

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5539320号
(P5539320)

(45) 発行日 平成26年7月2日 (2014. 7. 2)

(24) 登録日 平成26年5月9日 (2014. 5. 9)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 J 99/00 (2009. 01)

HO 4 J 15/00

HO 4 B 7/04 (2006. 01)

HO 4 B 7/04

請求項の数 44 (全 118 頁)

(21) 出願番号	特願2011-506193 (P2011-506193)	(73) 特許権者	503447036
(86) (22) 出願日	平成21年4月22日 (2009. 4. 22)		サムスン エレクトロニクス カンパニー
(65) 公表番号	特表2011-527526 (P2011-527526A)		リミテッド
(43) 公表日	平成23年10月27日 (2011. 10. 27)		大韓民国・443-742・キョンギード
(86) 国際出願番号	PCT/KR2009/002100		・スウォンシー・ヨントンーク・サムスン
(87) 国際公開番号	W02009/131376		ーロ・129
(87) 国際公開日	平成21年10月29日 (2009. 10. 29)	(73) 特許権者	598063203
審査請求日	平成24年4月20日 (2012. 4. 20)		パーデュー・リサーチ・ファウンデーション
(31) 優先権主張番号	12/109, 440		PURDUE RESEARCH FOUNDATION
(32) 優先日	平成20年4月25日 (2008. 4. 25)		アメリカ合衆国・インディアナ州 479
(33) 優先権主張国	米国 (US)		06-4182・ウエスト ラファイエット
(31) 優先権主張番号	10-2008-0133560		ト・ウィン ヘンチェル ブルーヴァード
(32) 優先日	平成20年12月24日 (2008. 12. 24)		1281
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基地局、基地局装置、端末とその通信方法及びそのプログラムが記録された記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の送信アンテナを含む基地局と少なくとも1つの端末との間の、第1の時点における第1のチャンネルと第2の時点における第2のチャンネルを認知するステップと、

前記第1のチャンネルと前記第2のチャンネルとの比較に基づいて生成される時間相関係数に基づいて新しいコードブックに以前コードブックをアップデートするステップと、

前記新しいコードブックを用いて前記基地局のプリコーディングマトリックスを適応的に生成するステップとを有することを特徴とする基地局の通信方法。

【請求項 2】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記時間相関係数に対応する情報に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 3】

前記基地局と前記少なくとも1つの端末との間のチャンネルの変化は、時間軸上の少なくとも2つの時点で測定された前記チャンネルの状態に基づいて算出されるか予測されることを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 4】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記少なくとも1つの端末との間のチャンネルの変化に対する統計値に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載

10

20

の基地局の通信方法。

【請求項 5】

前記チャンネルの変化に対する統計値は、前記チャンネルの変化速度、前記チャンネルの変化量、前記チャンネルの変化パターン、及びそれらの組み合わせを含むことを特徴とする請求項 4 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 6】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記以前コードブックに含まれた少なくとも 1 つのコードワード行列に基づき、前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

10

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのコードワード行列に基づき、プリコーディングを実行するステップをさらに有することを特徴とする請求項 6 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 8】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記少なくとも 1 つの端末との間のチャンネルの変化に基づいて、メモリに予め格納された複数の候補コードブックのうちいずれか 1 つを前記新しいコードブックとして選択するステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 9】

複数のコードワード行列を元素として含む全体集合が存在し、前記以前コードブックが前記全体集合の第 1 サブ集合である場合、前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記全体集合の第 2 サブ集合を前記新しいコードブックとして決定するステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

20

【請求項 10】

前記全体集合の第 2 サブ集合を前記新しいコードブックとして決定するステップは、前記第 1 サブ集合のコードワード行列のうち少なくとも 1 つのコードワード行列に対する類似度に基づいて前記第 2 サブ集合を選択するステップを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 11】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記新しいコードブックのサイズが前記以前コードブックのサイズよりも小さいか、同じである制限下で前記以前コードブックを前記新しいコードブックにアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

30

【請求項 12】

前記第 1 のチャンネルと第 2 のチャンネルを認知するステップは、前記少なくとも 1 つの端末から提供された前記第 1 のチャンネルの状態と前記第 2 のチャンネルの状態に対するフィードバック情報に基づいて前記第 1 のチャンネルと第 2 のチャンネルを認知するステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 13】

前記フィードバック情報のビット数は、前記新しいコードブックによって調整されることを特徴とする請求項 12 に記載の基地局の通信方法。

40

【請求項 14】

前記生成されたプリコーディングマトリックスを用いて前記少なくとも 1 つの端末のための送信信号を生成するステップをさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

【請求項 15】

前記プリコーディングマトリックスを生成するステップは、時間の流れに伴う前記基地局と前記少なくとも 1 つの端末との間のチャンネルの変化に基づき、以前に用いられた以前プリコーディングマトリックスをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の基地局の通信方法。

50

【請求項 1 6】

複数の送信アンテナと、

基地局と少なくとも 1 つの端末との間の、第 1 の時点における第 1 のチャンネルと第 2 の時点における第 2 のチャンネルを認知するチャンネル認知部と、

前記第 1 のチャンネルと前記第 2 のチャンネルとの比較に基づいて生成される時間相関係数に基づいて新しいコードブックに以前コードブックをアップデートするコードブックアップデート部と、

前記新しいコードブックを用いて前記基地局のプリコーディングマトリックスを適応的に生成するプリコーディングマトリックス生成部とを有することを特徴とする基地局。

【請求項 1 7】

前記コードブックアップデート部は、前記時間相関係数に対応する情報に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするか、前記基地局と少なくとも 1 つの端末との間のチャンネルの変化に対する統計値に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 1 8】

前記コードブックアップデート部は、前記以前コードブックに含まれた少なくとも 1 つのコードワード行列に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 1 9】

前記コードブックアップデート部は、前記基地局と前記少なくとも 1 つの端末との間のチャンネルの変化に基づいてメモリに予め格納された複数の候補コードブックのうちいずれか 1 つを前記新しいコードブックとして選択して前記以前コードブックをアップデートすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 2 0】

前記コードブックアップデート部は、全体集合が複数のコードワード行列を元素として含み、前記以前コードブックが前記全体集合の第 1 サブ集合である場合、前記第 1 サブ集合と区別される前記全体集合の第 2 サブ集合を前記新しいコードブックに決定して前記以前コードブックをアップデートすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 2 1】

前記コードブックアップデート部は、前記新しいコードブックのサイズが前記以前コードブックのサイズよりも小さいか、同じである制限下で前記以前コードブックを前記新しいコードブックにアップデートすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 2 2】

前記生成されたプリコーディングマトリックスを用いて前記少なくとも 1 つの端末に送信される送信信号を生成する送信信号生成部をさらに有することを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 2 3】

前記プリコーディングマトリックス生成部は、前記基地局と前記少なくとも 1 つの端末との間のチャンネルの変化に基づいて以前プリコーディングマトリックスをアップデートすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の基地局。

【請求項 2 4】

複数の送信アンテナが設けられた基地局と端末との間の、第 1 の時点における第 1 のチャンネルと第 2 の時点における第 2 のチャンネルを推定するステップと、

前記第 1 のチャンネルと前記第 2 のチャンネルとの比較に基づいて時間相関係数を生成するステップと、

前記時間相関係数に基づいて、前記基地局の以前コードブックを新しいコードブックにアップデートするステップと、

前記時間相関係数に基づきアップデートされた新しいコードブックに基づく前記基地局で生成されたプリコーディングマトリックスによってプリコードされた送信信号を前記基

10

20

30

40

50

地局から受信するステップとを有することを特徴とする端末の通信方法。

【請求項 2 5】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記時間相関係数に対応する情報に基づいて、前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 2 4 に記載の端末の通信方法。

【請求項 2 6】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記端末との間のチャンネルの変化に対する統計値に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 2 4 に記載の端末の通信方法。

10

【請求項 2 7】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記以前コードブックに含まれた少なくとも 1 つのコードワード行列に基づき、前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことを特徴とする請求項 2 4 に記載の端末の通信方法。

【請求項 2 8】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記端末との間のチャンネルの変化に基づいて、メモリに予め格納された複数の候補コードブックのうちいずれか 1 つを前記新しいコードブックとして選択するステップを含むことを特徴とする請求項 2 4 に記載の端末の通信方法。

20

【請求項 2 9】

全体集合が複数のコードワード行列を元素として含み、前記以前コードブックが前記全体集合の第 1 サブ集合である場合、前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記第 1 サブ集合と区別される前記全体集合の第 2 サブ集合を前記新しいコードブックとして決定するステップを含むことを特徴とする請求項 2 7 に記載の端末の通信方法。

【請求項 3 0】

前記新しいコードブックを用いて前記受信された送信信号を復号化するステップをさらに有することを特徴とする請求項 2 4 に記載の端末の通信方法。

【請求項 3 1】

複数の送信アンテナが設けられた基地局と端末との間の、第 1 の時点における第 1 のチャンネルと第 2 の時点における第 2 のチャンネルを推定するチャンネル推定部と、

30

前記第 1 のチャンネルと前記第 2 のチャンネルとの比較に基づいて時間相関係数を生成する時間相関係数生成部と、

前記時間相関係数に基づいて新しいコードブックに以前コードブックをアップデートするコードブックアップデート部と、

前記時間相関係数に基づきアップデートされた新しいコードブックに基づく前記基地局で生成されたプリコーディングマトリックスによってプリコードされた送信信号を受信する受信部とを有することを特徴とする端末。

【請求項 3 2】

前記コードブックアップデート部は、前記時間相関係数に対応する情報に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするか、前記基地局と前記端末との間の前記チャンネルの変化に対する統計値に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートすることを特徴とする請求項 3 1 に記載の端末。

40

【請求項 3 3】

請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の基地局の通信方法を行うためのプログラムが記録されたことを特徴とするコンピュータで読み出し可能な記録媒体。

【請求項 3 4】

請求項 2 4 乃至請求項 3 0 のいずれか 1 項に記載の端末の通信方法を行うためのプログラムが記録されたことを特徴とするコンピュータで読み出し可能な記録媒体。

【請求項 3 5】

50

複数の送信アンテナと、

基地局と端末との間の、第1の時点における第1のチャネルに対する第1のチャネル行列と第2の時点における第2のチャネルに対する第2のチャネル行列との比較に基づき生成された時間相関係数に基づいて、複数の第1コードワード行列を含む第1コードブックを、複数の第2コードワード行列を含む第2コードブックにアップデートするコードブックアップデート部と、

前記端末から前記第2コードワード行列のうち少なくとも1つのコードワード行列のインデックスを受信する受信部と、

前記受信したインデックスに対応する少なくとも1つのコードワード行列に基づき、プリコーディングマトリックスを生成するプリコーディングマトリックス生成部と、

前記生成されたプリコーディングマトリックスを用いて送信信号を生成し、前記生成した送信信号を前記端末に送信する送信部とを有することを特徴とする基地局装置。

【請求項36】

前記送信部は、前記端末にパイロット信号を送信し、前記基地局と前記端末との間のチャネルに関するチャネル行列は、前記パイロット信号に基づいて生成されることを特徴とする請求項35に記載の基地局装置。

【請求項37】

前記受信部は、前記端末から前記時間相関係数を受信することを特徴とする請求項35に記載の基地局装置。

【請求項38】

前記時間相関係数に基づいて前記第1コードワード行列それぞれに対して第3コードワード行列を生成するコードブック変更部をさらに有し、

前記コードブックアップデート部は、前記第3コードワード行列に対する特異値の分解 (singular value decomposition: SVD) を適用し、前記適用された特異値の分解の結果に基づいて前記第1コードブックを前記第2コードブックにアップデートすることを特徴とする請求項35に記載の基地局装置。

【請求項39】

前記時間相関係数に基づいて前記第1コードワード行列それぞれに対して第3コードワード行列を生成するコードブック変更部をさらに有し、

前記コードブックアップデート部は、前記第3コードワード行列の逆行列に基づいて前記第1コードブックを前記第2コードブックにアップデートすることを特徴とする請求項35に記載の基地局装置。

【請求項40】

前記受信されたインデックスに対応する少なくとも1つのコードワード行列と前記基地局と前記端末との間のチャネルに関するチャネル行列チャネル行列とを乗算し、前記チャネル行列をアップデートするチャネル行列アップデート部をさらに有することを特徴とする請求項35に記載の基地局装置。

【請求項41】

前記以前コードブックは、

10

20

30

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 - 0.0000i & 1.0000 \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0.5732 + 0.1150i & 0.5343 + 0.6105i \\ -0.7161 + 0.3814i & 0.5767 + 0.0958i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.3396 + 0.1940i & 0.6153 - 0.6844i \\ 0.0883 - 0.9161i & -0.0867 - 0.3814i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.0685 + 0.7437i & -0.4689 + 0.4715i \\ -0.3493 + 0.5658i & 0.7073 - 0.2399i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.3065 - 0.4181i & 0.5613 + 0.6452i \\ -0.7872 + 0.3341i & -0.4587 + 0.2415i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0.2983 - 0.2900i & 0.2784 - 0.8657i \\ -0.9078 - 0.0541i & 0.3783 - 0.1730i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.6555 - 0.2242i & 0.4919 + 0.5274i \\ -0.3710 - 0.6184i & -0.0344 - 0.6919i \end{bmatrix} \text{ または} \\
 & \begin{bmatrix} 0.7811 - 0.1004i & 0.1436 - 0.5993i \\ -0.1963 + 0.5842i & -0.6088 - 0.4996i \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

10

20

のうち少なくとも1つのコードワード行列を含むことを特徴とする請求項16に記載の基地局。

【請求項42】

前記以前コードブックは、

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 - 0.0000i & 1.0000 \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0.5732 + 0.1150i & 0.5343 + 0.6105i \\ -0.7161 + 0.3814i & 0.5767 + 0.0958i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.3396 + 0.1940i & 0.6153 - 0.6844i \\ 0.0883 - 0.9161i & -0.0867 - 0.3814i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.0685 + 0.7437i & -0.4689 + 0.4715i \\ -0.3493 + 0.5658i & 0.7073 - 0.2399i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.3065 - 0.4181i & 0.5613 + 0.6452i \\ -0.7872 + 0.3341i & -0.4587 + 0.2415i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0.2983 - 0.2900i & 0.2784 - 0.8657i \\ -0.9078 - 0.0541i & 0.3783 - 0.1730i \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} -0.6555 - 0.2242i & 0.4919 + 0.5274i \\ -0.3710 - 0.6184i & -0.0344 - 0.6919i \end{bmatrix} \text{ または} \\
 & \begin{bmatrix} 0.7811 - 0.1004i & 0.1436 - 0.5993i \\ -0.1963 + 0.5842i & -0.6088 - 0.4996i \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

30

40

のうち少なくとも1つのコードワード行列を含むことを特徴とする請求項31に記載の端末。

50

【請求項 4 3】

前記以前コードブックは、

M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 、 M_6 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 、 M_{11} 、 M_{12} 、
 M_{13} 、 M_{14} 、 M_{15} または M_{16}

10

のうち少なくとも 1 つの コードワード行列 を含み、

前記、 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 、 M_6 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 、
 M_{11} 、 M_{12} 、 M_{13} 、 M_{14} 、 M_{15} および M_{16}

は、 4×4 行列であって、下記の数式によって定義されることを特徴とする 請求項 1 6 に
 記載の基地局。

20

[数]

$$M_1 =$$

$$\begin{bmatrix} 1.0000 & 0.0000 - 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & 1.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 0.0001i \\ -0.0000 - 0.0000i & -0.0000 - 0.0000i & 1.0000 & -0.0001 + 0.0000i \\ -0.0000 - 0.0000i & 0.0000 - 0.0001i & -0.0001 - 0.0000i & 1.0000 \end{bmatrix}$$

30

$$M_2 =$$

$$\begin{bmatrix} 0.2345 + 0.5093i & 0.0710 - 0.1613i & -0.5599 - 0.3206i & -0.4835 - 0.0669i \\ 0.1248 - 0.3603i & 0.1195 - 0.0899i & 0.3867 - 0.4896i & -0.4611 + 0.4799i \\ 0.3584 - 0.0083i & -0.7321 + 0.4322i & 0.0416 - 0.3476i & 0.1121 - 0.1166i \\ -0.5598 - 0.3137i & -0.4676 - 0.0714i & -0.1958 + 0.1833i & -0.5217 - 0.1432i \end{bmatrix}$$

40

$\mathbf{M}_3 =$

$$\begin{array}{cccc} -0.2840 + 0.2036i & -0.0482 - 0.2558i & -0.3197 + 0.6799i & -0.4323 + 0.2426i \\ 0.3537 - 0.4401i & 0.2661 - 0.0081i & 0.0165 + 0.6220i & 0.2938 - 0.3699i \\ -0.5263 - 0.3729i & 0.1497 - 0.1631i & -0.1030 - 0.0172i & 0.5579 + 0.4612i \\ -0.1222 - 0.3580i & -0.8114 + 0.3923i & -0.1563 + 0.1146i & 0.0200 - 0.0815i \end{array}$$

10

 $\mathbf{M}_4 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.0979 + 0.4428i & -0.3465 + 0.1727i & -0.1084 + 0.7806i & 0.0942 - 0.1206i \\ 0.6779 + 0.2144i & -0.0967 - 0.3529i & -0.2463 - 0.2200i & -0.3461 - 0.3629i \\ 0.2421 - 0.3300i & -0.0275 + 0.4333i & -0.3076 - 0.1315i & 0.5891 - 0.4301i \\ 0.2546 - 0.2375i & 0.4284 - 0.5866i & 0.0177 + 0.3971i & 0.4157 + 0.1425i \end{array}$$

20

 $\mathbf{M}_5 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.3515 + 0.0167i & -0.1554 + 0.1117i & 0.0386 + 0.2929i & -0.6705 + 0.5501i \\ -0.4836 + 0.1506i & -0.2138 - 0.6278i & 0.2294 + 0.4721i & 0.0464 + 0.1608i \\ 0.7730 + 0.0887i & 0.0390 - 0.4240i & -0.0937 + 0.2664i & 0.3482 - 0.1104i \\ 0.0523 - 0.1062i & -0.1601 - 0.5627i & -0.1443 - 0.7326i & -0.1560 + 0.2489i \end{array}$$

30

 $\mathbf{M}_6 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.0157 + 0.0106i & -0.3825 + 0.1709i & 0.4178 + 0.0436i & -0.6451 - 0.4812i \\ -0.3924 + 0.6839i & 0.2337 - 0.0749i & 0.1400 - 0.4785i & 0.0870 - 0.2489i \\ -0.4873 - 0.1883i & -0.5361 - 0.0966i & -0.5783 - 0.2922i & -0.1002 - 0.0222i \\ 0.2439 + 0.2134i & -0.6684 + 0.1438i & 0.3365 - 0.2051i & 0.4463 + 0.2704i \end{array}$$

40

 $\mathbf{M}_7 =$

$$\begin{array}{cccc} -0.1484 - 0.6909i & -0.5976 - 0.1255i & -0.2197 - 0.1921i & 0.1260 + 0.1630i \\ 0.4980 - 0.1609i & 0.0538 + 0.6937i & 0.1318 - 0.0756i & 0.2942 + 0.3638i \\ 0.2783 + 0.2876i & -0.2132 - 0.2287i & -0.3228 + 0.2323i & 0.7335 - 0.2141i \\ -0.2306 + 0.1152i & -0.1937 - 0.0875i & 0.7945 - 0.3202i & 0.3806 - 0.0997i \end{array}$$

50

$\mathbf{M}_8 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.0167 - 0.5145i & 0.3110 - 0.4278i & -0.1853 + 0.0053i & -0.5452 + 0.3516i \\ -0.3835 - 0.5844i & -0.1035 + 0.1825i & -0.4601 - 0.0298i & 0.1926 - 0.4666i \\ 0.3207 + 0.0490i & -0.7369 - 0.2643i & -0.1650 + 0.2279i & -0.3629 - 0.2666i \\ 0.3435 - 0.1519i & 0.2496 - 0.0338i & -0.0637 + 0.8185i & 0.3485 - 0.0061i \end{array}$$

10

 $\mathbf{M}_9 =$

$$\begin{array}{cccc} -0.5688 - 0.0120i & -0.3898 + 0.2975i & -0.3493 + 0.0604i & -0.1820 + 0.5264i \\ -0.3039 - 0.0476i & 0.1928 - 0.1487i & 0.5434 - 0.5795i & 0.2284 + 0.4034i \\ -0.3365 + 0.3560i & 0.6043 - 0.3477i & -0.1999 + 0.0494i & -0.4809 - 0.0159i \\ -0.3121 - 0.4942i & 0.1682 - 0.4311i & -0.1826 + 0.4092i & 0.4929 + 0.0219i \end{array}$$

20

 $\mathbf{M}_{10} =$

$$\begin{array}{cccc} -0.3930 + 0.1272i & 0.1383 - 0.5915i & 0.6426 + 0.0499i & -0.1626 + 0.1355i \\ 0.4393 + 0.3725i & 0.4381 - 0.1760i & -0.0303 + 0.1562i & 0.5067 + 0.4041i \\ 0.2293 + 0.5314i & 0.1544 + 0.3313i & 0.4033 + 0.0137i & -0.1122 - 0.5968i \\ 0.3684 + 0.1638i & -0.5052 - 0.1390i & -0.0042 + 0.6297i & -0.3747 + 0.1619i \end{array}$$

30

 $\mathbf{M}_{11} =$

$$\begin{array}{cccc} -0.2373 + 0.0490i & -0.6173 + 0.5692i & 0.4226 + 0.0197i & -0.1270 - 0.2027i \\ -0.3278 - 0.2836i & -0.2696 + 0.1643i & -0.4266 - 0.1075i & -0.0345 + 0.7195i \\ 0.4137 - 0.1395i & -0.0639 - 0.0419i & 0.5764 - 0.2381i & 0.4628 + 0.4476i \\ 0.6550 - 0.3655i & -0.0578 + 0.4314i & -0.3151 + 0.3732i & 0.0127 - 0.0963i \end{array}$$

40

 $\mathbf{M}_{12} =$

$$\begin{array}{cccc} 0.2417 + 0.1763i & 0.0450 + 0.2953i & 0.2078 - 0.4861i & 0.5801 + 0.4530i \\ -0.0820 - 0.4701i & 0.5723 - 0.3346i & 0.0930 + 0.3083i & 0.1824 + 0.4424i \\ -0.3244 - 0.0925i & -0.3863 + 0.0475i & -0.7244 + 0.0567i & 0.1373 + 0.4336i \\ 0.6554 + 0.3734i & -0.1363 - 0.5489i & -0.1929 + 0.2273i & 0.0541 + 0.1393i \end{array}$$

50

$\textcircled{M}_{13} =$

$$\begin{array}{cccc} 0.3348 + 0.2001i & -0.5934 + 0.2450i & -0.5398 + 0.0970i & -0.3558 - 0.0914i \\ 0.3233 + 0.2147i & -0.5011 - 0.1514i & 0.4454 + 0.2845i & 0.5079 + 0.1952i \\ -0.5250 - 0.2586i & -0.4139 - 0.0765i & 0.3692 + 0.3400i & -0.4036 - 0.2559i \\ 0.3373 + 0.4909i & 0.3681 - 0.0348i & 0.3008 + 0.2783i & -0.2955 - 0.5033i \end{array}$$

10

 $\textcircled{M}_{14} =$

$$\begin{array}{cccc} -0.2795 - 0.2884i & 0.0154 + 0.6932i & 0.0028 + 0.3217i & -0.1104 - 0.4920i \\ 0.2550 - 0.0730i & -0.0510 - 0.2703i & 0.2359 + 0.8828i & -0.0799 + 0.1121i \\ 0.2400 + 0.5271i & -0.4736 + 0.4282i & 0.0362 - 0.0025i & -0.4443 + 0.2416i \\ -0.6298 + 0.1907i & -0.0845 + 0.1692i & -0.0729 + 0.2342i & 0.4251 + 0.5390i \end{array}$$

20

 $\textcircled{M}_{15} =$

$$\begin{array}{cccc} 0.4995 + 0.4688i & -0.3954 - 0.3825i & 0.1135 + 0.2966i & 0.2189 - 0.2817i \\ -0.2746 + 0.0992i & -0.2530 + 0.6514i & 0.0345 + 0.3733i & 0.5337 - 0.0295i \\ 0.2411 + 0.5303i & -0.0982 + 0.4310i & -0.5151 - 0.3534i & -0.2623 + 0.0790i \\ -0.0352 - 0.3240i & -0.0016 - 0.1165i & -0.5692 - 0.2106i & 0.3326 - 0.6335i \end{array}$$

30

 $\textcircled{M}_{16} =$

$$\begin{array}{cccc} -0.0246 - 0.1239i & -0.1148 - 0.4967i & 0.7805 + 0.0955i & -0.0974 - 0.3103i \\ 0.3017 - 0.2799i & 0.0232 - 0.3740i & -0.0315 - 0.3722i & 0.6925 + 0.2666i \\ -0.2235 - 0.4672i & -0.4954 + 0.0779i & 0.0580 + 0.4264i & -0.0101 + 0.5430i \\ -0.5613 - 0.4811i & 0.5716 - 0.1464i & -0.0689 - 0.2284i & -0.2050 + 0.0803i \end{array}$$

40

【請求項 4 4】

前記以前コードブックは、

 $\textcircled{M}_1, \textcircled{M}_2, \textcircled{M}_3, \textcircled{M}_4, \textcircled{M}_5, \textcircled{M}_6, \textcircled{M}_7, \textcircled{M}_8, \textcircled{M}_9, \textcircled{M}_{10}, \textcircled{M}_{11}, \textcircled{M}_{12},$
 $\textcircled{M}_{13}, \textcircled{M}_{14}, \textcircled{M}_{15}$ または $\textcircled{M}_{16}$

50

のうち少なくとも1つのコードワード行列を含み、

前記、 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 、 M_6 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 、

M_{11} 、 M_{12} 、 M_{13} 、 M_{14} 、 M_{15} および M_{16}

は、 4×4 行列であって、下記の数式によって定義されることを特徴とする請求項3 1に 10
記載の端末。

[数]

$$M_1 =$$

$$\begin{array}{cccc} 1.0000 & 0.0000 - 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i \\ 0.0000 + 0.0000i & 1.0000 + 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 0.0001i \\ -0.0000 - 0.0000i & -0.0000 - 0.0000i & 1.0000 & -0.0001 + 0.0000i \\ -0.0000 - 0.0000i & 0.0000 - 0.0001i & -0.0001 - 0.0000i & 1.0000 \end{array}$$

20

$$M_2 =$$

$$\begin{array}{cccc} 0.2345 + 0.5093i & 0.0710 - 0.1613i & -0.5599 - 0.3206i & -0.4835 - 0.0669i \\ 0.1248 - 0.3603i & 0.1195 - 0.0899i & 0.3867 - 0.4896i & -0.4611 + 0.4799i \\ 0.3584 - 0.0083i & -0.7321 + 0.4322i & 0.0416 - 0.3476i & 0.1121 - 0.1166i \\ -0.5598 - 0.3137i & -0.4676 - 0.0714i & -0.1958 + 0.1833i & -0.5217 - 0.1432i \end{array}$$

30

$$M_3 =$$

$$\begin{array}{cccc} -0.2840 + 0.2036i & -0.0482 - 0.2558i & -0.3197 + 0.6799i & -0.4323 + 0.2426i \\ 0.3537 - 0.4401i & 0.2661 - 0.0081i & 0.0165 + 0.6220i & 0.2938 - 0.3699i \\ -0.5263 - 0.3729i & 0.1497 - 0.1631i & -0.1030 - 0.0172i & 0.5579 + 0.4612i \\ -0.1222 - 0.3580i & -0.8114 + 0.3923i & -0.1563 + 0.1146i & 0.0200 - 0.0815i \end{array}$$

40

$\mathbf{M}_4 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.0979 + 0.4428i & -0.3465 + 0.1727i & -0.1084 + 0.7806i & 0.0942 - 0.1206i \\ 0.6779 + 0.2144i & -0.0967 - 0.3529i & -0.2463 - 0.2200i & -0.3461 - 0.3629i \\ 0.2421 - 0.3300i & -0.0275 + 0.4333i & -0.3076 - 0.1315i & 0.5891 - 0.4301i \\ 0.2546 - 0.2375i & 0.4284 - 0.5866i & 0.0177 + 0.3971i & 0.4157 + 0.1425i \end{array}$$

10

 $\mathbf{M}_5 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.3515 + 0.0167i & -0.1554 + 0.1117i & 0.0386 + 0.2929i & -0.6705 + 0.5501i \\ -0.4836 + 0.1506i & -0.2138 - 0.6278i & 0.2294 + 0.4721i & 0.0464 + 0.1608i \\ 0.7730 + 0.0887i & 0.0390 - 0.4240i & -0.0937 + 0.2664i & 0.3482 - 0.1104i \\ 0.0523 - 0.1062i & -0.1601 - 0.5627i & -0.1443 - 0.7326i & -0.1560 + 0.2489i \end{array}$$

20

 $\mathbf{M}_6 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.0157 + 0.0106i & -0.3825 + 0.1709i & 0.4178 + 0.0436i & -0.6451 - 0.4812i \\ -0.3924 + 0.6839i & 0.2337 - 0.0749i & 0.1400 - 0.4785i & 0.0870 - 0.2489i \\ -0.4873 - 0.1883i & -0.5361 - 0.0966i & -0.5783 - 0.2922i & -0.1002 - 0.0222i \\ 0.2439 + 0.2134i & -0.6684 + 0.1438i & 0.3365 - 0.2051i & 0.4463 + 0.2704i \end{array}$$

30

 $\mathbf{M}_7 =$

$$\begin{array}{cccc} -0.1484 - 0.6909i & -0.5976 - 0.1255i & -0.2197 - 0.1921i & 0.1260 + 0.1630i \\ 0.4980 - 0.1609i & 0.0538 + 0.6937i & 0.1318 - 0.0756i & 0.2942 + 0.3638i \\ 0.2783 + 0.2876i & -0.2132 - 0.2287i & -0.3228 + 0.2323i & 0.7335 - 0.2141i \\ -0.2306 + 0.1152i & -0.1937 - 0.0875i & 0.7945 - 0.3202i & 0.3806 - 0.0997i \end{array}$$

40

 $\mathbf{M}_8 =$

$$\begin{array}{cccc} 0.0167 - 0.5145i & 0.3110 - 0.4278i & -0.1853 + 0.0053i & -0.5452 + 0.3516i \\ -0.3835 - 0.5844i & -0.1035 + 0.1825i & -0.4601 - 0.0298i & 0.1926 - 0.4666i \\ 0.3207 + 0.0490i & -0.7369 - 0.2643i & -0.1650 + 0.2279i & -0.3629 - 0.2666i \\ 0.3435 - 0.1519i & 0.2496 - 0.0338i & -0.0637 + 0.8185i & 0.3485 - 0.0061i \end{array}$$

50

$\mathbf{M}_9 =$

$$\begin{array}{cccc} -0.5688 - 0.0120i & -0.3898 + 0.2975i & -0.3493 + 0.0604i & -0.1820 + 0.5264i \\ -0.3039 - 0.0476i & 0.1928 - 0.1487i & 0.5434 - 0.5795i & 0.2284 + 0.4034i \\ -0.3365 + 0.3560i & 0.6043 - 0.3477i & -0.1999 + 0.0494i & -0.4809 - 0.0159i \\ -0.3121 - 0.4942i & 0.1682 - 0.4311i & -0.1826 + 0.4092i & 0.4929 + 0.0219i \end{array}$$

10

 $\mathbf{M}_{10} =$

$$\begin{array}{cccc} -0.3930 + 0.1272i & 0.1383 - 0.5915i & 0.6426 + 0.0499i & -0.1626 + 0.1355i \\ 0.4393 + 0.3725i & 0.4381 - 0.1760i & -0.0303 + 0.1562i & 0.5067 + 0.4041i \\ 0.2293 + 0.5314i & 0.1544 + 0.3313i & 0.4033 + 0.0137i & -0.1122 - 0.5968i \\ 0.3684 + 0.1638i & -0.5052 - 0.1390i & -0.0042 + 0.6297i & -0.3747 + 0.1619i \end{array}$$

20

 $\mathbf{M}_{11} =$

$$\begin{array}{cccc} -0.2373 + 0.0490i & -0.6173 + 0.5692i & 0.4226 + 0.0197i & -0.1270 - 0.2027i \\ -0.3278 - 0.2836i & -0.2696 + 0.1643i & -0.4266 - 0.1075i & -0.0345 + 0.7195i \\ 0.4137 - 0.1395i & -0.0639 - 0.0419i & 0.5764 - 0.2381i & 0.4628 + 0.4476i \\ 0.6550 - 0.3655i & -0.0578 + 0.4314i & -0.3151 + 0.3732i & 0.0127 - 0.0963i \end{array}$$

30

 $\mathbf{M}_{12} =$

$$\begin{array}{cccc} 0.2417 + 0.1763i & 0.0450 + 0.2953i & 0.2078 - 0.4861i & 0.5801 + 0.4530i \\ -0.0820 - 0.4701i & 0.5723 - 0.3346i & 0.0930 + 0.3083i & 0.1824 + 0.4424i \\ -0.3244 - 0.0925i & -0.3863 + 0.0475i & -0.7244 + 0.0567i & 0.1373 + 0.4336i \\ 0.6554 + 0.3734i & -0.1363 - 0.5489i & -0.1929 + 0.2273i & 0.0541 + 0.1393i \end{array}$$

40

 $\mathbf{M}_{13} =$

$$\begin{array}{cccc} 0.3348 + 0.2001i & -0.5934 + 0.2450i & -0.5398 + 0.0970i & -0.3558 - 0.0914i \\ 0.3233 + 0.2147i & -0.5011 - 0.1514i & 0.4454 + 0.2845i & 0.5079 + 0.1952i \\ -0.5250 - 0.2586i & -0.4139 - 0.0765i & 0.3692 + 0.3400i & -0.4036 - 0.2559i \\ 0.3373 + 0.4909i & 0.3681 - 0.0348i & 0.3008 + 0.2783i & -0.2955 - 0.5033i \end{array}$$

50

$\mathbf{M}_{14} =$

$-0.2795 - 0.2884i \quad 0.0154 + 0.6932i \quad 0.0028 + 0.3217i \quad -0.1104 - 0.4920i$
 $0.2550 - 0.0730i \quad -0.0510 - 0.2703i \quad 0.2359 + 0.8828i \quad -0.0799 + 0.1121i$
 $0.2400 + 0.5271i \quad -0.4736 + 0.4282i \quad 0.0362 - 0.0025i \quad -0.4443 + 0.2416i$
 $-0.6298 + 0.1907i \quad -0.0845 + 0.1692i \quad -0.0729 + 0.2342i \quad 0.4251 + 0.5390i$

10

$\mathbf{M}_{15} =$

$0.4995 + 0.4688i \quad -0.3954 - 0.3825i \quad 0.1135 + 0.2966i \quad 0.2189 - 0.2817i$
 $-0.2746 + 0.0992i \quad -0.2530 + 0.6514i \quad 0.0345 + 0.3733i \quad 0.5337 - 0.0295i$
 $0.2411 + 0.5303i \quad -0.0982 + 0.4310i \quad -0.5151 - 0.3534i \quad -0.2623 + 0.0790i$
 $-0.0352 - 0.3240i \quad -0.0016 - 0.1165i \quad -0.5692 - 0.2106i \quad 0.3326 - 0.6335i$

20

$\mathbf{M}_{16} =$

$-0.0246 - 0.1239i \quad -0.1148 - 0.4967i \quad 0.7805 + 0.0955i \quad -0.0974 - 0.3103i$
 $0.3017 - 0.2799i \quad 0.0232 - 0.3740i \quad -0.0315 - 0.3722i \quad 0.6925 + 0.2666i$
 $-0.2235 - 0.4672i \quad -0.4954 + 0.0779i \quad 0.0580 + 0.4264i \quad -0.0101 + 0.5430i$
 $-0.5613 - 0.4811i \quad 0.5716 - 0.1464i \quad -0.0689 - 0.2284i \quad -0.2050 + 0.0803i$

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は基地局、基地局装置、端末とその通信方法及びそのプログラムが記録された記録媒体に関し、より詳細にはMIMO (Multiple Input Multiple Output) 通信システムにおいて、適応的にコードブックをアップデートまたは変更し、アップデートまたは変更されたコードブックを用いる基地局、基地局装置、端末とその通信方法及びそのプログラムが記録された記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

40

最近、無線通信環境において様々なマルチメディアサービスを提供するための無線通信技術が開発されている。高品質のマルチメディアサービスを提供するためには高速のデータ送信が要求される。したがって、最近高速のデータ送信を支援するために多くの研究が行なわれており、代表的にはMIMO技術に関する研究が活発に進められている。

【0003】

MIMO技術は、複数のアンテナを用いることによって限定された周波数リソース内でチャネル容量を増加させる。MIMO技術は、散乱環境が優秀な場合、複数のアンテナを用いることによって、理論的にはアンテナの数に比例するチャネル容量を提供する。

【0004】

ただし、MIMO技術で、アンテナが設けられうる空間および面積は制限的であり、ア

50

ンテナの間の間隔は通信性能に多くの影響を及ぼす。すなわち、アンテナの間の間隔が狭くなるほど無線チャネルは互いに高い相関関係 (correlation) を有する。特に、アンテナが同一の偏波を有する場合、無線チャネルは極めて高い相関関係を有する。高い相関関係を有する無線チャネルは完全に独立的ではないため、高い相関関係はMIMO技術を用いる通信システムの総データ送信率 (sum data rate) が増加することを防止することができる。また、無線チャネルの間に発生する干渉はデータ通信の信頼性を減少させ、データ送信率を減少させることができる。

【0005】

MIMO技術においてデータを効率的に送信するためには予めデータを符号化する作業が必要であるが、このような作業をプリコーディング (precoding) という。また、データをプリコーディングする規則を行列に表したものをプリコーディングマトリックス (precoding matrix) といい、プリコーディングマトリックスは、コードブックに含まれたコードワード行列のうち少なくとも1つに基づいて生成される。

【0006】

基地局は、基地局から端末までのチャネル状態に関する情報に基づいてデータをプリコーディングして端末に送信する。端末は、基地局から端末までのチャネルを測定し、測定されたチャネルに情報を基地局へフィードバックする。フィードバック情報のビット数は制限されているため、端末がチャネルに対する正確な情報を送信することは限界がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで本発明は上記従来の基地局、基地局装置、端末とその通信方法及びそのプログラムが記録された記録媒体における問題点に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、基地局または端末が、時間に伴う基地局および端末の間のチャネルの変化パターンまたは統計的な特性などを考慮してアップデートされたコードブックを用いることによって、MIMOシステムの総データ送信率を向上させることができる基地局、基地局装置、端末とその通信方法及びそのプログラムが記録された記録媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するためになされた本発明による基地局の通信方法は、複数の送信アンテナを含む基地局と少なくとも1つの端末との間の、第1の時点における第1のチャネルと第2の時点における第2のチャネルを認知するステップと、前記第1のチャネルと前記第2のチャネルとの比較に基づいて生成される時間相関係数に基づいて新しいコードブックに以前コードブックをアップデートするステップと、前記新しいコードブックを用いて前記基地局のプリコーディングマトリックスを適応的に生成するステップとを有することを特徴とする。

【0009】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記時間相関係数に対応する情報に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことが好ましい。

前記基地局と前記少なくとも1つの端末との間のチャネルの変化は、時間軸上の少なくとも2つの時点で測定された前記チャネルの状態に基づいて算出されるか予測されることが好ましい。

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記少なくとも1つの端末との間のチャネルの変化に対する統計値に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことが好ましい。

【0010】

前記チャネルの変化に対する統計値は、前記チャネルの変化速度、前記チャネルの変化量、前記チャネルの変化パターン、及びそれらの組み合わせを含むことが好ましい。

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記以前コードブックに含まれ

10

20

30

40

50

た少なくとも1つのコードワード行列に基づき、前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことが好ましい。

前記少なくとも1つのコードワード行列に基づき、プリコーディングを実行するステップをさらに有することが好ましい。

【0011】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記少なくとも1つの端末との間のチャンネルの変化に基づいて、メモリに予め格納された複数の候補コードブックのうちいずれか1つを前記新しいコードブックとして選択するステップを含むことが好ましい。

数のコードワード行列を元素として含む全体集合が存在し、前記以前コードブックが前記全体集合の第1サブ集合である場合、前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記全体集合の第2サブ集合を前記新しいコードブックとして決定するステップを含むことが好ましい。

前記全体集合の第2サブ集合を前記新しいコードブックとして決定するステップは、前記第1サブ集合のコードワード行列のうち少なくとも1つのコードワード行列に対する類似度に基づいて前記第2サブ集合を選択するステップを含むことが好ましい。

【0012】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記新しいコードブックのサイズが前記以前コードブックのサイズよりも小さいか、同じである制限下で前記以前コードブックを前記新しいコードブックにアップデートするステップを含むことが好ましい。

前記第1のチャンネルと第2のチャンネルを認知するステップは、前記少なくとも1つの端末から提供された前記第1のチャンネルの状態と前記第2のチャンネルの状態に対するフィードバック情報に基づいて前記第1のチャンネルと第2のチャンネルを認知するステップを含むことが好ましい。

前記フィードバック情報のビット数は、前記新しいコードブックによって調整されることが好ましい。

【0013】

前記生成されたプリコーディングマトリックスを用いて前記少なくとも1つの端末のための送信信号を生成するステップをさらに有することが好ましい。

前記プリコーディングマトリックスを生成するステップは、時間の流れに伴う前記基地局と前記少なくとも1つの端末との間のチャンネルの変化に基づき、以前に用いられた以前プリコーディングマトリックスをアップデートするステップを含むことが好ましい。

【0014】

上記目的を達成するためになされた本発明による端末の通信方法は、複数の送信アンテナが設けられた基地局と端末との間の、第1の時点における第1のチャンネルと第2の時点における第2のチャンネルを推定するステップと、前記第1のチャンネルと前記第2のチャンネルとの比較に基づいて時間相関係数を生成するステップと、前記時間相関係数に基づいて、前記基地局の以前コードブックを新しいコードブックにアップデートするステップと、前記時間相関係数に基づきアップデートされた新しいコードブックに基づく前記基地局で生成されたプリコーディングマトリックスによってプリコードされた送信信号を前記基地局から受信するステップとを有することを特徴とする。

【0015】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記時間相関係数に対応する情報に基づいて、前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことが好ましい。

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記端末との間のチャンネルの変化に対する統計値に基づいて前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことが好ましい。

【0016】

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記以前コードブックに含まれ

10

20

30

40

50

た少なくとも1つのコードワード行列に基づき、前記新しいコードブックに前記以前コードブックをアップデートするステップを含むことが好ましい。

前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記基地局と前記端末との間のチャンネルの変化に基づいて、メモリに予め格納された複数の候補コードブックのうちいずれか1つを前記新しいコードブックとして選択するステップを含むことが好ましい。

【0017】

全体集合が複数のコードワード行列を元素として含み、前記以前コードブックが前記全体集合の第1サブ集合である場合、前記以前コードブックをアップデートするステップは、前記第1サブ集合と区別される前記全体集合の第2サブ集合を前記新しいコードブックとして決定するステップを含むことが好ましい。

10

前記新しいコードブックを用いて前記受信された送信信号を復号化するステップをさらに有することが好ましい。

【0018】

上記目的を達成するためになされた本発明によるコンピュータで読み出し可能な記録媒体は、上記基地局の通信方法を行うためのプログラムが記録されたことを特徴とする。

また、上記目的を達成するためになされた本発明によるコンピュータで読み出し可能な記録媒体は、上記端末の通信方法を行うためのプログラムが記録されたことを特徴とする。

【0019】

上記目的を達成するためになされた本発明による基地局は、複数の送信アンテナと、基地局と少なくとも1つの端末との間の、第1の時点における第1のチャンネルと第2の時点における第2のチャンネルを認知するチャンネル認知部と、前記第1のチャンネルと前記第2のチャンネルとの比較に基づいて生成される時間相関係数に基づいて新しいコードブックに以前コードブックをアップデートするコードブックアップデート部と、前記新しいコードブックを用いて前記基地局のプリコーディングマトリックスを適応的に生成するプリコーディングマトリックス生成部とを有することを特徴とする。

20

【0020】

上記目的を達成するためになされた本発明による端末は、複数の送信アンテナが設けられた基地局と端末との間の、第1の時点における第1のチャンネルと第2の時点における第2のチャンネルを推定するチャンネル推定部と、前記第1のチャンネルと前記第2のチャンネルとの比較に基づいて時間相関係数を生成する時間相関係数生成部と、前記時間相関係数に基づいて新しいコードブックに以前コードブックをアップデートするコードブックアップデート部と、前記時間相関係数に基づきアップデートされた新しいコードブックに基づく前記基地局で生成されたプリコーディングマトリックスによってプリコードされた送信信号を受信する受信部とを有することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0021】

本発明の一実施形態に係る基地局または端末は、時間に伴う基地局および端末の間のチャンネルの変化パターンまたは統計的な特性などを考慮してアップデートされたコードブックを用いることによって、MIMOシステムの総データ送信率を向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施形態に係るコードワード行列のインデックスを送信する端末の構造を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る時間相関係数に基づいてコードブックをアップデートする端末の構造を示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態に係るコードワード行列を選択する端末の構造を示すブロッ

50

ク図である。

【図４Ａ】本発明の一実施形態に係る第１コードワード行列が行列空間内で均等に分布した概念を示す図である。

【図４Ｂ】本発明の一実施形態に係る第１コードワード行列が行列空間内で均等に分布した概念を示す図である。

【図５】本発明の一実施形態に係るコードワード行列のインデックスを受信する基地局装置の構造を示すブロック図である。

【図６】本発明の一実施形態に係る第１コードワード行列を変形して第３コードワード行列を生成する基地局装置の構造を示すブロック図である。

【図７】本発明の一実施形態に係る端末から受信したインデックスに基づいてチャネル行列をアップデートする基地局装置の構造を示すブロック図である。

【図８】本発明の一実施形態に係る基地局の通信方法を示した動作フローチャートである。

【図９】本発明の一実施形態に係る端末の通信方法を示した動作フローチャートである。

【図１０】本発明の一実施形態に係る基地局および端末を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【００２３】

以下、添付の図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【００２４】

図１は、本発明の一実施形態に係るコードワード行列のインデックスを送信する端末の構造を示すブロック図である。以下、図１に基づいて本発明に係る端末の動作を詳細に説明することにする。本発明に係る通信システム１００は、チャネル行列生成部１１０、コードブックアップデート部１２０、コードワード選択部１３０、送信部１４０および受信部１５０からなる端末１０１を有する。ただし、図１に明示的に示していないが、端末１０１はコードブックを格納するためのメモリを含んでもよい。下記で詳細に説明するが、コードブックアップデート部１２０は、時間の流れに伴うチャネルの変化に基づいて以前コードブックを適応的にアップデートしてもよい。さらに、予想可能なアップデートされたコードブックをメモリに予め格納して、そのうちいずれか１つを選択することによって、以前コードブックをアップデートしてもよい。

【００２５】

チャネル行列生成部１１０は、基地局１０２から端末１０１までのチャネルを推定し、推定されたチャネルを示すチャネル行列を生成する。

【００２６】

ここで、基地局１０２はＭ個の送信アンテナ１６０を備え、端末１０１がＮ個の受信アンテナを備える場合、チャネル行列は $M \times N$ のサイズを有する。ただし、端末１０１は１つの受信アンテナだけを備えてもよく、この場合に、チャネル行列は $M \times 1$ サイズを有するベクトルである。

【００２７】

本発明の一実施形態によれば、基地局１０２は複数の送信アンテナ１６０を用いて端末１０１に複数のパイロット信号を送信してもよい。このとき、端末１０１は、複数のパイロット信号を用いて基地局１０２から端末１０１までのチャネルを推定し、チャネル行列を生成してもよい。

【００２８】

コードブックアップデート部１２０は、第１コードブックおよびチャネル行列に基づいて第２コードブックを生成する。ここで、第２コードブックは、第１コードブックが時間の流れに伴うチャネルの変化に応じてアップデートされることによって、生成されるコードブックとして、これから用いるコードブックを意味する。

【００２９】

このとき、コードブックアップデート部１２０は予想可能なコードブックをメモリに予め格納し、このうち少なくとも１つを時間の流れに伴うチャネルの変化に応じて選択する

ことによって、コードブックをアップデートしてもよい。

【0030】

第1コードブックおよび第2コードブックは複数の行列を含む行列集合である。第1コードブックは複数の第1コードワード行列を含み、第2コードブックは複数の第2コードワード行列を含む。第1コードブックに含まれた第1コードワード行列の数と第2コードブックに含まれた第2コードワード行列の数は同一であってもよい。本明細書において、すなわち、第1コードブック、第2コードブックおよび第3コードブックに含まれたコードワード行列を識別するために「第1コードワード行列」、「第2コードワード行列」および「第3コードワード行列」という用語を用いる。すなわち、第1コードワード行列とは第1コードブックに含まれた複数のコードワード行列をいい、第2コードワード行列は第2コードブックに含まれた複数のコードワード行列を意味し、第3コードワード行列は第3コードブックに含まれた複数のコードワード行列を意味する。

10

【0031】

本発明の一実施形態によれば、端末101と基地局102は互いに同一のコードブックを備えてもよい。すなわち、端末101と基地局102は同一の第1コードブックを格納し、第1コードブックに基づいて同一の第2コードブックを生成してもよい。特に、端末101および基地局102は、時間の流れに伴うチャネルの変化または前記チャネルの変化に対する統計値を考慮して、第1コードブックを第2コードブックにアップデートすることができる。これに対しては後述することにする。

【0032】

20

また、コードワード選択部130は、第2コードブックに含まれた第2コードワード行列のうち少なくとも1つ以上のコードワード行列を選択する。本発明の一実施形態によれば、コードワード選択部130は、端末101が受信するデータのデータ送信率が最大になるようコードワード行列を選択してもよい。

【0033】

送信部140は、選択されたコードワード行列のインデックスを基地局102に送信する。ここで、インデックスは、該当のコードワード行列が第2コードブック内で何番目に位置するかを表す。

【0034】

本発明の一実施形態によれば、端末101と基地局102は互いに同一のコードブックを備えてもよい。したがって、端末101がコードワード行列のインデックスだけを基地局102に送信した場合にも、基地局102は端末101が選択したコードワード行列に対する全ての情報が分かる。

30

【0035】

基地局102は、端末101の送信部140が送信したインデックスに基づいて複数の送信アンテナ160を介して端末101にデータを送信してもよい。

【0036】

受信部150は、基地局102から送信されるデータを受信する。

【0037】

図2は、本発明の一実施形態に係る時間相関係数に基づいてコードブックをアップデートする端末の構造を示すブロック図である。以下、図2に基づいて本発明に係る端末の動作を詳細に説明することにする。本発明に係る端末101は、チャネル行列生成部110、時間相関係数生成部210、コードブック変更部220およびコードブックアップデート部120を含む。このとき、端末101は、図1に示していない構成要素またはメモリをさらに含んでもよい。

40

【0038】

本発明の一実施形態によれば、チャネル行列生成部110は、周期的または非周期的に特定時点で基地局102から端末101までのチャネルに対するチャネル行列を生成してもよい。

【0039】

50

時間相関係数生成部 210 は、特定時点で生成された第 1 チャネル行列と特定時点と異なる少なくとも 1 つの時点で生成された第 2 チャネル行列とを比較して時間相関係数を生成する。例えば、時間相関係数生成部 210 は、複数の時点で生成されたチャネル行列に基づいて時間相関係数を生成してもよい。さらに、時間相関係数生成部 210 は、必ず実際の時間相関係数を算出することなく、端末の時間相関係数をドップラー係数などに代替してもよい。すなわち、時間相関係数生成部 210 は、実際の時間相関係数または実際の時間相関係数に対応する値を生成する。

【0040】

本発明の一実施形態によれば、時間相関係数生成部 210 は、基地局 102 から端末 101 までのチャネルに対するチャネルモデルに基づいて時間相関係数を生成してもよい。

10

【0041】

本発明の一実施形態によれば、端末は実際に算出された時間相関係数そのものを基地局に提供してもよく、ドップラー係数などのように時間相関係数と関連した情報を基地局に提供してもよい。このとき、基地局は端末によって提供された時間相関係数と関連した情報に基づいて時間相関係数を得ることができ、端末がコードブックをアップデートできるように時間相関係数を端末に再び提供してもよい。

【0042】

本発明の一実施形態によれば、基地局 102 に接続した端末が 1 つの場合に、時間相関係数生成部 210 は下記の数 1 に基づいて基地局 102 から端末 101 までのチャネルをモデリングすることができる。

20

【0043】

【数 1】

$$H_{\tau} = \rho \cdot H_{\tau-1} + \Delta$$

【0044】

H_{τ} は τ 番目の時点で生成されたチャネル行列であり、 ρ は時間相関係数である。 Δ は複素ノイズとして平均が 0 であり、分散が $1 - \rho^2$ である正規分布を有する。基地局に M 個の送信アンテナが、端末に N 個の受信アンテナが

30

設けられた場合に、 H_{τ} は $M \times N$ サイズを有する行列である。

は τ 番目の時点で生成されたチャネル行列であり、 ρ は時間相関係数である。 Δ は複素ノイズとして平均が 0 であり、分散が $1 - \rho^2$ である正規分布を有する。基地局に M 個の送信アンテナが、端末に N 個の受信アンテナが設けられた場合に、 H_{τ} は $M \times N$ サイズを有する行列である。

40

【0045】

本発明のまた更なる実施形態によれば、基地局 102 にそれぞれ 1 つの受信アンテナを備えている複数の端末が接続した場合、時間相関係数生成部 210 は下記の数 2 によって基地局 102 から端末 101 までのチャネルをモデリングすることができる。

【0046】

【数 2】

$$h_{\tau} = \rho \cdot h_{\tau-1} + \sqrt{1-\rho^2} \cdot w_{\tau}$$

【0047】

h_{τ} は τ 番目の時間区間で生成されたチャネル行列である。

10

【0048】

本発明の一実施形態によれば、1つの受信アンテナだけを備えた端末101がM個の送信アンテナを備えた基地局102に接続することができる。このような

場合、 h_{τ} は $M \times 1$ サイズを有するベクトルであり、 w_{τ} は $M \times 1$ サイズを有

するノイズベクトルである。ここで、 w_{τ} に属する元素の平均は0であり、分散が1である。

20

【0049】

本発明の他の実施形態によれば、N個の受信アンテナを備えた端末101がM個の送信アンテナを備えた基地局102に接続してもよい。この場合、 w_{τ} は $M \times N$ サイズを有するノイズ行列である。

【0049】

30

本発明の他の実施形態によれば、N個の受信アンテナを備えた端末101がM個の送信アンテナを備えた基地局102に接続してもよい。この場合、 w_{τ} は $M \times N$ サイズを有するノイズ行列である。

【0050】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部120は時間相関係数 ρ に基づいて第2コードブックをアップデートしてもよい。これに対しては後述するが、本発明の一実施形態に係る基地局102および端末101は、時間の流れに伴うチャネルの変化を表す時間相関係数に基づいて前に用いたコードブックを新しいコードブックにアップデートすることができる。

40

【0051】

本発明の一実施形態によれば、送信部140は生成された時間相関係数を基地局102に送信してもよい。ここで、送信部140は、時間相関係数に対応する特定値（例えば、

50

ドップラー係数など)を基地局に送信してもよい。基地局102は、受信した時間相関係数および基地局102の第1コードブックに基づいて基地局102の第2コードブックを生成してもよい。基地局102の第1コードブックと端末101の第1コードブックが互いに同一であり、端末101から送信された時間相関係数または時間相関係数に対応する特定値基地局102を受信すれば、第1コードブックと時間相関係数に基づいて生成された端末101の第2コードブックと基地局102の第2コードブックは互いに同一であってもよい。

【0052】

基地局102は、端末101の第2コードブックと同一の基地局102の第2コードブックを用いてデータを送信し、端末101は基地局102から送信されたデータを、第2

10

【0053】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部120は、第1時間区間の間に生成された第1時間相関係数を第1時間区間に隣接した第2時間区間の間に生成された第2相関係数と比較し、比較結果に応じて、コードブックをアップデートしてもよい。あるいは、コードブックアップデート部120は、基地局102から送信された時間相関係数または時間相関係数に対応する値を用いてコードブックをアップデートしたり、既にメモリに格納されている候補コードブックを用いてコードブックをアップデートしてもよい。

【0054】

20

本発明の一実施形態によれば、端末はチャンネルの時間相関係数を求めてこれを基地局に知らせてもよい。このとき、端末と基地局は、チャンネルの時間相関係数を用いてコードブックをアップデートする。本発明の一実施形態によれば、端末は端末の移動の速度、ドップラー係数など、チャンネルの特性情報を基地局に送信し、基地局は、チャンネルの特性情報に基づいて時間相関係数を算出し、これを端末に知らせてもよい。

【0055】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部120は、時間相関係数に変更された場合にコードブックをアップデートしてもよい。時間相関係数に変更されなければ、基地局102から端末101までの無線チャンネルの状態が変更されていないと判断されうる。この場合、基地局102は、既存のコードブックをアップデートしないまま、そのまま用いて端末101の算出負担を減らすことができる。

30

【0056】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部120は、第1時間相関係数と第2時間相関係数の比を算出し、算出された値と所定の閾値を比較して、比較結果に応じて時間相関係数に変更されたか否かを判断できる。

【0057】

本発明の一実施形態によれば、送信部140は、時間相関係数が特定のレベル以上に変更された場合のみ、時間相関係数を基地局102に送信できる。このとき、基地局102は、変更された時間相関係数に基づいて基地局102のコードブックをアップデートしてもよい。時間相関係数に変更されていない場合には基地局102はコードブックをアップデートする必要がない。したがって、時間相関係数に変更された場合のみ端末101が基地局102に時間相関係数を送信することによって、時間相関係数またはそれに対応する特定値(例えば、ドップラー係数)をフィードバックすることによるオーバーヘッドを効率的に減らすことができる。

40

【0058】

本発明の一実施形態によれば、送信部140は、時間相関係数が所定の閾値よりも大きい場合のみ時間相関係数を基地局102に送信することができる。このとき、端末101は、時間相関係数が所定の閾値よりも大きい場合のみ第2コードブックを生成するための時間相関係数を基地局102に送信するため、端末101から基地局102までの送信経路を効率的に用いることができる。

50

【0059】

本発明の一実施形態によれば、コードブック変更部220は、第1コードブックの第1コードワード行列に基づいて第3コードブックの第3コードワード行列を生成してもよい。このとき、コードブックアップデート部120は、前記コードブック変更部220によって生成された第3コードブックの第3コードワード行列に基づいて第2コードブックの第2コードワード行列を生成してもよい。特に、コードブック変更部220は、時間相関係数に基づいて第3コードブックの第3コードワード行列を生成してもよい。

【0060】

本発明の一実施形態によれば、コードブック変更部220は、下記の数3に基づいて第3コードブックの第3コードワード行列を生成することができる。

10

【0061】

【数3】

$$\Theta'_i = \begin{bmatrix} \rho \cdot I & \sqrt{1 - \rho^2} \cdot \Theta_i \end{bmatrix}$$

20

【0062】

ρ は時間相関係数であり、 Θ'_i は第3コードブックのi番目の第3コード

ワード行列であり、 Θ_i は第1コードブックのi番目の第1コードワード行列

30

である。基地局102にM個の送信アンテナが設けられた場合に、 I はM×Mサイズを有する単位行列 (identity matrix) である。第3コードブックの第3コードワード行列の左側のM個列 (column) は単位行列の列に相応して決定される。第3コードブックの第3コードワード行列の残り列はコードワード行列に相応して決定される。

【0063】

本発明の他の実施形態によれば、コードブック変更部220は、下記の数4に基づいて第3コードブックの第3コードワード行列を生成することができる。

40

【0064】

【数4】

$$\Theta'_i = \rho \cdot I + \sqrt{1 - \rho^2} \cdot \Theta_i$$

【0065】

ρ は時間相関係数であり、 Θ_i' は第 3 コードブックで i 番目の第 3 コード

ワード行列であり、 Θ_i は第 1 コードブックの i 番目の第 1 コードワード行列

である。基地局 102 に M 個の送信アンテナが設けられた場合、 Θ_i' と Θ_i 10

は全て $M \times M$ 大きさの正方行列である。 I は $M \times M$ サイズを有する単位行列である。

【0066】

また、コードブック変更部 220 は、前記数 3 および数 4 と異なる方法でも第 3 コードブックを生成することができる。特に、コードブック変更部 220 は、下記の数 4-1 を 20

【0067】

【数 4-1】

$$\Psi_i(\rho, \Theta_i) = \mathbf{R}_i^x \left(\rho \mathbf{I} + \sqrt{1 - \rho^2} \Theta_i \right) = \rho \mathbf{R}_i^x + \sqrt{1 - \rho^2} \mathbf{R}_i^x \Theta_i$$

【0068】

ここで、 $\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ は第3コードブックの*i*番目の第3コードワード

行列として、前記数3または数4に記載された Θ_i' の異なる表現である。 ρ

は時間相関係数であり、 R_i^x は送信端での自己相関行列 (s p a t i a l c

o r r e l a t i o n m a t r i x) である。そして、 $\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ の S V D (S i n g u l a r V a l u e D e c o m p o s i t i o n) を下記の数

6 を介して説明しているように、 $\Phi_i \Lambda_i B_i^*$ に定義する場合、 Φ_i は下記の

数6に記載された U_i の異なる表現であり、 B_i^* は下記の数6に記載された

V_i の複素共役 (c o m p l e x c o n j u g a t e) の異なる表現である。

【0069】

結局、本発明の実施形態は、第1コードブックに基づいて様々な形態を有し得る第3コードブックを作成し、第3コードブックを用いて第2コードブックを作成することができる。

【0070】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部120は、第3コードワード行列に対して特異値の分解を適用して、前記適用結果に基づいて第2コードブックに含まれる第2コードワード行列を生成することができる。

【0071】

このとき、コードブックアップデート部120は、下記の数5に基づいて第2コードワード行列を生成することができる。

【0072】

【数5】

$$\tilde{\Theta}_i = U_i$$

【0073】

$\tilde{\Theta}_i$ は第2コードブックの*i*番目の第2コードワード行列であり、 U_i は下記の数6によって決定することができる。

【0074】

【数 6】

$$SVD[\Theta'_i] = U_i \cdot \Lambda_i \cdot V_i^*$$

【0075】

$SVD[x]$ は行列 x に対する特異値の分解を行う演算子であり、 U_i は Θ'_i に対する左側の特異ベクトル、 V_i は Θ'_i に対する右側の特異ベクトル、 Λ_i は Θ'_i の特異値から構成された対角行列である。

10

【0076】

本発明の他の実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は、第 3 コードブックの第 3 コードワード行列に対する右側の特異ベクトルと左側の特異ベクトルに基づいて第 2 コードワード行列を生成してもよい。本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は、下記の数 7 に基づいて第 2 コードワード行列を生成することができる。

20

【0077】

【数 7】

$$\tilde{\Theta}_i = U_i \cdot V_i^*$$

【0078】

数 7 を満たす第 2 コードワード行列は下記の数 8 を満たすため、本発明の更なる実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は数 8 に基づいて第 2 コードワード行列を生成することができる。

30

【0079】

【数 8】

$$\tilde{\Theta}_i = \arg \min \left\| \Theta'_i - \tilde{\Theta}_i \right\|_F$$

【0080】

$\|x\|_F$ は行列 x に対するフロベニウスのノルム (frobenious norm) である。

40

【0081】

本発明の更なる実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は、第 3 コードワード行列の逆行列に基づいて第 2 コードブックに含まれた第 2 コードワード行列を生成することができる。

【0082】

50

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は、下記の数 9 に基づいて第 2 コードワード行列を生成することができる。

【0083】

【数 9】

$$\tilde{\Theta}_i = \left[\Theta_i'^* \cdot \Theta_i' \right]^{-\frac{1}{2}} \cdot \Theta_i'$$

10

【0084】

$\tilde{\Theta}_i$ は i 番目の第 2 コードワード行列であり、 X^* は行列 X に対する複素前置 (conjugate transpose) 行列を表す。

【0085】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は生成されたコードワード行列に基づいて第 2 コードブックを生成してもよい。本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 120 は、下記の数 10 に基づいて第 2 コードブックを生成することができる。

20

【0086】

【数 10】

$$\{\tilde{\theta}\} = \{\tilde{\Theta}_1, \tilde{\Theta}_2, \dots, \tilde{\Theta}_K\}$$

【0087】

$\{\tilde{\theta}\}$ は行列から構成された行列集合を表し、 $\tilde{\theta}$ は第 2 コードブックである。K は第 2 コードブックに含まれた第 2 コードワード行列の数である。

30

【0088】

図 3 は、本発明の一実施形態に係るコードワード行列を選択する端末の構造を示すブロック図である。以下、図 3 に基づいて本発明に係る端末の動作を詳細に説明することにする。本発明の一実施形態に係る端末 101 は、コードブックアップデート部 120、行列生成部 310、送信率算出部 320、行列選択部 330、コードワード選択部 130 を含む。このとき、端末 101 は、図 1 に示していない構成要素またはメモリをさらに含んでもよい。

40

【0089】

コードブックアップデート部 120 は、第 1 コードブックに含まれた第 1 コードワード行列に基づいて第 2 コードブックのコードワード行列を生成する。

【0090】

また、行列生成部 310 は、第 2 コードブックに含まれた第 2 コードワード行列に基づいて複数の候補プリコーディング行列を生成する。特に、行列生成部 310 は、前に基地局 102 によって用いられたプリコーディング行列の第 1 プリコーディング行列と第 2 コードワード行列それぞれを乗算することによって、複数の候補プリコーディング行列を生成することができる。このとき、基地局 102 によって用いられる最初のプリコーディン

50

グ行列は、端末101がチャンネルに関する情報を基地局にフィードバックする時点に応じて様々に変わり得る。例えば、最初のプリコーディング行列は、端末が最初にチャンネルに関する情報を基地局にフィードバックする時点におけるチャンネル行列と、最も類似の行列または前記チャンネル行列に対する量子化エラー（quantization error）を最小化することのできる行列であってもよい。このような最初のプリコーディング行列は、コードブックをアップデートするアルゴリズムを実行するための基準行列として用いられうる。

【0091】

このとき、前に基地局102によって用いられた第1プリコーディング行列は直前時間に生成され、格納された第2コードワード行列に基づいて生成されてもよい。例えば、第1プリコーディング行列は直前時間に生成され、格納された第2コードワード行列のうちいずれか1つであってもよく、最初の時点でチャンネル行列と継続的にアップデートされる第2コードワード行列の積であってもよい。

10

【0092】

データ送信率算出部320は、基地局102にフィードバックされるコードワード行列のインデックスを決定するために第2コードワード行列に基づいて算出される候補プリコーディング行列それぞれに基づいて仮想のデータ送信率を算出してもよい。このとき、データ送信率算出部320は、フィードバックされるコードワード行列のインデックスを決定するための端末101の必須構成要素でなくともよく、端末101はデータ送信率ではなく、量子化エラーを考慮してフィードバックされるコードワード行列のインデックスを決定することもある。

20

【0093】

このとき、本発明の一実施形態によれば、データ送信率算出部320は、複数の候補プリコーディングマトリックスそれぞれと仮想のデータとを乗算する。そして、データ送信率算出部320は、端末101までの無線チャンネルを考慮して複数の候補プリコーディングマトリックスそれぞれと仮想のデータの積に基づいてデータ送信率を算出してもよい。

【0094】

また、行列選択部330は、仮想のデータのためのデータ送信率が最大になるよう複数の候補プリコーディング行列のうちいずれか1つを選択してもよい。このとき、上述したように、行列選択部330は、必ずデータ送信率が最大になるように複数の候補プリコーディング行列のうちいずれか1つを選択しなくともよく、例えば、量子化エラーが最小になるように複数の候補プリコーディング行列のうちいずれか1つを選択してもよい。

30

【0095】

本発明の一実施形態によれば、コードワード選択部130は、複数の候補プリコーディング行列のうち行列選択部330によって選択された行列を参照して第2コードワード行列のうち少なくとも1つのコードワード行列を選択してもよい。ここで、選択された少なくとも1つのコードワード行列のインデックスは基地局102にフィードバックされる。

【0096】

本発明の一実施形態によれば、チャンネル行列に基づいて前記基地局102から端末101までのチャンネルと関連する自己相関行列を生成する自己相関行列生成部をさらに含んでもよい。

40

【0097】

また、本発明の一実施形態によれば、自己相関行列を固有値の分解する固有値の分解部をさらに含んでもよい。本発明の一実施形態によれば、自己相関行列生成部および固有値の分解部は、下記の数11に基づいて自己相関行列を生成して分解することができる

【0098】

【数 1 1】

$$R_t = E[H^* \cdot H] = V_t \cdot \Sigma_t \cdot V_t^*$$

【0 0 9 9】

R_t はチャネルと関連する送信端における自己相関行列であり、 H は基地局 1 0 2 から端末までのチャネルに対するチャネル行列である。 $E[X]$ は行列 X に対

10

する時間平均を取る演算子であり、 V_t は R_t の固有ベクトルから構成された行列

であり、 Σ_t は R_t の固有値から構成された対角行列である。基地局の M 個の送信

アンテナが設けられた場合に、 R_t 、 V_t 、 Σ_t は全て $M \times M$ のサイズを有する正

20

方行列である。端末に N 個の受信アンテナが設けられた場合に H は $N \times M$ サイズを有する。

【0 1 0 0】

本発明の一実施形態によれば、最初に基地局 1 0 2 によって用いられるプリコーディング行列は自己相関行列に対する固有値の分解結果に応じて決定してもよい。本発明の一実施形態によれば、最初に基地局 1 0 2 によって用いられるプリコーディング行列は、自己相関行列の複数の固有ベクトルのうち支配的固有ベクトル (dominant eigenvector) に決定してもよい。

30

【0 1 0 1】

本発明の一実施形態によれば、最初に基地局 1 0 2 によって用いられるプリコーディング行列は、端末によって提供されたフィードバック情報に基づいて決定してもよい。このとき、フィードバック情報は、端末が現在の有しているコードブックに含まれたコードワード行列のうちチャネル行列と最も類似のコードワード行列または量子化エラを最小化することのできるコードワード行列に関する情報であってもよい。さらに、フィードバック情報は、現在の有しているコードブックに含まれたコードワード行列のうち最大のデータ送信率に対応するコードワード行列に関する情報であってもよい。

【0 1 0 2】

また、本発明の一実施形態によれば、以前チャネル行列とそれぞれの第 2 コードワード行列とを乗算して現在のチャネル行列に対する複数の候補チャネル行列を生成する候補チャネル行列生成部をさらに含んでもよい。

40

【0 1 0 3】

本発明の一実施形態によれば、候補チャネル行列生成部は下記の数 1 2 に基づいて候補チャネル行列を生成することができる。

【0 1 0 4】

【数 1 2】

$$\hat{h}_{\tau,i} = \tilde{\Theta}_i \hat{h}_{\tau-1}$$

【0 1 0 5】

$$\hat{h}_{\tau,i}$$

は時間 τ でチャネル行列に対する候補チャネル行列のうち i 番目の候補チ

10

$$\hat{h}_{\tau-1}$$

ャネル行列に関する情報であり、 $\hat{h}_{\tau-1}$ は時間 $\tau - 1$ でチャネル行列に関する

情報である。 $\tilde{\Theta}_i$ は第 2 コードブックのコードワード行列のうち i 番目のコードワード行列である。

【0 1 0 6】

20

本発明の一実施形態によれば、複数の候補チャネル行列のうち現在のチャネル行列と最も類似の行列を選択する候補チャネル行列選択部をさらに含んでもよい。このとき、本発明の一実施形態によれば、コードワード選択部 1 3 0 は、選択された候補チャネル行列を参照して複数の第 2 コードワード行列のうち少なくとも 1 つを選択してもよい。そして、選択された第 2 コードワード行列のインデックスは基地局 1 0 2 にフィードバックされる。

【0 1 0 7】

すなわち、本発明の一実施形態によれば、コードワード選択部 1 3 0 は、下記の数 1 3 に基づいて複数の第 2 コードワード行列のうち少なくとも 1 つを選択することができる。

【0 1 0 8】

30

【数 1 3】

$$\hat{\Theta} = \arg \min \sin^2 \left(\angle \left(h_{\tau}, \hat{h}_{\tau,i} \right) \right)$$

【0 1 0 9】

$$\hat{\Theta}$$

は選択されたコードワード行列であり、 $\angle$ はベクトル空間上で 2 つのベク

40

トルの間の角度である。 h_{τ} は現在のチャネル行列であり、 $\hat{h}_{\tau,i}$ は候補チャネル行列のうち i 行列である。数 1 3 によれば、現在のチャネル行列と最も小さい角度をなす候補チャネル行列に対応するコードワード行列が選択されていることが分かる。

【0 1 1 0】

本発明の一実施形態によれば、第 1 コードブックに含まれた第 1 コードワード行列は行列空間上で互いに均等に分布することができる。

【0 1 1 1】

50

図４は、本発明の一実施形態に係る第１コードワード行列が行列空間内で均等に分布した概念を示す図である。以下、図４に基づいて本発明に係る第１コードワード行列が行列空間内で均等に分布した概念を詳細に説明することにする。

【０１１２】

図４Ａは、第１コードワード行列４２１、４２２、４２３、４２４が行列空間４１０上で均等に分布したものを示す図である。各第１コードワード行列４２１、４２２、４２３、４２４は行列空間４１０上の特定領域に分布する。すなわち、第１コードワード行列４２１、４２２、４２３、４２４間の距離４３０は極めて近い。

【０１１３】

図４Ｂは第１コードワード行列４５１、４５２、４５３、４５４が行列空間４４０上で均等に分布したものを示す図である。各第１コードワード行列４５１、４５２、４５３、４５４は行列空間４４０上に広く広がって分布する。第１コードワード行列４５１、４５２、４５３、４５４間の距離は極めて遠い。

【０１１４】

本発明の一実施形態によれば、基地局１０２によって前に用いられた第１プリコーディング行列は、第１コードワード行列４２１、４２２、４２３、４２４に基づいてアップデートされる。もし、図４に示すように第１コードワード行列４２１、４２２、４２３、４２４が行列空間４１０上の特定の領域にだけ集まっていれば、第１プリコーディング行列に基づいて生成された複数の候補プリコーディング行列は互いに類似していると予測することができる。

【０１１５】

第１プリコーディング行列が互いに類似の複数の候補プリコーディング行列の中でアップデートされる場合、第１プリコーディング行列は行列空間上の特定の領域に位置した候補プリコーディング行列だけを互いに比較することによって選択される。このような場合、第１プリコーディング行列がアップデートされても、アップデートされた第１プリコーディング行列は最適化したプリコーディング行列でないこともある。

【０１１６】

したがって、複数の候補プリコーディング行列は、行列空間上の全体領域に均等に分布しなければならない。このためには、まず第１コードワード行列が行列空間上の全体領域に均等に分布しなければならないことが推測できる。例えば、第１コードブックおよび第２コードブックは、算出の複雑度を低くするために対角ユニタリーマトリックス構造（diagonal unitary matrices structure）を有していることが分かる。

【０１１７】

本発明の一実施形態によれば、第１コードワード行列は、下記の数１４にしたがってＤＦＴ（Discrete Fourier Transform）行列に基づいて生成される。

【０１１８】

【数１４】

$$\Theta_i = \Phi^i \cdot D$$

【０１１９】

10

20

30

40

Θ_i は第 1 コードブックに含まれた i 番目のコードワード行列であり、 Φ は

下記の数 1 5 に基づいて決められる対角行列である。 D は D F T 行列である。
下記の数 1 5 のように、D F T 行列の各列は互いに直交するフーリエ基底 (F o u r i e r b a i s i s) ベクトルである。

【0 1 2 0】

【数 1 5】

10

$$\Phi = \begin{bmatrix} e^{j\frac{2\pi m_1}{K}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi m_2}{K}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\frac{2\pi m_t}{K}} \end{bmatrix}$$

20

【0 1 2 1】

K は第 1 コードブックに含まれた第 1 コードワード行列の数であり、

$m_1, m_2, \dots, m_t$ は 1 から K の間で任意に選択された整数である。

30

【0 1 2 2】

本発明の一実施形態によれば、第 1 コードブックは、第 1 コードワード行列が行列空間上で均等に分布できるように数 1 6 の条件を満たすことができる。

【0 1 2 3】

【数 1 6】

$$\{\theta\} = \arg \max_{\{\theta\} \in U(M, M)} \min d(\Theta_i, \Theta_j)$$

【0 1 2 4】

40

θ は第 1 コードブックであり、 Θ_i 、 Θ_j はそれぞれ第 1 コードブックに含まれた i 番目のコードワード行列と j 番目のコードワード行列である。 M は基地局に設けられた送信アンテナの数である。 $U(M, M)$ は $M \times M$ のサイズを有するユニタリ行列を意味する。2 つのコードワード行列の間の距離 d は下記の数 1 7 によって決定される。

【0 1 2 5】

50

【数 1 7】

$$d(\Theta_i, \Theta_j) = \sqrt{1 - \frac{1}{M} \cdot |tr(\Theta_i^* \cdot \Theta_j)|}$$

【0 1 2 6】

X^* は行列 X に対する複素前置行列である。

10

【0 1 2 7】

本発明の他の実施形態によれば、第 1 コードワード行列は下記の数 1 8 に基づいて生成されうる。

【0 1 2 8】

【数 1 8】

$$\Theta_i = \Phi^i$$

20

【0 1 2 9】

Θ_i は第 1 コードブックに含まれた i 番目のコードワード行列であり、 Φ は前記数 1 5 に基づいて決められる対角行列である。

【0 1 3 0】

図 5 は、本発明の一実施形態に係るコードワード行列のインデックスを受信する基地局装置の構造を示すブロック図である。以下、図 5 に基づいて本発明に係る基地局装置の動作を詳細に説明することにする。本発明に係る基地局 1 0 2 は、コードブックアップデート部 5 1 0、受信部 5 2 0 および送信部 5 3 0 を含む。

30

【0 1 3 1】

送信部 5 3 0 は、複数の送信アンテナ 1 6 0 を介して端末 1 0 1 にデータを送信する。

【0 1 3 2】

コードブックアップデート部 5 1 0 は、第 1 コードブックに基づいて第 2 コードブックを生成する。第 1 コードブックは複数の第 1 コードワード行列を含み、第 2 コードブックは複数の第 2 コードワード行列を含む。第 1 コードワード行列の数と第 2 コードワード行列の数は同一である。本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 5 1 0 は、第 1 コードブックの第 1 コードワード行列に基づいて第 2 コードブックの第 2 コードワード行列を生成して、生成された第 2 コードワード行列を含む第 2 コードブックを生成してもよい。コードブックアップデート部 5 1 0 は、基地局 1 0 2 から端末 1 0 1 までのチャネルに対するチャネル行列に基づいて第 2 コードブックを生成する。また、コードブックアップデート部 5 1 0 は、単純にチャネル行列だけではなく、時間の流れに伴うチャネルの変化に関する情報（例えば、ドップラー係数など）に基づいて第 2 コードブックを生成してもよい。

40

【0 1 3 3】

受信部 5 2 0 は、端末 1 0 1 から第 2 コードワード行列のうち少なくとも 1 つ以上のコードワード行列に関する情報を受信してもよい。本発明の一実施形態によれば、コードワード行列に関する情報は端末 1 0 1 によって選択された第 2 コードワード行列のインデックスであってもよい。

50

【0134】

本発明の一実施形態によれば、端末101と基地局102は同一の第2コードブックを備えてもよい。端末101の第2コードブックと基地局102の第2コードブックは互いに同一であるため、端末101が選択した第2コードワード行列に対する全ての情報を送信することなく、端末101はそのインデックスだけを送信することができる。本発明の一実施形態によれば、基地局102は、端末101が送信したインデックスだけで端末101が選択した第2コードワード行列の全ての情報が分かる。

【0135】

送信部530は、受信されたインデックスに相応する第1コードブックを用いて端末101にデータを送信してもよい。

10

【0136】

本発明の一実施形態によれば、送信部530は、各送信アンテナを介して端末101に複数のパイロット信号を送信し、端末101は、パイロット信号に基づいて基地局102から端末101までのチャンネルに対するチャンネル行列を生成してもよい。本発明の一実施形態によれば、端末101は、基地局でチャンネル行列またはチャンネル行列に関する情報を送信してもよい。

【0137】

本発明の一実施形態によれば、受信部520は、チャンネル行列に関する情報を受信して、受信されたチャンネル行列に関する情報に基づいて基地局102から端末101までのチャンネルに対するチャンネル行列を再構成してもよい。

20

【0138】

本発明の一実施形態によれば、受信部520はチャンネル行列に対する時間相関係数を受信してもよい。端末101は、特定時点で生成された第1チャンネル行列と異なる時点で生成された第2チャンネル行列を比較して時間相関係数を生成してもよい。時間相関係数は、時間の流れに伴うチャンネル行列の変更有無を示す。受信部520は端末101から時間相関係数を受信し、コードブックアップデート部510は時間相関係数に基づいて第2コードブックを生成してもよい。

【0139】

図6は、本発明の一実施形態に係る第1コードワード行列を変形して第3コードワード行列を生成する基地局装置の構造を示すブロック図である。以下、図6に基づいて本発明に係る基地局装置の動作を詳細に説明することにする。本発明に係る基地局102は、コードブックアップデート部510、コードブック変更部610および受信部520を含む。基地局102は、図6に示すコンポーネントその他にも別のメモリ装置、ハードウェア、ソフトウェア、送信／受信構成要素など様々な異なるコンポーネントを含んでもよい。

30

【0140】

受信部520は、端末101から基地局102から端末101までのチャンネルに対する時間相関係数を端末101から受信してもよい。

【0141】

コードブック変更部610は、受信部520が受信した時間相関係数および単位行列に基づいて第1コードワード行列それぞれに対して第3コードワード行列を生成する。

40

【0142】

本発明の一実施形態によれば、コードブック変更部610は下記の数19を用いて第3コードブックの第3コードワード行列を生成することができる。

【0143】

【数19】

$$\Theta'_i = \left[\rho \cdot I \sqrt{1 - \rho^2} \cdot \Theta_i \right]$$

50

【0144】

ρ は時間相関係数であり、 Θ_i' は第3コードブックの*i*番目の第3コードワード行列であり、 Θ_i は第1コードブックの*i*番目の第1コードワード行列である。基地局102にM個の送信アンテナが設けられた場合に、 I はM×M大きさの単位行列である。第3コードワード行列のうち左側のM個列は単位行列の各列に相応して決定される。第3コードワード行列の残り列は、第1コードワード行列に相応して決定される。

10

【0145】

本発明の他の実施形態によれば、コードブック変更部610は下記の数20に基づいて第3コードブックの第3コードワード行列を生成することができる。

【0146】

【数20】

$$\Theta_i' = \rho \cdot I + \sqrt{1 - \rho^2} \cdot \Theta_i$$

20

【0147】

Θ_i' は第3コードブックの*i*番目の第3コードワード行列であり、 Θ_i は第1コードブックの*i*番目の第1コードワード行列である。基地局102にM個

30

の送信アンテナが設けられた場合に、 Θ_i' と Θ_i は全てM×Mサイズを有す

る正方行列である。 I はM×Mサイズを有する単位行列である。

【0148】

また、コードブック変更部610は、前記数19および数20と異なる方法でも第3コードブックを生成することができる。特に、コードブック変更部610は、下記の数20-1を用いて第3コードブックを生成することができる。

40

【0149】

【数20-1】

$$\Psi_i(\rho, \Theta_i) = R_i^x \left(\rho I + \sqrt{1 - \rho^2} \Theta_i \right) = \rho R_i^x + \sqrt{1 - \rho^2} R_i^x \Theta_i$$

【0150】

50

ここで、 $\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ は第 3 コードブックの i 番目の第 3 コードワード

行列として、前記数 3 または数 4 に記載された Θ_i' の異なる表現である。 ρ

は時間相関係数であり、 R_t^x は送信端における自己相関行列である。そして、

$\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ の SVD (Singular Value Decomposition) を数 22 を介して説明しているように、 $\Phi_i \Lambda_i B_i^*$ と定義する場

合、 Φ_i は数 22 に記載された U_i の異なる表現であり、 B_i^* は前記数 22

に記載された V_i の複素共役の異なる表現である。

【0151】

コードブックアップデート部 510 は、基地局 102 から端末 101 までのチャネルに対するチャネル行列または時間の流れに伴うチャネルの変化に関する情報および第 1 コードブックに基づいて第 2 コードブックを生成する。第 1 コードブックおよび第 2 コードブックはそれぞれ複数の第 1 コードワード行列および複数の第 2 コードワード行列を含む。第 1 コードワード行列の数と第 2 コードワード行列の数は同一である。

【0152】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 510 は、それぞれの第 3 コードワード行列に対する特異値の分解結果に基づいて、それぞれの第 2 コードワード行列を生成してもよい。本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部 510 は下記の数 21 に基づいて第 2 コードワード行列を生成することができる。

【0153】

【数 21】

$$\tilde{\Theta}_i = U_i$$

【0154】

$\tilde{\Theta}_i$ は第 2 コードブックの i 番目の第 2 コードワード行列であり、 U_i は下記の数 22 によって決定されることができる。

10

20

30

40

50

【0155】

【数22】

$$SVD[\Theta'_i] = U_i \cdot \Lambda_i \cdot V_i^*$$

【0156】

$SVD[x]$ は行列 X に対する特異値の分解演算を行う演算子であり、 U_i は Θ'_i 10
に対する左側の特異ベクトル、 V_i は Θ'_i に対する右側の特異ベクトル、 Λ_i は
 Θ'_i の特異値から構成された対角行列である。

【0157】

本発明の他の実施形態によれば、コードブックアップデート部 510 は、第 3 コードブ 20
ックの第 3 コードワード行列に対する右側の特異ベクトルと左側の特異ベクトルの積に基
づいて第 2 コードワード行列を生成してもよい。本発明の一実施形態によれば、コードブ
ックアップデート部 510 は下記の数 23 に基づいて第 2 コードワード行列を生成するこ
とができる。

【0158】

【数23】

$$\tilde{\Theta}_i = U_i \cdot V_i^*$$

30

【0159】

数 23 を満たす第 2 コードワード行列は、下記の数 24 を満たす行列であるため、本発 明のまた他の実施形態によれば、コードブックアップデート部 510 は数 24 に基づいて
第 2 コードワード行列を生成することができる。

【0160】

【数24】

$$\tilde{\Theta}_i = \arg \min \|\Theta'_i - \tilde{\Theta}_i\|_F$$

40

【0161】

$\|x\|_F$ は行列 x に対するフロベニウスのノルムである。

【0162】

本発明の他の実施形態によれば、コードブックアップデート部 510 は、各第 3 コード
ワード行列の逆行列に基づいて各第 2 コードワード行列を生成してもよい。本発明の一実
施形態によれば、コードブックアップデート部 510 は下記の数 25 に基づいて第 2 コー
ドワード行列を生成することができる。

50

【0163】

【数25】

$$\tilde{\Theta}_i = \left[\Theta_i'^* \cdot \Theta_i' \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \Theta_i'$$

【0164】

10

$\tilde{\Theta}_i$ は i 番目の第2コードワード行列であり、 X^* は行列 X に対する複素前置行列を示す。

【0165】

本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部510はそれぞれ生成されたコードワード行列に基づいて第2コードブックを生成してもよい。本発明の一実施形態によれば、コードブックアップデート部510は下記の数26に基づいて第2コードブックを生成することができる。

20

【0166】

【数26】

$$\{\tilde{\theta}\} = \{\tilde{\Theta}_1, \tilde{\Theta}_2, \dots, \tilde{\Theta}_K\}$$

【0167】

$\{\}$ は行列から構成された行列集合を表し、 $\tilde{\theta}$ は第2コードブックである。

30

Kは第2コードブックに含まれた第2コードワード行列の数である。

【0168】

図7は、本発明の一実施形態に係る端末から受信したインデックスに基づいてチャネル行列をアップデートする基地局装置の構造を示すブロック図である。以下、図7に基づいて本発明に係る基地局装置の動作を詳細に説明することにする。本発明に係る基地局102は、コードブックアップデート部510、受信部520、チャネル行列アップデート部710および送信部530を含む。

40

【0169】

受信部520は、基地局102から端末101までのチャネルに対するチャネル行列またはチャネル行列に関する情報を端末101から受信する。

【0170】

基地局102から端末101までのチャネルに関する情報を基地局102が収集することは困難である。端末101がチャネルを推定してチャネル行列を生成して、生成されたチャネル行列情報を基地局102に送信すれば、チャネルに対する正確な情報を送信するために端末101から基地局102までの帯域幅を浪費することになる。

【0171】

50

本発明によれば、端末 101 は基地局 102 から端末 101 までのチャネルに対するチャネル行列ではなく、コードワード行列のインデックスだけを送信してもよい。基地局 102 は、コードワード行列のインデックスだけを受信し、端末 101 が生成したチャネル行列と同一の行列を再生成することができる。基地局 102 は、再生成されたチャネル行列に基づいて端末 101 にデータを送信してもよい。端末 101 が正確なチャネル行列を送信することなく、コードワード行列のインデックスだけを送信するため、端末 101 から基地局 102 間の帯域幅を節約することができる。

【0172】

コードブックアップデート部 510 は、第 1 コードブックおよびチャネル行列に関する情報に基づいて第 2 コードブックを生成する。第 1 コードブックは複数の第 1 コードワード行列を含み、第 2 コードブックは複数の第 2 コードワード行列を含む。第 1 コードワード行列の数と第 2 コードワード行列の数は同一である。

10

【0173】

本発明の一実施形態によれば、受信部 520 は第 2 コードワード行列のインデックスを受信してもよい。

【0174】

チャネル行列アップデート部 710 は、第 2 コードブックに基づいて基地局 102 から端末 101 までのチャネルに対するチャネル行列をアップデートする。本発明の一実施形態によれば、チャネル行列アップデート部 710 は、第 2 コードブックに含まれた第 2 コードワード行列のうち受信部 520 が受信したインデックスに相応する第 2 コードワード行列とチャネル行列を乗算してチャネル行列をアップデートしてもよい。

20

【0175】

本発明の一実施形態によれば、チャネル行列アップデート部 710 は、下記の数 27 に基づいて、基地局 102 から端末 101 までのチャネルに対するチャネル行列をアップデートすることができる。

【0176】

【数 27】

$$\hat{h}_{i,\tau} = \tilde{\Theta}_{i,j} \hat{h}_{i,\tau-1}$$

30

【0177】

$$\hat{h}_{i,\tau}$$

は基地局 102 から i 番目の端末までのチャネルに対するアップデート

$$\hat{h}_{i,\tau-1}$$

されたチャネル行列であり、

40

$$\tilde{\Theta}_{i,j}$$

チャネルに対するアップデートされる前のチャネル行列であり、
は i 番目の端末が送信したインデックスに相応する第 2 コードブックの j 番目の第 2 コードワード行列である。

【0178】

50

本発明の一実施形態によれば、送信部 530 は、アップデートされたチャネル行列に基づいて各端末にデータを送信してもよい。本発明の一実施形態によれば、送信部 530 は、アップデートされたチャネル行列に基づいてプリコーディング行列を生成して、生成されたプリコーディング行列の各元素を複数の送信アンテナ 160 を介して送信されるデータに乗算してもよい。

【0179】

本発明の一実施形態によれば、送信部 530 は、下記の数 28 に基づいてプリコーディング行列を生成することができる。

【0180】

【数 28】

10

$$W = \frac{\hat{W}}{\|\hat{W}\|^2}$$

【0181】

W はプリコーディング行列であり、 $\hat{W}$ は正規化 (normalized) 20

されないプリコーディング行列である。 $\hat{W}$ は下記の数 29 に基づいて決められる。

【0182】

【数 29】

$$\hat{W} = \hat{H} \cdot (\hat{H}^* \cdot \hat{H})^{-1} \quad 30$$

【0183】

$\hat{H}$ は基地局から各端末までのチャネルに対するチャネル行列から構成された行列であって、下記の数 30 に基づいて決められる。

【0184】

【数 30】

$$\hat{H} = \begin{bmatrix} \hat{h}_1 & \cdots & \hat{h}_L \end{bmatrix} \quad 40$$

【0185】

$\hat{h}_i$ は基地局 102 から基地局 102 に接続した i 番目の端末までのチャネルに対するチャネル行列である。L は基地局 102 に接続した端末の数である。 50

【0186】

本発明の他の実施形態によれば、送信部530は、第2コードブックに含まれた第2コードワード行列に基づいて端末101にデータを送信してもよい。本発明の一実施形態によれば、送信部530は、受信部520が受信したインデックスに相応する第2コードワード行列に基づいてプリコーディング行列をアップデートしてもよい。

【0187】

本発明の一実施形態に係る基地局102は、時間の流れに伴うチャネルの変化にตอบสนองしてコードブックだけではなく、プリコーディングマトリックスを適応的にアップデートしてもよい。

10

【0188】

基地局102は、時間の流れに伴うチャネルの変化をプリコーディングマトリックスをアップデートするのに反映する様々な方法を用いることができる。特に、基地局102は、アップデートされた新しいコードブックをプリコーディングマトリックスをアップデートするために用いることによって、時間の流れに伴うチャネルの変化を反映することができる。

【0189】

例えば、基地局102は、受信したインデックスに相応する第2コードワード行列とプリコーディング行列とを乗算し、プリコーディング行列をアップデート

20

してもよい。例えば、 $\tau - 1$ 番目の時間で用いられるプリコーディング行列

が $\mathbf{F}_{\tau-1}$ である場合、本発明の一実施形態に係る基地局は、 $\tilde{\mathbf{\Theta}}_i$ を用いて新し

いプリコーディング行列 $\mathbf{F}_{\tau}$ を算出してもよい。すなわち、 $\mathbf{F}_{\tau}$ は下記の数3

1のように以前プリコーディング行列 $\mathbf{F}_{\tau-1}$ と $\tilde{\mathbf{\Theta}}_i$ を用いて表すことができる。

30

【0190】

【数31】

$$\mathbf{F}_{\tau} = \tilde{\mathbf{\Theta}}_i \mathbf{F}_{\tau-1}$$

40

【0191】

前記数31において、最初のプリコーディング行列を $\mathbf{F}_0$ であり、

$\tau = 1, 2, \dots, T_{\max}$ と仮定する。 τ が $T_{\max} + 1$ になれば、プリコーディ

ング行列をアップデートする過程はリセットされ、 τ は再び「0」と設定されてもよい。

50

【0192】

また、前記数31は $\mathbf{F}_\tau$ を生成するために $\mathbf{F}_{\tau-1}$ を用いることを表す。ただし、前記数31は $\mathbf{F}_\tau$ を生成するための1つの方法であるという点に留意すべきである。すなわち、 $\mathbf{F}_\tau$ を生成する方法は様々に存在し得る。

10

【0193】

例えば、 $\mathbf{F}_\tau$ は下記の数32を用いて算出することができる。

【0194】

【数32】

20

$$\mathbf{F}_\tau = \frac{\Psi_i(\rho, \Theta_i) \mathbf{F}_{\tau-1}}{\|\Psi_i(\rho, \Theta_i) \mathbf{F}_{\tau-1}\|}$$

【0195】

ここで、 $\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ は第3コードブックのi番目の第3コードワード

30

行列であって、前記数3、数4または数4-1に記載された Θ_i' の異なる表現

である。特に、 $\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ は前記数3、数4または数4-1に記載され

40

た Θ_i' のうちのいずれか1つであってもよい。より具体的な例として、

$$\Psi_i(\rho, \Theta_i)$$

は前記数 4 - 1 のように送信端での自己相関行列である

$$\mathbf{R}_t^x$$

に 基 づ い て 生 成 さ れ て も よ く 、

$$\Psi_i(\rho, \Theta_i) = \mathbf{R}_t^x \left(\rho \mathbf{I} + \sqrt{1 - \rho^2} \Theta_i \right) = \rho \mathbf{R}_t^x + \sqrt{1 - \rho^2} \mathbf{R}_t^x \Theta_i$$

10

の よ う に 表

してもよい。

【 0 1 9 6 】

他の例として、 $\mathbf{F}_\tau$ は下記の数 3 3 によって算出されることができる。

【 0 1 9 7 】

【数 3 3】

20

$$\mathbf{F}_\tau = \frac{\mathbf{R}_t^x \tilde{\Theta}_i \mathbf{F}_{\tau-1}}{\left\| \mathbf{R}_t^x \tilde{\Theta}_i \mathbf{F}_{\tau-1} \right\|}$$

【 0 1 9 8 】

30

ここで、 $\tilde{\Theta}_i$ は第 2 コードブックの i 番目の第 2 コードワード行列であり、第 3 コードブックに基づいて生成されたものであってもよい。特に、第 3 コードブ

ックは、前記数 4 - 1 のように送信端での自己相関行列である $\mathbf{R}_t^x$ に基づいて生成されたものであってもよく、数 3 4 を用いて表すことができる。

【 0 1 9 9 】

40

【数 3 4】

$$\Psi_i(\rho, \Theta_i) = \mathbf{R}_t^x \left(\rho \mathbf{I} + \sqrt{1 - \rho^2} \Theta_i \right) = \rho \mathbf{R}_t^x + \sqrt{1 - \rho^2} \mathbf{R}_t^x \Theta_i$$

$$\tilde{\Theta}_i = \arg \min_{\tilde{\Theta}_i} \left\| \Psi_i(\rho, \Theta_i) - \tilde{\Theta}_i \right\|_F$$

50

【0200】

さらに、前記数33を用いて $\mathbf{F}_\tau$ を生成する過程で用いられる $\tilde{\Theta}_i$ は下記の数35によって生成されたものであってもよい。

【0201】

【数35】

$$\Psi_i(\rho, \Theta_i) = \rho \mathbf{I} + \sqrt{1 - \rho^2} \Theta_i \quad 10$$

$$\tilde{\Theta}_i = \arg \min_{\tilde{\Theta}_i} \left\| \Psi_i(\rho, \Theta_i) - \tilde{\Theta}_i \right\|_F$$

【0202】

上記で説明した $\mathbf{F}_\tau$ を生成する方法の他に様々な方法が存在し得る。したが

って、 $\mathbf{F}_\tau$ を生成するために $\mathbf{F}_{\tau-1}$ 、 $\tilde{\Theta}_i$ 、 ρ 、 $\mathbf{R}_t^x$ または

$\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ のうち少なくとも1つを用いる方法は本発明の範疇に属する

と見ることができる。さらに、 $\mathbf{F}_{\tau-1}$ 、 $\tilde{\Theta}_i$ 、 ρ 、 $\mathbf{R}_t^x$ または

$\Psi_i(\rho, \Theta_i)$ のうち少なくとも1つを使用しなくても時間の流れに伴うチ

ヤネルの変化を考慮して $\mathbf{F}_\tau$ を生成することは本発明の範疇に属する。

【0203】

本発明の一実施形態によれば、送信部530は、アップデートされたプリコーディング行列の各元素を複数の送信アンテナ160を介してそれぞれ送信されるデータに乗算し、乗算したデータを端末101に送信してもよい。

【0204】

図8は、本発明の一実施形態に係る基地局の通信方法を示した動作フローチャートである。

【0205】

50

図8に示すように、ステップS810において、基地局は基地局および端末の間に形成されたチャンネルを認知する。

【0206】

このとき、基地局が前記チャンネルを認知するための様々な方法が存在し得る。例えば、端末は、推定されたチャンネルに基づいて現在に使用されているコードブックに含まれたコードワード行列のいずれか1つを選択してフィードバック情報を基地局に提供することができ、基地局はフィードバック情報を用いてチャンネルを認知することができる。さらに、基地局が前の時点でのチャンネルを知っていれば、端末の移動によるドップラー効果などを表すフィードバック情報を用いて現在の時点でのチャンネルを認知することができる。

【0207】

また、基地局は時間に伴うチャンネルの変化に対する統計値を生成することができる。ここで、チャンネルの変化に対する統計値は、チャンネルの変化速度、チャンネルの変化量、チャンネルの変化パターンなどに対するものであってもよい。

【0208】

また、ステップS820において、基地局は時間に伴うチャンネルの変化または前記チャンネルの変化に対する統計値を考慮して以前コードブックを新しいコードブックにアップデートする。例えば、基地局は上述したように、時間に伴うチャンネルの変化を巧みに表す時間相関係数に基づいて以前コードブックをアップデートしてもよい。このとき、時間相関係数は、少なくとも2つの時点で測定されたチャンネルに基づいて算出されることができる。

【0209】

以前コードブックを新しいコードブックにアップデートする方法は様々な存在し得る。

【0210】

第1に、基地局は図1～図7に基づいて説明したように、基地局は、時間に伴うチャンネルの変化または前記チャンネルの変化に対する統計値（例えば、時間相関係数）を用いてリアルタイムで新しいコードブックを生成することができる。

【0211】

第2に、基地局は、複数の候補コードブックをメモリに予め格納した後、時間に伴うチャンネルの変化を最も巧みに反映する候補コードブックを新しいコードブックとして選択することができる。このとき、基地局は、指示子（indicator）と候補コードブックをマッピングし、チャンネルの変化を最も巧みに反映する指示子を検索することによって、候補コードブックを新しいコードブックとして選択することができる。例えば、基地局は量子化された時間相関係数を指示子などで用いてもよい。

【0212】

第3に、基地局は、以前コードブックのサイズより新しいコードブックのサイズが小さいか、あるいは同一になるよう新しいコードブックを生成してもよい。例えば、チャンネルの変化が大きくない場合、現在の端末によって選択されるコードワード行列は、以前に端末によって選択されたコードワード行列と類似するものと予測される。このとき、基地局は、以前に端末によって選択されたコードワード行列と類似のコードワード行列のみを選択することによって、新しいコードブックを生成することができる。

【0213】

第4に、基地局は、複数のコードワード行列のうち予め決定された数だけの行列のみを選択することによって、新しいコードブックを生成することができる。例えば、コードワード行列A、B、C、D、E、F、G、Hを含む全体集合が存在し、全体集合のA、B、C、Dを含む第1サブ集合が以前コードブックであり、Cが以前に端末によって選択されたコードワード行列であると仮定する。このとき、基地局はB、C、D、Eを含む全体集合の第2サブ集合を新しいコードブックとして決定することができる。

【0214】

第5に、基地局はチャンネルを量子化することによって発生する量子化エラーを減らすために新しいコードブックを生成することができる。例えば、以前に端末によって選択され

10

20

30

40

50

たコードワード行列がAである場合、基地局は、チャンネルの変化およびコードワード行列Aを考慮して特定の空間領域を再び量子化して新しいコードワード行列を生成することができ、生成された新しいコードワード行列に基づいて新しいコードブックを生成することができる。特に、時間に伴うチャンネルの変化がほとんどない場合、基地局は、コードワード行列Aを取り囲んでいる空間領域を量子化することによって新しいコードブックを生成することができる。

【0215】

前述した方法の他に、以前コードブックを新しいコードブックでアップデートする具体的な方法は様々に存在し得る。しかし、このような具体的な方法の基本的な技術的思想は、チャンネルの変化またはチャンネルの変化に対する統計値に基づいて、より最適化されたコードブックを探すことにある。この技術的思想は、様々な形態で実現され得るものであるため、このような具体的な方法に対する詳細な説明は省略する。

10

【0216】

結局、基地局は、チャンネルの変化またはチャンネルの変化に対する統計値に基づいて、以前コードブックを新しいコードブックにアップデートすることによって、より最適化したコードブックを探えることが分かる。さらに、基地局は、新しいコードブックを介してフィードバック情報のビット数を減すことができ、量子化エラーを減らすこともできる。

【0217】

また、ステップS830において、基地局は、新しいコードブックに基づいてプリコーディングマトリックス（行列）を生成する。特に、基地局は、前記数31にて分かるように、新しいコードブックを参考して以前に用いられたプリコーディングマトリックスを簡単にアップデートすることによって、新しいプリコーディングマトリックスを獲得できる。ここで、新しいコードブックを参照するとは、新しいコードブックを獲得するためのチャンネルの変化またはチャンネルの変化に対する統計値を参照することを含むことができる。すなわち、基地局は、以前コードブックをアップデートしなくてもチャンネルの変化またはチャンネルの変化に対する統計値だけを参照することによって、前に用いられたプリコーディングマトリックスを簡単にアップデートして新しいプリコーディングマトリックスを獲得することができる。

20

【0218】

新しいプリコーディングマトリックスを獲得する方法は様々に存在し得る。例えば、基地局は、前記数31のように新しいコードブックと直前に用いられたプリコーディングマトリックスを用いて、新しいプリコーディングマトリックスを獲得することができる。さらに、基地局は、特定時点（例えば、 $time = 0$ ）である時のプリコーディングマトリックスおよびチャンネル行列に関する情報（類似の例を挙げれば、チャンネルの変化またはチャンネルの変化に対する統計値に関する情報）に基づいて使用したい新しいプリコーディングマトリックスを獲得することも可能である。

30

【0219】

また、ステップS840において、基地局は、新しいプリコーディングマトリックスを用いてデータストリームをプリコーディングし、送信信号を生成する。このような送信信号は、基地局に設けられた複数の送信アンテナを介して送信される。このとき、端末も基地局が有する新しいコードブックと同一のコードブックを有するため、前記送信信号をコードブックを参照して復号化してもよい。

40

【0220】

図9は、本発明の一実施形態に係る端末の通信方法を示した動作フローチャートである。

【0221】

図9に示すように、ステップS910において、端末は基地局および端末の間に形成されたチャンネルを推定する。

【0222】

また、ステップS920において、端末は、推定されたチャンネルに基づいて以前コード

50

ブックを新しいコードブックにアップデートする。以前コードブックを新しいコードブックにアップデートする内容は上述し、その内容は基地局だけでなく端末にも適用できることから、省略する。

【0223】

また、ステップS930において、端末は新しいコードブックを用いて（より詳しくは、新しいプリコーディングマトリックスを用いて）基地局によって生成された送信信号を受信する。そして、ステップS940で新しいコードブックを参照して送信信号を復号化する。

【0224】

図10は、本発明の一実施形態に係る基地局および端末を示すブロック図である。

10

【0225】

図10に示すように、本発明の一実施形態に係る基地局1100は、チャンネル認知部1110、コードブックアップデート部1120、プリコーディングマトリックス生成部1130および送信信号生成部1140を含む。

【0226】

チャンネル認知部1110は、複数の送信アンテナが設けられた基地局1100および端末1200の間のチャンネルを認知する。このとき、チャンネル認知部1110は、端末1200によって提供されたフィードバック情報に基づいてチャンネルを認知することができる。このとき、フィードバック情報は、端末1200によって選択されたコードワード行列のインデックス、チャンネルの時間相関係数または時間相関係数に相応する情報を含んでもよい。

20

【0227】

また、コードブックアップデート部1120は、時間に伴うチャンネルの変化またはチャンネルの変化に対する統計値に基づいて以前コードブックを新しいコードブックでアップデートする。

【0228】

また、プリコーディングマトリックス生成部1130は新しいコードブックを用いて新しいプリコーディングマトリックスを生成し、送信信号生成部1140は新しいプリコーディングマトリックスを用いて送信信号を生成する。

【0229】

30

また、チャンネル推定部1210は、複数の送信アンテナが設けられた基地局1100および端末1200の間のチャンネルを推定する。このとき、チャンネル推定部1210は、上述したように基地局1100から送信されたパイロット信号を用いてチャンネルを推定してもよい。

【0230】

そして、コードブックアップデート部1220は基地局1100と同一であるか、あるいは類似の方式を用いて以前コードブックを新しいコードブックにアップデートする。そして、デコーダ1230は、新しいコードブックを参照して基地局1100から受信された送信信号を復号化する。

【0231】

40

図10に示すユニットには図1～図9によって説明された内容が適用されるため、それに対する詳細な説明は以下省略する。

【0232】

以下は、上記で前述した第1コードブックおよび第2コードブックの具体的な数字（digits）を記述する。

【0233】

1. 第1コードブック

（1）基地局の送信アンテナの数が2つであり、アイデンティティマトリックスを有する第1コードブック

50

$$\textcircled{M}_1 =$$

$$\begin{array}{rcl} 1. \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 & & 0. \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 + 0. \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ i \\ 0. \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 & - & 0. \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ i \quad 1. \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \end{array}$$

$$\textcircled{M}_2 =$$

10

$$\begin{array}{rcl} 0. \ 5 \ 7 \ 3 \ 2 & + & 0. \ 1 \ 1 \ 5 \ 0 \ i \\ -0. \ 7 \ 1 \ 6 \ 1 & + & 0. \ 3 \ 8 \ 1 \ 4 \ i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0. \ 5 \ 3 \ 4 \ 3 & + & 0. \ 6 \ 1 \ 0 \ 5 \ i \\ 0. \ 5 \ 7 \ 6 \ 7 & + & 0. \ 0 \ 9 \ 5 \ 8 \ i \end{array}$$

$$\textcircled{M}_3 =$$

20

$$\begin{array}{rcl} -0. \ 3 \ 3 \ 9 \ 6 & + & 0. \ 1 \ 9 \ 4 \ 0 \ i \\ 0. \ 0 \ 8 \ 8 \ 3 & - & 0. \ 9 \ 1 \ 6 \ 1 \ i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0. \ 6 \ 1 \ 5 \ 3 & - & 0. \ 6 \ 8 \ 4 \ 4 \ i \\ -0. \ 0 \ 8 \ 6 \ 7 & - & 0. \ 3 \ 8 \ 1 \ 4 \ i \end{array}$$

$$\textcircled{M}_4 =$$

30

$$\begin{array}{rcl} -0. \ 0 \ 6 \ 8 \ 5 & + & 0. \ 7 \ 4 \ 3 \ 7 \ i \\ -0. \ 3 \ 4 \ 9 \ 3 & + & 0. \ 5 \ 6 \ 5 \ 8 \ i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0. \ 4 \ 6 \ 8 \ 9 & + & 0. \ 4 \ 7 \ 1 \ 5 \ i \\ 0. \ 7 \ 0 \ 7 \ 3 & - & 0. \ 2 \ 3 \ 9 \ 9 \ i \end{array}$$

$$\textcircled{M}_5 =$$

40

$$\begin{array}{rcl} -0. \ 3 \ 0 \ 6 \ 5 & - & 0. \ 4 \ 1 \ 8 \ 1 \ i \\ -0. \ 7 \ 8 \ 7 \ 2 & + & 0. \ 3 \ 3 \ 4 \ 1 \ i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0. \ 5 \ 6 \ 1 \ 3 & + & 0. \ 6 \ 4 \ 5 \ 2 \ i \\ -0. \ 4 \ 5 \ 8 \ 7 & + & 0. \ 2 \ 4 \ 1 \ 5 \ i \end{array}$$

$$\textcircled{M}_6 =$$

50

$$\begin{array}{rclcl} 0.2983 & - & 0.2900i & 0.2784 & - & 0.8657i \\ -0.9078 & - & 0.0541i & 0.3783 & - & 0.1730i \end{array}$$

$$\textcircled{W}_7 =$$

$$\begin{array}{rclcl} -0.6555 & - & 0.2242i & 0.4919 & + & 0.5274i \\ -0.3710 & - & 0.6184i & -0.0344 & - & 0.6919i \end{array} \quad 10$$

$$\textcircled{W}_8 =$$

$$\begin{array}{rclcl} 0.7811 & - & 0.1004i & 0.1436 & - & 0.5993i \\ -0.1963 & + & 0.5842i & -0.6088 & - & 0.4996i \end{array} \quad 20$$

【0234】

(2) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、第1コードブックのサイズが3ビットである場合

$$\textcircled{W}_1 =$$

$$\begin{array}{rclcl} -0.6803 & + & 0.0892i & 0.0633 & - & 0.5542i \\ 0.0453 & + & 0.3251i & -0.1839 & - & 0.2767i \\ -0.3529 & - & 0.1754i & -0.2705 & + & 0.4943i \\ 0.5140 & - & 0.1299i & 0.2102 & - & 0.4493i \\ 0.0461 & - & 0.5327i & -0.4408 & - & 0.2483i \\ -0.1289 & - & 0.4335i & -0.4955 & - & 0.0899i \\ -0.0186 & - & 0.2962i & 0.3314 & + & 0.0743i \\ 0.6117 & + & 0.1799i & -0.4164 & + & 0.4654i \end{array} \quad 30$$

$$\textcircled{W}_2 =$$

$$\begin{array}{rclcl} -0.1869 & - & 0.1021i & 0.8205 & + & 0.2228i \\ -0.0164 & - & 0.1298i & 0.3427 & + & 0.3119i \\ -0.7378 & + & 0.0553i & -0.0594 & + & 0.1503i \\ -0.3799 & - & 0.3789i & -0.2637 & - & 0.2628i \\ 0.4598 & + & 0.0162i & 0.4330 & + & 0.1787i \\ -0.0266 & - & 0.1585i & -0.3889 & - & 0.6259i \end{array} \quad 40$$

$$\begin{array}{ccccccc} 0.3395 & + & 0.2835i & - & 0.1215 & - & 0.1300i \\ -0.0896 & - & 0.8131i & & 0.0422 & + & 0.3191i \end{array}$$

$$\textcircled{M}_3 =$$

$$\begin{array}{ccccccc} -0.4316 & - & 0.1394i & & 0.0140 & + & 0.0298i & 10 \\ -0.1265 & - & 0.0400i & - & 0.7521 & - & 0.4582i & \\ -0.4206 & - & 0.1383i & - & 0.1708 & - & 0.2940i & \\ -0.0015 & - & 0.7824i & & 0.1548 & + & 0.2285i & \\ -0.5100 & + & 0.1417i & & 0.7304 & - & 0.2057i & \\ -0.0514 & + & 0.2100i & & 0.3060 & - & 0.0602i & \\ 0.1749 & - & 0.5362i & & 0.0119 & - & 0.5544i & \\ -0.5091 & + & 0.2535i & - & 0.0792 & + & 0.2114i & \end{array}$$

$$\textcircled{M}_4 =$$

20

$$\begin{array}{ccccccc} -0.4673 & + & 0.3364i & - & 0.1624 & + & 0.2575i & \\ -0.6056 & + & 0.0411i & & 0.2059 & + & 0.4061i & \\ 0.1668 & - & 0.4510i & - & 0.2554 & - & 0.1603i & \\ -0.6373 & + & 0.3220i & - & 0.0165 & - & 0.4096i & \\ 0.3871 & - & 0.4778i & & 0.2649 & + & 0.1881i & \\ -0.0615 & + & 0.1902i & & 0.0572 & + & 0.6878i & 30 \\ -0.1576 & + & 0.1852i & & 0.5202 & - & 0.6635i & \\ -0.2004 & + & 0.2040i & - & 0.3532 & + & 0.1535i & \end{array}$$

$$\textcircled{M}_5 =$$

$$\begin{array}{ccccccc} -0.2393 & - & 0.3297i & & 0.4015 & + & 0.4942i & 40 \\ 0.3469 & - & 0.0319i & & 0.0121 & + & 0.5541i & \\ 0.1616 & + & 0.5138i & - & 0.4228 & - & 0.0200i & \\ 0.5404 & - & 0.3456i & & 0.0590 & + & 0.3402i & \\ -0.0491 & - & 0.5135i & - & 0.4514 & - & 0.4165i & \\ -0.1600 & + & 0.0566i & & 0.3298 & + & 0.4680i & \\ -0.3951 & + & 0.3487i & - & 0.1235 & + & 0.1514i & \\ -0.6340 & - & 0.1908i & - & 0.3135 & + & 0.3841i & \end{array}$$

$\textcircled{M}_6 =$

$$\begin{array}{rcll}
 -0.2804 & + & 0.4572i & 0.1772 & + & 0.3508i \\
 0.1574 & - & 0.3395i & 0.6280 & - & 0.1531i \\
 -0.4265 & + & 0.4341i & -0.4813 & - & 0.3806i \\
 0.2234 & - & 0.0753i & -0.3279 & - & 0.3001i \\
 -0.3793 & + & 0.4402i & 0.3539 & + & 0.0312i & 10 \\
 -0.4783 & + & 0.4242i & -0.1833 & + & 0.3063i \\
 -0.0537 & - & 0.0386i & 0.1568 & + & 0.5641i \\
 0.4305 & + & 0.4586i & -0.3125 & - & 0.3994i
 \end{array}$$

 $\textcircled{M}_7 =$

$$\begin{array}{rcll}
 -0.1118 & - & 0.4653i & -0.5127 & - & 0.0525i \\
 -0.1783 & - & 0.6202i & -0.1753 & - & 0.2412i \\
 0.2528 & + & 0.4106i & -0.0039 & + & 0.2717i \\
 0.1759 & - & 0.0409i & -0.6003 & - & 0.5484i \\
 0.6832 & - & 0.0908i & 0.0254 & + & 0.1641i \\
 -0.5716 & + & 0.0683i & 0.3370 & - & 0.2291i \\
 0.2212 & + & 0.1208i & -0.7692 & - & 0.2033i \\
 0.0178 & + & 0.4682i & -0.1591 & + & 0.2421i
 \end{array}$$

 $\textcircled{M}_8 =$

$$\begin{array}{rcll}
 -0.0686 & - & 0.1582i & 0.4196 & - & 0.7630i \\
 0.0559 & - & 0.0535i & -0.4100 & + & 0.1946i \\
 0.5031 & - & 0.4084i & -0.3834 & - & 0.1473i \\
 -0.1624 & + & 0.3182i & -0.3131 & - & 0.4309i \\
 -0.6568 & - & 0.1092i & 0.0656 & - & 0.1149i & 40 \\
 -0.5109 & + & 0.3864i & 0.1605 & - & 0.3210i \\
 -0.3053 & + & 0.1175i & -0.2356 & - & 0.0054i & 0 \\
 .0230 & - & 0.6749i & -0.3692 & - & 0.4951i
 \end{array}$$

【0235】

(3) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、第1コードブックのサイズが4ビットである場合

$\textcircled{M}_1 =$

$$\begin{aligned}
 & -0.3312 + 0.3014i - 0.0900 - 0.2264i \quad 0 \\
 & .1958 + 0.2537i - 0.0141 - 0.7983i \\
 & 0.5556 - 0.1959i - 0.1109 - 0.5460i \quad 0. \\
 & 5122 - 0.0583i \quad 0.2749 - 0.0349i \\
 & -0.1313 + 0.0212i - 0.4334 - 0.6301i - 0 \quad 10 \\
 & .4594 + 0.2746i - 0.1975 + 0.2681i \\
 & 0.6114 - 0.2467i \quad 0.0034 + 0.2129i - 0. \\
 & 4682 + 0.3548i - 0.0915 - 0.4081i
 \end{aligned}$$

 $\textcircled{M}_2 =$

$$\begin{aligned}
 & -0.4942 + 0.4467i - 0.3094 + 0.3290i \quad 0 \\
 & .3818 - 0.0099i \quad 0.2750 + 0.3616i \\
 & 0.0378 + 0.1170i - 0.5353 + 0.1020i - 0. \\
 & 7305 - 0.3485i - 0.0664 + 0.1686i \\
 & -0.2905 + 0.0297i \quad 0.2148 - 0.5246i - 0 \\
 & .3299 + 0.0812i \quad 0.6892 + 0.0538i \\
 & 0.1045 + 0.6670i \quad 0.2262 - 0.3557i - 0. \\
 & 1193 + 0.2634i - 0.4377 + 0.3022i
 \end{aligned}$$

20

30

 $\textcircled{M}_3 =$

$$\begin{aligned}
 & -0.3912 - 0.2975i \quad 0.4626 + 0.6589i \quad 0 \\
 & .1182 - 0.2876i - 0.1132 - 0.0269i \\
 & -0.7348 - 0.2300i - 0.2530 - 0.2332i \quad 0 \\
 & .2006 + 0.3965i - 0.1119 + 0.2807i \\
 & 0.0667 - 0.0002i - 0.0776 - 0.3106i \quad 0. \quad 40 \\
 & 4645 - 0.4610i - 0.6739 - 0.1030i \\
 & 0.2153 + 0.3388i \quad 0.1322 + 0.3368i - 0. \\
 & 0447 + 0.5250i - 0.5846 + 0.2976i
 \end{aligned}$$

 $\textcircled{M}_4 =$

50

$-0.2404 - 0.4930i - 0.5981 - 0.3638i \quad 0$
 $.0628 - 0.3392i \quad 0.2865 - 0.0893i$
 $0.3495 - 0.4244i - 0.2322 + 0.3031i - 0.$
 $1466 + 0.6729i \quad 0.2649 - 0.0862i$
 $-0.1882 - 0.2429i - 0.1723 + 0.2080i \quad 0$
 $.0332 + 0.0480i - 0.3614 + 0.8359i$
 $0.0093 + 0.5499i - 0.5138 - 0.1645i \quad 0.$
 $5234 + 0.3597i \quad 0.0008 + 0.0558i$

10

$\textcircled{M}_5 =$

$-0.0005 + 0.3696i - 0.4368 + 0.0836i - 0$
 $.6835 - 0.0259i \quad 0.3856 - 0.2216i$
 $0.7462 + 0.1571i - 0.4519 - 0.0897i \quad 0.$
 $2134 - 0.0769i - 0.0444 + 0.3908i$
 $-0.1034 + 0.4513i - 0.0039 + 0.6626i \quad 0 \quad 20$
 $.3816 - 0.4289i - 0.0080 - 0.1301i$
 $-0.2562 + 0.0421i - 0.0173 + 0.3881i - 0$
 $.3403 + 0.1880i - 0.3163 + 0.7283i$

$\textcircled{M}_6 =$

30

$0.3010 - 0.3296i \quad 0.0810 + 0.1585i - 0.$
 $4800 - 0.3468i \quad 0.4901 - 0.4222i$
 $0.2416 + 0.1233i - 0.7048 + 0.0952i - 0.$
 $2640 - 0.2650i - 0.5187 - 0.1077i$
 $0.7690 - 0.0743i \quad 0.2644 - 0.4559i - 0.$
 $0835 + 0.2285i - 0.2081 + 0.1515i$
 $0.2250 - 0.2824i \quad 0.2301 + 0.3630i \quad 0.$
 $6285 - 0.2352i - 0.3355 - 0.3494i$

40

$\textcircled{M}_7 =$

$0.2529 + 0.3952i \quad 0.3371 - 0.1562i - 0.$
 $2872 - 0.6917i \quad 0.0780 - 0.2736i$
 $-0.2609 - 0.4381i - 0.1627 - 0.1810i - 0$
 $.1602 - 0.1052i \quad 0.7323 - 0.3282i$
 $-0.4753 - 0.2968i \quad 0.7175 - 0.3189i - 0 \quad 50$

$$\begin{aligned}
 & .0584 + 0.0512i - 0.2449 + 0.0598i \\
 & - 0.3895 - 0.2327i - 0.3809 + 0.2030i - 0 \\
 & .2998 - 0.5536i - 0.3022 + 0.3467i
 \end{aligned}$$

$$\mathbb{M}_8 =$$

$$\begin{aligned}
 & -0.0240 + 0.1337i - 0.0312 - 0.1950i \quad 0 \\
 & .6585 + 0.0913i - 0.0616 - 0.7048i \\
 & -0.1118 - 0.0623i - 0.1253 - 0.3728i - 0 \\
 & .1273 + 0.6473i - 0.6160 + 0.1195i \\
 & -0.3812 + 0.7506i \quad 0.4990 + 0.0416i \quad 0 \\
 & .0112 - 0.0306i - 0.1406 + 0.1406i \\
 & -0.2545 - 0.4378i \quad 0.4475 - 0.5961i \quad 0 \\
 & .2290 - 0.2632i \quad 0.0835 + 0.2433i
 \end{aligned}$$

10

$$\mathbb{M}_9 =$$

$$\begin{aligned}
 & -0.3377 + 0.1461i - 0.1515 - 0.2893i \quad 0 \\
 & .1949 - 0.0972i - 0.1072 - 0.8361i \\
 & -0.5653 + 0.3530i \quad 0.0596 - 0.1848i - 0 \\
 & .6943 + 0.0254i \quad 0.0859 + 0.1674i \\
 & 0.4277 - 0.0404i - 0.2322 + 0.3516i - 0. \quad 30 \\
 & 5515 - 0.3140i \quad 0.2900 - 0.3887i \\
 & -0.4835 - 0.0454i - 0.4835 + 0.6666i \quad 0 \\
 & .1863 + 0.1799i \quad 0.1281 + 0.0505i
 \end{aligned}$$

$$\mathbb{M}_{10} =$$

$$\begin{aligned}
 & 0.1723 - 0.4277i - 0.1044 + 0.6635i \quad 0. \\
 & 3884 + 0.2694i \quad 0.3228 - 0.0935i \\
 & 0.2166 + 0.1575i - 0.2290 - 0.4353i \quad 0. \\
 & 6836 + 0.0578i - 0.0890 - 0.4559i \\
 & -0.2748 - 0.5781i - 0.3312 - 0.3370i - 0 \\
 & .3310 - 0.0626i \quad 0.2995 - 0.4048i \\
 & -0.5495 - 0.0632i - 0.2227 - 0.1846i \quad 0 \\
 & .4355 - 0.0532i \quad 0.2143 + 0.6099i
 \end{aligned}$$

40

$\textcircled{M}_{11} =$

$$\begin{aligned}
 & -0.1555 - 0.4281i \quad 0.4376 - 0.3127i \quad 0 \\
 & .3437 + 0.5730i \quad 0.1692 + 0.1682i \\
 & 0.1304 + 0.0652i \quad -0.1479 + 0.6690i \quad 0. \\
 & 4351 + 0.1310i \quad 0.5497 + 0.0267i \\
 & -0.1896 + 0.7436i \quad 0.2260 - 0.0882i \quad -0 \quad 10 \\
 & .1760 + 0.4313i \quad 0.1771 - 0.3223i \\
 & -0.4270 - 0.0040i \quad -0.0468 + 0.4246i \quad 0 \\
 & .2804 + 0.2270i \quad -0.6969 - 0.1392i
 \end{aligned}$$

$\textcircled{M}_{12} =$

$$\begin{aligned}
 & 0.0165 - 0.5535i \quad -0.7550 - 0.1559i \quad 0. \\
 & 1671 + 0.1530i \quad -0.2176 + 0.0183i \\
 & -0.0571 + 0.1988i \quad -0.4150 - 0.2194i \quad -0 \\
 & .2346 - 0.2553i \quad 0.7477 + 0.2399i \\
 & -0.3514 + 0.2928i \quad -0.1325 - 0.3095i \quad 0 \\
 & .4314 - 0.4456i \quad -0.1163 - 0.5284i \\
 & 0.5682 - 0.3443i \quad 0.1261 + 0.2367i \quad 0. \\
 & 3712 - 0.5532i \quad 0.2067 - 0.0149i
 \end{aligned}$$

20

30

$\textcircled{M}_{13} =$

$$\begin{aligned}
 & 0.1982 - 0.5178i \quad 0.0389 - 0.5462i \\
 & 0.3778 - 0.4051i \quad -0.2678 - 0.1190i \\
 & 0.1324 - 0.1334i \quad -0.4253 + 0.5053i \\
 & 0.1263 + 0.1035i \quad -0.4858 - 0.5156i \\
 & 0.0609 - 0.3478i \quad 0.3423 + 0.3637i \quad 40 \\
 & -0.3420 - 0.4573i \quad 0.4006 - 0.3733i \\
 & 0.7165 - 0.1384i \quad -0.0988 - 0.0691i \\
 & -0.5726 + 0.1119i \quad -0.1785 + 0.2839i
 \end{aligned}$$

$\textcircled{M}_{14} =$

50

$$\begin{aligned}
& 0.2144 + 0.6242i - 0.3358 - 0.1603i \quad 0. \\
& 2764 - 0.1750i \quad 0.4934 - 0.2746i \\
& -0.2927 + 0.0938i - 0.2325 + 0.7364i \quad 0 \\
& .5269 + 0.0150i - 0.1655 + 0.0624i \\
& -0.2954 - 0.4799i - 0.0936 - 0.3243i \quad 0 \\
& .3825 - 0.6282i \quad 0.0395 - 0.1614i \\
& -0.3895 + 0.0246i \quad 0.3844 + 0.0588i - 0 \\
& .0199 + 0.2716i \quad 0.0903 - 0.7837i
\end{aligned}$$

10

$$\textcircled{M}_{15} =$$

$$\begin{aligned}
& -0.6050 + 0.2462i \quad 0.1949 + 0.0686i - 0 \\
& .2169 + 0.1520i - 0.6241 - 0.2665i \\
& 0.5874 + 0.4713i \quad 0.0594 + 0.1253i - 0. \\
& 1271 - 0.1067i - 0.0693 - 0.6175i \\
& -0.0566 - 0.0438i \quad 0.5385 - 0.2835i \quad 0 \quad 20 \\
& .7017 - 0.3102i - 0.0697 - 0.1759i \\
& -0.0310 - 0.0135i - 0.6300 - 0.4133i \quad 0 \\
& .3958 + 0.3962i - 0.1217 - 0.3205i
\end{aligned}$$

$$\textcircled{M}_{16} =$$

30

$$\begin{aligned}
& -0.3464 + 0.2971i - 0.1407 - 0.4063i - 0 \\
& .6469 + 0.4006i \quad 0.0511 + 0.1589i \\
& -0.5370 - 0.5366i - 0.4650 - 0.2161i \quad 0 \\
& .2803 + 0.1133i - 0.0732 - 0.2530i \\
& 0.1696 + 0.0448i - 0.0875 + 0.2207i - 0. \\
& 3943 + 0.0319i - 0.2383 - 0.8364i \\
& 0.1405 + 0.4061i - 0.0208 - 0.7038i \quad 0. \\
& 3146 - 0.2722i - 0.3269 - 0.1988i
\end{aligned}$$

【0236】

40

(4) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、アイデンティティマトリックスを有する第1コードブックのサイズが3ビットである場合

$$\textcircled{M}_1 =$$

$$\begin{aligned}
& 1.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0000i \\
& -0.0001 - 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \quad 50
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}
& 0.0000 & - 0.0000i & 1.0000 & + 0.0000i \\
-0.0000 & + 0.0000i & & 0.0001 & - 0.0000i \\
-0.0001 & + 0.0000i & & -0.0000 & - 0.0000i \\
1.0000 & & & -0.0000 & + 0.0000i \\
-0.0000 & + 0.0000i & & 0.0001 & + 0.0000i \\
-0.0000 & - 0.0000i & & 1.0000 &
\end{array}$$


 $_2 =$

10

$$\begin{array}{rcl}
0.2910 & + 0.2782i & -0.5782 & - 0.0829i & 0. \\
5258 & + 0.1240i & 0.1540 & - 0.4257i & \\
0.1985 & + 0.4154i & -0.2663 & + 0.4522i & -0. \\
0527 & + 0.0734i & 0.1548 & + 0.6930i & \\
-0.2357 & + 0.2983i & -0.1714 & - 0.0801i & -0 \\
.3179 & - 0.7170i & 0.4202 & - 0.1669i & \\
-0.3560 & - 0.5956i & -0.5331 & + 0.2520i & -0 \\
.1844 & + 0.2254i & 0.2932 & - 0.0136i &
\end{array}$$

20


 $_3 =$

$$\begin{array}{rcl}
0.5104 & - 0.0950i & 0.4122 & + 0.4457i & \\
0.0404 & + 0.1411i & 0.3611 & + 0.4582i & \\
0.3031 & - 0.3825i & -0.4229 & + 0.2610i & \\
-0.5515 & + 0.1562i & 0.1469 & - 0.4057i & \\
-0.2483 & - 0.5905i & -0.1367 & - 0.1746i & \\
-0.2681 & - 0.1657i & -0.1569 & + 0.6453i & \\
0.0093 & - 0.2860i & -0.5210 & + 0.2528i & \\
0.7221 & - 0.1701i & 0.1801 & - 0.0001i &
\end{array}$$

30


 $_4 =$

40

$$\begin{array}{rcl}
0.5886 & + 0.1353i & 0.3506 & + 0.1673i & \\
0.4232 & - 0.2865i & -0.4288 & - 0.1983i & \\
-0.5745 & + 0.1817i & -0.2035 & - 0.1798i & \\
0.1991 & - 0.1217i & -0.7117 & + 0.0469i & \\
0.3267 & + 0.3280i & 0.0491 & - 0.4600i & \\
-0.5439 & + 0.3911i & -0.3079 & - 0.1676i & \\
0.2335 & + 0.0568i & -0.6966 & - 0.2759i &
\end{array}$$

50

$$0.0131 - 0.4852i \quad 0.1587 - 0.3464i$$

$$\textcircled{M}_5 =$$

$$\begin{aligned} & 0.1616 - 0.0807i \quad 0.0822 - 0.7382i \\ -0.3381 - & 0.0594i \quad -0.3813 - 0.3905i \\ & 0.4219 - 0.0133i \quad 0.1287 + 0.5991i \\ -0.4452 - & 0.0642i \quad -0.4911 - 0.0532i \\ & -0.0517 + 0.6772i \quad 0.1546 - 0.2005i \\ -0.0981 - & 0.3010i \quad -0.2012 + 0.5777i \\ & 0.3357 + 0.4637i \quad 0.0925 - 0.0137i \\ 0.4633 + & 0.6041i \quad -0.1922 - 0.2168i \end{aligned} \quad 10$$

$$\textcircled{M}_6 =$$

$$\begin{aligned} & 0.0664 - 0.7110i \quad -0.0230 + 0.0214i \\ -0.5949 + & 0.1664i \quad -0.3200 - 0.0721i \\ & 0.0960 - 0.3301i \quad -0.3110 + 0.7107i \\ 0.3827 - & 0.2101i \quad -0.0635 + 0.2919i \\ & -0.3214 + 0.0445i \quad 0.0624 + 0.1664i \\ 0.2450 - & 0.1352i \quad -0.5230 - 0.7150i \\ & -0.2069 - 0.4732i \quad -0.0407 - 0.6032i \\ 0.3788 - & 0.4540i \quad 0.0003 + 0.1350i \end{aligned} \quad 30$$

$$\textcircled{M}_7 =$$

$$\begin{aligned} & -0.0867 + 0.6490i \quad 0.2861 - 0.2181i \quad -0 \\ .1907 + & 0.1783i \quad 0.4746 + 0.3853i \\ 0.1890 - & 0.0942i \quad -0.1900 - 0.4353i \quad 0. \\ 5403 - & 0.2322i \quad -0.1125 + 0.6094i \\ 0.0286 + & 0.6011i \quad -0.6591 + 0.3073i \quad 0. \\ 0252 + & 0.0583i \quad -0.3216 + 0.0385i \\ -0.3483 + & 0.2077i \quad 0.1843 + 0.2868i \quad 0 \\ .7473 - & 0.1533i \quad 0.2517 - 0.2721i \end{aligned} \quad 40$$

$$\mathbf{H}_8 =$$

$$\begin{aligned} & -0.0746 - 0.1014i - 0.1222 + 0.4263i - 0 \\ & .0712 - 0.3443i \quad 0.8143 - 0.0281i \\ & -0.0304 - 0.2396i \quad 0.4014 + 0.4963i \quad 0 \\ & .3211 - 0.5008i - 0.4123 + 0.1011i \\ & 0.2235 - 0.2733i - 0.5107 - 0.2142i - 0. \quad 10 \\ & 3487 - 0.5664i - 0.2567 - 0.2455i \\ & 0.8627 + 0.2385i \quad 0.1930 + 0.2279i - 0. \\ & 2778 + 0.0522i \quad 0.0220 + 0.1710i \end{aligned}$$

【0237】

(5) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、アイデンティティマトリックスを有する第1コードブックのサイズが4ビットである場合

$$\mathbf{H}_1 =$$

20

$$\begin{aligned} & 1.0000 \quad 0.0000 - 0.0000i - 0. \\ & 0000 + 0.0000i - 0.0000 + 0.0000i \\ & 0.0000 + 0.0000i \quad 1.0000 + 0.0000i - 0. \\ & 0000 + 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0001i \\ & -0.0000 - 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \quad 1 \\ & .0000 \quad -0.0001 + 0.0000i \\ & -0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 - 0.0001i - 0 \quad 30 \\ & .0001 - 0.0000i \quad 1.0000 \end{aligned}$$

$$\mathbf{H}_2 =$$

$$\begin{aligned} & 0.2345 + 0.5093i \quad 0.0710 - 0.1613i \\ & -0.5599 - 0.3206i - 0.4835 - 0.0669i \quad 40 \\ & 0.1248 - 0.3603i \quad 0.1195 - 0.0899i \\ & 0.3867 - 0.4896i - 0.4611 + 0.4799i \\ & 0.3584 - 0.0083i - 0.7321 + 0.4322i \\ & 0.0416 - 0.3476i \quad 0.1121 - 0.1166i \\ & -0.5598 - 0.3137i - 0.4676 - 0.0714i \\ & -0.1958 + 0.1833i - 0.5217 - 0.1432i \end{aligned}$$

$\textcircled{M}_3 =$

$$\begin{aligned}
 & -0.2840 + 0.2036i - 0.0482 - 0.2558i - 0 \\
 & .3197 + 0.6799i - 0.4323 + 0.2426i \\
 & 0.3537 - 0.4401i \quad 0.2661 - 0.0081i \quad 0. \\
 & 0165 + 0.6220i \quad 0.2938 - 0.3699i \\
 & -0.5263 - 0.3729i \quad 0.1497 - 0.1631i - 0 \quad 10 \\
 & .1030 - 0.0172i \quad 0.5579 + 0.4612i \\
 & -0.1222 - 0.3580i \quad -0.8114 + 0.3923i - 0 \\
 & .1563 + 0.1146i \quad 0.0200 - 0.0815i
 \end{aligned}$$

 $\textcircled{M}_4 =$

$$\begin{aligned}
 & 0.0979 + 0.4428i - 0.3465 + 0.1727i - 0. \\
 & 1084 + 0.7806i \quad 0.0942 - 0.1206i \\
 & 0.6779 + 0.2144i - 0.0967 - 0.3529i - 0. \\
 & 2463 - 0.2200i - 0.3461 - 0.3629i \\
 & 0.2421 - 0.3300i - 0.0275 + 0.4333i - 0. \\
 & 3076 - 0.1315i \quad 0.5891 - 0.4301i \\
 & 0.2546 - 0.2375i \quad 0.4284 - 0.5866i \quad 0. \\
 & 0177 + 0.3971i \quad 0.4157 + 0.1425i
 \end{aligned}$$

20

30

 $\textcircled{M}_5 =$

$$\begin{aligned}
 & 0.3515 + 0.0167i - 0.1554 + 0.1117i \quad 0. \\
 & 0386 + 0.2929i - 0.6705 + 0.5501i \\
 & -0.4836 + 0.1506i - 0.2138 - 0.6278i \quad 0 \\
 & .2294 + 0.4721i \quad 0.0464 + 0.1608i \\
 & 0.7730 + 0.0887i \quad 0.0390 - 0.4240i - 0. \quad 40 \\
 & 0937 + 0.2664i \quad 0.3482 - 0.1104i \\
 & 0.0523 - 0.1062i - 0.1601 - 0.5627i - 0. \\
 & 1443 - 0.7326i - 0.1560 + 0.2489i
 \end{aligned}$$

 $\textcircled{M}_6 =$

50

$$\begin{aligned}
& 0.0157 + 0.0106i - 0.3825 + 0.1709i \quad 0. \\
& 4178 + 0.0436i - 0.6451 - 0.4812i \\
& -0.3924 + 0.6839i \quad 0.2337 - 0.0749i \quad 0 \\
& .1400 - 0.4785i \quad 0.0870 - 0.2489i \\
& -0.4873 - 0.1883i - 0.5361 - 0.0966i - 0 \\
& .5783 - 0.2922i - 0.1002 - 0.0222i \\
& 0.2439 + 0.2134i - 0.6684 + 0.1438i \quad 0. \\
& 3365 - 0.2051i \quad 0.4463 + 0.2704i
\end{aligned}$$

10

$$\textcircled{M}_7 =$$

$$\begin{aligned}
& -0.1484 - 0.6909i - 0.5976 - 0.1255i - 0 \\
& .2197 - 0.1921i \quad 0.1260 + 0.1630i \\
& 0.4980 - 0.1609i \quad 0.0538 + 0.6937i \quad 0. \\
& 1318 - 0.0756i \quad 0.2942 + 0.3638i \\
& 0.2783 + 0.2876i - 0.2132 - 0.2287i - 0. \quad 20 \\
& 3228 + 0.2323i \quad 0.7335 - 0.2141i \\
& -0.2306 + 0.1152i - 0.1937 - 0.0875i \quad 0 \\
& .7945 - 0.3202i \quad 0.3806 - 0.0997i
\end{aligned}$$

$$\textcircled{M}_8 =$$

30

$$\begin{aligned}
& 0.0167 - 0.5145i \quad 0.3110 - 0.4278i - 0. \\
& 1853 + 0.0053i - 0.5452 + 0.3516i \\
& -0.3835 - 0.5844i - 0.1035 + 0.1825i - 0 \\
& .4601 - 0.0298i \quad 0.1926 - 0.4666i \\
& 0.3207 + 0.0490i - 0.7369 - 0.2643i - 0. \\
& 1650 + 0.2279i - 0.3629 - 0.2666i \\
& 0.3435 - 0.1519i \quad 0.2496 - 0.0338i - 0. \\
& 0637 + 0.8185i \quad 0.3485 - 0.0061i
\end{aligned}$$

40

$$\textcircled{M}_9 =$$

$$\begin{aligned}
& -0.5688 - 0.0120i - 0.3898 + 0.2975i - 0 \\
& .3493 + 0.0604i - 0.1820 + 0.5264i \\
& -0.3039 - 0.0476i \quad 0.1928 - 0.1487i \quad 0 \\
& .5434 - 0.5795i \quad 0.2284 + 0.4034i \\
& -0.3365 + 0.3560i \quad 0.6043 - 0.3477i - 0 \quad 50
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & .1999 + 0.0494i - 0.4809 - 0.0159i \\
 & - 0.3121 - 0.4942i \quad 0.1682 - 0.4311i - 0 \\
 & .1826 + 0.4092i \quad 0.4929 + 0.0219i
 \end{aligned}$$

$$\textcircled{M}_{10} =$$

$$\begin{aligned}
 & -0.3930 + 0.1272i \quad 0.1383 - 0.5915i \quad 0 \\
 & .6426 + 0.0499i - 0.1626 + 0.1355i \\
 & 0.4393 + 0.3725i \quad 0.4381 - 0.1760i - 0. \\
 & 0303 + 0.1562i \quad 0.5067 + 0.4041i \\
 & 0.2293 + 0.5314i \quad 0.1544 + 0.3313i \quad 0. \\
 & 4033 + 0.0137i - 0.1122 - 0.5968i \\
 & 0.3684 + 0.1638i - 0.5052 - 0.1390i - 0. \\
 & 0042 + 0.6297i - 0.3747 + 0.1619i
 \end{aligned}$$

10

20

$$\textcircled{M}_{11} =$$

$$\begin{aligned}
 & -0.2373 + 0.0490i - 0.6173 + 0.5692i \quad 0 \\
 & .4226 + 0.0197i - 0.1270 - 0.2027i \\
 & -0.3278 - 0.2836i - 0.2696 + 0.1643i - 0 \\
 & .4266 - 0.1075i - 0.0345 + 0.7195i \\
 & 0.4137 - 0.1395i - 0.0639 - 0.0419i \quad 0. \\
 & 5764 - 0.2381i \quad 0.4628 + 0.4476i \\
 & 0.6550 - 0.3655i - 0.0578 + 0.4314i - 0. \\
 & 3151 + 0.3732i \quad 0.0127 - 0.0963i
 \end{aligned}$$

30

$$\textcircled{M}_{12} =$$

$$\begin{aligned}
 & 0.2417 + 0.1763i \quad 0.0450 + 0.2953i \quad 0. \\
 & 2078 - 0.4861i \quad 0.5801 + 0.4530i \\
 & -0.0820 - 0.4701i \quad 0.5723 - 0.3346i \quad 0 \\
 & .0930 + 0.3083i \quad 0.1824 + 0.4424i \\
 & -0.3244 - 0.0925i - 0.3863 + 0.0475i - 0 \\
 & .7244 + 0.0567i \quad 0.1373 + 0.4336i \\
 & 0.6554 + 0.3734i - 0.1363 - 0.5489i - 0. \\
 & 1929 + 0.2273i \quad 0.0541 + 0.1393i
 \end{aligned}$$

40

50

$\textcircled{M}_{13} =$

$$\begin{aligned}
 &0.3348 + 0.2001i - 0.5934 + 0.2450i - 0. \\
 &5398 + 0.0970i - 0.3558 - 0.0914i \\
 &0.3233 + 0.2147i - 0.5011 - 0.1514i \quad 0. \\
 &4454 + 0.2845i \quad 0.5079 + 0.1952i \\
 &-0.5250 - 0.2586i - 0.4139 - 0.0765i \quad 0 \quad 10 \\
 &.3692 + 0.3400i - 0.4036 - 0.2559i \\
 &0.3373 + 0.4909i \quad 0.3681 - 0.0348i \quad 0. \\
 &3008 + 0.2783i - 0.2955 - 0.5033i
 \end{aligned}$$

 $\textcircled{M}_{14} =$

$$\begin{aligned}
 &-0.2795 - 0.2884i \quad 0.0154 + 0.6932i \quad 0 \\
 &.0028 + 0.3217i - 0.1104 - 0.4920i \\
 &0.2550 - 0.0730i - 0.0510 - 0.2703i \quad 0. \\
 &2359 + 0.8828i - 0.0799 + 0.1121i \\
 &0.2400 + 0.5271i - 0.4736 + 0.4282i \quad 0. \\
 &0362 - 0.0025i - 0.4443 + 0.2416i \\
 &-0.6298 + 0.1907i - 0.0845 + 0.1692i - 0 \\
 &.0729 + 0.2342i \quad 0.4251 + 0.5390i
 \end{aligned}$$

20

30

 $\textcircled{M}_{15} =$

$$\begin{aligned}
 &0.4995 + 0.4688i - 0.3954 - 0.3825i \quad 0. \\
 &1135 + 0.2966i \quad 0.2189 - 0.2817i \\
 &-0.2746 + 0.0992i - 0.2530 + 0.6514i \quad 0 \\
 &.0345 + 0.3733i \quad 0.5337 - 0.0295i \\
 &0.2411 + 0.5303i - 0.0982 + 0.4310i - 0. \quad 40 \\
 &5151 - 0.3534i - 0.2623 + 0.0790i \\
 &-0.0352 - 0.3240i - 0.0016 - 0.1165i - 0 \\
 &.5692 - 0.2106i \quad 0.3326 - 0.6335i
 \end{aligned}$$

 $\textcircled{M}_{16} =$

50

$-0.0246 - 0.1239i - 0.1148 - 0.4967i \quad 0$
 $.7805 + 0.0955i - 0.0974 - 0.3103i$
 $0.3017 - 0.2799i \quad 0.0232 - 0.3740i - 0.$
 $0315 - 0.3722i \quad 0.6925 + 0.2666i$
 $-0.2235 - 0.4672i - 0.4954 + 0.0779i \quad 0$
 $.0580 + 0.4264i - 0.0101 + 0.5430i$
 $-0.5613 - 0.4811i \quad 0.5716 - 0.1464i - 0$
 $.0689 - 0.2284i - 0.2050 + 0.0803i$

【0238】

10

(6) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、ユニタリーDFTコードブックが4ビットである場合

$\textcircled{M}_1 =$

$0.4619 + 0.1913i \quad 0.4619 + 0.1913i$
 $0.4619 + 0.1913i \quad 0.4619 + 0.1913i \quad 20$
 $0.1913 + 0.4619i \quad -0.4619 + 0.1913i$
 $-0.1913 - 0.4619i \quad 0.4619 - 0.1913i$
 $0.0000 + 0.5000i \quad -0.0000 - 0.5000i$
 $0.0000 + 0.5000i \quad -0.0000 - 0.5000i$
 $-0.5000 + 0.0000i \quad 0.0000 + 0.5000i$
 $0.5000 - 0.0000i \quad -0.0000 - 0.5000i$

$\textcircled{M}_2 =$

30

$0.3536 + 0.3536i \quad 0.3536 + 0.3536i$
 $0.3536 + 0.3536i \quad 0.3536 + 0.3536i$
 $-0.3536 + 0.3536i \quad -0.3536 - 0.3536i$
 $0.3536 - 0.3536i \quad 0.3536 + 0.3536i$
 $-0.5000 + 0.0000i \quad 0.5000 - 0.0000i$
 $-0.5000 + 0.0000i \quad 0.5000 - 0.0000i$
 $0.5000 - 0.0000i \quad -0.0000 - 0.5000i \quad 40$
 $-0.5000 + 0.0000i \quad 0.0000 + 0.5000i$

$\textcircled{M}_3 =$

$0.1913 + 0.4619i \quad 0.1913 + 0.4619i$
 $0.1913 + 0.4619i \quad 0.1913 + 0.4619i \quad 50$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.4619 & - & 0.1913i & & 0.1913 & - & 0.4619i \\
0.4619 & + & 0.1913i & - & 0.1913 & + & 0.4619i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i
\end{array}$$

$$\textcircled{M}_4 =$$

10

$$\begin{array}{rclcl}
-0.0000 & + & 0.5000i & - & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.0000 & + & 0.5000i & - & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & & 0.5000 & - & 0.0000i \\
0.0000 & + & 0.5000i & - & 0.5000 & + & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.5000 & + & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.5000 & + & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i
\end{array}$$

20

$$\textcircled{M}_5 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.1913 & + & 0.4619i & - & 0.1913 & + & 0.4619i \\
-0.1913 & + & 0.4619i & - & 0.1913 & + & 0.4619i \\
0.4619 & - & 0.1913i & & 0.1913 & + & 0.4619i \\
-0.4619 & + & 0.1913i & - & 0.1913 & - & 0.4619i \\
0.0000 & + & 0.5000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i \\
0.0000 & + & 0.5000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i
\end{array}$$

30

$$\textcircled{M}_6 =$$

40

$$\begin{array}{rclcl}
-0.3536 & + & 0.3536i & - & 0.3536 & + & 0.3536i \\
-0.3536 & + & 0.3536i & - & 0.3536 & + & 0.3536i \\
0.3536 & + & 0.3536i & - & 0.3536 & + & 0.3536i \\
-0.3536 & - & 0.3536i & & 0.3536 & - & 0.3536i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.5000 & - & 0.0000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.5000 & - & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i
\end{array}$$

50

$$-0.5000 + 0.0000i \quad 0.0000 + 0.5000i$$

$$\mathbf{M}_7 =$$

$$\begin{array}{cccc} -0.4619 & + & 0.1913i & -0.4619 & + & 0.1913i \\ -0.4619 & + & 0.1913i & -0.4619 & + & 0.1913i \\ -0.1913 & + & 0.4619i & -0.4619 & - & 0.1913i \\ 0.1913 & - & 0.4619i & 0.4619 & + & 0.1913i \\ -0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\ -0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\ -0.5000 & + & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\ 0.5000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i \end{array} \quad 10$$

$$\mathbf{M}_8 =$$

20

$$\begin{array}{cccc} -0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & - & 0.0000i \\ -0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & - & 0.0000i \\ -0.5000 & + & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i \\ 0.5000 & - & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\ 0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & + & 0.0000i \\ 0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & + & 0.0000i \\ 0.5000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i \\ -0.5000 & + & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i \end{array} \quad 30$$

$$\mathbf{M}_9 =$$

$$\begin{array}{cccc} -0.4619 & - & 0.1913i & -0.4619 & - & 0.1913i \\ -0.4619 & - & 0.1913i & -0.4619 & - & 0.1913i \\ -0.1913 & - & 0.4619i & 0.4619 & - & 0.1913i \\ 0.1913 & + & 0.4619i & -0.4619 & + & 0.1913i \\ 0.0000 & + & 0.5000i & -0.0000 & - & 0.5000i \\ 0.0000 & + & 0.5000i & -0.0000 & - & 0.5000i \\ -0.5000 & + & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\ 0.5000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i \end{array} \quad 40$$

$\textcircled{M}_{10} =$

$$\begin{array}{rclcl}
 -0.3536 & - & 0.3536i & -0.3536 & - & 0.3536i \\
 -0.3536 & - & 0.3536i & -0.3536 & - & 0.3536i \\
 0.3536 & - & 0.3536i & 0.3536 & + & 0.3536i \\
 -0.3536 & + & 0.3536i & -0.3536 & - & 0.3536i \\
 -0.5000 & + & 0.0000i & 0.5000 & - & 0.0000i \\
 -0.5000 & + & 0.0000i & 0.5000 & - & 0.0000i \\
 0.5000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i \\
 -0.5000 & + & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i
 \end{array}$$

10

$\textcircled{M}_{11} =$

$$\begin{array}{rclcl}
 -0.1913 & - & 0.4619i & -0.1913 & - & 0.4619i \\
 -0.1913 & - & 0.4619i & -0.1913 & - & 0.4619i \\
 0.4619 & + & 0.1913i & -0.1913 & + & 0.4619i \\
 -0.4619 & - & 0.1913i & 0.1913 & - & 0.4619i \\
 -0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\
 -0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\
 -0.5000 & + & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i \\
 0.5000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i
 \end{array}$$

20

$\textcircled{M}_{12} =$

$$\begin{array}{rclcl}
 0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & - & 0.5000i \\
 0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & - & 0.5000i \\
 0.0000 & + & 0.5000i & -0.5000 & + & 0.0000i \\
 -0.0000 & - & 0.5000i & 0.5000 & - & 0.0000i \\
 0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & + & 0.0000i \\
 0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & + & 0.0000i \\
 0.5000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.5000i \\
 -0.5000 & + & 0.0000i & 0.0000 & + & 0.5000i
 \end{array}$$

30

40

$\textcircled{M}_{13} =$

50

$$\begin{array}{rclcl}
0.1913 & - & 0.4619i & & 0.1913 & - & 0.4619i \\
0.1913 & - & 0.4619i & & 0.1913 & - & 0.4619i \\
-0.4619 & + & 0.1913i & & -0.1913 & - & 0.4619i \\
0.4619 & - & 0.1913i & & 0.1913 & + & 0.4619i \\
0.0000 & + & 0.5000i & & -0.0000 & - & 0.5000i \\
0.0000 & + & 0.5000i & & -0.0000 & - & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & & -0.0000 & - & 0.5000i
\end{array}$$

10

$$\mathbf{M}_{14} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.3536 & - & 0.3536i & & 0.3536 & - & 0.3536i \\
0.3536 & - & 0.3536i & & 0.3536 & - & 0.3536i \\
-0.3536 & - & 0.3536i & & 0.3536 & - & 0.3536i \\
0.3536 & + & 0.3536i & & -0.3536 & + & 0.3536i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.5000 & - & 0.0000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.5000 & - & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & & -0.0000 & - & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i
\end{array}$$

20

$$\mathbf{M}_{15} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.4619 & - & 0.1913i & & 0.4619 & - & 0.1913i \\
0.4619 & - & 0.1913i & & 0.4619 & - & 0.1913i \\
0.1913 & - & 0.4619i & & 0.4619 & + & 0.1913i \\
-0.1913 & + & 0.4619i & & -0.4619 & - & 0.1913i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & & -0.0000 & - & 0.5000i
\end{array}$$

30

$$\mathbf{M}_{16} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.5000 & + & 0.0000i & & 0.5000 & + & 0.0000i \\
0.5000 & + & 0.0000i & & 0.5000 & + & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i & & -0.0000 & - & 0.5000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & & -0.5000 & + & 0.0000i
\end{array}$$

40

50

$$\begin{array}{rcl}
0.5000 & - & 0.0000i \\
0.5000 & - & 0.0000i \\
-0.5000 & + & 0.0000i
\end{array}
\begin{array}{rcl}
-0.5000 & + & 0.0000i \\
-0.0000 & - & 0.5000i \\
0.0000 & + & 0.5000i
\end{array}$$

【0239】

(7) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、アイデンティティマトリックスを有するユニタリーDFTコードブックが4ビットである場合

=

$$\begin{array}{c}
\textcircled{M} \\
1
\end{array}
=$$

10

$$\begin{array}{rcl}
1.0000 & + & 0.0000i \\
-0.0000 & + & 0.0000i \\
-0.0000 & - & 0.0000i \\
-0.0000 & + & 0.0000i \\
-0.0000 & - & 0.0000i \\
1.0000 & + & 0.0000i \\
0.0000 & - & 0.0000i \\
-0.0000 & - & 0.0000i
\end{array}
\begin{array}{rcl}
-0.0000 & + & 0.0000i \\
0.0000 & + & 0.0000i \\
1.0000 & + & 0.0000i \\
0 & + & 0.0000i \\
-0.0000 & - & 0.0000i \\
-0.0000 & + & 0.0000i \\
0 & - & 0.0000i \\
1.0000 & + & 0.0000i
\end{array}$$

20

=

$$\begin{array}{c}
\textcircled{M} \\
2
\end{array}
=$$

30

$$\begin{array}{rcl}
0.0766 & + & 0.5766i \\
0.3853 & + & 0.1147i \\
0.4619 & - & 0.5000i \\
0.0000 & + & 0.1913i \\
0.3853 & + & 0.1147i \\
0.0766 & + & 0.5766i \\
-0.0000 & + & 0.1913i \\
0.4619 & - & 0.5000i
\end{array}
\begin{array}{rcl}
-0.0000 & + & 0.1913i \\
0.4619 & - & 0.5000i \\
0.0766 & + & 0.5766i \\
0.3853 & + & 0.1147i \\
0.4619 & - & 0.5000i \\
0.0000 & + & 0.1913i \\
0.3853 & + & 0.1147i \\
0.0766 & + & 0.5766i
\end{array}$$

40

$$\begin{array}{c}
\textcircled{M} \\
3
\end{array}
=$$

$$\begin{array}{rcl}
0.0000 & + & 0.3536i \\
-0.1464 & + & 0.0000i \\
0.6036 & + & 0.6036i \\
0.2500 & - & 0.2500i \\
-0.1464 & - & 0.0000i
\end{array}
\begin{array}{rcl}
0.2500 & - & 0.2500i \\
0.6036 & + & 0.6036i \\
0 & + & 0.3536i \\
-0.1464 & + & 0.0000i \\
0.6036 & + & 0.6036i
\end{array}$$

50

$$\begin{array}{rclcl}
0.0000 & + & 0.3536i & & 0.2500 & - & 0.2500i \\
0.2500 & - & 0.2500i & & -0.1464 & - & 0.0000i \\
0.6036 & + & 0.6036i & & 0 & + & 0.3536i
\end{array}$$

$$\textcircled{M}_4 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.3853 & - & 0.1147i & & 0.1913 & + & 0.5000i \\
0.5766 & + & 0.0766i & & -0.0000 & + & 0.4619i \\
-0.0000 & + & 0.4619i & & -0.3853 & - & 0.1147i \\
0.1913 & + & 0.5000i & & 0.5766 & + & 0.0766i \\
0.5766 & + & 0.0766i & & -0.0000 & + & 0.4619i \\
-0.3853 & - & 0.1147i & & 0.1913 & + & 0.5000i \\
0.1913 & + & 0.5000i & & 0.5766 & + & 0.0766i \\
-0.0000 & + & 0.4619i & & -0.3853 & - & 0.1147i
\end{array}$$

10

$$\textcircled{M}_5 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.5000 & - & 0.0000i & & -0.0000 & - & 0.0000i \\
0.0000 & + & 0.5000i & & -0.5000 & + & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.5000i & & 0.5000 & - & 0.0000i \\
-0.0000 & - & 0.0000i & & 0.0000 & + & 0.5000i \\
-0.0000 & + & 0.5000i & & -0.5000 & + & 0.5000i \\
0.5000 & - & 0.0000i & & -0.0000 & - & 0.0000i \\
0.0000 & - & 0.0000i & & 0 & + & 0.5000i \\
-0.5000 & + & 0.5000i & & 0.5000 & - & 0.0000i
\end{array}$$

20

30

$$\textcircled{M}_6 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.1147 & + & 0.3853i & & 0.0000 & + & 0.4619i \\
-0.0766 & + & 0.5766i & & -0.1913 & - & 0.5000i \\
-0.1913 & - & 0.5000i & & -0.1147 & + & 0.3853i \\
0.0000 & + & 0.4619i & & -0.0766 & + & 0.5766i \\
-0.0766 & + & 0.5766i & & -0.1913 & - & 0.5000i \\
-0.1147 & + & 0.3853i & & 0.0000 & + & 0.4619i \\
0.0000 & + & 0.4619i & & -0.0766 & + & 0.5766i \\
-0.1913 & - & 0.5000i & & -0.1147 & + & 0.3853i
\end{array}$$

40

50

$\mathbf{M}_7 =$

$$\begin{array}{rcll}
 & 0.0000 & + & 0.3536i & -0.1036 & + & 0.1036i & \\
 -0.8536 & + & 0.0000i & & 0.2500 & + & 0.2500i & \\
 & 0.2500 & + & 0.2500i & 0.0000 & + & 0.3536i & \\
 -0.1036 & + & 0.1036i & & -0.8536 & + & 0.0000i & \\
 & -0.8536 & + & 0.0000i & 0.2500 & + & 0.2500i & 10 \\
 & 0.0000 & + & 0.3536i & -0.1036 & + & 0.1036i & \\
 & -0.1036 & + & 0.1036i & -0.8536 & + & 0.0000i & \\
 & 0.2500 & + & 0.2500i & 0.0000 & + & 0.3536i &
 \end{array}$$

 $\mathbf{M}_8 =$

$$\begin{array}{rcll}
 & -0.5766 & + & 0.0766i & -0.4619 & + & 0.5000i & \\
 0.1147 & - & 0.3853i & & -0.0000 & + & 0.1913i & \\
 & 0.0000 & + & 0.1913i & -0.5766 & + & 0.0766i & \\
 -0.4619 & + & 0.5000i & & 0.1147 & - & 0.3853i & \\
 & 0.1147 & - & 0.3853i & 0.0000 & + & 0.1913i & \\
 -0.5766 & + & 0.0766i & & -0.4619 & + & 0.5000i & \\
 & -0.4619 & + & 0.5000i & 0.1147 & - & 0.3853i & \\
 & 0.0000 & + & 0.1913i & -0.5766 & + & 0.0766i &
 \end{array}$$

 $\mathbf{M}_9 =$

$$\begin{array}{rcll}
 & -0.0000 & - & 0.0000i & -0.5000 & - & 0.5000i & \\
 0.0000 & - & 0.0000i & & -0.5000 & + & 0.5000i & \\
 & -0.5000 & + & 0.5000i & -0.0000 & - & 0.0000i & \\
 -0.5000 & - & 0.5000i & & 0.0000 & - & 0.0000i & \\
 & 0.0000 & - & 0.0000i & -0.5000 & + & 0.5000i & 40 \\
 -0.0000 & - & 0.0000i & & -0.5000 & - & 0.5000i & \\
 & -0.5000 & - & 0.5000i & 0.0000 & - & 0.0000i & \\
 -0.5000 & + & 0.5000i & & -0.0000 & - & 0.0000i &
 \end{array}$$

 $\mathbf{M}_{10} =$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.5766 & - & 0.0766i & 0.0000 & -0.1913i \\
0.1147 & + & 0.3853i & -0.4619 & -0.5000i \\
-0.4619 & - & 0.5000i & -0.5766 & -0.0766i \\
0.0000 & - & 0.1913i & 0.1147 & +0.3853i \\
0.1147 & + & 0.3853i & -0.4619 & -0.5000i \\
-0.5766 & - & 0.0766i & 0.0000 & -0.1913i \\
0.0000 & - & 0.1913i & 0.1147 & +0.3853i \\
-0.4619 & - & 0.5000i & -0.5766 & -0.0766i
\end{array}$$

10

$$\mathbf{M}_{11} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.0000 & - & 0.3536i & 0.2500 & -0.2500i \\
-0.8536 & + & 0.0000i & -0.1036 & -0.1036i \\
-0.1036 & - & 0.1036i & 0.0000 & -0.3536i \\
0.2500 & - & 0.2500i & -0.8536 & +0.0000i \\
-0.8536 & + & 0.0000i & -0.1036 & -0.1036i \\
0.0000 & - & 0.3536i & 0.2500 & -0.2500i \\
0.2500 & - & 0.2500i & -0.8536 & +0.0000i \\
-0.1036 & - & 0.1036i & 0.0000 & -0.3536i
\end{array}$$

20

$$\mathbf{M}_{12} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.1147 & - & 0.3853i & -0.1913 & +0.5000i \\
-0.0766 & - & 0.5766i & -0.0000 & -0.4619i \\
-0.0000 & - & 0.4619i & -0.1147 & -0.3853i \\
-0.1913 & + & 0.5000i & -0.0766 & -0.5766i \\
-0.0766 & - & 0.5766i & -0.0000 & -0.4619i \\
-0.1147 & - & 0.3853i & -0.1913 & +0.5000i \\
-0.1913 & + & 0.5000i & -0.0766 & -0.5766i \\
-0.0000 & - & 0.4619i & -0.1147 & -0.3853i
\end{array}$$

30

$$\mathbf{M}_{13} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.5000 & - & 0.0000i & -0.5000 & -0.5000i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & -0.0000i \\
0.0000 & - & 0.0000i & 0.5000 & -0.0000i \\
-0.5000 & - & 0.5000i & -0.0000 & -0.5000i \\
-0.0000 & - & 0.5000i & 0.0000 & -0.0000i
\end{array}$$

40

50

$$\begin{array}{rclcl}
0.5000 & - & 0.0000i & - & 0.5000 & - & 0.5000i \\
-0.5000 & - & 0.5000i & - & 0.0000 & - & 0.5000i \\
0.0000 & & & & 0.5000 & - & 0.0000i
\end{array}$$

$$\textcircled{M}_{14} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.3853 & + & 0.1147i & & 0.0000 & - & 0.4619i \\
0.5766 & - & 0.0766i & & 0.1913 & - & 0.5000i \\
0.1913 & - & 0.5000i & - & 0.3853 & + & 0.1147i \\
0.0000 & - & 0.4619i & & 0.5766 & - & 0.0766i \\
0.5766 & - & 0.0766i & & 0.1913 & - & 0.5000i \\
-0.3853 & + & 0.1147i & & 0.0000 & - & 0.4619i \\
0.0000 & - & 0.4619i & & 0.5766 & - & 0.0766i \\
0.1913 & - & 0.5000i & - & 0.3853 & + & 0.1147i
\end{array}$$

10

20

$$\textcircled{M}_{15} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
-0.0000 & - & 0.3536i & & 0.6036 & - & 0.6036i \\
-0.1464 & + & 0.0000i & & 0.2500 & + & 0.2500i \\
0.2500 & + & 0.2500i & - & 0.0000 & - & 0.3536i \\
0.6036 & - & 0.6036i & - & 0.1464 & + & 0.0000i \\
-0.1464 & + & 0.0000i & & 0.2500 & + & 0.2500i \\
-0.0000 & - & 0.3536i & & 0.6036 & - & 0.6036i \\
0.6036 & - & 0.6036i & - & 0.1464 & + & 0.0000i \\
0.2500 & + & 0.2500i & - & 0.0000 & - & 0.3536i
\end{array}$$

30

$$\textcircled{M}_{16} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.0766 & - & 0.5766i & & 0.4619 & + & 0.5000i \\
0.3853 & - & 0.1147i & - & 0.0000 & - & 0.1913i \\
-0.0000 & - & 0.1913i & & 0.0766 & - & 0.5766i \\
0.4619 & + & 0.5000i & & 0.3853 & - & 0.1147i \\
0.3853 & - & 0.1147i & - & 0.0000 & - & 0.1913i \\
0.0766 & - & 0.5766i & & 0.4619 & + & 0.5000i \\
0.4619 & + & 0.5000i & & 0.3853 & - & 0.1147i \\
-0.0000 & - & 0.1913i & & 0.0766 & - & 0.5766i
\end{array}$$

40

2. 第2コードブック

(1) 基地局の送信アンテナの数が2つであり、時間相関係数=0.95、アイデンティティマトリックスを有する第2コードブック

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

$$\begin{array}{cc} 1.0000 & -0.0000 - 0.0000i \\ 0.0000 - 0.0000i & 1.0000 \end{array} \quad 10$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

$$\begin{array}{cc} 0.9755 + 0.0380i & 0.1647 + 0.1407i \\ -0.1744 + 0.1283i & 0.9757 + 0.0328i \end{array} \quad 20$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_3 =$$

$$\begin{array}{cc} 0.9525 + 0.1066i & 0.0918 - 0.2701i \\ -0.0866 - 0.2718i & 0.9544 - 0.0882i \end{array} \quad 30$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_4 =$$

$$\begin{array}{cc} 0.9524 + 0.2575i & -0.0360 + 0.1589i \\ 0.0011 + 0.1630i & 0.9855 - 0.0477i \end{array}$$

40

$$\tilde{\mathbf{H}}_5 =$$

$$\begin{array}{cc} 0.9471 - 0.1233i & 0.2410 + 0.1727i \\ -0.2387 + 0.1757i & 0.9485 + 0.1113i \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_6 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9667 & - & 0.1139i \\ -0.1941 & - & 0.1219i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.1663 & - & 0.1576i \\ 0.9702 & - & 0.0783i \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_7 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9899 & - & 0.0591i \\ -0.1287 & + & 0.0032i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.1252 & - & 0.0299i \\ 0.9720 & - & 0.1967i \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9963 & - & 0.0376i \\ -0.0771 & + & 0.0065i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0762 & - & 0.0134i \\ 0.9729 & - & 0.2177i \end{array}$$

【0241】

(2) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.95、第2コードブックのサイズが3ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9865 & + & 0.0191i \\ -0.0059 & - & 0.0487i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0723 & - & 0.1059i \\ -0.0204 & - & 0.0845i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.9595 & + & 0.1759i \\ 0.1370 & - & 0.0519i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0448 & - & 0.0815i \\ 0.0026 & - & 0.0141i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.1452 & - & 0.0458i \\ 0.9636 & - & 0.1309i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.1757 & + & 0.0110i \\ 0.0268 & - & 0.0846i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0424 & - & 0.0837i \\ 0.1745 & + & 0.0068i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.9578 & + & 0.1883i \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
& 0.9546 - 0.0412i \quad 0.2516 + 0.0644i \\
-0.0837 + 0.0119i \quad 0.0120 + 0.1113i \\
& -0.2548 + 0.0534i \quad 0.9535 + 0.0595i \\
-0.1128 - 0.0523i \quad -0.0093 - 0.0629i \\
& 0.0845 + 0.0189i \quad 0.1185 - 0.0413i \\
0.9580 - 0.0589i \quad -0.0511 - 0.2299i \\
& -0.0044 + 0.1087i \quad 0.0033 - 0.0638i \\
0.0477 - 0.2321i \quad 0.9611 + 0.0651i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_3 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9612 - 0.0715i \quad 0.0934 - 0.0490i \\
0.0420 + 0.0292i \quad -0.1620 - 0.1759i \\
& -0.1005 - 0.0448i \quad 0.9683 - 0.0633i \\
-0.1229 - 0.1641i \quad 0.0094 - 0.0642i \\
& -0.0419 + 0.0248i \quad 0.1263 - 0.1622i \\
0.9673 + 0.0960i \quad 0.0976 + 0.0301i \\
& 0.1590 - 0.1766i \quad -0.0112 - 0.0695i \\
-0.0996 + 0.0226i \quad 0.9622 + 0.0480i
\end{aligned}$$

20

$$\tilde{\mathbf{H}}_4 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9659 + 0.0955i \quad -0.0608 - 0.0595i \\
-0.1652 - 0.0691i \quad 0.0516 + 0.1260i \\
& 0.0721 - 0.0399i \quad 0.9634 - 0.0532i \\
-0.1290 + 0.0564i \quad -0.0990 - 0.1804i \\
& 0.1660 - 0.0517i \quad 0.1436 + 0.0598i \\
0.9608 + 0.0504i \quad 0.0339 + 0.1373i \\
& -0.0727 + 0.1246i \quad 0.0997 - 0.1661i \\
-0.0370 + 0.1455i \quad 0.9560 + 0.0724i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_5 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9555 - 0.1145i \quad 0.0389 + 0.2014i \\
0.0505 - 0.0689i \quad 0.0633 + 0.1433i \\
& -0.0409 + 0.1991i \quad 0.9512 - 0.0242i \\
0.1794 - 0.1219i \quad 0.0276 + 0.0736i \\
& -0.0415 - 0.0769i \quad -0.1721 - 0.1285i
\end{aligned}$$

40

50

$$\begin{array}{rcl}
0.9560 + 0.0495i & 0.1629 + 0.0571i \\
-0.0734 + 0.1398i & -0.0342 + 0.0721i \\
-0.1637 + 0.0492i & 0.9544 + 0.1694i
\end{array}$$

$$\tilde{H}_6 =$$

10

$$\begin{array}{rcl}
0.9659 + 0.1574i & 0.1055 + 0.1383i \\
0.0575 + 0.0209i & 0.0866 - 0.0266i \\
-0.1013 + 0.1340i & 0.9741 - 0.1273i \\
-0.0535 - 0.0027i & -0.0505 + 0.0359i \\
-0.0512 + 0.0005i & 0.0372 - 0.0034i \\
0.9714 + 0.1494i & -0.1098 + 0.1342i \\
-0.1022 - 0.0303i & 0.0561 + 0.0112i \\
0.1003 + 0.1320i & 0.9695 - 0.1340i
\end{array}$$

20

$$\tilde{H}_7 =$$

$$\begin{array}{rcl}
0.9614 - 0.1100i & -0.1270 + 0.0627i \\
-0.1536 - 0.1221i & -0.0682 - 0.0220i \\
0.1306 + 0.0567i & 0.9804 + 0.0748i \\
-0.0150 + 0.0250i & 0.0175 - 0.1081i \\
0.1496 - 0.1247i & 0.0038 + 0.0446i \\
0.9757 + 0.0427i & 0.0488 + 0.0626i \\
0.0697 - 0.0251i & -0.0143 - 0.1042i \\
-0.0639 + 0.0527i & 0.9869 + 0.0502i
\end{array}$$

30

$$\tilde{H}_8 =$$

$$\begin{array}{rcl}
0.9722 - 0.0220i & -0.0100 - 0.1952i \\
0.1217 - 0.0238i & -0.0197 + 0.0191i \\
0.0071 - 0.1977i & 0.9733 - 0.0317i \\
-0.0507 + 0.0053i & -0.0194 - 0.0976i \\
-0.1081 - 0.0472i & 0.0234 + 0.0287i \\
0.9636 + 0.1467i & 0.0211 - 0.1850i \\
0.0003 + 0.0359i & 0.0050 - 0.1098i \\
-0.0230 - 0.1773i & 0.9610 - 0.1762i
\end{array}$$

40

(3) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.9、第2コードブックのサイズが3ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

$$\begin{array}{rcl} & 0.9731 & + 0.0152i \\ -0.0146 & - & 0.0766i \\ & -0.0800 & - 0.1774i \\ 0.1814 & - & 0.0665i \\ & 0.0087 & - 0.0098i \\ 0.9281 & - & 0.1823i \\ & 0.0368 & - 0.1163i \\ 0.2491 & + & 0.0076i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} & 0.1079 & - 0.1457i \\ -0.0263 & - & 0.1151i \\ & 0.9102 & + 0.2650i \\ -0.0740 & - & 0.1437i \\ & -0.2026 & - 0.0532i \\ -0.2477 & + & 0.0092i \\ & 0.0894 & - 0.1286i \\ 0.8991 & + & 0.3002i \end{array} \quad 10$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

$$\begin{array}{rcl} & 0.8995 & - 0.0688i \\ -0.1153 & + & 0.0345i \\ & -0.3636 & + 0.0809i \\ -0.1490 & - & 0.0927i \\ & 0.1318 & + 0.0504i \\ 0.9103 & - & 0.0922i \\ & 0.0017 & + 0.1660i \\ 0.0616 & - & 0.3374i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} & 0.3614 & + 0.1038i \\ 0.0332 & + & 0.1710i \\ & 0.9022 & + 0.0869i \\ -0.0106 & - & 0.0942i \\ & 0.1597 & - 0.0564i \\ -0.0831 & - & 0.3277i \\ & -0.0118 & - 0.0911i \\ 0.9173 & + & 0.0697i \end{array} \quad 30$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_3 =$$

$$\begin{array}{rcl} & 0.9039 & - 0.1208i \\ 0.0372 & + & 0.0507i \\ & -0.1742 & - 0.0862i \\ -0.1769 & - & 0.2526i \\ & -0.0545 & + 0.0486i \\ 0.9267 & + & 0.1608i \\ & 0.2298 & - 0.2693i \\ -0.1230 & + & 0.0341i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} & 0.1494 & - 0.0905i \\ -0.2540 & - & 0.2636i \\ & 0.9240 & - 0.0683i \\ 0.0090 & - & 0.0930i \\ & 0.2009 & - 0.2350i \\ 0.1141 & + & 0.0373i \\ & -0.0086 & - 0.1242i \\ 0.9164 & + & 0.0554i \end{array} \quad 40$$

$$\tilde{H}_4 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9208 + 0.1155i - 0.0991 - 0.0989i \\ -0.2497 - 0.0944i & \quad 0.0660 + 0.2088i \\ & 0.1259 - 0.0728i \quad 0.9206 - 0.0860i \\ -0.1783 + 0.0595i & \quad -0.1475 - 0.2584i \\ & 0.2454 - 0.0683i \quad 0.2025 + 0.0635i \\ 0.9199 + 0.0595i & \quad 0.0364 + 0.1976i \\ -0.1144 + 0.1994i & \quad 0.1631 - 0.2318i \\ -0.0475 + 0.2035i & \quad 0.9003 + 0.1121i \end{aligned} \quad 10$$

$$\tilde{H}_5 =$$

$$\begin{aligned} & 0.8990 - 0.1745i \quad 0.0653 + 0.3109i \\ 0.0662 - 0.0793i & \quad 0.0858 + 0.2061i \\ -0.0493 + 0.3082i & \quad 0.8862 - 0.0515i \\ 0.2688 - 0.1735i & \quad 0.0399 + 0.1031i \\ -0.0424 - 0.1080i & \quad -0.2545 - 0.1862i \\ 0.9022 + 0.0873i & \quad 0.2353 + 0.1010i \\ -0.1145 + 0.1936i & \quad -0.0520 + 0.0943i \\ -0.2472 + 0.0659i & \quad 0.8942 + 0.2700i \end{aligned} \quad 20$$

$$\tilde{H}_6 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9250 + 0.2390i \quad 0.1585 + 0.2134i \\ 0.0497 + 0.0206i & \quad 0.1114 - 0.0366i \\ -0.1570 + 0.2051i & \quad 0.9392 - 0.1933i \\ -0.1032 - 0.0015i & \quad -0.0457 + 0.0312i \\ -0.0409 - 0.0017i & \quad 0.0818 + 0.0021i \\ 0.9319 + 0.2298i & \quad -0.1681 + 0.2054i \\ -0.1314 - 0.0406i & \quad 0.0554 - 0.0035i \\ 0.1520 + 0.2053i & \quad 0.9334 - 0.2036i \end{aligned} \quad 40$$

$$\tilde{H}_7 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9159 - 0.1266i - 0.1915 + 0.0871i \\
-0.2279 - 0.1929i - 0.1008 - 0.0396i \\
& 0.1920 + 0.0892i \quad 0.9565 + 0.1012i \\
-0.0554 + 0.0403i \quad 0.0133 - 0.1589i \\
& 0.2348 - 0.1801i \quad 0.0288 + 0.0911i \\
& 0.9377 + 0.0758i \quad 0.0743 + 0.1129i \\
& 0.1068 - 0.0366i \quad -0.0182 - 0.1457i \\
-0.1096 + 0.0954i \quad 0.9706 + 0.0496i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9395 - 0.0136i - 0.0127 - 0.2932i \\
& 0.1712 - 0.0234i - 0.0327 + 0.0072i \\
& 0.0121 - 0.2945i \quad 0.9377 - 0.0306i \\
-0.0772 - 0.0145i - 0.0454 - 0.1572i \\
& -0.1487 - 0.0750i \quad 0.0127 + 0.0328i \quad 20 \\
& 0.9162 + 0.2267i \quad 0.0320 - 0.2813i \\
-0.0214 + 0.0451i \quad 0.0008 - 0.1801i - 0 \\
& .0398 - 0.2675i \quad 0.9069 - 0.2637i
\end{aligned}$$

【0243】

(4) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.95、第2コードブックのサイズが4ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

30

$$\begin{aligned}
& 0.9570 + 0.1426i - 0.1063 - 0.0662i \\
& 0.0393 + 0.0471i - 0.1026 - 0.1839i \\
& 0.1170 - 0.0632i \quad 0.9542 - 0.1590i \\
& 0.1611 - 0.1223i \quad 0.0685 + 0.0300i \\
& -0.0517 + 0.0320i - 0.1642 - 0.1249i \\
& 0.9598 + 0.1361i \quad 0.0557 + 0.1048i \\
& 0.1043 - 0.1776i - 0.0588 + 0.0497i \quad 40 \\
-0.0533 + 0.1133i \quad 0.9625 - 0.0978i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9564 + 0.1518i - 0.0627 + 0.0792i \\
& 0.1257 - 0.0142i \quad 0.0103 + 0.1897i \quad 50
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.0716 & + & 0.1033i & 0.9671 & + & 0.0162i \\
-0.1547 & - & 0.1435i & -0.0542 & - & 0.0358i \\
-0.1100 & - & 0.0022i & 0.1726 & - & 0.1536i \\
0.9574 & - & 0.0006i & 0.1291 & + & 0.0360i \\
-0.0329 & + & 0.1825i & 0.0242 & - & 0.0190i \\
-0.1442 & + & 0.0459i & 0.9669 & + & 0.0823i
\end{array}$$

$$\tilde{H}_3 =$$

10

$$\begin{array}{rclcl}
0.9698 & - & 0.0648i & 0.2017 & + & 0.0622i \\
0.0071 & - & 0.0449i & -0.0632 & + & 0.0685i \\
-0.2025 & + & 0.0848i & 0.9672 & - & 0.0389i \\
0.0391 & + & 0.0238i & -0.0497 & + & 0.1007i \\
-0.0178 & - & 0.0521i & -0.0480 & + & 0.0103i \\
0.9837 & - & 0.1084i & -0.1055 & + & 0.0641i \\
0.0431 & + & 0.0470i & 0.0387 & + & 0.1202i \\
0.1067 & + & 0.0716i & 0.9712 & + & 0.1423i
\end{array}$$

20

$$\tilde{H}_4 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9515 & - & 0.1856i & -0.1551 & - & 0.1389i \\
0.0142 & - & 0.0929i & 0.0516 & + & 0.0727i \\
0.1515 & - & 0.1431i & 0.9497 & + & 0.1056i \\
0.0107 & + & 0.1572i & 0.1354 & - & 0.0171i \\
-0.0200 & - & 0.0840i & -0.0164 & + & 0.1459i \\
0.9559 & + & 0.0084i & -0.1249 & + & 0.2038i \\
-0.0456 & + & 0.0848i & -0.1468 & - & 0.0202i \\
0.1311 & + & 0.1879i & 0.9572 & - & 0.0032i
\end{array}$$

30

$$\tilde{H}_5 =$$

40

$$\begin{array}{rclcl}
0.9587 & + & 0.1224i & -0.2068 & + & 0.0394i \\
-0.0977 & + & 0.0358i & 0.0981 & - & 0.0334i \\
0.2106 & + & 0.0537i & 0.9549 & - & 0.0461i \\
0.0605 & + & 0.1036i & -0.0177 & + & 0.1556i \\
0.0737 & + & 0.0536i & -0.0618 & + & 0.1185i \\
0.9772 & - & 0.1250i & 0.0564 & + & 0.0058i \\
-0.0944 & - & 0.0383i & 0.0108 & + & 0.1543i
\end{array}$$

50

$$-0.0640 + 0.0083i \quad 0.9488 + 0.2476i$$

$$\tilde{H}_6 =$$

$$\begin{array}{rcll} 0.9680 & - & 0.0802i & -0.0413 + 0.0475i \\ -0.1864 & - & 0.0597i & 0.0603 - 0.1037i & 10 \\ 0.0335 & + & 0.0366i & 0.9722 + 0.0545i \\ -0.0849 & - & 0.1349i & -0.1365 + 0.0732i \\ 0.2019 & - & 0.0470i & 0.0747 - 0.1247i \\ 0.9532 & + & 0.0723i & -0.1483 - 0.0066i \\ -0.0467 & - & 0.0950i & 0.1570 + 0.0463i \\ 0.1492 & - & 0.0133i & 0.9637 - 0.1044i \end{array}$$

$$\tilde{H}_7 =$$

20

$$\begin{array}{rcll} 0.9696 & + & 0.0997i & 0.0850 - 0.0880i \\ 0.0221 & - & 0.1423i & 0.0802 - 0.0882i \\ -0.1012 & - & 0.0842i & 0.9626 - 0.0683i \\ -0.1429 & - & 0.0567i & 0.1666 - 0.0055i \\ -0.0339 & - & 0.1454i & 0.1210 - 0.0640i \\ 0.9751 & - & 0.0077i & 0.0117 - 0.0896i \\ -0.0595 & - & 0.0821i & -0.1860 - 0.0220i & 30 \\ 0.0035 & - & 0.0693i & 0.9703 + 0.0910i \end{array}$$

$$\tilde{H}_8 =$$

$$\begin{array}{rcll} 0.9561 & + & 0.0074i & 0.0069 - 0.0369i \\ 0.1732 & + & 0.1290i & 0.0315 - 0.1917i & 40 \\ -0.0181 & - & 0.0324i & 0.9566 - 0.1604i \\ -0.0967 & + & 0.1152i & -0.1761 - 0.0647i \\ -0.1675 & + & 0.1443i & 0.1103 + 0.1003i \\ 0.9606 & - & 0.0512i & -0.0549 - 0.0209i \\ -0.0339 & - & 0.1854i & 0.1691 - 0.0835i \\ 0.0653 & - & 0.0322i & 0.9602 + 0.0410i \end{array}$$

$$\tilde{H}_9 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9855 + 0.0263i \quad 0.0481 + 0.0061i \quad - \\ & 0.0637 - 0.0166i \quad 0.0661 - 0.1304i \\ & -0.0429 - 0.0076i \quad 0.9834 - 0.0530i \\ & -0.0740 + 0.0477i \quad 0.0903 + 0.1107i \\ & 0.0546 - 0.0278i \quad 0.0817 + 0.0386i \quad 10 \\ & 0.9872 - 0.1099i \quad 0.0366 - 0.0103i \\ & -0.0618 - 0.1364i \quad -0.0891 + 0.1078i \\ & -0.0347 - 0.0091i \quad 0.9781 - 0.0081i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_{10} =$$

$$\begin{aligned} & 0.9660 - 0.1219i \quad -0.0515 + 0.1531i \\ & 0.0957 - 0.0574i \quad 0.1156 - 0.0070i \\ & 0.0678 + 0.1388i \quad 0.9551 - 0.1427i \\ & 0.1858 - 0.0506i \quad 0.0099 - 0.0803i \\ & -0.1040 - 0.0677i \quad -0.1822 - 0.0359i \\ & 0.9704 + 0.0251i \quad -0.0316 - 0.0830i \\ & -0.1119 - 0.0143i \quad -0.0074 - 0.0827i \\ & 0.0322 - 0.0849i \quad 0.9681 + 0.1867i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_{11} =$$

$$\begin{aligned} & 0.9559 - 0.1414i \quad 0.0362 - 0.0574i \\ & 0.0833 + 0.2160i \quad 0.0899 + 0.0085i \\ & -0.0389 - 0.0518i \quad 0.9642 + 0.2166i \\ & 0.0568 - 0.0292i \quad 0.0915 + 0.0815i \\ & -0.0816 + 0.2203i \quad -0.0320 - 0.0329i \quad 40 \\ & 0.9593 + 0.1457i \quad -0.0316 - 0.0136i \\ & -0.0752 + 0.0359i \quad -0.1070 + 0.0717i \\ & 0.0190 - 0.0214i \quad 0.9856 - 0.0654i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_{12} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9678 - 0.1744i - 0.0825 - 0.0025i \\
& 0.0775 + 0.0583i - 0.1229 - 0.0400i \\
& 0.1001 - 0.0158i \quad 0.9798 - 0.0968i \\
& -0.0124 - 0.0847i \quad 0.0804 + 0.0813i \\
& -0.0729 + 0.0587i \quad 0.0190 - 0.0860i \\
& 0.9708 - 0.1242i - 0.0682 - 0.1444i \\
& 0.1112 - 0.0390i - 0.0936 + 0.0856i \\
& 0.0678 - 0.1439i \quad 0.9718 - 0.0147i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_{13} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9639 - 0.1398i - 0.0373 - 0.1043i \\
& 0.0593 - 0.1053i - 0.1504 - 0.0444i \\
& 0.0372 - 0.1080i \quad 0.9634 + 0.1883i \\
& -0.0564 + 0.0834i - 0.0910 - 0.0698i \\
& -0.0550 - 0.1027i \quad 0.0611 + 0.0783i \\
& 0.9551 - 0.1742i \quad 0.1816 - 0.0331i \\
& 0.1509 - 0.0451i \quad 0.0920 - 0.0758i \\
& -0.1796 - 0.0227i \quad 0.9599 + 0.0827i
\end{aligned}$$

20

$$\tilde{\mathbf{H}}_{14} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9630 + 0.1863i - 0.0271 + 0.0189i \\
& 0.0874 - 0.0956i \quad 0.1349 - 0.0420i \\
& 0.0139 + 0.0237i \quad 0.9537 + 0.2624i \\
& 0.1079 - 0.0516i - 0.0785 + 0.0175i \\
& -0.0896 - 0.1041i - 0.0963 - 0.0595i \\
& 0.9691 - 0.1681i \quad 0.0279 + 0.0071i \\
& -0.1315 - 0.0302i \quad 0.0857 + 0.0165i \\
& -0.0269 + 0.0265i \quad 0.9550 - 0.2463i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_{15} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9815 + 0.0994i - 0.0814 + 0.0774i - \\
& 0.0070 + 0.0212i - 0.1148 - 0.0207i \\
& 0.0811 + 0.0612i \quad 0.9684 + 0.0174i - \\
& 0.0944 - 0.0520i \quad 0.0987 - 0.1740i \\
& 0.0128 + 0.0306i \quad 0.1014 - 0.0544i
\end{aligned}$$

40

50

$$\begin{aligned}
&0.9877 - 0.0783i - 0.0533 + 0.0333i \\
&\quad 0.1162 - 0.0426i - 0.1156 - 0.1507i \\
&\quad 0.0631 + 0.0469i \quad 0.9633 - 0.1206i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_{16} =$$

10

$$\begin{aligned}
&0.9613 + 0.0863i \quad 0.0790 - 0.1703i - \\
&0.1275 + 0.0996i - 0.0408 + 0.0727i \\
&\quad - 0.0729 - 0.1655i \quad 0.9604 - 0.1078i \\
&0.0310 + 0.0572i - 0.0177 - 0.1696i \\
&\quad 0.1380 + 0.0999i - 0.0322 + 0.0597i \\
&0.9595 + 0.0249i - 0.1092 - 0.1822i \\
&\quad 0.0428 + 0.0691i \quad 0.0127 - 0.1613i \\
&0.0999 - 0.1959i \quad 0.9567 - 0.0591i
\end{aligned}$$

【0244】

20

(5) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.9、第2コードブックのサイズが4ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

$$\begin{aligned}
&0.8988 + 0.2338i - 0.1449 - 0.0976i \\
&0.0480 + 0.0647i - 0.1439 - 0.2825i \\
&\quad 0.1757 - 0.0893i \quad 0.9015 - 0.2139i \\
&0.2418 - 0.1723i \quad 0.1135 + 0.0404i \\
&\quad - 0.0700 + 0.0312i - 0.2433 - 0.1927i \\
&0.9010 + 0.2320i \quad 0.0774 + 0.1615i \\
&\quad 0.1638 - 0.2569i - 0.0906 + 0.0802i \\
&- 0.0897 + 0.1777i \quad 0.9164 - 0.1143i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

40

$$\begin{aligned}
&0.9008 + 0.2168i - 0.0961 + 0.1116i \\
&0.1928 - 0.0355i \quad 0.0055 + 0.2852i \\
&\quad 0.1135 + 0.1669i \quad 0.9261 + 0.0077i \\
&- 0.2227 - 0.2036i - 0.0904 - 0.0494i \\
&\quad - 0.1514 - 0.0032i \quad 0.2549 - 0.2345i \\
&0.9060 - 0.0190i \quad 0.1850 + 0.0401i \\
&- 0.0522 + 0.2740i \quad 0.0183 - 0.0189i -
\end{aligned}$$

50

$$0.2104 + 0.0709i \quad 0.9282 + 0.1032i$$

$$\tilde{H}_3 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9341 - 0.0629i \quad 0.2972 + 0.0938i \\ & 0.0070 - 0.0637i \quad -0.1059 + 0.1050i \quad 10 \\ & -0.3063 + 0.1244i \quad 0.9271 - 0.0265i \\ & 0.0560 + 0.0412i \quad -0.0821 + 0.1376i \\ & -0.0261 - 0.0811i \quad -0.0775 + 0.0070i \\ & 0.9670 - 0.1340i \quad -0.1604 + 0.0895i \\ & 0.0553 + 0.0621i \quad 0.0466 + 0.1856i \quad 0 \\ & .1565 + 0.1167i \quad 0.9270 + 0.2431i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_4 =$$

20

$$\begin{aligned} & 0.8920 - 0.2790i \quad -0.2255 - 0.2057i \\ & 0.0051 - 0.1308i \quad 0.0840 + 0.0951i \\ & 0.2111 - 0.2132i \quad 0.8896 + 0.1547i \\ & 0.0122 + 0.2361i \quad 0.1965 - 0.0113i \\ & -0.0175 - 0.1153i \quad -0.0329 + 0.2026i \\ & 0.9085 + 0.0105i \quad -0.1684 + 0.3006i \\ & -0.0645 + 0.1365i \quad -0.2215 - 0.0188i \quad 30 \\ & 0.1826 + 0.2609i \quad 0.9090 - 0.0146i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_5 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9111 + 0.1710i \quad -0.3029 + 0.0595i \quad - \\ & 0.1481 + 0.0294i \quad 0.1386 - 0.0577i \quad 40 \\ & 0.3186 + 0.0831i \quad 0.8903 - 0.0829i \\ & 0.1057 + 0.1471i \quad -0.0336 + 0.2411i \\ & 0.0888 + 0.0703i \quad -0.1012 + 0.1920i \\ & 0.9497 - 0.1784i \quad 0.0788 + 0.0017i \\ & -0.1283 - 0.0540i \quad 0.0195 + 0.2402i \quad - \\ & 0.1016 + 0.0162i \quad 0.8858 + 0.3569i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_6 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9363 - 0.1032i - 0.0665 + 0.0641i \\ - & 0.2553 - 0.0805i \quad 0.1013 - 0.1491i \\ & 0.0572 + 0.0408i \quad 0.9295 + 0.1127i - \\ 0. & 1177 - 0.2029i - 0.2168 + 0.1283i \\ & 0.2903 - 0.0545i \quad 0.0946 - 0.1872i \quad 10 \\ & 0.9019 + 0.1007i - 0.2126 - 0.0053i \\ - & 0.0642 - 0.1281i \quad 0.2543 + 0.0791i \\ 0. & 2212 - 0.0285i \quad 0.9168 - 0.1350i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_7 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9413 + 0.1281i \quad 0.1106 - 0.1179i \\ 0. & 0280 - 0.1992i \quad 0.1151 - 0.1328i \\ - & 0.1430 - 0.1113i \quad 0.9246 - 0.1064i \\ - & 0.2033 - 0.0661i \quad 0.2349 + 0.0031i \\ - & 0.0564 - 0.2031i \quad 0.1622 - 0.0826i \\ 0. & 9502 - 0.0282i \quad 0.0096 - 0.1368i \\ - & 0.0761 - 0.1199i \quad -0.2717 - 0.0259i \\ 0. & 0172 - 0.0997i \quad 0.9398 + 0.1092i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_8 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9068 - 0.0087i \quad 0.0079 - 0.0501i \\ 0. & 2562 + 0.1719i \quad 0.0409 - 0.2796i \\ - & 0.0287 - 0.0393i \quad 0.9028 - 0.2492i \\ - & 0.1358 + 0.1729i - 0.2572 - 0.0772i \\ - & 0.2371 + 0.2175i \quad 0.1686 + 0.1307i \quad 40 \\ 0. & 9138 - 0.0945i - 0.0796 - 0.0267i \\ - & 0.0576 - 0.2615i \quad 0.2407 - 0.1296i \\ 0. & 0966 - 0.0566i \quad 0.9162 + 0.0389i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_9 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9674 + 0.0228i \quad 0.0509 + 0.0045i \quad - \\
& 0.1173 - 0.0169i \quad 0.0981 - 0.1933i \\
& -0.0482 - 0.0241i \quad 0.9672 - 0.0745i \\
& -0.1178 + 0.0634i \quad 0.1336 + 0.1426i \\
& 0.1004 - 0.0523i \quad 0.1253 + 0.0392i \\
& 0.9665 - 0.1728i \quad 0.0774 - 0.0019i \\
& -0.0997 - 0.1948i \quad -0.1337 + 0.1458i \\
& -0.0627 + 0.0133i \quad 0.9527 - 0.0337i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{M}}_{10} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9295 - 0.1627i \quad -0.0701 + 0.2370i \\
& 0.1414 - 0.0808i \quad 0.1482 + 0.0010i \\
& 0.1028 + 0.1993i \quad 0.9008 - 0.1968i \\
& 0.2889 - 0.0737i \quad 0.0002 - 0.1028i \\
& -0.1538 - 0.1177i \quad -0.2748 - 0.0555i \\
& 0.9259 + 0.0764i \quad -0.0465 - 0.1365i \\
& -0.1471 - 0.0099i \quad -0.0042 - 0.1004i \\
& 0.0642 - 0.1318i \quad 0.9358 + 0.2663i
\end{aligned}$$

20

$$\tilde{\mathbf{M}}_{11} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9077 - 0.2013i \quad 0.0503 - 0.0923i \\
& 0.1151 + 0.3114i \quad 0.1192 - 0.0037i \\
& -0.0452 - 0.0746i \quad 0.9205 + 0.3110i \\
& 0.1044 - 0.0606i \quad 0.1321 + 0.1275i \\
& -0.1171 + 0.3211i \quad -0.0343 - 0.0746i \\
& 0.9099 + 0.2142i \quad -0.0478 - 0.0176i \\
& -0.0899 + 0.0546i \quad -0.1633 + 0.1070i \\
& 0.0264 - 0.0259i \quad 0.9672 - 0.1184i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{\mathbf{M}}_{12} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9358 - 0.2532i \quad -0.1014 - 0.0219i \\
& 0.1076 + 0.0733i \quad -0.1748 - 0.0430i \\
& 0.1256 - 0.0429i \quad 0.9536 - 0.1706i \\
& -0.0178 - 0.1226i \quad 0.1088 + 0.1292i \\
& -0.1010 + 0.0754i \quad 0.0263 - 0.1256i
\end{aligned}$$

40

50

$$\begin{aligned}
&0.9458 - 0.1694i - 0.0916 - 0.1898i \\
&\quad 0.1568 - 0.0449i - 0.1244 + 0.1372i \\
&0.0934 - 0.1890i \quad 0.9453 - 0.0312i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_{13} =$$

$$\begin{aligned}
&0.9277 - 0.1834i - 0.0692 - 0.1545i \\
&0.0968 - 0.1443i - 0.2054 - 0.0680i \\
&\quad 0.0733 - 0.1497i \quad 0.9096 + 0.2966i \\
&-0.0912 + 0.1197i - 0.1626 - 0.0880i \\
&\quad -0.0764 - 0.1374i \quad 0.1144 + 0.1171i \\
&0.8948 - 0.2648i \quad 0.2745 - 0.0474i \\
&\quad 0.2194 - 0.0708i \quad 0.1470 - 0.0870i \\
&-0.2759 - 0.0120i \quad 0.9097 + 0.1177i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_{14} =$$

$$\begin{aligned}
&0.9253 + 0.2602i - 0.0574 + 0.0386i \\
&0.1237 - 0.1280i \quad 0.1886 - 0.0637i \\
&\quad 0.0149 + 0.0552i \quad 0.8952 + 0.3898i \\
&0.1637 - 0.0714i - 0.1049 + 0.0230i \\
&\quad -0.1275 - 0.1510i \quad -0.1314 - 0.0951i \\
&0.9394 - 0.2237i \quad 0.0461 + 0.0024i \\
&\quad -0.1802 - 0.0363i \quad 0.1230 + 0.0214i \\
&-0.0442 + 0.0444i \quad 0.9097 - 0.3451i
\end{aligned}$$

20

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_{15} =$$

$$\begin{aligned}
&0.9521 + 0.1766i - 0.1279 + 0.0989i \\
&0.0017 + 0.0373i - 0.1862 - 0.0105i \\
&\quad 0.1385 + 0.0688i \quad 0.9324 + 0.0192i \quad - \\
&0.1272 - 0.0699i \quad 0.1422 - 0.2550i \\
&\quad 0.0075 + 0.0532i \quad 0.1441 - 0.0799i \\
&0.9763 - 0.1024i - 0.0666 + 0.0431i \\
&\quad 0.1804 - 0.0545i \quad -0.1887 - 0.2033i \\
&0.0911 + 0.0747i \quad 0.9180 - 0.1760i
\end{aligned}$$

40

50

$$\tilde{H}_{16} =$$

$$\begin{aligned} & 0.9092 + 0.1200i \quad 0.1142 - 0.2590i \quad - \\ & 0.1887 + 0.1724i \quad -0.0803 + 0.0835i \\ & -0.1246 - 0.2538i \quad 0.9032 - 0.1846i \\ & 0.0217 + 0.0853i \quad -0.0352 - 0.2474i \\ & 0.1948 + 0.1622i \quad -0.0179 + 0.0913i \quad 10 \\ & 0.9052 + 0.0541i \quad -0.1697 - 0.2755i \\ & 0.0884 + 0.0829i \quad 0.0230 - 0.2467i \\ & 0.1549 - 0.2838i \quad 0.9021 - 0.0744i \end{aligned}$$

【0245】

(6) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.95、アイデンティティマトリックスを有する第2コードブックのサイズが3ビットである場合

$$\tilde{H}_1 =$$

20

$$\begin{aligned} & 1.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0000i \quad - \\ & 0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0000i \\ & 0.0000 - 0.0000i \quad 1.0000 - 0.0000i \\ & -0.0000 - 0.0000i \quad 0 + 0.0000i \\ & -0.0000 \quad 0.0000 + 0.0000i \\ & 1.0000 - 0.0000i \quad -0.0000 \\ & -0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 - 0.0000i \quad 30 \\ & -0.0000 - 0.0000i \quad 1.0000 + 0.0000i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_2 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9656 + 0.0846i \quad -0.1289 + 0.0589i \\ & 0.1202 + 0.0738i \quad 0.0639 - 0.1280i \quad 40 \\ & 0.1203 + 0.0711i \quad 0.9534 + 0.1880i \\ & 0.0198 - 0.0052i \quad 0.1114 + 0.1526i \\ & -0.1121 + 0.0781i \quad -0.0259 - 0.0087i \\ & 0.9487 - 0.2640i \quad 0.1022 + 0.0178i \\ & -0.0670 - 0.1332i \quad -0.1208 + 0.1422i \\ & -0.0952 + 0.0281i \quad 0.9660 + 0.0025i \end{aligned}$$

$$\mathbb{O}_3 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9937 & - & 0.0179i & 0.0361 & + & 0.0005i \\
0.0410 & - & 0.0759i & 0.0436 & + & 0.0387i \\
-0.0346 & + & 0.0064i & 0.9864 & + & 0.0894i & - \\
0.0698 & + & 0.0341i & 0.1082 & - & 0.0106i \\
-0.0493 & - & 0.0806i & 0.0848 & + & 0.0221i & 10 \\
0.9727 & - & 0.0851i & -0.1373 & + & 0.1053i \\
-0.0372 & + & 0.0245i & -0.1005 & - & 0.0035i \\
0.1583 & + & 0.0895i & 0.9766 & - & 0.0337i
\end{array}$$

$$\tilde{\mathcal{O}}_4 =$$

$$\begin{array}{rclcl} 0.9844 & + & 0.0408i & 0.1420 & + & 0.0546i \\ 0.0131 & - & 0.0192i & -0.0718 & - & 0.0189i \\ -0.1452 & + & 0.0549i & 0.9730 & - & 0.0673i \\ 0.0432 & - & 0.1364i & -0.0269 & - & 0.0589i \\ -0.0025 & - & 0.0104i & -0.0401 & - & 0.1411i \\ 0.9683 & + & 0.1521i & -0.0593 & - & 0.1190i \\ 0.0690 & - & 0.0149i & 0.0064 & - & 0.0636i \\ 0.0549 & - & 0.1236i & 0.9782 & - & 0.1258i \end{array}$$

$$\tilde{O}_5 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9766 & + & 0.0185i & -0.0603 & -0.1161i \\
-0.0544 & + & 0.0931i & -0.1311 & -0.0045i \\
0.0741 & - & 0.1088i & 0.9653 & +0.1954i \\
-0.0724 & - & 0.0373i & -0.0768 & +0.0087i \\
0.0478 & + & 0.1056i & 0.0713 & -0.0273i \\
0.9565 & - & 0.0952i & -0.1089 & +0.2121i \\
0.1231 & + & 0.0049i & 0.0821 & +0.0164i \\
0.1300 & + & 0.2023i & 0.9573 & -0.0596i
\end{array}
\quad 40$$

$$\begin{aligned}
& 0.9632 - 0.2317i - 0.0157 - 0.0535i \\
- & 0.0586 + 0.0059i - 0.0494 - 0.0974i \\
& 0.0147 - 0.0602i \quad 0.9621 + 0.2553i \\
& 0.0339 - 0.0351i \quad 0.0313 - 0.0454i \\
& 0.0312 + 0.0025i - 0.0316 - 0.0315i \\
& 0.9694 - 0.0383i - 0.1453 - 0.1865i \\
& 0.0323 - 0.1125i - 0.0341 - 0.0547i \\
& 0.1408 - 0.1822i \quad 0.9632 + 0.0378i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_7 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9519 + 0.2216i \quad 0.0232 - 0.0572i - \\
& 0.0560 + 0.1191i \quad 0.1322 + 0.0791i \\
& -0.0095 - 0.0540i \quad 0.9523 - 0.1644i \\
& 0.2039 - 0.0098i - 0.0629 + 0.1319i \\
& 0.0510 + 0.1329i - 0.2051 + 0.0023i \quad 20 \\
& 0.9571 + 0.0042i - 0.1469 - 0.0075i \\
& -0.1268 + 0.0741i \quad 0.0661 + 0.1257i \\
& 0.1574 - 0.0143i \quad 0.9623 - 0.0850i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

30

$$\begin{aligned}
& 0.9911 - 0.0395i - 0.0262 + 0.0362i \\
- & 0.0648 - 0.0945i - 0.0078 + 0.0317i \\
& 0.0166 + 0.0154i \quad 0.9698 + 0.1326i \\
& 0.1302 - 0.1189i - 0.0938 + 0.0375i \\
& 0.0392 - 0.1138i - 0.1361 - 0.1070i \quad 0 \\
& .9549 - 0.2078i \quad 0.0097 - 0.0220i \\
& 0.0055 + 0.0339i \quad 0.0816 + 0.0564i \\
& 0.0067 - 0.0279i \quad 0.9930 + 0.0464i
\end{aligned}$$

【0246】

40

(7) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.9、アイデンティティマトリックスを有する第2コードブックのサイズが3ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

$$\begin{aligned}
& 1.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0000i \\
& 0.0000 + 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \quad 50
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}
& 0.0000 & - 0.0000i \\
-0.0000 & - 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i \\
-0.0000 & + 0.0000i & 0.0000 + 0.0000i \\
1.0000 & + 0.0000i & 0.0000 - 0.0000i \\
& -0.0000 + 0.0000i & -0.0000 - 0.0000i \\
0.0000 & - 0.0000i & 1.0000 + 0.0000i
\end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

10

$$\begin{array}{rcl}
& 0.9316 & + 0.1186i \\
0.1742 & + 0.1059i & 0.0795 - 0.1631i \\
& 0.1657 & + 0.1171i \\
0.0262 & - 0.0072i & 0.1559 + 0.2247i \\
& -0.1518 & + 0.1188i \\
0.8847 & - 0.3931i & 0.1509 + 0.0246i \\
& -0.0919 & - 0.1767i \\
0.1323 & + 0.0540i & 0.9321 + 0.0069i
\end{array}
\quad - \quad 20$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_3 =$$

$$\begin{array}{rcl}
& 0.9849 & - 0.0156i \\
0.0577 & - 0.1130i & 0.0620 + 0.0650i \\
-0.0645 & + 0.0012i & 0.9648 + 0.1484i \\
0.1067 & + 0.0836i & 0.1565 - 0.0102i \\
& -0.0821 & - 0.1263i \\
0.9312 & - 0.1389i & -0.1925 + 0.1819i \\
& -0.0430 & + 0.0309i \\
0.2485 & + 0.1318i & 0.9448 - 0.0681i
\end{array}
\quad - \quad 30$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_4 =$$

40

$$\begin{array}{rcl}
& 0.9678 & + 0.0591i \\
0.0246 & - 0.0509i & -0.0864 - 0.0278i \\
& -0.2160 & + 0.0811i \\
0.0789 & - 0.2276i & -0.0684 - 0.0988i \\
& 0.0116 & - 0.0210i \\
0.9129 & + 0.2436i & -0.0959 - 0.1832i \\
& 0.0769 & - 0.0149i \\
& & -0.0007 - 0.1147i
\end{array}
\quad 50$$

$$0.0811 - 0.1989i \quad 0.9466 - 0.1963i$$

$$\tilde{H}_5 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9443 + 0.0557i - 0.0926 - 0.1753i \\ - & 0.0920 + 0.1254i - 0.2025 - 0.0251i \\ & 0.1266 - 0.1441i \quad 0.9275 + 0.2835i \\ - & 0.0919 - 0.0427i - 0.1068 + 0.0296i \\ & 0.0721 + 0.1650i \quad 0.0813 - 0.0324i \\ 0.9057 - & 0.1296i - 0.1579 + 0.3129i \\ & 0.1891 + 0.0121i \quad 0.1034 + 0.0413i \\ 0.2000 + & 0.2974i \quad 0.9045 - 0.0719i \end{aligned} \quad 10$$

$$\tilde{H}_6 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9187 - 0.3339i - 0.0181 - 0.0758i \\ - & 0.1002 - 0.0018i - 0.0919 - 0.1411i \\ & 0.0183 - 0.0974i \quad 0.9076 + 0.3899i \\ 0.0439 - & 0.0737i \quad 0.0674 - 0.0507i \\ & 0.0297 - 0.0114i - 0.0265 - 0.0558i \\ 0.9348 - & 0.0513i - 0.2135 - 0.2705i \\ & 0.0480 - 0.1770i - 0.0756 - 0.0932i \\ 0.2000 - & 0.2572i \quad 0.9180 + 0.0547i \end{aligned} \quad 30$$

$$\tilde{H}_7 =$$

$$\begin{aligned} & 0.8981 + 0.3207i \quad 0.0426 - 0.0853i - \\ 0.0907 + & 0.1616i \quad 0.1886 + 0.1073i \\ - & 0.0052 - 0.0761i \quad 0.8948 - 0.2475i \\ 0.2947 - & 0.0320i - 0.0973 + 0.1868i \\ & 0.0773 + 0.1971i - 0.3012 + 0.0055i \\ 0.9097 - & 0.0016i - 0.1919 - 0.0027i \\ - & 0.1766 + 0.0932i \quad 0.1040 + 0.1654i \\ 0.2232 - & 0.0191i \quad 0.9260 - 0.1195i \end{aligned} \quad 40$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9807 - 0.0605i - 0.0428 + 0.0566i \\ - & 0.1048 - 0.1283i - 0.0103 + 0.0453i \\ & 0.0245 + 0.0127i \quad 0.9412 + 0.1759i \\ 0.1798 - & 0.1752i - 0.1316 + 0.0466i \\ & 0.0466 - 0.1709i - 0.1978 - 0.1439i \\ 0.9018 - & 0.3075i \quad 0.0178 - 0.0271i \\ & 0.0072 + 0.0495i \quad 0.1088 + 0.0812i \\ 0.0147 - & 0.0393i \quad 0.9867 + 0.0607i \end{aligned} \quad 10$$

【0247】

(8) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.95、アイデンティティマトリックスを有する第2コードブックのサイズが4ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

20

$$\begin{aligned} & 1.0000 - 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \\ - & 0.0000 - 0.0000i - 0.0000 + 0.0000i \\ & 0.0000 - 0.0000i \quad 1.0000 - 0.0000i \\ 0.0000 + & 0.0000i - 0.0000 + 0.0000i \\ & 0.0000 - 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \\ 1.0000 + & 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0000i \\ & -0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 - 0.0000i \\ - & 0.0000 + 0.0000i \quad 1.0000 - 0.0000i \end{aligned} \quad 30$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9723 + 0.1460i \quad 0.0077 - 0.0690i \\ - & 0.1430 - 0.0594i \quad 0.0133 - 0.0660i \\ & 0.0306 - 0.0804i \quad 0.9763 - 0.0431i \\ 0.1815 - & 0.0255i \quad 0.0052 + 0.0631i \\ & 0.1406 - 0.0472i - 0.1900 + 0.0014i \\ 0.9599 - & 0.1313i \quad 0.0567 - 0.0061i \\ & -0.0104 - 0.0618i \quad 0.0075 + 0.0634i \\ - & 0.0554 + 0.0269i \quad 0.9923 - 0.0592i \end{aligned} \quad 40$$

$$\tilde{H}_3 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9829 + 0.0891i - 0.0680 - 0.0983i \\ & 0.0488 + 0.0791i - 0.0406 - 0.0364i \\ & 0.0769 - 0.1066i \quad 0.9722 - 0.0273i \\ & -0.0460 + 0.0726i \quad 0.1701 - 0.0213i \\ & -0.0391 + 0.0746i \quad 0.0396 + 0.0483i \quad 0 \quad 10 \\ & .9804 + 0.0057i \quad 0.1228 + 0.1129i \\ & 0.0232 - 0.0315i \quad -0.1891 - 0.0090i \\ & -0.1042 + 0.1092i \quad 0.9679 - 0.0547i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_4 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9704 + 0.1232i - 0.1665 + 0.0631i - \\ & 0.0623 + 0.0680i - 0.0024 - 0.0546i \\ & 0.1508 + 0.0697i \quad 0.9598 - 0.1159i \\ & -0.0208 + 0.0427i - 0.1258 - 0.1399i \\ & 0.0614 + 0.0721i \quad 0.0221 + 0.0184i \\ & 0.9885 - 0.0695i \quad 0.0900 - 0.0107i \\ & 0.0362 - 0.0728i \quad 0.1130 - 0.1413i - \\ & 0.0850 + 0.0049i \quad 0.9759 + 0.0316i \end{aligned}$$

20

30

$$\tilde{H}_5 =$$

$$\begin{aligned} & 0.9804 - 0.0063i \quad 0.0476 + 0.0066i - \\ & 0.1150 + 0.0432i - 0.1189 + 0.0845i \\ & -0.0389 + 0.0122i \quad 0.9730 - 0.2147i \\ & 0.0091 + 0.0219i \quad 0.0058 - 0.0699i \\ & 0.1363 + 0.0451i - 0.0125 + 0.0196i \quad 40 \\ & 0.9683 + 0.0931i \quad 0.1171 - 0.1375i \\ & 0.1051 + 0.0731i - 0.0055 - 0.0653i \\ & -0.1045 - 0.1649i \quad 0.9656 + 0.0938i \end{aligned}$$

$$\tilde{H}_6 =$$

50

$$\begin{aligned}
& 0.9649 + 0.0375i - 0.0135 + 0.1191i \\
& 0.1737 - 0.0177i - 0.1462 - 0.0374i \\
& -0.0021 + 0.1315i \quad 0.9722 - 0.0272i \\
& 0.1317 - 0.1114i \quad 0.0821 - 0.0163i \\
& -0.1754 - 0.0267i - 0.1384 - 0.1063i \\
& 0.9559 - 0.1247i - 0.0723 - 0.0594i \\
& \quad 0.1355 - 0.0222i - 0.0960 - 0.0032i \\
& 0.0808 - 0.0626i \quad 0.9771 + 0.0823i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_7 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9507 - 0.2185i - 0.1763 - 0.0433i \\
& -0.0950 + 0.0157i \quad 0.0690 + 0.0381i \\
& \quad 0.1740 - 0.0469i \quad 0.9533 + 0.2164i \\
& 0.0493 - 0.0365i \quad 0.0743 + 0.0506i \\
& \quad 0.0909 + 0.0071i - 0.0453 - 0.0518i \\
& 0.9810 + 0.1197i \quad 0.0011 - 0.1015i \\
& \quad -0.0679 + 0.0551i - 0.0740 + 0.0337i \\
& \quad 0.0153 - 0.1005i \quad 0.9876 - 0.0017i
\end{aligned}$$

20

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9536 - 0.1681i \quad 0.0987 - 0.1596i \\
& -0.0774 - 0.0030i - 0.1409 + 0.0358i \\
& \quad -0.1139 - 0.1606i \quad 0.9752 + 0.0624i \\
& 0.0475 - 0.0267i - 0.0067 - 0.0570i \\
& \quad 0.0670 + 0.0104i - 0.0296 - 0.0389i \\
& 0.9878 + 0.0865i - 0.0601 + 0.0787i \\
& \quad 0.1359 + 0.0230i \quad 0.0321 - 0.0800i \\
& 0.0407 + 0.0785i \quad 0.9827 + 0.0067i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_9 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9969 + 0.0133i - 0.0077 + 0.0297i \quad 0 \\
& .0013 + 0.0688i \quad 0.0180 + 0.0106i \\
& \quad 0.0180 + 0.0299i \quad 0.9866 - 0.0115i \\
& -0.0043 - 0.1564i \quad 0.0268 - 0.0134i \\
& \quad -0.0017 + 0.0648i \quad 0.0139 - 0.1573i
\end{aligned}$$

40

50

$$\begin{aligned}
& 0.9786 + 0.0684i - 0.0600 + 0.0698i \\
& -0.0232 + 0.0125i - 0.0145 - 0.0225i \\
& 0.0497 + 0.0770i \quad 0.9948 + 0.0231i
\end{aligned}$$

$$\tilde{H}_{10} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9789 + 0.0335i - 0.0436 - 0.0524i \\
& 0.0701 + 0.1015i - 0.1292 + 0.0634i \\
& 0.0571 - 0.0387i \quad 0.9804 - 0.0276i - \\
& 0.0119 + 0.0527i \quad 0.1652 + 0.0558i \\
& -0.0701 + 0.1010i \quad 0.0237 + 0.0497i \\
& 0.9908 - 0.0124i - 0.0076 - 0.0046i \\
& 0.1140 + 0.0878i - 0.1700 + 0.0389i \quad 0 \\
& .0091 + 0.0043i \quad 0.9714 + 0.0722i
\end{aligned}$$

10

20

$$\tilde{H}_{11} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9863 + 0.0246i - 0.0364 + 0.0321i \\
& 0.0164 - 0.0194i - 0.1228 - 0.0926i \\
& 0.0487 + 0.0579i \quad 0.9785 + 0.0589i - \\
& 0.0657 - 0.0354i - 0.0003 + 0.1668i \\
& 0.0127 - 0.0131i \quad 0.0427 - 0.0141i \\
& 0.9802 - 0.0649i \quad 0.1274 + 0.1281i \\
& 0.1167 - 0.0834i - 0.0105 + 0.1861i \\
& -0.1122 + 0.1272i \quad 0.9567 - 0.0248i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{H}_{12} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9789 + 0.0246i \quad 0.0123 - 0.0213i \\
& 0.0995 - 0.1262i - 0.0090 + 0.1208i \\
& -0.0131 - 0.0350i \quad 0.9880 - 0.0783i \\
& 0.0972 + 0.0701i \quad 0.0447 - 0.0047i \\
& -0.1057 - 0.1169i - 0.1002 + 0.0690i \\
& 0.9653 + 0.0283i \quad 0.0848 + 0.1434i \\
& 0.0288 + 0.1185i - 0.0435 - 0.0220i - \\
& 0.0803 + 0.1441i \quad 0.9770 + 0.0322i
\end{aligned}$$

40

50

$$\tilde{\Theta}_{13} =$$

$$\begin{aligned} & 0.9746 + 0.0690i - 0.1615 + 0.0697i - \\ & 0.0107 + 0.0091i - 0.1004 + 0.0654i \\ & 0.1558 + 0.0797i \quad 0.9677 - 0.0585i \\ & 0.1515 + 0.0418i \quad 0.0030 + 0.0686i \\ & -0.0282 - 0.0055i - 0.1510 + 0.0242i \quad 10 \\ & 0.9751 + 0.1134i - 0.1098 + 0.0032i \\ & 0.0983 + 0.0659i - 0.0251 + 0.0715i \\ & 0.1063 + 0.0085i \quad 0.9699 - 0.1677i \end{aligned}$$

$$\tilde{\Theta}_{14} =$$

$$\begin{aligned} & 0.9673 - 0.1361i - 0.0663 + 0.1088i \\ & -0.0214 + 0.1448i \quad 0.0737 - 0.0529i \\ & 0.0654 + 0.1066i \quad 0.9597 - 0.0843i \\ & 0.0939 + 0.2068i - 0.0042 + 0.0686i \\ & 0.0197 + 0.1410i - 0.1023 + 0.2013i \\ & 0.9569 + 0.0143i - 0.0771 + 0.0833i \\ & -0.0924 - 0.0381i - 0.0145 + 0.0675i \\ & 0.0563 + 0.0890i \quad 0.9761 + 0.1463i \end{aligned}$$

$$\tilde{\Theta}_{15} =$$

$$\begin{aligned} & 0.9777 + 0.1249i - 0.0405 - 0.0346i \\ & -0.0183 + 0.1370i \quad 0.0423 - 0.0696i \\ & 0.0228 - 0.0204i \quad 0.9549 + 0.2259i \\ & 0.0293 + 0.1612i \quad 0.0947 - 0.0168i \\ & 0.0193 + 0.1420i - 0.0437 + 0.1572i \quad 40 \\ & 0.9626 - 0.1493i \quad 0.0393 - 0.0497i \\ & -0.0433 - 0.0723i - 0.0842 - 0.0224i \\ & -0.0463 - 0.0553i \quad 0.9730 - 0.1828i \end{aligned}$$

$$\tilde{\Theta}_{16} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9632 - 0.0260i - 0.0742 - 0.1019i \\
& 0.1738 - 0.0469i \quad 0.0806 - 0.1297i \\
& 0.0465 - 0.1094i \quad 0.9806 - 0.1255i \\
& 0.0652 - 0.0617i \quad 0.0077 + 0.0199i \\
& -0.1680 - 0.0719i \quad -0.0619 - 0.0410i \\
& 0.9664 + 0.1453i \quad 0.0007 + 0.0779i \\
& -0.0731 - 0.1369i \quad -0.0096 + 0.0339i - \\
& 0.0325 + 0.0587i \quad 0.9849 + 0.0109i
\end{aligned}$$

10

【0248】

(9) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.9、アイデンティティマトリックスを有する第2コードブックのサイズが4ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

$$\begin{aligned}
& 1.0000 - 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \quad 20 \\
& -0.0000 - 0.0000i - 0.0000 - 0.0000i \\
& 0.0000 - 0.0000i \quad 1.0000 - 0.0000i \\
& 0.0000 - 0.0000i - 0.0000 + 0.0000i \\
& 0.0000 - 0.0000i - 0.0000 + 0.0000i \\
& 1.0000 + 0.0000i - 0.0000 + 0.0000i \\
& -0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 + 0.0000i \\
& -0.0000 + 0.0000i \quad 1.0000 - 0.0000i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

30

$$\begin{aligned}
& 0.9458 + 0.1964i \quad 0.0206 - 0.0913i \\
& -0.2010 - 0.0858i \quad 0.0168 - 0.1001i \\
& 0.0553 - 0.1154i \quad 0.9501 - 0.0706i \\
& 0.2576 - 0.0507i \quad 0.0096 + 0.0838i \\
& 0.1939 - 0.0664i \quad -0.2757 + 0.0127i \\
& 0.9144 - 0.1960i \quad 0.0824 - 0.0210i \quad 40 \\
& -0.0138 - 0.0911i \quad 0.0190 + 0.0841i \\
& -0.0794 + 0.0494i \quad 0.9825 - 0.1000i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_3 =$$

$$0.9548 + 0.1582i - 0.1024 - 0.1342i \quad 50$$

$$\begin{aligned}
& 0.0840 + 0.1483i - 0.0515 - 0.0566i \\
& 0.1186 - 0.1565i \quad 0.9391 - 0.0538i \\
& -0.0762 + 0.1081i \quad 0.2372 - 0.0540i \\
& -0.0736 + 0.1268i \quad 0.0693 + 0.0481i \quad 0 \\
& .9503 + 0.0250i \quad 0.1911 + 0.1764i \\
& 0.0085 - 0.0574i \quad -0.2819 - 0.0105i \\
& -0.1441 + 0.1701i \quad 0.9266 - 0.0934i
\end{aligned}$$

$$\tilde{H}_4 =$$

10

$$\begin{aligned}
& 0.9401 + 0.1598i - 0.2353 + 0.0952i - \\
& 0.1021 + 0.0985i \quad 0.0101 - 0.0771i \\
& 0.2079 + 0.1076i \quad 0.9192 - 0.1702i \\
& -0.0131 + 0.0593i - 0.1800 - 0.1878i \\
& 0.1013 + 0.1000i \quad 0.0140 + 0.0174i \\
& 0.9718 - 0.1296i \quad 0.1336 - 0.0147i \quad 20 \\
& 0.0553 - 0.1119i \quad 0.1563 - 0.1919i - \\
& 0.1208 + 0.0194i \quad 0.9523 + 0.0376i
\end{aligned}$$

$$\tilde{H}_5 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9566 - 0.0183i \quad 0.0577 - 0.0173i \quad 30 \\
& -0.1634 + 0.0562i - 0.1846 + 0.1308i \\
& -0.0559 - 0.0081i \quad 0.9355 - 0.3304i \\
& -0.0042 + 0.0524i - 0.0149 - 0.0978i \\
& 0.2160 + 0.0598i \quad 0.0029 + 0.0295i \\
& 0.9242 + 0.1339i \quad 0.1948 - 0.1972i \\
& 0.1449 + 0.1011i \quad 0.0156 - 0.1048i - \\
& 0.1631 - 0.2622i \quad 0.9182 + 0.1383i
\end{aligned}$$

$$\tilde{H}_6 =$$

40

$$\begin{aligned}
& 0.9201 + 0.0719i - 0.0359 + 0.1568i \\
& 0.2672 - 0.0209i - 0.2168 - 0.0599i \\
& -0.0134 + 0.1918i \quad 0.9381 - 0.0418i \\
& 0.2007 - 0.1776i \quad 0.0929 - 0.0270i \\
& -0.2718 - 0.0429i - 0.2227 - 0.1586i \\
& 0.8879 - 0.2018i - 0.1050 - 0.0966i \quad 50
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl} 0.1882 & - & 0.0138i \\ 0.1255 & - & 0.1068i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.1323 & + & 0.0043i \\ 0.9518 & + & 0.1175i \end{array}$$

$$\tilde{M}_7 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.8972 & - & 0.3030i \\ -0.1497 & + & 0.0157i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.2504 & - & 0.0586i \\ 0.1073 & + & 0.0543i \end{array} \quad 10$$

$$\begin{array}{rcl} 0.2446 & - & 0.0662i \\ 0.0637 & - & 0.0438i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.9065 & + & 0.3021i \\ 0.1061 & + & 0.0751i \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 0.1438 & + & 0.0089i \\ 0.9463 & + & 0.2156i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.0587 & - & 0.0720i \\ 0.0198 & - & 0.1678i \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} -0.1071 & + & 0.0827i \\ 0.0336 & - & 0.1679i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.1036 & + & 0.0391i \\ 0.9694 & + & 0.0202i \end{array}$$

$$\tilde{M}_8 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9064 & - & 0.2375i \\ -0.1066 & - & 0.0118i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.1330 & - & 0.2260i \\ -0.1965 & + & 0.0556i \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} -0.1651 & - & 0.2268i \\ 0.0671 & - & 0.0168i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.9496 & + & 0.0983i \\ -0.0133 & - & 0.0703i \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 0.0871 & + & 0.0132i \\ 0.9738 & + & 0.1405i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.0373 & - & 0.0406i \\ -0.0995 & + & 0.1062i \end{array} \quad 30$$

$$\begin{array}{rcl} 0.1864 & + & 0.0270i \\ 0.0617 & + & 0.1090i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0629 & - & 0.1134i \\ 0.9653 & + & 0.0166i \end{array}$$

$$\tilde{M}_9 =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9924 & + & 0.0369i \\ 0.0003 & + & 0.1063i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.0064 & + & 0.0377i \\ 0.0255 & + & 0.0206i \end{array} \quad - \quad 40$$

$$\begin{array}{rcl} 0.0293 & + & 0.0404i \\ 0.0077 & - & 0.2405i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.9674 & + & 0.0094i \\ 0.0558 & - & 0.0242i \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} -0.0084 & + & 0.0956i \\ 0.9431 & + & 0.1406i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0347 & - & 0.2420i \\ -0.1041 & + & 0.1052i \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} -0.0394 & + & 0.0241i \\ 0.0700 & + & 0.1295i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.0234 & - & 0.0484i \\ 0.9855 & + & 0.0466i \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{M}}_{10} =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9434 & + & 0.0321i \\ 0.1122 & + & 0.1597i \\ 0.0891 & - & 0.0504i \\ 0.0055 & + & 0.0607i \\ -0.1064 & + & 0.1614i \\ 0.9782 & - & 0.0333i \\ 0.1883 & + & 0.1600i \\ .0005 & + & 0.0120i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.0524 & - & 0.0921i \\ -0.2209 & + & 0.1037i \\ 0.9573 & - & 0.0253i \\ 0.2434 & + & 0.0978i \\ 0.0295 & + & 0.0571i \\ 0.0012 & - & 0.0210i \\ -0.2553 & + & 0.0493i \\ 0.9271 & + & 0.1081i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 10 \\ 0 \\ 0 \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{M}}_{11} =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9724 & + & 0.0436i \\ 0.0326 & - & 0.0292i \\ 0.0661 & + & 0.0921i \\ 0.0966 & - & 0.0559i \\ 0.0253 & - & 0.0167i \\ 0.9611 & - & 0.0872i \\ 0.1596 & - & 0.1152i \\ -0.1520 & + & 0.1769i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} -0.0423 & + & 0.0413i \\ -0.1707 & - & 0.1340i \\ 0.9569 & + & 0.0902i \\ -0.0016 & + & 0.2257i \\ 0.0511 & - & 0.0135i \\ 0.1813 & + & 0.1793i \\ -0.0208 & + & 0.2637i \\ 0.9143 & - & 0.0316i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 20 \\ 20 \\ 30 \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{M}}_{12} =$$

$$\begin{array}{rcl} 0.9492 & + & 0.0182i \\ 0.1551 & - & 0.2117i \\ -0.0167 & - & 0.0625i \\ 0.1554 & + & 0.1151i \\ -0.1702 & - & 0.1851i \\ 0.9035 & + & 0.0532i \\ 0.0644 & + & 0.1646i \\ 0.1373 & + & 0.2362i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 0.0142 & - & 0.0212i \\ -0.0001 & + & 0.1707i \\ 0.9719 & - & 0.0979i \\ 0.0643 & + & 0.0085i \\ -0.1664 & + & 0.1084i \\ 0.1458 & + & 0.2386i \\ -0.0614 & - & 0.0437i \\ 0.9416 & + & 0.0422i \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 40 \\ 40 \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{M}}_{13} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9447 + 0.1012i - 0.2465 + 0.0950i - \\
& 0.0260 + 0.0307i - 0.1341 + 0.0886i \\
& 0.2290 + 0.1183i \quad 0.9205 - 0.1061i \\
& 0.2256 + 0.0693i - 0.0008 + 0.1390i \\
& -0.0620 - 0.0018i - 0.2253 + 0.0261i \\
& 0.9455 + 0.1655i - 0.1527 - 0.0021i \\
& 0.1276 + 0.1033i - 0.0261 + 0.1397i \\
& 0.1445 + 0.0207i \quad 0.9300 - 0.2582i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{H}_{14} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9176 - 0.2298i - 0.1133 + 0.1737i \\
& -0.0163 + 0.2101i \quad 0.0991 - 0.0894i \\
& 0.1187 + 0.1484i \quad 0.9128 - 0.1253i \\
& 0.1170 + 0.2986i - 0.0062 + 0.1099i \\
& 0.0191 + 0.2108i - 0.1391 + 0.2755i \\
& 0.9107 + 0.0247i - 0.1235 + 0.1210i \\
& -0.1482 - 0.0482i - 0.0271 + 0.1098i \\
& 0.0762 + 0.1300i \quad 0.9498 + 0.1949i
\end{aligned}$$

20

$$\tilde{H}_{15} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9550 + 0.1665i - 0.0740 - 0.0516i \\
& -0.0201 + 0.2007i \quad 0.0651 - 0.0843i \\
& 0.0267 - 0.0147i \quad 0.8964 + 0.3294i \\
& 0.0483 + 0.2503i \quad 0.1476 - 0.0173i \\
& 0.0303 + 0.2155i - 0.0753 + 0.2450i \\
& 0.9034 - 0.2476i \quad 0.0399 - 0.0891i \\
& -0.0609 - 0.0904i - 0.1153 - 0.0298i \\
& -0.0741 - 0.1067i \quad 0.9442 - 0.2559i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{H}_{16} =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9233 - 0.0334i - 0.1047 - 0.1296i \\
& 0.2562 - 0.0511i \quad 0.1185 - 0.1905i \\
& 0.0550 - 0.1409i \quad 0.9601 - 0.1892i \\
& 0.0883 - 0.1007i \quad 0.0028 + 0.0403i \\
& -0.2390 - 0.1106i - 0.0831 - 0.0593i
\end{aligned}$$

40

50

$$\begin{aligned}
& 0.9269 + 0.2085i - 0.0092 + 0.1320i \\
& -0.1024 - 0.2088i \quad 0.0000 + 0.0653i \\
& -0.0568 + 0.0888i \quad 0.9646 - 0.0047i
\end{aligned}$$

【0249】

(10) 基地局の送信アンテナの数が4個であり、時間相関係数=0.95、アイデンティティマトリックスを含むユニタリーDFT第2コードブックのサイズが4ビットである場合

$$\tilde{\mathbf{H}}_1 =$$

10

$$\begin{aligned}
& 1.0000 + 0.0000i \quad 0.0000 - 0.0000i \\
& 0.0000 - 0.0000i \quad -0.0000 - 0.0000i \\
& -0.0000 - 0.0000i \quad 1.0000 - 0.0000i \\
& -0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 - 0.0000i \\
& -0.0000 - 0.0000i \quad 0.0000 - 0.0000i \\
& 1.0000 + 0.0000i \quad 0.0000 \\
& 0.0000 - 0.0000i \quad -0.0000 - 0.0000i \\
& -0.0000 + 0.0000i \quad 1.0000 + 0.0000i
\end{aligned}$$

20

$$\tilde{\mathbf{H}}_2 =$$

$$\begin{aligned}
& 0.9777 + 0.1672i \quad -0.0538 - 0.0627i \\
& -0.0050 + 0.0370i \quad 0.0765 - 0.0454i \\
& 0.0765 - 0.0454i \quad 0.9777 + 0.1672i \\
& -0.0538 - 0.0627i \quad -0.0050 + 0.0370i \\
& -0.0050 + 0.0370i \quad 0.0765 - 0.0454i \\
& 0.9777 + 0.1672i \quad -0.0538 - 0.0627i \\
& -0.0538 - 0.0627i \quad -0.0050 + 0.0370i \\
& 0.0765 - 0.0454i \quad 0.9777 + 0.1672i
\end{aligned}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_3 =$$

40

$$\begin{aligned}
& 0.9849 + 0.1188i \quad -0.0768 + 0.0356i \\
& 0.0064 - 0.0261i \quad 0.0681 + 0.0571i \\
& 0.0681 + 0.0571i \quad 0.9849 + 0.1188i \\
& 0.0768 + 0.0356i \quad 0.0064 - 0.0261i \\
& 0.0064 - 0.0261i \quad 0.0681 + 0.0571i \\
& 0.9849 + 0.1188i \quad -0.0768 + 0.0356i
\end{aligned}$$

50

$$\begin{array}{rclcl}
 -0.0768 & + & 0.0356i & & 0.0064 & - & 0.0261i \\
 0.0681 & + & 0.0571i & & 0.9849 & + & 0.1188i
 \end{array}$$

$$\tilde{H}_4 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
 0.9749 & - & 0.0574i & & 0.0483 & + & 0.1392i & - & 10 \\
 0.0171 & + & 0.0315i & - & 0.0406 & + & 0.1472i & & \\
 -0.0406 & + & 0.1472i & & 0.9749 & - & 0.0574i & & \\
 0.0483 & + & 0.1392i & - & 0.0171 & + & 0.0315i & & \\
 -0.0171 & + & 0.0315i & - & 0.0406 & + & 0.1472i & & \\
 0.9749 & - & 0.0574i & & 0.0483 & + & 0.1392i & & \\
 0.0483 & + & 0.1392i & - & 0.0171 & + & 0.0315i & - & \\
 0.0406 & + & 0.1472i & & 0.9749 & - & 0.0574i & &
 \end{array}$$

$$\tilde{H}_5 =$$

20

$$\begin{array}{rclcl}
 0.9750 & - & 0.0000i & & 0.0656 & + & 0.0656i & & \\
 0.0000 & + & 0.1561i & - & 0.0906 & + & 0.0906i & & \\
 -0.0906 & + & 0.0906i & & 0.9750 & - & 0.0000i & & \\
 0.0656 & + & 0.0656i & - & 0.0000 & + & 0.1561i & & \\
 -0.0000 & + & 0.1561i & - & 0.0906 & + & 0.0906i & & \\
 0.9750 & - & 0.0000i & & 0.0656 & + & 0.0656i & & 30 \\
 0.0656 & + & 0.0656i & - & 0.0000 & + & 0.1561i & - & \\
 0.0906 & + & 0.0906i & & 0.9750 & + & 0.0000i & &
 \end{array}$$

$$\tilde{H}_6 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
 0.9725 & + & 0.1361i & & 0.0227 & + & 0.0028i & - & 40 \\
 0.0252 & + & 0.1841i & - & 0.0254 & + & 0.0051i & & \\
 -0.0254 & + & 0.0051i & & 0.9725 & + & 0.1361i & & \\
 0.0227 & + & 0.0028i & - & 0.0252 & + & 0.1841i & & \\
 -0.0252 & + & 0.1841i & - & 0.0254 & + & 0.0051i & & \\
 0.9725 & + & 0.1361i & & 0.0227 & + & 0.0028i & & \\
 0.0227 & + & 0.0028i & - & 0.0252 & + & 0.1841i & - & \\
 0.0254 & + & 0.0051i & & 0.9725 & + & 0.1361i & &
 \end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_7 =$$

$$\begin{array}{rcl} & 0.9849 + 0.1188i & -0.0571 + 0.0681i \\ -0.0064 + 0.0261i & & 0.0356 + 0.0768i \\ & 0.0356 + 0.0768i & 0.9849 + 0.1188i \\ -0.0571 + 0.0681i & & -0.0064 + 0.0261i \\ & -0.0064 + 0.0261i & 0.0356 + 0.0768i \\ & 0.9849 + 0.1188i & -0.0571 + 0.0681i \\ & -0.0571 + 0.0681i & -0.0064 + 0.0261i \\ & 0.0356 + 0.0768i & 0.9849 + 0.1188i \end{array} \quad 10$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

$$\begin{array}{rcl} & 0.9697 + 0.0484i & -0.0735 + 0.1087i & - \\ 0.0026 - 0.1157i & & 0.0905 + 0.1363i & \\ & 0.0905 + 0.1363i & 0.9697 + 0.0484i & - \\ 0.0735 + 0.1087i & & -0.0026 - 0.1157i & \\ & -0.0026 - 0.1157i & 0.0905 + 0.1363i & \\ 0.9697 + 0.0484i & & -0.0735 + 0.1087i & \\ & -0.0735 + 0.1087i & -0.0026 - 0.1157i & \\ 0.0905 + 0.1363i & & 0.9697 + 0.0484i & \end{array} \quad 20$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_9 =$$

$$\begin{array}{rcl} & 1.0000 - 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & \\ -0.0000 - 0.0000i & & 0.0000 - 0.0000i & \\ & 0.0000 & 1.0000 + 0.0000i & - \\ 0.0000 - 0.0000i & & 0.0000 - 0.0000i & \\ & 0.0000 - 0.0000i & 0.0000 - 0.0000i & \\ 1.0000 + 0.0000i & & -0.0000 + 0.0000i & \\ & -0.0000 - 0.0000i & -0.0000 + 0.0000i & \\ & 0.0000 - 0.0000i & 1.0000 - 0.0000i & \end{array} \quad 40$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_{10} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9697 & - & 0.0484i & 0.0905 & - & 0.1363i \\
-0.0026 & + & 0.1157i & -0.0735 & - & 0.1087i \\
-0.0735 & - & 0.1087i & 0.9697 & - & 0.0484i \\
0.0905 & - & 0.1363i & -0.0026 & + & 0.1157i \\
-0.0026 & + & 0.1157i & -0.0735 & - & 0.1087i \\
0.9697 & - & 0.0484i & 0.0905 & - & 0.1363i \\
0.0905 & - & 0.1363i & -0.0026 & + & 0.1157i \\
-0.0735 & - & 0.1087i & 0.9697 & - & 0.0484i
\end{array}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_{11} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9849 & - & 0.1188i & 0.0356 & - & 0.0768i \\
-0.0064 & - & 0.0261i & -0.0571 & - & 0.0681i \\
-0.0571 & - & 0.0681i & 0.9849 & - & 0.1188i \\
0.0356 & - & 0.0768i & -0.0064 & - & 0.0261i \\
-0.0064 & - & 0.0261i & -0.0571 & - & 0.0681i \\
0.9849 & - & 0.1188i & 0.0356 & - & 0.0768i \\
0.0356 & - & 0.0768i & -0.0064 & - & 0.0261i \\
-0.0571 & - & 0.0681i & 0.9849 & - & 0.1188i
\end{array}$$

20

$$\tilde{\mathbf{M}}_{12} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9725 & - & 0.1361i & -0.0254 & - & 0.0051i \\
-0.0252 & - & 0.1841i & 0.0227 & - & 0.0028i \\
0.0227 & - & 0.0028i & 0.9725 & - & 0.1361i \\
-0.0254 & - & 0.0051i & -0.0252 & - & 0.1841i \\
-0.0252 & - & 0.1841i & 0.0227 & - & 0.0028i \\
0.9725 & - & 0.1361i & -0.0254 & - & 0.0051i \\
-0.0254 & - & 0.0051i & -0.0252 & - & 0.1841i \\
0.0227 & - & 0.0028i & 0.9725 & - & 0.1361i
\end{array}$$

30

$$\tilde{\mathbf{M}}_{13} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9750 & - & 0.0000i & -0.0906 & - & 0.0906i \\
0.0000 & - & 0.1561i & 0.0656 & - & 0.0656i \\
0.0656 & - & 0.0656i & 0.9750 & - & 0.0000i \\
-0.0906 & - & 0.0906i & -0.0000 & - & 0.1561i \\
0.0000 & - & 0.1561i & 0.0656 & - & 0.0656i
\end{array}$$

40

50

$$\begin{aligned}
&0.9750 - 0.0000i - 0.0906 - 0.0906i \\
&-0.0906 - 0.0906i \quad 0 - 0.1561i \\
&0.0656 - 0.0656i \quad 0.9750 - 0.0000i
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_{14} =$$

$$\begin{aligned}
&0.9749 + 0.0574i - 0.0406 - 0.1472i \\
-0.0171 - 0.0315i \quad 0.0483 - 0.1392i \\
&0.0483 - 0.1392i \quad 0.9749 + 0.0574i \\
-0.0406 - 0.1472i - 0.0171 - 0.0315i \\
&-0.0171 - 0.0315i \quad 0.0483 - 0.1392i \\
&0.9749 + 0.0574i - 0.0406 - 0.1472i \\
&-0.0406 - 0.1472i - 0.0171 - 0.0315i \\
&0.0483 - 0.1392i \quad 0.9749 + 0.0574i
\end{aligned}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_{15} =$$

$$\begin{aligned}
&0.9849 - 0.1188i \quad 0.0681 - 0.0571i \\
&0.0064 + 0.0261i - 0.0768 - 0.0356i \\
&-0.0768 - 0.0356i \quad 0.9849 - 0.1188i \\
&0.0681 - 0.0571i \quad 0.0064 + 0.0261i \\
&0.0064 + 0.0261i - 0.0768 - 0.0356i \\
&0.9849 - 0.1188i \quad 0.0681 - 0.0571i \\
&0.0681 - 0.0571i \quad 0.0064 + 0.0261i \\
-0.0768 - 0.0356i \quad 0.9849 - 0.1188i
\end{aligned}$$

20

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_{16} =$$

$$\begin{aligned}
&0.9777 - 0.1672i \quad 0.0765 + 0.0454i \\
-0.0050 - 0.0370i - 0.0538 + 0.0627i \\
&-0.0538 + 0.0627i \quad 0.9777 - 0.1672i \\
&0.0765 + 0.0454i - 0.0050 - 0.0370i \\
&-0.0050 - 0.0370i - 0.0538 + 0.0627i \\
&0.9777 - 0.1672i \quad 0.0765 + 0.0454i \\
&0.0765 + 0.0454i - 0.0050 - 0.0370i \\
-0.0538 + 0.0627i \quad 0.9777 - 0.1672i
\end{aligned}$$

40

$$\mathcal{O}_1 =$$

$$\tilde{\mathcal{O}}_2 = \quad 20$$

$$\tilde{O}_3 =$$

$$\begin{array}{rclclcl}
0.9640 & + & 0.1773i & - & 0.1232 & + & 0.0335i & & 40 \\
0.0205 & - & 0.0537i & & 0.1077 & + & 0.0901i & & \\
0.1077 & + & 0.0901i & & 0.9640 & + & 0.1773i & - & \\
0.1232 & + & 0.0335i & & 0.0205 & - & 0.0537i & & \\
0.0205 & - & 0.0537i & & 0.1077 & + & 0.0901i & & \\
0.9640 & + & 0.1773i & - & 0.1232 & + & 0.0335i & & \\
-0.1232 & + & 0.0335i & & 0.0205 & - & 0.0537i & & \\
0.1077 & + & 0.0901i & & 0.9640 & + & 0.1773i & &
\end{array}$$

$$\tilde{H}_4 =$$

$$\begin{array}{rcll} 0.9459 & - & 0.1002i & \\ 0.0281 & + & 0.0588i & -0.0706 + 0.2102i \\ -0.0706 & + & 0.2102i & 0.9459 - 0.1002i \\ 0.0884 & + & 0.1843i & -0.0281 + 0.0588i \\ -0.0281 & + & 0.0588i & -0.0706 + 0.2102i & 10 \\ 0.9459 & - & 0.1002i & 0.0884 + 0.1843i \\ 0.0884 & + & 0.1843i & -0.0281 + 0.0588i & - \\ 0.0706 & + & 0.2102i & 0.9459 - 0.1002i \end{array}$$

$$\tilde{H}_5 =$$

$$\begin{array}{rcll} 0.9500 & - & 0.0000i & 0.0840 + 0.0840i \\ 0.0000 & + & 0.2179i & -0.1340 + 0.1340i \\ -0.1340 & + & 0.1340i & 0.9500 - 0.0000i \\ 0.0840 & + & 0.0840i & 0.0000 + 0.2179i \\ 0.0000 & + & 0.2179i & -0.1340 + 0.1340i \\ 0.9500 & - & 0.0000i & 0.0840 + 0.0840i \\ 0.0840 & + & 0.0840i & 0.0000 + 0.2179i & - \\ 0.1340 & + & 0.1340i & 0.9500 - 0.0000i \end{array}$$

$$\tilde{H}_6 =$$

$$\begin{array}{rcll} 0.9421 & + & 0.1976i & 0.0259 + 0.0094i & - \\ 0.0539 & + & 0.2611i & -0.0376 + 0.0134i \\ -0.0376 & + & 0.0134i & 0.9421 + 0.1976i \\ 0.0259 & + & 0.0094i & -0.0539 + 0.2611i \\ -0.0539 & + & 0.2611i & -0.0376 + 0.0134i & 40 \\ 0.9421 & + & 0.1976i & 0.0259 + 0.0094i \\ 0.0259 & + & 0.0094i & -0.0539 + 0.2611i & - \\ 0.0376 & + & 0.0134i & 0.9421 + 0.1976i \end{array}$$

$$\tilde{H}_7 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9640 & + & 0.1773i & -0.0901 & + & 0.1077i & - \\
0.0205 & + & 0.0537i & 0.0335 & + & 0.1232i & \\
0.0335 & + & 0.1232i & 0.9640 & + & 0.1773i & - \\
0.0901 & + & 0.1077i & -0.0205 & + & 0.0537i & \\
-0.0205 & + & 0.0537i & 0.0335 & + & 0.1232i & \\
0.9640 & + & 0.1773i & -0.0901 & + & 0.1077i & \\
-0.0901 & + & 0.1077i & -0.0205 & + & 0.0537i & \\
0.0335 & + & 0.1232i & 0.9640 & + & 0.1773i &
\end{array}$$

10

$$\tilde{\mathbf{H}}_8 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9311 & + & 0.0909i & -0.1083 & + & 0.1576i & - \\
0.0071 & - & 0.1498i & 0.1324 & + & 0.2194i & \\
0.1324 & + & 0.2194i & 0.9311 & + & 0.0909i & - \\
0.1083 & + & 0.1576i & -0.0071 & - & 0.1498i & \\
-0.0071 & - & 0.1498i & 0.1324 & + & 0.2194i & \\
0.9311 & + & 0.0909i & -0.1083 & + & 0.1576i & \\
-0.1083 & + & 0.1576i & -0.0071 & - & 0.1498i & \\
0.1324 & + & 0.2194i & 0.9311 & + & 0.0909i &
\end{array}$$

20

$$\tilde{\mathbf{H}}_9 =$$

$$\begin{array}{rclcl}
1.0000 & - & 0.0000i & -0.0000 & + & 0.0000i & \\
-0.0000 & - & 0.0000i & 0.0000 & - & 0.0000i & \\
0.0000 & & & 1.0000 & + & 0.0000i & - \\
0.0000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.0000i & \\
0.0000 & - & 0.0000i & 0.0000 & - & 0.0000i & \\
1.0000 & - & 0.0000i & -0.0000 & - & 0.0000i & \\
-0.0000 & - & 0.0000i & 0.0000 & - & 0.0000i & \\
0.0000 & - & 0.0000i & 1.0000 & + & 0.0000i &
\end{array}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_{10} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
0.9311 & - & 0.0909i & 0.1324 & - & 0.2194i & \\
-0.0071 & + & 0.1498i & -0.1083 & - & 0.1576i & \\
-0.1083 & - & 0.1576i & 0.9311 & - & 0.0909i & \\
0.1324 & - & 0.2194i & -0.0071 & + & 0.1498i & \\
-0.0071 & + & 0.1498i & -0.1083 & - & 0.1576i &
\end{array}$$

40

50

$$\begin{array}{rclcl}
0.9311 & - & 0.0909i & & 0.1324 & - & 0.2194i \\
& & 0.1324 & - & 0.2194i & & -0.0071 & + & 0.1498i \\
-0.1083 & - & 0.1576i & & 0.9311 & - & 0.0909i
\end{array}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}_{11} =$$

10

$$\begin{array}{rclcl}
& 0.9640 & - & 0.1773i & & 0.0335 & - & 0.1232i \\
-0.0205 & - & 0.0537i & & -0.0901 & - & 0.1077i \\
& -0.0901 & - & 0.1077i & & 0.9640 & - & 0.1773i \\
0.0335 & - & 0.1232i & & -0.0205 & - & 0.0537i \\
& -0.0205 & - & 0.0537i & & -0.0901 & - & 0.1077i \\
0.9640 & - & 0.1773i & & 0.0335 & - & 0.1232i \\
& 0.0335 & - & 0.1232i & & -0.0205 & - & 0.0537i \\
-0.0901 & - & 0.1077i & & 0.9640 & - & 0.1773i
\end{array}$$

20

$$\tilde{\mathbf{H}}_{12} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
& 0.9421 & - & 0.1976i & & -0.0376 & - & 0.0134i \\
-0.0539 & - & 0.2611i & & 0.0259 & - & 0.0094i \\
& 0.0259 & - & 0.0094i & & 0.9421 & - & 0.1976i \\
-0.0376 & - & 0.0134i & & -0.0539 & - & 0.2611i \\
& -0.0539 & - & 0.2611i & & 0.0259 & - & 0.0094i \\
0.9421 & - & 0.1976i & & -0.0376 & - & 0.0134i \\
& -0.0376 & - & 0.0134i & & -0.0539 & - & 0.2611i \\
0.0259 & - & 0.0094i & & 0.9421 & - & 0.1976i
\end{array}$$

30

$$\tilde{\mathbf{H}}_{13} =$$

$$\begin{array}{rclcl}
& 0.9500 & - & 0.0000i & & -0.1340 & - & 0.1340i \\
0.0000 & - & 0.2179i & & 0.0840 & - & 0.0840i \\
& 0.0840 & - & 0.0840i & & 0.9500 & - & 0.0000i \\
-0.1340 & - & 0.1340i & & 0.0000 & - & 0.2179i \\
& 0.0000 & - & 0.2179i & & 0.0840 & - & 0.0840i \\
0.9500 & - & 0.0000i & & -0.1340 & - & 0.1340i \\
& -0.1340 & - & 0.1340i & & 0.0000 & - & 0.2179i \\
0.0840 & - & 0.0840i & & 0.9500 & + & 0.0000i
\end{array}$$

40

50

$\tilde{H}_{14} =$

$$\begin{aligned}
 & 0.9459 + 0.1002i - 0.0706 - 0.2102i \\
 - & 0.0281 - 0.0588i \quad 0.0884 - 0.1843i \\
 & 0.0884 - 0.1843i \quad 0.9459 + 0.1002i \\
 - & 0.0706 - 0.2102i - 0.0281 - 0.0588i \\
 & -0.0281 - 0.0588i \quad 0.0884 - 0.1843i \quad 10 \\
 & 0.9459 + 0.1002i - 0.0706 - 0.2102i \\
 & -0.0706 - 0.2102i - 0.0281 - 0.0588i \\
 & 0.0884 - 0.1843i \quad 0.9459 + 0.1002i
 \end{aligned}$$

 $\tilde{H}_{15} =$

$$\begin{aligned}
 & 0.9640 - 0.1773i \quad 0.1077 - 0.0901i \\
 & 0.0205 + 0.0537i - 0.1232 - 0.0335i \\
 - & 0.1232 - 0.0335i \quad 0.9640 - 0.1773i \\
 & 0.1077 - 0.0901i \quad 0.0205 + 0.0537i \\
 & 0.0205 + 0.0537i - 0.1232 - 0.0335i \\
 & 0.9640 - 0.1773i \quad 0.1077 - 0.0901i \\
 & 0.1077 - 0.0901i \quad 0.0205 + 0.0537i \\
 - & 0.1232 - 0.0335i \quad 0.9640 - 0.1773i
 \end{aligned}$$

 $\tilde{H}_{16} =$

$$\begin{aligned}
 & 0.9569 - 0.2290i \quad 0.1113 + 0.0611i \\
 - & 0.0109 - 0.0524i - 0.0653 + 0.0933i \\
 & -0.0653 + 0.0933i \quad 0.9569 - 0.2290i \\
 & 0.1113 + 0.0611i - 0.0109 - 0.0524i \\
 - & 0.0109 - 0.0524i - 0.0653 + 0.0933i \quad 0. \quad 40 \\
 & 9569 - 0.2290i \quad 0.1113 + 0.0611i \\
 & 0.1113 + 0.0611i - 0.0109 - 0.0524i - 0 \\
 & .0653 + 0.0933i \quad 0.9569 - 0.2290i
 \end{aligned}$$

【0251】

上述したように、本発明は、たとえ限定された実施形態と図面によって説明したが、本発明は、前記の実施形態に限定されることなく、本発明が属する分野における通常の知識を有する者であれば、このような記載から多様な修正および変形が可能である。

【0252】

したがって、本発明の範囲は説明された実施形態に限定されて決められてはならず、後 50

述する特許請求の範囲だけでなく、この特許請求の範囲と均等なものなどによって定められなければならない。

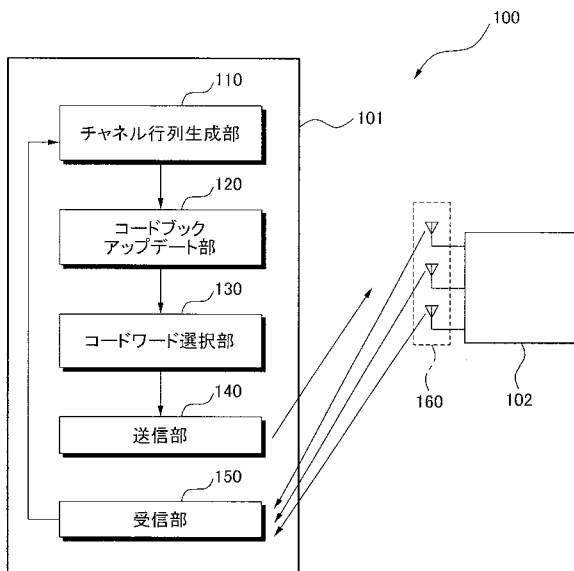
【符号の説明】

【0253】

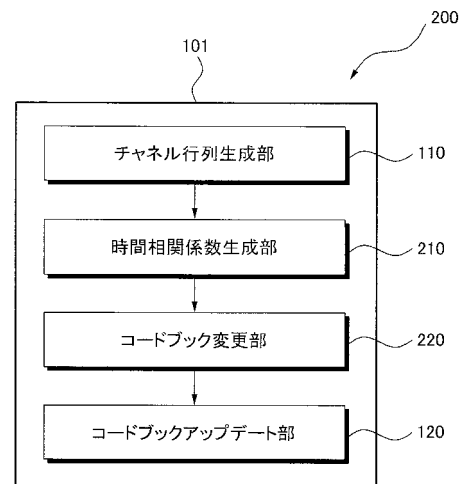
100	通信システム
101	端末
102	基地局
110	チャネル行列生成部
120	コードブックアップデート部
130	コードワード選択部
140	送信部
150	受信部
160	送信アンテナ

10

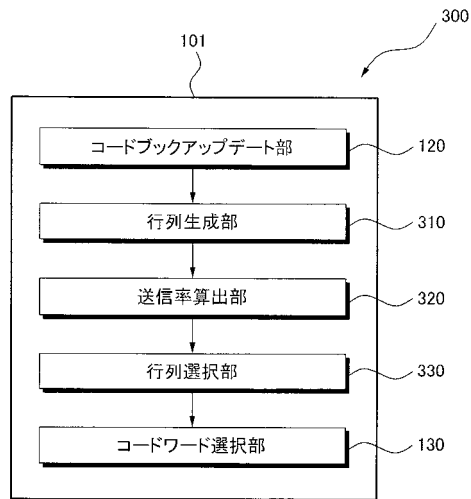
【図1】



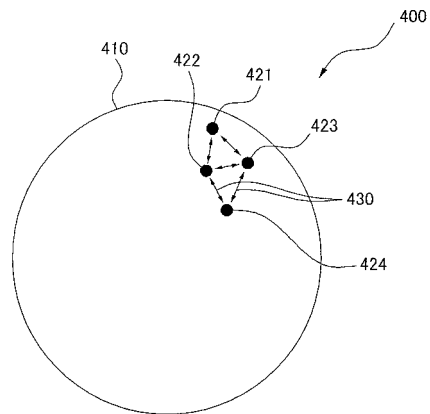
【図2】



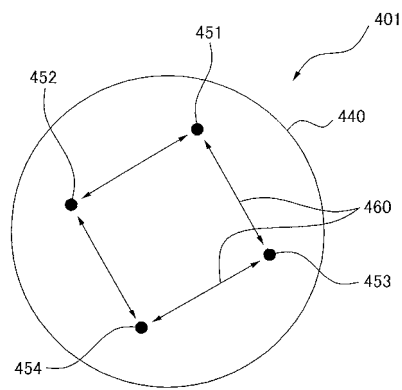
【図 3】



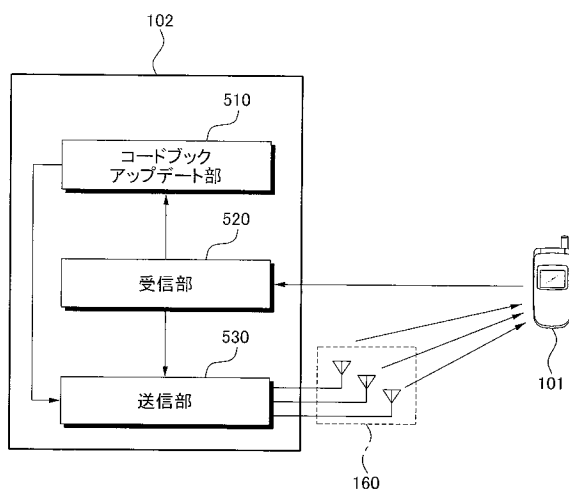
【図 4 A】



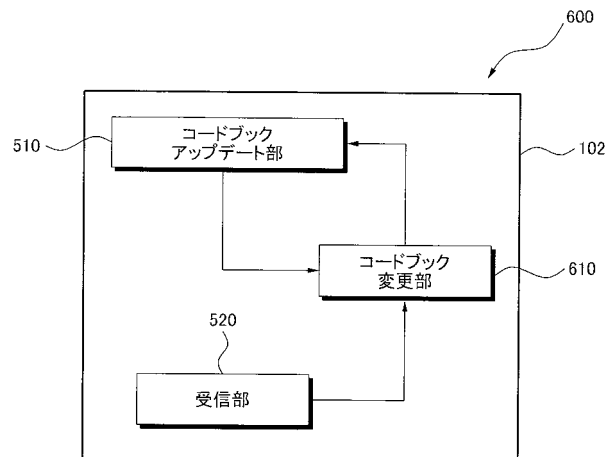
【図 4 B】



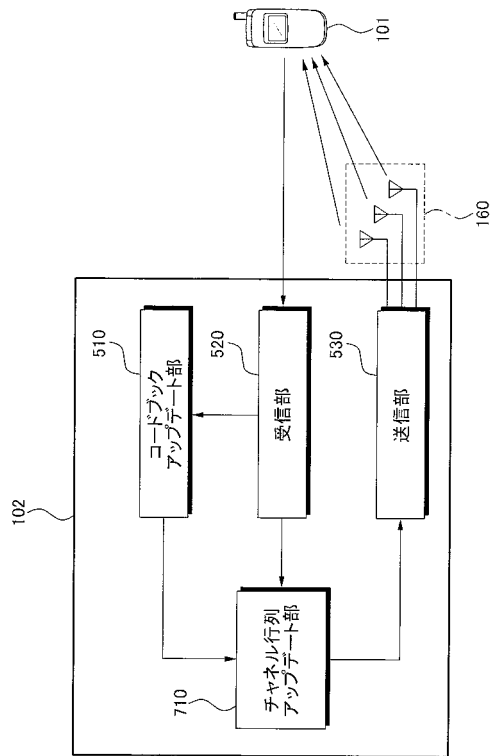
【図 5】



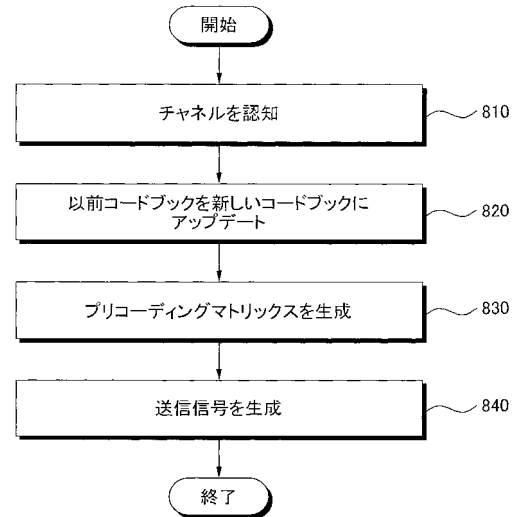
【図 6】



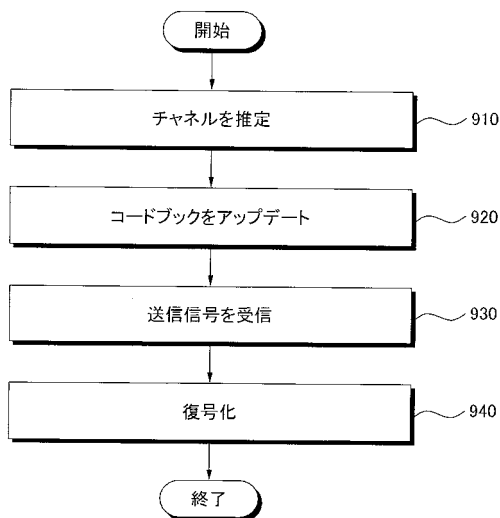
【図 7】



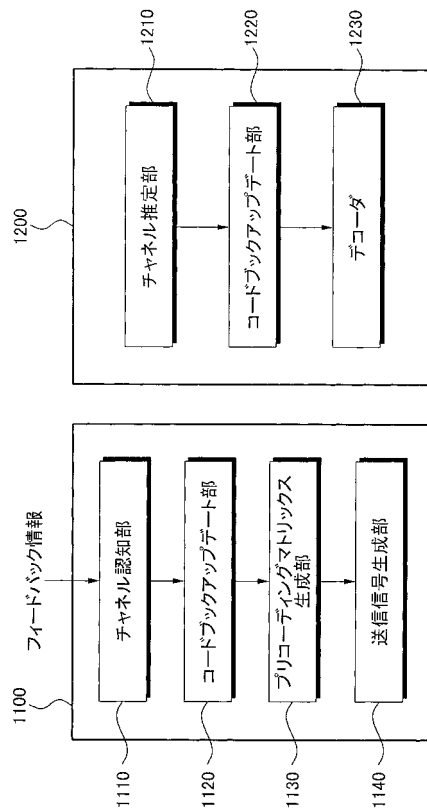
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 10-2009-0019277

(32)優先日 平成21年3月6日(2009.3.6)

(33)優先権主張国 韓国(KR)

(74)代理人 110000051

特許業務法人共生国際特許事務所

(72)発明者 クラーク, ブルーノ

大韓民国, ギョンギード 446-712, ヨンインーシ, ギフンーグ, ノンソードン, サン 1
4-1, サムスン アドバンスト インスティテュート オブ テクノロジ

(72)発明者 キム, ソン ジン

大韓民国, ギョンギード 446-712, ヨンインーシ, ギフンーグ, ノンソードン, サン 1
4-1, サムスン アドバンスト インスティテュート オブ テクノロジ

(72)発明者 キム, キ イル

大韓民国, ギョンギード 446-712, ヨンインーシ, ギフンーグ, ノンソードン, サン 1
4-1, サムスン アドバンスト インスティテュート オブ テクノロジ

(72)発明者 ラブ, デイビット ジェイ

アメリカ合衆国, インディアナ州 47907, ウェスト ラファイエット, ノースウェスタン
アベニュー 465, パーデュー ユニバーシティ, スクール オブ エレクトリカル アンド コ
ンピュータ エンジニアリング

(72)発明者 キム, テジュン

アメリカ合衆国, インディアナ州 47907, ウェスト ラファイエット, ノースウェスタン
アベニュー 465, イーイー ビルディング

審査官 佐々木 洋

(56)参考文献 国際公開第2007/050861 (WO, A1)

特開2006-345531 (JP, A)

国際公開第2007/050860 (WO, A1)

国際公開第2008/043817 (WO, A1)

国際公開第2007/133564 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 99/00