



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101330361 B

(45) 授权公告日 2011. 08. 10

(21) 申请号 200810134429. 4

CN 101102295 A, 2008. 01. 09, 权利要求 1, 说明书第 12 页第 2 行 - 说明书第 13 页第 23 行, 图 4.

(22) 申请日 2008. 07. 23

JP 2008048219 A, 2008. 02. 28, 全文.

(73) 专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼

审查员 刘爽

(72) 发明人 花梦 吴更石 张春玲 焦淑蓉

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理有限公司 11274

代理人 申健

(51) Int. Cl.

H04L 1/06 (2006. 01)

H04L 27/26 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007174038 A1, 2007. 07. 26, 全文.

CN 1355626 A, 2002. 06. 26, 全文.

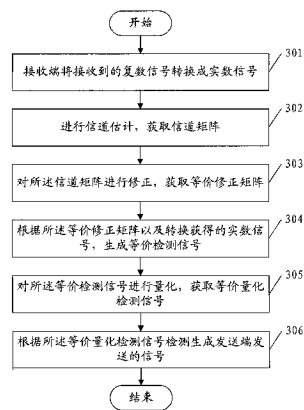
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

(54) 发明名称

多码字多发多收系统的信号检测方法和装置

(57) 摘要

本发明实施例公开一种多码字多发多收系统的信号检测方法和装置,涉及通信领域。为解决现有技术对多码字 MIMO 系统的信号检测方法实现复杂,检测获得的信号与实际发送端发送的信号之间误差较大的问题而发明。本发明提供的技术方案包括:将接收到的复数信号转换成实数信号;进行信道估计,获取信道矩阵;对所述信道矩阵进行修正,获取等价修正矩阵;根据所述等价修正矩阵以及转换获得的实数信号,生成等价检测信号;对所述等价检测信号进行量化,获取等价量化检测信号;根据所述等价量化检测信号检测生成发送端发送的信号。本发明实施例提供的技术方案可以应用在多码字 MIMO 系统的接收设备中。



1. 一种多码字多发多收系统的信号检测方法,其特征在于,包括:

将接收到的复数信号转换成实数信号;

进行信道估计,获取信道矩阵;

根据所述信道矩阵生成等价信道矩阵;

根据所述生成的等价信道矩阵生成变换矩阵;

使用所述变换矩阵对所述等价信道矩阵进行修正,获取等价修正矩阵;

根据所述等价修正矩阵以及转换获得的实数信号,生成等价检测信号;

对所述等价检测信号进行量化,获取等价量化检测信号;

根据所述等价量化检测信号检测生成发送端发送的信号。

2. 根据权利要求1所述的多码字多发多收系统的信号检测方法,其特征在于,所述根据所述信道矩阵生成等价信道矩阵包括:

对实数化以后的信道模型函数  $Y = HX+n$  进行变形,获得变形后的信道模型函数  $Y = H(As+b)+n$ ,  $Y$  为接收到的复数信号转换成的实数信号,  $H$  为信道矩阵,  $X$  为发射信号,  $n$  为噪声信号,

其中,  $A$  为  $2M \times 2M$  的对角矩阵,  $M$  为发射天线的个数,该对角矩阵的对角元素为  $\text{diag}(A) = [a_1, a_2, \dots, a_M, a_1, a_2, \dots, a_M]$ , 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制

方式  $2^{Q_p} - QAM$  进行调制时,  $a_m = \alpha_p$ ,  $\alpha_p = \sqrt{\frac{6}{2^{Q_p} - 1}}$ ,  $2^{Q_p}$  是星座点的个数;

$b$  为  $2M \times 1$  的矩阵,  $b = [b_1, b_2, \dots, b_M, b_1, b_2, \dots, b_M]^T$ , 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式  $2^{Q_p} - QAM$  进行调制时,  $b_m = \beta_p$ ,  $\beta_p = -\frac{\alpha_p}{2} \left( 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right)$ ;

$s$  为整数元素构成的  $2M \times 1$  的矩阵,  $s = [s_1, s_2, \dots, s_M, s_1, s_2, \dots, s_M]^T$ , 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式  $2^{Q_p} - QAM$  进行调制时,  $s_m \in \left\{ 0, 1, \dots, 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right\}$ ;

提取所述变形后的信道模型函数  $Y = H(As+b)+n$  中的  $A$ , 获得等价信道矩阵  $H_0 = HA$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的多码字多发多收系统的信号检测方法,其特征在于,所述使用所述变换矩阵对所述等价信道矩阵进行修正,获取等价修正矩阵包括:使用所述变换矩阵  $T$ , 根据公式  $\bar{H} = H_0 T$  对所述等价信道矩阵  $H_0$  进行修正,获取等价修正矩阵  $\bar{H}$ 。

4. 根据权利要求1所述的多码字多发多收系统的信号检测方法,其特征在于,所述根据所述等价修正矩阵以及转换获得的实数信号,生成等价检测信号包括:

根据所述等价修正矩阵生成信道均衡矩阵,该信道均衡矩阵与所述等价修正矩阵的乘积为单位矩阵;

根据所述信道均衡矩阵以及转换获得的实数信号,生成等价检测信号。

5. 根据权利要求4所述的多码字多发多收系统的信号检测方法,其特征在于,所述根据所述等价修正矩阵生成信道均衡矩阵,该信道均衡矩阵与所述等价修正矩阵的乘积为单位矩阵包括:

根据所述等价修正矩阵  $\bar{H}$  以及公式  $\bar{G} = (\bar{H}^T \bar{H})^{-1} \bar{H}^T$ , 生成信道均衡矩阵  $\bar{G}$ , 其中,

$\overline{G} \overline{H} = \mathbf{I}$ ,  $\mathbf{I}$  为单位矩阵。

6. 根据权利要求 4 所述的多码字多发多收系统的信号检测方法, 其特征在于, 所述根据所述等价修正矩阵生成信道均衡矩阵之前, 还包括: 获取噪声功率信号;

则所述根据所述等价修正矩阵生成信道均衡矩阵为:

根据所述等价修正矩阵以及噪声功率信号, 生成信道均衡矩阵。

7. 根据权利要求 6 所述的多码字多发多收系统的信号检测方法, 其特征在于, 所述根据所述等价修正矩阵以及噪声功率信号, 生成信道均衡矩阵包括:

根据所述等价修正矩阵  $\overline{H}$ 、噪声功率信号  $\sigma_n^2$  和公式  $\overline{G} = (\overline{H}^T \overline{H} + \frac{\sigma_n^2}{\sigma_x^2} \mathbf{I}_{2N \times 2N})^{-1} \overline{H}^T$ , 生成信道均衡矩阵  $\overline{G}$ , 其中,  $\sigma_x^2$  为转换获得的实数信号  $Y$  的功率,  $N$  为接收天线的个数。

8. 一种多码字多发多收系统的信号检测装置, 其特征在于, 包括:

信号转换单元, 用于将接收到的复数信号转换成实数信号;

信道估计单元, 用于进行信道估计, 获取信道矩阵;

等价信道矩阵生成单元, 用于根据所述信道估计单元获取的信道矩阵生成等价信道矩阵;

变换矩阵生成单元, 用于根据所述等价信道矩阵生成单元生成的等价信道矩阵生成变换矩阵;

修正单元, 用于使用所述变换矩阵生成单元生成变换矩阵对所述等价信道矩阵生成单元生成等价信道矩阵进行修正, 获取等价修正矩阵;

等价检测信号生成单元, 用于根据所述修正单元获取的等价修正矩阵以及所述信号转换单元生成的实数信号, 生成等价检测信号;

等价检测信号量化单元, 用于对所述等价检测信号生成单元生成的等价检测信号进行量化, 获取等价量化检测信号;

发送端发送信号生成单元, 用于根据所述等价检测信号量化单元获取的等价量化检测信号, 检测生成发送端发送的信号。

9. 根据权利要求 8 所述的多码字多发多收系统的信号检测装置, 其特征在于, 所述等价检测信号生成单元包括:

信道均衡矩阵生成单元, 用于根据所述信道矩阵修正单元获取的等价修正矩阵生成信道均衡矩阵, 该信道均衡矩阵与所述等价修正矩阵的乘积为单位矩阵;

生成单元, 用于根据所述信道均衡矩阵生成单元生成的信道均衡矩阵以及信号转换单元转换获得的实数信号, 生成等价检测信号。

10. 根据权利要求 9 所述的多码字多发多收系统的信号检测装置, 其特征在于, 还包括:

噪声功率信号获取单元, 用于获取噪声功率信号;

所述信道均衡矩阵生成单元为第二信道均衡矩阵生成单元, 用于根据所述信道矩阵修正单元获取的等价修正矩阵以及所述噪声功率信号获取单元获取的噪声功率信号, 生成信道均衡矩阵。

## 多码字多发多收系统的信号检测方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域,尤其涉及一种多码字多发多收系统的信号检测方法和装置。

### 背景技术

[0002] 多发多收 (multi-input multi-output, MIMO) 系统的发送端和接收端均设置有多根天线。在传输信号时,所述发送端采用空分复用技术,将多个独立的信号通过不同的发射天线发送出去,所述接收端从不同的接收天线上接收信号,并从所述接收到的信号中获取发送端发射的信号。

[0003] 在所述 MIMO 系统中,发送端可以采用单码字和多码字两种空分复用方式发送信号。所述单码字方式是指,发送端对所发送的多个信号采用相同的编码调制方式进行编码调制;所述多码字方式是指,发送端对所发送的多个信号采用两种或两种以上的编码调制方式进行编码调制。

[0004] 在现有技术中,多码字 MIMO 系统的接收端主要通过三种方法从所接收到的信号中检测出发送端发送的信号。所述三种方法分别是:最大似然检测法 (Maximum Likelihood, ML)、迫零检测法 (Zero-Forcing, ZF) 以及最小均方误差检测法 (Minimum Mean-Squared Error, MMSE)。

[0005] 其中,所述 ML 检测法的检测原理为:估计出信号发送端可能发送的信号矩阵;根据信道矩阵以及估计出的发送端可能发送的信号矩阵,获得可能接收到的信号矩阵;将实际接收到的信号矩阵与所述可能接收到的信号矩阵进行比较,从所述实际接收到的信号矩阵中获取与所述可能接收到的信号矩阵中的信号最接近的信号,作为检测出的发送端发送的信号。

[0006] 通过所述 ML 检测法检测出的信号与发送端发射的信号之间误差较小,但是,在实现本发明的过程中,发明人发现,当发射天线和接收天线的数量较多时,所述 ML 检测法的计算量会很大,从而造成 ML 检测法实现复杂的问题。

[0007] 所述 ZF 检测法的检测原理为:根据信道矩阵获得信道均衡矩阵,该信道均衡矩阵与信道矩阵的乘积为单位矩阵;根据所述信道均衡矩阵以及实际接收到的信号矩阵生成发送端发送的信号。

[0008] 与所述 ML 检测法相比,ZF 检测法的计算量较小,实现较简单,但是,在实现本发明的过程中,发明人发现,所述 ZF 检测法在计算信道均衡矩阵的过程中,会使噪声功率增大,特别是当信道质量较差(信道矩阵病态较严重)时,噪声对检测出的信号质量影响十分明显,使得通过该 ZF 检测法获得的发送端发送的信号与实际发送端发送的信号之间误差较大。

[0009] 所述 MMSE 检测法的检测原理与 ZF 检测法的检测原理基本相同,其区别在于:在计算信道均衡矩阵时,加入了对信道噪声功率估计。

[0010] 由于所述 MMSE 检测法考虑到了噪声的影响,所以所述 MMSE 检测法获得的信号比

ZF 检测法获得的信号质量好一些,但是,在实现本发明的过程中,发明人发现,与 ML 检测法获得的信号相比,所述 MMSE 检测法获得的信号与实际发送端发送的信号之间仍然存在较大误差,并且,当信道质量较差(信道矩阵病态较严重)时,该误差较明显。

## 发明内容

[0011] 本发明的实施例提供一种多码字多发多收系统的信号检测方法和装置,实现简单,检测获得的信号与实际发送端发送的信号之间误差较小。

[0012] 为达到上述目的,本发明的实施例采用如下技术方案:

[0013] 一种多码字多发多收系统的信号检测方法,包括:将接收到的复数信号转换成实数信号;进行信道估计,获取信道矩阵;对所述信道矩阵进行修正,获取等价修正矩阵;根据所述等价修正矩阵以及转换获得的实数信号,生成等价检测信号;对所述等价检测信号进行量化,获取等价量化检测信号;根据所述等价量化检测信号检测生成发送端发送的信号。

[0014] 一种多码字多发多收系统的信号检测装置,包括:

[0015] 信号转换单元,用于将接收到的复数信号转换成实数信号;

[0016] 信道估计单元,用于进行信道估计,获取信道矩阵;

[0017] 信道矩阵修正单元,用于对所述信道估计单元获得的信道矩阵进行修正,获取等价修正矩阵;

[0018] 等价检测信号生成单元,用于根据所述信道矩阵修正单元获取的等价修正矩阵以及所述信号转换单元生成的实数信号,生成等价检测信号;

[0019] 等价检测信号量化单元,用于对所述等价检测信号生成单元生成的等价检测信号进行量化,获取等价量化检测信号;

[0020] 发送端发送信号生成单元,用于根据所述等价检测信号量化单元获取的等价量化检测信号,检测生成发送端发送的信号。

[0021] 本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法和装置,由于对信道矩阵进行了修正,解决了现有技术因为信道质量不好(信道矩阵病态严重)而造成噪声对多码字多发多收系统接收端检测出的信号影响很大的问题;由于对检测获得的等价检测信号进行量化,使得量化后的等价检测信号质量更好,从而使得根据量化后获得的等价量化检测信号检测生成的发送端发送的信号与发送端实际发送的信号之间的误差较小,解决了现有技术检测获得的检测信号与实际发送端发送的信号之间误差较大的问题;并且,本发明实施例提供的技术方案实现简单。

## 附图说明

[0022] 图 1 为本发明实施例所述的多码字 MIMO 系统的发送端框图;

[0023] 图 2 为本发明实施例所述的多码字 MIMO 系统的信道建模框图;

[0024] 图 3 为本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法流程图;

[0025] 图 4 为图 3 所示的本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法步骤 303 的流程图;

[0026] 图 5 为图 3 所示的本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法步骤

304 采用第一种方法实现的流程图；

[0027] 图 6 为本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测装置结构示意图一；

[0028] 图 7 为本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测装置结构示意图二；

[0029] 图 8 为在  $2 \times 2$  多码字 MIMO 系统中,两个码字分别为 QPSK 和 16QAM 时,本发明实施例提供多码字多发多收系统的信号检测方法和装置与现有技术提供的检测算法的比特误码率 (BER) 示意图；

[0030] 图 9 为在  $2 \times 2$  多码字 MIMO 系统中,两个码字分别为 16QAM 和 64QAM 时,本发明实施例提供多码字多发多收系统的信号检测方法和装置与现有技术提供的检测算法的 BER 示意图；

[0031] 图 10 为在  $4 \times 4$  多码字 MIMO 系统中,两个码字分别为 QPSK 和 16QAM 时,本发明实施例提供多码字多发多收系统的信号检测方法和装置与现有技术提供的检测算法的 BER 示意图。

### 具体实施方式

[0032] 为了解决现有技术对多码字 MIMO 系统的信号检测方法实现复杂,检测获得的信号与实际发送端发送的信号之间误差较大的问题,本发明实施例提供一种多码字多发多收系统的信号检测方法和装置。

[0033] 如图 1 所示,本发明实施例所述的多码字 MIMO 系统发送端包括 M 根发射天线,其中,第 m 根发射天线上发送的复数调制信号为  $x_m$ ,所述 M 根发射天线上发送的复数调制信号为  $X_c = [x_1, x_2, \dots, x_m]^T$ 。在本实施例中,所述多码字 MIMO 系统的发送端能够发送 P 个码流,采用 P 种调制方式进行调制,当第 p 种调制方式为  $2^{Q_p}$ -QAM 时,所述第 p 种调制方式星座点符号组成的集合为：

$$[0034] \quad A_{pC} = \left\{ a_{pC} \mid \text{R}(a_{pC}), \text{I}(a_{pC}) = \alpha_p s + \beta_p \text{ and } s = 0, 1, \dots, 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right\} \quad (1)$$

[0035] 其中,  $\alpha_p = \sqrt{\frac{6}{2^{Q_p} - 1}}$ ,  $\beta_p = -\frac{\alpha_p}{2} \left( 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right)$ ,  $\text{R}(\cdot)$  和  $\text{I}(\cdot)$  表示取实部和取虚部的操作。

[0036] 在本实施例中,当第 m 根天线上发送的复数调制信号  $x_m$  采用第 p 种调制方式进行调制时,  $x_m \in A_{pC}$ 。

[0037] 所述多码字 MIMO 系统的发送端和接收端之间通过如图 2 所示的信道进行通信,该信道为窄带信道,接收端的接收天线数为 N,且发射天线数  $M \leq$  接收天线数 N,接收端接收到的复数信号  $Y_c = [y_1, y_2, \dots, y_N]^T$  可以通过如下公式 (2) 获得：

$$[0038] \quad Y_c = H_c X_c + n_c \quad (2)$$

[0039] 其中,  $H_c \in \mathbb{C}^{N \times M}$  为复数 MIMO 信道矩阵,  $n_c \in \mathbb{C}^{N \times 1}$  为复噪声信号,该复噪声信号是均值为零,方差为  $\sigma^2$  的独立复高斯随机变量。

[0040] 如图 3 所示,在以上所述的多码字 MIMO 系统中,接收端采用本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法,对接收到的信号进行检测的步骤包括：

[0041] 步骤 301,接收端将接收到的复数信号转换成实数信号。

[0042] 在本实施例中,所述步骤 301 可以通过将接收到的复数信号  $Y_c$  的实部和虚部分离的方法,实现将该复数信号  $Y_c$  转换成实数信号  $Y$ 。

[0043] 所述复数信号  $Y_c$  转换成实数信号  $Y$  以后,可以采用如下公式 (3) 表示:

$$[0044] \quad Y = HX + n \quad (3)$$

$$[0045] \quad \text{其中, } Y = \begin{bmatrix} R(Y_c) \\ I(Y_c) \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} R(X_c) \\ I(X_c) \end{bmatrix}, n = \begin{bmatrix} R(n_c) \\ I(n_c) \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} R(H_c) & -I(H_c) \\ I(H_c) & R(H_c) \end{bmatrix}。$$

[0046] 在上述公式 (3) 中,当发送端第  $m$  根天线上发送的复数调制信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式进行调制时,  $R(x_m), I(x_m) \in A_p$ , 此时,  $A_p$  可以通过如下公式 (4) 表示:

$$[0047] \quad A_p = \left\{ v_p \mid v_p = \alpha_p s_p + \beta_p \text{ and } s_p = 0, 1, \dots, 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right\} \quad (4)$$

$$[0048] \quad \text{其中, } \alpha_p = \sqrt{\frac{6}{2^{Q_p} - 1}}, \beta_p = -\frac{\alpha_p}{2} \left( 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right);$$

[0049] 在上述公式 (3) 中,  $n$  包含的元素是均值为零, 方差为  $\frac{\sigma^2}{2}$  的独立实高斯随机变量。

[0050] 步骤 302, 进行信道估计, 获取信道矩阵  $H$ 。

[0051] 步骤 303, 对所述信道矩阵  $H$  进行修正, 获取等价修正矩阵  $H$ 。

[0052] 在本实施例中, 所述步骤 303 可以通过减格 (LR) 算法对信道矩阵  $H$  进行修正, 如图 4 所示, 其步骤可以包括:

[0053] 步骤 401, 根据所述信道矩阵  $H$  生成等价信道矩阵  $H_0$ , 包括:

[0054] 首先, 对公式 (3) 进行变形, 获得公式 (5):

$$[0055] \quad Y = H(As + b) + n \quad (5)$$

[0056] 其中,  $A$  为  $2M \times 2M$  的对角矩阵, 该对角矩阵的对角元素为  $\text{diag}(A) = [a_1, a_2, \dots, a_M, a_1, a_2, \dots, a_M]$ , 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式  $2^{Q_p} - QAM$

进行调制时,  $a_m = \alpha_p, \alpha_p = \sqrt{\frac{6}{2^{Q_p} - 1}};$

[0057]  $b$  为  $2M \times 1$  的矩阵,  $b = [b_1, b_2, \dots, b_M, b_1, b_2, \dots, b_M]^T$ , 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式  $2^{Q_p} - QAM$  进行调制时,  $b_m = \beta_p,$

$$[0058] \quad \beta_p = -\frac{\alpha_p}{2} \left( 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right);$$

[0059]  $s$  为整数元素构成的  $2M \times 1$  的矩阵,  $s = [s_1, s_2, \dots, s_M, s_1, s_2, \dots, s_M]^T$ , 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式  $2^{Q_p} - QAM$  进行调制时,

$$[0060] \quad s_m \in \left\{ 0, 1, \dots, 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right\};$$

[0061] 然后, 提取所述公式 (5) 中的  $A$ , 获得等价信道矩阵  $H_0 = HA$ , 此时, 所述公式 (5) 可以变形为:

$$[0062] \quad Y = HA(s + A^{-1}b) + n \quad (6)$$

[0063] 令  $t = s + A^{-1}b$ , 则所述公式 (6) 变形为:

$$[0064] \quad Y = H_0 t + n \quad (7)$$

[0065] 其中, 当发送端的第  $m$  根天线上发送的信号  $x_m$  采用第  $p$  种调制方式  $2^{Q_p} - QAM$  进

行调制时,  $t \in A_p$ , 此时,  $A_p = \left\{ v_p \mid v_p = s_p + \frac{\beta_p}{\alpha_p} \text{ and } s_p = 0, 1, \dots, 2^{\frac{Q_p}{2}} - 1 \right\}$ ;

[0066] 步骤 402, 根据所述生成的等价信道矩阵  $H_0$  生成变换矩阵  $T$ ;

[0067] 在本实施例中, 所述步骤 402 可以通过 LLL 算法, 根据等价信道矩阵  $H_0$  生成变换矩阵  $T$ ;

[0068] 步骤 403, 使用所述变换矩阵  $T$  对所述等价信道矩阵  $H_0$  进行修正, 获取等价修正矩阵  $H$ 。

[0069] 在本实施例中, 所述获得的等价修正矩阵  $H = H_0 T$ , 则所述公式 (7) 为:

$$[0070] \quad Y = \overline{H} T^{-1} t + n \quad (8)$$

[0071] 此时, 可以令  $z = T^{-1} t$  作为等价检测信号, 则所述公式 (8) 变形为:

$$[0072] \quad Y = \overline{H} z + n \quad (9)$$

[0073] 步骤 304, 根据所述等价修正矩阵  $\overline{H}$  以及转换获得的实数信号  $Y$ , 生成等价检测信号  $z$ 。

[0074] 在本实施例中, 所述步骤 304 可以通过两种方法生成等价检测信号  $z$ : 一种方法是, 采用 ZF 算法生成等价检测信号  $z$ ; 另一种方法是, 采用 MMSE 算法生成等价检测信号  $z$ 。下面分别对上述两种方法进行介绍:

[0075] 第一种方法: 采用 ZF 算法生成等价检测信号  $z$ 。

[0076] 如图 5 所示, 其步骤可以包括:

[0077] 步骤 501, 根据所述等价修正矩阵  $\overline{H}$  生成信道均衡矩阵  $\overline{G}$ , 该信道均衡矩阵  $\overline{G}$  与所述等价修正矩阵  $\overline{H}$  的乘积为单位矩阵  $I$ , 在本实施例中  $\overline{G} = (\overline{H}^T \overline{H})^{-1} \overline{H}^T$ ;

[0078] 步骤 502, 根据所述信道均衡矩阵  $\overline{G}$  以及转换获得的实数信号  $Y$ , 生成等价检测信号  $z$ 。

[0079] 在本方法中, 所述步骤 502 可以通过如下公式 (10) 生成等价检测信号  $z$ :

$$[0080] \quad z = \overline{G} Y$$

$$[0081] \quad = (\overline{H}^T \overline{H})^{-1} \overline{H}^T Y \quad (10)$$

[0082] 第二种方法: 采用 MMSE 算法生成等价检测信号  $z$ 。

[0083] 本方法与上述第一种方法的步骤流程基本相同, 其区别在于: 在使用本方法时, 还要获取噪声功率信号  $\sigma_n^2$  以及所述步骤 301 中获取的实数信号  $Y$  的功率  $\sigma_x^2$ , 则此时可以根据所述信道均衡矩阵  $\overline{G}$ 、噪声功率信号  $\sigma_n^2$  以及实数信号  $Y$  的功率  $\sigma_x^2$  生成信道均衡矩阵  $\overline{G}$ , 在本实施例中, 所述  $\overline{G} = (\overline{H}^T \overline{H} + \frac{\sigma_n^2}{\sigma_x^2} \mathbf{I}_{2N \times 2N})^{-1} \overline{H}^T$ ; 代入  $\overline{H} = H_0 T$ , 则获得

$$\overline{G} = T^{-1} H_0^T \left( H_0 H_0^T + \frac{\sigma_n^2}{\sigma_x^2} \mathbf{I}_{2M \times 2M} \right)^{-1};$$

[0084] 则本方法可以通过如下公式 (11) 生成等价检测信号  $z$  :

$$[0085] \quad z = \bar{G} Y$$

$$[0086] \quad = \mathbf{T}^{-1} \mathbf{H}_0^T \left( \mathbf{H}_0 \mathbf{H}_0^T + \frac{\sigma_n^2}{\sigma_x^2} \mathbf{I}_{2M \times 2M} \right)^{-1} \mathbf{Y} \quad (11)$$

[0087] 步骤 305, 对所述等价检测信号  $z$  进行量化, 获取等价量化检测信号  $\bar{z}$ 。在本实施例中, 由于  $z = \mathbf{T}^{-1}t$ , 又由于  $t = s + \mathbf{A}^{-1}b$ , 所以:

$$[0088] \quad z = \mathbf{T}^{-1}(s + \mathbf{A}^{-1}b)$$

$$[0089] \quad = \mathbf{T}^{-1}s + \mathbf{T}^{-1}\mathbf{A}^{-1}b \quad (12)$$

[0090] 由于  $\mathbf{T}$  和  $s$  均为整数, 所以  $\mathbf{T}^{-1}s$  也为整数, 根据公式 (12) 可以获得:

$$[0091] \quad \mathbf{T}^{-1}s = \langle z - \mathbf{T}^{-1}\mathbf{A}^{-1}b \rangle \quad (13)$$

[0092] 其中  $\langle \cdot \rangle$  表示取最近的整数操作;

[0093] 则根据所述公式 (13) 对步骤 304 中生成的等价检测信号  $z$  进行量化, 可以获得等价量化检测信号  $\bar{z} = \langle z - \mathbf{T}^{-1}\mathbf{A}^{-1}b \rangle + \mathbf{T}^{-1}\mathbf{A}^{-1}b$ 。

[0094] 步骤 306, 根据所述等价量化检测信号  $\bar{z}$  检测生成发送端发送的信号  $X$ 。

[0095] 在本实施例中, 由于  $\bar{H} = \mathbf{H}_0 \mathbf{T}$ ,  $\mathbf{H}_0 = \mathbf{H} \mathbf{A}$ , 所以根据公式 (9) 可得:

$$[0096] \quad Y = \mathbf{H} \mathbf{A} \mathbf{T} z + n \quad (14)$$

[0097] 根据公式 (3) 可知  $Y = \mathbf{H} X + n$ , 则  $X = \mathbf{A} \mathbf{T} z$ , 则所述步骤 306 将步骤 305 中获得的等价量化检测信号  $\bar{z}$  带入以上公式, 即可检测生成发送端发送的信号  $X$ ,  $\mathbf{X} = \mathbf{A} \mathbf{T} \bar{z}$ 。

[0098] 本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法, 由于对信道矩阵进行了修正, 解决了现有技术因为信道质量不好 (信道矩阵病态严重) 而造成噪声对多码字多发多收系统接收端检测出的信号影响很大的问题; 由于对检测获得的等价检测信号进行量化, 使得量化后的等价检测信号质量更好, 从而使得根据量化后获得的等价量化检测信号检测生成的发送端发送的信号与发送端实际发送的信号之间的误差较小, 解决了现有技术检测获得的检测信号与实际发送端发送的信号之间误差较大的问题; 并且, 本发明实施例提供的技术方案实现简单。

[0099] 与上述方法相对应的, 如图 6 所示, 本发明实施例还提供一种多码字多发多收系统的信号检测装置, 包括:

[0100] 信号转换单元 601, 用于将接收到的复数信号转换成实数信号;

[0101] 信道估计单元 602, 用于进行信道估计, 获取信道矩阵;

[0102] 信道矩阵修正单元 603, 用于对所述信道估计单元 602 获得的信道矩阵进行修正, 获取等价修正矩阵;

[0103] 等价检测信号生成单元 604, 用于根据所述信道矩阵修正单元 603 获取的等价修正矩阵以及所述信号转换单元 601 生成的实数信号, 生成等价检测信号;

[0104] 等价检测信号量化单元 605, 用于对所述等价检测信号生成单元 604 生成的等价检测信号进行量化, 获取等价量化检测信号;

[0105] 发送端发送信号生成单元 606, 用于根据所述等价检测信号量化单元 605 获取的等价量化检测信号, 检测生成发送端发送的信号。

[0106] 进一步地, 如图 7 所示, 所述信道矩阵修正单元 603 可以包括:

[0107] 等价信道矩阵生成单元 6031,用于根据所述信道估计单元 602 获取的信道矩阵生成等价信道矩阵;

[0108] 变换矩阵生成单元 6032,用于根据所述等价信道矩阵生成单元 6031 生成的等价信道矩阵生成变换矩阵;

[0109] 修正单元 6033,用于使用所述变换矩阵生成单元 6032 生成变换矩阵对所述 等价信道矩阵生成单元 6031 生成等价信道矩阵进行修正,获取等价修正矩阵。

[0110] 进一步地,如图 7 所示,所述等价检测信号生成单元 604 可以包括:

[0111] 信道均衡矩阵生成单元 6041,用于根据所述信道矩阵修正单元 603 获取的等价修正矩阵生成信道均衡矩阵,该信道均衡矩阵与所述等价修正矩阵的乘积为单位矩阵;

[0112] 生成单元 6042,用于根据所述信道均衡矩阵生成单元 6041 生成的信道均衡矩阵以及信号转换单元 601 转换获得的实数信号,生成等价检测信号。

[0113] 进一步地,如图 7 所示,本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测装置,还可以包括:

[0114] 噪声功率信号获取单元 607,用于获取噪声功率信号;

[0115] 则所述信道均衡矩阵生成单元 6041 为第二信道均衡矩阵生成单元,用于根据所述信道矩阵修正单元 603 获取的等价修正矩阵以及所述噪声功率信号获取单元 607 获取的噪声功率信号,生成信道均衡矩阵。

[0116] 本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测装置可以应用在多码字多发多收系统的信号接收设备中。

[0117] 本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测装置,由于对信道矩阵进行了修正,解决了现有技术因为信道质量不好(信道矩阵病态严重)而造成噪声对多码字多发多收系统接收端检测出的信号影响很大的问题;由于对检测获得的等价检测信号进行量化,使得量化后的等价检测信号质量更好,从而使得根据量化后获得的等价量化检测信号检测生成的发送端发送的信号与发送端实际发送的信号之间的误差较小,解决了现有技术检测获得的检测信号与实际发送端发送的信号之间误差较大的问题;并且,本发明实施例提供的技术方案实现简单。

[0118] 为了使本领域技术人员能够更清楚地理解本发明实施例提供的多码字多发多收系统的信号检测方法和装置带来的有益效果,如图 8、图 9 和图 10 分别给出了本发明实施例技术方案与现有技术提供的 ML、ZF 和 MMSE 算法获得的检测信号的比特误码率(BER)性能,通过如图 8、图 9 和图 10 可知本发明实施例的技术方案相较于现有技术提供的 ZF 和 MMSE 算法,其获得的检测信号与发送端发送的信号之间误差较小。

[0119] 现有技术提供的 ML 算法的复杂度和发射天线数  $M$ 、接收天线数  $N$  以及第  $m$  根天线使用的调制方式  $2^{Q_m}$ -QAM 等参数有关。所述 ML 算法计算主要集中在获得可能接收到的信号矩阵以及将实际接收到的信号矩阵与所述可能接收到的信号矩阵进行比较上。获得可能接收到的信号矩阵时,需要进行  $4MN(Q_1Q_2\cdots Q_M)^2$  次实数乘法, $2N(2M-1)(Q_1Q_2\cdots Q_M)^2$  次实数加法;将实际接收到的信号矩阵与所述可能接收到的信号矩阵进行比较时,需要进行  $2N(Q_1Q_2\cdots Q_M)^2$  次实数乘法, $(4N-1)(Q_1Q_2\cdots Q_M)^2$  次实数加法,从而使得所述 ML 算法的实数乘法和加法个数的量级为  $O(MN(Q_1Q_2\cdots Q_M)^2)$ ,其中, $O(\cdot)$  表征量级,其实现复杂,尤其是当发送端和接收端的天线数较多时,实现更为复杂。而本发明实施例提供的技术方案复杂度仅

和发射天线数  $M$ , 接收天线数  $N$  有关。本发明实施例提供的技术方案的计算主要集中在对信道矩阵进行修正的步骤上, 即: 使用 LR 算法对信道矩阵进行修正的步骤, 该步骤的实数乘法和加法个数的量级为  $O(KM^3)$ , 其中,  $K$  约在  $10 \sim 10^2$  范围内。与现有技术提供的 ML 算法相比, 本发明实施例提供的技术方案实现更简单。

[0120] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成, 所述的程序可以存储于一计算机可读存储介质中, 如 ROM/RAM、磁碟或光盘等。

[0121] 以上所述, 仅为本发明的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此, 本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

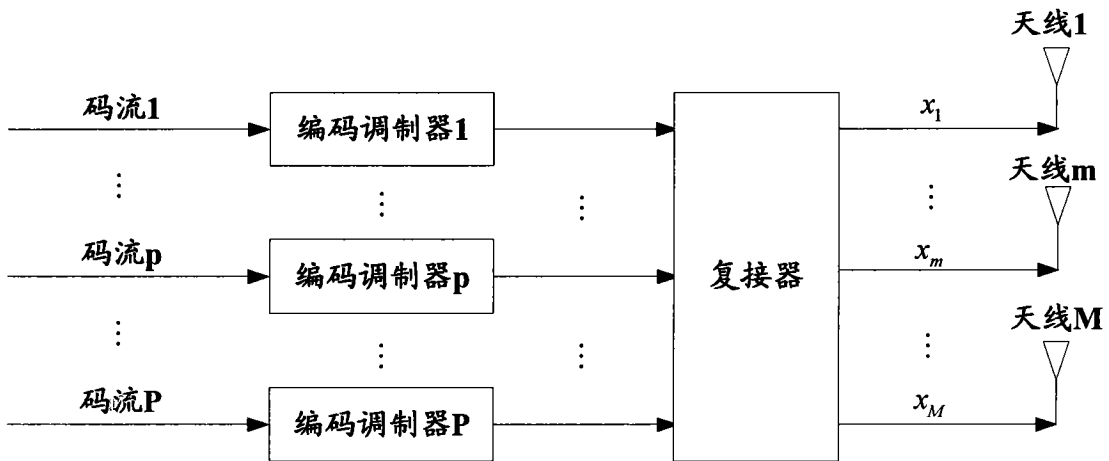


图 1

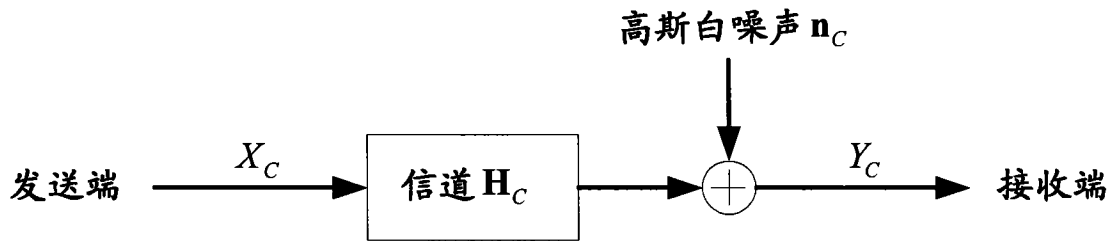


图 2

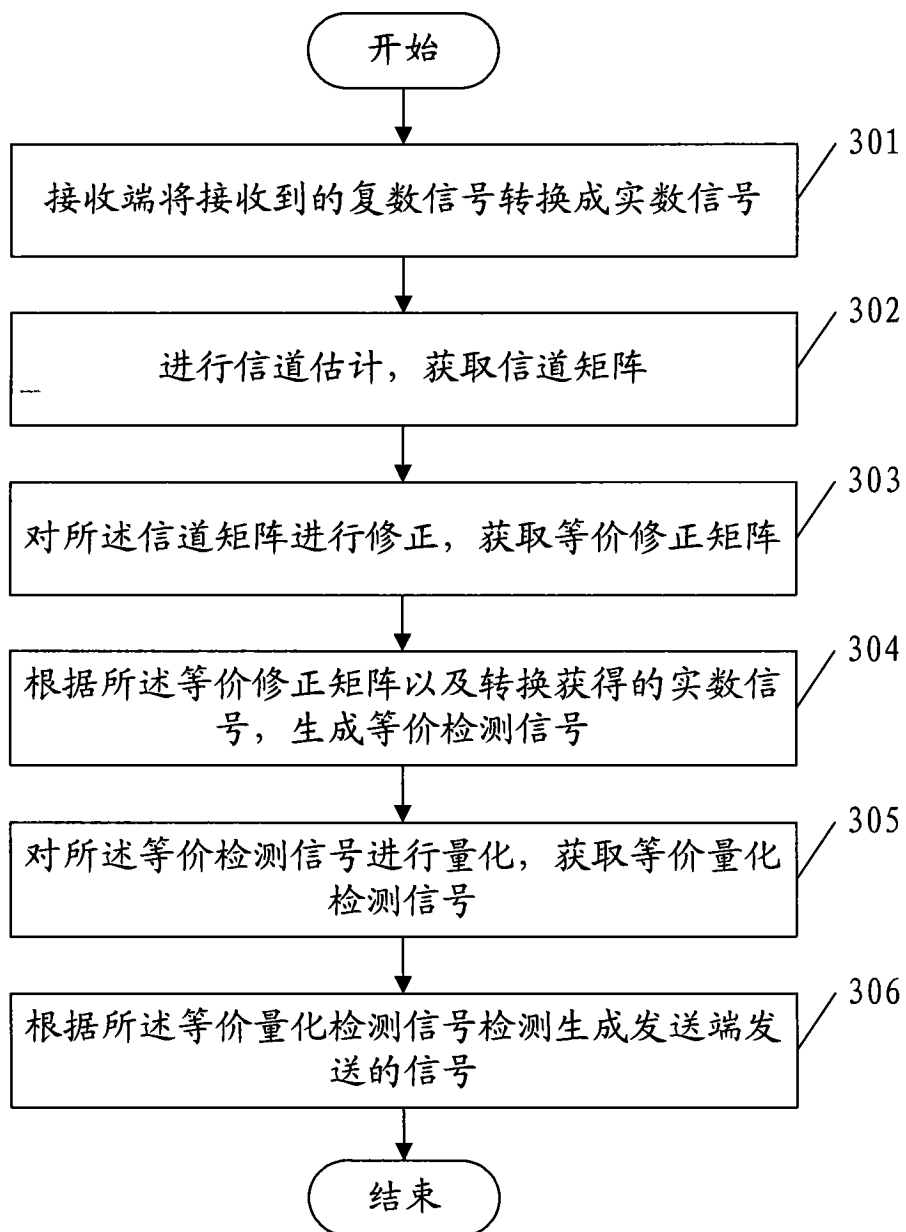


图 3

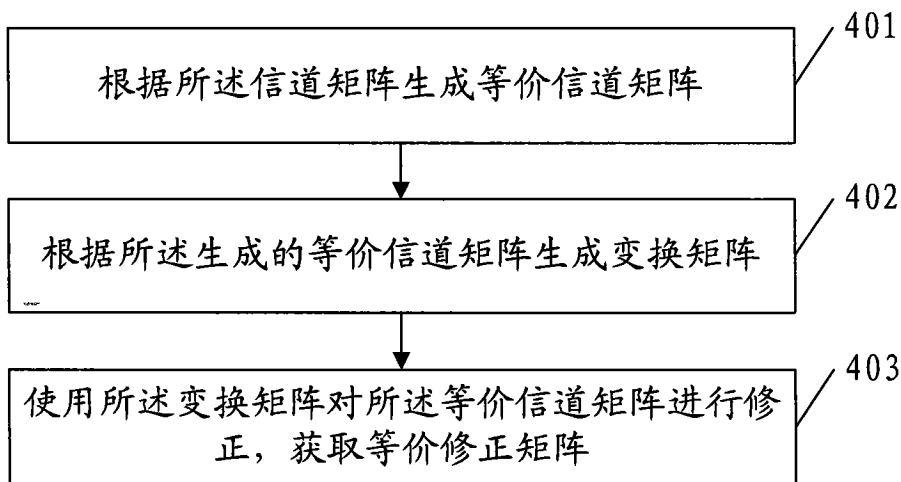


图 4

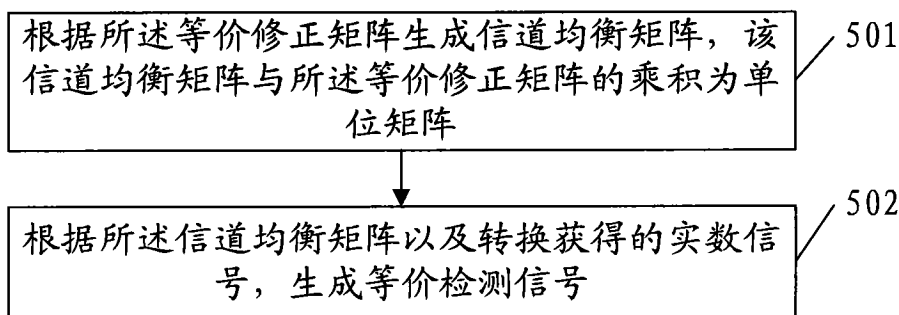


图 5

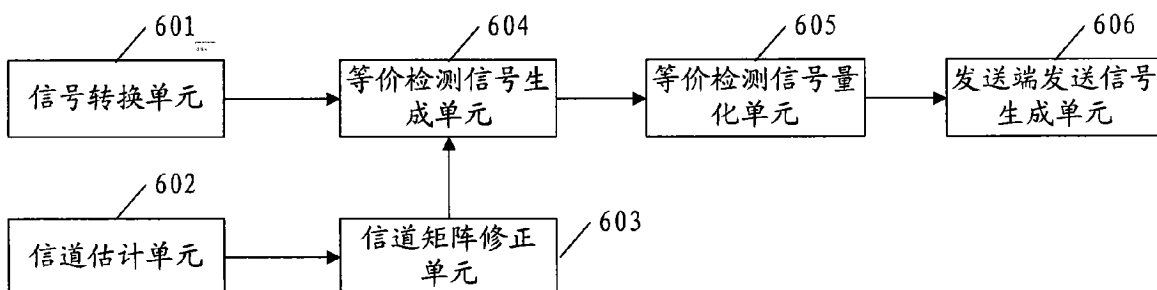


图 6

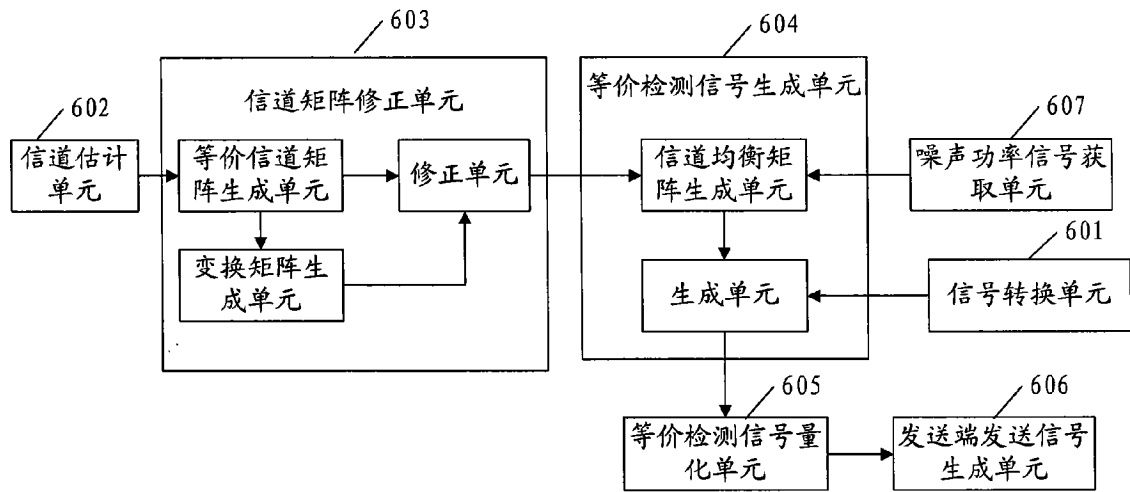


图 7

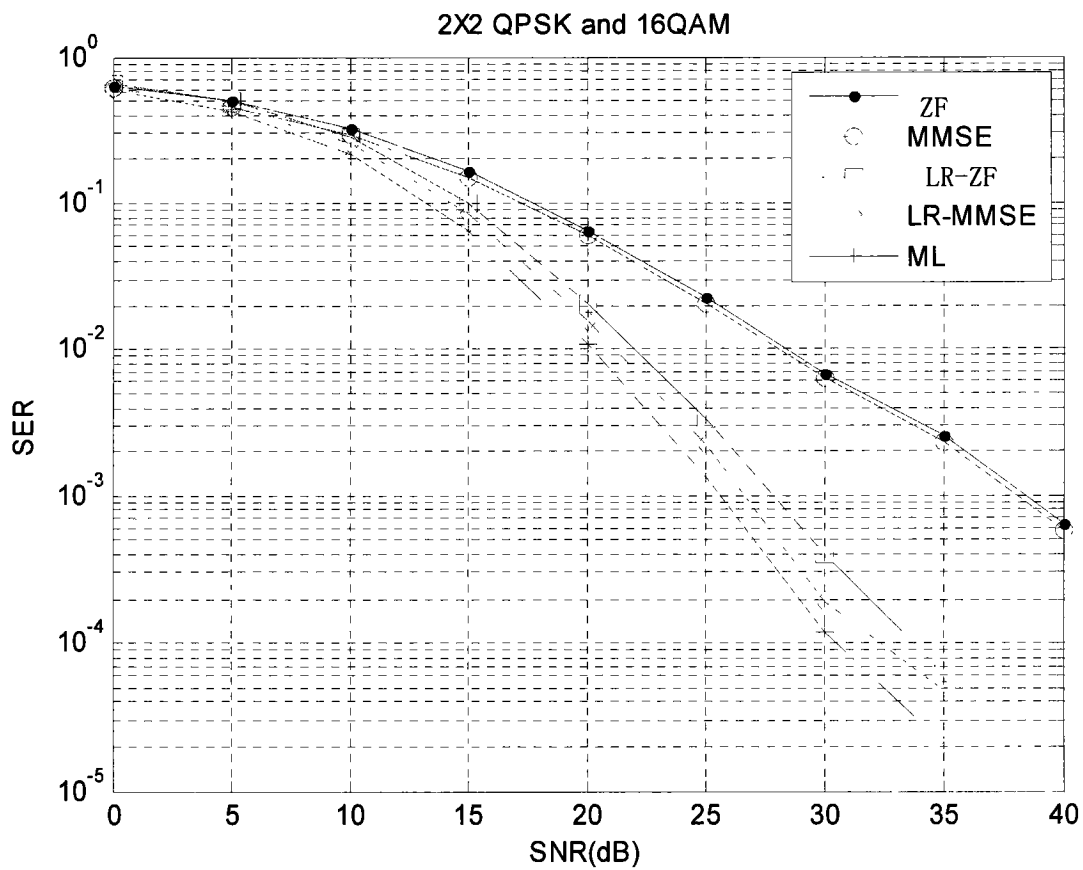


图 8

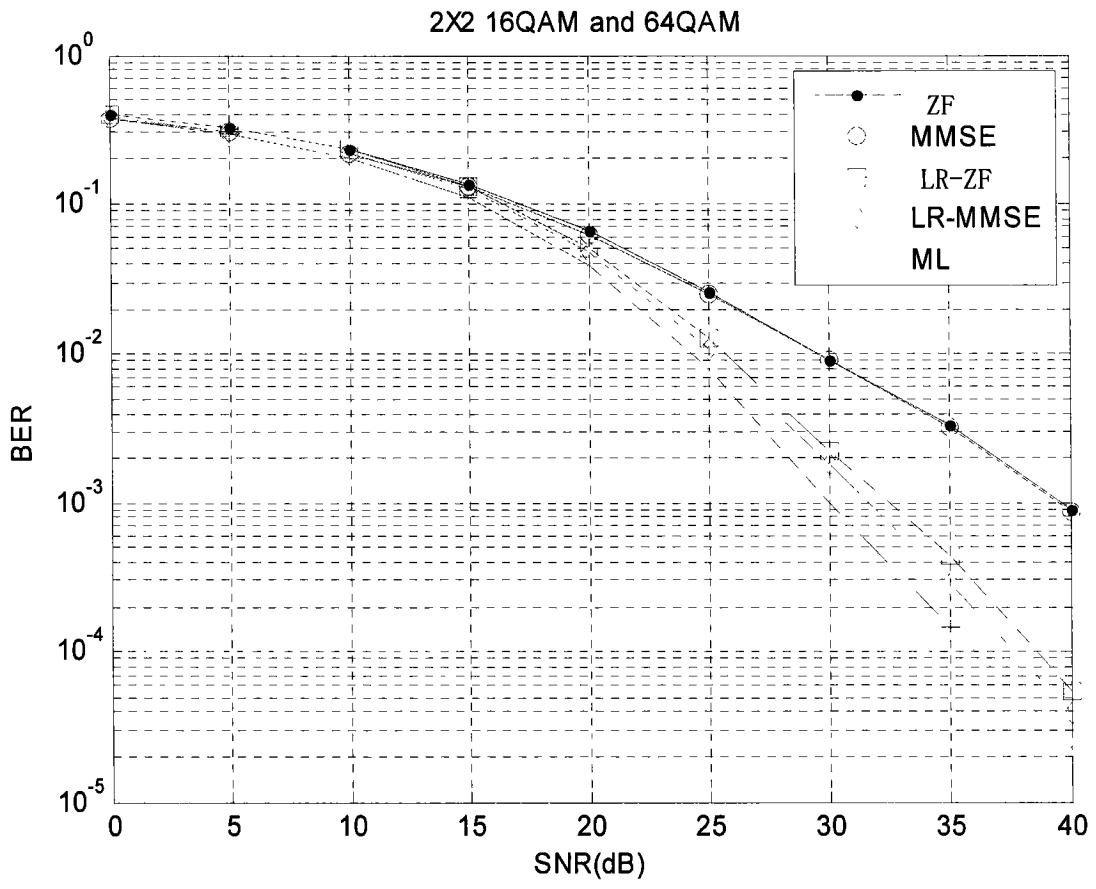


图 9

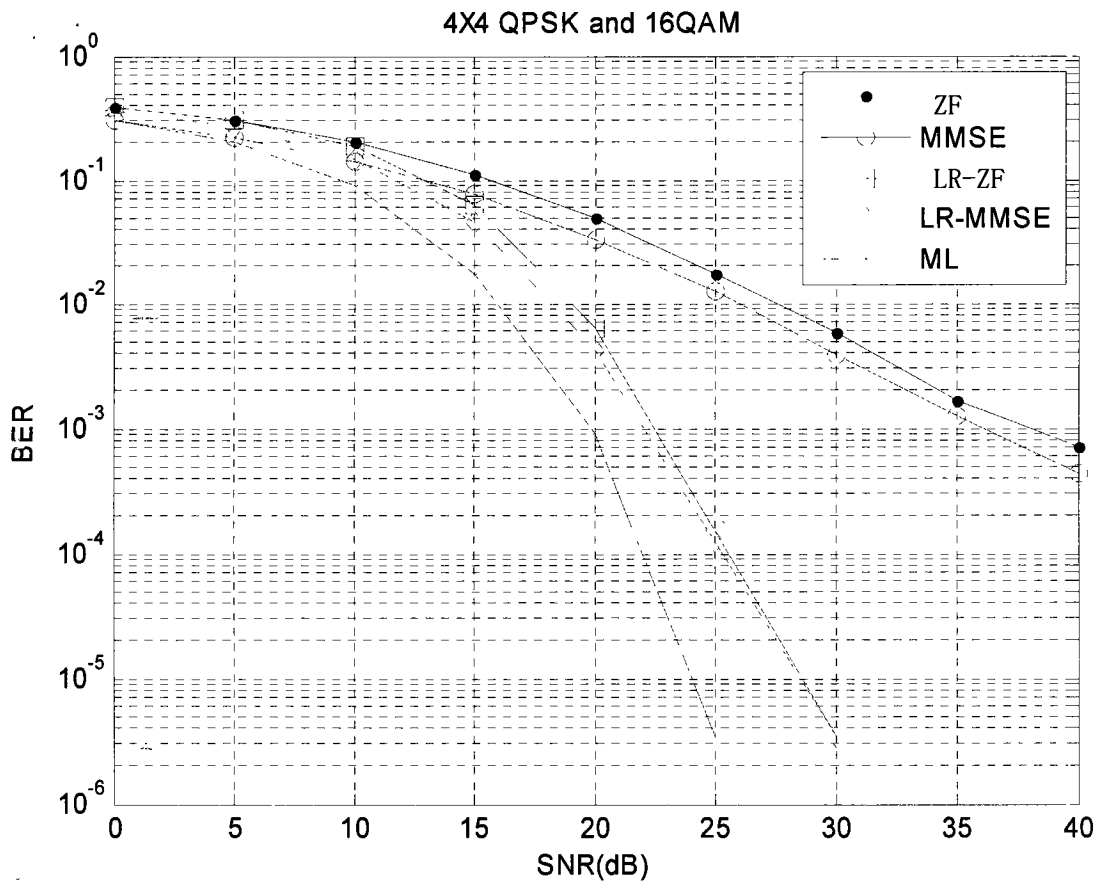


图 10