



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101860388 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201010155264. 6

(22) 申请日 2010. 04. 02

(30) 优先权数据

28380/09 2009. 04. 02 KR

(73) 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

专利权人 高丽大学校

(72) 发明人 李成镐 黄瑾喆 尹淳暎 李寅圭

朴硕焕

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51) Int. Cl.

H04B 7/06(2006. 01)

H04B 7/08(2006. 01)

H04L 1/06(2006. 01)

(56) 对比文件

KR 20080072164 A, 2008. 08. 06,

CN 1756119 A, 2006. 04. 05,

CN 101340219 A, 2009. 01. 07,

CN 1598720 A, 2005. 03. 23,

审查员 胡燕

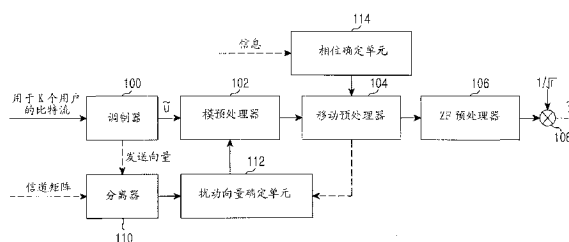
权利要求书4页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

确定低复杂度的最佳整数扰动向量的装置和方法

(57) 摘要

一种用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的装置和方法。该系统包括：发送器，其在多天线系统中使用低复杂度的最佳整数扰动向量来发送数据，该发送器包括模预处理器、移动预处理器和预编码器。模预处理器将整数扰动向量加到发送信号向量上。移动预处理器使用相位角对信道矩阵的伪逆矩阵进行相位移动。预编码器使用信道矩阵的相位移动后的伪逆矩阵来对通过整数扰动向量扰动的发送信号向量进行预编码。



1. 一种能够在多天线系统中使用最佳整数扰动向量来发送数据的发送器,该发送器包括:

模预处理器 (102),被配置为将最佳整数扰动向量加到发送信号向量上;

移动预处理器 (104),被配置为使用相位角对信道矩阵的伪逆矩阵进行相位移动;

预编码器,被配置为使用信道矩阵的相位移动后的伪逆矩阵来对通过最佳整数扰动向量扰动的发送信号向量进行预编码;

分离器 (110),被配置为分离信道矩阵的伪逆矩阵的第一信道向量和第二信道向量,并且分离发送信号向量的实部和虚部;以及

扰动向量确定单元 (112),被配置为通过与分离的第一信道向量以及发送信号向量的分离的实部结合、以及与分离的第二信道向量和发送信号向量的分离的虚部结合,来独立地确定最佳整数扰动向量的实数值和虚数值。

2. 如权利要求 1 的发送器,

其中扰动向量确定单元使用第一公式确定整数扰动向量的实数值和虚数值,所述第一公式被定义为:

$$R\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{l \in \mathbb{Z}^K} \left\| r - H_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad \& \quad I\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{l \in \mathbb{Z}^K} \left\| \dot{r} - \dot{H}_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2$$

$$\text{其中 } r = \sum_{i=1}^K h_i^+ u_{i,I}, H_e = -\tau \begin{bmatrix} h_1^+ & \dots & h_K^+ \end{bmatrix}, \dot{r} = \sum_{i=1}^K \dot{h}_i^+ u_{i,Q}, \dot{H}_e = -\tau \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ & \dots & \dot{h}_K^+ \end{bmatrix},$$

其中 $R\{\}$ 表示实部, $\tilde{I}_{opt}$ 是最佳扰动向量, K 表示维度或用户的数目, $\mathbb{Z}^K$ 是 K 维实向量的集合, $r, \dot{r}, H_e$ 和 $\dot{H}_e$ 是使用以上方程导出的, l_K 是 $\tilde{I}$ 的第 K 个元素, $I\{\}$ 表示虚部, $u_{i,I}$ 表示 u_i 的实部, τ 表示恒定正实数, $u_{i,Q}$ 表示 u_i 的虚部, 并且

$$h_K^+ = \begin{bmatrix} R\{\tilde{h}_K\}^T & I\{\tilde{h}_K\}^T \end{bmatrix}^T, \quad \dot{h}_K^+ = \begin{bmatrix} -I\{\tilde{h}_K\}^T & R\{\tilde{h}_K\}^T \end{bmatrix}^T.$$

3. 如权利要求 1 所述的发送器,其中,通过第三公式来定义第一信道向量和第二信道向量:

$$h_i^+ = \begin{bmatrix} R\{\tilde{h}_i\}^T & I\{\tilde{h}_i\}^T \end{bmatrix}^T, \quad \dot{h}_i^+ = \begin{bmatrix} -I\{\tilde{h}_i\}^T & R\{\tilde{h}_i\}^T \end{bmatrix}^T$$

其中, h_i^+ 是第一信道向量, $\dot{h}_i^+$ 是第二信道向量, $R\{\}$ 表示实部, $I\{\}$ 表示虚部, $[A]^T$ 表示矩阵 A 的转置矩阵, $\tilde{h}_i^+$ 是 $\tilde{H}^+$ 的第 i 列向量。

4. 如权利要求 1 所述的发送器,其中,通过如下定义的重复过程来确定所述相位角:

对于 $i = 2 : K$

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{h_1^{+T} \dot{h}_i^+}{h_1^{+T} h_i^+} \right),$$

其中 K 表示维度或用户的数目, 并且 h_i^{+T} 表示 h_i^+ 的转置。

5. 如权利要求 1 所述的发送器, 其中, 基于下式来确定所述相位角:

$$h_{1,\theta}^{+} \perp \text{span}(h_{1,\theta}^{+}, \dots, h_{K,\theta}^{+}) \quad \& \quad h_{1,\theta}^{+} \perp \text{span}(h_{1,\theta}^{+}, \dots, h_{K,\theta}^{+})$$

其中, $h_{1,\theta}^{+}$ 是相位移动后的第一信道向量, $h_{1,\theta}^{+}$ 是相位移动后的第二信道向量。

6. 一种用于在多天系统使用最佳整数扰动向量来发送数据的方法, 该方法包括:
分离信道矩阵的伪逆矩阵的第一信道向量和第二信道向量 (300), 并且分离发送信号向量的实部和虚部 (302);

通过与分离的第一信道向量以及发送信号向量的分离的实部结合、以及与分离的第二信道向量和发送信号向量的分离的虚部结合, 来独立地确定最佳整数扰动向量的实数值和虚数值 (308);

将所述最佳整数扰动向量加到所述发送信号向量上 (310);

使用相位角对信道矩阵的伪逆矩阵进行相位移动 (304); 以及

使用信道矩阵的相位移动后的伪逆矩阵来对通过最佳整数扰动向量扰动的发送信号向量进行预编码 (306)。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其中基于第二公式确定整数扰动向量的实数值和虚数值, 所述第二公式被定义为:

$$R\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in \mathbb{Z}^K} \left\| r - H_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad \& \quad I\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in \mathbb{Z}^K} \left\| \dot{r} - \dot{H}_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2$$

$$\text{其中 } r = \sum_{i=1}^K h_i^{+} u_{i,I}, H_e = -\tau [h_1^{+} \quad \dots \quad h_K^{+}], \dot{r} = \sum_{i=1}^K \dot{h}_i^{+} u_{i,Q}, \dot{H}_e = -\tau \begin{bmatrix} \dot{h}_1^{+} & \dots & \dot{h}_K^{+} \end{bmatrix}$$

其中 $R\{\}$ 表示实部, $\tilde{I}_{opt}$ 是最佳扰动向量, K 表示维度或用户的数目, $\mathbb{Z}^K$ 是 K 维实向量的集合, $r, \dot{r}, H_e$ 和 $\dot{H}_e$ 是使用以上方程导出的, l_K 是 $\tilde{I}$ 的第 K 个元素, $I\{\}$ 表示虚部, $u_{i,I}$ 表示 u_i 的实部, τ 表示恒定正实数, $u_{i,Q}$ 表示 u_i 的虚部, 并且

$$h_K^{+} = \begin{bmatrix} R\{\tilde{h}_K^{+}\}^T & I\{\tilde{h}_K^{+}\}^T \end{bmatrix}^T, \quad \dot{h}_K^{+} = \begin{bmatrix} -I\{\tilde{h}_K^{+}\}^T & R\{\tilde{h}_K^{+}\}^T \end{bmatrix}^T.$$

8. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 通过第三公式来定义第一信道向量和第二信道向量:

$$h_i^{+} = \begin{bmatrix} R\{\tilde{h}_i^{+}\}^T & I\{\tilde{h}_i^{+}\}^T \end{bmatrix}^T, \quad \dot{h}_i^{+} = \begin{bmatrix} -I\{\tilde{h}_i^{+}\}^T & R\{\tilde{h}_i^{+}\}^T \end{bmatrix}^T$$

其中, h_i^{+} 是第一信道向量, $\dot{h}_i^{+}$ 是第二信道向量, $R\{\}$ 表示实部, $I\{\}$ 表示虚部, $[A]^T$ 表示矩阵 A 的转置矩阵, $\tilde{h}_i^{+}$ 是 $\tilde{H}^{+}$ 的第 i 列向量。

9. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 通过如下定义的重复过程来确定所述相位角:

对于 $i = 2 : K$

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{h_1^{+T} \dot{h}_i^+}{h_1^{+T} h_i^+} \right),$$

其中 K 表示维度或用户的数目, 并且 h_1^{+T} 表示 h_1^+ 的转置。

10. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 基于下式来确定所述相位角:

$$h_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+) \quad \& \quad \dot{h}_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(h_{1,\theta}^+, \dots, h_{K,\theta}^+)$$

其中, $h_{1,\theta}^+$ 是相位移动后的第一信道向量, $\dot{h}_{1,\theta}^+$ 是相位移动后的第二信道向量。

11. 一种用于在多天线系统中使用如权利要求 1 所述的最佳整数扰动向量接收数据的接收器, 该接收器包括:

移动校正器 (200), 被配置为对接收信号向量执行相位补偿;

模校正器 (204), 被配置为通过对相位补偿后的接收信号向量执行模运算来消除最佳整数扰动向量; 以及

解调器 (206), 被配置为对来自己已经从中消除了所述最佳整数扰动向量的接收信号向量的相关比特进行解调。

12. 如权利要求 11 所述的接收器, 其中, 所述相位补偿是针对每个用户对相位移动的补偿, 以允许在信道矩阵的伪逆矩阵中实向量空间和虚向量空间正交。

13. 如权利要求 12 所述的接收器, 其中, 通过如下定义的重复过程来确定用于相位补偿的相位角:

对于 $i = 2 : K$

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{h_1^{+T} \dot{h}_i^+}{h_1^{+T} h_i^+} \right),$$

其中 K 表示维度或用户的数目, 并且 h_1^{+T} 表示 h_1^+ 的转置。

14. 如权利要求 12 所述的接收器, 其中, 基于第一公式来确定用于相位补偿的相位角:

$$h_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+) \quad \& \quad \dot{h}_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(h_{1,\theta}^+, \dots, h_{K,\theta}^+)$$

其中, $h_{1,\theta}^+$ 是相位移动后的第一信道向量, $\dot{h}_{1,\theta}^+$ 是相位移动后的第二信道向量。

15. 一种用于在多天线系统中使用如权利要求 6 所述的最佳整数扰动向量接收数据的方法, 该方法包括:

对接收信号向量执行相位补偿 (402);

通过对相位补偿后的接收信号向量执行模运算来消除最佳整数扰动向量 (404); 以及

对来自己已经从中消除了所述最佳整数扰动向量的接收信号向量的相关比特进行解调 (406)。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其中, 所述相位补偿是针对每个用户对相位移动的补偿, 以允许在信道矩阵的伪逆矩阵中实向量空间和虚向量空间正交。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 其中, 通过由如下定义的重复处理来确定用于相位补偿的相位角:

对于 $i = 2 : K$

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{h_1^{+T} h_i^+}{h_1^{+T} h_i^+} \right),$$

其中 K 表示维度或用户的数目, 并且 h_1^{+T} 表示 h_1^+ 的转置。

18. 如权利要求 16 所述的方法, 其中, 基于第二公式来确定用于相位补偿的相位角:

$$h_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(h_{1,\theta}^+, \dots, h_{K,\theta}^+) \quad \& \quad h_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(h_{1,\theta}^+, \dots, h_{K,\theta}^+)$$

其中, $h_{1,\theta}^+$ 是相位移动后的第一信道向量, $h_{1,\theta}^+$ 是相位移动后的第二信道向量。

确定低复杂度的最佳整数扰动向量的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多天线系统。更具体地,本发明涉及一种用于在多天线系统中,通过使用实数值表示法来表示信道矩阵的伪逆矩阵和发送信号向量、并且分离它们的实部和虚部,来确定低复杂度的最佳整数扰动 (perturbation) 向量的装置和方法。

背景技术

[0002] 近来,在移动通信领域广泛使用用于支持高信息发送速率的多输入多输出 (MIMO) 技术。不仅正在积极地研究点对点 MIMO 技术,还正在积极地研究多用户 MIMO 技术,在多用户 MIMO 技术中,基站同时考虑向多个终端发送数据的多个用户。与点对点 MIMO 不同,在多用户环境下,必须将信息同时发送给多个用户以便提高发送效率。更具体地,在发送天线的数目大于接收天线的数目的情况下,必须将信息同时发送给多个用户以便获得最大复用效率。在这一点上,可能出现的问题之一是某个用户的信号可能充当对于不同用户的干扰。消除这个干扰信号的技术根据消除所述信号的位置可以被分类为发送端干扰消除技术和接收端干扰消除技术。当发送天线的数目为 1 时,在接收端将不同用户的信号解码然后消除该信号的方法最好,而不需要发送端干扰消除技术。相比之下,当发送天线的数目为 2 或更多时,在接收端消除干扰的方法不是最好的,需要使用发送端干扰消除技术。作为发送端干扰消除技术之一的脏纸编码 (DPC) 支持最大信息发送速率。然而, DPC 存在具有相当高的计算复杂度的问题。

[0003] 因此,已经提出了具有比 DPC 的计算复杂度低的计算复杂度的向量扰动 (VP) 技术。VP 技术是基于迫零 (zero-forcing) 的线性预处理技术。在 VP 技术中,发送端将整数扰动向量加到期望的信号向量上,以便防止功率增强 (power boosting) 的现象。

[0004] 如上所述,与现有的线性技术相比,VP 技术通过在经由发送天线发送信号之前加上整数扰动向量可以获得性能提升,但是每当信道响应和数据信号改变时在找出最佳整数扰动向量的过程期间需要高计算复杂度。

[0005] 因此,需要一种用于在多天线系统中确定需要低复杂度的最佳整数扰动向量的装置和方法。

发明内容

[0006] 为了应对上面讨论的现有技术的缺陷,本发明的主要方面是解决至少上述问题和/或缺点,并且提供至少下述优点。因此,本发明的一个方面是提供一种多天线系统中的发送器/接收器和发送/接收方法。

[0007] 本发明的另一方面是提供一种用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的装置和方法。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于在多天线系统中使用低复杂度的最佳整数扰动向量来发送数据的发送器。该发送器包括:模 (modulo) 预处理器,用于将整数扰动向量加到发送信号向量上;移动 (shift) 预处理器,用于使用相位角对信道矩阵的伪逆矩

阵进行相位移动；以及预编码器，用于使用信道矩阵的相位移动后的伪逆矩阵来对通过整数扰动向量扰动的发送信号向量进行预编码。

[0009] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于在多天系统确定低复杂度的最佳整数扰动向量的发送器。该发送器包括：分离器 (decoupler)，用于分离信道矩阵的伪逆矩阵的第一信道向量和第二信道向量，并且分离发送信号向量的实部和虚部；以及扰动向量确定单元，用于基于下面的第一公式，通过与分离的第一信道向量以及发送信号向量的分离的实部结合 (couple)、以及与分离的第二信道向量和发送信号向量的分离的虚部结合，来独立地确定整数扰动向量的实数值和虚数值。

[0010]

$$\tilde{R}\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in Z^K} \left\| r - H_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad \& \quad \tilde{I}\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in Z^K} \left\| \dot{r} - \dot{H}_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2$$

[0011] 其中

$$r = \sum_{i=1}^K h_i^+ u_{i,I}, H_e = -\tau \begin{bmatrix} h_1^+ & \cdots & h_K^+ \end{bmatrix}, \dot{r} = \sum_{i=1}^K \dot{h}_i^+ u_{i,Q}, \dot{H}_e = -\tau \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ & \cdots & \dot{h}_K^+ \end{bmatrix}$$

[0012] 根据本发明的另一方面，提供了一种在多天系统使用低复杂度的最佳整数扰动向量来发送数据的方法。该方法包括：将整数扰动向量加到发送信号向量上；使用相位角对信道矩阵的伪逆矩阵进行相位移动；以及使用信道矩阵的相位移动后的伪逆矩阵来对通过整数扰动向量扰动的发送信号向量进行预编码。

[0013] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于在多天系统确定低复杂度的最佳整数扰动向量的方法。该方法包括：分离信道矩阵的伪逆矩阵的第一信道向量和第二信道向量，并且分离发送信号向量的实部和虚部；以及基于下面的第一公式，通过与分离的第一信道向量和发送信号向量的分离的实部结合、以及与分离的第二信道向量和发送信号向量的分离的虚部结合，来独立地确定整数扰动向量的实数值和虚数值。

[0014]

$$\tilde{R}\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in Z^K} \left\| r - H_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad \& \quad \tilde{I}\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in Z^K} \left\| \dot{r} - \dot{H}_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2$$

[0015] 其中

$$r = \sum_{i=1}^K h_i^+ u_{i,I}, H_e = -\tau \begin{bmatrix} h_1^+ & \cdots & h_K^+ \end{bmatrix}, \dot{r} = \sum_{i=1}^K \dot{h}_i^+ u_{i,Q}, \dot{H}_e = -\tau \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ & \cdots & \dot{h}_K^+ \end{bmatrix}$$

[0016] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于在多天系统确定低复杂度的最佳整数扰动向量的装置。该装置包括：移动校正器，其对接收信号向量执行相位补偿；模校正器，其通过对相位补偿后的接收信号执行模运算来消除整数扰动向量分量 (component)；以及解调器，其将来自已经从中消除了所述整数扰动向量分量的接收信号向量的相关比特

解调。

[0017] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的方法。该方法包括:对接收信号向量执行相位补偿;通过对相位补偿后的接收信号执行模运算来消除整数扰动向量分量;以及将来自己已经从中消除了所述整数扰动向量分量的接收信号向量的相关比特解调。

[0018] 在着手描述下面的“具体实施方式”之前,阐述在本专利文件中通篇使用的某些词语和短语的定义可能是有好处的;术语“包含”和“包括”以及它们的派生词意思是不加限制地包含;术语“或”是包含性的,意思是和/或;短语“与... 相关联的”和“与其关联的”以及它们的派生词意思可以是包括、被包括在... 内、与... 互连、包含、被包含在... 内、连接到或者与... 连接、耦接到或与... 耦接、可与... 通信、与... 协作、交织、并列、接近、绑定到或与... 绑定、具有、具有... 的特性等;术语“控制器”意思是控制至少一个操作的任何设备、系统或其一部分,可以用硬件、固件或软件、或者它们中的至少两种的某种组合来实现这样的设备。应当注意,与任何特定控制器相关联的功能性可以是集中的或分布式的,不是本地的就是远程的。在本专利文件中通篇提供对于某些词语和短语的定义,本领域普通技术人员应当理解,在很多实例(如果不是大多数实例的话)中,这样的定义适用于对于这样定义的词语和短语的以前的和以后的使用。

附图说明

[0019] 根据结合附图进行的以下描述,本发明的某些示例实施例的上述和其它方面、特征和优点将更加清楚,在附图中:

[0020] 图1图示了根据本发明示例实施例的用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的发送器;

[0021] 图2图示了根据本发明示例实施例的用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的接收器;

[0022] 图3图示了根据本发明示例实施例的用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的发送器的操作;以及

[0023] 图4图示了根据本发明示例实施例的用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的接收器的操作。

具体实施方式

[0024] 下面讨论的图1到图4以及在本专利文件中用来描述本公开的原理的各种实施例仅仅是作为说明,而不应被以任何限制本公开的范围的方式来解释。本领域技术人员将理解,可以在任何适当布置的通信系统中实现本公开的原理。

[0025] 在这里,将在下面参照附图来描述本发明的优选实施例。在以下描述中,将省略对于公知功能或构造的详细描述,因为它们会以不必要的细节而使本发明不清楚。此外,在这里使用的术语是根据本发明的功能定义的。因此,所述术语可以根据用户或操作者的意图或实践而变化。因此,应当基于这里做出的描述来理解这里使用的术语。

[0026] 本发明的示例实施例提供了一种用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的装置和方法。

[0027] 整数扰动向量是复向量,其实部和虚部是整数。本发明的示例实施例提出一种用于在确定整数扰动向量时分离实部和虚部、并确定整数扰动向量以便减小计算复杂度的方法。此外,本发明的示例实施例提出一种可以在发送器处应用以便减小在分离整数扰动向量的实部和虚部时发生的损失(loss)的预处理技术。

[0028] 图1图示了根据本发明示例实施例的在多天系统确定低复杂度的最佳整数扰动向量的发送器。

[0029] 参照图1,该发送器包括调制器100、模预处理器102、移动预处理器104、迫零(ZF)预处理器106、单位化(unitization)单元108、分离器110、扰动向量确定单元112、以及相位确定单元114。

[0030] 调制器100从上层接收用于K个用户的比特流,并且根据相关调制方案将比特映射到每个流的调制符号。也就是说,调制器100根据相关调制方案将预定比特映射到星座点。以复数据信号来表示所述调制符号或星座点。

[0031] 模预处理器102接收K个复数据信号(或调制符号),并且从扰动向量确定单元112接收整数扰动向量值以扰动该复数据信号,以便防止由ZF预处理产生的发送功率增加的现象(即,防止信道矩阵的逆矩阵发散(diverging))。换言之,模预处理器102将乘以常数 τ 的复整数向量(即,整数扰动向量)加到该复数据信号上。

[0032] 移动预处理器104使用从相位确定单元114提供的K个相位角,对从模预处理器102输出的K个扰动后的复数据信号执行相位移动。也就是说,对于K个用户流的每一个,移动预处理器104将复数据信号的相位移动一相位角(这里,参照下面的公式13)。

[0033] ZF预处理器106将复数据信号乘以由移动预处理器104进行了相位移动的信道矩阵的伪逆矩阵,并且将其输出到单位化单元108。ZF预处理器106通过将发送信号乘以信道矩阵的伪逆矩阵并且输出该发送信号,来消除用户之间的干扰。

[0034] 单位化单元108将来自ZF预处理器106的输出信号乘以 $1/\sqrt{\gamma}$,并且经由M个发送天线发送该输出信号。

[0035] 分离器110分离信道矩阵的实部和虚部以及从调制器100调制的发送信号向量的实部和虚部,分离信道矩阵的伪逆矩阵的第一信道向量和第二信道向量(参照下面的公式8),并且将它们输出到扰动向量确定单元112。可以使用实数值表示法来分离信道矩阵的伪逆矩阵的实部和虚部以及发送信号向量的实部和虚部。

[0036] 扰动向量确定单元112使用通过分离器110分离的、信道矩阵的伪逆矩阵的实部和虚部以及发送信号向量的实部和虚部,确定扰动向量的实数值和虚数值,并且将它们提供给模预处理器102。在这一点上,扰动向量确定单元112使用来自移动预处理器104的、信道矩阵的伪逆矩阵的分离后的实部和虚部以及发送信号向量的分离后的实部和虚部的相位移动结果,确定最佳整数扰动向量(参照下面的公式7和11)。

[0037] 为了减小在扰动向量确定单元112分离整数扰动向量的实部和虚部时产生的损失,相位确定单元114确定用于相应的K个比特流的相位角 $\theta_1, \dots, \theta_k$,使得信道矩阵的伪逆矩阵的实向量空间和虚向量空间正交。这里,可以通过重复算法(参照公式12)来计算最佳相位角。例如,在 $\theta_2, \dots, \theta_k$ 固定的情况下,对于 θ_1 确定最佳相位值,然后在 θ_1 和 $\theta_3, \dots, \theta_k$ 固定的情况下,对于 θ_2 确定最佳相位值。同样,在除了相关相位角以外的其它相位角的固定情况下确定相位角 $\theta_3, \dots, \theta_k$ 的最佳相位值(参照下面的公式17)。

[0038] 根据另一示例实施例,为了计算相位角,从实向量空间选择 K 个相位角之一并将其固定(即,将相位角设为 0),并且确定相位角,使得对应于实向量空间的所选相位角的一个伪逆矩阵与对应于虚向量空间的 K 个相位角的 K 个伪逆矩阵正交。此外,从虚向量空间选择 K 个相位角之一并将其固定(即,将相位角设为 0),并且确定相位角,使得对应于虚向量空间的所选相位角的一个伪逆矩阵与对应于实向量空间的 K 个相位角的 K 个伪逆矩阵正交(参照公式 18)。

[0039] 图 2 图示了根据本发明实施例的在有多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的接收器。

[0040] 参照图 2,接收器包括移动校正器 200_1 至 200_K、单位化校正器 202_1 至 202_K、模校正器 204_1 至 204_K、以及解调器 206_1 至 206_K(索引 K 是用户接收器的索引)。K 个用户中的每个用户经由 N 个接收天线接收发送信号。

[0041] 移动校正器 200_1 至 200_K 消除由发送器执行的移动预处理对经由接收天线接收的信号的影响。换言之,由于已经对相应的 K 个比特流进行了相位移动以便减小在发送器分离信道矩阵的伪逆矩阵的实部和虚部时产生的系统性能劣化,因此移动校正器对所述相位移动进行补偿。

[0042] 单位化校正器 202_1 至 202_K 将接收信号乘以 $\sqrt{\gamma}$, 并且将其输出到模校正器 204_1 至 204_K 以便消除单位化影响。换言之,由于发送器将发送信号乘以 $1/\sqrt{\gamma}$ 以满足功率限制条件,因此接收器通过将接收信号乘以 $\sqrt{\gamma}$ 来进行补偿。

[0043] 模校正器 204_1 至 204_K 校正由图 1 的发送器执行的模预处理器的影响。换言之,由于发送器将整数扰动向量加到发送向量上以防止由 ZF 预处理产生的功率升高的现象,因此接收器通过模运算来消除加到发送向量上的整数扰动向量。

[0044] 解调器 206_1 至 206_K 接收包括噪声影响的复信号,并且检测相关的比特信号。

[0045] 为了进行更清楚的数学描述,使用公式 1 来表示 K 个维度(K 个流)的整个接收信号向量

$$[0046] \quad \tilde{\mathbf{y}} = \tilde{\mathbf{H}} \tilde{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{n}} \quad [\text{公式 1}]$$

[0047] 其中, $\tilde{\mathbf{H}}$ 是信道矩阵, $\tilde{\mathbf{x}}$ 是 M 个维度(M 个发送天线)的发送信号向量,并且是列出经由各个天线发送的信号列向量, $\tilde{\mathbf{n}}$ 是从接收天线产生的噪声的向量。所述向量的元素是独立的,并且符合平均值为 0 且离差为 σ_n^2 的正态分布。当利用 $\tilde{\mathbf{u}}$ 来表示列出与每个用户的比特流相对应的复信号的 K 维向量时,发送信号向量由公式 2 给出:

$$[0048] \quad \tilde{\mathbf{x}} = \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \tilde{\mathbf{H}}^+ (\tilde{\mathbf{u}} + \tau \tilde{\mathbf{I}}) \quad [\text{公式 2}]$$

[0049] 其中, $\tilde{\mathbf{H}}^+$ 是信道矩阵 $\tilde{\mathbf{H}}$ 的伪逆矩阵,并且在 ZF 预处理器 106 处乘以 $\tilde{\mathbf{H}}^+, 1/\sqrt{\gamma}$

是被引入以满足整体功率限制条件 $E \left\| \tilde{\mathbf{x}} \right\|^2 \leq 1$ 的常数并且按照 $\gamma = E \left\| \tilde{\mathbf{H}}^+ (\tilde{\mathbf{u}} + \tau \tilde{\mathbf{I}}) \right\|^2$ 来计

算,并且在单位化单元 108 处乘以 $1/\sqrt{\gamma}$ 。

[0050] 在这一点上,在 ZF 预处理器 106 预处理了发送信号向量之后,接收信号由公式 3 给出:

$$[0051] \quad \tilde{\mathbf{y}} = \frac{1}{\sqrt{\gamma}} (\tilde{\mathbf{u}} + \tau \tilde{\mathbf{I}}) + \tilde{\mathbf{n}} \quad [\text{公式 3}]$$

[0052] 因此,对于所有用户,通过 $1/\sqrt{\gamma}$ 给出当不考虑模运算的影响时确定扰动向量系(system)的整体性能的有效信道增益(gain)。当整个信道矩阵 $\tilde{\mathbf{H}}$ 状况不好时,即,当 $\tilde{\mathbf{H}}$ 的行方向性相似或者行的大小较小时,由此获得的 $1/\sqrt{\gamma}$ 值可能较小,使得系统性能可能降低。为了挽救系统性能,模预处理器 102 将乘以常数的复整数向量加到复数据信号(或调制符号)上,如公式 4 中那样:

$$[0053] \quad \tilde{\mathbf{u}} + \tau \tilde{\mathbf{I}} \quad [\text{公式 4}]$$

[0054] 其中, $\tilde{\mathbf{u}}$ 是对应于 K 个用户流的复数据信号, τ 是正实数, $\tilde{\mathbf{I}}$ 是复整数向量。

[0055] 加上复整数向量而不是一般的复向量的原因是使接收器能够基于模运算校正加上 $\tau \tilde{\mathbf{I}}$ 的影响并且进行解码。

[0056] 通常,在实现 VP 系统时最困难之处在于在给定信道矩阵 $\tilde{\mathbf{H}}$ 和复数据向量 $\tilde{\mathbf{u}}$ 时使用公式 5 确定可以优化性能的最佳扰动向量 $\tilde{\mathbf{I}}_{\text{opt}}$ 。也就是说,最困难之处在于计算使 γ 值最小的 $\tilde{\mathbf{I}}_{\text{opt}}$ 。

$$[0057] \quad \tilde{\mathbf{I}}_{\text{opt}} = \arg \min_{\tilde{\mathbf{I}} \in \text{CZ}^K} \left\| \tilde{\mathbf{H}}^+ (\tilde{\mathbf{u}} + \tau \tilde{\mathbf{I}}) \right\|^2 \quad [\text{公式 5}]$$

[0058] 其中, CZ^K 是一组 K 维向量,其实部和虚部是整数。为了有效地计算公式 1,使用诸如球编码(SE)和格点减少(LR)之类的算法。本发明的示例实施例提供了一种能够有效地减小 SE 和 LR 算法的计算复杂度的过程。

[0059] 在公式 5 中要被最小化的函数被定义为公式 6:

$$[0060] \quad C(\tilde{\mathbf{I}}) = \left\| \tilde{\mathbf{H}}^+ (\tilde{\mathbf{u}} + \tau \tilde{\mathbf{I}}) \right\|^2 = \left\| \tilde{\mathbf{h}}_1^+ \cdots \tilde{\mathbf{h}}_K^+ \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{u}}_1 + \tau \tilde{\mathbf{l}}_1 \\ \vdots \\ \tilde{\mathbf{u}}_K + \tau \tilde{\mathbf{l}}_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad [\text{公式 6}]$$

[0061] 其中, $\tilde{\mathbf{h}}_i^+$ 是 $\tilde{\mathbf{H}}^+$ 的第 i 列向量, $\tilde{\mathbf{u}}_i$ 和 $\tilde{\mathbf{l}}_i$ 分别是 $\tilde{\mathbf{u}}$ 和 $\tilde{\mathbf{I}}$ 的第 i 元素。公式 6 可以用实数系表示,如公式 7 中那样:

$$[0062] \quad C(\tilde{I}) = C_R(\tilde{I}) = \left\| \begin{bmatrix} h_1^+ \cdots h_K^+ & \dot{h}_1^+ \cdots \dot{h}_K^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,I} + \tau l_{1,I} \\ \vdots \\ u_{K,I} + \tau l_{K,I} \\ u_{1,Q} + \tau l_{1,Q} \\ \vdots \\ u_{K,Q} + \tau l_{K,Q} \end{bmatrix} \right\|^2$$

$$[0063] \quad = \left\| \begin{bmatrix} h_1^+ \cdots h_K^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,I} + \tau l_{1,I} \\ \vdots \\ u_{K,I} + \tau l_{K,I} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ \cdots \dot{h}_K^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,Q} + \tau l_{1,Q} \\ \vdots \\ u_{K,Q} + \tau l_{K,Q} \end{bmatrix} \right\|^2 \quad [\text{公式 7}]$$

[0064] 其中,对于任意的复数 $\tilde{a}$, a_I 和 a_Q 分别是 $\tilde{a}$ 的实部和虚部, h_i^+ 和 $\dot{h}_i^+$ 由公式 8 定义。

$$[0065] \quad h_i^+ = \begin{bmatrix} \tilde{h}_i^+ & \tilde{h}_i^+ \end{bmatrix}^T, \quad \dot{h}_i^+ = \begin{bmatrix} -I\{\tilde{h}_i^+\}^T & R\{\tilde{h}_i^+\}^T \end{bmatrix}^T \quad [\text{公式 8}]$$

[0066] 如公式 9 中那样,以实数系函数来表示使用公式 5 获得的 $\tilde{I}_{\text{opt}}$:

$$[0067] \quad \tilde{I}_{\text{opt}} = \arg \min_{I \in \mathbb{C}Z^K} C_R(\tilde{I})$$

$$[0068] \quad \tilde{I} \in \mathbb{C}Z^K$$

$$[0069] \quad = \arg \min_{I \in \mathbb{C}Z^K} \left\| \begin{bmatrix} h_1^+ \cdots h_K^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,I} + \tau l_{1,I} \\ \vdots \\ u_{K,I} + \tau l_{K,I} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ \cdots \dot{h}_K^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,Q} + \tau l_{1,Q} \\ \vdots \\ u_{K,Q} + \tau l_{K,Q} \end{bmatrix} \right\|^2 \quad [\text{公式 9}]$$

[0070] 这里,为了使用公式 9 获得最佳扰动向量,必须同时搜索 $2K$ 个整数。因此,本发明的示例实施例提出一种用于如公式 10 中那样分离与实部对应的整数和与虚部对应的整数、并且计算 $\tilde{I}_{\text{opt}}$ 以便减小计算复杂度的方法。

$$[0071] \quad R\{\tilde{I}_{\text{opt}}\} \approx \arg \min_{I \in \mathbb{Z}^K} \left\| r - H_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad \& \quad I\{\tilde{I}_{\text{opt}}\} \approx \arg \min_{I \in \mathbb{Z}^K} \left\| \dot{r} - \dot{H}_e \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad [\text{公式 10}]$$

[0072] 这里, r 和 $\dot{r}$ 、以及 H_e 和 $\dot{H}_e$ 由公式 11 给出:

$$[0073] \quad r = \sum_{i=1}^K h_i^+ u_{i,I}, \quad H_e = -\tau \begin{bmatrix} h_1^+ & \cdots & h_K^+ \end{bmatrix}, \quad \dot{r} = \sum_{i=1}^K \dot{h}_i^+ u_{i,Q}, \quad \dot{H}_e = \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ & \cdots & \dot{h}_K^+ \end{bmatrix},$$

$$[0074] \quad \dot{H}_e = -\tau \begin{bmatrix} \dot{h}_1^+ & \cdots & \dot{h}_K^+ \end{bmatrix} \quad [\text{公式 11}]$$

[0075] 当分离实部和虚部以便计算在公式 10 而不是公式 5 中计算 $\tilde{I}_{opt}$ 时, 获得相当数量的计算收益, 但是可能出现性能劣化。在这种情况下, 当满足公式 12 的条件时, 可以减小性能劣化。

$$[0076] \quad \text{span}(\dot{h}_1^+, \dots, \dot{h}_K^+) \perp \text{span}(\dot{h}_1^+, \dots, \dot{h}_K^+) \quad [\text{公式 12}]$$

[0077] 其中, $\text{span}()$ 表示括号内的向量延伸到的向量空间, $\perp$ 表示正交。也就是说, 如在公式 13 中那样应用移动预处理, 使得两个向量空间几乎正交。

$$[0078] \quad \tilde{x} = \frac{1}{\gamma} \tilde{H}^+ \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & e^{j\theta_K} \end{bmatrix} (\tilde{u} + \tau \tilde{I}) = \frac{1}{\gamma} \tilde{H}_\theta^+ (\tilde{u} + \tau \tilde{I}) \quad [\text{公式 13}]$$

[0079] 当如在公式 13 中那样应用移动预处理时, 可以利用公式 14 来表示公式 10 :

$$[0080] \quad R\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in Z^K} \left\| r_\theta - H_e^\theta \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2 \quad \& \quad I\{\tilde{I}_{opt}\} \approx \arg \min_{I \in Z^K} \left\| \dot{r}_\theta - \dot{H}_e^\theta \begin{bmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_K \end{bmatrix} \right\|^2$$

[公式 14]

[0081] 这里, r_θ , $\dot{r}_\theta$, H_e^θ , $\dot{H}_e^\theta$ 由公式 15 给出 :

$$[0082] \quad r_\theta = \sum_{i=1}^K h_{i,\theta}^+ u_{i,I}, \quad H_e^\theta = -\tau [h_{1,\theta}^+ \cdots h_{K,\theta}^+], \quad \dot{r}_\theta = \sum_{i=1}^K \dot{h}_{i,\theta}^+ u_{i,Q},$$

$$[0083] \quad \dot{H}_e^\theta = -\tau \begin{bmatrix} \dot{h}_{1,\theta}^+ & \cdots & \dot{h}_{K,\theta}^+ \end{bmatrix} \quad [\text{公式 15}]$$

[0084] 通过公式 16 来确定 $h_{i,e}^+$ 和 $\dot{h}_{i,e}^+$:

$$[0085] \quad [h_{1,\theta}^+ \cdots h_{K,\theta}^+ \quad h_{1,\theta}^+ \cdots h_{K,\theta}^+] =$$

[0086]

$$\begin{bmatrix} h_1^+ & \cdots & h_K^+ & h_1^+ & \cdots & h_K^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{diag}(1, \cos\theta_2, \dots, \cos\theta_K) & -\text{diag}(0, \sin\theta_2, \dots, \sin\theta_K) \\ \text{diag}(0, \sin\theta_2, \dots, \sin\theta_K) & \text{diag}(1, \cos\theta_2, \dots, \cos\theta_K) \end{bmatrix}$$

[0087] [公式 16]

[0088] 其中, $\text{diag}()$ 是对角矩阵, 其对角线元素是括号内的元素。

[0089] 也就是说, 通过控制 $\theta_2, \dots, \theta_K$, 尽可能地使 $\text{span}(h_1^+, \dots, h_K^+)$ 和

$\text{span}(\dot{h}_1^+, \dots, \dot{h}_K^+)$ 之间的方向性几乎正交, 使得将公式 13 导致的损失最小化。

[0090] 两个向量空间之间的正交性的代表性标准 (criterion) 是弦距离 (Chordaldistance), 其由公式 17 定义:

$$[0091] \quad \text{dist}(\text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+), \text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+)) \approx K - \left\| Q^T \dot{Q} \right\|_F^2 \quad [\text{公式 17}]$$

[0092] 这里, Q 的列向量包括 $\text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+)$ 的单位正交基向量。也就是说, Q 的列向量彼此正交且大小为 1, 并且可以通过它们的线性组合而表示 $\text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+)$

的所有向量。同样, $\dot{Q}$ 的列向量包括 $\text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+)$ 的单位正交基向量。

[0093] 这里, 可以通过重复算法来优化 $\theta_2, \dots, \theta_K$ 。

[0094] 根据另一示例实施例, 可以通过下面的算法 1 来优化 $\theta_2, \dots, \theta_K$ 。

[0095] 算法 1

[0096] For $i = 2:K$

$$[0097] \quad \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\dot{h}_1^{+T} \dot{h}_i^+}{\dot{h}_1^{+T} \dot{h}_i^+} \right)$$

[0098] end

[0099] 可以通过上述算法如公式 18 中那样来保持正交性。

$$[0100] \quad \dot{h}_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+) \ \& \ \dot{h}_{1,\theta}^+ \perp \text{span}(\dot{h}_{1,\theta}^+, \dots, \dot{h}_{K,\theta}^+) \quad [\text{公式 18}]$$

[0101] 也就是说, 为了计算相位角 $\theta_2, \dots, \theta_K$, 从实向量空间选择 K 个相位角之一并将其固定 (即, 将相位角设为 0), 并且确定相位角, 使得对应于实向量空间的所选相位角的一个伪逆矩阵与对应于虚向量空间的 K 个相位角的 K 个伪逆矩阵正交。此外, 从虚向量空间选择 K 个相位角之一并将其固定 (即, 将相位角设为 0), 并且确定相位角, 使得对应于虚向量空间的所选相位角的一个伪逆矩阵与对应于实向量空间的 K 个相位角的 K 个伪逆矩阵正交 (参照公式 18)。

[0102] 图 3 图示了根据本发明示例实施例的用于在多天线系统中确定低复杂度的最佳整数扰动向量的发送器的操作。

[0103] 参照图 3, 在步骤 300 中, 分离器 110 使用实数值表示法来表示发送信号向量和信道矩阵的伪逆矩阵。

[0104] 在步骤 302, 分离器 110 分离发送信号向量的实部和虚部以及信道矩阵的伪逆矩阵的实部和虚部。

[0105] 在步骤 304, 相位确定单元 114 确定用于相应的 K 个比特流的相位角 $\theta_1, \dots, \theta_K$, 使得信道矩阵的伪逆矩阵的实向量空间和虚向量空间正交, 以便减小当分离整数扰动向量的实部和虚部时产生的损失。这里, 可以通过重复算法来获得最佳相位角 (参照公式 12)。

[0106] 根据另一示例实施例, 为了计算相位角, 从实向量空间选择 K 个相位角之一并将其固定 (即, 将相位角设为 0), 并且确定相位角, 使得对应于实向量空间的所选相位角的一

个伪逆矩阵与对应于虚向量空间的 K 个相位角的 K 个伪逆矩阵正交。此外,从虚向量空间选择 K 个相位角之一并将其固定(即,将相位角设为 0),并且确定相位角,使得对应于虚向量空间的所选相位角的一个伪逆矩阵与对应于实向量空间的 K 个相位角的 K 个伪逆矩阵正交(参照公式 18)。

[0107] 在步骤 306,移动预处理器 104 使用所确定的 K 个相位角,对信道矩阵的伪逆矩阵执行相位移动(被称为对角化预编码)。

[0108] 在步骤 308,扰动向量确定单元 112 使用信道矩阵的伪逆矩阵的分离的实部和虚部以及发送信号向量的分离的实部和虚部确定扰动向量的实数值和虚数值。也就是说,扰动向量确定单元 112 根据来自移动预处理器 104 的、信道矩阵的伪逆矩阵的分离的实部和虚部以及发送信号向量的分离的实部和虚部的相位移动结果,确定最佳扰动向量(参照公式 7 和 11)。

[0109] 在步骤 310,模预处理器 102 接收 K 个复数据信号(或调制符号),并且使用该整数扰动向量来扰动发送信号向量,以便防止由 ZF 预处理产生的发送功率升高的现象(即,防止信道矩阵的逆矩阵发散),并且 ZF 预处理器 106 将发送信号乘以信道矩阵的伪逆矩阵并将其输出。

[0110] 在步骤 312,发送器将在步骤 304 确定的 K 个相位角经由单播或广播发送到相关用户。

[0111] 然后,该过程结束。

[0112] 图 4 图示了根据本发明示例实施例的用于在多天系统确定低复杂度的最佳整数扰动向量的接收器的操作。

[0113] 参照图 4,在步骤 400,接收器经由接收天线接收数据。在步骤 402,移动校正器 200_1 至 200_K 消除由发送器执行的移动预处理对接收信号的影响。换言之,由于已经对相应的 K 个比特流进行了相位移动以便减小在发送器分离信道矩阵的伪逆矩阵的实部和虚部时产生的系统性能劣化,因此移动校正器对所述相位移动进行补偿。

[0114] 在步骤 404,模校正器 204_1 至 204_K 校正由发送器执行的模预处理的影响。换言之,由于发送器将整数扰动向量加到发送向量上以防止由 ZF 预处理产生的功率升高的现象,因此接收器通过模运算来消除加到发送向量上的整数扰动向量。

[0115] 在步骤 406,解调器 206_1 至 206_K 将来自己已经从中消除了所述整数扰动向量分量的接收信号向量的相关比特解调。

[0116] 在步骤 408,接收器接收从发送器单播或广播的相位角信息。

[0117] 然后,该过程结束。

[0118] 如上所述,在多天系统使用实数值表示法来表示信道矩阵的伪逆矩阵和发送信号向量,并且分离它们的实部和虚部,使得在确定最佳整数扰动向量时可以减小复杂度。此外,执行对角化预编码,从而可以使通过分离信道矩阵的伪逆矩阵的实部和虚部以及发送信号向量的实部和虚部产生的性能劣化最小化。

[0119] 尽管已经参照本发明的某些优选实施例示出和描述了本发明,但是本领域技术人员将理解,可以在其中做出各种形式和细节上的改变,而不背离由所附权利要求限定的本发明的精神和范围。

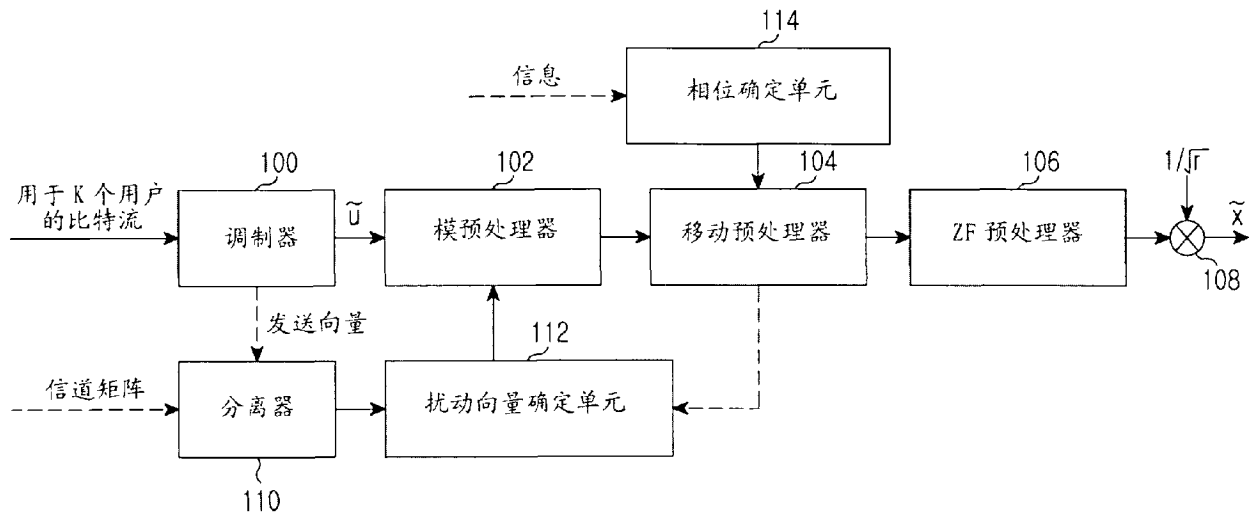


图 1

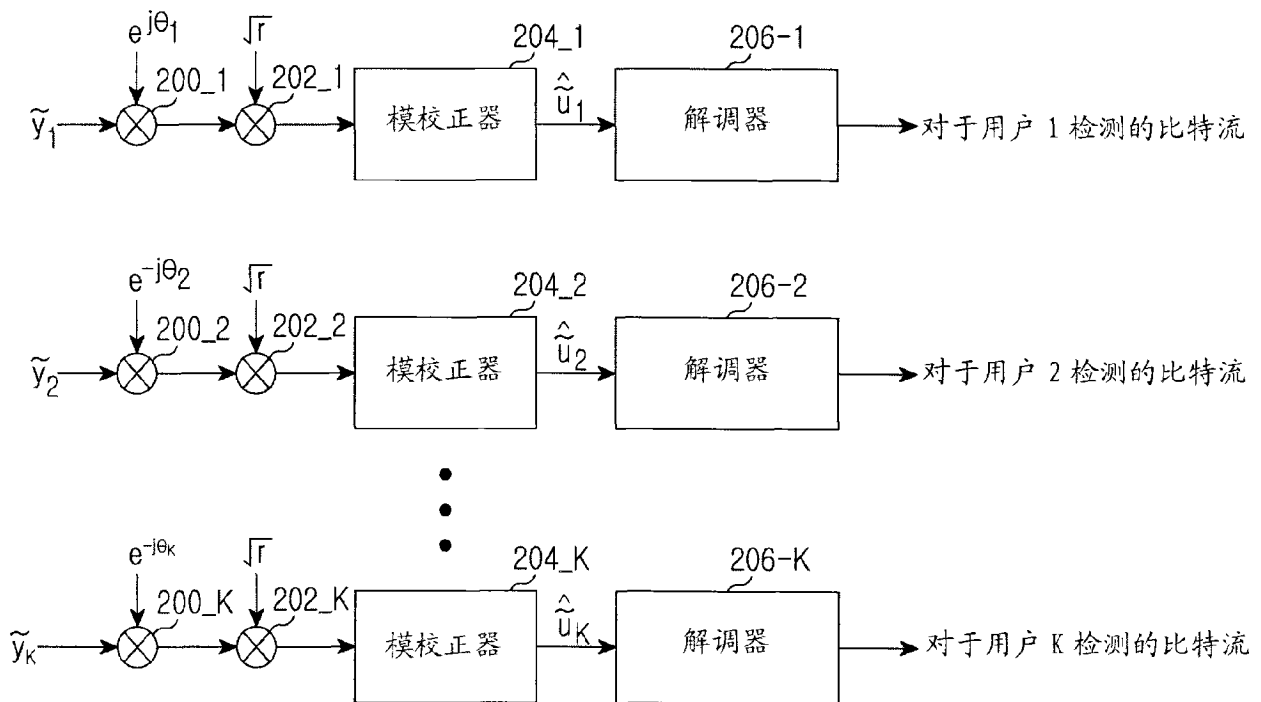


图 2

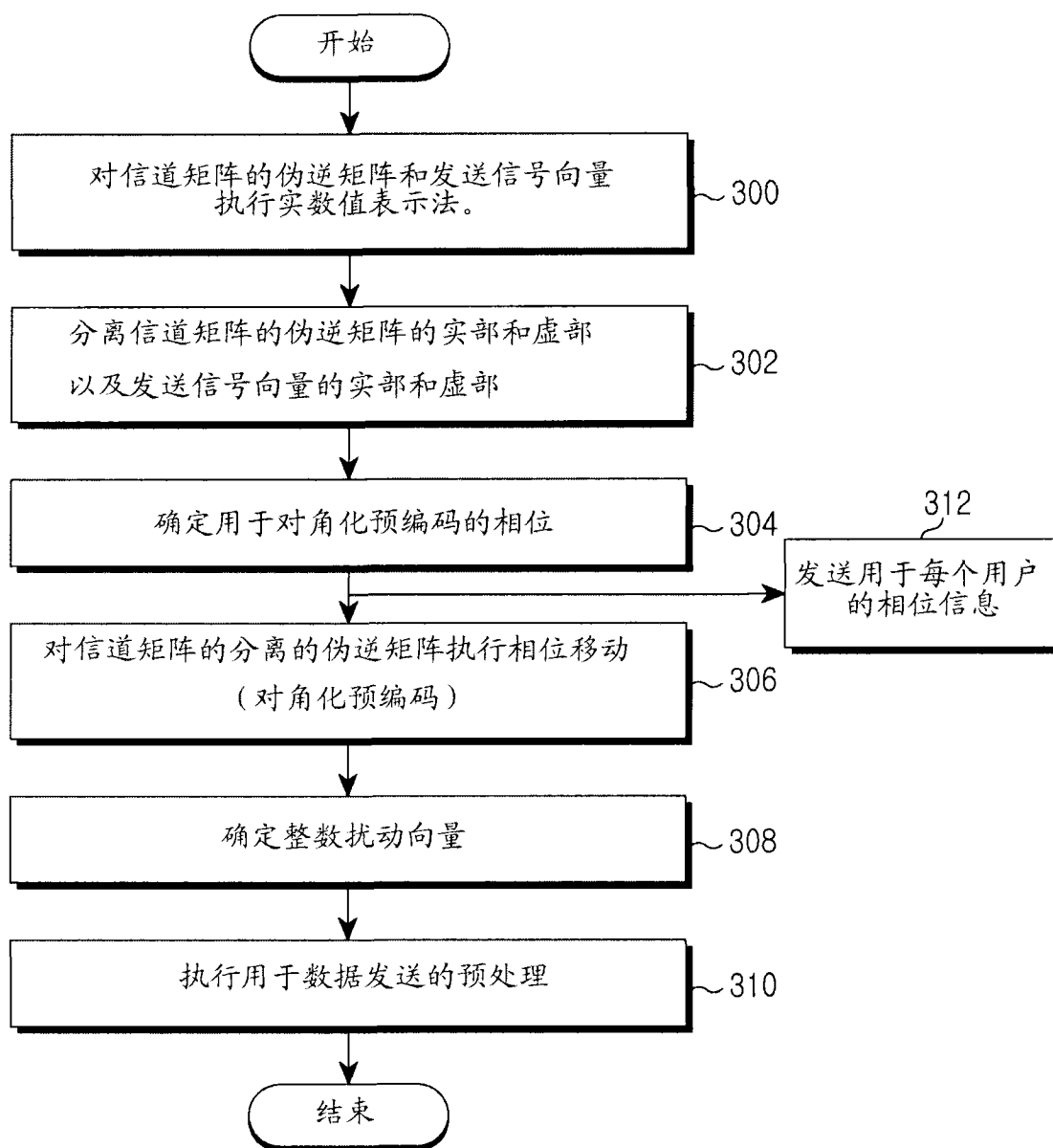


图 3

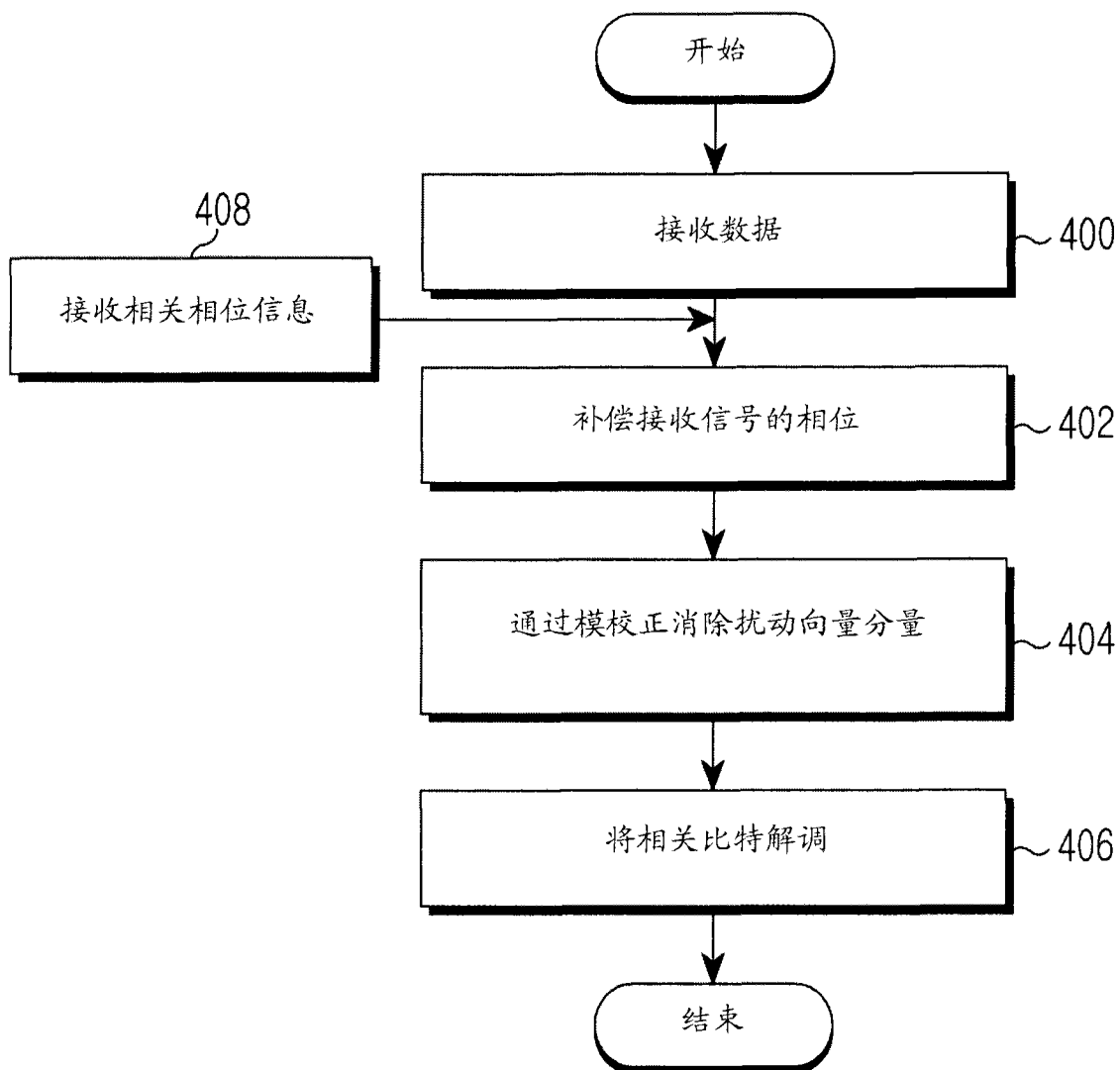


图 4