(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6539586号
(P6539586)

(45)発行日　令和1年7月3日(2019.7.3)　(24)登録日　令和1年6月14日(2019.6.14)

(51)Int.Cl.　F I
H04B 7/0456 (2017.01)　H04B 7/0456 300
H04W 16/28 (2009.01)　H04W 16/28 130

請求項の数 15　(全 68 頁)

(21)出願番号　特願2015-557217(P2015-557217)
(86)(22)出願日　平成26年2月12日(2014.2.12)
(65)公表番号　特表2016-514388(P2016-514388A)
(43)公表日　平成28年5月19日(2016.5.19)
(86)国際出願番号　PCT/US2014/016011
(87)国際公開番号　WO2014/126992
(87)国際公開日　平成26年8月21日(2014.8.21)
審査請求日　平成29年2月11日(2017.2.11)
(31)優先権主張番号　61/770,705
(32)優先日　平成25年2月28日(2013.2.28)
(33)優先権主張国　米国(US)
(31)優先権主張番号　61/763,804
(32)優先日　平成25年2月12日(2013.2.12)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　390020248
日本テキサス・インスツルメンツ合同会社
東京都新宿区西新宿六丁目２４番１号
(73)特許権者　507107291
テキサス　インスツルメンツ　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　テキサス州　７５２６５－５４７４　ダラス　メイル　ステイション　３９９９　ピーオーボックス　６５５４７４
(74)上記1名の代理人　100098497
弁理士　片寄　恭三

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ＬＴＥにおける４ＴＸコードブックエンハンスメント

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ワイヤレス通信システムにおけるチャンネル状態情報（ＣＳＩ）のフィードバックの方法であって、
遠隔のトンラシーバから１つまたは複数のプリコーディング行列インジケータ（ＰＭＩ）信号を受信することと、
２つの行列のW_1とW_2との行列乗算から導き出されるプリコーディング行列Ｗを生成することと、
を含み、
前記プリコーディング行列Ｗがデータストリームの１つまたは複数の層のプリコーディングに適用可能であり、行列W_1が前記ＰＭＩ信号の第１のグループのビットに基づいて第１のコードブックC_1から選択され、行列W_2が前記ＰＭＩ信号の第２のグループのビットに基づいて第２のコードブックC_2から選択され、前記第１のコードブックC_1が、非隣接の離散フーリエ変換（ＤＦＴ）ベクトルによって構築される以下のW_1行列、即ち、

$$\mathbf{B}=\begin{bmatrix}\mathbf{b}_0 & \mathbf{b}_1 & \Lambda & \mathbf{b}_{N-1}\end{bmatrix}\quad,\quad [\mathbf{B}]_{l+m,l+n}=e^{j\frac{2\pi mn}{N}},\quad m=0,\ldots\tfrac{N_t}{2}-1, n=0,1,\Lambda,N-1,$$

$$\mathbf{X}^{(k)}\in\left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_{k \bmod N} & \mathbf{b}_{(k+N/4)\bmod N} & \mathbf{b}_{(k+2\times N/4)\bmod N} & \mathbf{b}_{(k+3\times N/4)\bmod N}\end{bmatrix}: k=0,1,\Lambda,\tfrac{N}{4}-1\right\},$$

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

$$C_1=\left\{\mathbf{W}_1^{(0)},\mathbf{W}_1^{(1)},\mathbf{W}_1^{(2)},\Lambda,\mathbf{W}_1^{(N/4-1)}\right\},$$

を含み、

$N_t \geqq 4$がWに対応する送信アンテナの数であり、NがN_t以上の整数である前記層の最大数であり、mがビームインデックスであり、nが層インデックスであり、kがコードブックインデックスであり、$X^{(k)}$が$W^{(k)}$のブロック対角部分行列である、方法。

【請求項２】

請求項１に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が１であり、前記第２のコードブックC_2が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2\in C_2=\left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ \mathbf{Y}\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ j\mathbf{Y}\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -\mathbf{Y}\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -j\mathbf{Y}\end{bmatrix}\right\},$$

$$\mathbf{Y}\in\left\{\tilde{\mathbf{e}}_1,\tilde{\mathbf{e}}_2,\tilde{\mathbf{e}}_3,\tilde{\mathbf{e}}_4\right\},$$

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、ＹがコードブックC_2の部分行列である、方法。

【請求項３】

請求項１に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、前記第２のコードブックC_2が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2\in C_2=\left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2\\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2\\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2\end{bmatrix}\right\},$$

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

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、ＹがコードブックC_2の部分行列である、方法。

【請求項４】

請求項１に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、前記第２のコードブックC_2が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$
$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ \left(\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3\right), \left(\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4\right) \right\}$$

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$とがコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項５】

請求項１に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \end{array} \right\}$$
$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ \left(\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3\right) \right\} or \left\{ \left(\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4\right) \right\}$$

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$がコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項６】

請求項１に記載の方法であって、

Ｎ＝３２である、方法。

【請求項７】

ワイヤレス通信システムにおけるチャンネル状態情報（ＣＳＩ）のフィードバックの方法であって、

遠隔のトンラシーバから１つまたは複数のプリコーディング行列インジケータ（ＰＭＩ）信号を受信することと、

２つの行列のＷ$_1$とＷ$_2$との行列乗算から導き出されるプリコーディング行列Ｗを生成することと、

を含み、

前記プリコーディング行列Ｗがデータストリームの１つまたは複数の層のプリコーディングに適用可能であり、行列Ｗ$_1$が前記ＰＭＩ信号の第１のグループのビットに基づいて第１のコードブックＣ$_1$から選択され、行列Ｗ$_2$が前記ＰＭＩ信号の第２のグループのビットに基づいて第２のコードブックＣ$_2$から選択され、前記第１のコードブックＣ$_1$が、少なくとも第１のＷ$_1$行列と第２のＷ$_1$行列とを含み、

前記少なくとも第１のＷ$_1$行列が、隣接の離散フーリエ変換（ＤＦＴ）ベクトルの第１のグループを備えて構築され、

$$\mathbf{B} = [\ \mathbf{b}_0\ \mathbf{b}_1\ \cdots\ \mathbf{b}_{31}\ ],\ [\mathbf{B}]_{1+m,1+n} = e^{j\frac{2\pi mn}{32}},\ m = 0, \ldots, \frac{N_t}{2} - 1,\ n = 0, 1, \ldots, 31,$$

であり、

ｉ$_1$＝０，１，…，７の場合に、

$$\mathbf{X}^{(i_1)} \in \{[\ \mathbf{b}_{2i_1 \bmod 16}\ \ \mathbf{b}_{(2i_1+1) \bmod 16}\ \ \mathbf{b}_{(2i_1+2) \bmod 16}\ \mathbf{b}_{(2i_1+3) \bmod 16}\ ]\},$$

$$\mathbf{b}_n(m+1) = e^{j\frac{2\pi mn}{16}},\ m = 0, 1,\ n = 0, 1, \ldots, 15,$$

であり、

前記少なくとも第２のＷ$_1$行列が、非隣接のＤＦＴベクトルの第２のグループを備えて構築され、

ｉ$_1$＝８，９，…，１５の場合に、

$$\mathbf{X}^{(i_1)} \in \{[\ \mathbf{b}_{(i_1-8) \bmod 32}\ \ \mathbf{b}_{((i_1-8)+8) \bmod 32}\ \ \mathbf{b}_{((i_1-8)+16) \bmod 32}\ \mathbf{b}_{((i_1-8)+2\ ) \bmod 32}\ ]\},$$

$$\mathbf{b}_n(m+1) = e^{j\frac{2\pi mn}{32}},\ m = 0, 1,\ n = 0, 1, \ldots, 31,$$

$$\mathbf{W}_1{}^{(i_1)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(i_1)} & 0 \\ 0 & \mathbf{X}^{(i_1)} \end{bmatrix}$$

$$C_1 = \{\mathbf{W}_1{}^{(0)}, \mathbf{W}_1{}^{(1)}, \mathbf{W}_1{}^{(2)}, \ldots, \mathbf{W}_1{}^{(15)}\},$$

であり、

Ｎ$_t$≧４がＷに対応する送信アンテナの数であり、ｍがビームインデックスであり、ｎが層インデックスであり、　が　のブロック対角部分行列である、方法。

【請求項８】

請求項７に記載の方法であって、さらに、

前記プリコーディング行列Ｗで乗算することにより基地局でデータストリームの１つまたは複数の層をプリコーディングすることと、

前記データストリームにおける前記プリコードされた層を遠隔のトランシーバへ送信することと、

を更に含む、方法。

【請求項９】

請求項７に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が１であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ \mathbf{Y}\end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ j\mathbf{Y}\end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -\mathbf{Y}\end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -j\mathbf{Y}\end{bmatrix} \right\},$$

$$\mathbf{Y} \in \left\{ \tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_4 \right\},$$

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、ＹがコードブックC_2の部分行列である、方法。

【請求項１０】

請求項７に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、ｉ$_1$＝０，１，…，７であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$

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

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$とがコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項１１】

請求項７に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、ｉ$_1$＝０，１，…,７であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$

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

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$とがコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項１２】

請求項７に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、ｉ$_1$＝８，９，…，１５であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \end{array} \right\},$$

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

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$とがコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項１３】

請求項７に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、ｉ$_1$＝８，９，…，１５であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$

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

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$とがコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項１４】

請求項７に記載の方法であって、

前記データストリームの層の数が２であり、ｉ$_1$＝８，９，…，１５であり、前記第２のコードブックＣ$_2$が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \end{array} \right\},$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ \left(\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3\right) \right\} or \left\{ \left(\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4\right) \right\},$$

を含み、ここで、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Ｙ$_1$とＹ$_2$とがコードブックＣ$_2$の部分行列である、方法。

【請求項１５】

ワイヤレス通信システムにおけるチャンネル状態情報（ＣＳＩ）のフィードバックの方法であって、

遠隔のトンラシーバから１つまたは複数のプリコーディング行列インジケータ（ＰＭＩ）信号を受信することと、

２つの行列のＷ$_1$とＷ$_2$との行列乗算から導き出されるプリコーディング行列Ｗを生成することと、

を含み、

前記プリコーディング行列Ｗがデータストリームの１つまたは複数の層のプリコーディングに適用可能であり、行列Ｗ$_1$が前記ＰＭＩ信号の第１のグループのビットに基づいて第１のコードブックＣ$_1$から選択され、行列Ｗ２が前記ＰＭＩ信号の第２のグループのビットに基づいて第２のコードブックＣ$_2$から選択され、前記第１のコードブックＣ$_1$が、隣接の離散フーリエ変換（ＤＦＴ）ベクトルのセットによって構築される少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{B}=\begin{bmatrix}\mathbf{b}_0 & \mathbf{b}_1 & \cdots & \mathbf{b}_{31}\end{bmatrix}\ ,\quad [\mathbf{B}]_{1+m,1+n}=e^{j\frac{2\pi mn}{32}},\quad m=0,\ldots\frac{N_t}{2}-1,\ n=0,1,\cdots,31\ ,$$

$$\mathbf{X}^{(k)}\in\left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_{2k \bmod 32} & \mathbf{b}_{(2k+1) \bmod 32} & \mathbf{b}_{(2k+2) \bmod 32} & \mathbf{b}_{(2k+3) \bmod 32}\end{bmatrix}: k=0,1,\cdots,15\right\}\ ,$$

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

$$C_1=\left\{\mathbf{W}_1^{(0)},\mathbf{W}_1^{(1)},\mathbf{W}_1^{(2)},\cdots,\mathbf{W}_1^{(15)}\right\},$$

を含み、

$N_t=4$がWに対応する送信アンテナの数であり、mがビームインデックスであり、nが層インデックスであり、$X^{(k)}$が$W^{(k)}$のブロック対角部分行列であり、

前記データストリームの層の数が２であり、前記第２のコードブックC_2が、少なくとも以下の行列、即ち、

$$\mathbf{W}_2\in C_2=\left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2\\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2\\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2\end{bmatrix}\right\},$$

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

を含み、

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

が値１を有するｉ番目のエレメントを除いた全てのゼロエントリを有する４×１ベクトルであり、Y_1とY_2とがコードブックC_2の部分行列である、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願は、ワイヤレス電話通信などのワイヤレス通信に関する。

【背景技術】

【０００２】

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

【０００３】

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

【０００４】

複数の送信／受信アンテナを備えた多入力多出力（ＭＩＭＯ）通信システムにおいて、データ伝送はプリコーディングを介して実施される。ここでは、プリコーディングとは、Ｌストリームデータの Ｐストリームへの線形（行列）変換を指し、Ｌは層（伝送ランクと

も呼ばれる）の数を表し、Ｐは送信アンテナの数を表す。専用の（即ち、ユーザ固有の）ＤＭＲＳを用いて、基地局またはｅＮｏｄｅＢ（ｅＮｏｄｅＢ）などのトランスミッタが、レシーバの働きをするユーザ機器（ＵＥ）に対してトランスペアレントなプリコーディング動作を実施することができる。ユーザ機器からプリコーディング行列推奨を得ることは基地局にとって有利である。これは、アップリンクおよびダウンリンクチャンネルが周波数帯域の異なる部分を占める、即ち、アップリンクおよびダウンリンクが相互でない、周波数分割二重通信（ＦＤＤ）の場合に著しい。従って、ＵＥからｅＮｏｄｅＢへのコードブックベースのフィードバックが望まれる。コードブックベースのフィードバックを可能にするために、プリコーディングコードブックが設計される必要がある。

【０００５】

ロングタームエボリューション（ＬＴＥ）規格は、２アンテナ伝送、４アンテナ伝送、および８アンテナ伝送用のコードブックを含む。これらのコードブックは効率的に設計されるが、ダウンリンク（ＤＬ）スペクトル効率をよりいっそう改善することが可能であると本願の発明者は認識している。従って、以下に記載する好ましい実施形態は、これらの問題と先行技術の改善とに向けられる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【０００６】

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

【０００７】

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

【０００８】

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

【０００９】

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

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】例示的なワイヤレス電気通信ネットワークを示す図である。

【００１１】

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

ある。
【００１２】
【図３】４対の交差偏波アレイを示す図である。
【００１３】
【図４】ビームのグリッドがｍ＝２ビームだけシフトされる一例を示す図である。
【００１４】
【図５】８Ｔｘアレイにおけるアンテナ対をプルーニング（prune）するために行選択ベクトルを用いる一例を示す図である。
【００１５】
【図６】ダウンリンクＬＴＥ‐Ａｄｖａｎｃｅｄ（ＬＴＥ－Ａ）において用いられる技法を示す図である。
【００１６】
【図７】例示的なネットワークシステムにおけるモバイルＵＥおよびｅＮｏｄｅＢの内部詳細を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
図１は、例示的なワイヤレス電気通信ネットワーク１００を示す。ネットワーク１００は、複数の基地局１０１、１０２、および１０３を含む。動作において、電気通信ネットワークは多くの基地局を必然的に含む。各基地局１０１、１０２、および１０３（ｅＮｏｄｅＢ）は、対応するカバレッジエリア１０４、１０５、および１０６で動作可能である。各基地局のカバレッジエリアは、セルにさらに分割される。図示されるネットワークにおいて、各基地局のカバレッジエリアは、３つのセル１０４ａ～ｃ、１０５ａ～ｃ、１０６ａ～ｃに分割される。電話送受器などのユーザ機器（ＵＥ）１０７をセルＡ　１０４ａに示す。セルＡ　１０４ａは、基地局１０１のカバレッジエリア１０４内にある。基地局１０１は、ＵＥ１０７に通信信号を伝送し、かつそこから通信信号を受信する。ＵＥ１０７がセルＡ　１０４ａから出てセルＢ　１０５ｂ内へ移動すると、ＵＥ１０７は基地局１０２にハンドオーバーされ得る。ＵＥ１０７は基地局１０１と同期されるので、ＵＥ１０７は、基地局１０２へのハンドオーバーを開始するために、非同期のランダムアクセスを用いることができる。
【００１８】
非同期のＵＥ１０７は、アップリンク１０８の時間または周波数またはコードリソースの割り当てを要求するために非同期のランダムアクセスをやはり用いる。トラフィックデータ、測定レポート、トラッキングエリア更新であり得る、伝送準備の完了したデータをＵＥ１０７が有する場合、ＵＥ１０７は、アップリンク１０８でランダムアクセス信号を伝送し得る。ランダムアクセス信号は、ＵＥ１０７がＵＥのデータを伝送するためにアップリンクリソースを要求することを基地局１０１に知らせる。基地局１０１は、起こり得るタイミング誤り訂正と共にＵＥ１０７のアップリンク伝送のために割り当てられたリソースのパラメータを含むメッセージを、ダウンリンク１０９を介してＵＥ１０７に伝送することによって応答する。ダウンリンク１０９で基地局１０１によって伝送されるリソース割り当てと可能なタイミングアドバンスメッセージとを受信した後、ＵＥ１０７は、その伝送タイミングを任意選択的に調整し、所定の時間間隔の間、割り当てられたリソースを用いるアップリンク１０８でデータを伝送する。
【００１９】
基地局１０１は、周期的なアップリンクサウンディング参照信号（ＳＲＳ）伝送のためにＵＥ１０７を設定する。基地局１０１は、ＳＲＳ伝送からアップリンクチャンネル品質情報（ＣＳＩ）を推定する。本発明の好ましい実施形態は、コードブックベースのフィードバックを有するプリコードされたマルチアンテナ伝送を介しての通信の改善をもたらす。セルラー通信システムにおいて、ＵＥが一意的に、所定の時間で単一のセルラー基地局またはｅＮｏｄｅＢに接続されかつそれらによってサーブされる。このようなシステムの一例は、３ＧＰＰ　ＬＴＥシステムであり、これにはＬＴＥ－Ａｄｖａｎｃｅｄ（ＬＴＥ

－Ａ）システムが含まれる。ｅＮｏｄｅＢでの伝送アンテナの数の増加に伴い、望ましい特性を有する効率的なコードブックを設計する作業は難しくなっている。

【００２０】

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

【００２１】

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

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

ここで、W_1は、広帯域／ロングタームチャンネル特性を対象とし、W_2は、周波数選択／ショートタームチャンネル特性を対象とする。構成要素W_1、W_2の各々は、コードブックを割り当てられる。従って、２つの別個のコードブックが必要とされる。即ち、CB_1およびCB_2である。Ｗは複合プリコーダと呼ばれる。W_1およびW_2の選択は、PMI_1およびPMI_2を介して示される。

【００２２】

次の原則が、コードブック設計のために実施される。

【００２３】

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

【００２４】

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

【００２５】

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

【００２６】

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

【００２７】

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

【００２８】
（ｂ）CB_1がごく頻繁に（時間および周波数において）更新される必要がないことを確実にするために、CB_1は、空間相関と関連する、アンテナセットアップや、発射角（ＡｏＤ）の値の範囲など、ロングタームチャンネル特性をキャプチャすべきである。
【００２９】
（ｃ）設計は、W_2／CB_2と関連した最大オーバーヘッドを、リリース８ＰＭＩオーバーヘッドと同等（即ち、≦４ビット）に保つように努めるべきである。
【００３０】
（５）Ｗのためのユニタリプリコーダは、（プリコーダ行列の列ベクトルは、互いに直交する対（ペアワイズ）でなければならない）が必須ではないが、一定の平均送信電力を維持するために十分な条件である。この制約は、少なくともいくつかの関連するランクのための、コードブックの設計においても用いられる。
【００３１】
本願で開示されるＬＴＥのための４Ｔｘコードブックの設計は、ＬＴＥリリース８における４Ｔｘコードブックのマルチユーザ（ＭＵ）ＭＩＭＯのためのエンハンスメントを対象とする。４Ｔｘコードブックを再設計するのではなく、ＬＴＥリリース８　４Ｔｘコードブックが、シングルユーザ（ＳＵ）ＭＩＭＯのための競争力のあるパフォーマンスを提供するように既に設計されているので（一方で、ランク１コードブックにおける８つの離散フーリエ変換（ＤＦＴ）ベクトルのサポートの下、ＭＵ‐ＭＩＭＯを考慮している）、本願で開示されるエンハンスメントは、ＭＵ‐ＭＩＭＯパフォーマンスを向上させることを主眼とする。この考察に基づき、４Ｔｘエンハンスメントは、ＭＵ‐ＭＩＭＯが関連するランク１および最大でもランク２を主眼とする。
【００３２】
アンテナセットアップに関して、３つのセットアップが考慮され得る。即ち、
－２つのエレメント間でλ／２（半波長）の間隔を有する２つの２偏波エレメント、
－２つのエレメント間でλ４（より大きい）間隔を有する２つの２偏波エレメント、および
－λ／２（半波長）の間隔を有する等間隔直線アレイ（ＵＬＡ）、である。
【００３３】
第１および第２のセットアップは、優先度が最も高い。狭い間隔および広い間隔の両方を有する２（即ち、交差）偏波アンテナアレイのために、良好なパフォーマンスが確保されなければならない。
【００３４】
図２および図３に示すアンテナエレメントインデクシングは、空間チャンネル係数$H_{n,m}$を列挙するために用いられ、ここでｎおよびｍは、それぞれレシーバおよびトランスミッタのアンテナインデックスである。図２は、１つのＵＬＡ、または、１～８のインデックスを付けられた４対のＵＬＡエレメントを示す。図３は、４対の交差偏波アレイを示す。４対の交差偏波アンテナのためのインデクシングは、一層相関される傾向がある、同じ偏波を有する２つのアンテナをグループ化することを表す。これは、図２における４対のＵＬＡのインデクシングに類似している。
【００３５】
提示されるコードブック構造
次の表記が、下記コードブックを定義するために用いられる。
Ｗ：４Ｔｘフィードバックプリコーディング行列
W_1：第１のフィードバックプリコーディング行列
W_2：第２のフィードバックプリコーディング行列
i_1：W_1のＰＭＩインデックス
i_2：W_2のＰＭＩインデックス
Ｎ：層の最大数
N_{TXA}：送信アンテナの数

I_k：（ｋ×ｋ）次元の単位行列

【００３６】

４ＴｘエンハンスメントおよびＲ８ＴｘのＲために同じ原則を用いるガイドラインに従って、ブロック対角グリッドオブビーム（ＧｏＢ）構造が用いられる。この構造は、４ＴｘとＲ８Ｔｘで共通である。

【００３７】

W_1および関連するコードブックは、次のように表され得る。

$$\mathbf{B}=\left[\mathbf{b}_0 \quad \mathbf{b}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{b}_{N-1}\right] \tag{2}$$

$$\left[\mathbf{B}\right]_{l+m,l+n}=e^{j\frac{2\pi mn}{N}}, \quad m=0,1,\cdots,\frac{N_{TXA}}{2}-1 \quad n=0,1,\cdots,N-1 \tag{3}$$

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

$$\mathbf{W}_1^{(k)}=\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix}, \quad C_1=\left\{\mathbf{W}_1^{(0)},\mathbf{W}_1^{(1)},\mathbf{W}_1^{(2)},\cdots,\mathbf{W}_1^{(N/N_b)-1}\right\} \tag{5}$$

【００３８】

ここで、異なるW_1行列は、ビーム角に関して（重複（オーバーラップ）のない）パーティショニング（区画化）を表す。即ち、

－W_1は、サイズＸのブロック対角行列であり、Ｘは、（N_{TXA}／２）×Ｎｂ行列である。Ｎｂは、Ｘに含まれる、隣接（N_{TXA}／２）‐Ｔｘ　ＤＦＴビームの数を示す。このような設計は、各偏波グループ内でＮ（N_{TXA}／２）‐Ｔｘ　ＤＦＴビームを合成できる。所与のＮについて、空間的なオーバーサンプリング係数は本質的に（Ｎ／２）である。全体的な（N_{TXA}／２）‐Ｔｘ　ＤＦＴビーム収集（beam collection）は、（N_{TXA}／２）×Ｎ行列Ｂにおいてキャプチャされる。

－W_2における共位相調整（co-phasing）を用いること（後述する）により、複合プリコーダＷは、最大でＮ個のＤＦＴビームを合成できる。

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

－W_1行列のセットは、（Ｘ、即ち、各偏波グループにおいて）Ｎ個のビーム角の（Ｎ／Ｎｂ）‐レベルパーティショニング（即ち、非重複）を表す。

－この設計の結果、W_1のための（Ｎ／Ｎｂ）のコードブックサイズとなる。

【００３９】

ビーム角のセットにおける何らかの重複が、２つの異なるW_1行列の間で所望される場合、２つの連続的なＸ行列がいくつかの重複するビーム角で構成されるように、上記の数式はわずかに修正され得る。「エッジ効果」を減少させるために、即ち、サブバンドプリコーディングまたはＣＳＩフィードバックが用いられる場合に、共通のW_1行列が同じプリコーディングサブバンド内の異なるリソースブロック（ＲＢ）のためにより適切に選択され得ることを確実にするために、ビーム角におけるオーバーラップは有益であり得る。本願において、サブバンドは、連続的な物理的リソースブロック（ＰＲＢ）のセットを指す。重複があると、

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

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \quad , \quad C_1 = \left\{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \cdots, \mathbf{W}_1^{(2N/N_b)-1} \right\} \qquad (7)$$

である。

【００４０】

このエンハンスメントは、ＭＵ‐ＭＩＭＯ改良を対象としており、それゆえ、ランク１（および最大でランク２）用に設計される。同時に、リリース８　４Ｔｘコードブックは、少なくともＳＵ‐ＭＩＭＯのためにまだ使用されるべきである。ＳＵ‐ＭＩＭＯとＭＵ－ＭＩＭＯの間の動的スイッチング（ＲＲＣ構成なしのスイッチング）がリリース１２の基本的な前提であることに留意すると、ｅＮｏｄｅＢは、リリース８　４Ｔｘと、エンハンストコンポーネント（enhanced component）とを交換可能に使用できるべきである（即ち、これらの２つのコンポーネント間のスイッチングは動的であるべきである）。２段フィードバック構造と、特に、Ｗ＝W_1＊W_2構造とのおかげで、このことが、単純かつ自然な方式で実現され得る。エンハンストコンポーネントは、リリース８コードブックを用いて次のように拡大または結合され得る。即ち、

－リリース８　４Ｔｘコードブックは、W_2用のコードブックとして用いられ、W_1＝単位行列と関連され、

－W_1＝単位行列が選択されたことをPMI_1が示す場合、CB_2がオリジナルのリリース８コードブックとして選択され、

－或いは、いくつかの他のW_1をPMI_1が示す場合、W_1およびCB_2が、エンハンストコンポーネントとして選択される。

【００４１】

上記のスイッチング／拡大メカニズムは以下を特徴とする。

－最良の４Ｔｘ　ＭＵ‐ＭＩＭＯコードブックエンハンスメントオポチュニティ。これは、新たなコンポーネントのための最適化の取り組みが、ＳＵ‐ＭＩＭＯパフォーマンス（これは、リリース８　４Ｔｘコードブックによってカバーされる）を考慮する必要なく、ＭＵ‐ＭＩＭＯの改善に集中され得ることが理由である。さらに、リリース８　４Ｔｘコードブックを用いる上記の拡大メカニズムが、新たなコンポーネントのいずれの構造も制約することなく達成され得るので、新たなコンポーネントは「初めから」設計され得る。

－追加の標準化の取り組みなしに、４Ｔｘ　ＳＵ‐ＭＩＭＯのための最良のパフォーマンスを維持すること。これは、リリース８　４Ｔｘコードブックの使用により実現する。リリース８　４Ｔｘコードブックは、いくつかのプリコーダ行列／ベクトルにおける固有のブロック対角構造に部分的に起因して、前述のように、２偏波アレイを含む様々なアンテナおよびチャンネルセットアップにおける競争力のあるパフォーマンスを提供する。

－物理アップリンク共有チャンネル（ＰＵＳＣＨ）モード３－２による、フレキシブルな周波数選択性プリコーディングを達成すること。リリース８コードブックが再利用されず、また、新しいコードブックがＷ＝W_1W_2構造に完全に基づく場合、全てのサブバンドＰＭＩは、広域W_1制約により、同じグリッドオブビーム（ＧｏＢ）に収まる。これは、モード３－２およびシステムパフォーマンスのプリコーディングゲインを必然的に制限する。それどころか、リリース８コードブックを拡大させることにより、全てのリリース８ＰＭＩベクトルは、何ら制約なく、各サブバンド上で独立して用いられ得る。これは、フレキシブルなサブバンドプリコーディングを確実にするために重要である。

【００４２】

W_2のための設計（共位相調整および選択に基づく）は、８Ｔｘコードブック設計に用いられる構造に従う。共位相調整は、２つの偏波グループ間の何らかのフェーズ調整と、

２つのブロック対角２Ｔｘ　ＤＦＴＴｘ　ＤＦＴ行列からの４Ｔｘ　ＤＦＴＴｘ　ＤＦＴベクトルの生成とを可能にする。（グループ）選択動作は、同じサブバンド内のＲＢを横切るビーム角の微調整／調整を可能にし、これにより、周波数選択性プリコーディングゲインが最大化する。

【００４３】

W_2－W_1と結合したもの一におけるビーム選択と共位相調整の組み合わせは、単一のプリコーダ$W=W_1W_2$となるべきである。

【００４４】

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

$$\mathbf{B}=\begin{bmatrix}\mathbf{b}_0 & \mathbf{b}_1 & \cdots & \mathbf{b}_{N-1}\end{bmatrix} \quad , \quad [\mathbf{B}]_{l+m,l+n}=e^{j\frac{2\pi mn}{N}}, \quad m=0,1 \quad n=0,1,\cdots,N-1 \tag{8}$$

$$\mathbf{X}^{(k)}\in\left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_{(N_bk)\bmod N} & \mathbf{b}_{(N_bk+1)\bmod N} & \cdots & \mathbf{b}_{(N_bk+N_b-1)\bmod N}\end{bmatrix}: k=0,\ldots N/N_b-1\right\} \tag{9}$$

【００４５】

ランク－１

一例として、（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，４）と仮定する。

$$\mathbf{W}_1\in C_1=\left\{\mathbf{I}_4,\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)}\end{bmatrix},\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)}\end{bmatrix}\right\} \tag{10}$$

→サイズ３（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）

【００４６】

$W_1=I_4$のとき、$W_2\in C_{2,R8Tx4r1}$であり、ここで$C_{2,R8Tx4r1}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘランク１コードブックを示す。

【００４７】

$$\mathbf{W}_1=\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix}\ (k=0,1)$$

のとき、

$$\mathbf{W}_2\in\mathbf{CB}_2=\left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ \mathbf{Y}\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ j\mathbf{Y}\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -\mathbf{Y}\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -j\mathbf{Y}\end{bmatrix}\right\}, \quad \mathbf{Y}\in\left\{\begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\1\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\0\\1\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\0\\0\\1\end{bmatrix}\right\}$$

である。

【００４８】

この例のためのランク１　ＰＭＩオーバーヘッドを表１に示す。

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

TABLE 1

【００４９】
十分なシステムパフォーマンス向上および合理的なフィードバックオーバーヘッドによって正当化される場合、（Ｎ，Ｎｂ）の他の値も排除されない。
【００５０】
ブロック対角エンハンスメントコンポーネントが、リリース１０　８Ｔｘコードブックのサブセットの部分行列（サブマトリクス）であることに留意されたい。このように、４Ｔｘ　ＧｏＢコンポーネントは、４Ｔｘ　ＭＩＭＯフィードバックのために８Ｔｘコードブックをプルーニングすることによって獲得され得る。これは以下でより詳細に説明される。
【００５１】
Ｎ、Ｎｂは、他の値をとることもできる。例えば、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）の場合である。

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(2)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(2)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(3)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(3)} \end{bmatrix} \right\} \tag{11}$$

→サイズ－５（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）。
【００５２】
$W_1 = I_4$ のとき、$W_2 \in C_{2,R8Tx4r1}$ であり、ここで $C_{2,R8Tx4r1}$ は、W_2 に用いられるリリース８　４Ｔｘランク１コードブックを示す。
【００５３】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \ (k = 0,1,2,3)$$

のとき、

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\}, \quad \mathbf{Y} \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

である。
【００５４】
この例のためのランク１　ＰＭＩオーバーヘッドが表２に示される。

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

TABLE 2

【００５５】
リリース１２　４Ｔｘコードブックがリリース８コードブックを含まないことが、いくつかの実施形態において可能である。この場合、単位行列$Ｉ_{4}$は、$Ｗ_{1}$コードブック$Ｃ_{1}$から取り除かれる。
【００５６】
Ｎ値を（例えば、３２または６４に）増加させることも可能である。しかし、これは、$Ｃ_{1}$コードブックサイズおよびフィードバックオーバーヘッドを増加させ、Ｎｂ個の隣接ビームがカバーし得る角度広がりのスパンを減少させる。
【００５７】
ランク‐２：
一例として、（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，４）だと仮定すると、

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \tag{12}$$

→サイズ３（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）
である。
【００５８】
$Ｗ_{1}＝Ｉ_{4}$のとき、$Ｗ_{2}∈Ｃ_{2,Ｒ８Ｔｘ４ｒ２}$であり、ここで$Ｃ_{2,Ｒ８Ｔｘ４ｒ２}$は、$Ｗ_{2}$に用いられるリリース８　４Ｔｘランク２コードブックを示す。
【００５９】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = 0,1)$$

であるとき、

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} & \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} & -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} & \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} & -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\}, \quad \mathbf{Y} \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

である。
【００６０】
この設計の１つの些細な欠点は、$Ｗ_{2}$オーバーヘッドが一定でなく、$Ｗ_{1}$行列に依存して変化することである。特に、
－$Ｗ_{1}＝Ｉ$の場合、$Ｗ_{2}$オーバーヘッドはサブバンドにつき４ビットであり、
－$Ｗ_{1}$が、ブロック対角コンポーネントに対応する場合、$Ｗ_{2}$オーバーヘッドは、サブバンドにつき３ビットである。

【００６１】
W_1およびW_2が、ＰＵＳＣＨフィードバックモードにおいて共に符号化されるので、W_1／W_2の共同のブラインドデコードがｅＮｏｄｅＢで必要とされ、これは、ｅＮｏｄｅＢの実装の複雑度を増加させる。
【００６２】
１つの解決策として、ランク２プリコーディング行列Ｗにおける２つの列が、１つのグリッドにおいて異なるビームから選択され得る。
【００６３】
一例として、次の設計が可能である。

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (13)$$

→サイズ－３（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）。
【００６４】
$W_1 = W_4$であるとき、$W_2 \in C_{2,R8Tx4R2}$であり、$C_{2,R8Tx4r2}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘランク２コードブックを示す。
【００６５】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = 0,1),$$

であるとき、

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$
$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4), (e_1^4, e_2^4), (e_2^4, e_3^4), (e_1^4, e_4^4), (e_2^4, e_4^4) \right\}$$

であり、

$$e_q^p$$

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

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

として示される、任意の他の（Y_1，Y_2）ペアが同様に適用可能であることに留意すべきであり、ここで、$1 \leqq m \leqq 4$，$1 \leqq n \leqq 4$，$m \neq n$である。
【００６６】
上記の（Y_1，Y_2）ペアのいずれにおいても、括弧［　］内の２つの選択ベクトルが変更され得ることに留意されたい。例えば、

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

は、

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

で置き換えられ得、その結果のコードブックが同等に適用可能である。

【００６７】

ブロック対角エンハンスメントコンポーネントは、リリース１０　８Ｔｘコードブックのサブセットの部分行列であることに留意すべきである。

【００６８】

別の解決策として、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，８）コードブックエンハンスメントを採用することによって解決され得る。

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix} \right\} \quad (14)$$

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

【００６９】

$W_1 = I_4$のとき、$W2 \in C_{2,R8Tx4r2}$であり、ここで$C_{2,R8Tx4r2}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘランク２コードブックを示す。

【００７０】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = 0,1)$$

であるとき、

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} & \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} & -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} & \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} & -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\}, \quad \mathbf{Y} \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

である。

【００７１】

この例のためのランク２　ＰＭＩオーバーヘッドが表３に示される。

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

TABLE 3

【００７２】
あるいは、リリース１２　４Ｔｘコードブックがリリース８コードブックを含まないことも可能である。この場合、単位行列は、W_1コードブックC_1から取り除かれる。
【００７３】
別の可能な設計は、

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(1)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(2)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(2)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(3)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(3)} \end{bmatrix} \right\} \quad (15)$$

→サイズ‐５（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたＲｅｌ－８コードブック）として、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）を使用することである。
【００７４】
$W_1 = I_4$であるとき、$W_2 \in C_{2,R8Tx4r2}$であり、ここで$C_{2,R8Tx4r2}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘランク２コードブックを示す。
【００７５】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = 0,...,3)$$

であるとき、

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$
$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4), (e_1^4, e_2^4), (e_2^4, e_3^4), (e_1^4, e_4^4), (e_2^4, e_4^4) \right\}$$

である。
【００７６】
Ｎの値を（例えば、３２または６４に）増加させることも可能である。しかし、これは、C_1コードブックサイズおよびフィードバックオーバーヘッドを増加させ、Ｎｂ個の隣接ビームがカバーし得る角度広がりのスパンを減少させる。
【００７７】
ランク‐３：
最も単純な解決策は、リリース８コードブックをそのままリリース１２に再利用することである。
$W_1 = I_4$　　（１６）
→サイズ１（リリース８コードブックのみ）。
$W_2 \in C_{2,R8Tx4r3}$であり、ここで、$C_{2,R8Tx4r3}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘランク３コードブックを示す。
【００７８】
（Ｎ，Ｎｂ）構造に基づくエンハンスメントが、十分なパフォーマンス向上によって保証される場合、これはランク１およびランク２に対するものと同様の方式で成され得る。

例えば、（Ｎ，Ｎｂ）＝（４，４）設計に基づき、

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix} \right\} \tag{17}$$

→サイズ２（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）

である。

【００７９】

$W_1 = I_4$ であるとき、$W_2 \in C_{2,R8Tx4r3}$ であり、ここで $C_{2,R8Tx4r3}$ は、W_2 に用いられるリリース８　４Ｔｘランク３コードブックを示す。

【００８０】

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

であるとき、

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

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

であり、ｉ$_2$＝０，…，７に対応する。

【００８１】

W_2 オーバーヘッドを異なるW_1行列に対して一致させるために、ｉ$_2$＝８，…，１５が、エンハンスメントコンポーネントであるW_1行列に対応するW_2（例えば、ブロック対角）のために確保されなければならない。

【００８２】

あるいは、

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

であるとき、

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

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

である。

この場合、Ｗ２オーバーヘッドは、サブバンドにつき４ビットである。

【００８３】

この例のためのランク３　ＰＭＩオーバーヘッドが表４に示される。

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

TABLE 4

【００８４】
リリース１２　４Ｔｘコードブックがリリース８コードブックを含まないことが可能である。この場合、単位行列は、$Ｗ_{1}$コードブック$Ｃ_{1}$から取り除かれる。
【００８５】
上記の（$Ｙ_{1}$，$Ｙ_{2}$）ペアのいずれかにおいて、括弧内の２つの選択ベクトルが変更され得ることに留意されたい。例えば、

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

は、

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

によって置き換えられ得、その結果のコードブックが同等に適用可能である。
【００８６】
リリース１２　４Ｔｘランク３コードブックが、上記で提示されたようなＧｏＢコンポーネントを用いて再設計され、いずれのリリース８　４Ｔｘランク３プリコーディング行列も含まないことは排除されない。
【００８７】
別の代替的なＧｏＢ設計は、（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，８）であり、ここで、

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

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

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

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{\begin{array}{l}(e_1^4,[e_1^4,e_5^4]),(e_2^4,[e_2^4,e_6^4]),(e_3^4,[e_3^4,e_7^4]),(e_4^4,[e_4^4,e_8^4]),\\(e_5^4,[e_1^4,e_5^4]),(e_6^4,[e_2^4,e_6^4]),(e_7^4,[e_3^4,e_7^4]),(e_3^4,[e_4^4,e_8^4]),\\([e_1^4,e_5^4],e_1^4),([e_2^4,e_6^4],e_2^4),([e_3^4,e_7^4],e_3^4),([e_4^4,e_8^4],e_4^4),\\([e_1^4,e_5^4],e_5^4),([e_2^4,e_6^4],e_6^4),([e_3^4,e_7^4],e_7^4),([e_4^4,e_8^4],e_8^4),\end{array}\right\}$$

である。

【００８８】
ランク－４：
最も単純な解決策は、リリース８コードブックをそのままリリース１２のために再利用することである。
$W_1 = I_4$ （１８）
→サイズ１（リリース８コードブックのみ）。
$W_2 \in C_{2,R8Tx4r4}$であり、ここで、$C_{2,r8Tx4r4}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘ　ランク４コードブックを示す。
【００８９】
（Ｎ，Ｎｂ）構造に基づくエンハンスメントが十分なパフォーマンス向上によって保証される場合、これはランク１およびランク２に対するものと同様の方式で成され得る。例えば、（Ｎ，Ｎｂ）＝（４，４）設計に基づいて、

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix} \right\} \tag{19}$$

→サイズ２（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）である。
【００９０】
$W_1 = I_4$であるとき、$W_2 \in C_{2,R8Tx4r4}$であり、ここで$W_2 \in C_{2,R8Tx4r4}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘ　ランク４コードブックを示す。
【００９１】

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

であるとき、

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

であり、ここで、

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

であり、$i_1 = 0, \cdots, 7$に対応する。
【００９２】

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

のために、計８個のW_2行列（$i_2 = 0, \cdots, 7$）があることに留意されたい。W_2オーバーヘッドを全てのW_1にわたって一致させるために、W_2は$i_2 = 8, \cdots, 15$のために確保され得る。
【００９３】
あるいは、次のように（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，８）コードブックを採用するものもある。

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \mathbf{I}_4, \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix} \right\} \tag{20}$$

→サイズ２（ブロック対角ＧｏＢを用いて拡大されたリリース８コードブック）。

【００９４】

$W_1 = I_4$であるとき、$W_2 \in C_{2,R8Tx4r4}$であり、ここで、$W_2 \in C_{2,R8Tx4r4}$は、W_2に用いられるリリース８　４Ｔｘ　ランク４コードブックを示す。

【００９５】

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

のとき、

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

および、

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ \begin{array}{l} ([e_1^8, e_5^8], [e_1^8, e_5^8]), ([e_2^8, e_6^8], [e_2^8, e_6^8]), ([e_3^8, e_7^8], [e_3^8, e_7^8]), ([e_4^8, e_8^8], [e_4^8, e_8^8]), \\ ([e_1^8, e_5^8], [e_2^8, e_6^8]), ([e_1^8, e_5^8], [e_3^8, e_7^8]), ([e_2^8, e_6^8], [e_4^8, e_8^8]), ([e_3^8, e_7^8], [e_4^8, e_8^8]) \end{array} \right\}$$

である。

【００９６】

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

【００９７】

上記のいずれの（Y_1，Y_2）ペアも、

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

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

【００９８】

この例のためのランク４　ＰＭＩオーバーヘッドが表５に示される。

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

TABLE 5

【００９９】

リリース１２　４Ｔｘコードブックが、リリース８コードブックを含まないことが可能である。この場合、単位行列は、W_1コードブックC_1から取り除かれる。

【０１００】

リリース１２　４Ｔｘ　ランク４コードブックが、上記で提示したようにＧｏＢコンポーネントを用いて再設計され、どのリリース８　４Ｔｘランク４プリコーディング行列も

含まないことは排除されない。

【０１０１】

最終的な４Ｔｘコードブックは、ランクｒコードブックを含み、ｒ＝１、２、３、４である。各ランクｒに対し、対応するランクｒコードブックが、ランク１からランク４コードブックについて上述した方法によって構築され得る。他のランクに対し、リリース８コードブックが再利用される一方で、コードブックが或るランクのためにエンハンスされることは排除されない。

【０１０２】

提示されたランク１からランク４コードブックの再構成

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

【０１０３】

ランク１およびランク２

ランク１およびランク２のためのリリース１２　４Ｔｘコードブックが、隣接ビームが重複（オーバーラップ）するＧｏＢフレームワークによって再設計され、かつ、リリース８コードブックを含まない場合、４Ｔｘコードブックは、表６‐１および表６‐２における式によって表され得る。

【０１０４】

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

【０１０５】

量φ_nおよび量v_mは、以下によって表される。

$$\varphi_n = e^{j\pi n/2} \tag{21}$$

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

【０１０６】

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

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

TABLE 6-1

【０１０７】
表６－２は、一実施形態に従った２レイヤＣＳＩレポーティングのためのコードブックを示す。

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

TABLE 6-2

【０１０８】
ランク１およびランク２のためのリリース１２　４Ｔｘコードブックが、ＧｏＢコンポーネントを有する既存のリリース８コードブックを拡大することによって再設計される場合、リリース１２　４Ｔｘコードブックは、表６－３および表６－４のように表され得る。

【０１０９】
表６－３は、一実施形態に従った１レイヤＣＳＩレポーティングのためのコードブックを示す。

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

TABLE 6-3

【０１１０】

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

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

TABLE 6-4

【０１１１】

ランク３およびランク４

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

【０１１２】

表６－５は、一実施形態に従った３レイヤＣＳＩレポーティングのためのコードブックを示す。

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0	$W^{(3)}_{16i_1,16i_1,16i_1+8,0}$	$W^{(3)}_{16i_1,16i_1,16i_1+8,1}$	$W^{(3)}_{16i_1+4,16i_1+4,16i_1+12,0}$	$W^{(3)}_{16i_1+4,16i_1+4,16i_1+12,1}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0	$W^{(3)}_{16i_1+8,16i_1,16i_1+8,0}$	$W^{(3)}_{16i_1+8,16i_1,16i_1+8,1}$	$W^{(3)}_{16i+12_1,16i_1+4,16i_1+12,0}$	$W^{(3)}_{16i_1+12,16i_1+4,16i_1+12,1}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1,0}$	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1,1}$	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1+4,0}$	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1+4,1}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1+8,0}$	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1+8,1}$	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1+12,0}$	$\tilde{W}^{(3)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1+12,1}$
where ここで $W^{(3)}_{m,m',m'',n} = \frac{1}{\sqrt{12}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} & -\varphi_n v_{m''} \end{bmatrix}$, $\tilde{W}^{(3)}_{m,m',m'',n} = \frac{1}{\sqrt{12}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n v_m & \varphi_n v_{m'} & -\varphi_n v_{m''} \end{bmatrix}$				

TABLE 6-5

【０１１３】

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

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0	$W^{(4)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1,16i_1+8,0}$	$W^{(4)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1,16i_1+8,1}$	$W^{(4)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1+4,16i_1+12,0}$	$W^{(4)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1+4,16i_1+12,1}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0	$W^{(4)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1+4,16i_1+12,0}$	$W^{(4)}_{16i_1,16i_1+8,16i_1+4,16i_1+12,1}$	$W^{(4)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1,16i_1+8,0}$	$W^{(4)}_{16i_1+4,16i_1+12,16i_1,16i_1+8,1}$
where ここで $W^{(4)}_{m,m',m'',m''',n} = \frac{1}{\sqrt{16}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} & v_{m'''} \\ \varphi_n v_m & \varphi_n v_{m'} & -\varphi_n v_{m''} & -\varphi_n v_{m'''} \end{bmatrix}$				

TABLE 6-6

【０１１４】

ランク３およびランク３のためのリリース１２　４Ｔｘコードブックが、ＧｏＢコンポーネントを有する既存のリリース８コードブックを拡大することによって再設計される場合、リリース１２　４Ｔｘコードブックは、表６－７および表６－８におけるように表され得る。

【０１１５】

表６－７は、一実施形態に従った３レイヤＣＳＩレポーティングのためのコードブックを示す。

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

TABLE 6-7

【０１１６】

表６－８は、一実施形態に従った４レイヤＣＳＩレポーティングのためのコードブックを示す。

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

TABLE 6-8

【０１１７】
代替的なコードブック設計
上記で提示されたＷ１コードブックＣ１に対し、ＧｏＢコンポーネントは、次のようなブロック対角行列の形式で表される。

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \right\} \tag{23}$$

ここで、重複がないと、

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{(N_b k) \bmod N} & \mathbf{b}_{(N_b k+1) \bmod N} & \cdots & \mathbf{b}_{(N_b k+N_b-1) \bmod N} \end{bmatrix} : k = 0,1,\cdots,\frac{N}{N_b}-1 \right\} \tag{24}$$

であり、重複があると、

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{(N_b k/2) \bmod N} & \mathbf{b}_{(N_b k/2+1) \bmod N} & \cdots & \mathbf{b}_{(N_b k/2+N_b-1) \bmod N} \end{bmatrix} : k = 0,1,\cdots,\frac{2N}{N_b}-1 \right\} \tag{25}$$

である。各Ｘ（ｋ）は、或る到着角および角度広がりをモデル化するＮｂ個の隣接ビームのグループを表す。
【０１１８】
Ｗ１（即ち、Ｘ（ｋ））のブロック対角部分行列が、Ｘ（ｋ）の線形または非線形変換によって置き換えられた場合に代替的な設計が可能であり、例えば、

$$\mathbf{W}_1(n,m,k) \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} f_n\left(\mathbf{X}^{(k)}\right) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m\left(\mathbf{X}^{(k)}\right) \end{bmatrix}, k = 0,... \right\} \tag{26}$$

であり、ここで、ｆｎ（　）、ｇｍ（　）、ｎ＝０，…，ｍ＝０，…、は線形／非線形変換関数である。
【０１１９】
以下の段落において、一例として（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）と仮定して、いくつかのこのような可能な設計を説明するが、その他の（Ｎ，Ｎｂ）値に対する拡張が直接的である。
【０１２０】
リリース１２　４ＴｘコードブックがＧｏＢ構造を用いて再設計され、リリース８　４

Ｔｘコードブックを含まないことも想定される。しかし、リリース８　４Ｔｘを下記で提示された設計によって拡大するのは直接的である。

【０１２１】

例１：ビームシフティング

一実施形態において、

$$\mathbf{W}_1(n,m,k)\in C_1=\left\{\begin{bmatrix} f_n\left(\mathbf{X}^{(k)}\right) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m\left(\mathbf{X}^{(k)}\right)\end{bmatrix},k=0,\ldots\right\}=\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix} \tag{27}$$

である。代替的に、

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

である。

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

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

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

を含むとき、第２の部分行列Ｄ（ｍ）Ｘ（ｋ）は、

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

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

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

に増大し、W_1重複があると、

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

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

【０１２２】

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

【０１２３】
Ｄ（ｍ）行列のサブセットが、コードブックＣ$_1$を構築する際に用いられることは排除されず、ここで、ｍ∈Π、Π⊆｛０，…Ｎ－１｝である。例えば、Π＝｛１｝であるとき、（例えば、垂直偏波アレイ４０２のための）ビームの第２のグリッドにおけるＮｂ個のビームは全て１ビームだけシフトされ、それは、２つの連続するＷ$_1$行列間の重複するビーム（Ｎｂ／２＝２）の数の半分である。別の例として、Π＝｛０，１｝であるとき、Ｎｂ個のビームの第２のグリッドはシフトされない場合もあり、または１ビームだけシフトされ得る。
【０１２４】
別の実施形態において、ビームの第１のグリッドおよび第２のグリッドの両方がシフトされ得る。この例は次のように表される。

$$\mathbf{W}_1(n,m,k)\in C_1=\left\{\begin{bmatrix} f_n\left(\mathbf{X}^{(k)}\right) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & g_m\left(\mathbf{X}^{(k)}\right)\end{bmatrix},k=0,\ldots\right\}=\begin{bmatrix}\mathbf{G}(n)\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}(m)\mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix} \qquad (30)$$

ここで、

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

である。同様に、コードブックＣ$_1$を生成する際に、Ｇ（ｎ）およびＤ（ｍ）行列のサブセットを使用することが可能である。
【０１２５】
例２：ビーム置換（Beam Permutation）
Ｗ$_1$の１つまたは両方の部分行列において、選択されたビームを置換することがさらに可能である。一例として、Ｗ$_1$コードブックは、次のように表される。

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

ここで、Ｐ（ｌ）は，

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

の４×４列置換である。Ｐ（ｌ）の一例は、

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

である。Ｄ（ｍ）Ｘ$^{(k)}$にＰ（ｌ）を乗じることにより、第２の部分行列Ｄ（ｍ）Ｘ$^{(k)}$におけるＮｂ個のビームは、ビームＸ$^{(k)}$の第１のグリッドと共位相調整される前に置換され、Ｗ$_1$コードブックにおけるさらなるダイバーシティゲインをもたらす。
【０１２６】
置換は、Ｗ$_1$の両方の部分行列のために実施され得る。別の例において、Ｗ$_1$コードブックは、次のように表される。

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

(32)

ここで、

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

および

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

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

【０１２７】

例３：位相回転

別の実施形態において、以下である。

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

代替的に、以下である。

$$C_1=\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(k)}\mathbf{D}(m) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix} \quad (34)$$

Ｄ（ｍ）（ｍ＝０，１…Ｎ－１）は、次のように示されるＮｂ×Ｎｂ対角行列である。

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

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

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

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

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

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

$$\frac{2\pi(N_b-1)m}{N} \text{ 度}$$

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

【０１２８】

位相回転行列Ｄ（ｍ）の代替的な式が、次のように与えられる。

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

ここで、Ｎｂ個の位相補正コンポーネント

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

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

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

の値を取り得る。

【０１２９】

ビームシフティング、ビーム置換、および／または位相回転スキームの組合せが、W_1コードブックを構築する際に用いられ得ることがさらに理解されよう。

【０１３０】

４Ｔｘ　ＭＩＭＯのための８Ｔｘコードブックのプルーニング

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

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

－各広帯域W_1行列は、或るＡｏＤおよび角度広がりをカバーするためにＮｂ個の隣接ＤＦＴビームを含み、

－狭帯域W_2は、ビーム選択および共位相調整を実施する。

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

【０１３１】

このプルーニングを説明するために、リリース１０　８Ｔｘコードブックは、次のように表される。

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

ここで、

$$C^{(8)}=\left\{\mathbf{W}^{(8)}\right\},\ C_1^{(8)}=\left\{\mathbf{W}_1^{(8)}\right\}\ \text{and}\ C_2^{(8)}=\left\{\mathbf{W}_2^{(8)}\right\}$$

および

$$C_2^{(8)}=\left\{\mathbf{W}_2^{(8)}\right\}$$

は、第１および第２のコードブックである。続いて、４Ｔｘ　ＧｏＢコードブックは、

$$C^{(4)}==\left\{\mathbf{W}^{(4)}\right\}=C_1^{(4)}\times C_2^{(4)},\qquad(37)$$

と記すことができ、ここで、Ｃ（４）＝｛Ｗ（４）｝⊆｛Ｗ（８）［（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４），；］｝であり、かつ、$^{8\times R}$行列^{H}について、

$$\mathbf{H}_{(n_i,:)}$$

は、^{H}のｎｉ番目の行を示し、

$$\mathbf{H}_{[(n1,n2,n3,n4),:]}=\begin{pmatrix}\mathbf{H}_{(n1,:)}\\ \mathbf{H}_{(n2,:)}\\ \mathbf{H}_{(n3,:)}\\ \mathbf{H}_{(n4,:)}\end{pmatrix},$$

であり、（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）は、コードブックプルーニングのための行選択ベクトルである。

【０１３２】

上記で提示された４Ｔｘ　ＧｏＢコードブックは、リリース１０　８Ｔｘコードブックからプルーニングされ得る。本願では次の注釈を使用する。

i_1^4：4Txのための第1のプリコーダW_1のインデックス

i_2^4：4Txのための第2のプリコーダW_2のインデックス

i_1^8：8Txのための第1のプリコーダW_1のインデックス

i_2^8：8Txのための第2のプリコーダW_2のインデックス

このように、各８ＴｘプリコーディングＷ行列

$$\mathbf{W}^{(8)}=\mathbf{W}_1^{(8)}\mathbf{W}_2^{(8)}$$

は、８Ｔｘコードブックインデックス

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

のペアによって示され、各４ＴｘプリコーディングＷ行列

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

は、４Ｔｘコードブックインデックス

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

のペアによって示される。

【０１３３】

ランク１

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（Ｎ，Ｎｂ）４Ｔｘ　ＧｏＢコードブック（ここで、Ｎ＜＝３２、Ｎｂ＝４である）では、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、

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

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

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

である。

【０１３４】

より詳細には以下である。

【０１３５】

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

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

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

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

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

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

TABLE 7

【０１３６】

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表８に記す通り、

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

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

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

TABLE 8

【０１３７】

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（３２，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４ＴｘプリコーディングＲＩ行列は、表９に記す通り、

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

により示される、対応する８ＴｘランクＲ１プリコーディングＲＩ行列からプルーニングされ得る。

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

TABLE 9

【０１３８】

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

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

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

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

のペアにより示される、対応する８ＴｘランクＲ１プリコーディングＲＩ行列からプルーニングされ得、ここで、

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

である。

【０１３９】

より詳細には、下記である。

【０１４０】

重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，４）４Ｔｘコードブックでは、

(i_1^4, i_2^4)

により示される各４ＴｘプリコーディングＲＩ行列は、表１０に記す通り、

(i_1^8, i_2^8)

により示される、対応する８ＴｘランクＲ１プリコーディング行列からプルーニングされ得る。

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

TABLE 10

【０１４１】

重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）４ＴｘコードブックではＲＩ、

(i_1^4, i_2^4)

により示される各４ＴｘプリコーディングＲＩ行列は、表１１に記す通り、

(i_1^8, i_2^8)

により示される、対応する８ＴｘランクＲ１プリコーディング行列からプルーニングされ得る。

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

TABLE 11

【０１４２】

重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（３２，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１２に記す通り、

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

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

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

TABLE 12

【０１４３】

ランク‐２

例示的コードブック１

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

$$\mathbf{W}_1=\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix}, \tag{38}$$

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

$$\mathbf{W}_2\in\mathbf{CB}_2=\left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2\\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2\end{bmatrix},\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2\\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2\end{bmatrix}\right\}, \tag{39}$$

ここで、

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

である。

【０１４４】

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（Ｎ，Ｎｂ）４Ｔｘ　ＧｏＢコードブック（ここで、Ｎ＜＝３２、Ｎｂ＝４である）では、４Ｔｘコードブックインデックス

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

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

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

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

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

である。

【０１４５】

より詳細には、下記である。

【０１４６】

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１３に記す通り、

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

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

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

TABLE 13

【０１４７】

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１４に記す通り、

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

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

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

TABLE 14

【０１４８】

重複ビームを有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（３２，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１５に記す通り、

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

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

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

TABLE 15

【０１４９】
重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（Ｎ，Ｎｂ）４Ｔｘコードブック（ここで、Ｎ＜＝３２、Ｎｂ＝４である）では、４Ｔｘコードブックインデックス

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

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

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

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

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

である。
【０１５０】
より詳細には下記である。
【０１５１】
重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（８，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１６に記す通り、

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

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

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

TABLE 16

【０１５２】
重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（１６，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１７に記す通り、

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

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

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

TABLE 17

【０１５３】
重複ビームのない、（Ｎ，Ｎｂ）＝（３２，４）４Ｔｘコードブックでは、

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

により示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１８に記す通り、

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

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

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

TABLE 18

例示的なコードブック２

【０１５４】
このセクションでは、以下の４Ｔｘ　ＧｏＢコードブックを想定し、ここで、W_2コードブックはサイズ１６である。

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix}, \quad (40)$$

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

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \quad (41)$$

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

【０１５５】

このような４Ｔｘコードブックは、８Ｔｘオーバーサンプリングレートと同等の、オーバーサンプリングレートがＮ＝３２という場合を除いて、８Ｔｘコードブックから完全にはプルーニングされ得ない。この場合、４Ｔｘに対しＷ$_1$重複があるとき、４Ｔｘコードブックインデックス

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

のペアにより示される各４Ｔｘプリコーディング行列は、表１９に示す通り、８Ｔｘコードブックインデックス

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

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

$$i_1^4 = i_1^8,\ i_1^4 = 0, \ldots 15, \quad i_2^4 = i_2^8,\ i_2^4 = 0, .., 15$$

である。

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

TABLE 19

【０１５６】

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

(i_1^4, i_2^4)

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

(i_1^8, i_2^8)

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

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

である。

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

TABLE 20

【０１５７】

ランク－３

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

$$\mathbf{B}=\begin{bmatrix}\mathbf{b}_0 & \mathbf{b}_1 & \cdots & \mathbf{b}_{15}\end{bmatrix}\quad,\quad [\mathbf{B}]_{1+m,1+n}=e^{j\frac{2\pi mn}{16}},\quad m=0,1,2,3,\ n=0,1,\cdots,15$$

$$\mathbf{X}^{(k)}\in\left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_{4k \bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+1)\bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+2)\bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+3)\bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+4)\bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+5)\bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+6)\bmod 32} & \mathbf{b}_{(4k+7)\bmod 32}\end{bmatrix}\right\}_{k=0,..3}$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)}=\begin{bmatrix}\mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)}\end{bmatrix},\text{Codebook 1:}\quad C_1=\left\{\mathbf{W}_1^{(0)},\mathbf{W}_1^{(1)},\mathbf{W}_1^{(2)},\mathbf{W}_1^{(3)}\right\} \tag{42}$$

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

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{\begin{matrix}(e_1^4,[e_1^4,e_5^4]),(e_2^4,[e_2^4,e_6^4]),(e_3^4,[e_3^4,e_7^4]),(e_4^4,[e_4^4,e_8^4]),\\ (e_5^4,[e_1^4,e_5^4]),(e_6^4,[e_2^4,e_6^4]),(e_7^4,[e_3^4,e_7^4]),(e_3^4,[e_4^4,e_8^4]),\\ ([e_1^4,e_5^4],e_1^4),([e_2^4,e_6^4],e_2^4),([e_3^4,e_7^4],e_3^4),([e_4^4,e_8^4],e_4^4),\\ ([e_1^4,e_5^4],e_5^4),([e_2^4,e_6^4],e_6^4),([e_3^4,e_7^4],e_7^4),([e_4^4,e_8^4],e_8^4),\end{matrix}\right\}. \tag{44}$$

である。

【０１５８】

各ランク３　８Ｔｘプリコーディング行列の列ベクトルは、ランク３　８Ｔｘプリコーディング行列がユニタリー制約（unitary constraint）を確実に満たすために、精密にサンプルされた（例えばサンプリングレート４）４Ｔｘ　ＤＦＴベクトルを含む。４Ｔｘでは、ユニタリー制約を達成するために、各ランク３　４Ｔｘプリコーディング行列の列ベクトルは、精密にサンプルされた（例えば、サンプリングレート２）２Ｔｘ　ＤＦＴベクトルを含まなければならない。このように、いずれの４Ｔｘ　ＧｏＢ行列の列ベクトルも常に、８Ｔｘコードブックの異なるW_1行列にわたり、８Ｔｘコードブックをプルーニングすることによってランク３　４Ｔｘコードブックを構築することを不可能させる。

【０１５９】

しかしながら、ランク３　４Ｔｘ　ＧｏＢコンポーネントは、ランク６　８Ｔｘコードブックからプルーニングされ得、ここで、

$$C^{(4)}=\left\{\mathbf{W}^{(4)}\right\}_{rank3}\subseteq\left\{\mathbf{W}^{(8)}_{[(n1,n2,n3,n4),(m1,m2,m3)]}\right\}_{rank6} \tag{45}$$

であり、例えば、コードブックインデックス

$$\left(i_1^8,i_2^8\right)$$

のペアに対応するランク６　８Ｔｘプリコーディング行列の（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）番目の行および（ｍ１，ｍ２，ｍ３）番目の列は、コードブックインデックス

$$\left(i_1^4,i_2^4\right)$$

のペアに対応する４Ｔｘプリコーディング行列を構築するために用いられる。

【０１６０】

例えば、（Ｎ，Ｎｂ）＝（４，４）ＧｏＢコードブックでは、表２１に示すプルーニングが可能である。

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

TABLE 21

【０１６１】

列選択方法（ｍ１，ｍ２，ｍ３）は、４Ｔｘ　ＧｏＢプリコーディング行列に依存し得ることに留意されたい。例えば、以下である。

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{(e_1^4,[e_1^4,e_3^4])\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3)=(1,2,6) \quad (46)$$

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{(e_3^4,[e_1^4,e_3^4])\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3)=(5,2,6) \quad (47)$$

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{([e_1^4,e_3^4],e_1^4)\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3)=(1,5,2) \quad (48)$$

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{([e_1^4,e_3^4],e_3^4)\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3)=(1,5,6) \quad (49)$$

【０１６２】

ランク‐４

同様に、ランク４　４Ｔｘ　ＧｏＢコンポーネントは、ランク４　８Ｔｘコードブックからプルーニングされ得ない。しかしながら、ランク４　４Ｔｘ　ＧｏＢコンポーネントは、ランク８　８Ｔｘコードブックからプルーニングされ得、ここで、

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

であり、例えば、コードブックインデックス

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

のペアに対応する、ランク８　８Ｔｘプリコーディング行列の（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）番目の行および（ｍ１，ｍ２，ｍ３）番目の列は、コードブックインデックス

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

のペアに対応する４Ｔｘプリコーディング行列を構築するために用いられる。例えば、（Ｎ，Ｎｂ）＝（４，４）ＧｏＢコードブックでは、表２２に示すプルーニングが可能である。

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

TABLE 22

【０１６３】

列選択方法（ｍ１，ｍ２，ｍ３，ｍ４）は、４Ｔｘ　ＧｏＢプリコーディング行列に依存し得ることに留意されたい。例えば、以下である。

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{([e_1^4,e_3^4],[e_1^4,e_3^4])\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3,m4)=(1,5,2,6) \quad (51)$$

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{([e_2^4,e_4^4],[e_2^4,e_4^4])\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3,m4)=(3,7,4,8) \quad (52)$$

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{([e_1^4,e_3^4],[e_2^4,e_4^4])\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3,m4)=(1,5,4,8) \quad (53)$$

$$(\mathbf{Y}_1,\mathbf{Y}_2)\in\left\{([e_2^4,e_4^4],[e_1^4,e_3^4],)\right\}\Rightarrow(m1,m2,m3,m4)=(3,7,2,6) \quad (54)$$

【０１６４】

プルーニングのための行選択ベクトル（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）

一実施形態では、行選択ベクトル（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）は、仕様においてハードコード／固定され、かつ、ＵＥへシグナリングされない。図５は、８Ｔｘアレイにおけるアンテナペアをプルーニングするために行選択ベクトルを用いる一例を示す。８個のアンテナ１～８が４つの交差偏波ペア５０１～５０４に配置される。行選択ベクトル（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）＝［１，２，５，６］を用いて、４Ｔｘデプロイメント５０６のために、８ＴｘアレイＴ５０５から、２つの交差偏波アンテナペア５０１、５０２をプルーニングする。

【０１６５】

別の実施形態において、行選択ベクトル（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）は、ＵＥに対し半静的な無線リソース制御（ＲＣＣ：radio resource control）構成され得、ＵＥによって異なってもよい。ＲＣＣシグナリング（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）には複数の可能な方法がある。

【０１６６】

例１

４Ｔｘ　ＭＩＭＯシステム（ｋ＝１、２、３、４）のｋ番目のアンテナポートのために、ｅＮｏｄｅＢは、８Ｔｘ　ＭＩＭＯシステムにおいて対応する仮想アンテナポートインデックスn_kにシグナリングする。これは、ｌｏｇ２（８）×４＝１２ビットのシグナリングオーバーヘッドを必要とする。

【０１６７】

例２

８アンテナポートシステムから４アンテナポートを選択する、合計

$$C_4^8=70$$

の方法があるとき、アンテナ選択ベクトル（ｎ１，ｎ２，ｎ３，ｎ４）の組合せインデックスをシグナリングするためにｌｏｇ２（７０）＝７ビットが用いられる。これは、５ビットのオーバーヘッド節減を達成する。

【０１６８】
候補アンテナ選択ベクトル｛（n_1, n_2, n_3, n_4）｝のセットをダウンサイズすることがさらに可能であり、これは、ＲＲＣシグナリングオーバーヘッドをさらに減少し得る。例えば、ｅＮｏｄｅＢは、（n_1, n_2, n_3, n_4）＝［１，２，５，６］または（n_1, n_2, n_3, n_4）＝［１，４，５，８］を仮定するためにＵＥを構成するために１ビットを用い得る。（n_1, n_2, n_3, n_4）＝［１，４，５，６］を用いて、２つの隣接する交差偏波アンテナペアが構成され、これは、アンテナ間隔の小さな４Ｔｘ交差偏波アンテナをモデル化する。（n_1, n_2, n_3, n_4）＝［１，４，５，８］を用いて、アンテナ間隔の大きな２つのアンテナペアがモデル化される。間隔の大きな２つの別個のアンテナレードームが４Ｔｘ　ＭＩＭＯのために用いられる、ＧＳＭ／ＨＳＰＡ／ＬＴＥスペクトルファーミング制限に起因して、アンテナ間隔を広く設ける必要のあるいくつかのワイヤレスオペレータにとって、これは重要であり得る。
【０１６９】
ＵＥが複数のＣＳＩ-ＲＳリソースを有して構成される伝送モード１０において構成されるＵＥでは、行選択ベクトル（n_1, n_2, n_3, n_4）は、各４Ｔｘ　ＣＳＩ-ＲＳリソースに対し個別に構成され得る。
【０１７０】
８Ｔｘプルーニングからの４Ｔｘコードブックの例
ランク１、２、３、４Ｔｘ　ＧｏＢコードブックに対して上記で提示された方法を用いて、４Ｔｘコードブックの一例は以下のように要約される。
【０１７１】
リリース１２エンハンスメントは、ダブルコードブック（ＤＣＢ）コンポーネントを有するリリース８コードブックを拡大することによって達成される。
－コンポーネント１（リリース８）：W_1＝単位行列、リリース８コードブックから選択されたＷ２、
－コンポーネント２（ＤＣＢ）：…プルーニングされたリリース１０　８Ｔｘコードブック、
は、８Ｔｘプリコーディング行列（即ち、８Ｔｘ行列のサブセット）からの８つの行から４つの行を選択する。
ランク１：
コンポーネント１：リリース８

$$W_1 = I_4, \tag{55}$$

$$\mathbf{W}_2 \in C_{2,R8-4Tx-R1} \tag{56}$$

コンポーネント２：ＤＣＢ：
W_1：i_1＝０，…１５であり、各W_1は、（i_1）番目の８Ｔｘ　W_1コードブックの（１，２，５，６）番目の行である。
W_2：i_2＝０，…１５であり、８Ｔｘ　W_2コードブックと同じである。
注：４Ｔｘ　ＤＣＢコンポーネントは、８Ｔｘ　ＤＣＢコードブックの（１，２，５，６）番目の行である。これは、隣接するW_1重複を有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（３２，４）コードブックと等しい。
ランク２：
コンポーネント１：リリース８

$$W_1 = I_4, \tag{57}$$

$$\mathbf{W}_2 \in C_{2,R8-4Tx-R2} \tag{58}$$

コンポーネント２：ＤＣＢ：
W_1：i_1＝０，…１５であり、各W_1は、（i_1）番目の８Ｔｘ　W_1コードブック

の（１，２，５，６）番目の行である。
W_2：i_2＝０，…１５であり、８Ｔｘ W_2コードブックと同じである。
注：４Ｔｘ ＤＣＢコンポーネントは、８Ｔｘ ＤＣＢコードブックの（１，２，５，６）番目の行である。これは、隣接するW_1重複を有する、（Ｎ，Ｎｂ）＝（３２，４）コードブックと等しい。
【０１７２】
ランク３／ランク４：
リリース８コードブックを再利用する。
【０１７３】
４Ｔｘコードブックのさらなるエンハンスメント
【０１７４】
上記で提示されたいずれのコードブックも、さらに４Ｔｘプリコーディング行列を加えることによっていっそう拡張され得る。上記のセクションでは、リリース８ ４Ｔｘコードブックが、$W=W_1W_2$の形でリリース１２ ４Ｔｘコードブックにおいて承継され、ここで、W_1は、４×４単位行列であり、W_2はリリース８ コードブックから取得されることに留意されたい。この設計の拡張が可能であり、W_1コードブックは、４×４単位行列I_4を含むだけでなく、他のサイズの４×４行列も含む。拡張の一例は、W_1コードブックが対角行列のセットを含む場合であり、この場合、各対角エレメントは、W_2行列の各行のための位相回転を実施する。
【０１７５】
この設計原理に従って、さらに拡張された４Ｔｘコードブックの一例を以下に記す。
ランク－１／ランク－２

$$C_1=\left\{\mathbf{W}_1^{(0)},\mathbf{W}_1^{(1)},\mathbf{W}_1^{(2)},\cdots,\mathbf{W}_1^{N-1}\right\}, \tag{59}$$

【０１７６】
i_1＝０，…，Ｎ／２－１の場合、

$$\mathbf{W}_1^{(0)},\mathbf{W}_1^{(1)},\mathbf{W}_1^{(2)}\ \cdots\ \mathbf{W}_1^{(N/2-1)}$$

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

$$i_1=0,\ \mathbf{W}_1^{(0)}=\mathbf{I}_4$$

の場合である。これにより、リリース８コードブックは、リリース１２において変更なく再利用され得る。
【０１７７】
i_1＝（Ｎ／２），…，Ｎ－１の場合、

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

は、ダブルコードブック構造を考慮して設計されたブロック対角行列である。この場合、W_1およびW_2は、上記セクションで提示されたＤＣＢコードブックコンポーネントの任意のものを用い得る。一例として、W_1／W_2は８Ｔｘコードブックからプルーニングされ得、ここで、Ｎ＝３２であり、W_1：i_1＝１６，…３１であり、各W_1は、（i_1－１５）番目の８Ｔｘ W_1行列の（１，２，５，６）番目の行であり、W_2：i_2＝０，…１５であり、８Ｔｘ W_2コードブックと同じである。
【０１７８】
ここでは、W_1オーバーヘッドは、サブバンドにつき５ビットであり、W_2オーバーヘ

ッドは４ビットである。

【０１７９】

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

【０１８０】

ランク‐２の代替設計

上記で提示されたＧｏＢ設計は、各W_1行列が、隣接するＤＦＴビームのグループを含むと仮定した。各W_1グリッドにおけるビームは必ずしも隣接しておらず、これにより、他の設計が可能となることに留意されたい。このセクションでは、W_1における非隣接ビームを有する例示的なランク２設計を提示する。

【０１８１】

注釈を思い起こすために、

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

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

【０１８２】

代替設計１

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

として表される、Ｎ回オーバーサンプリングされた２×１　ＤＦＴビームが、

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

と直交することに留意されたい。それゆえ、各W_1グリッドは、

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

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

として表される、２つの直交ＤＦＴビームを含み得る。

【０１８３】

W_2コードブックは、例えば、

$$\mathrm{W}_2 = C_2 = \Omega \circ \left\{ \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ e_1 & e_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ e_1 & -e_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ -e_1 & e_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e_1 & e_2 \\ -e_1 & -e_2 \end{pmatrix} \right\} \tag{63}$$

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

$$e_i^2$$

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

$$\Omega=\left\{\begin{pmatrix}\mathbf{I}_2 & \\ & e^{j2\pi k/N}\mathbf{I}_2\end{pmatrix}\right\}_{k=\Xi} \tag{64}$$

は、共位相調整を実施する対角行列である。

【０１８４】

一例として、

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

であり、この結果、４ビットのＷ$_2$コードブックとなる。これに応じて、各

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

、ｋ＝ｌ＝ｉ$_1$のために、対応する１６個の合成行列

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

は、表２３に示すように表される。

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

TABLE 23

【０１８５】

$\mathbf{W}_{i_1,i_2}, i_2 = 4,...,7$

は

$$\mathbf{W}_{i_1,i_2}, i_2 = 0,...,3$$

と同一であり、

$$\mathbf{W}_{i_1,i_2}, i_2 = 12,...,15$$

は、

$$\mathbf{W}_{i_1,i_2}, i_2 = 8,...,11$$

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

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

であり、複合プリコーダ

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_{i_1,i_2}$$

は、表２４に示す値によって与えられる。

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

TABLE 24

【０１８６】

他の共位相調整方法Ωが可能であり、例えば、

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

であることに留意されたい。

【０１８７】

この場合、W_2コードブックサイズは４ビットである。

【０１８８】

一般化（Generalization）

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

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \right\}, i_1 = k = 0,...2N/N_b - 1 \quad (68)$$

$$\text{-> size } N/2$$

として表され得る。

【０１８９】

i_2＝０，…，７の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{(N_b k/2) \bmod N} & \mathbf{b}_{(N_b k/2+1) \bmod N} & \cdots & \mathbf{b}_{(N_b k/2+N_b-1) \bmod N} \end{bmatrix} \quad (69)$$

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

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

である。

【０１９０】

i_2＝８，…，１５の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{(k-N/2) \bmod N}, \mathbf{b}_{k \bmod N} \end{bmatrix} \quad (72)$$

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

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

である。

【０１９１】

W_1オーバーヘッドは、ｌｏｇ２（Ｎ／２）＝３ビットであり、W_2オーバーヘッドは４ビットである。

【０１９２】

組み合されたコードブックは、以下のように再表現され得ることに留意されたい。

$$\mathbf{W}_1 \in C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(0)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(0)} \end{bmatrix}, \ldots \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(N-1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(N-1)} \end{bmatrix} \right\} \tag{75}$$

→ size N

【０１９３】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = i_1 = 0, \ldots N/2 - 1): \tag{76}$$

の場合、

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

$$\mathbf{W}_2 \in \mathbf{CB}_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \tag{78}$$

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

である。

【０１９４】

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} (k = i_1 = \frac{N}{2}, \ldots, N-1): \tag{80}$$

の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = \left[\mathbf{b}_{(k-N/2) \bmod N}, \mathbf{b}_{k \bmod N} \right] \tag{81}$$

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

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

である。

【０１９５】

この場合、W_1オーバーヘッドは、ｌｏｇ２（Ｎ）＝４ビットであり、W_2オーバーヘッドは３ビットである。

【０１９６】

別の可能な組合せの設計は、

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

→ size N

である。

【０１９７】

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

の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{(N_b k/2) \bmod N} & \mathbf{b}_{(N_b k/2+1) \bmod N} & \cdots & \mathbf{b}_{(N_b k/2+N_b-1) \bmod N} \end{bmatrix} \quad (86)$$

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

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (e_1^4, e_1^4), (e_2^4, e_2^4), (e_3^4, e_3^4), (e_4^4, e_4^4), (e_1^4, e_2^4), (e_2^4, e_3^4), (e_1^4, e_4^4), (e_2^4, e_4^4) \right\} \quad (88)$$

である。

【０１９８】

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

の場合、

$$\mathbf{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{(k-N/2) \bmod N}, \mathbf{b}_{k \bmod N} \end{bmatrix} \quad (90)$$

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

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

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

である。

【０１９９】

W_1オーバーヘッドは、ｌｏｇ２（Ｎ）＝４ビットであり、W_2オーバーヘッドは４ビットである。

【０２００】

リリース１２におけるリリース８コードブックの承継

W_2のためのリリース８プリコーダの使用

これ以前のセクションにおいて説明したように、リリース１２コードブックのために、リリース８コードブックをサブセットとして承継することが可能である。これは、リリース８　４Ｔｘプリコーダを、W_1＝４×４単位行列I_4と関連するW_2のためのコードブックとして用いることによって達成され得る。これは、ランク１からランク４に対して適

用可能であり、ここでサブバンドW_2オーバーヘッドはサブバンドにつき４ビットである。

【０２０１】

リリース８プリコーダをＮ個のグループに分割することも可能であり、ここで、各グループは、異なるW_2コードブックを形成する１６／Ｎリリース８プリコーダを有する。各W_2コードブックに対し、W_1行列は、４×４単位行列に等しい。サブバンドW_2オーバーヘッドは、それゆえ、ｌｏｇ２（１６／Ｎ）ビットに削減される。

【０２０２】

例えば、以下である。

－リリース８コードブックは、２つのW_1行列、例えば、

$$W_1^k = \mathbf{I}_4, \mathrm{k} = 0, 1$$

に対応する、リリース１２コードブックにおいて承継される。

$$W_1^0$$

のために、W_2コードブックは、最初の８個のリリース８プリコーダを含む。

$$W_1^1$$

のために、W_2コードブックは、最後の８個のリリース８プリコーダを含む。

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

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

【０２０３】

リリース８を用いるW_1および列選択を用いるW_2の構築

リリース８プリコーダを用いてW_1行列を構築することによって、また、列選択行列を用いてW_2コードブックを構築することによって、リリース１２におけるリリース８コードブックを承継することがさらに可能である。

【０２０４】

例えば、以下である。

－ランク１について、W_1は、リリース８ランク１ベクトルの全てまたはサブセットを含む。W_1のサイズは、４×Ｌによって与えられ、ここで、１＜＝Ｌ＜＝１６は、W_1に含まれるランク１リリース８コードブックベクトルの数である。W_2コードブックは、Ｌ列選択ベクトル［e_1，e_2，…e_L］を含み、ここで、e_iは、１に等しいｉ番目のエントリを除いて、全てのゼロエントリのＬ×１ベクトルである。

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

$$\mathrm{W}_1 = \left[W_{s(0)}^{\mathrm{Re}l.8-rank-r} \quad W_{s(1)}^{\mathrm{Re}l.8-rank-r} \quad .. \quad W_{s(L-1)}^{\mathrm{Re}l.8-rank-r} \right] \tag{93}$$

ここで、

$$W_{s(l)}^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}$$

は、ｓ（ｌ）番目のリリース８プリコーダである。W_1のサイズは４×ｒＬであり、ここで、１＜＝Ｌ＜＝１６は、W_1におけるランクｒリリース８コードブック行列の数である。W_2コードブックはＬ列選択行列を含み、ここで、ｌ番目のW_2行列（１＜＝ｌ＜＝Ｌ

）は、

$$W2=\begin{bmatrix}\mathbf{0}_{r(l-1)\times r}\\ \mathbf{I}_{r\times r}\\ \mathbf{0}_{r(L-l)\times r}\end{bmatrix} \tag{94}$$

である。

【０２０５】

代替として、Ｗ$_1$行列は、ブロック対角方式で構築され得る。

【０２０６】

例えば、ランク１については、

$$\mathrm{W}_1=\begin{bmatrix}A & 0\\ 0 & B\end{bmatrix}, \tag{95}$$

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

【０２０７】

Ｗ２行列は、

$$W_2^k=\begin{bmatrix}e_k & 0\\ 0 & e_k\end{bmatrix}, \mathrm{k}=1,\ldots,16, \tag{96}$$

の形で表され得、ここで、ｅ$_k$は１６×１６単位行列のｋ番目の列である。

【０２０８】

ランクｒについて、ｒ＝２，…，４、即ち、

$$\mathrm{W}_1=\begin{bmatrix}A & 0\\ 0 & B\end{bmatrix}, \tag{97}$$

であり、ここでＡおよびＢは、２×１６ｒのサイズのものであり、

$$A=\left[W_1^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}\quad W_2^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}\quad ..\quad W_{16}^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}\right]_{(1:2)}$$

であり、Ｐ$_{（１：２）}$は、行列Ｐの第１の行および第２の行であり、

$$B=\left[W_1^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}\quad W_2^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}\quad ..\quad W_{16}^{\mathrm{Re}l.8-rank-r}\right]_{(3:4)}$$

であり、Ｐ$_{（３：４）}$は、行列Ｐの第３の行および第４の行である。

【０２０９】

Ｗ$_2$コードブックについて、

$$W_2^k=\begin{bmatrix}e_k & 0\\ 0 & e_k\end{bmatrix}, \mathrm{k}=1,\ldots 16, \tag{98}$$

であり、ここで、

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

である。

【０２１０】

ＬＴＥのための４Ｔｘコードブックエンハンスメント

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

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

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

【０２１１】

ランク１／ランク２

ランク１／ランク２コードブックに対し、以下の２つの代案が可能である。

【０２１２】

代案１

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

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_0 & \mathbf{b}_1 & \cdots & \mathbf{b}_{31} \end{bmatrix}, \quad [\mathbf{B}]_{l+m,l+n} = e^{j\frac{2\pi mn}{32}}, \quad m = 0,\ldots\tfrac{N_t}{2}-1,\ n = 0,1,\cdots,31 \qquad (99)$$

$$\mathbf{X}^{(k)} \in \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{2k \bmod 32} & \mathbf{b}_{(2k+1) \bmod 32} & \mathbf{b}_{(2k+2) \bmod 32} & \mathbf{b}_{(2k+3) \bmod 32} \end{bmatrix} : k = 0,1,\cdots,15 \right\} \qquad (100)$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}^{(k)} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}^{(k)} \end{bmatrix} \qquad (101)$$

$$\text{Codebook1:} \quad C_1 = \left\{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \cdots, \mathbf{W}_1^{(15)} \right\} \qquad (102)$$

ランク１：（４ビット）

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\} \qquad (103)$$

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

ランク２：（４ビット）

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} \tag{105}$$

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

【０２１３】

ランク２：（３ビット）

ランク２について、（３ビット）W_2が好ましい場合、（Ｙ１，Ｙ２）は

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_1), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_4) \right\}. \tag{107}$$

に変更され得る。各Ｗ１行列は、１セットの隣接するＤＦＴビームによって構築され、狭い範囲の発射角／到来角をカバーする。基本的考察は、W_1行列に基づいた広帯域／ロングタームチャンネルのフィードバックに基づき、適切に設計されたＣ１コードブックにおけるフィードバックされたＷ１行列は、十分な正確性をもって、広帯域ＡｏＡ（到来角）／ＡｏＤ（発射角）を反射可能とするべきである。例えば、セルラー通信システムにおける最もマクロな基地局は、セルタワー上に高架にされ、ＵＥへの直接的な見通し線を有し得るものとされ、そこでは、ＵＥへの入力する無線信号の角度は小さな範囲内にある。従って、隣接ビームのセットを含む広帯域Ｗ１は、広帯域上の入力する無線信号の範囲をカバーするために用いられ得、一方で、狭帯域Ｗ２コードブックは、各サブバンド上の特定のビームを選択するために用いられ得る。このW_1設計は、狭い間隔のアンテナ、十分な見通し線を備える伝搬チャンネル、および完全に較正された基地局アンテナを有する、マクロな基地局に特に適している。

【０２１４】

代案２

ランク１／２コードブックが２つの構成要素を含み、W_1構造は各構成要素において異なる。最初の８つのW_1行列について、Ｘｎは、Ｎ＝１６のオーバーサンプリングレートを有する４つの隣接したＤＦＴビームを含む。最後の８つのW_1行列について、Ｘｎは、［０，３６０］の到来角度の部分空間（angle of arrival subspace）を均一にサンプリングする、４つの分散型非隣接ＤＦＴビームを含む。これは、より広い角伝搬範囲を提供し、大規模なタイミング不整合誤差に有用であり得る。

【０２１５】

それゆえ、W_1コードブックは、以下により与えられ得る。

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

$$\mathbf{X}^{(i_1)} \in \left\{ \left[\mathbf{b}_{2i_1 \bmod 16} \quad \mathbf{b}_{(2i_1+1) \bmod 16} \quad \mathbf{b}_{(2i_1+2) \bmod 16} \quad \mathbf{b}_{(2i_1+3) \bmod 16} \right] \right\}, \tag{108}$$

$$\mathbf{b}_n(m+1) = e^{j\frac{2\pi mn}{16}}, n = 0,1,\cdots,15 \quad , \mathrm{m} = 0,.1 \tag{109}$$

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

$$\mathbf{X}^{(i_1)} \in \left\{ \left[\mathbf{b}_{(i_1-8) \bmod 32} \quad \mathbf{b}_{(i_1-8)+8 \bmod 32} \quad \mathbf{b}_{(i_1-8)+16 \bmod 32} \quad \mathbf{b}_{(i_1-8)+24 \bmod 32} \right] \right\}, \tag{110}$$

$$\mathbf{b}_n(m+1) = e^{j\frac{2\pi mn}{32}}, n = 0,1,\cdots,31, \mathrm{m} = 0,.1 \tag{111}$$

【０２１６】

見ての通り、最後の８つのW_1行列について、コードブックC_1における各W_1行列は

、４つの非隣接ＤＦＴビームから成る。各W_1行列における４つの非隣接ＤＦＴビームは、広範囲の到来角／発射角をカバーするために、［０，３６０］ＤＦＴ部分空間において、広く離間され、且つ、均一に分布される。最初のＷ１行列におけるＤＦＴビームは、２番目のW_1行列における４つのＤＦＴビームに対して小さな角度だけ回転される。より具体的には、広く離間されたＤＦＴを含むＷ１行列は、

$$\mathbf{X}_1^{(8)} \in \left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_0 & \mathbf{b}_8 & \mathbf{b}_{16} & \mathbf{b}_{24}\end{bmatrix}\right\}$$
$$\mathbf{X}_1^{(9)} \in \left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_1 & \mathbf{b}_9 & \mathbf{b}_{17} & \mathbf{b}_{25}\end{bmatrix}\right\} \quad (112)$$
$$\cdots$$
$$\mathbf{X}_1^{(15)} \in \left\{\begin{bmatrix}\mathbf{b}_7 & \mathbf{b}_{15} & \mathbf{b}_{23} & \mathbf{b}_{31}\end{bmatrix}\right\}$$

と要約される。

【０２１７】

このような設計フレームワークは、入力するワイヤレス信号の到来角／発射角が広範囲に分布される使用事例（例えば、広く離間されたアンテナコンポーネント、未較正のアンテナアレイ、リッチなマルチパス散乱環境）において、特に有用である。例えば、同じ周波数でマクロ基地局の頂部上に密集した小さなセルがオーバーレイされる異機種配置の状況において、ＵＥにより受信されるマルチパス無線信号は、ＵＥ周辺のいくつもの散乱物体（例えば、建物、車）によって反射される。Ｗ１において広く離間された非隣接のＤＦＴビームを有すると、異なる角度からの全ての入力する信号が適切にキャプチャされ得ることが確実となる。別の使用事例として、基地局での異なるアンテナでのトランスミッタタイミングが、慎重なタイミング整合較正によって同期されるであろうことが留意される。実際には、安価なＲＦコンポーネントを備えた低コスト低電力の小さな基地局（例えば、ピコセル、フェムトセル）の場合に特に、完全なタイミング整合が基地局で常に保障されるわけではない。３ＧＰＰ　ＬＴＥにおいては、最大６５ナノ秒のダウンリンク伝送タイミング不整合要件が、全ての基地局に規定される。タイムドメインにおけるアンテナタイミングのずれは、周波数領域における異なるＯＦＤＭサブキャリア上のチャンネル変動の増加をもたらし、１つの周波数サブバンド上のメインＤＦＴビーム角は、別のサブバンド上のメインＤＦＴビーム角とは著しく異なり得る。この場合、W_1行列において非隣接の広く離間されたＤＦＴビームを有すると、広帯域の到来角／発射角がより信頼性を持ってカバーされ得、フィードバックの正確性がより高くなることが確実となる。

【０２１８】

ランク１（４ビット）用のW_2コードブックは、以下によって与えられ得る。

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ \mathbf{Y}\end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ j\mathbf{Y}\end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -\mathbf{Y}\end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}\mathbf{Y}\\ -j\mathbf{Y}\end{bmatrix}\right\}, \quad (113)$$

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

【０２１９】

ランク２（４ビット）用のW_2コードブックは、以下によって与えられ得る。

【０２２０】

i_1＝０，１，…，７に対応するW_2について、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \tag{115}$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_1), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_4), (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_4), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4) \right\} \tag{116}$$

である。

【０２２１】

（３ビット）W_2が好ましい場合、（Ｙ１，Ｙ２）は、

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_1), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_2), (\tilde{\mathbf{e}}_3, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_4, \tilde{\mathbf{e}}_4) \right\}. \tag{117}$$

に変更され得る。

【０２２２】

i_1＝８，９，…，１５に対応するW_2について、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \end{array} \right\} \tag{118}$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4) \right\} \tag{119}$$

である。

【０２２３】

（３ビット）W_2が好ましい場合、W_2コードブックは、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, \tag{120}$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3), (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4) \right\}, \tag{121}$$

または、

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \end{array} \right\} \tag{122}$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3) \right\} or \left\{ (\tilde{\mathbf{e}}_2, \tilde{\mathbf{e}}_4) \right\} \tag{123}$$

に変更され得る。

【０２２４】

一実施形態において、上記で規定された新たなランク１／２コードブック設計は、ＬＴＥ　リリース１２に準拠するＬＴＥシステムに組み込まれ得る。上記で提示したコードブックにおけるプリコーダのサブセットが、ランク１またはランク２のいずれの場合でも、新たなリリース１２　４Ｔｘコードブックを構築するために用いられ得る。例えば、Ｗ１コードブックは、式（１１０）～（１１１）におけるi_2＝８，９，…，１５の、広く離間されたＤＦＴビームのみを含むW_1行列によって構築され得る。

【０２２５】
図６は、一実施形態に従ったプリコーディング行列／ベクトル選択プロセスを示す。最終的なプリコーディング行列／ベクトルは、２つのＰＭＩの関数である。

$$W = f(PMI_1, PMI_2) \tag{124}$$

ここで、PMI_1は、PMI_2よりもごく少ない頻度で更新される。PMI_1は、システム帯域幅全体を対象としており、PMI_2は周波数選択性であり得る。
【０２２６】
図６は、ダウンリンクＬＴＥ‐Ａｄｖａｎｃｅｄ（ＬＴＥ‐Ａ）において用いられる技法を示す。ＵＥは、PMI_1およびPMI_2を選択し、それゆえ、ＬＴＥフィードバックパラダイムと同様のやり方でW_1およびW_2を選択する。
【０２２７】
ＵＥは、空間的相関ドメインにおけるなどの空間的共分散行列などのロングタームチャンネル特性に基づいて、ブロック６０１において最初のプリコーダコードブックW_1をPMI_1の入力から選択する。これは、空間的共分散行列が、長い時間期間にわたって、広帯域のやり方で推定される必要があるという事実と一致して、長期的に成される。
【０２２８】
W_1で条件付けされて、ＵＥは、ショートターム（瞬時）チャンネルに基づきW_2を選択する。これは２段階のプロセスである。ブロック６０２において、コードブック$CB_2^{(0)}$から$CB_2^{(N-1)}$のセットがPMI_1入力に基づいて選択される。ブロック６０３は、選択されたコードブック

$$CB_2^{(PMI_1)}$$

およびPMI_2に対応する１つのプリコーダを選択する。この選択は、選択されたランクインジケータ（ＲＩ）に基づき条件付けされ得る。あるいは、ＲＩがW_2と共に選択され得る。ブロック６０４は、選択されたW_1およびW_2を用いて、関数ｆ（W_1，W_2）を形成する。
【０２２９】
PMI_1およびPMI_2は、異なるレートおよび／または異なる周波数分解能で基地局（ｅＮｏｄｅＢ）にレポートされる。
【０２３０】
この設計フレームワークに基づいて、コードブック設計のいくつかのタイプが本願で説明される。各タイプは単独で動作可能であるが、設計が異なるシナリオのために意図される場合には特に、単一のコードブック設計において異なるタイプを使用することも可能である。単純であるが多用途の設計が、以下の通り考え出され得る。即ち、
PMI_1は、上述のように、Ｎ個のコードブックW_1のうちの１つを選択する。
PMI_2は、Ｗの列ベクトルのうちの少なくとも１つを選択し、選択された列ベクトルの数は、基本的に、推奨された伝送ランク（ＲＩ）である。
【０２３１】
この設計により、Ｎ個の異なるシナリオの構築が可能となり、各シナリオのためのコードブックW_1は、特定の空間的チャンネル特性W_2のための基底ベクトルのセットを含むように選択される。任意の２次元の関数が式（１２４）において用いられ得るが、本開示はプロダクト（行列乗算）関数ｆ（ｘ，ｙ）＝ｘｙを想定する。それゆえ、最終のショートタームプリコーディング行列／ベクトルは、W_1およびW_2の行列の積、すなわち$W = W_1 W_2$として算出される。
【０２３２】
図７は、図１のネットワークシステムにおけるモバイルＵＥ７０１およびｅＮｏｄｅＢ７０２の内部の詳細を示すブロック図である。モバイルＵＥ７０１は、サーバ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、携帯電話、パーソナルデジタルアシスタント（ＰＤＡ）、スマートフォン、または他の電子機器などの任意の様々な機器を表し得

る。いくつかの実施形態では、電子モバイルＵＥ７０１は、ＬＴＥ、またはＥｖｏｌｖｅｄ Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ Ｔｅｒｒｅｓｔｒｉａｌ Ｒａｄｉｏ Ａｃｃｅｓｓ Ｎｅｔｗｏｒｋ（Ｅ‐ＵＴＲＡＮ）プロトコルに基づいて、ｅＮｏｄｅＢ７０２と通信する。あるいは、現在知られているか、後に開発される、別の通信プロトコルが用いられ得る。

【０２３３】

モバイルＵＥ７０１は、メモリ７０４およびトランシーバ７０５に結合されたプロセッサ７０３を含む。メモリ７０４は、プロセッサ７０３によって実行されるための（ソフトウェア）アプリケーション７０６を記憶する。アプリケーションは、個人または団体に有用な、任意の既知または将来のアプリケーションを含み得る。これらのアプリケーションは、オペレーティングシステム（ＯＳ）、デバイスドライバ、データベース、マルチメディアツール、プレゼンテーションツール、インターネットブラウザ、イーメールソフト、ヴォイスオーダーインターネットプロトコル（ＶＯＩＰ）ツール、ファイルブラウザ、ファイアウォール、インスタントメッセージ、ファイナンスツール、ゲーム、ワードプロセッサ、または他のカテゴリに分類され得る。アプリケーションの正確な性質に関わらず、アプリケーションのうちの少なくともいくつかは、トランシーバ７０５を介して周期的または継続的にＵＬ信号をｅＮｏｄｅＢ（基地局）７０２へ送信するようにモバイルＵＥ７０１に命令する。少なくともいくつかの実施形態において、モバイルＵＥ７０１は、ｅＮｏｄｅＢ７０２からのアップリンクリソースを要求するとき、クオリティオブサービス（ＱｏＳ）要件を識別する。いくつかの事例では、ＱｏＳ要件は、モバイルＵＥ７０１によりサポートされるトラフィックのタイプから、ｅＮｏｄｅＢ７０２によって暗黙的に導き出され得る。一例として、ＶＯＩＰおよびゲーム用アプリケーションはしばしば、低レイテンシー（low-latency）の（ＵＬ）アップリンク伝送に関与し、一方、高スループット（ＨＴＰ）／ハイパーテキスト伝送プロトコル（ＨＴＴＰ）トラフィックは、高レイテンシー（high-latency）アップリンク伝送に関与し得る。

【０２３４】

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

【０２３５】

プロセッサ７０３は、様々な入力／出力デバイス７０９へデータを送受信し得る。加入者識別モジュール（ＳＩＭ）カードは、セルラーシステムを介して電話するために用いられる情報を記憶および検索する。音声データを送受信するためのマイクロフォンおよびヘッドセットへのワイヤレス接続のために、ブルートゥースベースバンドユニットが提供され得る。プロセッサ７０３は、コールプロセスの間、モバイルＵＥ７０１のユーザとやり取りするためのディスプレイユニットに情報を送信し得る。ディスプレイは、ネットワークから、ローカルカメラから、またはユニバーサルシリアルバス（ＵＳＢ）コネクタなどの他のソースから受信された画像も表示し得る。プロセッサ７０３はまた、ＲＦトランシーバ７０５またはカメラを介して、セルラーネットワークなどの様々なリソースから受信されたビデオストリームをディスプレイに送信し得る。

【０２３６】

音声データまたは他のアプリケーションデータの伝送および受信の間、トランスミッタ７０７は、そのサーブしているｅＮｏｄｅＢと非同期であり得るか、または非同期化され得る。この場合、トランスミッタ７０７は、ランダムアクセス信号を送信する。この手順の一部として、トランスミッタ７０７は、上記でより詳細に説明した通り、サーブしているｅＮｏｄｅＢによって提供されるパワー閾値を用いることにより、メッセージと称される次のデータ伝送のための好ましいサイズを決定する。この実施形態では、メッセージの好ましい大きさを決定することは、プロセッサ７０３によりメモリ７０４内に記憶された

命令を実行することによって具現化される。他の例示において、メッセージサイズの決定は、例えば、個別のプロセッサ／メモリユニットによって、ハードワイヤード状態マシンによって、またはその他のタイプの制御論理によって具現化されてもよい。

【０２３７】

ｅＮｏｄｅＢ７０２は、メモリ７１１、記号処理回路７１２、及びトンラシーバ７１３に、バックプレーンバス７１４を介して結合されるプロセッサ７１０を含む。メモリは、プロセッサ７１０による実行のためのアプリケーション７１５を記憶する。アプリケーションは、ワイヤレス通信を管理するのに有用な、任意の既知または将来のアプリケーションを含み得る。アプリケーション７１５のうちの少なくともいくつかは、モバイルＵＥ７１０への、またはそこからの伝送を管理するようｅＮｏｄｅＢ７０２に命令し得る。

【０２３８】

トランシーバ７１３は、アップリンクリソースマネージャを含み、これにより、ｅＮｏｄｅＢ７０２は、アップリンクの物理アップリンク共有チャネル（ＰＵＳＣＨ）リソースをモバイルＵＥ７０１に選択的に割り当てることができる。当業者に理解され得るように、アップリンクリソースマネージャの構成要素は、トランシーバ７１３の物理（ＰＨＹ）層および／またはメディアアクセス制御（ＭＡＣ）層に関与し得る。トランシーバ７１３は、ｅＮｏｄｅＢ７０２の範囲内の様々なＵＥからの伝送を受信するための少なくとも１つのレシーバ７１５と、ｅＮｏｄｅＢ７０２の範囲内の様々なＵＥにデータおよび制御情報を送信するための少なくとも１つのトランスミッタ７１６とを含む。

【０２３９】

アップリンクリソースマネージャは、トランシーバ７１３の動作を制御する命令を実行する。これらの命令のうちのいくつかは、メモリ７１１に配置され得、プロセッサ７１０上で必要とされるとき実行され得る。リソースマネージャは、ｅＮｏｄｅＢ７０２によってサーブされる各ＵＥ７０１に割り当てられた伝送リソースを制御し、ＰＤＣＣＨを介して制御情報を提供する。

【０２４０】

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

【０２４１】

音声データまたは他のアプリケーションデータの送信および受信の間、レシーバ７１５は、ＵＥ７０１からランダムアクセス信号を受信し得る。ランダムアクセス信号は、ＵＥ７０１によって好まれるメッセージサイズを要求するように符号化される。ＵＥ７０１は、ｅＮｏｄｅＢ７０２によって提供されるメッセージ閾値を用いて、好ましいメッセージサイズを決定する。この実施形態では、メッセージ閾値算出は、プロセッサ７１０がメモリ７１１に記憶された命令を実行することによって具現化される。他の実施形態において、閾値算出は、例えば、個別のプロセッサ／メモリユニットによって、ハードワイヤード状態マシンによって、または、他のタイプの制御論理によって具現化され得る。あるいは、ネットワークによっては、メッセージ閾値は、例えば、メモリ７１１に記憶され得る固定値である。メッセージサイズリクエストを受信することに応答して、ｅＮｏｄｅＢ７０２は、リソースの適切なセットをスケジュールし、リソースグラントを有するＵＥ７１０に通知する。

【０２４２】

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

【図１】

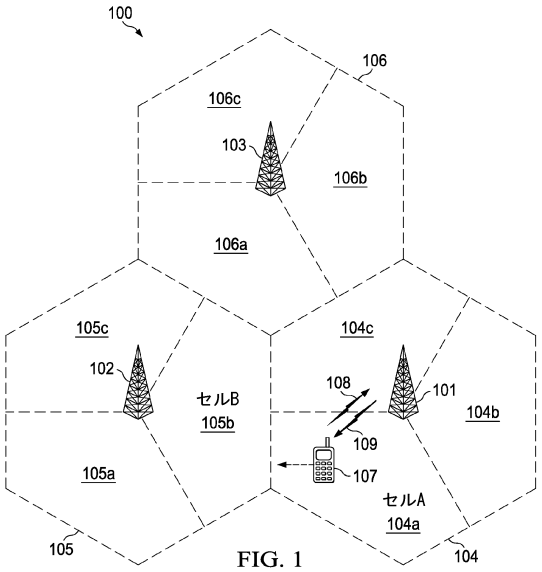

FIG. 1
（従来技術）

【図２】

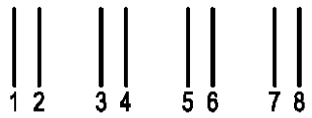

FIG. 2

【図３】

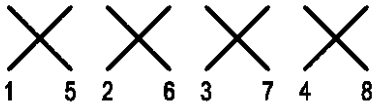

FIG. 3

【図４】

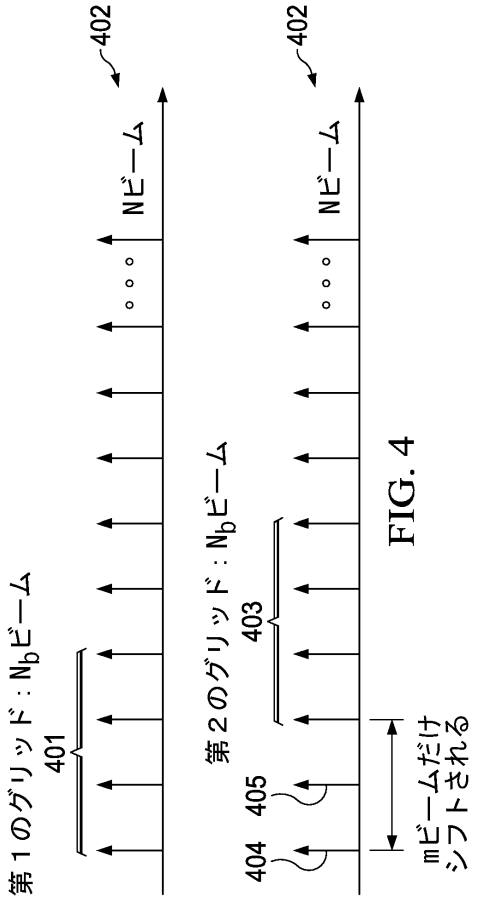

FIG. 4

【図５】

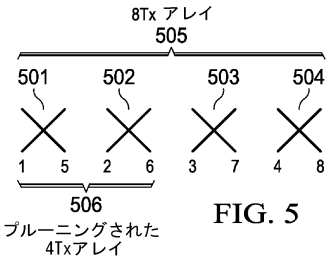

FIG. 5

【図６】

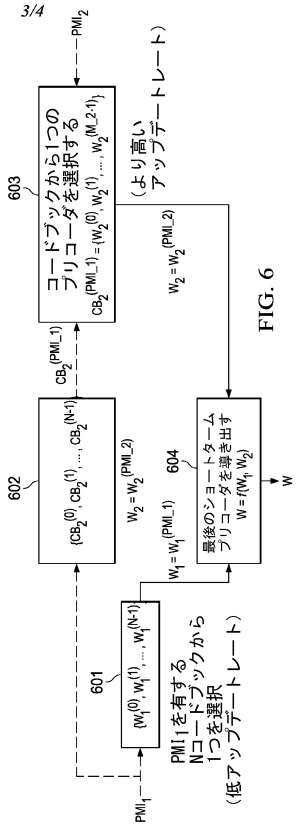

FIG. 6

【図７】

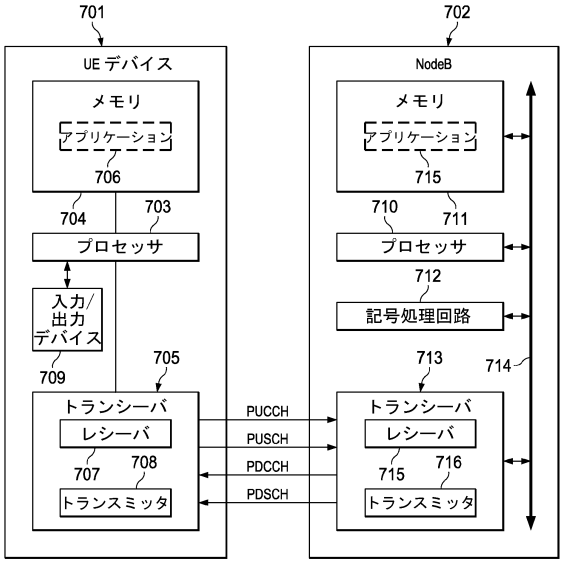

FIG. 7

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/768,851
(32)優先日 平成25年2月25日(2013.2.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/817,657
(32)優先日 平成25年4月30日(2013.4.30)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/807,647
(32)優先日 平成25年4月2日(2013.4.2)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 14/177,547
(32)優先日 平成26年2月11日(2014.2.11)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/769,463
(32)優先日 平成25年2月26日(2013.2.26)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/777,664
(32)優先日 平成25年3月12日(2013.3.12)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/812,459
(32)優先日 平成25年4月16日(2013.4.16)
(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 エコ オンゴサヌシ
アメリカ合衆国 ７５０１３ テキサス州 アレン, マクルア ドライブ １４３０
(72)発明者 ランホワ チェン
アメリカ合衆国 ７５０２４ テキサス州 プラノ, フィンチ ドライブ ７６１３
(72)発明者 ラルフ ベンドリン
アメリカ合衆国 ７５０７４ テキサス州 プラノ, ダハマ ドライブ ３６０５

審査官 吉江 一明

(56)参考文献 米国特許出願公開第２０１２／０２６９２９０（ＵＳ，Ａ１）
Texas Instruments, 4Tx codebook enhancement in Rel.12, 3GPP TSG-RAN WG1#72 R1-130825, ２０１３年 2月 1日
Nokia,, On 4-Tx feedback, 3GPP TSG-RAN WG1#62 R1-104446, ２０１０年 8月１７日

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０４Ｂ ７／０４５６
Ｈ０４Ｗ １６／２８
３ＧＰＰ ＴＳＧ ＲＡＮ ＷＧ１－４
ＳＡ ＷＧ１－２
ＣＴ ＷＧ１