

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局



(43) 国际公布日  
2011年10月13日 (13.10.2011)

PCT

(10) 国际公布号  
WO 2011/123977 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H04L 1/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2010/000447
- (22) 国际申请日: 2010年4月6日 (06.04.2010)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (仅对中国): 上海贝尔股份有限公司 (ALCATEL-LUCENT SHANGHAI BELL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。
- (71) 申请人 (对除中国, 美国外的所有指定国): 阿尔卡特朗讯 (ALCATEL LUCENT) [FR/FR]; 法国巴黎市波艾蒂耶大街 54 号, Paris F-75008 (FR)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 陈晋辉 (CHEN, Jinhui) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。 李栋 (LI, Dong) [CN/CN];

中国上海市浦东新区宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。 杨红卫 (YANG, Hongwei) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。 宋扬 (SONG, Yang) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。

(74) 代理人: 中科专利商标代理有限责任公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD); 中国北京市海淀区王庄路 1 号清华同方科技大厦 B 座 25 层, Beijing 100083 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): 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,

[见续页]

(54) Title: FEEDBACK METHOD AND SYSTEM OF CORRELATION MATRIX FOR ANTENNA ARRAY

(54) 发明名称: 针对天线阵列的相关矩阵反馈方法和系统

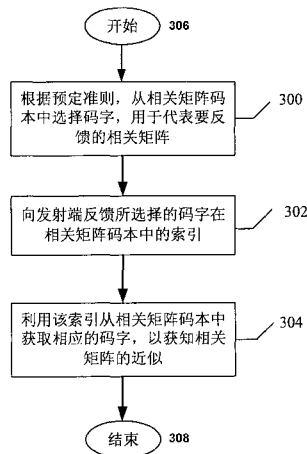
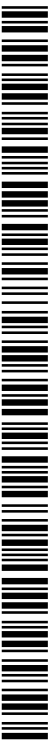


图 3 / Fig. 3

(57) Abstract: A feedback method and system of correlation matrix for antenna array are proposed. The method comprises the steps of: at a receiving end, according to a predetermined criteria, selecting a code-word from a predetermined correlation matrix code-book including a plurality of code-words, for representing the correlation matrix to be fed back (300); and, feeding back an index of the selected code-word in the determined correlation matrix code-book to a transmission end(302); wherein, each code-word is a code-word matrix that approximates to the correlation matrix of the antenna array at the transmission end. Based on the present invention, the characteristics of closely spaced ULA antenna and spatial correlation there-of can be taken full advantage of, corresponding quantization and feedback code-book can be designed, and the feedback overhead and computational complexity can be reduced, thus improving the system performance of space-related auxiliary systems such as MIMO system.

[见续页]

300 ACCORDING TO A PREDETERMINED CRITERIA, SELECTING A CODE-WORD FROM A CORRELATION MATRIX CODE-BOOK, FOR REPRESENTING THE CORRELATION MATRIX TO BE FED BACK  
 302 FEEDING BACK THE INDEX OF THE SELECTED CODE-WORD IN THE CORRELATION MATRIX CODE-BOOK TO A TRANSMISSION END  
 304 UTILIZING THE INDEX TO ACQUIRE THE CORRESPONDING CODE-WORD FROM THE CORRELATION MATRIX CODE-BOOK, SO AS TO GET THE APPROXIMATION OF THE CORRELATION MATRIX  
 306 START  
 308 END



WO 2011/123977 A1



SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, ZA, ZM, ZW。

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

**本国际公布:**

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) **摘要:**

提出了一种针对天线阵列的相关矩阵反馈方法和系统。所述方法包括步骤: 在接收端根据预定准则, 从包括多个码字的预定相关矩阵码本中选择码字, 用于代表要反馈的相关矩阵 (300); 以及向发射端反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引 (302); 其中, 每一个码字是对发射端的天线阵列的相关矩阵进行近似的码字矩阵。根据本发明, 能够充分利用紧密间隔的 ULA 天线及其空间相关性的特点, 设计相应的量化和反馈码本, 减小反馈开销以及计算复杂度, 从而提高 MIMO 系统等空间相关辅助系统的系统性能。

## 针对天线阵列的相关矩阵反馈方法和系统

### 技术领域

本发明的实施例涉及通信技术领域，具体涉及一种针对天线矩阵的相关矩阵  
5 反馈方法和系统。

### 背景技术

众所周知，在多输入多输出（MIMO）系统中，在发射端知道发射天线的空  
间相关矩阵能够显著地提高系统性能。在实际应用中，相关矩阵是无法预先获  
10 知的。对于例如频分双工（FDD）系统而言，有必要通过量化和反馈，使发射  
端知道相关矩阵的近似。因此，反馈开销和量化的精度是 MIMO 系统中有关相  
关矩阵反馈的主要关注点。

在 LTE-A 讨论中，提出了反馈以多个离散余弦变换（DFT）矢量码本而量化的  
多个特征矢量以及以均匀标量码本量化的对应的特征值，并且在发射端利用  
15 量化的特征矢量和特征值来重建相关矩阵。Marwell 公司提出了反馈以均匀标量  
码本量化的两个或四个实标量，并且在发射端以量化的标量来重建相关矩阵。  
这些基于特征矢量和基于标量的反馈方案尚没有利用空间相关矩阵的矩阵结构  
及特殊的天线配置，例如均匀线性阵列（ULA）天线，需要反馈的数据量依然  
较大，导致较高的反馈开销。

20 目前，对于使用紧密间隔的 ULA 天线的典型天线配置，还未提出对应的相  
关矩阵反馈方法。由于紧密间隔的 ULA 天线的天线间隔很小，其相关矩阵具有  
对角线元素均为 1 等特点。对于这种特殊的天线配置，需要设计相应的相关矩  
阵反馈方法以及用于相关矩阵量化和反馈的码本，从而以较小的反馈开销和较  
低的复杂度来获得良好的系统性能。

25

### 发明内容

鉴于上述问题，本发明提出了一种针对天线阵列的相关矩阵反馈方法，包括  
步骤：

在接收端根据预定准则，从包括多个码字的预定相关矩阵码本中选择码字，  
30 用于代表要反馈的相关矩阵；以及

向发射端反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引；

其中，每一个码字是对发射端的天线阵列的相关矩阵进行近似的码字矩阵。

根据本发明优选实施例，天线阵列包括紧密间隔的均匀线性阵列 ULA 天线。

根据本发明优选实施例，每一个码字矩阵是对相关矩阵进行近似的指数相关  
5 矩阵，指数相关矩阵中第  $(i, j)$  元素  $\rho_{ij}$  为  $\rho_{ij} = r^{|i-j|} e^{j(i-j)\theta}$ ，其中  $e$  代表自然数， $i$  和  $j$  是大于 0 且不大于  $N$  的整数、或者是不小于 0 且不大于  $N-1$  的整数， $N$  表示发射端的天线阵列的天线数目， $r$  和  $\theta$  是彼此独立的随机正实值变量。

根据本发明优选实施例， $r$  和  $\theta$  各自具有与其分布相对应的码本， $\theta$  的分布是在  $(0, 2\pi]$  区间的均匀分布， $r$  大于 0.5 且小于 1。

10 根据本发明优选实施例，每一个码字矩阵是利用  $r$  和  $\theta$  的码本，根据  $\rho_{ij} = r^{|i-j|} e^{j(i-j)\theta}$  计算得到的。

根据本发明优选实施例，预定准则包括矩阵共线性准则，选择码字的步骤包括：计算预定相关矩阵码本中每一个码字矩阵与要反馈的相关矩阵之间的共线性，并选择共线性最大的码字矩阵来代表要反馈的相关矩阵。

15 根据本发明优选实施例，该方法还包括：在接收到从接收端反馈的码字索引后，在发射端利用该索引从预定相关矩阵码本中获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。

根据本发明优选实施例，接收端包括用户设备，发射端包括基站。

本发明还提出了一种针对天线阵列的相关矩阵反馈系统，包括：

20 选择装置，位于接收端，用于根据预定准则，从包括多个码字的预定相关矩阵码本中选择码字，用于代表要反馈的相关矩阵；以及

反馈装置，位于接收端，用于向发射端反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引；

其中，每一个码字是对发射端的天线阵列的相关矩阵进行近似的码字矩阵。

25 根据本发明优选实施例，选择装置计算预定相关矩阵码本中每一个码字矩阵与要反馈的相关矩阵之间的共线性，并选择共线性最大的码字矩阵来代表要反馈的相关矩阵。

根据本发明优选实施例，该系统还包括：获取装置，位于发射端，用于在发射端接收到从接收端反馈的码字索引后，利用该索引从预定相关矩阵码本中  
30 获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。

相比于现有的量化和反馈方法，根据本发明的相关矩阵反馈方法和系统充分利用了紧密间隔的 ULA 天线及其空间相关性的特点，设计了相应的量化和反馈码本，能够减小反馈开销以及计算复杂度，从而提高 MIMO 系统等空间相关辅助系统的系统性能。

5

### 附图说明

通过下面结合附图说明本发明的优选实施例，将使本发明的上述及其它目的、特征和优点更加清楚，其中：

图 1 示出了本发明优选实施例应用环境的示例，其中示意性示出了作为发射端的基站（BS）以及作为接收端的用户设备（UE）。

10

图 2 示出了根据本发明优选实施例的相关矩阵反馈系统的结构框图。

图 3 示出了根据本发明优选实施例的相关矩阵反馈方法的流程图。

### 具体实施方式

在 MIMO 系统等空间相关辅助系统中，为提高系统性能，需要接收端向发射端反馈有关天线阵列的空间相关矩阵，以便发射端能够利用反馈的信息，来获知相关矩阵的近似，执行期望的发射操作。本发明针对使用紧密间隔的 ULA 天线的典型天线配置，提出了对应的相关矩阵反馈方法及系统，以充分利用 ULA 天线配置的特点，减少反馈开销和计算复杂度，提高此类系统的系统性能。

15

对于针对紧密间隔的 ULA 天线的实信道而言，可以通过指数相关模型来近似由最大对角线元素归一化的归一化空间相关矩阵，在该指数相关模型中，第  $(i, j)$  元素的形式为  $\rho_{ij} = \rho^{|i-j|}$ ， $\rho$  是实数，下标  $i$  和  $j$  的取值与发射端天线阵列的天线数目有关， $\rho_{ij}$  代表了第  $i$  个天线与第  $j$  个天线的相关性。例如，如果发射端的天线数目为 4，则  $i$  和  $j$  的取值为 0 到 3 或者 1 到 4 的整数。由于天线是紧密间隔的，所以所有对角线元素都等于 1（具体内容可参见参考文献 V. A. Aalo, “Performance of maximal-ratio diversity systems in a correlated Nakagami-fading environment”, *IEEE Transaction on Communications*, Vol. 43, No. 8, Aug. 1995.）。进一步考虑复信道，本申请的发明人注意到，可以将该归一化模型扩展为复指数相关模型，其中第  $(i, j)$  元素的形式为  $\rho_{ij} = r^{|i-j|} e^{j(i-j)\theta}$ ，其中，下标  $i$  和  $j$  的取值与发射端天线阵列的天线数目有关， $\rho_{ij}$  代表了第  $i$  个天线与第  $j$  个天线的相关性。同样，由于天线是

20

25

30

紧密间隔的ULA天线，所以 $r$ 可以是小于1且大于0.5的正实值， $\theta$ 的分布可以是在 $(0, 2\pi]$ 区间的均匀分布。 $r$ 和 $\theta$ 可以是彼此独立的两个随机正实值变量。

进一步，本申请的发明人注意到，可以设计分别与 $r$ 和 $\theta$ 的分布对应的两个码本，并且可以通过将 $r$ 和 $\theta$ 的码本组合来产生相关矩阵码本，并且将该相关矩阵码本预先存储在接收端和发射端。例如，首先可以根据系统配置以及性能要求，  
5 设定 $r$ 和 $\theta$ 的码本，例如分别为反映了 $r$ 和 $\theta$ 的分布的 $\mathcal{A}$ 和 $\mathcal{A}_\theta$ ，其中， $\mathcal{A}=\{a, b, \dots, h\}$ ， $\mathcal{A}_\theta=\{n\pi/m | n=0, \dots, m-1\}$ ， $a, b, \dots, h$ 均为小于1且大于0.5的正实值， $m$ 为大于0的整数，典型地为2的幂。 $n$ 为不大于 $m-1$ 的整数。随后，根据发射端天线阵列的天线数目以及公式 $\rho_{ij}=r^{|i-j|}e^{j(i-j)\theta}$ ，得到针对某个取值的 $r$ 和 $\theta$ 的矩阵。例如，  
10 对于 $r=a$ 和 $\theta=\pi/m$ ，得到相应的矩阵，该矩阵的维度与发射端天线阵列的天线数目相同，即与要反馈的相关矩阵的维度相同。按照上述方式，利用码本 $\mathcal{A}$ 和 $\mathcal{A}_\theta$ 中所有元素，得到多个矩阵，将这些矩阵作为码字，来构建用于相关矩阵量化和反馈的相关矩阵码本。按照上述设计方式，最终的相关矩阵码本包含了多个码字，其中每一个码字是对发射端的天线阵列的相关矩阵进行近似的码字矩阵，  
15 例如是如上所述的指数相关矩阵。

这样，本发明的相关矩阵反馈系统和方法能够反馈对相关矩阵进行近似或量化的矩阵型码字的索引，发射端能够根据该索引直接获得相关矩阵的近似或量化矩阵，而不再需要像现有方法那样在发射端根据量化的特征矢量、特征值或标量等来重建相关矩阵。因此，本发明的相关矩阵反馈系统和方法能够降低计算复  
20 杂度。

在本说明书的稍后部分给出了码本 $\mathcal{A}$ 和 $\mathcal{A}_\theta$ 的示例以及最终得到的相关矩阵码本的示例。

下面参考图 1-3，描述根据本发明的针对天线阵列的相关矩阵反馈系统及其方法，其中利用了如上设计的相关矩阵码本来进行相关矩阵的量化和反馈。

图 1 示出了本发明优选实施例应用环境的示例，其中示意性示出了作为发射端的基站（BS）以及作为接收端的用户设备（UE）。这里，可以考虑空间相关辅助的 MU-MIMO（多用户多输入多输出）系统，基站可以是在 3GPP LTE 的无线通信应用环境下的增强基站 eNB，并且具有紧密间隔的 ULA 天线的天线配置。本领域技术人员可以理解，本发明的系统和方法也可以应用于其他任何适  
30 当的通信系统或环境，并且发射端和接收端也可以是其他任何适当的设备或装

置。在以下描述中，省略了对于本发明来说是不必要的细节和功能、以及本领域技术人员熟知的细节和功能，以防止对本发明的理解造成混淆。

在基站 BS 和各个用户设备 UE 中都预先存储了如上设计的相关矩阵码本。用户设备 UE 根据预定准则，从相关矩阵码本中选择码字，用于代表要反馈的相关矩阵，并且向基站 BS 反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引，该索引可以是指示了所选码字是第几个码字的值。此外，预定准则可以是矩阵共线性准则，用户设备 UE 计算相关矩阵码本中每一个码字矩阵与要反馈的相关矩阵之间的共线性，并选择共线性最大的码字矩阵来代表要反馈的相关矩阵。基站 BS 在接收到从接收端反馈的码字索引后，利用该索引从预先存储的相关矩阵码本中获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。

图 2 示出了根据本发明优选实施例的相关矩阵反馈系统的结构框图。如图所示，相关矩阵反馈系统 20 包括：选择装置 202，位于用户设备 UE 处（即，接收端），用于根据预定准则，从包括多个码字的预定相关矩阵码本中选择码字，用于代表要反馈的相关矩阵；以及反馈装置 204，位于用户设备 UE 处（即，接收端），用于向基站 BS（即，发射端）反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引。相关矩阵反馈系统 20 还可以包括获取装置 206，位于基站 BS 处（即，发射端），用于在基站 BS 接收到从用户设备 UE 反馈的码字索引后，利用该索引从预定相关矩阵码本中获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。

预定相关矩阵码本是如上设计和构建的相关矩阵码本。下面针对具有 4 个发射天线的紧密间隔 ULA 天线配置，描述相关矩阵码本的两个示例，其中利用了复指数相关模型以及计算公式  $\rho_{ij} = r^{|i-j|} e^{j(i-j)\theta}$ 。

示例一

$$\mathcal{A}_r = \{0.6, 0.8\}, \mathcal{A}_\theta = \{n\pi / 4 \mid n = 0, \dots, 7\}$$

索引	码字
$n = 0, \dots, 7$	$\mathbf{R}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0.6e^{jn\pi/4} & 0.6^2 e^{jn\pi/2} & 0.6^3 e^{j3n\pi/4} \\ 0.6e^{-jn\pi/4} & 1 & 0.6e^{jn\pi/4} & 0.6^2 e^{jn\pi/2} \\ 0.6^2 e^{-jn\pi/2} & 0.6e^{-jn\pi/4} & 1 & 0.6e^{jn\pi/4} \\ 0.6^3 e^{-j3n\pi/4} & 0.6^2 e^{-jn\pi/2} & 0.6e^{-jn\pi/4} & 1 \end{bmatrix}$

$n = 8, \dots, 15$	$\mathbf{R}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0.8e^{jm\pi/4} & 0.8^2 e^{jm\pi/2} & 0.8^3 e^{j3m\pi/4} \\ 0.8e^{-jm\pi/4} & 1 & 0.8e^{jm\pi/4} & 0.8^2 e^{jm\pi/2} \\ 0.8^2 e^{-jm\pi/2} & 0.8e^{-jm\pi/4} & 1 & 0.8e^{jm\pi/4} \\ 0.8^3 e^{-j3m\pi/4} & 0.8^2 e^{-jm\pi/2} & 0.8e^{-jm\pi/4} & 1 \end{bmatrix}$ $m = n - 8$
--------------------	---

这里，相关矩阵码本的码字数目为码本  $\mathcal{A}_1$  中元素数目和  $\mathcal{A}_2$  中元素数目的乘积，即  $2 \times 8 = 16$ 。码字的索引分别为  $n = 0, \dots, 7$  和  $n = 8, \dots, 15$ ，即，仅需要 4 个比特就足够将所选码字的索引反馈给发射端。

5      示例二

$$\mathcal{A}_1 = \{0.6, 0.8\}, \quad \mathcal{A}_2 = \{n\pi/16 \mid n = 0, \dots, 31\}$$

索引	码字
$n = 0, \dots, 31$	$\mathbf{R}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0.6e^{jn\pi/16} & 0.6^2 e^{jn\pi/8} & 0.6^3 e^{j3n\pi/16} \\ 0.6e^{-jn\pi/16} & 1 & 0.6e^{jn\pi/16} & 0.6^2 e^{jn\pi/8} \\ 0.6^2 e^{-jn\pi/8} & 0.6e^{-jn\pi/16} & 1 & 0.6e^{jn\pi/16} \\ 0.6^3 e^{-j3n\pi/16} & 0.6^2 e^{-jn\pi/8} & 0.6e^{-jn\pi/16} & 1 \end{bmatrix}$
$n = 32, \dots, 63$	$\mathbf{R}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0.8e^{jm\pi/16} & 0.8^2 e^{jm\pi/8} & 0.8^3 e^{j3m\pi/16} \\ 0.8e^{-jm\pi/16} & 1 & 0.8e^{jm\pi/16} & 0.8^2 e^{jm\pi/8} \\ 0.8^2 e^{-jm\pi/8} & 0.8e^{-jm\pi/16} & 1 & 0.8e^{jm\pi/16} \\ 0.8^3 e^{-j3m\pi/16} & 0.8^2 e^{-jm\pi/8} & 0.8e^{-jm\pi/16} & 1 \end{bmatrix}$ $m = n - 32$

这里，相关矩阵码本的码字数目为码本  $\mathcal{A}_1$  中元素数目和  $\mathcal{A}_2$  中元素数目的乘积，即  $2 \times 32 = 64$ 。码字的索引分别为  $n = 0, \dots, 31$  和  $n = 32, \dots, 63$ ，即，仅需要 6 个比特就足够将所选码字的索引反馈给发射端。

以上仅作为示例来描述本发明的系统和方法，码本  $\mathcal{A}_1$  和  $\mathcal{A}_2$  中元素  $r$  和  $\theta$  的数目和取值可以依据系统配置、应用需要、经验等因素来设定，本发明并不限于上述示例。

选择装置 202 从相关矩阵码本中选择码字时，可以采用预定的准则来进行选择。在本发明优选实施例中，可以采用共线性准则，以选择与要反馈的相关矩阵的共线性最大的码字来用于反馈。选择装置 202 可以按照公式

$$\mathbf{R}_k = \arg \max_{\mathbf{R}_i \in \mathcal{R}} \frac{|\text{tr}\{\mathbf{R}_i^H \mathbf{R}\}|}{\|\mathbf{R}_i\|_F \|\mathbf{R}\|_F}$$

来计算每个码字与相关矩阵之间的共线性，并确定共线性最大的码字。该公式中  $\mathbf{R}$  是要反馈的相关矩阵， $\mathbf{R}_i$  是相关矩阵码本  $\mathcal{R}$  中的第  $i$  个码字， $H$  是代表共轭转置的运算符号， $\|\cdot\|_F$  代表 Frobenius 范数， $\text{tr}(\cdot)$  代表矩阵的迹， $\text{argmax}()$  表示让括号内表达式取值最大的参数， $\mathbf{R}_k$  是选择的对相关矩阵进行近似或量化的码字，即  $\hat{\mathbf{R}} = \mathbf{R}_k$ 。本领域技术人员可以理解，除了共线性准则之外，还可以利用其他任何合适的准则来选择码字。例如，可以利用欧式距离准则来选择与相关矩阵的距离最小的码字来进行反馈。

在选择装置 202 选择了用于代表要反馈的相关矩阵的码字（即，选择了对要反馈的相关矩阵进行近似或量化的矩阵）之后，反馈装置 204 将所选择的码字在相关矩阵码本中的索引反馈给发射端。例如，选择装置 202 选择示例一中的码字  $\mathbf{R}_2$  来对相关矩阵进行近似或量化，则反馈装置 204 反馈数值 2，即“0010”这 4 个比特给发射端。

获取装置 206 在发射端接收到从用户设备 UE 反馈的码字索引（例如“0010”）后，利用该索引从相关矩阵码本中获取相应的码字（例如  $\mathbf{R}_2$ ），从而获知了相关矩阵的近似  $\hat{\mathbf{R}} = \mathbf{R}_2$ 。

图 3 示出了根据本发明优选实施例的相关矩阵反馈方法的流程图。结合图 2 所示的系统，在步骤 300，选择装置 202 根据预定准则，从相关矩阵码本中选择码字，用于代表要反馈的相关矩阵。在步骤 302，反馈装置 204 向发射端反馈所选择的码字在相关矩阵码本中的索引。在步骤 304，获取装置 206 在发射端接收到从接收端反馈的码字索引后，利用该索引从相关矩阵码本中获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。

以上具体描述了本发明优选实施例。相比于现有的量化和反馈方法，根据本发明的相关矩阵反馈方法和系统充分利用了紧密间隔的 ULA 天线及其空间相关性的特点，设计了相应的量化和反馈码本，能够减小反馈开销以及计算复杂度，从而提高 MIMO 系统等空间相关辅助系统的系统性能。为了进一步体现本发明的优点，下面给出本发明的相关矩阵反馈方法和系统的仿真数据。

在空间相关辅助的 MU-MIMO 系统中，在基站 BS 具有 4 个半波长间隔的 ULA 天线、每个 UE 具有 2 个天线的情况下，应用上述示例一和二的码本设计，系统仿真结果如下：

	吞吐量	小区边缘
--	-----	------

无空间相关辅助	3.2502 (100%)	0.1128
理想的空空间相关辅助	3.8517 (118.5%)	0.1218
示例一 (反馈 4 比特)	3.6688 (112.9%)	0.1147
示例二 (反馈 6 比特)	3.7743 (116.1%)	0.1173
主特征矢量和 DFT 码本(反馈 6 比特)	3.5304 (108.6%)	0.1125
两个特征矢量、两个 DFT 码本和一个标量码本 (反馈 12 比特)	3.6831 (113.3%)	0.1179
Marwell (反馈 8 比特)	3.7561 (115.6%)	0.1174

上述仿真环境的具体参数如下:

参数	仿真环境采用的假定条件
部署场景	3GPP case 1 三维信道, 空间信道模型, 城市宏小区 速度: 3km/h
双工方法和带宽	FDD;下行链路 10MHz
网络同步性	已同步
切换余量	1.0 dB
天线配置 (基站)	相关, 共极性: 4 个发射天线, 彼此间隔 0.5 个波长(4 Tx:     )
天线配置 (用户设备)	共极性: 2 个接收天线, 彼此间隔 0.5 个波长(2 Rx:   )
下行传输方案	单小区发射端相关辅助 MU-MIMO, 每个用户设备单流
下行调度	时间与频率上的比例公平
反馈假设	子带预编码矩阵指示 (PMI), 子带信道质量指示 (CQI), 长期宽带发送相关矩阵报告 预编码矩阵指示/信道质量指示/流指示报告周期为 5 毫秒, 6 毫秒的延迟 发送相关矩阵的报告周期为 100 毫秒, 6 毫秒的延迟 子带信道质量指示的测量误差: 每个物理资源块 $N(0,1\text{dB})$ 。
下行混合自动重传 (HARQ) 方案	Chase 合并
下行接收机类型	最小均方误差 (MMSE)
信道估计	理想

控制信道和参考信号开销	ITU 标准, 下行控制信道为 3 个 OFDM 符号 LTE Rel.8 : 0.3158 LTE-A: 0.3063
-------------	--

从上述系统仿真结果可以看出，在反馈的比特数目（即，反馈开销）相同的情况下，本发明的相关矩阵反馈系统和方法能够达到更好的系统性能。同时，在系统性能大致相同的情况下，本发明的相关矩阵反馈系统和方法的反馈开销更低。同时，本发明的相关矩阵反馈系统和方法反馈对相关矩阵进行近似或量化的矩阵型码字的索引，发射端能够根据该索引直接获得相关矩阵的近似或量化的矩阵，而不再需要像现有方法那样在发射端根据量化的特征矢量、特征值或标量等来重建相关矩阵。因此，本发明的相关矩阵反馈系统和方法能够降低反馈开销和计算复杂度，从而提高系统性能。

在以上的描述中，针对各个步骤，列举了多个实施例，虽然发明人尽可能地地标示出彼此关联的实例，但这并不意味着这些实例必然按照相应的标号存在对应关系。只要所选择的实例所给定的条件间不存在矛盾，可以在不同的步骤中，选择标号并不对应的实例来构成相应的技术方案，这样的技术方案也应视为被包含在本发明的范围内。

本领域技术人员应该很容易认识到，可以通过编程计算机实现上述方法的不同步骤。在此，一些实施方式同样包括机器可读或计算机可读的程序存储设备（如，数字数据存储介质）以及编码机器可执行或计算机可执行的程序指令，其中，该指令执行上述方法的一些或全部步骤。例如，程序存储设备可以是数字存储器、磁存储介质（如磁盘和磁带）、硬件或光可读数字数据存储介质。实施方式同样包括执行上述方法的所述步骤的编程计算机。

应当注意的是，在以上的描述中，仅以示例的方式，示出了本发明的技术方案，但并不意味着本发明局限于上述步骤和单元结构。在可能的情形下，可以根据需要对步骤和单元结构进行调整和取舍。因此，某些步骤和单元并非实施本发明的总体发明思想所必需的元素。因此，本发明所必需的技术特征仅受限于能够实现本发明的总体发明思想的最低要求，而不受以上具体实例的限制。

至此已经结合优选实施例对本发明进行了描述。应该理解，本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可以进行各种其它的改变、替换和添加。因此，本发明的范围不局限于上述特定实施例，而应由所附权利要求所限定。

## 权 利 要 求 书

1. 一种针对天线阵列的相关矩阵反馈方法，包括步骤：  
在接收端根据预定准则，从包括多个码字的预定相关矩阵码本中选择码字，  
5 用于代表要反馈的相关矩阵；以及  
向发射端反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引；  
其中，每一个码字是对发射端的天线阵列的相关矩阵进行近似的码字矩阵。  
2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，天线阵列包括紧密间隔的均匀线性阵列 ULA 天线。
- 10 3. 根据权利要求 2 所述的方法，其中，每一个码字矩阵是对相关矩阵进行近似的指数相关矩阵，指数相关矩阵中第  $(i, j)$  元素  $\rho_{ij}$  为  $\rho_{ij} = r^{|i-j|} e^{j(i-j)\theta}$ ，其中  $e$  代表自然数， $i$  和  $j$  是大于 0 且不大于  $N$  的整数、或者是不小于 0 且不大于  $N-1$  的整数， $N$  表示发射端的天线阵列的天线数目， $r$  和  $\theta$  是彼此独立的随机正实值变量。
- 15 4. 根据权利要求 2 所述的方法，其中， $r$  和  $\theta$  各自具有与其分布相对应的码本。  
5. 根据权利要求 3 所述的方法，其中， $\theta$  的分布是在  $(0, 2\pi]$  区间均匀分布。  
6. 根据权利要求 3 所述的方法，其中， $r$  大于 0.5 且小于 1。  
7. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，每一个码字矩阵是利用  $r$  和  $\theta$  的码本，  
20 根据  $\rho_{ij} = r^{|i-j|} e^{j(i-j)\theta}$  而计算得到的。
8. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，预定准则包括矩阵共线性准则，  
选择码字的步骤包括：计算预定相关矩阵码本中每一个码字矩阵与要反馈的相关矩阵之间的共线性，并选择共线性最大的码字矩阵来代表要反馈的相关矩阵。
- 25 9. 根据权利要求 1 所述的方法，还包括：在接收到从接收端反馈的码字索引后，在发射端利用该索引从预定相关矩阵码本中获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。  
10. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，接收端包括用户设备，发射端包括基站。
- 30 11. 一种针对天线阵列的相关矩阵反馈系统，包括：

选择装置，位于接收端，用于根据预定准则，从包括多个码字的预定相关矩阵码本中选择码字，用于代表要反馈的相关矩阵；以及

反馈装置，位于接收端，用于向发射端反馈所选择的码字在预定相关矩阵码本中的索引；

5 其中，每一个码字是对发射端的天线阵列的相关矩阵进行近似的码字矩阵。

12. 根据权利要求 11 所述的系统，其中，预定准则包括矩阵共线性准则，选择装置计算预定相关矩阵码本中每一个码字矩阵与要反馈的相关矩阵之间的共线性，并选择共线性最大的码字矩阵来代表要反馈的相关矩阵。

13. 根据权利要求 11 所述的系统，还包括：获取装置，位于发射端，用于  
10 在发射端接收到从接收端反馈的码字索引后，利用该索引从预定相关矩阵码本中获取相应的码字，以获知相关矩阵的近似。

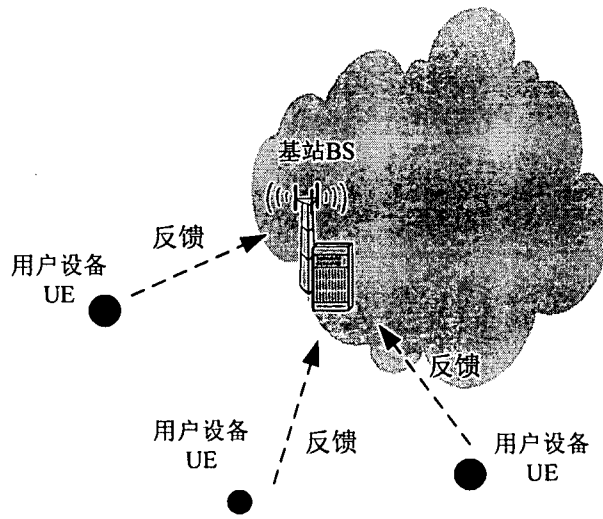


图 1

相关矩阵反馈系统 20

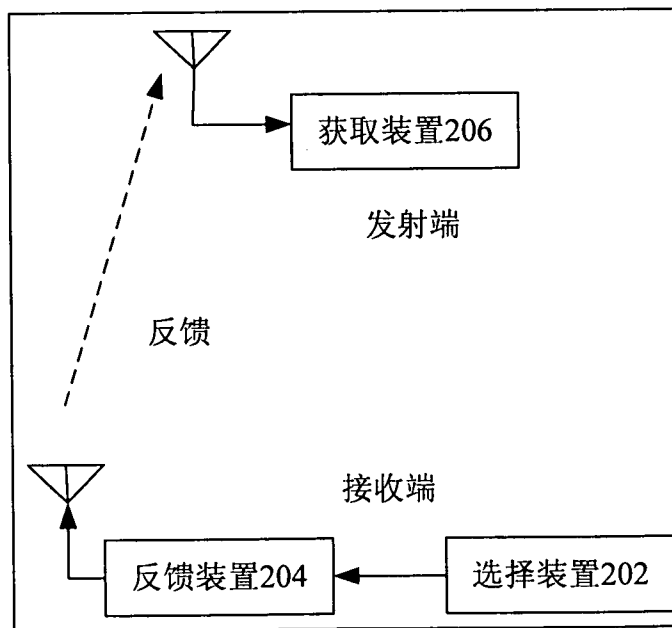


图 2

2/2

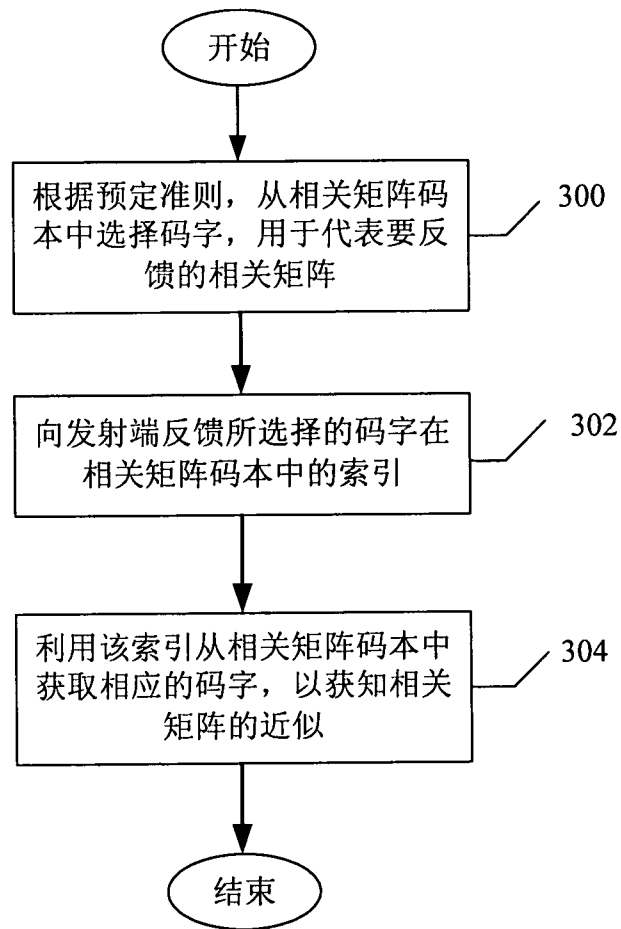


图 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/000447

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 1/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04L; H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI; EPODOC; CPRS; CNKI; IEEE antenna, array, matrix, codeword, index, approximate

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1973473 A (INTEL CORP) 30 May 2007 (30.05.2007) abstract, page 1 line13-page 8 line 11 in the description, claims 1-28	1-2,10-11
A		3-9,12-13
A	CN 101166052 A (NTT DOCOMO INC) 23 Apr. 2008 (23.04.2008) the whole document	1-13
A	US 2008080634 A1 (FREESCALE SEMICONDUCTOR INC) 03 Apr. 2008 (03.04.2008) the whole document	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
--	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">01 Jan. 2011(01.01.2011)</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;"><b>20 Jan. 2011 (20.01.2011)</b></p>
<p>Name and mailing address of the ISA/CN</p> <p>The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;"><b>WANG,Xuelian</b></p> <p>Telephone No. (86-10)62411747</p>

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2010/000447

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1973473 A	30.05.2007	US 2005286663 A1	29.12.2005
		WO 2006007148 A1	19.01.2006
		TW 294723 B1	11.03.2008
		TW 200612684 A	16.04.2006
CN 101166052 A	23.04.2008	EP 1914947 A1	23.04.2008
		US 2008095258 A1	24.04.2008
		JP 2008104193 A	01.05.2008
US 2008080634 A1	03.04.2008	US 7702029 B2	20.04.2010
		US 2010202553 A1	12.08.2010

国际检索报告

国际申请号  
**PCT/CN2010/000447**

**A. 主题的分类**

H04L 1/06 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

**B. 检索领域**

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H04L; H04B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) WPI; EPODOC; CPRS; CNKI; IEEE 天线, 阵列, 矩阵, 码字, 索引, 近似, antenna, array, matrix, codeword, index, approximate

**C. 相关文件**

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 1973473 A (英特尔公司) 30.5 月 2007 (30.05.2007) 摘要, 说明书第 1 页第 13 行-第 8 页第 11 行, 权利要求 1-28	1-2,10-11
A		3-9,12-13
A	CN 101166052 A (株式会社 NTT 都科摩) 23.4 月 2008 (23.04.2008) 全文	1-13
A	US 2008080634 A1 (FREESCALE SEMICONDUCTOR INC) 03.4 月 2008 (03.04.2008) 全文	1-13

其余文件在 C 栏的续页中列出。

见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期  
01.1 月 2011 (01.01.2011)

国际检索报告邮寄日期  
**20.1 月 2011 (20.01.2011)**

ISA/CN 的名称和邮寄地址:  
中华人民共和国国家知识产权局  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088  
传真号: (86-10)62019451

受权官员  
**王雪莲**  
电话号码: (86-10) **62411747**

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
**PCT/CN2010/000447**

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 1973473 A	30.05.2007	US 2005286663 A1	29.12.2005
		WO 2006007148 A1	19.01.2006
		TW 294723 B1	11.03.2008
		TW 200612684 A	16.04.2006
CN 101166052 A	23.04.2008	EP 1914947 A1	23.04.2008
		US 2008095258 A1	24.04.2008
		JP 2008104193 A	01.05.2008
US 2008080634 A1	03.04.2008	US 7702029 B2	20.04.2010
		US 2010202553 A1	12.08.2010