

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6741382号
(P6741382)

(45) 発行日 令和2年8月19日 (2020.8.19)

(24) 登録日 令和2年7月29日 (2020.7.29)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 B 7/0456 (2017.01)	HO 4 B 7/0456 1 1 0
HO 4 B 7/06 (2006.01)	HO 4 B 7/0456 3 0 0
HO 4 B 7/0417 (2017.01)	HO 4 B 7/06 9 5 6
HO 4 L 27/26 (2006.01)	HO 4 B 7/0417
HO 4 W 24/10 (2009.01)	HO 4 B 7/06 1 0 0
請求項の数 18 (全 54 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2019-107680 (P2019-107680)	(73) 特許権者	390020248
(22) 出願日	令和1年6月10日 (2019.6.10)		日本テキサス・インスツルメンツ合同会社
(62) 分割の表示	特願2015-557217 (P2015-557217)		東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
原出願日	平成26年2月12日 (2014.2.12)	(73) 特許権者	507107291
(65) 公開番号	特開2019-195189 (P2019-195189A)		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(43) 公開日	令和1年11月7日 (2019.11.7)		レイテッド
審査請求日	令和1年7月9日 (2019.7.9)		アメリカ合衆国 テキサス州 75265
(31) 優先権主張番号	61/770,705		-5474 ダラス メール ステーショ
(32) 優先日	平成25年2月28日 (2013.2.28)		ン 3999 ビーオーボックス 655
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		474
(31) 優先権主張番号	61/763,804	(74) 上記1名の代理人	100098497
(32) 優先日	平成25年2月12日 (2013.2.12)		弁理士 片寄 恭三
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LTEにおける4TXコードブックエンハンスメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

4つのアンテナポートを有するシステムにおける無線通信の方法であって、
遠隔トランシーバから第1のグループのプリコーディング行列インジケータ (PMI)
ビットと第2のグループのPMIビットとを含む信号を受信することであって、前記第1
のグループのPMIビットがプリコーディング行列 W_1 を示し、前記第2のグループのP
MIビットがプリコーディング行列 W_2 を示し、各 W_1 行列が、 $[0^\circ, 360^\circ]$ の到
来角度の部分空間を均一にサンプリングする、4つの分散型非隣接離散フーリエ変換 (D
FT) ビームを含む、前記受信することと、

W_1 と W_2 との行列乗算に起因するプリコーディング行列を用いて1つ以上のデータの
ストリームをコーディングすることと、

前記コーディングされた1つ以上のデータのストリームを前記遠隔トランシーバに送信
することと、

を含む、方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、

前記行列 W_1 が第1のコードブック内にあり、前記行列 W_2 が第2のコードブック内に
ある、方法。

【請求項3】

請求項1に記載の方法であって、

10

20

前記第 1 のグループの PMI ビットの数前記第 2 のグループ PMI ビットの数に等しい、方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記第 1 のグループの PMI ビットの数 4 である、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記第 2 のグループの PMI ビットの数 4 である、方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記 W_1 が広帯域プレコーディング行列である、方法。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記 W_2 が狭帯域プレコーディング行列である、方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記第 2 のグループの PMI ビットが周波数選択的である一方で、前記第 1 のグループの PMI ビットが全体のシステム帯域幅を表す、方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記第 1 のグループの PMI ビットが前記第 2 のグループの PMI ビットよりも低い頻度で受信される、方法。

20

【請求項 10】

4 つのアンテナポートを有するシステムにおける無線通信の方法であって、
遠隔トランシーバから第 1 のグループのプリコーディング行列インジケータ (PMI) ビットと第 2 のグループの PMI ビットとを含む信号を送信することであって、前記第 1 のグループの PMI ビットがプレコーディング行列 W_1 を示し、前記第 2 のグループの PMI ビットがプレコーディング行列 W_2 を示し、各 W_1 行列が、 $[0^\circ, 360^\circ]$ の到来角度の部分空間を均一にサンプリングする、4 つの分散型非隣接離散フーリエ変換 (DFT) ビームを含む、前記送信することと、
前記遠隔トランシーバにおいて、 W_1 と W_2 との行列乗算から導き出されるプレコーディング行列を用いて 1 つ以上のデータのストリームを受信することと、
1 つ以上のデータのストリームをデコーディングすることと、
を含む、方法。

30

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法であって、
前記行列 W_1 が第 1 のコードブック内にあり、前記行列 W_2 が第 2 のコードブック内にある、方法。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の方法であって、
前記第 1 のグループの PMI ビットの数前記第 2 のグループ PMI ビットの数に等しい、方法。

40

【請求項 13】

請求項 10 に記載の方法であって、
前記第 1 のグループの PMI ビットの数 4 である、方法。

【請求項 14】

請求項 10 に記載の方法であって、
前記第 2 のグループの PMI ビットの数 4 である、方法。

【請求項 15】

請求項 10 に記載の方法であって、

50

前記 W_1 が広帯域プレコーディング行列である、方法。

【請求項 16】

請求項 10 に記載方法であって、

前記 W_2 が狭帯域プレコーディング行列である、方法。

【請求項 17】

請求項 10 に記載の方法であって、

前記第 2 のグループの PMI ビットが周波数選択的である一方で、前記第 1 のグループの PMI ビットが全体のシステム帯域幅を表す、方法。

【請求項 18】

請求項 10 に記載の方法であって、

前記第 1 のグループの PMI ビットが前記第 2 のグループの PMI ビットよりも低い頻度で受信される、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、ワイヤレス電話通信などのワイヤレス通信に関する。

【背景技術】

【0002】

開示される実施形態は、ワイヤレス通信システムに関し、詳細には、多入力多出力 (MIMO: multi-input multi output) 伝送用の、物理ダウンリンク共有チャンネル (PDSCH: Physical Downlink Shared Channel) データと、コードブックベースのフィードバックを備えた専用の参照信号とのプリコーディングに関する。

【0003】

直交周波数分割多重方式 (OFDM) を用いて、多数のシンボルが、直交性を提供するように離間された複数のキャリアで伝送される。OFDM モジュレータは、通常、データシンボルを直列 - 並列コンバータに取り込み、直列 - 並列コンバータの出力が周波数領域データシンボルとみなされる。帯域のいずれかの端部の周波数領域トーンは、ゼロにセットされ得、ガードトーンと呼ばれる。これらのガードトーンにより、OFDM 信号は適切なスペクトルマスクに適合される。周波数領域トーンのいくつかは、レシーバにおいて既知となり得る値にセットされる。これらには、チャンネル状態情報参照信号 (CSI-RS: Channel State Information Reference Signal) および専用または復調参照信号 (DMRS: Dedicated or Demodulating Reference Signal) がある。これらの参照信号は、レシーバでのチャンネル推定に有用である。

【0004】

複数の送信 / 受信アンテナを備えた多入力多出力 (MIMO) 通信システムにおいて、データ伝送はプリコーディングを介して実施される。ここでは、プリコーディングとは、L ストリームデータの P ストリームへの線形 (行列) 変換を指し、L は層 (伝送ランクとも呼ばれる) の数を表し、P は送信アンテナの数を表す。専用の (即ち、ユーザ固有の) DMRS を用いて、基地局または eNodeB (eNodeB) などのトランスミッタが、レシーバの働きをするユーザ機器 (UE) に対してトランスペアレントなプリコーディング動作を実施することができる。ユーザ機器からプリコーディング行列推奨を得ることは基地局にとって有利である。これは、アップリンクおよびダウンリンクチャンネルが周波数帯域の異なる部分を占める、即ち、アップリンクおよびダウンリンクが相互でない、周波数分割二重通信 (FDD) の場合に著しい。従って、UE から eNodeB へのコードブックベースのフィードバックが望まれる。コードブックベースのフィードバックを可能にするために、プリコーディングコードブックが設計される必要がある。

【0005】

ロングタームエボリューション (LTE) 規格は、2 アンテナ伝送、4 アンテナ伝送、および 8 アンテナ伝送用のコードブックを含む。これらのコードブックは効率的に設計されるが、ダウンリンク (DL) スペクトル効率をよりいっそう改善することが可能である

10

20

30

40

50

と本願の発明者は認識している。従って、以下に記載する好ましい実施形態は、これらの問題と先行技術の改善とに向けられる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0006】

ワイヤレス通信システムにおけるチャンネル状態情報(CSI)およびプリコーディング行列インジケータ(PMI: precoding matrix indicator)フィードバックのためのシステムおよび方法が開示される。プリコーディング行列は、少なくとも1つの遠隔レシーバからのプリコーディング行列インジケータ(PMI)フィードバックに基づきマルチアンテナ伝送用に生成され、PMIは、第1のコードブックおよび第2のコードブックからの2つの行列の行列乗算から得られたプリコーディング行列の選択を示す。データストリームの1つまたは複数の層が、プリコーディング行列によりプリコードされ、遠隔レシーバに伝送される。

10

【0007】

一実施形態では、ワイヤレス通信システムにおけるCSIフィードバックおよびデータ伝送の方法が、遠隔トランシーバから1つまたは複数のプリコーディング行列インジケータ(PMI)信号を受信することを含む。PMI信号は、プリコーディング行列Wの選択を示す。このシステムは、2つの行列 W_1 および W_2 の行列乗算からプリコーディング行列Wを発生させる。行列Wは、複合プリコーダ(composite precoder)と呼ばれる。行列 W_1 は、広帯域/ロングタームチャンネル特性を対象とし、行列 W_2 は、周波数選択/ショートタームチャンネル特性を対象とする。構成要素 W_1 、 W_2 の各々は、コードブックを割り当てられる。従って、2つの別個のコードブックが必要とされる。即ち、 C_1 および C_2 である。行列 W_1 は、PMI信号の第1のグループのビットに基づき、第1のコードブック C_1 から選択され、行列 W_2 は、PMI信号の第2のグループのビットに基づき、第2のコードブック C_2 から選択される。

20

【0008】

提示される第1のコードブック C_1 および第2のコードブック C_2 は、異なるランクおよび異なるPMIビット長のために以下で定義される。

【0009】

一実施形態において、データストリームの1つまたは複数の層が、プリコーディング行列Wによる乗算によってプリコードされる。データストリームのプリコードされた層は、その後遠隔レシーバに伝送される。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】例示的なワイヤレス電気通信ネットワークを示す図である。

【0011】

【図2】1つの等間隔リニアアレイ(ULA)または4対のULAエレメントを示す図である。

【0012】

【図3】4対の交差偏波アレイを示す図である。

40

【0013】

【図4】ビームのグリッドが $m = 2$ ビームだけシフトされる一例を示す図である。

【0014】

【図5】 $8T \times$ アレイにおけるアンテナ対をプルーニング(prune)するために行選択ベクトルを用いる一例を示す図である。

【0015】

【図6】ダウンリンクLTE-Advanced(LTE-A)において用いられる技法を示す図である。

【0016】

【図7】例示的なネットワークシステムにおけるモバイルUEおよびeNodeBの内部

50

詳細を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

図1は、例示的なワイヤレス電気通信ネットワーク100を示す。ネットワーク100は、複数の基地局101、102、および103を含む。動作において、電気通信ネットワークは多くの基地局を必然的に含む。各基地局101、102、および103(eNodeB)は、対応するカバレッジエリア104、105、および106で動作可能である。各基地局のカバレッジエリアは、セルにさらに分割される。図示されるネットワークにおいて、各基地局のカバレッジエリアは、3つのセル104a~c、105a~c、106a~cに分割される。電話送受器などのユーザ機器(UE)107をセルA 104aに示す。セルA 104aは、基地局101のカバレッジエリア104内にある。基地局101は、UE107に通信信号を伝送し、かつそこから通信信号を受信する。UE107がセルA 104aから出てセルB 105b内へ移動すると、UE107は基地局102にハンドオーバーされ得る。UE107は基地局101と同期されるので、UE107は、基地局102へのハンドオーバーを開始するために、非同期のランダムアクセスを用いることができる。

【0018】

非同期のUE107は、アップリンク108の時間または周波数またはコードリソースの割り当てを要求するために非同期のランダムアクセスをやはり用いる。トラフィックデータ、測定レポート、トラッキングエリア更新であり得る、伝送準備の完了したデータをUE107が有する場合、UE107は、アップリンク108でランダムアクセス信号を伝送し得る。ランダムアクセス信号は、UE107がUEのデータを伝送するためにアップリンクリソースを要求することを基地局101に知らせる。基地局101は、起こり得るタイミング誤り訂正と共にUE107のアップリンク伝送のために割り当てられたリソースのパラメータを含むメッセージを、ダウンリンク109を介してUE107に伝送することによって応答する。ダウンリンク109で基地局101によって伝送されるリソース割り当てと可能なタイミングアドバンスメッセージとを受信した後、UE107は、その伝送タイミングを任意選択的に調整し、所定の時間間隔の間、割り当てられたリソースを用いるアップリンク108でデータを伝送する。

【0019】

基地局101は、周期的なアップリンクサウンディング参照信号(SRS)伝送のためにUE107を設定する。基地局101は、SRS伝送からアップリンクチャンネル品質情報(CSI)を推定する。本発明の好ましい実施形態は、コードブックベースのフィードバックを有するプリコードされたマルチアンテナ伝送を介しての通信の改善をもたらす。セルラー通信システムにおいて、UEが一意的に、所定の時間で単一のセルラー基地局またはeNodeBに接続されかつそれらによってサーブされる。このようなシステムの一例は、3GPP LTEシステムであり、これにはLTE-Advanced(LTE-A)システムが含まれる。eNodeBでの伝送アンテナの数の増加に伴い、望ましい特性を有する効率的なコードブックを設計する作業は難しくなっている。

【0020】

CSIは、チャン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)、プリコーディングタイプインジケータ(PTI)、および/またはランクインジケーション(RI)で構成される。CSIを報告するためにUEによって用いられ得る時間および周波数リソースは、eNodeBによって制御される。

【0021】

一実施形態において、CSIフィードバック用の二段のコードブックは、次に提示する乗算構造に基づく。

$$W = W_1 W_2 \quad (1)$$

ここで、 W_1 は、広帯域/ロングタームチャンネル特性を対象とし、 W_2 は、周波数選択/ショートタームチャンネル特性を対象とする。構成要素 W_1 、 W_2 の各々は、コードブ

10

20

30

40

50

ックを割り当てられる。従って、2つの別個のコードブックが必要とされる。即ち、 CB_1 および CB_2 である。 W は複合プリコードと呼ばれる。 W_1 および W_2 の選択は、 PMI_1 および PMI_2 を介して示される。

【0022】

次の原則が、コードブック設計のために実施される。

【0023】

(1) W のための有限のアルファベット：各行列要素は、値またはコンステレーション（例えば、 M - PSK アルファベット）の有限集合に属する。

【0024】

(2) W のためのコンスタントモジュラス (constant modulus)：即ち、プリコーディング行列における全てのエレメントが、同じ大きさを有する。これは、全てのシナリオにおいて電力増幅器 (PA) のバランス特性を促進するために重要である。コンスタントモジュラスは、 PA バランスにとって十分条件ではあるが、必要条件ではないことに留意されたい。しかしながら、コンスタントモジュラス特性を実施すると、コードブックの設計がより単純になる傾向がある。(フィードバックのための) プリコーディングコードブックは、コンスタントモジュラス特性に準拠するが、これは、 $eNodeB$ が非コンスタントモジュラスプリコードを使用することを制限しないことにも留意されたい。これは、復調のための UE 固有の RS の使用により可能である。

【0025】

(3) W のためのネストされた特性 (nested property)：ランク n の全ての行列 / ベクトルは、ランク $(n+1)$ プリコーディング行列の部分行列 (サブマトリクス) であり、 $n = 1, 2, \dots, N-1$ であり、 N は層の最大数である。この特性は、 PMI 選択の複雑さを減少させ得るので望ましいが、 UE 固有の RS が用いられる場合には、ランクオーバーライド (rank override) を促進する必要はない。

【0026】

(4) 関連するフィードバックシグナリングオーバーヘッドは最小にされるべきである。これは、 W_1 (広帯域、ロングターム) および W_2 (サブバンド、ショートターム) に関連するオーバーヘッド間のバランスによって達成される。ここでは、時間 (フィードバックレート) と周波数 (フィードバック粒度) の次元の両方が重要である。

【0027】

(a) CB_1 のサイズのやみくもな増加は (他方で CB_2 のサイズは減少する)、或るレベルのパフォーマンスが期待される場合には、全体のフィードバックオーバーヘッドの減少を保証しない。コードブック CB_1 が、所定の空間分解能を有する或るプリコード部分空間をカバーすることが意図される場合、 CB_1 のサイズの増加は、時間と周波数の両方において、 W_1 に関連したフィードバックシグナリングの増加を要求する。これは、 CB_1 が、 CB_2 の一部分であることが意図される一層短いタームのチャンネル特性のキャプチャを開始するためである。

【0028】

(b) CB_1 がごく頻繁に (時間および周波数において) 更新される必要がないことを確実にするために、 CB_1 は、空間相関と関連する、アンテナセットアップや、発射角 (AOA) の値の範囲など、ロングタームチャンネル特性をキャプチャすべきである。

【0029】

(c) 設計は、 W_2 / CB_2 と関連した最大オーバーヘッドを、リリース 8 PMI オーバーヘッドと同等 (即ち、4ビット) に保つように努めるべきである。

【0030】

(5) W のためのユニタリプリコードは、(プリコード行列の列ベクトルは、互いに直交する対 (ペアワイズ) でなければならない) が必須ではないが、一定の平均送信電力を維持するために十分な条件である。この制約は、少なくともいくつかの関連するランクのための、コードブックの設計においても用いられる。

【0031】

10

20

30

40

50

本願で開示されるLTEのための4T×コードブックの設計は、LTEリリース8における4T×コードブックのマルチユーザ(MU)MIMOのためのエンハンスメントを対象とする。4T×コードブックを再設計するのではなく、LTEリリース8 4T×コードブックが、シングルユーザ(SU)MIMOのための競争力のあるパフォーマンスを提供するように既に設計されているので(一方で、ランク1コードブックにおける8つの離散フーリエ変換(DFT)ベクトルのサポートの下、MU-MIMOを考慮している)、本願で開示されるエンハンスメントは、MU-MIMOパフォーマンスを向上させることを主眼とする。この考察に基づき、4T×エンハンスメントは、MU-MIMOが関連するランク1および最大でもランク2を主眼とする。

【0032】

10

アンテナセットアップに関して、3つのセットアップが考慮され得る。即ち、
 — 2つのエレメント間で $\lambda/2$ (半波長)の間隔を有する2つの2偏波エレメント、
 — 2つのエレメント間で $\lambda/4$ (より大きい)間隔を有する2つの2偏波エレメント、および
 — $\lambda/2$ (半波長)の間隔を有する等間隔直線アレイ(ULA)、である。

【0033】

第1および第2のセットアップは、優先度が最も高い。狭い間隔および広い間隔の両方を有する2(即ち、交差)偏波アンテナアレイのために、良好なパフォーマンスが確保されなければならない。

【0034】

20

図2および図3に示すアンテナエレメントインデクシングは、空間チャンネル係数 $H_{n,m}$ を列挙するために用いられ、ここでnおよびmは、それぞれレシーバおよびトランスミッタのアンテナインデックスである。図2は、1つのULA、または、1~8のインデックスを付けられた4対のULAエレメントを示す。図3は、4対の交差偏波アレイを示す。4対の交差偏波アンテナのためのインデクシングは、一層相関される傾向がある、同じ偏波を有する2つのアンテナをグループ化することを表す。これは、図2における4対のULAのインデクシングに類似している。

【0035】

提示されるコードブック構造

次の表記が、下記コードブックを定義するために用いられる。

30

W: 4T×フィードバックプリコーディング行列

W_1 : 第1のフィードバックプリコーディング行列

W_2 : 第2のフィードバックプリコーディング行列

i_1 : W_1 のPMIインデックス

i_2 : W_2 のPMIインデックス

N: 層の最大数

$N_{T \times A}$: 送信アンテナの数

I_k : ($k \times k$)次元の単位行列

【0036】

4T×エンハンスメントおよび8T×のために同じ原則を用いるガイドラインに従って、ブロック対角グリッドオブビーム(GoB)構造が用いられる。この構造は、4T×と8T×で共通である。

40

【0037】

W_1 および関連するコードブックは、次のように表され得る。

$$\mathbf{B} = [\mathbf{b}_0 \quad \mathbf{b}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{b}_{N-1}] \quad (2)$$

$$[\mathbf{B}]_{m,1:n} = e^{j\frac{2\pi mu}{N}}, \quad m = 0, 1, \dots, \frac{N_{TXA}}{2} - 1 \quad n = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (3)$$

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ [\mathbf{b}_{\{N_b k \bmod N\}} \quad \mathbf{b}_{\{N_b k + 1 \bmod N\}} \quad \cdots \quad \mathbf{b}_{\{N_b k + N_b - 1 \bmod N\}}]; k = 0, 1, \dots, \frac{N}{N_b} - 1 \right\} \quad (4)$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix}, \quad C_1 = \{\mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{(\frac{N}{N_b}-1)}\} \quad (5)$$

【 0 0 3 8 】

10

ここで、異なる $\mathbf{W}_1$ 行列は、ビーム角に関して（重複（オーバーラップ）のない）パーティショニング（区画化）を表す。即ち、

— $\mathbf{W}_1$ は、サイズ X のブロック対角行列であり、 X は、 $(N_{TXA}/2) \times N_b$ 行列である。 N_b は、 X に含まれる、隣接 $(N_{TXA}/2) - T \times DFT$ ビームの数を示す。このような設計は、各偏波グループ内で $N(N_{TXA}/2) - T \times DFT$ ビームを合成できる。所与の N について、空間的なオーバーサンプリング係数は本質的に $(N/2)$ である。全体的な $(N_{TXA}/2) - T \times DFT$ ビーム収集 (beam collection) は、 $(N_{TXA}/2) \times N$ 行列 $\mathbf{B}$ においてキャプチャされる。

— $\mathbf{W}_2$ における共位相調整 (co-phasing) を用いること（後述する）により、複合プリコード $\mathbf{W}$ は、最大で N 個の DFT ビームを合成できる。

20

— $4T \times$ について、リリース 8 ランク 1 コードブックが 8 個の $4T \times DFT$ ビームを既に含むことに留意すべきである。

— $\mathbf{W}_1$ 行列のセットは、 $(X$ 、即ち、各偏波グループにおいて) N 個のビーム角の $(N/N_b) -$ レベルパーティショニング（即ち、非重複）を表す。

— この設計の結果、 $\mathbf{W}_1$ のための (N/N_b) のコードブックサイズとなる。

【 0 0 3 9 】

ビーム角のセットにおける何らかの重複が、2つの異なる $\mathbf{W}_1$ 行列の間で所望される場合、2つの連続的な X 行列がいくつかの重複するビーム角で構成されるように、上記の数式はわずかに修正され得る。「エッジ効果」を減少させるために、即ち、サブバンドプリコーディングまたは CSI フィードバックが用いられる場合に、共通の $\mathbf{W}_1$ 行列が同じ

30

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ [\mathbf{b}_{\{N_b k \bmod N\}} \quad \mathbf{b}_{\{N_b k + 2 \bmod N\}} \quad \cdots \quad \mathbf{b}_{\{N_b k + 2N_b - 1 \bmod N\}}]; k = 0, 1, \dots, \frac{2N}{N_b} - 1 \right\} \quad (6)$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix}, \quad C_1 = \{\mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{(\frac{2N}{N_b}-1)}\} \quad (7)$$

である。

40

【 0 0 4 0 】

このエンハンスメントは、 $MU - MIMO$ 改良を対象としており、それゆえ、ランク 1（および最大でランク 2）用に設計される。同時に、リリース 8 $4T \times$ コードブックは、少なくとも $SU - MIMO$ のためにまだ使用されるべきである。 $SU - MIMO$ と $MU - MIMO$ の間の動的スイッチング（ RRC 構成なしのスイッチング）がリリース 12 の基本的な前提であることに留意すると、 $eNodeB$ は、リリース 8 $4T \times$ と、エンハンストコンポーネント (enhanced component) とを交換可能に使用できるべきである（即ち、これらの 2 つのコンポーネント間のスイッチングは動的であるべきである）。2 段フィードバック構造と、特に、 $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 * \mathbf{W}_2$ 構造とのおかげで、このことが、単純かつ自然な方式で実現され得る。エンハンストコンポーネントは、リリース 8 コードブックを用

50

いて次のように拡大または結合され得る。即ち、
 —リリース 8 4 T x コードブックは、 W_2 用のコードブックとして用いられ、 W_1 = 単位行列と関連され、
 — W_1 = 単位行列が選択されたことを PMI_1 が示す場合、 CB_2 がオリジナルのリリース 8 コードブックとして選択され、
 —或いは、いくつかの他の W_1 を PMI_1 が示す場合、 W_1 および CB_2 が、エンハンストコンポーネントとして選択される。

【 0 0 4 1 】

上記のスイッチング / 拡大メカニズムは以下を特徴とする。

—最良の 4 T x MU - MIMO コードブックエンハンスメントオポチュニティ。これは、
 、新たなコンポーネントのための最適化の取り組みが、SU - MIMO パフォーマンス (これは、リリース 8 4 T x コードブックによってカバーされる) を考慮する必要なく、
 MU - MIMO の改善に集中され得ることが理由である。さらに、リリース 8 4 T x コードブックを用いる上記の拡大メカニズムが、新たなコンポーネントのいずれの構造も制約することなく達成され得るので、新たなコンポーネントは「初めから」設計され得る。
 —追加の標準化の取り組みなしに、4 T x SU - MIMO のための最良のパフォーマンスを維持すること。これは、リリース 8 4 T x コードブックの使用により実現する。リリース 8 4 T x コードブックは、いくつかのプリコード行列 / ベクトルにおける固有のブロック対角構造に部分的に起因して、前述のように、2 偏波アレイを含む様々なアンテナおよびチャンネルセットアップにおける競争力のあるパフォーマンスを提供する。
 —物理アップリンク共有チャンネル (PUSCH) モード 3 - 2 による、フレキシブルな周波数選択性プリコーディングを達成すること。リリース 8 コードブックが再利用されず、また、新しいコードブックが $W = W_1 W_2$ 構造に完全に基づく場合、全てのサブバンド PMI は、広域 W_1 制約により、同じグリッドオブビーム (GOB) に収まる。これは、モード 3 - 2 およびシステムパフォーマンスのプリコーディングゲインを必然的に制限する。それどころか、リリース 8 コードブックを拡大させることにより、全てのリリース 8 PMI ベクトルは、何ら制約なく、各サブバンド上で独立して用いられ得る。これは、フレキシブルなサブバンドプリコーディングを確実にするために重要である。

【 0 0 4 2 】

W_2 のための設計 (共位相調整および選択に基づく) は、8 T x コードブック設計に用いられる構造に従う。共位相調整は、2 つの偏波グループ間の何らかのフェーズ調整と、2 つのブロック対角 2 T x DFT T x DFT 行列からの 4 T x DFT T x DFT ベクトルの生成とを可能にする。(グループ) 選択動作は、同じサブバンド内の RB を横切るビーム角の微調整 / 調整を可能にし、これにより、周波数選択性プリコーディングゲインが最大化する。

【 0 0 4 3 】

W_2 — W_1 と結合したもの—におけるビーム選択と共位相調整の組み合わせは、単一のプリコード $W = W_1 W_2$ となるべきである。

【 0 0 4 4 】

(N, Nb) コードブックの非重複ブロック対角 GOB 拡大を有する完全な設計の一例が、後続の段落で述べられる。隣接する W_1 行列重複を含むように、提示された設計を広げるのが端的であるが、簡潔さのためにここでは省略される。

$$\mathbf{B} = [\mathbf{b}_0 \quad \mathbf{b}_1 \quad \dots \quad \mathbf{b}_{N-1}] \quad , \quad [\mathbf{B}]_{n, m+1-N} = e^{j \frac{2\pi mn}{N}} \quad , \quad m=0,1 \quad n=0,1,\dots,N-1 \quad (8)$$

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ [\mathbf{b}_{\{N_b k\} \bmod N} \quad \mathbf{b}_{\{N_b k+1\} \bmod N} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{\{N_b k+N_b-1\} \bmod N}] : k=0,\dots,N/N_b-1 \right\} \quad (9)$$

【 0 0 4 5 】

ランク - 1

一例として、 $(N, N_b) = (8, 4)$ と仮定する。

$$W_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (10)$$

→ サイズ 3 (ブロック対角 G o B を用いて拡大されたリリース 8 コードブック)

【 0 0 4 6 】

$W_1 = \mathbf{I}_4$ のとき、 $W_2 \in C_2$, $R_{8T \times 4r1}$ であり、ここで C_2 , $R_{8T \times 4r1}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 $4T \times$ ランク 1 コードブックを示す。

【 0 0 4 7 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k=0,1)$$

10

のとき、

$$W_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\}, \mathbf{Y} \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

である。

【 0 0 4 8 】

20

この例のためのランク 1 PMI オーバーヘッドを表 1 に示す。

	W1 overhead (wideband) W1オーバーヘッド (広帯域)	W2 overhead (subband) W2オーバーヘッド (サブバンド)
Rank-1 ランク1	log2(3)-bits	4-bit

TABLE 1

【 0 0 4 9 】

十分なシステムパフォーマンス向上および合理的なフィードバックオーバーヘッドによって正当化される場合、 (N, N_b) の他の値も排除されない。

30

【 0 0 5 0 】

ブロック対角エンハンスメントコンポーネントが、リリース 10 $8T \times$ コードブックのサブセットの部分行列 (サブマトリクス) であることに留意されたい。このように、 $4T \times$ G o B コンポーネントは、 $4T \times$ MIMO フィードバックのために $8T \times$ コードブックをブルーニングすることによって獲得され得る。これは以下でより詳細に説明される。

【 0 0 5 1 】

N, N_b は、他の値をとることもできる。例えば、 $(N, N_b) = (16, 4)$ の場合である。

40

$$W_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(2)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(2)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(3)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(3)} \end{bmatrix} \right\} \quad (11)$$

→ サイズ - 5 (ブロック対角 G o B を用いて拡大されたリリース 8 コードブック)

。

【 0 0 5 2 】

$W_1 = \mathbf{I}_4$ のとき、 $W_2 \in C_2$, $R_{8T \times 4r1}$ であり、ここで C_2 , $R_{8T \times 4r1}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 $4T \times$ ランク 1 コードブックを示す。

【 0 0 5 3 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0,1,2,3)$$

のとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ Y & -Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ jY & -jY \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ -Y & -Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ -jY & -jY \end{bmatrix} \right\}, Y \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right\}$$

である。

10

【 0 0 5 4 】

この例のためのランク 1 P M I オーバーヘッドが表 2 に示される。

	W1 overhead (wideband) W1オーバーヘッド (広帯域)	W2 overhead (subband) W2オーバーヘッド (サブバンド)
Rank-1 ランク1	log2(5)-bits	4-bit

TABLE 2

【 0 0 5 5 】

リリース 1 2 4 T x コードブックがリリース 8 コードブックを含まないことが、いくつかの実施形態において可能である。この場合、単位行列 I_4 は、 W_1 コードブック C_1 から取り除かれる。

20

【 0 0 5 6 】

N 値を (例えば、3 2 または 6 4 に) 増加させることも可能である。しかし、これは、 C_1 コードブックサイズおよびフィードバックオーバーヘッドを増加させ、 N_b 個の隣接ビームがカバーし得る角度広がり of スパンを減少させる。

【 0 0 5 7 】

ランク - 2 :

一例として、 $(N, N_b) = (8, 4)$ だと仮定すると、

$$W_1 \in C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} X^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (12)$$

30

→ サイズ 3 (ブロック対角 $G \circ B$ を用いて拡大されたリリース 8 コードブック) である。

【 0 0 5 8 】

$W_1 = I_4$ のとき、 $W_2 = C_2$, $R_{8T} \times 4_{r2}$ であり、ここで C_2 , $R_{8T} \times 4_{r2}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4 T x ランク 2 コードブックを示す。

【 0 0 5 9 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0,1)$$

40

であるとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ Y & -Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ jY & -jY \end{bmatrix} \right\}, Y \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right\}$$

である。

【 0 0 6 0 】

この設計の 1 つの些細な欠点は、 W_2 オーバーヘッドが一定でなく、 W_1 行列に依存し

50

て変化することである。特に、

— $W_1 = I$ の場合、 W_2 オーバーヘッドはサブバンドにつき 4 ビットであり、

— W_1 が、ブロック対角コンポーネントに対応する場合、 W_2 オーバーヘッドは、サブバンドにつき 3 ビットである。

【 0 0 6 1 】

W_1 および W_2 が、PUSCH フィードバックモードにおいて共に符号化されるので、 W_1 / W_2 の共同のブラインドデコードが $eNodeB$ で必要とされ、これは、 $eNodeB$ の実装の複雑度を増加させる。

【 0 0 6 2 】

1 つの解決策として、ランク 2 プリコーディング行列 W における 2 つの列が、1 つのグリッドにおいて異なるビームから選択され得る。 10

【 0 0 6 3 】

一例として、次の設計が可能である。

$$W_1 \subset C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} X^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (13)$$

→ サイズ - 3 (ブロック対角 $G \circ B$ を用いて拡大されたリリース 8 コードブック)

。

【 0 0 6 4 】

$W_1 = W_4$ であるとき、 $W_2 \in C_{2, R8Tx4Rx2}$ であり、 $C_{2, R8Tx4Rx2}$ は 20
、 W_2 に用いられるリリース 8 $4Tx$ ランク 2 コードブックを示す。

【 0 0 6 5 】

$$W_k = \begin{bmatrix} X^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(k)} \end{bmatrix} \quad (k=0,1),$$

であるとき、

$$W_3 \in CB_3 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\},$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4), (e_1^4, e_2^4), (e_2^4, e_3^4), (e_3^4, e_4^4), (e_4^4, e_1^4), (e_1^4, e_4^4), (e_2^4, e_1^4)\}$$

30

であり、

$$e_q^p$$

は、1 である q 番目のエレメントを除いて、ゼロに等しい全てのエレメントを有する $p \times 1$ 列ベクトルである。 W_2 オーバーヘッドは、サブバンドにつき 4 ビットであり、リリース 8 コードブックオーバーヘッドに一致している。

$$(e_m^4, e_n^4)$$

40

として示される、任意の他の (Y_1, Y_2) ペアが同様に適用可能であることに留意すべきであり、ここで、 $1 \leq m \leq 4, 1 \leq n \leq 4, m \neq n$ である。

【 0 0 6 6 】

上記の (Y_1, Y_2) ペアのいずれにおいても、括弧 [] 内の 2 つの選択ベクトルが変更され得ることに留意されたい。例えば、

$$(e_1^4, e_2^4)$$

は、

$$(e_2^4, e_1^4)$$

で置き換えられ得、その結果のコードブックが同等に適用可能である。

【 0 0 6 7 】

ブロック対角エンハンスメントコンポーネントは、リリース 1 0 8 T x コードブックのサブセットの部分行列であることに留意すべきである。

【 0 0 6 8 】

別の解決策として、(N , N b) = (1 6 , 8) コードブックエンハンスメントを採用することによって解決され得る。

10

$$W_i \in C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & 0 \\ 0 & X^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} X^{(1)} & 0 \\ 0 & X^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (14)$$

→ サイズ - 3 (ブロック対角 G o B を用いて拡大されたリリース 8 コードブック)

。

【 0 0 6 9 】

$W_1 = I_4$ のとき、 $W_2 \in C_2$, $R 8 T \times 4 r 2$ であり、ここで C_2 , $R 8 T \times 4 r 2$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4 T x ランク 2 コードブックを示す。

【 0 0 7 0 】

$$W_i = \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0,1)$$

20

であるとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ Y & -Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y & Y \\ jY & -jY \end{bmatrix} \right\}, Y \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

30

である。

【 0 0 7 1 】

この例のためのランク 2 P M I オーバーヘッドが表 3 に示される。

	W1 overhead (wideband) W1オーバーヘッド (広帯域)	W2 overhead (subband) W2オーバーヘッド (サブバンド)
Rank-2 ランク2	log2(3)-bit	4-bit

TABLE 3

【 0 0 7 2 】

40

あるいは、リリース 1 2 4 T x コードブックがリリース 8 コードブックを含まないことも可能である。この場合、単位行列は、 W_1 コードブック C_1 から取り除かれる。

【 0 0 7 3 】

別の可能な設計は、

$$W_i \in C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & 0 \\ 0 & X^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} X^{(1)} & 0 \\ 0 & X^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} X^{(2)} & 0 \\ 0 & X^{(2)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} X^{(3)} & 0 \\ 0 & X^{(3)} \end{bmatrix} \right\} \quad (15)$$

→ サイズ - 5 (ブロック対角 G o B を用いて拡大された R e l - 8 コードブック) として、(N , N b) = (1 6 , 4) を使用することである。

【 0 0 7 4 】

50

$W_1 = I_4$ であるとき、 $W_2 = C_2, R_{8T \times 4r_2}$ であり、ここで $C_2, R_{8T \times 4r_2}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4 T x ランク 2 コードブックを示す。
【 0 0 7 5 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0, \dots, 3)$$

であるとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\},$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(e_1^1, e_1^1), (e_2^1, e_2^1), (e_3^1, e_3^1), (e_4^1, e_4^1), (e_1^2, e_2^2), (e_2^2, e_3^2), (e_3^2, e_4^2), (e_4^2, e_1^2)\}$$

10

である。

【 0 0 7 6 】

N の値を（例えば、3 2 または 6 4 に）増加させることも可能である。しかし、これは、 C_1 コードブックサイズおよびフィードバックオーバーヘッドを増加させ、Nb 個の隣接ビームがカバーし得る角度広がりのスパンを減少させる。

【 0 0 7 7 】

ランク - 3 :

最も単純な解決策は、リリース 8 コードブックをそのままリリース 1 2 に再利用することである。

20

$$W_1 = I_4 \quad (16)$$

→ サイズ 1（リリース 8 コードブックのみ）。

$W_2 = C_2, R_{8T \times 4r_3}$ であり、ここで、 $C_2, R_{8T \times 4r_3}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4 T x ランク 3 コードブックを示す。

【 0 0 7 8 】

(N, Nb) 構造に基づくエンハンスメントが、十分なパフォーマンス向上によって保証される場合、これはランク 1 およびランク 2 に対するものと同様の方式で成され得る。例えば、(N, Nb) = (4, 4) 設計に基づき、

$$W_1 \in C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & 0 \\ 0 & X^{(0)} \end{bmatrix} \right\} \quad (17)$$

30

→ サイズ 2（ブロック対角 G o B を用いて拡大されたリリース 8 コードブック）

である。

【 0 0 7 9 】

$W_1 = I_4$ であるとき、 $W_2 = C_2, R_{8T \times 4r_3}$ であり、ここで $C_2, R_{8T \times 4r_3}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4 T x ランク 3 コードブックを示す。

【 0 0 8 0 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0)$$

40

であるとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$(Y_1, Y_2) \in \left\{ (e_1^1, [e_1^1, e_1^1]), (e_2^1, [e_2^1, e_2^1]), (e_3^1, [e_3^1, e_3^1]), (e_4^1, [e_4^1, e_4^1]), \right. \\ \left. ([e_1^1, e_1^1], e_1^1), ([e_2^1, e_2^1], e_2^1), ([e_3^1, e_3^1], e_3^1), ([e_4^1, e_4^1], e_4^1) \right\},$$

であり、 $i_2 = 0, \dots, 7$ に対応する。

【 0 0 8 1 】

W_2 オーバーヘッドを異なる W_1 行列に対して一致させるために、 $i_2 = 8, \dots, 15$ が、エンハンスメントコンポーネントである W_1 行列に対応する W_2 （例えば、ブロック

50

対角)のために確保されなければならない。

【 0 0 8 2 】

あるいは、

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k=0)$$

であるとき、

$$\mathbf{W}_2 \in \text{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (e_1^4, [e_1^4, e_3^4]), (e_2^4, [e_2^4, e_4^4]), (e_3^4, [e_1^4, e_3^4]), (e_4^4, [e_2^4, e_4^4]), \right. \\ \left. ([e_1^4, e_3^4], e_1^4), ([e_2^4, e_4^4], e_2^4), ([e_1^4, e_3^4], e_3^4), ([e_2^4, e_4^4], e_4^4) \right\}.$$

10

である。

この場合、W 2 オーバーヘッドは、サブバンドにつき 4 ビットである。

【 0 0 8 3 】

この例のためのランク 3 P M I オーバーヘッドが表 4 に示される。

	W1 overhead (wideband) W1オーバーヘッド (広帯域)	W2 overhead (subband) W2オーバーヘッド (サブバンド)
Rank-3 ランク3	0-bit (w/o augmentation) 1-bit (w/ augmentation) 0ビット (w/o 拡大) 1ビット (w/ 拡大)	4-bit

20

TABLE 4

【 0 0 8 4 】

リリース 1 2 4 T x コードブックがリリース 8 コードブックを含まないことが可能である。この場合、単位行列は、W 1 コードブック C 1 から取り除かれる。

【 0 0 8 5 】

上記の (Y 1 , Y 2) ペアのいずれかにおいて、括弧内の 2 つの選択ベクトルが変更され得ることに留意されたい。例えば、

$$(e_1^4, [e_1^4, e_3^4])$$

30

は、

$$(e_1^4, [e_3^4, e_1^4])$$

によって置き換えられ得、その結果のコードブックが同等に適用可能である。

【 0 0 8 6 】

リリース 1 2 4 T x ランク 3 コードブックが、上記で提示されたような G o B コンポーネントを用いて再設計され、いずれのリリース 8 4 T x ランク 3 プリコーディング行列も含まないことは排除されない。

40

【 0 0 8 7 】

別の代替的な G o B 設計は、(N , N b) = (8 , 8) であり、ここで、

$$\begin{aligned}
W_1 &= \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0), \text{ and} \\
W_2 \in CB_2 &= \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\}, \text{ or} \\
W_2 \in CB_2 &= \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\} \\
(Y_1, Y_2) &\in \left\{ (e_1^4, [e_1^4, e_2^4]), (e_2^4, [e_2^4, e_3^4]), (e_3^4, [e_3^4, e_4^4]), (e_4^4, [e_4^4, e_5^4]), \right. \\
&\quad (e_5^4, [e_5^4, e_6^4]), (e_6^4, [e_6^4, e_7^4]), (e_7^4, [e_7^4, e_8^4]), (e_8^4, [e_8^4, e_9^4]), \\
&\quad ([e_1^4, e_2^4], e_3^4), ([e_2^4, e_3^4], e_4^4), ([e_3^4, e_4^4], e_5^4), ([e_4^4, e_5^4], e_6^4), \\
&\quad ([e_5^4, e_6^4], e_7^4), ([e_6^4, e_7^4], e_8^4), ([e_7^4, e_8^4], e_9^4), \\
&\quad ([e_1^4, e_2^4], e_3^4), ([e_2^4, e_3^4], e_4^4), ([e_3^4, e_4^4], e_5^4), ([e_4^4, e_5^4], e_6^4), \\
&\quad ([e_5^4, e_6^4], e_7^4), ([e_6^4, e_7^4], e_8^4), ([e_7^4, e_8^4], e_9^4) \Big\}
\end{aligned}$$

10

である。

【 0 0 8 8 】

ランク - 4 :

最も単純な解決策は、リリース 8 コードブックをそのままリリース 1 2 のために再利用することである。

$$W_1 = I_4 \quad (18)$$

→ サイズ 1 (リリース 8 コードブックのみ)。

$W_2 \in C_2, R_{8 \times 4 \times 4}$ であり、ここで、 $C_2, R_{8 \times 4 \times 4}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4×4 ランク 4 コードブックを示す。

20

【 0 0 8 9 】

(N, Nb) 構造に基づくエンハンスメントが十分なパフォーマンス向上によって保証される場合、これはランク 1 およびランク 2 に対するものと同様の方式で成され得る。例えば、(N, Nb) = (4, 4) 設計に基づいて、

$$W_1 \in C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & 0 \\ 0 & X^{(0)} \end{bmatrix} \right\} \quad (19)$$

→ サイズ 2 (ブロック対角 G o B を用いて拡大されたリリース 8 コードブック)

である。

【 0 0 9 0 】

30

$W_1 = I_4$ であるとき、 $W_2 \in C_2, R_{8 \times 4 \times 4}$ であり、ここで $W_2 \in C_2, R_{8 \times 4 \times 4}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 4×4 ランク 4 コードブックを示す。

【 0 0 9 1 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} (k=0)$$

であるとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

40

であり、ここで、

$$(Y_1, Y_2) \in \left\{ ([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4]), ([e_2^4, e_3^4], [e_4^4, e_5^4]), \right. \\ \left. ([e_3^4, e_4^4], [e_5^4, e_6^4]), ([e_4^4, e_5^4], [e_6^4, e_7^4]) \right\}$$

であり、 $i_1 = 0, \dots, 7$ に対応する。

【 0 0 9 2 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix}$$

のために、計 8 個の W_2 行列 ($i_2 = 0, \dots, 7$) があることに留意されたい。 W_2 オー

50

バーヘッドを全ての W_1 にわたって一致させるために、 W_2 は $i_2 = 8, \dots, 15$ のために確保され得る。

【0093】

あるいは、次のように $(N, N_b) = (8, 8)$ コードブックを採用するものもある。

$$W_1 \in C_1 = \left\{ I_4, \begin{bmatrix} X^{(0)} & 0 \\ 0 & X^{(0)} \end{bmatrix} \right\} \quad (20)$$

→ サイズ 2 (ブロック対角 $G \circ B$ を用いて拡大されたリリース 8 コードブック)。

【0094】

$W_1 = I_4$ であるとき、 $W_2 = C_{2, R_{8T \times 4r4}}$ であり、ここで、 $W_2 = C_{2, R_{8T \times 4r4}}$ は、 W_2 に用いられるリリース 8 $4T \times$ ランク 4 コードブックを示す。

【0095】

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} \quad (k=0)$$

のとき、

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

および、

$$(Y_1, Y_2) \in \left\{ ([e_1^s, e_2^s], [e_1^s, e_2^s]), ([e_2^s, e_6^s], [e_2^s, e_6^s]), ([e_3^s, e_7^s], [e_3^s, e_7^s]), ([e_4^s, e_8^s], [e_4^s, e_8^s]), ([e_1^s, e_2^s], [e_2^s, e_6^s]), ([e_1^s, e_2^s], [e_3^s, e_7^s]), ([e_1^s, e_2^s], [e_4^s, e_8^s]), ([e_2^s, e_6^s], [e_3^s, e_7^s]), ([e_2^s, e_6^s], [e_4^s, e_8^s]), ([e_3^s, e_7^s], [e_4^s, e_8^s]) \right\}$$

である。

【0096】

上記の (Y_1, Y_2) ペアのいずれにおいても、括弧 [] 内の 2 つの選択ベクトルが変更され得ることに留意されたい。

【0097】

上記のいずれの (Y_1, Y_2) ペアも、

$$([e_m^{N_b}, e_{m+N/2}^{N_b}], [e_n^{N_b}, e_{n+N/2}^{N_b}])$$

として示される異なるペアによって置き換えられ得ることにやはり留意すべきであり、ここで、 $1 \leq m \leq N/2, 1 \leq n \leq N/2$ である。

【0098】

この例のためのランク 4 PMI オーバーヘッドが表 5 に示される。

	W1 overhead (wideband) W1オーバーヘッド (広帯域)	W2 overhead (sub-band) W2オーバーヘッド (サブバンド)
Rank-4	0-bit (w/o augmentation) 1-bit (w/ augmentation) 0ビット (w/o 拡大) 1ビット (w/ 拡大)	4-bit

TABLE 5

【0099】

リリース 1 $4T \times$ コードブックが、リリース 8 コードブックを含まないことが可能である。この場合、単位行列は、 W_1 コードブック C_1 から取り除かれる。

【0100】

リリース 1 $4T \times$ ランク 4 コードブックが、上記で提示したように $G \circ B$ コンポーネントを用いて再設計され、どのリリース 8 $4T \times$ ランク 4 プリコーディング行列も含まないことは排除されない。

【0101】

最終的な $4T \times$ コードブックは、ランク r コードブックを含み、 $r = 1, 2, 3, 4$ で

10

20

30

40

50

ある。各ランク r に対し、対応するランク r コードブックが、ランク 1 からランク 4 コードブックについて上述した方法によって構築され得る。他のランクに対し、リリース 8 コードブックが再利用される一方で、コードブックが或るランクのためにエンハンスされることは排除されない。

【 0 1 0 2 】

提示されたランク 1 からランク 4 コードブックの再構成

一例として $(N, N_b) = (16, 4)$ を用いて、上記で提示されたコードブックは、これ以降の表に示す式によって再構成され得る。これらの表が他の (N, N_b) 値に容易に拡張され得ることに留意すべきである。

【 0 1 0 3 】

ランク 1 およびランク 2

ランク 1 およびランク 2 のためのリリース 1 2 4 T x コードブックが、隣接ビームが重複 (オーバーラップ) する G o B フレームワークによって再設計され、かつ、リリース 8 コードブックを含まない場合、4 T x コードブックは、表 6 - 1 および表 6 - 2 における式によって表され得る。

【 0 1 0 4 】

$n_1 \in \{0, 1, \dots, f(u) - 1\}$ の第 1 の PMI 値および $n_2 \in \{0, 1, \dots, g(u) - 1\}$ の第 2 の PMI 値が、表 6 の j に示されるコードブックインデックス n_1 および n_2 に対応し、ここで、 u は、関連するランク値に等しく、 $j = u$ 、 $f(u) = \{8, 8\}$ および $g(u) = \{16, 16\}$ である。互換的に、第 1 および第 2 のプリコーディング行列インジケータが、 i_1 および i_2 によって表される。

【 0 1 0 5 】

量 φ_π および量 v_m は、以下によって表される。

$$\varphi_\pi = e^{j\pi q^2} \quad (21)$$

$$v_m = \left[1; e^{j2\pi m/16} \right] \quad (22)$$

【 0 1 0 6 】

表 6 - 1 は、一実施形態に従った 1 レイヤ C S I レポートイングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-7	$H_{2i_1,0}^{(1)}$	$H_{2i_1,1}^{(1)}$	$H_{2i_1,2}^{(1)}$	$H_{2i_1,3}^{(1)}$	$H_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$H_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$H_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$H_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-7	$H_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$H_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$H_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$H_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$H_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$H_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$H_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$H_{2i_1+3,3}^{(1)}$
where $H_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_\pi v_m \end{bmatrix}$ ここで								

TABLE 6-1

【 0 1 0 7 】

表 6 - 2 は、一実施形態に従った 2 レイヤ C S I レポートイングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-7	$H_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$H_{2i_1-1, 2i_1-1, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1-1, 2i_1-1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-7	$H_{2i_1-2, 2i_1-2, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1-2, 2i_1-2, 1}^{(2)}$	$H_{2i_1-3, 2i_1-3, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1-3, 2i_1-3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-7	$H_{2i_1, 2i_1-1, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1, 2i_1-1, 1}^{(2)}$	$H_{2i_1-1, 2i_1-2, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1-1, 2i_1-2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-7	$H_{2i_1, 2i_1-3, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1, 2i_1-3, 1}^{(2)}$	$H_{2i_1-1, 2i_1-3, 0}^{(2)}$	$H_{2i_1-1, 2i_1-3, 1}^{(2)}$
where ここで $H_{m, m', i_2}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \phi_k v_m & -\phi_k v_{m'} \end{bmatrix}$				

TABLE 6-2

【 0 1 0 8 】

ランク1およびランク2のためのリリース12 4Txコードブックが、G o Bコンポーネントを有する既存のリリース8コードブックを拡大することによって再設計される場合、リリース12 4Txコードブックは、表6-3および表6-4のように表され得る。

【 0 1 0 9 】

表6-3は、一実施形態に従った1レイヤCSIレポーティングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	Use precoding matrix of index i_2 of Release 8 4Tx rank-1 codebook / リリース8 4Tx ランク1コードブックのインデックス i_2 のプリコーディング行列を使用															
i_1	i_2															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-8	Corresponding to $i_2 = 0-7$ in table 6-1 表6-1における $i_2 = 0-7$ に対応															

TABLE 6-3

【 0 1 1 0 】

表6-4は、一実施形態に従った2レイヤCSIレポーティングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	Use precoding matrix of index i_2 of Release 8 4Tx rank-1 codebook / リリース8 4Tx ランク1コードブックのインデックス i_2 のプリコーディング行列を使用															
i_1	i_2															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-8	Corresponding to $i_2 = 0-7$ in table 6-2 表6-2における $i_2 = 0-7$ に対応															

TABLE 6-4

【 0 1 1 1 】

ランク3およびランク4

ランク3およびランク3のためのリリース12 4Txコードブックが、隣接ビームが重複するG o Bフレームワークによって再設計され、かつリリース8コードブックを含まない場合、4Txコードブックは、表6-5および表6-6における式によって表され得る。

る。

【 0 1 1 2 】

表 6 - 5 は、一実施形態に従った 3 レイヤ C S I レポートイングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0	$H_{16i_1, 16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 0$	$H_{16i_1, 16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 1$	$H_{16i_1, 4, 16i_1}^{(3)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 0$	$H_{16i_1, 4, 16i_1}^{(3)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 1$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0	$H_{16i_1, 8, 16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 0$	$H_{16i_1, 8, 16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 1$	$H_{16i_1}^{(3)} \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 0$	$H_{16i_1}^{(3)} \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 1$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0	$\tilde{H}_{16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 8, 0$	$\tilde{H}_{16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 8, 1$	$\tilde{H}_{16i_1}^{(3)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 0$	$\tilde{H}_{16i_1}^{(3)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 1$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0	$\tilde{H}_{16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 8, 0$	$\tilde{H}_{16i_1, 16i_1}^{(3)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 8, 1$	$\tilde{H}_{16i_1}^{(3)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 0$	$\tilde{H}_{16i_1}^{(3)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 1$
where $H_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{12}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} & v_{m'''} \\ \phi_x v_m & \phi_x v_{m'} & \phi_x v_{m''} & \phi_x v_{m'''} \end{bmatrix}$, $\tilde{H}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{12}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} & v_{m'''} \\ \phi_x v_m & \phi_x v_{m'} & \phi_x v_{m''} & \phi_x v_{m'''} \end{bmatrix}$				

TABLE 6-5

【 0 1 1 3 】

表 6 - 6 は、一実施形態に従った 4 レイヤ C S I レポートイングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0	$H_{16i_1, 16i_1}^{(4)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 16i_1 \cdot 8, 0$	$H_{16i_1, 16i_1}^{(4)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 16i_1 \cdot 8, 1$	$H_{16i_1}^{(4)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 0$	$H_{16i_1}^{(4)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 1$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0	$H_{16i_1, 16i_1}^{(4)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 0$	$H_{16i_1, 16i_1}^{(4)} \cdot 8, 16i_1 \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 1$	$H_{16i_1}^{(4)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 16i_1 \cdot 8, 0$	$H_{16i_1}^{(4)} \cdot 4, 16i_1 \cdot 12, 16i_1 \cdot 16i_1 \cdot 8, 1$
where $H_{m, m', m'', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{16}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} & v_{m'''} \\ \phi_x v_m & \phi_x v_{m'} & \phi_x v_{m''} & \phi_x v_{m'''} \end{bmatrix}$				

TABLE 6-6

【 0 1 1 4 】

ランク 3 およびランク 3 のためのリリース 1 2 4 T x コードブックが、G o B コンポーネントを有する既存のリリース 8 コードブックを拡大することによって再設計される場合、リリース 1 2 4 T x コードブックは、表 6 - 7 および表 6 - 8 におけるように表され得る。

【 0 1 1 5 】

表 6 - 7 は、一実施形態に従った 3 レイヤ C S I レポートイングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2															
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Use precoding matrix of index i_2 of Release 8 4Tx rank-3 codebook (リリース 8 4Tx ランク 3 コードブックのインデックス i_2 のプリコーディング行列を使用)																
i_1	i_2															
1-8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding to $i_1 = 0-7$ in Table 6-5. 表 6-5 における $i_1 = 0-7$ に対応																

TABLE 6-7

【 0 1 1 6 】

10

20

30

40

50

表 6 - 8 は、一実施形態に従った 4 レイヤ C S I レポートイングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2															
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Use precoding matrix of index i_2 of Release 8 4Tx rank-4 codebook リリース 8 4Tx ランク 4 コードブックのインデックス i_2 のプリコーディング行列を使用															
i_1	i_2															
1-8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	For $i_2 = 0-7$, corresponding to $i_1 = 0-7$ in Table 6-6. For $i_2 = 8-15$: reserved. $i_2 = 0-7$: 表 6-6 における $i_1 = 0-7$ $i_2 = 8-15$: リザーブド															

TABLE 6-8

10

【 0 1 1 7 】

代替的なコードブック設計

上記で提示された W_1 コードブック C_1 に対し、G o B コンポーネントは、次のようなブロック対角行列の形式で表される。

$$W_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} X^{(k)} & 0 \\ 0 & X^{(k)} \end{bmatrix} \right\} \quad (23)$$

ここで、重複がないと、

20

$$X^{(k)} \in \left\{ \begin{bmatrix} b_{\{N_b k \bmod N\}} & b_{\{N_b k + 1 \bmod N\}} & \cdots & b_{\{N_b k + N_b - 1 \bmod N\}} \end{bmatrix}; k = 0, 1, \dots, \frac{N}{N_b} - 1 \right\} \quad (24)$$

であり、重複があると、

$$X^{(k)} \in \left\{ \begin{bmatrix} b_{\{N_b k \bmod N\}} & b_{\{N_b k + 2 \bmod N\}} & \cdots & b_{\{N_b k + 2N_b - 1 \bmod N\}} \end{bmatrix}; k = 0, 1, \dots, \frac{2N}{N_b} - 1 \right\} \quad (25)$$

である。各 $X^{(k)}$ は、或る到着角および角度広がりモデル化する N_b 個の隣接ビームのグループを表す。

【 0 1 1 8 】

30

W_1 (即ち、 $X^{(k)}$) のブロック対角部分行列が、 $X^{(k)}$ の線形または非線形変換によって置き換えられた場合に代替的な設計が可能であり、例えば、

$$W_1(n, m, k) \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} f_n(X^{(k)}) & 0 \\ 0 & g_m(X^{(k)}) \end{bmatrix}, k = 0, \dots \right\} \quad (26)$$

であり、ここで、 $f_n(\cdot)$ 、 $g_m(\cdot)$ 、 $n = 0, \dots, m = 0, \dots$ は線形 / 非線形変換関数である。

【 0 1 1 9 】

以下の段落において、一例として $(N, N_b) = (16, 4)$ と仮定して、いくつかのこのような可能な設計を説明するが、その他の (N, N_b) 値に対する拡張が直接的である。

40

【 0 1 2 0 】

リリース 12 4 T x コードブックが G o B 構造を用いて再設計され、リリース 8 4 T x コードブックを含まないことも想定される。しかし、リリース 8 4 T x を下記で提示された設計によって拡大するのは直接的である。

【 0 1 2 1 】

例 1 : ビームシフティング

一実施形態において、

$$\mathbf{W}_i(n, m, k) \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} f_n(\mathbf{X}^{(k)}) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m(\mathbf{X}^{(k)}) \end{bmatrix}, k=0, \dots \right\} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (27)$$

である。代替的に、

$$C_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (28)$$

である。

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi m}{N}} \end{bmatrix}. \quad (29)$$

10

として表される $N_t = 4$ の場合、 $\mathbf{D}(m)$ ($m = 0, 1, \dots, N-1$) は、 $N_t / 2 \times N_t / 2$ 対角行列である。本願において、 $\mathbf{D}(m)$ はビームシフティングを実施する。例えば、第1の部分行列 $\mathbf{X}^{(k)}$ が、 N_b 個の隣接ビーム

$$\mathbf{b}_{(N_b k) \bmod N}, \mathbf{b}_{(N_b k + 1) \bmod N}, \dots, \mathbf{b}_{(N_b k + N_b - 1) \bmod N}$$

を含むとき、第2の部分行列 $\mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)}$ は、

$$\mathbf{b}_{(N_b k + m) \bmod N}, \mathbf{b}_{(N_b k + 1 + m) \bmod N}, \dots, \mathbf{b}_{(N_b k + N_b - 1 + m) \bmod N}$$

として N_b 個のビームの異なるグリッドを含む。即ち、ビームの第2のグリッドは、 m 個のビームだけシフトされ、ここで、 m は0から $N-1$ の値を取り得る。 $m = 0, \dots, N-1$ である場合、 W_1 コードブックサイズは、 W_1 重複がないと

20

$$N \frac{N}{N_b}$$

に増大し、 W_1 重複があると、

$$N \frac{2N}{N_b}$$

に増大する。上述の最初のセクションで提示されたコードブックが、ビームシフティングのない、 $m = 0$ である特別な場合であることに留意されたい。

30

【0122】

図4は、ビームのグリッドが $m = 2$ ビームだけシフトされた例を示す。 N_b 個のビーム401の第1のグリッドが、 N 個のビーム402から選択される。ビーム403の第2のグリッドは、 N 個のビーム402から選択されるが、ビーム401の第1のグリッドに関連した2つのビーム404、405だけシフトされる。

【0123】

$\mathbf{D}(m)$ 行列のサブセットが、コードブック C_1 を構築する際に用いられることは排除されず、ここで、 $m \in \Pi$ 、 $\Pi \subseteq \{0, \dots, N-1\}$ である。例えば、 $\Pi = \{1\}$ であるとき、(例えば、垂直偏波アレイ402のための)ビームの第2のグリッドにおける N_b 個のビームは全て1ビームだけシフトされ、それは、2つの連続する W_1 行列間の重複するビーム ($N_b / 2 = 2$) の数の半分である。別の例として、 $\Pi = \{0, 1\}$ であるとき、 N_b 個のビームの第2のグリッドはシフトされない場合もあり、または1ビームだけシフトされ得る。

40

【0124】

別の実施形態において、ビームの第1のグリッドおよび第2のグリッドの両方がシフトされ得る。この例は次のように表される。

$$\mathbf{W}_i(n, m, k) \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} f_n(\mathbf{X}^{(k)}) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m(\mathbf{X}^{(k)}) \end{bmatrix}, k=0, \dots \right\} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}(n)\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (30)$$

50

ここで、

$$\mathbf{G}(n) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi n}{N}} \end{bmatrix}, (n = 0, 1, \dots, N-1), \mathbf{D}(m) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi m}{N}} \end{bmatrix}, (m = 0, 1, \dots, N-1)$$

である。同様に、コードブック C_1 を生成する際に、 $\mathbf{G}(n)$ および $\mathbf{D}(m)$ 行列のサブセットを使用することが可能である。

【 0 1 2 5 】

例 2：ビーム置換 (Beam Permutation)

W_1 の 1 つまたは両方の部分行列において、選択されたビームを置換することがさらに可能である。一例として、 W_1 コードブックは、次のように表される。

10

$$\mathbf{W}_1(l, m, k) \in C_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(l)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)}\mathbf{P}(l) \end{bmatrix}, \quad (31)$$

ここで、 $\mathbf{P}(1)$ は、

$$N_b \times N_b \text{ 単位行列 } \mathbf{I}_{N_b}$$

の 4×4 列置換である。 $\mathbf{P}(1)$ の一例は、

$$\mathbf{P}(l) \text{ is } \mathbf{P}(l) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

20

である。 $\mathbf{D}(m) \times \mathbf{X}^{(k)}$ に $\mathbf{P}(1)$ を乗じることにより、第 2 の部分行列 $\mathbf{D}(m) \times \mathbf{X}^{(k)}$ における N_b 個のビームは、ビーム $\mathbf{X}^{(k)}$ の第 1 のグリッドと共位相調整される前に置換され、 W_1 コードブックにおけるさらなるダイバーシティゲインをもたらす。

【 0 1 2 6 】

置換は、 W_1 の両方の部分行列のために実施され得る。別の例において、 W_1 コードブックは、次のように表される。

30

$$\mathbf{W}_1(j, l, n, m, k) \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} f_n(\mathbf{X}^{(l)})\mathbf{P}_1(j) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m(\mathbf{X}^{(k)})\mathbf{P}_2(l) \end{bmatrix}, k = 0, \dots \right\} \cup \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{D}(n)\mathbf{X}^{(l)}\mathbf{P}_1(j) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)}\mathbf{P}_2(l) \end{bmatrix} \right\} \quad (32)$$

ここで、

$$\mathbf{P}_1(j)$$

および

$$\mathbf{P}_2(l)$$

は、それぞれ、ビームの第 1 のグリッドおよびビーム第 2 のグリッドのための列置換を実施する。置換演算 (permutation operation) $\mathbf{P}(1)$ は、ビームシフティング (例えば、 $\mathbf{D}(m)$) なしに、適用され得ることに留意されたい。

40

【 0 1 2 7 】

例 3：位相回転

別の実施形態において、以下である。

$$\mathbf{W}_1(n, m, k) \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} f_n(\mathbf{X}^{(k)}) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m(\mathbf{X}^{(k)}) \end{bmatrix}, k = 0, \dots \right\} \cup \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)}\mathbf{D}(m) \end{bmatrix} \right\} \quad (33)$$

代替的に、以下である。

$$C_i = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} \mathbf{D}(m) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (34)$$

$\mathbf{D}(m)$ ($m = 0, 1, \dots, N_b - 1$) は、次のように示される $N_b \times N_b$ 対角行列である。

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi}{N}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\frac{2\pi(N_b-1)m}{N}} \end{bmatrix} \quad (35)$$

ここで、 $\mathbf{D}(m)$ は、 N_b 個のビームへの位相補正を実施する。例えば、第 1 の部分行列 $\mathbf{X}^{(k)}$ は、

$$\mathbf{b}_{(N_b k) \bmod N} \quad \mathbf{b}_{(N_b k + 1) \bmod N} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{(N_b k + N_b - 1) \bmod N}$$

として定義される N_b 個の隣接ビームを含むので、第 2 の部分行列 $\mathbf{D}(m) \mathbf{X}^{(k)}$ は、

$$\mathbf{b}_{(N_b k - m) \bmod N} \quad e^{j\frac{2\pi m}{N}} \mathbf{b}_{(N_b k - 1) \bmod N} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi(N_b-1)m}{N}} \mathbf{b}_{(N_b k - N_b + 1) \bmod N}$$

と定義される N_b 個のビームの異なるグリッドを含む。言い換えると、第 2 のグリッドにおける m 番目のビーム ($m = 0, 1, \dots, N_b - 1$) は、

$$\frac{2\pi(N_b-1)m}{N} \text{ 度} \quad 20$$

だけ位相回転される (phase-rotated)。ビームの第 1 のグリッドとビームの第 2 のグリッドの両方に、位相回転を適用することも可能である。

【 0 1 2 8 】

位相回転行列 $\mathbf{D}(m)$ の代替的な式が、次のように与えられる。

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\frac{\pi}{2N_b}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\frac{(N_b-1)\pi}{2N_b}} \end{bmatrix} \quad (36)$$

30

ここで、 N_b 個の位相補正コンポーネント

$$(\text{例えば、 } 1, e^{j\frac{\pi}{2N_b}}, \dots, e^{j\frac{(N_b-1)\pi}{2N_b}})$$

は、90度セクタを均一にサンプルする。このように、ビームの 2 つのグリッド間の共位相調整は、W2 コードブックにおけるような QPSK アルファベットにもはや限定されないが、

$$\{0, \frac{\pi}{2N_b}, \dots, \frac{(N_b-1)\pi}{2N_b}\} + \{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2\} \quad 40$$

の値を取り得る。

【 0 1 2 9 】

ビームシフティング、ビーム置換、および/または位相回転スキームの組合せが、W1 コードブックを構築する際に用いられ得ることがさらに理解されよう。

【 0 1 3 0 】

4Tx MIMO のための 8Tx コードブックのブルーニング

LTE リリース 10 8Tx コードブックは、GoB 構造を用いて設計される。特に、

— 各 4Tx 偏波アレイは、 N 個の DFT ビームによってオーバーサンプリングされ、

— 各広帯域 W_1 行列は、或る AOD および角度広がりのカバーするために N_b 個の隣接 50

DFTビームを含み、

—狭帯域 W_2 は、ビーム選択および共位相調整を実施する。

このように、 $4T \times G \circ B$ コードブックコンポーネントは、リリース12における $8T \times$ コードブックのサブセットの部分行列として選択され得る。言い換えれば、各 $4T \times G \circ B$ プリコードは、リリース10 $8T \times$ プリコードの4つの選択された行に対応し得る（即ち、 $8T \times$ コードブックを4つの行へブルーニングする）。

【0131】

このブルーニングを説明するために、リリース10 $8T \times$ コードブックは、次のように表される。

$$C^{(8)} = C_1^{(8)} \times C_2^{(8)} \quad 10$$

ここで、

$$C^{(8)} = \{W^{(8)}\}, C_1^{(8)} = \{W_1^{(8)}\} \text{ and } C_2^{(8)} = \{W_2^{(8)}\}$$

および

$$C_2^{(8)} = \{W_2^{(8)}\}$$

は、第1および第2のコードブックである。続いて、 $4T \times G \circ B$ コードブックは、

$$C^{(4)} = \{W^{(4)}\} = C_1^{(4)} \times C_2^{(4)}, \quad (37) \quad 20$$

と記すことができ、ここで、 $C^{(4)} = \{W^{(4)}\} = \{W^{(8)}\}_{[(n_1, n_2, n_3, n_4), ;]}$ であり、かつ、 $8 \times R$ 行列 H について、

$$H_{(n_i, :)}$$

は、 H の n_i 番目の行を示し、

$$H_{[(n_1, n_2, n_3, n_4), :]} = \begin{pmatrix} H_{(n_1, :)} \\ H_{(n_2, :)} \\ H_{(n_3, :)} \\ H_{(n_4, :)} \end{pmatrix},$$

30

であり、 (n_1, n_2, n_3, n_4) は、コードブックブルーニングのための行選択ベクトルである。

【0132】

上記で提示された $4T \times G \circ B$ コードブックは、リリース10 $8T \times$ コードブックからブルーニングされ得る。本願では次の注釈を使用する。

i_1^4 : $4T \times$ のための第1のプリコード W_1 のインデックス

i_2^4 : $4T \times$ のための第2のプリコード W_2 のインデックス

i_1^8 : $8T \times$ のための第1のプリコード W_1 のインデックス

40

i_2^8 : $8T \times$ のための第2のプリコード W_2 のインデックス

このように、各 $8T \times$ プリコーディング行列

$$W^{(8)} = W_1^{(8)} W_2^{(8)}$$

は、 $8T \times$ コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアによって示され、各 $4T \times$ プリコーディング行列

50

$$\mathbf{W}^{(4)} = \mathbf{W}_1^{(4)} \mathbf{W}_2^{(4)}$$

は、4 T x コードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアによって示される。

【 0 1 3 3 】

ランク 1

重複ビームを有する、(N , N b) = (N , N b) 4 T x G o B コードブック (ここで、N < = 3 2、N b = 4 である) では、

10

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得、ここで、

$$i_1^4 = \frac{32}{N} i_1^8, i_2^4 = i_2^8, i_2^4 = 0, \dots, 15$$

である。

20

【 0 1 3 4 】

より詳細には以下である。

【 0 1 3 5 】

重複のある (N , N b) = (8 , 4) 4 T x コードブックでは、4 T x コードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアにより示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 7 に記す通り、8 T x コードブックインデックス

30

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアにより示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-3	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$4i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-3	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$4i_1^4$	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 7

40

【 0 1 3 6 】

重複ビームを有する、(N , N b) = (1 6 , 4) 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 8 に記す通り、

50

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク - 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2^{i_1^4}$	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2^{i_1^4}$	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 8

【 0 1 3 7 】

重複ビームを有する、(N , N b) = (3 2 , 4) 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 9 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-15	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	i_1^4	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-15	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	i_1^4	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 9

【 0 1 3 8 】

重複ビームのない、(N , N b) = (N , N b) 4 T x コードブック (ここで、N < = 3 2、N b = 4 である) では、4 T x コードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアにより示される各 4 T x プリコーディング行列は、8 T x コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアにより示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得、ここで、

$$i_1^4 = \frac{64}{N} i_1^8, i_2^4 = i_2^8, i_2^4 = 0, \dots, 15$$

である。

【 0 1 3 9 】

より詳細には、下記である。

【 0 1 4 0 】

重複ビームのない、 $(N, N_b) = (8, 4)$ 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 0 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-1	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$8 i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-1	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$8 i_1^4$	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 10

【 0 1 4 1 】

重複ビームのない、 $(N, N_b) = (16, 4)$ 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 1 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-3	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$4 i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-3	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$4 i_1^4$	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 11

【 0 1 4 2 】

重複ビームのない、 $(N, N_b) = (32, 4)$ 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 2 に記す通り、

10

20

30

40

50

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 1 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2i_1^4$	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 12

【 0 1 4 3 】

ランク - 2

例示的コードブック 1

このセクションでは、次の 4 T x ランク 2 コードブックを仮定する。ここで W_2 コードブックはサイズ 8 である。

$$W_i = \begin{bmatrix} X^{(i)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(i)} \end{bmatrix}, \quad (38)$$

ここで、($k = 0, \dots, N / N_b - 1$) は重複ビームがなく、また、($k = 0, \dots, 2N / N_b - 1$) は、重複ビームを有する。

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (39)$$

ここで、

$$(Y_1, Y_2) \in \{(e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4)\}$$

である。

【 0 1 4 4 】

重複ビームを有する、(N, N_b) = (N, N_b) 4 T x G o B コードブック (ここで、 $N \leq 32$ 、 $N_b = 4$ である) では、4 T x コードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアにより示される各 4 T x プリコーディング行列は、8 T x コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアにより示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得、ここで、

$$i_1^4 = \frac{32}{N} i_1^8, \quad i_2^4 = i_2^8, \quad i_2^4 = 0, \dots, 7$$

である。

【 0 1 4 5 】

より詳細には、下記である。

【 0 1 4 6 】

10

20

30

40

50

重複ビームを有する、 $(N, Nb) = (8, 4)$ 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 3 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-3	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$4i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7

TABLE 13

10

【 0 1 4 7 】

重複ビームを有する、 $(N, Nb) = (16, 4)$ 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 4 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7

TABLE 14

20

30

【 0 1 4 8 】

重複ビームを有する、 $(N, Nb) = (32, 4)$ 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 5 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Txインデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-15	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する 8Txインデックス	i_1^8	i_2^8							
	i_1^4	0	1	2	3	4	5	6	7

TABLE 15

40

【 0 1 4 9 】

重複ビームのない、 $(N, Nb) = (N, Nb)$ 4 T x コードブック (ここで、 $N \leq 32$ 、 $Nb = 4$ である) では、4 T x コードブックインデックス

50

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアにより示される各 4 T x プリコーディング行列は、8 T x コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアにより示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得、ここで、

$$i_1^4 = \frac{64}{N} i_1^8, i_2^4 = i_2^8, i_2^4 = 0, \dots, 7$$

10

である。

【 0 1 5 0 】

より詳細には下記である。

【 0 1 5 1 】

重複ビームのない、(N , N b) = (8 , 4) 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 6 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

20

により示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-1	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する8Tx インデックス	i_1^8	i_2^8							
	$8 i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7

TABLE 16

【 0 1 5 2 】

30

重複ビームのない、(N , N b) = (1 6 , 4) 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 7 に記す通り、

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-3	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する8Tx インデックス	i_1^8	i_2^8							
	$4 i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7

TABLE 17

40

【 0 1 5 3 】

重複ビームのない、(N , N b) = (3 2 , 4) 4 T x コードブックでは、

$$(i_1^4, i_2^4)$$

により示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 8 に記す通り、

50

$$(i_1^8, i_2^8)$$

により示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得る。

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する8Tx インデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7

TABLE 18

10

例示的なコードブック 2

【 0 1 5 4 】

このセクションでは、以下の 4 T x G o B コードブックを想定し、ここで、 W_2 コードブックはサイズ 1 6 である。

$$W_1 = \begin{bmatrix} X^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X^{(k)} \end{bmatrix}, \quad (40)$$

ここで、($k = 0, \dots, N / N_b - 1$) は重複ビームがなく、($k = 0, \dots, 2 N / N_b - 1$) は重複ビームを有する。

20

$$W_1 \in CB_1 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (41)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(e_1^1, e_1^1), (e_2^1, e_2^1), (e_3^1, e_3^1), (e_4^1, e_4^1), (e_1^2, e_2^2), (e_2^2, e_3^2), (e_3^2, e_4^2), (e_1^3, e_4^3), (e_2^3, e_3^3)\}.$$

【 0 1 5 5 】

このような 4 T x コードブックは、8 T x オーバーサンプリングレートと同等の、オーバーサンプリングレートが $N = 32$ という場合を除いて、8 T x コードブックから完全にはブルーニングされ得ない。この場合、4 T x に対し W_1 重複があるとき、4 T x コードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

30

のペアにより示される各 4 T x プリコーディング行列は、表 1 9 に示す通り、8 T x コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアにより示される、対応する 8 T x ランク 2 プリコーディング行列からブルーニングされ得、ここで、

$$i_1^4 = i_1^8, i_1^4 = 0, \dots, 15, i_2^4 = i_2^8, i_2^4 = 0, \dots, 15$$

である。

40

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-15	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する8TX インデックス	i_1^8	i_2^8							
	i_1^4	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-15	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する8TX インデックス	i_1^8	i_2^8							
	i_1^4	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 19

10

【 0 1 5 6 】

重複ビームのない、 $(N, Nb) = (32, 4)$ 4Tx GoBコードブックでは、4Txコードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアにより示される各4Txプリコーディング行列は、表20に記す通り、8Txコードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

20

のペアにより示される、対応する8Txランク2プリコーディング行列からブルーニングされ得、ここで、

$$i_1^4 = 2i_1^8, i_1^4 = 0, \dots, 7, i_2^4 = i_2^8, i_2^4 = 0, \dots, 15$$

である。

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	0	1	2	3	4	5	6	7
Corresponding 8Tx indices 対応する8TX インデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2i_1^4$	0	1	2	3	4	5	6	7
4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4							
	0-7	8	9	10	11	12	13	14	15
Corresponding 8Tx indices 対応する8TX インデックス	i_1^8	i_2^8							
	$2i_1^4$	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 20

30

【 0 1 5 7 】

ランク - 3

40

ランク3 4Tx GoBコードブックは、ランク3 8Txコードブックからブルーニングされ得る。これは、 $(N, Nb) = (16, 8)$ 構造に従った、8Tx設計から理解され得、ここで、

$$\mathbf{B} = [\mathbf{b}_0 \quad \mathbf{b}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{b}_L] \quad , \quad [\mathbf{B}]_{k, m+1:n} = e^{j \frac{2\pi m k}{16}} \quad , \quad m = 0, 1, 2, 3, n = 0, 1, \dots, 15$$

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ \left[\begin{array}{cccccccc} \mathbf{b}_{4k \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+1 \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+2 \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+3 \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+4 \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+5 \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+6 \bmod 32} & \mathbf{b}_{4k+7 \bmod 32} \end{array} \right] \right\}$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix}, \text{Codebook 1: } \mathcal{C}_1 = \{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \mathbf{W}_1^{(3)} \} \quad (42)$$

$$\mathbf{W}_2 \in \mathcal{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (43)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ \begin{array}{l} (e_1^4, [e_1^4, e_2^4]), (e_2^4, [e_2^4, e_3^4]), (e_3^4, [e_3^4, e_4^4]), (e_4^4, [e_4^4, e_5^4]), \\ (e_1^4, [e_1^4, e_5^4]), (e_5^4, [e_5^4, e_6^4]), (e_6^4, [e_6^4, e_7^4]), (e_7^4, [e_7^4, e_8^4]), (e_8^4, [e_8^4, e_9^4]), \\ ([e_1^4, e_2^4], e_1^4), ([e_2^4, e_3^4], e_2^4), ([e_3^4, e_4^4], e_3^4), ([e_4^4, e_5^4], e_4^4), \\ ([e_1^4, e_5^4], e_1^4), ([e_2^4, e_6^4], e_2^4), ([e_3^4, e_7^4], e_3^4), ([e_4^4, e_8^4], e_4^4), \\ ([e_1^4, e_9^4], e_1^4), ([e_2^4, e_{10}^4], e_2^4), ([e_3^4, e_{11}^4], e_3^4), ([e_4^4, e_{12}^4], e_4^4) \end{array} \right\}. \quad (44)$$

10

である。

【 0 1 5 8 】

各ランク 3 8 T x プリコーディング行列の列ベクトルは、ランク 3 8 T x プリコーディング行列がユニタリー制約 (unitary constraint) を確実に満たすために、精密にサンプルされた (例えばサンプリングレート 4) 4 T x D F T ベクトルを含む。4 T x では、ユニタリー制約を達成するために、各ランク 3 4 T x プリコーディング行列の列ベクトルは、精密にサンプルされた (例えば、サンプリングレート 2) 2 T x D F T ベクトルを含まなければならない。このように、いずれの 4 T x G o B 行列の列ベクトルも常に、8 T x コードブックの異なる $\mathbf{W}_1$ 行列にわたり、8 T x コードブックをブルーニングすることによってランク 3 4 T x コードブックを構築することを不可能させる。

20

【 0 1 5 9 】

しかしながら、ランク 3 4 T x G o B コンポーネントは、ランク 6 8 T x コードブックからブルーニングされ得、ここで、

$$\mathcal{C}^{(4)} = \{ \mathbf{W}^{(4)} \}_{rank 3} \subseteq \{ \mathbf{W}^{(8)} \}_{\{(n_1, n_2, n_3, n_4), (m_1, m_2, m_3)\}}_{rank 6} \quad (45)$$

であり、例えば、コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアに対応するランク 6 8 T x プリコーディング行列の (n_1, n_2, n_3, n_4) 番目の行および (m_1, m_2, m_3) 番目の列は、コードブックインデックス

30

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアに対応する 4 T x プリコーディング行列を構築するために用いられる。

【 0 1 6 0 】

例えば、 $(N, N_b) = (4, 4)$ G o B コードブックでは、表 2 1 に示すブルーニングが可能である。

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4
	0	arbitrary 任意
Corresponding 8Tx indices 対応する8TX インデックス	i_1^8	i_2^8
	0	0

TABLE 21

40

【 0 1 6 1 】

列選択方法 (m_1, m_2, m_3) は、4 T x G o B プリコーディング行列に依存し得ることに留意されたい。例えば、以下である。

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3) = (1, 2, 6) \quad (46)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3) = (5, 2, 6) \quad (47)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3) = (1, 5, 2) \quad (48)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3) = (1, 5, 6) \quad (49)$$

【 0 1 6 2 】

ランク - 4

同様に、ランク 4 4 T x G o B コンポーネントは、ランク 4 8 T x コードブックからブルーニングされ得ない。しかしながら、ランク 4 4 T x G o B コンポーネントは、ランク 8 8 T x コードブックからブルーニングされ得、ここで、

$$C^{(4)} = \{W^{(4)}\}_{rank=4} \subset \left\{ W^{(8)}_{\{[n1, n2, n3, n4], [m1, m2, m3, m4]\}} \right\}_{rank=8} \quad (50)$$

であり、例えば、コードブックインデックス

$$(i_1^8, i_2^8)$$

のペアに対応する、ランク 8 8 T x プリコーディング行列の (n 1 , n 2 , n 3 , n 4) 番目の行および (m 1 , m 2 , m 3) 番目の列は、コードブックインデックス

$$(i_1^4, i_2^4)$$

のペアに対応する 4 T x プリコーディング行列を構築するために用いられる。例えば、(N , N b) = (4 , 4) G o B コードブックでは、表 2 2 に示すブルーニングが可能である。

4Tx indices 4Tx インデックス	i_1^4	i_2^4
	0	arbitrary 任意
Corresponding 8Tx indices 対応する8TX インデックス	i_1^8	i_2^8
	0	0

TABLE: 22

【 0 1 6 3 】

列選択方法 (m 1 , m 2 , m 3 , m 4) は、4 T x G o B プリコーディング行列に依存し得ることに留意されたい。例えば、以下である。

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3, m4) = (1, 5, 2, 6) \quad (51)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3, m4) = (3, 7, 4, 8) \quad (52)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3, m4) = (1, 5, 4, 8) \quad (53)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{([e_1^4, e_2^4], [e_3^4, e_4^4])\} \Rightarrow (m1, m2, m3, m4) = (3, 7, 2, 6) \quad (54)$$

【 0 1 6 4 】

ブルーニングのための行選択ベクトル (n 1 , n 2 , n 3 , n 4)

一実施形態では、行選択ベクトル (n 1 , n 2 , n 3 , n 4) は、仕様においてハードコード / 固定され、かつ、UE ヘシグナリングされない。図 5 は、8 T x アレイにおけるアンテナペアをブルーニングするために行選択ベクトルを用いる一例を示す。8 個のアンテナ 1 ~ 8 が 4 つの交差偏波ペア 5 0 1 ~ 5 0 4 に配置される。行選択ベクトル (n 1 , n 2 , n 3 , n 4) = [1 , 2 , 5 , 6] を用いて、4 T x デプロイメント 5 0 6 のために、8 T x アレイ 5 0 5 から、2 つの交差偏波アンテナペア 5 0 1、5 0 2 をブルーニングする。

【 0 1 6 5 】

別の実施形態において、行選択ベクトル (n 1 , n 2 , n 3 , n 4) は、UE に対し半静的な無線リソース制御 (R C C : radio resource control) 構成され得、UE によって

異なってもよい。R C Cシグナリング (n_1, n_2, n_3, n_4) には複数の可能な方法がある。

【0166】

例 1

4 T x M I M O システム ($k = 1, 2, 3, 4$) の k 番目のアンテナポートのために、e N o d e B は、8 T x M I M O システムにおいて対応する仮想アンテナポートインデックス n_k にシグナリングする。これは、 $\log_2(8) \times 4 = 12$ ビットのシグナリングオーバーヘッドを必要とする。

【0167】

例 2

8 アンテナポートシステムから 4 アンテナポートを選択する、合計

$$C_4^8 = 70$$

の方法があるとき、アンテナ選択ベクトル (n_1, n_2, n_3, n_4) の組合せインデックスをシグナリングするために $\log_2(70) = 7$ ビットが用いられる。これは、5 ビットのオーバーヘッド節減を達成する。

【0168】

候補アンテナ選択ベクトル $\{(n_1, n_2, n_3, n_4)\}$ のセットをダウンサイズすることがさらに可能であり、これは、R R Cシグナリングオーバーヘッドをさらに減少し得る。例えば、e N o d e B は、 $(n_1, n_2, n_3, n_4) = [1, 2, 5, 6]$ または $(n_1, n_2, n_3, n_4) = [1, 4, 5, 8]$ を仮定するために U E を構成するために 1 ビットを用い得る。 $(n_1, n_2, n_3, n_4) = [1, 4, 5, 6]$ を用いて、2 つの隣接する交差偏波アンテナペアが構成され、これは、アンテナ間隔の小さな 4 T x 交差偏波アンテナをモデル化する。 $(n_1, n_2, n_3, n_4) = [1, 4, 5, 8]$ を用いて、アンテナ間隔の大きな 2 つのアンテナペアがモデル化される。間隔の大きな 2 つの別個のアンテナレドームが 4 T x M I M O のために用いられる、G S M / H S P A / L T E スペクトルファーマーミング制限に起因して、アンテナ間隔を広く設ける必要のあるいくつかのワイヤレスオペレータにとって、これは重要であり得る。

【0169】

U E が複数の C S I - R S リソースを有して構成される伝送モード 10 において構成される U E では、行選択ベクトル (n_1, n_2, n_3, n_4) は、各 4 T x C S I - R S リソースに対し個別に構成され得る。

【0170】

8 T x ブルーニングからの 4 T x コードブックの例

ランク 1、2、3、4 T x G o B コードブックに対して上記で提示された方法を用いて、4 T x コードブックの一例は以下のように要約される。

【0171】

リリース 12 エンハンスメントは、ダブルコードブック (D C B) コンポーネントを有するリリース 8 コードブックを拡大することによって達成される。

—コンポーネント 1 (リリース 8) : W_1 = 単位行列、リリース 8 コードブックから選択された W_2 、

—コンポーネント 2 (D C B) : ... ブルーニングされたリリース 10 8 T x コードブック、

は、8 T x プリコーディング行列 (即ち、8 T x 行列のサブセット) からの 8 つの行から 4 つの行を選択する。

ランク 1 :

コンポーネント 1 : リリース 8

$$W_1 = I_4, \quad (55)$$

$$W_2 \in C_{2, 8 \times 4 T \times R 1} \quad (56)$$

10

20

30

40

50

コンポーネント 2 : D C B :

$W_1 : i_1 = 0, \dots, 15$ であり、各 W_1 は、 (i_1) 番目の $8T \times W_1$ コードブックの $(1, 2, 5, 6)$ 番目の行である。

$W_2 : i_2 = 0, \dots, 15$ であり、 $8T \times W_2$ コードブックと同じである。

注： $4T \times$ D C B コンポーネントは、 $8T \times$ D C B コードブックの $(1, 2, 5, 6)$ 番目の行である。これは、隣接する W_1 重複を有する、 $(N, Nb) = (32, 4)$ コードブックと等しい。

ランク 2 :

コンポーネント 1 : リリース 8

$$W_1 = I_4, \quad (57)$$

$$W_2 \in C_{2, 8N-4T \times N/2} \quad (58)$$

10

コンポーネント 2 : D C B :

$W_1 : i_1 = 0, \dots, 15$ であり、各 W_1 は、 (i_1) 番目の $8T \times W_1$ コードブックの $(1, 2, 5, 6)$ 番目の行である。

$W_2 : i_2 = 0, \dots, 15$ であり、 $8T \times W_2$ コードブックと同じである。

注： $4T \times$ D C B コンポーネントは、 $8T \times$ D C B コードブックの $(1, 2, 5, 6)$ 番目の行である。これは、隣接する W_1 重複を有する、 $(N, Nb) = (32, 4)$ コードブックと等しい。

【 0 1 7 2 】

20

ランク 3 / ランク 4 :

リリース 8 コードブックを再利用する。

【 0 1 7 3 】

$4T \times$ コードブックのさらなるエンハンスメント

【 0 1 7 4 】

上記で提示されたいずれのコードブックも、さらに $4T \times$ プリコーディング行列を加えることによっていっそう拡張され得る。上記のセクションでは、リリース 8 $4T \times$ コードブックが、 $W = W_1 W_2$ の形でリリース 12 $4T \times$ コードブックにおいて承継され、ここで、 W_1 は、 4×4 単位行列であり、 W_2 はリリース 8 コードブックから取得されることに留意されたい。この設計の拡張が可能であり、 W_1 コードブックは、 4×4 単位行列 I_4 を含むだけでなく、他のサイズの 4×4 行列も含む。拡張の一例は、 W_1 コードブックが対角行列のセットを含む場合であり、この場合、各対角エレメントは、 W_2 行列の各行のための位相回転を実施する。

30

【 0 1 7 5 】

この設計原理に従って、さらに拡張された $4T \times$ コードブックの一例を以下に記す。

ランク - 1 / ランク - 2

$$C_1 = \{W_1^{(0)}, W_1^{(1)}, W_1^{(2)}, \dots, W_1^{(N/2-1)}\}, \quad (59)$$

【 0 1 7 6 】

$i_1 = 0, \dots, N/2 - 1$ の場合、

40

$$W_1^{(0)}, W_1^{(1)}, W_1^{(2)}, \dots, W_1^{(N/2-1)}$$

は、対角行列（例えば、位相回転を実施する）であり、 W_2 は、リリース 8 $4T \times$ コードブックを承継する。特に、

$$i_1 = 0, W_1^{(0)} = I_4$$

の場合である。これにより、リリース 8 コードブックは、リリース 12 において変更なく再利用され得る。

【 0 1 7 7 】

$i_1 = (N/2), \dots, N - 1$ の場合、

50

$$\mathbf{W}_1^{(N/2)} \dots \mathbf{W}_1^{(N-1)}$$

は、ダブルコードブック構造を考慮して設計されたブロック対角行列である。この場合、 $\mathbf{W}_1$ および $\mathbf{W}_2$ は、上記セクションで提示された D C B コードブックコンポーネントの任意のものをい得る。一例として、 $\mathbf{W}_1 / \mathbf{W}_2$ は $8 T \times$ コードブックからブルーニングされ得、ここで、 $N = 32$ であり、 $\mathbf{W}_1 : i_1 = 16, \dots, 31$ であり、各 $\mathbf{W}_1$ は、 $(i_1 - 15)$ 番目の $8 T \times \mathbf{W}_1$ 行列の $(1, 2, 5, 6)$ 番目の行であり、 $\mathbf{W}_2 : i_2 = 0, \dots, 15$ であり、 $8 T \times \mathbf{W}_2$ コードブックと同じである。

【0178】

ここでは、 $\mathbf{W}_1$ オーバーヘッドは、サブバンドにつき 5 ビットであり、 $\mathbf{W}_2$ オーバーヘッドは 4 ビットである。

【0179】

ランク 3 およびランク 4 は、必要であれば、同じエンハンスメント設計に従い得る。

【0180】

ランク - 2 の代替設計

上記で提示された G o B 設計は、各 $\mathbf{W}_1$ 行列が、隣接する D F T ビームのグループを含むと仮定した。各 $\mathbf{W}_1$ グリッドにおけるビームは必ずしも隣接しておらず、これにより、他の設計が可能となることに留意されたい。このセクションでは、 $\mathbf{W}_1$ における非隣接ビームを有する例示的なランク 2 設計を提示する。

【0181】

注釈を思い起こすために、

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (60)$$

であり、ここで、 $\mathbf{X}^{(k)}$ が複数の 2×1 D F T ビームを含み、 $k = i_1$ であることに留意されたい。以下のセクションにおいて、オーバーサンプリング比 $N = 16$ と仮定するが、提示される設計は、他の N 値に容易に一般化され得る。

【0182】

代替設計 1

$$\mathbf{b}_{l \bmod N} = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j2\pi l/N} \end{bmatrix}, l = 0, \dots, N-1$$

として表される、 N 回オーバーサンプリングされた 2×1 D F T ビームが、

$$\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N}$$

と直交することに留意されたい。それゆえ、各 $\mathbf{W}_1$ グリッドは、

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix}, \quad (61)$$

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{l \bmod N}, \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N}], k=l. \quad (62)$$

として表される、2 つの直交 D F T ビームを含み得る。

【0183】

$\mathbf{W}_2$ コードブックは、例えば、

$$\mathbf{W}_2 = \mathbf{C}_2 - \Omega \circ \left\{ \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ e_1 & e_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ e_1 & -e_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ -e_1 & e_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ -e_1 & -e_2 \end{pmatrix} \right\} \quad (63)$$

として示される、ビーム選択および共位相行列を含み得、ここで、 $\circ$ はシュール積 (Schur product) を示し、

$$e_i^2$$

は、1 である i 番目のエレメントを除いて、全てのゼロエントリ (zero entries) を有する 2×1 列ベクトルであり、

$$\Omega = \left\{ \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 \\ e^{j2\pi k/N} \mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \right\}_{k=0}^{N-1} \quad (64)$$

は、共位相調整を実施する対角行列である。

【 0 1 8 4 】

一例として、

$$\Omega = \left\{ \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & \mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & -\mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & j\mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & -j\mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \right\}, \quad (65)$$

10

であり、この結果、4 ビットの W_2 コードブックとなる。これに応じて、各

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{l \bmod N}, \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N}]$$

、 $k = 1 = i_1$ のために、対応する 16 個の合成行列

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_{i_1, i_2}, i_2 = 0, \dots, 15$$

は、表 23 に示すように表される。

$i_2 = 0, \dots, 3$	$\mathbf{W}_{k,0} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,1} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,2} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -\mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,3} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -\mathbf{b}_{l \bmod N} & -\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$
$i_2 = 4, \dots, 7$	$\mathbf{W}_{k,4} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -\mathbf{b}_{l \bmod N} & -\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,5} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -\mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,6} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ \mathbf{b}_{l \bmod N} & -\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,7} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$
$i_2 = 8, \dots, 11$	$\mathbf{W}_{k,8} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ j\mathbf{b}_{l \bmod N} & j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,9} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ j\mathbf{b}_{l \bmod N} & -j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,10} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -j\mathbf{b}_{l \bmod N} & j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,11} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -j\mathbf{b}_{l \bmod N} & -j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$
$i_2 = 12, \dots, 15$	$\mathbf{W}_{k,12} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -j\mathbf{b}_{l \bmod N} & -j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,13} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ -j\mathbf{b}_{l \bmod N} & j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,14} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ j\mathbf{b}_{l \bmod N} & -j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $\mathbf{W}_{k,15} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{l \bmod N} & \mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \\ j\mathbf{b}_{l \bmod N} & j\mathbf{b}_{(l+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$

TABLE 23

20

30

40

【 0 1 8 5 】

$$W_{i_1, i_2}, i_2 = 4, \dots, 7$$

は

$$W_{i_1, i_2}, i_2 = 0, \dots, 3$$

と同一であり、

$$W_{i_1, i_2}, i_2 = 12, \dots, 15$$

は、

$$W_{i_1, i_2}, i_2 = 8, \dots, 11$$

10

と同一であることに留意されたい。それゆえ、 W_2 サイズを 3 ビット ($i_2 = 0, \dots, 7$) に下げることが可能であり、ここで、

$$\Omega = \left\{ \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & \mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & j\mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \right\}, \quad (66)$$

であり、複合プリコーダ

$$W = W_{i_1, i_2}$$

は、表 2 4 に示す値によって与えられる。

20

$i_2 = 0, \dots, 3$	$W_{k,0} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $W_{k,1} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ \mathbf{b}_{t \bmod N} & -\mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $W_{k,2} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ -\mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $W_{k,3} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ -\mathbf{b}_{t \bmod N} & -\mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$
$i_2 = 4, \dots, 7$	$W_{k,4} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ j\mathbf{b}_{t \bmod N} & j\mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $W_{k,5} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ j\mathbf{b}_{t \bmod N} & -j\mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $W_{k,6} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ -j\mathbf{b}_{t \bmod N} & j\mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$ $W_{k,7} = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_{t \bmod N} & \mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \\ -j\mathbf{b}_{t \bmod N} & -j\mathbf{b}_{(t+N/2) \bmod N} \end{pmatrix}$

TABLE 24

30

【 0 1 8 6 】

他の共位相調整方法 Ω が可能であり、例えば、

$$\Omega = \left\{ \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & \mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & j\mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & e^{j\frac{\pi}{4}}\mathbf{I}_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mathbf{I}_2 & \\ & e^{j\frac{3\pi}{4}}\mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \right\}. \quad (67)$$

40

であることに留意されたい。

【 0 1 8 7 】

この場合、 W_2 コードブックサイズは 4 ビットである。

【 0 1 8 8 】

一般化 (Generalization)

代替設計 1 として上記で提示されたプリコーダは、最終ランク 2 コードブックを構築するように、これ以前のセクションにおけるプリコーダと組み合わせられ得る。例えば、オーバーサンプリング比 N (例えば、 $N = 16$)、 $N_b = 4$ と仮定すると、ランク 2 コードブックは、

$$W_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \right\}, i_1 = k = 0, \dots, 2N/N_b - 1 \quad (68)$$

→ size $N/2$

として表され得る。

【 0 1 8 9 】

$i_2 = 0, \dots, 7$ の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{\{N_b k/2\} \bmod N} \quad \mathbf{b}_{\{N_b k/2+1\} \bmod N} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{\{N_b k/2+N_b-1\} \bmod N}] \quad (69)$$

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (70)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4)\} \quad (71)$$

である。

【 0 1 9 0 】

$i_2 = 8, \dots, 15$ の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{\{k-N/2\} \bmod N} \quad \mathbf{b}_{k \bmod N}] \quad (72)$$

$$W_2 \in CB_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \left[\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right], \quad (73)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1^2, e_2^2)\} \quad (74)$$

である。

【 0 1 9 1 】

W_1 オーバーヘッドは、 $\log_2(N/2) = 3$ ビットであり、 W_2 オーバーヘッドは 4 ビットである。

【 0 1 9 2 】

組み合されたコードブックは、以下のように再表現され得ることに留意されたい。

$$W_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(N-1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(N-1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (75)$$

→ size N

【 0 1 9 3 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (k = i_1 = 0, \dots, N/2 - 1): \quad (76)$$

の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{\{N_b k/2\} \bmod N} \quad \mathbf{b}_{\{N_b k/2+1\} \bmod N} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{\{N_b k/2+N_b-1\} \bmod N}] \quad (77)$$

$$W_2 \in CB_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (78)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4)\} \quad (79)$$

である。

【 0 1 9 4 】

$$W_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (k = i_1 = \frac{N}{2}, \dots, N-1): \quad (80)$$

の場合、

10

20

30

40

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{(k \cdot N/2) \bmod N}, \mathbf{b}_{k \bmod N}] \quad (81)$$

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (82)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1^2, e_2^2)\} \quad (83)$$

である。

【 0 1 9 5 】

この場合、 W_1 オーバーヘッドは、 $1 \log 2(N) = 4$ ビットであり、 W_2 オーバーヘッドは 3 ビットである。 10

【 0 1 9 6 】

別の可能な組合せの設計は、

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(N-1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(N-1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (84)$$

$\rightarrow \text{size } N$

である。

【 0 1 9 7 】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = i_1 - 0, \dots, N/2 - 1) : \quad (85) \quad 20$$

の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{(N_0 k/2) \bmod N}, \mathbf{b}_{(N_0 k/2+1) \bmod N}, \dots, \mathbf{b}_{(N_0 k/2+N_0-1) \bmod N}] \quad (86)$$

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (87)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1^1, e_1^1), (e_2^1, e_2^1), (e_3^1, e_3^1), (e_4^1, e_4^1), (e_1^2, e_2^2), (e_2^2, e_3^2), (e_3^2, e_4^2), (e_4^2, e_1^2), (e_1^3, e_1^3), (e_2^3, e_2^3), (e_3^3, e_3^3), (e_4^3, e_4^3)\} \quad (88)$$

である。

【 0 1 9 8 】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = i_1 = \frac{N}{2}, \dots, N-1) : \quad (89) \quad 30$$

の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = [\mathbf{b}_{(k \cdot N/2) \bmod N}, \mathbf{b}_{k \bmod N}] \quad (90)$$

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 =$$

$$\left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \frac{1}{\sqrt{2}} \times \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & -e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & -e^{j\frac{\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & -e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_1 & -e^{j\frac{3\pi}{4}} \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (91)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1^2, e_2^2)\} \quad (92)$$

である。

【 0 1 9 9 】

W_1 オーバーヘッドは、 $1 \log 2(N) = 4$ ビットであり、 W_2 オーバーヘッドは 4 ビットである。

【 0 2 0 0 】

リリース 1 2 におけるリリース 8 コードブックの承継

W₂ のためのリリース 8 プリコードの使用

これ以前のセクションにおいて説明したように、リリース 12 コードブックのために、リリース 8 コードブックをサブセットとして承継することが可能である。これは、リリース 8 4 T x プリコードを、W₁ = 4 × 4 単位行列 I₄ と関連する W₂ のためのコードブックとして用いることによって達成され得る。これは、ランク 1 からランク 4 に対して適用可能であり、ここでサブバンド W₂ オーバーヘッドはサブバンドにつき 4 ビットである。

【0201】

リリース 8 プリコードを N 個のグループに分割することも可能であり、ここで、各グループは、異なる W₂ コードブックを形成する 16 / N リリース 8 プリコードを有する。各 W₂ コードブックに対し、W₁ 行列は、4 × 4 単位行列に等しい。サブバンド W₂ オーバーヘッドは、それゆえ、log₂ (16 / N) ビットに削減される。

【0202】

例えば、以下である。

—リリース 8 コードブックは、2 つの W₁ 行列、例えば、

$$W_1^k = I_4, k = 0, 1$$

に対応する、リリース 12 コードブックにおいて承継される。

$$W_1^0$$

のために、W₂ コードブックは、最初の 8 個のリリース 8 プリコードを含む。

$$W_1^1$$

のために、W₂ コードブックは、最後の 8 個のリリース 8 プリコードを含む。

—N の他の値は、サブバンド PMI ビット幅を適合することが可能である。例えば、N = 2 は、log₂ (8) = 3 ビットのサブバンドサイズに対応し、N = 4 は、log₂ (4) = 2 ビットのサブバンドサイズに対応する。

—上記設計は、ランク 1、ランク 2、ランク 3 およびランク 4 に対して適用され得る。

【0203】

リリース 8 を用いる W₁ および列選択を用いる W₂ の構築

リリース 8 プリコードを用いて W₁ 行列を構築することによって、また、列選択行列を用いて W₂ コードブックを構築することによって、リリース 12 におけるリリース 8 コードブックを承継することがさらに可能である。

【0204】

例えば、以下である。

—ランク 1 について、W₁ は、リリース 8 ランク 1 ベクトルの全てまたはサブセットを含む。W₁ のサイズは、4 × L によって与えられ、ここで、1 ≤ L ≤ 16 は、W₁ に含まれるランク 1 リリース 8 コードブックベクトルの数である。W₂ コードブックは、L 列選択ベクトル [e₁, e₂, ... e_L] を含み、ここで、e_i は、1 に等しい i 番目のエントリを除いて、全てのゼロエントリの L × 1 ベクトルである。

—ランク r (r = 2, 3, 4) について、W₁ の列は、リリース 8 ランク r ベクトルの全てまたはサブセットを含み、例えば、これは下記のように示され得る。

$$W_1 = \begin{bmatrix} W_{s(0)}^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} & W_{s(1)}^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} & \dots & W_{s(L-1)}^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} \end{bmatrix} \quad (93)$$

ここで、

$$W_{s(l)}^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r}$$

は、s (l) 番目のリリース 8 プリコードである。W₁ のサイズは 4 × r L であり、ここで、1 ≤ L ≤ 16 は、W₁ におけるランク r リリース 8 コードブック行列の数である。W₂ コードブックは L 列選択行列を含み、ここで、l 番目の W₂ 行列 (1 ≤ l ≤ L

10

20

30

40

50

) は、

$$W_2 = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{r(l-1) \times r} \\ \mathbf{I}_{r \times r} \\ \mathbf{0}_{r(l-k) \times r} \end{bmatrix} \quad (94)$$

である。

【 0 2 0 5 】

代替として、 W_1 行列は、ブロック対角方式で構築され得る。

【 0 2 0 6 】

例えば、ランク 1 については、

$$W_1 = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & B \end{bmatrix}, \quad (95)$$

10

であり、ここで、 A および B は、サイズ 2×16 のものであり、 A の 1 番目の列は 1 番目のリリース 8 プリコードの最初の 2 つの行であり、 B の 1 番目の列は、1 番目のリリース 8 プリコードの最後の 2 つの行であり、 $l = 1, \dots, 16$ である。

【 0 2 0 7 】

W_2 行列は、

$$W_2^k = \begin{bmatrix} e_k & 0 \\ 0 & e_k \end{bmatrix}, k = 1, \dots, 16, \quad (96)$$

20

の形で表され得、ここで、 e_k は 16×16 単位行列の k 番目の列である。

【 0 2 0 8 】

ランク r について、 $r = 2, \dots, 4$ 、即ち、

$$W_1 = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & B \end{bmatrix}, \quad (97)$$

であり、ここで A および B は、 $2 \times 16r$ のサイズのものであり、

$$A = \begin{bmatrix} W_1^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} & W_2^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} & \dots & W_{16}^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} \end{bmatrix}_{(1:2)}$$

30

であり、 $P_{(1:2)}$ は、行列 P の第 1 の行および第 2 の行であり、

$$B = \begin{bmatrix} W_1^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} & W_2^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} & \dots & W_{16}^{\text{Rel}, 8-\text{rank}-r} \end{bmatrix}_{(3:4)}$$

であり、 $P_{(3:4)}$ は、行列 P の第 3 の行および第 4 の行である。

【 0 2 0 9 】

W_2 コードブックについて、

$$W_2^k = \begin{bmatrix} e_k & 0 \\ 0 & e_k \end{bmatrix}, k = 1, \dots, 16, \quad (98)$$

40

であり、ここで、

$$e_k = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{r(k-1) \times r} \\ \mathbf{I}_{r \times r} \\ \mathbf{0}_{r(l-k) \times r} \end{bmatrix}$$

である。

【 0 2 1 0 】

L T E のための 4 T x コードブックエンハンスメント

50

以下のセクションにおいて、LTEリリース12のための、可能な4T×コードブック
エンハンスメントの代案が開示される。これらの例では、

$$\tilde{\mathbf{e}}_i$$

は、値1を有する*i*番目のエレメントを除く、全てのゼロエントリを有する4×1ベクトルである。

【0211】

ランク1 / ランク2

ランク1 / ランク2コードブックに対し、以下の2つの代案が可能である。

【0212】

代案1

N = 32 オーバーサンプリングされたビームと、グリッドにつき4つの隣接ビームとを有する8T×GoB設計を再利用すると、以下の4T×コードブックが考慮され得る。

$$\mathbf{B} = [\mathbf{b}_0 \quad \mathbf{b}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{b}_{31}] \quad , \quad [\mathbf{B}]_{j, m, 1:n} = e^{j \frac{2\pi m n}{32}} \quad , \quad m = 0, \dots, \frac{N_T}{2} - 1, n = 0, 1, \dots, 31 \quad (99)$$

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ [\mathbf{b}_{2k \bmod 32} \quad \mathbf{b}_{(2k+1) \bmod 32} \quad \mathbf{b}_{(2k+2) \bmod 32} \quad \mathbf{b}_{(2k+3) \bmod 32}] : k = 0, 1, \dots, 15 \right\} \quad (100)$$

$$\mathbf{W}_i^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (101)$$

$$\text{Codebook 1: } \mathbf{C}_1 = \{\mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{(15)}\} \quad (102)$$

ランク1 : (4ビット)

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{C}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\} \quad (103)$$

$$\mathbf{Y} \in \{\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_4\} \quad (104)$$

ランク2 : (4ビット)

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{C}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (105)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_1), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_4), (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_4), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_1)\} \quad (106)$$

【0213】

ランク2 : (3ビット)

ランク2について、(3ビット) $\mathbf{W}_2$ が好ましい場合、($\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2$)は

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_1), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_4)\} \quad (107)$$

に変更され得る。各 $\mathbf{W}_1$ 行列は、1セットの隣接するDFTビームによって構築され、狭い範囲の発射角/到来角をカバーする。基本的考察は、 $\mathbf{W}_1$ 行列に基づいた広帯域/ロングタームチャンネルのフィードバックに基づき、適切に設計されたC1コードブックにおけるフィードバックされた $\mathbf{W}_1$ 行列は、十分な正確性をもって、広帯域A o A (到来角) / A o D (発射角)を反射可能とするべきである。例えば、セルラー通信システムにおける最もマクロな基地局は、セルタワー上に高架にされ、UEへの直接的な見通し線を有し得るものとされ、そこでは、UEへの入力する無線信号の角度は小さな範囲内にある。従って、隣接ビームのセットを含む広帯域 $\mathbf{W}_1$ は、広帯域上の入力する無線信号の範囲をカバーするために用いられ得、一方で、狭帯域 $\mathbf{W}_2$ コードブックは、各サブバンド上の特定のビームを選択するために用いられ得る。この $\mathbf{W}_1$ 設計は、狭い間隔のアンテナ、十分な見通し線を備える伝搬チャンネル、および完全に較正された基地局アンテナを有する、マクロな基地局に特に適している。

【0214】

代案2

ランク1 / 2コードブックが2つの構成要素を含み、 $\mathbf{W}_1$ 構造は各構成要素において異

10

20

30

40

50

なる。最初の 8 つの W_1 行列について、 X_n は、 $N = 16$ のオーバーサンプリングレート
を有する 4 つの隣接した DFT ビームを含む。最後の 8 つの W_1 行列について、 X_n は、
[0 , 3 6 0] の到来角度の部分空間 (angle of arrival subspace) を均一にサンプリ
ングする、4 つの分散型非隣接 DFT ビームを含む。これは、より広い角伝搬範囲を提供
し、大規模なタイミング不整合誤差に有用であり得る。

【 0 2 1 5 】

それゆえ、 W_1 コードブックは、以下により与えられ得る。

$$i_1 = 0, 1, \dots, 7:$$

$$X^{(i_1)} \in \left\{ \left[\begin{array}{cccc} b_{(2i_1 \bmod 16)} & b_{(2i_1 + 1 \bmod 16)} & b_{(2i_1 + 2 \bmod 16)} & b_{(2i_1 + 3 \bmod 16)} \end{array} \right] \right\}, \quad (108)$$

$$b_n(m+1) = e^{j \frac{2\pi mn}{16}}, n = 0, 1, \dots, 15, m = 0, 1 \quad (109)$$

$$i_1 = 8, 9, \dots, 15:$$

$$X^{(i_1)} \in \left\{ \left[\begin{array}{cccc} b_{(i_1 \bmod 32)} & b_{(i_1 + 8 \bmod 32)} & b_{(i_1 + 16 \bmod 32)} & b_{(i_1 + 24 \bmod 32)} \end{array} \right] \right\}, \quad (110)$$

$$b_n(m+1) = e^{j \frac{2\pi mn}{32}}, n = 0, 1, \dots, 31, m = 0, 1 \quad (111)$$

【 0 2 1 6 】

見ての通り、最後の 8 つの W_1 行列について、コードブック C_1 における各 W_1 行列は
、4 つの非隣接 DFT ビームから成る。各 W_1 行列における 4 つの非隣接 DFT ビームは
、広範囲の到来角 / 発射角をカバーするために、[0 , 3 6 0] DFT 部分空間において
、広く離間され、且つ、均一に分布される。最初の W_1 行列における DFT ビームは、2
番目の W_1 行列における 4 つの DFT ビームに対して小さな角度だけ回転される。より具
体的には、広く離間された DFT を含む W_1 行列は、

$$X_1^{(8)} \in \left\{ \left[\begin{array}{cccc} b_0 & b_8 & b_{16} & b_{24} \end{array} \right] \right\} \quad (112)$$

$$X_1^{(9)} \in \left\{ \left[\begin{array}{cccc} b_1 & b_9 & b_{17} & b_{25} \end{array} \right] \right\}$$

...

$$X_1^{(15)} \in \left\{ \left[\begin{array}{cccc} b_7 & b_{15} & b_{23} & b_{31} \end{array} \right] \right\}$$

と要約される。

【 0 2 1 7 】

このような設計フレームワークは、入力するワイヤレス信号の到来角 / 発射角が広範囲
に分布される使用事例 (例えば、広く離間されたアンテナコンポーネント、未校正のアン
テナアレイ、リッチなマルチパス散乱環境) において、特に有用である。例えば、同じ周
波数でマクロ基地局の頂部上に密集した小さなセルがオーバーレイされる異機種配置の状
況において、UE により受信されるマルチパス無線信号は、UE 周辺のいくつかの散乱物
体 (例えば、建物、車) によって反射される。 W_1 において広く離間された非隣接の DFT
ビームを有すると、異なる角度からの全ての入力する信号が適切にキャプチャされ得る
ことが確実となる。別の使用事例として、基地局での異なるアンテナでのトランスミッタ
タイミングが、慎重なタイミング整合較正によって同期されるであろうことが留意される
。実際には、安価な RF コンポーネントを備えた低コスト低電力の小さな基地局 (例えば
、ピコセル、フェムトセル) の場合に特に、完全なタイミング整合が基地局で常に保障さ
れるわけではない。3GPP LTE においては、最大 65 ナノ秒のダウンリンク伝送タイ
ミング不整合要件が、全ての基地局に規定される。タイムドメインにおけるアンテナタ
イミングのずれは、周波数領域における異なる OFDM サブキャリア上のチャンネル変動
の増加をもたらし、1 つの周波数サブバンド上のメイン DFT ビーム角は、別のサブバン
ド上のメイン DFT ビーム角とは著しく異なり得る。この場合、 W_1 行列において非隣接
の広く離間された DFT ビームを有すると、広帯域の到来角 / 発射角がより信頼性を持っ
てカバーされ得、フィードバックの正確性がより高くなることが確実となる。

【 0 2 1 8 】

ランク 1 (4 ビット) 用の W_2 コードブックは、以下によって与えられ得る。

$$W_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ jY \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ -Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ -jY \end{bmatrix} \right\}, \quad (113)$$

$$Y \in \{\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \tilde{e}_3, \tilde{e}_4\} \quad (114)$$

【 0 2 1 9 】

ランク 2 (4 ビット) 用の W_2 コードブックは、以下によって与えられ得る。

【 0 2 2 0 】

$i_1 = 0, 1, \dots, 7$ に対応する W_2 について、

$$W_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (115)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(\tilde{e}_1, \tilde{e}_1)(\tilde{e}_2, \tilde{e}_2)(\tilde{e}_3, \tilde{e}_3)(\tilde{e}_4, \tilde{e}_4)(\tilde{e}_1, \tilde{e}_2)(\tilde{e}_2, \tilde{e}_3)(\tilde{e}_3, \tilde{e}_4)(\tilde{e}_4, \tilde{e}_1)\} \quad (116)$$

である。

【 0 2 2 1 】

(3 ビット) W_2 が好ましい場合、(Y 1, Y 2) は、

$$(Y_1, Y_2) \in \{(\tilde{e}_1, \tilde{e}_1)(\tilde{e}_2, \tilde{e}_2)(\tilde{e}_3, \tilde{e}_3)(\tilde{e}_4, \tilde{e}_4)\}. \quad (117)$$

に変更され得る。

【 0 2 2 2 】

$i_1 = 8, 9, \dots, 15$ に対応する W_2 について、

$$W_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & jY_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -jY_1 & jY_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (118)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(\tilde{e}_1, \tilde{e}_1)(\tilde{e}_2, \tilde{e}_4)\} \quad (119)$$

である。

【 0 2 2 3 】

(3 ビット) W_2 が好ましい場合、 W_2 コードブックは、

$$W_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (120)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(\tilde{e}_1, \tilde{e}_3)(\tilde{e}_2, \tilde{e}_4)\}, \quad (121)$$

または、

$$W_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & jY_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -jY_1 & jY_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (122)$$

$$(Y_1, Y_2) \in \{(\tilde{e}_1, \tilde{e}_1)\} \text{ or } \{(\tilde{e}_2, \tilde{e}_4)\} \quad (123)$$

に変更され得る。

【 0 2 2 4 】

一実施形態において、上記で規定された新たなランク 1 / 2 コードブック設計は、LTE リリース 12 に準拠する LTE システムに組み込まれ得る。上記で提示したコードブックにおけるプリコードのサブセットが、ランク 1 またはランク 2 のいずれの場合でも、新たなリリース 12 4 T x コードブックを構築するために用いられ得る。例えば、 W_1 コードブックは、式 (1 1 0) ~ (1 1 1) における $i_2 = 8, 9, \dots, 15$ の、広く離間された DFT ビームのみを含む W_1 行列によって構築され得る。

【 0 2 2 5 】

図 6 は、一実施形態に従ったプリコーディング行列 / ベクトル選択プロセスを示す。最

10

20

30

40

50

終的なプリコーディング行列／ベクトルは、２つのPMIの関数である。

$$W = f(PMI_1, PMI_2) \quad (124)$$

ここで、PMI₁は、PMI₂よりもごく少ない頻度で更新される。PMI₁は、システム帯域幅全体を対象としており、PMI₂は周波数選択性であり得る。

【0226】

図6は、ダウンリンクLTE-Advanced(LTE-A)において用いられる技法を示す。UEは、PMI₁およびPMI₂を選択し、それゆえ、LTEフィードバックパラダイムと同様のやり方でW₁およびW₂を選択する。

【0227】

UEは、空間的相関ドメインにおけるなどの空間的共分散行列などのロングタームチャンネル特性に基づいて、ブロック601において最初のプリコードブックW₁をPMI₁の入力から選択する。これは、空間的共分散行列が、長い時間期間にわたって、広帯域のやり方で推定される必要があるという事実と一致して、長期的に成される。

【0228】

W₁で条件付けされて、UEは、ショートターム(瞬時)チャンネルに基づきW₂を選択する。これは２段階のプロセスである。ブロック602において、コードブックCB₂(⁰)からCB₂(^{N-1})のセットがPMI₁入力に基づいて選択される。ブロック603は、選択されたコードブック

$$CB_2^{(PMI_1)}$$

およびPMI₂に対応する１つのプリコードを選択する。この選択は、選択されたランクインジケータ(RI)に基づき条件付けされ得る。あるいは、RIがW₂と共に選択され得る。ブロック604は、選択されたW₁およびW₂を用いて、関数f(W₁, W₂)を形成する。

【0229】

PMI₁およびPMI₂は、異なるレートおよび／または異なる周波数分解能で基地局(eNodeB)にレポートされる。

【0230】

この設計フレームワークに基づいて、コードブック設計のいくつかのタイプが本願で説明される。各タイプは単独で動作可能であるが、設計が異なるシナリオのために意図される場合には特に、単一のコードブック設計において異なるタイプを使用することも可能である。単純であるが多用途の設計が、以下の通り考え出され得る。即ち、

PMI₁は、上述のように、N個のコードブックW₁のうちの１つを選択する。

PMI₂は、Wの列ベクトルのうちの少なくとも１つを選択し、選択された列ベクトルの数は、基本的に、推奨された伝送ランク(RI)である。

【0231】

この設計により、N個の異なるシナリオの構築が可能となり、各シナリオのためのコードブックW₁は、特定の空間的チャンネル特性W₂のための基底ベクトルのセットを含むように選択される。任意の２次元の関数が式(124)において用いられ得るが、本開示はプロダクト(行列乗算)関数f(x, y) = x yを想定する。それゆえ、最終のショートタームプリコーディング行列／ベクトルは、W₁およびW₂の行列の積、すなわちW = W₁ W₂として算出される。

【0232】

図7は、図1のネットワークシステムにおけるモバイルUE701およびeNodeB702の内部の詳細を示すブロック図である。モバイルUE701は、サーバ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、携帯電話、パーソナルデジタルアシスタント(PDA)、スマートフォン、または他の電子機器などの任意の様々な機器を表し得る。いくつかの実施形態では、電子モバイルUE701は、LTE、またはEvolved Universal Terrestrial Radio Access Net

10

20

30

40

50

work (E-UTRAN) プロトコルに基づいて、eNodeB 702 と通信する。あるいは、現在知られているか、後に開発される、別の通信プロトコルが用いられ得る。

【0233】

モバイルUE 701 は、メモリ704 およびトランシーバ705 に結合されたプロセッサ703 を含む。メモリ704 は、プロセッサ703 によって実行されるための(ソフトウェア)アプリケーション706 を記憶する。アプリケーションは、個人または団体に有用な、任意の既知または将来のアプリケーションを含み得る。これらのアプリケーションは、オペレーティングシステム(OS)、デバイスドライバ、データベース、マルチメディアツール、プレゼンテーションツール、インターネットブラウザ、イーメールソフト、10
ヴォイスオーダーインターネットプロトコル(VOIP) ツール、ファイルブラウザ、ファイアウォール、インスタントメッセージ、ファイナンスツール、ゲーム、ワードプロセッサ、または他のカテゴリに分類され得る。アプリケーションの正確な性質に関わらず、アプリケーションのうちの少なくともいくつかは、トランシーバ705 を介して周期的または継続的にUL 信号をeNodeB (基地局) 702 へ送信するようにモバイルUE 701 に命令する。少なくともいくつかの実施形態において、モバイルUE 701 は、eNodeB 702 からのアップリンクリソースを要求するとき、クオリティオブサービス(QoS) 要件を識別する。いくつかの事例では、QoS 要件は、モバイルUE 701 によりサポートされるトラフィックのタイプから、eNodeB 702 によって暗黙的に導き出され得る。一例として、VOIP およびゲーム用アプリケーションはしばしば、低レイテンシー(low-latency) の(UL) アップリンク伝送に関与し、一方、高スループット20
(HTTP) / ハイパーテキスト伝送プロトコル(HTTP) トラフィックは、高レイテンシー(high-latency) アップリンク伝送に関与し得る。

【0234】

トランシーバ705 は、トランシーバの動作を制御する命令の実行によって実装され得るアップリンク論理を含む。これらの命令のうちのいくつかは、メモリ704 に記憶され得、プロセッサ703 により必要とされるとき実行され得る。当業者に理解され得るように、アップリンク論理の構成要素は、トランシーバ705 の物理(PHY) 層および/またはメディアアクセス制御(MAC) 層に関与し得る。トランシーバ705 は、1 つまたは複数のレシーバ707 および1 つまたは複数のトランスミッタ708 を含む。

【0235】

プロセッサ703 は、様々な入力/出力デバイス709 へデータを送受信し得る。加入者識別モジュール(SIM) カードは、セルラシステムを介して電話するために用いられる情報を記憶および検索する。音声データを送受信するためのマイクロフォンおよびヘッドセットへのワイヤレス接続のために、ブルートゥースベースバンドユニットが提供され得る。プロセッサ703 は、コールプロセスの間、モバイルUE 701 のユーザとやり取りするためのディスプレイユニットに情報を送信し得る。ディスプレイは、ネットワークから、ローカルカメラから、またはユニバーサルシリアルバス(USB) コネクタなどの他のソースから受信された画像も表示し得る。プロセッサ703 はまた、RF トランシーバ705 またはカメラを介して、セルラネットワークなどの様々なリソースから受信されたビデオストリームをディスプレイに送信し得る。40

【0236】

音声データまたは他のアプリケーションデータの伝送および受信の間、トランスミッタ707 は、そのサブしているeNodeB と非同期であり得るか、または非同期化され得る。この場合、トランスミッタ707 は、ランダムアクセス信号を送信する。この手順の一部として、トランスミッタ707 は、上記でより詳細に説明した通り、サブしているeNodeB によって提供されるパワー閾値を用いることにより、メッセージと称される次のデータ伝送のための好ましいサイズを決定する。この実施形態では、メッセージの好ましい大きさを決定することは、プロセッサ703 によりメモリ704 内に記憶された命令を実行することによって具現化される。他の例示において、メッセージサイズの決定は、例えば、個別のプロセッサ/メモリユニットによって、ハードワイヤード状態マシン50

によって、またはその他のタイプの制御論理によって具現化されてもよい。

【0237】

eNodeB 702は、メモリ711、記号処理回路712、及びトンラシーバ713に、バックプレーンバス714を介して結合されるプロセッサ710を含む。メモリは、プロセッサ710による実行のためのアプリケーション715を記憶する。アプリケーションは、ワイヤレス通信を管理するのに有用な、任意の既知または将来のアプリケーションを含み得る。アプリケーション715のうちの少なくともいくつかは、モバイルUE 710への、またはそこからの伝送を管理するようeNodeB 702に命令し得る。

【0238】

トンラシーバ713は、アップリンクリソースマネージャを含み、これにより、eNodeB 702は、アップリンクの物理アップリンク共有チャネル(PUSCH)リソースをモバイルUE 701に選択的に割り当てることができる。当業者に理解され得るように、アップリンクリソースマネージャの構成要素は、トンラシーバ713の物理(PHY)層および/またはメディアアクセス制御(MAC)層に関与し得る。トンラシーバ713は、eNodeB 702の範囲内の様々なUEからの伝送を受信するための少なくとも1つのレシーバ715と、eNodeB 702の範囲内の様々なUEにデータおよび制御情報を送信するための少なくとも1つのトランスミッタ716とを含む。

【0239】

アップリンクリソースマネージャは、トンラシーバ713の動作を制御する命令を実行する。これらの命令のうちのいくつかは、メモリ711に配置され得、プロセッサ710上で必要とされるとき実行され得る。リソースマネージャは、eNodeB 702によってサーブされる各UE 701に割り当てられた伝送リソースを制御し、PDCCHを介して制御情報を提供する。

【0240】

記号処理回路712は、既知の技法を用いて復調を行う。ランダムアクセス信号が、記号処理回路712において復調される。

【0241】

音声データまたは他のアプリケーションデータの送信および受信の間、レシーバ715は、UE 701からランダムアクセス信号を受信し得る。ランダムアクセス信号は、UE 701によって好まれるメッセージサイズを要求するように符号化される。UE 701は、eNodeB 702によって提供されるメッセージ閾値を用いて、好ましいメッセージサイズを決定する。この実施形態では、メッセージ閾値算出は、プロセッサ710がメモリ711に記憶された命令を実行することによって具現化される。他の実施形態において、閾値算出は、例えば、個別のプロセッサ/メモリユニットによって、ハードワイヤード状態マシンによって、または、他のタイプの制御論理によって具現化され得る。あるいは、ネットワークによっては、メッセージ閾値は、例えば、メモリ711に記憶され得る固定値である。メッセージサイズリクエストを受信することに応答して、eNodeB 702は、リソースの適切なセットをスケジュールし、リソースグラントを有するUE 710に通知する。

【0242】

本発明の特許請求の範囲内で、説明された実施形態に改変がなされ得、また、多くの他の実施形態が可能であることを当業者は認識するであろう。

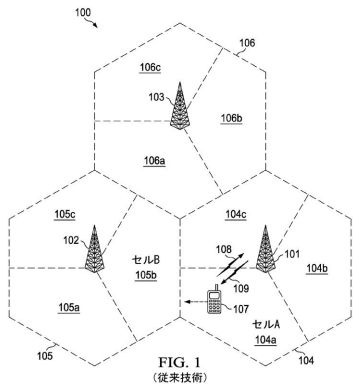
10

20

30

40

【図 1】



【図 3】

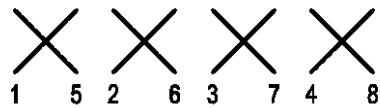


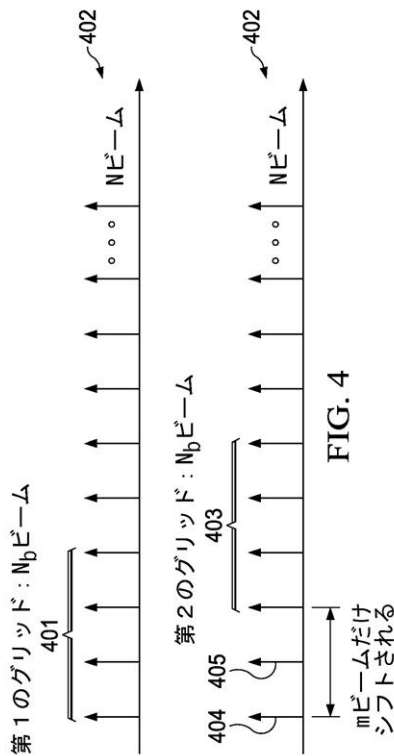
FIG. 3

【図 2】



FIG. 2

【図 4】



【図 5】

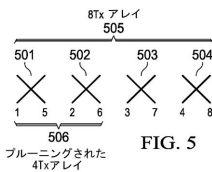
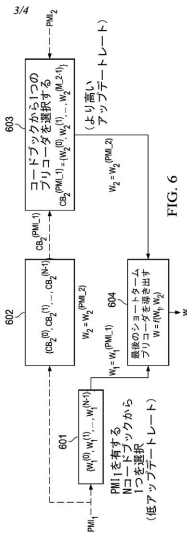


FIG. 5

【図 6】



【図 7】

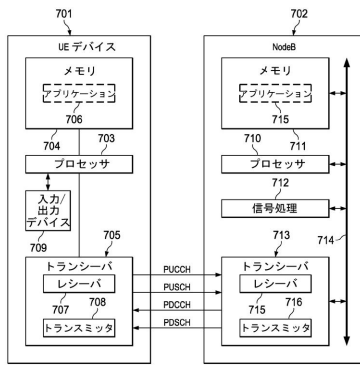


FIG. 7

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
H 0 4 W 16/28	(2009.01)	H 0 4 L 27/26	1 0 0	
H 0 4 W 72/04	(2009.01)	H 0 4 W 24/10		
		H 0 4 W 16/28	1 3 0	
		H 0 4 W 72/04	1 3 6	

(31)優先権主張番号 61/768,851
 (32)優先日 平成25年2月25日(2013.2.25)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/817,657
 (32)優先日 平成25年4月30日(2013.4.30)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/807,647
 (32)優先日 平成25年4月2日(2013.4.2)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(31)優先権主張番号 14/177,547
 (32)優先日 平成26年2月11日(2014.2.11)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/769,463
 (32)優先日 平成25年2月26日(2013.2.26)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/777,664
 (32)優先日 平成25年3月12日(2013.3.12)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/812,459
 (32)優先日 平成25年4月16日(2013.4.16)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(72)発明者 エコ オンゴサヌシ
 アメリカ合衆国 7 5 0 1 3 テキサス州 アレン、 マクルア ドライブ 1 4 3 0

(72)発明者 ランホワ チェン
 アメリカ合衆国 7 5 0 2 4 テキサス州 プラノ、 フィンチ ドライブ 7 6 1 3

(72)発明者 ラルフ ベンドリン
 アメリカ合衆国 7 5 0 7 4 テキサス州 プラノ、 ダハマ ドライブ 3 6 0 5

審査官 吉江 一明

(56)参考文献 米国特許出願公開第2 0 1 2 / 0 2 6 9 2 9 0 (U S , A 1)
 特開2 0 0 0 - 2 7 8 1 9 3 (J P , A)
 国際公開第2 0 0 7 / 1 1 4 5 2 2 (W O , A 1)
 特開2 0 1 0 - 1 4 1 7 2 6 (J P , A)

Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Alcatel-Lucent, Sub-sampling methods for W1/W2 feedback
mode 1-1 on PUCCH, 3GPP TSG-RAN WG1#62b R1-105780, 2010年10月14日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 B 7 / 0 4 5 6

H 0 4 B 7 / 0 4 1 7

H 0 4 B 7 / 0 6

H 0 4 L 2 7 / 2 6

H 0 4 W 1 6 / 2 8

H 0 4 W 2 4 / 1 0

H 0 4 W 7 2 / 0 4

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

S A W G 1 - 2

C T W G 1