



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 101 300.0**

(22) Anmeldetag: **21.01.2020**

(43) Offenlegungstag: **15.10.2020**

(51) Int Cl.: **H04B 7/04 (2017.01)**

(30) Unionspriorität:

10-2019-0043298 12.04.2019 KR

10-2019-0074120 21.06.2019 KR

(71) Anmelder:

**Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon-si,
Gyeonggi-do, KR**

(74) Vertreter:

**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,
DE**

(72) Erfinder:

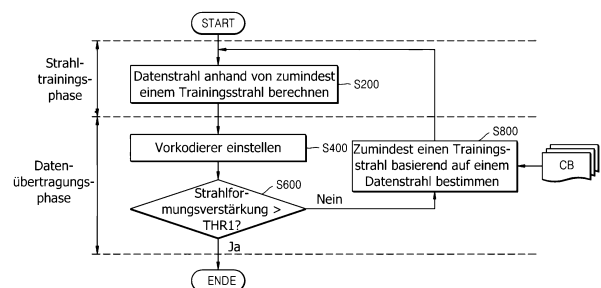
**Lee, Junho, Suwon-si, Gyeonggi-do, KR; Je,
Huiwon, Suwon-si, Gyeonggi-do, KR**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren für eine ein Strahltraining beinhaltende drahtlose Kommunikation**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein drahtloses Kommunikationsverfahren bereitgestellt, in dem Strahltrainingsphasen sich mit Datenübertragungsphasen abwechseln. Das Verfahren beinhaltet: ein Veranschlagen eines ersten Kanals basierend auf einem Signal, das unter Verwendung von zumindest einem ersten Trainingsstrahl in einer ersten Strahltrainingsphase empfangen wird; und ein Berechnen, basierend auf dem veranschlagten ersten Kanal und einer ersten objektiven Funktion entsprechend dem veranschlagten ersten Kanal, eines ersten Datenstrahls für eine erste Datenübertragungsphase von dem einen oder den mehreren ersten Trainingsstrahlen in der ersten Strahltrainingsphase, wobei die erste Datenübertragungsphase auf die erste Strahltrainingsphase folgt.



Beschreibung

Querverweis auf verwandte Anmeldungen

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der beim Koreanischen Amt für Geistiges Eigentum am 12. April 2019 eingereichten koreanischen Patentanmeldung Nr. 10-2019-0043298, und der ebenfalls dort am 21. Juni 2019 eingereichten koreanischen Patentanmeldung Nr. 10-2019-0074120, deren Offenbarung hierin in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme aufgenommen ist.

Hintergrund

Gebiet

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine drahtlose Kommunikation, und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren für eine ein Strahltraining beinhaltende drahtlose Kommunikation.

Beschreibung der verwandten Technik

[0003] Ein hoher Durchsatz einer drahtlosen Kommunikation kann eine umfassende Frequenzbandbreite voraussetzen. Für eine derartige Breitbandkommunikation kann ein Millimeterwellen- (mmWave-) Frequenzband von z. B. zumindest etwa 24 GHz verwendet werden. Signale in einem Hochfrequenzband, wie in einem mmWave-Netz, können dämpfungsanfällig sein, und dementsprechend kann eine Strahlformung zum Sichern einer Abdeckung mit Diensten verwendet werden. Ein Strahltraining kann zum Ausrichten von Strahlen eines Senders und eines Empfängers vor einer Übertragung von Nutzdaten durchgeführt werden und kann aufgrund einer variablen drahtlosen Kommunikationsumgebung wiederholt werden. Die Qualität der drahtlosen Kommunikation kann daher von der Genauigkeit und der Effizienz des Strahltrainings abhängig sein.

Kurzfassung

[0004] Gemäß einem Aspekt werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zum effizienten Bestimmen eines optimalen Strahls in einer drahtlosen Kommunikation bereitgestellt.

[0005] Gemäß einem Aspekt einer beispielhaften Ausführungsform wird eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung bereitgestellt, die ein Antennenarray; einen Transceiver, der konfiguriert ist, um dem Antennenarray ein Signal bereitzustellen, um einen Datenstrahl zu bilden, und der konfiguriert ist, um ein Signal zu verarbeiten, das durch das Antennenarray unter Verwendung des Datenstrahls empfangen wird; und einen Controller beinhaltet, der konfiguriert ist, um den Datenstrahl in einer Strahltrainingsphase zu berechnen und um eine Übertragung gemäß dem berechneten Datenstrahl in einer Datenübertragungsphase zu steuern, wobei der Controller konfiguriert ist, um einen Kanal unter Verwendung von zumindest einem ersten Trainingsstrahl zu veranschlagen und um den Datenstrahl von dem zumindest einen ersten Trainingsstrahl basierend auf dem veranschlagten Kanal und basierend auf einer objektiven Funktion entsprechend dem veranschlagten Kanal in der Strahltrainingsphase zu berechnen.

[0006] Gemäß einem weiteren Aspekt einer beispielhaften Ausführungsform wird ein drahtloses Kommunikationsverfahren bereitgestellt, in dem die Strahltrainingsphasen sich mit Datenübertragungsphasen abwechseln, wobei das drahtlose Kommunikationsverfahren ein Veranschlagen eines ersten Kanals basierend auf einem Signal, das unter Verwendung von zumindest einem ersten Trainingsstrahl in einer ersten Strahltrainingsphase empfangen wird; und ein Berechnen, basierend auf dem veranschlagten ersten Kanal und einer ersten objektiven Funktion entsprechend dem veranschlagten ersten Kanal, eines ersten Datenstrahls für eine erste Datenübertragungsphase von dem zumindest einen ersten Trainingsstrahl in der ersten Strahltrainingsphase, beinhaltet, wobei die erste Datenübertragungsphase auf die erste Strahltrainingsphase folgt.

[0007] Gemäß einem weiteren Aspekt einer beispielhaften Ausführungsform wird ein drahtloses Kommunikationsverfahren bereitgestellt, in dem die Strahltrainingsphasen sich mit Datenübertragungsphasen abwechseln, wobei das drahtlose Kommunikationsverfahren beinhaltet: ein Berechnen eines ersten Datenstrahls für eine erste Datenübertragungsphase von zumindest einem ersten Trainingsstrahl in einer ersten Strahltrainingsphase, wobei die erste Datenübertragungsphase auf die erste Strahltrainingsphase folgt; ein Bestimmen von zumindest einem zweiten Trainingsstrahl basierend auf dem ersten Datenstrahl in einer zweiten Strahltrainingsphase, die auf die erste Datenübertragungsphase folgt; und ein Berechnen eines zweiten Datenstrahls für eine

zweite Datenübertragungsphase von dem zumindest einen zweiten Trainingsstrahl in der zweiten Strahltrainingsphase, wobei die zweite Datenübertragungsphase auf die zweite Strahltrainingsphase folgt.

Figurenliste

[0008] Auf die Ausführungsformen wird anhand der nachstehenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung näher eingegangen. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines drahtlosen Kommunikationssystems gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

Fig. 2 ein Zeitsteuerungsdiagramm, das ein drahtloses Kommunikationsverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellt;

Fig. 3A .3B Diagramme, die Veränderungen in Trainingsstrahlen aufgrund eines Strahltrainings gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellen;

Fig. 4 ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

Fig. 5 ein Diagramm, das Veränderungen in Trainingsstrahlen und einem Datenstrahl in einem drahtlose Kommunikationsverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellt;

Fig. 6 ein Flussdiagramm eines drahtlose Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

Fig. 7 ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

Fig. 8 ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

Fig. 9 ein Diagramm, das einen Vorgang zu Auswählen eines Trainingsstrahls gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellt;

Fig. 10 ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

Fig. 11 ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform; und

Fig. 12A. 12B Blockdiagramme von Beispielen für einen Strahl-Controller gemäß beispielhaften Ausführungsformen.

Ausführliche Beschreibung

[0009] Die hierin verwendeten Begriffe „erste/r/s“ und „zweite/r/s“ können von entsprechenden Komponenten ungeachtet von deren Bedeutung oder Reihenfolge Gebrauch machen und werden zur Unterscheidung von einer Komponenten von einer anderen ohne Einschränkung der Komponenten verwendet.

[0010] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm eines drahtlosen Kommunikationssystems **1** gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, kann das drahtlose Kommunikationssystem **1** eine Basisstation **200** und eine Benutzerausrüstung **100** beinhalten.

[0011] Das drahtlose Kommunikationssystem **1** kann, rein beispielhaft, ein drahtloses (5G-) System der fünften Generation, ein Long-Term-Evolution- (LTE-) System, ein Advanced-LTE-System, ein Code-Division-Multiplex- (CDMA-) System, oder ein Global-System-for-Mobile-Communications- (GSM-) System unter Verwendung eines zellulären Netzwerks bzw. Mobilfunknetzes, ein Wireless-Personal-Area-Netzwerk-(WPAN-) System oder ein anderes beliebiges drahtloses Kommunikationssystem beinhalten. Nachstehend wird hauptsächlich auf ein drahtloses Kommunikationssystem unter Verwendung eines zellulären Netzwerks Bezug genommen, jedoch sind die beispielhaften Ausführungsformen nicht drauf beschränkt.

[0012] Die Benutzerausrüstung **100** kann stationär oder als eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung mobil sein und sich auf eine beliebige Vorrichtung beziehen, die Daten und/oder Steuerungsinformationen an die und von der Basisstation **200** durch drahtlose Kommunikation übertagen und empfangen kann. Die Benutzerausrüstung **100** kann z. B. als ein Endgerät, eine Endgeräteausrüstung, eine mobile Station (MS), ein mobiles

Endgerät (MT), ein Benutzerendgerät (UT), eine Teilnehmerstation (SS), eine drahtlose Vorrichtung oder eine tragbare Vorrichtung bezeichnet werden. Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** kann die Benutzerausrüstung **100** eine Mehrzahl von Antennen **120**, einen Vorkodierer **140**, einen Transceiver **160** und einen Signalprozessor **180** beinhalten.

[0013] Die Basisstation **200** kann sich im Allgemeinen auf eine feststehende Station beziehen, die mit der Benutzerausrüstung und/oder einer anderen Basisstation kommuniziert, und kann Daten und Steuerungsinformationen mit einer Benutzerausrüstung und/oder einer anderen Basisstation austauschen. Die Basisstation **200** kann zudem als eine Netzwerkzugriffsvorrichtung bezeichnet werden. Die Basisstation **200** kann z. B. als ein Node B, ein evolved-Node B (eNB), ein Next-Generation-Node B (gNB), ein Sektor, ein Ort, ein Base-Transceiver-System (BTS), ein Access-Point (AP), ein Vermittlungsknoten, ein Remote-Radio-Head (RRH), eine Radioeinheit (RU) oder als eine Small-Cell bezeichnet werden. In dieser Beschreibung kann eine Basisstation oder eine Zelle als Basisstation oder Zelle interpretiert werden, die sich auf einen Teilbereich oder eine Funktion beziehen, die durch einen Basisstations-Controller (BSC) in einem CDMA, einen Node-B in einem Breitband-CDMA (WCDMA), einen eNB in einem LTE, einen gNB oder einen Sektor (einen Ort) im 5G oder dergleichen umfassend abgedeckt ist, und kann verschiedene Abdeckungsbereiche, wie z.B. eine Megazelle, eine Makrozelle, eine Mikrozelle, eine Pikozelle, eine Femtozelle, einen Vermittlungsknoten, einen RRH, eine RU und einen Kleinzellen-Kommunikationsbereich, beinhalten.

[0014] Die Benutzerausrüstung **100** und die Basisstation **200** können eine drahtlose Kommunikation unter Verwendung einer Strahlformung ausführen, und das drahtlose Kommunikationssystem **1** kann Anforderungen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** für die Strahlformung definieren. Das drahtlose Kommunikationssystem **1** kann z. B. ein mmWave-Frequenzband verwenden, um den Durchsatz zu erhöhen, und eine Strahlformung verwenden, um den Pfadverlust des mmWave-Netzes zu überwinden. Die Ausrichtung der Strahlen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** kann für eine drahtlose Kommunikation unter Verwendung einer Strahlformung erforderlich sein, wobei die Benutzerausrüstung **100** und die Basisstation **200** ein Strahltraining für die Strahlausrichtung ausführen können. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, kann die Basisstation **200** z. B. unter Verwendung eines Übertragungsstrahls **20** während eines Strahltrainings wiederholt Informationen übertragen (z. B. ein Symbol), und die Benutzerausrüstung **100** kann das Symbol unter Verwendung unterschiedlicher Empfangsstrahlen **10** empfangen. Die Benutzerausrüstung **100** kann einen Datenstrahl bestimmen, der für eine drahtlose Kommunikation mit der Basisstation **200** basierend auf den Empfangsstrahlen **10** verwendet werden soll, und kann der Basisstation **200** Informationen über den Datenstrahl bereitstellen, wobei der Datenstrahl für eine drahtlose Kommunikation, d. h. eine Übertragung und/oder einen Empfang von Nutzdaten, zwischen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** verwendet werden kann. In dieser Spezifikation kann ein beim Strahltraining verwendeter Strahl als ein Trainingsstrahl bezeichnet werden, und ein Strahl, der für die Übertragung und/oder den Empfang von Nutzdaten infolge eines Strahltrainings verwendet wird, kann als ein Datenstrahl bezeichnet werden.

[0015] Da sich die drahtlose Kommunikationsumgebung zwischen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** aufgrund der Mobilität der Benutzerausrüstung **100**, von Hindernissen in der Nähe von zumindest einem Teil von der Mehrzahl der Antennen **120** oder dergleichen verändert, kann ein Strahltraining häufig ausgeführt werden. Daher kann es von Vorteil sein, einen optimalen Datenstrahl durch ein Strahltraining in dem drahtlosen Kommunikationssystem **1** rasch zu bestimmen. Wie nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben, kann gemäß verschiedener beispielhafter Ausführungsformen ein Datenstrahl nicht auf vordefinierte Trainingsstrahlen begrenzt sein, sondern kann anhand von zumindest einem Trainingsstrahl in einer Strahltrainingsphase berechnet werden. Zum Beispiel kann ein Kanal zwischen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** unter Verwendung von zumindest einem Trainingsstrahl veranschlagt werden, wobei ein optimaler Datenstrahl, der basierend auf dem veranschlagten Kanal berechnet wird, für die drahtlose Kommunikation verwendet werden kann. Ein Datenstrahl kann zudem verwendet werden, um zumindest einen Trainingsstrahl entsprechend einer höheren Auflösung in einer anschließenden Ebene (die nachstehend näher erläutert wird) zu bestimmen, und dementsprechend kann ein optimaler Datenstrahl, der eine hohe Effizienz (z. B. eine Strahlformungsverstärkung) ermöglicht, für die drahtlose Kommunikation verwendet werden. Wenn gleich sich die Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen nachstehend auf die Betriebsabläufe der Benutzerausrüstung **100** konzentriert, die einen Trainingsstrahl bestimmt und einen Datenstrahl berechnet, wird darauf hingewiesen, dass gemäß weiterer beispielhafter Ausführungsformen die Basisstation **200** einen Trainingsstrahl bestimmen und einen Datenstrahl auf dieselbe oder ähnliche Weise berechnen kann.

[0016] Die Benutzerausrüstung **100** kann die Mehrzahl von Antennen **120** für eine Strahlformung beinhalten, wobei die Mehrzahl der Antennen **120** als ein Antennenarray bezeichnet werden kann. In einigen Ausführungsformen kann die Mehrzahl von Antennen **120** eine Mehrzahl von Sub-Arrays beinhalten, die jeweils

eine Mehrzahl von Strahlen bilden. In einigen Ausführungsformen kann ein Sub-Array sich kollektiv auf darin enthaltene Element-Antennen und Komponenten (z. B. Phasenverschieber) des Vorkodierers **120** beziehen, die den Element-Antennen entsprechen. Ein Sub-Array kann ein Hochfrequenz- (RF-) Signal von einer Hochfrequenz- bzw. RF-Kette empfangen, die in dem Transceiver **160** enthalten ist, oder ein RF-Signal an die RF-Kette übertragen. Wenn die Anzahl von Sub-Arrays sich von der Anzahl von RF-Ketten in dem Transceiver **160** unterscheidet, können Schalter und/oder Multiplexer zwischen den Sub-Arrays und den RF-Ketten angeordnet sein. In der vorliegenden Beschreibung wird davon ausgegangen, dass die Anzahl von Sub-Arrays und RF-Ketten K ist (wobei K eine Ganzzahl größer 1 ist) und somit miteinander identisch sind, wobei jedoch die Ausführungsformen nicht drauf beschränkt sind. In einigen Ausführungsformen kann die Mehrzahl von Antennen **120** für eine räumliche Diversität, eine Polarisationsdiversität, ein räumliches Multiplexen und weiter verwendet werden.

[0017] Der Vorkodierer **140** kann der Mehrzahl von Antennen **120** gemäß einem Steuerungssignal CTRL Signale zum Formen eines Strahls bereitstellen. In einigen Ausführungsformen kann der Vorkodierer **140** eine Mehrzahl von Phasenverschiebern, die das Steuerungssignal CTRL empfangen, und/oder Verstärker, z. B. Leistungsverstärker oder rauscharme Verstärker, beinhalten und kann als ein analoger Vorkodierer bezeichnet werden. Wie z. B. in **Fig. 1** gezeigt ist, kann der Vorkodierer **140**, in einem Übertragungsmodus, erste bis K . Hochfrequenzsignale RF_1 bis RF_K von dem Transceiver **160** empfangen, die ersten bis K . Hochfrequenzsignale RF_1 bis RF_K gemäß dem Steuerungssignal CTRL verstärken und/oder die Phasen von den ersten bis K . Hochfrequenzsignalen RF_1 bis RF_K gemäß dem Steuerungssignal CTRL anpassen. In einem Empfangsmodus kann der Vorkodierer **140** die ersten bis K . Hochfrequenzsignale RF_1 bis RF_K erzeugen, indem Signale verstärkt werden, die durch die Mehrzahl von Antennen **120** gemäß dem Steuerungssignal CTRL empfangen werden, und/oder indem die Phasen der Signale angepasst werden, die durch die Mehrzahl von Antennen **120** gemäß dem Steuerungssignal CTRL empfangen werden.

[0018] Der Transceiver **160** kann erste bis K . RF-Ketten 161_1 bis 161_1 beinhalten, und in einigen Ausführungsformen kann der Transceiver **160** als eine integrierte RF-Schaltung (RFIC) bezeichnet werden. Eine RF-Kette kann sich auf einen Weg zum unabhängigen Verarbeiten eines Hochfrequenzsignals beziehen, und kann z. B. einen Verstärker, ein Filter und/oder einen Mischer beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann die RF-Kette ferner einen Analog-Digital-Wandler (ADC) und/oder einen Digital-Analog-Wandler (DAC) beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann der Transceiver **160** Schalter und/oder Multiplexer beinhalten, wobei die RF-Ketten durch die Schalter und/oder Multiplexer umkonfiguriert sein können. Die ersten bis K . RF-Ketten 161_1 bis 161-K können jeweils die ersten bis K . Hochfrequenzsignale RF_1 bis RF_K durch jeweiliges Verarbeiten von ersten bis K . Basisbandsignalen BB_1 bis BB_K in einem Übertragungsmodus erzeugen und können jeweils die ersten bis K . Basisbandsignale BB_1 bis BB_K durch jeweiliges Verarbeiten der ersten bis K . Hochfrequenzsignale RF_1 bis RF_K in einem Empfangsmodus erzeugen.

[0019] Der Signalprozessor **180** kann dem Transceiver **160** die ersten bis K . Basisbandsignale BB_1 bis BB_K bereitstellen und die ersten bis K . Basisbandsignale BB_1 bis BB_K von dem Transceiver **160** empfangen. Der Signalprozessor **180** kann als ein Kommunikationsprozessor, ein Basisbandprozessor oder dergleichen bezeichnet werden und kann eine Logik-Hardware beinhalten, die durch eine Logiksynthese konzipiert ist, und/oder kann eine zentrale Verarbeitungseinheit beinhalten, die einen Kern und eine Software beinhaltet, die eine Reihe von durch den Kern ausgeführten Anweisungen beinhaltet. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, kann der Signalprozessor **180** einen Datenprozessor **182** und einen Strahl-Controller **184** beinhalten.

[0020] Der Datenprozessor **182** kann Übertragungsdaten erzeugen, die Informationen beinhalten, die der Basisstation **200** bereitgestellt werden sollen, und kann die ersten bis K . Basisbandsignale BB_1 bis BB_K (oder digitalen Signale entsprechend den ersten bis K . Basisbandsignalen BB_1 bis BB_K) anhand der Übertragungsdaten erzeugen. Darüber hinaus kann der Datenprozessor **182** Empfangsdaten, die Informationen beinhalten, die durch die Basisstation **200** bereitgestellt werden, anhand der ersten bis K . Basisbandsignale BB_1 bis BB_K (oder digitalen Signale entsprechend den ersten bis K . Basisbandsignalen BB_1 bis BB-K) erzeugen. Der Datenprozessor **182** kann z. B. einen Kodierer, einen Dekodierer, einen Modulator und/oder einen Demodulator beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann der Datenprozessor **182** eine Vorkodierer zum Strahlformen, d. h. einen digitalen Vorkodierer, beinhalten. Dementsprechend kann der Datenprozessor **182** Strahlformungsinformationen von dem Strahl-Controller **183** empfangen und kann eine Vorkodierung basierend auf den Strahlformungsinformationen ausführen.

[0021] Der Strahl-Controller **184** kann ein drahtloses Kommunikationsverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform ausführen und Strahlformungsinformationen für einen Strahl definieren, der durch die Mehrzahl von Antennen **120** gebildet wird. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. Strahlformungsinformationen für

einen Trainingsstrahl in einer Strahltrainingsphase definieren und das Steuerungssignal CTRL gemäß den Strahlformungsinformationen erzeugen. Darüber hinaus kann der Strahl-Controller **184** Strahlformungsinformationen für einen Datenstrahl in einer Datenübertragungsphase definieren und das Steuerungssignal CTRL gemäß den Strahlformungsinformationen erzeugen. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** dem digitalen Vorkodierer Strahlformungsinformationen bereitstellen, wenn der Datenprozessor **182** einen digitalen Vorkodierer beinhaltet. In der vorliegenden Beschreibung kann unter dem Definieren von Strahlformungsinformationen einfach ein Definieren eines Strahls entsprechend den Strahlformungsinformationen verstanden werden, und unter einem Berechnen und Bestimmen von Strahlformungsinformationen kann einfach ein Berechnen und Bestimmen eines Strahls entsprechend den Strahlformungsinformationen verstanden werden. In dieser Beschreibung kann der Strahl-Controller **184** einfach als ein Controller bezeichnet werden.

[0022] Fig. 2 ist ein Zeitsteuerungsdiagramm, das ein drahtloses Kommunikationsverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellt. In einigen Ausführungsformen kann das drahtlose Kommunikationsverfahren von Fig. 2 durch die in Fig. 1 dargestellte Benutzerausrüstung **100** ausgeführt werden. Auf Fig. 2 wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 näher eingegangen.

[0023] In einigen Ausführungsformen alternieren die Strahltrainingsphasen mit Datenübertragungsphasen. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, können z. B. eine Strahltrainingsphase und eine Datenübertragungsphase aufeinanderfolgend in einer Ebene „s“ ausgeführt werden, und eine Strahltrainingsphase und eine Datenübertragungsphase können aufeinanderfolgend in einer nächsten Ebene, d. h. einer Ebene „s+1“, ausgeführt werden (wobei „s“ eine Ganzzahl größer 0 ist). Ein Paar aus einer Strahltrainingsphase und einer Datenübertragungsphase, in dem die Datenübertragungsphase einen in der Strahltrainingsphase definierten Datenstrahl verwendet, kann als eine einzelne Ebene bezeichnet werden. Wie nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 3A und Fig. 3B beschrieben ist, können die jeweiligen Strahltrainingsphasen in aufeinanderfolgenden Ebenen miteinander verbunden werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Benutzerausrüstung **100**, entgegen ihres Namens, in einem Empfangsmodus unter Verwendung eines Datenstrahls in einer Datenübertragungsphase arbeiten kann.

[0024] Unter Bezugnahme auf Fig. 2 kann ein Strahltraining unter Verwendung von M_s Trainingsstrahlen in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ ausgeführt werden, wo M_s eine Ganzzahl größer 0 ist. In einigen Ausführungsformen kann die Basisstation **200** bekannte Trainingssymbole unter Verwendung des fest ausgerichteten Übertragungsstrahls **20** M_s -mal übertragen. In einigen Ausführungsformen kann der Übertragungsstrahl **20** ein festgelegter Übertragungsstrahl sein, wobei die Basisstation **200** bekannte Trainingssymbole M_s -mal übertragen kann. Die Basisstation **200** kann z. B. Einheits-Symbol-Ressourcen eines Kanalzustandsinformation-Referenzsignals (CSI-RS) über Symbole eines orthogonalen Frequenzmultiplexverfahrens (OFDM) unter Verwendung des fest ausgerichteten Übertragungsstrahls **20** übertragen. Die Benutzerausrüstung **100** (oder der Strahl-Controller **184**) kann die bekannten Trainingssymbole unter Verwendung der M_s -Trainingsstrahlen empfangen, um die empfangenen Signale zu kombinieren, und kann einen Datenstrahl basierend auf einem Empfangsergebnis definieren. Die M_s -Trainingsstrahlen können durch Trainingsstrahlmatrizen

zen $W_1^{(s)} \dots W_{M_s}^{(s)}$ bestimmt werden. Die Strahlmatrix $W_m^{(s)}$, die einen m. Trainingsstrahl definiert (wobei $1 \leq m \leq M_s$), kann durch eine Gleichung 1 gegeben sein:
[1]

$$W_m^{(s)} = \text{diag} \left(w_{1,m}^{(s)}, \dots, w_{K,m}^{(s)} \right) \quad (1)$$

wobei $W_{k,m}^{(s)}$ ein Trainingsstrahlvektor für ein k. Sub-Array in der Ebene „s“ sein kann (wenn $1 \leq k \leq K$).

[0025] Die M_s -Trainingsstrahlen können gemäß einem Codebuch CB_s der Ebene „s“ definiert sein. Ein Codebuch kann vordefinierte Trainingsstrahlmatrizen beinhalten, die Trainingsstrahlen entsprechen, die durch die Mehrzahl der Antennen **120** formbar sind, und/oder Informationen, die derartige Trainingsstrahlmatrizen definieren. Ein Codebuch kann z. B. vordefinierte Strahlvektoren beinhalten, die Strahlen entsprechen, die durch jeweils durch Sub-Arrays geformt werden können. In einigen Ausführungsformen kann ein Codebuch, wie nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 3A und Fig. 3B beschrieben ist, Trainingsstrahlen mit Mustern definieren, die einander zumindest teilweise in einer Ebene überlappen.

[0026] Die Benutzerausrüstung **100** kann eine Mehrzahl von Codebüchern beinhalten, die jeweils einer Mehrzahl von Ebenen entsprechen. Wie nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 3A und Fig. 3B beschrieben ist,

kann ein Codebuch, das einer höheren Ebene von der Mehrzahl von Ebenen entspricht, eine höhere Auflösung aufweisen als ein Codebuch, das einer niedrigeren Ebene von der Mehrzahl von Ebenen entspricht. Ein Codebuch CB_{s+1} kann z. B. für die Ebene „s+1“ eine höhere Auflösung aufweisen als ein Codebuch CB_s für die Ebene „s“, und dementsprechend können Trainingsstrahlen, die durch das Codebuch CB_{s+1} für die Ebene „s+1“ definiert sind, ein Muster (z. B. eine Hauptkeule) mit einer verringerten Breite und einer stärkeren Ausrichtung im Vergleich zu Trainingsstrahlen aufweisen kann, die durch das Codebuch CB_s für die Ebene „s“ definiert sind. Das Strahltraining kann über eine hierarchische Suche unter Verwendung von Codebüchern mit unterschiedlichen Auflösungen ausgeführt werden. Dementsprechend kann das Strahltraining gemäß verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen effektiv ausgeführt werden im Vergleich zu dem Fall einer ausgedehnten Suche, in der alle Strahlpaare untersucht werden. In der vorliegenden Beschreibung kann die gesamte Ebene (oder Höhe) einer hierarchischen Suche mit S bezeichnet sein, wenn $1 \leq s \leq S$. In der vorliegenden Beschreibung können Codebücher mit unterschiedlichen Auflösungen kollektiv als ein Mehrfachauflösungs-Codebuch bezeichnet werden.

[0027] In einigen Ausführungsformen können die Trainingsstrahlen durch einheitliches oder nicht-einheitliches Quantisieren eines Bereichs definiert sein, in dem eine Kanalrichtung verfügbar ist. In einigen Ausführungsformen kann ein Bereich, in dem eine Kanalrichtung verfügbar ist, basierend auf statistischen Charakteristika der Kanalrichtung quantisiert werden. Die in der Ebene „s“ quantisierte Ebene kann durch die Gleichung 2 gegeben sein.

[2]

$$\Phi_s = \{ \varphi_g : \varphi_g \in [0, 2\pi], g = 1, \dots, G_s \} \quad (2)$$

wobei G_s von der Leistung des Vorkodierers **140** (oder der Leistung eines digitalen Vorkodierers, wenn der digitale Vorkodierer beinhaltet ist), und z. B. von der Auflösung eines Phasenverschiebers abhängig sein kann. Wie vorstehend beschrieben, können mit einem Erhöhen der Ebene die Trainingsstrahlen mit einer höheren Auflösung durch ein Codebuch definiert sein. G_{s+1} kann z. B. größer sein als G_s (d. h. $G_{s+1} > G_s$). Eine Trainingsstrahlgruppe, die Trainingsstrahlmatrizen beinhaltet, die Trainingsstrahlen definieren, die den in der Ebene „s“ quantisierten Richtungen entsprechen, können durch die Gleichung 3 gegeben sein:

[3]

$$B^{(s)} = \left[a^T(\varphi_1), \dots, a^T(\varphi_{G_s}) \right] \quad (3)$$

wobei ein Vektor α ein Array-Antwortvektor ist, und Werte beinhalten kann, die einer gegebenen Richtung als Elemente entsprechen. In der vorliegenden Beschreibung kann festgestellt werden, dass eine Trainingsstrahlgruppe Trainingsstrahl beinhaltet.

[0028] In einigen Ausführungsformen kann ein Datenstrahl, der in einer Datenübertragungsphase verwendet wird, anhand von zumindest einem Trainingsstrahl berechnet werden, der in einer Strahltrainingsphase in der gleichen Ebene wie die Datenübertragungsphase verwendet wird. Eine Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(s)}$, die einen Datenstrahl definiert, der in einer Datenübertragungsphase in der Ebene „s“ verwendet wird, kann anhand von

Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s)} \dots W_{M_s}^{(s)}$ berechnet werden, die die M_s -Trainingsstrahlen definieren, die in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ verwendet werden. Desgleichen kann eine Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(s+1)}$, die einen Datenstrahl definiert, der in einer Datenübertragungsphase in der Ebene „s+1“ verwendet wird, anhand

von Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s+1)} \dots W_{M_{s+1}}^{(s+1)}$ berechnet werden, die M_{s+1} Trainingsstrahlen definieren, die in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s+1“ verwendet werden. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** einen Kanal zwischen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** unter Verwendung von zumindest einem Trainingsstrahl veranschlagen und einen Datenstrahl anhand des Trainingsstrahls basierend auf dem veranschlagten Kanal berechnen. Dementsprechend muss ein Datenstrahl gemäß verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen nicht auf einen Trainingsstrahl beschränkt sein, der durch ein Mehrfachauflösungs-Codebuch definiert ist, und kann eine zufriedenstellende Strahlformungsverstärkung bereitstellen. Ein Beispiel für ein Verfahren zum Berechnen eines Datenstrahls anhand von zumindest einem Trainingsstrahl wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben.

[0029] In einigen Ausführungsformen kann zumindest ein Trainingsstrahl, der in einer Strahltrainingsphase verwendet wird, anhand von einem Datenstrahl bestimmt werden, der in einer Datenübertragungsphase in einer vorherigen Ebene verwendet wurde. Die Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s+1)} \dots W_{M_s}^{(s+1)}$, die die M_{s+1} Trainingsstrahlen definieren, die in der Strahltrainingsphase in der Ebene „s+1“ verwendet werden, können aus Trainingsstrahlmatrizen, die durch das Codebuch CB_{s+1} für die Ebene „s+1“ definiert sind, basierend auf der Datenstrahlmatrix $W^{(s)}$ ausgewählt werden, die einen Datenstrahl definiert, der in der Datenübertragungsphase in der Ebene „s“ verwendet wird. Wie vorstehend beschrieben, kann ein Datenstrahl, der nicht auf Trainingsstrahlen beschränkt ist, verwendet werden, und, da ein Trainingsstrahl in einer anschließenden Ebene von dem Datenstrahl ausgewählt wird, der in einer vorherigen Ebene verwendet wurde, kann die Genauigkeit einer hierarchischen Suche erhöht werden. Folglich kann die Genauigkeit und Effizienz des Strahltrainings erhöht werden. Ein Beispiel für ein Verfahren zum Bestimmen eines Trainingsstrahls basierend auf einem Datenstrahl in einer vorherigen Ebene wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 8** erläutert.

[0030] **Fig. 3A** und **Fig. 3B** sind Diagramme, die Veränderungen in Trainingsstrahlen aufgrund eines Strahltrainings gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellen. Im Einzelnen zeigen **Fig. 3A** und **Fig. 3B** Winkelbereiche von Trainingsstrahlen in jeder Ebene, die von 0 bis zu einem π -Ankunftswinkel (AOA) reichen. Es wird angenommen, dass zwei Trainingsstrahlen in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** verwendet werden, d. h. $M_s = 2$, und $1 \leq s \leq 4$. **Fig. 3A** und **Fig. 3B** werden unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben, wobei von Wiederholungen in der Beschreibung abgesehen wird.

[0031] Wenn unter Bezugnahme auf **Fig. 3A** ein Kanal zwischen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** in eine Richtung geformt ist, können die Trainingsstrahlen mit Erhöhen der Ebene graduell in die Richtung ausgerichtet werden. Wie in **Fig. 3A** gezeigt ist, können z. B. zwei Trainingsstrahlen in einer ersten Ebene L1 durch Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(1)}, W_2^{(1)}$ definiert sein, und zwei Trainingsstrahlen in einer zweiten Ebene L2 können durch Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(2)}, W_2^{(2)}$ definiert sein, und zwei Trainingsstrahlen in einer dritten Ebene L3 können durch Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(3)}, W_2^{(3)}$ definiert sein, und zwei Trainingsstrahlen in einer vierten Ebene L4 können durch Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(4)}, W_2^{(4)}$ definiert sein. Mit dem Erhöhen der Ebene, d. h. mit einem Erhöhen von „s“, können die Winkelbereiche der Trainingsstrahlen sich verringern, d. h. dass die Trainingsstrahlen Muster mit einer sich verringernden Breiten aufweisen, und dass die Trainingsstrahlen in der Richtung des Kanals ausgerichtet sein können.

[0032] In einigen Ausführungsformen können die Trainingsstrahlen in einer Ebene Muster aufweisen, die einander zumindest teilweise überlappen. Wenngleich z. B. Trainingsstrahlen, die durch die Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(1)}, W_2^{(1)}$ in der ersten Ebene L1 definiert sind, Muster aufweisen können, die einander nicht überlappen, können zwei Trainingsstrahlen in jeweils der zweiten, dritten und vierten Ebene L2, L3 und L4 Muster aufweisen, die einander zumindest teilweise überlappen. Wie vorstehend beschrieben, kann eine Hochauflösungs-Strahlausrichtung sogar in einer relativ niedrigen Ebene erreicht werden, wenn einander überlappende Trainingsstrahlen ausgewählt sind.

[0033] Wenn unter Bezugnahme auf **Fig. 3B**, ein Kanal zwischen der Benutzerausrüstung **100** und der Basisstation **200** in zumindest zwei Richtungen gebildet ist, können die Trainingsstrahlen graduell in diese Richtungen ausgerichtet sein. Wie in **Fig. 3B** gezeigt ist, können sich z. B. mit dem Erhöhen der Ebene, d. h. wenn „s“ erhöht wird, die Winkelbereiche der Trainingsstrahlen verringern, und die Trainingsstrahlen in einer Ebene können jeweils in unterschiedliche Richtungen ausgerichtet sein.

[0034] **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben ist, wechseln sich Strahltrainingsphasen mit Datenübertragungsphasen ab, wobei das Flussdiagramm von **Fig. 4** ein Beispiel für einen Vorgang zum Wiederholen einer Strahltrainingsphase und einer Datenübertragungsphase zeigt, bis ein endgültiger Datenstrahl bestimmt ist. In einigen Ausführungsformen kann das Verfahren von **Fig. 4** wiederholt werden. Auf einen Vorgang **S600** kann z. B. ein Vorgang **S200** in **Fig. 4** folgen. Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, kann der Vorgang **S200** in einer Strahltrainingsphase ausgeführt werden, und die Vorgänge **S400**, **S600** und **S800** können in einer Datenübertragungsphase ausgeführt werden. In einigen Ausführungsformen kann ein Vorgang **S800**, im Unterschied zu **Fig. 4**; in einer Strahltrainingsphase ausgeführt werden. In einigen Ausführungs-

rungsformen kann das Verfahren von **Fig. 4** durch den Strahl-Controller **184** in **Fig. 1** ausgeführt werden und als ein Verfahren zum Betreiben des Strahl-Controllers **184** bezeichnet werden. **Fig. 4** wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben.

[0035] Ein Datenstrahl kann anhand von zumindest einem Trainingsstrahl in Vorgang **S200** berechnet werden. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. einen Datenstrahl anhand von zumindest einem Trainingsstrahl berechnen, so dass dementsprechend der Datenstrahl nicht auf die Trainingsstrahlen beschränkt sein kann, die durch ein Codebuch definiert sind. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** eine objektive Funktion basierend auf einem veranschlagten Kanal definieren und kann einen Datenstrahl berechnen, der die objektive Funktion maximiert. Ein Beispiel für den Vorgang **S200** wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben.

[0036] Ein Vorkodierer kann in Vorgang **S400** eingestellt werden. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. dem Vorkodierer **140** das Steuerungssignal CTRL bereitstellen, so dass der in Vorgang **S200** in der Strahltrainingsphase berechnete Datenstrahl erzeugt wird. In einigen Ausführungsformen, wie sie vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben sind, kann der Strahl-Controller **184** ebenfalls den digitalen Vorkodierer einstellen, wenn der Datenprozessor **182** einen digitalen Vorkodierer beinhaltet. Dementsprechend kann der Datenstrahl durch die Mehrzahl von Antennen **120** geformt werden, und die Datenübertragung und der Datenempfang können unter Verwendung des Datenstrahls ausgeführt werden.

[0037] Eine Strahlformungsverstärkung kann mit einem ersten Schwellenwert THR1 verglichen werden, und in Vorgang **S600** kann bestimmt werden, ob die Strahlformungsverstärkung größer als der Schwellenwert THR ist. Die Strahlformungsverstärkung ist ein metrischer Wert, der eine Effizienz anzeigt, die durch einen aktuellen Datenstrahl erhalten wird. Ein Datenstrahl, der eine höhere Strahlformungsverstärkung ergibt, kann angemessener berücksichtigt werden und als eine Strahlverstärkung bezeichnet werden. Die Strahlformungsverstärkung kann z. B. basierend auf einer empfangenen Leistung definiert sein, die von einem Datenstrahl erhalten wird. Der erste Schwellenwert THR1 kann auf eine Strahlformungsverstärkung für eine zufriedenstellende drahtlose Kommunikation hinweisen. Wenn dementsprechend die Strahlformungsverstärkung höher als der erste Schwellenwert THR1 ist, kann ein aktueller Datenstrahl beibehalten werden. Wenn jedoch die Strahlformungsverstärkung kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert THR1 ist, wird ein Vorgang zum Definieren eines neuen Datenstrahls ausgeführt. Wenn die Strahlformungsverstärkung kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert THR1 ist, kann ein Vorgang **S800** ausgeführt werden.

[0038] Zumindest ein Trainingsstrahl kann basierend auf dem Datenstrahl in Vorgang **S800** bestimmt werden. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. zumindest einen von einer Mehrzahl von Trainingsstrahlen, die durch ein Codebuch CB definiert sind, basierend auf dem Datenstrahl auswählen, der in der Datenübertragungsphase verwendet wird. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** zumindest einen Trainingsstrahl auswählen, der eine Leistung bereitstellen kann, die der Leistung des Datenstrahls am ähnlichsten ist. Ein Beispiel für den Vorgang **S800** wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben.

[0039] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das Veränderungen in Trainingsstrahlen und einem Datenstrahl in einem drahtlosen Kommunikationsverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellt. **Fig. 5** zeigt im Einzelnen Winkelbereiche von Trainingsstrahlen und einem Datenstrahl in jeder Ebene, die von 0 bis zu einem π -AOA reicht. Es wird angenommen, dass in **Fig. 5** zwei Trainingsstrahlen verwendet werden, d. h. $M_s = 2$ und $1 \leq s \leq 4$. **Fig. 5** wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 4** beschrieben.

[0040] Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** können mit dem Erhöhen der Ebene, d. h. mit dem Erhöhen von „s“, die Winkelbereiche von Trainingsstrahlen und eines Datenstrahls abnehmen und die Trainingsstrahlen und der Datenstrahl graduell in eine Richtung ausgerichtet sein, in der ein Kanal gebildet ist. In der ersten Ebene L1 können

zwei Trainingsstrahlen durch die Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(1)}, W_2^{(1)}$ definiert sein, und ein Datenstrahl kann durch eine Datenstrahlmatrix $\bar{W}^{(1)}$ definiert sein, die anhand der Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(1)}, W_2^{(1)}$ berechnet

wird. In der zweiten Ebene L2 können zwei Trainingsstrahlen durch die Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(2)}, W_2^{(2)}$ definiert sein, die basierend auf der Datenstrahlmatrix $W^{(1)}$ in der ersten Ebene L1 ausgewählt werden, und ein Datenstrahl kann durch eine Datenstrahlmatrix $W^{(2)}$ definiert sein, die anhand der Trainingsstrahlmatrizen

$W_1^{(2)}, W_2^{(2)}$ berechnet wird. In der dritten Ebene L3 können zwei Trainingsstrahlen durch die Trainingsstrahl-

matrizen $W_1^{(3)}, W_2^{(3)}$ definiert sein, die basierend auf der Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(2)}$ in der zweiten Ebene L2 ausgewählt werden, und ein Datenstrahl kann durch eine Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(3)}$ definiert sein, die anhand der Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(3)}, W_2^{(3)}$ berechnet wird. In der vierten Ebene L4 können die zwei Trainingsstrahlen durch die Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(4)}, W_2^{(4)}$ definiert sein, die basierend auf der Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(3)}$ in der dritten Ebene ausgewählt werden, und ein Datenstrahl kann durch eine Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(4)}$ definiert sein, der anhand der Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(4)}, W_2^{(4)}$ berechnet wird.

[0041] Fig. 6 ist ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Das Flussdiagramm von Fig. 6 zeigt im Einzelnen ein Beispiel für einen Vorgang S200 in Fig. 4. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben ist, kann ein Datenstrahl anhand von zumindest einem Trainingsstrahl in Vorgang S200' von Fig. 6 berechnet werden. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, kann der Vorgang 200' die Vorgänge S220 und S240 beinhalten. Nachstehend wird davon ausgegangen, dass der Vorgang 200' in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ ausgeführt wird. In einigen Ausführungsformen kann der Vorgang S200' von Fig. 6 durch den Strahl-Controller 184 in Fig. 1 ausgeführt werden. Fig. 6 wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben.

[0042] Bezugnehmend auf Fig. 6 kann ein Kanal basierend auf einem Signal veranschlagt werden, das unter Verwendung von zumindest einem Trainingsstrahl in Vorgang S220 empfangen wird. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. einen Kanal basierend auf Signalen veranschlagen, die unter Verwendung von M_s Trainingsstrahlen empfangen werden, die durch die Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s)} \dots W_{M_s}^{(s)}$ in der Ebene „s“ definiert sind. Ein Beispiel für den Vorgang S220 wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschrieben.

[0043] Ein Datenstrahl kann basierend auf dem veranschlagten Kanal und einer objektiven Funktion in Vorgang S240 berechnet werden. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. eine objektive Funktion basierend auf dem veranschlagten Kanal herleiten und einen Datenstrahl berechnen, der die objektive Funktion maximiert. Die objektive Funktion kann unterschiedlich definiert sein, um die Effizienz des Strahlformens bewerten zu können. Die objektive Funktion kann definiert sein anhand von z. B. einem Signal-Rausch-Verhältnis (SNR), einem Signal-zu-Interferenz-plus-Rausch-Verhältnis (SINR), einer Kanalkapazität und/oder einer Energieeffizienz, die dem veranschlagten Kanal entspricht, oder anhand von einer Kombination von zumindest zwei, die ausgewählt sind aus diesen.

[0044] Wenn eine Matrix von Trainingsstrahlen, die dem k. (wenn $1 \leq k \leq K$) Sub-Array entspricht, als $W_{k,training} = [W_{k,1}^{(s)}, \dots, W_{k,M_s}^{(s)}]$ definiert ist, kann die Datenstrahlmatrix $\overline{W}^{(s)}$, die einen Datenstrahl in der Ebene „s“ definiert, durch Gleichung 4 gegeben sein:

$$\overline{W}^{(s)} = \text{diag}(W_{1,training}, \dots, W_{K,training}) C \quad (4)$$

wobei C eine Koeffizientenmatrix ist und definiert ist als $C = \text{diag}(c_1, \dots, c_K)$, und c_k ein Vektor für das k. Sub-Array sein kann und als $c_k = [c_{k,1}, \dots, c_{k,M_s}]^T$ definiert ist. Wenn eine Kanalmatrix, die den in Vorgang S220 veranschlagten Kanal anzeigt, H_{comb} ist, kann eine objektive Funktion R, die auf die Kanalkapazität oder spektrale Effizienz hinweist, durch Gleichung 5 gegeben sein:

$$R = \left| I_{N_{RF}} + \gamma C^H \overline{H}_{comb} \overline{H}_{comb}^H C \right| \quad (5)$$

wobei γ durch eine empfangene Leistung und eine Übertragungsstrahlmatrix definiert sein kann und nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschrieben wird. Dementsprechend kann eine Koeffizientenmatrix C^{opt} , die die objektive Funktion maximiert, unter Verwendung von Gleichung 6 unten hergeleitet werden, und die

Datenstrahlmatrix $\bar{W}^{(s)}$, die den Datenstrahl in der Ebene „s“ endgültig definiert, kann durch Gleichung 7 gegeben sein:

$$C^{opt} = \arg \max_c \log_2 \left| I_{N_{RF}} + \gamma C^H \bar{H}_{comb} \bar{H}_{comb}^H C \right| \quad (6)$$

$$\bar{W}^{(s)} = \text{diag} \left(W_{1,training}, \dots, W_{K,training} \right) C^{opt} \quad (7)$$

[0045] Fig. 7 ist ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Das Flussdiagramm von Fig. 7 zeigt im Einzelnen ein Beispiel für den Vorgang S220 in Fig. 6. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschrieben, kann ein Kanal basierend auf einem Signal veranschlagt werden, das unter Verwendung von zumindest einem Trainingsstrahl in Vorgang S220' von Fig. 7 empfangen wird. Wie in Fig. 7 gezeigt ist, kann der Vorgang S220' die Vorgänge S222 und S224 beinhalten. Nachstehend wird davon ausgegangen, dass der Vorgang S220' in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ ausgeführt wird. In einigen Ausführungsformen kann der Vorgang S220' von Fig. 7 durch den Strahl-Controller 184 in Fig. 1 ausgeführt werden. Fig. 7 wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 und Fig. 6 beschrieben.

[0046] Bezugnehmend auf Fig. 7 können die gemessenen Werte, die durch Empfangen eines Signals erzeugt werden, das M_s -mal übertragen wird, in Vorgang S222 gesammelt werden. Wenn ein Signal unter Verwendung der Trainingsstrahlmatrix $W_m^{(s)}$ empfangen wird, die den m. Trainingsstrahl definiert, kann das empfangene Signal durch Gleichung 8 gegeben sein:
[6]

$$y_m^{(s)} = \sqrt{P} \left(W_m^{(s)} \right)^H H F x + \left(W_m^{(s)} \right)^H n_m^{(s)} \quad (8)$$

wobei P die empfangene Leistung ist, H eine Kanalmatrix ist, F eine Übertragungsstrahlmatrix ist, die durch die Basisstation 200 verwendet wird, „x“ ein Übertragungssignal ist und $n_m^{(s)}$ ein Kanalrauschen ist. Die Trainingsstrahlmatrix $W_m^{(s)}$ kann durch Gleichung 1 gegeben sein, und dementsprechend können Signale, die in der Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ empfangen werden, durch Gleichung 9 gegeben sein:

$$y = \sqrt{P} \left(W^{(s)} \right)^H H F x + \text{diag} \left(\left(W_1^{(s)} \right)^H, \dots, \left(W_{M_s}^{(s)} \right)^H \right) [n_1, \dots, n_{M_s}]^T \quad (9)$$

[0047] Eine kombinierte Kanalmatrix kann basierend auf dem zumindest einen Trainingsstrahl und dem gemessenen Wert in Vorgang S224 erzeugt werden. Wenn die gemessenen Werte unter Hinzuziehung von Gleichung 9 in Vorgang S222 gesammelt werden, kann die kombinierte Kanalmatrix \bar{H}_{comb} , die den veranschlagten Kanal anzeigt, durch Gleichung 10 definiert sein:

$$H_{comb} \triangleq \left(W^{(s)} \right)^H H F = \text{diag} \left(W_{1,training}^H, \dots, W_{K,training}^H \right) H F \quad (10)$$

[0048] Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschrieben, kann die objektive Funktion von der kombinierten Kanalmatrix \bar{H}_{comb} hergeleitet werden, und die Datenstrahlmatrix $W^{(s)}$, die die objektive Funktion maximiert, kann berechnet werden. Die objektive Funktion R kann z. B. wie Gleichung 5 definiert sein, die die Kanalkapazität oder eine spektrale Effizienz darstellt. Wenn die Übertragungsstrahlmatrix F, die durch die Basisstation 200 verwendet wird, eine $N_{gNB} \times N_D$ -Matrix ist, und das Kanalrauschen $n_m^{(s)}$ in Gleichung 8 ein gaußsches Rauschen mit einer Varianz σ_n^2 ist, dann kann y in Gleichung 5 definiert sein als $\gamma = P / (N_D \sigma_n^2)$

[0049] Fig. 8 ist ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform, und Fig. 9 ist ein Diagramm, das einen Vorgang zum Auswählen eines Trainingsstrahls gemäß einer beispielhaften Ausführungsform darstellt. Das Flussdiagramm von Fig. 8 zeigt im Einzelnen ein Beispiel für Vorgang S800 in Fig. 4, und das Diagramm von Fig. 9 zeigt ein Beispiel von Vorgang S824 in Fig. 8. Nachstehend wird davon ausgegangen, dass das Verfahren von Fig. 8 und der Vorgang von Fig. 9 in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ ausgeführt werden. In einigen Ausführungsformen können das Verfahren von Fig. 8 und der Vorgang von Fig. 9 durch den Strahl-Controller 184 in Fig. 1 ausgeführt werden. Fig. 8 und Fig. 9 werden nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 und Fig. 4 beschrieben.

[0050] Unter Bezugnahme auf Fig. 8, die vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben wurde, kann zumindest ein Trainingsstrahl basierend auf dem Datenstrahl in Vorgang S800' von Fig. 8 bestimmt werden. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, kann Vorgang S800' die Vorgänge S820 und S840 beinhalten, und der Vorgang S820 kann die die Vorgänge S822 und S824 beinhalten.

[0051] Ähnlichkeiten zwischen dem Datenstrahl und einer Mehrzahl von Trainingsstrahlen, die in einem Codebuch definiert sind, können in Vorgang 820 bestimmt werden. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. die Ähnlichkeiten zwischen dem Datenstrahl in der Ebene „s“ und einer Mehrzahl von Trainingsstrahlen, die in dem Codebuch CB_{s+1} in der Ebene „s+1“ definiert sind, berechnen. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, kann der Vorgang S820 die Vorgänge S822 und S824 beinhalten. In einigen Ausführungsformen können die beiden Vorgänge S822 und S824 ausgeführt werden, wobei die Ähnlichkeiten durch jeweiliges Kombinieren von (z. B. Durchführen einer gewichteten Summierung auf) Ergebnissen von Vorgang S822, d. h. Fehlern, und Ergebnissen von Vorgang S824, d. h. Korrelationen, erzeugt werden können. In einigen Ausführungsformen kann nur Vorgang S820 ausgeführt werden, wobei festgestellt werden kann, dass die Ähnlichkeit zwischen dem Trainingsstrahl und dem Datenstrahl umso größer ist, je geringer der Fehler zwischen denselben ist. In einigen Ausführungsformen kann nur der Vorgang S824 ausgeführt werden, wobei festgestellt werden kann, dass die Ähnlichkeit zwischen einem Trainingsstrahl und dem Datenstrahl umso größer ist, je höher die Korrelation zwischen denselben ist.

[0052] Ein Fehler zwischen dem Datenstrahl und jedem von den Trainingsstrahlen kann in Vorgang S822 berechnet werden. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. Fehler zwischen einer Mehrzahl von Trainingsstrahlmatrizen, die in dem Codebuch CB_{s+1} in der Ebene „s+1“ definiert sind, d. h. Elementen von einer Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$, und der Datenstrahlmatrix $\bar{W}^{(s)}$ in der Ebene „s“, berechnen. In einigen Ausführungsformen können die Fehler des quadratischen Mittelwerts (RMSEs) zwischen den Elementen der Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$ und der Datenstrahlmatrix $\bar{W}^{(s)}$ berechnet werden.

[0053] Korrelationen zwischen den Trainingsstrahlmatrizen und dem Datenstrahl können in Vorgang S824 berechnet werden. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. Korrelationen zwischen den Trainingsstrahlmatrizen, die in dem Codebuch CB_{s+1} in der Ebene „s+1“ definiert sind, d. h. den Elementen der Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$, und der Datenstrahlmatrix $\bar{W}^{(s)}$ in der Ebene „s“, berechnen.

[0054] Zumindest ein Trainingsstrahl kann von den in dem Codebuch in Vorgang S840 definierten Trainingsstrahlen ausgewählt werden. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. M_{s+1} Trainingsstrahlmatrizen von den Trainingsstrahlmatrizen, die in dem Codebuch CB_{s+1} definiert sind, d. h. den Elementen der Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$, basierend auf den in Vorgang S820 festgestellten Ähnlichkeiten auswählen. Unter Bezugnahme auf Fig. 9 können die Elemente der Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$ in absteigender Reihenfolge der festgestellten Ähn-

lichkeiten sortiert sein, und es können die M_{s+1} Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s+1)} \dots W_{M_s}^{(s+1)}$, die eine Trainingsstrahlmatrix beinhalten, die eine höchste Ähnlichkeit ergibt, ausgewählt werden. In einigen Ausführungsformen kann M_{s+1} verschieden zu M_s sein, wie unter Bezugnahme auf Fig. 11 unten beschrieben ist.

[0055] Wenn die RMSEs zwischen den Elementen der Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$ und der Datenstrahlmatrix berechnet werden, können in einigen Ausführungsformen die RMSEs in absteigender Reihenfolge sortiert sein, und die M_{s+1} Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s+1)} \dots W_{M_{s+1}}^{(s+1)}$, die eine Trainingsstrahlmatrix beinhalten, die einen geringsten RMSE ergibt, kann unter Verwendung von Gleichung 11 ausgewählt werden:

[7]

$$v^{opt} = \arg \min_v \left\| \bar{w}_k - B^{(s+1)} v \right\|_2 \quad \text{s.t.} \quad \|v\|_0 = M_{s+1} \quad (11)$$

wobei v ein $G_{S+1} \times 1$ -Vektor ist, und $\|v\|_0 = M_{S+1}$ anzeigen kann, dass v Nicht-Null- M_{S+1} -Elemente beinhaltet. Wenn in einigen Ausführungsformen die Korrelationen zwischen den Elementen der Trainingsstrahlgruppe $B^{(s+1)}$ und der Datenstrahlmatrix berechnet werden, können die Korrelationen in absteigender Reihenfolge sortiert sein, wobei die M_{S+1} Trainingsstrahlmatrizen $W_1^{(s+1)} \dots W_{M_s}^{(s+1)}$, die eine Trainingsstrahlmatrix beinhalten, die eine höchste Korrelation ergibt, ausgewählt werden können.

[0056] Fig. 10 ist ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. Fig. 10 ist im Einzelnen ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen einer Ebene in einer hierarchischen Suche für ein Strahltraining. In einigen Ausführungsformen kann der Vorgang S810 von Fig. 10 in Vorgang S800' von Fig. 8 beinhaltet sein und vor einem Vorgang S820 in Fig. 8 ausgeführt werden. Wie in Fig. 10 gezeigt ist, beinhaltet Vorgang S810 eine Mehrzahl von Vorgängen S811, S813, S815, S817 und S819. Nachstehend wird davon ausgegangen, dass der Vorgang S810 in einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ ausgeführt wird. In einigen Ausführungsformen kann der Vorgang S810 von Fig. 10 durch den Strahl-Controller 184 in Fig. 1 ausgeführt werden. Fig. 10 wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 und Fig. 9 beschrieben.

[0057] Unter Bezugnahme auf Fig. 10 kann die Strahlformungsverstärkung in Vorgang S811 erhalten werden. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben, kann die Strahlformungsverstärkung ein metrischer Wert sein, der definiert ist, um eine Effizienz anzuzeigen, die durch einen Datenstrahl erhalten wird, wobei ein Datenstrahl, der eine höhere Strahlformungsverstärkung ergibt, in einer angemesseneren Weise berücksichtigt werden kann.

[0058] Ob die Strahlformungsverstärkung zunimmt, kann in Vorgang S813 bestimmt werden. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. bestimmen, ob die Strahlformungsverstärkung, die in einer aktuellen Ebene, d. h. der Ebene „s“, erhalten wird, ausgehend von einer Strahlformungsverstärkung zunimmt, die in einer vorherigen Ebene erhalten wurde, und kann erkennen, dass eine hierarchische Suche zufriedenstellend ausgeführt wird, wenn die Strahlformungsverstärkung zunimmt. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller 184 bestimmen, dass die Strahlformungsverstärkung zunimmt, wenn die Strahlformungsverstärkung in der aktuellen Ebene ausgehend von der Strahlformungsverstärkung in der vorherigen Ebene bei zumindest einer Schwellenwertverhältniszahl (z. B. einer Verhältniszahl größer 1) oder durch zumindest eine Schwellenwertgröße zunimmt. Die Schwellenwertverhältniszahl und die Schwellenwertgröße können vordefiniert sein. Wie in Fig. 10 gezeigt ist, kann der Vorgang S815 ausgeführt werden, wenn die Strahlformungsverstärkung zunimmt (Vorgang S813, JA). Wenn ansonsten die Strahlformungsverstärkung nicht zunimmt (Vorgang S813, NEIN), kann der Vorgang S817 ausgeführt werden.

[0059] Wenn bestimmt wird, dass die Strahlformungsverstärkung in Vorgang S813 zunimmt (Vorgang S813, JA), kann das Codebuch SB_{S+1} der Ebene „s+1“ in Vorgang S815 ausgewählt werden. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben ist, kann ein Codebuch, das einer höheren Ebene entspricht, eine höhere Auflösung aufweisen, und der Strahl-Controller 184 kann das Codebuch CB_{S+1} der Ebene „s+1“, die höher als die aktuelle Ebene, d. h. die Ebene „s“, ist, auswählen, um einen Datenstrahl mit einer höheren Ausrichtung zu formen, wenn die Strahlformungsverstärkung zunimmt.

[0060] Wenn bestimmt wird, dass die Strahlformungsverstärkung in Vorgang S813 nicht zunimmt (Vorgang S813, NEIN), kann in Vorgang S817 bestimmt werden, ob die Strahlformungsverstärkung abnimmt. Der Strahl-Controller 184 kann z. B. bestimmen, ob die Strahlformungsverstärkung, die in der aktuellen Ebene, d. h. der Ebene „s“, erhalten wird, ausgehend von der Strahlformungsverstärkung abnimmt, die in der vorherigen Ebene erhalten wurde, und kann erkennen, dass es nicht zweckmäßig ist, ein Codebuch mit einer höheren Auflösung zu verwenden, wenn die Strahlformungsverstärkung abnimmt. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller 184 bestimmen, dass die Strahlformungsverstärkung abnimmt, wenn die Strahlformungsverstärkung in der aktuellen Ebene ausgehend von der Strahlformungsverstärkung in der vorherigen Ebene bei höchstens einer Schwellenwertverhältniszahl (z. B. einer Verhältniszahl von weniger als 1) oder um zumindest eine Schwellenwertgröße abnimmt. Die Schwellenwertverhältniszahl und die Schwellenwertgröße können vordefiniert sein. Wie in Fig. 10 gezeigt ist, kann der Vorgang S819 ausgeführt werden, wenn die Strahlformungsverstärkung abnimmt (Vorgang S817, JA). Wenn ansonsten die Strahlformungsverstärkung nicht abnimmt (Vorgang S817, NEIN), kann bestimmt werden, dass die Strahlformungsverstärkung im Wesentlichen beibehalten wird, wobei das Codebuch der aktuellen Ebene, d. h. der Ebene „s“, wiederverwendet wird.

[0061] Wenn bestimmt wird, dass die Strahlformungsverstärkung in Vorgang S817 (Vorgang S817, JA) abnimmt, kann ein Codebuch SB_{s-1} einer Ebene „s-1“ in Vorgang S819 ausgewählt werden. Wie vorstehend unter

Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben ist, kann ein Codebuch, das einer niedrigeren Ebene entspricht, eine geringere Auflösung aufweisen, wobei der Strahl-Controller **184** das Codebuch CB_{s-1} der Ebene „s-1“ auswählen kann, die niedriger als die aktuelle Ebene, d. h. die Ebene „s“, ist, um nach der Richtung zu suchen, in der der Kanal in einem breiteren Bereich ausgebildet ist, wenn die Strahlformungsverstärkung abnimmt.

[0062] **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm eines drahtlosen Kommunikationsverfahrens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform. **Fig. 11** ist im Einzelnen ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum adaptiven Anpassen einer Strahltrainingsphase. In einigen Ausführungsformen kann Vorgang **S500** von **Fig. 11** in dem drahtlosen Kommunikationsverfahren von **Fig. 4** beinhaltet sein und zwischen den Vorgängen **S400** und **S600** in **Fig. 4** ausgeführt werden. Wie in **Fig. 11** gezeigt ist, kann Vorgang **S500** von **Fig. 11** die Vorgänge **S510**, **S530**, **S550**, **S570** und **S590** beinhalten. Nachstehend wird davon ausgegangen, dass der Vorgang **S500** in einer Datenübertragungsphase in der Ebene „s“ ausgeführt wird. In einigen Ausführungsformen kann der Vorgang **S500** von **Fig. 11** durch den Strahl-Controller **184** in **Fig. 1** ausgeführt werden. **Fig. 11** wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 4** beschrieben.

[0063] Unter Bezugnahme auf **Fig. 11** kann die Strahlformungsverstärkung in Vorgang **S510** erhalten werden. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschrieben ist, kann die Strahlformungsverstärkung ein metrischer Wert sein, der definiert ist, um die Effizienz anzuzeigen, die durch einen Datenstrahl erhalten wird, wobei ein Datenstrahl, der eine höhere Strahlformungsverstärkung ergibt, in angemessener Weise berücksichtigt werden kann. Wie nachstehend beschrieben ist, kann eine Strahltrainingsphase basierend auf einer Strahlformungsverstärkung reduziert oder ausgedehnt werden. Wenn z. B. eine Strahltrainingsphase in der Ebene „s+1“ im Vergleich zu einer Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ reduziert wird, kann die Anzahl der Trainingsstrahlen, die in der Strahltrainingsphase verwendet werden, abnehmen (z. B. $M_{s+1} < M_s$). Wenn im Gegensatz dazu die Strahltrainingsphase in der Ebene „s+1“ im Vergleich zur Strahltrainingsphase „s“ ausgedehnt wird, kann die Anzahl der Trainingsstrahlen in der Strahltrainingsphase zunehmen (d. h. $M_{s+1} > M_s$).

[0064] Die Strahlformungsverstärkung kann mit einem zweiten Schwellenwert THR2 verglichen werden, und in Vorgang **S530** kann bestimmt werden, ob die Strahlformungsverstärkung größer als der zweite Schwellenwert THR2 ist. Der zweite Schwellenwert THR2 kann eine hinreichende Strahlformungsverstärkung anzeigen, die ermöglicht, dass eine sich anschließende Strahltrainingsphase reduziert werden kann. In einigen Ausführungsformen kann der zweite Schwellenwert THR2 größer sein als der erste Schwellenwert THR1 in **Fig. 4**. Wenn dementsprechend die Strahlformungsverstärkung größer ist als der zweite Schwellenwert THR2 (Vorgang **S530**, JA), kann die sich anschließende Strahltrainingsphase reduziert werden. Wenn die Strahlformungsverstärkung, wie in **Fig. 11** gezeigt ist, größer ist als der zweite Schwellenwert THR2 (Vorgang **S530**, JA), kann der Vorgang **S550** ausgeführt werden. Wenn andernfalls die Strahlformungsverstärkung nicht größer ist als der zweite Schwellenwert THR2 (Vorgang **S530**, NEIN), kann der Vorgang **S570** ausgeführt werden.

[0065] Wenn bestimmt wird, dass die Strahlformungsverstärkung größer ist als der zweite Schwellenwert THR2 (Vorgang **S530**, JA), kann in Vorgang **S550** eine Senkung von M_{s+1} angefordert werden. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. die Basisstation **200** auffordern, M_{s+1} zu verringern, so dass die Strahltrainingsphase der Ebene „s+1“, die auf die aktuelle Ebene „s“ folgt, reduziert wird. Der Strahl-Controller **184** kann dem Datenprozessor **182** Informationen bereitstellen, so dass eine Aufforderung nach der Senkung von M_{s+1} in den Übertragungsdaten enthalten ist. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** in der Aufforderung ein Dekrement von M_{s+1} enthalten. Die Basisstation **200** kann eine Phase, in der bekannten Symbole für ein Strahltraining übertragen werden, in Ebene „s+1“ in Antwort auf die Anforderung reduzieren.

[0066] Wenn andernfalls bestimmt wird, dass die Strahlformungsverstärkung nicht größer ist als der zweite Schwellenwert THR2 (Vorgang **S530**, NEIN), kann die Strahlformungsverstärkung mit einem dritten Schwellenwert THR3 verglichen werden, wobei in Vorgang **S570** bestimmt werden kann, ob die Strahlformungsverstärkung den dritten Schwellenwert THR3 unterschreitet. Der dritte Schwellenwert THR3 kann eine unzureichende Strahlformungsverstärkung anzeigen, die eine Ausdehnung einer sich anschließenden Strahltrainingsphase erfordert. In einigen Ausführungsformen kann der dritte Schwellenwert THR3 kleiner sein als der erste Schwellenwert THR1 in **Fig. 4**. Wenn dementsprechend die Strahlformungsverstärkung den dritten Schwellenwert THR3 unterschreitet (Vorgang **S570**, JA), kann die sich anschließende Strahltrainingsphase ausgedehnt werden. Wie in **Fig. 11** gezeigt ist, kann der Vorgang **S500** enden, wenn die Strahlformungsverstärkung den dritten Schwellenwert THR3 nicht unterschreitet (Vorgang **S570**, NEIN). Die Anzahl von Trainingsstrahlen, die in der Strahltrainingsphase in der Ebene „s+1“ verwendet werden, kann dementsprechend mit der Anzahl von Trainingsstrahlen identisch sein, die in der Strahltrainingsphase in der Ebene „s“ verwendet werden (d. h. $M_{s+1} = M_s$). Wenn ansonsten die Strahlformungsverstärkung den dritten Schwellenwert THR3 unterschreitet (Vorgang **S570**, JA), kann der Vorgang **S590** ausgeführt werden.

[0067] Eine Erhöhung von M_{s+1} kann in Vorgang **S590** angefordert werden. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. die Basisstation **200** auffordern, M_{s+1} zu erhöhen, so dass die Strahltrainingsphase in der Ebene „s+1“, die auf die aktuelle Ebene „s“ folgt, ausgedehnt werden kann. Der Strahl-Controller **184** kann dem Datenprozessor **182** Informationen bereitstellen, so dass eine Anforderung für die Erhöhung von M_{s+1} in den Übertragungsdaten enthalten ist. In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** ein Inkrement von M_{s+1} in der Anforderung enthalten. Die Basisstation **200** kann eine Phase, in der bekannte Symbole für das Strahltraining übertragen werden, in der Ebene „s+1“ in Antwort auf die Anforderung ausdehnen.

[0068] **Fig. 12A** und **Fig. 12B** sind Blockdiagramme von Beispielen für einen Strahl-Controller gemäß beispielhafter Ausführungsformen. Die Blockdiagramme von **Fig. 12A** und **Fig. 12B** zeigen im Einzelnen Beispiele für den Strahl-Controller **184** von **Fig. 1**. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben, kann ein Strahl-Controller **300** von **Fig. 12A** und ein Strahl-Controller **400** von **Fig. 12B** zumindest einen Vorgang ausführen, der in einem drahtlosen Kommunikationsverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform beinhaltet ist. Nachstehend wird von Wiederholungen in der Beschreibung abgesehen.

[0069] Unter Bezugnahme auf **Fig. 12A** kann der Strahl-Controller **300** einen Vorkodier-Controller **302**, eine Kanal-Veranschlagungseinrichtung **340**, eine Strahl-Berechnungseinrichtung **306** und eine Strahl-Auswähleinrichtung **308** als Logik-Hardwarekomponenten beinhalten, die durch eine Logiksynthese entworfen werden. Der Vorkodier-Controller **302** kann das Steuersignal CTRL zum Steuern des Vorkodierers **140** gemäß einer Trainingsstrahlmatrix oder einer Datenstrahlmatrix erzeugen. In einigen Ausführungsformen kann der Vorkodier-Controller **302** den digitalen Vorkodierer steuern, wenn der Datenprozessor **182** einen digitalen Vorkodierer beinhaltet. Die Kanal-Schätzeinrichtung **304** kann einen Kanal basierend auf Signalen veranschlagen, die unter Verwendung von zumindest einem Trainingsstrahl in einer Strahltrainingsphase empfangen werden. Die Kanal-Veranschlagungseinrichtung **304** kann die Kanalmatrix \bar{H}_{comb} erzeugen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Gleichungen 8, 9 und 10 beschrieben ist. Die Strahl-Berechnungseinrichtung **306** kann einen Datenstrahl, d. h. eine Datenstrahlmatrix, basierend auf dem geschätzten Kanal und einer objektiven Funktion berechnen und kann dem Vorkodier-Controller **302** die Datenstrahlmatrix bereitstellen. Die Strahl-Auswähleinrichtung **308** kann zumindest einen Trainingsstrahl von einer Mehrzahl von in einem Codebuch definierten Trainingsstrahlen auswählen. Die Strahl-Auswähleinrichtung **308** kann z. B. Ähnlichkeiten zwischen dem Datenstrahl und den Trainingsstrahlen berechnen, zumindest einen Trainingsstrahl basierend auf den Ähnlichkeiten auswählen und dem Vorkodier-Controller **302** eine Trainingsstrahlmatrix entsprechend dem ausgewählten Trainingsstrahl bereitstellen.

[0070] Unter Bezugnahme auf **Fig. 12B** kann der Strahl-Controller **400** einen Prozessor **410** und einen Speicher **420** beinhalten. Der Prozessor **410** kann eine zentrale Verarbeitungseinheit sein und zumindest einen Kern beinhalten, wobei der Speicher **420** eine Reihe von Anweisungen oder ein Programm beinhalten kann, die jeweils durch den Prozessor **410** ausgeführt werden. Als rein beispielhaft kann der Speicher **420** einen flüchtigen Speicher, wie z. B. eine dynamischen Direktzugriffsspeicher (DRAM) oder einen statischen RAM (SRAM), oder einen nicht-flüchtigen Speicher beinhalten, wie z. B. einen Flash-Memory oder einen elektrisch löschbaren programmierbaren Nur-Lese-Speicher (EEPROM). Wie in **Fig. 12B** gezeigt ist, kann der Speicher **420** einen Vorkodier-Controller **422**, eine Kanal-Veranschlagungseinrichtung **424**, eine Strahl-Berechnungseinrichtung **426** und eine Strahl-Auswähleinrichtung **428** als Softwaremodule beinhalten, die durch den Prozessor **410** ausgeführt werden. Der Prozessor **410** kann auf den Speicher **420** zugreifen und die darin gespeicherten Softwaremodule ausführen, um die jeweils dem Vorkodier-Controller **320**, der Kanal-Veranschlagungseinrichtung **304**, der Strahl-Berechnungseinrichtung **306** und der Strahl-Auswähleinrichtung **308** in **Fig. 12A** entsprechenden Vorgänge auszuführen, indem der Vorkodier-Controller **422**, die Kanal-Schätzeinrichtung **424**, die Strahl-Berechnungseinrichtung **426** und die Strahl-Auswähleinrichtung **428** ausgeführt werden.

[0071] In einigen Ausführungsformen kann der Strahl-Controller **184** in **Fig. 1** durch kombinieren einer Logik-Hardware und eines Softwaremoduls ausgebildet sein. Der Strahl-Controller **184** kann z. B. einen Vorkodier-Controller beinhalten, der durch eine Logik-Hardware implementiert ist, und einen Prozessor und einen Speicher, der eine Kanal-Veranschlagungseinrichtung beinhaltet, eine Strahl-Berechnungseinrichtung und eine Strahl-Auswähleinrichtung als Softwaremodule.

[0072] Wenngleich der Erfindungsgedanke insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführungsformen desselben gezeigt und beschrieben worden ist, wird darauf hingewiesen, dass daran verschiedene Veränderungen in Form und Detail vorgenommen werden können, ohne vom Geist und dem Umfang der nachstehende Ansprüche abzuweichen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- KR 1020190043298 [0001]
- KR 1020190074120 [0001]

Patentansprüche

1. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung, wobei die Vorrichtung aufweist:
ein Antennenarray;
einen Sendeempfänger, der konfiguriert ist, um dem Antennenarray ein Signal zum Ausbilden eines Datenstrahls bereitzustellen, und der konfiguriert ist, um ein durch das Antennenarray empfangenes Signal unter Verwendung des Datenstrahls zu verarbeiten; und
einen Controller, der konfiguriert ist, um den Datenstrahl in einer Strahltrainingsphase zu berechnen und um eine Übertragung entsprechend dem berechneten Datenstrahl in einer Datenübertragungsphase zu steuern, wobei der Controller konfiguriert ist, um einen Kanal unter Verwendung von zumindest einem ersten Trainingsstrahl zu veranschlagen und um den Datenstrahl anhand des zumindest einen ersten Trainingsstrahls basierend auf dem veranschlagten Kanal und basierend auf einer objektiven Funktion entsprechend dem veranschlagten Kanal, in der Strahltrainingsphase zu berechnen.
2. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die objektive Funktion auf einem Signal-Rausch-Verhältnis (SNR), einem Signal-zu-Interferenz-plus-Rausch-Verhältnis (SINR), einer Kanalkapazität und/oder einer Energieeffizienz des veranschlagten Kanals basiert.
3. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Controller ferner konfiguriert ist, um zumindest einen zweiten Trainingsstrahl, der in einer anschließenden Strahltrainingsphase, die auf die Datenübertragungsphase folgt, verwendet werden soll, basierend auf dem berechneten Datenstrahl zu bestimmen.
4. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Controller konfiguriert ist, um den zumindest einen zweiten Trainingsstrahl basierend auf einem Fehler und/oder einer Korrelation zwischen dem berechneten Datenstrahl und dem zumindest einen zweiten Trainingsstrahl zu bestimmen.
5. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Controller ferner konfiguriert ist, um Messwerte, die anhand von Signalen erzeugt werden, die unter Verwendung des zumindest einen ersten Trainingsstrahls empfangen werden, zu sammeln, wobei die empfangenen Signale M-mal unter Verwendung eines identischen Übertragungsstrahls nacheinander übertragen werden, und um eine kombinierte Kanalmatrix basierend auf dem zumindest einen ersten Trainingsstrahl und den Messwerten zu erzeugen, wobei M eine Ganzzahl größer 1 ist.
6. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei der Controller ferner konfiguriert ist, um eine Strahlbildungsverstärkung zu erhalten und um, basierend auf der Strahlbildungsverstärkung, Übertragungsdaten zu erzeugen, die Informationen über eine Erhöhung oder eine Verringerung von M in der Datenübertragungsphase beinhalten.
7. Drahtlose Kommunikationsvorrichtung, in der Strahltrainingsphasen mit Datenübertragungsphasen abwechseln, wobei das drahtlose Kommunikationsverfahren folgende Schritte beinhaltet:
Veranschlagen eines ersten Kanals basierend auf einem Signal, das unter Verwendung von zumindest einem ersten Trainingsstrahl in einer ersten Strahltrainingsphase empfangen wird; und
Berechnen, basierend auf dem veranschlagten ersten Kanal und einer ersten objektiven Funktion entsprechend dem veranschlagten ersten Kanal, eines ersten Datenstrahls für eine erste Datenübertragungsphase anhand des zumindest einen ersten Trainingsstrahls in der ersten Strahltrainingsphase, wobei die erste Datenübertragungsphase auf die erste Strahltrainingsphase folgt.
8. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Veranschlagens des ersten Kanals folgende Schritte beinhaltet:
Sammeln von Messwerten, die anhand von Signalen erzeugt werden, die unter Verwendung des zumindest einen ersten Trainingsstrahls empfangen werden, wobei die empfangenen Signale M-mal unter Verwendung eines identischen Übertragungsstrahls nacheinander übertragen werden, wobei M eine Ganzzahl größer 1 ist; und
Erzeugen einer kombinierten Kanalmatrix basierend auf den Messwerten und dem zumindest einen ersten Trainingsstrahl.
9. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 8, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte beinhaltet:
Erhalten einer Strahlbildungsverstärkung in Bezug auf den ersten Datenstrahl in der ersten Datenübertragungsphase; und

Erzeugen, basierend auf der Strahlbildungsverstärkung, von Übertragungsdaten, die Informationen über eine Erhöhung oder eine Verringerung von M in der ersten Datenübertragungsphase beinhalten.

10. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 7, wobei die erste objektive Funktion auf einem Signal-Rausch-Verhältnis (SNR), einem Signal-zu-Interferenz-plus-Rausch-Verhältnis (SINR) einer Kanalkapazität und/oder einer Energieeffizienz des veranschlagten Kanals basiert.

11. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 7, das ferner folgende Schritte beinhaltet: Bestimmen von zumindest einem zweiten Trainingsstrahl basierend auf dem ersten Datenstrahl in einer zweiten Strahltrainingsphase, die auf die erste Datenübertragungsphase folgt.

12. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 11, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte beinhaltet:

Auswählen des zumindest einen ersten Trainingsstrahls aus in einem ersten Code-Buch definierten Trainingsstrahlen in der ersten Strahltrainingsphase,

wobei das Bestimmen des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls einen Schritt des Auswählens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls aus Trainingsstrahlen beinhaltet, die in einem zweiten Code-Buch definiert sind, das eine höhere Auflösung aufweist als die Trainingsstrahlen, die in dem ersten Code-Buch definiert sind.

13. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 11, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte beinhaltet:

Auswählen des zumindest einen ersten Trainingsstrahls aus Trainingsstrahlen, die in einem ersten Code-Buch definiert sind, in der ersten Strahltrainingsphase; und

Erhalten einer Strahlbildungsverstärkung in Bezug auf den ersten Datenstrahl in der ersten Datenübertragungsphase,

wobei das Bestimmen des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls folgende Schritte beinhaltet:

Auswählen eines Code-Buchs aus dem ersten Code-Buch, einem zweiten Code-Buch, das eine höhere Auflösung aufweist als das erste Code-Buch, und einem dritten Code-Buch, das eine niedrigere Auflösung aufweist als das erste Code-Buch, basierend auf der Strahlbildungsverstärkung; und

Auswählen des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls aus den Trainingsstrahlen, die in dem ausgewählten Code-Buch definiert sind.

14. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 11, wobei der Schritt des Bestimmens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls einen Schritt des Auswählens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls basierend auf einem Fehler und/oder einer Korrelation zwischen dem ersten Datenstrahl und dem zumindest zweiten Trainingsstrahl beinhaltet.

15. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 11, wobei der zumindest eine zweite Trainingsstrahl Trainingsstrahlen aufweist, die jeweils Muster aufweisen, die einander zumindest teilweise überlappen.

16. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 11, das ferner folgende Schritte beinhaltet:

Veranschlagen eines zweiten Kanals basierend auf einem Signal, das unter Verwendung des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls in der zweiten Strahltrainingsphase empfangen wird; und

Berechnen, basierend auf dem geschätzten zweiten Kanal und einer zweiten objektiven Funktion entsprechend dem geschätzten zweiten Kanal, eines zweiten Datenstrahls für eine zweite Datenübertragungsphase von dem zumindest einen zweiten Trainingsstrahl in der zweiten Strahltrainingsphase, wobei die zweite Datenübertragungsphase auf die zweite Strahltrainingsphase folgt.

17. Drahtloses Kommunikationsverfahren, in dem Strahltrainingsphasen mit Datenübertragungsphasen abwechseln, wobei das drahtlose Kommunikationsverfahren folgende Schritte beinhaltet:

Berechnen eines ersten Datenstrahls für eine erste Datenübertragungsphase anhand von zumindest einem ersten Trainingsstrahl in einer ersten Strahltrainingsphase, wobei die erste Datenübertragungsphase auf die erste Strahltrainingsphase folgt;

Bestimmen von zumindest einem zweiten Trainingsstrahl basierend auf dem ersten Datenstrahl in einer zweiten Strahltrainingsphase, die auf die erste Datenübertragungsphase folgt; und

Berechnen eines zweiten Datenstrahls für eine zweite Datenübertragungsphase anhand des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls in der zweiten Strahltrainingsphase, wobei die zweite Datenübertragungsphase auf die zweite Strahltrainingsphase folgt.

18. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 17, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte beinhaltet:

Auswählen des zumindest einen ersten Trainingsstrahls aus in einem ersten Code-Buch definierten Trainingsstrahlen in der ersten Strahltrainingsphase,

wobei der Schritt des Bestimmens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls den Schritt des Auswählens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls aus Trainingsstrahlen beinhaltet, die in einem zweiten Code-Buch definiert sind, das eine höhere Auflösung aufweist als Trainingsstrahlen, die in dem ersten Code-Buch definiert sind.

19. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 17, wobei der Schritt des Bestimmens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls einen Schritt des Auswählens des zumindest einen zweiten Trainingsstrahls basierend auf einem Fehler und/oder einer Korrelation zwischen dem ersten Datenstrahl und dem zumindest einem zweiten Trainingsstrahl beinhaltet.

20. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 17, wobei der zumindest eine Trainingsstrahl Trainingsstrahlen aufweist, die jeweils Muster aufweisen, die einander zumindest teilweise überlappen.

21. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 17, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte beinhaltet:

Veranschlagen eines Kanals basierend auf einem Signal, das unter Verwendung des zumindest einen ersten Trainingsstrahls in der ersten Strahltrainingsphase empfangen wird,

wobei der Schritt des Berechnens des ersten Datenstrahls einen Schritt des Berechnens des ersten Datenstrahls basierend auf dem veranschlagten Kanal und einer objektiven Funktion entsprechend dem veranschlagten Kanal beinhaltet.

22. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Veranschlagens des Kanals folgende Schritte beinhaltet:

Sammeln von Messwerten, die anhand von Signalen erzeugt werden, die unter Verwendung des zumindest einen ersten Trainingsstrahls empfangen werden, wobei die empfangenen Signale M-mal unter Verwendung eines identischen Übertragungsstrahls nacheinander übertragen werden, wobei M eine Ganzzahl größer 1 ist; und

Erzeugen einer kombinierten Kanalmatrix basierend auf den Messwerten und zumindest einem ersten Trainingsstrahl.

23. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 22, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte beinhaltet:

Erhalten einer Strahlbildungsverstärkung in Bezug auf den ersten Datenstrahl in der ersten Datenübertragungsphase; und

Erzeugen, basierend auf der Strahlbildungsverstärkung, von Übertragungsdaten, die Informationen über eine Erhöhung oder eine Verringerung von M in der ersten Datenübertragungsphase beinhalten.

24. Drahtloses Kommunikationsverfahren nach Anspruch 21, wobei die objektive Funktion auf einem Signal-Rausch-Verhältnis (SNR), einem Signal-zu-Interferenz-plus-Rausch-Verhältnis (SINR) einer Kanalkapazität und/oder einer Energieeffizienz des geschätzten Kanals basiert.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

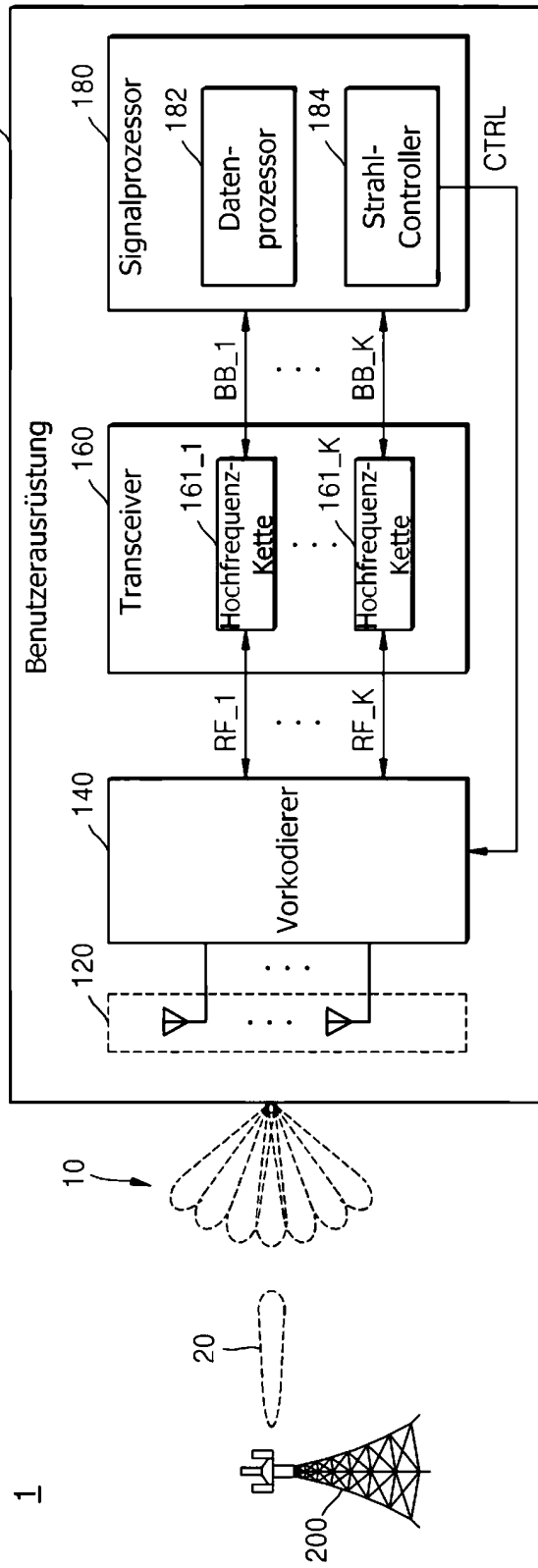


FIG. 2

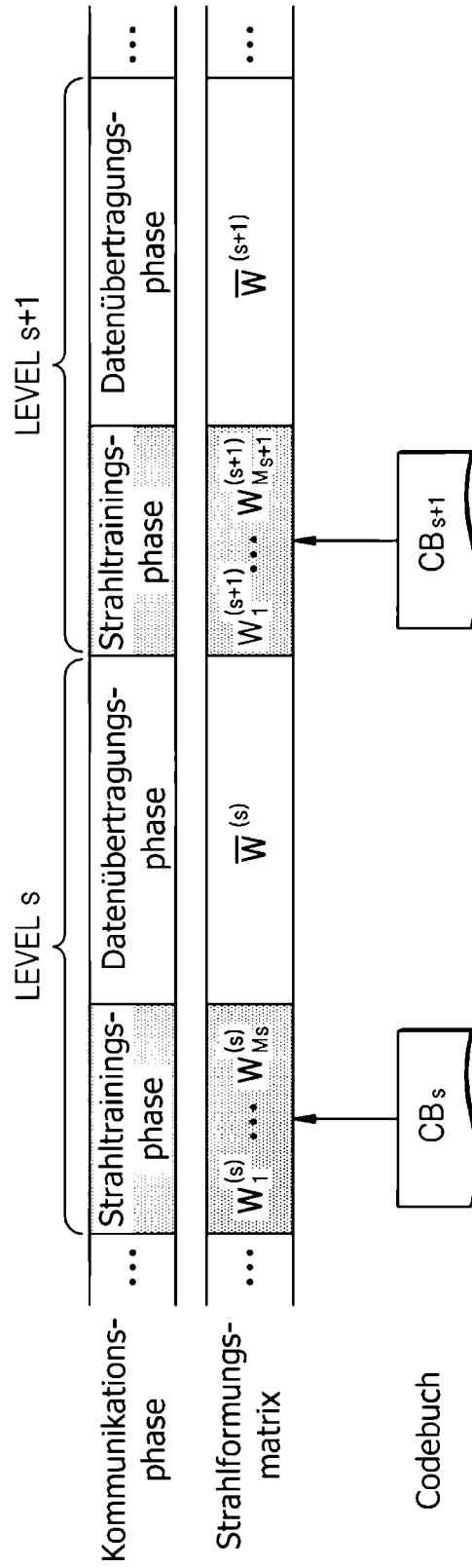


FIG. 3A

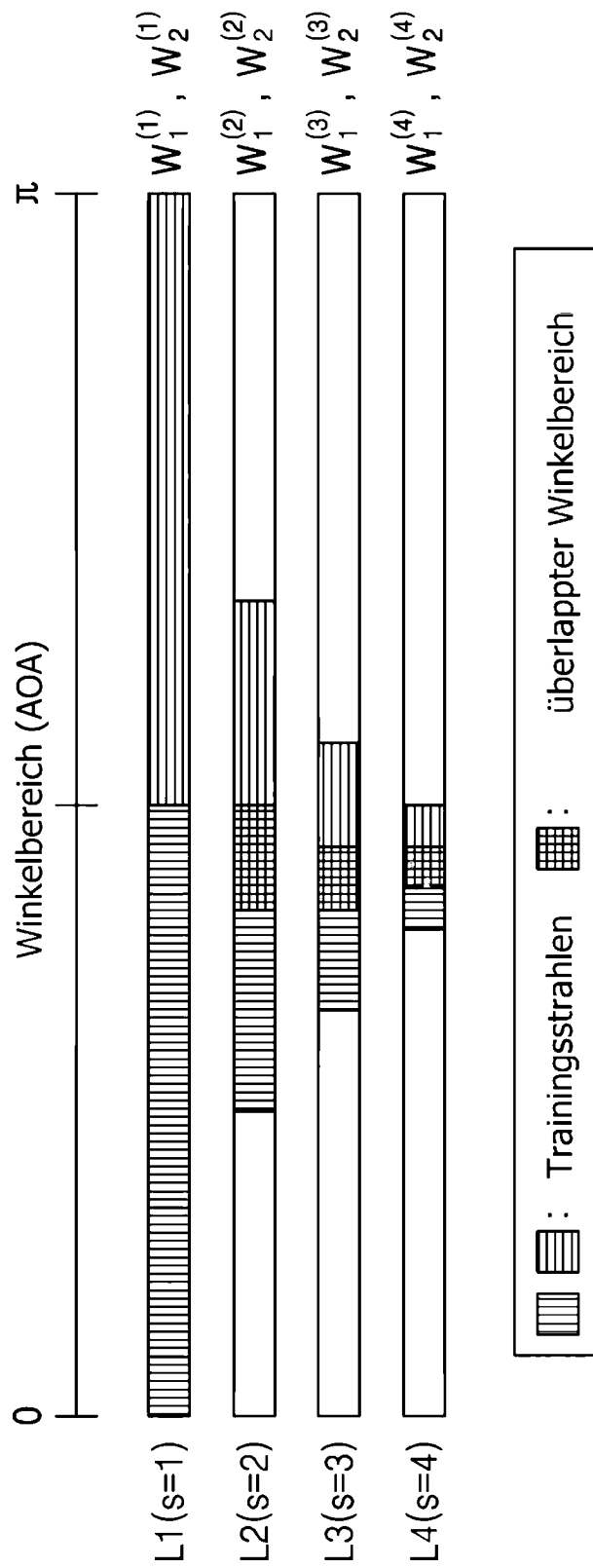


FIG. 3B

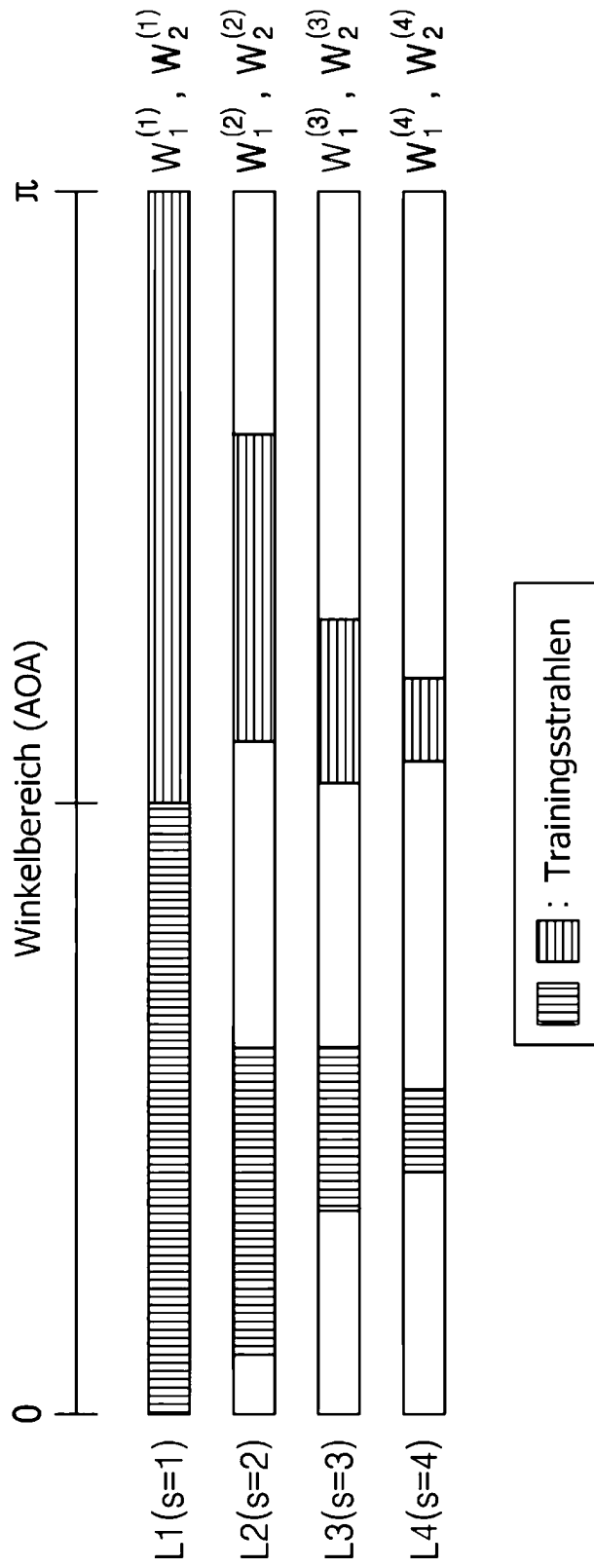


FIG. 4

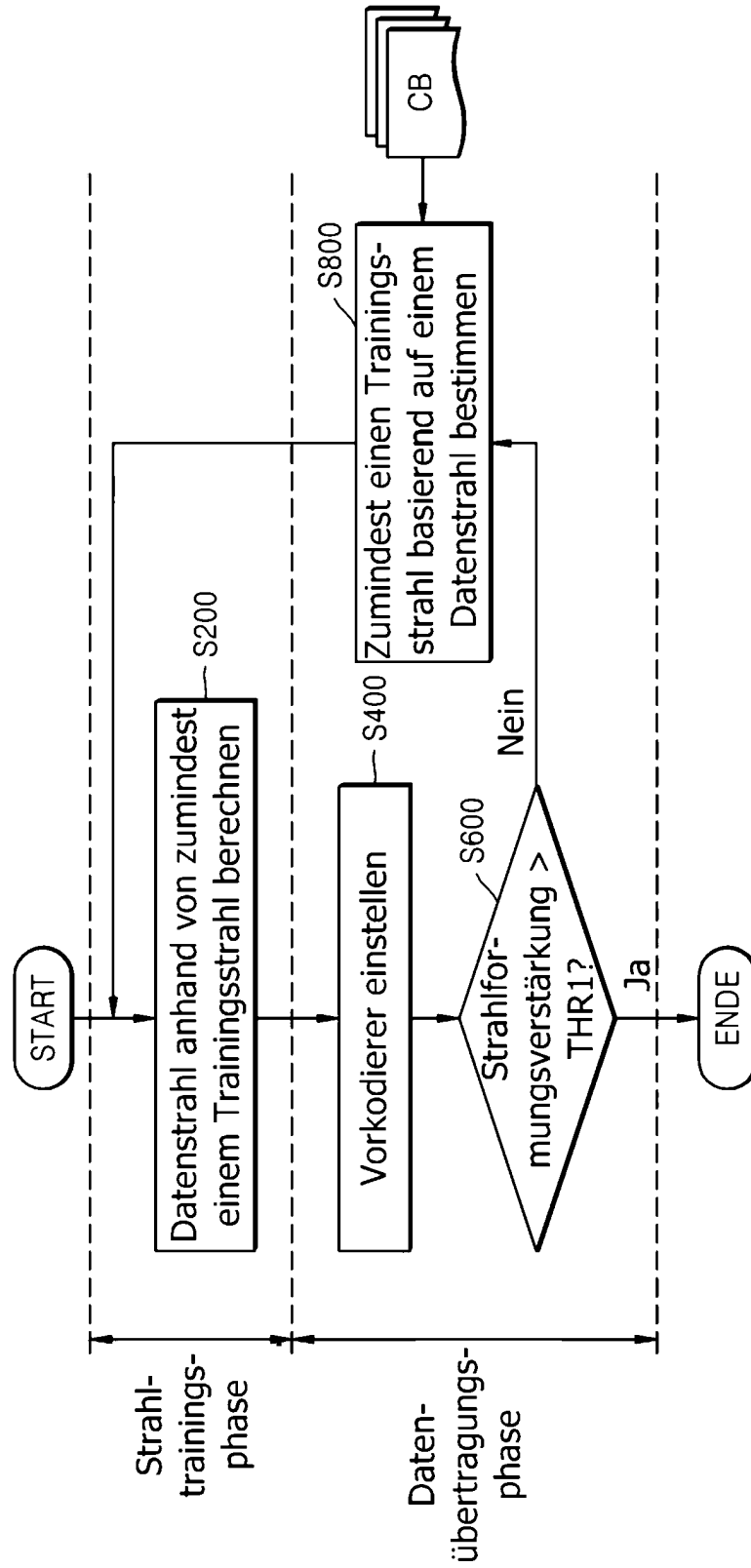


FIG. 5

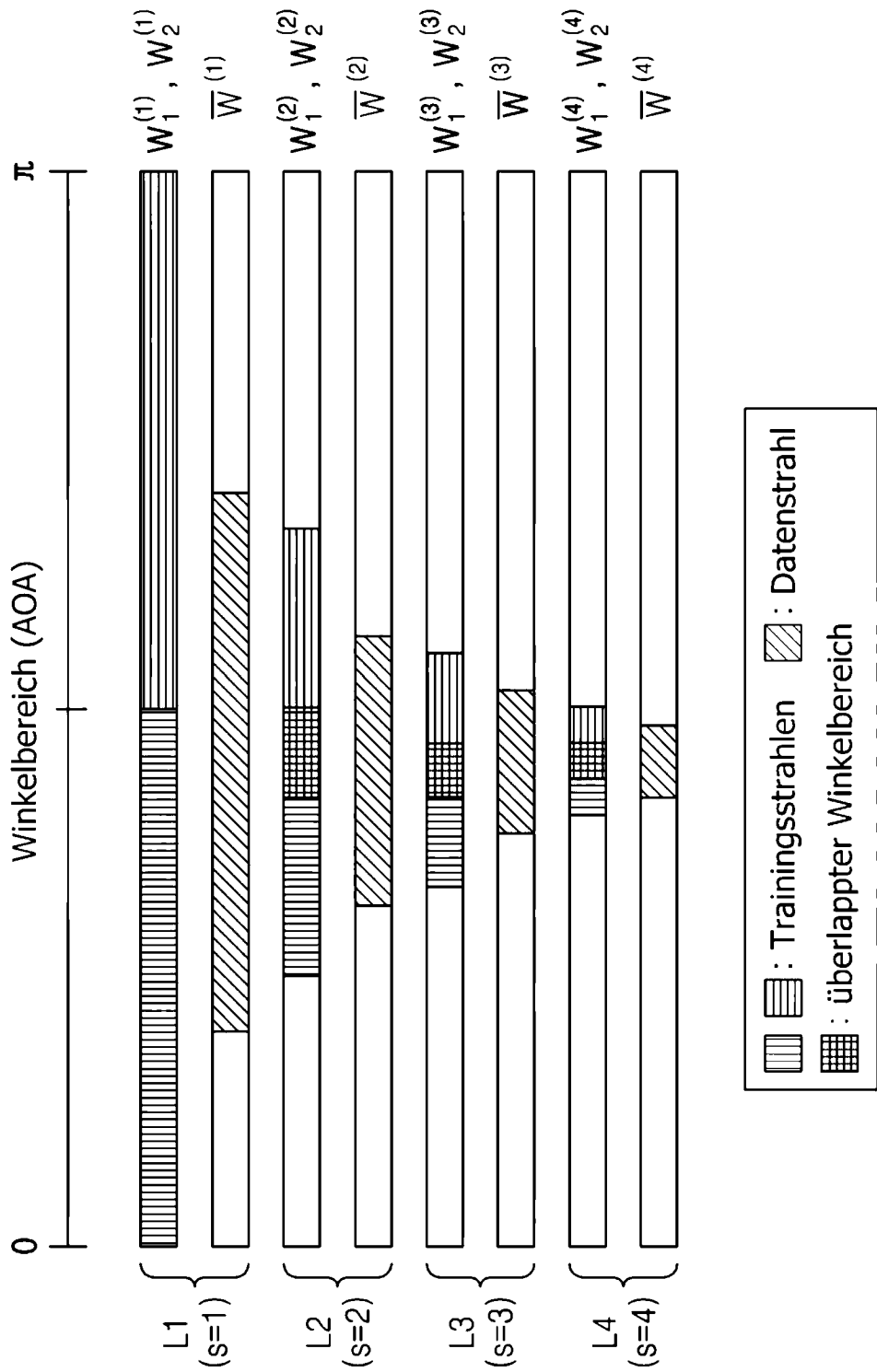


FIG. 6

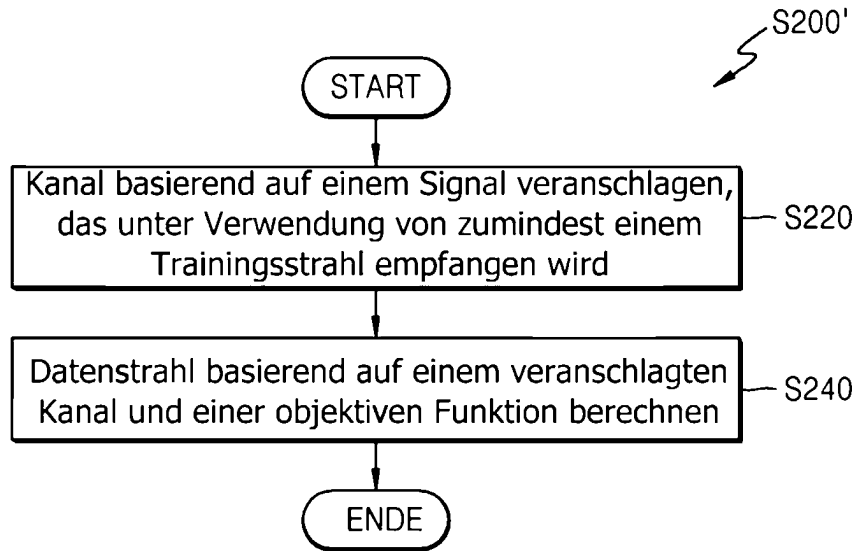


FIG. 7

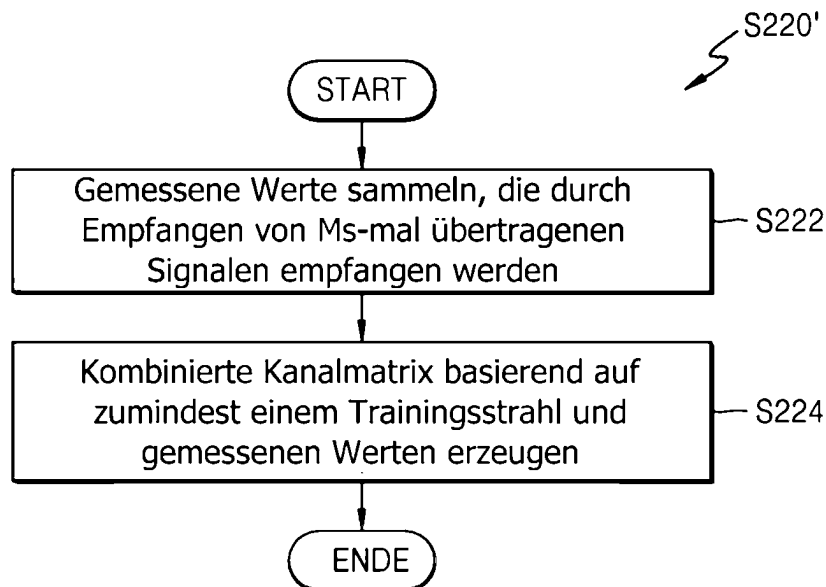


FIG. 8

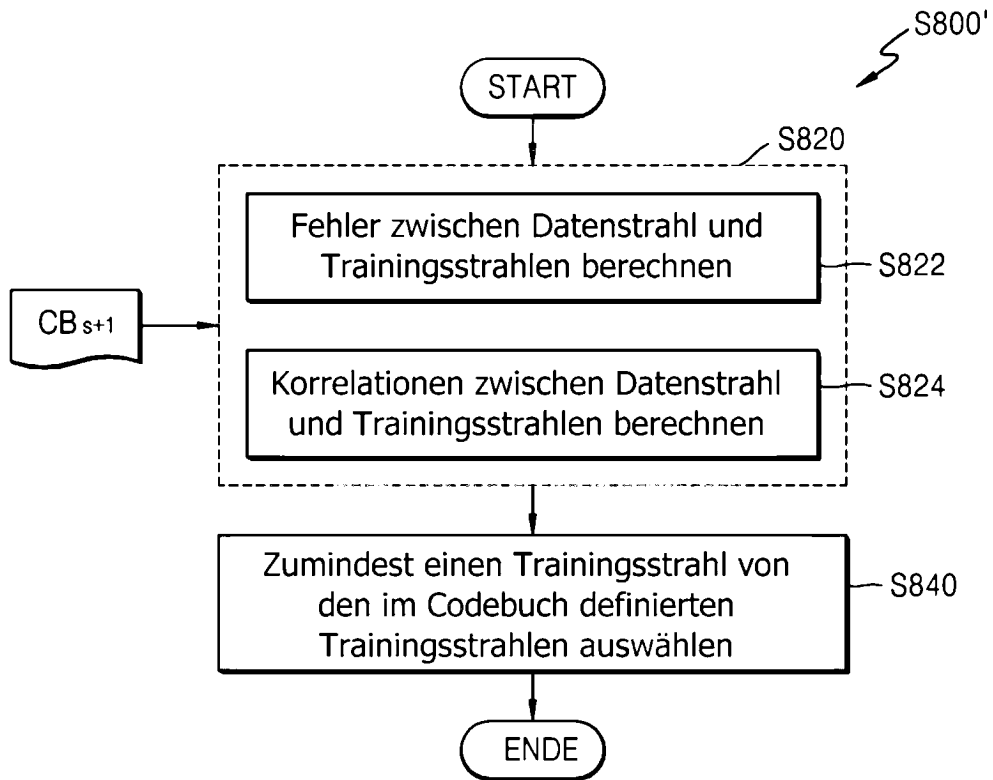


FIG. 9

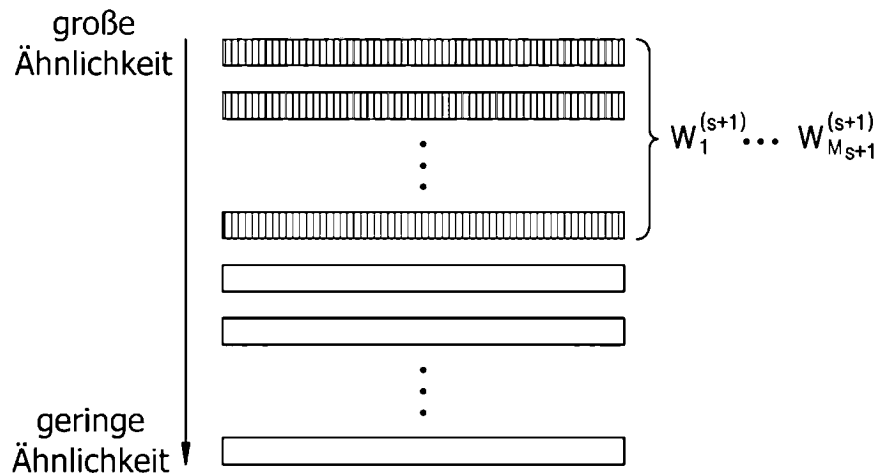


FIG. 10

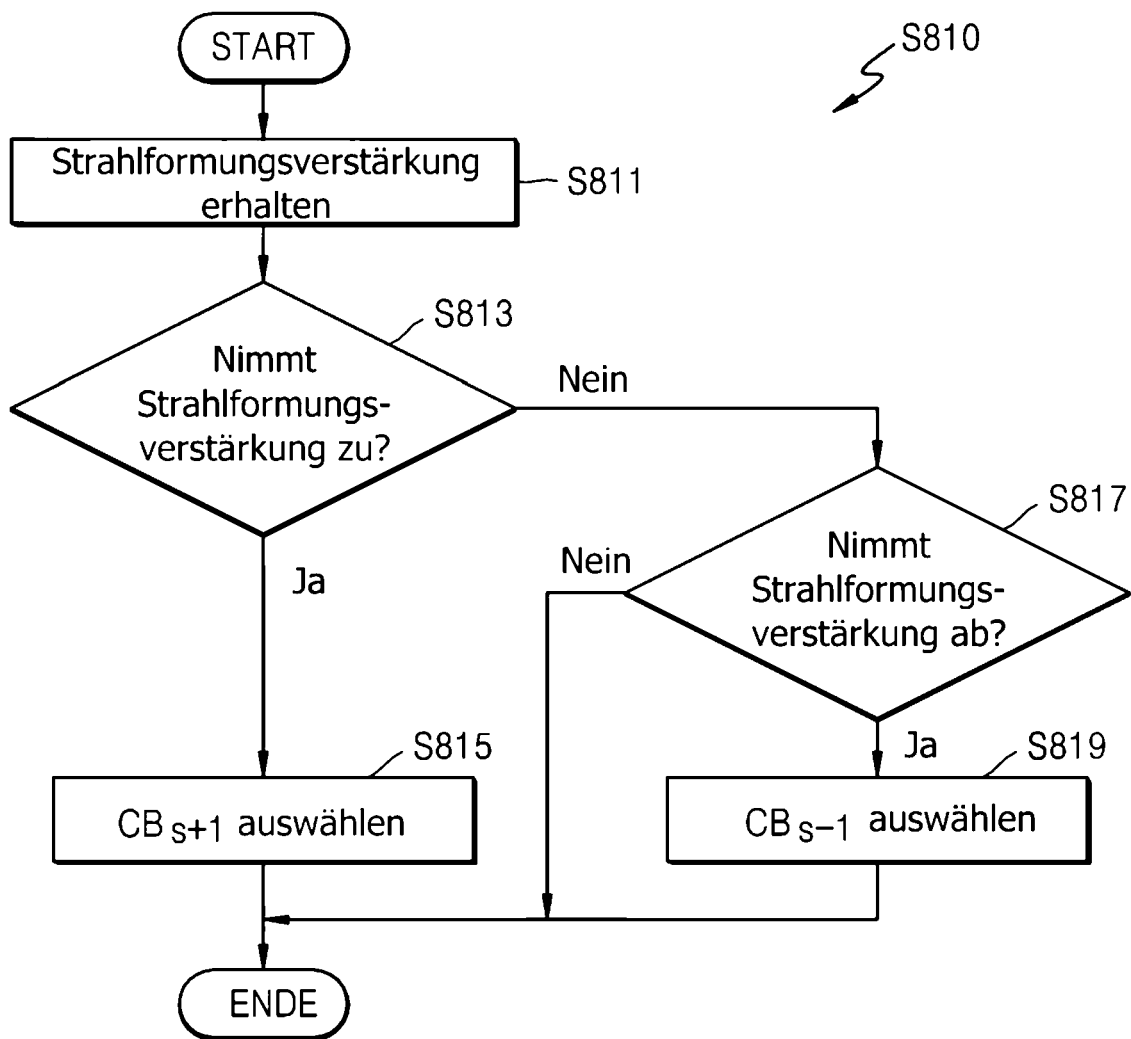


FIG. 11

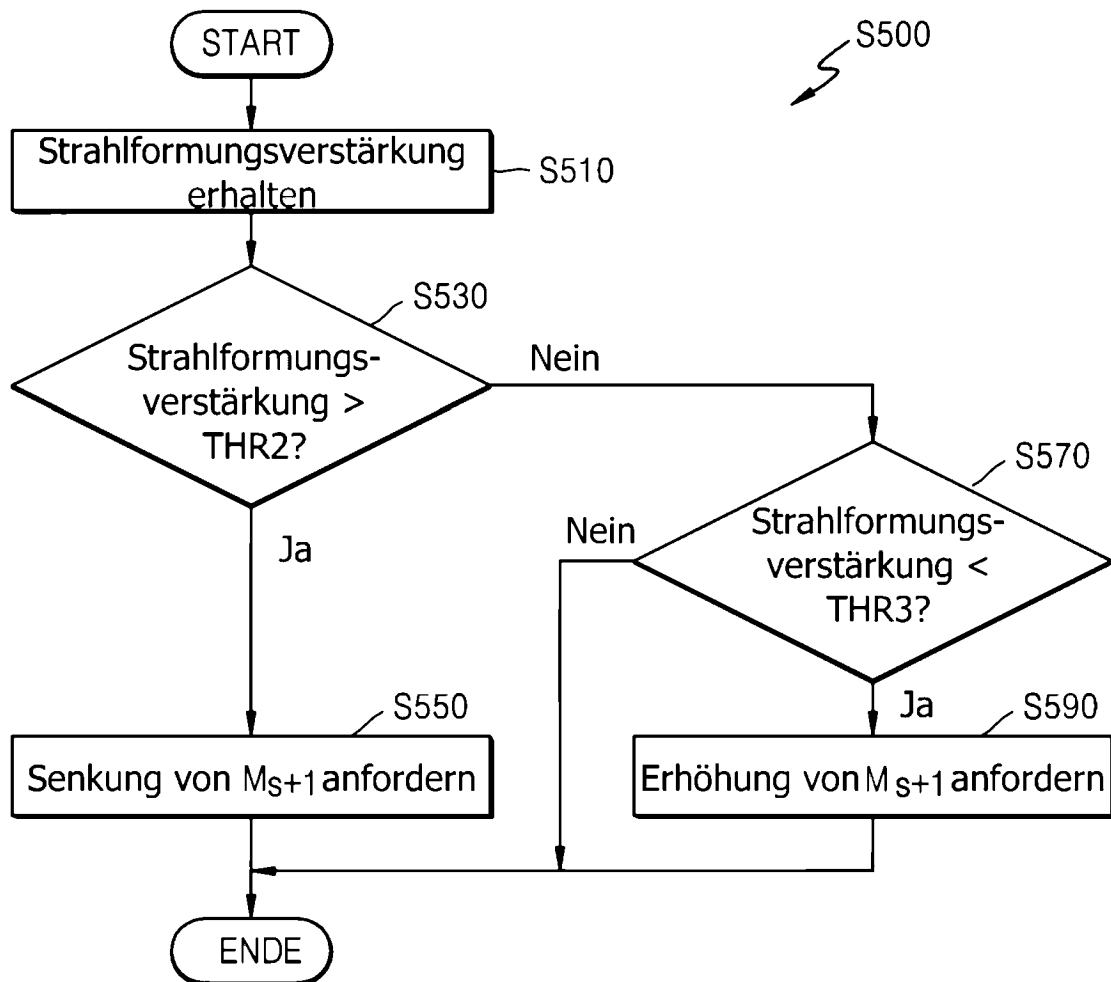


FIG. 12A

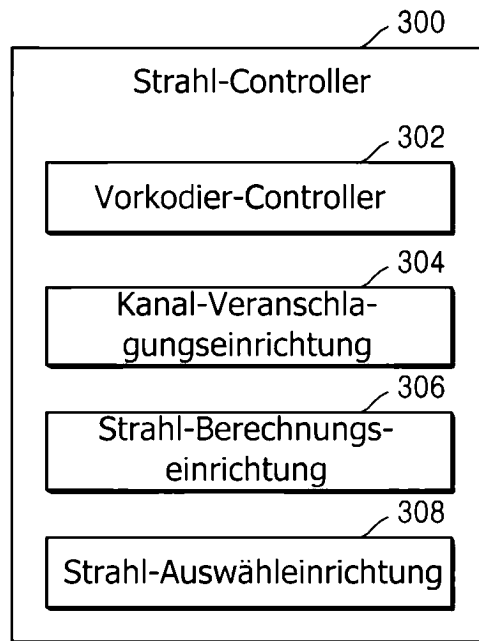


FIG. 12B

