



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101729215 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 02

(21) 申请号 200810225231. 7

(22) 申请日 2008. 10. 28

(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总部办公楼

(72) 发明人 夏香根 李斌 沈晖 罗毅

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有限公司 11260

代理人 郑立明

Yue Shang 等. A Criterion and Design for Space-Time Block Codes Achieving Full Diversity. 《Information Theory, 2007. ISIT 2007》. 2007, 2906 - 2910.

Jian-Kang Zhang 等. Linear Toeplitz Space Time Block Codes. 《Information Theory, 2005. ISIT 2005. Proceedings》. 2005, 1942 - 1946.

审查员 王华

(51) Int. Cl.

H04L 1/06 (2006. 01)

H04B 7/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101043243 A, 2007. 09. 26,

CN 1973471 A, 2007. 05. 30,

CN 1901434 A, 2007. 01. 24,

CN 101286777 A, 2008. 10. 15,

WO 2007094786 A1, 2007. 08. 23,

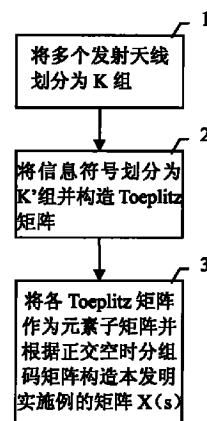
权利要求书4页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

空时 / 空频码构造方法、发射方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了空时 / 空频码构造方法、发射方法及装置。属于无线通讯技术领域。空时 / 空频码构造方法包括：被划分为 K 组的至少两个发射天线，被划分为 K' 组的信息符号，针对所述每组信息符号根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵，将基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵中的各非零元素替换为所述 Toeplitz 矩阵，并在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时，将所述零元素替换为相应维度的零矩阵。通过上述方法构造出的空时码具有组正交特性；利用上述构造出的空时码能够有效改善误比特率，并能够取得较好的性能与码率的折衷。



1. 一种空时或空频码构造方法,其特征在于,包括:被划分为 K 组的至少两个发射天线,被划分为 K' 组的信息符号,所述方法包括步骤:

针对所述每组信息符号根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵;

将基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵中的各非零元素替换为所述 Toeplitz 矩阵,并在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,将所述零元素替换为相应维度的零矩阵;

其中,所述针对所述每组信息符号根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵包括:

将多个发射天线划分为 K 组,将信息符号划分为 K' 组,并针对每组信息符号均根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵,每个 Toeplitz 矩阵均具有 n_k 列,所述针对每组信息符号构造的具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵为: $S_{r,k}^{(i)} = T(s_i, r, n_k)$ 和 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{s}_i, r, n_k)$; 其中: $r = L/K' + n_1 - 1$, $i = 1, 2, \dots, K'$, $k = 1, 2, \dots, K$, L 为信息符号的数量, s_i 为第 i 组信息符号的符号向量, \tilde{s}_i 为符号向量 s_i 逆序后得到的符号向量, n_k 为第 k 组发射天线所包含的发射天线数量;

其中,所述将基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵中的各非零元素替换为所述 Toeplitz 矩阵包括:将所述 $S_{r,k}^{(i)}$ 来替换正交空时分组码的 $O_{K',K}$ 矩阵中的信息符号 s_i ,将所述 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)}$ 来替换正交空时分组码 $O_{K',K}$ 矩阵中的信息符号 s_i^* ; 其中 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)*}$ 表示 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵,利用相应维度的零矩阵来替换正交空时分组码的 $O_{K',K}$ 矩阵中的零元素,从而最终得到空时/空频矩阵 X(s) 表示为: $X_{N_t, N_r, K}(s)$ 。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述至少两个发射天线是根据组间发射天线数量差异最小原则被划分为 K 组。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述 K 取值为 3。

4. 一种基于空时或空频码的发射方法,其特征在于,包括步骤:

获取需要发射的信息符号;

根据空时或空频码矩阵发射所述信息符号;

所述空时或空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵;或者,所述至少两个子矩阵包括:Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵;所述各 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素;

其中,生成所述空时或空频码矩阵的方法包括:

将多个发射天线划分为 K 组;

将信息符号划分为 K' 组,并针对每组信息符号均根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵,每个 Toeplitz 矩阵均具有 n_k 列,其中的 n_k 为第 k 组发射天线所包含的发射天线数量, k 的取值范围可以为从 1 到 K;

针对每组信息符号构造的具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵表示为:

$$\mathbf{S}_{r,k}^{(i)} \text{ 和 } \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}, \text{ 且 } \mathbf{S}_{r,k}^{(i)} = T(\mathbf{s}_i, \mathbf{r}, n_k), \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{\mathbf{s}}_i, \mathbf{r}, n_k); \quad \text{公式(3)}$$

公式(3)中 : $r = L/K' + n_1 - 1, i = 1, 2, \dots, K', k = 1, 2, \dots, K, L$ 为信息符号的数量, \mathbf{s}_i 为第 i 组信息符号的符号向量, $\tilde{\mathbf{s}}_i$ 为符号向量 \mathbf{s}_i 逆序后得到的符号向量;

利用上述 $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)}$ 来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 矩阵中的信息符号向量 \mathbf{s}_i , 利用 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)*}$ 来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 中的信息符号向量 \mathbf{s}_i^* ; 其中 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)*}$ 表示 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵, 利用相应维度的零矩阵来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 矩阵中的零元素, 从而最终得到的空时或空频码矩阵 $X(\mathbf{s})$ 表示为: $\mathbf{X}_{N_{t,K}, K}(\mathbf{s})$.

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于:

在需要发射的信息符号的数量为 K' 的整数倍时, 所述需要发射的信息符号被均匀的划分为 K' 组;

在需要发射的信息符号的数量不为 K' 的整数倍时, 向所述需要发射的信息符号中添加零符号, 添加零符号之后的信息符号的数量为 K' 的整数倍, 添加了零符号之后的信息符号被均匀的划分为 K' 组。

6. 一种发射装置, 其特征在于, 所述装置包括:

获取模块, 用于获取需要发射的信息符号;

发射模块, 用于根据空时或空频码矩阵发射所述获取模块获取到的需要发射的信息符号; 所述空时或空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵, 所述至少两个子矩阵包括: 至少两个 Toeplitz 矩阵; 或者, 所述至少两个子矩阵包括: Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵; 所述各 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素, 在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时, 所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素;

其中, 所述空时或空频码矩阵是通过如下方式生成的:

将多个发射天线划分为 K 组;

将信息符号划分为 K' 组, 并针对每组信息符号均根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵, 每个 Toeplitz 矩阵均具有 n_k 列, 其中的 n_k 为第 k 组发射天线所包含的发射天线数量, k 的取值范围可以为从 1 到 K ;

针对每组信息符号构造的具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵表示为:

$$\mathbf{S}_{r,k}^{(i)} \text{ 和 } \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}, \text{ 且 } \mathbf{S}_{r,k}^{(i)} = T(\mathbf{s}_i, \mathbf{r}, n_k), \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{\mathbf{s}}_i, \mathbf{r}, n_k); \quad \text{公式(3)}$$

公式(3)中 : $r = L/K' + n_1 - 1, i = 1, 2, \dots, K', k = 1, 2, \dots, K, L$ 为信息符号的数量, \mathbf{s}_i 为第 i 组信息符号的符号向量, $\tilde{\mathbf{s}}_i$ 为符号向量 \mathbf{s}_i 逆序后得到的符号向量;

利用上述 $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)}$ 来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 矩阵中的信息符号向量 \mathbf{s}_i , 利用 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)*}$ 来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 中的信息符号向量 \mathbf{s}_i^* ; 其中 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)*}$ 表示 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵, 利用相应维度的零矩阵来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 矩阵中的零元素, 从而最

终得到的空时或空频码矩阵 $X(s)$ 表示为： $X_{N_t, K}(s)$ 。

7. 一种基站,其特征在于,所述基站包括:

获取模块,用于获取需要发射的信息符号;

发射模块,用于根据空时或空频码矩阵发射所述获取模块获取到的需要发射的信息符号;所述空时或空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵;或者,所述至少两个子矩阵包括:包括:Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵;所述各 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素;

其中,所述空时或空频码矩阵是通过如下方式生成的:

将多个发射天线划分为 K 组;

将信息符号划分为 K' 组,并针对每组信息符号均根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵,每个 Toeplitz 矩阵均具有 n_k 列,其中的 n_k 为第 k 组发射天线所包含的发射天线数量, k 的取值范围可以为从 1 到 K ;

针对每组信息符号构造的具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵表示为:

$$S_{r,k}^{(i)} \text{ 和 } \tilde{S}_{r,k}^{(i)}, \text{ 且 } S_{r,k}^{(i)} = T(s_i, r, n_k), \tilde{S}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{s}_i, r, n_k); \quad \text{公式 (3)}$$

公式(3)中: $r = L/K' + n_1 - 1, i = 1, 2, \dots, K', k = 1, 2, \dots, K, L$ 为信息符号的数量, s_i 为第 i 组信息符号的符号向量, \tilde{s}_i 为符号向量 s_i 逆序后得到的符号向量;

利用上述 $S_{r,k}^{(i)}$ 来替换正交空时分组码的 $O_{K',K}$ 矩阵中的信息符号向量 s_i ,利用 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)*}$ 来替换正交空时分组码的 $O_{K',K}$ 中的信息符号向量 s_i^* ,其中 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)*}$ 表示 $S_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵,利用相应维度的零矩阵来替换正交空时分组码的 $O_{K',K}$ 矩阵中的零元素,从而最终得到的空时或空频码矩阵 $X(s)$ 表示为： $X_{N_t, K}(s)$ 。

8. 一种移动终端,其特征在于,所述移动终端包括:

获取模块,用于获取需要发射的信息符号;

发射模块,用于根据空时或空频码矩阵发射所述获取模块获取到的需要发射的信息符号;所述空时或空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵;或者,所述至少两个子矩阵包括:Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵;所述 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素;

其中,所述空时或空频码矩阵是通过如下方式生成的:

将多个发射天线划分为 K 组;

将信息符号划分为 K' 组,并针对每组信息符号均根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵,每个 Toeplitz 矩阵均具有 n_k 列,其中的 n_k 为第 k 组发射天线所包含的发射天线数量, k 的取值范围可以为从 1 到 K ;

针对每组信息符号构造的具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵表示为：

$$\mathbf{S}_{r,k}^{(i)} \text{ 和 } \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}, \text{ 且 } \mathbf{S}_{r,k}^{(i)} = T(\mathbf{s}_i, r, n_k), \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{\mathbf{s}}_i, r, n_k); \quad \text{公式(3)}$$

公式(3)中： $r = L/K' + n_i - 1, i = 1, 2, \dots, K', k = 1, 2, \dots, K, L$ 为信息符号的数量， \mathbf{s}_i 为第 i 组信息符号的符号向量， $\tilde{\mathbf{s}}_i$ 为符号向量 \mathbf{s}_i 逆序后得到的符号向量；

利用上述 $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)}$ 来替换正交空时分组码 \mathbf{C} 的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 矩阵中的信息符号向量 \mathbf{s}_i ，利用 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)*}$ 来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 中的信息符号向量 \mathbf{s}_i^* ；其中 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)*}$ 表示 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵，利用相应维度的零矩阵来替换正交空时分组码的 $\mathbf{O}_{K',K}$ 矩阵中的零元素，从而最终得到的空时或空频码矩阵 $\mathbf{X}(\mathbf{s})$ 表示为： $\mathbf{X}_{N_t, N_r, K}(\mathbf{s})$ 。

空时 / 空频码构造方法、发射方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通讯技术领域,具体涉及空时 / 空频码构造方法、发射方法、发射装置、基站以及移动终端。

背景技术

[0002] 利用空时 / 空频码能够提高移动通讯系统中的频谱利用率。

[0003] 在空时 / 空频码技术中, Orthogonal Space-Time Block Coding(正交空时分组码, OSTBC)、Toeplitz 空时码、以及 Overlapped Alamouti codes(重叠 Alamouti 码, OACs)等不但能够使接收机较简单,而且能够使线性发射机在不需要知道信道信息的情况下获得分集增益。上述 OSTBC 包括基于发射分集的 STBC。

[0004] 发明人发现现有技术利用 Toeplitz 空时码、以及重叠 Alamouti 码等虽然能够实现在线性接收机条件下获得全分集,但是,针对 Toeplitz 空时码、以及重叠 Alamouti 码等的仿真结果证明:在相同频谱利用率的情况下,利用 Toeplitz 空时码、以及重叠 Alamouti 码等性能较差。

发明内容

[0005] 本发明实施方式提供空时 / 空频码构造方法、发射方法及装置,不但能够在线性接收机条件下获得全分集,而且,可在相同频谱利用率的情况下,改善误比特率,并取得较好的性能与码率的折衷。

[0006] 本发明实施方式提供的空时 / 空频码构造方法,包括:被划分为 K 组的至少两个发射天线,被划分为 K' 组的信息符号,所述方法包括步骤:

[0007] 针对所述每组信息符号根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵;

[0008] 将基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵中的各非零元素替换为所述 Toeplitz 矩阵,并在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,将所述零元素替换为相应维度的零矩阵。

[0009] 本发明实施方式还提供一种基于空时 / 空频码的发射方法,包括步骤:

[0010] 获取需要发射的信息符号;

[0011] 根据空时 / 空频码矩阵发射所述信息符号;

[0012] 所述空时 / 空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵,或者包括 Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵,所述各 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素。

[0013] 本发明实施方式还提供一种发射装置,所述装置包括:

[0014] 获取模块,用于获取需要发射的信息符号;

[0015] 发射模块,用于根据空时 / 空频码矩阵发射所述获取模块获取到的需要发射的信息符号;所述空时 / 空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵,或者包括:Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵,所述各 Toeplitz 矩

阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素。

[0016] 本发明实施方式还提供一种基站,所述基站包括:

[0017] 获取模块,用于获取需要发射的信息符号;

[0018] 发射模块,用于根据空时/空频码矩阵发射所述获取模块获取到的需要发射的信息符号;所述空时/空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵,或者包括:Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵,所述各 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素。

[0019] 本发明实施方式还提供一种移动终端,所述移动终端包括:

[0020] 获取模块,用于获取需要发射的信息符号;

[0021] 发射模块,用于根据空时/空频码矩阵发射所述获取模块获取到的需要发射的信息符号;所述空时/空频码矩阵可以被划分为至少两个子矩阵,所述至少两个子矩阵包括:至少两个 Toeplitz 矩阵,或者包括:Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵,所述 Toeplitz 矩阵分别对应于给定的正交空时分组码矩阵中的各非零元素,在所述正交空时分组码矩阵包括零元素时,所述零矩阵对应所述正交空时分组码矩阵中的零元素。

[0022] 通过上述技术方案的描述可知,本发明实施例针对各组信息符号均建立了 Toeplitz 矩阵,并将各 Toeplitz 矩阵作为正交空时分组码矩阵中的元素、利用建立正交空时分组码矩阵的过程构造出具有组正交特性的空时/空频码矩阵;利用本发明实施例的具有组正交特性的空时/空频码矩阵不但能够实现在线性接收机条件下获得全分集,而且通过仿真结果能够证明:在相同频谱利用率的情况下,相对于 Toeplitz 空时码、以及重叠 Alamouti 码等,本发明实施例构造的具有组正交特性的空时/空频码矩阵有效改善了误比特率,并能够取得较好的性能与码率的折衷。

附图说明

[0023] 图 1 是本发明实施方式的空时/空频码构造方法流程示意图;

[0024] 图 2 是本发明实施方式的仿真结果示意图一;

[0025] 图 3 是本发明实施方式的仿真结果示意图二;

[0026] 图 4 是本发明实施方式的发射装置示意图;

[0027] 图 5 是本发明实施方式的基站示意图;

[0028] 图 6 是本发明实施方式的移动终端示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图 1 对本发明空时/空频码构造方法的一个具体实施例进行说明。

[0030] 在图 1 中,步骤 1、将多个发射天线划分为 K 组。这里的多个发射天线可以是发射装置的所有发射天线,也可以是发射装置的部分发射天线。

[0031] 在将多个发射天线划分为 K 组过程中,可以尽可能的均匀划分,即可以根据组间发射天线数量差异最小原则将多个发射天线划分为 K 组。当然,上述组间发射天线数量差异最小原则也可为组间发射天线数量差异较小原则。

[0032] 将多个发射天线划分为 K 组的一个具体的例子为：

[0033] 发射天线的数量为 N_t ，将 N_t 个发射天线划分为 K 组可表示为：

$$[0034] \quad \mathcal{N}_{N_t, K} \triangleq \left\{ \mathcal{N}_{N_t, K} = (n_1, n_2, \dots, n_K) \mid n_k \in \mathbb{Z}^+, n_1 \geq n_2 \geq \dots \geq n_K, \sum_{k=1}^K n_k = N_t \right\} \quad \text{公式 (1)}$$

[0035] 上述公式 (1) 可以记作： $\mathcal{N}_{N_t, K} = (n_1, n_2, \dots, n_K)$ 。上述公式 (1) 明确表示出应将 N_t 个发射天线尽可能的均匀划分为 K 组。尽可能的均匀划分即：如果 N_t 是 K 的整数倍，则每组发射天线的数量应相同；如果 N_t 不是 K 的整数倍，则在将发射天线分组时可以使各组发射天线的个数差异尽可能的小。

[0036] 步骤 2、将预定个数的信息符号划分为 K' 组，并针对每组信息符号均根据发射天线组中发射天线数量构造 Toeplitz 矩阵。例如，本步骤构造的每个 Toeplitz 矩阵均具有 n_k 列或 n_k 行，其中的 n_k 为第 k 组发射天线所包含的发射天线数量，k 的取值范围可以为从 1 到 K。

[0037] 本步骤中的 K' 可以与 K 取值相同，也可以与 K 取值不相同。

[0038] 本步骤涉及 Toeplitz 矩阵，该 Toeplitz 矩阵的一个具体例子为：

[0039] 对于长度为 p 的非零向量 $V = [v_1, v_2, \dots, v_p]^T$ ，Toeplitz 矩阵为 $r \times l$ 的矩阵 $T(v, r, l)$ ：

[0040]

$$T(v, r, l) \triangleq \begin{bmatrix} v_1 & v_2 & \dots & v_p & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & v_1 & \dots & v_{p-1} & v_p & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & v_1 & v_2 & \dots & v_p \end{bmatrix}^T$$

[0041] 其中： $r = p+1-1$ ， $[v_1, v_2, \dots, v_p]^T$ 表示信息符号的向量。

[0042] 步骤 2 的一个具体实现例子为：

[0043] 将 L 个信息符号均匀地分割成 K' 组，如果 L 是 K' 的整数倍，则每组包括 L/K' 个信息符号；如果 L 不是 K' 的整数倍，则可以在 L 个信息符号中增加一定数量的零符号，以使 L 与增加的零符号的数量之和为 K' 的整数倍。上述零符号可以增加在原信息符号的尾部。

[0044] 需要说明的是，在原信息符号中增加零符号的情况下，可以将 L 的取值调整为原信息符号的数量与增加的零符号的数量之和，即 L 的取值为增加了零符号之后的信息符号的数量。当然，本发明实施例也可以采用组间信息符号数量差异最小原则对信息符号进行分组。不失一般性，假定下述公式中的 L 为 K' 的整数倍。

[0045] K' 组信息符号可以表示为如下形式：

$$[0046] \quad \mathbf{s}_i \triangleq [s_{(i-1)L/K'+1}, s_{(i-1)L/K'+2}, \dots, s_{iL/K'}]^T, i = 1, 2, \dots, K' \quad \text{公式 (2)}$$

[0047] 针对每组信息符号构造的具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵可以表示为：

$$[0048] \quad \mathbf{S}_{r,k}^{(i)} \text{ 和 } \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}, \text{ 且 } \mathbf{S}_{r,k}^{(i)} = T(\mathbf{s}_i, r, n_k), \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{\mathbf{s}}_i, r, n_k); \quad \text{公式 (3)}$$

[0049] 公式 (3) 中： $r = L/K' + n_1 - 1$ ， $i = 1, 2, \dots, K'$ ， $k = 1, 2, \dots, K$ ，L 为信息符号的数量， \mathbf{s}_i 为第 i 组信息符号的符号向量， $\tilde{\mathbf{s}}_i$ 为符号向量 \mathbf{s}_i 逆序后得到的符号向量。

[0050] 由于具有 n_k 行的 Toeplitz 矩阵可以通过具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵变换获得，因此，这里不再对具有 n_k 行的 Toeplitz 矩阵进行详细说明。

[0051] 步骤3、将上述各 Toeplitz 矩阵作为正交空时分组码矩阵中的相应元素,并在正交空时分组码矩阵中包括零元素的情况下,用相应维度的零矩阵作为正交空时分组码矩阵中的零元素,得到本发明实施例的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 。也就是说,在正交空时分组码矩阵包括零元素的情况下,应利用各 Toeplitz 矩阵和至少一个相应维度的零矩阵构造本发明实施例的空时/空频码矩阵 $X(s)$,其中零矩阵的数量取决于正交空时分组码矩阵中零元素的数量;在正交空时分组码矩阵不包括零元素的情况下,应利用各 Toeplitz 矩阵构造本发明实施例的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 。

[0052] 所谓的相应维度的零矩阵即与左/右相邻的 Toeplitz 矩阵具有相同行数、与上/下相邻的 Toeplitz 矩阵具有相同列数的零矩阵。

[0053] 由于 Toeplitz 矩阵作为正交空时分组码矩阵中的元素,因此,本发明实施例中的各 Toeplitz 矩阵可以称为元素子矩阵。

[0054] 构造本发明实施例的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 的一个例子为:将上述各 Toeplitz 矩阵作为 OSTBC 的 $O_{K',K}$ 矩阵中的元素,将上述各零矩阵作为 OSTBC 的 $O_{K',K}$ 矩阵中的零元素,从而得到本发明实施例的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 。

[0055] 构造本发明实施例的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 的一个例子的具体实现过程为:利用上述 $S_{r,k}^{(i)}$ 来替换 OSTBC 的 $O_{K',K}$ 矩阵中的信息符号向量 s_i ,利用 $\tilde{S}_{r,k}^{(i)}$ 来替换 OSTBC 的 $O_{K',K}$ 中的信息符号向量 s_i^* ($\tilde{S}_{r,k}^{(i)}$ 表示 $S_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵),利用相应维度的零矩阵来替换 OSTBC 的 $O_{K',K}$ 矩阵中的零元素,从而最终得到的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 可以表示为 $X_{N_t, N_r, K}(s)$ 。在 $K=3$ 、且 $K'=3$ 的情况下,最终构造出的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 的一个具体的例子为:

[0056]

$$X_{N_t, N_r, 3}(s) = \begin{bmatrix} S_{r,1}^{(1)} & S_{r,2}^{(2)} & S_{r,3}^{(3)} \\ -\tilde{S}_{r,1}^{(2)*} & \tilde{S}_{r,2}^{(1)*} & 0 \\ \tilde{S}_{r,1}^{(3)*} & 0 & -\tilde{S}_{r,3}^{(1)*} \\ 0 & -\tilde{S}_{r,2}^{(3)*} & \tilde{S}_{r,3}^{(2)*} \end{bmatrix};$$

[0057] 其中, N_t 为发射天线数, $N_{N_r, 3} = (n_1, n_2, n_3)$ 。

[0058] 在本步骤中需要说明的是,本发明实施例是利用了现有正交空时分组码矩阵来构造空时/空频码矩阵 $X(s)$,正交空时分组码矩阵有多种形式,例如,

[0059] $O_{2,2} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{bmatrix}$, $O_{3,3} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* \\ 0 & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix}$, $O_{3,4} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & 0 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 & s_3 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* & s_2 \\ 0 & -s_3^* & s_2^* & s_1 \end{bmatrix}$ 等等。

[0060] 上述 $O_{3,3} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* \\ 0 & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix}$ 中的列对应发射天线,行对应时间或频率。

[0061] 另外,在有些文献中,正交空时分组码矩阵没有采用 $O_{K',K}$ 的表示方式来表示,例

如,有些文献中记载的正交空时分组码矩阵为:

$$[0062] \quad X_3^c = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2 & -x_3 & -x_4 & x_1^* & -x_2^* & -x_3^* & -x_4^* \\ x_2 & x_1 & x_4 & -x_3 & x_2^* & x_1^* & x_4^* & -x_3^* \\ x_3 & -x_4 & x_1 & x_2 & x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \end{bmatrix}^T$$

$$X_4^c = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2 & -x_3 & -x_4 & x_1^* & -x_2^* & -x_3^* & -x_4^* \\ x_2 & x_1 & x_4 & -x_3 & x_2^* & x_1^* & x_4^* & -x_3^* \\ x_3 & -x_4 & x_1 & x_2 & x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & x_3 & -x_2 & x_1 & x_4^* & x_3^* & -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}^T$$

$$[0063] \quad X_3^d = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2 & \frac{x_3^*}{\sqrt{2}} & \frac{x_3^*}{\sqrt{2}} \\ x_2 & x_1 & \frac{x_3^*}{\sqrt{2}} & \frac{-x_3^*}{\sqrt{2}} \\ \frac{x_3}{\sqrt{2}} & \frac{x_3}{\sqrt{2}} & \frac{(-x_1 - x_1^* + x_2 - x_2^*)}{2} & \frac{(x_2 + x_2^* + x_1 - x_1^*)}{2} \end{bmatrix}^T$$

$$[0064] \quad X_4^d = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2 & \frac{x_3^*}{\sqrt{2}} & \frac{x_3^*}{\sqrt{2}} \\ x_2 & x_1 & \frac{x_3^*}{\sqrt{2}} & \frac{-x_3^*}{\sqrt{2}} \\ \frac{x_3}{\sqrt{2}} & \frac{x_3}{\sqrt{2}} & \frac{(-x_1 - x_1^* + x_2 - x_2^*)}{2} & \frac{(x_2 + x_2^* + x_1 - x_1^*)}{2} \\ \frac{x_3}{\sqrt{2}} & \frac{-x_3}{\sqrt{2}} & \frac{(-x_2 - x_2^* + x_1 - x_1^*)}{2} & \frac{-(x_1 + x_1^* + x_2 - x_2^*)}{2} \end{bmatrix}^T \quad \text{以及}$$

$$[0065] \quad X_3^{d'} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2^* & x_3^* & 0 \\ -x_2 & x_1^* & 0 & -x_3^* \\ -x_3 & 0 & x_1^* & x_2^* \end{bmatrix}^T \quad \text{等等。}$$

[0066] 需要特别说明的是,所有的正交空时分组码矩阵均可以采用 $O_{K',K}$ 形式表示出来,

例如, $X_3^c = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2 & -x_3 & -x_4 & x_1^* & -x_2^* & -x_3^* & -x_4^* \\ x_2 & x_1 & x_4 & -x_3 & x_2^* & x_1^* & x_4^* & -x_3^* \\ x_3 & -x_4 & x_1 & x_2 & x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \end{bmatrix}^T$ 可以表示为 $O_{4,3}$ (其中的 4 表示 K' 的取值, 3

表示 K 的取值)。也就是说,在本发明实施例中,可以分别利用各种不同的正交空时分组码矩阵来构造具有组正交特性的空时/空频码矩阵 $X(s)$ 。

[0067] 下面以 $K = 3$ 、 $K' = 3$ 、发射天线数量 $N_t = 6$ 、以及需要发射的信息符号数量 $L = 6$ 为例,对本发明实施例的空时/空频码构造方法进行说明。

[0068] 将 6 个发射天线分为 3 组,每组均具有 2 个发射天线,即每组均具有 2 个元素;6 个独立的信息符号为: $s = [s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6]^T$, 这 6 个信息符号分为 3 组,每组信息符号的符号向量分别为: $s_1 = [s_1, s_2]^T$ 、 $s_2 = [s_3, s_4]^T$ 、以及 $s_3 = [s_5, s_6]^T$ 。由上述 s_1 、 s_2 、以及 s_3 可得: $\tilde{s}_1 = [s_2, s_1]^T$ 、 $\tilde{s}_2 = [s_4, s_3]^T$ 、以及 $\tilde{s}_3 = [s_6, s_5]^T$ 。由于 $r = L/K' + n_1 - 1$, 因此, $r = 3$ 。

[0069] 针对每组信息符号构造出的 Toeplitz 矩阵分别为:

$$[0070] \quad S_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ s_2 & s_1 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix}, S_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_3 & 0 \\ s_4 & s_3 \\ 0 & s_4 \end{bmatrix}, S_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_5 & 0 \\ s_6 & s_5 \\ 0 & s_6 \end{bmatrix}.$$

[0071] 根据 $\mathbf{S}_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ s_2 & s_1 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix}$, $\mathbf{S}_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_3 & 0 \\ s_4 & s_3 \\ 0 & s_4 \end{bmatrix}$, $\mathbf{S}_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_5 & 0 \\ s_6 & s_5 \\ 0 & s_6 \end{bmatrix}$ 可获得:

$$[0072] \quad \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_2 & 0 \\ s_1 & s_2 \\ 0 & s_1 \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_4 & 0 \\ s_3 & s_4 \\ 0 & s_3 \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_6 & 0 \\ s_5 & s_6 \\ 0 & s_5 \end{bmatrix}.$$

[0073] 从而根据 $\mathbf{S}_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ s_2 & s_1 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix}$, $\mathbf{S}_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_3 & 0 \\ s_4 & s_3 \\ 0 & s_4 \end{bmatrix}$, $\mathbf{S}_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_5 & 0 \\ s_6 & s_5 \\ 0 & s_6 \end{bmatrix}$ 和

$$[0074] \quad \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_2 & 0 \\ s_1 & s_2 \\ 0 & s_1 \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_4 & 0 \\ s_3 & s_4 \\ 0 & s_3 \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_6 & 0 \\ s_5 & s_6 \\ 0 & s_5 \end{bmatrix}, \text{ 利用 } \mathcal{O}_{3,3} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* \\ 0 & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix}$$

[0075] 构造出的空时 / 空频码矩阵 $\mathbf{X}_{N_t, N_r, 3}(\mathbf{s})$ (s) 为:

$$[0076] \quad \begin{bmatrix} s_1 & 0 & s_3 & 0 & s_5 & 0 \\ s_2 & s_1 & s_4 & s_3 & s_6 & s_5 \\ 0 & s_2 & 0 & s_4 & 0 & s_6 \\ -s_4^* & 0 & s_2^* & 0 & 0 & 0 \\ -s_3^* & -s_4^* & s_1^* & s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & -s_3^* & 0 & s_1^* & 0 & 0 \\ s_6^* & 0 & 0 & 0 & -s_2^* & 0 \\ s_5^* & s_6^* & 0 & 0 & -s_1^* & -s_2^* \\ 0 & s_5^* & 0 & 0 & 0 & -s_1^* \\ 0 & 0 & -s_6^* & 0 & s_4^* & 0 \\ 0 & 0 & -s_5^* & -s_6^* & s_3^* & s_4^* \\ 0 & 0 & 0 & -s_5^* & 0 & s_3^* \end{bmatrix}.$$

[0077] 需要说明的是,上述举例说明的空时 / 空频码矩阵 $\mathbf{X}(\mathbf{s})$ 是以具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵为例进行说明的,对于具有 n_k 行的 Toeplitz 矩阵,可以对上述空时 / 空频码矩阵 $\mathbf{X}(\mathbf{s})$ 进行变换获得,因此,这里不再对与具有 n_k 行的 Toeplitz 矩阵对应的空时 / 空频码矩阵 $\mathbf{X}(\mathbf{s})$ 进行详细说明。

[0078] 附图 2 和附图 3 表示出针对重叠 Alamouti 码、Toeplitz 空时码和本发明实施例的空时码的误比特率仿真结果。

[0079] 在发射天线数量为 5、且频谱效率(即频谱利用率)为 2.75bps/Hz 的情况下,针对重叠 Alamouti 码、Toeplitz 空时码和本发明实施例的空时码的误比特率仿真结果如附图 2 所示。

[0080] 图 2 中,水平轴表示 SNR(信噪比),垂直轴表示误比特率;带圆圈的虚线代表 $L = 44$ 、码率 $R = 11/12$ 、8QAM(正交幅度调制)、且采用 ZF 接收机情况下的 Toeplitz 空时码的误比特率曲线;带圆圈的实线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、线性 MMSE 接收机情况下的 Toeplitz 空时码的误比特率曲线;带方块的虚线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、且采用 ZF 接收机情况下的重叠 Alamouti 码的误比特率曲线;带方块的实线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、线性 MMSE 接收机情况下的重叠 Alamouti 码的误比特率曲线;带五角星的虚线代表 $L = 33$ 、 $R = 11/16$ 、8QAM、且采用 ZF 接收机情况下的本发明实施例的空时 / 空频码的误比特率曲线;带五角星的实线代表 $L = 33$ 、 $R = 11/16$ 、8QAM、线性 MMSE 接收机情况下的本发明

实施例的空时 / 空频码的误比特率曲线。

[0081] 从图 2 示出的 6 条曲线可明显得出 : 在发射天线数量为 5、且频谱效率为 2.75bps/Hz 的情况下, 本发明实施例的空时 / 空频码的误比特率低于重叠 Alamouti 码和 Toeplitz 空时码的误比特率。

[0082] 在发射天线数量为 6、且频谱效率为 2.75bps/Hz 的情况下, 针对重叠 Alamouti 码、Toeplitz 空时码和本发明实施例的空时 / 空频码的误比特率仿真结果如图 3 所示。

[0083] 图 3 中, 水平轴表示 SNR, 垂直轴表示误比特率 ; 带圆圈的虚线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、且采用 ZF 接收机情况下的 Toeplitz 空时码的误比特率曲线 ; 带圆圈的实线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、且采用线性 MMSE 接收机情况下的 Toeplitz 空时码的误比特率曲线 ; 带方块的虚线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、且采用 ZF 接收机情况下的重叠 Alamouti 码的误比特率曲线 ; 带方块的实线代表 $L = 44$ 、 $R = 11/12$ 、8QAM、且采用线性 MMSE 接收机情况下的重叠 Alamouti 码的误比特率曲线 ; 带五角星的虚线代表 $L = 33$ 、 $R = 11/16$ 、16QAM、且采用 ZF 接收机情况下的本发明实施例的空时 / 空频码的误比特率曲线 ; 带五角星的实线代表 $L = 33$ 、 $R = 11/16$ 、16QAM、且采用线性 MMSE 接收机情况下的本发明实施例的空时 / 空频码的误比特率曲线。

[0084] 从图 3 示出的 6 条曲线可明显得出 : 在发射天线数量为 6、且频谱效率为 2.75bps/Hz 的情况下, 本发明实施例的空时码的误比特率低于重叠 Alamouti 码和 Toeplitz 空时码的误比特率。

[0085] 上述仿真结果明确表示出 : 在发射天线数量大于 4 的情况下, 利用本发明实施例构造出的空时 / 空频码矩阵能够改善误比特率。

[0086] 由于 K' 值的增大会增加等效信道矩阵的正交性, 从而减少干扰, 因此, 性能会随之增强 ; 但是, K' 值的增大会导致 K 值的增大, 从而导致码率随之降低 ; 另一方面, 当 K 值减小时, 等效信道矩阵的正交性会随之减小, 从而增加了干扰, 因此, 性能会随之降低, 但是码率会随之增加 ; 由此可知, 选择合适的 K 和 K' , 能够实现码率和性能的较好折衷。上述仿真结果证明 : 在 $K = 3$ 的情况下, 利用本发明实施例构造出的空时 / 空频码矩阵能够取得较好的码率与性能的折衷。

[0087] 在成功构造出本发明实施例的具有组正交特性的空时 / 空频码矩阵 $X(s)$ 后, 发射装置基于该空时 / 空频码矩阵 $X(s)$ 进行后续的发射处理操作。发射装置可以采用现有的多种发射处理操作、在上述空时 / 空频码矩阵 $X(s)$ 的基础上实现信息符号的发射, 发射处理操作的具体实现过程在此不再一一详细说明。

[0088] 在本发明实施例中, 接收信号可以表示为 :

$$[0089] \quad Y = \sqrt{\frac{\text{SNR}}{N_t}} X(s)H + W \quad \text{公式 (4)}$$

[0090] 在公式 (4) 中, $X(s)$ 是发射装置采用的空时 / 空频码矩阵, 且 $X(s)$ 是 $T \times N_t$ 的复矩阵 ; Y 是接收信号矩阵, 且 Y 是 $T \times N_r$ 的复矩阵 ; SNR 为信噪比。

[0091] 上述公式 (4) 可以变更为等效信道模型的形式, 即变更为 :

$$[0092] \quad y = \sqrt{\frac{\text{SNR}}{N_t}} Hs + w \quad \text{公式 (5)}$$

[0093] 在公式 (5) 中, s 是 L 维的发射符号向量, H 为相应的等效信道, 且 H 为 $T N_r \times L$ 的

复矩阵； y 为 TN_r 维的接收信号向量；SNR 为信噪比。

[0094] 本发明实施例中的空时 / 空频码的等效信道矩阵具有组正交特性。

[0095] 采用 ZF 接收机进行信号检测的一个具体的例子为：针对第 i 组信息符号 s_i ，ZF 接收机可以采用下述公式 (6) 进行信号检测：

$$[0096] \quad \hat{s}_i = Q \left\{ (\mathcal{H}_i^H \mathcal{H}_i)^{-1} \mathcal{H}_i^H y \right\} \quad \text{公式 (6)}$$

[0097] 公式 (6) 中， \mathcal{H}_i 是等效信道矩阵和第 i 组信息符号 s_i 的相应列所组成的元素子矩阵。

[0098] 下面对本发明实施例的发射方法进行说明。

[0099] 步骤 1、获取需要发射的 L 个信息符号。

[0100] 如果获取到的 L 个信息符号是 K' 的整数倍，则将 L 个信息符号均匀地分割成 K' 组，每组包括 L/K' 个信息符号；如果获取到的 L 个信息符号不是 K' 的整数倍，则在 L 个信息符号中增加一定数量的零符号，以使 L 与增加的零符号的数量之和为 K' 的整数倍。上述零符号可以增加在需要发射的信息符号的尾部。

[0101] 步骤 2、根据本发明实施例的空时 / 空频码矩阵发射上述获取到的信息符号。

[0102] 例如，在 6 个发射天线被分为 3 组、每组均具有 2 个发射天线，获取到的 6 个独立的信息符号为 $[s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6]^T$ ，且这 6 个信息符号被分为 3 组，每组信息符号的符号向量分别为： $s_1 = [s_1, s_2]^T$ 、 $s_2 = [s_3, s_4]^T$ 、以及 $s_3 = [s_5, s_6]^T$ 的情况下，根据如下矩阵发射上述获取到的 6 个信息符号：

$$[0103] \quad \begin{bmatrix} s_1 & 0 & s_3 & 0 & s_5 & 0 \\ s_2 & s_1 & s_4 & s_3 & s_6 & s_5 \\ 0 & s_2 & 0 & s_4 & 0 & s_6 \\ -s_4^* & 0 & s_2^* & 0 & 0 & 0 \\ -s_3^* & -s_4^* & s_1^* & s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & -s_3^* & 0 & s_1^* & 0 & 0 \\ s_6^* & 0 & 0 & 0 & -s_2^* & 0 \\ s_5^* & s_6^* & 0 & 0 & -s_1^* & -s_2^* \\ 0 & s_5^* & 0 & 0 & 0 & -s_1^* \\ 0 & 0 & -s_6^* & 0 & s_4^* & 0 \\ 0 & 0 & -s_5^* & -s_6^* & s_3^* & s_4^* \\ 0 & 0 & 0 & -s_5^* & 0 & s_3^* \end{bmatrix} .$$

[0104] 上述本发明实施例的空时 / 空频码矩阵是和 $\mathcal{O}_{3,3} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* \\ 0 & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix}$ 存在对应关

系的，两者之间的对应关系为：上述本发明实施例的矩阵可以被划分为 9 个子矩阵（即包括了 9 个子矩阵），这 9 个子矩阵中包括有 6 个 Toeplitz 矩阵和 3 个相应维度的零矩阵，上述 6 个 Toeplitz 矩阵分别为：

$$[0105] \quad \mathbf{S}_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ s_2 & s_1 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix}, \mathbf{S}_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_3 & 0 \\ s_4 & s_3 \\ 0 & s_4 \end{bmatrix}, \mathbf{S}_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_5 & 0 \\ s_6 & s_5 \\ 0 & s_6 \end{bmatrix}$$

$$[0106] \quad \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(1)} = \begin{bmatrix} s_2 & 0 \\ s_1 & s_2 \\ 0 & s_1 \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(2)} = \begin{bmatrix} s_4 & 0 \\ s_3 & s_4 \\ 0 & s_3 \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(3)} = \begin{bmatrix} s_6 & 0 \\ s_5 & s_6 \\ 0 & s_5 \end{bmatrix} .$$

[0107] 上述 6 个 Toeplitz 矩阵分别对应 $\mathbf{O}_{3,3} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* \\ 0 & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix}$ 中相应的元素, 3 个零矩阵分别对应 $\mathbf{O}_{3,3} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2^* & s_1^* & 0 \\ s_3^* & 0 & -s_1^* \\ 0 & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix}$ 中的零元素。

[0108] 由此可知, 本发明实施例发射信息符号采用的空时 / 空频码矩阵具有的特征的一个具体的例子为:

[0109] 本发明实施例的空时 / 空频码矩阵包括有多个子矩阵 (即可以被划分为多个子矩阵), 这多个子矩阵中包括多个 Toeplitz 矩阵和多个零矩阵, 上述多个 Toeplitz 矩阵和多个零矩阵与正交空时分组码矩阵中的各元素存在一一对应的关系, 各个 Toeplitz 矩阵与正交空时分组码矩阵中的各非零元素存在一一对应的关系, 各个零矩阵与正交空时分组码矩阵中的各零元素存在一一对应的关系。所述正交空时分组码矩阵为基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵, K 为多个发射天线被划分的组数, K' 为所述信息符号被划分的组数。上述多个 Toeplitz 矩阵均是根据发射天线组中发射天线数量构造的。需要特别说明的是, 本发明实施例的空时 / 空频码矩阵被划分出的子矩阵中可以不包括零矩阵, 即在正交空时分组码矩阵中不包括零元素的情况下, 本发明实施例的空时 / 空频码矩阵被划分出的子矩阵中不包括零矩阵。

[0110] 设定 Toeplitz 矩阵的列数与发射天线组中发射天线数量对应, 则具有 n_k 列的 Toeplitz 矩阵可以表示为: $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)}$ 和 $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}$, 且 $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)} = T(s_i, r, n_k)$, $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)} = T(\tilde{s}_i, r, n_k)$; 其中: $r = L/K' + n_1 - 1$, $i = 1, 2, \dots, K'$, $k = 1, 2, \dots, K$, L 为信息符号的数量, s_i 为第 i 组信息符号的符号向量, \tilde{s}_i 为符号向量 s_i 逆序后得到的符号向量; 上述 $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)}$ 对应 OSTBC 的 $\mathbf{O}_{K', K}$ 矩阵中的信息符号向量 s_i , $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}$ 对应 OSTBC 的 $\mathbf{O}_{K', K}$ 矩阵中的信息符号向量 s_i^* , $\tilde{\mathbf{S}}_{r,k}^{(i)}$ 表示 $\mathbf{S}_{r,k}^{(i)}$ 的每个元素取复共轭所得的矩阵。在 OSTBC 的 $\mathbf{O}_{K', K}$ 矩阵包括零元素的情况下, 相应维度的零矩阵对应 OSTBC 的 $\mathbf{O}_{K', K}$ 矩阵中的零元素。

[0111] 利用本发明实施例的空时 / 空频码, 可以采用现有的多种发射处理操作实现信息符号的发射, 在此不再一一详细说明。

[0112] 从上述各实施例的描述可知: 利用本发明实施例构造的具有组正交特性的空时 / 空频码矩阵不但能够实现在线性接收机条件下获得全分集; 而且通过仿真结果能够证明: 在发射天线数量大于 4、且在相同频谱利用率的情况下, 相对于 Toeplitz 空时码、以及重叠 Alamouti 码等, 本发明实施例构造的具有组正交特性的空时 / 空频码有效改善了误比特率。另外, 本发明实施例中的空时 / 空频码的等效信道矩阵也具有组正交特性, 等效信道矩阵的组正交特性可以使译码复杂度从 $O(L^3)$ 降低到 $O(K' (L/K')^3)$, 从而大大降低了译码复杂度, 最终在性能和码率之间获得较好的折衷。

[0113] 通过以上的实施方式的描述, 本领域的技术人员可以清楚地了解到本发明可借助软件加必需的硬件平台的方式来实现, 当然也可以全部通过硬件来实现, 但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解, 本发明的技术方案对背景技术做出贡献的全部或者部分可以以软件产品的形式体现出来, 该计算机软件产品可以存储在存储介质中, 如

ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0114] 下面结合附图 4 对本发明实施例的发射装置进行说明。

[0115] 图 4 中的发射装置包括:获取模块 400 和发射模块 410。

[0116] 获取模块 400 获取需要发射的信息符号。获取模块 400 应获取预定个数 L 的信息符号,在获取到的信息符号不为 K' 的整数倍时,获取模块 400 应在信息符号后面添加零符号,使获取到的信息符号和零符号的总数量为 K' 的整数倍,即 L 应该为 K' 的整数倍。

[0117] 发射模块 410 根据空时/空频码矩阵对获取模块 400 获取到的需要发射的信息符号进行发射处理。发射模块 410 采用的空时/空频码矩阵应具有如下特点:包括有多个子矩阵(即可以被划分为多个子矩阵),多个子矩阵中包括多个 Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵,上述多个子矩阵中也可以不包括零矩阵。上述多个子矩阵与正交空时分组码矩阵中的各元素存在一一对应的关系,上述一一对应的关系可以为:各个 Toeplitz 矩阵与正交空时分组码矩阵中的各非零元素存在一一对应的关系,在正交空时分组码矩阵中包括零元素时,各个零矩阵与正交空时分组码矩阵中的各零元素存在一一对应的关系,其中零矩阵的数量与零元素的数量相同。上述正交空时分组码矩阵为基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵, K 为多个发射天线被划分的组数, K' 为所述信息符号被划分的组数。上述多个 Toeplitz 矩阵均是根据发射天线组中发射天线数量构造的。发射模块 410 采用的空时/空频码矩阵应具有的具体特点如上述方法实施例中的描述,在此不再重复说明。

[0118] 下面结合附图 5 对本发明实施例的基站进行说明。

[0119] 图 5 中的基站包括:获取模块 500 和发射模块 510。

[0120] 获取模块 500 获取需要发射的信息符号。获取模块 500 应获取预定个数 L 的信息符号,在获取到的信息符号不为 K' 的整数倍时,获取模块 500 应在信息符号后面添加零符号,使获取到的信息符号和零符号的总数量为 K' 的整数倍,即 L 应该为 K' 的整数倍。

[0121] 发射模块 510 根据空时/空频码矩阵对获取模块 500 获取到的需要发射的信息符号进行发射处理。发射模块 510 采用的空时/空频码矩阵应具有如下特点:包括有多个子矩阵(即可以被划分为多个子矩阵),多个子矩阵中包括多个 Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵,上述多个子矩阵中也可以不包括零矩阵。上述多个子矩阵与正交空时分组码矩阵中的各元素存在一一对应的关系,上述一一对应的关系可以为:各个 Toeplitz 矩阵与正交空时分组码矩阵中的各非零元素存在一一对应的关系,在正交空时分组码矩阵中包括零元素时,各个零矩阵与正交空时分组码矩阵中的各零元素存在一一对应的关系,其中零矩阵的数量与零元素的数量相同。上述正交空时分组码矩阵为基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵, K 为多个发射天线被划分的组数, K' 为所述信息符号被划分的组数。上述多个 Toeplitz 矩阵均是根据发射天线组中发射天线数量构造的。发射模块 410 采用的空时/空频码矩阵应具有的具体特点如上述方法实施例中的描述,在此不再重复说明。

[0122] 下面结合附图 6 对本发明实施例的移动终端进行说明。

[0123] 图 6 中的移动终端包括:获取模块 600 和发射模块 610。

[0124] 获取模块 600 获取需要发射的信息符号。获取模块 600 应获取预定个数 L 的信息符号,在获取到的信息符号不为 K' 的整数倍时,获取模块 600 应在信息符号后面添加零符号,使获取到的信息符号和零符号的总数量为 K' 的整数倍,即 L 应该为 K' 的整数倍。

[0125] 发射模块 610 根据空时 / 空频码矩阵对获取模块 600 获取到的需要发射的信息符号进行发射处理。发射模块 610 采用的空时 / 空频码矩阵应具有如下特点：包括有多个子矩阵（即可以被划分为多个子矩阵），多个子矩阵中包括多个 Toeplitz 矩阵和至少一个零矩阵，上述多个子矩阵中也可以不包括零矩阵。上述多个子矩阵与正交空时分组码矩阵中的各元素存在一一对应的关系，上述一一对应的关系可以为：各个 Toeplitz 矩阵与正交空时分组码矩阵中的各非零元素存在一一对应的关系，在正交空时分组码矩阵中包括零元素时，各个零矩阵与正交空时分组码矩阵中的各零元素存在一一对应的关系，其中零矩阵的数量与零元素的数量相同。上述正交空时分组码矩阵为基于 K 和 K' 的正交空时分组码矩阵， K 为多个发射天线被划分的组数， K' 为所述信息符号被划分的组数。上述多个 Toeplitz 矩阵均是根据发射天线组中发射天线数量构造的。发射模块 410 采用的空时 / 空频码矩阵应具有的具体特点如上述方法实施例中的描述，在此不再重复说明。

[0126] 虽然通过实施例描绘了本发明，本领域普通技术人员知道，本发明有许多变形和变化而不脱离本发明的精神，本发明的申请文件的权利要求包括这些变形和变化。

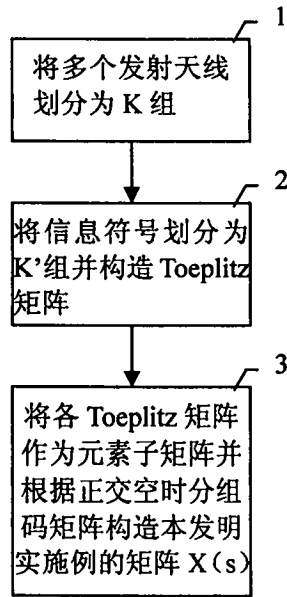


图 1

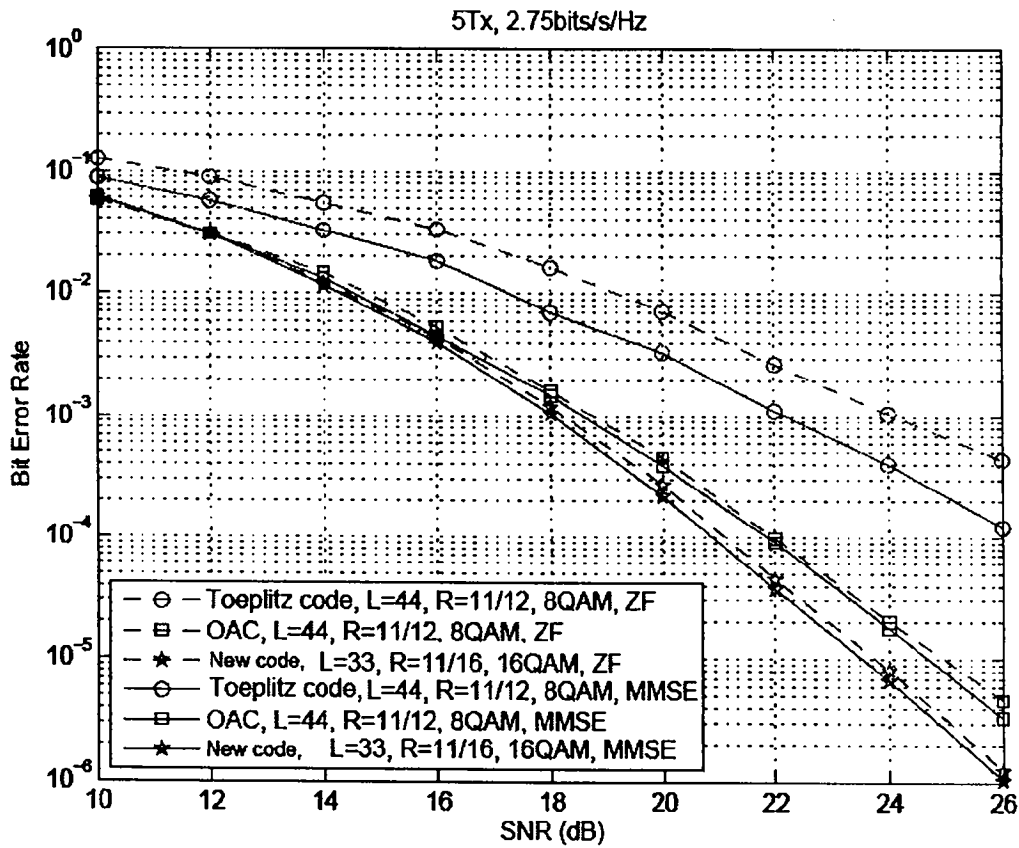


图 2

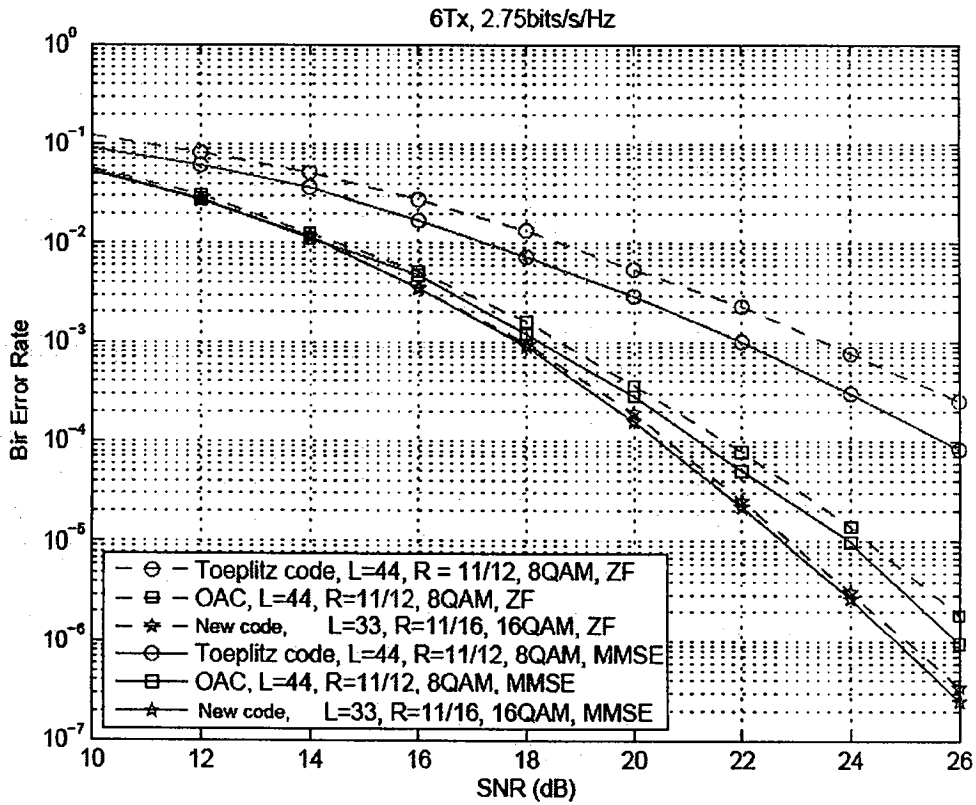


图 3

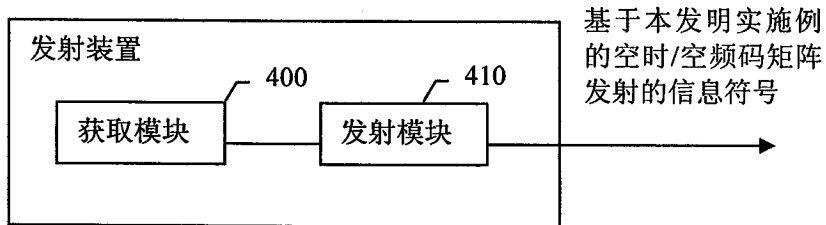


图 4

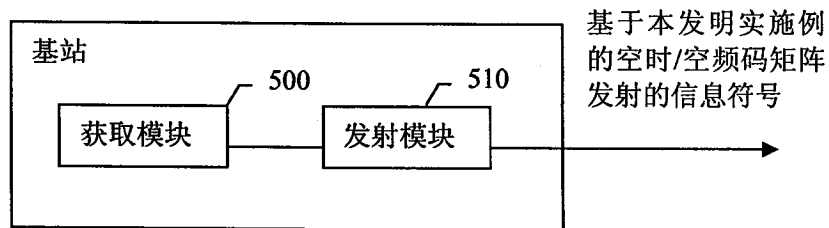


图 5

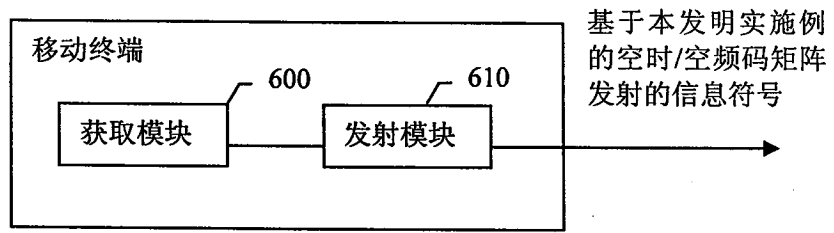


图 6