



(10) **DE 10 2009 033 595 B4** 2015.11.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 033 595.1**
 (22) Anmeldetag: **17.07.2009**
 (43) Offenlegungstag: **25.02.2010**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **12.11.2015**

(51) Int Cl.: **H04B 7/04 (2006.01)**
H04L 27/26 (2006.01)
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:
12/194,640 20.08.2008 US

(62) Teilung in:
10 2009 061 748.5; 10 2009 061 758.2

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

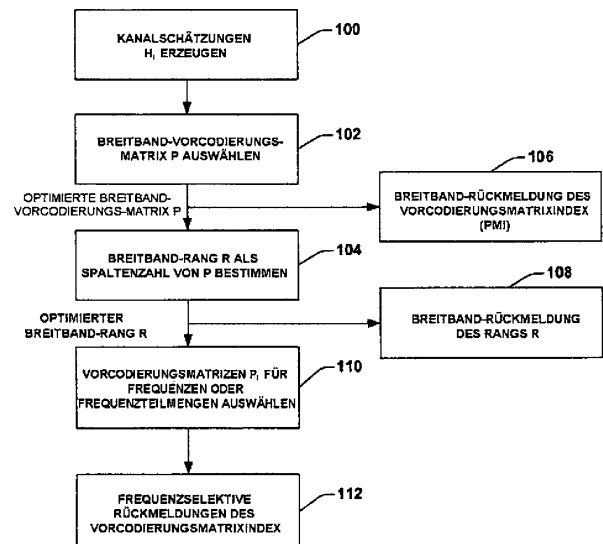
(74) Vertreter:
**Patentanwälte Lambsdorff & Lange, 81673
 München, DE**

(72) Erfinder:
Dietrich, Frank, 82256 Fürstenfeldbruck, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2008 / 0 187 030 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren, Vorrichtung und Kommunikationseinheit**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Erzeugen von Vorcodierungsrückmeldungsinformationen in einem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem, umfassend:
 Auswählen eines Rangs für Vorcodierungsmatrizen, wobei der Rang über eine Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und
 Auswählen mehrerer Vorcodierungsmatrizen mit dem gewählten Rang, wobei für jede von mehreren Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen eine andere Vorcodierungsmatrix ausgewählt wird, wobei das Auswählen des Rangs für Vorcodierungsmatrizen Folgendes umfasst:
 Auswählen einer Breitband-Vorcodierungsmatrix, die über das Frequenzband der mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und
 Bestimmen des Rangs der ausgewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix dergestalt, dass er der ausgewählte Rang ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Erzeugen von Rückmeldungsinformationen in Funkübertragungssystemen, Einrichtungen zum Erzeugen von Rückmeldungsinformationen in Funkübertragungssystemen und Kommunikationseinheiten in Funkübertragungssystemen.

[0002] Kommunikationssysteme mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen (MIMO) verwenden mehrere Datenströme. Es kann Vorkodierung vorgesehen werden, um mehrere Datenströme in MIMO-Kommunikationssystemen zu manipulieren, indem Vorkodierungsmatrizen auf die Datenströme angewandt werden.

[0003] Die Druckschrift US 2008/0 187 030 A1 beschreibt eine Signalisierung zum Vorkodieren in einem drahtlosen MIMO (Mehrfach Input Mehrfach Output) Kommunikationssystem.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren und Einrichtungen zum Erzeugen von Rückmeldungsinformationen in Funkübertragungssystemen anzugeben, mit welchen es ermöglicht werden kann, die Qualität der Übertragung zu verbessern.

[0005] Fig. 1 zeigt schematisch ein Verfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

[0006] Fig. 2 zeigt schematisch eine Einrichtung **20** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

[0007] Fig. 3 zeigt schematisch eine Einrichtung **30** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform.

[0008] Fig. 4 ist ein Graph eines Balkendiagramms.

[0009] Die folgenden Ausführungsformen der Erfindung werden mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, in denen im Allgemeinen durchweg gleiche Bezugszahlen benutzt werden, um auf gleiche Elemente zu verweisen, und wobei die verschiedenen Strukturen nicht unbedingt maßstabsgetreu gezeichnet sind. In der folgenden Beschreibung werden zur Erläuterung zahlreiche spezifische Einzelheiten dargelegt, um ein umfassendes Verständnis eines oder mehrerer Aspekte von Ausführungsformen der Erfindung zu gewährleisten. Für Fachleute ist jedoch erkennbar, dass ein oder mehrere Aspekte der Ausführungsformen der Erfindung mit einem geringeren Grad dieser spezifischen Einzelheiten ausgeübt werden können. In anderen Fällen wurden bekannte Strukturen und Einrichtungen in Blockdiagrammform gezeigt, um die Beschreibung eines oder mehrerer Aspekte der Ausführungsformen der Erfindung zu erleichtern. Die folgende Beschreibung ist deshalb nicht im einschränkenden Sinne aufzufassen und der Schutzzumfang der Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.

[0010] Verfahren und Vorrichtungen wie hier beschrieben können für Funkübertragungssysteme benutzt werden, insbesondere bei einer Ausführungsform Systeme mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen (MIMO), die im Orthogonal-Frequenzmultiplex-(OFDM-)Modus arbeiten. Die offenbarten Vorrichtungen können in Basisbandsegmenten von zum Empfang von Funksignalen verwendeten Geräten realisiert werden, wie etwa in Mobiltelefonen, Handgeräten und/oder Mobilfunkempfängern oder in Mobilfunk-Basisstationen, insbesondere Funksendern. Die beschriebenen Vorrichtungen können verwendet werden, um hier offenbarte Verfahren auszuführen, obwohl diese Verfahren auch auf beliebige andere Weise ausgeführt werden können, insbesondere außerhalb von Basisbandchips von Mobilfunkempfängern und/oder Mobiltelefonen.

[0011] Eine Funkübertragungsstrecke, insbesondere eine OFDM-Kommunikationsstrecke, kann mit einer Menge von N Hilfsträgern betreibbar sein, wobei N eine ganze Zahl größer oder gleich 1 ist. Hilfsträger solcher Funkübertragungssysteme können jeweils eine einzige Frequenz umfassen. Sie können auch mehrere Frequenzen umfassen, zum Beispiel angrenzende Frequenzen in einem Frequenzbereich oder eine beliebige Teilmenge von Frequenzen. Bei einer Ausführungsform muss die Anzahl der in einem Hilfsträger enthaltenen Frequenzen nicht auf irgendeine Anzahl von Frequenzen begrenzt werden. Zur Übertragung von Funksignalen wie etwa OFDM-Funksignalen, können N_T Sendeantennen, zum Beispiel im Übertragungs-Diversity-Modus, verwendet werden, um die Signale in N_S modulierten Datenströmen d_i zu senden, wobei i von 1 bis N reicht. Die Funksignale können von N_R Empfangsantennen empfangen werden. Unter Verwendung dieses Übertragungsverfahrens können bis zu $N_S = \min(N_T, N_R)$ modulierte Datenströme d_i gleichzeitig übertragen, d. h. räumlich gemultiplext, werden.

[0012] Bei einer Ausführungsform sind die Datenströme d_i möglicherweise in einer Übertragungseinrichtung, zum Beispiel einer Mobilfunk-Basisstation, unter Verwendung von Fachleuten bekannten Modulationstechni-

ken moduliert worden. Die modulierten Datenströme d_i können unter Verwendung einer Vorcodierungsmatrix P_i mit N_T Zeilen und N_S Spalten vorcodiert und dann unter Verwendung der N_T Sendeantennen gesendet werden. Die Vorcodierungsmatrizen P_i können komplexe Werte aufweisen. Insbesondere können die Vorcodierungsmatrizen P_i so gewählt werden, dass sie aus dem Codebuch C stammen, das in der Norm 3GPP-LTE definiert wird. Das Codebuch C enthält Vorcodierungsmatrizen P_i , die der folgenden Sendeleistungs-Einschränkung genügen:

$$\|P\|_F^2 = P_T \quad (1)$$

[0013] Die modulierten und vorcodierten Datenströme $P_i d_i$ können dann über Übertragungskanäle übertragen werden, die Kanalübertragungseigenschaften H_i aufweisen. Die Kanalübertragungseigenschaften H_i können im Sender und/oder im Empfänger geschätzt werden. Gemäß den Kanalübertragungseigenschaften H_i können die Vorcodierungsmatrizen P_i adaptiv ausgewählt werden. Zusätzlich können die modulierten, vorcodierten und kanalmodulierten Datenströme $H_i P_i d_i$ durch additives räumlich weißes Gaußsches Rauschen n_i verzerrt werden. Das Gaußsche Rauschen kann insbesondere von dem Rauschabstand der übertragenen Datenströme abhängen. Ein Empfangssignal y_i an N_R Antennen auf dem Hilfsträger i kann folgendermaßen lauten:

$$y_i = H_i P_i d_i + n_i. \quad (2)$$

[0014] Vorcodierungsmatrizen P_i können abhängig von den Kanaleigenschaften H_i ausgewählt werden. Insbesondere können Vorcodierungsmatrizen P_i dergestalt ausgewählt werden, dass die Datenkapazität einer von dem Sender verwendeten MIMO-Kommunikationsstrecke optimal verwendet wird, d. h. die Datenrate F des Kommunikationskanals so hoch wie möglich ist. Die Datenrate F einer MIMO-Kommunikationsstrecke kann folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$F(P_i; H_i) = \log_2 \det(I + H_i P_i P_i^H H_i^H \sigma_n^{-2}), \quad (3)$$

wobei das hochgestellte H die adjungierte Matrix, d. h. die hermetische Transponierung der assoziierten Matrix bedeutet und σ_n die Stärke des additiven räumlich weißen Gaußschen Rauschens n_i bedeutet. Es können auch andere Wahlen für die die Datenrate beschreibende Funktion F anwendbar sein und solche Varianten werden als in den Schutzzumfang der Erfindung fallend betrachtet.

[0015] Die Datenrate F kann von der Wahl der Vorcodierungsmatrizen P_i und den Kanalübertragungseigenschaften H_i abhängen. Es können verschiedene Optimierungstechniken benutzt werden, um die Datenrate F zu maximieren. Abhängig von dem zum Empfang des Empfangssignals verwendeten Empfänger können verschiedene Techniken verwendet werden, um die Daten aus dem Empfangssignal zu extrahieren, zum Beispiel serielle Störungslöschung (SIC) oder Minimierung des mittleren quadratischen Fehlers (MMSE). Die Optimierung der Datenrate kann deshalb gemäß dem Typ des Empfängers gemäß den verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung zurechtgeschnitten werden. Bei einer Ausführungsform können Techniken, die den mittleren quadratischen Fehler minimieren, durch Verwendung eines linearen MIMO-Entzerrers (MMSE-Entzerrers) im Empfänger ausgeführt werden. Unter der Annahme eines MMSE-Entzerrers im Empfänger kann die zu optimierende Datenrate F_M folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$F_M(P_i; H_i) = \sum_{k=1}^{N_s} \log_2(1 + \text{SINR}_{i,k}) = -\sum_{k=1}^{N_s} \log_2 \left(\sigma_n^2 \left[\left(P_i^H H_i^H H_i P_i + \sigma_n^2 I \right)^{-1} \right]_{k,k} \right), \quad (4)$$

wobei I die Einheitsmatrix und $\text{SINR}_{i,k}$ das Verhältnis von Signal zu Störung und Rauschen des k -ten Datenstroms auf dem Hilfsträger i bedeutet. Die Optimierung kann bei einer Ausführungsform deshalb darauf abzielen, das Verhältnis von Signal zu Störung und Rauschen $\text{SINR}_{i,k}$ nach der Entzerrung (Nach-Entzerrungs-SINR) zu maximieren.

[0016] Bei einer Ausführungsform können die Vorcodierungsmatrizen P_i so ausgewählt werden, dass für jeden Hilfsträger eine andere Vorcodierungsmatrix P_i gewählt wird. Zusätzlich kann für jeden Hilfsträger der Rang R_i der assoziierten Vorcodierungsmatrix P_i unabhängig von den Rängen der übrigen Hilfsträger ausgewählt werden. Wenn das Funkübertragungssystem gemäß dem LTE-Standard arbeitet, sind bei einer Ausführungsform die Ränge R_i der Vorcodierungsmatrizen P_i über das gesamte Frequenzband alle gleich R , d. h. der Rang R wird so gewählt, dass er für jede der Vorcodierungsmatrizen P_i konstant ist. Wenn der Rang R konstant gewählt wird, können die Vorcodierungsmatrizen P_i aus einer Teilmenge der Gesamtheit der Vorcodierungsmatrizen P_i ausgewählt werden. Anders ausgedrückt, wird der Auswahlprozess für die Vorcodierungsmatrizen P_i auf den Pool von Vorcodierungsmatrizen mit dem gewünschten Rang R beschränkt.

[0017] Bei einer Ausführungsform kann das Auswählen von Vorcodierungsmatrizen P_i die Lösung eines Optimierungsproblems umfassen. Für verschiedene Ränge R_i über jeden Hilfsträger kann das Optimierungsproblem auf das Folgende gesetzt werden:

$$\max_{\{P_i \in C\}_{i=1}^N} \sum_{i=1}^N F(P_i; H_i) = \max_{\{R_i\}_{i=1}^N} \max_{\{P_i \in C_{R_i}\}_{i=1}^N} \sum_{i=1}^N F(P_i; H_i). \quad (5)$$

[0018] Bei konstantem Rang R über jeden Hilfsträger vereinfacht sich das Optimierungsproblem auf

$$\max_R \max_{\{P_i \in C_R\}_{i=1}^N} \sum_{i=1}^N F(P_i; H_i). \quad (6)$$

[0019] Mit dem in Gleichung (6) für jedes mögliche R gegebenen Optimierungsproblem muss jede mögliche Kombination von Vorcodierungsmatrizen P_i mit dem entsprechenden Rang R ausgewertet werden.

[0020] Fig. 1 zeigt ein Verfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Als Erstes können bei **100** Schätzungen für die Kanalübertragungseigenschaften H_i erzeugt werden. Die Schätzungen für die Kanalübertragungseigenschaften H_i können bei einer Ausführungsform durch Fachleuten gewöhnlich bekannte Mittel bereitgestellt werden. Die erzeugten Schätzungen können verwendet werden, um eine Breitband-Vorcodierungsmatrix P von **102** auszuwählen. Anders ausgedrückt, kann eine Vorcodierungsmatrix P bei einer Ausführungsform so ausgewählt werden, dass die Datenrate über das gesamte Frequenzband maximiert wird. Bei einer Ausführungsform kann die Vorcodierungsmatrix P so ausgewählt werden, dass der folgende Ausdruck optimiert wird:

$$\max_{P \in C} \sum_{i=1}^N F(P; H_i). \quad (7)$$

[0021] Die Lösung dieses konkreten Optimierungsproblems kann durch Verwendung einer Approximation für die Summe in Gleichung (7) durchgeführt werden:

$$\sum_{i=1}^N F(P; H_i) \approx F_C(P^H R_{Tx} P). \quad (8)$$

wobei R_{Tx} die Maximum-Likelihood-Schätzung der Sendekorrelationsmatrix ist und $F_C(M)$ zum Beispiel eine folgendermaßen definierte Kostenfunktion sein kann:

$$F_C(M) = \log_2 \det(I + M \sigma_n^{-2}). \quad (9)$$

[0022] Es können bei alternativen Ausführungsformen abhängig von der Art des das Empfangssignal empfangenden Empfängers auch andere Definitionen für die Kostenfunktion verwendet werden. Die in der vorliegenden Ausführungsform beschriebene konkrete Kostenfunktion $F_C(M)$ kann für serielle Störungslöschung (SIC) oder Minimierung des mittleren quadratischen Fehlers (MMSE) in dem Empfänger betrachtet werden. R_{Tx} (die Maximum-Likelihood-Schätzung der Sendekorrelationsmatrix) kann ferner folgendermaßen definiert werden:

$$R_{Tx} = N^{-1} \sum_{i=1}^N H_i^H H_i \approx E(H_i^H H_i), \quad (10)$$

wobei $E(X)$ die arithmetische Mittelwertfunktion des Werts X , d. h. der Erwartungswert der Variablen X , ist. Bei der Auswahl der Breitband-Vorcodierungsmatrix P kann das zu lösende Optimierungsproblem somit folgendermaßen lauten:

$$\max_{P \in C} \log_2 \det(I + P^H R_{Tx} P \sigma_n^{-2}). \quad (11)$$

[0023] Das in Gleichung (10) gegebene Optimierungsproblem kann ein System mit einem SIC-Empfänger beschreiben. Bei einem linearen MMSE-Empfänger kann das Optimierungsproblem zu dem Folgenden werden:

$$\min_{P \in C} \sum_{k=1}^{N_s} \log_2 \left(\left(I + P^H R_{Tx} P \sigma_n^{-2} \right)^{-1}_{k,k} \right), \quad (12)$$

das in ein Minimierungsproblem des geometrischen Mittelwerts von Minimum-MSEs transformiert werden kann:

$$\min_{P \in C} \prod_{k=1}^{N_s} \left(\left(I + P^H R_{Tx} P \sigma_n^{-2} \right)^{-1}_{k,k} \right). \quad (13)$$

[0024] Wenn die Breitband-Vorcodierungsmatrix P bei **102** von **Fig. 1** gemäß einem der in Gleichungen (7), (11), (12) oder (13) gegebenen Optimierungsprobleme ausgewählt wurde, kann bei einer Ausführungsform bei **104** der Rang R der Breitband-Vorcodierungsmatrix P als der optimierte Breitband-Rang R ausgewählt werden, der über das gesamte Frequenzband, d. h. über alle N Hilfsträger i , konstant gehalten werden kann. Als Alternative kann der Rang R gemäß der mittleren Sendekorrelationsmatrix R_{Tx} über alle Hilfsträger i ausgewählt werden. Rückmeldungsinformationen bezüglich der gewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix P können an andere Komponenten bei **106** in dem Funkübertragungssystem ausgegeben werden, insbesondere ein Vorcodierungsmatrixindex (PMI). Zusätzlich können Rückmeldungsinformationen bezüglich des gewählten Rangs R an andere Komponenten bei **108** in dem Funkübertragungssystem ausgegeben werden. Rückmeldungsinformationen bezüglich des Vorcodierungsmatrixindex (PMI) der gewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix P und/oder des gewählten Rangs R können bei einer Ausführungsform zu dem Funksender gesendet werden, der die modulierten Datenströme d_i sendet.

[0025] In einem weiteren Schritt können Optimierungsprobleme, die den in Gleichungen (7), (11), (12) und/oder (13) gegebenen Optimierungsproblemen ähnlich sind, für jeden Hilfsträger i gelöst werden. Vorcodierungsmatrizen P_i können bei **110** aus einer Teilmenge von Vorcodierungsmatrizen P_i mit dem zuvor gewählten Rang R gemäß dem folgenden Optimierungsproblem ausgewählt werden:

$$\max_{\{P_i \in C_R\}_{i=1}^N} \sum_{i=1}^N F(P_i; H_i). \quad (14)$$

[0026] Wenn das Optimierungsproblem gelöst werden soll, wenn bei einer Ausführungsform im Empfänger ein linearer MMSE-Entzerrer angenommen wird, kann das jeweilige Optimierungsproblem folgendermaßen lauten:

$$\min_{\{P_i \in C_R\}_{i=1}^N} \sum_{k=1}^{N_s} \log_2 \left(\left(I + P_i^H R_{Tx} P_i \sigma_n^{-2} \right)^{-1}_{k,k} \right). \quad (15)$$

[0027] Ähnlich wie bei Gleichung (13) kann das Optimierungsproblem von Gleichung (15) in das Folgende transformiert werden:

$$\min_{\{P_i \in C_R\}_{i=1}^N} \prod_{k=1}^{N_s} \left(\left(I + P_i^H R_{Tx} P_i \sigma_n^{-2} \right)^{-1}_{k,k} \right). \quad (16)$$

[0028] In den Gleichungen (14) bis (16) enthält die Teilmenge CR von Vorcodierungsmatrizen P_i nur die Vorcodierungsmatrizen P_i mit dem gewählten Rang R . Die Vorcodierungsmatrizen P_i für jeden Hilfsträger i können abhängig von der mittleren Sendekorrelationsmatrix über die Frequenzen in dem assoziierten Hilfsträger i ausgewählt werden. Rückmeldungsinformationen über die mehreren ausgewählten Vorcodierungsmatrizen P_i können an andere Komponenten des Funkübertragungssystems bei **112** ausgegeben werden, insbesondere an den Sender, d. h. die Basisstation des Funkübertragungssystems. Rückmeldung über die mehreren ausgewählten Vorcodierungsmatrizen P_i können Vorcodierungsmatrixindizes (PMI) mindestens einer der mehreren Vorcodierungsmatrizen P_i umfassen.

[0029] In **Fig. 2** ist eine Vorrichtung **20** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform gezeigt. Die Vorrichtung **20** kann ein Vorcodierungs-Rückmeldungsinformationengenerator sein, der dafür ausgelegt ist, Vorcodierungsrückmeldungsinformationen in einem Funkübertragungssystem, wie etwa einem in einem OFDM-Modus be-

treibbaren MIMO-Kommunikationssystem, zu erzeugen. Die Vorrichtung **20** kann einen Breitband-Vorcodierungs-Matrixselektor **21** und einen Schmalband-Vorcodierungs-Matrixselektor **1** umfassen. Dem Breitband-Vorcodierungs-Matrixselektor **21** können Schätzungen der Kanalübertragungseigenschaften H_i zugeführt werden, und er kann eine ausgewählte Breitband-Vorcodierungsmatrix P mit einem ausgewählten Rang R an den Schmalband-Vorcodierungs-Matrixselektor **1** ausgeben. Der Schmalband-Vorcodierungs-Matrixselektor **1** kann dafür ausgelegt werden, mehrere Schmalband-Vorcodierungsmatrizen P_i für jeden Hilfsträger i des Funkübertragungssystems auszugeben und Rückmeldungsinformationen über die mehreren Schmalband-Vorcodierungsmatrizen P_i für jeden Hilfsträger i , insbesondere Vorcodierungsmatrixindizes (PMI) auszugeben. Bei einer Ausführungsform kann die Vorrichtung **20** dafür ausgelegt sein, ein Verfahren wie in **Fig. 1** dargestellt auszuführen.

[0030] In **Fig. 3** ist eine Vorrichtung **30** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform gezeigt. Die Vorrichtung **30** kann ein Vorcodierungs-Rückmeldungsinformationengenerator sein, der dafür ausgelegt ist, Vorcodierungs-Rückmeldungsinformationen in einem Funkübertragungssystem, wie etwa einem in einem OFDM-Modus betreibbaren MIMO-Kommunikationssystem, zu erzeugen. Die Vorrichtung **30** kann einen Vorcodierungs-Matrixrangselektor **31** und einen Vorcodierungs-Matrixselektor **1** umfassen. Dem Vorcodierungs-Matrixrangselektor **31** können Schätzungen der Kanalübertragungseigenschaften H_i zugeführt werden, und er kann einen gewählten Rang für eine Vorcodierungsmatrix P an den Vorcodierungs-Matrixselektor **1** ausgeben. Der Vorcodierungs-Matrixselektor **1** kann dafür ausgelegt sein, mehrere Vorcodierungsmatrizen P_i mit dem durch den Vorcodierungs-Matrix-Rangselektor **31** ausgegebenen gewählten Rang R für jeden Hilfsträger i des Funkübertragungssystems auszugeben und kann ferner dafür ausgelegt sein, Rückmeldungsinformationen über die mehreren Schmalband-Vorcodierungsmatrizen P_i für jeden Hilfsträger i , wie etwa bei einer Ausführungsform Vorcodierungs-Matrixindizes (PMI), auszugeben. Die Vorrichtung **30** kann insbesondere dafür ausgelegt sein, ein Verfahren wie in **Fig. 1** dargestellt auszuführen.

[0031] In **Fig. 4** ist ein Graph eines Balkendiagramms gezeigt. Als Beispiel wird ein LTE-System mit einer 2x4-MIMO-Strecke mit vier Sendeantennen und zwei Empfangsantennen, d. h. $N_T = 4$, $N_R = 2$, und 1200 Hilfsträgern jeweils in Teilbänder von 48 Hilfsträgern unterteilt, in Betracht gezogen. Die Vorcodierungsmatrizen wurden aus dem Vorcodierungs-Codebuch C mit einer minimalen Rückmeldungsperiode von 1 ms ausgewählt.

[0032] Die Balken **41** bis **48** repräsentieren die Mengen an reellwertigen Operationen in Millionen Anweisungen pro Sekunde für verschiedene reellwertige Operationen in verschiedenen rechnerischen Verfahren. Die Balken **41** bis **44** zeigen die Menge an reellwertigen Additionen in verschiedenen rechnerischen Verfahren. Der Balken **41** repräsentiert die Anzahl reellwertiger Additionen beim Auswerten der Vorcodierungsmatrizen P_i für jedes Teilband von Hilfsträgern gemäß Gleichung (4) unter Verwendung eines linearen MMSE-Entzerrers, ohne zuvor eine Breitband-Vorcodierungsmatrix P mit einem konstanten Rang R auszuwerten. Das assoziierte zu lösende Optimierungsproblem wird in Gleichung (6) gegeben. Die Balken **42** und **43** repräsentieren jeweils die Anzahl reellwertiger Additionen beim Lösen eines Optimierungsproblems wie in Gleichung (15) gegeben, wenn Schmalband-Vorcodierungsmatrizen P_i ausgewählt werden, wobei der Balken **42** den ungünstigsten annehmbaren Fall und der Balken **43** den besten annehmbaren Fall repräsentiert. Beide Balken **42** und **43** zeigen eine beträchtlich niedrigere Anzahl reellwertiger Additionen als der Balken **41**, da für das Optimierungsproblem von Gleichung (15) eine wesentlich niedrigere Menge von Funktionsauswertungen notwendig ist als für das Optimierungsproblem von Gleichung (6). Der Balken **44** repräsentiert die Anzahl reellwertiger Additionen beim Lösen eines Optimierungsproblems wie in Gleichung (13) gegeben, wobei eine optimierte Breitband-Vorcodierungsmatrix P über ein gesamtes Frequenzband ausgewählt wird.

[0033] Die Balken **45** bis **48** repräsentieren jeweilige Zahlen wie jeweils die Balken **41** bis **44** für reellwertige Multiplikationen anstelle von reellwertigen Additionen. Wieder ist die Anzahl reellwertiger Additionen für den Balken **45** höher als die Anzahl reellwertiger Additionen für die Balken **46** und **47**.

[0034] Obwohl ein bestimmtes Merkmal oder ein bestimmter Aspekt einer Ausführungsform der Erfindung möglicherweise mit Bezug auf nur eine von mehreren Implementierungen offenbart wurde, kann ein solches Merkmal oder ein solcher Aspekt mit einem oder mehreren Merkmalen oder Aspekten der anderen Implementierungen kombiniert werden, so wie es für eine beliebige gegebene oder konkrete Anwendung erwünscht und vorteilhaft sein kann. So wie die Ausdrücke „enthalten“, „aufweisen“, „mit“ oder andere Varianten davon entweder in der ausführlichen Beschreibung oder in den Ansprüchen verwendet wurden, sollen ferner solche Ausdrücke auf ähnliche Weise wie der Ausdruck „umfassen“ einschließend sein. Es wurden möglicherweise die Ausdrücke „gekoppelt“ und „verbunden“ zusammen mit ihren Ableitungen verwendet. Es versteht sich, dass diese Ausdrücke möglicherweise verwendet wurden, um anzugeben, dass zwei Elements miteinander zusammenarbeiten oder wechselwirken, gleichgültig, ob sie sich in direktem physischem oder elektrischem

Kontakt befinden oder sie sich nicht in direktem Kontakt miteinander befinden. Ferner versteht sich, dass Ausführungsformen der Erfindung in diskreten Schaltungen, teilweise integrierten Schaltungen oder vollintegrierten Schaltungen oder in Programmiermitteln implementiert werden können. Außerdem ist der Ausdruck „beispielhaft“ lediglich als ein Beispiel gemeint, statt als Bestes oder Optimales. Außerdem versteht sich, dass hier abgebildete Merkmale und/oder Elemente der Klarheit und des leichteren Verständnisses halber hier mit konkreten Abmessungen relativ zueinander dargestellt werden und dass die tatsächlichen Abmessungen wesentlich von dem hier Dargestellten abweichen können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von Vorcodierungsrückmeldungsinformationen in einem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem, umfassend:
Auswählen eines Rangs für Vorcodierungsmatrizen, wobei der Rang über eine Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und
Auswählen mehrerer Vorcodierungsmatrizen mit dem gewählten Rang, wobei für jede von mehreren Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen eine andere Vorcodierungsmatrix ausgewählt wird,
wobei das Auswählen des Rangs für Vorcodierungsmatrizen Folgendes umfasst:
Auswählen einer Breitband-Vorcodierungsmatrix, die über das Frequenzband der mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und
Bestimmen des Rangs der ausgewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix dergestalt, dass er der ausgewählte Rang ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Anzahl der Frequenzen in jeder Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen größer als 1 ist.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, wobei die Anzahl der Frequenzen in jeder Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen 1 ist.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, wobei jede Vorcodierungsmatrix der mehreren Vorcodierungsmatrizen gemäß der Norm 3GPP-LTE ausgewählt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, wobei das Auswählen des Rangs und das Auswählen der mehreren Vorcodierungsmatrizen umfasst, den Rang und die mehreren Vorcodierungsmatrizen dergestalt auszuwählen, dass die Datenrate in dem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem optimiert wird.
6. Verfahren zum Erzeugen von Vorcodierungs-Rückmeldungsinformationen in einem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem, mit den folgenden Schritten;
Auswählen einer Breitband-Vorcodierungsmatrix, die über eine Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und
Auswählen mehrerer Schmalband-Vorcodierungsmatrizen jeweils mit einem Rang, der dem Rang der ausgewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix entspricht, wobei für jede von mehreren Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen eine andere Schmalband-Vorcodierungsmatrix ausgewählt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Anzahl der Frequenzen in jeder Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen größer als 1 ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Anzahl der Frequenzen in jeder Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen 1 ist.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, wobei jede Schmalband-Vorcodierungsmatrix der mehreren Schmalband-Vorcodierungsmatrizen gemäß der Norm 3GPP-LTE ausgewählt wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Auswählen der Breitband-Vorcodierungsmatrix auf einer Maximum-Likelihood-Schätzung einer Sendekorrelationsmatrix basiert.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 10, wobei das Auswählen der Schmalband-Vorcodierungsmatrizen umfasst, mindestens eine der Schmalband-Vorcodierungsmatrizen auf der Basis einer Maximum-Likelihood-Schätzung einer Sendekorrelationsmatrix über das jeweilige Schmalband hinweg auszuwählen.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 11, wobei das Auswählen der Breitband-Vorcodierungsmatrix umfasst, auf der Basis einer Optimierung einer Datenrate in dem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem auszuwählen.

13. Vorrichtung zum Erzeugen von Vorcodierungs-Rückmeldungsinformationen in einem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem, umfassend:

eine erste Einrichtung, die dafür ausgelegt ist, einen Rang für Vorcodierungsmatrizen auszuwählen, wobei der Rang über eine Frequenzteilmenge der mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und

eine zweite Einrichtung, die dafür ausgelegt ist, mehrere Vorcodierungsmatrizen mit dem ausgewählten Rang auszuwählen, wobei für jede von mehreren Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen eine andere Vorcodierungsmatrix ausgewählt wird,

wobei die erste Einrichtung dafür ausgelegt ist, eine Breitband-Vorcodierungsmatrix auszuwählen, die über die mehreren Frequenzen hinweg konstant ist, und ferner dafür ausgelegt ist, den Rang der ausgewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix dergestalt zu bestimmen, dass er der ausgewählte Rang ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die ausgewählten mehreren Vorcodierungsmatrizen verwendet werden, um ein durch das Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem zu übertragendes Übertragungssignal vorzucodieren.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei angenommen wird, dass das Übertragungssignal durch einen Empfänger empfangen wird, der einen linearen Entzerrer mit minimalem mittlerem quadratischem Fehler (MMSE) umfasst, der das Verhältnis von Signal zu Störungen plus Rauschen über die mehreren Frequenzen hinweg auswertet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei angenommen wird, dass das Übertragungssignal durch einen Empfänger empfangen wird, der einen linearen Entzerrer mit minimalem mittlerem quadratischem Fehler (MMSE) umfasst, der die Verhältnisse von Signal zu Störungen plus Rauschen für jede der Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen auswertet.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 16, wobei die erste Einrichtung und die zweite Einrichtung Optimierungseinheiten umfassen, die dafür ausgelegt sind, die Datenrate in dem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem zu optimieren.

18. Vorrichtung zum Erzeugen von Vorcodierungs-Rückmeldungsinformationen in einem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem, umfassend:

eine erste Einrichtung, die dafür ausgelegt ist, eine Breitband-Vorcodierungsmatrix auszuwählen, die über die mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und

eine zweite Einrichtung, die dafür ausgelegt ist, mehrere Schmalband-Vorcodierungsmatrizen auszuwählen, die jeweils einen Rang aufweisen, der dem Rang der ausgewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix entspricht, wobei für jede von mehreren Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen eine andere Schmalband-Vorcodierungsmatrix ausgewählt wird.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die ausgewählten mehreren Schmalband-Vorcodierungsmatrizen verwendet werden, um ein durch das Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem zu übertragendes Übertragungssignal vorzucodieren.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei angenommen wird, dass das vorcodierte Übertragungssignal durch einen Empfänger empfangen wird, der einen linearen Entzerrer mit minimalem mittlerem quadratischem Fehler (MMSE) umfasst, der die Verhältnisse von Signal zu Störungen plus Rauschen über die mehreren Frequenzen hinweg auswertet.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei angenommen wird, dass das Übertragungssignal durch einen Empfänger empfangen wird, der einen linearen Entzerrer mit minimalem mittlerem quadratischem Fehler (MMSE) umfasst, der die Verhältnisse von Signal zu Störungen plus Rauschen für jede der Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen auswertet.

22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 21, wobei die erste Einrichtung und die zweite Einrichtung Optimierungseinheiten umfassen, die dafür ausgelegt sind, die Datenrate in dem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem zu optimieren.

23. Kommunikationseinheit in einem Mehrfrequenz-Funkübertragungssystem, umfassend:
eine Vorrichtung, die dafür ausgelegt ist, Rückmeldungsinformationen zu erzeugen, umfassend:
eine erste Einrichtung, die dafür ausgelegt ist, eine Breitband-Vorcodierungsmatrix auszuwählen, die über die mehreren Frequenzen hinweg konstant ist; und
eine zweite Einrichtung, die dafür ausgelegt ist, mehrere Schmalband-Vorcodierungsmatrizen auszuwählen, die jeweils einen Rang aufweisen, der dem Rang der ausgewählten Breitband-Vorcodierungsmatrix entspricht, wobei für jede von mehreren Frequenzteilmengen der mehreren Frequenzen eine andere Schmalband-Vorcodierungsmatrix ausgewählt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

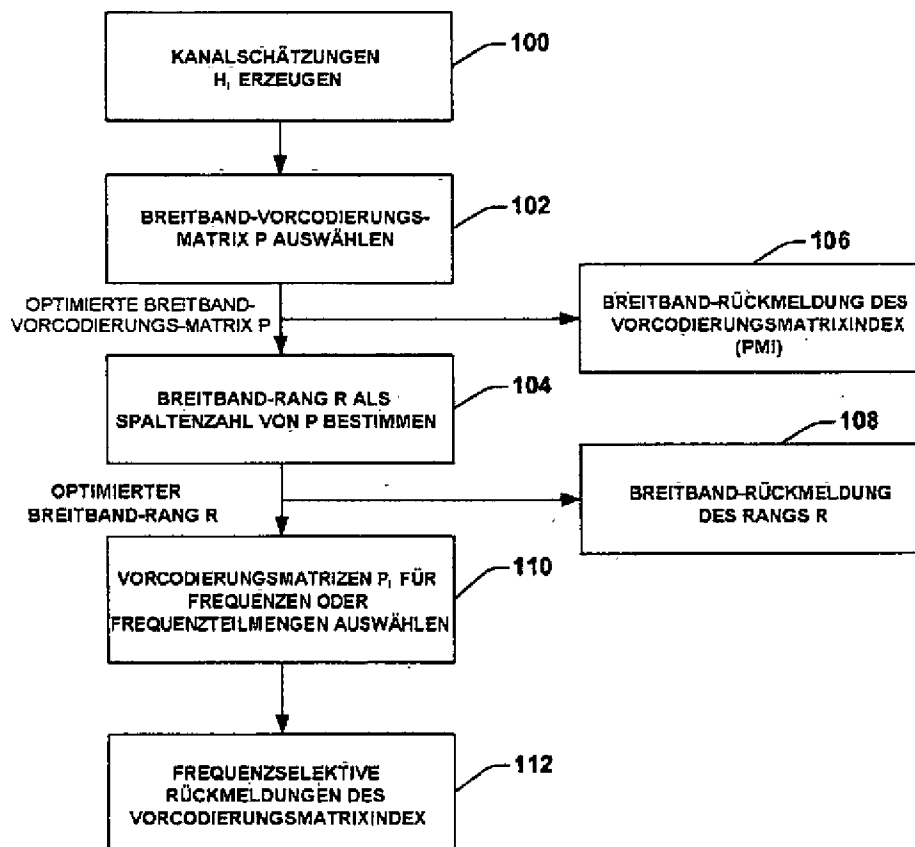


FIG. 1

Fig. 2

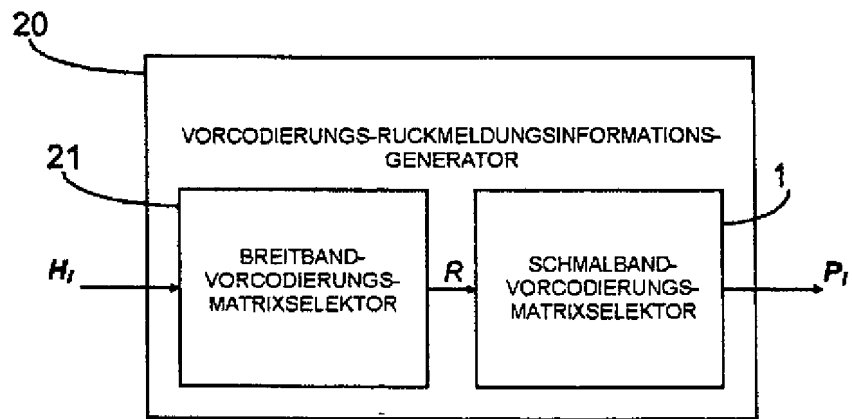


Fig. 3

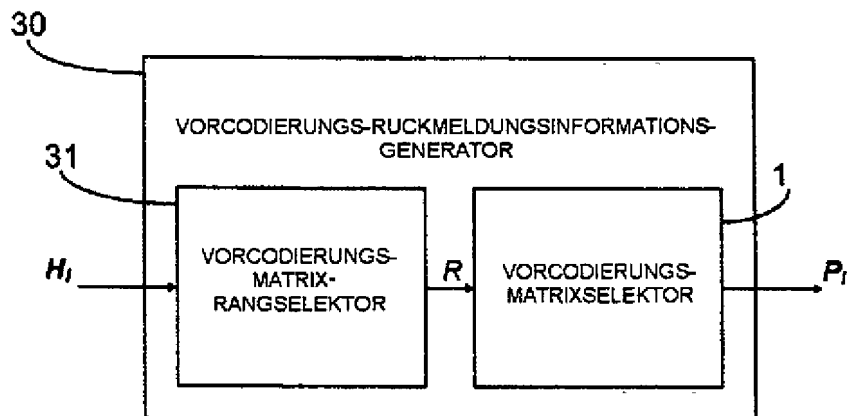


Fig. 4

