

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5698256号
(P5698256)

(45) 発行日 平成27年4月8日(2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月20日(2015.2.20)

(51) Int. Cl.	F I
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00
HO4J 11/00 (2006.01)	HO4J 11/00 Z
HO4B 7/04 (2006.01)	HO4B 7/04
HO4W 16/28 (2009.01)	HO4W 16/28 130

請求項の数 29 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-541052 (P2012-541052)	(73) 特許権者	598036300
(86) (22) 出願日	平成22年11月22日 (2010.11.22)		テレフオンアクチーボラゲット エル エム エリクソン (パブル)
(65) 公表番号	特表2013-512614 (P2013-512614A)		スウェーデン国 ストックホルム エスー 164 83
(43) 公表日	平成25年4月11日 (2013.4.11)	(74) 代理人	100076428
(86) 国際出願番号	PCT/SE2010/051282		弁理士 大塚 康徳
(87) 国際公開番号	W02011/065898	(74) 代理人	100112508
(87) 国際公開日	平成23年6月3日 (2011.6.3)		弁理士 高柳 司郎
審査請求日	平成25年10月22日 (2013.10.22)	(74) 代理人	100115071
(31) 優先権主張番号	61/264,495		弁理士 大塚 康弘
(32) 優先日	平成21年11月25日 (2009.11.25)	(74) 代理人	100116894
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファクタ化プリコーディングを使用するための方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1のデバイス(10)から第2のデバイス(14)へのプリコーディング送信の方法(500)であって、

1つ以上のコードブック(22)を、可能性のある複数のプリコード行列を含む2次元テーブル(28)として保持するステップであって、前記テーブル(28)の各行または各列が、可能性のある複数の変換プリコード行列(24)の特定の1つに対応し、前記テーブル(28)の各列または各行が、可能性のある複数の同調プリコード行列(26)の特定の1つに対応する、前記ステップと、

推奨変換プリコード行列と推奨同調プリコード行列との行列乗算である推奨プリコード行列を共同して表す、前記推奨変換プリコード行列と前記推奨同調プリコード行列とのうちの少なくとも1つを示すファクタ化プリコード・フィードバック(20)を、前記第2のデバイス(14)から受信するステップ(502)であって、前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)が、前記テーブル(28)に含まれる前記可能性のある複数のプリコード行列の特定の1つを、前記推奨プリコード行列として識別するための行インデックス値及び列インデックス値のうち少なくとも1つを含み、前記推奨変換プリコード行列が、変換次元 k ($k < N_T$ 、 N_T は前記第1のデバイス(10)のアンテナ・ポート数。)を仮定して $N_T \times k$ の行 - 列次元を有する行列として定められることで、前記推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャネル次元の数を制限し、前記推奨同調プリコード行列が、送信ランク r ($r \leq k$) を仮定して、変換次元 k 及び送信ランク r に対応する複数の同調

10

20

プリコード行列から、所定の性能メトリックを最適化する同調プリコード行列として選択されることで、前記推奨プリコード行列を、前記推奨変換プリコード行列によって部分的に定まる実効チャネルに整合させる、前記受信するステップ(502)と、

前記推奨プリコード行列の評価に少なくとも部分的に基づいて、プリコーディング動作を決定するステップ(504)と、

前記プリコーディング動作に従ってプリコーディングされたプリコード信号(12)を、前記第2のデバイス(14)に送信するステップ(506)とを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記推奨プリコード行列の評価は、前記プリコード信号(12)を生成するための前記プリコーディング動作に前記推奨プリコード行列を使用するか否かを決定するステップを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

10

【請求項3】

可能性のある複数の変換プリコード行列(24)及び可能性のある複数の同調プリコード行列(26)を含む1つ以上のコードブック(22)を保持するステップを更に含み、

前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)は、前記推奨変換プリコード行列として、前記可能性のある複数の変換プリコード行列(24)の特定の1つ、及び前記推奨同調プリコード行列として、前記可能性のある複数の同調プリコード行列(26)の特定の1つ、のうちの少なくとも1つを示す、少なくとも1つのインデックス値を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

20

【請求項4】

1つ以上のコードブック(22)を保持する前記ステップは、

前記可能性のある複数の変換プリコード行列(24)を含む第1のコードブック(30)と、前記可能性のある複数の同調プリコード行列(26)を含む第2のコードブック(32)とを保持するステップを含み、

前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)は、

前記第1のコードブック(30)に対する第1のインデックス値と、前記第2のコードブック(32)に対する第2のインデックス値とのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項3に記載の方法。

30

【請求項5】

可能性のある複数の変換プリコード行列(24)と、可能性のある複数の同調プリコード行列(26)とを含む1つ以上のコードブック(22)を保持するステップを更に含み、

可能性のある変換プリコード行列(24)の各々は、 $N_T \times k$ の行・列次元を有し、

行の数 N_T は、前記第1のデバイス(10)のアンテナ・ポート数に等しく、列の数 k は、 N_T の値よりも小さい変換次元に等しく、それにより、前記推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャネル次元の数が制限される

ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

前記可能性のある複数の変換プリコード行列(24)の少なくとも1つは、ブロック対角行列から成ることを特徴とする請求項5に記載の方法。

40

【請求項7】

前記可能性のある複数の同調プリコード行列(26)の少なくとも1つは、前記ブロック対角行列における複数のブロックの位相整合を変化させる、行列の行を有することを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記変換次元 k は、前記第1のデバイス(10)または前記第2のデバイス(14)によって設定され、

前記変換次元 k が前記第1のデバイス(10)によって設定される場合、前記方法(500)は、前記第1のデバイス(10)から前記第2のデバイス(14)に前記変換次元 k の情報をシグナリングするステップを更に含む

50

ことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記推奨変換プリコード行列は、前記第 1 のデバイス (10) によって設定され、

前記方法 (500) は、前記第 1 のデバイス (10) から前記第 2 のデバイス (14) に前記推奨変換プリコード行列の情報をシグナリングするステップを更に含む

ことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ファクタ化プリコード・フィードバック (20) を前記第 2 のデバイス (14) から受信する前記ステップは、

時間または周波数の第 1 の粒度で、前記推奨変換プリコード行列を示すシグナリングを受信するステップと、

時間または周波数の第 2 の粒度で、前記推奨同調プリコード行列を示すシグナリングを受信するステップとを含み、

前記第 1 の粒度は前記第 2 の粒度よりも粗い

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

第 2 のデバイス (14) へのプリコーディング送信を行う第 1 のデバイス (10) であって、

1 つ以上のコードブック (22) を、可能性のある複数のプリコード行列を含む 2 次元テーブル (28) として保持するメモリであって、前記テーブル (28) の各行または各列が、可能性のある複数の変換プリコード行列 (24) の特定の 1 つに対応し、前記テーブル (28) の各列または各行が、可能性のある複数の同調プリコード行列 (26) の特定の 1 つに対応する、前記メモリと、

推奨変換プリコード行列と推奨同調プリコード行列との行列乗算である推奨プリコード行列を共同して表す、前記推奨変換プリコード行列と前記推奨同調プリコード行列とのうちの少なくとも 1 つを示すファクタ化プリコード・フィードバック (20) を、前記第 2 のデバイス (14) から受信する受信機 (34) であって、前記ファクタ化プリコード・フィードバック (20) が、前記テーブル (28) に含まれる前記可能性のある複数のプリコード行列の特定の 1 つを、前記推奨プリコード行列として識別するための、行インデックス値及び列インデックス値のうちの少なくとも 1 つを含み、前記推奨変換プリコード行列が、変換次元 k ($k < N_T$ 、 N_T は前記第 1 のデバイス (10) のアンテナ・ポート数。) を仮定して $N_T \times k$ の行 - 列次元を有する行列として定められることで、前記推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャンネル次元の数を制限し、前記推奨同調プリコード行列が、送信ランク r ($r \leq k$) を仮定して、変換次元 k 及び送信ランク r に対応する複数の同調プリコード行列から、所定の性能メトリックを最適化する同調プリコード行列として選択されることで、前記推奨プリコード行列を、前記推奨変換プリコード行列によって部分的に定まる実効チャンネルに整合させる、前記受信機 (34) と、

プリコード回路 (38) を含む送信機 (36) であって、

前記推奨プリコード行列の評価に少なくとも部分的に基づいて、プリコーディング動作を決定し、

前記プリコーディング動作に従ってプリコーディングされたプリコード信号 (12) を、前記第 2 のデバイス (14) に送信する、

前記送信機 (36) と

を備えることを特徴とする第 1 のデバイス。

【請求項 12】

前記送信機 (36) は、

前記プリコード信号 (12) を生成するための前記プリコーディング動作に前記推奨プリコード行列を使用するか否かを決定することによって、前記推奨プリコード行列を評価することを特徴とする請求項 11 に記載の第 1 のデバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

前記第 1 のデバイス (10) は、可能性のある複数の変換プリコード行列 (24) 及び可能性のある複数の同調プリコード行列 (26) を含む 1 つ以上のコードブック (22) を保持し、

前記受信機 (34) は、前記推奨変換プリコード行列として、前記可能性のある複数の変換プリコード行列 (24) の特定の 1 つ、及び前記推奨同調プリコード行列として、前記可能性のある複数の同調プリコード行列 (26) の特定の 1 つ、のうちの少なくとも 1 つを示す、少なくとも 1 つのインデックス値を、前記ファクタ化プリコード・フィードバック (20) として受信する

ことを特徴とする請求項 1 1 または 1 2 に記載の第 1 のデバイス。

10

【請求項 1 4】

前記第 1 のデバイス (10) は、

前記可能性のある複数の変換プリコード行列 (24) を含む第 1 のコードブック (30) と、前記可能性のある複数の同調プリコード行列 (26) を含む第 2 のコードブック (32) とを保持することによって、1 つ以上のコードブック (22) を保持し、

前記ファクタ化プリコード・フィードバック (20) は、

前記第 1 のコードブック (30) に対する第 1 のインデックス値と、前記第 2 のコードブック (32) に対する第 2 のインデックス値とのうちの少なくとも 1 つを含む

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の第 1 のデバイス。

20

【請求項 1 5】

前記第 1 のデバイス (10) は、

可能性のある複数の変換プリコード行列 (24) と、可能性のある複数の同調プリコード行列 (26) とを含む 1 つ以上のコードブック (22) を保持し、

可能性のある変換プリコード行列 (24) の各々は、 $N_T \times k$ の行 - 列次元を有し、

行の数 N_T は、前記第 1 のデバイス (10) のアンテナ・ポート数に等しく、列の数 k は、 N_T の値よりも小さい変換次元に等しく、それにより、前記推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャネル次元の数が制限される

ことを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の第 1 のデバイス。

【請求項 1 6】

前記変換次元 k は、前記第 1 のデバイス (10) または前記第 2 のデバイス (14) によって設定され、

30

前記変換次元 k が前記第 1 のデバイス (10) によって設定される場合、前記第 1 のデバイス (10) は、前記第 1 のデバイス (10) から前記第 2 のデバイス (14) に前記変換次元 k の情報をシグナリングする

ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の第 1 のデバイス。

【請求項 1 7】

前記推奨変換プリコード行列は、前記第 1 のデバイス (10) によって設定され、

前記第 1 のデバイス (10) は、前記第 1 のデバイス (10) から前記第 2 のデバイス (14) に前記推奨変換プリコード行列の情報をシグナリングする

ことを特徴とする請求項 1 6 に記載の第 1 のデバイス。

40

【請求項 1 8】

前記第 1 のデバイス (10) は、

時間または周波数の第 1 の粒度で前記第 1 のデバイス (10) によって受信される、前記推奨変換プリコード行列を示す第 1 のシグナリング、及び

時間または周波数の第 2 の粒度で前記第 1 のデバイス (10) によって受信される、前記推奨同調プリコード行列を示す第 2 のシグナリングとして、

前記ファクタ化プリコード・フィードバック (20) を前記第 2 のデバイス (14) から受信し、

前記第 1 の粒度は前記第 2 の粒度よりも粗い

ことを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の第 1 のデバイス。

50

【請求項 19】

第2のデバイス(14)における、推奨プリコード行列を第1のデバイス(10)に知らせる方法(600)であって、

それぞれが前記推奨プリコード行列として選択可能な、可能性のある複数のプリコード行列を含む2次元テーブル(28)を保持するステップであって、前記テーブル(28)の各行または各列が、可能性のある複数の変換プリコード行列(24)の特定の1つに対応し、前記テーブル(28)の各列または各行が、可能性のある複数の同調プリコード行列(26)の特定の1つに対応する、前記ステップと、

前記第1のデバイス(10)についてのチャネル状態を推定するステップと、

前記チャネル状態に少なくとも部分的に基づいて、ファクタ化プリコード・フィードバック(20)を決定するステップであって、前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)が、推奨変換プリコード行列と推奨同調プリコード行列との行列乗算である推奨プリコード行列を共同して表す、前記推奨変換プリコード行列と前記推奨同調プリコード行列とのうちの少なくとも1つを示し、前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)が、前記テーブル(28)に含まれる前記可能性のある複数のプリコード行列の特定の1つを、前記推奨プリコード行列として識別するための、行インデックス値及び列インデックス値のうちの少なくとも1つを含み、前記推奨変換プリコード行列が、変換次元 k ($k < N_T$ 、 N_T は前記第1のデバイス(10)のアンテナ・ポート数。)を仮定して $N_T \times k$ の行 - 列次元を有する行列として定められることで、前記推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャネル次元の数を制限し、前記推奨同調プリコード行列が、送信ランク r (r

k)を仮定して、変換次元 k 及び送信ランク r に対応する複数の同調プリコード行列から、所定の性能メトリックを最適化する同調プリコード行列として選択されることで、前記推奨プリコード行列を、前記推奨変換プリコード行列によって部分的に定まる前記第1及び第2のデバイス(10,14)間の実効チャネルに整合させる、前記決定するステップと、

前記推奨プリコード行列を前記第1のデバイス(10)に知らせるために、前記第1のデバイス(10)に前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)を送信するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 20】

前記ファクタ化プリコード・フィードバック(20)を送信する前記ステップは、

時間または周波数の第1の粒度で前記推奨変換プリコード行列をシグナリングするステップと、

時間または周波数の第2の粒度で前記推奨同調プリコード行列をシグナリングするステップと

を含み、

前記第1の粒度は前記第2の粒度よりも粗いことを特徴とする請求項19に記載の方法。

【請求項 21】

それぞれが $N_T \times k$ の行 - 列次元を有する、可能性のある複数の変換プリコード行列(24)を含む1つ以上のコードブック(22)を、前記第2のデバイス(14)において保持するステップを更に含み、

行の数 N_T は、前記第1のデバイス(10)のアンテナ・ポート数に等しく、列の数 k は、 N_T の値よりも小さい変換次元に等しく、それにより、前記推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャネル次元の数が制限される

ことを特徴とする請求項19または20に記載の方法。

【請求項 22】

前記可能性のある複数の変換プリコード行列(24)の少なくとも1つは、ブロック対角行列から成ることを特徴とする請求項21に記載の方法。

【請求項 23】

前記1つ以上のコードブック(22)は、可能性のある複数の同調プリコード行列(26)を更に含み、

10

20

30

40

50

前記可能性のある複数の同調プリコーダ行列 (26) の少なくとも 1 つは、前記ブロック対角行列における複数のブロックの位相整合を変化させる、行列の行を有することを特徴とする請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記変換次元 k は、前記第 1 のデバイス (10) または前記第 2 のデバイス (14) によって設定され、

前記変換次元 k が前記第 1 のデバイス (10) によって設定される場合、前記方法 (600) は、前記第 1 のデバイス (10) から前記変換次元 k の情報を受信するステップを更に含む

ことを特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。

10

【請求項 2 5】

前記推奨変換プリコーダ行列は、前記第 1 のデバイス (10) によって選択され、

前記方法 (600) は、前記第 1 のデバイス (10) から前記推奨変換プリコーダ行列の情報を受信するステップを更に含む

ことを特徴とする請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

推奨プリコーダ行列を第 1 のデバイス (10) に知らせる第 2 のデバイス (14) であって、

受信機 (40) と送信機 (42) とを備え、

前記受信機 (40) は、

20

それぞれが前記推奨プリコーダ行列として選択可能な、可能性のある複数のプリコーダ行列を含む 2 次元テーブル (28) であって、前記テーブル (28) の各行または各列が、可能性のある複数の変換プリコーダ行列 (24) の特定の 1 つに対応し、前記テーブル (28) の各列または各行が、可能性のある複数の同調プリコーダ行列 (26) の特定の 1 つに対応する、前記テーブル (28) を保持し、

前記第 1 のデバイス (10) についてのチャンネル状態を推定し、かつ、

前記チャンネル状態に少なくとも部分的に基づいて、ファクタ化プリコーダ・フィードバック (20) を決定し、

前記ファクタ化プリコーダ・フィードバック (20) は、推奨変換プリコーダ行列と推奨同調プリコーダ行列との行列乗算である推奨プリコーダ行列を共同して表す、前記推奨変換プリコーダ行列と前記推奨同調プリコーダ行列とのうちの少なくとも 1 つを示し、

30

前記ファクタ化プリコーダ・フィードバック (20) は、前記テーブル (28) に含まれる前記可能性のある複数のプリコーダ行列の特定の 1 つを、前記推奨プリコーダ行列として識別するための、行インデックス値及び列インデックス値のうちの少なくとも 1 つを含み、

前記推奨変換プリコーダ行列は、変換次元 k ($k < N_T$ 、 N_T は前記第 1 のデバイス (10) のアンテナ・ポート数。) を仮定して $N_T \times k$ の行 - 列次元を有する行列として定められることで、前記推奨同調プリコーダ行列によって考慮されるチャンネル次元の数を制限し

前記推奨同調プリコーダ行列は、送信ランク r ($r \leq k$) を仮定して、変換次元 k 及び送信ランク r に対応する複数の同調プリコーダ行列から、所定の性能メトリックを最適化する同調プリコーダ行列として選択されることで、前記推奨プリコーダ行列を、前記推奨変換プリコーダ行列によって部分的に定まる前記第 1 及び第 2 のデバイス (10, 14) 間の実効チャンネルに整合させ、

40

前記送信機 (42) は、前記推奨プリコーダ行列を前記第 1 のデバイス (10) に知らせるために、前記第 1 のデバイス (10) に前記ファクタ化プリコーダ・フィードバック (20) を送信する

ことを特徴とする第 2 のデバイス。

【請求項 2 7】

前記第 2 のデバイス (14) は、時間または周波数の第 1 の粒度で前記推奨変換プリコー

50

ダ行列をシグナリングし、かつ、時間または周波数の第2の粒度で前記推奨同調プリコーダ行列をシグナリングすることによって、前記ファクタ化プリコーダ・フィードバック(20)を送信し、

前記第1の粒度は前記第2の粒度よりも粗いことを特徴とする請求項26に記載の第2のデバイス。

【請求項28】

前記第2のデバイス(14)は、それぞれが $N_T \times k$ の行・列次元を有する、可能性のある複数の変換プリコーダ行列(24)を含む1つ以上のコードブック(22)を保持し、

行の数 N_T は、前記第1のデバイス(10)のアンテナ・ポート数に等しく、列の数 k は、 N_T の値よりも小さい変換次元に等しく、それにより、前記推奨同調プリコーダ行列によって考慮されるチャンネル次元の数が制限される

ことを特徴とする請求項26または27に記載の第2のデバイス。

【請求項29】

前記変換次元 k は、前記第1のデバイス(10)または前記第2のデバイス(14)によって設定され、

前記変換次元 k が前記第1のデバイス(10)によって設定される場合、前記第2のデバイス(14)は、前記第1のデバイス(10)から前記変換次元 k の情報を受信する

ことを特徴とする請求項28に記載の第2のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、米国仮特許出願(2009年11月25日出願、出願番号61/264,495)より優先権を主張する。

【0002】

本発明は、全体として送信信号プリコーディングに関連し、具体的にはファクタ化プリコーディングの使用に関するものである。

【背景技術】

【0003】

マルチアンテナ技術は、データレートと無線通信システムの信頼性を著しく増加させることが可能である。送信機及び受信機の両方が複数のアンテナを備え、その結果、多入力多出力(MIMO)通信チャンネルがもたらされる場合、その性能はとりわけ改善される。そのようなシステム及び関連技術の少なくとも1つは、通常、MIMOと称される。

【0004】

LTE標準規格は、現在、高度なMIMOサポートとともに進化している。LTEにおけるコア要素は、MIMOアンテナ配置とMIMO関連技術のサポートである。LTE-Advancedにおける現在の実用的な想定は、場合によっては、チャンネル依存のプリコーディングを有する8レイヤ空間多重化モードのサポートである。空間多重化モードは、好ましいチャンネル状態における高速なデータレートを意図している。そのような多重化によれば、情報運搬シンボル・ベクトル s は、 $N_T \times r$ プリコーダ行列

$$W_{N_T \times r}$$

によって乗算され、当該プリコーダ行列は、(N_T 個のアンテナ・ポートに対応する) N_T 次元ベクトル空間のサブ空間において送信エネルギーを分散させるように働く。

【0005】

プリコーダ行列は、典型的には可能性のあるプリコーダ行列のコードブックから選択され、また、典型的には、コードブックにおける固有のプリコーダ行列を特定するプリコーダ行列情報によって示される。プリコーダ行列が正規直交の複数の列を有すると限定される場合、プリコーダ行列のコードブックの設計は、グラスマン・サブ空間パッキング問題に相当する。 s の各々の r 個のシンボルはレイヤに相当し、 r は伝送ランクと称される。このようにして、多数のシンボルが同一のリソース・エレメント(RE)で同時に送信可

10

20

30

40

50

能であるので、空間多重化が実現される。シンボル r の数は、典型的には、現在のチャネル特性に適合するように適応される。

【 0 0 0 6 】

L T E は、下りリンクでは O F D M (上りリンクでは D F T プリコード O F D M) を使用し、したがって、サブキャリア n (または代わりにデータ R E 番号 n) の特定のリソース・エレメントについての受信 $N_R \times 1$ ベクトル y_n は、セル間干渉が存在しないと仮定すると、以下のようにモデル化される。

$$y_n = H_n W_{N_T \times r} s_n + e_n$$

10

ここで e_n はランダム過程の実現として得られる雑音ベクトルである。プリコーダ

$$W_{N_T \times r}$$

は、周波数全域で一定か、周波数選択性を有する広帯域プリコーダであり得る。プリコーダ行列は、多くの場合、 $N_R \times N_T$ M I M O チャンネル H の特性に整合するように選択され、結果として、いわゆるチャネル依存プリコーディングをもたらされる。また、これは通常、閉ループ・プリコーディングと称され、送信エネルギーの多くを U E に運ぶという意味で強力なサブ空間に、送信エネルギーを集中させることを基本的には目指している。加えて、また、チャネルを直交化することを目指すようにプリコーダ行列が選択されてもよく、このことは、U E における適切な線形等化の後に、レイヤ間干渉が低減されるということ

20

【 0 0 0 7 】

閉ループ・プリコーディングでは、U E は、順方向リンク(下りリンク)のチャネル測定に基づいて、使用すべき適切なプリコーダについての推奨情報(recommendations)を e N o d e B に送信する。広い帯域幅をカバーすると推量される単一のプリコーダ(広帯域プリコーディング)がフィードバックされる可能性がある。また、チャネルの周波数変化に整合して、周波数選択性プリコーディング報告(例えばいくつかのプリコーダ)をサブバンドごとに1つ、代わりにフィードバックすることが、有益である可能性もある。これは、チャネル状態情報(C S I : channel state information)フィードバックのより一般的な場合の一例であり、U E への後続する送信において e N o d e B を支援するため

30

【 0 0 0 8 】

閉ループ・プリコーディングに伴う1つの問題は、プリコーダ行列情報(P M I : precoder matrix indicator)及びプリコーダ・ランク情報(即ち R I)をシグナリングすることに起因するフィードバック・オーバーヘッドであり、特に、特性化(characterize)するために多くのチャネル次元が存在する、大規模なアンテナ構成を有するシステムにおける、フィードバック・オーバーヘッドである。最新のフィードバック設計を用いても、多くの送信アンテナを有するシステムに対するフィードバック・オーバーヘッドは、多くの場合、不適当なフィードバック・オーバーヘッドをもたらすであろう。また、アンテナ・アレイのサイズが大きくなるにつれて、従来のフィードバック方式を使用する場合、複雑性が問題になる可能性がある。この点について、大きなコードブック内の、候補となるプリコーダ行列から“最良の”プリコーダをサーチすることは、基本的には、多数のコードブック・エントリに対する網羅的なサーチを意味するため、計算上で大変な努力が必要である。

40

【発明の概要】

【 0 0 0 9 】

1つ以上の側面によれば、本明細書の教示は、チャネル状態情報(C S I)フィードバック報告のプリコーダ部分にファクタ化プリコーダ・フィードバックを含ませることによって、ユーザ装置(U E)の C S I フィードバックを改善する。1つ以上のそのような実

50

施形態では、ファクタ化プリコード・フィードバックは、推奨される“変換 (conversion)”プリコード行列と推奨される“同調 (tuning)”プリコード行列とを含む、少なくとも2つのプリコード行列に対応する。推奨変換プリコード行列は、推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャンネル次元の数を制限し、同様に、推奨同調プリコード行列は、推奨プリコード行列を、上記の推奨変換プリコード行列によって部分的に定められた実効チャンネルに整合させる。

【0010】

更に、推奨変換プリコード行列は、 $N_T \times k$ の行 - 列次元を有し、行の数 N_T は、第1のデバイスの送信アンテナ・ポート数に等しく、列の数 k は、 N_T の値よりも小さい変換次元に等しく、それにより、推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャンネル次元の数が制限される。変換プリコードは、典型的には、ただし必須ではないが、シグナリング・オーバーヘッド及び複雑性の少なくともいずれかを削減するために、同調プリコードよりも、時間及び周波数の少なくともいずれかにおける粗い粒度で、報告を受ける。

【0011】

具体的な側面としては、変換次元 k は、アンテナ・ポート数 N_T と必ずしも等しくはなく、例えば、LTE eNodeB であってもよい第1のデバイスによって設定されるか、または、例えば、LTE 移動端末、若しくはその他の形式のUE であってもよい第2のデバイスによって設定される。所与の N_T に対して、送信ランク r と変換次元 k は、 $N_T \geq k \geq r$ の関係にあり、したがって、 k と r のいくつかの可能性のある値が利用できる。具体的な側面としては、 k が少なくとも2つの異なる値で採用できる、 N_T と r との少なくとも1つの組み合わせが存在する。特に、 k は、 N_T より完全に小さくてもよく、それにより次元の削減の可能性が提供される。もう1つの側面としては、 r が少なくとも2つの異なる値を採用できる、 N_T と k との少なくとも1つの組み合わせが存在する。

【0012】

変換プリコード行列及び同調プリコード行列の推奨は、変換次元 k と送信ランク r との選択を含み、典型的には、第2のデバイスがファクタ化プリコード・フィードバックを使用して推奨プリコード行列を第1のデバイスに提供するように、第2のデバイスによって行われる。それに対応して、第1のデバイスは、そのようなフィードバックによって推奨プリコード行列を受信するが、必ずしもそのような推奨に従う必要はなく、適用されるプリコーディング動作を決定するために使用されるフィードバックから、チャンネル状態情報を得ることができる。本明細書で考慮される代替案は、これらのパラメータのいくつかの部分または全てが、第1のデバイスによって設定されることである。これらの決定は、第1のデバイスから第2のデバイスにシグナリングされ、第2のデバイスは、その情報を、プリコーディング推奨情報を表す残りのパラメータを決定するために使用する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1のデバイスと第2のデバイスの実施形態例のブロック図であり、第2のデバイスは、ファクタ化プリコード・フィードバックによって第1のデバイスにプリコーディング推奨情報を送信するよう構成されている。

【図2】図1に導入したデバイスのための更なる詳細例についてのブロック図である。

【図3A】本明細書で提示した教示による、変換及び同調プリコード情報を保持するためのコードブックの例を示す図である。

【図3B】本明細書で提示した教示による、変換及び同調プリコード情報を保持するためのコードブックの例を示す図である。

【図4】本明細書の教示による、プリコーディング伝送のために構成されたプリコード回路の一実施形態のブロック図である。

【図5】第1のデバイスにプリコーディング推奨情報を提供するために、第2のデバイスでファクタ化プリコード・フィードバックを生成して送信する方法の一実施形態の論理フロー図である。

【図6】第2のデバイスからのプリコーディング推奨情報を提供するファクタ化プリコー

10

20

30

40

50

ダ・フィードバックを、第1のデバイスで受信して評価する方法の一実施形態の論理フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

図1は、多数の送信アンテナ16を使用して、プリコード信号12を第2のデバイス14(“デバイス2”)に送信する、第1のデバイス10(“デバイス1”)を示している。同様に、第2のデバイス14は、プリコード信号12を受信するための、及び、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20を含む返信データを送信して第1のデバイスにシグナリングするための、多数のアンテナ18を備えている。ファクタ化プリコーダ・フィードバック20は、第1のデバイス10のためのプリコーダ推奨情報を含む。第1のデバイス10は、プリコーディング動作を決定する際のプリコード信号12の生成に使用する、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20に含まれるプリコーディング推奨情報を、考慮はするものの、必ずしもそれに従う必要はない。しかし、本明細書で提示した教示の1つの有利な側面によれば、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20は、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20を決定するのに要求される処理、及びファクタ化プリコーダ・フィードバック20を送信するのに要求されるシグナリング・オーバーヘッドの少なくともいずれかに関して、著しく改善した効率性を提供する。

10

【0015】

少なくとも1つの実施形態では、第2のデバイス14は、推奨変換プリコーダ行列を第1のデバイス10に示すこと、及び、推奨同調プリコーダ行列を第1のデバイス10に示すことのうちの少なくともいずれかによって、第1のデバイス10にプリコーダ行列を推奨する。少なくとも1つのそのような実施形態では、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20は、そのような情報を第1のデバイス10に提供するシグナリングを含む。例えば、少なくとも1つの実施形態では、第2のデバイス14は、多くの可能性のある変換プリコーダ行列24と多くの可能性のある同調プリコーダ行列26とを含む1つ以上のコードブック22を“保持”(記憶)している。第1のデバイス10は、同一のもの、即ちコードブック22を保持している(または等価的には、第2のデバイス14において保持されているコードブック・エントリから抽出されるか、または当該コードブック・エントリに依存する、コードブック情報を記憶している)。

20

【0016】

1つ以上のそのような実施形態では、第2のデバイス14はプリコーダ行列インデックス(PMI: Precoder Matrix Index)値を送信し、それらの値は、プリコード信号12を生成する場合に適用すべきプリコーディング動作を決定する際に第1のデバイス10が考慮すべきプリコーダ行列推奨情報を表す、コードブック・エントリを特定する。例えば、推奨プリコーダ行列を W で表すと、少なくとも1つの実施形態におけるファクタ化プリコーダ・フィードバック20は、可能性のある変換プリコーダ行列24のうちの特定の1つを、 W_1 で示される推奨変換プリコーダ行列として特定するインデックス値を含み、更に、可能性のある変換プリコーダ行列26のうちの特定の1つを、 W_2 で示される推奨同調プリコーダ行列として特定するインデックス値を含む。デバイス10は、それに応じて、推奨変換プリコーダ行列 W_1 と推奨同調プリコーダ行列 W_2 との積(行列乗算)として推奨プリコーダ行列 W を形成するよう構成されている。即ち、 $W = W_1 \times W_2$ である。デバイス10は、デバイス10が適用すべきプリコーディング動作を決定する際に、推奨プリコーダ行列 W を考慮する。例えば、デバイス10は、推奨プリコーダ W に少なくとも部分的に基づいてプリコード信号12を生成するために使用される、プリコーダ行列を定式化する。

30

40

【0017】

このように、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20を受信することによって、第1のデバイス10は、推奨変換プリコーダ行列 W_1 と同調プリコーダ行列 W_2 とを通知されるとともに、当該デバイスのプリコーディング動作を決定する際に、かかるフィードバックによって示されるCSIを考慮する。第1のデバイス10は、例えば、当該デバイスの

50

プリコーディング動作を推奨プリコーダ行列 W に適合させるか否かを決定するために、 W を評価する。即ち、第1のデバイス10は、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20を受信して理解するものの、第1のデバイス10によって実際に適用されるプリコーディング動作は、第2のデバイス14からのプリコーダ推奨情報に従ってもよいし、または従わなくともよい。第1のデバイス10における実際のプリコーディングは、第2のデバイス14から受信された推奨情報以外の多くの要因に依存する。

【0018】

非制限的な例として、図2は、第1のデバイス10及び第2のデバイス14の一実施形態を示す。図示されている例によれば、第1のデバイス10は、第2のデバイス14からファクタ化プリコーダ・フィードバック20を受信するよう構成された受信機34を備えている。議論したように、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20は、推奨変換プリコーダ行列と推奨同調プリコーダ行列との行列乗算である推奨プリコーダ行列(W)を共同して(jointly)表す、推奨変換プリコーダ行列(W_1)及び推奨同調プリコーダ行列(W_2)のうちの少なくとも1つを示す。本明細書で後に更に詳しく述べるように、推奨変換プリコーダ行列は、推奨同調プリコーダ行列によって考慮されるチャネル次元数を制限し、推奨同調プリコーダ行列は、推奨プリコーダ行列を、推奨変換プリコーダ行列によって部分的に定められる実効チャネルに整合させる。

【0019】

第1のデバイス10は、プリコーダ回路38を含む送信機36を更に備える。送信機36は、上記の推奨プリコーダ行列の評価に少なくとも部分的に基づいて、プリコード信号12を生成するためのプリコーディング動作を決定するよう構成される。ここで、“プリコーディング動作”は、当然ながら、プリコード信号12を生成するために第1のデバイス10によって実際に使用されるプリコーディングであり、当該プリコーディング動作は、推奨変換プリコーダ行列と推奨同調プリコーダ行列とに対応する推奨プリコーダ行列に従ってもよいし、従わなくともよい。送信機36は、第2のデバイス14にプリコード信号12を送信するよう構成され、プリコード信号12は、デバイス10によって適用されるプリコーディング動作によってプリコーディングされている。

【0020】

実際のプリコーディング動作の使用を決定する際、送信機36は、例えば、プリコード信号12を生成するためにプリコーダ回路38で実際に使用するプリコーダ行列として、推奨プリコーダ行列を使用するか否かを決定するよう構成されている。即ち、第1のデバイス10によって実行されるプリコーディング動作は、多くの条件に依存して、推奨プリコーディング動作に従ってもよいし、従わなくともよい。しかし、当然ながら、第1のデバイス10は、その推奨情報に従ってもよく、どんな場合でも、そのような推奨情報を識別するための基礎として、ファクタ化プリコーダ・フィードバック20を理解及び考慮するよう、構成されている。

【0021】

更に、少なくとも1つの実施形態では、第1のデバイス10は、1つ以上のコードブック22を、可能性のある複数のプリコーダ行列を含む2次元テーブル28として保持するよう、構成されている。テーブル28の例として図3Aを参照されたい。当然ながら、テーブル28は、デバイス10のメモリに記憶されるデータ構造である。テーブル28は、同図では“ W ”によって個別に表された多数のエントリを含んでいる。各々の W は、可能性のある変換プリコーダ行列24と同調プリコーダ行列26との特定の組み合わせの行列乗算として形成された、可能性のあるプリコーダ行列である。即ち、テーブル28に含まれるいくつかまたは全ての W はそれぞれ、異なる対の、可能性のある変換プリコーダ行列24と可能性のある同調プリコーダ行列28との積を表す。このように、テーブル28の各行(または各列)は、複数の可能性のある変換プリコーダ行列24の特定の1つに対応し、テーブル28の各列(または各行)は、複数の可能性のある同調プリコーダ行列26の特定の1つに対応する。

【0022】

そのような実施形態では、ファクタ化プリコード・フィードバック 20 は、テーブル 28 に含まれる可能性のある複数のプリコード行列のうちの特定の 1 つを、推奨プリコード行列として識別するための、行インデックス値及び列インデックス値のうちの、少なくとも 1 つを含んでいる。当然ながら、各行（または列）インデックス値は、特定の変換プリコード推奨情報を表し、また、当然ながら、各列（または行）インデックス値は、特定の同調プリコード推奨情報を表す。

【 0 0 2 3 】

行及び列インデックス値は、異なる粒度 (granularity) でフィードバックされてもよいことに留意されたい。また、そのような実施形態によって、可能性のある変換プリコード行列 24 及び可能性のある同調プリコード行列 26 は、個別のコードブックで明示的には特定されておらず、その代わりに、特定の可能性のある変換プリコード行列 24 と特定の可能性のある同調プリコード行列 26 との積が、テーブル 28 のセル内に記憶されていることに留意されたい。

【 0 0 2 4 】

当然ながら、そのような実施形態では、更に、第 2 のデバイス 14 は、第 2 のデバイス 14 のメモリに同様のテーブル 28 を保持するよう、構成されていてもよい。その結果、そのような方法では、第 2 のデバイス 14 は、プリコード推奨情報に対応する (1 つ以上の) テーブル・インデックス値を決定し、それらの値の情報を、ファクタ化プリコード・フィードバック 20 によって第 1 のデバイス 10 に送り返す。即ち、第 2 のデバイス 14 は、行インデックス値と列インデックス値との少なくともいづれかを、ファクタ化プリコード・フィードバック 20 として送り返す。(第 2 のデバイス 14 は、第 1 のデバイス 10 が変換プリコードを選択する範囲で、例えば、必ずしも行インデックス値及び列インデックス値の両方を送り返す必要はない。)

【 0 0 2 5 】

他の実施形態では、図 1 で示唆されているように、第 1 のデバイス 10 は、可能性のある複数の変換プリコード行列 24 と可能性のある複数の同調プリコード行列 26 とを含む、1 つ以上のコードブック 22 を保持するよう構成されている。それに対応して、第 1 のデバイス 10 の受信機 34 は、推奨変換プリコードとして、可能性のある複数の変換プリコード行列 24 の特定の 1 つ、及び推奨同調プリコードとして、可能性のある複数の同調プリコード行列 26 の特定の 1 つのうちで少なくとも 1 つを示す、少なくとも 1 つのインデックス値として、ファクタ化プリコード・フィードバック 20 を受信するよう構成されている。

【 0 0 2 6 】

図 3 B は、そのような実施形態の例を示し、第 1 のデバイス 10 は、可能性のある複数の変換プリコード行列 24 を含む第 1 のコードブック 30 と可能性のある複数の同調プリコード行列 26 を含む第 2 のコードブック 32 とを保持することによって、1 つ以上のコードブック 22 を保持するよう構成されている。そのような実施形態では、ファクタ化プリコード・フィードバック 20 は、第 1 のコードブック 30 に対する第 1 のインデックス値と第 2 のコードブック 32 に対する第 2 のインデックス値とのうちの少なくとも 1 つを含んでいる。当然ながら、第 2 のデバイス 14 は、コードブック 30 及びコードブック 32 のうちの 1 つまたは両方についてのコピーを保持している。

【 0 0 2 7 】

特定のコードブック編成にかかわらず、少なくとも 1 つの実施形態では、第 1 のデバイス 10 は、可能性のある複数の変換プリコード行列 24 及び可能性のある複数の同調プリコード行列 26 とを含む、1 つ以上のコードブック 22 を保持しており、各々の可能性のある変換プリコード行列 24 は、特定の構成を有している。具体的には、可能性のある複数の変換プリコード行列の各々は、 $N_T \times k$ の行 - 列次元を有し、行の数 N_T は、第 1 のデバイス 10 の送信アンテナ・ポート数に等しく、列の数 k は、 N_T の値よりも小さい変換次元に等しく、それにより、推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャネル次元の数が制限される。当然ながら、第 2 のデバイス 14 は、同様の構造の (1 つ以上の) コー

10

20

30

40

50

ドブック 2 2 を保持してもよい。

【 0 0 2 8 】

プリコーダ回路 3 8 の実装例として、図 4 を参照されたい。プリコーダ回路 3 8 は、上述のように、ファクタ化プリコーダ・フィードバック 2 0 から決定された推奨プリコーダの評価に少なくとも部分的に基づいて決定されたプリコーディング動作に従って、第 1 のデバイス 1 0 による送信のために信号をプリコーディングするプリコーダ 5 0 を備えている。より詳細には、プリコーダ回路 3 8 は、入力シンボルを、使用中の各（空間多重）レイヤ（例えば、“レイヤ 1”、“レイヤ 2”等）に対応するシンボル・ベクトル s に処理するレイヤ処理回路 5 2 を備えている。

【 0 0 2 9 】

それらのシンボル・ベクトルは、プリコーダ 5 0 によって採用される実際のプリコーディング行列に従ってプリコーディングされ、プリコーディングされた（プリコード）ベクトルは、逆高速フーリエ変換（IFFT）処理回路 5 4 に渡され、その後、当該回路からの出力は、 N_T 個のアンテナ・ポート 5 6 のそれぞれのポートに適用される。当然ながら、プリコード送信を行う際に第 1 のデバイス 1 0 による使用に利用可能なアンテナ・ポート数 N_T は、第 1 のデバイス 1 0 のプリコーディング動作によって考慮されるチャネル次元の最大数を定める。本明細書において後に更に詳細に説明するように、考慮されるチャネル次元数を N_T 未満に制限することによって、1 つ以上のコードブック 2 2 のサイズ及び複雑性の少なくともいずれか（及び、プリコーディング・フィードバック 2 0 のサイズ及び複雑性の少なくともいずれか）を、有利に削減できる。

【 0 0 3 0 】

上記の実施形態では、可能性のある複数の変換プリコーダ行列 2 4 の少なくとも 1 つは、ブロック対角行列から成る。更に、可能性のある複数の同調プリコーダ行列 2 6 の少なくとも 1 つは、ブロック対角行列における複数のブロックの位相整合（phasing）を変化させる、行列の行を有する。ここで、ブロック対角行列内の各ブロックは、ビームフォーミングの意味で、 N_T 個のアンテナ・ポート 5 6 の各サブセットからの放射されるビームのセットを生成するものと理解でき、ここで、問題の“位相整合”は、ブロック対角行列の両方のブロック上のビーム間の位相オフセットを表す。

【 0 0 3 1 】

更に、少なくとも 1 つの実施形態では、変換次元 k は、第 1 のデバイス 1 0 または第 2 のデバイス 1 4 によって設定される。即ち、変換次元 k は、設定変更可能なパラメータである。変換次元 k が第 1 のデバイス 1 0 によって設定される場合には、第 1 のデバイス 1 0 は、変換次元 k の情報を第 1 のデバイス 1 0 から第 2 のデバイス 1 4 にシグナリングするよう構成される。それに対応して、第 2 のデバイス 1 4 は、そのような場合、変換次元 k のシグナリングされた値を受信して、その値を、プリコーディングの推奨を行う場合に考慮する（即ち、 k というシグナリングされた値を考慮して、推奨変換プリコーダ行列についての選択を制約する）よう構成される。

【 0 0 3 2 】

また更に、少なくとも 1 つの実施形態では、推奨変換プリコーダ行列は、第 2 のデバイス 1 4 ではなく、第 1 のデバイス 1 0 によって選択される。そのような場合、第 1 のデバイス 1 0 は、推奨変換プリコーダ行列の情報を第 2 のデバイス 1 4 にシグナリングするよう構成される。それに対応して、第 2 のデバイス 1 4 は、第 1 のデバイス 1 0 から推奨変換プリコーダ行列の情報を受信して、推奨同調プリコーダ行列についての選択において、そのシグナリングされた情報を使用するよう構成される。即ち、第 2 のデバイス 1 4 は、可能性のある複数の同調プリコーダ行列 2 6 についての考慮を、推奨変換プリコーダ行列とともに使用するのに（次元の観点から）適した行列に制約する。

【 0 0 3 3 】

本明細書の教示の更なる利点として、1 つ以上の実施形態では、1 つ以上のコードブック 2 2 は、可能性のある複数の変換プリコーダ行列のセットの特定の列を形成する固有のベクトルの数が、可能性のある複数の変換プリコーダ行列のセットの他の列を形成する固

10

20

30

40

50

有のベクトルの数より大きくなるように、可能性のある複数の変換プリコード行列 2 4 のセットを含んでいる。

【 0 0 3 4 】

更に、少なくとも 1 つの実施形態では、第 1 のデバイス 1 0 は、時間または周波数の第 1 の粒度で第 1 のデバイス 1 0 によって受信される、推奨変換プリコード行列を示す第 1 のシグナリング、及び、時間または周波数の第 2 の粒度で第 1 のデバイス 1 0 によって受信される、推奨同調プリコード行列を示す第 2 のシグナリングとして、ファクタ化プリコード・フィードバック 2 0 を第 2 のデバイス 1 4 から受信するよう構成される。特に、第 1 の粒度は第 2 の粒度より粗い。それに対応して、第 2 のデバイス 1 4 は、第 1 の粒度で推奨変換プリコード行列をシグナリングし、また、第 2 の粒度で推奨同調プリコード行列をシグナリングするよう構成される。

10

【 0 0 3 5 】

より広く、図 2 を参照すると、当然ながら、第 2 のデバイス 1 4 は、第 1 のデバイス 1 0 に推奨プリコード行列を知らせるよう構成される。その構成をサポートして、第 2 のデバイス 1 4 の実施形態例は、第 1 のデバイス 1 0 についてのチャンネル状態を推定するよう構成された受信機 4 0 を備える。この点に関して、第 2 のデバイス 1 4 は、例えば、 N_T 個のアンテナ・ポート 5 6 についてアンテナ固有の参照信号を受信する。これらに信号は、アンテナ毎のチャンネル推定を受信機 4 0 が行うことを可能にし、これにより、第 2 のデバイス 1 4 は、例えば、当該デバイスがサポートできる空間多重化レイヤの数を決定できるようになるとともに、その結果として、当該決定を、第 1 のデバイス 1 0 にプリコードの推奨を行う際に使用できるようになる。

20

【 0 0 3 6 】

それに対応して、受信機 4 0 は、チャンネル状態に少なくとも部分的に基づいて、ファクタ化プリコード・フィードバック 2 0 を決定するよう、更に構成される。これまでに言及したように、ファクタ化プリコード・フィードバック 2 0 は、推奨変換プリコード行列と推奨同調プリコード行列とのうちの少なくとも 1 つを示し、推奨変換プリコード行列及び推奨同調プリコード行列は、推奨変換プリコード行列と推奨同調プリコード行列との行列乗算である推奨プリコード行列を共同して表す。

【 0 0 3 7 】

前述のように、推奨変換プリコード行列は、推奨同調プリコード行列によって考慮されるチャンネル次元数を制限し、推奨同調プリコード行列は、推奨変換プリコード行列によって部分的に定まる、第 1 のデバイス 1 0 と第 2 のデバイス 1 4 との間の実効チャンネルに、推奨プリコード行列を整合させる。第 2 のデバイス 1 4 は、第 1 のデバイス 1 0 に推奨プリコード行列を知らせるために、ファクタ化プリコード・フィードバック 2 0 を第 1 のデバイス 1 0 に送信するよう構成された送信機 4 2 を更に備える。

30

【 0 0 3 8 】

上記の第 1 及び第 2 のデバイスの例を考慮して、図 5 は、本明細書の教示による、第 1 のデバイス 1 0 に実装される方法の一実施形態を示す。同図に示す方法 5 0 0 は、第 1 のデバイス 1 0 から第 2 のデバイス 1 4 へのプリコーディング送信を提供する。方法 5 0 0 は、第 2 のデバイス 1 4 からファクタ化プリコード・フィードバック 2 0 を受信するステップ (ブロック 5 0 2) を含み、当該フィードバックは、推奨変換プリコード行列と推奨同調プリコード行列とのうちの少なくとも 1 つを (これまでに詳細に説明した構造 / 性質とともに) 示す。方法 5 0 0 は、上記の推奨プリコード行列の評価に少なくとも部分的に基づいて、(第 2 のデバイス 1 4 に対するプリコーディングのための) プリコーディング動作を決定するステップ (ブロック 5 0 4) を更に含む。また更に、本方法は、決定したプリコーディング動作に従ってプリコードされたプリコード信号 1 2 を、第 2 のデバイス 1 4 へ送信するステップ (ブロック 5 0 6) を含む。

40

【 0 0 3 9 】

図 6 は、第 2 のデバイス 1 4 に実装される方法 6 0 0 についての対応する例を示しており、本方法は、第 1 のデバイス 1 0 についてのチャンネル状態を推定するステップ (ブロッ

50

ク 6 0 2) と、当該チャネル状態に少なくとも部分的に基づいて、ファクタ化プリコーダ・フィードバック 2 0 を決定するステップ (ブロック 6 0 4) とを含む。前述のように、ファクタ化プリコーダ・フィードバック 2 0 は、推奨変換プリコーダ行列と推奨同調プリコーダ行列とのうちの少なくとも 1 つを示す。方法 6 0 0 は、第 1 のデバイス 1 0 に推奨プリコーダ行列を知らせるために、ファクタ化プリコーダ・フィードバック 2 0 を第 1 のデバイス 1 0 に送信するステップ (ブロック 6 0 6) を更に含む。

【 0 0 4 0 】

更なる例として、本明細書で教示する 1 つ以上の実施形態において、プリコーダ推奨情報の少なくともいくつかの側面は、チャネル共分散の平方根の決定に基づいている。このため、この処理は、第 1 のデバイス 1 0 と第 2 のデバイス 1 4 との間のチャネル状態の推定と結び付いている。少なくとも 1 つのそのような実施形態では、第 1 のデバイス 1 0 は、例えば L T E ベースの無線通信ネットワークにおける e N o d e B である。それに対応して、第 2 のデバイス 1 4 は、L T E ベースの無線通信ネットワークにおける動作に構成された、移動端末またはその他のユーザ装置 (U E) アイテムである。

10

【 0 0 4 1 】

e N o d e B は、U E への送信のプリコーディング用に使用するプリコーダ行列を決定し、当該決定は、これまでに議論したように、ファクタ化プリコーダ・フィードバック 2 0 の形式で提供される、U E からのプリコーダ推奨情報を考慮することに少なくとも部分的に基づいて行われる。特に、e N o d e B に対するプリコーダ推奨情報を U E が決定する 1 つの方法は、以下に基づいている。

20

【 0 0 4 2 】

1 . U E は、直交周波数分割多重 (O F D M) の複数のリソース・エレメント (R E) のセットについて、 $N_R \times N_T$ チャネル行列 H_n 推定し、このような推定は、e N o d e B からのアンテナ固有の参照信号に基づいている。

【 0 0 4 3 】

2 . U E は、例えば、サンプル推定値

$$\hat{\mathbf{R}}_{tr} = \frac{1}{N} \sum_n \hat{\mathbf{H}}_n^* \hat{\mathbf{H}}_n$$

30

を形成することによって、送信チャネル共分散行列

$$\mathbf{R}_{tr} = E \left[\mathbf{H}^* \mathbf{H} \right]$$

の推定値を形成し、複数の R E のセットに対して総和が取られる。複数の R E のセットに対して時間で取られるそのような平均化は、チャネルの相関特性が、多くの場合、時間とともにゆっくり変化するという事実を利用している一方で、周波数にわたる同様の平均化は、当該相関特性が周波数にわたってある程度一定でありうるという事実を利用している。それ故、典型的な動作では、システム全体の帯域幅 (例えば、関係する O F D M キャリアの全体の帯域幅) にわたって平均化が実効され、時間にわたって多数のサブフレームを対象とする。また、当該相関特性は、時間に関して、または周波数に関して、最終的には古くなるということ考慮に入れて、重み付け平均が形成されてもよい。

40

【 0 0 4 4 】

3 . 次に、U E は、

$$\hat{\mathbf{R}}_{tr}$$

の行列平方根、例えば、

$$\hat{\mathbf{R}}_{\text{tr}}^{1/2} = \mathbf{V}\mathbf{\Lambda}^{1/2}$$

を求める。ここで、 \mathbf{V} は、送信チャネルの共分散行列の固有ベクトルであり、対角行列 $^{1/2}$ は、降順でソートされた、対応する固有値の平方根を含む。（他の形式の行列平方根が存在し、そのような他の形式が使用されうることが本明細書では考えられることに、留意されたい。）

【 0 0 4 5 】

4．ここで $\mathbf{U}\mathbf{E}$ は、（暗に送信ランクを k に限定する）変換次元 k についての特定の値を仮定する。このことは、

$$\hat{\mathbf{R}}_{\text{tr}}$$

の最初の k 列のみが保たれるということを意味する。これらの列は、いくつかの固定されたフロベニウス・ノルムにスケージングされ、その後エレメントに関して量子化される。

【 0 0 4 6 】

5．推奨変換プリコーダ行列（ \mathbf{W}_1 ）は、ここで、 k の仮定値に固定され、送信チャネルの共分散行列の、列を削除し、量子化し、かつ、スケージングした平方根に相当する。

【 0 0 4 7 】

6．ここで $\mathbf{U}\mathbf{E}$ は、仮定の k を仮定すると、送信ランク r についての特定の値を仮定する。

【 0 0 4 8 】

7．ここで $\mathbf{U}\mathbf{E}$ は、いくつかの性能メトリックを最適化するために、仮定した整合する（複数の $\mathbf{R}\mathbf{E}$ のセット（例えば LTE のサブバンド）にわたって整合した）同調プリコーダを、選択することを試みる、新たな実効チャネル $\mathbf{H}_n\mathbf{W}_1$ に直面する。例えば、当該選択は、例えば、予測されるスループットを最適化しうるか、または、10%以下の BLER を与える最高の転送フォーマットを目標としうる。同調プリコーダは、コードブック

$$\mathbf{W}_{\text{tr}} = \{\tilde{\mathbf{W}}_{2,1}, \tilde{\mathbf{W}}_{2,2}, \dots\}$$

から選択されうる。即ち、図3Bのコードブック32について示された、可能性のある複数の同調プリコーダ26は、変換次元 k 及び送信ランク r の仮定値について、異なる同調プリコーダ $\mathbf{W}_{2,1}$ 、 $\mathbf{W}_{2,2}$ 等の選択肢から成る、有限のセットを含みうる。そのようなセットのうちの異なるものは、異なる値（即ち k 及び r ）に対して保持されうる。（1つ以上の）同調プリコーダ・コードブックは、例えば、 LTE リリース8で利用可能な2個または4個のアンテナ・ポートのコードブックについての関連する送信ランクに対応する。

【 0 0 4 9 】

8．次に、 $\mathbf{U}\mathbf{E}$ は、上記のステップ4～7を繰り返すことによって、 k 及び r の可能性のある異なる組合せのいくつかまたは全てについてのサーチを実行するとともに、最終的に、 k 及び r の選択を含む、変換プリコーダ行列と同調プリコーダ行列との全体として最良の組合せを選択する。ここで、“最良の”組合せとは、選択した性能メトリックの、最高の値、またはさもなければ最良の値を生じさせる、（1つ以上の）コードブック22からの可能性のある変換プリコーダ24及び可能性のある同調プリコーダ26の組合せであってもよい。あるいは、最良の変換次元 k は、ステップ4～7を繰り返すことによって、それ以前の時間インスタンスにおいて選択され報告されたものの適用され続けるとともに、ランク r のみが、それ以前に決定された変換次元に基づいて決定される。

【 0 0 5 0 】

9．続けて、 $\mathbf{U}\mathbf{E}$ は、推奨変換プリコーダのスカラ量子化エレメントを、符号化されて eNodeB に送信されるビット系列に変換する。同様に、同調プリコーダ・コードブック

10

20

30

40

50

クを指し示すインデックスも報告される。この後者のインデックスは、LTEにおいて報告されるPMIに直接的に相当しうる。例えば、受信信号対雑音比(SNR)またはエルゴード・チャネル容量測度を最大にするという意味で送信共分散に整合する、可能性のある変換プリコード24を選択することによって、スカラ量子化の代わりに、コードブックから推奨変換プリコードも選択できることにも留意されたい。更に、スカラ量子化を使用してファクタ化プリコード・フィードバックのシグナリングが行われるとしても、最も近いスカラ量子化への四捨五入に先立って、UEは、推奨変換プリコード行列として選択された変換プリコード行列に対して所望の特性を強化する方法として、内部の変換プリコード・コードブックを更に有していてもよい。

【0051】

更に、これまでに言及したように、実際のフィードバック報告は、多くの方法で行うことができる。例えば、LTEでは、チャネル状態情報(CSI)をeNodeBに定期的に伝えるために、上り制御チャネルPUSCHでフィードバック報告が実効されてもよく、その場合、CSIは、本明細書で関係のあるファクタ化プリコード・フィードバックを含んでもよい。また、PUSCHでCSI報告を明示的に要求することによって、CSIが伝えられてもよい。1つ以上の実施形態では、UEは、PUSCHで単一の推奨変換プリコード行列を、複数の推奨同調プリコード行列の報告とともに報告し、そのような同調プリコードの各々は、全体のシステム帯域幅のうちの特定のサブバンドを対象としている。また、時には推奨変換プリコード行列が送信され、かつ、他のサブフレームについては、1つ以上の推奨同調プリコード行列が送信されるように、PUSCHベースの報告の内容を変更することも考えられる。

【0052】

UEからeNodeBにいずれの推奨情報を送信するのかは、1つ以上の実施形態では、PDCCHの上りリンク・グラント(許可)の一部としてシグナリングされる。例えば、当該許可には、いずれの推奨情報を送信すべきかを示すインジケータ(情報)としてUEが解釈する、1ビット、またはいくつかの利用可能なビットの組合せが含まれる。この方法をサポートして、いずれの時間/周波数リソースがUEによる特定のプリコード行列推奨情報に対応するののかについて、UE及びeNodeBの両方に明らかであるように、UEからの異なるプリコード報告の推奨情報の間で、厳密なタイミング関係が確立される。有用な代替案として、UEは、メディア・アクセス制御(MAC)エレメントとして、または無線リソース制御(RRC)プロトコル・シグナリングによって、プロトコル・スタックのより高位のポイントで、変換プリコード行列推奨情報を送信するよう構成される。

【0053】

更に、eNodeBは、UEが推奨するプリコードをUEがどのようにして選択するのかについて、必ずしも知ってはいない。実際、典型的な場合は、eNodeBは、知らないか、むしろ、UEが報告するプリコードを当該UEが何らかの形で選ぶということのみを知っている、ということである。特に、eNodeBは、UEが特定の変換プリコード行列を推奨するベースについて知らない可能性がある。本明細書の1つ以上の実施形態のために考えられる代替案は、変換プリコード行列が、送信チャネル共分散の平方根に基づいて選択されるべきあるということ特定することか、または、送信共分散行列が、全体としてUEからeNodeBにフィードバックされるということさえも特定することである。しかし、多数のUEベンダにわたって同様のUE動作を試験及び保証する観点から、そのような方法はある難題を提起する。

【0054】

この難題が生じる理由は、UEにおいて内部で見える送信チャネル共分散のようなチャネル特性は、外部から観測するのは容易ではなく、それ故に、報告された共分散が正しい値を有することを裏付ける簡単な方法が存在しないことであり、特に、UEにおける受信機フロント・エンドの一部が共分散に影響を及ぼす可能性があることである。対照的に、明示的に報告されるプリコードは、仮定的な送信を想定しており、そのため、当該送信結

10

20

30

40

50

果は、当該仮定的な送信に対して約10%のBLEERを与える転送フォーマットに関して、CQIによって報告される。これは、UEのACK/NACKを検査して、BLEERを推定することによって観測可能である。フィードバック報告についてのこれらの側面は、本明細書で説明した任意の特定の実施形態に限定されることはなく、以下の更なる詳細に適用可能である。

【0055】

少なくとも1つの実施形態では、チャンネルの異なる相関特性に整合するよう、変換次元kを適応させる。この点に関して、変換次元kを選択することは、 N_T 次元のベクトル空間の、減少した次元のサブ空間に送信エネルギーを厳しく制限するという方法として機能する。大まかに言えば、これにより、ある望ましい“方向”にエネルギーが集中し、その結果、同調プリコードにとって、必要以上に大きなサブ空間に対処する必要性が回避される。例えば、(1つ以上の)コードブック22は、 N_T 次元のベクトル空間のサブ空間に(k次元により)制限される、可能性のある多数の変換プリコード行列24を含み、それにより、可能性のある複数の同調プリコード行列26の(1つ以上の)セットが単純化される。

10

【0056】

その他の点では、同調プリコード行列に N_T 次元ベクトル空間の全てを考慮することを強制することは、より大きなコードブックを必要とし、それにより、UEとeNodeBとの間でより高いシグナリング・オーバヘッドを必要とする可能性があるか、UE及びeNodeBの少なくとも1つでのプリコード・サーチにおいて、より高い複雑性を必要とする可能性があるか、またはそれらの両方の可能性がある。変換次元kの値を適応させることがなぜ有利なのかを理解するため、eNodeBが、共偏波(co-polarized)かつ近接配置(約半波長)の4個の送信アンテナを有するシナリオを考察されたい。この例のために、第1のデバイス10をeNodeBとして理解してもよく、したがって、そのアンテナ16は、4個の共偏波かつ近接配置(約半波長)のアンテナを備えている。eNodeBにおける角度広がり十分に小さい場合には、異なる送信アンテナに対応するチャンネルは高い相関を有し、その結果として、送信チャンネル共分散は、1つの非常に強い固有値を有し、かつ、残りの固有値は弱い。そのようなチャンネルについては、単一レイヤのビームフォーミングが適している。

20

【0057】

上記は、以下に示すようにファクタ化プリコーディング、

30

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_1 &= \mathbf{w}_{BF} \\ \mathbf{W}_2 &= \mathbf{1} \end{aligned} \quad (1)$$

によって実装可能であり、実効プリコード

$$\mathbf{W}_{eff} = \mathbf{w}_{BF} \times \mathbf{1} = \mathbf{w}_{BF} \quad (2)$$

40

を与える。ここで、変換次元kは1に等しく、送信ランクrもまた1に等しい一方で、 \mathbf{w}_{BF} は、チャンネルの“最強方向”に全ての送信エネルギーを集中させ、それにより受信側におけるSINRを改善する、単一レイヤのビームフォーマである。この場合、UEは、推奨変換プリコード行列を記述する情報か、さもなければ推奨変換プリコード行列を示す情報を報告する可能性がある一方、対応する推奨同調プリコード行列は一定であり、それ故、当該行列の報告にはビットを全く費やす必要がない。

【0058】

ビームフォーマは、離散フーリエ変換(DFT)行列の列に基づいてコードブックから獲得され得るとともに、選択されるビームのグリッドを形成する。あるいは、ビームフォーマは、チャンネルの送信共分散行列に基づいていてもよい。しかし、角度広がりが増加す

50

るにつれて、チャンネルの送信共分散行列の固有値は、更に似たものになる。その結果、最強の固有値は、もはやそれ以前ほど支配的ではなくなる。そのため、1つ以上の方向にある程度の電力を配分するのが有益であろう。したがって、変換次元 k を 1 より大きくするのが当然である。それと同時に、例えば、マルチランク送信を保証するには SNR が十分ではないので、送信ランク r は 1 のまま保持してもよい。そのような場合には、 $k > 1$ 、かつ、 $r = 1$ である。 $k = 2$ については、推奨同調プリコーダ行列は、LTE リリース 8 における 2 個のアンテナ・ポート・プリコーダ、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix} \right\} \quad (3) \quad 10$$

から選択されうる。2 の変換次元についての後者のケースは、また、eNodeB におけるアンテナ・アレイがいくつかの近接配置のクロス・ポール (cross-pole) から構成されている場合に意味をなす。このため、角度広がり十分低い場合、各偏波は、チャンネル相関が高い、共偏波かつ近接配置のアンテナのグループを形成する。したがって、偏波ごとのビームフォーミングは、合理的であり、2 つの偏波間の相対的位相を調節しようとする同調プリコーダがそれに続く。推奨プリコーダ行列 \mathbf{W} は、 \mathbf{W} を実効的なプリコーダ行列 $\mathbf{W}_{eff} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2$ として決定することによって、そのような動作に対して調整されうる。ここで、推奨変換プリコーダ行列 \mathbf{W}_1 及び推奨同調プリコーダ行列 \mathbf{W}_2 は、

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{BF} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{BF} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix} \right\} \quad 20$$

の形式をとり得る。

【0059】

上記の詳細は、変換次元 k を異なる複数の値の間で選択する可能性が有益である、ということを実証している。 k についての実際の選択は、可能性のある複数の変換プリコーダ行列 24 のいずれを推奨すべきかを、行列平方根に基づいて決定することに関する典型的な実施形態において実行されるサーチと同様の方法で実行できる。

【0060】

送信ランク・アダプテーションは、本明細書が教示する 1 つ以上の実施形態における、更なる一側面である。即ち、送信ランク r は、同様に変更される。変換次元 k 及び送信アンテナ・ポート数 N_T が一定のままであったとしても、 r を変化させることが重要であるということは、本明細書において認識される。いくつかの近接配置のクロス・ポールを有する送信アンテナ・アレイの場合を再び考察されたい。上記で示したように、変換プリコーダ \mathbf{W}_1 は、ブロック対角形式

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{BF} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{BF} \end{bmatrix} \quad (5) \quad 40$$

を取ってもよい。

【0061】

変換次元 k は、ここでは 2 に等しく、2 個の直交偏波に対応しており、それ故に、適切

な同調プリコードは、2個の行を有するということも意味する。しかし、同調プリコードは、チャンネルによってサポート可能と判断される送信ランク r に依存して、1個または2個の行を有する可能性がある。例えば、 $SINR$ が低い場合には、単一レイヤの送信が望ましい可能性がある。同調プリコードが $k=2$ を維持し続けることは有益であり、これは、同調プリコードが、2個の偏波間の相対的位相を調整し、それにより受信側における送信信号のコヒーレントな合成を達成できるためである。しかし、 $SINR$ が高い場合には、2個のレイヤを使用することが、単一レイヤのみを使用するよりも優れている可能性があり、その結果として、同調プリコードは2個の列を有するであろう。

【0062】

したがって、使用に推奨される同調プリコード行列は、チャンネル行列と変換プリコードとの積によって形成される、実効的な 2×2 チャンネルを直交化することを追求する、ユニタリ 2×2 行列のコードブックから選択され得る。同様の議論は、アンテナのグループは高相関のチャンネルを有するが、グループ間の相関は低く、それ故に、位相調整のために同調プリコードを必要とする、クラスタ化アンテナ・アレイに適用される。当然ながら、1つ以上のコードブック 2×2 が、可能性のある複数の同調プリコード行列 2×2 を含む、より大きなセットに追加されてもよく、当該セットの1つ以上の定義されたサブセットは、上記の特性を有する。(一般的には、(1つ以上の)コードブック 2×2 における、可能性のある複数の同調プリコード行列 2×2 の、所与のサブセットは、選択された変換プリコード行列に適した同調プリコード行列が選択されるように、変換次元 k 及び送信ランク r の所与の値に対応する。)

【0063】

本明細書が教示する1つ以上の実施形態の他の側面は、 $eNodeB$ が支援するプリコード選択である。典型的にはプリコードの推奨が UE によって実行されるとしても、 UE は通常、より良好な下りチャンネル測定値を有するため、本明細書で提案するファクタ化プリコード設計は、プリコード選択において $eNodeB$ が支援する設計を有利に可能にする。そのような支援は、例えば、下りリンクのチャンネル情報を獲得するために可逆性が適用可能である、逆方向リンク(上りリンク)のチャンネル測定に基づいている。 $eNodeB$ が支援するプリコード選択が、特に、可逆性が正確に利用可能な時分割複信(TDD)システムに適しているだけでなく、周波数分割複信(FDD)は、大きなデュプレックス距離にわたっても可逆なチャンネルについてのラージスケール・パラメータを生かすことによって、そのような支援の恩恵を受けることができる。

【0064】

1つのそのような実施形態の例は、(UE ではなく) $eNodeB$ に変換次元 k を選択させ、選択した変換次元を、順方向シグナリングによって UE にシグナリングさせることであり、その場合、 UE は、 $eNodeB$ から送信されたメッセージを復号することによって k を決定する。この構成では、 UE は、設定した変換次元を満たす変換プリコードを報告するように制約を受ける。そのような構成は、例えば、下りリンク・マルチユーザ多入力多出力(MU-MIMO)の場合に共通してスケジューリングされた UE の存在等の、 UE において利用可能ではないファクタを、 $eNodeB$ が、その選択において考慮できる、という利点を有する。したがって、チャンネル測定値が、典型的には UE においてさらに正確であっても、そのような解決策は有益であり得る。

【0065】

更なる実施形態の例では、 $eNodeB$ は、追加的に、変換プリコード行列の推奨を行い、順方向シグナリングによって UE にその選択をシグナリングする。そのような場合、 UE は、そのシグナリングの復号に基づいて、 k と変換プリコードの選択とを決定する。そのような構成では、 UE は、同調プリコードの推奨を決定する際に $eNodeB$ によって行われた変換プリコード行列の選択に、制約される。

【0066】

更に、MU-MIMOに関しては、同一の時間-周波数リソースで複数の UE をスケジューリングする場合に、 $eNodeB$ が、同時送信のために複数のストリームを空間的に分離

10

20

30

40

50

できる、ということが最も重要である。そのようなアプリケーションでは、チャンネルのごく少数の支配的な固有モードが特性化されるだけでなく、UEが干渉に敏感であり続ける、適度に強力な固有モードも特性化されるよう、変換次元 k の設定は、より少ない制限を受けるべきである。このアプローチは、eNodeBに、上記の実施形態に沿うように変換次元 k を選択させることによって、または、UEが変換次元を選択する場合には、変換次元 k を選択するためにUEが適用する基準についての制限条件をeNodeBが設定できる、以下の実施形態例によって、実現できる。効率的であるためには、同様の構成がランク r の選択に設定されるべきである。

【0067】

本明細書における更なる考察として、変換次元 k は、いくつのチャンネル次元($N_T - k$)がファクタ化プリコード・フィードバック20に関して厳密に(量子化でなく)切り捨てられるかを決定する、ということに留意されたい。推奨変換プリコード行列の行は、量子化される実際のチャンネル次元を決定する。しかし、量子化される次元と切り捨てられる次元との間に滑らかな遷移があることが有益であろう。そのような滑らかな遷移は、可能性のある同調プリコード行列26についてのコードブック・エントリを、同調プリコード行列の複数の行が異なる分解能で量子化されるようにすることによって、本明細書の1つ以上の実施形態において達成される。1つ以上のコードブック22における可能性のある同調プリコード行列26のうちの任意の所与の1つについての例としては、当該行列の第1行は最も高い分解能を有し、行インデックスの増加に伴って分解能がする(最後の行が最も粗い量子化分解能を有する)。

【0068】

そのような同調プリコード・コードブック設計によって、変換プリコード行列の列順序は、関連性を有するようになり、これは、各列が同調プリコード行列の対応する行と関連付けられるためである。このため、同調プリコードの行の量子化分解能の低減が実装される場合には、より多くの同調プリコード・フィードバック・ビットが、変換プリコード行列の最後の列のためよりも、変換プリコード行列の第1列の循環を選択することに費やされる。このため、変換プリコード行列の列は、第1列が最も重要なチャンネル次元を表し、最後の列が(最も重要な k 個のチャンネル次元のうちで)最も重要性の低いチャンネル次元(“方向”)を表すように、順序付けられることになる。その結果、本明細書で教示した1つ以上の実施形態は、概して、異なる分解能を有する、可能性のある複数の同調プリコード行列26の複数の行を量子化する、複数のコードブック・エントリを使用する。

【0069】

上記の変更を考慮することによって、本明細書で開示した教示は、MU-MIMOだけでなく閉ループ空間多重化で動作するための解決策を提供するとともに、扱いやすいフィードバック・オーバーヘッドを使用して、その動作を行う。ファクタ化プリコード・フィードバック20の使用によって提供される、効率性及び簡単さの増大は、より大きなアンテナ構成のために格別な利点をもたらす。

【0070】

様々な利点を有する非限定的例として開示した教示は、以下の利点、即ち、所与の下りリンク性能のための削減されたフィードバック・オーバーヘッド、所与のフィードバック・オーバーヘッドのために改善された下りリンク性能、ファクタ化プリコード・フィードバック20によって提供される動的なプリコード報告のために使用される評価の次元の削減による、削減された計算の複雑性、変換プリコード推奨情報が量子化ステップにおける高い分解能で報告されることに伴う、MU-MIMO送信に対する良好な適合性、をもたらす。

【0071】

更には、意味のある構成及び動作の例を提供するために、本文書の様々なセクションにおいて3GPP LTEからの用語を使用したものの、そのようなLTEの例の使用は、本明細書が提案する教示の範囲を制限するものと理解されるべきではない。これらの教示

は、例えば、WCDMA、WiMax、UMB及びGSMに拡張されるということが考えられる。より具体的には、当然ながら、上述の詳細な説明及び添付の図面は、本明細書で開示した教示についての非限定的な実施形態の例を提供するものである。

【図1】

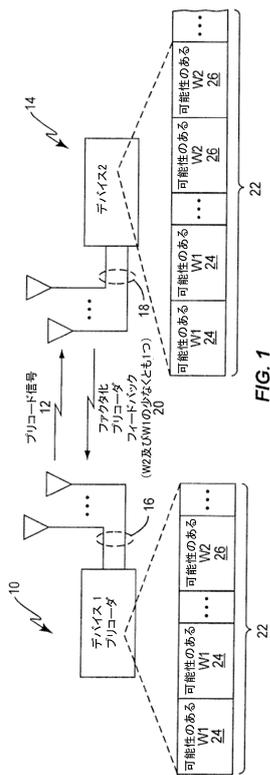


FIG. 1

【図2】

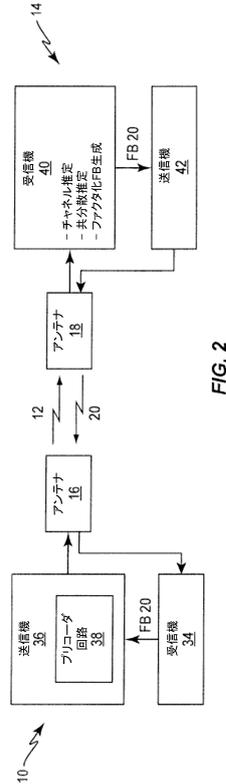


FIG. 2

【図3A】

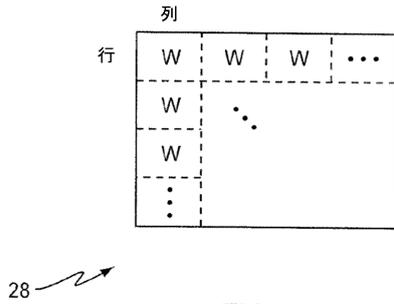


FIG. 3A

【図3B】

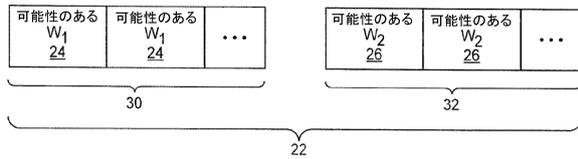


FIG. 3B

【図4】

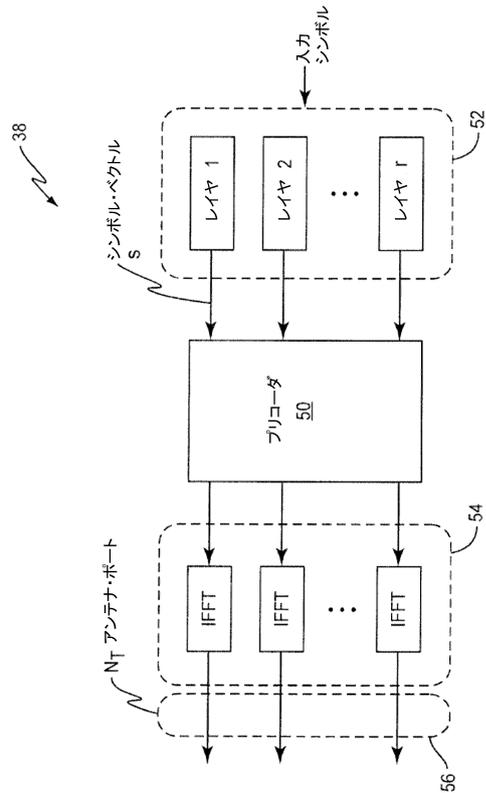


FIG. 4

【図5】

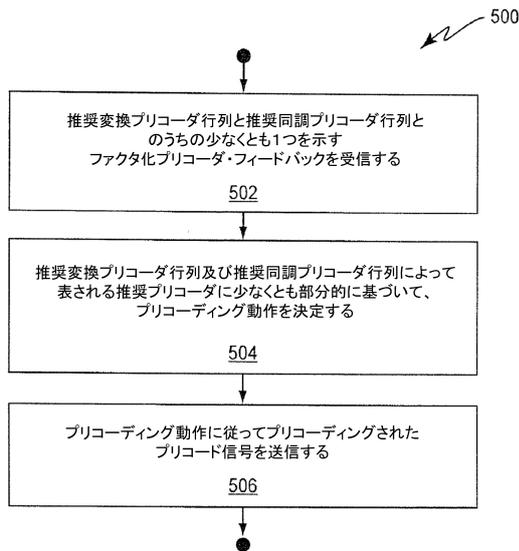


FIG. 5

【図6】

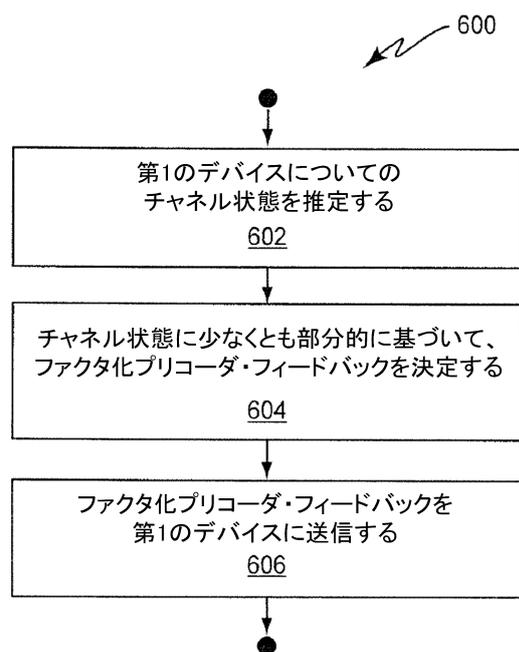


FIG. 6

フロントページの続き

- (72)発明者 イェングレン, ジョージ
スウェーデン国 スンドビュベリ エスイー - 1 7 4 6 2 , クロノゴルドスヴェーゲン 4 4
- (72)発明者 ハンマーウォール, デイビッド
スウェーデン国 バレンチューナ エスイー - 1 8 6 5 3 , ヘルマルクスヴェーゲン 5 9

審査官 倉本 敦史

- (56)参考文献 国際公開第2007/092539(WO, A2)
国際公開第2006/101180(WO, A1)
Precoding options for 8Tx antennas in LTE-A DL, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #56 R1-090977
, 2009年 2月 4日, pp.1-6

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04J 11/00
H04J 99/00
H04B 7/02 - 7/12