

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7062597号

(P7062597)

(45)発行日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(24)登録日 令和4年4月22日(2022.4.22)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B 7/0417(2017.01)

H 0 4 B 7/0417

H 0 4 W 24/10 (2009.01)

H 0 4 W 24/10

H 0 4 L 27/26 (2006.01)

H 0 4 L 27/26 1 1 4

H 0 4 B 7/06 (2006.01)

H 0 4 B 7/06 9 5 6

H 0 4 B 7/0456(2017.01)

H 0 4 B 7/0456 1 1 0

請求項の数 12 (全33頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-550561(P2018-550561)

(86)(22)出願日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(65)公表番号 特表2019-518348(P2019-518348
A)

(43)公表日 令和1年6月27日(2019.6.27)

(86)国際出願番号 PCT/CN2017/073872

(87)国際公開番号 WO2017/166940

(87)国際公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

審査請求日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(31)優先権主張番号 PCT/CN2016/078179

(32)優先日 平成28年3月31日(2016.3.31)

(33)優先権主張国・地域又は機関
中国(CN)

(73)特許権者 507364838

クアルコム、インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 2 1
2 1 サン ディエゴ モアハウス ドライ
ブ 5 7 7 5

(74)代理人 100108453

弁理士 村山 靖彦

(74)代理人 100163522

弁理士 黒田 晋平

(72)発明者 ボ・チェン

アメリカ合衆国・カリフォルニア・9 2
1 2 1 - 1 7 1 4・サン・ディエゴ・モ
アハウス・ドライヴ・5 7 7 5

(72)発明者 チャオ・ウェイ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・9 2
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強化型 F D - M I M O のためのチャネル共分散フィードバック

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイヤレス通信の方法であって、
 基地局から受信されたプリコーディングされていないチャネル状態情報(CSI)基準信号(CSI-RS)を測定するステップと、
 直交基底ベクトルのセットを取得するステップと、
 前記プリコーディングされていないCSI-RSの空間共分散を決定するステップと、
 直交基底ベクトルの前記セットを使用して前記空間共分散を空間共分散推定値に圧縮するステップと、
 前記基地局に前記空間共分散推定値を送信するステップと、
 基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定するステップと、
 前記ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成するステップと、
 、
 前記基地局に前記CSI報告を送信するステップと、
 を含み、
 前記空間共分散推定値を前記送信するステップは、既定の期間に発生し、
 直交基底ベクトルの前記セットにおけるベクトルの数に対応するランクを含む第1の報告を送信するステップであって、前記第1の報告は、上位レイヤシグナリングによって設定された第1の期間に送信される、ステップと、
 直交基底ベクトルの前記セット、前記空間共分散推定値における前記ベクトルの各々のビ

ームインデックスを含む第2の報告を送信するステップであって、前記第2の報告は、前記第1の報告に部分的に基づいて第2の期間に送信される、ステップとを含む、方法。

【請求項 2】

直交基底ベクトルの前記セットを前記取得するステップは、前記基地局から直交基底ベクトルの前記セットを受信するステップであって、直交基底ベクトルの前記セットは、アップリンク受信信号の推定値に基づいて決定される、ステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

直交基底ベクトルの前記セットを前記取得するステップは、前記プリコーディングされていないCSI-RSの測定値に基づいて離散フーリエ変換(DFT)ベクトルの第1のセットを計算するステップと、DFTベクトルの前記第1のセットのうちの最も大きい値を有する支配的DFTベクトルを識別するステップと、前記支配的DFTベクトルに直交するDFTベクトルの第2のセットを決定するステップと、DFTベクトルの前記第2のセットをダウンセレクトすることによって、直交基底ベクトルの前記セットを生成するステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記支配的DFTベクトルのインデックスおよび直交基底ベクトルの前記セットにおけるベクトルのインデックスのセットを送信するステップをさらに含む、請求項3に記載の方法。

【請求項 5】

前記送信するステップの前に、前記空間共分散推定値の要素ごとの量子化を実行するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記要素ごとの量子化は、前記空間共分散推定値の実数エントリに対する第1のマルチビット様量子化と、前記空間共分散推定値の複素数エントリに対する[0,2]の位相のための第2のマルチビット様量子化と、振幅の第3のマルチビット様量子化とを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記第1、第2、および第3のマルチビット様量子化は、4ビット様量子化である、請求項6に記載の方法。

【請求項 8】

前記空間共分散推定値における前記ベクトルの各々の前記ビームインデックスは、最高値を有する前記空間共分散推定値における第1のベクトルに関する前記ビームインデックスから、最低値を有する前記空間共分散推定値における最後のベクトルへと、最良のものから最悪のものへの順序に従って巡回的に報告される、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

前記基地局に前記空間共分散推定値を報告するためのトリガ信号を受信するステップをさらに含む、前記空間共分散推定値を前記送信するステップは、直交基底ベクトルの前記セットにおけるベクトルの数、直交基底ベクトルの前記セットにおける前記ベクトルの各々のビームインデックス、前記空間共分散推定値の1つまたは複数の行列係数の要素ごとの量子化を送信するステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記ビームフォーミングされたCSI-RSは、直交基底ベクトルの前記セットにおけるDFTベクトルのセット、または前記空間共分散推定値の固有ベクトルのうちの1つに基づいてプリコーディングされる、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 1】

ワイヤレス通信のために構成された装置であって、
 基地局から受信されたプリコーディングされていないチャンネル状態情報(CSI)基準信号(CSI-RS)を測定するための手段と、
 直交基底ベクトルのセットを取得するための手段と、
 前記プリコーディングされていないCSI-RSの空間共分散を決定するための手段と、
 直交基底ベクトルの前記セットを使用して前記空間共分散を空間共分散推定値に圧縮するための手段と、
 前記基地局に前記空間共分散推定値を送信するための手段と、
 基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定するための手段と、
 前記ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成するための手段と、
 前記基地局に前記CSI報告を送信するための手段と
 を含み、
 前記空間共分散推定値を前記送信するための手段は、既定の期間に発生し、
 直交基底ベクトルの前記セットにおけるベクトルの数に対応するランクを含む第1の報告を送信するための手段であって、前記第1の報告は、上位レイヤシグナリングによって設定された第1の期間に送信される、手段と、
 直交基底ベクトルの前記セット、前記空間共分散推定値における前記ベクトルの各々のビームインデックスを含む第2の報告を送信するための手段であって、前記第2の報告は、前記第1の報告に部分的に基づいて第2の期間に送信される、手段と、
 を含む、
 装置。

【請求項 1 2】

命令を含むコンピュータプログラムであって、前記命令がコンピューティングデバイスの処理手段によって実行されたときに、コンピューティングデバイスの処理手段に請求項 1 乃至10の何れか一項に記載の方法を実行させる、コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

本出願は、その全体が参照により本明細書に明確に組み込まれる、2016年3月31日に出願された「CHANNEL COVARIANCE FEEDBACK FOR ENHANCED FD-MIMO」と題する、PCT/CN2016/078179の利益を主張する。

【0 0 0 2】

本開示の態様は、一般にワイヤレス通信システムに関し、より詳細には、強化型全次元多入力多出力(eFD-MIMO:enhanced full dimension multiple input, multiple output)システムのためのチャンネル共分散フィードバックに関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

ワイヤレス通信ネットワークは、音声、ビデオ、パケットデータ、メッセージング、ブロードキャストなどの様々な通信サービスを提供するために広く展開されている。これらのワイヤレスネットワークは、利用可能なネットワークリソースを共有することによって複数のユーザをサポートすることが可能な多元接続ネットワークである場合がある。通常は多元接続ネットワークであるそのようなネットワークは、利用可能なネットワークリソースを共有することによって、複数のユーザのための通信をサポートする。そのようなネットワークの一例が、ユニバーサル地上波無線アクセスネットワーク(UTRAN:Universal T

errestrial Radio Access Network)である。UTRANは、第3世代パートナーシッププロジェクト(3GPP)によってサポートされる第3世代(3G)モバイルフォン技術である、ユニバーサルモバイルテレコミュニケーションシステム(UMTS:Universal Mobile Telecommunications System)の一部として定められた無線アクセスネットワーク(RAN)である。多元接続ネットワークフォーマットの例には、符号分割多元接続(CDMA)ネットワーク、時分割多元接続(TDMA)ネットワーク、周波数分割多元接続(FDMA)ネットワーク、直交FDMA(OFDMA)ネットワーク、およびシングルキャリアFDMA(SC-FDMA)ネットワークが含まれる。

【0004】

ワイヤレス通信ネットワークは、いくつかのユーザ機器(UE)のための通信をサポートすることができる、いくつかの基地局またはノードBを含み得る。UEは、ダウンリンクおよびアップリンクを介して基地局と通信し得る。ダウンリンク(または順方向リンク)は基地局からUEへの通信リンクを指し、アップリンク(または逆方向リンク)はUEから基地局への通信リンクを指す。

10

【0005】

基地局は、ダウンリンク上でUEにデータおよび制御情報を送信することができ、かつ/または、アップリンク上でUEからデータおよび制御情報を受信することができる。ダウンリンク上で、基地局からの送信は、ネイバー基地局からの、または他のワイヤレス無線周波数(RF)送信機からの送信に起因する干渉を受ける場合がある。アップリンク上で、UEからの送信は、ネイバー基地局と通信する他のUEのアップリンク送信からの、または他のワイヤレスRF送信機からの干渉を受ける場合がある。この干渉は、ダウンリンクとアップリンクとの両方において性能を低下させる場合がある。

20

【0006】

モバイルブロードバンドアクセスに対する需要が増加し続けるにつれて、より多くのUEが長距離ワイヤレス通信ネットワークにアクセスし、より多くの短距離ワイヤレスシステムが地域に展開されることに伴って、干渉および輻輳ネットワークの可能性が高まっている。モバイルブロードバンドアクセスに対する増大する需要を満たすためだけでなく、モバイル通信によるユーザエクスペリエンスを進化および向上させるために、UMTS技術を進化させるための研究開発が続けられている。

【発明の概要】

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様では、ワイヤレス通信の方法が、直交基底ベクトルのセットを取得するステップと、基地局から受信されたチャネル状態情報(CSI)基準信号(CSI-RS)を測定するステップと、CSI-RSの空間共分散を決定するステップと、直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を共分散推定値に圧縮するステップと、基地局に共分散推定値を送信するステップとを含む。

【0008】

本開示の追加の態様では、ワイヤレス通信のために構成された装置が、直交基底ベクトルのセットを取得するための手段と、基地局から受信されたCSI-RSを測定するための手段と、CSI-RSの空間共分散を決定するための手段と、直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を共分散推定値に圧縮するための手段と、基地局に共分散推定値を送信するための手段とを含む。

40

【0009】

本開示の追加の態様では、プログラムコードを記録した非一時的コンピュータ可読媒体。プログラムコードはさらに、直交基底ベクトルのセットを取得するためのコードと、基地局から受信されたCSI-RSを測定するためのコードと、CSI-RSの空間共分散を決定するためのコードと、直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を共分散推定値に圧縮するためのコードと、基地局に共分散推定値を送信するためのコードとを含む。

【0010】

50

本開示の追加の態様では、ワイヤレス通信のために構成された装置が開示される。装置は、少なくとも1つのプロセッサと、プロセッサに結合されたメモリとを含む。プロセッサは、直交基底ベクトルのセットを取得することと、基地局から受信されたCSI-RSを測定することと、CSI-RSの空間共分散を決定することと、直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を共分散推定値に圧縮することと、基地局に共分散推定値を送信することとを行うように構成される。

【0011】

本開示の追加の態様では、ワイヤレス通信の方法が、基地局から受信されたプリコーディングされていないチャネル状態情報(CSI)基準信号(CSI-RS)を測定するステップと、直交基底ベクトルのセットを取得するステップと、基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定するステップと、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成するステップと、基地局にCSI報告を送信するステップとを含む。

10

【0012】

本開示の追加の態様では、ワイヤレス通信のために構成された装置が、基地局から受信されたプリコーディングされていないCSI-RSを測定するための手段と、直交基底ベクトルのセットを取得するための手段と、基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定するための手段と、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成するための手段と、基地局にCSI報告を送信するための手段とを含む。

【0013】

本開示の追加の態様では、プログラムコードを記録した非一時的コンピュータ可読媒体。プログラムコードはさらに、基地局から受信されたプリコーディングされていないCSI-RSを測定するためのコードと、直交基底ベクトルのセットを取得するためのコードと、基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定するためのコードと、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成するためのコードと、基地局にCSI報告を送信するためのコードとを含む。

20

【0014】

本開示の追加の態様では、ワイヤレス通信のために構成された装置が開示される。装置は、少なくとも1つのプロセッサと、プロセッサに結合されたメモリとを含む。プロセッサは、基地局から受信されたプリコーディングされていないCSI-RSを測定することと、直交基底ベクトルのセットを取得することと、基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定することと、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成することと、基地局にCSI報告を送信することとを行うように構成される。

30

【0015】

上記は、以下の発明を実施するための形態がより良く理解され得るように、本開示による例の特徴および技術的利点をかなり広範に概説している。以下で、追加の特徴および利点について説明する。開示する概念および具体例は、本開示の同じ目的を実行するために他の構造を変更または設計するための基礎として容易に利用され得る。そのような等価な構造は、添付の特許請求の範囲から逸脱しない。本明細書で開示する概念の特性、それらの編成と動作の方法の両方が、添付の図とともに検討されると、関連する利点とともに以下の説明からより良く理解されよう。図の各々は、例示および説明のために提供されるものであり、特許請求の範囲の限定の定義として提供されるものではない。

40

【0016】

以下の図面を参照することによって、本開示の本質および利点のより一層の理解が実現され得る。添付の図面では、同様の構成要素または特徴は、同じ参照ラベルを有することがある。さらに、同じタイプの様々な構成要素が、参照ラベルにダッシュと同様の構成要素の間で区別する第2のラベルとを続けることによって区別される場合がある。第1の参照ラベルのみが本明細書で使用される場合、説明は、第2の参照ラベルにかかわらず、同じ第1の参照ラベルを有する同様の構成要素のうちのいずれにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0017】

50

【図 1】ワイヤレス通信システムの詳細を示すブロック図である。

【図 2】本開示の一態様に従って構成された基地局/eNBおよびUEの設計を概念的に示すブロック図である。

【図 3】典型的な2Dアクティブアンテナアレイを示すブロック図である。

【図 4 A】プリコーディングされていないCSI-RSを送信する例示的な基地局を示すブロック図である。

【図 4 B】CSI-RSリソースを使用して、ビームフォーミングされたCSI-RSを送信する例示的な基地局を示すブロック図である。

【図 5】本開示の一態様を実施するように実行される例示的なブロックを示すブロック図である。

10

【図 6】本開示の態様に従って構成されたUEおよびeNBを示すブロック図である。

【図 7 A】本開示の態様に従って構成されたUEからのCSI報告ストリームを示すブロック図である。

【図 7 B】本開示の態様に従って構成されたUEからのCSI報告ストリームを示すブロック図である。

【図 8】本開示の一態様に従って構成されたUEとeNBとの間の通信ダイアログを示すブロック図である。

【図 9 A】本開示の態様に従って構成されたUEとeNBとの間の呼ダイアログを示すブロック図である。

【図 9 B】本開示の態様に従って構成されたUEとeNBとの間の呼ダイアログを示すブロック図である。

20

【図 10】本開示の一態様に従って構成されたUEを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

添付の図面に関して以下に記載する発明を実施するための形態は、様々な可能な構成を説明するものであり、本開示の範囲を限定するものではない。むしろ、発明を実施するための形態は、本発明の主題の完全な理解を与えるための具体的な詳細を含む。これらの具体的な詳細がすべての場合に必要であるとは限らないこと、および場合によっては、提示を明快にするために、よく知られている構造および構成要素がブロック図の形態で示されることは当業者には明らかであろう。

30

【0019】

本開示は、一般に、ワイヤレス通信ネットワークとも呼ばれる、2つ以上のワイヤレス通信システムの間の許可された共有アクセスを提供すること、またはそれに参加することに関する。様々な態様では、技法および装置は、符号分割多元接続(CDMA)ネットワーク、時分割多元接続(TDMA)ネットワーク、周波数分割多元接続(FDMA)ネットワーク、直交FDMA(OFDMA)ネットワーク、シングルキャリアFDMA(SC-FDMA)ネットワーク、LTEネットワーク、GSM(登録商標、以下同じ)ネットワーク、ならびに他の通信ネットワークなどのワイヤレス通信ネットワークに使用され得る。本明細書で説明する「ネットワーク」および「システム」という用語は、互換的に使用され得る。

【0020】

40

CDMAネットワークは、ユニバーサル地上波無線アクセス(UTRA)、cdma2000などの無線技術を実装し得る。UTRAは、ワイドバンドCDMA(W-CDMA)および低チップレート(LCR)を含む。CDMA2000は、IS-2000規格、IS-95規格、およびIS-856規格を対象とする。

【0021】

TDMAネットワークは、Global System for Mobile Communications(GSM)などの無線技術を実装し得る。3GPPは、GERANとしても示される、GSM EDGE(GSM進化型高速データレート)無線アクセスネットワーク(RAN)のための規格を定義する。GERANは、基地局(たとえば、AterインターフェースおよびAbisインターフェース)と基地局コントローラ(Aインターフェースなど)とを結合するネットワークとともに、GSM/EDGEの無線構成

50

要素である。無線アクセスネットワークは、GSMネットワークの構成要素を表し、それを通じて電話呼およびパケットデータが、公衆交換電話網(PSTN)およびインターネットと、ユーザ端末またはユーザ機器(UE)としても知られる加入者ハンドセットとの間でルーティングされる。モバイルフォン事業者のネットワークは、1つまたは複数のGERANを含むことがあり、そのようなGERANは、UMTS/GSMネットワークの場合にUTRANと結合されることがある。事業者ネットワークはまた、1つもしくは複数のLTEネットワーク、および/または1つもしくは複数の他のネットワークを含み得る。様々な異なるネットワークタイプは、異なる無線アクセス技術(RAT)および無線アクセスネットワーク(RAN)を使用し得る。

【0022】

OFDMAネットワークは、発展型UTRA(E-UTRA)、IEEE802.11、IEEE802.16、IEEE802.20、フラッシュOFDMなどの無線技術を実装し得る。UTRA、E-UTRA、およびGSMは、ユニバーサルモバイルテレコミュニケーションシステム(UMTS)の一部である。特に、ロングタームエボリューション(LTE)は、E-UTRAを使用するUMTSのリリースである。UTRA、E-UTRA、GSM、UMTSおよびLTEは、「第3世代パートナーシッププロジェクト」(3GPP)という名称の組織から提供された文書に記載されており、cdma2000は、「第3世代パートナーシッププロジェクト2」(3GPP2)という名称の組織からの文書に記載されている。これらの様々な無線技術および規格は、知られているか、または開発中である。たとえば、第3世代パートナーシッププロジェクト(3GPP)は、世界的に適用可能な第3世代(3G)モバイルフォン仕様を定義することを目的とする電気通信協会のグループ間の共同作業である。3GPPロングタームエボリューション(LTE)は、ユニバーサルモバイルテレコミュニケーションシステム(UMTS)モバイルフォン規格を改善することを目的とする3GPPプロジェクトである。3GPPは、次世代のモバイルネットワーク、モバイルシステム、およびモバイルデバイスのための仕様を定義し得る。明快にするために、装置および技法のいくつかの態様について、LTE実装形態に関して、またはLTEを中心として以下で説明する場合があり、以下の説明の部分においてLTE用語が例示的な例として使用される場合があるが、説明はLTE適用例に限定されるものではない。実際には、本開示は、異なる無線アクセス技術または無線エアーインターフェースを使用するネットワーク間のワイヤレススペクトルへの共有アクセスに関係する。

【0023】

キャリアグレードWiFiと互換性があり、無認可スペクトルを用いるLTE/LTE-AをWiFiの代替物にすることができる、無認可スペクトルに含まれるLTE/LTE-Aに基づく新しいキャリアタイプも提案されている。LTE/LTE-Aは、無認可スペクトルにおいて動作するとき、LTEの概念を活用することができ、無認可スペクトルにおける効率的な動作を実現し、規制要件を満たすために、ネットワークまたはネットワークデバイスの物理レイヤ(PHY)および媒体アクセス制御(MAC)の態様に何らかの変更を導入することができる。使用される無認可スペクトルは、たとえば、最低数百メガヘルツ(MHz)から最高数十ギガヘルツ(GHz)まで及ぶ場合がある。動作中、そのようなLTE/LTE-Aネットワークは、ローディングおよび利用可能性に応じて認可スペクトルまたは無認可スペクトルの任意の組合せを用いて動作することができる。したがって、本明細書で説明するシステム、装置、および方法が他の通信システムおよび適用例に適用され得ることが、当業者には明らかであろう。

【0024】

システム設計は、ビームフォーミングおよび他の機能を容易にするために、ダウンリンクおよびアップリンクのための様々な時間周波数基準信号をサポートすることができる。基準信号は、既知のデータに基づいて生成された信号であり、パイロット、プリアンブル、トレーニング信号、サウンディング信号などと呼ばれることもある。基準信号は、受信機によって、チャネル推定、コヒーレント復調、チャネル品質測定、信号強度測定などの様々な目的で使用され得る。複数のアンテナを使用するMIMOシステムは、一般に、アンテナ間の基準信号の送信の協調を実現するが、LTEシステムは、一般に、複数の基地局またはeNBからの基準信号の送信の協調を実現しない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

いくつかの実装形態では、システムは時分割複信(TDD)を利用し得る。TDDの場合、ダウンリンクおよびアップリンクは、同じ周波数スペクトルまたはチャネルを共有し、ダウンリンク送信およびアップリンク送信は、同じ周波数スペクトル上で送られる。したがって、ダウンリンクチャネル応答は、アップリンクチャネル応答と関連し得る。相反性により、アップリンクを介して送られた送信に基づいてダウンリンクチャネルを推定することが可能になり得る。これらのアップリンク送信は、(復調後に基準シンボルとして使用される)基準信号またはアップリンク制御チャネルであり得る。アップリンク送信により、複数のアンテナを介した空間選択的チャネルの推定が可能になり得る。

【 0 0 2 6 】

LTE実装形態では、直交周波数分割多重(OFDM)は、ダウンリンク(すなわち、基地局、アクセスポイントまたはeNodeB(eNB)からユーザ端末またはUE)に使用される。OFDMの使用は、スペクトルの柔軟性についてのLTE要件を満たし、高いピークレートで極めて広いキャリアのためのコスト効率の高いソリューションを可能にし、定着した技術である。たとえば、OFDMは、IEEE 802.11a/g、802.16、欧州電気通信標準化機構(ETSI)によって標準化された高性能無線LAN-2(HIPERLAN-2、LANはローカルエリアネットワークを表す)、ETSIの合同技術委員会(Joint Technical Committee)によって発表されたデジタルビデオブロードキャスト(DVB)、および他の規格などの規格において使用される。

【 0 0 2 7 】

(簡潔にするために、本明細書ではリソースブロックまたは「RB」としても示される)時間周波数物理リソースブロックは、OFDMシステムにおいて、トランスポートデータに割り当てられるトランスポートキャリア(たとえば、サブキャリア)または間隔のグループとして定義され得る。RBは、時間および周波数の期間にわたって定義される。リソースブロックは、スロット内の時間および周波数のインデックスによって定義され得る、(簡潔にするために、本明細書ではリソース要素または「RE」としても示される)時間周波数リソース要素からなる。LTE RBおよびREのさらなる詳細は、たとえば、3GPP TS 36.211などの3GPP仕様に記載されている。

【 0 0 2 8 】

UMTS LTEは、20MHzから1.4MHzに至るまでのスケーラブルなキャリア帯域幅をサポートする。LTEでは、RBは、サブキャリア帯域幅が15kHzであるときは12個のサブキャリア、またはサブキャリア帯域幅が7.5kHzであるときは24個のサブキャリアとして定義される。例示的な実装形態では、時間領域内には、10msの長さであり、それぞれ1ミリ秒(ms)の10個のサブフレームで構成される、定義された無線フレームがある。あらゆるサブフレームは、各スロットが0.5msである、2つのスロットで構成される。この場合の周波数領域におけるサブキャリア間隔は、15kHzである。(スロットごとに)これらのサブキャリアのうちの12個が一緒にRBを構成し、したがって、この実装形態では、1つのリソースブロックは180kHzである。6つのリソースブロックは1.4MHzのキャリアに適合し、100個のリソースブロックは20MHzのキャリアに適合する。

【 0 0 2 9 】

本開示の様々な他の態様および特徴について、以下でさらに説明する。本明細書の教示は多種多様な形態で具現化され得ること、および、本明細書で開示する任意の特定の構造、機能、または両方は代表的なものにすぎず、限定するものではないことは明らかであろう。本明細書の教示に基づいて、当業者は、本明細書で開示する一態様が任意の他の態様とは無関係に実装され得ること、および、これらの態様のうちの2つ以上が様々な方法で組み合わせられ得ることを諒解されよう。たとえば、本明細書に記載の任意の数の態様を使用して、装置が実装されてもよく、または方法が実践されてもよい。加えて、本明細書に記載の態様のうちの1つまたは複数に加えて、またはそれ以外の他の構造、機能、または構造および機能を使用して、そのような装置が実装されてもよく、またはそのような方法が実践されてもよい。たとえば、システム、デバイス、装置の一部として、かつ/またはプロセッサもしくはコンピュータ上で実行するためのコンピュータ可読媒体上に記憶された命

10

20

30

40

50

令として、方法が実装されてもよい。さらに、一態様は、請求項の少なくとも1つの要素を含み得る。

【0030】

図1は、LTE-Aネットワークであり得る、通信のためのワイヤレスネットワーク100を示す。ワイヤレスネットワーク100は、いくつかの発展型ノードB(eNB)105と他のネットワークエンティティとを含む。eNBは、UEと通信する局であってよく、基地局、ノードB、アクセスポイントなどと呼ばれることもある。各eNB105は、特定の地理的エリアに通信カバレッジを提供することができる。3GPPでは、「セル」という用語は、この用語が使用される文脈に応じて、カバレッジエリアにサービスするeNBおよび/またはeNBサブシステムのこの特定の地理的カバレッジエリアを指すことがある。

10

【0031】

eNBは、マクロセル、またはピコセルもしくはフェムトセルなどのスモールセル、および/または他のタイプのセルに通信カバレッジを提供することができる。マクロセルは、一般に、比較的大きい地理的エリア(たとえば、半径数千メートル)をカバーし、ネットワークプロバイダのサービスに加入しているUEによる無制限アクセスを可能にすることができる。ピコセルなどのスモールセルは、一般に、比較的小さい地理的エリアをカバーし、ネットワークプロバイダのサービスに加入しているUEによる無制限アクセスを可能にすることができる。フェムトセルなどのスモールセルも、一般に、比較的小さい地理的エリア(たとえば、自宅)をカバーし、無制限アクセスに加えて、フェムトセルとの関連付けを有するUE(たとえば、限定加入者グループ(CSG)内のUE、自宅内のユーザのためのUEなど)による制限付きアクセスも提供することができる。マクロセルのためのeNBは、マクロeNBと呼ばれることがある。スモールセルのためのeNBは、スモールセルeNB、ピコeNB、フェムトeNB、またはホームeNBと呼ばれることがある。図1に示す例では、eNB105a、105b、および105cは、それぞれ、マクロセル110a、110b、および110cのためのマクロeNBである。eNB105x、105y、および105zは、それぞれ、スモールセル110x、110y、および110zにサービスを提供するピコeNBまたはフェムトeNBを含む場合がある、スモールセルeNBである。eNBは、1つまたは複数(たとえば、2つ、3つ、4つなど)のセルをサポートすることができる。

20

【0032】

ワイヤレスネットワーク100は、同期動作または非同期動作をサポートしてもよい。同期動作の場合、eNBは、同様のフレームタイミングを有する場合があり、異なるeNBからの送信は、時間的にほぼ整合される場合がある。非同期動作の場合、eNBは、異なるフレームタイミングを有する場合があり、異なるeNBからの送信は、時間的に整合されない場合がある。

30

【0033】

UE115は、ワイヤレスネットワーク100全体にわたって分散され、各UEは固定されていても移動式であってもよい。UEは、端末、移動局、加入者ユニット、局などと呼ばれることもある。UEは、セルラーフォン、携帯情報端末(PDA)、ワイヤレスモデム、ワイヤレス通信デバイス、ハンドヘルドデバイス、タブレットコンピュータ、ラップトップコンピュータ、コードレスフォン、ワイヤレスローカルループ(WLL)局などであり得る。UEは、マクロeNB、ピコeNB、フェムトeNB、リレーなどと通信することが可能であり得る。図1では、稲妻(たとえば、通信リンク125)は、UEとサービングeNB(サービングeNBは、ダウンリンクおよび/またはアップリンク上でUEにサービスするように指定されたeNBである)との間のワイヤレス送信、あるいはeNB間の所望の送信を示す。ワイヤードバックホール通信134は、eNB間で発生し得るワイヤードバックホール通信を示す。

40

【0034】

LTE/LTE-Aは、ダウンリンク上で直交周波数分割多重(OFDM)を利用し、アップリンク上でシングルキャリア周波数分割多重(SC-FDM)を利用する。OFDMおよびSC-FDMは、システム帯域幅を、一般にトーン、ビンなどとも呼ばれる複数(X個)の直交サブキャリアに区分する。各サブキャリアは、データで変調されてもよい。一般に、変調シンボルは、OFD

50

Mでは周波数領域において送られ、SC-FDMでは時間領域において送られる。隣接するサブキャリア間の間隔は固定であり得、サブキャリアの総数(X)はシステム帯域幅に依存し得る。たとえば、Xは、1.4、3、5、10、15、または20メガヘルツ(MHz)の対応するシステム帯域幅に対して、それぞれ、72、180、300、600、900、および1200に等しくてもよい。システム帯域幅は、サブバンドに区分される場合もある。たとえば、サブバンドは1.08MHzをカバーすることができ、1.4、3、5、10、15、または20MHzの対応するシステム帯域幅に対して、それぞれ、1、2、4、8または16個のサブバンドが存在し得る。

【0035】

図2は、図1の基地局/eNBのうちの1つおよびUEのうちの1つであってもよい、基地局/eNB105およびUE115の設計のブロック図を示す。限定された関連付けシナリオの場合、eNB105は図1のsmallセルeNB105zであってもよく、UE115はUE115zであってもよく、UE115zは、smallセルeNB105zにアクセスするために、smallセルeNB105zに対するアクセス可能UEのリストに含まれるはずである。eNB105はまた、何らかの他のタイプの基地局であり得る。eNB105は、アンテナ234a~234tを備える場合があり、UE115は、アンテナ252a~252rを備える場合がある。

【0036】

eNB105において、送信プロセッサ220は、データソース212からデータを受信し、コントローラ/プロセッサ240から制御情報を受信することができる。制御情報は、PBCH、PCFICH、PHICH、PDCCHなどに関するものであってもよい。データは、PDSCHなどに関するものであってもよい。送信プロセッサ220は、データおよび制御情報を処理(たとえば、符号化およびシンボルマッピング)して、それぞれ、データシンボルおよび制御シンボルを取得することができる。送信プロセッサ220はまた、たとえば、PSS、SSS、およびセル固有基準信号のための基準シンボルを生成することができる。送信(TX)多入力多出力(MIMO)プロセッサ230は、該当する場合、データシンボル、制御シンボル、および/または基準シンボルに対して空間処理(たとえば、プリコーディング)を実行することができ、出力シンボルストリームを変調器(MOD)232a~232tに提供することができる。各変調器232は、(たとえば、OFDMなどのために)それぞれの出力シンボルストリームを処理して、出力サンプルストリームを取得することができる。各変調器232は、出力サンプルストリームをさらに処理(たとえば、アナログ変換、増幅、フィルタリング、およびアップコンバート)して、ダウンリンク信号を取得することができる。変調器232a~232tからのダウンリンク信号は、それぞれ、アンテナ234a~234tを介して送信される場合がある。

【0037】

UE115において、アンテナ252a~252rは、eNB105からダウンリンク信号を受信することができる。受信信号を、それぞれ、復調器(DEMOD)254a~254rに提供することができる。各復調器254は、それぞれの受信信号を調整(たとえば、フィルタリング、増幅、ダウンコンバート、およびデジタル化)して、入力サンプルを取得することができる。各復調器254は、(たとえば、OFDMなどのために)入力サンプルをさらに処理して、受信シンボルを取得することができる。MIMO検出器256は、すべての復調器254a~254rから受信シンボルを取得し、該当する場合、受信シンボルに対してMIMO検出を実行し、検出されたシンボルを提供することができる。受信プロセッサ258は、検出されたシンボルを処理(たとえば、復調、デインターリーブ、および復号)し、UE115のための復号されたデータをデータシンク260に提供し、復号された制御情報をコントローラ/プロセッサ280に提供することができる。

【0038】

アップリンク上で、UE115において、送信プロセッサ264は、データソース262からの(たとえば、PUSCHについての)データを受信および処理し、コントローラ/プロセッサ280からの(たとえば、PUCCHについての)制御情報を受信および処理する場合がある。送信プロセッサ264は、基準信号に関する基準シンボルを生成する場合もある。送信プロセッサ264からのシンボルは、該当する場合、TX MIMOプロセッサ266によってプリコーディ

10

20

30

40

50

ングされ、(たとえばSC-FDMなどのために)変調器254a~254rによってさらに処理され、eNB105に送信される場合がある。eNB105において、UE115からのアップリンク信号は、アンテナ234によって受信され、復調器232によって処理され、該当する場合、MIMO検出器236によって検出され、受信プロセッサ238によってさらに処理されて、UE115によって送られた復号されたデータおよび制御情報を取得することができる。プロセッサ238は、復号されたデータをデータシンク239に提供し、復号された制御情報をコントローラ/プロセッサ240に提供することができる。

【0039】

コントローラ/プロセッサ240および280は、それぞれ、eNB105およびUE115における動作を指示することができる。eNB105におけるコントローラ/プロセッサ240ならびに/または他のプロセッサおよびモジュールは、本明細書で説明する技法のための様々なプロセスを実行するか、またはそれらの実行を指示することができる。また、UE115におけるコントローラ/プロセッサ280ならびに/または他のプロセッサおよびモジュールは、図5に示す機能ブロック、および/または本明細書で説明する技法のための他のプロセスを実行するか、またはそれらの実行を指示することができる。メモリ242および282は、それぞれ、eNB105およびUE115のためのデータおよびプログラムコードを記憶し得る。スケジューラ244は、ダウンリンクおよび/またはアップリンク上のデータ送信のためにUEをスケジューリングすることができる。

【0040】

多入力多出力(MIMO)技術は一般に、通信がeNBにおいてチャネル状態情報(CSI)フィードバックの使用によって空間次元を利用することを可能にする。eNBは、セル固有CSI基準信号(CSI-RS)をブロードキャストすることができ、セル固有CSI-RSに関してUEは、CSI-RSリソース構成および送信モードなど、RRCを介してeNBによってシグナリングされた構成に基づいてCSIを測定する。CSI-RSは、5、10、20、40、80msなどの周期で周期的に送信される。UEは、同じくeNBによって構成されたCSI報告インスタンスでCSIを報告し得る。CSI報告の一部として、UEは、チャネル品質インジケータ(CQI)、プリコーディング行列インジケータ(PMI)、およびランクインジケータ(RI)を生成し報告する。CSIは、PUCCHまたはPUSCHのいずれかを介して報告されてよく、潜在的に異なる粒度で周期的または非周期的に報告され得る。PUCCHを介して報告されるとき、CSIのためのペイロードサイズは制限され得る。

【0041】

システム容量を増大させるために、全次元(FD)-MIMO技術が検討されており、FD-MIMO技術では、eNBは、水平軸と垂直軸の両方を有するアンテナポートを備えた多数のアンテナを有する2次元(2D)アクティブアンテナアレイを使用し、多数のトランシーバユニットを有する。従来のMIMOシステムの場合、ビームフォーミングは通常、3Dマルチパス伝搬であるが、アジマス次元のみを使用して実施されている。だが、FD-MIMOの場合、各トランシーバユニットがそれ自体の独自の振幅および位相の制御を有する。2Dアクティブアンテナアレイとともにそのような能力は、送信信号が従来のマルチアンテナシステムの場合のような水平方向のみではなく、水平方向と垂直方向の両方において同時にステアリングされることを可能にし、eNBからUEへのビーム方向を形成する際の柔軟性の向上をもたらされる。垂直方向における動的なビームステアリングをもたらすことは、干渉回避の大幅な利得につながることを示されている。したがって、FD-MIMO技術は、アジマスビームフォーミングとエレベーションビームフォーミングの両方を利用することができ、MIMOシステム容量および信号品質が大幅に改善することになる。

【0042】

図3は、典型的な2Dアクティブアンテナアレイ30を示すブロック図である。アクティブアンテナアレイ30は、64-送信機、4つの列を含む交差偏波均一平面アンテナアレイ(cross-polarized uniform planar antenna array)であり、各列が8つの交差偏波垂直アンテナ要素を含む。アクティブアンテナアレイは、アンテナ列の数(N)、偏波タイプ(P)、および1つの列における同じ偏波タイプを有する垂直要素の数(M)に従って説明されることが多

10

20

30

40

50

い。したがって、アクティブアンテナアレイ30は、8つの垂直($M=8$)交差偏波垂直アンテナ要素($P=2$)を備える4つの列($N=4$)を有する。

【0043】

2Dアレイ構造の場合、エレベーションビームフォーミングによって垂直次元を活用するために、基地局においてCSIが必要とされる。CSIは、PMI、RI、およびCQIに関して、ダウンリンクチャネル推定および既定のPMIコードブックに基づいて、移動局によって基地局にフィードバックされ得る。だが、従来のMIMOシステムとは異なり、FD-MIMO対応のeNBは、一般に、大規模アンテナシステムを備えており、そのため、チャネル推定の複雑さおよび過剰なダウンリンクCSI-RSオーバーヘッドとアップリンクCSIフィードバックオーバーヘッドの両方に起因して、UEからの全アレイCSIの収集が極めて困難である。

10

【0044】

FD-MIMOを有するシステムにおけるCSI報告のために、CSIプロセスが、2つのCSI報告クラス、クラスAのプリコーディングされていないものまたはクラスBのビームフォーミングされたもののいずれかで構成され得る。図4Aは、プリコーディングされていないCSI-RS401を送信する例示的な基地局400を示すブロック図である。クラスAのプリコーディングされていない報告では、CSIプロセスごとに1つの非ゼロ電力(NZP)CSI-RSリソースが、CSI-RSポートの数が8、12、または16であり得るチャネル測定に使用され得る。クラスA報告の干渉測定は、CSIプロセスごとに1つのCSI干渉測定(IM)リソースを含み得る。

【0045】

基地局400は、UE403および404ならびに構造物40中のUE405および406にサービスする。2D CSI-RSポートは、プリコーディングされていないCSI-RS401およびPD SCH402をUE403~406に送信する。CSIフィードバックを報告する際に、UE403~406は、プリコーディングされていないCSI-RSを測定し、CQI、プリコーディング行列インジケータ(PMI)(2Dコードブック)、およびランクインジケータを基地局400に報告する。

20

【0046】

図4Bは、CSI-RSリソース408~410を使用して、ビームフォーミングされたCSI-RSを送信する例示的な基地局407を示すブロック図である。CSI-RSリソース408~410は、UE411および412を含むUEグループ415、ならびに構造物41中のUE413および414を含むUEグループ416など、異なるUEグループにサービスすることを対象とし得る。UEグループごとに異なるCSI-RSリソースが使用されるので、CSIフィードバックを提供するときに、UE411~414は、CQI、PMI(1Dコードブック)のほか、ランクインジケータ、CSI-RSリソースインジケータ(CRI)をK-1の場合に報告し、CRIは、UEがCSI-RSリソースのうちのどれを測定し、CSI-RSリソースのうちのどれに関するチャネル状態情報(CSI)フィードバックを提供しているかを基地局407に対して特定する。

30

【0047】

クラスBのビームフォーミングされたCSI報告では、各CSIプロセスはK個のNZP CSI-RSリソース/構成に関連付けられてよく、第kのCSI-RSリソースのための N_k 個のポートがあり(K は1であり得る)、 N_k は1、2、4、または8であってよく、CSI-RSリソースごとに異なり得る。各CSI-RSリソースはまた、たとえば、アンテナ要素の異なるセットから、またはアンテナ要素の同じセット(ただし、異なるビームフォーミング重みを有する)から仮想化された、異なるCSI-RSポート仮想化を有し得る。各NZP CSI-RSリソースに対する1対1のつながりを有する、CSIプロセスごとに複数のCSI-IMも可能である。

40

【0048】

LTEにおける従来のMIMOとFD-MIMOの両方のために、暗黙的フィードバックが適用され、そのためのコードブックは、単一経路チャネルの仮定で離散フーリエ変換(DFT)ベクトルに基づく。複数の経路および光線を有するチャネルのためのDFTベクトルベースのコードブックのパフォーマンスは限定的であり、複数のユーザの干渉を低減するためにヌルを正確にステアリングするために正確なCSIを使用する複数のユーザのプリコーディングにとって十分ではない。ビームフォーミングされたCSI-RSの場合、パフォーマンスは、非常に狭いCSI-RSビームに起因してプリコーディング精度に対してより敏感であり、CSI-R

50

SビームフォーミングにDFTベクトルベースのPMIフィードバックを使用すると、ビームフォーミングされたCSI-RSのパフォーマンスが低下し得る。明示的な空間共分散フィードバックは、PMIベースの方式と比較して著しいパフォーマンス利得をもたらすことができる。だが、空間共分散の要素ごとの量子化は、非常に大きいフィードバックオーバーヘッドに起因して、32個または64個のアンテナポートなど、より多数のアンテナポートを有するFD-MIMOにとって実用的ではないことがある。

【 0 0 4 9 】

本開示の様々な態様は、推定空間共分散に基づく空間共分散フィードバックの使用を実現し得る。空間共分散行列が、次の2つのステップを介して近似され得る。1)直交基底ベクトルのセット{ \mathbf{v}_i }を見つけること、および2)固有ベクトルをN個の直交基底ベクトルに射影することによって、共分散行列を低次元行列に圧縮すること。空間共分散行列を

10

【 0 0 5 0 】

【数 1】

$$\hat{\mathbf{R}}$$

【 0 0 5 1 】

として示し、これは、CSI-RSから推定されたチャネルから計算され、短期間または長期間に全バンドまたはサブバンドにわたって累積され得、

20

【 0 0 5 2 】

【数 2】

$$\hat{\mathbf{R}} = \frac{1}{|S|} \sum_{k \in S} \mathbf{H}_k^H \mathbf{H}_k$$

【 0 0 5 3 】

となり、Sは、平均化のためのサブキャリアのセット、またはサブフレームのセットである。直交 $N_T \times N$ 行列 $\mathbf{U} = [\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N]$ を使用して、低次元 $N \times N$ 行列

30

【 0 0 5 4 】

【数 3】

$$\mathbf{A} = \mathbf{\Psi}^H \hat{\mathbf{R}} \mathbf{\Psi}$$

【 0 0 5 5 】

が生成され得、 N_T は、送信アンテナポートの数であり、Nは、選択された基底ベクトルの数であり、 $N \leq N_T$ である。

40

【 0 0 5 6 】

【数 4】

$$\mathbf{\Psi} \mathbf{A} \mathbf{\Psi}^H = \mathbf{\Psi} \mathbf{\Psi}^H \hat{\mathbf{R}} \mathbf{\Psi} \mathbf{\Psi}^H = (\mathbf{\Psi} \mathbf{\Psi}^H \mathbf{U}) \mathbf{\Sigma} (\mathbf{U}^H \mathbf{\Psi} \mathbf{\Psi}^H)$$

【 0 0 5 7 】

であることがわかり、

【 0 0 5 8 】

50

【数 5】

$$\hat{R} = U \Sigma U^H$$

【0 0 5 9】

および

【0 0 6 0】

【数 6】

10

$$U = [u_1, \dots, u_{N_T}]$$

【0 0 6 1】

である。当該の信号部分空間をカバーするように基底ベクトルのセット $\{u_i\}$ が選択された場合、 $H u_i$ は、それを直交基底ベクトルに投射することによる共分散

【0 0 6 2】

【数 7】

20

$$\hat{R}$$

【0 0 6 3】

の原理固有ベクトル(principle eigenvector) u_i の近似値である。この場合、 $H u_i$ は、 A^H の固有ベクトルの近似値であり、これは、直交基底ベクトルの選択されたセットと低次元共分散推定行列 A の固有ベクトルとの積によって計算され得、 A は低次元行列であるので、固有ベクトルの計算効果は非常に低いことがある。したがって、低次元行列 A および基底ベクトル $\{u_i\}$ は、

30

【0 0 6 4】

【数 8】

$$\hat{R}$$

【0 0 6 5】

の良好な近似値をもたらす。 A および $\{u_i\}$ に基づいて、 eNB は、

【0 0 6 6】

【数 9】

40

$$\hat{R}$$

【0 0 6 7】

の原理固有ベクトルを導出することができる。

【0 0 6 8】

図5は、本開示の一態様を実施するように実行される例示的なブロックを示すブロック図である。例示的なブロックはまた、図10に示すようなUE901に関して説明される。図10は、本開示の一態様に従って構成されたUE901を示すブロック図である。UE901は、図2

50

のUE115に関して示すような構造、ハードウェア、および構成要素を含む。たとえば、UE901は、コントローラ/プロセッサ280を含み、コントローラ/プロセッサ280は、UE901の特徴および機能を提供するUE901の構成要素を制御するとともに、メモリ282に記憶された論理またはコンピュータ命令を実行するように動作する。UE901は、コントローラ/プロセッサ280の制御下で、ワイヤレス無線機1001a~rおよびアンテナ252a~rを介して信号を送信および受信する。ワイヤレス無線機1001a~rは、復調器/変調器254a~r、MIMO検出器256、受信プロセッサ258、送信プロセッサ264、およびTX MIMOプロセッサ266を含む、UE115に関して図2に示すような様々な構成要素およびハードウェアを含む。

【0069】

ブロック500において、UEは、基地局から受信されたプリコーディングされていないCSI-RSを測定する。たとえば、UE901は、アンテナ252a~rおよびワイヤレス無線機1001a~rを介してプリコーディングされていないCSI-RSを受信し、検出する。コントローラ/プロセッサ280の制御下で、測定論理1005を実行すると、プリコーディングされていないCSI-RSの測定が行われる。

【0070】

ブロック501において、UE901などのUEは、直交基底ベクトルのセットを取得する。UE901は、構成信号を通じて基地局から基底ベクトルのセットを取得し得るか、または単独で基底ベクトルを決定し得る。たとえば、直交基底ベクトルはUE901によって、メモリ282に記憶されコントローラ/プロセッサ280によって実行される共分散推定器論理1003の実行を通じて選択され得る。UE901が基底ベクトルのセットを決定する例示的な態様では、共分散推定器論理1003の実行環境は、基地局から受信された信号に基づいてDFTベクトルのセットを決定する。UE901は、コントローラ/プロセッサ280の制御下で、DFTベクトルのセットから基底ベクトルのセットを選択し得る。たとえば、

【0071】

【数10】

$$\psi_{k,l} = \frac{1}{\sqrt{N_1 N_2}} \times \phi_k \otimes \theta_l$$

【0072】

および

【0073】

【数11】

$$\phi_k = \left[1, e^{-j \frac{2\pi k}{O_1 N_1}}, \dots, e^{-j(N_1-1) \frac{2\pi k}{O_1 N_1}} \right]^T$$

【0074】

【0075】

【数12】

10

20

30

40

50

$$\theta_l = \left[1, e^{-j\frac{2\pi}{O_2 N_2}}, \dots, e^{-j(N_2-1)\frac{2\pi}{O_2 N_2}} \right]^T$$

【 0 0 7 6 】

であり、 $k=0,1,\dots,O_1 N_1-1$ および $l=0,1,\dots,O_2 N_2-1$ は、DFTビームインデックスであり、 N_1 および N_2 は、それぞれエレベーション次元およびアジマス次元におけるアンテナポートの数であり、 O_1 および O_2 は、重複DFTビームを生成するオーバーサンプリング因子である。DFTベクトルのサブセット $=\{(k, l)\}$ または $=\{(k, l)\}$ がUE901によって、以下のステップによって空間分散圧縮のための基底ベクトルとして選択される。第一に、UE901は、支配的DFTベクトルを見つける。たとえば、

【 0 0 7 7 】

【 数 1 3 】

$$\psi_{k',l'} = \arg \max_{(k,l)} (\psi_{k,l}^H \cdot R \cdot \psi_{k,l})$$

【 0 0 7 8 】

である。第二に、UE901は、第1のものからの選択されたDFTベクトルに直交するDFTベクトルのセットを決定する。たとえば、 $\{(k'+mO_1, l'+nO_2)\}, m=0,1,\dots,N_1-1$ および $n=0,1,\dots,N_2-1$ である。最後に、UE901は、より小さい値を有するDFTベクトルを除去することによって、直交DFTベクトルをダウンセレクトする。たとえば、

【 0 0 7 9 】

【 数 1 4 】

$$(m',n') = \arg \max_{(m,n)} \left\{ \psi_{k'+mO_1,l'+nO_2}^H \cdot R \cdot \psi_{k'+mO_1,l'+nO_2} > T \cdot (\psi_{k',l'}^H \cdot R \cdot \psi_{k',l'}) \right\}$$

【 0 0 8 0 】

であり、 T はしきい値である。直交基底ベクトルの選択されたセットは、メモリ282中の基底ベクトル1002に記憶される。

【 0 0 8 1 】

ブロック502において、UEは、基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定する。たとえば、UE901は、アンテナ252a～rおよびワイヤレス無線機1001a～rを介してビームフォーミングされたCSI-RSを受信し、検出する。コントローラ/プロセッサ280の制御下で、測定論理1005を実行すると、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定が行われる。

【 0 0 8 2 】

ブロック503において、UEは、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成する。たとえば、UE901は、コントローラ/プロセッサ280の制御下で、メモリ282に記憶されたCSI報告生成器1006を実行する。CSI報告生成器1006の実行環境は、通信されるCSI報告を生成するために、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値を使用する。

【 0 0 8 3 】

ブロック504において、UEは、基地局にCSI報告を送信する。たとえば、CSIフィードバ

ック動作の一部として、UE901は、ワイヤレス無線機1001a～rおよびアンテナ252a～rを介して基地局にCSI報告を返信する。

【0084】

図6は、本開示の一態様に従って構成されたeNB60およびUE61を示すブロック図である。図示された態様では、eNB60は、空間共分散圧縮のための基底ベクトルを構成する。eNB60は、(図示されていない)UE61からのアップリンク受信信号の推定値に基づいて基底ベクトルを決定し得る。たとえば、 $k=0,1,\dots,O_2N_2-1$ および $l=0,1,\dots,O_2N_2-1$ によるサブセット $=\{(k,l)\}$ が、長期チャネル特性に基づいて構成される。eNB60から構成を受信すると、UE61は、空間チャネル共分散を決定するためにCSI-RS601を測定し、低次元共分散近似値

10

【0085】

【数15】

$$A = \Psi^H \hat{R} \Psi$$

【0086】

を計算する。たとえば、UE901(図10)は、コントローラ/プロセッサ280の制御下で、共分散推定器1003を実行する。共分散推定器1003の実行環境は、CSI-RSの測定値に基づいて、空間共分散行列、

20

【0087】

【数16】

$$\hat{R}$$

【0088】

を生成する。UEは、直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を共分散推定値に圧縮する。たとえば、UE901は、コントローラ/プロセッサ280の制御下で、共分散推定器1003を実行する動作環境において、以下の関係に従って空間共分散行列を低次元共分散推定行列Aに圧縮する。

30

【0089】

【数17】

$$A = \Psi^H \hat{R} \Psi$$

40

【0090】

上式で、 Ψ は直交基底ベクトルのセットであり、

【0091】

【数18】

$$\hat{R}$$

【0092】

50

は空間共分散である。したがって、共分散推定器1003の実行環境は、直交基底ベクトルおよび決定された空間共分散を使用して、決定された空間共分散

【0093】

【数19】

$$\hat{R}$$

【0094】

よりも低い次元の行列である共分散推定値を生成する。UE61は次いで、量子化されたA601をeNB60にフィードバックし得る。上記のように、eNB60が基底ベクトルの数を設定するのみであることも考えられる。そのような場合、UE61は、決定された基底ベクトルのインデックスのほか、量子化されたA601もeNB60にフィードバックし得る。

10

【0095】

UE901が決定された基底ベクトル $\{(k, l)\}$ のインデックスをフィードバックするそのような態様では、UE901は、基底ベクトルの数もフィードバックし得る。直交基底ベクトルが基地局によって構成される追加の態様では、UE901は、決定された基底ベクトルのインデックスまたは基底ベクトルの数を伴わずに共分散推定値をフィードバックするのみであり得る。さらに、代替態様は、基底ベクトルの数を設定する基地局をもたらすことができ、その場合にUE901が基地局からの基底ベクトルの数を使用して直交ベクトルのセットを決定する。そのような追加の態様では、UE901は、共分散推定値および決定された基底ベクトルのインデックスをフィードバックし得る。

20

【0096】

空間共分散、

【0097】

【数20】

$$\hat{R}$$

30

【0098】

を共分散推定値Aに圧縮した後、共分散フィードバックのオーバーヘッドが、量子化を通じてさらに低減され得る。基底ベクトルの数Nが最大ランクを示す基底ベクトルのセット、 $\{i\}_{i=0, \dots, N-1}$ の場合、低次元行列Aは、

【0099】

【数21】

$$A = \Psi^H \hat{R} \Psi$$

40

【0100】

として表される。N \leq N_T であるので、Aのために要素ごとの量子化を適用することが可能である。オーバーヘッドは、エルミート対称性を活用することによってさらに低減され得る。N=2の場合、Aは、3つの一意のエントリまたは対角エントリの2つの実数値および1つの複素数エントリを有する 2×2 行列である。N=4の場合、Aは、10個の一意のエントリまたは対角エントリの4つの実数値および6つの複素数エントリを有する 4×4 行列である。

【0101】

【数22】

50

$$\hat{a}_{ii}$$

【 0 1 0 2 】

によって示される第*i*の対角線に対応する実数エントリは、複数ビットー様量子化を使用して正規化され得、複素数エントリは、 $[0, 2\pi]$ の位相のための複数ビットー様量子化および振幅の複数ビットー様量子化を使用して量子化され得る。複数ビット量子化は、2ビット、4ビットなどとして実施され得る。例示的な一態様では、4ビットー様量子化が使用され得る。そのような例示的な態様では、Aのための総量子化オーバーヘッドは、

10

【 0 1 0 3 】

【数 2 3 】

$$C_N^1 \times 4 + C_N^2 \times 8$$

【 0 1 0 4 】

であり、たとえば、 $N=2$ の場合は $4 \times 2 + 1 \times 2 \times 4 = 16$ ビットであり、 $N=4$ の場合は $4 \times 4 + 6 \times 2 \times 4 = 64$ ビットである。

20

【 0 1 0 5 】

図7Aおよび図7Bは、本開示の態様に従って構成されたeNB60およびUE61からのCSI報告ストリーム70および71を示すブロック図である。周期CSI報告の場合、UE61は、決定された基底ベクトル $\{(k, l)\}$ の数に対応する第1のRI700/704、ならびに決定された基底ベクトルのセット $\{(k, l)\}$ およびビームインデックス (k, l) を含む第2の報告701~702/705~708を報告するものとする。決定された基底ベクトルのビームインデックス(PMI)は、最良のものから最悪のものへの順序に従って、703に示すように巡回的に報告される。第1の報告の期間は $M_{RI} \cdot N_{pd}$ 個のサブフレームであることに留意されたい。第2の報告における各基底ベクトルの期間は $N_{RI} \cdot N_{pd}$ 個のサブフレームであり、 N_{RI} は最後の報告RIから決定される。 M_{RI} と N_{pd} の両方は、上位レイヤシグナリングによって設定され得る。

30

【 0 1 0 6 】

非周期CSI報告の場合、UE61は、決定された基底ベクトル $\{(k, l)\}$ の数および関連するビームインデックス、行列Aの要素ごとの量子化係数 $\{a_{i,j}\}$ をeNB60に報告し得る。係数および基底ベクトルのインデックスは、eNB60からのCSIトリガリングシグナリングに従って、別個にまたは一緒に同じサブフレームにおいて報告されてよい。下のTable 1(表1)は、本開示の様々な態様による、空間分散推定のために構成された32×偏波アンテナアレイのための空間分散フィードバックのオーバーヘッド推定の一例を特定する。

【 0 1 0 7 】

40

【表 1】

$(N_1, N_2, O_1, O_2) = (8, 2, 8, 8)$	N=2	N=4
基底ベクトルのインデックス	$2 \times 10 = 20$ ビット	$4 \times 10 = 40$ ビット
行列 A の係数	$4 \times 2 + 1 \times 2 \times 4 = 16$ ビット	$4 \times 4 + 6 \times 2 \times 4 = 64$ ビット
総オーバーヘッド	36 ビット	104 ビット

Table 1

【0108】

図8は、本開示の一態様に従って構成されたeNB800とUE801との間の通信ダイアログを示すブロック図である。提案されている空間共分散フィードバック手法は、2段階フィードバックによりハイブリッドCSI-RSベースのFD-MIMOを強化し得る。802において、eNB800は、(たとえば、8個、12個、16個、32個、または64個のポートで構成された)プリコーディングされていないCSI-RSを送信する。強化型ハイブリッドCSI-RSの第1の段階では、UE801は803において、プリコーディングされていないCSI-RSを測定し、圧縮された空間共分散行列Aをフィードバックする。次いでeNB800は、804において(たとえば、1個、2個、4個、または8個のポートで構成された)UE固有のビームフォーミングされたCSI-RSを送信する。強化型ハイブリッドCSI-RSの第2の段階では、UE801は805において、第1の段階の報告の空間共分散フィードバックに基づいてプリコーディングされた、ビームフォーミングされたCSI-RSを測定し、短期CSIフィードバックを報告する。806において、共分散推定値と短期CSIフィードバックの両方を使用して、eNB800は、806においてPDSCHを介してデータ送信を構成し得る。

【0109】

図9Aは、本開示の一態様に従って構成されたeNB900とUE901との間の通信ダイアログを示すブロック図である。902において、eNB900は、エレベーション次元およびアジマス次元におけるアンテナポートの数(N_1, N_2)ならびにオーバーサンプリング因子(O_1, O_2)をシグナリングする。送信は、たとえば、RRCシグナリングを介して発生し得る。903において、eNB900は、プリコーディングされていないCSI-RSを送信する。図9Aに関して示し説明する例示的な態様では、UE901は、904において直交基底ベクトルを選択し、要素ごとの量子化係数とともに、低減された次元の共分散推定値Aを計算する。

【0110】

905において、UE901は、PUCCH/PUSCHを介して、共分散推定値A、および選択された基底ベクトルを報告する。906において、eNB900は、ビームフォーミング重みを使用して、ビームフォーミングされたCSI-RSを生成する。強化型ハイブリッドCSI-RSフィードバック動作の第2の段階で、ビームフォーミングされたCSI-RSをプリコーディングするために、2つのオプションが使用され得る。第1の手法では、ビームフォーミング重みは、報告されたDFTベースの基底ベクトルに基づき得る(BF重み=)。第2の手法では、ビームフォーミング重みは、空間共分散フィードバックの固有ベクトルに基づき得る(BF重み= 固有(A))。第2の手法は、より良好なパフォーマンスを達成し得るが、小さい角拡散を有するチャネルの場合、固有ベクトルは、DFTベクトルによって十分に近似され得、その場合に第1の手法は、第2の手法と同様のパフォーマンスを有し得る。

【0111】

907において、eNB900は、2つのプリコーディング手法のうちの1つに従って形成されたビームフォーミングされたCSI-RSを送信する。908において、UE901は、ビームフォーミングされたCSI-RSに基づいて短期PMI-CQI/RIを送信する。強化型ハイブリッドCSI-RS

フィードバックの両方の段階を使用して、eNB900は、PDSCH送信を介して909においてダウンリンクデータ送信を構成する。

【0112】

図9Bは、本開示の別の態様に従って構成されたeNB900とUE901との間の通信ダイアログを示すブロック図である。eNB900は902において、ここでも、アンテナの数およびオーバーサンプリング因子を送信することによって、強化型ハイブリッドCSI-RSフィードバック動作を開始する。図9Bに示す追加の態様では、eNB900は、910において、UE901に基底ベクトルのインデックスを送信することによって、基底ベクトルを構成する。図9Aに示す態様と同様に、eNB900は、プリコーディングされていないCSI-RSを送信する。911において、eNB900によって構成された基底ベクトルを用いて、UE901は、要素ごとの量子化係数において、低減された次元の共分散行列Aを計算する。UE901は、912においてPUSCHを介して共分散推定値を報告する。

10

【0113】

強化型ハイブリッドCSI-RSフィードバックの残りの動作は、図9Aに示すものと同様である。906において、プリコーディング手法のうちの1つを使用して、eNB900は、ビームフォーミングされたCSI-RSを生成し、907においてそれを送信する。UE901は908において、ビームフォーミングされたCSI-RSを測定し、短期PMI-CQI/RIを報告する。CSI報告の両方の段階を使用して、eNB900は、909においてPDSCHを介してダウンリンクデータ送信を構成する。

【0114】

20

本開示の様々な態様は、記憶されたコードが1つまたは複数のコンピュータまたはプロセッサによって実行されたときに、態様の特徴および機能を実行する非一時的コンピュータ可読媒体を通じるなどして、また命令が実行されたときに、装置が態様の特徴および機能を実行するように構成され得るような、1つまたは複数のプロセッサおよびプロセッサに結合されたメモリを有する装置を通じるなどして、異なる実装形態を含み得ることを、当業者は理解されよう。以下の態様は、本明細書とともに出願された特許請求の範囲とは異なるフォーマットで本開示の様々な態様を反映する記述を表す。

【0115】

本開示は、プログラムコードを記録した非一時的コンピュータ可読媒体などの第1の態様を含み、プログラムコードは、
基地局から受信されたプリコーディングされていないCSI-RSを測定することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、
直交基底ベクトルのセットを取得することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、
基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、
ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、
基地局にCSI報告を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードとを含む。

30

40

【0116】

第1の態様に基づいて、第2の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、直交基底ベクトルのセットを取得することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードは、基地局から直交基底ベクトルのセットを受信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードであって、直交基底ベクトルのセットは、アップリンク受信信号の推定値に基づく、プログラムコードを含む。

【0117】

第1の態様に基づいて、第3の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、直交基底ベクトルのセットを取得することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードは、

50

プリコーディングされていないCSI-RSの測定値に基づいて離散フーリエ変換(DFT)ベクトルの第1のセットを計算することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、DFTベクトルの第1のセットのうちの最も大きい値を有する支配的DFTベクトルを識別することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、支配的DFTベクトルに直交するDFTベクトルの第2のセットを決定することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、しきい値を下回る値を有する複数のDFTベクトルをDFTベクトルの第2のセットから除去することによって、直交基底ベクトルのセットを生成することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードとを含む。

10

【0118】

第3の態様に基づいて、第4の態様の非一時的コンピュータ可読媒体は、支配的DFTベクトルのインデックスおよび直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルのインデックスのセットを送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードをさらに含む。

【0119】

第1の態様に基づいて、第5の態様の非一時的コンピュータ可読媒体は、プリコーディングされていないCSI-RSの空間共分散を決定することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を空間共分散推定値に圧縮することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードと、基地局に空間共分散推定値を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードとをさらに含む。

20

【0120】

第5の態様に基づいて、第6の態様の非一時的コンピュータ可読媒体は、送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードの実行前に、空間共分散推定値の要素ごとの量子化を実行することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードをさらに含む。

30

【0121】

第6の態様に基づいて、第7の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、要素ごとの量子化は、空間共分散推定値の実数エントリに対する第1のマルチビット様量子化と、空間共分散推定値の複素数エントリに対する[0,2]の位相のための第2のマルチビット様量子化と、振幅の第3のマルチビット様量子化とを含む。

【0122】

第7の態様に基づいて、第8の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、第1、第2、および第3のマルチビット様量子化は、4ビット様量子化である。

40

【0123】

第5の態様に基づいて、第9の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、空間共分散推定値を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードは、既定の期間に発生し、直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルの数に対応するランクを含む第1の報告を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードであって、第1の報告は、上位レイヤシグナリングによって設定された第1の期間に送信される、プログラムコードと、直交基底ベクトルのセット、空間共分散推定値におけるベクトルの各々のビームインデッ

50

クスを含む第2の報告を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードであって、第2の報告は、第1の報告に部分的に基づいて第2の期間に送信される、プログラムコードとを含む。

【0124】

第9の態様に基づいて、第10の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、空間共分散推定値におけるベクトルの各々のビームインデックスは、最高値を有する共分散推定値における第1のベクトルに関するビームインデックスから最低値を有する共分散推定値における最後のベクトルへと巡回的に報告される。

【0125】

第9の態様に基づいて、第11の態様の非一時的コンピュータ可読媒体は、基地局に空間共分散推定値を報告するためのトリガ信号を受信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードをさらに含み、空間共分散推定値を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードは、直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルの数、直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルの各々のビームインデックス、空間共分散推定値の1つまたは複数の行列係数の要素ごとの量子化を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードを含む。

【0126】

第11の態様に基づいて、第12の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、ビームインデックスおよび1つまたは複数の行列係数の要素ごとの量子化を送信することをコンピュータに行わせるためのプログラムコードは、トリガ信号に基づいて同じサブフレームにおいて、別個にまたは一緒にのどちらかで実行される。

【0127】

第5の態様に基づいて、第13の態様の非一時的コンピュータ可読媒体において、ビームフォーミングされたCSI-RSは、空間共分散推定値における直交基底ベクトルのセットのDFTベクトルのセット、または共分散推定値の固有ベクトルのうちの1つに基づいてプリコーディングされる。

【0128】

本開示は、第1から第13の態様の任意の組合せの非一時的コンピュータ可読媒体をさらに含む第14の態様を含む。

【0129】

第15の態様に基づいて、ワイヤレス通信のために構成された装置が、少なくとも1つのプロセッサと、少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリとを備え、少なくとも1つのプロセッサは、基地局から受信されたプリコーディングされていないCSI-RSを測定することと、直交基底ベクトルのセットを取得することと、基地局から受信されたビームフォーミングされたCSI-RSを測定することと、ビームフォーミングされたCSI-RSの測定値に基づいてCSI報告を生成することと、基地局にCSI報告を送信することとを行うように構成される。

【0130】

第15の態様に基づいて、第16の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、直交基底ベクトルのセットを取得するような少なくとも1つのプロセッサの構成は、基地局から直交基底ベクトルのセットを受信するような構成を含み、直交基底ベクトルのセットは、アップリンク受信信号の推定値に基づく。

【0131】

10

20

30

40

50

第15の態様に基づいて、第17の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、直交基底ベクトルのセットを取得するような少なくとも1つのプロセッサの構成は、プリコーディングされていないCSI-RSの測定値に基づいて離散フーリエ変換(DFT)ベクトルの第1のセットを計算することと、

DFTベクトルの第1のセットのうちの最も大きい値を有する支配的DFTベクトルを識別することと、

支配的DFTベクトルに直交するDFTベクトルの第2のセットを決定することと、

しきい値を下回る値を有する複数のDFTベクトルをDFTベクトルの第2のセットから除去することによって、直交基底ベクトルのセットを生成することと

を行うような少なくとも1つのプロセッサの構成を含む。

10

【0132】

第17の態様に基づいて、第18の態様のワイヤレス通信のために構成された装置は、支配的DFTベクトルのインデックスおよび直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルのインデックスのセットを送信するような少なくとも1つのプロセッサの構成をさらに含む。

【0133】

第15の態様に基づいて、第19の態様のワイヤレス通信のために構成された装置は、プリコーディングされていないCSI-RSの空間共分散を決定することと、

直交基底ベクトルのセットを使用して空間共分散を空間共分散推定値に圧縮することと、基地局に空間共分散推定値を送信することと

を行うような少なくとも1つのプロセッサの構成をさらに含む。

20

【0134】

第19の態様に基づいて、第20の態様のワイヤレス通信のために構成された装置は、送信するような少なくとも1つのプロセッサの構成の実行前に、空間共分散推定値の要素ごとの量子化を実行するような少なくとも1つのプロセッサの構成をさらに含む。

【0135】

第20の態様に基づいて、第21の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、要素ごとの量子化は、

空間共分散推定値の実数エントリに対する第1のマルチビット様量子化と、

空間共分散推定値の複素数エントリに対する[0,2]の位相のための第2のマルチビット様量子化と、

振幅の第3のマルチビット様量子化と

を含む。

30

【0136】

第21の態様に基づいて、第22の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、第1、第2、および第3のマルチビット様量子化は、4ビット様量子化である。

【0137】

第19の態様に基づいて、第23の態様のワイヤレス通信のために構成された装置は、

直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルの数に対応するランクを含む第1の報告を送信することであって、第1の報告は、上位レイヤシグナリングによって設定された第1の期間に送信される、送信することと、

直交基底ベクトルのセット、空間共分散推定値におけるベクトルの各々のビームインデックスを含む第2の報告を送信することであって、第2の報告は、第1の報告に部分的に基づいて第2の期間に送信される、送信することと

40

を行うような少なくとも1つのプロセッサの構成をさらに含む。

【0138】

第23の態様に基づいて、第24の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、空間共分散推定値におけるベクトルの各々のビームインデックスは、最高値を有する空間共分散推定値における第1のベクトルに関するビームインデックスから最低値を有する共分散推定値における最後のベクトルへと巡回的に報告される。

【0139】

50

第19の態様に基づいて、第25の態様のワイヤレス通信のために構成された装置は、基地局に空間共分散推定値を報告するためのトリガ信号を受信するような少なくとも1つのプロセッサの構成をさらに含み、空間共分散推定値を送信するような少なくとも1つのプロセッサの構成は、直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルの数、直交基底ベクトルのセットにおけるベクトルの各々のビームインデックス、空間共分散推定値の1つまたは複数の行列係数の要素ごとの量子化を送信するような構成を含む。

【0140】

第25の態様に基づいて、第26の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、ビームインデックスおよび1つまたは複数の行列係数の要素ごとの量子化を送信するような少なくとも1つのプロセッサの構成は、トリガ信号に基づいて同じサブフレームにおいて、別個にまたは一緒にのどちらかで実行される。

10

【0141】

第19の態様に基づいて、第27の態様のワイヤレス通信のために構成された装置において、ビームフォーミングされたCSI-RSは、直交基底ベクトルのセットのDFTベクトルのセット、または空間共分散推定値の固有ベクトルのうちの1つに基づいてプリコーディングされる。

【0142】

本開示は、第15から第27の態様の任意の組合せのワイヤレス通信のために構成された装置をさらに含む第28の態様を含む。

【0143】

20

情報および信号は、多種多様な技術および技法のいずれかを使用して表されてもよいことを、当業者は理解されよう。たとえば、上記の説明全体にわたって参照される場合があるデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、およびチップは、電圧、電流、電磁波、磁場もしくは粒子、光場もしくは光粒子、またはそれらの任意の組合せによって表されてもよい。

【0144】

本明細書で説明する機能ブロックおよびモジュールは、プロセッサ、電子デバイス、ハードウェアデバイス、電子構成要素、論理回路、メモリ、ソフトウェアコード、ファームウェアコードなど、またはそれらの任意の組合せを備え得る。

【0145】

30

本明細書の開示に関して説明する様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実装され得ることを、当業者はさらに諒解されよう。ハードウェアとソフトウェアのこの互換性を明確に示すために、様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、およびステップについて、概してそれらの機能性に関して上記で説明した。そのような機能がハードウェアとして実装されるか、ソフトウェアとして実装されるかは、特定の適用例およびシステム全体に課される設計制約によって決まる。当業者は説明した機能を特定の適用例ごとに様々な方法で実装してもよいが、そのような実装決定は、本開示の範囲からの逸脱を引き起こすものと解釈されるべきでない。当業者はまた、本明細書で説明する構成要素、方法、または相互作用の順序または組合せは例にすぎないこと、および、本開示の様々な態様の構成要素、方法、または相互作用は、本明細書で図示および説明する方法とは異なる方法において組み合わせられるか、または実行される場合があることを容易に認識されよう。

40

【0146】

本明細書の開示に関して説明する様々な例示的な論理ブロック、モジュール、および回路は、本明細書で説明する機能を実行するように設計された、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)もしくは他のプログラマブル論理デバイス、個別ゲートもしくはトランジスタ論理、個別ハードウェア構成要素、またはそれらの任意の組合せを用いて、実装または実行される場合がある。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであってよいが、代替として

50

、プロセッサは、任意の従来のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、またはステートマシンであってよい。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえば、DSPとマイクロプロセッサとの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携した1つもしくは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装され得る。

【0147】

本明細書の開示に関して説明する方法またはアルゴリズムのステップは、直接ハードウェアにおいて、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールにおいて、またはその2つの組合せにおいて具現化され得る。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD-ROM、または当技術分野において知られている任意の他の形態の記憶媒体に存在する場合がある。例示的な記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体から情報を読み取ること、および記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに結合される。代替として、記憶媒体は、プロセッサと一体化してよい。プロセッサおよび記憶媒体は、ASICに存在する場合がある。ASICはユーザ端末に存在する場合がある。代替として、プロセッサおよび記憶媒体は、個別構成要素としてユーザ端末に存在する場合がある。

【0148】

1つまたは複数の例示的な設計では、説明した機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組合せにおいてコンピュータ実行可能命令を通じて実装されてもよい。ソフトウェアで実装される場合、機能は、1つもしくは複数の命令またはコードとして、コンピュータ可読媒体上に記憶されてもよく、またはコンピュータ可読媒体を介して送信されてもよい。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ記憶媒体と、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの伝達を容易にする任意の媒体を含む通信媒体の両方を含む。コンピュータ可読記憶媒体は、汎用または専用コンピュータによってアクセスされ得る任意の利用可能な媒体であり得る。限定ではなく例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMまたは他の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージまたは他の磁気ストレージデバイス、あるいは命令またはデータ構造の形態の所望のプログラムコード手段を搬送または記憶するために使用され得、汎用もしくは専用コンピュータ、または汎用もしくは専用プロセッサによってアクセスされ得る任意の他の媒体を備えることができる。また、接続は、コンピュータ可読媒体と適切に呼ばれる場合がある。たとえば、ソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、またはデジタル加入者回線(DSL)を使用して、ウェブサイト、サーバ、または他のリモートソースから送信される場合、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、またはDSLは、媒体の定義に含まれる。本明細書で使用するディスク(disk)およびディスク(disc)は、コンパクトディスク(disc)(CD)、レーザーディスク(登録商標)(disc)、光ディスク(disc)、デジタル多用途ディスク(disc)(DVD)、フロッピーディスク(disk)およびblu-rayディスク(disc)を含み、ディスク(disk)は通常、データを磁氣的に再生し、ディスク(disc)は、レーザーを用いてデータを光学的に再生する。上記の組合せもまた、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるべきである。

【0149】

特許請求の範囲を含む本明細書で使用する「および/または」という用語は、2つ以上の項目の列挙において使用されるとき、列挙される項目のうちのいずれか1つが単独で採用され得ること、または列挙される項目のうちの2つ以上の任意の組合せが採用され得ることを意味する。たとえば、組成物が、構成要素A、B、および/またはCを含むものとして説明される場合、その組成物は、A単体、B単体、C単体、AおよびBを組み合わせ、AおよびCを組み合わせ、BおよびCを組み合わせ、またはA、B、およびCを組み合わせ含むことができる。また、特許請求の範囲を含む本明細書で使用する「のうちの少なくとも1つ」で終わる項目の列挙において使用される「または」は、たとえば、「A、B、またはCのうちの少なくとも1つ」という列挙が、AまたはBまたはCまたはABまたはACまたは

10

20

30

40

50

BCまたはABC(すなわち、AおよびBおよびC)、あるいはそれらの任意の組合せにおけるこれらのいずれかを意味するような、選言的な列挙を示す。

【 0 1 5 0 】

本開示のこれまでの説明は、任意の当業者が本開示を作製または使用できるようにするために提供される。本開示の様々な変更が当業者に容易に明らかになり、本明細書で定義する一般原理は、本開示の趣旨または範囲から逸脱することなく他の変形形態に適用されてもよい。したがって、本開示は、本明細書で説明した例および設計に限定されるものでなく、本明細書で開示した原理および新規の特徴と一致する最も広い範囲を与えられるべきである。

【符号の説明】

10

【 0 1 5 1 】

30 2Dアクティブアンテナアレイ、アクティブアンテナアレイ

40 構造物

41 構造物

60 eNB

61 UE

70 CSI報告ストリーム

71 CSI報告ストリーム

100 ワイヤレスネットワーク

105 発展型ノードB(eNB)、基地局/eNB

20

105a eNB

105b eNB

105c eNB

105x eNB

105y eNB

105z eNB、スモールセルeNB

110a マクロセル

110b マクロセル

110c マクロセル

110x スモールセル

30

110y スモールセル

110z スモールセル

115 UE

115z UE

125 通信リンク

134 ワイヤードバックホール通信

212 データソース

220 送信プロセッサ

230 送信(TX)多入力多出力(MIMO)プロセッサ

232 変調器、復調器

40

232a ~ 232t 変調器(MOD)、変調器/復調器

234 アンテナ

234a ~ 234t アンテナ

236 MIMO検出器

238 受信プロセッサ、プロセッサ

239 データシンク

240 コントローラ/プロセッサ

244 スケジューラ

242 メモリ

252a ~ 252r アンテナ

50

254	復調器	
254a ~ 254r	復調器(DEMOD)、変調器、変調器/復調器	
256	MIMO検出器	
258	受信プロセッサ	
260	データシンク	
262	データソース	
264	送信プロセッサ	
266	TX MIMOプロセッサ	
280	コントローラ/プロセッサ	
282	メモリ	10
400	基地局	
401	プリコーディングされていないCSI-RS	
402	PDSCH	
403	UE	
404	UE	
405	UE	
406	UE	
407	基地局	
408 ~ 410	CSI-RSリソース	
411	UE	20
412	UE	
413	UE	
414	UE	
415	UEグループ	
416	UEグループ	
601	CSI-RS、量子化されたA	
700	第1のRI	
701	第2の報告	
702	第2の報告	
704	第1のRI	30
705 ~ 708	第2の報告	
800	eNB	
801	UE	
900	eNB	
901	UE	
1001a ~ r	ワイヤレス無線機	
1002	基底ベクトル	
1003	共分散推定器論理、共分散推定器	
1005	測定論理	
1006	CSI報告生成器	40

【図面】

【図 1】

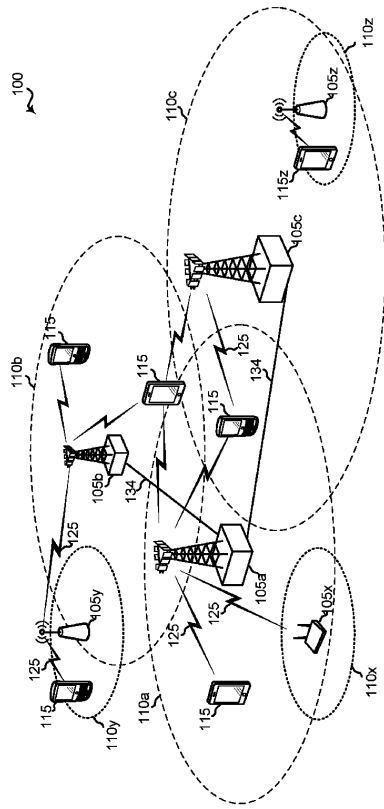
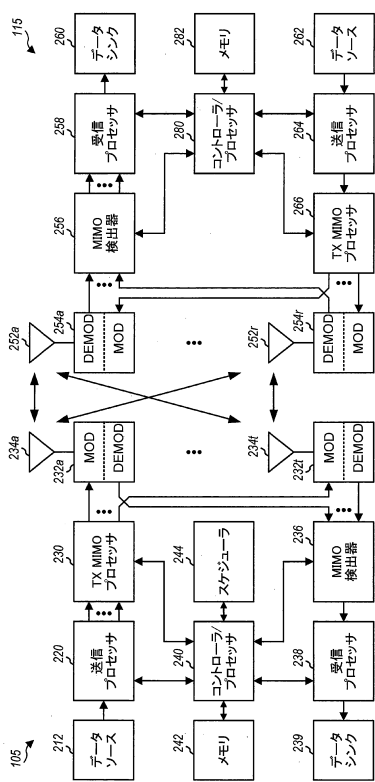


FIG. 1

【図 2】



【図 3】

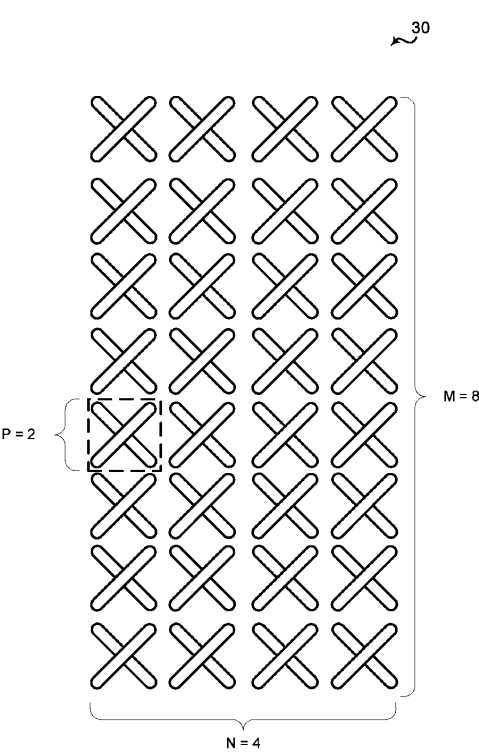


FIG. 3

【図 4 A】

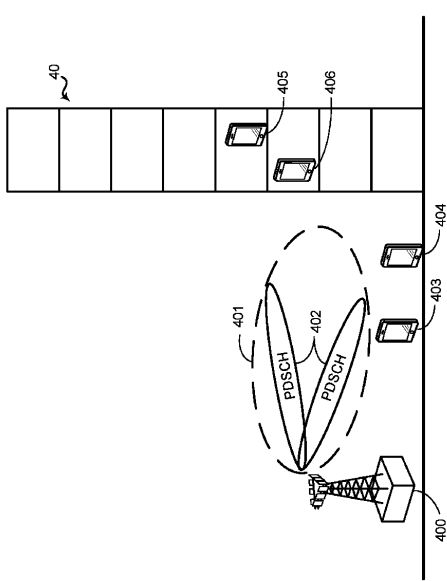


FIG. 4A

10

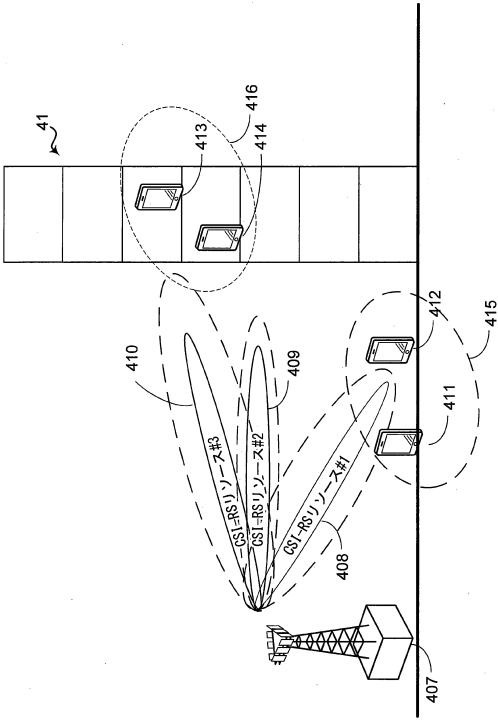
20

30

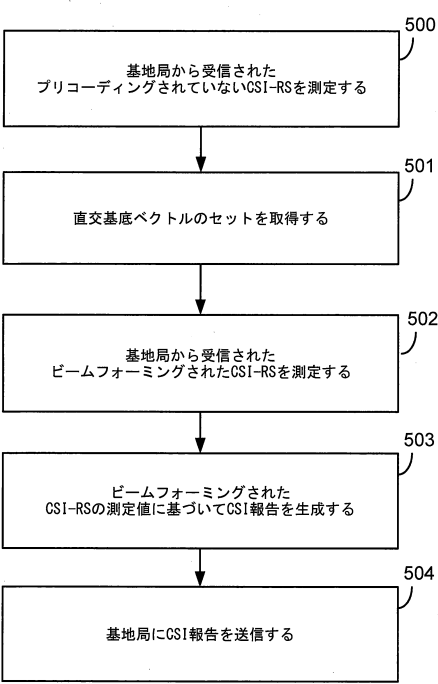
40

50

【図 4 B】



【図 5】



【図 6】

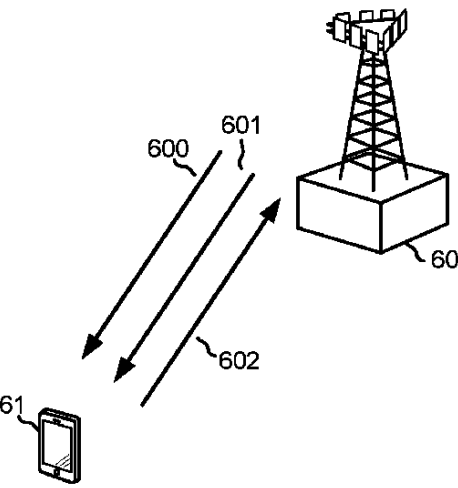
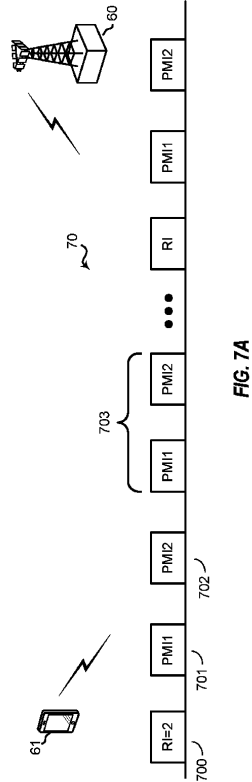


FIG. 6

【図 7 A】



10

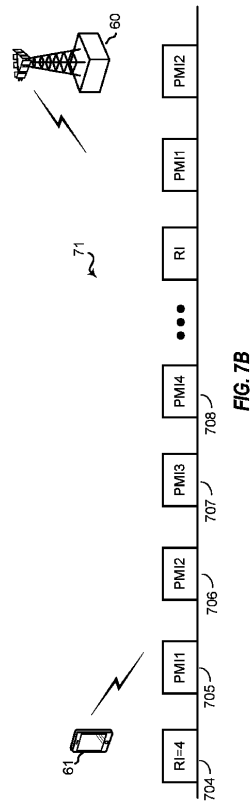
20

30

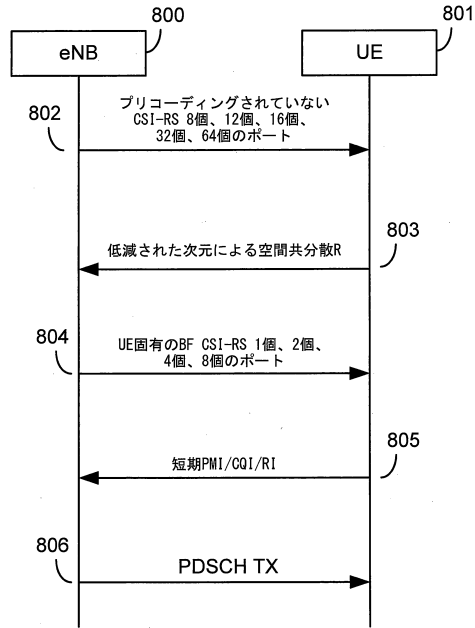
40

50

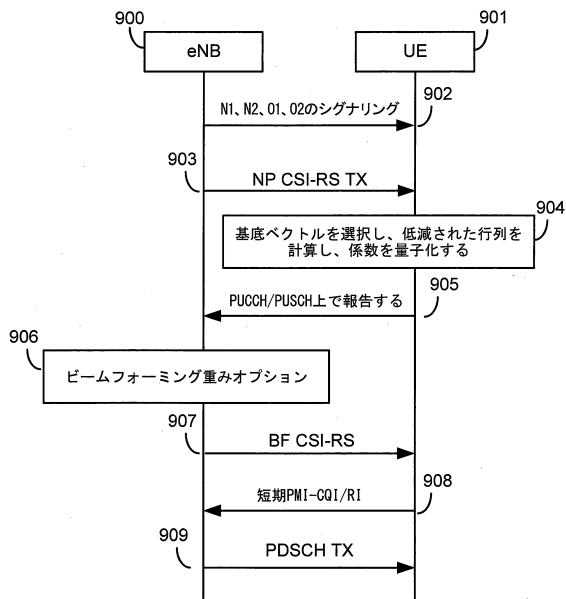
【図 7 B】



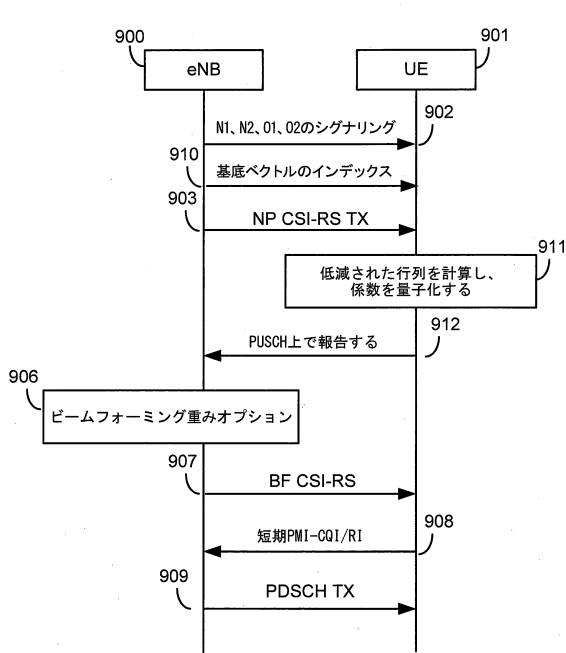
【図 8】



【図 9 A】



【図 9 B】



10

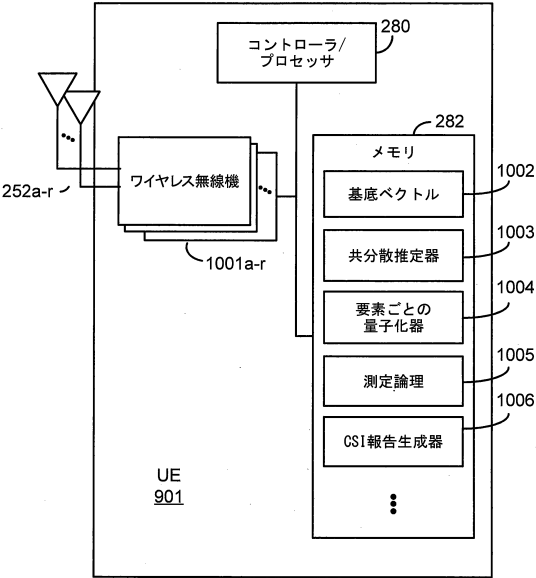
20

30

40

50

【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B	7/0413(2017.01)	H 0 4 B	7/0413	3 0 0
H 0 4 W	16/28 (2009.01)	H 0 4 W	16/28	1 3 0
H 0 4 W	72/04 (2009.01)	H 0 4 W	72/04	1 3 6

1 2 1 - 1 7 1 4 ・ サン ・ ディエゴ ・ モアハウス ・ ドライヴ ・ 5 7 7 5

(72)発明者 リアンミン ・ ウ

アメリカ合衆国 ・ カリフォルニア ・ 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4 ・ サン ・ ディエゴ ・ モアハウス ・ ドライヴ ・ 5 7 7 5

(72)発明者 ネン ・ ワン

アメリカ合衆国 ・ カリフォルニア ・ 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4 ・ サン ・ ディエゴ ・ モアハウス ・ ドライヴ ・ 5 7 7 5

審査官 川口 貴裕

(56)参考文献 特表 2 0 1 5 - 5 1 3 2 5 7 (J P , A)

Samsung , Handling collision between nonPrecoded type and beamformed type CSI reports [online] , 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #84 R1-160534 , インターネット <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84/Docs/R1-160534.zip> , 2016年02月05日

Samsung , CSI test case design for Class A[online] , 3GPP TSG-RAN WG4 Meeting #78 R4-160072 , インターネット <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG4_Radio/TSGR4_78/Docs/R4-160072.zip> , 2016年02月04日

CATT , Beam selection for CSI-RS beamforming[online] , 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #80 bis R1-151365 , インターネット <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_80b/Docs/R1-151365.zip> , 2015年04月11日

Motorola , Spatial Correlation Feedback to Support LTE-A MU-MIMO and CoMP: System Operation and Performance Results[online] , 3GPP TSG-RAN WG1 #57 R1-092221 , インターネット <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_57/Docs/R1-092221.zip> , 2009年05月07日

ZTE , Discussion on CSI Process and CSI-RS Resource Definitions[online] , 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #82 R1-154378 , インターネット <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_82/Docs/R1-154378.zip> , 2015年08月15日

Samsung , Draft CR on mismatched FD-MIMO configuration fields between 36.213 and 36.331[online] , 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #84 R1-160522 , インターネット <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84/Docs/R1-160522.zip> , 2016年02月05日

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 B 7 / 0 2 - 7 / 1 2

H 0 4 W 1 6 / 2 8

H 0 4 W 2 4 / 1 0

H 0 4 W 7 2 / 0 4

H 0 4 L 2 7 / 2 6

3 G P P T S G R A N W G 1 - 4

3 G P P T S G S A W G 1 - 2

3 G P P T S G C T W G 1