

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-163551

(P2017-163551A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04B 7/0456 (2017.01)</b>	H04B 7/0456	
H04B 7/0413 (2017.01)	H04B 7/0413 310	

審査請求 有 請求項の数 13 O L 外国語出願 (全 115 頁)

(21) 出願番号	特願2017-67225 (P2017-67225)	(71) 出願人	503433420
(22) 出願日	平成29年3月30日 (2017. 3. 30)		華為技術有限公司
(62) 分割の表示	特願2016-522171 (P2016-522171) の分割		HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
原出願日	平成25年6月29日 (2013. 6. 29)		中華人民共和国 518129 広東省深 ▲チェン▼市龍崗区坂田 華為総部▲ベン ▼公樓
			Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518129, P. R. China
		(74) 代理人	100146835
			弁理士 佐伯 義文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】プリコーディング行列インジケータを決定するための方法および装置、ユーザ機器、ならびに基地局

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】水平方向および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を効率的に制御する。

【解決手段】プリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、PMIはプリコーディング行列Wに対応し、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップ101と、基地局にPMIを送信するステップ102とを含む。

【選択図】 図1

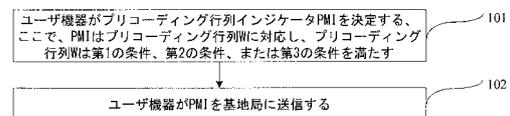


FIG. 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、前記PMIはプリコーディング行列Wに対応し、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップと、

前記基地局に前記PMIを送信するステップとを含み、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

10

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

## 【数1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり

20

## 【数2】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

30

## 【数3】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

## 【数4】

$$X = A \otimes B$$

であり、

40

## 【数5】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前

50

記行列Bの行の数であるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことである、方法。

【請求項2】

前記第2の条件または前記第3の条件において、前記プリコーディング行列Wは $W=W_1W_2$ を満たし、前記プリコーディング行列Wを取得するために、前記行列 $W_2$ は、前記行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、前記 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記行列Dの対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、…、 $u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項1または2に記載の方法。

10

【請求項4】

前記行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトルvを含み、前記列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、前記列ベクトルは

【数6】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数7】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項5】

前記行列Vは前記列ベクトル1および前記少なくとも1つの列ベクトルvのみを含み、前記行列Vが複数の列ベクトルvを含む場合には、前記複数の列ベクトルvは異なる、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記行列Vの前記列ベクトルvは行列

【数8】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である、請求項4または5に記載の方法。

30

【請求項7】

前記PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

前記プリコーディング行列Wが前記第1の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列Dに対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列Vに対応し、

40

前記プリコーディング行列Wが前記第2の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第3の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応する、請求項2から6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して前記基地局に送信される、請求項7に記載の

50

方法。

【請求項 9】

前記方法は、

前記基地局によって送信された基準信号を受信するステップと、

前記基準信号に従ってコードブックから前記PMIに対応する前記プリコーディング行列Wを選択するステップとをさらに含む、請求項1から8のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項9に記載の方法。

10

【請求項 11】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項10に記載の方法。

【請求項 12】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項9に記載の方法。

20

【請求項 13】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項12に記載の方法。

【請求項 14】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するステップであって、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップとを含み、

30

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 9】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数 10】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得される

50

ことであって、

【数 1 1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数 1 2】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 1 3】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列 $A$ または前記行列 $B$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、前記行列 $D$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列 $A$ または前記行列 $B$ の行の数である、こと

であり、前記行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、方法。

【請求項 1 5】

前記第2の条件または前記第3の条件において、前記プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、前記プリコーディング行列 $W$ を取得するために、前記行列 $W_2$ は、前記行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、前記 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される、請求項14に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項14または15に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記行列 $V$ は列ベクトル $v$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\bar{v}$ を含み、前記列ベクトル $v$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、前記列ベクトル $\bar{v}$ は

【数 1 4】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 1 5】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項14から16のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記行列 $V$ は前記列ベクトル $v$ および前記少なくとも1つの列ベクトル $\bar{v}$ のみを含み、前記行列 $V$ が複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、前記複数の列ベクトル $v$ は異なる、請求項17に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記行列 $V$ の前記列ベクトル $v$ は行列

10

20

30

40

## 【数 1 6】

$$\left[ \mathbf{H}^T \quad \mathbf{H}^T \right]^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である、請求項17または18に記載の方法。

## 【請求項 2 0】

前記プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

前記プリコーディング行列Wが前記第1の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列Dに対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列Vに対応し、

10

前記プリコーディング行列Wが前記第2の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第3の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応する、請求項14から19のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 2 1】

前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される、請求項20に記載の方法。

20

## 【請求項 2 2】

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するステップは、

前記PMIに従ってコードブックから前記対応するプリコーディング行列Wを選択するステップを含む、請求項14に記載の方法。

## 【請求項 2 3】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = \text{diag}\{\mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \dots, \mu_{1,n}, \mu_{2,1}, \mu_{2,2}, \dots, \mu_{2,n}, \dots, \mu_{n,1}, \mu_{n,2}, \dots, \mu_{n,n}\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $\mu_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項22に記載の方法。

30

## 【請求項 2 4】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \dots, \mu_{n,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項23に記載の方法。

## 【請求項 2 5】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}, u_{m,n-1}, \dots, u_{m,1}\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $u_{m,l}$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項22に記載の方法。

40

## 【請求項 2 6】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項25に記載の方法。

## 【請求項 2 7】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、前記PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、ステップと、

基地局に前記第1のPMIを送信するステップとを含み、

50

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ と前記プリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、方法。

【請求項 28】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項27に記載の方法。

【請求項 29】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、  
ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

10

前記第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するステップとを含み、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ と前記プリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、方法。

【請求項 30】

20

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項29に記載の方法。

【請求項 31】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、  
第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、前記第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、ステップと、

基地局に前記第1のPMIを送信するステップとを含み、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \gamma_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\gamma_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、方法。

30

【請求項 32】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項31に記載の方法。

【請求項 33】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、  
ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

40

前記第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するステップとを含み、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \gamma_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\gamma_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、方法。

【請求項 34】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項33に

50

記載の方法。

【請求項 35】

プリコーディング行列インジケータを決定するための装置であって、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第1の決定モジュールであって、前記PMIはプリコーディング行列Wに対応し、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第1の決定モジュールと、

基地局に前記PMIを送信するように構成される、第1の送信モジュールとを備え、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるときも、前記行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

10

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 17】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり

20

【数 18】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるときも、前記行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

30

【数 19】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 20】

$$X = A \otimes B$$

であり、

40

【数 21】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前

50

記行列Bの行の数であるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことである、装置。

【請求項36】

前記第2の条件または前記第3の条件において、前記プリコーディング行列Wは $W=W_1W_2$ を満たし、前記プリコーディング行列Wを取得するために、前記行列 $W_2$ は、前記行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、前記 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される、請求項35に記載の装置。

【請求項37】

前記行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項35または36に記載の装置。

10

【請求項38】

前記行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトルvを含み、前記列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、前記列ベクトルvは

【数22】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数23】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

20

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項35から37のいずれか一項に記載の装置。

【請求項39】

前記行列Vは前記列ベクトル1および前記少なくとも1つの列ベクトルvのみを含み、前記行列Vが複数の列ベクトルvを含む場合には、前記複数の列ベクトルvは異なる、請求項38に記載の装置。

【請求項40】

前記行列Vの前記列ベクトルvは行列

30

【数24】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である、請求項38または39に記載の装置。

【請求項41】

前記PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

前記プリコーディング行列Wが前記第1の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列Dに対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列V

40

に対応し、前記プリコーディング行列Wが前記第2の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第3の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応する、請求項36から40のいずれか一項に記載の装置。

【請求項42】

前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、前記第1のインデックスPMI1と前記第2の

50

インデックスPMI2とは異なる期間を使用して前記基地局に送信される、請求項41に記載の装置。

【請求項43】

前記装置は、

前記基地局によって送信された基準信号を受信して、前記基準信号に従ってコードブックから前記PMIに対応する前記プリコーディング行列Wを選択するように構成される、第1の受信モジュールをさらに備える、請求項35から42のいずれか一項に記載の装置。

【請求項44】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項43に記載の装置。

10

【請求項45】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項44に記載の装置。

【請求項46】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項43に記載の装置。

20

【請求項47】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項46に記載の装置。

【請求項48】

プリコーディング行列インジケータを決定するための装置であって、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第2の受信モジュールと、

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するように構成される、第2の決定モジュールであって、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第2の決定モジュールとを備え、

30

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数25】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数26】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つ

50

または複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 2 7】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数 2 8】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 2 9】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列 $A$ または前記行列 $B$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、前記行列 $D$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列 $A$ または前記行列 $B$ の行の数である、こと

であり、前記行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、装置。

【請求項 4 9】

前記第2の条件または前記第3の条件において、前記プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、前記プリコーディング行列 $W$ を取得するために、前記行列 $W_2$ は、前記行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、前記 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される、請求項48に記載の装置。

【請求項 5 0】

前記行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項48または49に記載の装置。

【請求項 5 1】

前記行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、前記列ベクトル $1$ はその要素がすべての $1$ である列ベクトルであり、前記列ベクトル $v$ は

【数 3 0】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 3 1】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項48から50のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5 2】

前記行列 $V$ は前記列ベクトル $1$ および前記少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみを含み、前記行列 $V$ が複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、前記複数の列ベクトル $v$ は異なる、請求項51に記載の装置。

【請求項 5 3】

前記行列 $V$ の前記列ベクトル $v$ は行列

10

20

30

40

50

## 【数 3 2】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である、請求項51または52に記載の装置。

## 【請求項 5 4】

前記プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

前記プリコーディング行列Wが前記第1の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列Dに対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列Vに対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第2の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第3の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応する、請求項48から53のいずれか一項に記載の装置。

## 【請求項 5 5】

前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される、請求項54に記載の装置。

## 【請求項 5 6】

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定することは、

前記PMIに従ってコードブックから前記対応するプリコーディング行列Wを選択することを含む、請求項58に記載の装置。

## 【請求項 5 7】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項56に記載の装置。

## 【請求項 5 8】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項57に記載の装置。

## 【請求項 5 9】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項56に記載の装置。

## 【請求項 6 0】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項59に記載の装置。

## 【請求項 6 1】

プリコーディング行列インジケータを決定するための装置であって、

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第3の決定モジュールであって、前記PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第3の決定モジュールと、

10

20

30

40

50

基地局に前記第1のPMIを送信するように構成される、第2の送信モジュールとを備え、  
前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ と前記プリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、装置。

【請求項62】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項61に記載の装置。

【請求項63】

プリコーディング行列インジケータを決定するための装置であって、  
ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第3の受信モジュールと、

前記第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第4の決定モジュールであって、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ と前記プリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、第4の決定モジュールとを備える、装置。

【請求項64】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項63に記載の装置。

【請求項65】

プリコーディング行列インジケータを決定するための装置であって、  
第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第5の決定モジュールであって、前記第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第5の決定モジュールと、

基地局に前記第1のPMIを送信するように構成される、第3の送信モジュールとを備え、  
前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、装置。

【請求項66】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項65に記載の装置。

【請求項67】

プリコーディング行列インジケータを決定するための装置であって、  
ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第4の受信モジュールと、

前記第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第6の決定モジュールであって、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、前

10

20

30

40

50

記行列Vは定数の係数行列である、第6の決定モジュールとを備える、装置。

【請求項68】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項67に記載の装置。

【請求項69】

ユーザ機器であって、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第1のプロセッサであって、前記PMIはプリコーディング行列Wに対応し、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第1のプロセッサと、

基地局に前記PMIを送信するように構成される、第1の送信機とを備え、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数33】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数34】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数35】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数36】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数37】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前記行列Bの行の数であるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことである、ユーザ機器。

【請求項70】

前記第2の条件または前記第3の条件において、前記プリコーディング行列Wは $W=W_1W_2$ を満たし、前記プリコーディング行列Wを取得するために、前記行列 $W_2$ は、前記行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、前記 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される、請求項69に記載のユーザ機器。

10

【請求項71】

前記行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項69または70に記載のユーザ機器。

【請求項72】

前記行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、前記列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、前記列ベクトル $v$ は

【数38】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

20

であり、要素は

【数39】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項69から71のいずれか一項に記載のユーザ機器。

【請求項73】

前記行列Vは前記列ベクトル1および前記少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみを含み、前記行列Vが複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、前記複数の列ベクトル $v$ は異なる、請求項72に記載のユーザ機器。

30

【請求項74】

前記行列Vの前記列ベクトル $v$ は行列

【数40】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である、請求項72または73に記載のユーザ機器。

【請求項75】

40

前記PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

前記プリコーディング行列Wが前記第1の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列Dに対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列Vに対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第2の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第3の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列 $W_1$ に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列 $W_2$ に対応する、請求項70から74のいずれか一項に記載のユーザ機器。

50

## 【請求項 76】

前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して前記基地局に送信される、請求項75に記載のユーザ機器。

## 【請求項 77】

前記ユーザ機器は、

前記基地局によって送信された基準信号を受信して、前記基準信号に従ってコードブックから前記PMIに対応する前記プリコーディング行列Wを選択するように構成される、第1の受信機をさらに備える、請求項69から76のいずれか一項に記載のユーザ機器。

10

## 【請求項 78】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項77に記載のユーザ機器。

## 【請求項 79】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項78に記載のユーザ機器。

## 【請求項 80】

前記コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、前記2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,1}^*$ は複素数 $u_{m,1}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、請求項77に記載のユーザ機器。

20

## 【請求項 81】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項80に記載のユーザ機器。

## 【請求項 82】

基地局であって、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第2の受信機と、

30

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するように構成される、第2のプロセッサであって、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第2のプロセッサとを備え、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

40

## 【数 4 1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

## 【数 4 2】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

50

である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 4 3】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 4 4】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 4 5】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前記行列Bの行の数である、ことであり、

前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、基地局。

【請求項 8 3】

前記第2の条件または前記第3の条件において、前記プリコーディング行列Wは $W=W_1W_2$ を満たし、前記プリコーディング行列Wを取得するために、前記行列 $W_2$ は、前記行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、前記 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される、請求項82に記載の基地局。

【請求項 8 4】

前記行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項82または83に記載の基地局。

【請求項 8 5】

前記行列Vは列ベクトル $v$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\bar{v}$ を含み、前記列ベクトル $v$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、前記列ベクトル $\bar{v}$ は

【数 4 6】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 4 7】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項82から84のいずれか一項に記載の基地局。

【請求項 8 6】

前記行列Vは前記列ベクトル $v$ および前記少なくとも1つの列ベクトル $\bar{v}$ のみを含み、前記行列Vが複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、前記複数の列ベクトル $v$ は異なる、請求項85

10

20

30

40

50

に記載の基地局。

【請求項 87】

前記行列Vの前記列ベクトルvは行列

【数 48】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である、請求項85または86に記載の基地局。

【請求項 88】

前記プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

前記プリコーディング行列Wが前記第1の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列Dに対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列Vに対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第2の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列W<sub>1</sub>に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列W<sub>2</sub>に対応し、

前記プリコーディング行列Wが前記第3の条件を満たしている場合には、前記第1のインデックスPMI1は前記行列W<sub>1</sub>に対応するとともに、前記第2のインデックスPMI2は前記行列W<sub>2</sub>に対応する、請求項82から87のいずれか一項に記載の基地局。

【請求項 89】

前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、前記第1のインデックスPMI1と前記第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して前記基地局に送信される、請求項88に記載の基地局。

【請求項 90】

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定することは、

前記PMIに従ってコードブックから前記対応するプリコーディング行列Wを選択することを含む、請求項82に記載の基地局。

【請求項 91】

前記コードブックはプリコーディング行列W<sub>i</sub>とプリコーディング行列W<sub>j</sub>とを含み、前記2つのプリコーディング行列はW<sub>i</sub>=D(i,j)W<sub>j</sub>を満たし、D(i,j)=(i,j)diag{μ<sub>1</sub>, μ<sub>2</sub>, ..., μ<sub>n</sub>, μ<sub>n</sub><sup>\*</sup>, μ<sub>n-1</sub><sup>\*</sup>, ..., μ<sub>1</sub><sup>\*</sup>}であり、(i,j)は複素係数であり、複素数μ<sub>m</sub><sup>\*</sup>は複素数μ<sub>m</sub>の共役複素数であり、m=1, ..., nであり、nはアンテナポートの数によって決定される、請求項90に記載の基地局。

【請求項 92】

前記行列D(i,j)の対角要素μ<sub>1</sub>、μ<sub>2</sub>、...、μ<sub>n</sub>の位相が等差数列を形成する、請求項91に記載の基地局。

【請求項 93】

前記コードブックはプリコーディング行列W<sub>i</sub>とプリコーディング行列W<sub>k</sub>とを含み、前記2つのプリコーディング行列はD<sub>i</sub><sup>-1</sup>W<sub>i</sub>=D<sub>k</sub><sup>-1</sup>W<sub>k</sub>=Vを満たし、D<sub>m</sub>=<sub>m</sub> · diag{u<sub>m,1</sub>, u<sub>m,2</sub>, ..., u<sub>m,n</sub>, u<sub>m,n</sub><sup>\*</sup>, u<sub>m,n-1</sub><sup>\*</sup>, ..., u<sub>m,1</sub><sup>\*</sup>}であり、m=i,kであり、<sub>m</sub>は複素係数であり、複素数μ<sub>m,1</sub><sup>\*</sup>は複素数u<sub>m,1</sub>の共役複素数であり、m=i,kであり、l=1, ..., nであり、nはアンテナポートの数によって決定される、請求項90に記載の基地局。

【請求項 94】

前記行列D<sub>m</sub>の対角要素u<sub>m,1</sub>、u<sub>m,2</sub>、...、u<sub>m,n</sub>の位相が等差数列を形成する、請求項93に記載の基地局。

【請求項 95】

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第3のプロ

10

20

30

40

50

セッサであって、前記PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第3のプロセッサと、

基地局に前記第1のPMIを送信するように構成される、第2の送信機であって、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ と前記プリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、第2の送信機とを備える、ユーザ機器。

【請求項96】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項95に記載のユーザ機器。

【請求項97】

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第3の受信機と、

前記第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第4のプロセッサであって、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ と前記プリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、第4のプロセッサとを備える、基地局。

【請求項98】

前記行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項97に記載の基地局。

【請求項99】

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第5のプロセッサであって、前記第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第5のプロセッサと、

基地局に前記第1のPMIを送信するように構成される、第3の送信機であって、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、第3の送信機とを備える、ユーザ機器。

【請求項100】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項99に記載のユーザ機器。

【請求項101】

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第4の受信機と、

前記第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第6のプロセッサであって、

前記コードブックは少なくとも前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、前記コードブック中の前記プリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、前

10

20

30

40

50

記行列 $V$ は定数の係数行列である、第6のプロセッサとを備える、基地局。

【請求項102】

前記行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する、請求項101に記載の基地局。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データ伝送技術に関し、具体的には、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法および装置、ユーザ機器、ならびに基地局に関するとともに、通信技術の分野に属する。

【背景技術】

【0002】

送信プリコーディングおよび受信合成によって、多入力・多出力(Multiple Input Multiple Output、略して、MIMO)システムは、ダイバーシティ利得およびアレイ利得を得ることができている。プリコーディングを使用しているシステムは、

$$y=HV+n$$

と表されてもよく、ここで、 $y$ は受信信号ベクトルであり、 $H$ はチャンネル行列であり、 $V$ はプリコーディング行列であり、 $s$ は送信シンボルベクトルであり、 $n$ は干渉およびノイズベクトルである。

【0003】

最適なプリコーディングは、送信機がチャンネル状態情報(Channel State Information、略して、CSI)を完全に把握していることを通常必要とする。慣用方法では、ユーザ機器(User Equipment、略して、UE)が即座にCSIを量子化し、基地局にフィードバックを送信する。

【0004】

既存のロング・ターム・エボリューション(Long Term Evolution、略して、LTE)R8-R11(リリース8-11)システムにおいては、UEによってフィードバックされたCSI情報は、ランクインジケータ(Rank Indicator、略して、RI)情報、プリコーディング行列インジケータ(Precoding Matrix Indicator、略して、PMI)情報、チャンネル品質インジケータ(Channel Quality Indicator、略して、CQI)情報などを含み、RIおよびPMIは、使用レイヤ数およびプリコーディング行列をそれぞれ示している。使用しているプリコーディング行列のセットは、一般的にコードブックと称され、各プリコーディング行列は、コードブック中のコードワードである。

【0005】

システムコストを低減する一方でシステム容量およびカバレッジについてのより高い要求を実現するために、アクティブアンテナシステム(Active Antenna Systems、略して、AAS)が広く研究されている。水平方向におけるビーム配向を制御する性能のみを有している既存の基地局アンテナと比較すれば、ASSは、水平方向および垂直方向の双方におけるビーム配向を制御する性能を提供することを可能とする一方で、空間における配電を制御するようにビーム形を制御する性能を有している。しかしながら、従来技術では、UEによってノードデバイスにフィードバックされたプリコーディング行列は、ビーム、特に、水平方向および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を同時に効率的に制御することができない。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の実施形態は、ビーム、特に、水平方向および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を効率的に制御するために使用される、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法および装置、ユーザ機器、ならびに基地局を提供している。

【0007】

10

20

30

40

50

本発明の第1の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供しており、方法は、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、PMIはプリコーディング行列Wに対応し、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップと、

基地局にPMIを送信するステップとを含み、

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、行列Dは対角行列であり、 $D = \frac{1}{\alpha} \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\alpha$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

10

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

20

【数2】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Dは対角行列であり、 $D = \frac{1}{\alpha} \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\alpha$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

30

【数3】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数4】

$$X = A \otimes B$$

40

であり、

【数5】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $D = \frac{1}{\alpha} \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\alpha$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数であるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことである。

50

## 【 0 0 0 8 】

前述の第1の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列 $W$ を取得するために、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

## 【 0 0 0 9 】

前述の第1の態様または第1の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列 $D$ の対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、...、 $u_n$ の位相が等差数列を形成する。

## 【 0 0 1 0 】

前述の第1の態様または前述の第1の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は

## 【 数 6 】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

## 【 数 7 】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

## 【 0 0 1 1 】

前述の第1の態様の第3の可能な実施様態に準拠している、第4の可能な実施様態においては、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみを含み、行列 $V$ が複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、複数の列ベクトル $v$ は異なる。

## 【 0 0 1 2 】

前述の第1の態様の第3または第4の可能な実施様態に準拠している、第5の可能な実施様態においては、行列 $V$ の列ベクトル $v$ は行列

## 【 数 8 】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列 $H$ はアダマール(Hadamard)行列である。

## 【 0 0 1 3 】

前述の第1の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

プリコーディング行列 $W$ が第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $D$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $V$ に対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

## 【 0 0 1 4 】

前述の第1の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

前述の第1の態様または第1の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第8の可能な実施様態においては、方法は、

基地局によって送信された基準信号を受信するステップと、

基準信号に従ってコードブックからPMIに対応するプリコーディング行列Wを選択するステップとをさらに含む。

## 【 0 0 1 6 】

第1の態様に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i=D(i,j)W_j$ を満たし、 $D(i,j)=\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i,j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

10

## 【 0 0 1 7 】

第1の態様の第9の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては、行列 $D(i,j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

## 【 0 0 1 8 】

第1の態様に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m=\text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i,k$ であり、 $u_m$ は複素係数であり、複素数 $u_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i,k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

20

## 【 0 0 1 9 】

第1の態様の第11の可能な実施様態に準拠している、第12の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の第2の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供しており、方法は、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するステップであって、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップとを含み、

30

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

## 【 数 9 】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

## 【 数 1 0 】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって

50

、  
【数 1 1】

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $\mathbf{X}$ は行列 $\mathbf{A}$ と行列 $\mathbf{B}$ とのクロネッカー積であり、

【数 1 2】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 1 3】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $\mathbf{A}$ または行列 $\mathbf{B}$ は行列 $\mathbf{D}$ と行列 $\mathbf{V}$ との積であり、行列 $\mathbf{D}$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列 $\mathbf{A}$ または行列 $\mathbf{B}$ の行の数である、ことであり、

行列 $\mathbf{D}$ は対角行列であり、 $\mathbf{D} = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $\mathbf{V}$ は定数の係数行列である。

【0 0 2 1】

第2の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ は $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2$ を満たし、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ を取得するために、行列 $\mathbf{W}_2$ は、行列 $\mathbf{W}_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $\mathbf{W}_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

【0 0 2 2】

第2の態様または第2の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列 $\mathbf{D}$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0 0 2 3】

第2の態様または第2の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列 $\mathbf{V}$ は列ベクトル $\mathbf{1}$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ を含み、列ベクトル $\mathbf{1}$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\mathbf{v}$ は

【数 1 4】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 1 5】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【0 0 2 4】

前述の第2の態様の第3の可能な実施様態に準拠している、第4の可能な実施様態においては、行列 $\mathbf{V}$ は列ベクトル $\mathbf{1}$ および少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ のみを含み、行列 $\mathbf{V}$ が複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ を含む場合には、複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ は異なる。

【0 0 2 5】

前述の第2の態様の第3または第4の可能な実施様態に準拠している、第5の可能な実施様態においては、行列 $\mathbf{V}$ の列ベクトル $\mathbf{v}$ は行列

10

20

30

40

【数 1 6】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である。

【 0 0 2 6】

前述の第2の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

プリコーディング行列Wが第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【 0 0 2 7】

前述の第2の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【 0 0 2 8】

前述の第2の態様または第2の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第8の可能な実施様態においては、PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するステップは、

PMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列Wを選択するステップを含む。

【 0 0 2 9】

第2の態様に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【 0 0 3 0】

第2の態様の第9の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【 0 0 3 1】

第2の態様に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \alpha_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\alpha_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【 0 0 3 2】

第2の態様の第11の可能な実施様態に準拠している、第12の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【 0 0 3 3】

本発明の第3の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供しており、方法は、

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、ステップと、

基地局に第1のPMIを送信するステップとを含み、

50

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0034】

第3の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0035】

本発明の第4の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供しており、方法は、

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するステップとを含み、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0036】

第4の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0037】

本発明の第5の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供しており、方法は、

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップであって、第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、ステップと、

基地局に第1のPMIを送信するステップとを含み、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である。

【0038】

第5の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0039】

本発明の第6の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供しており、方法は、

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するステップとを含み、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行

10

20

30

40

50

列である。

【 0 0 4 0 】

第6の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【 0 0 4 1 】

本発明の第7の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置を提供しており、装置は、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第1の決定モジュールであって、PMIはプリコーディング行列 $W$ に対応し、プリコーディング行列 $W$ は第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第1の決定モジュールと、

10

基地局にPMIを送信するように構成される、第1の送信モジュールとを備え、

第1の条件が、プリコーディング行列 $W$ が $W=DV$ を満たすことであって、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\cdot$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【 数 1 7 】

20

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり、

【 数 1 8 】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\cdot$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

30

第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【 数 1 9 】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【 数 2 0 】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【 数 2 1 】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

50

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数であるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことである。

【0042】

前述の第7の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列 $W$ を取得するために、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

10

【0043】

前述の第7の態様または第1の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0044】

前述の第7の態様または前述の第1の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列Vは列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は

【数22】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

20

であり、要素は

【数23】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【0045】

前述の第7の態様の第3の可能な実施様態に準拠している、第4の可能な実施様態においては、行列Vは列ベクトル $1$ および少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみを含み、行列Vが複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、複数の列ベクトル $v$ は異なる。

30

【0046】

前述の第7の態様の第3または第4の可能な実施様態に準拠している、第5の可能な実施様態においては、行列Vの列ベクトル $v$ は行列

【数24】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

40

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である。

【0047】

前述の第7の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

プリコーディング行列 $W$ が第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

50

## 【 0 0 4 8 】

前述の第7の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

## 【 0 0 4 9 】

前述の第7の態様または第7の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第8の可能な実施様態においては、装置は、

基地局によって送信された基準信号を受信して、基準信号に従ってコードブックからPMI1に対応するプリコーディング行列Wを選択するように構成される、第1の受信モジュールをさらに備える。

10

## 【 0 0 5 0 】

第7の態様に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

## 【 0 0 5 1 】

第7の態様の第9の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

20

## 【 0 0 5 2 】

第7の態様に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

## 【 0 0 5 3 】

第7の態様の第11の可能な実施様態に準拠している、第12の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

## 【 0 0 5 4 】

本発明の第8の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置を提供しており、装置は、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第2の受信モジュールと、

PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するように構成される、第2の決定モジュールであって、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第2の決定モジュールとを備え、

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって

40

## 【 数 2 5 】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数 2 6】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 2 7】

$$W_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

10

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数 2 8】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 2 9】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

20

であるとともに、行列 $A$ または行列 $B$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、行列 $D$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列 $A$ または行列 $B$ の行の数である、ことであり、

行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である。

【0 0 5 5】

第8の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列 $W$ を取得するために、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

30

【0 0 5 6】

第8の態様または第8の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0 0 5 7】

第8の態様または第8の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列 $V$ は列ベクトル $\mathbf{1}$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ を含み、列ベクトル $\mathbf{1}$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\mathbf{v}$ は

40

【数 3 0】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 3 1】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

50

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【0058】

前述の第8の態様の第3の可能な実施様態に準拠している、第4の可能な実施様態においては、行列Vは列ベクトル $v$ および少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみを含み、行列Vが複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、複数の列ベクトル $v$ は異なる。

【0059】

前述の第8の態様の第3または第4の可能な実施様態に準拠している、第5の可能な実施様態においては、行列Vの列ベクトル $v$ は行列

【数32】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

10

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である。

【0060】

前述の第8の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

プリコーディング行列Wが第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【0061】

前述の第8の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【0062】

前述の第8の態様または第8の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第8の可能な実施様態においては、PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定することは、PMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列Wを選択することを含む。

【0063】

第8の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0064】

第8の態様の第9の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0065】

第8の態様に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0066】

第8の態様の第11の可能な実施様態に準拠している、第12の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

50

## 【 0 0 6 7 】

本発明の第9の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置を提供しており、装置は、

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第3の決定モジュールであって、PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第3の決定モジュールと、

基地局に第1のPMIを送信するように構成される、第2の送信モジュールとを備え、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

10

## 【 0 0 6 8 】

第9の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

## 【 0 0 6 9 】

本発明の第10の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置を提供しており、装置は、

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第3の受信モジュールと、

20

第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第4の決定モジュールであって、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、第4の決定モジュールとを備える。

## 【 0 0 7 0 】

第10の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

30

## 【 0 0 7 1 】

本発明の第11の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置を提供しており、装置は、

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第5の決定モジュールであって、第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第5の決定モジュールと、

基地局に第1のPMIを送信するように構成される、第3の送信モジュールとを備え、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である。

40

## 【 0 0 7 2 】

第11の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

## 【 0 0 7 3 】

本発明の第12の態様は、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置を提供しており、装置は、

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信する

50

ように構成される、第4の受信モジュールと、

第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第6の決定モジュールであって、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である、第6の決定モジュールとを備える。

【0074】

10

第12の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0075】

本発明の第13の態様は、ユーザ機器を提供しており、ユーザ機器は、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第1のプロセッサであって、PMIはプリコーディング行列 $W$ に対応し、プリコーディング行列 $W$ は第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第1のプロセッサと、

基地局にPMIを送信するように構成される、第1の送信機とを備え、

第1の条件が、プリコーディング行列 $W$ が $W=DV$ を満たすことであって、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \mu \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\mu$ は複素係数であり、複素数 $u_l^*$ は複素数 $u_l$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

20

第2の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数33】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

30

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり、

【数34】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \mu \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\mu$ は複素係数であり、複素数 $u_l^*$ は複素数 $u_l$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

40

【数35】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数 3 6】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 3 7】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数であるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことである。

10

【0 0 7 6】

前述の第13の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ は $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2$ を満たし、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ を取得するために、行列 $\mathbf{W}_2$ は、行列 $\mathbf{W}_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $\mathbf{W}_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

【0 0 7 7】

20

前述の第13の態様または第1の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0 0 7 8】

前述の第13の態様または前述の第1の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ を含み、列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\mathbf{v}$ は

【数 3 8】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

30

であり、要素は

【数 3 9】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【0 0 7 9】

前述の第13の態様の第3の可能な実施様態に準拠している、第4の可能な実施様態においては、行列Vは列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ のみを含み、行列Vが複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ を含む場合には、複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ は異なる。

40

【0 0 8 0】

前述の第13の態様の第3または第4の可能な実施様態に準拠している、第5の可能な実施様態においては、行列Vの列ベクトル $\mathbf{v}$ は行列

【数 4 0】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール (Hadamard) 行列である。

【0 0 8 1】

50

前述の第7の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

プリコーディング行列Wが第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【0082】

前述の第7の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

10

【0083】

前述の第13の態様または第13の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第8の可能な実施様態においては、ユーザ機器は、

基地局によって送信された基準信号を受信して、基準信号に従ってコードブックからPMI1に対応するプリコーディング行列Wを選択するように構成される、第1の受信機をさらに備える。

【0084】

20

第13の態様に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0085】

第13の態様の第9の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0086】

第13の態様に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \alpha_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\alpha_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

30

【0087】

第13の態様の第11の可能な実施様態に準拠している、第12の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0088】

本発明の第14の態様は、基地局を提供しており、基地局は、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第2の受信機と、

40

PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するように構成される、第2のプロセッサであって、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第2のプロセッサとを備え、

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 4 1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$  であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり

【数 4 2】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって

【数 4 3】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$  であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数 4 4】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 4 5】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $A$ または行列 $B$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、行列 $D$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$  であり、 $n$ は行列 $A$ または行列 $B$ の行の数である、ことであり、

行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$  は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である。

【0 0 8 9】

第14の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列 $W$ を取得するために、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

【0 0 9 0】

第14の態様または第14の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0 0 9 1】

第14の態様または第14の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は

10

20

30

40

【数 4 6】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 4 7】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【0 0 9 2】

前述の第14の態様の第3の可能な実施様態に準拠している、第4の可能な実施様態においては、行列Vは列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトルvのみを含み、行列Vが複数の列ベクトルvを含む場合には、複数の列ベクトルvは異なる。

【0 0 9 3】

前述の第14の態様の第3または第4の可能な実施様態に準拠している、第5の可能な実施様態においては、行列Vの列ベクトルvは行列

【数 4 8】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である。

【0 0 9 4】

前述の第14の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

プリコーディング行列Wが第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列W<sub>1</sub>に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列W<sub>2</sub>に対応し、

プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列W<sub>1</sub>に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列W<sub>2</sub>に対応する。

【0 0 9 5】

前述の第14の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【0 0 9 6】

前述の第14の態様または第14の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第8の可能な実施様態においては、PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定することは

、PMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列Wを選択することを含む。

【0 0 9 7】

第14の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列W<sub>i</sub>とプリコーディング行列W<sub>j</sub>とを含み、2つのプリコーディング行列はW<sub>i</sub>=D(i,j)W<sub>j</sub>を満たし、D(i,j)= (i,j)diag{μ<sub>1</sub>, μ<sub>2</sub>, ..., μ<sub>n</sub>, μ<sub>n</sub><sup>\*</sup>, μ<sub>n-1</sub><sup>\*</sup>, ..., μ<sub>1</sub><sup>\*</sup>}であり、(i,j)は複素係数であり、複素数μ<sub>m</sub><sup>\*</sup>は複素数μ<sub>m</sub>の共役複素数であり、m=1, ..., nであり、nはアンテナポートの数によって決定される。

【0 0 9 8】

第14の態様の第9の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては

10

20

30

40

50

、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0099】

第8の態様に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0100】

第14の態様の第11の可能な実施様態に準拠している、第12の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

10

【0101】

本発明の第15の態様は、ユーザ機器を提供しており、ユーザ機器は、第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第3のプロセッサであって、PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第3のプロセッサと、

基地局に第1のPMIを送信するように構成される、第2の送信機であって、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、第2の送信機とを備える。

20

【0102】

本発明の第2の態様は、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成することを提供している。

【0103】

本発明の第16の態様は、基地局を提供しており、基地局は、

ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第3の受信機と、

第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第4のプロセッサであって、

30

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される、第4のプロセッサとを備える。

【0104】

第16の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0105】

本発明の第17の態様は、ユーザ機器を提供しており、ユーザ機器は、

40

第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第5のプロセッサであって、第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する、第5のプロセッサと、

基地局に第1のPMIを送信するように構成される、第3の送信機であって、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である、第3の送信機とを備える。

50

【0106】

第17の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0107】

本発明の第18の態様は、基地局を提供しており、基地局は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、第4の受信機と、

第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成される、第6のプロセッサであって、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である、第6のプロセッサとを備える。

【0108】

第18の態様に準拠している、第1の可能な実施様態においては、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0109】

本発明の実施形態において提供した技術的解決手法においては、プリコーディング行列インジケータPMIを決定し、PMIはプリコーディング行列 $W$ に対応し、プリコーディング行列 $W$ は第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たし、第1の条件が、プリコーディング行列 $W$ が $W=DV$ を満たすことであって、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \mu \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\mu$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、第2の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数49】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり、

【数50】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \mu \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\mu$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数51】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー

積であり、

【数 5 2】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 5 3】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数であるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことである。ビーム、特に、水平方向および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を効率的に制御することができる。

【0 1 1 0】

本発明の実施形態におけるまたは従来技術における技術的解決手法をより明確に記載するために、実施形態または従来技術を記載するために必要となる添付の図面を以下に簡単に紹介する。以下の説明における添付の図面は本発明の一部の実施形態を示しており、当業者が創造的努力なしにこれらの添付の図面から他の図面をさらに導出し得ることは明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0 1 1 1】

【図 1】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法の第1の概略フローチャートである。

【図 2】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法の第2の概略フローチャートである。

【図 3】本発明の特定の実施形態の第1の概略フローチャートである。

【図 4】本発明の特定の実施形態の第2の概略フローチャートである。

【図 5】本発明の特定の実施形態の第3の概略フローチャートである。

【図 6】本発明の特定の実施形態の第4の概略フローチャートである。

【図 7】本発明の特定の実施形態の第5の概略フローチャートである。

【図 8】本発明の特定の実施形態の第6の概略フローチャートである。

【図 9】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第1の概略構造図である。

【図 10】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第2の概略構造図である。

【図 11】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第3の概略構造図である。

【図 12】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第4の概略構造図である。

【図 13】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第5の概略構造図である。

【図 14】本発明の実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第6の概略構造図である。

【図 15】本発明の実施形態による、ユーザ機器の第1の概略構造図である。

【図 16】本発明の実施形態による、基地局の第1の概略構造図である。

【図 17】本発明の実施形態による、ユーザ機器の第2の概略構造図である。

【図 18】本発明の実施形態による、基地局の第2の概略構造図である。

【図 19】本発明の実施形態による、ユーザ機器の第3の概略構造図である。

10

20

30

40

50

【図20】本発明の実施形態による、基地局の第3の概略構造図である。

【発明を実施するための形態】

【0112】

本発明の実施形態の目的、技術的解決手法、および利点をより明確にするために、本発明の実施形態における添付の図面を参照して、本発明の実施形態における技術的解決手法を以下に明確かつ完全に記載する。記載した実施形態が本発明の実施形態のすべてではなく一部であることは明らかであろう。創造的努力なしに本発明の実施形態に基づいて当業者によって得られる他の実施形態のすべては、本発明の保護範囲に含まれるものとする。

【0113】

本発明の実施形態は、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供している。図1は、本発明の本実施形態による、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法の第1の概略フローチャートであり、図1に示したように、方法は、以下のステップを含む。

10

【0114】

ステップ101: ユーザ機器がプリコーディング行列インジケータPMIを決定する、ここで、PMIはプリコーディング行列Wに対応し、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす。

【0115】

ステップ102: ユーザ機器がPMIを基地局に送信する。

【0116】

20

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数54】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

30

【数55】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、第3の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数56】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数57】

$$X = A \otimes B$$

であり、

## 【数 5 8】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数である、ことであり、

行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列Vは定数の係数行列である。

## 【0 1 1 7】

10

前述の実施形態においては、プリコーディング行列Wが、第1の条件、第2の条件、および第3の条件をそれぞれ満たしている、3つのケースに関する詳細な説明について、以下の特定の実施形態を参照してもよい。

## 【0 1 1 8】

加えて、本発明の本実施形態において提供されている、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法は、基地局によって送信された基準信号を受信するステップと、基準信号に従ってコードブックからPMIに対応するプリコーディング行列Wを選択するステップとをさらに含んでもよい。そして、前述のステップ101のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップは、具体的には、基準信号またはプリコーディング行列Wに従ってPMIを決定するステップである。

20

## 【0 1 1 9】

あるいは、本発明の本実施形態において提供されている、プリコーディング行列インジケータを決定するための方法は、基地局によって送信された基準信号を受信するステップをさらに含んでもよい。そして、前述のステップ101のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップは、具体的には、基準信号に従ってプリコーディング行列インジケータPMIを決定するステップである。加えて、基準信号に従ってPMIを決定した後に、方法は、基準信号またはプリコーディング行列インジケータPMIに従ってプリコーディング行列Wを決定するステップをさらに含む。

## 【0 1 2 0】

ユーザ機器側における方法の図1に示した実施形態に対応しており、本発明は、基地局側におけるプリコーディング行列インジケータを決定するための方法をさらに提供している。図2は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための方法の第2の概略フローチャートであり、図2に示したように、方法は、以下のステップを含む。

30

## 【0 1 2 1】

ステップ201: ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信する。

## 【0 1 2 2】

ステップ202: PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定する、ここで、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす。

40

## 【0 1 2 3】

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

## 【数 5 9】

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

50

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり、

【数 6 0】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって

10

【数 6 1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数 6 2】

$$X = A \otimes B$$

20

であり、

【数 6 3】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $A$ または行列 $B$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、行列 $D$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列 $A$ または行列 $B$ の行の数である、ことであり、

行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である。

30

【0 1 2 4】

前述の実施形態においては、プリコーディング行列 $W$ が、第1の条件、第2の条件、および第3の条件をそれぞれ満たしている、3つのケースに関する詳細な説明について、以下の特定の実施形態を参照してもよい。加えて、前述のステップ202のPMIに従って対応するプリコーディング行列 $W$ を決定するステップは、具体的には、PMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W$ を選択するステップであってもよい。

【0 1 2 5】

図3は、特定の実施形態の第1の概略フローチャートである。本実施形態は、プリコーディング行列が第1の条件を満たしている場合にユーザ機器側で実行されるプリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供している。図3に示したように、方法は、以下のステップを含む。

40

【0 1 2 6】

ステップ301: ユーザ機器が基地局によって送信された基準信号を受信する。

【0 1 2 7】

具体的には、本ステップにおいて基地局によって送信された基準信号は、チャネル状態情報基準信号(channel state information Reference Signal、略して、CSI RS)、復調基準信号(demodulation RS、略して、DM RS)、またはセル固有基準信号(cell-specific RS、略して、CRS)を含んでいてもよい。ユーザ機器UEは、eNBによって通知された基準信号リソース設定を受信することによって基準信号を取得してもよいし、またはセル識別情報(cell ID)に従って基準信号のリソース設定を取得して対応するリソースまたはサブフレー

50

ム内の基準信号を取得してもよい、ここで、eNB通知は、無線リソース制御(Radio Resource Control、略して、RRC)シグナリング、またはダウンリンク制御情報(Downlink Control Information、略して、DCI)などの動的シグナリングなどのより高位レイヤのシグナリングであってもよい。より高位レイヤのシグナリングは、物理ダウンリンク共通チャネル(Physical Downlink Shared Channel、略して、PDSCH)を使用してユーザ機器に送信される。DCIは、物理ダウンリンク制御チャネル(Physical Downlink Control Channel、略して、PDCCH)または進化型PDCCH(enhanced PDCCH、略して、ePDCCH)を使用してユーザ機器に送信されてもよい。

【0128】

ステップ302: ユーザ機器が基準信号に基づいてコードブックからプリコーディング行列を選択する。

10

【0129】

本発明の本実施形態においては、コードブックは、利用可能なプリコーディング行列のセットである。コードブックおよびPMIは、テーブル参照様式でデバイス内に記憶されていてもよい、またはデバイスは、コードブックに従ってプリセット式またはアルゴリズムを使用して計算することによって対応するPMIを取得してもよいし、もしくはPMIに従って計算することによって対応するコードブックを取得してもよい。

【0130】

本実施形態の随意の実施形態においては、少なくとも1つのコードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は、行列 $D$ と行列 $V$ との積であるとともに式(1)に示した構造を有する。

20

$$W=DV \quad (1)$$

ここで、行列 $D$ は対角行列であり、以下を満たす。

$$D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\} \quad (2)$$

ここで、 $u_i$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であるとともに、行列 $V$ は定数係数行列である、例えば、行列 $V$ の要素は $\pm 1$ または $\pm j$ であってもよい。

【0131】

いわゆる定数係数行列は、その要素が同一のモジュールまたは振幅を有する行列を表すことに留意されたい。定数係数行列は、一般的には非対角行列である、また当然のことながら、対角行列であってもよい、例えば、定数係数行列はその要素が0である行列であることを理解されたい。

30

【0132】

本実施形態の別の随意の実施形態においては、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は以下のようになる。

【数64】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T \quad (3)$$

40

ここで、 $(\ )^T$ は行列またはベクトルの転置を表し、要素は

【数65】

$$\bar{v}_i = -v_i,$$

であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $v_i = \pm 1$ である、すなわち、 $v_i$ の値は+1または-1である。例示的な実施形態においては、行列 $V$ を列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみによって形成する。すなわち、行列 $V$ において、含まれている列ベクトル $1$ を除けば、他の列ベクトルは列ベクトル $v$ である。さらに、好ましくは、行列 $V$ が複数のベクトル $1$ を含んでいる場合には、複数のベクトル $v$ は異なり、この場合には、より望ましい直交性が

50

もたらされ、それによって、強い干渉の発生を回避している。

【 0 1 3 3 】

本実施形態の別の随意の実施様態においては、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、 $W_i$ と $W_j$ とは式(4)を満たす。

$$W_i = D(i, j)W_j \quad (4)$$

ここで、行列 $D(i, j)$ は対角行列であり、必要に応じて、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、...、 $\mu_n$ の位相が等差数列を形成して行列式(5)に示した構造を有する。

$$D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\} \quad (5)$$

ここで、 $D(i, j)$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【 0 1 3 4 】

コードブック中の前述の2つのプリコーディング行列については、ユーザ機器は、異なる時点でコードブックから異なるプリコーディング行列をプリセットルールに従ってまたはランダムに選択してもよい、すなわち、ユーザ機器は、ある時点でコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第1のPMIを送信し、別の時点でコードブック中のプリコーディング行列 $W_j$ に対応する第2のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第2のPMIを送信してもよい。

【 0 1 3 5 】

前述のユーザ機器が異なる時点で第1のPMIまたは第2のPMIを送信するケースに対応しており、基地局側では、基地局はまた、ある時点で、第1のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を選択し、別の時点で、第2のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第2のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_j$ を選択してもよい。

【 0 1 3 6 】

随意に、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを少なくとも含み、 $W_i$ と $W_k$ とは式を満たす。

$$D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V \quad (6)$$

ここで、行列 $V$ は列ベクトル $v$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $v$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は式(3)に示した構造を有し、行列 $D_i$ および行列 $D_k$ の双方は対角行列であるとともに式(7)に示した構造を有する。

$$D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\} \quad (7)$$

ここで、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $u_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、必要に応じて、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、...、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【 0 1 3 7 】

コードブック中の前述の2つのプリコーディング行列については、ユーザ機器は、異なる時点でコードブックから異なるプリコーディング行列をプリセットルールに従ってまたはランダムに選択してもよい、すなわち、ユーザ機器は、ある時点でコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応する第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第1のPMIを送信し、別の時点でコードブック中のプリコーディング行列 $W_k$ に対応する第2のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第2のPMIを送信してもよい。

【 0 1 3 8 】

前述のユーザ機器が異なる時点で第1のPMIまたは第2のPMIを送信するケースに対応しており、基地局側では、基地局はまた、ある時点で、第1のユーザ機器によって送信された

10

20

30

40

50

プリコーディング行列インジケータPMIを受信して第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_1$ を選択し、別の時点に、第2のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第2のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_k$ を選択してもよい。

【0139】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

10

【0140】

ステップ303: ユーザ機器が基地局にプリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。

【0141】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する。コードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積である。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。

20

【0142】

さらに、行列 $V$ は、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル

【数66】

$$V = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アンテナシステムのビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限りMIMO伝送のレイヤ間干渉を低減することができる、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

30

【0143】

一例として $n=5$ を使用する場合には、式(2)に示した対角要素は以下のようにしてもよい。

【数67】

$$[u_1, u_2, u_3, u_4, u_5] = \left[ e^{j\frac{\pi}{2}}, \left(\frac{7}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{3}}, \left(\frac{8}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{4}}, \left(\frac{9}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{6}}, \left(\frac{10}{6}\right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (8)$$

40

それに応じて、以下の式を満たす。

【数68】

$$[u_5^*, u_4^*, u_3^*, u_2^*, u_1^*] = \left[ \left(\frac{10}{6}\right)^{\frac{1}{2}}, \left(\frac{9}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{6}}, \left(\frac{8}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{4}}, \left(\frac{7}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{3}}, e^{-j\frac{\pi}{2}} \right] \quad (9)$$

50

【 0 1 4 4 】

あるいは、式(2)に示した対角要素は以下のようにしてもよい。

【数 6 9】

$$[u_1, u_2, u_3, u_4, u_5] = \left[ e^{j\frac{\pi}{2}}, e^{j\frac{\pi}{3}}, e^{j\frac{\pi}{4}}, e^{j\frac{\pi}{6}}, 1 \right] \quad (10)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

【数 7 0】

10

$$[u_5^*, u_4^*, u_3^*, u_2^*, u_1^*] = \left[ 1, e^{-j\frac{\pi}{6}}, e^{-j\frac{\pi}{4}}, e^{-j\frac{\pi}{3}}, e^{-j\frac{\pi}{2}} \right] \quad (11)$$

【 0 1 4 5 】

これに対応して、列ベクトル $v$ は以下のようにしてもよい。

$$v = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1]^T \quad (12)$$

【 0 1 4 6 】

随意に、別の実施形態として、行列 $D$ において、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する。

20

【 0 1 4 7 】

一例として $n=5$ を使用する場合には、式(5)に示した対角要素は以下のようにしてもよい。

【数 7 1】

$$[\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5] = \left[ e^{j\frac{\pi}{2}}, \left(\frac{7}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{3}}, \left(\frac{8}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{4}}, \left(\frac{9}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{6}}, \left(\frac{10}{6}\right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (8a)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

30

【数 7 2】

$$[\mu_5^*, \mu_4^*, \mu_3^*, \mu_2^*, \mu_1^*] = \left[ \left(\frac{10}{6}\right)^{\frac{1}{2}}, \left(\frac{9}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{6}}, \left(\frac{8}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{4}}, \left(\frac{7}{6}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{3}}, e^{-j\frac{\pi}{2}} \right] \quad (9a)$$

【 0 1 4 8 】

あるいは、式(5)に示した対角要素は以下のようにしてもよい。

【数 7 3】

40

$$[\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5] = \left[ e^{j\frac{\pi}{2}}, e^{j\frac{\pi}{3}}, e^{j\frac{\pi}{4}}, e^{j\frac{\pi}{6}}, 1 \right] \quad (10a)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

【数 7 4】

$$[\mu_5^*, \mu_4^*, \mu_3^*, \mu_2^*, \mu_1^*] = \left[ 1, e^{-j\frac{\pi}{6}}, e^{-j\frac{\pi}{4}}, e^{-j\frac{\pi}{3}}, e^{-j\frac{\pi}{2}} \right] \quad (11a)$$

【 0 1 4 9 】

50

一例として $n=4$ を使用する場合には、式(2)に示した対角要素は以下のようにしてもよい。

【数 7 5】

$$[u_1, u_2, u_3, u_4] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{12}}, \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{5\pi}{12}}, \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{3\pi}{12}}, \left(\frac{7}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{12}} \right] \quad (13)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

10

【数 7 6】

$$[u_4^*, u_3^*, u_2^*, u_1^*] = \left[ \left(\frac{7}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{12}}, \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{3\pi}{12}}, \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{5\pi}{12}}, e^{-j\frac{7\pi}{12}} \right] \quad (14)$$

【0 1 5 0】

あるいは、式(2)に示した対角要素は以下のようになる。

20

【数 7 7】

$$[u_1, u_2, u_3, u_4] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{12}}, e^{j\frac{5\pi}{12}}, e^{j\frac{3\pi}{12}}, e^{j\frac{\pi}{12}} \right] \quad (15)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

【数 7 8】

$$[u_4^*, u_3^*, u_2^*, u_1^*] = \left[ e^{-j\frac{\pi}{12}}, e^{-j\frac{3\pi}{12}}, e^{-j\frac{5\pi}{12}}, e^{-j\frac{7\pi}{12}} \right] \quad (16)$$

30

【0 1 5 1】

前述の2つの式においては、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相数列と対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相数列とのそれぞれが、その公差がそれぞれ $-\pi/6$ と $+\pi/6$ とである等差数列を形成する。

【0 1 5 2】

一例として $n=4$ を使用する場合には、式(5)に示した対角要素は以下のようにしてもよい。

【数 7 9】

40

$$[\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{32}}, \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{5\pi}{32}}, \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{3\pi}{32}}, \left(\frac{7}{4}\right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{32}} \right] \quad (13a)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

【数 8 0】

$$[\mu_4^*, \mu_3^*, \mu_2^*, \mu_1^*] = \left[ \left( \frac{7}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{\pi}{32}}, \left( \frac{6}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{3\pi}{32}}, \left( \frac{5}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-j\frac{5\pi}{32}}, e^{-j\frac{7\pi}{32}} \right] \quad (14a)$$

【0 1 5 3】

あるいは、式(5)に示した対角要素は以下のようになる。

【数 8 1】

$$[\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{32}}, e^{j\frac{5\pi}{32}}, e^{j\frac{3\pi}{32}}, e^{j\frac{\pi}{32}} \right] \quad (15a)$$

それに応じて、以下の式を満たす。

【数 8 2】

$$[\mu_4^*, \mu_3^*, \mu_2^*, \mu_1^*] = \left[ e^{-j\frac{\pi}{32}}, e^{-j\frac{3\pi}{32}}, e^{-j\frac{5\pi}{32}}, e^{-j\frac{7\pi}{32}} \right] \quad (16a)$$

【0 1 5 4】

前述の2つの式においては、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相数列と対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相数列とのそれぞれが、その公差がそれぞれ $-\pi/16$ と $\pi/16$ とである等差数列を形成する。

【0 1 5 5】

一例として $n=4$ を使用する場合には、式(7)に示した対角行列の対角要素はそれぞれ以下のようにしてもよい。

【数 8 3】

$$[u_{i,1}, u_{i,2}, u_{i,3}, u_{i,4}] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{16}}, \left( \frac{5}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{5\pi}{16}}, \left( \frac{6}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{3\pi}{16}}, \left( \frac{7}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{16}} \right] \quad (17)$$

$$[u_{k,1}, u_{k,2}, u_{k,3}, u_{k,4}] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{8}}, \left( \frac{5}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{5\pi}{8}}, \left( \frac{6}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{3\pi}{8}}, \left( \frac{7}{4} \right)^{\frac{1}{2}} e^{j\frac{\pi}{8}} \right] \quad (18)$$

【0 1 5 6】

あるいは、式(7)に示した対角行列の対角要素はそれぞれ以下のようにしてもよい。

【数 8 4】

$$[u_{i,1}, u_{i,2}, u_{i,3}, u_{i,4}] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{16}}, e^{j\frac{5\pi}{16}}, e^{j\frac{3\pi}{16}}, e^{j\frac{\pi}{16}} \right] \quad (19)$$

$$[u_{k,1}, u_{k,2}, u_{k,3}, u_{k,4}] = \left[ e^{j\frac{7\pi}{8}}, e^{j\frac{5\pi}{8}}, e^{j\frac{3\pi}{8}}, e^{j\frac{\pi}{8}} \right] \quad (20)$$

【0 1 5 7】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、または対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポート

10

20

30

40

50

のアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

【 0 1 5 8 】

随意に、別の実施形態として、行列Vの列ベクトルvは、行列  
【数 8 5】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

10

の列ベクトルであってもよく、行列Hは、アダマール(Hadamard)行列である。

【 0 1 5 9 】

一例としてn=4を使用する場合には、列ベクトルvは、行列  
【数 8 6】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、以下のようになる。

【数 8 7】

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

(21)

20

【 0 1 6 0 】

この場合には、列ベクトルvは以下のようにしてもよい。

$$v = [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1]^T \quad (22)$$

または、

$$v = [1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1]^T \quad (23)$$

または、

$$v = [1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1]^T \quad (24)$$

【 0 1 6 1 】

本実施形態においては、列ベクトルvは、行列  
【数 8 8】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであるとともに式(3)の特性を満たし、取得した列ベクトルが互いに直交している状態となるように

40

【数 8 9】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルは互いに直交する、それによって、プリコーディング行列をMIMO伝送に対して使用する際に生じるレイヤ間干渉を低減している。

【 0 1 6 2 】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器によって、基準信号に従ってコードブックからプリコーディング行列を選択するステップは、具体的には、ユーザ機器によって

50

基準信号に基づいて、チャンネル推定を取得するステップと、所定の基準に基づいてチャンネル推定に従って、コードブックからプリコーディング行列を選択するステップであって、前述の所定の基準は、チャンネル容量最大化基準、スループット最大化基準、またはコサイン距離最小化基準であり得る、ステップとであってもよい。

【0163】

加えて、本発明の本実施形態においては、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択するステップは、

基準信号に従ってコードブックサブセットからプリコーディング行列を選択するステップであって、前述のコードブックサブセットは所定のコードブックサブセット、または基地局に報告されているコードブックサブセット、または基地局に報告され基地局によって返送および確認されたコードブックサブセットである、ステップを含んでもよく、前述の所定のコードブックサブセットは、プロトコルにおいて事前に定義されシステム内のユーザ機器および基地局によって既知であってもよいし、基地局に報告されているコードブックサブセットは、ユーザ機器によって直近に決定され基地局に直近に(recently)報告されたコードブックサブセットであってもよい。本実施形態においては、コードブックサブセットは、異なる適用シナリオについては、コードブック中に設定されており、したがって、コードブックサブセットに基づいてプリコーディング行列を選択するステップは、フィードバックオーバーヘッドおよび実施形態複雑度を効率的に低減することができる。

【0164】

さらに、本発明の前述の実施形態におけるコードブックサブセットは、プリコーディング行列 $W=DV$ のセットであって、行列 $D$ が行列 $D$ のすべてのセットのうちのサブセットに属している、または行列 $V$ が行列 $V$ のすべてのセットのうちのサブセットに属している、セットを含んでもよい。

【0165】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0166】

コードブックまたはコードブックサブセット中のプリコーディング行列が、ユーザ機器および基地局に事前に記憶されていてもよいし、または前述のプリコーディング行列の構造に従ってユーザ機器および基地局によって計算されてもよいし、またはネットワークデバイスから取得されてもよいが、本発明ではそのことに限定されないことを理解されたい。

【0167】

前述の図3に示したステップ303においては、基地局に送信されるプリコーディング行列インジケータは、1つまたは複数のインデックスを含んでもよい。特に、コードブックまたはコードブックサブセットは、通常、1つまたは複数のプリコーディング行列のセットであり、1つのプリコーディング行列インジケータは、1つのプリコーディング行列に対応する。異なるプリコーディング行列インジケータは、コードブックまたはコードブックサブセット中の異なるプリコーディング行列に対応しており、本実施形態においては、送信されるプリコーディング行列インジケータが、選択されたプリコーディング行列に対応している。

【0168】

特に、前述のプリコーディング行列インジケータPMIは1つのインデックスのみを含んでもよい、すなわち、1つのインデックスが1つのプリコーディング行列を直接示している、または前述のプリコーディング行列インジケータは2つのインデックス、すなわち、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含んでもよい、ここで、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、プリコーディング行列を連帯して

10

20

30

40

50

示している。加えて、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応する。本実施様態のうちのある実施様態においては、異なる第1のインデックスPMI1および同一の第2のインデックスPMI2を有している2つのPMIによって示されるプリコーディング行列Wについては、対応する行列Dは異なり、対応する行列Vは同一である。随意に、同一の第1のインデックスPMI1および異なる第2のインデックスPMI2を有している2つのPMIによって示されるプリコーディング行列Wについては、対応する行列Dは同一であり、対応する行列Vは異なる。

【0169】

随意に、前述の第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、異なる時間領域の粒度または周波数領域の粒度であってもよい、すなわち、PMI1およびPMI2は、異なる期間またはバンド幅のチャネル特性を独立して表している、または異なるサブフレーム期間またはサブバンドに基づいて取得される。

10

【0170】

随意に、別の実施形態として、ユーザ機器は、例えば、PMI1がPMI2より長いサブフレーム期間を有し得る異なる期間を使用して、基地局に第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を送信する。

【0171】

加えて、本発明の前述の実施形態におけるステップ303においては、プリコーディング行列インジケータPMIを物理アップリンク制御チャネル(Physical Uplink Control Channel、略して、PUCCH)または物理アップリンク共有チャネル(Physical Uplink Shared Channel、略して、PUSCH)を使用して基地局に送信してもよい。

20

【0172】

本実施形態におけるプリコーディング行列Wは、行または列の転置によって取得されたプリコーディング行列であってもよく、例えば、異なるアンテナ数はそれに応じてプリコーディング行列の行の転置を引き起こします。加えて、前述のプリコーディング行列Wの構造は、AAS基地局において水平方向におけるアンテナ設定のために使用されるだけでなく、垂直方向におけるアンテナ設定のために使用されてもよい。

【0173】

図4は、特定の実施形態の第2の概略フローチャートである。図4に示したように、実施形態は、以下のステップを含む。

30

【0174】

ステップ401: 基地局が基準信号をユーザ機器に送信する。

【0175】

特に、本ステップにおいて基地局によって送信された基準信号は、CSI RS、DM RS、またはCRSを含んでいてもよい。ユーザ機器UEは、eNB通知を受信することによって基準信号を取得してもよいし、またはセル識別情報IDに基づいて、基準信号のリソース設定を取得して対応するリソースまたはサブフレーム内の基準信号を取得してもよい、ここで、eNB通知は、RRCシグナリング、またはDCIなどの動的シグナリングなどのより高位レイヤのシグナリングであってもよい。

【0176】

40

ステップ402: 基地局がユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信する。

【0177】

特に、プリコーディング行列インジケータPMIは、基準信号に基づいてユーザ機器によってコードブックから選択されたプリコーディング行列に相当する。

【0178】

ステップ403: 基地局がPMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定する、ここで、コードブックは行列Dと行列Vとの積である1つのプリコーディング行列Wを含むとともに式(25)に示した構造を有する。

$W=DV$

(25)

50

ここで、行列Dは対角行列であり、以下を満たす。

$$D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\} \quad (26)$$

ここで、 $u_i$  は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であるとともに、行列Vは定数係数行列である、例えば、行列Vの要素は $\pm 1$ または $\pm j$ であってもよい。

【0179】

本実施形態の別の随意の実施形態においては、行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は以下ようになる。

【数90】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T \quad (27)$$

ここで、 $(\ )^T$ は行列またはベクトルの転置を表し、要素は

【数91】

$$\bar{v}_i = -v_i,$$

であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $v_i = \pm 1$ である、すなわち、 $v_i$ の値は+1または-1である。例示的な実施形態においては、行列Vを列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみによって形成する、すなわち、行列Vにおいて、含まれている列ベクトル1を除けば、他の列ベクトルのすべては列ベクトル $v$ である。

【0180】

本実施形態の別の随意の実施形態においては、コードブックは複数のプリコーディング行列を含み、複数のプリコーディング行列はプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、 $W_i$ と $W_j$ とは式(4)を満たし、行列 $D(i, j)$ は対角行列であるとともに式(5)に示した構造を有する。

【0181】

随意に、複数のプリコーディング行列はプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、 $W_i$ と $W_k$ とは式を満たし、行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は式(27)に示した構造を有する。行列 $D_i$ および行列 $D_k$ の双方は対角行列であるとともに式(7)に示した構造を有する。

【0182】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0183】

本発明の前述の実施形態においては、基地局は、ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して、PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定する。コードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は行列Dと行列Vとの積である。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。

【0184】

さらに、行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトル

10

20

30

40

50

## 【数 9 2】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アンテナシステムのビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限りMIMO伝送のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

10

## 【0185】

特に、基地局は、PMIに従って、ユーザ機器で使用されているコードブックと同一であるコードブックからプリコーディング行列を取得してもよい。さらに、基地局は、取得したプリコーディング行列に従ってさらにプリコードしてデータを送信してもよい。

## 【0186】

一例として $n=5$ を使用する場合には、本実施形態においては、前述の対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $\dots$ 、 $u_n$ 、対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、 $\dots$ 、 $u_1^*$ 、および列ベクトル $\mathbf{v}$ は、それぞれ式(8)から式(12)に示され得る。

## 【0187】

一例として $n=5$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $L$ 、 $\mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*$ 、 $\mu_{n-1}^*$ 、 $L$ 、 $\mu_1^*$ は、それぞれ式(8a)から式(11a)に示され得る。

20

## 【0188】

随意に、別の実施形態として、行列 $D$ において、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $\dots$ 、 $u_n$ の位相は等差数列を形成する、および対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、 $\dots$ 、 $u_1^*$ の位相は等差数列を形成する。一例として $n=4$ を使用する場合には、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $\dots$ 、 $u_n$ および対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、 $\dots$ 、 $u_1^*$ は、それぞれ式(13)から式(16)に示され得る。

## 【0189】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $L$ 、 $\mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*$ 、 $\mu_{n-1}^*$ 、 $L$ 、 $\mu_1^*$ は、それぞれ式(13a)から式(16a)に示され得る。

30

## 【0190】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(7)に示した対角行列の対角要素は、それぞれ式(17)から式(20)に示され得る。

## 【0191】

本実施形態においては、行列 $D$ において、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $\dots$ 、 $u_n$ の位相は等差数列を形成する、または対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、 $\dots$ 、 $u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

40

## 【0192】

随意に、別の実施形態として、行列 $V$ の列ベクトル $\mathbf{v}$ は、行列

## 【数 9 3】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであってもよく、行列 $H$ は、アダマール(Hadamard)行列である。一例として $n=4$ を使用する場合には、アダマール(Hadamard)行列および列ベクトル $\mathbf{v}$ は、式(21)から式(

50

24)でそれぞれ示し得る。

【0193】

本実施形態においては、列ベクトル $v$ は、行列

【数94】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであるとともに式(27)の特性を満たし、取得した列ベクトルが互いに直交している状態となるように

【数95】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルは互いに直交する、それによって、プリコーディング行列をMIMO伝送に対して使用する際に生じるレイヤ間干渉を低減している。

【0194】

本発明の本実施形態においては、PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定するステップは、

PMIに従ってコードブックサブセットからプリコーディング行列を決定するステップであって、コードブックサブセットは所定のコードブックサブセット、または基地局に報告されているコードブックサブセット、または基地局に報告され基地局によって返送および確認されたコードブックサブセットである、ステップを含む。コードブックサブセットはプリコーディング行列 $W=DV$ のセットであってもよく、行列 $D$ または行列 $V$ はその候補行列のサブセットである。

【0195】

コードブックまたはコードブックサブセット中のプリコーディング行列が、ユーザ機器および基地局に事前に記憶されていてもよいし、または前述のプリコーディング行列の構造に従ってユーザ機器および基地局によって計算されてもよいし、またはネットワークデバイスから取得されてもよいが、本発明ではそのことに限定されないことを理解されたい。

【0196】

前述のプリコーディング行列インジケータPMIは1つのインデックスのみを含んでもよい、すなわち、1つのインデックスが1つのプリコーディング行列を直接示している、または前述のプリコーディング行列インジケータは2つのインデックス、すなわち、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含んでもよい、ここで、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、プリコーディング行列を連帯して示している。加えて、第1のインデックスPMI1は行列 $D$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $V$ に対応する。本実施形態のうちのある実施形態においては、異なる第1のインデックスPMI1および同一の第2のインデックスPMI2を有している2つのPMIによって示されるプリコーディング行列 $W$ については、対応する行列 $D$ は異なり、対応する行列 $V$ は同一である。随意に、同一の第1のインデックスPMI1および異なる第2のインデックスPMI2を有している2つのPMIによって示されるプリコーディング行列 $W$ については、対応する行列 $D$ は同一であり、対応する行列 $V$ は異なる。

【0197】

随意に、前述の第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、異なる時間領域の粒度または周波数領域の粒度であってもよい、すなわち、PMI1およびPMI2は、異なる期間またはバンド幅のチャネル特性を独立して表している、または異なるサブフレーム期間またはサブバンドに基づいて取得される。

【0198】

随意に、別の実施形態として、基地局は、例えば、PMI1がPMI2より長いサブフレーム期

10

20

30

40

50

間を有し得る異なる期間を使用して、ユーザ機器によって送信された第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を受信してもよい。加えて、基地局は、PUCCHまたはPUSCHを使用して、ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信してもよい。

【0199】

図5は、本発明の特定の実施形態の第3の概略フローチャートである。本実施形態は、プリコーディング行列が第1の条件を満たしている場合にユーザ機器側で実行されるプリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供している。図5に示したように、方法は、以下のステップを含む。

【0200】

ステップ501: ユーザ機器が基地局によって送信された基準信号を受信する。

【0201】

図3に示した実施形態におけるステップ301と同様に、本ステップにおいては、基地局によって送信された基準信号は、CSI RS、DM RS、またはCRSを含んでもよい。ユーザ機器UEは、eNB通知を受信することによって基準信号を取得してもよいし、またはセル識別情報IDに基づいて、基準信号のリソース設定を取得して対応するリソースまたはサブフレーム内の基準信号を取得してもよい、ここで、eNB通知は、RRCシグナリング、またはDCIなどの動的シグナリングなどのより高位レイヤのシグナリングであってもよい。

【0202】

ステップ502: ユーザ機器が基準信号に基づいてコードブックからプリコーディング行列を選択する、ここで、コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積である。

$$W=W_1W_2 \quad (28)$$

【0203】

行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数96】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}, \quad N_B \geq 1 \quad (29)$$

ここで、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積であり、

【数97】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、すなわち、ブロック行列Xは式(30)に示した構造を有する。

$$X=DV \quad (30)$$

【0204】

行列Dは対角行列であり、

$$D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\} \quad (31)$$

ここで、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であるとともに、行列Vは列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は以下のようになる。

【数98】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T \quad (32)$$

ここで、 $(\ )^T$ は行列またはベクトルの転置を表し、要素は

10

20

30

40

## 【数99】

$$\bar{v}_i = -v_i,$$

であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $v_i = \pm 1$ である、すなわち、 $v_i$ の値は+1または-1である。行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行してプリコーディング行列 $W$ を取得するために使用される。

## 【0205】

本実施形態の別の随意の実施形態においては、ブロック行列 $X$ は行列 $P_i$ および行列 $P_j$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_j$ は式(33)を満たす。

10

$$P_i = D(i, j)P_j \quad (33)$$

ここで、行列 $D(i, j)$ は対角行列であるとともに式(5)に示した構造を有しており、必要に応じて、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

## 【0206】

随意に、ブロック行列 $X$ は行列 $P_i$ および行列 $P_k$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_k$ は式(34)を満たす。

$$D_i^{-1}P_i = D_k^{-1}P_k = V \quad (34)$$

ここで、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は式(32)に示した構造を有し、行列 $D_i$ および行列 $D_k$ の双方は対角行列であるとともに式(35)に示した構造を有する。

20

$$D_m = \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\} \quad (35)$$

ここで、 $u_{m,l}$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $u_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、必要に応じて、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

## 【0207】

ユーザ機器は、異なる時点に異なるプリコーディング行列をプリセットルールに従ってまたはランダムに選択してもよい、すなわち、ユーザ機器は、ある時点にコードブック中のプリコーディング行列 $P_i$ に対応する第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第1のPMIを送信し、別の時点にコードブック中のプリコーディング行列 $D_k$ に対応する第2のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第2のPMIを送信してもよい。

30

## 【0208】

前述のユーザ機器が異なる時点に第1のPMIまたは第2のPMIを送信するケースに対応しており、基地局側では、基地局はまた、ある時点に、第1のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $P_i$ を選択し、別の時点に、第2のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第2のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $D_k$ を選択してもよい。

40

## 【0209】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

## 【0210】

ステップ503: ユーザ機器が基地局にプリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。

50

## 【0211】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する。コードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数100】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は、行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、

【数101】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $X=DV$ である。 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列 $V$ は、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル $v_1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル

【数102】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ v_n^* \ v_{n-1}^* \ \dots \ v_1^*]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アンテナシステムのビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限りMIMO伝送のレイヤ間干渉を低減することができる、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【0212】

特に、一例として $n=5$ を使用する場合には、前述の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ 、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ 、および列ベクトル $v$ は、それぞれ式(8)から式(12)に示され得る。

【0213】

一例として $n=5$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(8a)から式(11a)に示され得る。

【0214】

随意に、別の実施形態として、行列 $D$ において、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する。一例として $n=4$ を使用する場合には、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、それぞれ式(13)から式(16)に示され得る。

【0215】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(13a)から式(16a)に示され得る。

【0216】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(35)の対角行列の対角要素は、それぞれ式(17)から式(20)に示され得る。

【0217】

10

20

30

40

50

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、または対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

【0218】

随意に、別の実施形態として、行列Vの列ベクトル $v$ は、行列

【数103】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであってもよく、行列Hは、アダマール(Hadamard)行列である。一例として $n=4$ を使用する場合には、アダマール(Hadamard)行列および列ベクトル $v$ は、式(21)から式(24)でそれぞれ示し得る。

【0219】

本実施形態においては、列ベクトル $v$ は、行列

【数104】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであるとともに式(32)の特性を満たし、取得した列ベクトルが互いに直交している状態となるように

【数105】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルは互いに直交する、それによって、プリコーディング行列をMIMO伝送に対して使用する際に生じるレイヤ間干渉を低減している。

【0220】

本発明の前述の実施形態においては、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行して行列 $W$ を形成するために使用される。

【0221】

一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が4つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、以下の行列であってもよい。

【数106】

$$W_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ \mathbf{e}_i \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ j\mathbf{e}_i \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ -\mathbf{e}_i \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ -j\mathbf{e}_i \end{bmatrix} \mid i=1,2,3,4 \right\} \quad (36)$$

ここで、 $i=1,2,3,4$ である $\mathbf{e}_i$ は $4 \times 1$ 選択ベクトルを表し、第 $i$ の要素が1であることを除いて、他の要素はすべての0である。あるいは、

【0222】

一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が8つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、以下の行列であってもよい。

10

20

30

40

【数 1 0 7】

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\} \quad (37)$$

$$\mathbf{Y} \in \{ \mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4, \mathbf{e}_5, \mathbf{e}_6, \mathbf{e}_7, \mathbf{e}_8 \} \quad (38)$$

または、

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (39)$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{ (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_1), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_2), (\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_3), (\mathbf{e}_4, \mathbf{e}_4), (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3), (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_4), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_4) \} \quad (40)$$

ここで、 $n=1, 2, \dots, 8$ である $\mathbf{e}_n$ は $8 \times 1$ 選択ベクトルを表し、第 $n$ の要素が1であることを除いて、他の要素はすべての0である。

【0 2 2 3】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が4つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、以下の行列であってもよい。

【数 1 0 8】

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ e^{j\theta} \mathbf{e}_i \\ e^{j\phi} \mathbf{e}_k \\ e^{j(\phi+\theta)} \mathbf{e}_k \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ -e^{j\theta} \mathbf{e}_i \\ e^{j\phi} \mathbf{e}_k \\ -e^{j(\phi+\theta)} \mathbf{e}_k \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ je^{j\theta} \mathbf{e}_i \\ e^{j\phi} \mathbf{e}_k \\ je^{j(\phi+\theta)} \mathbf{e}_k \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ -je^{j\theta} \mathbf{e}_i \\ e^{j\phi} \mathbf{e}_k \\ -je^{j(\phi+\theta)} \mathbf{e}_k \end{bmatrix} \left| \begin{array}{l} i=1, 2, 3, 4; \\ k=1, 2, 3, 4 \end{array} \right. \right\} \quad (41)$$

ここで、 $i=1, 2, 3, 4$ である $\mathbf{e}_i$ は $4 \times 1$ 選択ベクトルを表し、第 $i$ の要素が1であることを除いて、他の要素はすべての0であり、 $\theta$ および $\phi$ は位相であり、例えば、 $\theta = m\pi/32$ であり、 $m=0, 1, 2, 3, \dots$ であるとともに、 $\phi = n\pi/32$ であり $n=0, 1, 2, 3, \dots$ である。

【0 2 2 4】

さらに、ブロック行列は $X_1=X_2, X_3=X_4$ または $X_1=X_2=X_3=X_4$ である。

【0 2 2 5】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が8つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、以下の行列であってもよい。

10

20

30

【数 1 0 9】

$$W_2 \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 \\ e^{j\theta} Y_1 \\ e^{j\phi} Y_2 \\ e^{j(\phi+\theta)} Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 \\ -e^{j\theta} Y_1 \\ e^{j\phi} Y_2 \\ -e^{j(\phi+\theta)} Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 \\ je^{j\theta} Y_1 \\ e^{j\phi} Y_2 \\ je^{j(\phi+\theta)} Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 \\ -je^{j\theta} Y_1 \\ e^{j\phi} Y_2 \\ -je^{j(\phi+\theta)} Y_2 \end{bmatrix} \right\} \quad (42)$$

$$Y_1 \in \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\}, Y_2 \in \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\} \quad (43)$$

または、

$$W_2 \in \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} \\ e^{j\theta} Y_{1,1} & e^{j\theta} Y_{1,2} \\ e^{j\phi} Y_{2,1} & e^{j\phi} Y_{2,2} \\ e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,1} & e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,2} \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} \\ e^{j\theta} Y_{1,1} & -e^{j\theta} Y_{1,2} \\ e^{j\phi} Y_{2,1} & e^{j\phi} Y_{2,2} \\ e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,1} & -e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,2} \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} \\ -e^{j\theta} Y_{1,1} & e^{j\theta} Y_{1,2} \\ e^{j\phi} Y_{2,1} & e^{j\phi} Y_{2,2} \\ e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,1} & -e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,2} \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} \\ -e^{j\theta} Y_{1,1} & -e^{j\theta} Y_{1,2} \\ e^{j\phi} Y_{2,1} & e^{j\phi} Y_{2,2} \\ -e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,1} & e^{j(\phi+\theta)} Y_{2,2} \end{bmatrix} \right\} \quad (44)$$

$$(Y_{m,1}, Y_{m,2}) \in \left\{ (e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4), \right. \\ \left. (e_1, e_2), (e_2, e_3), (e_1, e_4), (e_2, e_4) \right\}, m=1,2 \quad (45)$$

ここで、 $N=1,2,L,8$ である $e_n$ は $8 \times 1$ 選択ベクトルを表し、第 $n$ の要素が1であることを除いて、他の要素はすべての0であり、 $\theta$ および $\phi$ は位相であり、例えば、 $\theta = m\pi/32$ であり $m=0,1,2,3,\dots$ であるとともに、 $\phi = n\pi/32$ であり $n=0,1,2,3,\dots$ である。

【0 2 2 6】

さらに、ブロック行列は $X_1=X_2, X_3=X_4$ または $X_1=X_2=X_3=X_4$ である。

【0 2 2 7】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器によって基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択するステップは、具体的には、ユーザ機器によって基準信号に基づいて、チャネル推定を取得するステップと、所定の基準に基づいてチャネル推定に従って、コードブックからプリコーディング行列を選択するステップであって、前述の所定の基準は、チャネル容量最大化基準、スループット最大化基準、またはコサイン距離最小化基準であり得る、ステップとであってもよい。

【0 2 2 8】

加えて、本発明の前述の実施形態においては、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択するステップは、基準信号に従ってコードブックサブセットからプリコーディング行列を選択するステップであって、前述のコードブックサブセットは所定のコードブックサブセット、または基地局に報告されているコードブックサブセット、または基地局に報告され基地局によって返送および確認されたコードブックサブセットである、ステップを含んでいてもよく、前述の所定のコードブックサブセットは、プロトコルにおいて事前に定義されシステム内のユーザ機器および基地局によって既知であってもよいし、基地局に報告されているコードブックサブセットは、ユーザ機器によって直近に決定され基地局に報告されたコードブックサブセットであってもよい。本実施形態においては、コードブックサブセットは、異なる適用シナリオについては、コードブック中に設定されており、したがって、コードブックサブセットに基づいてプリコーディング行

10

20

30

40

50

列を選択するステップは、フィードバックオーバーヘッドおよび実施形態複雑度を効率的に低減することができる。

【0229】

さらに、本発明の前述の実施形態におけるコードブックサブセットは、プリコーディング行列 $W=W_1W_2$ のセットであって、

【数110】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、

【数111】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $X=DV$ であるとともに、行列 $D$ 、行列 $V$ 、または行列 $W_2$ がその候補行列のサブセットである、セットを含んでもよい。

【0230】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0231】

コードブックまたはコードブックサブセット中のプリコーディング行列が、ユーザ機器および基地局に事前に記憶されていてもよいし、または前述のプリコーディング行列の構造に従ってユーザ機器および基地局によって計算されてもよいし、またはネットワークデバイスから取得されてもよいが、本発明ではそのことに限定されないことを理解されたい。

【0232】

さらに、前述のプリコーディング行列においては、 $k-1$ であるブロック行列 $X_k$ とブロック行列 $X_1$ とは、異なってもまたは同一であってもよい。 $k-1$ である $X_1$ と同一である複数の $X_k$ が存在する、例えば、ペアにおいて同一の存在である $k-1$ である $X_k$ および $X$ が存在する場合には、フィードバックオーバーヘッドをさらに低減することができる。前述の行列 $X_1$ 中の複数のブロック行列 $X_k$ は、前述のプリコーディング行列が複数のアンテナ配置または設定に適合するように、異なる偏波を有するまたは異なる位置にあるアンテナポートグループにそれぞれ対応していてもよい。

【0233】

前述の図5に示したステップ503においては、基地局に送信されるプリコーディング行列インジケータは、1つまたは複数のインデックスを含んでもよい。特に、コードブックまたはコードブックサブセットは、通常、1つまたは複数のプリコーディング行列のセットであり、1つのプリコーディング行列インジケータは、1つのプリコーディング行列に対応する。異なるプリコーディング行列インジケータは、コードブックまたはコードブックサブセット中の異なるプリコーディング行列に対応しており、本実施形態においては、送信されるプリコーディング行列インジケータが、選択されたプリコーディング行列に対応している。

【0234】

特に、前述のプリコーディング行列インジケータPMIは1つのインデックスのみを含んでもよい、すなわち、1つのインデックスが1つのプリコーディング行列を直接示している、または前述のプリコーディング行列インジケータは2つのインデックス、すなわち、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含んでもよい、ここで、第1

10

20

30

40

50

のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、プリコーディング行列を連帯して示している。加えて、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ を示すために使用され、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ を示すために使用される。前述の第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、異なる時間領域の粒度または周波数領域の粒度であってもよい、すなわち、PMI1およびPMI2は、異なる期間またはバンド幅のチャネル特性を独立して表している、または異なるサブフレーム期間またはサブバンドに基づいて取得される。

【0235】

随意に、前述のPMIはまた、3つのインデックスを含んでいてもよく、3つのインデックスは、それぞれ行列D、行列V、および行列 $W_2$ を示すために使用される。

【0236】

随意に、別の実施形態として、ユーザ機器は、例えば、PMI1がPMI2より長いサブフレーム期間を有し得る異なる期間を使用して、基地局に第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を送信する。

【0237】

加えて、本発明の前述の実施形態におけるステップ503においては、プリコーディング行列インジケータ情報PMIを、PUCCHまたはPUSCHを使用して基地局に送信してもよい。

【0238】

本実施形態におけるプリコーディング行列Wは、行または列の転置によって取得されたプリコーディング行列であってもよく、例えば、異なるアンテナ数はそれに応じてプリコーディング行列の行の転置を引き起こします。加えて、前述のプリコーディング行列Wの構造は、AAS基地局において水平方向におけるアンテナ設定のために使用されるだけでなく、垂直方向におけるアンテナ設定のために使用されてもよい。

【0239】

本発明の本実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは、行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数112】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、少なくとも1つのブロック行列Xは、行列Dと行列Vとの積であり、

【数113】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $X=DV$ である。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

【数114】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。複数のブロック行列 $X_i$ は、前述のプリコーディング行列が複数のアンテナ配置または設定に適合するように、異なる偏波を有するま

10

20

30

40

50

たは異なる位置にあるアンテナグループにそれぞれ対応していてもよい。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および/または垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【0240】

本発明の図5に示した実施形態に対応しており、実施形態は、プリコーディング行列が第1の条件を満たしている場合に基地局側で実行されるプリコーディング行列インジケータを決定するための方法をさらに提供している。図6は、本発明の特定の実施形態の第4の概略フローチャートである。図6に示したように、実施形態は、以下のステップを含む。

10

【0241】

ステップ601: 基地局が基準信号をユーザ機器に送信する。

【0242】

前述の送信された基準信号は、複数の形態を含んでいてもよく、詳細については、図5に示した実施形態のステップ501を参照してもよい。

【0243】

ステップ602: 基地局がユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信する。

【0244】

特に、プリコーディング行列インジケータPMIは、基準信号に基づいてユーザ機器によってコードブックから選択されたプリコーディング行列に相当する。

20

【0245】

ステップ603: 基地局がPMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定する、ここで、コードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積である。

$$W=W_1W_2 \quad (46)$$

【0246】

行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数115】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}, \quad N_B \geq 1 \quad (47)$$

30

ここで、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、

【数116】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、すなわち、ブロック行列 $X$ は式(48)に示した構造を有する。

$$X=DV \quad (48)$$

【0247】

40

行列 $D$ は対角行列であり、

$$D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\} \quad (49)$$

ここで、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であるとともに、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は以下のようになる。

【数117】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T \quad (50)$$

50

ここで、 $( )^T$ は行列またはベクトルの転置を表し、要素は  
【数 1 1 8】

$$\bar{v}_i = -v_i,$$

であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $v_i = \pm 1$ である、すなわち、 $v_i$ の値は+1または-1である。行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行してプリコーディング行列 $W$ を取得するために使用される。

【0 2 4 8】

10

本実施形態の別の随意の実施形態においては、ブロック行列 $X$ は行列 $P_i$ および行列 $P_j$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_j$ は式(51)を満たす。

$$P_i = D(i, j)P_j \quad (51)$$

ここで、行列 $D(i, j)$ は対角行列であるとともに式(5)に示した構造を有しており、必要に応じて、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0 2 4 9】

ユーザ機器は、異なる時点に異なるプリコーディング行列をプリセットルールに従ってまたはランダムに選択してもよい、すなわち、ユーザ機器は、ある時点にコードブック中のプリコーディング行列 $P_i$ に対応する第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第1のPMIを送信し、別の時点にコードブック中のプリコーディング行列 $D_k$ に対応する第2のプリコーディング行列インジケータPMIを決定して基地局に第2のPMIを送信してもよい。

20

【0 2 5 0】

前述のユーザ機器が異なる時点に第1のPMIまたは第2のPMIを送信するケースに対応しており、基地局側では、基地局はまた、ある時点に、第1のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $P_i$ を選択し、別の時点に、第2のユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して第2のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $D_k$ を選択してもよい。

【0 2 5 1】

30

随意に、ブロック行列 $X$ は行列 $P_i$ および行列 $P_k$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_k$ は式(52)を満たす。

$$D_i^{-1}P_i = D_k^{-1}P_k = V \quad (52)$$

ここで、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は式(50)に示した構造を有し、行列 $D_i$ および行列 $D_k$ の双方は対角行列であるとともに式(53)に示した構造を有する。

$$D_m = \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\} \quad (53)$$

ここで、 $u_m$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $u_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、必要に応じて、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

40

【0 2 5 2】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0 2 5 3】

本発明の前述の実施形態においては、基地局は、ユーザ機器によって送信されたプリコ

50

ーディング行列インジケータPMIを受信して、PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定する。コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数 1 1 9】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは、行列Dと行列Vとの積であり、

【数 1 2 0】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

10

であり、 $X=DV$ である。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

【数 1 2 1】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

20

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アンテナシステムのビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限りMIMO伝送のレイヤ間干渉を低減することができる、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【0 2 5 4】

特に、基地局は、PMIに従って、ユーザ機器で使用されているコードブックと同一であるコードブックからプリコーディング行列を取得してもよい。さらに、基地局は、取得したプリコーディング行列に従ってさらにプリコードしてデータを送信してもよい。

30

【0 2 5 5】

一例として $n=5$ を使用する場合には、前述の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ 、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ 、および列ベクトル $v$ は、それぞれ式(8)から式(12)に示され得る。

【0 2 5 6】

一例として $n=5$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(8a)から式(11a)に示され得る。

【0 2 5 7】

随意に、別の実施形態として、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する。一例として $n=4$ を使用する場合には、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、それぞれ式(13)から式(16)に示され得る。

40

【0 2 5 8】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(13a)から式(16a)に示され得る。

【0 2 5 9】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(53)に示した対角行列の対角要素は、それぞれ式(17)から式(20)に示され得る。

50

## 【0260】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、または対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

## 【0261】

随意に、別の実施形態として、行列Vの列ベクトル $v$ は、行列

10

## 【数122】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであってもよく、行列Hは、アダマール(Hadamard)行列である。一例として $n=4$ を使用する場合には、アダマール(Hadamard)行列および列ベクトル $v$ は、式(21)から式(24)でそれぞれ示し得る。

## 【0262】

本実施形態においては、列ベクトル $v$ は、行列

20

## 【数123】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであるとともに式(50)の特性を満たし、取得した列ベクトルが互いに直交している状態となるように

## 【数124】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルは互いに直交する、それによって、プリコーディング行列をMIMO伝送に対して使用する際に生じるレイヤ間干渉を低減している。本発明の前述の実施形態においては、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行して行列 $W$ を形成するために使用される。

30

## 【0263】

一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が4つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(36)に示した行列であってもよい。一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が8つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(37)から式(40)に示した行列であってもよい。

## 【0264】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が4つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(41)に示した行列であってもよい。さらに、ブロック行列は $X_1 = X_2, X_3 = X_4$ または $X_1 = X_2 = X_3 = X_4$ である。

40

## 【0265】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が8つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(42)から式(45)に示した行列であってもよい。さらに、ブロック行列は $X_1 = X_2, X_3 = X_4$ または $X_1 = X_2 = X_3 = X_4$ である。

## 【0266】

本発明の前述の実施形態においては、PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定するステップは、

PMIに従ってコードブックサブセットからプリコーディング行列を決定するステップで

50

あって、前述のコードブックサブセットは所定のコードブックサブセット、または基地局に報告されているコードブックサブセット、または基地局に報告され基地局によって返送および確認されたコードブックサブセットである、ステップを含んでいてもよい。

【0267】

前述のコードブックサブセットは、プリコーディング行列 $W=W_1W_2$ のセットであって、  
【数125】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $X_k=DV$ であり、行列 $D$ 、行列 $V$ 、または行列 $W_2$ がその候補行列のサブセットである、セットを含んでいてもよい。

10

【0268】

コードブックまたはコードブックサブセット中のプリコーディング行列が、ユーザ機器および基地局に事前に記憶されていてもよいし、または前述のプリコーディング行列の構造に従ってユーザ機器および基地局によって計算されてもよいが、本発明ではそのことに限定されないことを理解されたい。

【0269】

加えて、前述のプリコーディング行列インジケータPMIは1つのインデックスのみを含んでいてもよい、すなわち、1つのインデックスが1つのプリコーディング行列を直接示している、または前述のプリコーディング行列インジケータは2つのインデックス、すなわち、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含んでいてもよい、ここで、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、プリコーディング行列を連帯して示している。加えて、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ を示すために使用され、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ を示すために使用される。前述の第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、異なる時間領域の粒度または周波数領域の粒度であってもよい、すなわち、PMI1およびPMI2は、異なる期間またはバンド幅のチャネル特性を独立して表している、または異なるサブフレーム期間またはサブバンドに基づいて取得される。

20

【0270】

随意に、前述のPMIはまた、3つのインデックスを含んでいてもよく、3つのインデックスは、それぞれ行列 $D$ 、行列 $V$ 、および行列 $W_2$ を示すために使用される。

30

【0271】

随意に、別の実施形態として、基地局は、例えば、PMI1がPMI2より長いサブフレーム期間を有し得る異なる期間を使用して、ユーザ機器によって送信された第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を受信する。

【0272】

特に、前述の基地局は、PUCCHまたはPUSCHを使用して、ユーザ機器UEによって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信してもよい。

【0273】

本発明の本実施形態におけるプリコーディング行列 $W$ は、行または列の転置によって取得されたプリコーディング行列であってもよく、例えば、異なるアンテナ数はそれに応じてプリコーディング行列の行の転置を引き起こします。本発明の前述の実施形態において提供したプリコーディング行列は、AAS基地局において水平方向におけるアンテナ設定のために使用されるだけでなく、垂直方向におけるアンテナ設定のために使用されてもよい。

40

【0274】

図7は、本発明の特定の実施形態の第5の概略フローチャートである。本実施形態は、プリコーディング行列が第3の条件を満たしている場合にユーザ機器側で実行されるプリコーディング行列インジケータを決定するための方法を提供している。図7に示したように、方法は、以下のステップを含む。

【0275】

50

ステップ701: ユーザ機器が基地局によって送信された基準信号を受信する。

【0276】

特に、本ステップにおいては、ユーザ機器は、複数の様式で基準信号を受信してもよいし、基地局によって送信された基準信号は、CSI RS、DM RS、またはCRSを含んでもよい。ユーザ機器UEは、受信したeNB通知を使用して基準信号を取得してもよいし、またはセル識別情報IDに基づいて、基準信号のリソース設定を取得して対応するリソースまたはサブフレーム内の基準信号を取得してもよい、ここで、eNB通知は、RRCシグナリング、またはDCIなどの動的シグナリングなどのより高位レイヤのシグナリングであってもよい。

【0277】

ステップ702: ユーザ機器が基準信号に基づいてコードブックからプリコーディング行列を選択する、ここで、コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積である。

$$W=W_1W_2 \quad (54)$$

【0278】

行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数126】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}, \quad N_B \geq 1 \quad (55)$$

ここで、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数127】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、すなわち、ブロック行列Xは式(56)に示した構造を有する。

【数128】

$$X = A \otimes B \quad (56)$$

ここで、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、

$$A=DV \quad (57)$$

または

$$B=DV \quad (58)$$

である。

【0279】

行列Dは対角行列であり、以下を満たす。

$$D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\} \quad (59)$$

ここで、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であるとともに、行列Vは列ベクトル $\mathbf{1}$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ を含み、列ベクトル $\mathbf{1}$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\mathbf{v}$ は以下のようになる。

【数129】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T \quad (60)$$

ここで、要素は

【数130】

$$\bar{v}_i = -v_i,$$

であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $v_i = \pm 1$ である、すなわち、 $v_i$ の値は+1または-1である。行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の1つま

10

20

30

40

50

たは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行してプリコーディング行列Wを取得するために使用される。

【0280】

本実施形態の別の随意の実施形態においては、行列Aまたは行列Bは行列 $P_i$ および行列 $P_j$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_j$ は式(61)を満たす。

$$P_i = D(i, j)P_j \quad (61)$$

ここで、行列 $D(i, j)$ は対角行列であるとともに式(5)に示した構造を有しており、必要に応じて、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0281】

随意に、行列Aまたは行列Bは行列 $P_i$ および行列 $P_k$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_k$ は式(62)を満たす。

$$D_i^{-1}P_i = D_k^{-1}P_k = V \quad (62)$$

ここで、行列Vは列ベクトル $v$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $v$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は式(60)に示した構造を有し、行列 $D_i$ および行列 $D_k$ の双方は対角行列であるとともに式(63)に示した構造を有する。

$$D_m = \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\} \quad (63)$$

ここで、 $u_{m,l}$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $u_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、必要に応じて、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0282】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0283】

ステップ703: ユーザ機器が基地局にプリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。

【0284】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する。コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数131】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数132】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数133】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、 $A=DV$ または $B=DV$ である

。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

【数 1 3 4】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

10

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【0 2 8 5】

随意に、基地局は、受信したPMIに従ってプリコーディング行列をさらに取得してもよい。

【0 2 8 6】

特に、基地局は、PMIに従って、ユーザ機器で使用されているコードブックと同一であるコードブックからプリコーディング行列を取得してもよい。

20

【0 2 8 7】

特に、行列Aが式(57)に示した構造を有する行列である場合には、行列Bは、式(58)に示した構造を有する行列であってもよい。加えて、行列Bはまた、離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transformation、略して、DFT)行列、ハウスホルダー(Householder)行列、アダマール(Hadamard)行列、またはLTE R10システムにおける2つのアンテナコードブック、4つのアンテナコードブック、または8つのアンテナコードブック中のプリコーディング行列であってもよい。

【0 2 8 8】

特に、行列Bが式(57)に示した構造を有する行列である場合には、行列Aは、式(58)に示した構造を有する行列であってもよい。加えて、行列Aはまた、離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transformation、略して、DFT)行列、ハウスホルダー(Householder)行列、アダマール(Hadamard)行列、またはLTE R10システムにおける2つのアンテナコードブック、4つのアンテナコードブック、または8つのアンテナコードブック中のプリコーディング行列であってもよい。

30

【0 2 8 9】

特に、一例として $n=5$ を使用する場合には、前述の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ 、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ 、および列ベクトル $\mathbf{v}$ は、それぞれ式(8)から式(12)に示され得る。

【0 2 9 0】

一例として $n=5$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(8a)から式(11a)に示され得る。

40

【0 2 9 1】

随意に、別の実施形態として、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する。一例として $n=4$ を使用する場合には、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、それぞれ式(13)から式(16)に示され得る。

【0 2 9 2】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1$

50

、 $\mu_2$ 、 $L$ 、 $\mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*$ 、 $\mu_{n-1}^*$ 、 $L$ 、 $\mu_1^*$ は、それぞれ式(13a)から式(16a)に示され得る。

【0293】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(63)の対角行列の対角要素は、それぞれ式(17)から式(20)に示され得る。

【0294】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、...、 $u_n$ の位相は等差数列を形成する、または対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、...、 $u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

10

【0295】

随意に、別の実施形態として、行列Vの列ベクトル $v$ は、行列

【数135】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであってもよく、行列Hは、アダマール(Hadamard)行列である。一例として $n=4$ を使用する場合には、アダマール(Hadamard)行列および列ベクトル $v$ は、式(21)から式(24)でそれぞれ示し得る。

20

【0296】

本実施形態においては、列ベクトル $v$ は、行列

【数136】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであるとともに式(60)の特性を満たし、取得した列ベクトルが互いに直交している状態となるように

30

【数137】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルは互いに直交する、それによって、プリコーディング行列をMIMO伝送に対して使用する際に生じるレイヤ間干渉を低減している。

【0297】

本発明の前述の実施形態においては、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行して行列 $W$ を形成するために使用される。

40

【0298】

一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が4つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(36)に示した行列であってもよい。一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が8つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(37)から式(40)に示した行列であってもよい。

【0299】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が4つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(41)に示した行列であってもよい。さらに、ブロック行列は $X_1=X_2, X_3=X_4$ または $X_1=X_2=X_3=X_4$ である。

【0300】

50

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が8つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(42)から式(45)に示した行列であってもよい。さらに、ブロック行列は $X_1 = X_2, X_3 = X_4$ または $X_1 = X_2 = X_3 = X_4$ である。

【0301】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器によって、基準信号に従ってコードブックからプリコーディング行列を選択するステップは、具体的には、ユーザ機器によって基準信号に基づいて、チャンネル推定を取得するステップと、所定の基準に基づいてチャンネル推定に従って、コードブックからプリコーディング行列を選択するステップであって、前述の所定の基準は、チャンネル容量最大化基準、スループット最大化基準、またはコサイン距離最小化基準であり得る、ステップとであってもよい。

10

【0302】

加えて、本発明の前述の実施形態においては、基準信号に従ってコードブックからプリコーディング行列を選択するステップは、

基準信号に従ってコードブックサブセットからプリコーディング行列を選択するステップであって、前述のコードブックサブセットは所定のコードブックサブセット、または基地局に報告されているコードブックサブセット、または基地局に報告され基地局によって返送および確認されたコードブックサブセットである、ステップを含んでいてもよい。本実施形態においては、コードブックサブセットは、異なる適用シナリオについては、コードブック中に設定されており、したがって、コードブックサブセットに基づいてプリコーディング行列を選択するステップは、フィードバックオーバーヘッドおよび実施形態複雑度を効率的に低減することができる。

20

【0303】

特に、本発明の前述の実施形態におけるコードブックサブセットは、プリコーディング行列 $W = W_1 W_2$ のセットであって、

【数138】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、少なくとも1つのブロック行列は

【数139】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数140】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $A = DV$ または $B = DV$ であり、行列 $D$ 、行列 $V$ 、または行列 $W_2$ がその候補行列のサブセットである、セットを含んでいてもよい。

【0304】

40

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0305】

コードブックまたはコードブックサブセット中のプリコーディング行列が、ユーザ機器および基地局に事前に記憶されていてもよいし、または前述のプリコーディング行列の構造に従ってユーザ機器および基地局によって計算されてもよいが、本発明ではそのことに限定されないことを理解されたい。

50

## 【0306】

さらに、前述のプリコーディング行列においては、 $k-1$ であるブロック行列 $X_k$ とブロック行列 $X_1$ とは、異なってもまたは同一であってもよい。 $k-1$ である $X_1$ と同一である複数の $X_k$ が存在する、例えば、ペアにおいて同一の存在である $k-1$ である $X_k$ および $X$ が存在する場合には、フィードバックオーバーヘッドをさらに低減することができる。前述の行列 $X_1$ 中の複数のブロック行列 $X_k$ は、前述のプリコーディング行列が複数のアンテナ配置または設定に適合するように、異なる偏波を有するまたは異なる位置にあるアンテナポートグループにそれぞれ対応していてもよい。

## 【0307】

前述の図7に示したステップ703においては、基地局に送信されるプリコーディング行列インジケータは、1つまたは複数のインデックスを含んでいてもよい。特に、コードブックまたはコードブックサブセットは、通常、1つまたは複数のプリコーディング行列のセットであり、1つのプリコーディング行列インジケータは、1つのプリコーディング行列に対応する。異なるプリコーディング行列インジケータは、コードブックまたはコードブックサブセット中の異なるプリコーディング行列に対応しており、本実施形態においては、送信されるプリコーディング行列インジケータが、選択されたプリコーディング行列に対応している。

10

## 【0308】

特に、前述のプリコーディング行列インジケータPMIは1つのインデックスのみを含んでいてもよい、すなわち、1つのインデックスが1つのプリコーディング行列を直接示している、または前述のプリコーディング行列インジケータは2つのインデックス、すなわち、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含んでいてもよい、ここで、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、プリコーディング行列を連帯して示している。加えて、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ を示すために使用され、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ を示すために使用される。前述の第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、異なる時間領域の粒度または周波数領域の粒度であってもよい、すなわち、PMI1およびPMI2は、異なる期間またはバンド幅のチャネル特性を独立して表している、または異なるサブフレーム期間またはサブバンドに基づいて取得される。

20

## 【0309】

随意に、前述のPMIはまた、3つのインデックスを含んでいてもよく、3つのインデックスは、それぞれ行列 $D$ 、行列 $V$ 、および行列 $W_2$ を示すために使用される。

30

## 【0310】

随意に、別の実施形態として、ユーザ機器は、例えば、PMI1がPMI2より長いサブフレーム期間を有し得る異なる期間を使用して、基地局に第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を送信する。

## 【0311】

加えて、本発明の前述の実施形態におけるステップ703においては、プリコーディング行列インジケータ情報PMIを、PUCCHまたはPUSCHを使用して基地局に送信してもよい。

## 【0312】

本実施形態におけるプリコーディング行列 $W$ は、行または列の転置によって取得されたプリコーディング行列であってもよく、例えば、異なるアンテナ数はそれに応じてプリコーディング行列の行の転置を引き起こします。加えて、前述のプリコーディング行列 $W$ の構造は、AAS基地局において水平方向におけるアンテナ設定のために使用されるだけでなく、垂直方向におけるアンテナ設定のために使用されてもよい。

40

## 【0313】

本発明の本実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。コードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、 $W_1$ はブロック対角行列であり、

50

【数 1 4 1】

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $\mathbf{X}$ は行列 $\mathbf{A}$ と行列 $\mathbf{B}$ とのクロネッカー積であり、

【数 1 4 2】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 1 4 3】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $\mathbf{A}$ または行列 $\mathbf{B}$ は、行列 $\mathbf{D}$ と行列 $\mathbf{V}$ との積である。 $\mathbf{D}$ は対角行列であり、 $\mathbf{D} = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_{n+1}, u_{n+2}, \dots, u_{n-1}\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_{n+1}, u_{n+2}, \dots, u_{n-1}$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列 $\mathbf{V}$ は、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

【数 1 4 4】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。複数のブロック行列 $\mathbf{X}_i$ は、前述のプリコーディング行列が複数のアンテナ配置または設定に適合するように、異なる偏波を有するまたは異なる位置にあるアンテナグループにそれぞれ対応していてもよい。一方で、行列 $\mathbf{A}$ または行列 $\mathbf{B}$ は、水平方向および垂直方向におけるビームを独立して量子化してもよい。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【0 3 1 4】

図7に示した実施形態に対応しており、本発明は、基地局側において実行される方法をさらに提供している。図8は、本発明の特定の実施形態の第6の概略フローチャートである。図8に示したように、実施形態は、以下のステップを含む。

【0 3 1 5】

ステップ801: 基地局が基準信号をユーザ機器に送信する。

【0 3 1 6】

特に、基地局が基準信号を送信する様式については、図7に示したステップ701を参照してもよい。

【0 3 1 7】

ステップ802: ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信する。

【0 3 1 8】

特に、プリコーディング行列インジケータPMIは、基準信号に基づいてユーザ機器によってコードブックから選択されたプリコーディング行列に相当する。

【0 3 1 9】

10

20

30

40

50

ステップ803: PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定する、ここで、コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積である。

$$W=W_1W_2 \quad (64)$$

【 0 3 2 0 】

行列 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数 1 4 5 】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}, \quad N_B \geq 1 \quad (65)$$

ここで、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 1 4 6 】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、すなわち、ブロック行列Xは式(66)に示した構造を有する。

【数 1 4 7 】

$$X = A \otimes B \quad (66)$$

ここで、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、

$$A=DV \quad (67)$$

または、

$$B=DV \quad (68)$$

ここで、行列Dは対角行列であり、以下を満たす。

$$D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\} \quad (69)$$

ここで、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であるとともに、行列Vは列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトルvを含み、列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトルvは以下のようになる。

【数 1 4 8 】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T \quad (70)$$

ここで、要素は

【数 1 4 9 】

$$\bar{v}_i = -v_i,$$

であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $v_i = \pm 1$ である、すなわち、 $v_i$ の値は+1または-1である。行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行してプリコーディング行列Wを取得するために使用される。

【 0 3 2 1 】

本実施形態の別の随意の実施形態においては、行列Aまたは行列Bは行列 $P_i$ および行列 $P_j$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_j$ は式(71)を満たす。

$$P_i = D(i, j)P_j \quad (71)$$

ここで、行列 $D(i, j)$ は対角行列であるとともに式(5)に示した構造を有しており、必要に応じて、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【 0 3 2 2 】

随意に、行列Aまたは行列Bは行列 $P_i$ および行列 $P_k$ を含む複数の異なる行列であってもよく、 $P_i$ および $P_k$ は式(72)を満たす。

$$D_i^{-1}P_i = D_k^{-1}P_k = V \quad (72)$$

10

20

30

40

50

ここで、行列Vは列ベクトル1および/または少なくとも1つの列ベクトルvを含み、列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトルvは式(60)に示した構造を有し、行列D<sub>i</sub>および行列D<sub>k</sub>の双方は対角行列であるとともに式(73)に示した構造を有する。

$$D_m = \alpha_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\} \quad (73)$$

ここで、 $\alpha_m$ は複素係数であり、複素係数の実部または虚部は0であり得るとともに、複素数 $u_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、必要に応じて、行列D<sub>m</sub>の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0323】

10

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0324】

本発明の前述の実施形態においては、基地局は、ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信して、PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定する。コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列W<sub>1</sub>と行列W<sub>2</sub>との積であり、行列W<sub>1</sub>はブロック対角行列であり、

20

【数150】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数151】

$$X = A \otimes B$$

であり、

30

【数152】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、 $A=DV$ または $B=DV$ である。Dは対角行列であり、 $D = \alpha \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

40

【数153】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの

50

正確性およびシステムスループットを改善している。

【0325】

特に、基地局は、PMIに従って、ユーザ機器で使用されているコードブックと同一であるコードブックからプリコーディング行列を取得してもよい。さらに、基地局は、取得したプリコーディング行列に従ってさらにプリコードしてデータを送信してもよい。

【0326】

特に、行列Aが式(67)に示した構造を有する行列である場合には、行列Bは、式(68)に示した構造を有する行列であってもよい。行列Bはまた、離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transformation、略して、DFT)行列、ハウスホルダー(Householder)行列、アダマール(Hadamard)行列、またはLTE R10システムにおける2つのアンテナコードブック、4つのアンテナコードブック、または8つのアンテナコードブック中のプリコーディング行列であってもよい。

10

【0327】

特に、行列Bが式(68)に示した構造を有する行列である場合には、行列Aは、式(67)に示した構造を有する行列であってもよい。行列Aはまた、離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transformation、略して、DFT)行列、ハウスホルダー(Householder)行列、アダマール(Hadamard)行列、またはLTE R10システムにおける2つのアンテナコードブック、4つのアンテナコードブック、または8つのアンテナコードブック中のプリコーディング行列であってもよい。

【0328】

特に、一例として $n=5$ を使用する場合には、前述の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ 、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ 、および列ベクトル $v$ は、それぞれ式(8)から式(12)に示され得る。

20

【0329】

一例として $n=5$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(8a)から式(11a)に示され得る。

【0330】

随意に、別の実施形態として、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する。

【0331】

一例として $n=4$ を使用する場合には、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ および対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、それぞれ式(13)から式(16)に示され得る。

30

【0332】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(5)の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ および対角要素 $\mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*$ は、それぞれ式(13a)から式(16a)に示され得る。

【0333】

一例として $n=4$ を使用する場合には、本実施形態において使用した式(73)の対角行列の対角要素は、それぞれ式(17)から式(20)に示され得る。

【0334】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する、または対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

40

【0335】

随意に、別の実施形態として、行列Vの列ベクトル $v$ は、行列

【数 1 5 4】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであってもよく、行列Hは、アダマール(Hadamard)行列である。一例としてn=4を使用する場合には、アダマール(Hadamard)行列および列ベクトルvは、式(21)から式(24)でそれぞれ示し得る。

【0 3 3 6】

本実施形態においては、列ベクトルvは、行列

【数 1 5 5】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであるとともに式(70)の特性を満たし、取得した列ベクトルが互いに直交している状態となるように

【数 1 5 6】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルは互いに直交する、それによって、プリコーディング行列をMIMO伝送に対して使用する際に生じるレイヤ間干渉を低減している。

【0 3 3 7】

本発明の前述の実施形態においては、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の列ベクトルを選択するために使用される、または $W_1$ の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行して行列 $W$ を形成するために使用される。一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が4つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(36)に示した行列であってもよい。一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が8つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(37)から式(40)に示した行列であってもよい。

【0 3 3 8】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が4つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(41)に示した行列であってもよい。さらに、ブロック行列は $X_1=X_2, X_3=X_4$ または $X_1=X_2=X_3=X_4$ である。

【0 3 3 9】

一例として $X_1, X_2, X_3, X_4$ の各ブロック行列が8つの列を有する $W_1=\text{diag}\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、式(42)から式(45)に示した行列であってもよい。さらに、ブロック行列は $X_1=X_2, X_3=X_4$ または $X_1=X_2=X_3=X_4$ である。

【0 3 4 0】

本発明の前述の実施形態においては、PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定するステップは、

PMIに従ってコードブックからプリコーディング行列を決定するステップであって、前述のコードブックサブセットは所定のコードブックサブセット、または基地局に報告されているコードブックサブセット、または基地局に報告され基地局によって返送および確認されたコードブックサブセットである、ステップを含む。本実施形態においては、コードブックサブセットは、異なる適用シナリオについては、コードブック中に設定されており、したがって、コードブックサブセットに基づいてプリコーディング行列を選択するステップは、フィードバックオーバーヘッドおよび実施形態複雑度を効率的に低減することができる。

【0 3 4 1】

特に、本発明の前述の実施形態におけるコードブックサブセットは、プリコーディング行列 $W=W_1W_2$ のセットであって、

10

20

30

40

50

【数 1 5 7】

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であり、少なくとも1つのブロック行列は

【数 1 5 8】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 1 5 9】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であり、 $\mathbf{A}=\mathbf{D}\mathbf{V}$ または $\mathbf{B}=\mathbf{D}\mathbf{V}$ であり、行列 $\mathbf{D}$ 、行列 $\mathbf{V}$ 、または行列 $\mathbf{W}_2$ がその候補行列のサブセットである、セットを含んでいてもよい。

【0 3 4 2】

前述の対角行列の対角要素が同一の振幅を有し得ることに注目すべきである。この場合には、前述のプリコーディング行列の構造は、プリコーディング行列の行に対応する送信アンテナが実際の判断に基づいて対称的な送信電力を有することを可能としており、この場合には、前述のコードブックは、送信アンテナの電力の対称的特性を使用してビーム配向をさらに制御する一方で伝送レイヤ間の直交性を保証することができる。

【0 3 4 3】

コードブックまたはコードブックサブセット中のプリコーディング行列が、ユーザ機器および基地局に事前に記憶されていてもよいし、または前述のプリコーディング行列の構造に従ってユーザ機器および基地局によって計算されてもよいが、本発明ではそのことに限定されないことを理解されたい。

【0 3 4 4】

加えて、基地局に送信されるプリコーディング行列インジケータは、1つまたは複数のインデックスを含んでいてもよい。特に、コードブックまたはコードブックサブセットは、通常、1つまたは複数のプリコーディング行列のセットであり、1つのプリコーディング行列インジケータは、1つのプリコーディング行列に対応する。異なるプリコーディング行列インジケータは、コードブックまたはコードブックサブセット中の異なるプリコーディング行列に対応しており、本実施形態においては、送信されるプリコーディング行列インジケータが、選択されたプリコーディング行列に対応している。

【0 3 4 5】

特に、前述のプリコーディング行列インジケータPMIは1つのインデックスのみを含んでいてもよい、すなわち、1つのインデックスが1つのプリコーディング行列を直接示している、または前述のプリコーディング行列インジケータは2つのインデックス、すなわち、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含んでいてもよい、ここで、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、プリコーディング行列を連帯して示している。加えて、第1のインデックスPMI1は行列 $\mathbf{W}_1$ を示すために使用され、第2のインデックスPMI2は行列 $\mathbf{W}_2$ を示すために使用される。前述の第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2は、異なる時間領域の粒度または周波数領域の粒度であってもよい、すなわち、PMI1およびPMI2は、異なる期間またはバンド幅のチャネル特性を独立して表している、または異なるサブフレーム期間またはサブバンドに基づいて取得される。

【0 3 4 6】

随意に、前述のPMIはまた、3つのインデックスを含んでいてもよく、3つのインデックスは、それぞれ行列 $\mathbf{D}$ 、行列 $\mathbf{V}$ 、および行列 $\mathbf{W}_2$ を示すために使用される。

【0 3 4 7】

随意に、別の実施形態として、基地局は、例えば、PMI1がPMI2より長いサブフレーム期

10

20

30

40

50

間を有し得る異なる期間を使用して、ユーザ機器によって送信された第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を受信する。

【0348】

特に、前述の基地局は、PUCCHまたはPUSCHを使用して、ユーザ機器UEによって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信してもよい。

【0349】

本発明の本実施形態におけるプリコーディング行列Wは、行または列の転置によって取得されたプリコーディング行列であってもよく、例えば、異なるアンテナ数はそれに応じてプリコーディング行列の行の転置を引き起こします。

【0350】

本発明の前述の実施形態においては、基地局は、基準信号を送信して、ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信する、ここで、PMIは、基準信号に基づいてユーザ機器によってコードブックから選択されたプリコーディング行列に相当する。コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数160】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数161】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数162】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは、行列Dと行列Vとの積である。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

【数163】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【0351】

図9は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第1の概略構造図である。図9に示したように、装置は、第1の決定モジュール11と、第1の送信モジュール12とを備える。第1の決定モジュールは、プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成され、PMIはプリコーディング行列Wに対応し、プリ

10

20

30

40

50

コーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たし、

第1の送信モジュールは、基地局にPMIを送信するように構成され、

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

10

【数 1 6 4】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数 1 6 5】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

20

であるとともに、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 1 6 6】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

30

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 1 6 7】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 1 6 8】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数であるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことである。

【0 3 5 2】

第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列Wは $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列Wを取得するために、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

50

【 0 3 5 3 】

前述の行列Dの対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、...、 $u_n$ の位相は等差数列を形成する。

【 0 3 5 4 】

前述の行列Vは列ベクトル $v$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\bar{v}$ を含み、列ベクトル $v$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\bar{v}$ は

【 数 1 6 9 】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【 数 1 7 0 】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

10

であり、 $i=1, \dots, n$ である。行列Vは列ベクトル $v$ および少なくとも1つの列ベクトル $\bar{v}$ のみを含み、行列Vが複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、複数の列ベクトル $\bar{v}$ は異なる。随意に、行列Vの列ベクトル $v$ は行列

【 数 1 7 1 】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

20

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である。

【 0 3 5 5 】

加えて、前述のPMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、プリコーディング行列Wが第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

30

【 0 3 5 6 】

さらに、前述の第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【 0 3 5 7 】

本発明の前述の実施形態においては、前述の装置は、

基地局によって送信された基準信号を受信して、基準信号に従ってコードブックからPMI1に対応するプリコーディング行列Wを選択するように構成される、第1の受信モジュールをさらに備える。

【 0 3 5 8 】

40

コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。随意に、前述の行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、...、 $\mu_n$ の位相は等差数列を形成する。

【 0 3 5 9 】

あるいは、前述のコードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナ

50

ポートの数によって決定される。

【0360】

随意に、行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相が等差数列を形成する。

【0361】

図10は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第2の概略構造図である。図10に示したように、装置は、第2の受信モジュール21と、第2の決定モジュール22とを備える。第2の受信モジュール21は、ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第2の決定モジュール22は、PMIに従って対応するプリコーディング行列 $W$ を決定するように構成され、プリコーディング行列 $W$ は第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たし、第1の条件が、プリコーディング行列 $W$ が $W=DV$ を満たすことであり、第2の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

10

【数172】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり

20

、  
【数173】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数174】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

30

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー積であり、

【数175】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数176】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

40

であるとともに、行列 $A$ または行列 $B$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、行列 $D$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列 $A$ または行列 $B$ の行の数である、ことであり、

行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である。

【0362】

本発明の前述の実施形態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列 $W$ を取得するために、行列 $W_2$ は、行

50

列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

【0363】

随意に、前述の行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する。

【0364】

さらに、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は

【数177】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

10

であり、要素は

【数178】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。随意に、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および少なくとも1つの列ベクトル $v$ のみを含み、行列 $V$ が複数の列ベクトル $v$ を含む場合には、複数の列ベクトル $v$ は異なる。

【0365】

20

加えて、前述の行列 $V$ の列ベクトル $v$ は行列

【数179】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列 $H$ はアダマール(Hadamard)行列である。

【0366】

本発明の前述の実施形態においては、プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、

プリコーディング行列 $W$ が第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $D$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $V$ に対応し、

30

プリコーディング行列 $W$ が第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【0367】

随意に、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【0368】

40

加えて、前述のPMIに従って対応するプリコーディング行列 $W$ を決定するステップは、PMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W$ を選択するステップを含む。

【0369】

特に、前述のコードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0370】

行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

50

## 【0371】

あるいは、前述のコードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m = \frac{1}{\mu_m} \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

## 【0372】

前述の行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相は等差数列を形成する。

## 【0373】

図11は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第3の概略構造図である。図11に示したように、装置は、第3の決定モジュール31と、第2の送信モジュール32とを備える。第3の決定モジュール31は、第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成され、PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応しており、第2の送信モジュール32は、基地局に第1のPMIを送信するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i=D(i,j)W_j$ を満たし、 $D(i,j) = \frac{1}{\mu_m} \cdot \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i,j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

## 【0374】

随意に、前述の行列 $D(i,j)$ の対角要素 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $\dots$ 、 $\mu_n$ の位相は等差数列を形成する。

## 【0375】

図12は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第4の概略構造図である。図12に示したように、装置は、第3の受信モジュール41と、第4の決定モジュール42とを備える。第3の受信モジュール41は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第4の決定モジュール42は、第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i=D(i,j)W_j$ を満たし、 $D(i,j) = \frac{1}{\mu_m} \cdot \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i,j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

## 【0376】

随意に、前述の行列 $D(i,j)$ の対角要素 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $\dots$ 、 $\mu_n$ の位相は等差数列を形成する。

## 【0377】

図13は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第5の概略構造図である。図13に示したように、装置は、第5の決定モジュール51と、第3の送信モジュール52とを備える。第5の決定モジュール51は、第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成され、第3の送信モジュール52は、基地局に第1のPMIを送信するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m = \frac{1}{\mu_m} \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である。

## 【0378】

随意に、前述の行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}$ 、 $u_{m,2}$ 、 $\dots$ 、 $u_{m,n}$ の位相は等差数列を形成する。

## 【0379】

図14は、本発明の実施形態によるプリコーディング行列インジケータを決定するための装置の第6の概略構造図である。

## 【0380】

図6に示したように、装置は、第4の受信モジュール61と、第6の決定モジュール62とを備える。第4の受信モジュール61は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第6の決定モジュール62は、第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \alpha_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\alpha_m$ は複素係数であり、複素数 $u_{m,1}^*$ は複素数 $u_{m,1}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である。

## 【0381】

随意に、前述の行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相は等差数列を形成する。

## 【0382】

図15は、本発明の実施形態によるユーザ機器の第1の概略構造図である。図14に示したように、ユーザ機器は、第1のプロセッサ71と、第1の送信機72とを備える。第1のプロセッサ71は、プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成され、PMIはプリコーディング行列 $W$ に対応し、プリコーディング行列 $W$ は第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たし、第1の送信機72は、基地局にPMIを送信するように構成され、第1の条件が、プリコーディング行列 $W$ が $W=DV$ を満たすことであって、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \alpha \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\alpha$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、第2の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

## 【数180】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり、

## 【数181】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \alpha \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\alpha$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、第3の条件が、プリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列 $W$ がブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

## 【数182】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー

積であり、

【数 1 8 3】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 1 8 4】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は行列Aまたは行列Bの行の数であるとともに、行列Vは定数の係数行列である、ことである。

【0 3 8 3】

本発明の前述の実施形態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $W$ は $W=W_1W_2$ を満たし、プリコーディング行列 $W$ を取得するために、行列 $W_2$ は、行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

【0 3 8 4】

随意に、前述の行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成する。

【0 3 8 5】

加えて、行列Vは列ベクトル $\mathbf{1}$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ を含み、列ベクトル $\mathbf{1}$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\mathbf{v}$ は

【数 1 8 5】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 1 8 6】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。随意に、行列Vは列ベクトル $\mathbf{1}$ および少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ のみを含み、行列Vが複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ を含む場合には、複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ は異なる。前述の行列Vの列ベクトル $\mathbf{v}$ は行列

【数 1 8 7】

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}^T & \mathbf{H}^T \end{bmatrix}^T$$

の列ベクトルであり、行列Hはアダマール(Hadamard)行列である。

【0 3 8 6】

本発明の前述の実施形態においては、PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

プリコーディング行列 $W$ が第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列 $W$ が第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【0 3 8 7】

10

20

30

40

50

随意に、前述の第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【0388】

本発明の前述の実施形態においては、ユーザ機器は、

基地局によって送信された基準信号を受信して、基準信号に従ってコードブックからPMI1に対応するプリコーディング行列Wを選択するように構成される、第1の受信機をさらに備える。

【0389】

前述のコードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0390】

随意に、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0391】

あるいは、前述のコードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0392】

随意に、前述の行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相は等差数列を形成する。

【0393】

図16は、本発明の実施形態による基地局の第1の概略構造図である。図16に示したように、基地局は、第2の受信機81と、第2のプロセッサ82とを備える。第2の受信機81は、ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第2のプロセッサ82は、PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するように構成され、プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たし、

第1の条件が、プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

第2の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数188】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数189】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

第3の条件が、プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、またはプリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

10

20

30

40

50

【数 1 9 0】

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$  であり、少なくとも1つのブロック行列 $\mathbf{X}$ は行列 $\mathbf{A}$ と行列 $\mathbf{B}$ とのクロネッカー積であり、

【数 1 9 1】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 1 9 2】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、行列 $\mathbf{A}$ または行列 $\mathbf{B}$ は行列 $\mathbf{D}$ と行列 $\mathbf{V}$ との積であり、行列 $\mathbf{D}$ は対角行列であり、 $i=1, \dots, n$  であり、 $n$ は行列 $\mathbf{A}$ または行列 $\mathbf{B}$ の行の数である、ことであり、

行列 $\mathbf{D}$ は対角行列であり、 $\mathbf{D} = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$  は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、行列 $\mathbf{V}$ は定数の係数行列である。

【0 3 9 4】

本発明の前述の実施形態においては、第2の条件または第3の条件において、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ は $\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2$ を満たし、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ を取得するために、行列 $\mathbf{W}_2$ は、行列 $\mathbf{W}_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを選択するために使用される、または、 $\mathbf{W}_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行するために使用される。

【0 3 9 5】

随意に、行列 $\mathbf{D}$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0 3 9 6】

本発明の前述の実施形態においては、行列 $\mathbf{V}$ は列ベクトル $\mathbf{1}$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ を含み、列ベクトル $\mathbf{1}$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $\mathbf{v}$ は

【数 1 9 3】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 1 9 4】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$  である。随意に、行列 $\mathbf{V}$ は列ベクトル $\mathbf{1}$ および少なくとも1つの列ベクトル $\mathbf{v}$ のみを含み、行列 $\mathbf{V}$ が複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ を含む場合には、複数の列ベクトル $\mathbf{v}$ は異なる。加えて、前述の行列 $\mathbf{V}$ の列ベクトル $\mathbf{v}$ は行列

【数 1 9 5】

$$[\mathbf{H}^T \ \mathbf{H}^T]^T$$

の列ベクトルであり、行列 $\mathbf{H}$ はアダマール (Hadamard) 行列である。

【0 3 9 7】

本発明の前述の実施形態においては、プリコーディング行列インジケータPMIは、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とを含み、プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ が第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $\mathbf{D}$ に対応するとともに、第2の

10

20

30

40

50

インデックスPMI2は行列Vに対応し、プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【0398】

随意に、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【0399】

本発明の前述の実施形態においては、PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するステップは、

PMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列Wを選択するステップを含む。

【0400】

加えて、前述のコードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。随意に、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【0401】

あるいは、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $u_{m,1}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。随意に、前述の行列 $D_m$ の対角要素 $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$ の位相は等差数列を形成する。

【0402】

図17は、本発明の実施形態によるユーザ機器の第2の概略構造図である。図17に示したように、ユーザ機器は、第3のプロセッサ73と、第2の送信機74とを備える。第3のプロセッサ73は、第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成され、PMIはコードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ に対応しており、第2の送信機74は、基地局に第1のPMIを送信するように構成され、

コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【0403】

随意に、前述の行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相は等差数列を形成する。

【0404】

図18は、本発明の実施形態による基地局の第2の概略構造図である。図18に示したように、基地局は、第3の受信機81と、第4のプロセッサ82とを備える。基地局に備えられている第3の受信機81は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第4のプロセッサ82は、第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とは $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j)\text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素

10

20

30

40

50

数  $\mu_m^*$  は複素数  $\mu_m$  の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$  であり、 $n$  はアンテナポートの数によって決定される。

【0405】

随意に、前述の行列  $D(i, j)$  の対角要素  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$  の位相は等差数列を形成する。

【0406】

図19は、本発明の実施形態によるユーザ機器の第3の概略構造図である。図19に示したように、ユーザ機器は、第5のプロセッサ75と、第3の送信機76とを備える。第5のプロセッサ75は、第1のプリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成され、第1のPMIはコードブック中のプリコーディング行列  $W_i$  に対応しており、第3の送信機76は、基地局に第1のPMIを送信するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列  $W_i$  とプリコーディング行列  $W_j$  とを含み、コードブック中のプリコーディング行列  $W_i$  とプリコーディング行列  $W_k$  とは  $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$  を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}, u_{m,n-1}, \dots, u_{m,1}\}$  であり、 $m=i, k$  であり、 $\mu_m$  は複素係数であり、複素数  $\mu_{m,1}^*$  は複素数  $u_{m,1}$  の共役複素数であり、 $m=i, k$  であり、 $l=1, \dots, n$  であり、 $n$  はアンテナポートの数によって決定され、行列  $V$  は定数の係数行列である。

10

【0407】

随意に、前述の行列  $D_m$  の対角要素  $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$  の位相は等差数列を形成する。

【0408】

図20は、本発明の実施形態による基地局の第3の概略構造図である。図20に示したように、基地局は、第4の受信機85と、第6のプロセッサ86とを備える。第4の受信機86は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第6のプロセッサ86は、第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列  $W_i$  を決定するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列  $W_i$  とプリコーディング行列  $W_j$  とを含み、コードブック中のプリコーディング行列  $W_i$  とプリコーディング行列  $W_k$  とは  $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$  を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}, u_{m,n-1}, \dots, u_{m,1}\}$  であり、 $m=i, k$  であり、 $\mu_m$  は複素係数であり、複素数  $\mu_{m,1}^*$  は複素数  $u_{m,1}$  の共役複素数であり、 $m=i, k$  であり、 $l=1, \dots, n$  であり、 $n$  はアンテナポートの数によって決定され、行列  $V$  は定数の係数行列である。

20

【0409】

随意に、前述の行列  $D_m$  の対角要素  $u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}$  の位相は等差数列を形成する。

30

【0410】

当業者は、方法の実施形態のステップのすべてまたは一部を関連ハードウェアに命令するプログラムによって実装してもよいことを理解されよう。プログラムをコンピュータ可読記憶媒体に記憶していてもよい。プログラムを起動すると、方法の実施形態のステップが実行される。前述の記憶媒体は、ROM、RAM、磁気ディスク、または光ディスクなどといったプログラムコードを記憶することができる任意のメディアを含む。

【0411】

最後に、前述の実施形態は本発明の技術的解決手法を説明することを意図しているにすぎず、本発明を限定することを意図していないことに留意されたい。本発明を前述の実施形態を参照して詳細に記載したが、当業者は、本発明の実施形態の技術的解決手法の範囲から逸脱しない限り、前述の実施形態に記載した技術的解決手法に対する修正をさらに行ってもよいまたはその一部またはすべての技術的特徴に対する均等物との置換をさらに行ってもよいことを理解すべきである。

40

【符号の説明】

【0412】

- 11 第1の決定モジュール
- 12 第1の送信モジュール
- 21 第2の受信モジュール
- 22 第2の決定モジュール

50

- 31 第3の決定モジュール
- 32 第2の送信モジュール
- 41 第3の受信モジュール
- 42 第4の決定モジュール
- 51 第5の決定モジュール
- 52 第3の送信モジュール
- 61 第4の受信モジュール
- 62 第6の決定モジュール
- 71 第1のプロセッサ
- 72 第1の送信機
- 81 第2の受信機
- 82 第2のプロセッサ
- 73 第3のプロセッサ
- 74 第2の送信機
- 83 第3の受信機
- 84 第4のプロセッサ
- 75 第5のプロセッサ
- 76 第3の送信機
- 85 第4の受信機
- 86 第6のプロセッサ

10

20

【 図 1 】

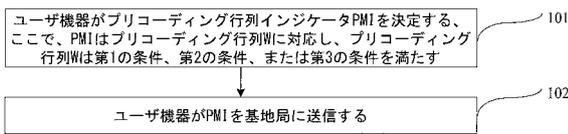


FIG. 1

【 図 2 】

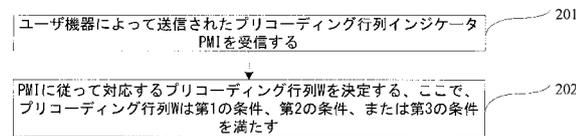


FIG. 2

【 図 3 】

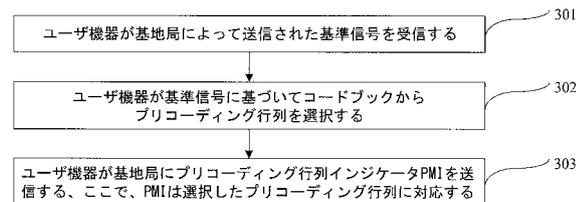


FIG. 3

【 図 4 】

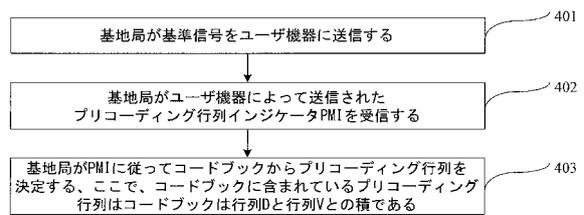


FIG. 4

【 図 5 】

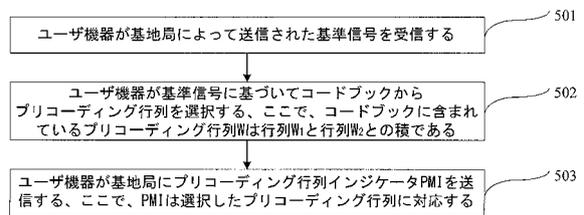


FIG. 5

【 図 6 】

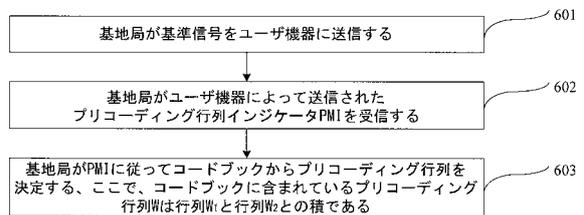


FIG. 6

【 図 7 】

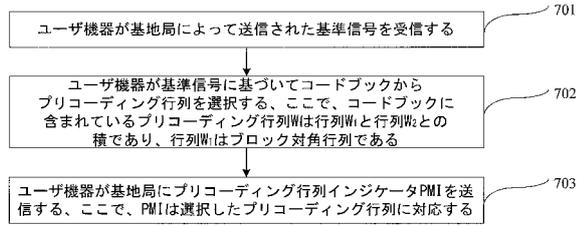


FIG. 7

【 図 8 】

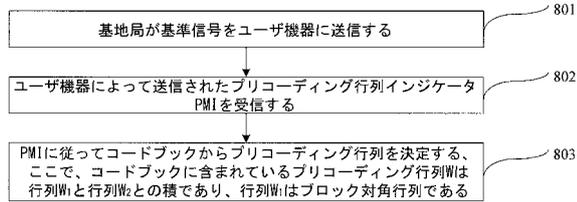


FIG. 8

【 図 9 】

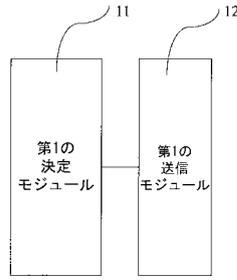


FIG. 9

【 図 10 】

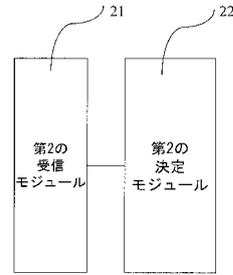


FIG. 10

【 図 11 】

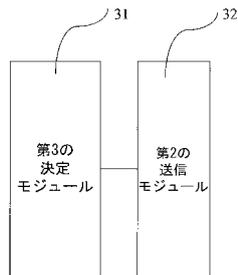


FIG. 11

【 図 13 】

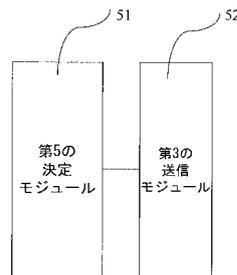


FIG. 13

【 図 12 】

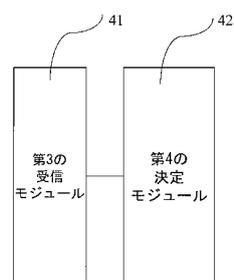


FIG. 12

【 図 14 】

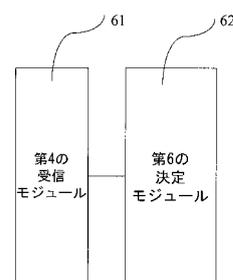


FIG. 14

【図15】

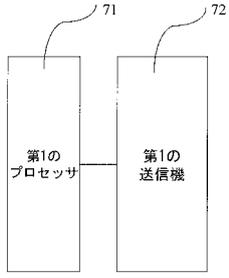


FIG. 15

【図17】

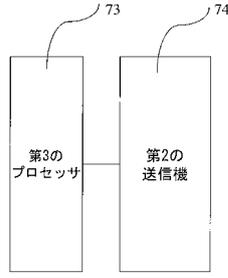


FIG. 17

【図16】

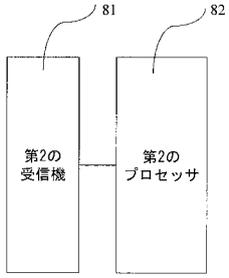


FIG. 16

【図18】

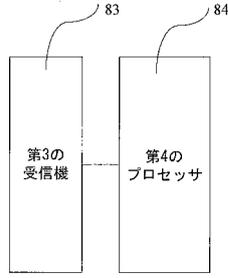


FIG. 18

【図19】

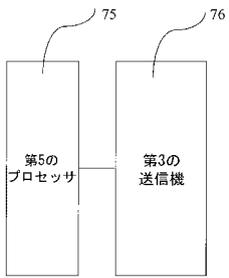


FIG. 19

【図20】

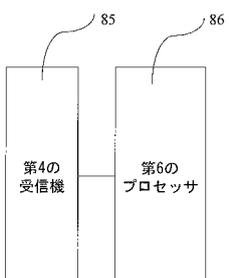


FIG. 20

【手続補正書】

【提出日】平成29年6月15日(2017.6.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

プリコーディング行列インジケータ(PMI)を決定するための方法であって、  
ユーザ機器によって、基地局によって送信された基準信号を受信するステップと、  
前記ユーザ機器によって、前記基準信号に従って前記PMIを決定するステップであって  
 、前記PMIはプリコーディング行列Wに対応し、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、  
 第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップと、

前記ユーザ機器によって、前記基地局に前記PMIを送信するステップとを含み、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、 $D$ は対角  
 行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、  
 複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によ  
 って決定されるとともに、 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の  
 列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つ  
 または複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得される  
 ことであって、

【数1】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり

【数2】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$   
 であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$   
 であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列 $V$ は定数の係数行列  
 である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の  
 列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つ  
 または複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得される  
 ことであって、

【数3】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $A$ と行列 $B$ とのクロネッカー  
 積であり、

【数 4】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 5】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前記行列Bの行の数であるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、ことである、方法。

【請求項 2】

前記行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記行列Vは少なくとも1つの列ベクトル1および1つまたは複数の列ベクトル $v_m$ を含み、前記列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、任意の列ベクトル $v_m$ は

【数 6】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

の形式であり、要素は

【数 7】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

プリコーディング行列インジケータを決定するための方法であって、基地局によって、基準信号をユーザ機器に送信するステップと、前記基地局によって、前記ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するステップと、

前記基地局によって、前記PMIに従って対応するプリコーディング行列Wを決定するステップであって、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、ステップとを含み、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 8】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数 9】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 10】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 11】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 12】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前記行列Bの行の数である、ことであり、

前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、方法。

【請求項 5】

前記行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項4に記載の方法。

【請求項 6】

前記行列Vは少なくとも1つの列ベクトル1および1つまたは複数の列ベクトル $v_m$ を含み、前記列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、任意の列ベクトル $v_m$ は

【数 1 3】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

の形式であり、要素は

【数 1 4】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項4に記載の方法。

【請求項 7】

ユーザ機器であって、

基地局によって送信された基準信号を受信するように構成される、受信器と、

プリコーディング行列インジケータPMIを決定するように構成される、第1のプロセッサであって、前記PMIはプリコーディング行列Wに対応し、前記プリコーディング行列Wは第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第1のプロセッサと、

基地局に前記基地局によって使用されることになる前記PMIを送信するように構成される、第1の送信機とを備え、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列Wが $W=DV$ を満たすことであって、 $D$ は対角行列であり、 $D = \frac{1}{\gamma} \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\gamma$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 1 5】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は行列 $D$ と行列 $V$ との積 $X=DV$ であり、

【数 1 6】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列 $D$ は対角行列であり、 $D = \frac{1}{\gamma} \cdot \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $\gamma$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列 $V$ は定数の係数行列である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 1 7】

$$\mathbf{W}_1 = \text{diag}\{\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列 $\mathbf{X}$ は行列 $\mathbf{A}$ と行列 $\mathbf{B}$ とのクロネッカー積であり、

【数 1 8】

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$$

であり、

【数 1 9】

$$\mathbf{X} \in \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列 $\mathbf{A}$ または前記行列 $\mathbf{B}$ は行列 $\mathbf{D}$ と行列 $\mathbf{V}$ との積であり、前記行列 $\mathbf{D}$ は対角行列であり、 $\mathbf{D} = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ であり、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列 $\mathbf{A}$ または前記行列 $\mathbf{B}$ の行の数であるとともに、前記行列 $\mathbf{V}$ は定数の係数行列である、ことである、ユーザ機器。

【請求項 8】

前記行列 $\mathbf{D}$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項7に記載のユーザ機器。

【請求項 9】

前記行列 $\mathbf{V}$ は少なくとも1つの列ベクトル1および1つまたは複数の列ベクトル $\underline{v}_m$ を含み、前記列ベクトル1はその要素がすべての1である列ベクトルであり、任意の列ベクトル $\underline{v}_m$ は

【数 2 0】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

の形式であり、要素は

【数 2 1】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項7に記載のユーザ機器。

【請求項 1 0】

基地局であって、

基準信号をユーザ機器に送信するように構成される、送信機と、

ユーザ機器によって送信されたプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成される、受信機と、

前記PMIに従って対応するプリコーディング行列 $\mathbf{W}$ を決定するように構成される、第2のプロセッサであって、前記プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ は第1の条件、第2の条件、または第3の条件を満たす、第2のプロセッサとを備え、

前記第1の条件が、前記プリコーディング行列 $\mathbf{W}$ が $\mathbf{W}=\mathbf{D}\mathbf{V}$ を満たすことであり、

前記第2の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 2 2】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Dと行列Vとの積 $X=DV$ であり、

【数 2 3】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

である、ことであり、

前記第3の条件が、前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルを含むこと、または前記プリコーディング行列Wがブロック対角行列 $W_1$ の1つまたは複数の列ベクトルについて重み付けした組合せを実行することによって取得されることであって、

【数 2 4】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 2 5】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 2 6】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、前記行列Aまたは前記行列Bは行列Dと行列Vとの積であり、前記行列Dは対角行列であり、 $i=1, \dots, n$ であり、 $n$ は前記行列Aまたは前記行列Bの行の数である、ことであり、

前記行列Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ 、 $u_i$ は複素係数であり、複素数 $u_i^*$ は複素数 $u_i$ の共役複素数であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定されるとともに、前記行列Vは定数の係数行列である、基地局。

【請求項 1 1】

前記行列Dの対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する、請求項10に記載の基地局。

【請求項 1 2】

前記行列Vは少なくとも1つの列ベクトル1および1つまたは複数の列ベクトル $v_m$ を含み、

前記列ベクトル $\mathbf{1}$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、任意の列ベクトル $\mathbf{v}_m$ は  
【数 2 7】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

の形式であり、要素は

【数 2 8】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である、請求項10に記載の基地局。

【請求項 1 3】

前記プリコーディング行列 $W$ は、水平方向および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御するために使用される、請求項1に記載の方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 2】

送信プリコーディングおよび受信合成によって、多入力・多出力(MIMO)システムは、ダイバーシティ利得およびアレイ利得を得ることができている。プリコーディングを使用しているシステムは、

$$y = HV + n$$

と表されてもよく、ここで、 $y$ は受信信号ベクトルであり、 $H$ はチャネル行列であり、 $V$ はプリコーディング行列であり、 $s$ は送信シンボルベクトルであり、 $n$ は干渉およびノイズベクトルである。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 3】

最適なプリコーディングは、送信機がチャネル状態情報(CSI)を完全に把握していることを通常必要とする。慣用方法では、ユーザ機器(User Equipment、略して、UE)が即座にCSIを量子化し、基地局にフィードバックを送信する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 4】

既存のロング・ターム・エボリューション(LTE)R8-R11(リリース8-11)システムにおいては、UEによってフィードバックされたCSIは、ランクインジケータ(RI)情報、プリコーディング行列インジケータ(PMI)情報、チャネル品質インジケータ(CQI)情報などを含み、RIおよびPMIは、使用レイヤ数およびプリコーディング行列をそれぞれ示している。使用しているプリコーディング行列のセットは、一般的にコードブックと称され、各プリコーディング行列は、コードブック中のコードワードである。

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

システムコストを低減する一方でシステム容量およびカバレッジについてのより高い要求を実現するために、アクティブアンテナシステム(AAS)が広く研究されている。水平方向におけるビーム配向を制御する性能のみを有している既存の基地局アンテナと比較すれば、ASSは、水平方向および垂直方向の双方におけるビーム配向を制御する性能を提供することを可能とする一方で、空間における配電を制御するようにビーム形を制御する性能を有している。しかしながら、従来技術では、UEによってノードデバイスにフィードバックされたプリコーディング行列は、ビーム、特に、水平方向および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を同時に効率的に制御することができない。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

第1の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

第1の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

第2の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 0 】

第2の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第10の可能な実施様態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成する。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 4 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 3 】

前述の第7の態様または第7の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 4 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 4 】

前述の第7の態様または前述の第7の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は

【数 2 9】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数 3 0】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 0 】

第7の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0052】

第7の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m=\mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0065】

第8の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m=\mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0077

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0077】

前述の第13の態様または第13の態様の第1の可能な実施様態に準拠している、第2の可能な実施様態においては、行列 $D$ の対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相が等差数列を形成する。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0078】

前述の第13の態様または前述の第13の態様のいずれか可能な実施様態に準拠している、第3の可能な実施様態においては、行列 $V$ は列ベクトル $1$ および/または少なくとも1つの列ベクトル $v$ を含み、列ベクトル $1$ はその要素がすべての1である列ベクトルであり、列ベクトル $v$ は

【数31】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

であり、要素は

【数32】

$$\bar{v}_i = -v_i, v_i = \pm 1$$

であり、 $i=1, \dots, n$ である。

【手続補正 17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0081

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0081】

前述の第13の態様の任意の可能な実施様態に準拠している、第6の可能な実施様態においては、PMIは、第1のインデックスPMI1および第2のインデックスPMI2を含み、

プリコーディング行列Wが第1の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列Dに対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列Vに対応し、

プリコーディング行列Wが第2の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応し、

プリコーディング行列Wが第3の条件を満たしている場合には、第1のインデックスPMI1は行列 $W_1$ に対応するとともに、第2のインデックスPMI2は行列 $W_2$ に対応する。

【手続補正 18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0082

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0082】

前述の第13の態様の第6の可能な実施様態に準拠している、第7の可能な実施様態においては、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる時間領域の粒度もしくは周波数領域の粒度を有している、または、第1のインデックスPMI1と第2のインデックスPMI2とは異なる期間を使用して基地局に送信される。

【手続補正 19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0084

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0084】

第13の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第9の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $W_i = D(i, j)W_j$ を満たし、 $D(i, j) = (i, j) \text{diag}\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n, \mu_n^*, \mu_{n-1}^*, \dots, \mu_1^*\}$ であり、 $(i, j)$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $\mu_m$ の共役複素数であり、 $m=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正 20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0086

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0086】

第13の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正 21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0099】

第14の態様の第8の可能な実施様態に準拠している、第11の可能な実施様態においては、コードブックはプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とを含み、2つのプリコーディング行列は $D_i^{-1}W_i=D_k^{-1}W_k=V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定される。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0102

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0102】

本発明の第15の態様に準拠している、第1の可能な実施形態においては、行列 $D(i, j)$ の対角要素 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ の位相が等差数列を形成することを提供している。

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0110

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0110】

本発明の実施形態における技術的解決手法をより明確に記載するために、実施形態を記載するために必要となる添付の図面を以下に簡単に紹介する。以下の説明における添付の図面は本発明の一部の実施形態を示しており、当業者が創造的努力なしにこれらの添付の図面から他の図面をさらに導出し得ることは明らかであろう。

【手続補正24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0112

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0112】

本発明の実施形態の目的、技術的解決手法、および利点をより明確にするために、本発明の実施形態における添付の図面を参照して、本発明の実施形態における技術的解決手法を以下に明確に記載する。記載した実施形態が本発明の実施形態のすべてではなく一部であることは明らかであろう。創造的努力なしに本発明の実施形態に基づいて当業者によって得られる他の実施形態のすべては、本発明の保護範囲に含まれるものとする。

【手続補正25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0117

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0117】

本実施形態においては、プリコーディング行列 $W$ が、第1の条件、第2の条件、および第3の条件をそれぞれ満たしている、3つのケースに関する詳細な説明について、以下の特定の実施形態を参照してもよい。

【手続補正26】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 1 2 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 2 7 】

具体的には、本ステップにおいて基地局によって送信された基準信号は、チャネル状態情報基準信号(CSI RS)、復調基準信号(DM RS)、またはセル固有基準信号(CRS)を含んでいてもよい。ユーザ機器UEは、eNBによって通知された基準信号リソース設定を受信することによって基準信号を取得してもよいし、またはセル識別情報(cell ID)に従って基準信号のリソース設定を取得して対応するリソースまたはサブフレーム内の基準信号を取得してもよい、ここで、eNB通知は、無線リソース制御(RRC)シグナリング、またはダウンリンク制御情報(DCI)などの動的シグナリングなどのより高位レイヤのシグナリングであってもよい。より高位レイヤのシグナリングは、物理ダウンリンク共通チャネル(PDSCH)を使用してユーザ機器に送信される。DCIは、物理ダウンリンク制御チャネル(PDCCH)または進化したPDCCH(ePDCCH)を使用してユーザ機器に送信されてもよい。

【 手続補正 2 7 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 5 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 5 1 】

前述の2つの式においては、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、...、 $u_n$ の位相と対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、...、 $u_1^*$ の位相とのそれぞれが、その公差がそれぞれ $-1/6$ と $+1/6$ とである等差数列を形成する。

【 手続補正 2 8 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 5 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 5 4 】

前述の2つの式においては、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、...、 $u_n$ の位相と対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、...、 $u_1^*$ の位相とのそれぞれが、その公差がそれぞれ $-1/16$ と $+1/16$ とである等差数列を形成する。

【 手続補正 2 9 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 5 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 5 7 】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、...、 $u_n$ の位相は等差数列を形成するとともに、対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、...、 $u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

【 手続補正 3 0 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 7 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

## 【0171】

加えて、本発明の前述の実施形態におけるステップ303においては、プリコーディング行列インジケータPMIを物理アップリンク制御チャネル(PUCCH)または物理アップリンク共有チャネル(PUSCH)を使用して基地局に送信してもよい。

## 【手続補正31】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0191

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0191】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成するとともに、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

## 【手続補正32】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0217

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0217】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成するとともに、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

## 【手続補正33】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0221

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0221】

一例としてブロック行列 $X_1$ およびブロック行列 $X_2$ の各々が4つの列を有する $W_1 = \text{diag}\{X_1, X_2\}$ を使用する場合には、 $W_2$ は、以下の行列であってもよい。

## 【数33】

$$W_2 \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ \mathbf{e}_i \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ j\mathbf{e}_i \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ -\mathbf{e}_i \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_i \\ -j\mathbf{e}_i \end{bmatrix} \mid i=1,2,3,4 \right\} \quad (36)$$

ここで、 $i=1,2,3,4$ である $\mathbf{e}_i$ は4x1選択ベクトルを表し、第iの要素が1であることを除いて、他の要素はすべての0である。

## 【手続補正34】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0239

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0239】

本発明の本実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。コードブックに含まれているプリコーディング行列 $W$ は、行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数34】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、少なくとも1つのブロック行列 $X$ は、行列 $D$ と行列 $V$ との積であり、

【数35】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $X=DV$ である。 $D$ は対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列 $V$ は、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

【数36】

$$v = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。複数のブロック行列 $X_i$ は、前述のプリコーディング行列が複数のアンテナ配置または設定に適合するように、異なる偏波を有するまたは異なる位置にあるアンテナポートグループにそれぞれ対応していてもよい。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および/または垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

【手続補正35】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0260

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0260】

本実施形態においては、行列 $D$ において、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成するとともに、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ

構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

【手続補正 36】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0294

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0294】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1, u_2, \dots, u_n$ の位相は等差数列を形成するとともに、対角要素 $u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

【手続補正 37】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0313

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0313】

本発明の本実施形態においては、ユーザ機器は、基準信号に基づいて、コードブックからプリコーディング行列を選択して、プリコーディング行列インジケータPMIを送信する、ここで、PMIは選択したプリコーディング行列に対応する。コードブックに含まれているプリコーディング行列Wは行列 $W_1$ と行列 $W_2$ との積であり、 $W_1$ はブロック対角行列であり、

【数 37】

$$W_1 = \text{diag}\{X_1, \dots, X_{N_B}\}$$

であり、 $N_B \geq 1$ であり、少なくとも1つのブロック行列Xは行列Aと行列Bとのクロネッカー積であり、

【数 38】

$$X = A \otimes B$$

であり、

【数 39】

$$X \in \{X_1, X_2, \dots, X_{N_B}\}$$

であるとともに、行列Aまたは行列Bは、行列Dと行列Vとの積である。Dは対角行列であり、 $D = \text{diag}\{u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*\}$ を満たし、 $u_1, u_2, \dots, u_n, u_n^*, u_{n-1}^*, \dots, u_1^*$ は、共役かつ対称的な数列を形成する、これによって、定数係数制約またはアンテナが等価電力を使用して伝送を行う制限を回避し、ビーム形およびビーム配向を効率的に制御することを可能としている。行列Vは、プリコーディング行列の列ベクトルが互いに直交している状態となるように列ベクトル1および少なくとも1つの列ベクトル

## 【数 4 0】

$$\mathbf{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n \ \bar{v}_n \ \bar{v}_{n-1} \ \dots \ \bar{v}_1]^T$$

を含み、レイヤ間干渉を効率的に低減することを可能としており、それによって、MIMO、特に、MU-MIMOの性能を大幅に改善している。複数のブロック行列 $X_i$ は、前述のプリコーディング行列が複数のアンテナ配置または設定に適合するように、異なる偏波を有するまたは異なる位置にあるアンテナポートグループにそれぞれ対応していてもよい。一方で、行列Aまたは行列Bは、水平方向および垂直方向におけるビームを独立して量子化してもよい。したがって、プリコーディング行列を決定するための前述の方法は、アクティブアンテナシステムの水平および垂直方向におけるビーム形およびビーム配向を制御する自由度を完全に使用することができる一方で、可能な限り伝送中のレイヤ間干渉を低減することができ、それによって、CSIフィードバックの正確性およびシステムスループットを改善している。

## 【手続補正 3 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 3 3 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 3 3 4】

本実施形態においては、行列Dにおいて、対角要素 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $\dots$ 、 $u_n$ の位相は等差数列を形成するとともに、対角要素 $u_n^*$ 、 $u_{n-1}^*$ 、 $\dots$ 、 $u_1^*$ の位相は等差数列を形成する、このことは、例えば、一般的な同型リニアアレイまたは交差偏波アレイといった、アンテナポートのアレイ構造に適合していてもよく、前者のアレイにおいては、アレイ要素またはアンテナが同一の場所に配置され、後者のアレイにおいては、共通の偏波アンテナまたはアレイ要素が同一の場所に配置される。したがって、等差数列における位相は、前述のアレイ構造の特性を使用してプリコーディング性能を改善することができる。

## 【手続補正 3 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 3 8 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 3 8 0】

図14に示したように、装置は、第4の受信モジュール61と、第6の決定モジュール62とを備える。第4の受信モジュール61は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第6の決定モジュール62は、第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_{m,l}^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である。

## 【手続補正 4 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 4 0 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 4 0 8】

図20は、本発明の実施形態による基地局の第3の概略構造図である。図20に示したように、基地局は、第4の受信機85と、第6のプロセッサ86とを備える。第4の受信機86は、ユーザ機器によって送信された第1のプリコーディング行列インジケータPMIを受信するように構成され、第6のプロセッサ85は、第1のPMIに従ってコードブックから対応するプリコーディング行列 $W_i$ を決定するように構成され、コードブックは少なくともプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_j$ とを含み、コードブック中のプリコーディング行列 $W_i$ とプリコーディング行列 $W_k$ とは $D_i^{-1}W_i = D_k^{-1}W_k = V$ を満たし、 $D_m = \mu_m \cdot \text{diag}\{u_{m,1}, u_{m,2}, \dots, u_{m,n}, u_{m,n}^*, u_{m,n-1}^*, \dots, u_{m,1}^*\}$ であり、 $m=i, k$ であり、 $\mu_m$ は複素係数であり、複素数 $\mu_m^*$ は複素数 $u_{m,l}$ の共役複素数であり、 $m=i, k$ であり、 $l=1, \dots, n$ であり、 $n$ はアンテナポートの数によって決定され、行列 $V$ は定数の係数行列である。

---

フロントページの続き

(74)代理人 100140534

弁理士 木内 敬二

(72)発明者 王 建国

中華人民共和国 5 1 8 1 2 9 広東省深 チェン 市龍岗区坂田 華為総部 ベン 公楼

(72)発明者 周 永行

中華人民共和国 5 1 8 1 2 9 広東省深 チェン 市龍岗区坂田 華為総部 ベン 公楼

【外国語明細書】  
2017163551000001.pdf