



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102017449 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 11

(21) 申请号 200980115957. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 01. 22

H04B 7/04 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/036, 475 2008. 03. 14 US

10-2008-0080461 2008. 08. 18 KR

(56) 对比文件

WO 2007139305 A2, 2007. 12. 06, 全文.

Samsung. Open-Loop SM for High-speed UEs. 《3GPP TSG RAN WG1 Meeting #51bis》. 2008, 第 1-2 页.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2010. 11. 03

Samsung. Subset selection for

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/KR2009/000335 2009. 01. 22

precoding. 《3GPP TSG RAN WG1 Meeting #52》. 2008, 第 1-3 页.

(87) PCT 申请的公布数据

W02009/113766 EN 2009. 09. 17

审查员 李熙

(73) 专利权人 LG 电子株式会社

地址 韩国首尔

(72) 发明人 李文日 千珍英 高贤秀 任彬哲

李旭峰

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 夏凯 谢丽娜

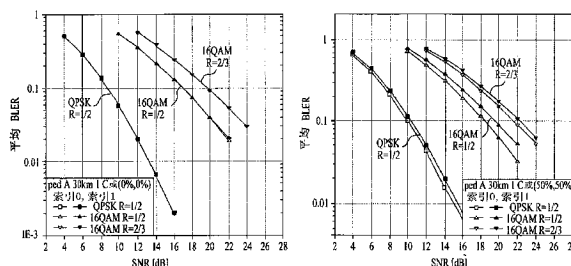
权利要求书1页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

在开环空间复用模式下发送和接收信号的方法

(57) 摘要

本发明描述了一种用于在开环空间复用传输模式下发送和接收信号的方法。当发送天线数量为 2 并且秩为 2 时, 基站通过矩阵根据循环延迟分集方案进行预编码并发送预编码的信号, 在所述矩阵中, 将对应于单位矩阵的第一矩阵、对应于对角矩阵的第二矩阵、对应于酉矩阵的第三矩阵依次相乘。这与以下情况实质上相同: 所述基站利用矩阵执行预编码并发送预编码的信号, 在所述矩阵中将对应于对角矩阵的第二矩阵、对应于酉矩阵的第三矩阵依次相乘。用户设备根据接收的秩指示符和发送天线的数量估计传输模式并接收信号。



1. 一种用户设备(UE)接收从基站发送的信号的方法,所述方法包括步骤:

从所述基站接收关于发送天线数量的信息;以及

基于在 2- 发送天线、开环空间复用(SM)传输模式下,所述基站通过使用用于基于大延迟循环延迟分集(CDD)的预编码的矩阵进行预编码而发送信号的假设,来接收信号,

其中能够以 WDU 的形式生成所述矩阵,在所述 WDU 中,将第一矩阵(W)、对应于对角矩阵的第二矩阵(D)、和对应于酉矩阵的第三矩阵(U)依次相乘,

其中所述 UE 假设使用所述 2- 发送天线、开环 SM 传输模式的基站将所述第一矩阵固定地用作为用于基于所述大延迟 CDD 的预编译的矩阵中的单位矩阵(I)。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,当发送天线数量为 2 并且传输秩为 2 时,所述第二矩阵(D)是 2×2 矩阵。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述 UE 假设使用所述 2- 发送天线、开环 SM 传输模式的基站将所述第一矩阵固定地用作为用于基于所述大延迟 CDD 的预编译的矩阵中的

$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$,并且所述用户设备不将预编码矩阵索引(PMI)反馈给所述基站。

4. 一种基站发送信号到用户设备(UE)的方法,所述方法包括步骤:

在 2- 发送天线、开环空间复用(SM)传输模式下,通过使用用于基于大延迟循环延迟分集(CDD)的预编码的矩阵执行传输信号的预编码,其中能够以 WDU 的形式生成所述矩阵,在所述 WDU 中,将第一矩阵(W)、对应于对角矩阵的第二矩阵(D)、以及对应于酉矩阵的第三矩阵(U)依次相乘;以及

将预编码的信号映射到资源元素;以及

向 UE 发送映射的信号,

其中使用所述 2- 发送天线、开环 SM 传输模式的基站将所述第一矩阵固定地用作为用于基于所述大延迟 CDD 的预编译的矩阵中的单位矩阵(I)。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,当发送天线数量为 2 并且传输秩为 2 时,所述第二矩阵是 2×2 矩阵。

6. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,使用所述 2- 发送天线、开环 SM 传输模式的基站将所述第一矩阵固定地用作为用于基于所述大延迟 CDD 的预编译的矩阵中的 $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$,

并且不从所述用户设备将预编码矩阵索引反馈给所述基站。

在开环空间复用模式下发送和接收信号的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多输入多输出 (MIMO) 移动通信系统, 尤其涉及一种在开环空间复用模式下有效地发送和接收信号的方法。

背景技术

[0002] 随着信息通信服务的普及、各种多媒体服务的出现以及高质量服务的提供, 对高速无线通信服务的需求增加了。为了积极应对这种需求, 首先要提高通信系统的容量。为了提高无线通信环境下的通信容量, 可以考虑用于重新搜索有效频带的方法和提高有限资源效率的方法。对于后一种方法, 近年来多发送和接收天线技术得到关注并积极发展。多发送和接收天线技术通过配备具有多个天线的发射器和接收器以便额外地保证利用资源的空间区域从而来获得分集增益, 或者, 通过各个天线并行传输数据来提高传输容量。

[0003] 下面描述多发送和接收天线技术中使用正交分频复用 (OFDM) 的 MIMO 系统。

[0004] 图 1 示出使用 OFDM 的多发送和接收天线系统的一般结构。

[0005] 在发送侧, 信道编码器 101 向传输数据比特中添加冗余比特以减少信道或噪声的影响, 映射器 103 将数据比特信息转换为数据符号信息。串行 - 并行转换器 105 使数据符号信息并行化以将数据符号承载多个子载波上。多天线编码器 107 将并行化的数据符号转换为时空信号。在接收侧, 多天线解码器 109、并行 - 串行转换器 111、解映射器 113 以及信道解码器 115 分别执行发送侧的多天线编码器 107、串行 - 并行转换器 105、映射器 103 以及信道编码器 101 中所执行功能的相反功能。

[0006] 多天线 OFDM 系统需要多种技术来提高数据传输的可靠性。空时编码 (STC) 方案和循环延迟分集 (CDD) 方案用于提高空间分集增益。波束成形方案和预编码方案用于提高信噪比 (SNR)。STC 方案和 CDD 方案主要用于提高不能使用发送侧反馈信息的开环系统的传输可靠性。波束成形方案和预编码方案用于通过能使用发送侧反馈信息的闭环系统中的相应反馈信息来将 SNR 最大化。

[0007] 下面描述上述技术中用于提高空间分集增益的 CDD 方案和用于提高 SNR 的预编码方案。

[0008] CDD 方案使所有天线在具有多发送天线的系统中发送 OFDM 信号时以不同的延迟或不同的大小来发送信号, 因此接收侧获得频率分集增益。

[0009] 图 2 示出使用 CDD 方案的多天线系统发送侧的结构。

[0010] 当通过串行 - 并行转换器和多天线编码器将 OFDM 符号分离并发送到每个天线时, 添加用于防止信道之间干扰的循环前缀 (CP) 并将其发送到接收侧。在这种情况下, 发送到第一天线的数据序列没有延迟地发送到接收侧, 而发送到下一天线的数据序列相比于前一天线, 循环延迟了一预定样本 (sample)。

[0011] 同时, 如果在频域中执行 CDD 方案, 那么可将循环延迟表示为相位序列的乘积。

[0012] 图 3 示出在频域中执行图 2 所示 CDD 方案的方法。

[0013] 如图 3 所示, 将根据天线而不同地设定的相位序列 (相位序列 1 至相位序列 M) 乘

以频域中的数据序列,然后,进行快速傅里叶逆变换 (IFFT) 将数据序列发送到接收侧。这种方法称为相移分集方案。

[0014] 相移分集方案可将平坦衰落信道转换为频率选择性信道,并通过频率选择性安排 (scheduling),经由信道编码或多用户分集增益而获得频率分集增益。

[0015] 同时,预编码方案包括当闭环系统中的反馈信息有限时所使用的基于码本的预编码方法,以及依据信道信息的量化执行反馈的方法。基于码本的预编码指的是通过向发送侧反馈预编码矩阵的索引而获得 SNR 增益,发送侧和接收侧预先知道该预编码矩阵的索引。

[0016] 图 4 示出使用基于码本的预编码的多天线系统的发送侧和接收侧的结构。

[0017] 发送侧和接收侧分别包括有限预编码矩阵 P_1 至 P_L 。接收侧利用信道信息将最佳预编码矩阵索引 I 反馈到发送侧。发送侧可将对应于反馈索引的预编码矩阵应用于传输数据 X_1 至 X_{M_t} 。

[0018] 根据是否需要反馈信息,上述相移分集方案或 CDD 方案在开环类型和闭环类型中有不同的要求。也就是说,希望在开环 CDD 方案和闭环 CDD 方案中使用不同的预编码矩阵。

[0019] 在这样的假定下,必须明确指定这样一种方法,其用于当获得足够的频率分集增益时选择适当的预编码矩阵,并且同时根据每个 CDD 方案将实现 (achievement) 的复杂度最小化,并用于有效地发送和接收信号。

发明内容

[0020] [技术问题]

[0021] 设计为解决上述问题的本发明的目的是提供一种根据传输模式选择预编码矩阵的方法,所述预编码矩阵能在各种信道环境下获得足够的频率分集增益的同时简化实现。

[0022] 设计为解决上述问题的本发明的另一目的是提供一种利用所选择的预编码矩阵,根据 CDD 方案在发送侧与接收侧之间有效地发送和接收信号的方法。

[0023] [技术方案]

[0024] 通过提供一种用户设备在开环空间复用传输模式下接收信号的方法能实现本发明的目的。所述方法包括步骤:从基站接收关于秩指示符 (rank indicator) (RI) 和天线数量的信息;以及如果发送天线数量为 2,则估计所述基站通过以矩阵 (WDU) 进行预编码来发送信号,在所述矩阵 (WDU) 中,将对应于单位矩阵 (I) 的第一矩阵 (W)、对应于对角矩阵的第二矩阵 (D)、对应于酉矩阵的第三矩阵 (U) 依次相乘;以及根据估计结果来接收信号。如果所述秩指示符指示大于 1 的数,则所述方法还包括估计所述基站根据循环延迟分集 (CDD) 方案来发送信号。

[0025] 在本发明的另一方面,提供一种基站在开环空间复用传输模式下发送信号的方法。所述方法包括步骤:如果传输秩 (transmission rank) 大于 1,则根据循环延迟分集 (CDD) 方案发送信号,其中所述发送信号的步骤包括:如果发送天线数量为 2,则通过矩阵 (WDU) 执行传输信号的预编码,在所述矩阵 (WDU) 中,将对应于单位矩阵 (I) 的第一矩阵 (W)、对应于对角矩阵的第二矩阵 (D)、对应于酉矩阵的第三矩阵 (U) 依次相乘;以及将预编码的信号映射到资源元素并发送映射后的信号。

[0026] 在实施例中,当发送天线数量为 2 并且所述秩指示符指定的秩为 2 时,所述第二

矩阵 (D) 是 2×2 矩阵。开环空间复用传输模式下的基站将所述第一矩阵固定地用作为 $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, 并且用户设备不将预编码矩阵索引反馈给基站。

[0027] 在本发明的另一方面, 提供一种基站在开环空间复用传输模式下发送信号的方法。所述方法包括步骤: 如果发送天线数量为 2 并且传输秩为 2, 则通过矩阵 (DU) 根据循环延迟分集 (CDD) 方案进行传输信号的预编码, 在所述矩阵 (DU) 中, 将对应于对角矩阵的第一矩阵 (D)、对应于酉矩阵的第二矩阵 (U) 依次相乘; 以及将预编码的信号映射到资源元素并发送映射后的信号。

[0028] [有益效果]

[0029] 根据本发明的实施例, 对每种传输模式都能简单地实现足够的分集增益。

附图说明

[0030] 所包括的附图提供对本发明的进一步理解, 其示出本发明的实施例并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0031] 在附图中:

[0032] 图 1 示出使用 OFDM 的多发送和接收天线系统的一般结构;

[0033] 图 2 示出使用 CDD 方案的多天线系统发送侧的结构;

[0034] 图 3 示出在频域中执行图 2 所示 CDD 方案的方法;

[0035] 图 4 示出使用基于码本的预编码的多天线系统的发送侧和接收侧的结构;

[0036] 图 5 是示意性示出 3GPP LTE 系统中下行链路物理信道的传输过程的概念图。

[0037] 图 6 是曲线图, 示出相对于 ITU-PedA 信道中的开环空间复用 (SM), 对于 $2-T_x$ 码本的秩 2 使用索引 0 和索引 1 时的性能比较; 以及

[0038] 图 7 是曲线图, 示出相对于 6-Ray TU 信道中的开环 SM, 对于 $2-T_x$ 码本的秩 2 使用索引 0 和索引 1 时的性能比较。

具体实施方式

[0039] 下面详细描述本发明的示例性实施例, 实施例的示例在附图中示出。参照附图给出的详细描述目的是解释本发明的示例性实施例, 而不是示出根据本发明仅能实现的实施例。例如, 通过第 3 代合作伙伴计划长期演进 (3GPP LTE) 系统的实例给出以下描述, 但是以下描述适用于以相同原理使用通用多天线系统的任何无线通信系统。另外, 在以下描述中, 术语“基站”可用“节点 B”、“eNode B”等代替, 术语“移动终端”可用“用户设备 (UE)”、“移动站 (MS)”等代替。

[0040] 下面的详细描述包括特定细节以提供对本发明的全面理解。但是对本领域技术人员而言显而易见的是, 没有这些特定细节也能实施本发明。在一些实例中, 已知的结构和装置被省略或者用方框图的形式示出, 专注于结构和装置的重要特征, 因此不会模糊本发明的概念。整个说明书中使用的相同附图标记表示相同或相似的部件。

[0041] 根据本发明的一个方面, 提供一种用于选择预编码矩阵以及利用选择的预编码矩阵有效地发送和接收信号的方法, 这种方法能根据传输模式在不同信道环境中获得足够的频率分集增益, 并且这种方法易于实现。为此, 下面详细描述根据传输模式的 3GPP LTE 系

统的下行链路,并描述通过在开环空间复用模式中有效构造预编码矩阵,从而根据 CDD 方案发送和接收信号的方法。但是,3GPP LTE 系统的下行链路只是示例性的,本发明也适用于其他无线通信环境。

[0042] 图 5 是示意性示出 3GPP LTE 系统中下行链路物理信道的传输过程的概念图。

[0043] 通过信道编码生成的码字在扰码器 501 中被扰码,通过扰码器 501 生成扰码后的比特块。通过调制映射器 502 生成比特块,作为调制到正交相移键控 (QPSK)、16 正交调幅 (16QAM) 或 64QAM 的调制符号。调制符号通过层映射器 503 映射到一个或多个层。在 3GPP LTE 系统中,能同时传输的码字多达两个,根据前述参考文献,这两个码字可映射到四个或少于四个的层。

[0044] 通过预编码器 504 将层映射后的符号进行预编码。预编码方案包括:(1)用于空间复用 (SM) 的预编码;(2)用于空间传输分集的预编码。用于 SM 的预编码包括:(a)不应用 CDD,用于 SM 的预编码;(b)用于大延迟 CDD 的预编码。在开环 SM 传输模式中,如果传输秩大于 1,则基站根据基于 CDD 的预编码方案发送信号。对于有两个发送天线的系统,也就是 2-T_x 系统,基站可通过基于固定的特定预编码矩阵进行预编码来发送信号。对于有四个发送天线的系统,也就是 4-T_x 系统,基站可通过将不同的预编码方案循环应用于各个资源元素而发送信号。

[0045] 已经被预编码的传输符号通过资源元素映射器 505 映射到适当的资源元素,并经由 OFDM 信号生成器 506,通过发送天线发送。

[0046] 同时,上述预编码方案中用于 SM 的预编码利用这样的方法:这些方法使用发送侧与接收侧之间的预定码本中的特定预编码矩阵来减少信令开销。下面详细描述这些方法中用于大延迟 CDD 的预编码。在以下描述中,将用于大延迟 CDD 的预编码称为“基于 CDD 的预编码”、“CDD 预编码”或“基于相移的预编码”,除非这种使用造成混淆。

[0047] 基于 CDD 的预编码的基本结构——DU 结构

[0048] 基于相移的预编码用于在与不同相位的序列相乘之后,发送要通过所有天线发送的所有流。通常,当用循环延迟值生成相位序列时,根据接收器生成频率选择性信道,并根据频率区域增加或减少信道大小。

[0049] 可用以下方式表示基于相移的预编码矩阵 P。

[0050] [方程式 1]

[0051]

$$P_{N_t \times R}^k = \begin{pmatrix} w_{1,1}^k & w_{1,2}^k & \cdots & w_{1,R}^k \\ w_{2,1}^k & w_{2,2}^k & \cdots & w_{2,R}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_t,1}^k & w_{N_t,2}^k & \cdots & w_{N_t,R}^k \end{pmatrix}$$

[0052] 这里, k 表示资源索引,例如,子载波索引或者虚的 (virtual) 时间 - 频率资源或者特定频带索引, $w_{i,j}^k$ (其中 $i = 1, \dots, N_t$, $j = 1, \dots, R$) 表示由 k 确定的复数权重值, N_t 表示发送天线数量, R 表示 SM 率。根据乘到 (multiplied to) 天线的 OFDM 符号和对应的子载波索引,所述复数权重值可具有不同的值。可根据信道环境和有没有反馈信息的至少其中之一来确定所述复数权重值。

[0053] 同时,方程式 1 的预编码矩阵 P 优选设计为减少多天线系统的信道容量的损失。为

此,多天线开环系统的信道能力可表示如下。

[0054] [方程式 2]

$$[0055] \quad Cu(\mathbf{H}) = \log_2 \left(\det \left(\mathbf{I}_{N_r} + \frac{\text{SNR}}{N} \mathbf{H} \mathbf{H}^H \right) \right)$$

[0056] 这里, $\mathbf{H}$ 表示大小为 $N_r \times N_t$ 的多天线信道矩阵, N_t 表示接收天线的数量。如果将方程式 1 的基于相移的预编码矩阵 $\mathbf{P}$ 应用于方程式 2, 则得到以下方程式 3。

[0057] [方程式 3]

[0058]

$$C_{\text{预编码}} = \log_2 \left(\det \left(\mathbf{I}_{N_r} + \frac{\text{SNR}}{N} \mathbf{H} \mathbf{P} \mathbf{P}^H \mathbf{H}^H \right) \right)$$

[0059] 如方程式 3 所示, 因为 $\mathbf{P} \mathbf{P}^H$ 应当是单位矩阵以消除信道容量的损失, 所以优选地, 基于相移的预编码矩阵 $\mathbf{P}$ 应当满足以下条件。

[0060] [方程式 4]

$$[0061] \quad \mathbf{P} \mathbf{P}^H = \mathbf{I}_{N_t}$$

[0062] 也就是说, 优选地, 基于相移的预编码矩阵 $\mathbf{P}$ 是基于酉矩阵。

[0063] 相对于天线数量为 N_t (其中 N_t 是等于或大于 2 的自然数) 并且 SM 率为 R (其中 R 是等于或大于 1 的自然数) 的系统, 上述基于相移的预编码矩阵可表示为以下方程式 5。因为可通过概括 (generalize) 传统的相移分集方案来得到方程式 5, 所以方程式 5 的多天线方案可称为一般化的相移分集 (generalized phase-shift diversity) (GPSD)。

[0064] [方程式 5]

[0065]

$$GPSD_{N_t \times R}^k = \begin{pmatrix} w_{1,1}^k & w_{1,2}^k & \cdots & w_{1,R}^k \\ w_{2,1}^k & w_{2,2}^k & \cdots & w_{2,R}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_t,1}^k & w_{N_t,2}^k & \cdots & w_{N_t,R}^k \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} e^{j\theta_1 k} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2 k} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\theta_{N_t} k} \end{pmatrix}}_{D^k} (\mathbf{U}_{N_t \times R}^k)$$

[0066] 这里, $GPSD_{N_t \times R}^k$ 表示用于具有 N_t 个发送天线和 SM 率 R 的 MIMO-OFDM 信号的第 k 个资源索引的 GPSD 矩阵, $\mathbf{U}_{N_t \times R}^k$ 是满足 $\mathbf{U}_{N_t \times R}^H \times \mathbf{U}_{N_t \times R} = \mathbf{I}_{R \times R}$ 的酉矩阵 (第二矩阵, $\mathbf{U}$)。 $\mathbf{U}_{N_t \times R}$ 用于将对应于各个天线的子载波符号之间的干扰最小化。特别地, $\mathbf{U}_{N_t \times R}$ 优选满足酉矩阵的条件, 以便对于相移保持对角矩阵 (第一矩阵, $\mathbf{D}$) 的酉矩阵的特性。

[0067] 在方程式 5 中, 频域的相位角 θ_i (其中 $i = 1, \dots, N_t$) 与时域的延迟时间 τ_i (其中 $i = 1, \dots, N_t$) 有如下关系。

[0068] [方程式 6]

$$[0069] \quad \theta_i = -2\pi / N_{\text{fft}} \cdot \tau_i$$

[0070] 这里, N_{fft} 表示 OFDM 信号的子载波数量。

[0071] 如方程式 5 所示, 将对应于对角矩阵 $\mathbf{D}$ 的第一矩阵与对应于酉矩阵 $\mathbf{U}$ 的第二矩阵相乘得到的预编码矩阵称为“基于 CDD 的预编码的基本结构”或“DU 结构”。

[0072] 一般化的相移分集的扩展——PDU/WDU 结构

[0073] 在上述 DU 结构中, 通过将从发送侧与接收侧之间预定的码本中选择的预编码矩

阵添加到包括对角矩阵 D 和酉矩阵 U 的基于 CDD 的预编码的基本结构,可构造基于扩展 CDD 的预编码矩阵。这可表示如下。

[0074] [方程式 7]

[0075]

$$GPSD_{N_t \times R}^k = \left(\mathbf{P}_{N_t \times R} \right) \begin{pmatrix} e^{j\theta_1 k} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2 k} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & e^{j\theta_R k} \end{pmatrix} \left(\mathbf{U}_{R \times R} \right)$$

[0076] 与方程式 5 的矩阵相比,基于扩展 CDD 的预编码矩阵包括添加在对角矩阵之前的大小为 $N_t \times R$ 的预编码矩阵 P。因此,对角矩阵的大小被修改为 $R \times R$ 。相对于特定频带或特定子载波符号,可以不同地设定添加的预编码矩阵 $\mathbf{P}_{N_t \times R}$,并且优选地,可将预编码矩阵 $\mathbf{P}_{N_t \times R}$ 设定为在开环系统中使用固定的特定矩阵。通过添加预编码矩阵 $\mathbf{P}_{N_t \times R}$,可获得更加优化的 SNR 比率。

[0077] 添加的预编码矩阵选自 3GPP LTE 系统的码本并可表示为“W”。

[0078] 上述基于扩展 CDD 的预编码矩阵可称为“PDU 结构”或“WDU 结构”。

[0079] 码本子集限制技术

[0080] 下面示出用于 3GPP LTE 系统中的 2- T_x 系统和 4- T_x 系统的在发送侧与接收侧之间预定的码本。

[0081] 表 1

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

[0083] 表 2

[0084]

码本索引	u_n	层数 ν			
		1	2	3	4
0	$u_0 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$w_0^{(1)}$	$W_0^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_0^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_0^{(1234)} / 2$
1	$u_1 = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$w_1^{(1)}$	$W_1^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_1^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_1^{(1234)} / 2$
2	$u_2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$w_2^{(1)}$	$W_2^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_2^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_2^{(3214)} / 2$
3	$u_3 = [1 \ j \ 1 \ -j]^T$	$w_3^{(1)}$	$W_3^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_3^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_3^{(3214)} / 2$
4	$u_4 = [1 \ (-1-j)/\sqrt{2} \ -j \ (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$w_4^{(1)}$	$W_4^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_4^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_4^{(1234)} / 2$
5	$u_5 = [1 \ (1-j)/\sqrt{2} \ j \ (-1-j)/\sqrt{2}]^T$	$w_5^{(1)}$	$W_5^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_5^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_5^{(1234)} / 2$
6	$u_6 = [1 \ (1+j)/\sqrt{2} \ -j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$w_6^{(1)}$	$W_6^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_6^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_6^{(1324)} / 2$
7	$u_7 = [1 \ (-1+j)/\sqrt{2} \ j \ (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$w_7^{(1)}$	$W_7^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_7^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_7^{(1324)} / 2$
8	$u_8 = [1 \ -1 \ 1 \ 1]^T$	$w_8^{(1)}$	$W_8^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_8^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_8^{(1234)} / 2$
9	$u_9 = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$w_9^{(1)}$	$W_9^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_9^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_9^{(1234)} / 2$
10	$u_{10} = [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T$	$w_{10}^{(1)}$	$W_{10}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{10}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{10}^{(1324)} / 2$
11	$u_{11} = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$w_{11}^{(1)}$	$W_{11}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{11}^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_{11}^{(1324)} / 2$
12	$u_{12} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$w_{12}^{(1)}$	$W_{12}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{12}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{12}^{(1234)} / 2$
13	$u_{13} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$w_{13}^{(1)}$	$W_{13}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{13}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{13}^{(1324)} / 2$
14	$u_{14} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$w_{14}^{(1)}$	$W_{14}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{14}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{14}^{(3214)} / 2$
15	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$w_{15}^{(1)}$	$W_{15}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{15}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{15}^{(1234)} / 2$

[0085] 表 1 示出 2-T_x 系统中使用的码本,表 2 示出 4-T_x 系统中使用的码本。

[0086] 同时,包括 N_c 个预编码矩阵的码本可使用码本子集限制技术,根据基站和移动终端,码本子集限制技术只使用码本的一部分。在这种情况下,可将 N_c 个预编码矩阵限制到 N_{restrict} 个预编码矩阵。码本子集限制技术可用于减少多小区干扰或者降低复杂度。假定 $N_{\text{restrict}} \leq N_c$ 。例如,如果码本的预编码矩阵的总数 N_c 是 6,则整个集合的码本 $\mathbf{P}_{N_t \times R}$ 和被确定为只使用 6 个预编码矩阵中的 4 个预编码矩阵的码本 $\mathbf{P}_{N_t \times R}^{\text{restrict}}$ 可用以下方程式 8 表示。

[0087] [方程式 8]

$$[0088] \quad \mathbf{P}_{N_t \times R} = \{P_{N_t \times R}^0, P_{N_t \times R}^1, P_{N_t \times R}^2, P_{N_t \times R}^3, P_{N_t \times R}^4, P_{N_t \times R}^5\},$$

$$[0089] \quad \mathbf{P}_{N_t \times R}^{\text{restrict}} = \{P_{N_t \times R}^0, P_{N_t \times R}^2, P_{N_t \times R}^3, P_{N_t \times R}^5\} = \mathbf{W}_{N_t \times R} = \{W_{N_t \times R}^0, W_{N_t \times R}^1, W_{N_t \times R}^2, W_{N_t \times R}^3\}$$

[0090] 在方程式 8 中, $\mathbf{W}_{N_t \times R}$ 是重新排列码本 $\mathbf{P}_{N_t \times R}^{\text{restrict}}$ 的索引的等效码本。

[0091] 另一方面,如果预先限定在特定时间在发射器与接收器之间确定的预编码矩阵集合,就能获得以下方程式 9。

[0092] [方程式 9]

$$[0093] \quad \mathbf{P}_{N_t \times R} = \{P_{N_t \times R}^0, P_{N_t \times R}^1, \dots, P_{N_t \times R}^{N_c-1}\}$$

[0094]

$$GPSPD_{N_t \times R}^k = \left(\mathbf{P}_{N_t \times R}^{k \bmod N_c} \right) \begin{pmatrix} e^{j\theta_1 k} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2 k} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\theta_R k} \end{pmatrix} (\mathbf{U}_{R \times R})$$

[0095] 在方程式 9 中,预编码矩阵集合包括 N_c 个预编码矩阵。可将方程式 9 简化为方程式 10。

[0096] [方程式 10]

$$[0097] \quad \mathbf{P}_{N_t \times R} = \{P_{N_t \times R}^0, P_{N_t \times R}^1, \dots, P_{N_t \times R}^{N_c-1}\}$$

$$[0098] \quad GPSPD_{N_t \times R}^k = \left(\mathbf{P}_{N_t \times R}^{k \bmod N_c} \right) \Pi_{R \times R}^k$$

[0099] 方程式 8 和方程式 9 表示通过根据子载波或资源索引在码本 $\mathbf{P}_{N_t \times R}$ 内循环重复而使用预编码矩阵的方法。在方程式 10 中, $\Pi_{R \times R}^k$ 用于混合数据流。 $\Pi_{R \times R}^k$ 可称为数据流替换矩阵 (data stream substitution matrix), 可根据方程式 9 中所示的 SM 率 R 来选择 $\Pi_{R \times R}^k$ 。 $\Pi_{R \times R}^k$ 可表示为如下方程式 11 所示的简单形式。

[0100] [方程式 11]

[0101] SM 率 :2

$$[0102] \quad \Pi_{2 \times 2}^k = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}^k \text{ 或 } \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_1 k} \end{pmatrix} DFT_{2 \times 2}$$

[0103] SM 率 :3

$$[0104] \quad \Pi_{3 \times 3}^k = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}^k \text{ 或 } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_1 k} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\theta_2 k} \end{pmatrix} DFT_{3 \times 3}$$

[0105] SM 率 :4

$$[0106] \quad \Pi_{4 \times 4}^k = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^k \text{ 或 } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_1 k} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\theta_2 k} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\theta_3 k} \end{pmatrix} DFT_{4 \times 4}$$

[0107] 通过循环重复而在上述码本内使用预编码矩阵的方法也可在应用码本限制技术的码本内使用。例如,如果应用方程式 8 中的 $\mathbf{W}_{N_t \times R}$, 则方程式 10 可表示如下。

[0108] [方程式 12]

$$[0109] \quad \mathbf{P}_{N_t \times R}^{restrict} = \{P_{N_t \times R}^0, P_{N_t \times R}^2, P_{N_t \times R}^3, P_{N_t \times R}^5\} = \mathbf{W}_{N_t \times R} = \{W_{N_t \times R}^0, W_{N_t \times R}^1, W_{N_t \times R}^2, W_{N_t \times R}^3\}$$

$$[0110] \quad GPSPD_{N_t \times R}^k = \left(\mathbf{W}_{N_t \times R}^{k \bmod N_{restrict}} \right) \Pi_{R \times R}^k$$

[0111] 在方程式 12 中, k 表示资源索引, $N_{restrict}$ 为 4。也就是说,方程式 12 示出在表示

码本的 $\mathbf{W}_{N_t \times R}$ 内通过循环重复而使用预编码矩阵的方法, 在所述码本中根据子载波或资源索引来限制预编码矩阵。

[0112] 如上所述, 当使用 2-TX 系统 (其采用开环空间传输模式) 中的全部秩来执行基于 CDD 的预编码时, 因为由于大延迟 CDD 可获得足够的频率分集增益, 所以可将预编码矩阵 $\mathbf{W}$ 固定为任何一个以便简单实现。在下面的实施例中, 将描述当使用固定的预编码矩阵执行基于 CDD 的预编码时选择期望的预编码矩阵的方法。

[0113] 开环空间复用 (SM) 模式中基于 CDD 的预编码方法

[0114] 可根据上述方程式 7 所示的 PDU 结构或 WDU 结构来执行开环 SM 模式的大延迟 CDD 预编码。为了说明上述循环应用概念, 将大延迟 CDD 预编码表示如下。

[0115] [方程式 13]

[0116]

$$\mathbf{W}_{N_t \times R}^{\left\lfloor \frac{i}{v} \right\rfloor \bmod N_c} \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\theta_{R-i}} \end{pmatrix}}_{D(i)} \mathbf{U}_{R \times R}$$

[0117] 这里, N_c 表示码本子集内预编码矩阵的数量, v 表示使用相同预编码矩阵的连续资源元素的数量, i 像 k 一样是资源索引。因此, 对于每个资源索引 i 都修改预编码矩阵, 以使得能循环使用 N_c 个预编码矩阵。对大延迟 CDD 方案的另外的描述如下。

[0118] (1) 不使用预编码矩阵索引 (PMI) ;

[0119] (2) 在 2-T_x 系统中, 将 N_c 设定为 1 ;

[0120] (3) 在 4-T_x 系统中, 将 N_c 设定为 4, 矩阵索引使用表 2 中的 {12, 13, 14, 15}, 而不考虑秩 ;

[0121] (4) 仅当秩大于 1 时应用开环大延迟 CDD 方案, 传输分集方案用于秩 1 ; 以及

[0122] (5) 在传输分集方案与开环 SM 方案之间可使用动态秩应用。

[0123] 在 4-T_x 天线中, 为了获得足够的分集增益同时降低解码复杂度, 不考虑秩仅使用表 2 所示 16 个矩阵中的 4 个矩阵。但是, 在 2-T_x 开环 SM 中, 仅使用表 1 中用于秩 2 的 3 个矩阵中的 1 个矩阵。因此, 重要的是正确选择所使用的矩阵, 在示例性实施例中, 提供了 2-T_x 开环 SM 方案中选择用于基于大延迟 CDD 的预编码的预编码矩阵的方法。

[0124] 首先, 从表 1 考虑秩 2 如下。

[0125] [方程式 14]

[0126]

$$\text{rank2} = \left\{ \underbrace{\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}}_{\text{index_0}}, \underbrace{\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}}_{\text{index_1}}, \underbrace{\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{pmatrix}}_{\text{index_2}} \right\}$$

[0127] 在方程式 14 中, 索引 1 和索引 2 执行类似于单位矩阵的功能, 当与大延迟 CDD 结合时该单位矩阵执行列交换。但是, 当在基于大延迟 CDD 的预编码中使用索引 0 的预编码矩阵时, 开环 SM 充当执行列交换的离散傅里叶变换 (DFT) 矩阵, 并能在中度相关信道 (moderate correlation channel) 中获得高 SNR 增益。因此, 在本发明的示例性实施例中提供一种方

法,用于通过矩阵 WDU 或 PDU 对 $2-T_x$ 开环 SM 传输模式中的秩 2 执行预编码以及用于传输预编码信号,在矩阵 WDU 或 PDU 中,将对应于方程式 14 的索引 0 的单位矩阵的第一矩阵 W、对应于对角矩阵的第二矩阵、对应于酉矩阵的第三矩阵依次相乘。发明人进行下述模拟以确定当使用作为第一矩阵 W 的索引 0 的矩阵以及当使用作为第一矩阵 W 的索引 1 或索引 2 的矩阵时,在性能上是否有任何不同。

[0128] < 模拟结果 >

[0129] 在基于开环 CDD 的预编码中,当使用方程式 14 的索引 1 和使用方程式 14 的索引 2 时获得相似的性能。在这个模拟中,将使用方程式 14 的索引 0 时 WDU 结构中的 W 与使用方程式 14 的索引 1 时的 W 进行比较。进而,根据秩 2 矩阵索引、MCS 水平以及信道模式比较 $2-T_x$ 开环 SM 的性能。为了在快速信道更新环境下提供稳定性,假设高时变信道,在该高时变信道中通常使用分布式传输模式的长期链路自适应。下面的表 3 示出链路水平模拟的其他假设。

[0130] 表 3

	参数	假设
	OFDM 参数	5MHz
	子帧长度	1.0ms
	资源分配	分布式传输模式
	#使用的资源	2RBs
	信道模型	ITU-PedA 和 6-ray TU
	信道相关 (T_x , R_x)	(0%, 0%) 或 (50%, 50%)
	移动速度 (km/h)	30 km/h
[0131]	调制方案和信道编码速率	QPSK ($R=1/2$) 16-QAM ($R=1/2$, $2/3$)
	信道编码	Turbo 码分量解码器: max-log-MAP
	固定的酉矩阵 $U_{R \times R}$	$R \times R$ DFT 矩阵
	天线配置	2 个发射器, 2 个接收器 (秩 2) $\rightarrow [2T_x, 2R_x]$
	信道估计	理想信道估计
	MIMO 接收器	最小均方差 (MMSE) 滤波器

[0132] 图 6 是曲线图,示出相对于 ITU- 步行者 A(PedA) 信道中的开环 SM 将索引 0 和索引 1 用于 $2-T_x$ 码本的秩 2 时的性能比较。

[0133] 如图 6 所示,在不相关的空间信道下使用索引 0 和索引 1 时的性能相似。但是,在

高度相关的空间信道下,对 $2-T_x$ 码本的秩 2 使用索引 0 比使用索引 1 时提供更好的性能。这可能是因为 DFT 矩阵形成波束并通过平均两个波束而提供 SNR 增益。当使用高调制水平时,对 $2-T_x$ 码本的秩 2 使用索引 0 比使用索引 1 时显示更高的性能改善。

[0134] 图 7 是曲线图,示出相对于 6-Ray 典型城市 (TU) 信道中的开环 SM 将索引 0 和索引 1 用于 $2-T_x$ 码本的秩 2 时的性能比较。

[0135] 除了信道模式之外,图 7 显示与图 6 相似的性能比较结果。如图 7 所示,当使用索引 0 时,甚至在足够的频率分集信道中也能提供更好的性能增益。

[0136] 移动终端从基站接收信号的方法可总结如下。当移动终端在开环 SM 传输模式下接收信号时,移动终端通过下行链路控制信息接收秩指示符。如果接收的秩指示符表示 1,则移动终端估计基站根据传输分集方案来发送信号。如果接收的秩指示符表示比 1 大的数,则移动终端估计基站根据 CDD 方案来发送信号。

[0137] 如果秩指示符指定比 1 大的数,也就是说,如果基站根据 CDD 方案发送信号,则根据发送天线的数量改变信号接收方法。即,假设是 $4T_x$ 天线,则移动终端估计基站通过将 16 个码本中的 4 个预编码矩阵循环应用于 PDU/WDU 结构的 P 或 W 而执行预编码。假设是 $2T_x$ 天线,则移动终端估计基站通过将对应用于方程式 14 的索引 0 的单位矩阵应用于 PDU/WDU 结构的 P 或 W 而执行预编码。移动终端根据估计结果接收信号。

[0138] 假设是 $2-T_x$ 天线和秩 2,则 PDU/WDU 结构的对角矩阵部分具有 2×2 的形式。也就是说,将单位矩阵用作为 PDU/WDU 结构的 P 或 W,发送天线数与秩数相同。因此,能够理解,实际上采用基于 CDD 的预编码的基本结构或 DU 结构。

[0139] 对本领域技术人员而言显而易见的是,在本发明中可做出不脱离本发明精神或范围的各种修改和变化。因此,本发明不是受限于所述实施例,而是符合与所附权利要求书以及此处公开内容相一致的最宽泛范围。

[0140] [工业实用性]

[0141] 本发明的信号发送和接收方法通过根据每个传输模式有效地选择预编码矩阵而提供足够的分集增益。上述方法不仅适用于 3GPP LTE 系统,通过相同原理,也适用于使用基于 CDD 的预编码的任何多天线通信系统。

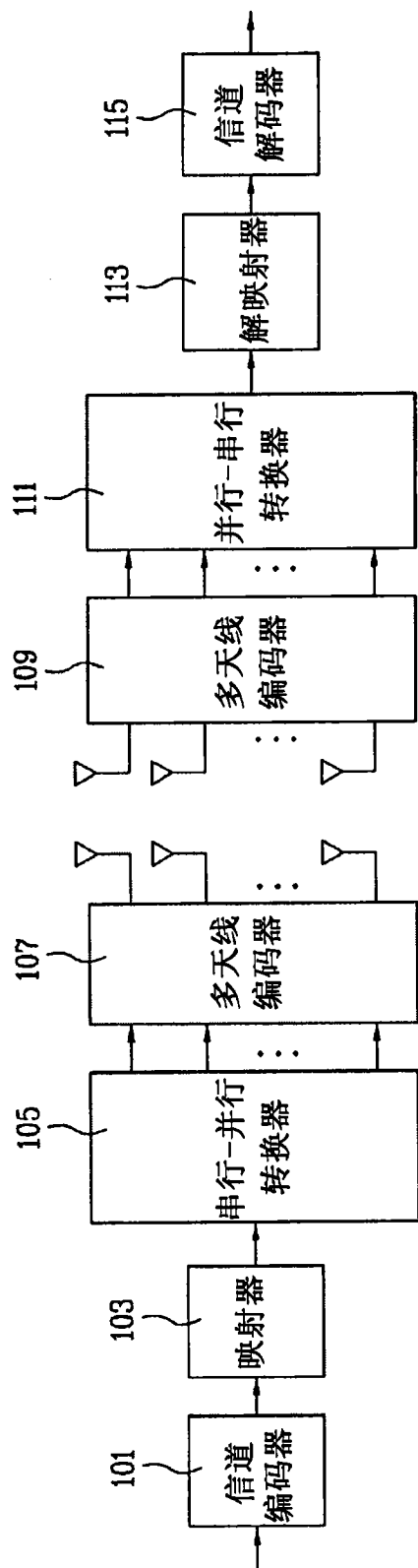


图 1

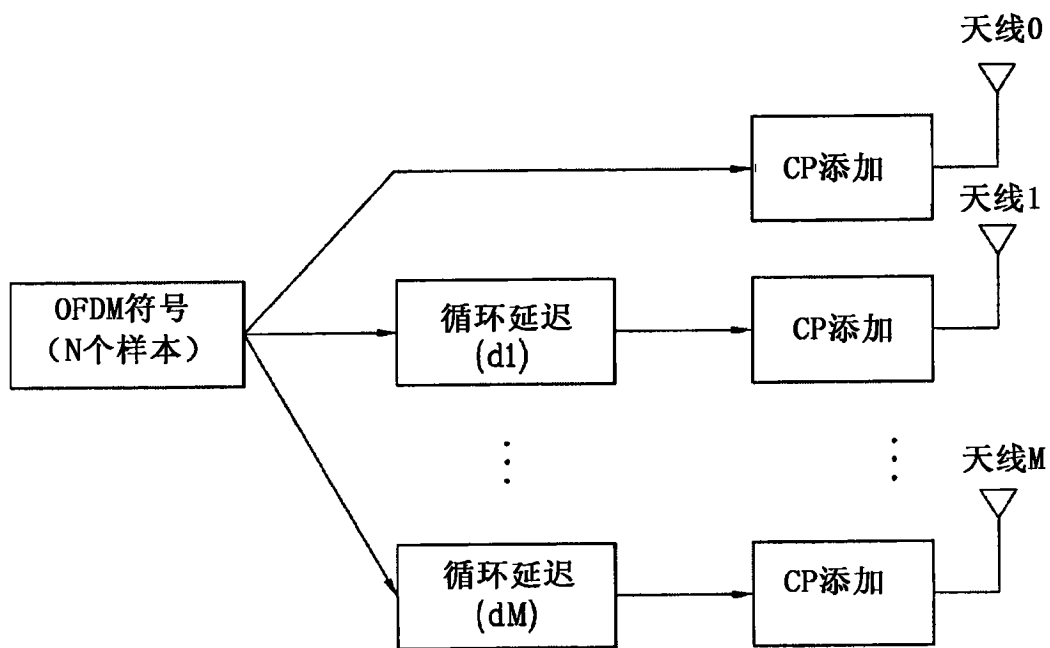


图 2

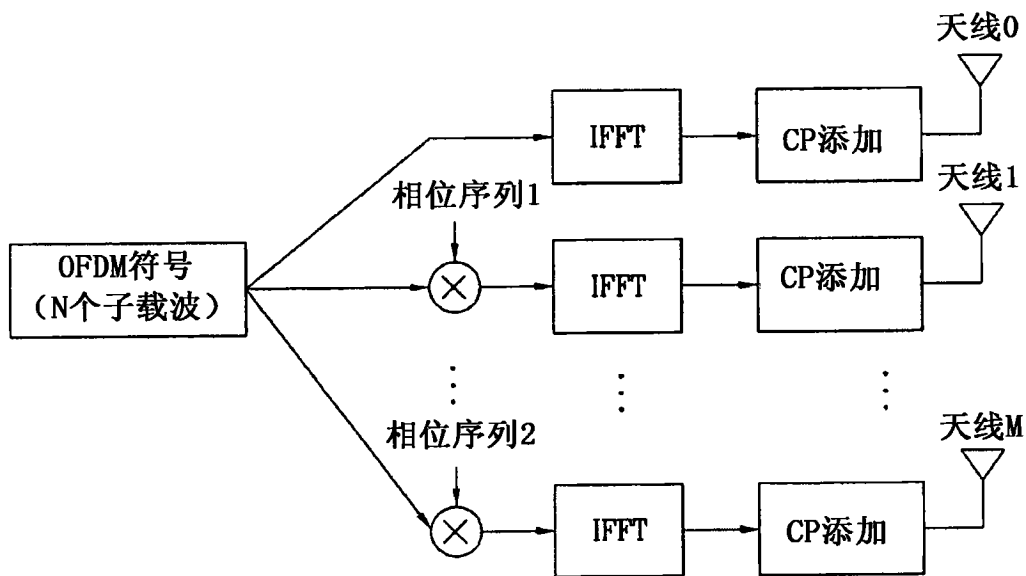


图 3

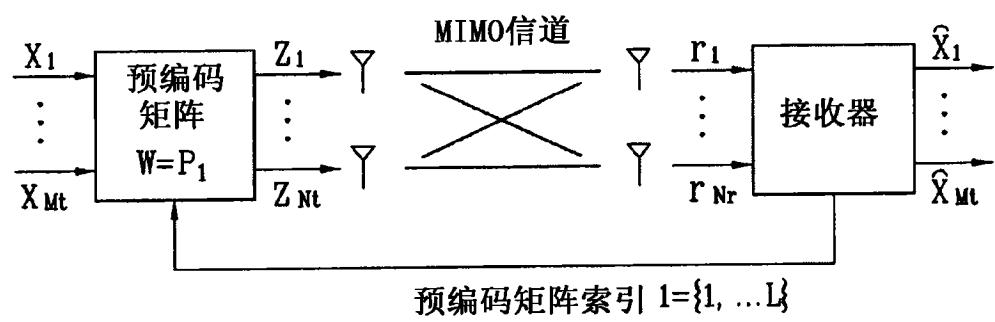


图 4

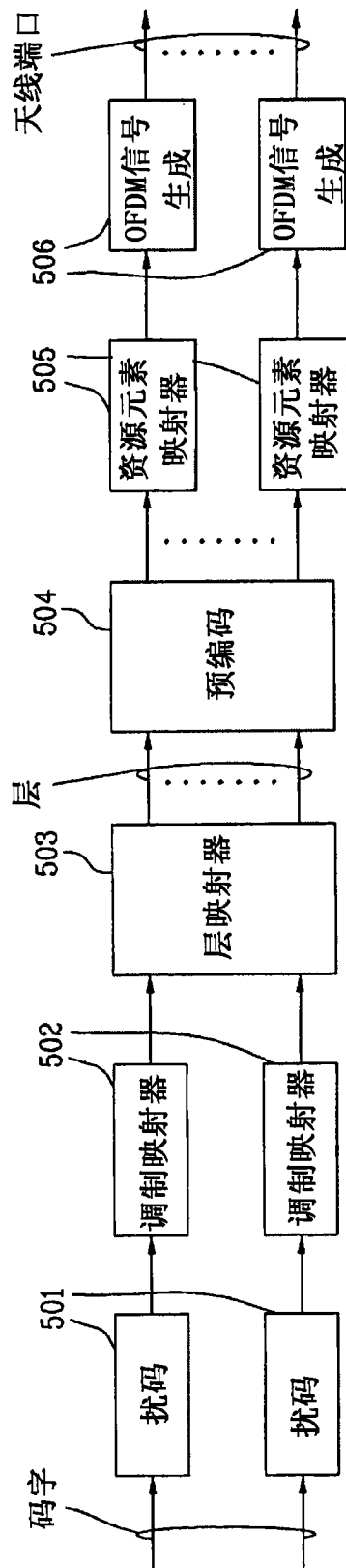


图 5

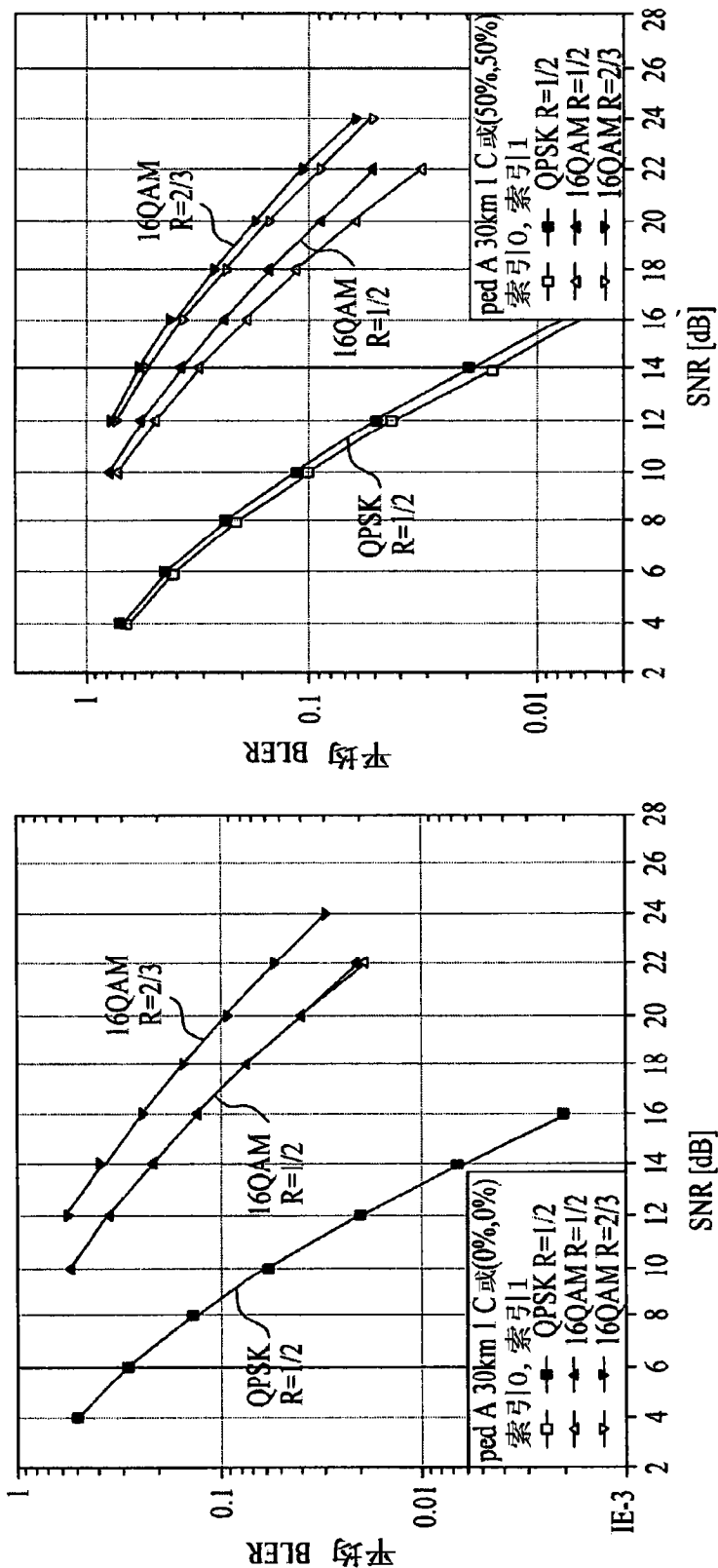


图 6

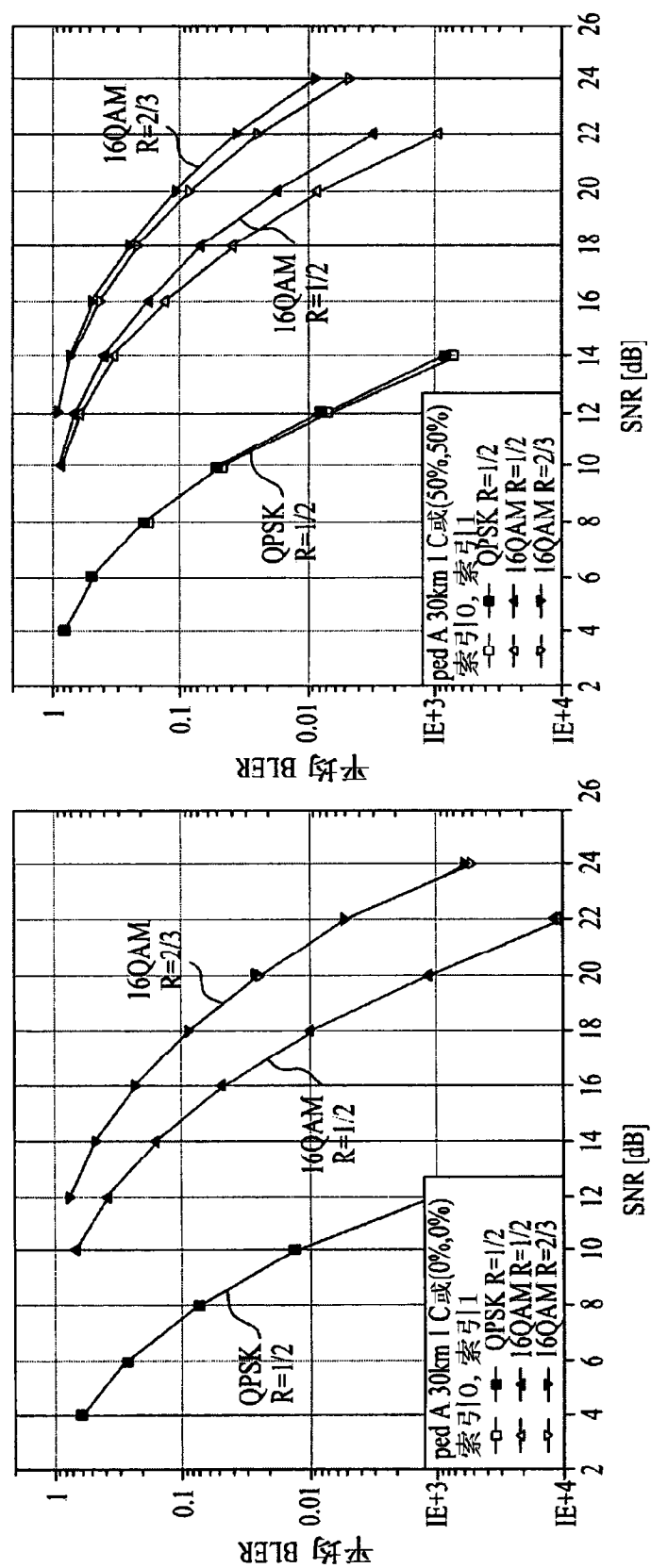


图 7