

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-517647  
(P2013-517647A)

(43) 公表日 平成25年5月16日(2013.5.16)

|                      |            |             |
|----------------------|------------|-------------|
| (51) Int.Cl.         | F I        | テーマコード (参考) |
| HO4J 99/00 (2009.01) | HO4J 15/00 | 5K159       |
| HO4B 7/04 (2006.01)  | HO4B 7/04  |             |

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-548082 (P2012-548082)  
 (86) (22) 出願日 平成23年1月5日 (2011.1.5)  
 (85) 翻訳文提出日 平成23年11月17日 (2011.11.17)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/020165  
 (87) 国際公開番号 WO2011/087933  
 (87) 国際公開日 平成23年7月21日 (2011.7.21)  
 (31) 優先権主張番号 61/282, 275  
 (32) 優先日 平成22年1月12日 (2010.1.12)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 509024525  
 ゼットティーイー コーポレーション  
 ZTE CORPORATION  
 中華人民共和国, 518057, グアンドン  
 プロヴィンス, シェンツェン シティ  
 , ナンシャン ディストリクト, ハイテク  
 インダストリアルパーク, ケジ ロード  
 サウス, ゼットティーイー プラザ  
 ZTE Plaza, Keji Road  
 South, Hi-Tech Indu  
 strial Park, Nanshan  
 District, Shenzhen  
 City, Guangdong Pro  
 vince 518057, P. R. C  
 hina

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クロネッカー積に基づく空間的チャンネル状態情報フィードバックのための方法及びシステム

(57) 【要約】

空間的チャンネル状態情報 (CSI) フィードバック技術が多入力・多出力の移动通信技術に組み込まれる。空間的チャンネル状態情報は、受信装置で測定され、次いで、成分へと分解される。それら成分は、次いで、コードブックを使用して量子化され、複数のインデックスとして送信装置へフィードバックされる。

【選択図】 図 1

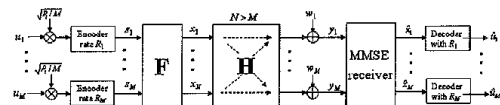


FIG. 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

送信装置及び受信装置を有する多入力・多出力技術のための空間的チャンネル状態情報を与える方法であって、

前記受信装置において空間的チャンネル状態情報を測定して、CSIを生じさせる段階と、

前記CSIを分解して、少なくとも第1の成分CSI及び第2の成分CSIを生じさせる段階と、

複数のコードブックのうちの1つ以上を使用して前記第1の成分CSI及び前記第2の成分CSIを量子化し、少なくとも第1のインデックス及び第2のインデックスを生じさせる段階と、

前記第1のインデックス及び前記第2のインデックスを前記送信装置へフィードバックする段階と、

を備える方法。

## 【請求項 2】

前記CSIを分解する段階は、クロネッカー積を使用して前記CSIを分解することを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記CSIを分解する段階は、前記第1の成分CSIを $R_{ULA}$ とし、前記第2の成分CSIを $R_{Pol}$ とすれば、

## 【数 1】

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_{Pol} \otimes \mathbf{R}_{ULA}$$

に基づいて前記CSIを分解することを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記CSIは、チャンネルマトリクスH及び共分散マトリクスRの一方におけるものである、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記チャンネルマトリクスH及び共分散マトリクスRの少なくとも一方が量子化される、請求項4に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記共分散マトリクスRを、 $4 \times 4$ の第1の成分マトリクス $R_{ULA}$ 及び $2 \times 2$ の第2の成分マトリクス $R_{Pol}$ へと分解する段階を更に備える、請求項4に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記共分散マトリクスRを分解する段階は、クロネッカー積の前記混合積プロパティを適用することを含む、請求項4に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記第1の成分CSI及び前記第2の成分CSIを量子化する段階は、前記複数のコードブックのうちの異なるものを使用して前記第1の成分CSI及び前記第2の成分CSIを各々量子化することを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記量子化する段階は、

10

20

30

40

## 【数 2】

$$\text{MSE} = \frac{1}{N^2} \left\| \sum_{i=1}^N |\lambda_i|^2 \tilde{\mathbf{v}}_i \tilde{\mathbf{v}}_i^H - \mathbf{R}_{\text{ULA/Pol}} \right\|_{\text{Frobenius}}^2$$

として測定された距離を計算することを含み、但し、 $\tilde{\mathbf{v}}_i$ は、コードワードの*i*番目の列に対応する空間的チャンネル $\mathbf{H}$ の*i*番目の量子化固有ベクトルであり、 $|\lambda_i|^2$ は、第1の成分マトリクス $\mathbf{R}_{\text{ULA}}$ 及び第2の成分マトリクス $\mathbf{R}_{\text{Pol}}$ の一方の*i*番目の固有値であり、*N*は、送信器アンテナの数である、

10

請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 0】

前記第 1 のインデックス及び前記第 2 のインデックスは、前記複数のコードブックのうちの 1 つにおけるベクトルを指す、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 1】

前記第 1 のインデックス及び前記第 2 のインデックスは、前記複数のコードブックのうちの 1 つにおけるマトリクスを指す、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 2】

前記第 1 の成分 C S I 及び前記第 2 の成分 C S I の少なくとも一方は、2 つのコードワードのクロネッカー積により表され、第 1 のコードワードは、 $4 \times 1$  のベクトルであり、第 2 のコードワードは、 $2 \times 1$  のベクトル及び  $2 \times 2$  のマトリクスの一方である、請求項 1 に記載の方法。

20

## 【請求項 1 3】

前記第 1 の成分 C S I は、ビーム成形アンテナの特性を表し、前記第 2 の成分 C S I は、交差偏波アンテナの特性を表す、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 4】

前記ビーム成形アンテナの特性は、4 つの素子を含む均一線形アレイ ( U L A ) により表され、前記交差偏波アンテナの特性は、2 つのアンテナ素子によって表される、請求項 1 3 に記載の方法。

30

## 【請求項 1 5】

外積を計算する段階を更に備える、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 6】

前記計算する段階は、

## 【数 3】

$$\sum_i |\lambda_i|^2 \tilde{\mathbf{v}}_i \tilde{\mathbf{v}}_i^H$$

により特徴付けられ、但し、 $\tilde{\mathbf{v}}_i$ は、コードワードの*i*番目の列に対応する空間的チャンネル $\mathbf{H}$ の*i*番目の量子化固有ベクトルであり、 $|\lambda_i|^2$ は、第1の成分マトリクス $\mathbf{R}_{\text{ULA}}$ 及び第2の成分マトリクス $\mathbf{R}_{\text{Pol}}$ の一方の*i*番目の固有値である、

40

請求項 1 5 に記載の方法。

## 【請求項 1 7】

多入力・多出力技術のための空間的チャンネル状態情報を与えるシステムであって、受信装置において空間的チャンネル状態情報を測定して、C S I を生じさせる手段と、前記 C S I を分解して、少なくとも第 1 の成分 C S I 及び第 2 の成分 C S I を生じさせる手段と、

複数のコードブックのうちの 1 つ以上を使用して前記第 1 の成分 C S I 及び前記第 2 の

50

成分 C S I を量子化し、少なくとも第 1 のインデックス及び第 2 のインデックスを生じさせる手段と、

前記第 1 のインデックス及び前記第 2 のインデックスを送信装置へフィードバックする手段と、  
を備えるシステム。

【請求項 18】

前記 C S I を分解する手段は、クロネッカー積を使用して前記 C S I を分解する手段を含む、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記 C S I を分解する手段は、前記第 1 の成分 C S I を  $R_{ULA}$  とし、前記第 2 の成分 C S I を  $R_{Pol}$  とすれば、

【数 4】

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_{Pol} \otimes \mathbf{R}_{ULA}$$

に基づいて C S I を分解する手段を含む、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記 C S I は、チャンネルマトリクス H 及び共分散マトリクス R の一方におけるものである、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記チャンネルマトリクス H 及び共分散マトリクス R の少なくとも一方が量子化される、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記共分散マトリクス R を、 $4 \times 4$  の第 1 の成分マトリクス  $R_{ULA}$  及び  $2 \times 2$  の第 2 の成分マトリクス  $R_{Pol}$  へと分解する手段を更に備える、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記共分散マトリクス R を分解する手段は、クロネッカー積の前記混合積プロパティを適用することを含む、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 24】

前記第 1 の成分 C S I 及び前記第 2 の成分 C S I の量子化は、前記複数のコードブックのうちの異なるものを使用して前記第 1 の成分 C S I 及び前記第 2 の成分 C S I を各々量子化することを含む、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 25】

前記量子化する手段は、

【数 5】

$$\text{MSE} = \frac{1}{N^2} \left\| \sum_{i=1}^N |\lambda_i|^2 \tilde{\mathbf{v}}_i \tilde{\mathbf{v}}_i^H - \mathbf{R}_{ULA/Pol} \right\|_{\text{Frobenius}}^2$$

として測定された距離を計算することを含み、但し、 $\tilde{\mathbf{v}}_i$  は、コードワードの  $i$  番目の列に対応する空間的チャンネル H の  $i$  番目の量子化固有ベクトルであり、 $|\lambda_i|^2$  は、第 1 の成分マトリクス  $R_{ULA}$  及び第 2 の成分マトリクス  $R_{Pol}$  の一方の  $i$  番目の固有値であり、N は、送信器アンテナの数である、

請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 26】

前記第 1 のインデックス及び前記第 2 のインデックスは、前記複数のコードブックのう

ちの 1 つにおけるベクトルを指す、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 27】

前記第 1 のインデックス及び前記第 2 のインデックスは、前記複数のコードブックのうち  
の 1 つにおけるマトリクスを指す、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 28】

前記第 1 の成分 C S I 及び前記第 2 の成分 C S I の少なくとも一方は、2 つのコードワ  
ードのクロネッカー積により表され、第 1 のコードワードは、 $4 \times 1$  のベクトルであり、  
第 2 のコードワードは、 $2 \times 1$  のベクトル及び  $2 \times 2$  のマトリクスの一方である、請求項  
17 に記載のシステム。

【請求項 29】

前記第 1 の成分 C S I は、ビーム成形アンテナの特性を表し、前記第 2 の成分 C S I は  
、交差偏波アンテナの特性を表す、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 30】

前記ビーム成形アンテナの特性は、4 つの素子を含む均一線形アレイ ( U L A ) により  
表され、前記交差偏波アンテナの特性は、2 つのアンテナ素子によって表される、請求項  
29 に記載のシステム。

【請求項 31】

外積を計算する手段を更に備える、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 32】

前記計算する手段は、

【数 6】

$$\sum_i |\lambda_i|^2 \tilde{\mathbf{v}}_i \tilde{\mathbf{v}}_i^H$$

により特徴付けられ、但し、 $\tilde{\mathbf{v}}_i$  は、コードワードの  $i$  番目の列に対応する空間的チャネル  
LH の  $i$  番目の量子化固有ベクトルであり、 $|\lambda_i|^2$  は、第 1 の成分マトリクス  $\mathbf{R}_{ULA}$  及び第 2  
の成分マトリクス  $\mathbf{R}_{Pol}$  の一方の  $i$  番目の固有値である、

10

20

30

請求項 31 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【優先権】

【0001】

[0001] 2010 年 1 月 12 日に出願された米国仮特許出願第 61 / 282 , 275 号の  
優先権を主張する。その開示は、参考としてここにそのまま援用される。

【技術分野】

【0002】

[0002] 本発明の分野は、多入力・多出力技術により改善される移動通信のための空間的  
チャンネル状態情報 ( C S I ) を与えることに関する。

【背景技術】

【0003】

[0003] 多入力・多出力 ( M I M O ) は、送信器、又は受信器、或いは送信器及び受信器  
の両方に複数のアンテナを使用し、空間的次元を利用して、データスループット及び送信  
信頼性を改善する一群の技術である。データスループットは、空間的マルチプレクシング  
又はビーム成形のいずれかによって高めることができる。

【0004】

[0004] 空間的マルチプレクシングでは、特に、アンテナ ( 送信器及び受信器の両方の )  
間の空間的相関が低いダイバーシティアンテナの場合、M I M O 設定において並列チャ  
ネルを通して同じユーザに複数のデータストリームを同時に送信することができる。ビー

40

50

ム成形は、チャンネルの信号・対・干渉+雑音比(SINR)を向上させて、チャンネルレートを改善する上で助けとなる。このようなSINRの改善は、複数の送信アンテナに対して適切な重み付けをすることにより達成される。重みの計算は、ロングターム測定(例えば、開ループ)に基づき又はフィードバック(例えば、閉ループ)を経て行うことができる。閉ループの送信重み付けは、MIMO研究に関しては、しばしば、プレコーディングと称される。

【0005】

[0005] 図1は、 $M \times N$ の空間チャンネルマトリクス $H$ を利用することにより $M$ 個のデータストリーム $u_1, \dots, u_M$ が空間的にマルチプレクスされる単一ユーザ(SU)のためのプレコード型MIMOを示す。送信アンテナの数 $N$ が受信アンテナの数 $M$ より大きいので、マトリクス $F$ として表されるプレコーディングが適用される。

10

【0006】

[0006] 又、プレコード型MIMOは、同じ時間及び周波数リソースを共有する複数のユーザにわたる合計レートを更に改善するために、マルチユーザMIMO(MU-MIMO)モードで動作することもできる。図2は、ビーム成形(例えば、プレコーディング)を使用して、2人のユーザを空間的に分離し(及びSINRを改善し)、一方、各ユーザに対して、2つのデータストリーム(明シェード及び暗シェード)を空間的にマルチプレクスする2ユーザMU-MIMOを示す。

【0007】

[0007] MU-MIMO、特に、ダウンリンクMU-MIMOは、2009年6月の3GPP TR 36.814、v1.1.1、“Further Advancements for E-UTRA, Physical Layer Aspects”に掲載された第三世代パートナーシッププロジェクト(3GPP)ロングタームエボリューション-アドバンスト(LTE-アドバンスト)研究におけるホットな話題である。MU-MIMOは、更に、LTEシステムのデータスループットを向上させることができる。3GPP物理的レイヤワーキンググループ(RAN1)においてDL MU-MIMOのワークアイテムが生成された。

20

【0008】

[0008] プレコード型MIMOの仕様に影響する重要な観点は、閉ループプレコーディングに対して要求される空間的CSIフィードバックである。図1に見られる空間的チャンネルマトリクス $H$ は、完全な空間的CSIを含む。或いは、次のように表される $N \times N$ の共分散マトリクス $R$ は、

30

【数1】

$$\mathbf{R} = \mathbf{H}^H \mathbf{H} \quad (1)$$

送信器のプレコーディングに対する十分な空間的情報を与えることができ、ここで、上付き文字“ $H$ ”は、複素共役を表す。一般的に、各周波数帯域に通常かなりの数の複素係数を含む $H$ 又は $R$ のフローティングポイントバージョンをフィードバックすることは非常にコストがかかる。それ故、フィードバックをより効率的なものにするために量子化が必要になる。

40

【0009】

[0009] 受信器及び送信器の両方に知られたコードブックがしばしばCSI量子化に使用され、コードワードインデックスのみがフィードバックされるようにする。チャンネル容量を最大にするか、又はフローティングポイントCSIと量子化CSIとの間の距離を最小にするように、コードワードを選択することができる。

【0010】

[0010] コードブックの設計それ自体は、研究に富んだ話題である。というのは、良好なコードブックは、当該空間的スペース全体に効率的に広がらねばならないからである。その意味において、一般的なコードブックは、効率的であることが稀であり、実際に、コー

50

ドブックは、異なるアンテナ構成及び展開シナリオに適合するように仕立てられる。一般的に述べると、アンテナ構成が複雑であるほど、コードブックの設計がより困難となる。

【 0 0 1 1 】

[0011] テーブル 1 は、3 G P P T S 3 6 . 2 1 1 “ Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation ” に示された 3 G P P R A N 1 L T E 標準仕様からの抜粋である。コードブックは、図 1 の場合のように、2 つの送信アンテナ及び 2 つの受信アンテナ、 $M = 2$  及び  $N = 2$ 、をもつ非常に簡単な M I M O 構成に使用される。従って、(レイヤとも称される) マルチプレクスされるストリームの最大数は、2 である。

【表 1】

| コードブックインデックス | レイヤの数 $v$  |   |
|--------------|--|---|
|              | 1  | 2   |
| 0            | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$  | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ |
| 1            | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$ | $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$       |
| 2            | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$  | $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$       |
| 3            | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$ | -   |

テーブル 1 : 2 x 2 の M I M O に対する L T E 仕様のコードブック

【 0 0 1 2 】

[0012] 単一ユーザ M I M O ( S U - M I M O ) と比較して、マルチユーザ M I M O ( M U - M I M O ) は、有効な空間的分離及びマルチプレクシング動作を遂行するため、より正確な空間的 C S I フィードバックを要求する。その結果、M U - M I M O における C S I フィードバック及びコードブック設計は、より挑戦的なものである。

【 0 0 1 3 】

[0013] 数学的に、

【数 2】

⊗ により表されるクロネッカー積は、ブロックマトリクスを生じる任意のサイズの 2 つのマトリクスにおける演算である。例えば、次のようになる。

$$\mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = \begin{bmatrix} a_{11}B & \cdots & a_{1n}B \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}B & \cdots & a_{mn}B \end{bmatrix} \quad (2)$$

【 0 0 1 4 】

[0014] クロネッカー積は、コードブック設計に使用されており、例えば、3 G P P、R 1 - 0 9 4 7 5 2 “ DL codebook design for 8T x MIMO in LTE-A ” Z T E、R A N # 5 9、ジェジュ、韓国、2 0 0 9 年 1 1 月、に示された交差偏波アンテナに使用されている。より詳細には、コードブックは、L T E R e l - 8 コードブック及び単一の 2 x 2 マトリクスのクロネッカー積により構成される。3 G P P、R 1 - 0 9 4 7 5 2 “ DL codebook design for 8T x MIMO in LTE-A ” Z T E、R A N # 5 9、ジェジュ、韓国、2 0 0 9 年 1 1 月、に示されたアイデアは、単一のコードブックを有するべきものであり、フィードバックは、依然、コードブックの単一インデックスである。

【 0 0 1 5 】

[0015] 3 G P P、R 1 - 0 9 4 8 4 4 “Low-overhead feedback of spatial covariance matrix” モトローラ、R A N 1 # 5 9、ジェジュ、韓国、2 0 0 9 年 1 1 月、に述べられたように、クロネッカー積は、大きな送信共分散マトリクス R を 2 つの小さなマトリクス  $R_{ULA}$  及び  $R_{Pol}$  へ分解して、フィードバックオーバーヘッドを減少できるようにするために使用される。

【数 3】

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_{Pol} \otimes \mathbf{R}_{ULA} \quad (3)$$

10

【0016】

[0016] 又、前記分解は、クロネッカー積の混合積プロパティを適用することにより固有ドメインでも機能する。

【数 4】

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= \mathbf{R}_{Pol} \otimes \mathbf{R}_{ULA} \\ &= [\mathbf{V}_{Pol} \mathbf{D}_{Pol} \mathbf{V}_{Pol}^H] \otimes [\mathbf{V}_{ULA} \mathbf{D}_{ULA} \mathbf{V}_{ULA}^H] \\ &= [\mathbf{V}_{Pol} \otimes \mathbf{V}_{ULA}] [\mathbf{D}_{Pol} \otimes \mathbf{D}_{ULA}] [\mathbf{V}_{Pol}^H \otimes \mathbf{V}_{ULA}^H] \end{aligned} \quad (4)$$

但し、マトリクス“ $\mathbf{V}_{xx}$ ”は、各々、送信共分散マトリクス“ $\mathbf{R}_{xx}$ ”の固有ベクトルを含む。対角線マトリクス“ $\mathbf{D}_{xx}$ ”は、送信共分散マトリクス“ $\mathbf{R}_{xx}$ ”の固有値を含む。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

[0017] 指摘すべき要点として、3 G P P、R 1 - 0 9 4 8 4 4 “Low-overhead feedback of spatial covariance matrix” モトローラ、R A N 1 # 5 9、ジェジュ、韓国、2 0 0 9 年 1 1 月、に述べられた C S I フィードバックの設計原理は、送信共分散マトリクスをエレメントごとに直接量子化することである。このような解決策は、上述したコードブックベースの量子化とは著しく異なる。従って、クロネッカー分解の後も、フィードバックの内容は、コードブックインデックス（1 つ又は複数）ではなく、依然、共分散マトリクス（1 つ又は複数）である。

30

【課題を解決するための手段】

【0018】

[0018] 本発明は、フィードバックのオーバーヘッドをできるだけ低く保持しながら、M I M O 動作のための正確な空間的 C S I フィードバックを与えるワイヤレス通信方法及びシステムに向けられる。

【0019】

[0019] これらの方法及びシステムでは、受信装置において空間的チャンネル状態情報が測定され、C S I を生じさせる。ある実施形態では、C S I は、チャンネルマトリクス又は共分散マトリクスにおけるものであり、更に、コードブックの使用によって量子化される。

40

【0020】

[0020] C S I は、分解されて、成分 C S I を生じる。各成分 C S I は、ビーム成形アンテナ又は交差偏波アンテナの特性を表す。ビーム成形アンテナは、更に、均一線形アレイ ( U L A ) として表される。

【0021】

[0021] ある実施形態では、分解は、クロネッカー積を使用することにより行われる。更に、共分散マトリクスの分解は、クロネッカー積の混合積プロパティを適用することを含

50



む。

【0022】

[0022]成分CSIは、更に、コードブック（1つ又は複数）を使用して量子化されて、インデックスを生じさせる。コードブックは、同じものでも異なるものでもよく、そしてインデックスは、コードブックにおけるベクトル又はマトリクスを指す。

【0023】

[0023]インデックスは、送信装置へフィードバックされ、外積が計算される。

【0024】

[0024]好ましい実施形態の説明から、改善の付加的な観点及び効果が明らかとなる。

【0025】

[0025]本発明の実施形態が添付図面に示されている。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】最小平均二乗エラー（MMSE）受信器を伴うプレコード型SU-MIMOのブロック図である。

【図2】交差偏波の至近離間アンテナを2セットもつ2ユーザMU-MIMOを示す図である。

【図3】フィードバック設定及び本発明に関連したブロック図である。

【図4】ビーム成形アンテナ及び交差偏波アンテナより成る8つの送信アンテナの実施例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0027】

[0030]3GPP、R1-094844 “Low-overhead feedback of spatial covariance matrix” モトローラ、RAN1#59、ジェジュ、韓国、2009年11月、に述べられたクロネッカー分解が、コードブックベースのCSI量子化に適用される。この解決策は、複数の至近離間された交差偏波アンテナを含むアンテナ設定に特に適している。このような設定では、交差偏波アンテナ及びビーム成形アンテナの空間的相関統計値がかなり相違する。

【0028】

[0031]アンテナの異なる成分の異なる空間的特性を区別できるように、特定のアンテナ構成に対して適切なクロネッカー分解を最初に決定しなければならない。成分共分散マトリクスのサイズは、異なるものでよい。次いで、各成分共分散マトリクスに対して、成分アンテナ構成に適した適切なコードブックからコードワードのインデックスが選択される。

【0029】

[0032]前記プロセスは、量子化及びフローティングポイントの共分散マトリクスの間に最良の一致を生じる各成分共分散マトリクスに対するコードワードインデックスの集合を見出すように何回も繰り返される。コードワードインデックスの集合は、送信器へフィードバックされる。

【0030】

[0033]送信器において、成分共分散マトリクスの各量子化バージョンは、対応するコードブックにおけるコードワードインデックスをルックアップすることによって再構成される。全ての量子化成分共分散マトリクスのクロネッカー積により複合共分散マトリクスが合成される。

【0031】

[0034]より詳細には、フィードバック設定及び本発明に関するブロック図が、図3に示されている。図3は、2つの図として働き、一方は、エンティティブロック表示であり、他方は、プロセスのブロック図である。

【0032】

[0035]設定には、2つの主要エンティティがあり、進化型ノードB（eNB）は、ペー

10

20

30

40

50

スステーションを表し、ユーザ装置（UE）は、移動装置を表す。このダウンリンク実施例（eNBからUEへのデータ送信）では、フィードバックは、UEからeNBである。eNB及びUEは、両方とも、プレコード型MIMOのための複数のアンテナを有する。特に関心のあるのは、UEにおける受信アンテナの数がeNBにおける送信アンテナの数より少ない構成である。

【0033】

[0036]コードブックは、エアインターフェイス仕様に基づいてeNB及びUEの両方に知られ、規格において規定されたコードブックの部分集合であり得る。各成分CSIの実際のコードブックは、アンテナの構成及び配備環境に依存し、通常、ネットワークにより決定される。その情報は、半静的無線リソース制御（RRC）シグナリングを経てUEへ通知することができる。

10

【0034】

[0037]UEにおいて、空間的CSIが最初に測定される。この測定は、チャンネルマトリクスH、又は共分散マトリクスR、又は他のマトリクスにおいて直接的に行われる。本発明のある実施形態では、Rは、式（1）が示すように、直接推定できるか又は後で処理できる主たる関心事である。ここでは、表現を単純化するため、測定された空間的CSI、例えば、Rは、フローティングポイントの精密さであるが、チップの具現化では、固定ポイント演算がしばしば使用される。換言すれば、チップの内部量子化は、フィードバックのための量子化より相当に微細であることが期待される。

20

【0035】

[0038]共分散マトリクスRが推定されると、マトリクスの分解を行うことができる。プロセスを更に例示するために、8つの送信アンテナ（N=8）の実施例が図4に示されており、各偏波（明シェード及び暗シェード）に4つのアンテナがある。4対の各々において、直交する偏波方向、+45°/−45°、又はいわゆる交差偏波に沿って2つのアンテナがマウントされる。4素子ビーム成形を達成するには、隣接ビーム成形素子間の間隔が、通常、半波長である。アンテナ間隔が均一であるから、そのようなビーム成形設定は、均一線形アレイ（ULA）とも称される。

【0036】

[0039]このアンテナ構成では、4つの同じ偏波のアンテナ間に高い空間的相関が予想され、一方、異なる偏波アンテナ間に低い空間的相関が予想される。それ故、式（3）が示すように、ビーム成形アンテナと交差偏波アンテナとの間で空間的CSIを分解するのが合理的である。より詳細には、8×8の共分散マトリクスが、4×4の成分マトリクスR<sub>ULA</sub>及び2×2の成分マトリクスR<sub>Pol</sub>へと分解される。

30

【0037】

[0040]次いで、各成分共分散マトリクスに対して、量子化のために適当なコードブックが使用される。コードワードインデックスは、量子化共分散マトリクスとフローティングポイント共分散マトリクスとの間の距離を最小にように選択できる。例えば、その距離は、次のように測定することができる。

【数5】

$$\text{MSE} = \frac{1}{N^2} \left\| \sum_{i=1}^N |\lambda_i|^2 \tilde{\mathbf{v}}_i \tilde{\mathbf{v}}_i^H - \mathbf{R}_{\text{ULA/Pol}} \right\|_{\text{Frobenius}}^2 \quad (5)$$

40

但し、 $\tilde{\mathbf{v}}_i$ は、コードワードのi番目の列に対応する空間的チャンネルHのi番目の量子化固有ベクトルであり、 $|\lambda_i|^2$ は、 $\mathbf{R}_{\text{ULA}}$ 又は $\mathbf{R}_{\text{Pol}}$ のi番目の固有値である。インデックスは、コードブックにおけるベクトル又はマトリクスを指示できることに注意されたい。

【0038】

[0041]図4に示すアンテナ構成では、おそらく、1つのインデックスが、 $\mathbf{R}_{\text{ULA}}$ に対

50

応する  $4 \times 1$  ベクトル (コードワード) を指示する。数学的に、このような  $4 \times 1$  ベクトルは、 $[1, e^{j2}, e^{j4}, e^{j6}]^T$  として表され、ここで、 $\lambda$  は、波長、隣接 U L A 素子間のアンテナ間隔、及び U L A のボアサイトに対する移動体のデパッチャングル (A o D) によって決定される。他のインデックスは、 $R_{P o 1}$  に対応する  $2 \times 1$  ベクトル (コードワード) 又は  $2 \times 2$  マトリクス (コードワード) を指示する。 $2 \times 1$  ベクトルは、例えば、正規化定数が無視される場合には  $[1, \lambda_1]^T$  の形態でレイヤ数 = 1 に対してテーブル 1 から選択することができる。又、 $2 \times 2$  マトリクスは、例えば、正規化定数が無視される場合には  $[1, \lambda_1; 1, \lambda_2]^T$  の形態でレイヤ数 = 2 に対してテーブル 1 から選択することができる。従って、空間的 C S I フィードバックは、2 つのインデックスを含む。

10

【0039】

[0042] U E から C S I フィードバックを受け取ると、一連の動作が行われる。先ず始めに、各量子化成分 C S I、例えば、 $R_{U L A}$  又は  $R_{P o 1}$  は、対応するコードブックにおけるフィードバックインデックスをルックアップし、次いで、外積、例えば、

【数 6】

$$\sum_i |\lambda_i|^2 \tilde{\mathbf{v}}_i \tilde{\mathbf{v}}_i^H$$

を得ることによって、再構成される。次いで、量子化複合 C S I、例えば、 $R$  は、量子化  $R_{U L A}$  及び  $R_{P o 1}$  のクロネッカー積により導出される。最終的に、量子化複合 C S I は、プレコーディングマトリクスを計算するのに使用される。

20

【0040】

[0043] 又、送信器における前記複合空間的 C S I 再構成プロセスは、ビーム成形 U L A のコードブック及び交差偏波のコードブックを合成することにより前処理することができる。原理は、ビーム成形 U L A 及び交差偏波の固有値のクロネッカー積である式 (4) に従う。特に、合成は、交差偏波のコードワードベクトル又はマトリクス、例えば、 $[1, \lambda_1]^T$  又は  $[1, \lambda_1; 1, \lambda_2]^T$  と、U L A のコードワードベクトル、例えば、 $[1, e^{j2}, e^{j4}, e^{j6}]^T$  とのクロネッカー積により遂行される。合成されたコードブックにおける各コードワードは、U L A 及び交差偏波についてまだ別々にインデックスされている間に、ランク = 1 では、 $[1, e^{j2}, e^{j4}, e^{j6}, \lambda_1, \lambda_1 e^{j2}, \lambda_1 e^{j4}, \lambda_1 e^{j6}]^T$  のような形態、或いはランク = 2 では、 $[1, e^{j2}, e^{j4}, e^{j6}, \lambda_1, \lambda_1 e^{j2}, \lambda_1 e^{j4}, \lambda_1 e^{j6}; 1, e^{j2}, e^{j4}, e^{j6}, \lambda_2, \lambda_2 e^{j2}, \lambda_2 e^{j4}, \lambda_2 e^{j6}]^T$  のような形態をとる。

30

【0041】

[0044] 本発明を図示して説明したが、当業者であれば、本発明の概念から逸脱せずに多数の変更がなされ得ることが明らかであろう。それ故、本発明は、特許請求の範囲以外のものに限定されない。

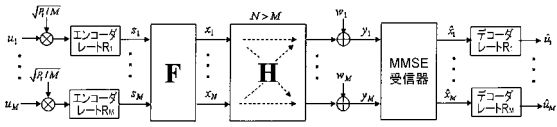
【符号の説明】

40

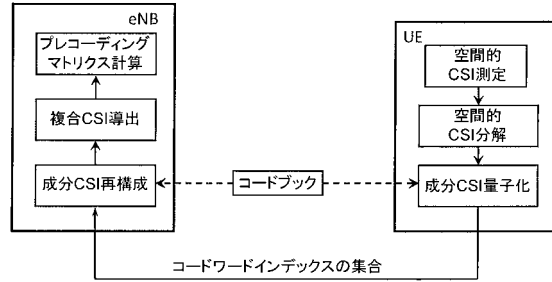
【0042】

H・・・空間的チャンネルマトリクス、F・・・マトリクス、R・・・共分散マトリクス、e N B・・・進化型ノード B、U E・・・ユーザ装置

【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 4 】

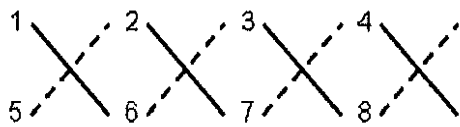
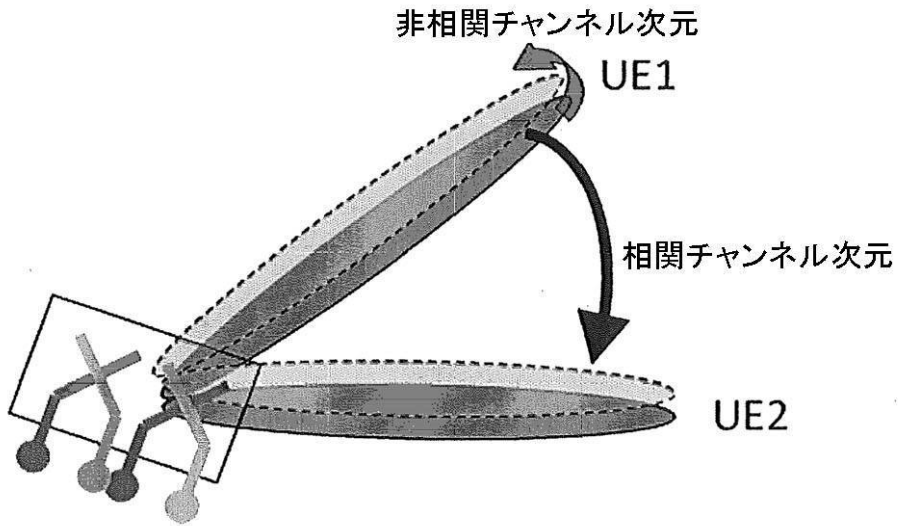


FIG. 4

【 図 2 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2011/020165

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC(8) - H04W 4/00 (2011.01)<br>USPC - 370/334<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |   |   |
|--|---|---|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC(8) - H04W4/00, H04K1/10, H04L25/08, 25/34, 25/49, 27/00, 27/36, H04B7/08 (2011.01)<br>USPC - 370/329, 334; 375/260, 288, 295, 299, 346, 347; 455/132<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>PatBase, Google Patent, MicroPatent   |   |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |   |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.   |
| Y  | US 2008/0185044 A1 (KENT et al) 10 July 2008 (10.07.2008) entire document   | 1-32  |
| Y  | US 2009/0274230 A1 (HEATH, JR et al) 05 November 2009 (05.11.2009) entire document  | 1-32  |
| Y  | (JEJU) Low Overhead Feedback of Spatial Covariance Matrix. 3GPP TDocs. 09 November 2009 (09.11.2009)[retrieved on 2011-02-17] Retrieved from the Internet: <URL: <a href="http://ftp.3gpp.org/specs/html-info/TDocExMtg-R1-59-27294.htm">http://ftp.3gpp.org/specs/html-info/TDocExMtg-R1-59-27294.htm</a> >. entire document | 1-32  |
| Y  | US 7,362,822 B2 (LI et al) 22 April 2008 (22.04.2008) entire document   | 8, 24   |
| Y  | US 2009/0326933 A1 (LIN et al) 31 December 2009 (31.12.2009) entire document  | 10, 26  |
| Y  | US 2006/0161432 A1 (ZHANG et al) 20 July 2006 (20.07.2006) entire document  | 11, 27  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>   |   |   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |   |   |
| Date of the actual completion of the international search<br>17 February 2011  |   | Date of mailing of the international search report<br><b>08 MAR 2011</b>                            |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. 571-273-3201  |   | Authorized officer:<br>Blaine R. Copenheaver<br>PCT Helpdesk: 571-272-4300<br>PCT OSP: 571-272-7774 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(71)出願人 510279365  
ゼットティーイー (ユーエスエー) インコーポレイテッド  
アメリカ合衆国, テキサス州, リチャードソン, スイート 323, ノース セントラル  
エクスプレスウェイ 2425

(74)代理人 100107456  
弁理士 池田 成人

(74)代理人 100148596  
弁理士 山口 和弘

(74)代理人 100123995  
弁理士 野田 雅一

(72)発明者 ユアン, イーフェイ  
アメリカ合衆国, ニュージャージー州, イズリン, セカンド フロア, ウッド アベニュー  
- サウス 33

(72)発明者 リー, シューペン  
アメリカ合衆国, ニュージャージー州, イズリン, セカンド フロア, ウッド アベニュー  
- サウス 33

(72)発明者 フォ, デヴィッド  
アメリカ合衆国, ニュージャージー州, イズリン, セカンド フロア, ウッド アベニュー  
- サウス 33

Fターム(参考) 5K159 EE02