum-Zeit-Sendediversität-codierten Daten.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Raumdemultiplexen der empfangenen Daten Entzerren der empfangenen Daten mit zwei linear unabhängigen Vektoren umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Raum-Zeit-Sendediversität-codierten und raumgemultiplexten Daten an einem Antennenanschluss empfangen werden.
15. Ein Sender, umfassend:
eine erste Einheit zum Codieren von Daten gemäß einem Raum-Zeit-Sendediversitätsschema zum Erhalten von wenigstens zwei Datenströmen;

eine Spreizeinheit zum Spreizen der wenigstens zwei codierten Datenströme, wobei die Spreizeinheit wenigstens zwei parallel angeordnete Teileinheiten umfasst, wobei eine erste der Teileinheiten eingerichtet ist, einen ersten codierten Datenstrom mit einem ersten Spreizcode zu spreizen und eine zweite der Teileinheiten eingerichtet ist, einen zweiten codierten Datenstrom mit einem zweiten Spreizcode zu spreizen; und eine zweite Einheit zum Raummultiplexen der codierten und gespreizten Daten, wobei der Sender zum Arbeiten in einem Betriebsmodus ausgelegt ist, in dem Daten durch die erste Einheit und die zweite Einheit verarbeitet werden.

16. Sender nach Anspruch 15, wobei das Raum-Zeit-Sendediversitätsschema auf einem Alamouti-Code basiert.

17. Sender nach Anspruch 16, wobei das Raummultiplexen von Daten Vorcodieren der Daten mit zwei linear unabhängigen Vorcodierungsvektoren umfasst.

18. Ein Empfänger, umfassend:
einen Antennenanschluss, ausgelegt zum Empfangen von Raum-Zeit-Sendediversität-codierten und raummultiplexten Daten;
eine erste Einheit zum Raumdemultiplexen der empfangenen Daten;
eine Entspreizungseinheit zum Entspreizen der empfangenen Daten mit einem ersten und davon getrennt mit einem zweiten Spreizcode; und
eine zweite Einheit zum Decodieren der raumgedemultiplexten und entspreizten Daten zum Erzeugen von Nicht-Raum-Zeit-Sendediversität-codierten Daten, wobei der Empfänger zum Arbeiten in einem Betriebsmodus ausgelegt ist, in dem empfangene Daten durch die erste Einheit und die zweite Einheit verarbeitet werden.

19. Empfänger nach Anspruch 18, wobei beim Raumdemultiplexen von Daten die erste Einheit zum Entzerren der Daten unter Verwendung von zwei linear unabhängigen Vektoren ausgelegt ist.

20. Empfänger nach Anspruch 18, wobei der Empfänger einen RAKE-Empfänger, einen LMMSE-Entzerrer, einen ZF-Entzerrer oder einen nichtlinearen Empfänger umfasst und insbesondere einen Interferenzunterdrücker umfasst.

21. Ein Verfahren, umfassend:
Codieren von Daten gemäß einem Raum-Zeit-Sendediversitätsschema zum Erzeugen eines ersten codierten Datenstroms und eines zweiten codierten Datenstroms;
Spreizen des ersten codierten Datenstroms mit einem ersten Spreizcode und Spreizen des zweiten codierten Datenstroms mit einem zweiten Spreizcode;
Gewichten des ersten codierten und gespreizten Datenstroms unter Verwendung eines ersten Gewichtungsvektors, umfassend ein erstes Gewicht und ein zweites Gewicht zum Erzeugen eines ersten gewichteten Datenstroms und eines zweiten gewichteten Datenstroms;
Gewichten des zweiten codierten und gespreizten Datenstroms unter Verwendung eines zweiten Gewichtungsvektors, umfassend ein drittes Gewicht und ein viertes Gewicht zum Erzeugen eines dritten gewichteten Datenstroms und eines vierten gewichteten Datenstroms, wobei der erste Gewichtungsvektor und der zweite Gewichtungsvektor linear unabhängig sind;
Bereitstellen eines ersten Signals an einem ersten Antennenanschluss, wobei das erste Signal auf dem ersten gewichteten Datenstrom und dem dritten gewichteten Datenstrom basiert; und
Bereitstellen eines zweiten Signals an einem zweiten Antennenanschluss, wobei das zweite Signal auf dem zweiten gewichteten Datenstrom und dem vierten gewichteten Datenstrom basiert.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

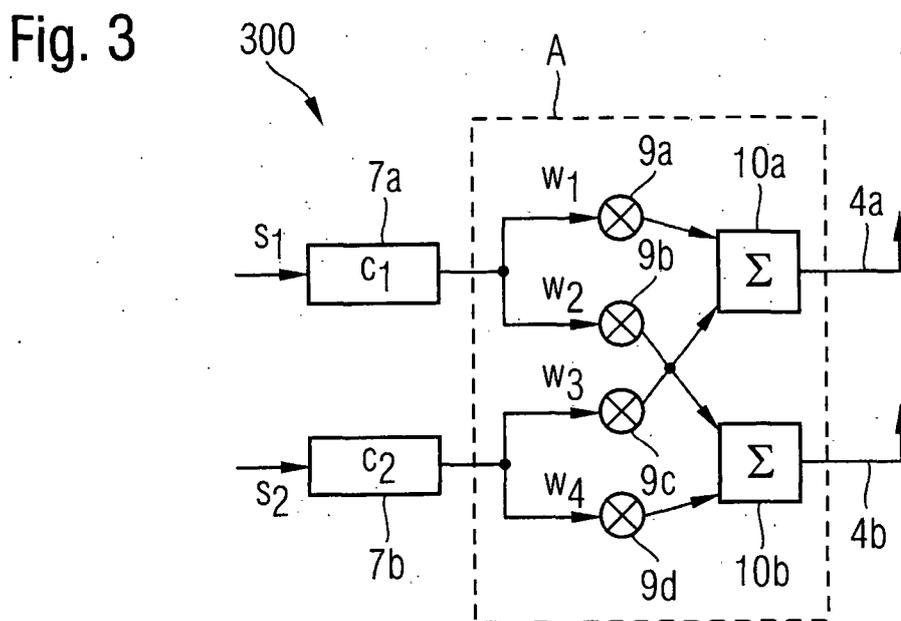
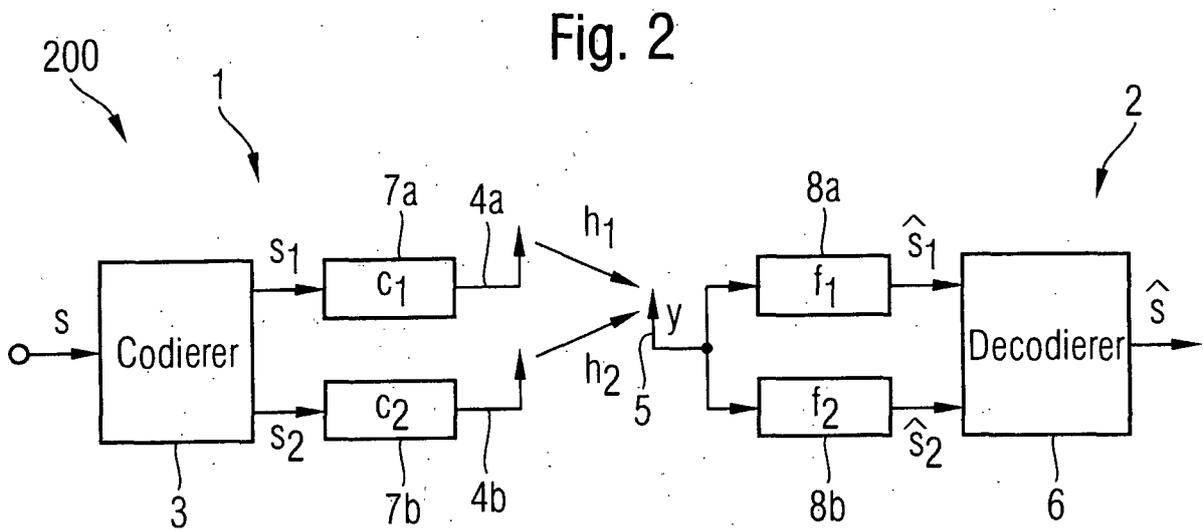
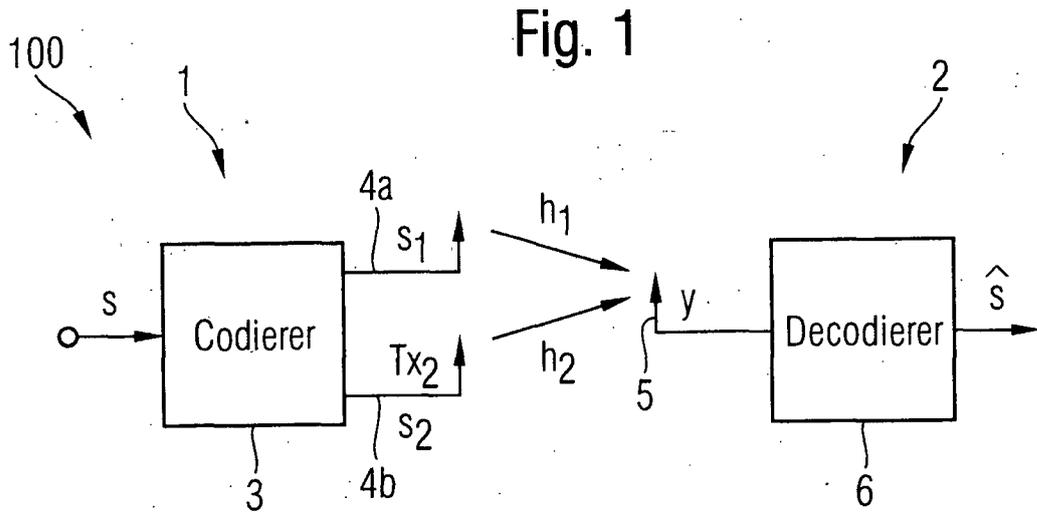


Fig. 4

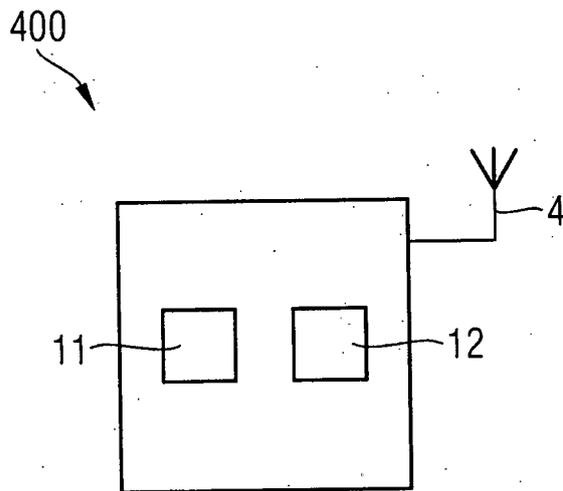


Fig. 5

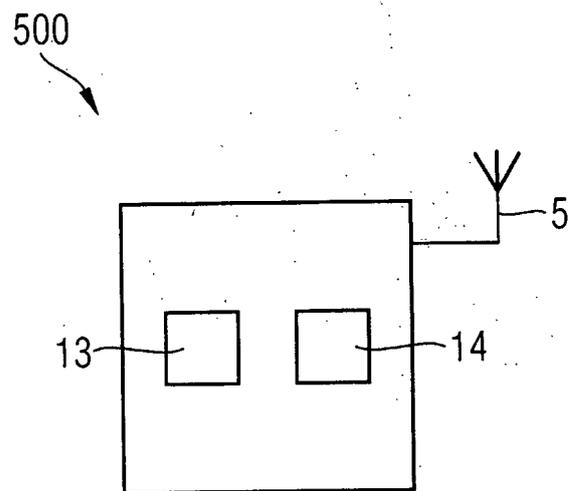
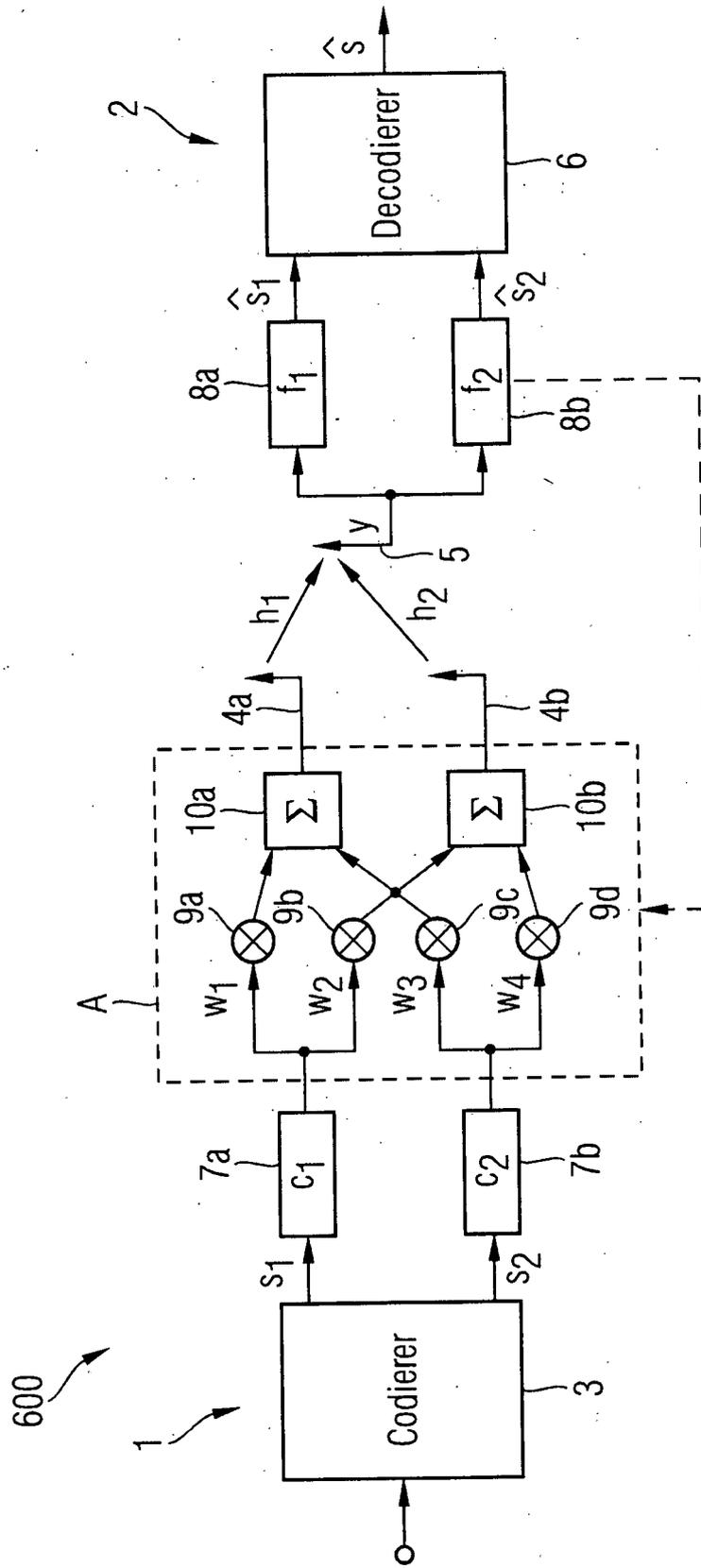


Fig. 6



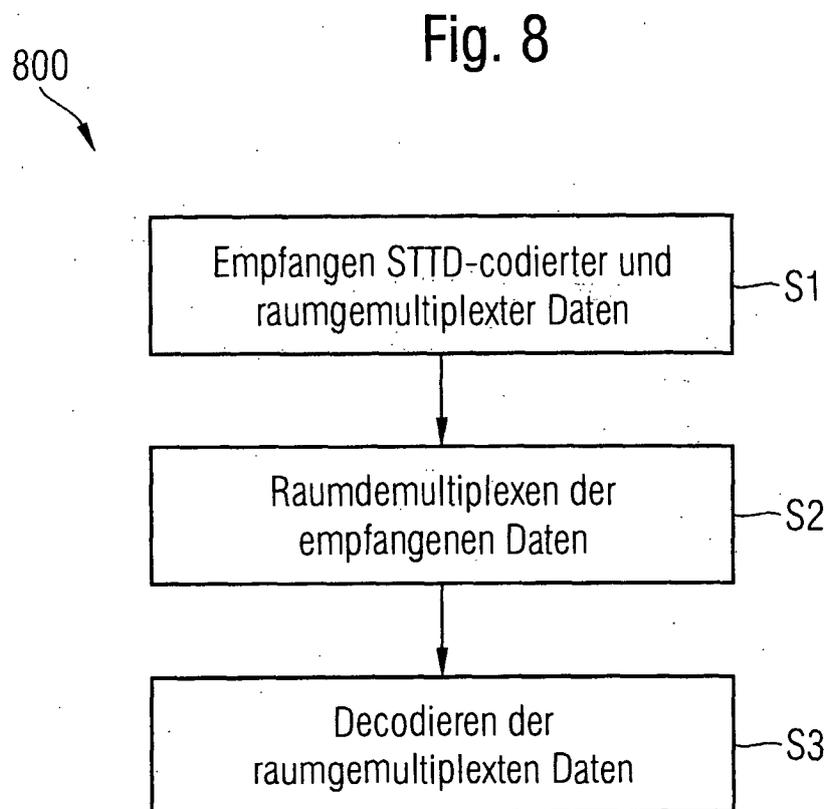
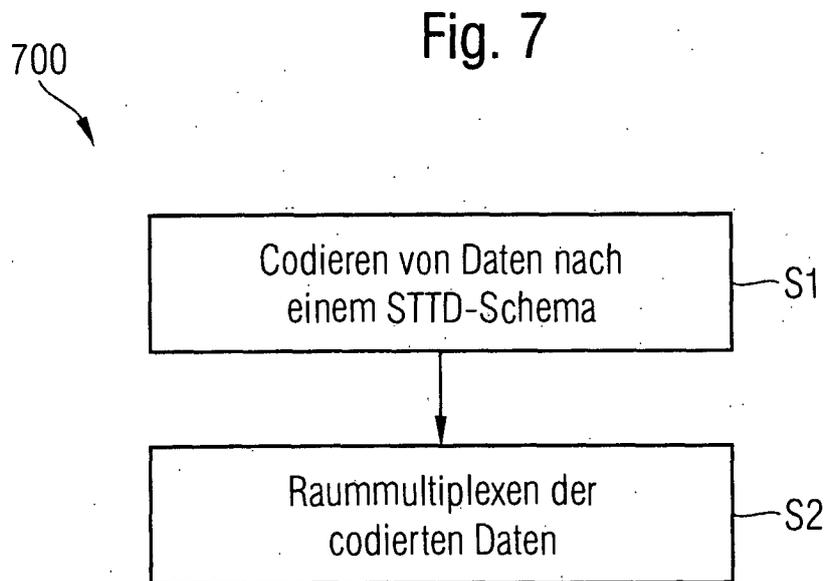


Fig. 9

900

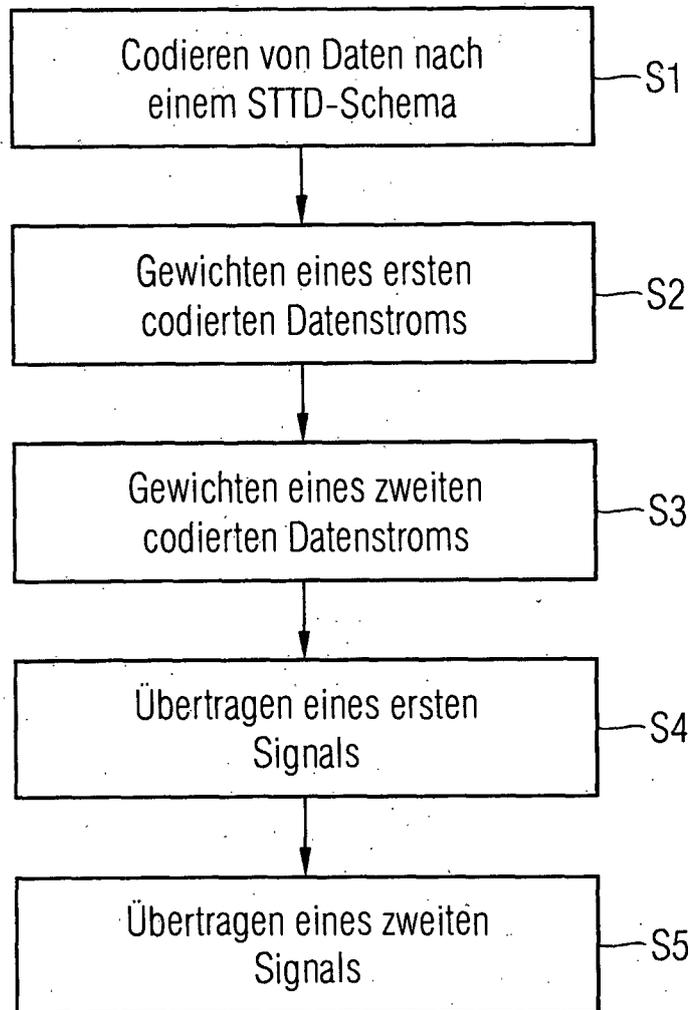


Fig. 10

