



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103684700 B

(45)授权公告日 2017.05.24

(21)申请号 201310752843.2

(22)申请日 2013.12.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103684700 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(73)专利权人 重庆邮电大学

地址 400065 重庆市南岸区黄桷垭崇文路2号附一号

(72)发明人 景小荣 张靖悦

(74)专利代理机构 重庆市恒信知识产权代理有限公司 50102

代理人 刘小红

(51)Int.Cl.

H04L 1/00(2006.01)

H04L 1/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 102308508 A,2012.01.04,全文.

CN 101635612 A,2010.01.27,全文.

WO 2011124065 A1,2011.10.13,全文.

审查员 刘磊

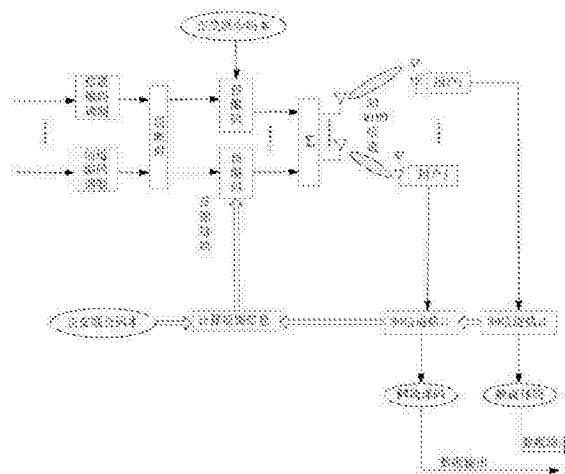
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法

(57)摘要

本发明公开一种基于正交联合码本集的三维多用户MIMO预编码方法,涉及移动通信技术领域。基站端采用均匀面天线阵,与用户端同时储存正交联合码本集;用户端根据3D MIMO信道矩阵,在水平维度与垂直维度进行最优预编码矢量选取,然后将对应预编码矢量序号反馈给基站端,基站端形成3D预编码矩阵,对多用户发送信号进行3D预编码处理。正交联合码本集不仅覆盖了更大的空间,而且码本间存在正交性,因此,对于3D MIMO信道的匹配更为精确全面,同时能够有效抑制多用户共道干扰;同时,本发明对于最优预编码矩阵的选取,能够在不增加反馈量的条件下,综合利用水平与垂直维度上的信道信息,提高了系统的整体性能。



1. 一种基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法,其特征在于,包括步骤:基站端采用面天线阵列结构,每一根天线端口接收二维平面内的信号信息并处理三维空间内信号信息,构造正交联合码本集并同时储存在基站端与用户端,正交联合码本集的构造包括:根据码本对信道空间的覆盖程度、码本复杂度以及由码本选出的预编码矩阵对共道干扰CCI的抑制能力,选取基础码本 $F_{base}$ ,将基础码本 $F_{base}$ 进行正交变换,得到各码字间相互正交的正交码本 $F'_{base}$ ,提取基础码本 $F_{base} = \{T_1, T_2, \dots, T_L\}$ 中的任意一个码字 $T_1$ ,其中, $l=1, 2, \dots, L$ ,根据公式 $[T_1^l, T_2^l, \dots, T_L^l] \times T_l = [T_1^l, T_2^l, \dots, T_L^l]$ 寻找与之对应的L个向量 $T_1^l, T_2^l, \dots, T_L^l$ ,由L个向量构成正交分簇码本 $F_{base\_l} = [T_1^l, T_2^l, \dots, T_L^l]$ ,由此获得正交分簇码本集 $\Gamma' = \{F_{base\_1}, F_{base\_2}, \dots, F_{base\_L}\}$ ,将该正交分簇码本集 $\Gamma'$ 与基础码本 $F_{base}$ 根据公式: $\Gamma = \{F_{base}, F_{base\_1}\}, \{F_{base}, F_{base\_2}\}, \dots, \{F_{base}, F_{base\_L}\}$ 结合,得到最终的正交联合码本集 $\Gamma$ ,其中, $T_1^l, T_2^l, \dots, T_L^l$ 为正交码本 $F'_{base}$ 中元素;用户端经信道估计得到3D信道矩阵,根据3D信道矩阵分别在水平维度与垂直维度从正交联合码本集中选择最优预编码矢量,并将两个维度上的最优预编码矢量在对应码本中的序号作为索引号反馈回基站端,基站端根据用户端反馈的索引号恢复出最优预编码矢量,生成3D预编码矩阵对输入数据进行预编码处理,用户端反馈的索引号包含水平维最优预编码矢量索引号与垂直维最优预编码矢量索引号,其中,水平维最优预编码矢量索引号对应最匹配当前水平维信道状态信息CSI的最优预编码矢量在基础码本 $F_{base}$ 的序号,垂直维最优预编码矢量索引号为水平维最优预编码矢量索引号所对应的正交分簇码本 $F_{base\_l}$ 。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,基站端生成3D预编码矩阵具体为,基站端根据接收到的索引号恢复出所有用户水平维最优预编码矢量与垂直维最优预编码矢量,并根据点乘运算生成3D预编码矩阵。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,用户端基于最大化最小奇异值准则,根据3D信道矩阵,分别进行垂直维度与水平维度反馈量计算。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,当根据离散傅里叶变换DFT码本:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi 1 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 1 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 1 \frac{N-1}{N}} \\ 1 & e^{-j2\pi 2 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 2 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 2 \frac{N-1}{N}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & e^{-j2\pi (N_i-1) \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi (N_i-1) \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi (N_i-1) \frac{N-1}{N}} \end{bmatrix}$$

构建基础码本 $F_{base}$ 时:根据公式:

$$T_i = (1 \ e^{-j2\pi 1 \frac{i}{N}} \ e^{-j2\pi 2 \frac{i}{N}} \ \dots \ e^{-j2\pi (N_i-1) \frac{i}{N}}); i=1, 2, \dots, L; \text{确定基础码本 } F_{base} = \{T_1, T_2, \dots, T_L\} \text{ 中的元素 } T_i。$$

## 一种基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,主要针对LTE-Advanced系统3D MU-MIMO提出一种预编码方法。

### 背景技术

[0002] 作为LTE-Advanced及LTE空中接口核心技术-MIMO技术,可以在不增加带宽以及发射功率的情况下,提高系统容量,主要是通过分布于空间中的多根天线有效地结合时间域和空间域对所接收信号进行处理,同时利用信道的多径传播特性以及随机衰落特性,有效地改善了传输质量及提升了传输速率。

[0003] 然而,在实际工作环境中,MIMO技术优势的体现极大地依赖于MIMO信道模型特性。因此,建立有效地能够反映真实MIMO工作环境的信道模型就显得十分重要。现有的MIMO信道模型大多建立在二维(2Dimension,2D)平面内。如果单纯从电磁波传播机理来看,该信道模型并不完善,因为该模型仅仅考虑空间电磁波的水平传播,因此2D MIMO没有充分利用空间资源。为此,学术界包括工业界大量开展了基于3D的MIMO信道建模工作。3D MIMO信道模型要求同时考虑空间电磁波的水平 and 垂直传播,即要求同时考虑方位角和俯仰角,因此,信道模型更为准确。考虑到3D MIMO技术的优势,工业界包括高通、阿朗、DOCOMO、诺西等公司专门成立了面向4G的先进空中接口(Advanced Radio Interface Technologies for4G Systems,ARTIST4G)工作组,该工作组指出:基于有源阵列的3D MIMO技术将作为未来移动通信系统提高小区边缘用户吞吐量和数据传输率的关键技术。与此同时,3GPP从2012年年底开始启动了LTE-Advanced R12的技术规范标准工作,正式将3D MIMO技术作为LTE-Advanced R12技术规范的核心。以此为契机,吸引了国内外大量的学者、工程师加入到3D MIMO关键技术及标准化的研究工作中。

[0004] 在LTE-Advanced系统中,基于3D信道的预编码技术包括码本设计以及码本的选取等。常见的预编码码本包括DFT(离散傅里叶变换)码本、随机码本、格拉斯曼码本等。对于最优预编码矢量的选择则是基于不同的性能指标准则。比如,最小奇异值准则、最大容量准则等。基于码本的预编码系统中,首先将已经设计好的码本储存在发射端与接收端,接收端接收到信号,通过信道估计得到当前CSI,然后利用CSI,在所储存的本地码本中,基于预编码选取准则选择最优预编码矢量,并将最优预编码矢量所对应的索引号反馈给基站端,基站端由该索引号恢复最优预编码矢量,生成预编码矩阵对输入数据进行预编码处理。

[0005] 在3D MIMO多用户系统中,随着用户数的增多,用户分布在小区内不同区域,包括小区中心和小区边缘。传统的预编码技术仅仅利用了水平维的信道信息,而无法在竖直维对用户进行区分,这也就造成了严重的用户间干扰。例如,基于DFT码本的3D预编码,水平维度与垂直维度的码本均采用相同的DFT码本,水平维最优预编码矢量与垂直维最优预编码矢量均由该DFT码本中选取。3D预编码方案中水平维与垂直维基均采用相同的DFT码本,完全没有考虑三维空间特性,从而导致对CCI的抑制能力有限。因此,为了同时提升小区中心和小区边缘用户的容量及用户性能,需求联合水平维与垂直维信道信息,以实现3D MIMO预

编码。

发明内容

[0006] 本发明提出一种基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法,包含具体的正交联合码本集的构建方法。基站端采用均匀面天线阵列,与用户端同时储存该正交联合码本集;用户端在水平维度与垂直维度分别进行最优预编码矢量的选取,然后将对应最优预编码矢量的索引号反馈给基站端;基站端根据各用户的最优预编码矢量形成最优预编码矩阵,从而对多用户发送信号进行3D预编码处理。

[0007] 本发明解决上述技术问题的技术方案是:设计一种基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法,包括步骤:基站端采用面天线阵列结构,每一根天线端口接收二维平面内的信号信息并处理三维空间内信号信息,构造正交联合码本集并同时储存在基站端与用户端,用户端经信道估计得到3D信道矩阵,根据3D信道矩阵分别在水平维度与垂直维度从正交联合码本集中选择最优预编码矢量,并将两个维度上的最优预编码矢量在对应码本中序号作为反馈索引号发送回基站端,基站端根据接收到的索引号恢复出最优预编码矢量,生成预编码矩阵对输入数据进行预编码处理。

[0008] 当根据DFT码本:

$$\begin{bmatrix}
 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\
 1 & e^{-j2\pi 1 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 1 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 1 \frac{N-1}{N}} \\
 1 & e^{-j2\pi 2 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 2 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 2 \frac{N-1}{N}} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 1 & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{N-1}{N}}
 \end{bmatrix}$$

构建基础码本 $F_{base}$

时:根据公式: $T_i = (1 \ e^{-j2\pi 1 \frac{1}{N}} \ e^{-j2\pi 2 \frac{1}{N}} \ \dots \ e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{1}{N}})$ ;  $i=1,2,\dots,L$ ;确定基础码本 $F_{base} = \{T_1, T_2, \dots, T_L\}$ 中的元素 $T_i$ 。正交联合码本集的构造包括:根据码本对信道空间的覆盖程度、码本复杂度以及由码本选出的预编码矩阵对CCI的抑制能力,选取基础码本 $F_{base}$ ;将基础码本 $F_{base}$ 进行正交变换,得到各码字间相互正交的正交码本 $F'_{base}$ ;提取基础码本 $F_{base} = \{T_1, T_2, \dots, T_L\}$ 中的任意一个码字 $T_1 (1=1, 2, \dots, L)$ ,根据公式 $[T'_1, T'_2, \dots, T'_L] \times T_1 = [T'_1, T'_2, \dots, T'_L]$ 寻找与之对应的L个向量 $T'_1, T'_2, \dots, T'_L$ ,由L个向量构成正交分簇码本 $F_{base\_1} = [T'_1, T'_2, \dots, T'_L]$ ,由此获得正交分簇码本集 $\Gamma' = \{F_{base\_1}, F_{base\_2}, \dots, F_{base\_L}\}$ ,将该正交分簇码本集 $\Gamma'$ 与基础码本 $F_{base}$ 根据公式: $\Gamma = \{ \{F_{base}, F_{base\_1}\}, \{F_{base}, F_{base\_2}\}, \dots, \{F_{base}, F_{base\_L}\} \}$ 结合,得到最终的正交联合码本集 $\Gamma$ 。

[0009] 基站端生成预编码矩阵具体为,基站端根据接收到的索引号恢复出所有用户水平维最优预编码矢量与垂直维最优预编码矢量,并根据点乘运算生成3D预编码矩阵。用户端基于最大化最小奇异值准则,根据3D信道矩阵,分别进行垂直维度与水平维度反馈量计算。用户端反馈索引号包含水平维最优预编码矢量索引号与垂直维最优预编码矢量索引号,其中,水平维最优预编码矢量索引号对应最匹配当前水平维CSI的最优预编码矢量在基础码本 $F_{base}$ 的序号,垂直维最优预编码矢量索引号为水平维最优预编码矢量索引号所对应的正交分簇码本 $F_{base\_1}$ 。

[0010] 用户端反馈给基站端的最优预编码矢量索引号,不但包含水平维度最优预编码矢量索引号,同时包含了垂直维度最优预编码矢量索引号,其中,水平维度最优预编码矢量索引号为最佳匹配当前水平维CSI的某个预编码矢量在基础码本 $F_{base}$ 中的序号;再由该水平维最优预编码矢量索引号确定与之对应的正交分簇码本 $F_{base\_1}$ 作为垂直维码本,从而垂直维最优预编码矢量索引号为最佳匹配当前垂直维度CSI的某个预编码矢量在该正交分簇码本 $F_{base\_1}$ 中的序号。

[0011] 本发明中正交联合码本集的设计不但综合了水平维度与垂直维度CSI来进行码本设计,而且还考虑码本对3D信道的覆盖程度,以及3D预编码矩阵对于CCI的抑制能力。综上,本发明提出的基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法可以获得更强的预编码增益,提高系统的整体性能。

[0012] 本发明所提出的正交联合码本集不仅覆盖了更大的空间,而且码本间存在正交性,因此,不仅对于3D MIMO信道的匹配更为精确全面,同时还能够有效的抑制多用户共道干扰;另外,本发明能够在不增加反馈量的条件下,综合利用水平与垂直维度上的信道信息,提高了系统的整体性能。

## 附图说明

[0013] 图1为本发明提出的3D MU-MIMO预编码方法的系统框图;

[0014] 图2为基于码本的预编码操作流程;

[0015] 图3为本发明中正交分簇码本构造示意图;

[0016] 图4为本发明中正交联合码本集构造示意图;

[0017] 图5为本发明3D预编码具体操作流程;

[0018] 图6为WINNER信道下“A1”场景本发明预编码方法与DFT码本预编码以及固定码本预编码在相同反馈量下误码率性能比较图;

[0019] 图7为本发明预编码方法与DFT码本预编码以及固定码本预编码在相同信噪比下的CDF曲线比较图;

[0020] 图8为WINNER信道下“A1”场景预编码方法在不同码本大小下的性能比较图;

## 具体实施方式

[0021] 以下结合具体实例对本发明进行描述。

[0022] 图1为本发明中基于正交联合码本集的3D MU-MIMO预编码方法系统框图。基站端采用 $n \times m$ 维面天线阵列结构,其中 $n$ 表示面天线阵列的行数, $m$ 表示面天线阵列的列数, $n=m$ 。要求每一根发射天线都能够同时处理水平维度与垂直维度上的信息。用户端接收天线数用 $r$ 表示。第 $j$ 个用户接收到的信号可以表示为:

$$[0023] \quad y_j = H_j W_j X_j + H_j \sum_{i=1, i \neq j}^J W_i X_i + n_j, \quad j = 1, 2, \dots, J$$

[0024] 接收信号由三部分组成,其中, $H_j W_j X_j$ 表示接收端接收到的有用信号部分, $H_j \sum_{i=1, i \neq j}^J W_i X_i$ 表示 $j$ 个用户收到的来自其他用户信号的干扰, $n_j$ 表示噪声信号,为服从 $CN(0,$

N<sub>0</sub>) 概率分布白高斯噪声。用户端通过信道估计得到3D信道矩阵H<sub>n×m×r</sub>，根据预编码选取准则，分别在水平维度与垂直维度，从正交联合码本集中选择最优预编码矢量，并将两个维度上的最优预编码矢量在对应码本中序号作为索引号反馈回基站端，基站端根据接收到的索引号恢复出最优预编码矢量，进而生成预编码矩阵对输入数据进行预编码处理。

[0025] 图2为基于码本的预编码基本操作流程，在LTE-Advanced系统中，基站端与用户端同时储存码本，用户端根据CSI，在码本中遍历所有码字，选择与当前CSI匹配的码字作为最优预编码矢量，并将其在码本中所对应索引号反馈给基站端，基站端根据接收到的索引号恢复出最优预编码矢量，进而形成预编码矩阵对输入数据进行预编码处理。根据图5，并参考图3和图4，本发明中3D MU-MIMO预编码方法的实现具体包括：

[0026] 发射端采用面天线阵列结构，保证每一根发射天线都能够同时处理水平维度与垂直维度上的信息，用户端采用r根接收天线。正交联合码本集的构造，参见图3与图4所示，具体表示如下：

[0027] A、基础码本F<sub>base</sub>的构建

[0028] 考虑到离散傅里叶变换(Discrete Fourier Transformation,DFT)码本具有复杂度低的特点，以及3GPP标准中规定的预编码码本即为DFT码本，因此选择DFT码本构建基础码本，本实例选择如下DFT矩阵为例对本发明的实施作具体说明：

[0029] 
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi 1 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 1 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 1 \frac{N-1}{N}} \\ 1 & e^{-j2\pi 2 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 2 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 2 \frac{N-1}{N}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{N-1}{N}} \end{bmatrix}$$
 根据上式，基础码本F<sub>base</sub>即为：

[0030] 
$$F_{base} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi 1 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 1 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 1 \frac{N-1}{N}} \\ 1 & e^{-j2\pi 2 \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi 2 \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi 2 \frac{N-1}{N}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{1}{N}} & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{2}{N}} & \dots & e^{-j2\pi (N_t-1) \frac{N-1}{N}} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{matrix} T_{1,1} & T_{1,2} & T_{1,3} & \dots & T_{1,L} \\ T_{2,1} & T_{2,2} & T_{2,3} & \dots & T_{2,L} \\ T_{3,1} & T_{3,2} & T_{3,3} & \dots & T_{3,L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{N_t,1} & T_{N_t,2} & T_{N_t,3} & \dots & T_{N_t,L} \end{matrix} \right\}$$

$$= \{T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_L\}$$

[0031] 其中T<sub>i</sub> = (1 e<sup>-j2π1<sup>i</sup>/N</sup> e<sup>-j2π2<sup>i</sup>/N</sup> ... e<sup>-j2π(N<sub>t</sub>-1)<sup>i</sup>/N</sup>) ; i=1,2,...,L; ,表示DFT矩阵中的某一列,N为DFT码本数目,L为基础码本数目,N=L。N<sub>t</sub>为天线数,N<sub>t</sub>=n。对于其他常规码本,也可

按照上述方法结合天线数构建基础码本。

[0032] B、正交码本 $F'_{base}$ 的构建

[0033] 根据基础码本 $F_{base}$ 构建正交码本 $F'_{base}$ 。对基础码本 $F_{base}$ 中列向量 $\{T_1, T_2, \dots, T_L\}$ 做正交变换得到正交码本 $F'_{base}$ ：

$$[0034] \quad F'_{base} = \{T'_1, T'_2, \dots, T'_L\} = \begin{Bmatrix} T'_{1,1} & T'_{1,2} & T'_{1,3} & \dots & T'_{1,L} \\ T'_{2,1} & T'_{2,2} & T'_{2,3} & \dots & T'_{2,L} \\ T'_{3,1} & T'_{3,2} & T'_{3,3} & \dots & T'_{3,L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ T'_{N_t,1} & T'_{N_t,2} & T'_{N_t,3} & \dots & T'_{N_t,L} \end{Bmatrix} \quad \text{(如图3)}; \text{由于正交码本} F'_{base} \text{各元素}$$

[0035]  $T'_1, T'_2, \dots, T'_L$ 之间具有正交性,因此由 $F'_{base}$ 构成的预编码矩阵同样将具有正交性,从而有效地保证了对CCI的抑制。

[0036] C、正交联合码本集的构成

[0037] 为了在3D空间中更好的利用正交码本,可将其与基础码本一并作扩展变换,具体操作如图3所示。该发明中,基础码本与CSI整体空间相对应,通过对基础码本中任意码字做指定的点乘变换,从而得到与每一个基础码字相对应的正交联合码本的分簇,该分簇与此基础码字相对应的CSI子空间相对应,本发明进行正交联合码本设计,进而由所有分簇集构成正交联合码本集。

[0038] 图4为一种构成正交分簇码本的详细的实现过程举例说明,取基础码本 $F_{base} = \{T_1, T_2, \dots, T_L\}$ 中的任意一个码字 $T_1 (1=1, 2, \dots, L)$ ,利用关系式 $[T_1^1, T_2^1, \dots, T_L^1] \times T_1 = [T_1^1, T_2^1, \dots, T_L^1]$ 寻找与之对应的L个向量 $T_1^1, T_2^1, \dots, T_L^1$ ,由这L个向量构成正交分簇码本 $F_{base\_1} = [T_1^1, T_2^1, \dots,$

$$T_L^1], \text{例如图3中的} F_{base\_3} = \begin{Bmatrix} T^3_{1,1} & T^3_{1,2} & T^3_{1,3} & \dots & T^3_{1,L} \\ T^3_{2,1} & T^3_{2,2} & T^3_{2,3} & \dots & T^3_{2,L} \\ T^3_{3,1} & T^3_{3,2} & T^3_{3,3} & \dots & T^3_{3,L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ T^3_{N_t,1} & T^3_{N_t,2} & T^3_{N_t,3} & \dots & T^3_{N_t,L} \end{Bmatrix} \quad \text{。将基础码本} F_{base} \text{中的所有码字均}$$

作上述变换,得到一与之相关的正交分簇码本集 $\Gamma' = \{F_{base\_1}, F_{base\_2}, \dots, F_{base\_L}\}$ ,再将该正交分簇码本集 $\Gamma'$ 与基础码本 $F_{base}$ 根据公式 $\Gamma = \{\{F_{base}, F_{base\_1}\}, \{F_{base}, F_{base\_2}\}, \dots, \{F_{base}, F_{base\_L}\}\}$ 进行结合,从而得到最终的正交联合码本集 $\Gamma$ ,其中 $\Gamma_i = \{F_{base}, F_{base\_i}\}$ 表示该码本集中的一个正交联合码本。

[0039] 本发明基于正交联合码本集的3D预编码方案,基站与用户端共同储存同样的一个由DFT矩阵构成的正交联合码本集,用户端反馈索引号包含水平维最优预编码矢量索引号与垂直维最优预编码矢量索引号,其中,水平维最优预编码矢量索引号对应某一最匹配当前水平维CSI的最优预编码矢量在基础码本 $F_{base}$ 的序号,垂直维最优预编码矢量索引号来自于水平维最优预编码矢量索引号所对应的正交分簇码本 $F_{base\_1}$ ,因此,与基于DFT码本的3D预编码具有同样的反馈量。基站端根据接收到的索引号恢复出所有用户水平维最优预编码矢量与垂直维最优预编码矢量,并根据点乘运算生成3D预编码矩阵,保证了3D预编码矩阵中各元素具有正交性,这样就能很好地抑制CCI。综上所述,本发明中的3D预编码矩阵不

但更为匹配当前信道信息空间,同时能够有效地抑制CCI。

[0040] 将正交联合码本集同时储存在基站端与用户端,用户端基于最大化最小奇异值准则,从基础码本 $F_{base}$ 中确定匹配当前水平维度信道信息的最优预编码矢量,从正交联合码本集中选择与该水平维最优预编码矢量相对应的正交分簇码本 $F_{base\_1}$ 。作为垂直维度码本,进一步根据最大化最小奇异值准则从该正交分簇码本 $F_{base\_1}$ 中选择最为匹配当前垂直维信道信息的最优预编码矢量。

[0041] 水平维度与垂直维度最优预编码矢量选择准则均为最大化最小奇异值准则:

$$[0042] \quad T_{opt} = \arg \max_{1 \leq i \leq L} \lambda_{\min} \{H W_i\}$$

[0043] 其中 $W_i$ 表示当前码本中码字, $H W_i$ 表示等效信道, $\lambda_{\min} \{H W_i\}$ 为 $H W_i$ 的最小非零奇异值, $T_{opt}$ 表示遍历该码本后从中选择的最优预编码矢量。

[0044] 经过上述操作,将取得的水平维度最优预编码矢量在基础码本 $F_{base}$ 中对应序号作为水平维最优预编码矢量索引号,同时,将取得的垂直维最优预编码矢量在正交分簇码本 $F_{base\_1}$ 中对应的序号作为垂直维最优预编码矢量索引号,最后,用户端将该水平维最优预编码矢量索引号与垂直维最优预编码矢量索引号一起反馈给基站端。

[0045] 在基站端,根据收到的反馈索引号恢复出对应的水平维及垂直维最优预编码矢量,再根据水平维最优预编码矢量与垂直维最优预编码矢量构成水平维预编码矩阵 $W_h$ 与垂直维预编码矩阵 $W_v$ ,将 $W_h$ 与 $W_v$ 分别扩展成 $n$ 个与 $m$ 个,然后做点乘扩展运算生成与天线数目相对应的预编码矩阵 $w$ , $w = [W_h; W_h; \dots W_h] \cdot [W_v; W_v; \dots W_v]$ ,这样,用户利用点乘运算得到的 $w$ 与别的用户利用相同方法得到的 $w_i$ 之间具有很强的正交性,从而能够很好地抑制CCI。

[0046] 收发端储存同样的一个由DFT矩阵构成的码本。

[0047] 本发明仿真采用WINNER下的“A1”(Indoor office/residential)场景,图6给出了本发明3D预编码方法与基于DFT的3D预编码及基于固定码本的3D预编码方法(固定码本仅采用两个列向量作为码本)在相同反馈量下的误码率性能对比。图7给出信噪比为3(dB)时,本发明预编码方法与基于DFT的3D预编码及基于固定码本的3D预编码方法的CDF曲线比较。从图中可知,本发明所提出的基于正交联合码本集的3D预编码方案相对于前述两种预编码方案在BER性能及CDF曲线上具有明显的优势。这是由于本发明中的3D预编码方法对当前信道信息实现了更为精确的匹配,同时又具有较强的CCI抑制能力。图8所示为本发明3D预编码方法在不同码本大小下的性能比较,码本越大,所覆盖的信道信息空间就越准确,但码本过大,系统的反馈量就会增加,综合考虑上述两方面,选择均衡的码本大小,本发明根据信道空间、性能、反馈等因素、码本大小最优选择为16。

[0048] 本发明提出的3D MU-MIMO预编码方法所构建的正交联合码本集不仅实现了对3D MIMO信道更为精确全面的覆盖,而且还能够有效的抑制多用户共道干扰;同时,本发明中对于最优预编码矩阵的选取,能够在不增加反馈量的条件下,充分利用了水平与垂直维度信道信息,因此,系统的整体性能得到了明显提升。



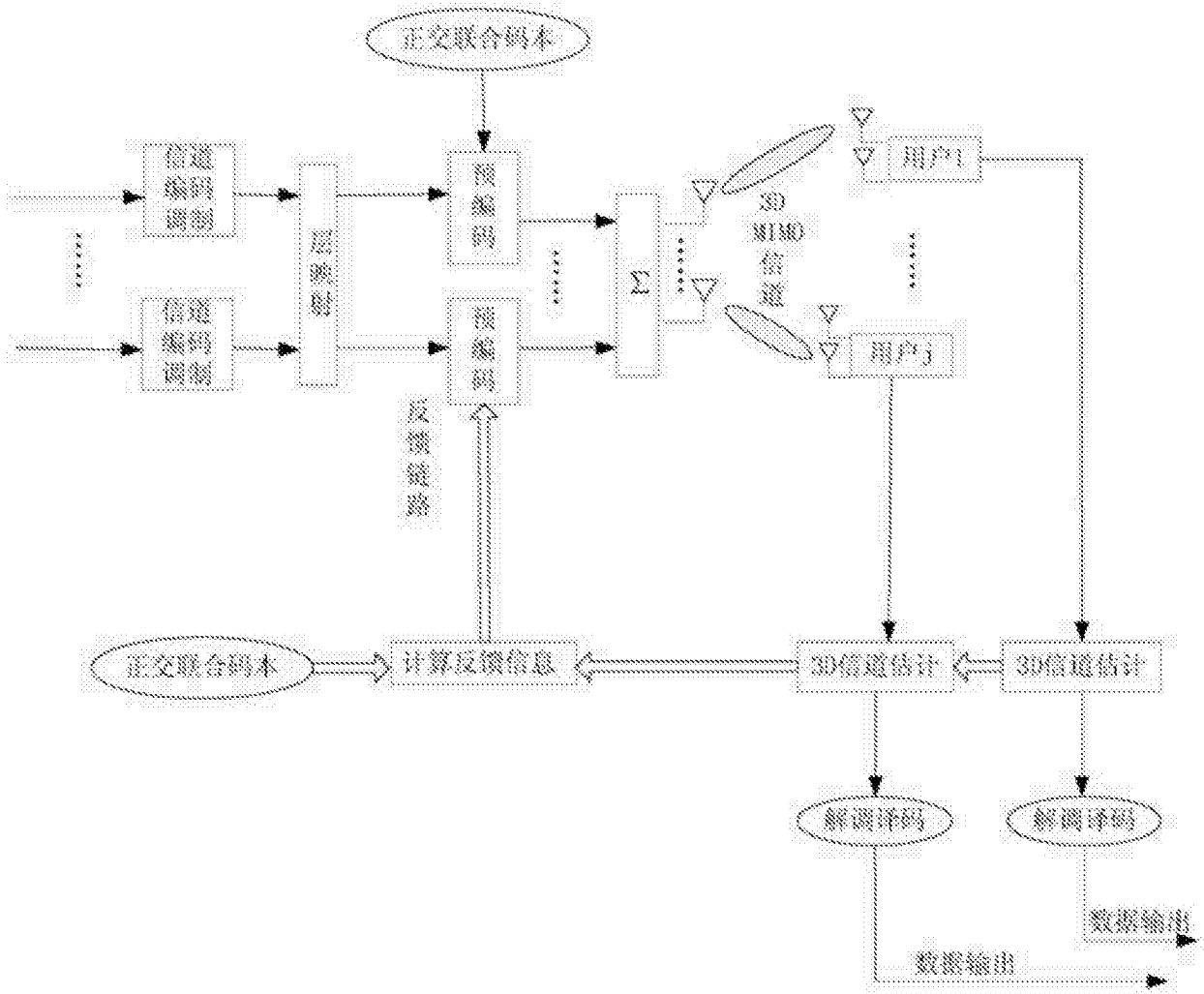


图1

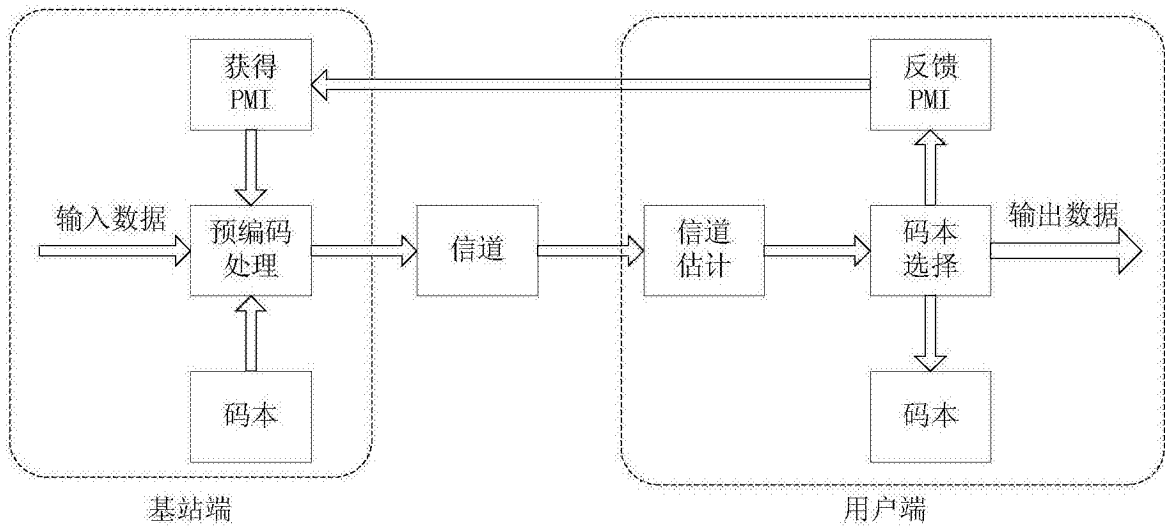


图2

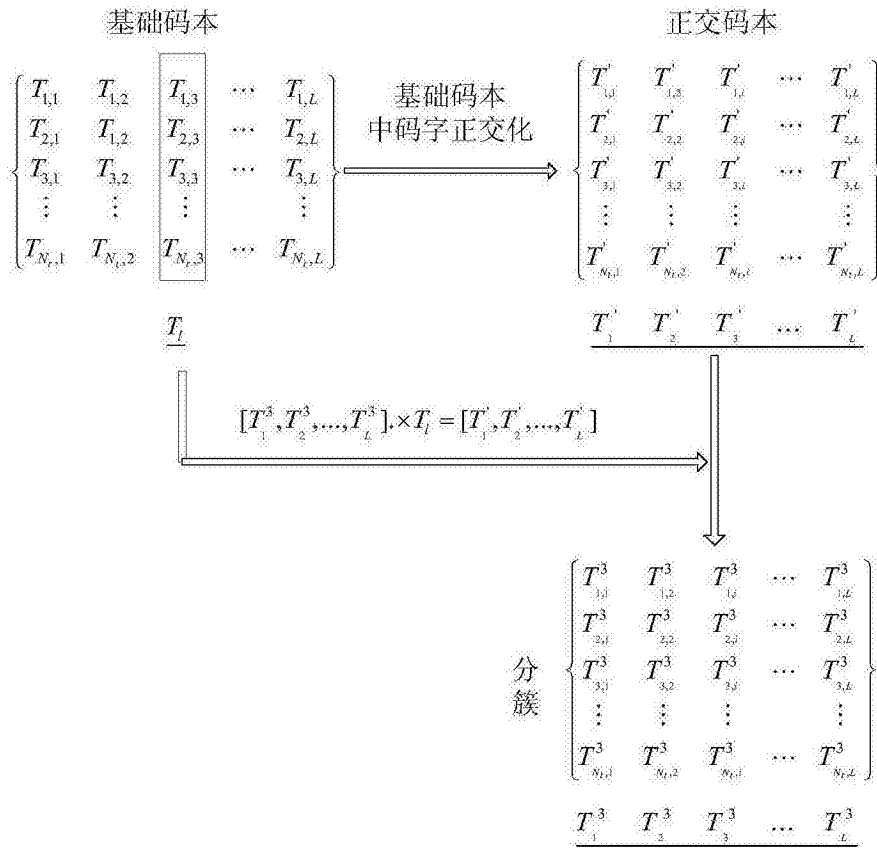


图3

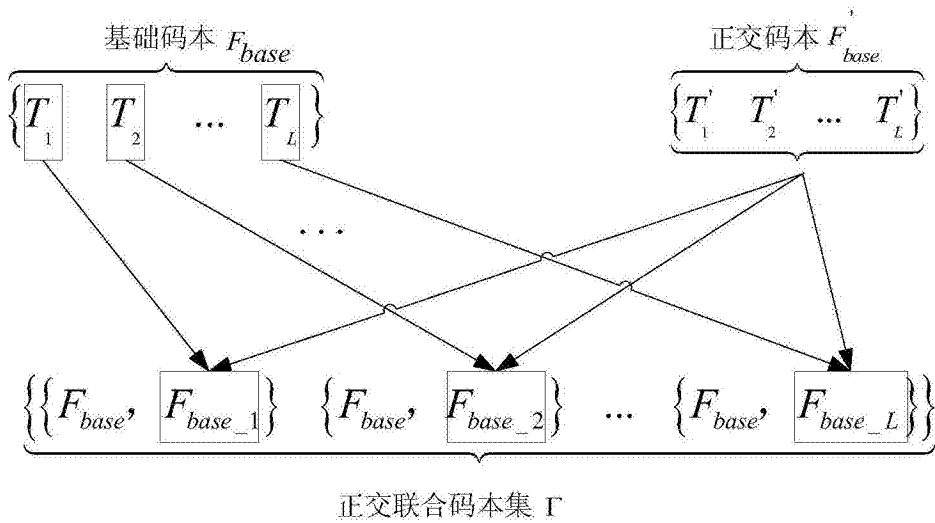


图4

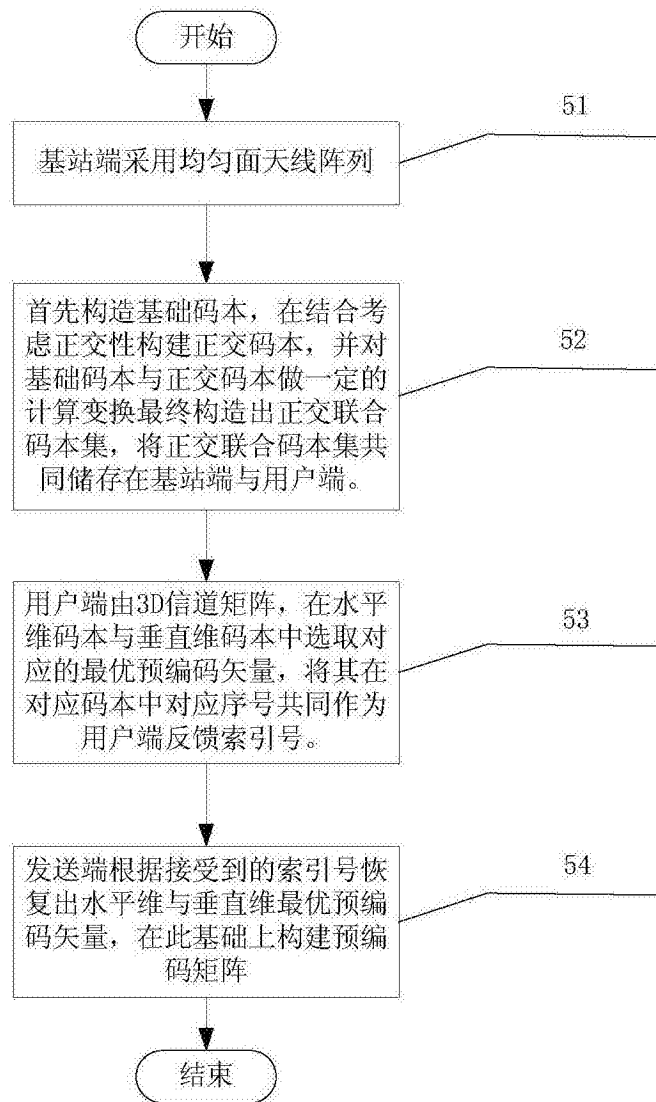


图5

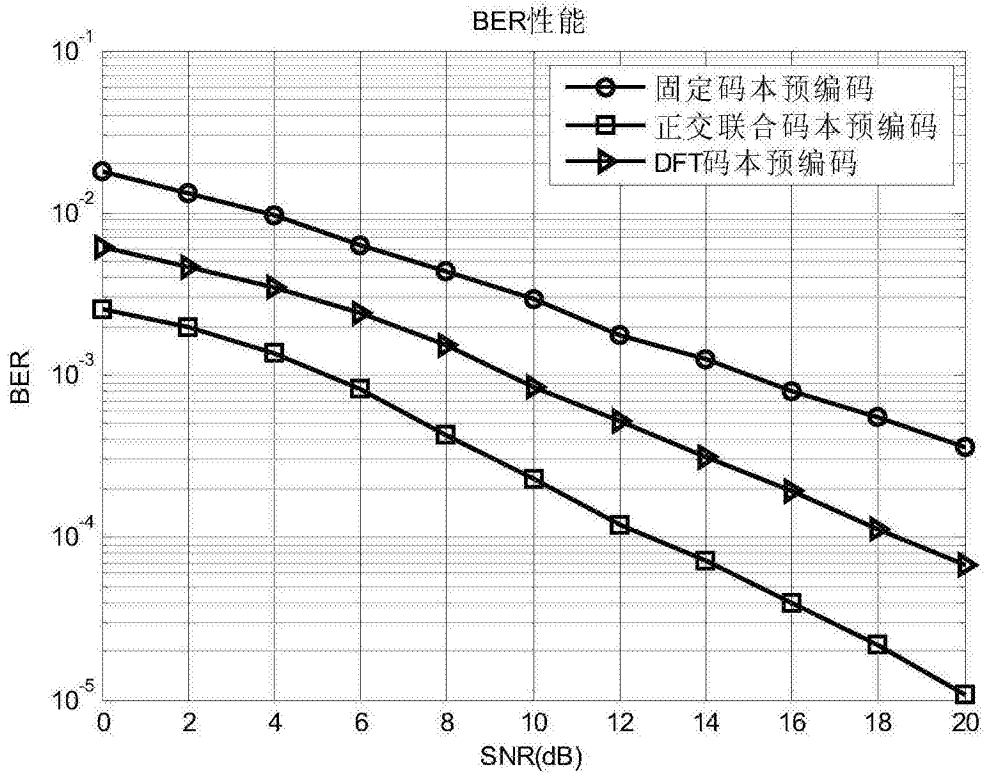


图6

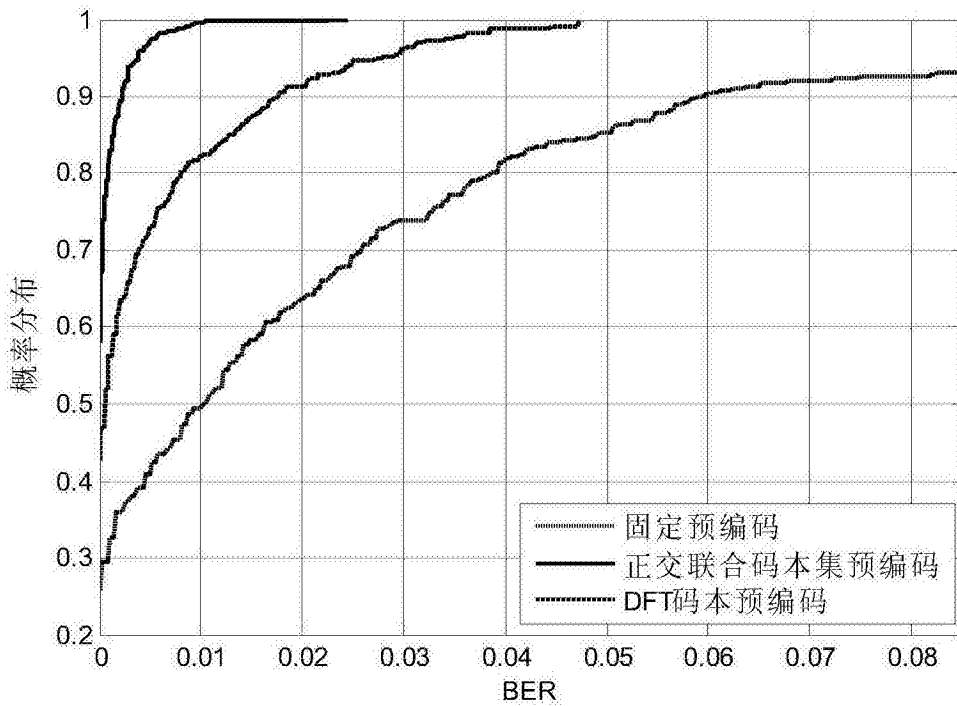


图7

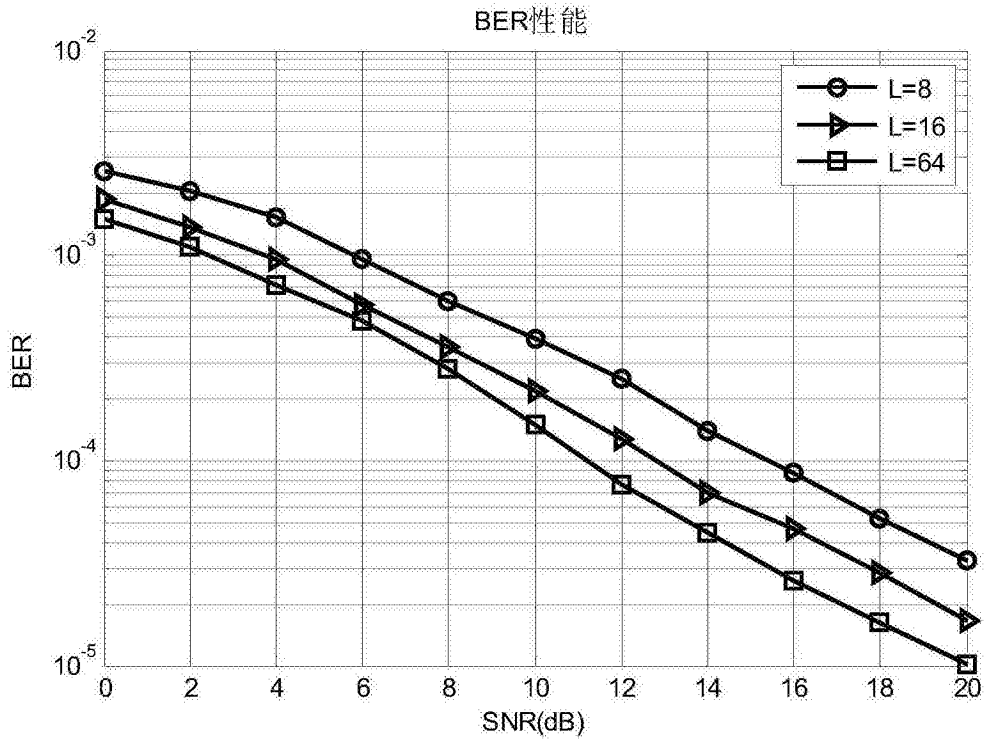


图8