



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105075139 B

(45)授权公告日 2018.06.15

(21)申请号 201480009424.2

金奉会

(22)申请日 2014.02.19

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司 11219

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 夏凯 谢丽娜

申请公布号 CN 105075139 A

(51)Int.Cl.

H04B 7/0456(2017.01)

(43)申请公布日 2015.11.18

H04B 7/06(2006.01)

(30)优先权数据

61/766,676 2013.02.19 US

(56)对比文件

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

CN 102577486 A, 2012.07.11,

2015.08.19

WO 2009025493 A3, 2009.04.16,

(86)PCT国际申请的申请数据

US 2011051834 A1, 2011.03.03,

PCT/KR2014/001341 2014.02.19

Athens, Greece. Considerations on CSI feedback enhancements for high-priority antenna configurations.《3GPP TSG-RAN WG1 #66,R1-112420,Athens, Greece, 22 — 26 August, 2011》.2011,正文第五部分及等式7.

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/129799 K0 2014.08.28

审查员 叶伟

(73)专利权人 LG 电子株式会社

权利要求书2页 说明书22页 附图6页

地址 韩国首尔

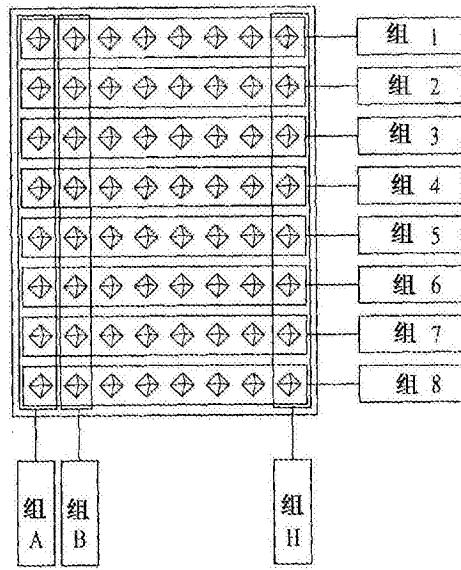
(72)发明人 金荣泰 金沂濬 金炳勋 朴钟贤

(54)发明名称

在多天线无线通信系统中发送信号的方法
及其装置

(57)摘要

本发明涉及在支持多天线的无线通信系统中基站发送预编码的信号给用户设备的方法。更具体地说，预编码是通过使用大的延迟循环延迟分集(LD-CDD)应用于其的预编码矩阵实施的，其中预编码矩阵是通过划分为用于水平方向天线和垂直方向天线的矩阵确定的。



1. 一种在无线通信系统中由基站发送信号的方法,包括:

使用用于预编码的矩阵预编码信号;

将预编码的信号映射到资源元素;以及

将映射的信号发送到用户设备(UE),

其中,所述用于预编码的矩阵是基于用于所述基站的水平天线的矩阵和用于所述基站的垂直天线的矩阵计算的,

其中,用于所述水平天线和所述垂直天线的矩阵分别具有循环延迟值;

其中,用于所述水平天线的矩阵是通过顺序地相乘矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 和 U 获得的矩阵,并且用于所述垂直天线的矩阵是通过顺序地相乘矩阵 $W_V(i)$ 、 $D_V(i)$ 和 U 获得的矩阵,

其中,矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 和 $D_V(i)$ 分别具有周期值 P_{WH} 、 P_{vH} 、 P_{wV} 和 P_{vV} ,并且根据其相应的周期值循环,这里,i是自然数,

其中,所述周期值是基于在由所述基站的所述水平天线和所述垂直天线产生的信道中的变化而设置的,以及

其中, P_{vH} 和 P_{vV} 按照资源元素(RE)变化,

其中,所述矩阵 $W_H(i)$ 是用于所述水平天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{WH} 是矩阵 $W_H(i)$ 的周期值,所述矩阵 $W_V(i)$ 是用于所述垂直天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{wV} 是矩阵 $W_V(i)$ 的周期值,所述矩阵 $D_H(i)$ 是用于所述水平天线的相位延迟的矩阵,所述矩阵 $D_V(i)$ 是用于所述垂直天线的相位延迟的矩阵,并且矩阵 U 是酉矩阵。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,用于所述水平天线的矩阵的周期值大于用于所述垂直天线的矩阵的周期值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,用于所述水平天线的矩阵的周期值小于用于所述垂直天线的矩阵的周期值。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中, P_{WH} 是 N_v 乘 P_{wV} ,

这里 N_v 表示所述基站的垂直天线的数目,并且是等于或者大于2的整数。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中, P_{wV} 是 N_v 乘 P_{WH} ,

这里 N_v 表示所述基站的垂直天线的数目,并且是等于或者大于2的整数。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述用于预编码的矩阵由

$\{W_H(i)D_H(i)U\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U\}$ 表示,这里 \otimes 表示克罗内克积。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述矩阵 $D_H(i)$ 和 U 是单位矩阵I。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述矩阵 $D_V(i)$ 和 U 是单位矩阵I。

9. 一种在无线通信系统中由UE从基站接收信号的方法,包括:

使用用于预编码的矩阵,从基站接收预编码的信号,

其中,所述用于预编码的矩阵是基于用于所述基站的水平天线的矩阵和用于所述基站的垂直天线的矩阵计算的,

其中,用于所述水平天线和所述垂直天线的矩阵分别具有循环延迟值;

其中,用于所述水平天线的矩阵是通过顺序地相乘矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 和 U 获得的矩阵,并且用于所述垂直天线的矩阵是通过顺序地相乘矩阵 $W_V(i)$ 、 $D_V(i)$ 和 U 获得的矩阵,

其中,矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 和 $D_V(i)$ 分别具有周期值 P_{WH} 、 P_{vH} 、 P_{wV} 和 P_{vV} ,并且根据其相应的周期值循环,这里,i是自然数,

其中,所述周期值是基于在由所述基站的所述水平天线和所述垂直天线产生的信道中的变化而设置的,以及

其中, P_{vH} 和 P_{vV} 按照资源元素 (RE) 变化,

其中,所述矩阵 $W_H(i)$ 是用于所述水平天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{wH} 是矩阵 $W_H(i)$ 的周期值,所述矩阵 $W_V(i)$ 是用于所述垂直天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{wV} 是矩阵 $W_V(i)$ 的周期值,所述矩阵 $D_H(i)$ 是用于所述水平天线的相位延迟的矩阵,所述矩阵 $D_V(i)$ 是用于所述垂直天线的相位延迟的矩阵,并且矩阵U是酉矩阵。

10.一种在无线通信系统中向UE发送信号/从UE接收信号的基站,包括:

收发机;和

处理器,

其中,所述处理器被配置为控制所述基站使用用于预编码的矩阵来预编码信号,将预编码的信号映射到资源元素,以及将映射的信号发送到所述UE,

其中,所述用于预编码的矩阵是基于所述基站的水平天线的矩阵和所述基站的垂直天线的矩阵计算的,

其中,用于所述水平天线和所述垂直天线的矩阵分别具有循环延迟值;

其中,用于所述水平天线的矩阵是通过顺序地相乘矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 和U获得的矩阵,并且用于所述垂直天线的矩阵是通过顺序地相乘矩阵 $W_V(i)$ 、 $D_V(i)$ 和U获得的矩阵,

其中,矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 和 $D_V(i)$ 分别具有周期值 P_{wH} 、 P_{vH} 、 P_{wV} 和 P_{vV} ,并且根据其相应的周期值循环,这里i是自然数,

其中,所述周期值是基于在由所述基站的所述水平天线和所述垂直天线产生的信道中的变化而设置的,以及

其中, P_{vH} 和 P_{vV} 按照资源元素 (RE) 变化,

其中,所述矩阵 $W_H(i)$ 是用于所述水平天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{wH} 是矩阵 $W_H(i)$ 的周期值,所述矩阵 $W_V(i)$ 是用于所述垂直天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{wV} 是矩阵 $W_V(i)$ 的周期值,所述矩阵 $D_H(i)$ 是用于所述水平天线的相位延迟的矩阵,所述矩阵 $D_V(i)$ 是用于所述垂直天线的相位延迟的矩阵,并且矩阵U是酉矩阵。

在多天线无线通信系统中发送信号的方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信系统，尤其是，涉及在多天线无线通信系统中有效的反馈传输方法和用于其的装置。

背景技术

[0002] MIMO(多输入多输出)指的是使用多个发射(Tx)天线和多个接收(Rx)天线，而不是单个Tx天线和单个Rx天线，用于改善发送/接收数据效率的方法。也就是说，MIMO是无线通信系统的发送端或者接收端使用多个天线改善能力或者增强性能的方案。MIMO可以称为多天线技术。

[0003] 为了支持多天线传输，可以应用用于按照信道状态适当地分配传输信息给天线的预编码矩阵。3GPP LTE(第三代合作项目长期演进)支持用于下行链路传输的最多4个Tx天线，并且限定用于使用Tx天线的下行链路传输的预编码码本。

[0004] 在基于MIMO的蜂窝通信环境中，数据传送速率可以通过在发送端和接收端之间的波束成形改善。是否应用波束成形基于信道信息确定，通过在接收端上的参考信号估计的信道被使用码本适当地量化，并且反馈给发送端。

[0005] 将给出可用于产生码本的空间信道矩阵(或者信道矩阵)的描述。空间信道矩阵(或者信道矩阵)可以表示如下。

$$[0006] \quad \mathbf{H}(i,k) = \begin{bmatrix} h_{1,1}(i,k) & h_{1,2}(i,k) & \cdots & h_{1,m}(i,k) \\ h_{2,1}(i,k) & h_{2,2}(i,k) & \cdots & h_{2,m}(i,k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m,1}(i,k) & h_{m,2}(i,k) & \cdots & h_{m,m}(i,k) \end{bmatrix}$$

[0007] 在这里， $\mathbf{H}(i,k)$ 表示空间信道矩阵，Nr表示Rx天线的数目，Nt表示Tx天线的数目，r是Rx天线索引，t是Tx天线索引，i表示OFDM(或者SC-FDMA)符号索引，并且k表示子载波索引。

[0008] $h_{r,t}(i,k)$ 是信道矩阵 $\mathbf{H}(i,k)$ 的元素，并且表示第r个信道状态和对应于第i个符号和第k个子载波的第t个天线。

[0009] 此外，现在将简要地描述可以在本发明中使用的空间信道协方差矩阵。空间信道协方差矩阵可以由R表示。 $\mathbf{R} = E\left[\mathbf{H}_{i,k}^H \mathbf{H}_{i,k}\right]$ ，这里H表示空间信道矩阵，并且R表示空间信道协方差矩阵。此外，E[]表示平均值，i表示符号索引，并且k表示频率索引。

[0010] 奇异值分解(SVD)是一种用于分解矩形矩阵的方法，其在信号处理和统计数值中广泛地使用。SVD是用于任意矩形矩阵的标准化矩阵频谱理论。作为使用频谱理论基础，正交方形矩阵可以使用本征值被分解为对角矩阵。当假设信道矩阵H是由多个集合元素组成的 $m \times n$ 矩阵时，矩阵H可以表示为如下的三个矩阵的乘积。

$$[0011] \quad \mathbf{H}_{m \times n} = \mathbf{U}_{m \times m} \sum_{m \times n} \mathbf{V}_{n \times n}^H$$

[0012] 在这里,U和V表示酉矩阵,并且 Σ 表示包括非零的奇异值的 $m \times n$ 矩阵。奇异值是 $\Sigma = diag(\sigma_1, \dots, \sigma_r)$, $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$ 。作为三个矩阵乘积的表示称为SVD。与可以仅仅分解正交正方形矩阵的本征值分解相比,SVD可以处理正规矩阵。SVD和本征值组成是彼此相关的。

[0013] 当矩阵H是恒定的厄尔米特(Hermitian)矩阵时,H的所有本征值是非负的实数。在这里,H的奇异值和奇异矢量等于H的本征值和本征矢量。本征值分解(EVD)可以表示如下(在这里,本征值可以是 $\lambda_1, \dots, \lambda_r$)。

$$[0014] HH^H = (U\Sigma V^H)(U\Sigma V^H)^H = U\Sigma \Sigma^T U^H$$

$$[0015] H^H H = (U\Sigma V^H)^H (U\Sigma V^H)^H = V\Sigma^T \Sigma V$$

[0016] 在这里,本征值可以是 $\lambda_1, \dots, \lambda_r$ 。有关在U和V之间的U信息表示信道方向,其可以是经由 HH^H 的奇异值分解已知的,并且有关V的信息可以是经由 $H^H H$ 的奇异值分解已知的。通常,发送端和接收端分别执行波束成形,以便在多用户MIMO(MU-MIMO)中实现较高的吞吐量。当接收端波束和发送端波束由矩阵T和W表示时,波束成形应用于其的信道由 $THW = TU(\Sigma)VW$ 表示。因此,所希望的是基于U产生接收端波束,和基于V产生发送端波束以便实现较高的吞吐量。

[0017] 在码本设计中,必须使用尽可能少的比特以降低反馈开销,并且正确地量化信道以获得足够的波束成形增益。作为由近来的移动通信系统标准,诸如,3GPP LTE(第三代合作伙伴项目长期演进)、高级LTE和IEEE 16m给出或者采用的码本设计方案的一个是使用如由公式1表示的信道的长期协方差矩阵去变换码本。

[0018] [公式1]

[0019] $W' = \text{norm}(RW)$

[0020] 在这里,W表示产生以反映短期的信道信息的现有的码本,R表示信道矩阵H的长期协方差矩阵,norm(A)表示norm按照矩阵A的每个列标准化为1的矩阵,并且W'表示通过使用信道矩阵H、信道矩阵H的长期协方差矩阵R和norm函数变换码本W产生的最后的码本。

[0021] 信道矩阵H的长期协方差矩阵R可以如公式2表示。

[0022] [公式2]

$$[0023] R = E[H^H H] = V \Lambda V^H = \sum_{i=1}^{Nt} \sigma_i v_i v_i^H$$

[0024] 在这里,信道矩阵H的长期协方差矩阵R被按照奇异值分解分解为 $V \Lambda V^H$ 。V是具有 v_i 作为第i个列矢量的 $Nt \times Nt$ 酉矩阵, Λ 是具有 σ_i 作为第i个对角分量的对角矩阵,并且 V^H 是V的厄尔米特矩阵。此外, σ_i 和 v_i 分别地表示第i个奇异值和对应于其($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_{Nt}$)的第i个奇异列矢量。

发明内容

[0025] 技术问题

[0026] 本发明被设计解决问题的目的在于在无线通信中使用码本的预编码方法和用于其的装置。

[0027] 由本发明解决的技术问题不局限于以上所述的技术问题,并且本领域技术人员可以从以下的描述中理解其它的技术问题。

[0028] 技术方案

[0029] 在本发明的一个方面中,一种在无线通信系统中用于由基站发送信号的方法,包括:使用用于预编码的矩阵来预编码信号;将预编码的信号映射到资源元素;以及将映射的信号发送到用户设备(UE),其中用于预编码的矩阵是基于基站的水平天线的矩阵和基站的垂直天线的矩阵计算的,其中用于水平天线和垂直天线的矩阵分别具有循环延迟值。

[0030] 用于水平天线的矩阵可以是通过顺序地相乘矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 和U获得的矩阵,并且用于垂直天线的矩阵可以是通过顺序地相乘矩阵 $W_V(i)$ 、 $D_V(i)$ 和U获得的矩阵,其中矩阵 $W_H(i)$ 、 $D_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 和 $D_V(i)$ 分别具有周期值 P_{WH} 、 P_{vH} 、 P_{wV} 和 P_{vv} ,并且根据其相应的周期值循环(i 是自然数),其中周期值是基于在由基站的水平天线和垂直天线产生的信道中的变化设置的。

[0031] 用于水平天线的矩阵的周期值可以大于用于垂直天线的矩阵的周期值。

[0032] 用于水平天线的矩阵的周期值可以小于用于垂直天线的矩阵的周期值。

[0033] 矩阵 $W_H(i)$ 可以是用于水平天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{WH} 可以是矩阵 $W_H(i)$ 的周期值;矩阵 $W_V(i)$ 可以是用于垂直天线的信道控制的预编码矩阵,并且 P_{VV} 可以是矩阵 $W_V(i)$ 的周期值;矩阵 $D_H(i)$ 可以是用于水平天线的相位延迟的矩阵;矩阵 $D_V(i)$ 可以是用于垂直天线的相位延迟的矩阵;以及矩阵U可以是酉矩阵。

[0034] P_{WH} 可以是 N_v 乘 P_{VV} ,其中 N_v 表示基站的垂直天线的数目,并且是等于或者大于2的整数。

[0035] P_{VV} 可以是 N_v 乘 P_{WH} ,其中 N_v 表示基站的垂直天线的数目,并且是等于或者大于2的整数。

[0036] 用于预编码的矩阵可以由 $\{W_H(i)D_H(i)U\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U\}$ 表示,其中 \otimes 是克罗内克积(Kronecker product)。

[0037] 矩阵 $D_H(i)$ 和U可以是单位矩阵I。

[0038] 矩阵 $D_V(i)$ 和U可以是单位矩阵I。

[0039] P_{vH} 和 P_{vv} 可以按照资源元素(RE)变化。

[0040] 在本发明的另一个方面中,一种在无线通信系统中由UE从基站接收信号的方法,包括:使用用于预编码的矩阵,从基站接收预编码的信号,其中用于预编码的矩阵是基于基站的水平天线的矩阵和基站的垂直天线的矩阵计算的,其中用于水平天线和垂直天线的矩阵分别具有循环延迟值。

[0041] 在本发明的另一个方面中,一种在无线通信系统中用于向UE发送信号发送/从UE接收信号的基站,包括:收发机;和处理器,其中处理器被配置为控制基站使用用于预编码的矩阵来预编码信号,将预编码的信号映射到资源元素,以及将映射的信号发送到UE,其中用于预编码的矩阵是基于基站的水平天线的矩阵和基站的垂直天线的矩阵计算的,其中用于水平天线和垂直天线的矩阵分别具有循环延迟值。

[0042] 有益效果

[0043] 按照本发明的实施例,能够提供可以在无线通信系统中有效地支持MIMO传输的使用码本的预编码方法和用于其的装置。

[0044] 本发明的效果不局限于以上描述的效果,并且从以下的描述中在此处没有描述的其它的效果对于本领域技术人员来说将变得显而易见。

附图说明

- [0045] 附图被包括以提供对本发明进一步的理解,其图示本发明的实施例,并且与说明书一起可以起解释本发明原理的作用。在附图中:
- [0046] 图1图示作为示例性移动通信系统的E-UMTS网络结构;
- [0047] 图2是图示在按照本发明的无线通信系统中的基站(BS)和UE的配置的方框图;
- [0048] 图3图示常规的MIMO通信系统配置;
- [0049] 图4图示在MIMO系统中示例性正常循环延迟分集(CDD)结构;
- [0050] 图5图示基于码本的预编码的基本概念;
- [0051] 图6图示示例性8个发射(Tx)天线配置;
- [0052] 图7图示有源天线系统(AAS);和
- [0053] 图8图示本发明可应用于其的2D-AAS。

具体实施方式

[0054] 现在将参考附图详细介绍本发明的示例性实施例。该详细说明将在下面参考附图给出,其意欲解释本发明示例性实施例,而不是示出仅仅可以按照本发明实现的实施例。以下的详细说明包括特定的细节以便对本发明提供深入理解。但是,对于本领域技术人员来说显而易见,本发明可以无需这些特定的细节实践。例如,在使用3GPP LTE和LTE-A移动通信系统的假设之下给出以下的详细说明。但是,除3GPP LTE和LTE-A系统固有的特定的特点之外,该描述可应用于任何其它的移动通信系统。

[0055] 在有些情况下,已知的结构和设备被省略,或者以方框图形式示出,专注于在结构和设备的重要的特点,以便不使本发明的概念难以理解。贯穿本说明书将使用相同的附图标记指代相同的或者类似的部分。

[0056] 在以下的描述中,采用的用户设备(UE)指的是移动或者固定的终端设备,诸如,移动站(MS)、高级移动站(AMS)、机器对机器(M2M)设备等等,并且采用的术语“基站(BS)”指的是网络末端的任何节点,诸如,与UE通信的节点B、e节点B、接入点(AP)等等。

[0057] 在移动通信系统中,UE可以在下行链路上从BS接收信息,并且在上行链路上发送信息到BS。UE发送或者接收的信息包括数据和各种类型的控制信息。按照UE发送或者接收的信息的类型和用途,存在许多的物理信道。

[0058] 3GPP LTE(第三代合作项目长期演进)和LTE-A(高级LTE)现在将作为本发明可应用于的示例性移动通信系统描述。

[0059] 图1图示作为一个示例性移动通信系统的E-UMTS(演进的通用移动电信系统)。

[0060] 从UMTS(通用移动电信系统)演进来的E-UMTS目前在3GPP中标准化。E-UMTS也可以被认为是LTE系统。对于UMTS和E-UMTS的技术规范,可以参考“3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network(第三代合作项目;技术规范组无线电接入网络)”的版本8和版本9。

[0061] 参考图1,E-UMTS包括用户设备(UE)、基站(BS)和位于网络(E-UTRAN)的末端的接入网关(AG),并且连接到外部网络。BS可以同时地传送用于多播服务,和/或单播服务的多个数据流。

[0062] 一个或多个小区存在于BS中。一个小区被设置为1.25、2.5、5、10、15和20MHz带宽的一个，并且对多个UE提供下行链路或者上行链路服务。不同的小区可以提供不同的带宽。BS控制数据发送到多个UE/从多个UE接收数据。BS将有关下行链路数据的下行链路调度信息传送给UE，以通知UE数据将在其中发送的时间/频率区、编码、数据大小、混合自动重复和请求(HARQ)相关的信息等等。

[0063] 此外，BS将有关上行链路数据的上行链路调度信息传送给UE以通知UE可以由UE使用的时间频率区、编码、数据大小、HARQ相关的信息等等。用于用户业务或者控制业务传输的接口可以在BS之间使用。核心网(CN)可以由用于AG和UE的用户注册的网络节点组成。AG管理用于由多个小区组成的每个跟踪区(TA)的UE的移动。

[0064] 虽然无线通信技术已经基于宽带码分多址(WCDMA)开发到LTE，用户和服务提供者的需求和期待不断地提高。此外，新的无线接入技术被不断地开发，并且因此，技术革新需要实现具有竞争性。也就是说，需要每比特成本的降低、服务可利用性的提高、频带灵活的使用、简单结构和开放接口、UE的适当的功率消耗等等。

[0065] 近来，3GPP已经对关于LTE随后的技术执行标准化。这种技术在规范中被称作“LTE-A”。LTE和LTE-A主要不同在于系统带宽和中继站的引入。LTE-A目的在于支持高达100MHz的宽带。为了实现这些，使用利用多个频率块实现宽带的载波聚合或者带宽聚合。载波聚合使用多个频率块作为宽的逻辑频带以便使用更宽的频带。每个频率块的带宽可以基于在LTE中使用的系统块带宽限定。每个频率块被使用分量载波发送。

[0066] 图2是图示在无线通信系统200中的BS 205和UE 210的配置的方框图。

[0067] 虽然为了简化无线通信系统200的配置，在图2中示出一个BS 205和一个UE 210，无线通信系统200显然可以包括多个BS和/或多个UE。

[0068] 参考图2，BS 205可以包括发射(Tx)数据处理器215、符号调制器220、发射机225、Tx/Rx天线230、处理器280、存储器285、接收机290、符号解调器295，和接收(Rx)数据处理器297。UE 210可以包括Tx数据处理器265、符号调制器270、发射机275、Tx/Rx天线235、处理器255、存储器260、接收机240、符号解调器245，和Rx数据处理器250。虽然天线230和235每个在BS 205和UE 210中示出为单个天线，但是BS 205和UE 210可以包括多个天线。因此，BS 205和UE 210支持MIMO(多输入多输出)。此外，在本发明中，BS 205可以支持单个用户MIMO(SU-MIMO)和/或多个用户MIMO(MU-MIMO)两者。

[0069] 在下行链路上，Tx数据处理器215接收业务数据，经由格式化、编码、交织和调制(或者符号映射)处理接收的业务数据，并且因此，输出调制的符号(“数据符号”)。符号调制器220处理从Tx数据处理器215接收的数据符号和导频符号，从而产生符号流。

[0070] 更具体地，符号调制器220复用该数据符号和导频符号，并且将复用的符号发送到发射机225。每个传输符号可以是数据符号、导频符号或者零信号值。导频符号可以在每个符号周期期间依次发送。导频符号可以是频分复用(FDM)符号、正交频分复用(OFDM)符号、时分复用(TDM)符号，或者码分复用(CDM)符号。

[0071] 发射机225将符号流转换为一个或多个模拟信号，并且通过另外处理该模拟信号(例如，放大、滤波和频率上变换)，产生应用于在无线电信道上传输的下行链路信号。下行链路信号经由天线230被发送到UE 210。

[0072] UE 210经由天线235从BS 205接收下行链路信号，并且将接收的下行链路信号提

供给接收机240。接收机240处理下行链路信号,例如,经由滤波、放大和频率下变换,并且将处理的下行链路信号转换为数字采样。符号解调器245解调接收的导频符号,并且将解调的导频符号输出给处理器255,供信道估计使用。

[0073] 符号解调器245从处理器255接收相对于下行链路的频率响应估计,通过利用该频率响应估计解调接收数据符号,获得数据符号估计(即,发送的数据符号的估计),并且将该数据符号估计提供给Rx数据处理器250。Rx数据处理器250解调数据符号估计(即,执行符号去映射)、去交织解调的数据符号,并且解码去交织的数据符号,从而恢复由BS 205发送的业务数据。

[0074] 符号解调器245和Rx数据处理器250的操作与BS 205的符号调制器220和Tx数据处理器215的操作是互补的。

[0075] 在上行链路上,在UE 210中,Tx数据处理器265通过处理接收的业务数据输出数据符号。符号调制器270将从Tx数据处理器265接收的数据符号与导频符号复用,调制复用的符号,并且将该符号流输出给发射机275。发射机275通过处理该符号流产生上行链路信号,并且经由天线235将上行链路信号发送到BS 205。

[0076] BS 205经由天线230从UE 210接收上行链路信号。在BS 205中,接收机290通过处理上行链路信号获得数字采样。符号解调器295通过处理数字采样提供上行链路导频符号估计和上行链路数据符号估计。Rx数据处理器297处理数据符号估计,从而恢复由UE 210发送的业务数据。

[0077] 处理器255和280分别地控制、调整和管理UE 210和BS 205的操作。处理器255和280可以分别地连接到存储程序代码和数据的存储器260和285。存储器260和285与处理器255和280结合存储操作系统、应用程序和一般文件。

[0078] 处理器255和280也可以被称作控制器、微控制器、微处理器或者微型计算机。处理器255和280可以以硬件、固件、软件或者其组合配置。当本发明的实施例使用硬件实现时,适用于实现本发明的专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理器件(DSPD)、可编程序逻辑器件(PLD),或者现场可编程门阵列(FPGA)可以包括在处理器255和280中。当本发明的实施例使用固件或者软件实现时,该固件或者软件可以被配置为包括执行按照本发明的功能或者操作的模块、过程、功能等等。该固件或者软件可以包括在处理器255和280中,或者存储在存储器260和285中,和由处理器255和280从存储器260和285调用。

[0079] 在UE/BS和网络之间的无线电接口协议的层可以基于开放系统互连(OSI)模型的三个最下层划分为层1、2和3(L1、L2和L3)。物理层对应于L1,并且在物理信道上提供信息传输服务。无线电资源控制(RRC)层对应于L3,并且在UE和网络之间提供无线电控制资源。UE/BS和网络经由RRC层交换RRC消息。

[0080] 当用作区域概念时,在本发明中使用的术语“基站”可以被称作“小区”或者“扇区”。服务基站(或者小区)可以被认为是提供常规的主要服务给UE,并且在协同多个传输点上执行控制信息的传输和接收的基站。鉴于此,服务基站(或者小区)可以被称作“锚定基站(或者锚定小区)”。类似地,邻近基站可以被称作用作区域概念的“邻近小区”。

[0081] MIMO系统

[0082] MIMO技术不取决于一个天线路径接收消息、采集经由若干天线接收的多个数据块,并完成总的数据。因此,MIMO技术可以提高在特定范围内的数据传送速率,或者可以以

特定的数据传送速率提高系统范围。在这种情形之下,MIMO技术是能够广泛地应用于移动通信终端或者RN的下一代移动通信技术。MIMO技术可以扩展数据通信的范围,使得其可以克服达到严重情形的移动通信系统的有限的发射(Tx)数据量。

[0083] 图3(a)示出常规的MIMO通信系统的配置。参考图3(a),如果发射(Tx)天线的数目提高为 N_T ,并且同时,接收(Rx)天线的数目提高为 N_R ,则与仅仅发射机或者接收机使用若干天线以上提及的情形不同,MIMO通信系统的理论信道传输容量与天线的数目成比例提高,使得传输速率和频率效率可以大大地提高。在这种情况下,通过提高信道传输容量获得的传送速率理论上可以增加预先确定的量,其对应于当使用一个天线时获得的最大传送率(R_0)的倍增和增长率(R_i)。增长率(R_i)可以由以下的公式3表示。

[0084] [公式3]

$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

[0086] 例如,假若MIMO系统使用四个Tx天线和四个Rx天线,MIMO系统理论上可以获得比单个天线系统高4倍的高的传送速率。在以上提及的MIMO系统的理论容量提高在二十世纪九十年代中期论证之后,许多的开发者开始对可以使用理论容量提高大体上提高数据传送速率的各种的技术实施深入细致的研究。以上技术的一些已经反映在各种的无线通信标准,例如,第三代移动通信或者下一代无线LAN等等中。

[0087] 各种的MIMO相关的技术已经由许多的公司或者开发者集中地研究,例如,对在各种的信道环境或者多址环境之下与MIMO通信能力有关的信息理论的研究,对MIMO系统的射频(RF)信道测量和模型的研究,和对空-时信号处理技术的研究。

[0088] 供以上提及的MIMO系统使用的通信方法的数学模型将在下文中详细描述。如可以从图3(a)中看到的,假设存在 N_T 个Tx天线和 N_R 个Rx天线。在传输信号的情况下,在使用 N_T 个Tx天线的条件之下,传输信息块的最大数是 N_T ,使得传输信息可以由在以下的公式4中示出的特定的矢量表示。

[0089] [公式4]

$$\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_{N_T}]^T$$

[0091] 同时,单个传输信息块 s_1, s_2, \dots, s_{N_T} 可以具有不同的传输功率。在这种情况下,如果单个的传输功率由 P_1, P_2, \dots, P_{N_T} 表示,则具有调整的传输功率的传输信息可以由在以下的公式5中示出的特定的矢量表示。

[0092] [公式5]

$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [P_1 s_1, P_2 s_2, \dots, P_{N_T} s_{N_T}]^T$$

[0094] $\hat{\mathbf{s}}$ 可以使用传输功率的对角矩阵P,由以下的公式6表示。

[0095] [公式6]

$$[0096] \quad \hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & & 0 & s_1 \\ & P_2 & & & s_2 \\ & & \ddots & & \vdots \\ 0 & & & P_{N_T} & s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{Ps}$$

[0097] 同时,具有调整的传输功率的信息矢量 $\hat{\mathbf{s}}$ 应用于加权矩阵W,使得配置要实际地发送的NT个发送信号 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_T}$ 。在这种情况下,加权矩阵W应用于按照传输信道情形适当地分配传输信息给单个天线。以上提及的发送信号 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_T}$ 可以使用矢量X由以下的公式7表示。在这里,W_{ij}表示对应于第i个Tx天线和第j个信息的权重。W表示加权矩阵或者预编码矩阵。

[0098] [公式7]

$$[0099] \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_T 1} & w_{N_T 2} & \cdots & w_{N_T N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_i \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{Ws} = \mathbf{WPs}$$

[0100] 当使用NR个Rx天线时,单个天线的接收信号 y_1, y_2, \dots, y_{N_R} 可以由以下的公式8表示。

[0101] [公式8]

$$[0102] \quad \mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_{N_R}]^T$$

[0103] 同时,如果在MIMO通信系统中执行信道模拟,则单个信道可以按照Tx/Rx天线索引彼此不同。传送从Tx天线j到Rx天线i范围的特定的信道由h_{ij}表示。在这种情况下,应当注意到,信道h_{ij}的索引顺序被设置在Rx天线索引之前并设置在Tx天线索引之后。

[0104] 若干信道被捆绑,使得它们以矢量或者矩阵的形式显示。示例性矢量如下。图3(b)示出从N_T个Tx天线到Rx天线i的信道。

[0105] 参考图3(b),传送从N_T个Tx天线到Rx天线i范围的信道可以由以下的公式9表示。

[0106] [公式9]

$$[0107] \quad \mathbf{h}_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$$

[0108] 如果传送从N_T个Tx天线到N_R个Rx天线范围的所有信道由在公式9中示出的矩阵表示,获得以下的公式10。

[0109] [公式10]

$$[0110] \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^T \\ \mathbf{h}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_i^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_{N_R}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix}$$

[0111] 加性高斯白噪声 (AWGN) 被增加给已经传送在公式10中示出的信道矩阵H的实际的信道。增加给NR个Rx天线每个的AWGN n_1, n_2, \dots, n_{N_R} 可以由在以下的公式11中示出的特定的矢量表示。

[0112] [公式11]

$$[0113] \quad \mathbf{n} = \begin{bmatrix} n_1, n_2, \dots, n_{N_R} \end{bmatrix}^T$$

[0114] 由以上提及的公式计算的接收信号可以由以下的公式12表示。

[0115] [公式12]

$$[0116] \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{Hx} + \mathbf{n}$$

[0117] 同时, 表示信道条件的信道矩阵H的行数和列数由Tx/Rx天线的数目确定。在信道矩阵H中, 行数等于Rx天线的数目(NR), 并且列数等于Tx天线的数目(NT)。即, 信道矩阵H由 $N_R \times N_T$ 矩阵表示。通常地, 矩阵秩由在行数和列数之间较小的数目限定, 其中行和列彼此无关。因此, 矩阵秩不能高于行或者列数。信道矩阵H的秩可以由以下的公式13表示。

[0118] [公式13]

$$[0119] \quad \text{rank}(\mathbf{H}) \leqslant \min(N_T, N_R)$$

[0120] 各种的MIMO发送/接收方案可以用于操作MIMO系统, 例如, 频率转换的发射分集(FSTD)、空频块编码(SFBC)、空时块编码(STBC)、循环延迟分集(CDD)、时间转换的发射分集(TSTD)等等。在秩2或者更高的情况下, 可以使用空间复用(SM)、通用循环延迟分集(GCDD)、选择性的虚拟天线置换(S-VAP)等等。

[0121] FSTD方案用来将具有不同频率的子载波分配给经由多个天线发送的信号以便获得分集增益。SFBC方案有效地应用空间区域和频率区域的选择性, 以便获得分集增益和多用户调度增益。STBC方案应用空间域和时间区域的选择性。CDD方案用于使用在发射天线之间的路径延迟获得分集增益。TSTD方案用于在时间上划分经由多个天线发送的信号。空间复用方案用于经由不同的天线发送不同的数据以便提高传送速率。GCDD方案用于应用空间区域和频率区域的选择性。S-VAP方案使用单个预编码矩阵, 并且包括在以空间分集或者空

间复用的天线之中用于混合多个码字的多个码字 (MCW) S-VAP, 和使用单个码字的单个码字 (SCW) S-VAP。

[0122] 在以上提及的MIMO传输方案之中的STBC方案的情况下, 相同的数据符号被重复以支持在时间域中的正交性, 使得可以获得时间分集。类似地, SFBC方案允许相同的数据符号被重复以支持在频率域中的正交性使得可以获得频率分集。用于STBC的一个示例性时间块码和用于SFBC的一个示例性频率块码分别在公式14和公式15中示出。公式14示出2个Tx天线情形的块码, 并且公式15示出4个Tx天线情形的块码。

[0123] [公式14]

$$[0124] \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* \end{pmatrix}$$

[0125] [公式15]

$$[0126] \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{pmatrix}$$

[0127] 在公式14和15中, S_i ($i=1, 2, 3, 4$) 指的是调制的数据符号。此外, 公式14和15的矩阵的每个行可以表示天线端口, 并且每个列可以表示时间 (在STBC的情况下) 或者频率 (在SFBC的情况下)。

[0128] 在以上提及的MIMO传输方案之中的CDD方案强制地提高延迟扩展以便提高频率分集。

[0129] 图4图示供MIMO系统使用的常规的CDD结构。

[0130] 图4 (a) 示出用于将循环延迟应用于时间域的方法。OFDM符号被划分用于相应的天线, 并且经由串并行转换器和多个天线编码器将其发送, 然后随着对其附接有用于防止信道间干扰的循环前缀 (CP) 被发送到接收端。在这里, 虽然发送到第一天线的数据序列被没有变化而发送到接收端, 但是发送到下一个天线的数据序列相对于先前的天线被循环延迟预先确定的采样数目, 然后被发送。当这样的循环延迟分集方案在频率域中实现时, 循环延迟可以通过相位序列的乘积表示。换句话说, 采用图4 (a) 的循环延迟的CDD方案可以被实现以应用如图4 (b) 所示的相移分集。

[0131] 图4 (b) 图示用于在频率域中实现如图4 (a) 所示的CDD方案的方法。如图4 (b) 所示, 在频率域中的数据序列被分别乘以预先确定的相位序列 (相位序列1至M), 其被不同地设置用于相应的天线, 然后经历快速傅里叶逆变换, 并且发送到接收端, 其被称作相移分集方案。

[0132] 基于码本的预编码方案

[0133] 为了支持MIMO传输, 可以应用用于按照信道状态适当地分配传输信息给天线的预编码。基于码本的预编码指的是发送终端和接收终端预先确定一组预编码矩阵, 接收终端 (例如, UE) 从发送终端 (例如, eNB) 测量信道信息, 并且反馈有关最适当的预编码矩阵 (即, 预编码矩阵索引 (PMI)) 的信息给发送终端, 并且发送终端将适当的预编码应用于信号传输的方案。

[0134] 由于基于码本的预编码方案从预先确定的预编码矩阵组中选择一个适当的矩阵，尽管没有始终应用最佳预编码，与对实际的信道信息的最佳预编码信息的显式反馈相比，反馈开销可以被降低。

[0135] 图5图示基于码本的预编码的基本概念。

[0136] 按照基于码本的预编码方案，发送端和接收端共享包括预先确定数目的预编码矩阵的码本信息，预先确定数目的预编码矩阵基于传输秩、天线的数目等等预先确定。也就是说，当反馈信息是有限时，可以使用基于预编码的码本方案。接收端可以经由接收信号测量信道状态，并且基于前面提到的码本信息，将有限数量的优选的预编码矩阵信息（即，相应的预编码矩阵的索引）反馈给发送端。例如，接收端可以使用ML（最大似然）或者MMSE（最小均方误差）测量接收信号，并且选择最佳预编码矩阵。虽然图5示出接收端将每个码字预编码矩阵信息发送到发送端，本发明不受限于此。

[0137] 一旦从接收端收到反馈信息，发送端可以基于接收的信息从码本中选择特定的预编码矩阵。发送端可以通过将对应于传输秩的层信号乘以选择的预编码矩阵执行预编码，并且经由多个天线将预编码的传输信号发送到接收端。在预编码矩阵中，行数等于天线数，并且列数等于秩值。由于秩值等于层数，所以列数等于层数。例如，当Tx天线的数目是4，并且传输层的数目是2时， 4×2 矩阵可以被配置为预编码矩阵。经由每个层发送的信息可以被经由预编码矩阵映射到每个天线。

[0138] 一旦收到从发送端发送的预编码的信号，接收端可以对接收信号执行由发送端执行的预编码的逆处理以恢复接收的信号。由于预编码矩阵满足酉矩阵(U)条件，诸如， $U^H U = I$ ，可以以这样的方式执行预编码的逆处理，即，接收的信号乘以用于发送终端预编码的预编码矩阵 P 的厄尔米特矩阵 P^H 。

[0139] 表1示出在3GPP LTE版本8/9中使用2个Tx天线用于下行链路传输的码本，并且表2示出在3GPP LTE版本8/9中使用4个Tx(8个Tx)天线用于下行链路传输的码本。

[0140] [表1]

码本索引	层数 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	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

[0142] [表2]

码本索引	u_s	层数			
		1	2	3	4
[0143]	$u_0 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$W_0^{(1)}$	$W_0^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_0^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_0^{(1234)} / 2$
	$u_1 = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$W_1^{(1)}$	$W_1^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_1^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_1^{(1234)} / 2$
	$u_2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$W_2^{(1)}$	$W_2^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_2^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_2^{(1234)} / 2$
	$u_3 = [j \ j \ 1 \ -1]^T$	$W_3^{(1)}$	$W_3^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_3^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_3^{(1234)} / 2$
	$u_4 = [1 \ (-1-j)/\sqrt{2} \ -j \ (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_4^{(1)}$	$W_4^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_4^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_4^{(1234)} / 2$
	$u_5 = [(1-j)/\sqrt{2} \ j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_5^{(1)}$	$W_5^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_5^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_5^{(1234)} / 2$
	$u_6 = [(1+j)/\sqrt{2} \ -j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_6^{(1)}$	$W_6^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_6^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_6^{(1234)} / 2$
	$u_7 = [(-1+j)/\sqrt{2} \ j \ (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_7^{(1)}$	$W_7^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_7^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_7^{(1234)} / 2$
	$u_8 = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W_8^{(1)}$	$W_8^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_8^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_8^{(1234)} / 2$
	$u_9 = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$W_9^{(1)}$	$W_9^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_9^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_9^{(1234)} / 2$
	$u_{10} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W_{10}^{(1)}$	$W_{10}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{10}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{10}^{(1234)} / 2$
	$u_{11} = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$W_{11}^{(1)}$	$W_{11}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{11}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{11}^{(1234)} / 2$
	$u_{12} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$W_{12}^{(1)}$	$W_{12}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{12}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{12}^{(1234)} / 2$
	$u_{13} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{13}^{(1)}$	$W_{13}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{13}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{13}^{(1234)} / 2$
	$u_{14} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W_{14}^{(1)}$	$W_{14}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{14}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{14}^{(1234)} / 2$
	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$W_{15}^{(1)}$	$W_{15}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{15}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{15}^{(1234)} / 2$

[0144] 如表1所示,用于2个Tx天线的码本具有总共7个预编码矢量/矩阵。在这里,由于单个矩阵用于开环系统,所以用于闭环系统的预编码的预编码矢量/矩阵的数目变为6。在表2中示出的用于4个Tx天线的码本具有总共或者64个预编码矢量/矩阵。

[0145] 在表2中, $W_n^{(s)}$ 被获得形成从 $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ 配置的集合 {s}。在这里, I 表示 4×4 西矩阵,并且 u_n 是从表2中获得的值。

[0146] 前面提到的码本具有常见特征,诸如,恒定模(CM)特征、嵌套的属性、约束的字母表等等。按照CM特征,在码本中的所有预编码矩阵的元素不包括“0”,并且具有相同的大小。按照嵌套的属性,低秩的预编码矩阵由高秩的预编码矩阵的特定的列的子集组成。约束的字母表特征指的是在码本中所有预编码矩阵的元素的字母表的特征由 $\{\pm 1, \pm j, \pm \frac{(1+j)}{\sqrt{2}}, \pm \frac{(-1+j)}{\sqrt{2}}\}$ 组成。

[0147] 反馈信道结构

[0148] 在FDD(频分双工)系统中,eNB不能知道有关下行链路信道的信息,并且从而,由UE反馈的信道信息用于下行链路传输。在3GPP LTE版本8/9的情况下,UE可以经由PUCCH或者PUSCH反馈下行链路信道信息。UE在PUCCH的情况下,周期地反馈信道信息,并且在PUSCH的情况下,应eNB的请求不定期地反馈信道信息。此外,有关分配的频带(即,宽带(WB))的信道信息可以被反馈,或者有关特定的RB(即,子频带(SB))数目的信道信息可以被反馈。

[0149] 扩展的天线配置

[0150] 图6图示示例性8个Tx天线配置。

[0151] 图6(a)图示N个天线无需分组而配置单独的信道的情形,其被称为均匀线性天线阵(ULA)。在这种情况下,用于发射机和/或接收机的空间可能不足以通过分隔多个天线配置单独的信道。

[0152] 图6(b)图示一对ULA,其中天线是成对的。在这种情况下,相关的信道可以被配置用于成对的天线,并且单独的信道可以被配置用于不同的天线对。

[0153] 不同于使用4个Tx天线的3GPP LTE版本8/9,3GPP LTE版本10可以在下行链路上使用8个Tx天线。为了应用这种扩展的天线配置,由于多个Tx天线需要安装在不足的空间中,如图6 (a) 和6 (b) 所示的ULA天线配置未必是适当的。因此,可以考虑如图6 (c) 所示的双极(或者互极)天线配置。在这种情况下,即使在天线之间的距离d很短,天线相关性可以被降低以允许具有高的吞吐量的数据传输。

[0154] 码本结构

[0155] 如上所述,当接收终端反馈用于从发送终端的MIMO传输的预编码信息时,通过在发送和接收终端之间共享预先限定的码本,反馈开销可以被降低,实现有效的预编码。

[0156] 为了配置预先限定的码本,预编码器矩阵可以使用DFT(离散傅里叶变换)矩阵或者沃尔什(Walsh)矩阵配置。否则,预编码器可以按照与相移矩阵或者相移分集矩阵的组合以各种形式配置。

[0157] 在共同极化天线的情况下,基于DFT的码本提供高的性能。在基于DFT矩阵的码本的配置中, $n \times n$ DFT矩阵可以如由公式16表示的限定。

[0158] [公式16]

$$[0159] \text{DFTn: } D_n(k, \ell) = \frac{1}{\sqrt{n}} \exp(-j2\pi k\ell/n), \quad k, \ell = 0, 1, \dots, n-1$$

[0160] 在公式16的DFT矩阵的情况下,对于特定的大小n仅仅给出一个矩阵。因此,DFTn矩阵的旋转的版本可以另外配置和使用,以便限定各种预编码矩阵,并且适当地使用该预编码矩阵。公式4表示示例性旋转DFTn矩阵。

[0161] [公式17]

$$[0162] \text{旋转的DFTn: } D_n^{(G,g)}(k, \ell) = \frac{1}{\sqrt{n}} \exp(-j2\pi k(\ell + g/G)/n), \quad k, \ell = 0, 1, \dots, n-1, \quad g = 0, 1, \dots, G.$$

[0163] 当如由公式17表示的DFT矩阵被配置时,G个旋转的DFTn矩阵可以产生,并且产生的矩阵满足DFT矩阵的特征。

[0164] 将给出基于户主(householder)的码本结构的描述。基于户主的码本指的是由户主矩阵组成的码本。户主矩阵用于户主变换,并且户主变换是一种线性变换,并且可用于执行QR分解。QR分解指的是将矩阵分解为正交矩阵Q和上三角矩阵R。上三角矩阵指的是方形矩阵,其中所有主对角线分量是0。示例性 4×4 户主矩阵由公式18表示。

[0165] [公式18]

$$[0166] M_1 = I_4 - 2u_0u_0^H / \|u_0\|^2 = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$[0167] u_0^H = [1 \quad -1 \quad -1 \quad -1]$$

[0168] 具有CM特征的 4×4 酉矩阵可以按照户主变换产生。 $n \times n$ 预编码矩阵可以使用户主变换产生,并且类似如表2所示用于4个Tx天线的码本,产生的预编码矩阵的列子集可以用作用于小于n的秩传输的预编码矩阵。

[0169] 用于8个Tx天线的码本

[0170] 在具有扩展的天线配置(例如,8个Tx天线)的3GPP LTE版本10系统中,在3GPP LTE

版本8/9中使用的反馈方案可以被扩展和应用。例如，信道状态信息(CSI)，诸如，秩指标(RI)、预编码矩阵索引(PMI)和信道质量信息(CQI)可以被反馈。将给出用于设计基于双预编码器的反馈码本方法的描述，其可以在支持扩展的天线配置的系统中使用。在基于双预编码器的反馈码本中，接收端可以将PMI发送到发送端，以便表示将用于MIMO传输的预编码器。在这种情况下，预编码矩阵可以由两个不同的PMI的组合表示。也就是说，接收端可以将两个不同的PMI(即，第一PMI和第二PMI)反馈给发送端，并且发送端可以确定由第一和第二PMI的组合表示的预编码矩阵，并且将预编码矩阵应用于MIMO传输。

[0171] 在设计基于双预编码的反馈码本时，可以考虑8个Tx天线MIMO支持、单个用户MIMO(SU-MIMO)和MU-MIMO、用于各种天线配置的适用性、用于码本设计的标准、码本大小等等。

[0172] 能够考虑在秩大于2的情况下仅仅支持SU-MIMO的反馈码本在秩2或者更小的情况下对于SU-MIMO和MU-MIMO两者优化，并且作为应用于使用8个Tx天线的MIMO的码本，应用于各种天线配置。

[0173] 作为MU-MIMO，期望是，参与MU-MIMO的UE在对应域中是分开的。因此，用于MU-MIMO的码本需要设计成能在具有高相关性的信道中正确地工作。由于DFT矢量在具有高的相关性的信道中提供令人满意的性能，所以可以考虑在达到秩2的码本集合中包含DFT矢量。此外，在能够产生大量空间信道(例如，具有大量的反射波的室内环境)的高散射传播环境下，SU-MIMO可以更加适合作为MIMO传输方案。因此，用于大于2的秩的码本可以被设计使得码本允许区分多个层。

[0174] 在设计用于MIMO传输的预编码器时，期望是，预编码器配置对各种天线配置(低相关、高相关和横向极化天线配置)提供令人满意的性能。在8个Tx天线的布置中，具有天线间隔 4λ 的横向极化阵列可以被配置为低相关天线配置，具有天线间隔 0.5λ 的ULA可以被配置为高相关天线配置，或者具有天线间隔 0.5λ 的横向极化阵列可以被配置为横向极化天线配置。基于DFT的码本配置可以对高相关天线配置提供令人满意的性能。

[0175] 块对角矩阵可以进一步应用于横向极化天线配置。因此，当对角矩阵被引入用于8个Tx天线的码本时，可以产生对所有天线配置提供令人满意的性能的码本。

[0176] 用于码本设计的标准允许码本满足如上所述的酉码本、CM特征、有限字母表、适当的码本大小、嵌套的特征等等。该标准应用于3GPPLTE版本8/9码本设计，并且可以考虑用于对支持扩展的天线配置的3GPP LTE版本10码本设计的码本设计标准的应用。

[0177] 码本大小需要提高以便充分地支持使用8个Tx天线的优点。为了在低相关环境下从8个Tx天线获得足够的预编码增益，可能需要大型的码本(例如，对于秩1和秩2具有4比特以上的码本)。4比特码本在高相关环境下可能足够获得预编码增益。但是，用于秩1和秩2的码本大小可以提高，以便实现MU-MIMO的复用增益。

[0178] 基于以上的描述，本发明提供在无线通信系统中用于产生能够降低反馈量的预编码矩阵和用于有效传输的新的反馈结构的方法。在一个代表性的实施例中，当发射机使用采用有源天线系统(AAS)的大规模天线，并且大规模天线在蜂窝网络中可以用于在BS和UE之间的下行链路通信时，本发明是特别有效的。

[0179] 图7图示AAS。

[0180] 在遵循LTE Rel-12的无线通信系统中考虑引入AAS。AAS指的是不同于其中有源电路与天线分离的常规的无源天线系统的，由其每个包括能够控制信号的相位和幅值的有源

电路的有源天线组成的系统。

[0181] 特别地,由于AAS使用有源天线,并且从而不需要附加的电缆、连接器、硬件等等以将有源电路连接到天线,因此就能量和操作成本而言,AAS是有效的。此外,由于AAS支持用于每个天线的电子束控制,所以AAS允许增强的MIMO技术,诸如,考虑到波束方向和波束宽度,精确的波束方向图的形成,或者三维波束方向图的形成。

[0182] 随着增强的天线系统,诸如,AAS的引入,考虑具有多个输入/输出天线和多维的天线结构的大规模的MIMO系统。例如,当形成二维的天线阵列,而不是常规的线性天线阵列时,可以按照AAS的有源天线产生三维的波束方向图。

[0183] 因此,当BS使用三维的波束方向图时,BS可以考虑在波束的垂直方向以及水平方向上的扇区形成。此外,当UE使用大规模的接收天线形成接收波束时,UE可以按照天线阵列增益期待信号功率提高,并且从而,仅仅以比常规的天线系统需要更低的Tx功率可以满足系统性能需求。

[0184] 图8图示本发明可应用于其的示例性2D-AAS。

[0185] 2D-AAS可以通过在垂直和水平方向安装天线被配置为大规模天线系统。对于用于2D-AAS的预编码,由于垂直天线和水平天线可以具有不同的特征,并且可以以不同的方式使用,所以在垂直方向中用于天线的预编码和在水平方向中用于天线的预编码可以独立地执行。例如,长期的预编码可以应用于垂直天线,使得大量的天线波束朝着接收机的方向形成,而短期的预编码可以通过接收取决于信道的反馈应用于水平天线,反之亦然。用于基于天线安装方向应用不同的预编码方案的预编码方法由公式19表示。

[0186] [公式19]

$$[0187] \begin{bmatrix} y^{(0)}(i) \\ \vdots \\ y^{(P-1)}(i) \end{bmatrix} = W_H \otimes W_V \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(v-1)}(i) \end{bmatrix}$$

[0188] 如图8所示, W_H 和 W_V 可以分别限定为用于水平天线(组1至组8)的预编码矩阵,和用于垂直天线(组A至组H)的预编码矩阵。 W_H 和 W_V 可以分别是 $N_H \times v_H$ 和 $N_V \times v_V$ 矩阵。 N_H 和 N_V 分别表示水平和垂直天线端口,并且 v_H 和 v_V 分别表示水平和垂直天线秩。因此,总的层数 v 表示为 $v = v_H + v_V$ 。公式19可以按照 $(A^T \otimes B) \text{vec}_{\text{row}}(X) = \text{vec}_{\text{row}}(AXB)$ 表示为公式20。

[0189] [公式20]

$$[0190] \text{vec}_{\text{row}}(Y(i)) = \text{vec}_{\text{row}}(W_H(i) X(i) \{W_V(i)\}^T)$$

[0191] 在公式20中, $\text{vec}_{\text{row}}(A)$ 是产生A矩阵的行排序的列的函数。 $X(i)$ 是具有 $v_H \times v_V$ 和 $x(i) = \text{vec}_{\text{row}}(X(i))$ 的大小的符号矩阵。因此,在层域中,2D符号矩阵 $X(i)$ 的前和后可以分别乘以两个预编码矩阵 $W_H(i)$ 和 $W_V(i)$ 以产生2D传输矩阵 $Y(i)$ 。

[0192] 本发明提出当由公式19和20表示的预编码使用2D-AAS应用于3D MIMO系统时,使用大的延迟循环延迟分集(LD-CDD)的方法。在描述该方法之前,现在将描述LD-CDD。

[0193] LD-CDD

[0194] 在LTE中的LD-CDD可以由公式21表示。

[0195] [公式21]

$$[0196] \quad \begin{bmatrix} y^{(0)}(i) \\ \vdots \\ y^{(P-1)}(i) \end{bmatrix} = W(i)D(i)U \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(v-1)}(i) \end{bmatrix}$$

[0197] 在公式21中, $x(i) = [x^{(0)}(i) \cdots x^{(v-1)}(i)]^T$ 指的是没有对其应用预编码的数据符号矢量, $y(i) = [y^{(0)}(i) \cdots y^{(P-1)}(i)]^T$ 指的是已经预编码的传输矢量。在公式21中, v 表示发送的数据层的数目, 并且 P 表示单独的天线端口的数目。

[0198] 此外, $W(i)$ 表示用于信道控制的预编码矩阵。因此, 当信道变化时, 适当的码字可以是从码本中选择出来的。但是, 码字不取决于在当前的LTE系统中的信道被选择, 并且用于在LTE中使用的信道控制的预编码矩阵 $W(i)$ 表示为公式22。

[0199] [公式22]

$$[0200] \quad \begin{cases} W(i) = C_1 & \text{用于2天线端口} \\ W(i) = C_k, \quad k = \left(\left\lfloor \frac{i}{v} \right\rfloor \bmod 4\right) + 1 \in \{1, 2, 3, 4\} & \text{用于4天线端口} \end{cases}$$

[0201] 在公式22中, C_k 表示码字, 并且 $W(i)$ 可以具有固定值或者预先确定的模式, 以便应对变化的信道。当天线端口的数目是2个以上时, 预编码矩阵 $W(i)$ 具有码字 C_1 , 而当天线端口的数目是4个以上时, 预编码矩阵 $W(i)$ 具有取决于值 k 以预先确定的模式变化的码字。

[0202] 在公式21中, $D(i)$ 和 U 在虚拟的天线域中用于对于所有虚拟的天线同样地散布所有层。因此, 所有层可以具有均等的信道质量。信号开销可以通过将层控制为在相等的电平上来降低。例如, 当线性MMSE(最小均方误差)被应用于接收机时, 仅仅可以反馈一个CQI, 并且单个的HARQ重复传输不必对于不同的层执行, 并且从而, 下行链路控制信令开销可以被降低。

[0203] 以下的表3示出在LTE中使用的 $D(i)$ 和 U 。

[0204] [表3]

层数 v	U	$D(i)$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/2} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/2} \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/3} & e^{-j4\pi/3} \\ 1 & e^{-j4\pi/3} & e^{-j8\pi/3} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/3} & 0 \\ 0 & 0 & e^{-j4\pi/3} \end{bmatrix}$
4	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/4} & e^{-j4\pi/4} & e^{-j6\pi/4} \\ 1 & e^{-j4\pi/4} & e^{-j8\pi/4} & e^{-j12\pi/4} \\ 1 & e^{-j6\pi/4} & e^{-j12\pi/4} & e^{-j18\pi/4} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{-j4\pi/4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-j6\pi/4} \end{bmatrix}$

[0206] 当LD-CDD系统被标准化时, $W(i)$ 可以限定为信道相关的预编码矩阵, U 可以限定为

酉矩阵，并且D(i)可以限定为具有带有相位差的对角项的对角矩阵，如由公式23表示的。

[0207] [公式23]

$$[0208] D(i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_{0,i}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\theta_{v-1,i}} \end{bmatrix}$$

[0209] 在公式23中，D(i)被按照频率相移。换句话说，D(i)可以被认为是用于相位延迟的矩阵。当标准化的W(i)、U和D(i)应用于公式21时，所有层遭遇波束成形，其按照D(i)和U随着频率而变化，并且可以按照频率分集化和平均。传输矢量y的协方差矩阵如由公式24表示的计算。

[0210] [公式24]

$$[0211] \mathbf{R}_y^{(i)} = \mathbb{E}[\mathbf{y}(i)(\mathbf{y}(i))^H] = W(i)D(i)UU^H(D(i))^H(W(i))^H = W(i)(W(i))^H$$

[0212] 在公式24中，可以假设W(i)用于预编码，其通过使用信道的高本征值提高信道增益。如可以从公式24看到的，D(i)和U用于平均所有层的信道质量，同时保持信道增益。应当注意到，在公式24中的D(i)和U保持传输矢量y的协方差矩阵。

[0213] 实施例

[0214] 本发明提供当在2D AAS应用于其的3D MIMO系统中使用如由公式19或者20表示的预编码时，用于使用LD-CDD的预编码方法。将LD-CDD应用于具有垂直天线和水平天线的2D-ASS的方法可以被划分为分别由以下的公式25和26表示的两种方法。

[0215] [公式25]

$$[0216] \text{方法1: } \mathbf{y}(i) = [W_H(i) \otimes W_V(i)]D(i)U\mathbf{x}(i)$$

[0217] [公式26]

$$[0218] \text{方法2: } \mathbf{y}(i) = [\{W_H(i)D_H(i)U_H\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U_V\}]\mathbf{x}(i)$$

[0219] 公式25(在下文中称为方法1)表示LD-CDD对水平分量和垂直分量的所有乘积的应用，并且公式26(在下文中称为方法2)表示LD-CDD对水平分量和垂直分量的预编码矩阵的相应地应用。这两种方法可以按照信道状态不同地应用。

[0220] 首先考虑方法1可应用于的情形。方法1是通过按照 $W_H(i) \otimes W_V(i)$ 获得信道的高本征值，用于按照D(i)U平均所有层的LD-CDD方案。方法1可以应用于由水平天线和垂直天线产生的所有信道变化的情形。当很难正确地反馈迅速地变化的信道时， $W_H(i) \otimes W_V(i)$ 不能起到其作用，并且可以通过按照D(i)U分集化的信道获得分集增益。虽然方法1是最常规的方法，D(i)和U两者需要按照秩($v = v_H v_V$)设计。例如，如果 $v_H = 4$ 和 $v_V = 4$ ，则D(i)和U两者需要使矩阵具有预先确定的大小。在这种情况下，在表3中示出的矩阵不能使用，并且D(i)和U需要重新设计。

[0221] 因此，考虑到方法1的缺点提出方法2。当应用方法2时， $D_H(i)$ 、 $D_V(i)$ 、 U_H 和 U_V 需要使矩阵模型具有预先确定的大小，其可以容易地使用表3获得。当假设 $D_H(i)$ 、 $D_V(i)$ 、 U_H 和 U_V 按照H和V被不同地设计时，由于 v_H 和 v_V 的数目提高，方法2需要设计比方法1更少数目的矩阵。

[0222] 此外，方法2具有比方法1更宽的使用范围。由于由本发明提供的方法涉及3D-MIMO

系统,所以由水平天线元件产生的信道和由垂直天线元件产生的信道可以具有不同的特征。方法2可以基于信道特征分别设计用于水平天线的 $W_H(i)$ 和 $D_H(i)$, 和设计用于垂直天线的 $W_V(i)$ 和 $D_V(i)$ 。方法1可以仅仅设计用于水平和垂直天线的 $D(i)$ 。

[0223] 更详细地描述方法2。在方法2中,在矩阵中H和V分别地表示水平和垂直方向。因此,水平天线和垂直天线可以基于由水平天线产生的信道的特征和由垂直天线产生的信道的特征在不同的周期中设计(配置)。

[0224] 换句话说,按照方法2,在基站使用用于预编码的矩阵预编码信号的过程中,将预编码的信号映射到资源元素(RE),并且将映射的信号发送到UE,用于预编码的矩阵由第一矩阵W、第二矩阵D和第三矩阵U的乘积表示,其是如下通过顺序地乘以该矩阵获得的。

$$[0225] \{W_H(i)D_H(i)U_H\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U_V\}$$

[0226] 在这里,H表示用于基站的水平天线的矩阵,V表示用于基站的垂直天线的矩阵,并且i是自然数。

[0227] 将参考公式27至30给出 $D(i)$ 和U具有用于水平天线和垂直天线的预先确定的模式方案的描述。

[0228] [公式27]

$$[0229] W_H(i) = C_k, k = \left(\left\lfloor \frac{i}{p_{WH}} \right\rfloor \bmod N_H \right) + 1 \in \{1, 2, \dots, N_H\} \text{ 或者 } k = \text{固定值}$$

[0230] [公式28]

$$[0231] W_V(i) = C_l, l = \left(\left\lfloor \frac{i}{p_{VV}} \right\rfloor \bmod N_V \right) + 1 \in \{1, 2, \dots, N_V\} \text{ 或者 } l = \text{固定值}$$

[0232] [公式29]

$$[0233] D_H(i) = D'_H(m), m = \left(\left\lfloor \frac{i}{p_{vH}} \right\rfloor \bmod v_H \right) + 1 \in \{1, 2, \dots, v_H\} \text{ 或者 } m = \text{固定值}$$

[0234] [公式30]

$$[0235] D_V(i) = D'_V(n), n = \left(\left\lfloor \frac{i}{p_{wV}} \right\rfloor \bmod v_V \right) + 1 \in \{1, 2, \dots, v_V\} \text{ 或者 } n = \text{固定值}$$

[0236] 在公式27至30中, $W_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 、 $D_H(i)$ 和 $D_V(i)$ 的周期取决于 p_{WH} , p_{VV} , p_{vH} 和 p_{wV} 确定为相同的值,并且 $W_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 、 $D_H(i)$ 和 $D_V(i)$ 的值根据 N_H , N_V , v_H 和 v_V 分别基于 p_{WH} , p_{VV} , p_{vH} 和 p_{wV} 循环。在这里,至少一个周期值可以具有与另一个周期值相同的值,并且表示具有相同值的长度的 p_{WH} , p_{VV} , p_{vH} 和 p_{wV} 可以相关。例如,周期值可以具有以下的值。

$$[0237] \begin{cases} p_{wV} = 1 \\ p_{vH} = 1 \\ p_{VV} = v_H \times v_V \\ p_{WH} = N_V \times v_H \times v_V \end{cases}$$

[0238] 在公式27至30中的 p_{WH} , p_{VV} , p_{vH} 和 p_{wV} 被设置为 $(N_V \times v_H \times v_V, v_H \times v_V, 1, 1)$,使得 $W_H(i)$ 对于每 $N_V \times v_H \times v_V$ 个RE变化(N_V 是基站的垂直天线端口的数目,其可以是等于或者大于2的

整数),并且 $W_V(i)$ 对于每 $v_H \times v_V$ 个RE变化。此外, $D_H(i)$ 和 $D_V(i)$ 按照RE变化。这种配置应用于采用频率平坦衰落信道,并且由水平天线产生的信道比由垂直天线产生的信道更加迅速地变化的情形。对于频率平坦衰落信道,信道可以在频率域中随着 $D_H(i)$ 和 $D_V(i)$ 被分集化。相对迅速地变化的水平信道可以被经由 $W_H(i)$ 分集化,而相对迟缓地变化的垂直信道可以被经由 $W_V(i)$ (其比 $W_H(i)$ 更加迅速地变化)分集化。周期值P可以通过使用这样的方法取决于信道状态应用。

[0239] 除了前面提到的示例之外,表示周期的 p_{WH} , p_{VV} , p_{vH} 和 p_{vv} 可以经由其它的方法设置。在以下的表4中示出的情形是可允许的。

[0240] [表4]

[0241]

情形	$P_{WH}, P_{VV}, P_{vH}, P_{vv}$
1	$N_{VVHVV}, V_{HVV}, vv, 1$
2	$V_{HVV}, N_{VVHVV}, vv, 1$
3	$V_{HVV}, V_{HVV}, vv, 1$
4	$N_{VVHVV}, V_{HVV}, 1, v_H$
5	$V_{HVV}, N_{VVHVV}, v_H, 1$
6	$V_{HVV}, V_{HVV}, v_H, 1$
7	$N_{VVHVV}, V_{HVV}, 1, 1$
8	$V_{HVV}, N_{VVHVV}, 1, 1$
9	$V_{HVV}, V_{HVV}, 1, 1$

[0242] 表4示出 $D_H(i)$ 和 $D_V(i)$ 两者的周期被设置使得 $D_H(i)$ 和 $D_V(i)$ 比 $W_H(i)$ 和 $W_V(i)$ 更加迅速地变化的情形。这些情形类似于当前的LTE系统,如可以从表3和公式22中看到的,其中 $D(i)$ 比 $W(i)$ 更加迅速地变化。

[0243] 考虑到水平信道不同于垂直信道,用于水平信道的预编码矩阵 $W_H(i)$ 和 $D_H(i)$ 的周期可以被设置,使得 $W_H(i)$ 和 $D_H(i)$ 两者比用于垂直信道的预编码矩阵 $W_V(i)$ 和 $D_V(i)$ 迅速地或者迟缓地变化。在表5中示出的情形是可允许的。

[0244] [表5]

[0245]

情形	$P_{WH}, P_{VV}, P_{vH}, P_{vv}$
1	$N_{VVHVV}, vv, N_{VVV}, 1$
2	$N_{VVV}, vv, N_{VVV}, 1$
3	$N_{VVHVV}, 1, N_{VVV}, 1$
4	$N_{VVV}, 1, N_{VVV}, 1$
5	$v_H, N_{HVHVV}, 1, N_{HVH}$
6	$v_H, N_{HVH}, 1, N_{HVH}$
7	$1, N_{HVHVV}, 1, N_{HVH}$
8	$1, N_{HVH}, 1, N_{HVH}$

[0246] 如表5所示,当该周期取决于用于水平信道和垂直信道的信道特征被设置时,可以取决于信道特征获得分集增益。

[0247] 在对应于公式25的前面提到的方法1中,周期可以按照如在方法2中的信道状态(特征)变化。在方法1中, $W_H(i)$ 、 $W_V(i)$ 和 $D(i)$ 具有如在方法4中由公式31至33表示的模式。

[0248] [公式31]

$$[0249] W_H(i) = C_k, k = \left(\left\lfloor \frac{i}{p_{WH}} \right\rfloor \bmod N_H \right) + 1 \in \{1, 2, \dots, N_H\} \text{ 或者 } k = \text{固定值}$$

[0250] [公式32]

$$[0251] W_V(i) = C_l, l = \left(\left\lfloor \frac{i}{p_{VV}} \right\rfloor \bmod N_V \right) + 1 \in \{1, 2, \dots, N_V\} \text{ 或者 } l = \text{固定值}$$

[0252] [公式33]

[0253] $D(i) = D'(m)$, $m = (i \bmod v_H v_V) + 1 \in \{1, 2, \dots, v_H v_V\}$ 或者 $m = \text{固定值}$

[0254] 在公式31至33中, $W_H(i)$ 和 $W_V(i)$ 的周期按照 p_{WH} 和 p_{VV} 被确定为相同的值。 $W_H(i)$ 和 $W_V(i)$ 的值按照 N_H 和 N_V 基于 p_{WH} 和 p_{VV} 循环。在这种情况下,表示具有相同的值的长度的 p_{WH} 和 p_{VV} 可以按照信道特征相关。一个示例如下。

$$[0255] \begin{cases} p_{VV} = v_H \times v_V \\ p_{WH} = N_V \times v_H \times v_V \end{cases}$$

[0256] 在这种情况下, $W_H(i)$ 对于每 $N_V \times v_H \times v_V$ 个RE变化,并且 $W_V(i)$ 对于每 $v_H \times v_V$ 个RE变化。(相比之下,当其周期相互变化时, $W_H(i)$ 可以对于每 $v_H \times v_V$ 个RE变化,并且 $W_V(i)$ 可以对于每 $N_V \times v_H \times v_V$ 个RE变化)。这样的周期设置应用于由水平天线产生的信道比由垂直天线产生的信道更加迅速地变化的情形。比 $W_V(i)$ 迟缓地变化的 $W_H(i)$ 可以用于相对迅速地变化的水平信道,并且相对迟缓地变化的垂直信道可以被经由比 $W_H(i)$ 更加迅速地变化的 $W_V(i)$ 分集化。以这样的方式,适当的周期值可以取决于信道状态设置。该周期值可以设置如下。

$$[0257] \begin{cases} p_{VV} = N_H \times v_H \times v_V \text{ 或者 } \\ p_{WH} = v_H \times v_V \end{cases} \quad \begin{cases} p_{VV} = v_H \times v_V \\ p_{WH} = v_H \times v_V \end{cases}$$

[0258] 如上所述,表示周期的 p_{WH} , p_{VV} , p_{vH} 和 p_{vV} 可以使用在发射机和接收机之间指定的值,或者可以由高层经由RRC信令设置。接收机可以将适当的周期值反馈给发射机。

[0259] 也就是说,方法1和方法2将LD-CDD应用于预编码。方法1将LD-CDD应用于水平分量和垂直分量的乘积,而方法2区分水平分量与垂直分量,并且将LD-CDD应用于水平和垂直分量的相应的预编码矩阵。由于方法1将LD-CDD应用于水平分量和垂直分量的所有乘积,所以很难修改方法1,而由于方法2分别地将LD-CDD应用于水平分量和垂直分量,所以方法2可以被修改。

[0260] 可以示例将LD-CDD仅仅应用于水平和垂直方向的一个。将LD-CDD仅仅应用于水平方向(在下文中,称为方法3)的示例可以由公式34表示,并且将LD-CDD仅仅应用于垂直方向(在下文中,称为方法4)的示例可以由公式35表示。

[0261] [公式34]

[0262] 方法3: $\mathbf{y}(i) = [(W_H(i)D_H(i)U_H) \otimes W_V(i)]\mathbf{x}(i)$

[0263] [公式35]

[0264] 方法4: $\mathbf{y}(i) = [W_H(i) \otimes \{W_V(i)D_V(i)U_V\}] \mathbf{x}(i)$

[0265] 将LD-CDD仅仅应用于水平方向的方法3可以被认为是由公式26表示的方法2的改进。换句话说,当矩阵被设计为在公式26中的 $W_V(i) = D_V(i) = I$ 时,可以获得对应于方法3的公式34。类似地,当矩阵被设计为在公式26中的 $W_H(i) = D_H(i) = I$ 时,可以获得对应于方法4的公式35。这样的改进可以应用于用于水平和垂直信道的一个的信道特征。因此,本发明提出一种按照信道特征获得分集增益的方法。可以仅仅选择和应用方法1至4的一个。此外,可以使用由接收机经由RRC信令从四个方法中选择的方法,或者应用于信道特征的方法可以由接收机到发射机反馈。

[0266] 前面提到的方法1至4按照预编码矩阵 $W_H(i) \otimes W_V(i)$ 不会降低信道增益。这可以在下文中通过获得传输矢量 \mathbf{y} 的协方差矩阵确认。获得传输矢量的协方差矩阵的方法随着公式24如上所述。能够通过经由以下的公式36至39获得协方差矩阵确认按照预编码矩阵的信道增益不会降低。

[0267] [公式36]

$$\mathbf{R}_{yy}^{(i)} = E[\mathbf{y}(i)(\mathbf{y}(i))^H]$$

$$\begin{aligned}[0268] &= [W_H(i) \otimes W_V(i)] D(i) U U^H (D(i))^H [W_H(i) \otimes W_V(i)]^H \\ &= [W_H(i) \otimes W_V(i)] [W_H(i) \otimes W_V(i)]^H \end{aligned}$$

[0269] [公式37]

$$\mathbf{R}_{yy}^{(i)} = E[\mathbf{y}(i)(\mathbf{y}(i))^H]$$

$$\begin{aligned}[0270] &= [\{W_H(i)D_H(i)U_H\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U_V\}] [\{W_H(i)D_H(i)U_H\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U_V\}]^H \\ &= [\{W_H(i)D_H(i)U_H U_H^H (D_H(i))^H (W_H(i))^H\} \otimes \{W_V(i)D_V(i)U_V U_V^H (D_V(i))^H (W_V(i))^H\}] \\ &= [W_H(i) \otimes W_V(i)] [W_H(i) \otimes W_V(i)]^H \end{aligned}$$

[0271] [公式38]

$$\mathbf{R}_{yy}^{(i)} = E[\mathbf{y}(i)(\mathbf{y}(i))^H]$$

$$\begin{aligned}[0272] &= [\{W_H(i)D(i)U\} \otimes W_V(i)] [\{W_H(i)D(i)U\}^H \otimes (W_V(i))^H] \\ &= [\{W_H(i)D(i)U U^H (D(i))^H (W_H(i))^H\} \otimes W_V(i) (W_V(i))^H] \\ &= [W_H(i) \otimes W_V(i)] [W_H(i) \otimes W_V(i)]^H \end{aligned}$$

[0273] [公式39]

$$\mathbf{R}_{yy}^{(i)} = E[\mathbf{y}(i)(\mathbf{y}(i))^H]$$

$$\begin{aligned}[0274] &= [W_H(i) \otimes \{W_V(i)D(i)U\}] [(W_H(i))^H \otimes \{W_V(i)D(i)U\}^H] \\ &= [W_H(i) (W_H(i))^H \otimes \{W_V(i)D(i)U U^H (D(i))^H (W_V(i))^H\}] \\ &= [W_H(i) \otimes W_V(i)] [W_H(i) \otimes W_V(i)]^H \end{aligned}$$

[0275] 在下文描述的本发明的实施例是本发明的要素和特点的组合。除非另作说明,要素或者特点可以选择性的考虑。每个要素或者特点可以无需与其他的要素或者特点结合实践。此外,本发明的一个实施例可以通过合成要素和/或特点的一部分构成。在本发明的实施例中描述的操作顺序可以重新安排。任何一个实施例的某些结构可以包括在另一个实施

例中，并且可以以另一个实施例的相应的结构替换。对于本领域技术人员来说显而易见，在所附的权利要求书中未明确地相互引用的权利要求可以以与本发明的实施例组合呈现，或者在本申请申请之后，通过以后的修改包括作为新的权利要求。

[0276] 描述为由BS执行的特定的操作可以由BS的上层节点执行。即，很明显，在由包括BS的多个网络节点组成的网络中，用于与UE通信执行的各种的操作可以由BS，或者除BS以外的网络节点执行。该术语BS可以以术语固定站、节点B、e节点B(eNB)、接入点等等替换。

[0277] 本发明的实施例可以通过各种的手段，例如，硬件、固件、软件或者其组合实现。在硬件结构中，按照本发明的实施例的方法可以通过一个或多个专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理器件(DSPD)、可编程序逻辑器件(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、处理器、控制器、微控制器、微处理器等等实现。

[0278] 在固件或者软件结构中，本发明的实施例可以以模块、过程、功能等等的形式实现。例如，软件码可以存储在存储单元中，并且由处理器执行。

[0279] 该存储单元可以位于该处理器的内部或者外部，并且可以经由各种已知的装置从处理器发送数据和接收数据。

[0280] 本领域技术人员应该理解，除了在此处阐述的那些之外，不脱离本发明的精神和基本特征，本发明可以以其他特定的方式实现。以上所述的实施例因此在所有方面解释为说明性的和非限制性的。本发明的范围将由所附的权利要求及其合法的等效，不由以上的描述确定，并且落在所附的权利要求的含义和等效范围内的所有变化意欲包含在其中。

[0281] 工业实用性

[0282] 虽然在前面提到的实施例中在多个天线无线通信系统中有效的反馈传输方法和用于其的装置被应用于3GPP LTE，但是该方法和装置可以应用于除了3GPP LTE以外的各种无线通信系统。

E-UMTS

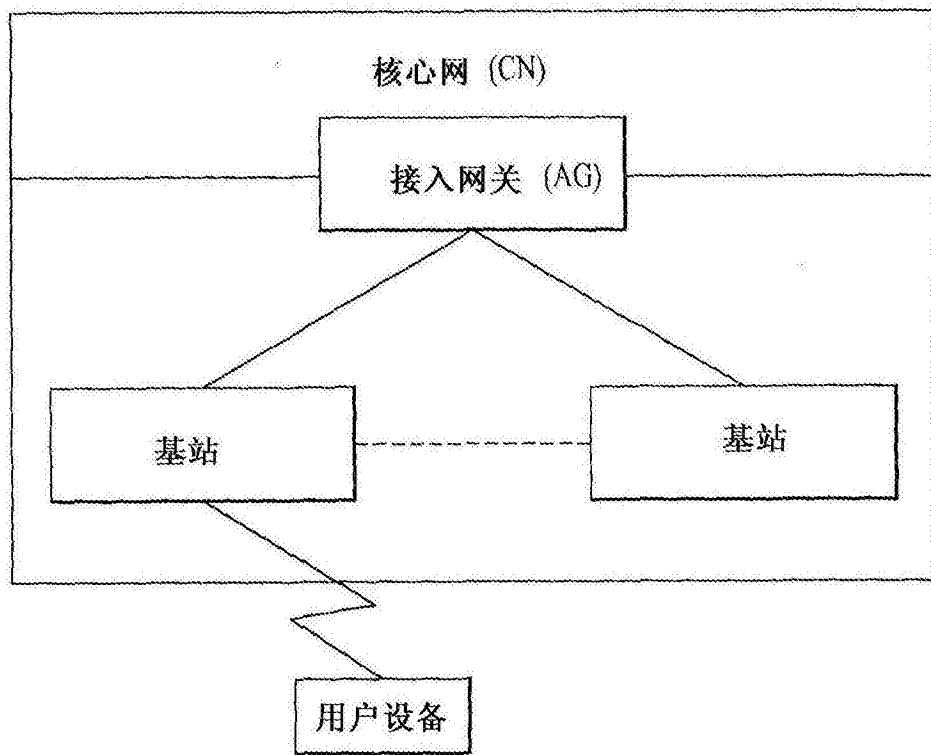


图1

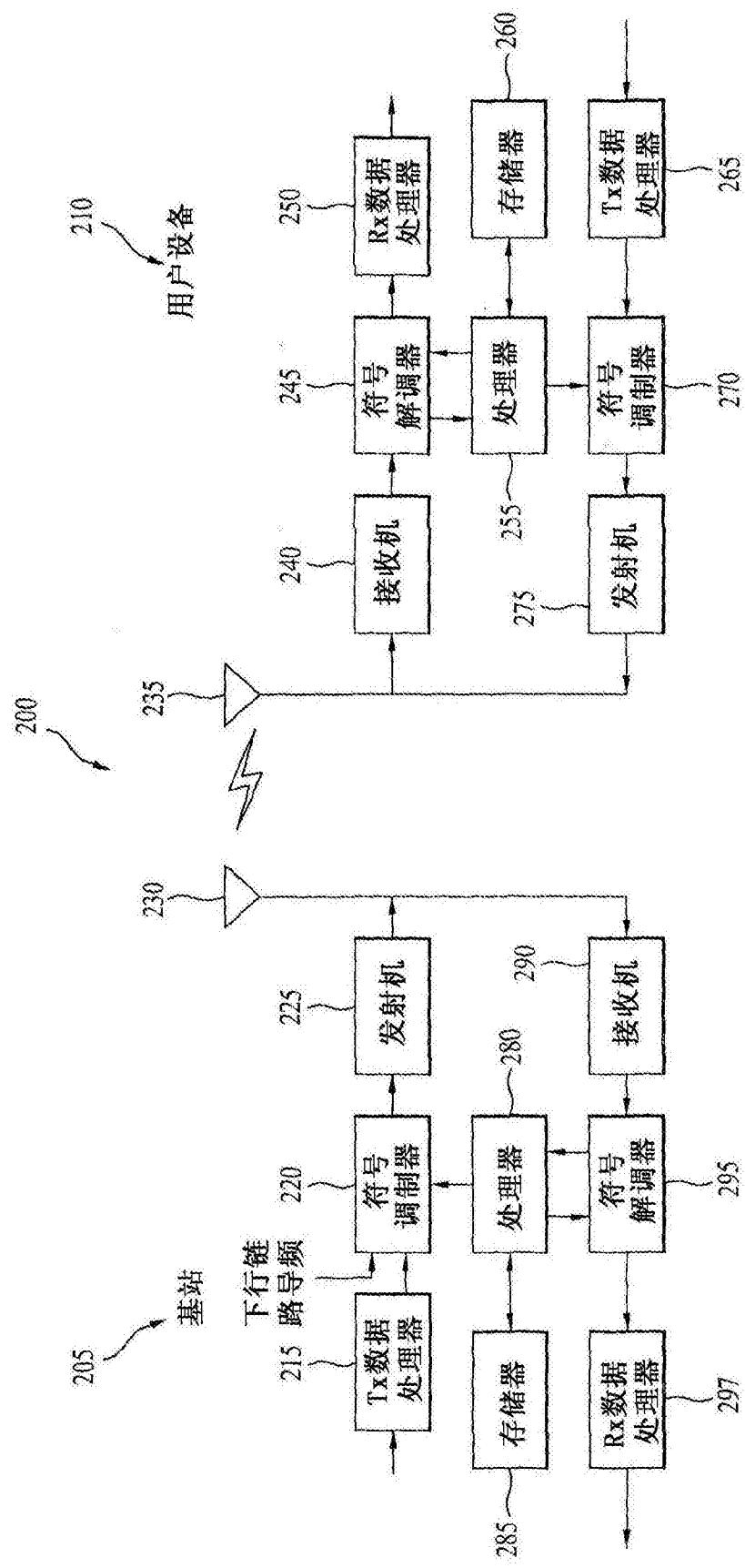
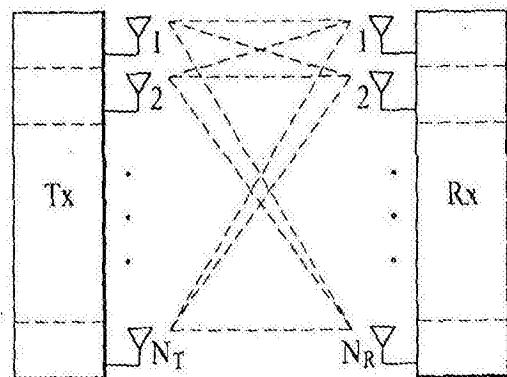
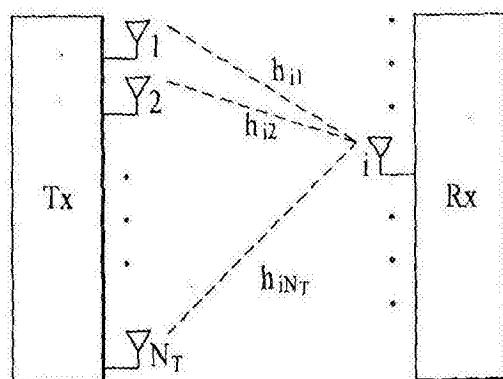


图2



(a)



(b)

图3

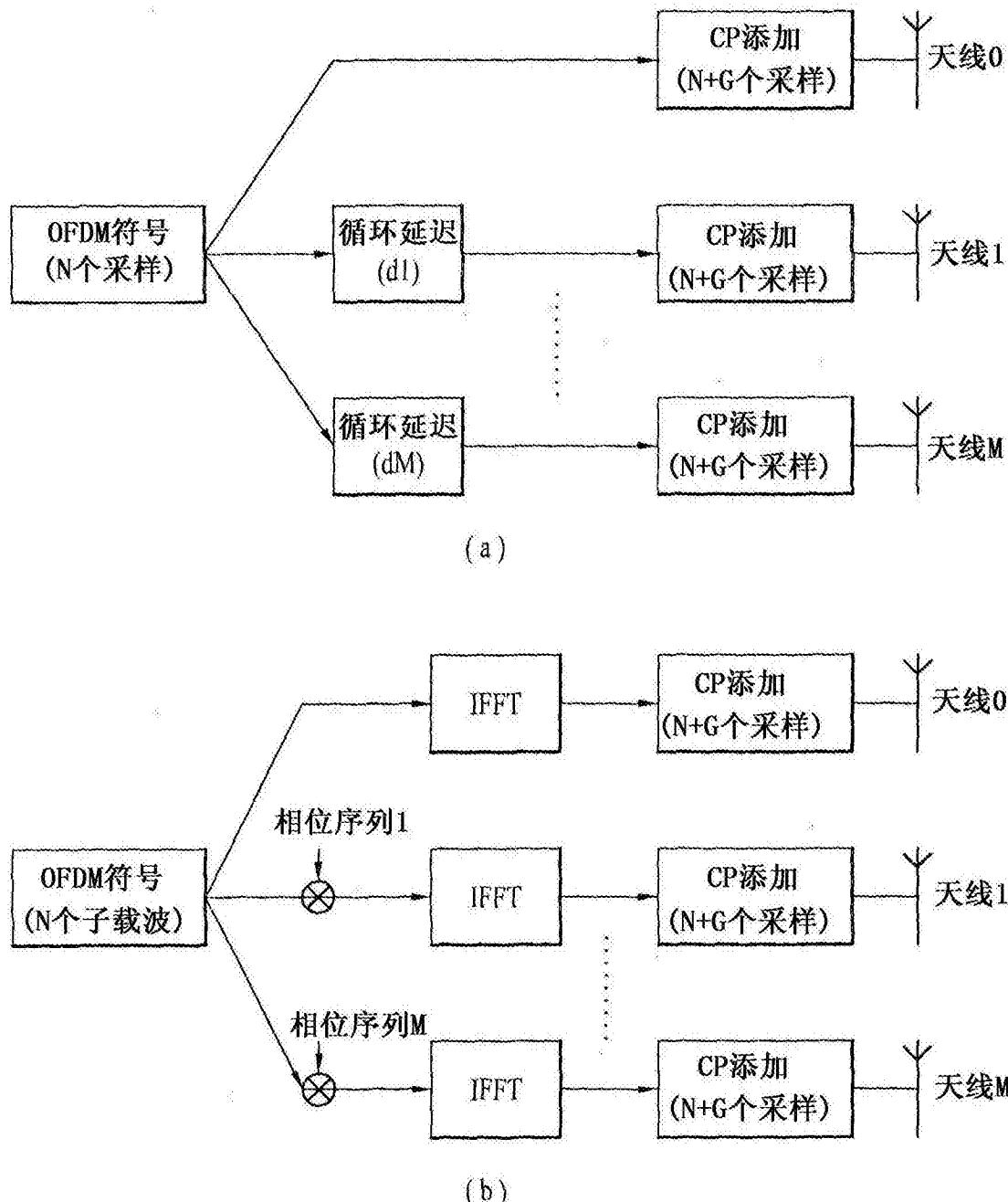


图4

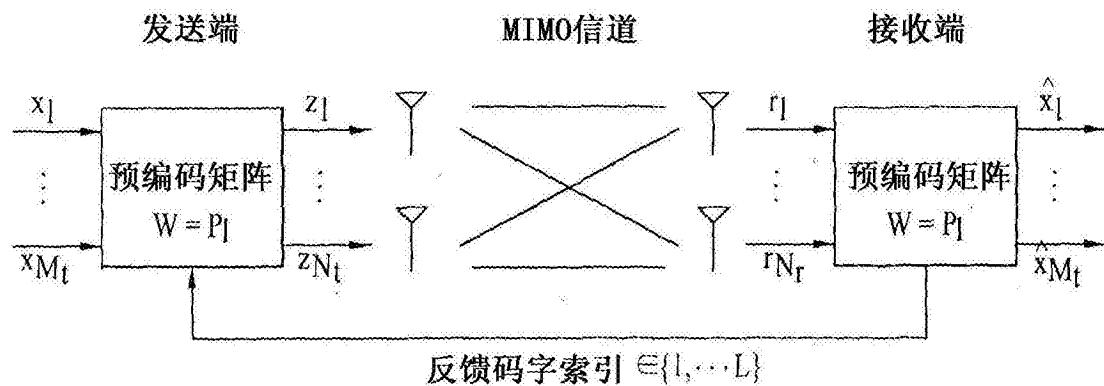


图5

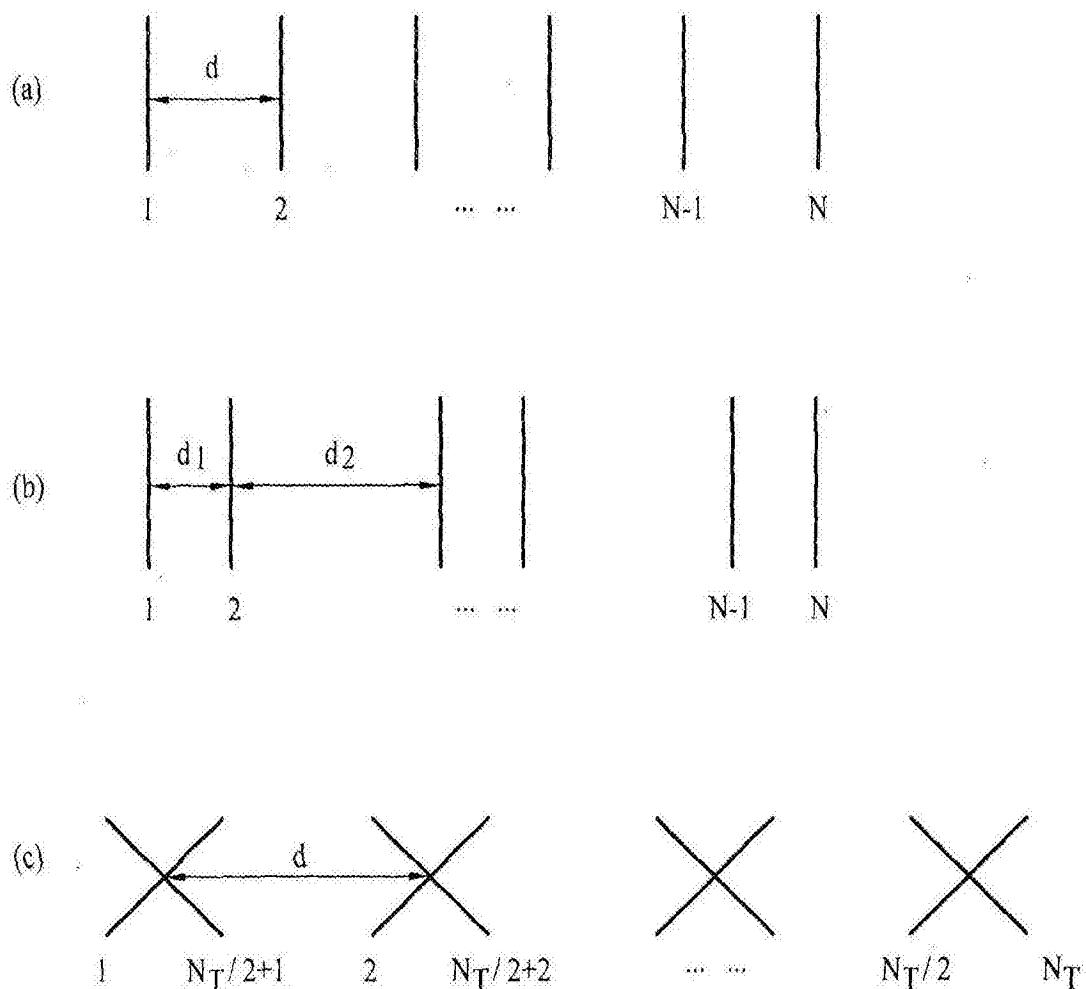


图6

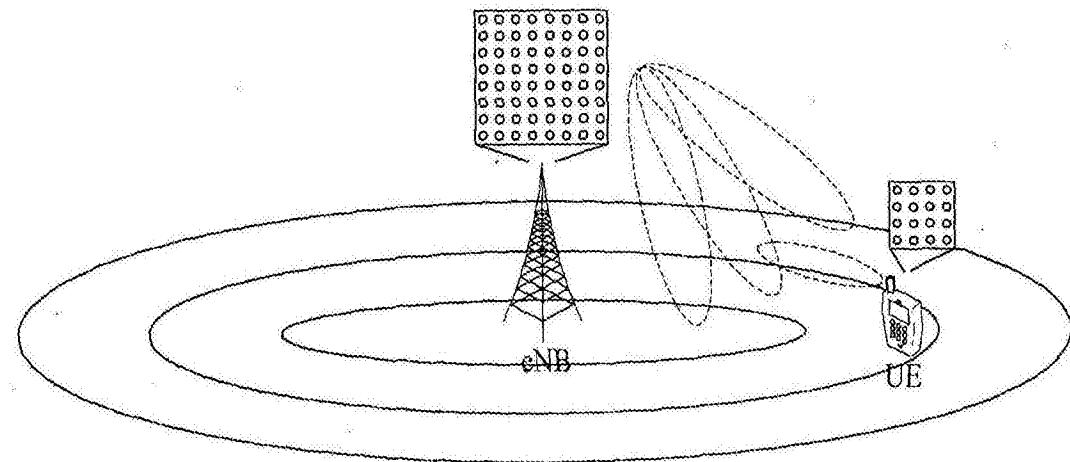


图7

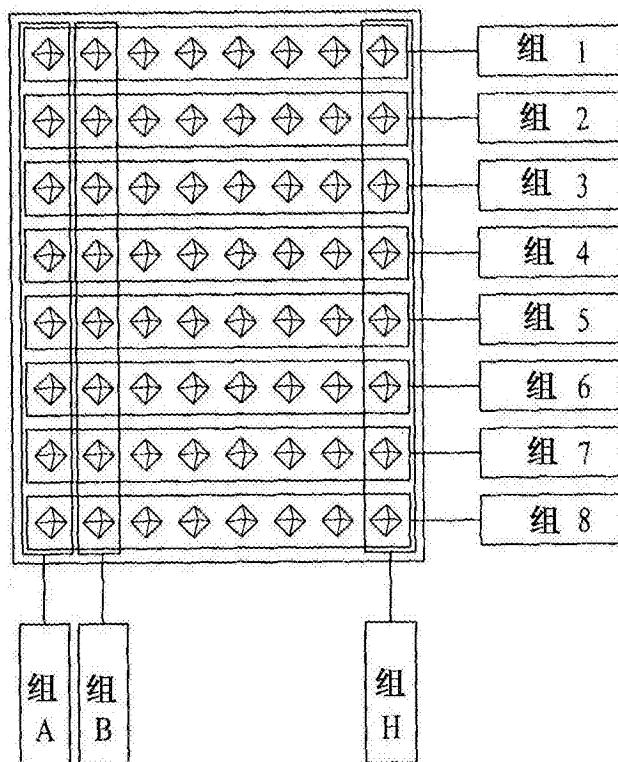


图8