

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2012 年 10 月 26 日 (26.10.2012) WIPO | PCT



(10) 国际公布号
WO 2012/142912 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/073431
- (22) 国际申请日: 2012 年 3 月 31 日 (31.03.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110097213.7 2011 年 4 月 18 日 (18.04.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 电信科学技术研究院 (CHINA ACADEMY OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 张然然 (ZHANG, Ran-ran) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。高秋彬 (GAO, Qiubin) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing

100191 (CN)。苏昕 (SU, Xin) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。荆梅芳 (JING, Meifang) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。骆纯 (LUO, Chun) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。拉·盖施 (RA, Kesh) [NP/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。

(74) 代理人: 北京鑫媛睿博知识产权代理有限公司 (BEIJING XINYUAN RAINBOW INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市宣武区白广路枣林前街 37 号北京裕隆苑写字楼 107 室, Beijing 100053 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR GENERATING CODEBOOK, TRANSMITTING INFORMATION, AND FEEDBACK

(54) 发明名称: 一种码本的生成、信息的发送、反馈方法及设备

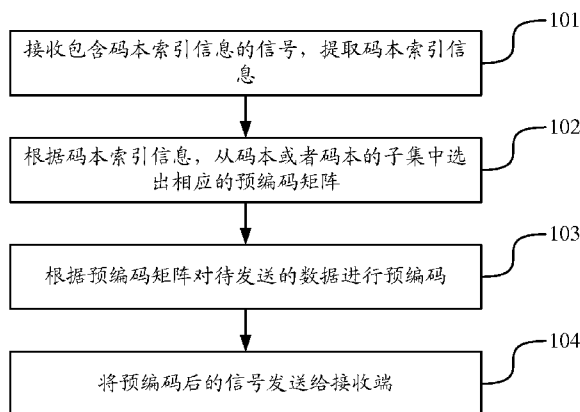


图 1 /Fig.1

(57) Abstract: Disclosed are a method and device for generating a codebook, transmitting information, and feedback, comprising: upon generating a codebook and when transmitting information, receiving a signal comprising codebook index information, and extracting codebook index information; selecting from the codebook or a subset of the codebook the corresponding precoding matrix according to the codebook index information; precoding data to be transmitted according to the precoding matrix; transmitting precoded signal to a receiving end. During channel state information feedback, receiving information transmitted by a transmitting end; estimating channel information on the basis of received information; according to the channel information, selecting the corresponding precoding matrix from the codebook or a subset of the codebook; transmitting a signal comprising the codebook index information corresponding to the selected precoding matrix. The present invention supports dual precoding matrix index feedback, and enhances small distance dual-polarized array channel quantization accuracy and small distance linear array channel quantization accuracy.

[见续页]

- 101 RECEIVING SIGNAL COMPRISING CODEBOOK INDEX INFORMATION, AND EXTRACTING CODEBOOK INDEX INFORMATION
- 102 ACCORDING TO CODEBOOK INDEX INFORMATION, SELECTING FROM CODEBOOK OR SUBSET OF CODEBOOK CORRESPONDING PRECODING MATRIX
- 103 ACCORDING TO PRECODING MATRIX, PRECODING DATA TO BE TRANSMITTED
- 104 TRANSMITTING PRECODED SIGNAL TO RECEIVING END



WO 2012/142912 A1



RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则 48.2(h))。

(57) **摘要:**

本发明公开了一种码本的生成、信息的发送、反馈方法及设备, 包括: 在生成码本后, 在发送信息时, 接收包含码本索引信息的信号, 提取码本索引信息; 根据码本索引信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵; 根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码; 将预编码后的信号发送给接收端。在信道状态信息反馈时, 接收发送端发送的信息; 基于接收到的信息估计信道信息; 根据信道信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵; 发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信息的信号。本发明能够支持双预编码矩阵索引反馈; 并能够提高小间距双极化阵信道量化精度, 同时提高小间距线阵信道量化精度。

一种码本的生成、信息的发送、反馈方法及设备

本申请要求于 2011 年 4 月 18 日提交中国专利局，申请号为 201110097213.7，发明名称为“一种码本的生成、信息的发送、反馈方法及设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及无线通信技术，特别涉及码本的生成、信息的发送、反馈方法及设备。

背景技术

目前，物理层的多天线技术已经成为下一代无线通信系统的关键技术之一。多天线技术具有很多优点，比如可以利用多天线的复用增益来提高系统的吞吐量，也可以利用多天线的分集增益来提高系统性能，或者利用天线的方向性增益来区分接收终端而消除接收终端间的干扰等等。

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output, 多输入多输出) 系统使用多个发射、接收天线，利用信号的空、时、频域联合处理获得速率、分集与阵列增益。MIMO 系统中，如果发射机能够以某种方式获知信道信息，就可以根据信道特性对发送信号进行优化，以提高接收质量并降低对接收机复杂度的要求。在实际系统中一般采用量化信道信息的反馈方式，以降低反馈开销与反馈时延。信道信息的量化可以针对信道矩阵及其统计量，也可以是接收机推荐使用的预处理参数。信道信息经过量化之后，被映射到有限个元素构成的集合中，这一集合被称为码本。

在基于码本的闭环 MIMO 系统中，码本是影响系统性能的关键。在 Rel-8 LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 的传输模式 4、5、6 都采用了 PMI (Precoding Matrix Indicator, 预编码矩阵索引) 反馈机

制，即 UE (User Equipment, 用户设备) 根据公共导频测量信道，并向基站 eNB 上报其推荐使用的码字标号信息。例如，公共导频端口为 4 时，采用基于 Householder 变换的码本，对于闭环空间复用模式即传输模式 4 的每种数据传输层数，都存在着 16 个可选的预编码矩阵。

在 Rel-10 LTE-A (LTE-Advanced, 长期演进增强) 的传输模式 9 中，为了提高对信道的量化精度，在 CSI-RS (Channel State Information-Reference Signal, 信道状态信息参考信号) 端口为 8 时，采用支持双 PMI 反馈的码本，对于传输模式 9 的各种数据传输层数，

10 分别有 16, 16, 4, 4, 4, 4, 4, 1 种第一 PMI 值可选，和 16, 16, 16, 8, 1, 1, 1, 1 种第二 PMI 值可选。

表 1 为：用于端口 {0,1,2,3} 的 4 天线码本

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	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$w_{15}^{(1)}$	$w_{15}^{(12)}/\sqrt{2}$	$w_{15}^{(123)}/\sqrt{3}$	$w_{15}^{(1234)}/2$

其中, $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$, 其中 I 是 4×4 维单位阵, $X^{\{l_1, l_2, \dots\}}$ 表示矩阵的第 $\{l_1, l_2, \dots\}$ 列。

表 2 为: 端口 15~22 一层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$w_{2i_1,0}^{(1)}$	$w_{2i_1,1}^{(1)}$	$w_{2i_1,2}^{(1)}$	$w_{2i_1,3}^{(1)}$	$w_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$w_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$w_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$w_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-15	$w_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$w_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$w_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$w_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$w_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$w_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$w_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$w_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中: $w_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n v_m \end{bmatrix}$								

表 3 为: 端口 15~22 二层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

表 4 为: 端口 15~22 三层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-3	$W_{8i_1, 8i_1, 8i_1+8}^{(3)}$	$W_{8i_1+8, 8i_1, 8i_1+8}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1, 8i_1+8, 8i_1+8}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+8, 8i_1, 8i_1}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-3	$W_{8i_1+2, 8i_1+2, 8i_1+10}^{(3)}$	$W_{8i_1+10, 8i_1+2, 8i_1+10}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2, 8i_1+10, 8i_1+10}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+10, 8i_1+2, 8i_1+2}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-3	$W_{8i_1+4, 8i_1+4, 8i_1+12}^{(3)}$	$W_{8i_1+12, 8i_1+4, 8i_1+12}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4, 8i_1+12, 8i_1+12}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+12, 8i_1+4, 8i_1+4}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-3	$W_{8i_1+6, 8i_1+6, 8i_1+14}^{(3)}$	$W_{8i_1+14, 8i_1+6, 8i_1+14}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6, 8i_1+14, 8i_1+14}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+14, 8i_1+6, 8i_1+6}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{24}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & -v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$, $\tilde{W}_{m, m', m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{24}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$				

表 5 为: 端口 15~22 四层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-3	$W_{8i_1, 8i_1+8, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1, 8i_1+8, 1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2, 8i_1+10, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2, 8i_1+10, 1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+12,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+12,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+14,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+14,1}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{32}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & \varphi_n v_{m'} & -\varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

表 6 为: 端口 15 ~ 22 五层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2
	0
0 - 3	$W_{i_1}^{(5)} = \frac{1}{\sqrt{40}} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} \end{bmatrix}$

表 7 为: 端口 15 ~ 22 六层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2
	0
0 - 3	$W_{i_1}^{(6)} = \frac{1}{\sqrt{48}} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} \end{bmatrix}$

表 8 为: 端口 15 ~ 22 七层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2
	0
0 - 3	$W_{i_1}^{(7)} = \frac{1}{\sqrt{56}} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$

表 9 为: 端口 15 ~ 22 八层信道状态信息上报用的 8 天线码本

i_1	i_2
	0
0	$W_{i_1}^{(8)} = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} & -v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$

$$\varphi_n = e^{j\pi n/2}$$

$$5 \quad \text{其中, } v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/32} & e^{j4\pi m/32} & e^{j6\pi m/32} \end{bmatrix}^T$$

为了进一步提高系统容量,在 Rel-11 中可能会进一步提高多用户 MIMO, 并且可能引入多点传输技术。无论是多用户 MIMO 还是多点传输技术, 其对信道量化精度的要求都远高于单用户 MIMO 传输。现有技术的不足在于: 以单用户 MIMO 为主要优化场景而设计的基于 Householder 变换的 4 天线码本将无法满足这些先进的传输技术对信道量化精度的需求。

另外, 基于 Householder 变换的 4 天线码本是针对小间距线阵场景和空间低相关场景进行设计的, 对于常用的小间距双极化阵场景的空间信道量化精度不高, 且不支持双 PMI 反馈 (在双 PMI 反馈中, 其中的第一 PMI 恒为 0)。

发明内容

本发明所解决的技术问题在于提供了一种码本的生成、信息的发送、反馈方法及设备，用以提高信道量化精度。

5 本发明实施例中提供了一种码本的生成方法，包括如下步骤：

确定生成码本所需参数；

根据确定的参数生成码本如下：

Rank 为 1 时：

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_2}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或，

10 Rank 为 2 时：

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为： $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

0 ~ M-1	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$N \sim (K+1)N-1$
0 ~ M-1	$W_{i_1, i_1+k, i_2 \bmod N}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$ k 为整数, 共 K 种取值	

或,

Rank 为 3 时,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
0 ~ M-1	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
0 ~ M-1	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2	
	$0 \sim N-1$	$N \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2N \sim 3N-1$	$3N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_1, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中, $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$, 或者为: $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$		

或,

Rank 为 4 时,

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

0 ~ M-1	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	0 ~ N-1
0 ~ M-1	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi (N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

- 5 数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m', m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$ 。

本发明实施例中提供了一种码本的生成方法, 包括如下步骤:

确定生成码本所需参数;

- 10 根据确定的参数生成码本如下:

Rank 为 1 时:

i_1	i_2
	0 ~ 2KN-1

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, i_2'}^{(1)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod 2N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 2 时:

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$KN \sim KN + K'N - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$ k 为整数, 共有 K 种取值 k', k'' 为整数, 且 $k' \neq k''$, K' 为 (k', k'') 组合的个数 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 3 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim KN - 1$	$N \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2KN \sim 3KN - 1$	$3KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$\tilde{W}_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$ $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

Rank 为 4 时：

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

- 5 数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m', m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$, $\bmod$ 表示取余数, $1 \leq P_1 \leq M, 1 \leq P_2 \leq M$, 且 $\frac{M}{P_1}$, P_1, P_2 为整数。

本发明实施例中提供了一种信息发送方法, 包括以下步骤:

- 10 接收包含码本索引信息的信号, 提取码本索引信息;
- 根据码本索引信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵;

根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码;

将预编码后的信号发送给接收端。

本发明实施例中提供了一种信道状态信息反馈方法,包括以下步骤:

- 5 接收发送端发送的信息;
- 基于接收到的信息估计信道信息;
- 根据信道信息,从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵;

发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信息的信号。

- 10 本发明实施例中提供了一种码本的生成设备,包括:
- 确定模块,用于确定生成码本所需参数;
- 生成模块,用于根据确定的参数生成码本如下:

Rank 为 1 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_2}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m],$ 或者为 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$	

或,

- 15 Rank 为 2 时:

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}],$ 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$N \sim (K+1)N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1+k, i_2 \bmod N}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}],$ 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$ k 为整数, 共 K 种取值	

或,

Rank 为 3 时,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim N-1$	$N \sim 2N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, (i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_1, (i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2N \sim 3N-1$	$3N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1 + 2M/N_T) \bmod M, (i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_1, i_1, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$ ，或者为： $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

Rank 为 4 时，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1 + 2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T/2-1)m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(\mathbf{v})$ 表示生成以向量 $\mathbf{V}$ 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m', m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$ 。

本发明实施例中提供了一种码本的生成设备, 包括:

确定模块, 用于确定生成码本所需参数;

生成模块, 用于根据确定的参数生成码本如下:

Rank 为 1 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN-1$
$0 \sim \frac{M}{P_1}-1$	$\mathbf{W}_{P_2 i_1 + k, i_2'}^{(1)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod 2N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(\mathbf{I}, \varphi_n \mathbf{I}) \mathbf{V}_m]$, 或者为: $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$	

10 或,

Rank 为 2 时:

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
i_1	i_2
	$KN \sim KN + K'N - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$ k 为整数, 共有 K 种取值 k', k'' 为整数, 且 $k' \neq k''$, K' 为 (k', k'') 组合的个数 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 3 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2	
	$0 \sim KN - 1$	$N \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N)}^{(3)}$	$W_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2KN \sim 3KN - 1$	$3KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$\tilde{W}_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod N}^{(3)}$

其中,

$$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$$

$$\text{, 或者为: } \tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$$

或,

Rank 为 4 时:

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$\text{, 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m', m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$, $\bmod$ 表示取余数, $1 \leq P_1 \leq M, 1 \leq P_2 \leq M$, 且 $\frac{M}{P_1}$, P_1, P_2 为整数。

本发明实施例中提供了一种信息发送设备, 包括:

接收模块, 用于接收包含码本索引信息的信号, 提取码本索引信息;

选择模块, 用于根据码本索引信息, 从码本中选出相应的预编码矩阵;

预编码模块, 用于根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码;

发送模块, 用于将预编码后的信号发送给接收端。

本发明实施例中提供了一种信道状态信息反馈设备, 包括:

接收模块, 用于接收发送端发送的信息;

估计模块, 用于基于接收到的信息估计信道信息;

选择模块, 用于根据信道信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵;

发送模块, 用于发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信

息的信号。

本发明有益效果如下：

由上述实施例可见，本发明实施例提供的技术方案能够支持双 PMI 反馈；并能够提高小间距双极化阵信道量化精度，同时提高小间距线阵信道量化精度；进一步的，与 Rel-10 8 天线码本设计采用统一的方式，减少对标准的改动。

附图说明

- 图 1 为本发明实施例中信息发送方法实施流程示意图；
图 2 为本发明实施例中信道状态信息反馈方法实施流程示意图；
图 3 为本发明实施例中码本的生成设备一结构示意图；
图 4 为本发明实施例中码本的生成设备二结构示意图；
图 5 为本发明实施例中码本存储设备结构示意图；
图 6 为本发明实施例中存储了码本的存储介质结构示意图；
图 7 为本发明实施例中信息发送设备结构示意图；
图 8 为信本发明实施例中道状态信息反馈设备结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的具体实施方式进行说明。

- 图 1 为信息发送方法实施流程示意图，如图所示，在发送过程中可以包括包括以下步骤：

- 步骤 101、接收包含码本索引信息的信号，提取码本索引信息；
步骤 102、根据码本索引信息，从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵；
步骤 103、根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码；
步骤 104、将预编码后的信号发送给接收端。

发送过程的实施中，首先在步骤 101 中接收包含码本索引信息的信号，提取码本索引信息。具体而言，为了了解信道状况，发送端接

收远端接收机反馈来的 CQI (Channel Quality Indicator, 信道质量指示)、Rank (秩) 选择和码本索引信息等信息。这些 CQI、Rank 选择和码本索引信息将用于后续的传输处理过程。

然后在步骤 102 中根据码本索引信息, 从码本或者码本的子集中
5 选出相应的预编码矩阵。

本步骤中, 还可以基于所选预编码矩阵进行变换处理得到进一步的预编码矩阵, 如迫零处理等, 当然也可以直接将所选预编码矩阵直接作为最终的预编码矩阵。

再在步骤 103 中根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码。

10 最后在步骤 104 中将预编码后的信号发送给接收端。

图 2 为信道状态信息反馈方法实施流程示意图, 如图所示, 在反馈过程中可以包括以下步骤:

步骤 201、接收发送端发送的信息;

步骤 202、基于接收到的信息估计信道信息;

15 步骤 203、根据信道信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵;

步骤 204、发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信息的信号。

信道状态信息反馈的实施过程中, 首先接收发送端发送的信息;
20 然后根据接收到的信号估计信道信息; 再根据信道信息, 从码本或者码本的子集中选择预编码矩阵; 最后发送包含所选预编码矩阵的码本索引信息的信号。

下面对步骤 102、步骤 203 中所涉及的码本的实施方式进行说明。

具体的生成码本的实施方式可以有两种, 一种是没有角度变化情况下的码本生成, 一种是有角度变化情况下的码本生成。角度变化指
25 第二码本索引的变化过程中, 除了改变前 $N_T/2$ 和 $N_T/2$ 后根天线上所发送信号的相位关系, 还可以改变天线阵所发送信号的波束方向; 没有角度变化的表示第二码本索引的变化只改变前 $N_T/2$ 和 $N_T/2$ 后根天线上所发送信号的相位关系, 不带来天线阵所发送信号的波束方向的变

化。下面分别进行说明。

一、无角度变化的。

在码本的生成过程中，首先确定生成码本所需参数；然后根据确定的参数生成码本如下：

5 Rank 为 1 时：

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_2}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或，

Rank 为 2 时：

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为： $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$N \sim (K+1)N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1+k, i_2 \bmod N}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$ k 为整数, 共 K 种取值	

或,

Rank 为 3 时,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim N-1$	$N \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2N \sim 3N-1$	$3N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_1, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$ ，或者为： $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

Rank 为 4 时，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

5 i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$ 。

具体而言, φ_n 可以改变前 $N_T/2$ 和 $N_T/2$ 后根天线上所发送信号的

10 相位关系, $2N$ 为 φ_n 可能取值的个数, V_m 取自 $N_T \times 1$ 维 M-DFT 向量集合, 这 M 个 DFT 向量可以形成 M 个不同方向的波束, 把整个空间量化成 M 个方向, v_m 是 V_m 的前 $N_T/2$ 行, 用于对 $N_T/2$ 根天线所

发出的信号进行赋形, α_m 是为了让 $\begin{bmatrix} V_m \\ \alpha_m V_m \end{bmatrix}$ 能形成一个 $N_T \times 1$ 维 M-DFT 向量而定义的。对于 Rank 为 2 时的预编码矩阵 $W_{i_1, i_2}^{(2)}$, $k \neq 0$ 时可以使两个数据流形成不同方向的波束, k 不同的取值可以改变两个数据流波束方向之间的夹角。对于 Rank 为 3 和 4 时的预编码矩阵, 如 $W_{i_1, i_2, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$ 或 $W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$, 所形成的 3 个或 4 个数据流形成 2 个不同方向的波束, 相同波束方向的数据流通过前 $N_T/2$ 和 $N_T/2$ 后根天线上所发送信号相位的正交性进行区分, 不同波束方向的数据流所使用的 DFT 向量 V_{i_1} 和 $V_{(i_1+2M/N_T) \bmod M}$ 相互正交。

下面进行具体说明:

1、当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT (Discrete Fourier Transform, 离散傅立叶变换) 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK (Phase Shift Keying, 相移键控) 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=8$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M=16$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0 - 15	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者表示为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 15	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 15	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 15	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 15	$W_{i_1, i_1+1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

- 2、当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 8-PSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 4$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T/2-1)m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

与 Rel-10 4 天线码本相比, 本方案可以降低反馈开销。比如信道
 5 带宽为 10 MHz, 共使用 600 个子载波共 50 个资源块(Resource Block, RB) 进行数据传输, 每 6 个子载波反馈 1 个子带 PMI, 共 9 个子带, 采用现有 4 天线码本, 则实现一次子带 PMI 反馈共需 $4 \times 9 = 36$ 比特, 而采用上述码本时, 全信道带宽反馈 4 比特第一 PMI, 每个子带反馈 3 比特第二 PMI, 则共需 $3 \times 9 + 4 = 31$ 比特即可实现子带 PMI 反馈, 从而
 10 可以降低 5 比特反馈开销。

3、当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向

量, φ_n 为 Q-PSK (Quadrature Phase Shift Keying, 四相相移键控) 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$\mathbf{V}_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$\mathbf{v}_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$\mathbf{W}_{i_1,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,3}^{(1)}$
其中, $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者为: $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$				

5

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$
其中, $\mathbf{W}_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) \mathbf{V}_{m'}]$, 或者为: $\mathbf{W}_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m & \mathbf{v}_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m & -\varphi_n \alpha_{m'} \mathbf{v}_{m'} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 3 时,

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0— 15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0— 15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或，

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0— 15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0— 15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或，

i_1	i_2	
	0	1

0-15	$W_{i_1, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$W_{i_1, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	2	3
0-15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	4	5
0-15	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	6	7
0-15	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$
其中,		
$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}] \quad , \text{ 或}$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		
者为: $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或,

所述码本在 Rank 为 4 时,

i_1	i_2	
	0	1
0-15	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(4)}$	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(4)}$
其中,		
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$		
, 或者为: $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

或,

i_1	i_2	
	0	1

0-15	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(4)}$	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(4)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

。

与 Rel-10 4 天线码本相比, 本方案可以降低反馈开销。如信道带宽为 10 MHz, 共使用 600 个子载波共 50 个资源块 (Resource Block, RB) 进行数据传输, 每 6 个子载波反馈 1 个子带 PMI, 共 9 个子带, 则上述码本实现子带 PMI 反馈只需 $2 \times 9 + 4 = 22$ 比特, 而 Rel-10 4 天线码本需要 $4 \times 9 = 36$ 比特反馈信息。

4、当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi (N_T-1)m/M}]^T, M = 64$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi (N_T/2-1)m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-63	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$	$W_{i_1, 4}^{(1)}$	$W_{i_1, 5}^{(1)}$	$W_{i_1, 6}^{(1)}$	$W_{i_1, 7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0 - 63	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 63	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 63	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 63	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

5、当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向

量, φ_n 为 16-PSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 32$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-31	$\mathbf{W}_{i_1,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,3}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,4}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,5}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,6}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-31	$\mathbf{W}_{i_1,8}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,9}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,10}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,11}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,12}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,13}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,14}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者为: $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-31	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,4}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,5}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,6}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1,7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$\mathbf{W}_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$\mathbf{W}_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0-31	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

6、当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 64$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-63	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

7、当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 32$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-31	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

二、有角度变化的。

在码本的生成过程中, 首先确定生成码本所需参数; 然后根据确定的参数生成码本如下:

5 Rank 为 1 时:

i_1	i_2
	0 ~ 2KN-1
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, i_2'}^{(1)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod 2N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 2 时:

i_1	i_2
	0 ~ KN-1

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
i_1	i_2
	$KN \sim KN + K'N - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$ k 为整数, 共有 K 种取值 k', k'' 为整数, 且 $k' \neq k''$, K' 为 (k', k'') 组合的个数 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 3 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim KN - 1$	$N \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2KN \sim 3KN - 1$	$3KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$\tilde{W}_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod N}^{(3)}$

其中,

$$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

$$, \text{ 或者为: } \tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

或,

Rank 为 4 时:

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$

其中,

$$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$$

$$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$$

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T/2-1)m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$, mod 表示取余数, $1 \leq P_1 \leq M, 1 \leq P_2 \leq M$, 且 $\frac{M}{P_1}, P_1, P_2$ 为整数。

具体而言, φ_n 可以改变前 $N_T/2$ 和 $N_T/2$ 后根天线上所发送信号的相位关系, $2N$ 为 φ_n 可能取值的个数, V_m 取自 $N_T \times 1$ 维 M-DFT 向量集合, 这 M 个 DFT 向量可以形成 M 个不同方向的波束, 把整个空间量化成 M 个方向, v_m 是 V_m 的前 $N_T/2$ 行, 用于对 $N_T/2$ 根天线所发出的信号进行赋形, α_m 是为了让 $\begin{bmatrix} V_m \\ \alpha_m V_m \end{bmatrix}$ 能形成一个 $N_T \times 1$ 维 M-DFT 向量而定义的。对于各 Rank 码本, P_1 将可选 DFT 向量 (对应于不同方向的波束) 划分为 P_1 组, 每组包含 K 个不同的波束方向, 通过 k 取值的变化可以实现同组内波束方向的微调, 而 P_2 表示组与组之间波束方向的颗粒度, 通过 i_1 取值的变化可以实现波束方向的较大

范围调整。对于 Rank 为 2 时的预编码矩阵 $W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2}^{(2)}$, $k' \neq k''$ 时可以使两个数据流形成不同方向的波束, (k', k'') 不同的取值可以改变两个数据流波束方向之间的夹角。对于 Rank 为 3 和 4 时的预编码矩阵所形成的 3 个或 4 个数据流形成 2 个不同方向的波束, 相同波束方向的数据流通过前 $N_T/2$ 和 $N_T/2$ 后根天线上所发送信号相位的正交性进行区分, 不同波束方向的数据流所使用的 DFT 向量 $V_{P_2 i_1 + k}$ 和 $V_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M}$ 相互正交。

下面进行具体说明:

1、当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 32$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 — 15	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 15	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

15 或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 2$,
 $k=0,1,2,3$, $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$;

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{2i_1,2i_1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, , 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 3 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=1$, $P_1 = P_2 = 8$,
 $k=0,2,4,6$;

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-3	$W_{8i_1,8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1,8i_1+64/N_T,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1,0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-3	$W_{8i_1+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+2,0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11

0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+4,0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 3	$W_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+6,0}^{(3)}$

其中,

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

, 或者为: $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$

或,

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1,8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1,8i_1+64/N_T,8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+2}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11

0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 3	$W_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$
$W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1,1,-1,-1) V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-1,-1) V_{m''}],$ 其中, $\tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-1,-1) V_{m''}]$ $W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix},$, 或者为: $\tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 4 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 8$,
 $k=0,2,4,6$.

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(4)}$	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,1}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

或

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(4)}$	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,1}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

与 3 的方案相比, 本方案中的 Rank 3 和 Rank 4 码本可以改善同一个码字内的两层数据流的信噪比平衡性, 从而提高传输性能。

- 5 2、当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时, 也即:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7

0 — 7	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 7	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,
 $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$;

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0—7	$W_{2i_1,2i_1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0—7	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0—7	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0—7	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

3、当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量， φ_n 为 QPSK 元素时，也即：

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 64$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时， $P_1 = P_2 = 2$ ， $k = 0, 1, 2, 3$ ：

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 - 31	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 31	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中， $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$ ，或者为： $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$								

5 或，

所述码本在 Rank 为 2 时， $P_1 = P_2 = 2$ ， $k = 0, 1, 2, 3$ ， $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$ ：

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 31	$W_{2i_1,2i_1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 31	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11

0-31	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-31	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

4、当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 64$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{4i_1, 0}^{(1)}$	$W_{4i_1, 1}^{(1)}$	$W_{4i_1, 2}^{(1)}$	$W_{4i_1, 3}^{(1)}$	$W_{4i_1+1, 0}^{(1)}$	$W_{4i_1+1, 1}^{(1)}$	$W_{4i_1+1, 2}^{(1)}$	$W_{4i_1+1, 3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-15	$W_{4i_1+2, 0}^{(1)}$	$W_{4i_1+2, 1}^{(1)}$	$W_{4i_1+2, 2}^{(1)}$	$W_{4i_1+2, 3}^{(1)}$	$W_{4i_1+3, 0}^{(1)}$	$W_{4i_1+3, 1}^{(1)}$	$W_{4i_1+3, 2}^{(1)}$	$W_{4i_1+3, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k = 0, 1, 2, 3$, $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$;

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{4i_1, 4i_1, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1, 4i_1, 1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1, 4i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1, 4i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{4i_1+2, 4i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1+2, 4i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{4i_1+3, 4i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1+3, 4i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{4i_1, 4i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1, 4i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1, 4i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1, 4i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{4i_1, 4i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1, 4i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1, 4i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1, 4i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 针对上述码本, 本发明还提供了一种码本的存储方法,

5 可以包括:

首先确定码本, 该码本也即上述的生成方法所生成的各码本; 然后存储码本。

基于同一发明构思, 本发明实施例中还提供了码本生成设备、信息发送设备、信道状态信息反馈设备、存储设备、存储介质, 由于这些设备解决问题的原理与码本生成方法、信息发送方法、信道状态信息反馈方法、存储方法相似, 因此这些设备的实施可以参见方法的实施, 重复之处不再赘述。

图 3 为码本的生成设备一结构示意图, 如图所示, 在生成设备中

可以包括:

确定模块 301, 用于确定生成码本所需参数;

生成模块 302, 用于根据确定的参数生成码本如下:

Rank 为 1 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_2}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

5 或,

Rank 为 2 时:

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$N \sim (K+1)N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1+k, i_2 \bmod N}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}],$ 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$ k 为整数, 共 K 种取值	

或,

Rank 为 3 时,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim N-1$	$N \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2N \sim 3N-1$	$3N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_1, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$ ，或者为： $\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$		

或，Rank 为 4 时，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中,	
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

- 5 数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$ 。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK 元素时:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-15	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者表示为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,i_1,4}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,5}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0-15	$W_{i_1, i_1+1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 8-PSK 元素时:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 4$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$	$W_{i_1, 4}^{(1)}$	$W_{i_1, 5}^{(1)}$	$W_{i_1, 6}^{(1)}$	$W_{i_1, 7}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 Q-PSK 元素时:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-15	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 3 时,

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或,

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 — 15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或，

i_1	i_2	
	0	1
0—15	$W_{i_1, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$W_{i_1, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	2	3
0—15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	4	5
0—15	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	6	7
0—15	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}] \quad , \text{或}$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$ 者为： $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

所述码本在 Rank 为 4 时，

i_1	i_2	
	0	1

0-15	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(4)}$	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(4)}$
其中,		
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$		
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

或,

i_1	i_2	
	0	1
0-15	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(4)}$	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(4)}$
其中,		
$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$		
$, \text{ 或者为: } W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=8$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi (N_T-1)m/M}]^T, M=64$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-31	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$	$W_{i_1, 4}^{(1)}$	$W_{i_1, 5}^{(1)}$	$W_{i_1, 6}^{(1)}$	$W_{i_1, 7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0-31	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-31	$W_{i_1,i_1,4}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,5}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-31	$W_{i_1,i_1+1,4}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,5}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,7}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 32$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T/2-1)m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-63	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-63	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-63	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-63	$W_{i_1,i_1,4}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,5}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-63	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0-63	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M=64$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-63	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M=32$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-31	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

图 4 为码本的生成设备二结构示意图, 如图所示, 在生成设备中可以包括:

确定模块 401, 用于确定生成码本所需参数;

5 生成模块 402, 用于根据确定的参数生成码本如下:

Rank 为 1 时:

i_1	i_2
	0 ~ 2KN-1
0 ~ $\frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, i_2'}^{(1)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod 2N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 2 时:

i_1	i_2
	0 ~ KN-1

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
i_1	i_2
	$KN \sim KN + K'N - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$ k 为整数, 共有 K 种取值 k', k'' 为整数, 且 $k' \neq k''$, K' 为 (k', k'') 组合的个数 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 3 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim KN - 1$	$N \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N)}^{(3)}$	$W_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2KN \sim 3KN - 1$	$3KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$\tilde{W}_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod N}^{(3)}$

其中,

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

$$, \text{ 或者为: } \tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

或,

Rank 为 4 时:

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中,	
$W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$	
, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	
其	中

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成

5 以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数,

$j = \sqrt{-1}$, mod 表示取余数, $1 \leq P_1 \leq M, 1 \leq P_2 \leq M$, 且 $\frac{M}{P_1}, P_1, P_2$ 为整数。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向

量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 32$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T \pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2, P_1 = P_2 = 2,$

$k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7

0 — 15	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 15	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 2$,

$k=0,1,2,3$, $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$;

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0—15	$W_{2i_1,2i_1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0—15	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0—15	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0—15	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

5 或,

所述码本在 Rank 为 3 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=1$, $P_1 = P_2 = 8$,

$k=0,2,4,6$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1, 8i_1+64/N_T, 0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1+64/N_T, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 8i_1+64/N_T, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1, 0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 8i_1+64/N_T+2, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+2, 0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 8i_1+64/N_T+4, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+4, 0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 3	$W_{8i_1+6, 8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6, 8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 8i_1+64/N_T+6, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6, 8i_1+6, 8i_1+6, 0}^{(3)}$

其中,

$$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

, 或者为:
$$\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

或,

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+2}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+4}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 3	$W_{8i_1+6, 8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6, 8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6, 8i_1+6, 8i_1+6}^{(3)}$

$$W_{m, m', m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -1, -1) V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -1, -1) V_{m''}],$$

其中,

$$\tilde{W}_{m, m', m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -1, -1) V_{m''}]$$

$$W_{m, m', m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix},$$

, 或者为:

$$\tilde{W}_{m, m', m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$$

或,

所述码本在 Rank 为 4 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 8$,

$k=0, 2, 4, 6$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 1}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

或

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6, 8i_1+64/N_T+6, 1}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中，生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向

量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量， φ_n 为 QPSK 元素时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 — 7	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 7	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,

(k', k'') $\in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0—7	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0—7	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0—7	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0-7	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 64$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-31	$W_{2i_1, 0}^{(1)}$	$W_{2i_1, 1}^{(1)}$	$W_{2i_1, 2}^{(1)}$	$W_{2i_1, 3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1, 0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1, 1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1, 2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1, 3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-31	$W_{2i_1+2, 0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2, 1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2, 2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2, 3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3, 0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3, 1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3, 2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,
 $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-31	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-31	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

实施中, 生成模块还可以进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 64$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7

0 — 15	$W_{4i_1,0}^{(1)}$	$W_{4i_1,1}^{(1)}$	$W_{4i_1,2}^{(1)}$	$W_{4i_1,3}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 15	$W_{4i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k=0,1,2,3$,
 $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0—15	$W_{4i_1,4i_1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0—15	$W_{4i_1+2,4i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+2,4i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+3,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+3,4i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0—15	$W_{4i_1,4i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0—15	$W_{4i_1,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

图 5 为码本存储设备结构示意图, 如图所示, 存储设备中可以包括:

码本确定模块 501, 用于确定码本, 所述码本也即上述码本生成设备生成的码本, 或者是按上述码本生成方法生成的码本;

5 码本存储模块 502, 用于存储码本。

图 6 为存储了码本的存储介质结构示意图, 如图所示, 在存储介质上存储有码本, 所述码本也即上述码本生成设备生成的码本, 或者是按上述码本生成方法生成的码本。

本领域内的技术人员应明白, 本发明的码本具体实施例可提供为
10 方法、系统、或计算机程序产品。因此, 本发明的码本在具体实施时可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且, 本发明的码本可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

15 本发明实施中的码本可提供给这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器, 使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于码本指定的功能的装置。

这些实现码本功能的计算机程序指令也可存储在能引导计算机
20 或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中, 使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品, 该指令装置实现在实施例中码本的功能。

这些实现码本功能的计算机程序指令也可装载到计算机或其他
25 可编程数据处理设备上, 使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理, 从而在计算机或其他可编程设

备上执行的指令提供用于实现实施例中码本的功能。

图 7 为信息发送设备结构示意图, 如图所示, 在发送设备中可以包括:

接收模块 701, 用于接收包含码本索引信息的信号, 提取码本索引信息;

选择模块 702, 用于根据码本索引信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵, 所述码本也即上述码本生成设备生成的码本, 或者是按上述码本生成方法生成的码本;

预编码模块 703, 用于根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码;

发送模块 704, 用于将预编码后的信号发送给接收端。

图 8 为信道状态信息反馈设备结构示意图, 如图所示, 可以包括:

接收模块 801, 用于接收发送端发送的信息;

估计模块 802, 用于基于接收到的信息估计信道信息;

选择模块 803, 用于根据信道信息, 从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵, 所述码本也即上述码本生成设备生成的码本, 或者是按上述码本生成方法生成的码本;

发送模块 804, 用于发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信息的信号。

为了描述的方便, 以上所述装置的各部分以功能分为各种模块或单元分别描述。当然, 在实施本发明时可以把各模块或单元的功能在同一个或多个软件或硬件中实现。

由上述实施例可见, 本发明实施例提供的技术方案能够支持双 PMI 反馈; 并能够提高小间距双极化阵信道量化精度, 同时提高小间距线阵信道量化精度; 进一步的, 与 Rel-10 8 天线码本设计采用统一

的方式，减少对标准的改动。

- 显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些
- 5 改动和变型在内。例如：改变码本中码本索引和预编码矩阵之间的对应关系、预编码矩阵进行列交换、或者对码本进行码本压缩得到码本子集合等处理后的码本仍然在保护范围以内。

权利要求

1、一种码本的生成方法，其特征在于，包括如下步骤：

确定生成码本所需参数；

5 根据确定的参数生成码本如下：

Rank 为 1 时：

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_2}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或，

Rank 为 2 时：

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为： $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1,i_1,i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$N \sim (K+1)N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1,i_1+k,i_2 \bmod N}^{(2)}$
其中，$W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}] ,$ 或者为：$W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$ k 为整数，共 K 种取值	

或，

Rank 为 3 时，

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$

$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ， 或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ， 或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim N-1$	$N \sim 2N-1$

0 ~ M-1	$W_{i_1, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	2N ~ 3N-1	3N ~ 4N-1
0 ~ M-1	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_1, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$ ，或者为： $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

Rank 为 4 时，

i_1	i_2
	0 ~ N-1
0 ~ M-1	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T/2-1)m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

5 数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$ 。

2、如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维

16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK 元素

10 时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 - 15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 15	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者表示为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{i_1, i_1+1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}] ,$ 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

3、如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 8-PSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 4$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

4、如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维

5 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量, φ_n 为 Q-PSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

5 或,

所述码本在 Rank 为 3 时,

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 — 15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 — 15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或，

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 — 15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 — 15	$W_{(i_1-32/N_T)\bmod 16,i_1,i_1,0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T)\bmod 16,i_1,i_1,1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T)\bmod 16,i_1,i_1,2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T)\bmod 16,i_1,i_1,3}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或，

i_1	i_2	
	0	1
0—15	$W_{i_1,i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,0}^{(3)}$	$W_{i_1,i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	2	3
0—15	$W_{(i_1+32/N_T)\bmod 16,i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T)\bmod 16,i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	4	5

0-15	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	6	7
0-15	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}] \quad , \text{ 或}$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$ 者为: $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或,

所述码本在 Rank 为 4 时,

i_1	i_2	
	0	1
0-15	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(4)}$	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(4)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

或,

i_1	i_2	
	0	1

0-15	$W_{i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,0}^{(4)}$	$W_{i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,1}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

。

5、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量， φ_n 为 16-PSK 元素时，

5 $\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$
 $V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 64$
 $v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$

所述码本在 Rank 为 1 时：

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-63	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0 - 63	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 63	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 63	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0-63	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

6、如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 16-PSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=8$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M=32$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-31	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$	$W_{i_1, 4}^{(1)}$	$W_{i_1, 5}^{(1)}$	$W_{i_1, 6}^{(1)}$	$W_{i_1, 7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0-31	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-31	$W_{i_1,i_1,4}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,5}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-31	$W_{i_1,i_1+1,5}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,6}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,7}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

7、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量， φ_n 为 QPSK 元素时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 64$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时：

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-63	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$
其中， $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$ ，或者为： $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$				

或，

所述码本在 Rank 为 2 时， $k=1$ ：

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

8、如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 32$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

9、一种码本的生成方法，其特征在于，包括如下步骤：

确定生成码本所需参数；

根据确定的参数生成码本如下：

5 Rank 为 1 时：

i_1	i_2
	0 ~ 2KN-1
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, i_2'}^{(1)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod 2N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 2 时：

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$
$0 \sim \frac{M}{P_1}-1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$

0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
i_1	i_2
	$KN \sim KN + K'N - 1$
0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$ k 为整数, 共有 K 种取值 k', k'' 为整数, 且 $k' \neq k''$, K' 为 (k', k'') 组合的个数 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 3 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim KN - 1$	$N \sim 2KN - 1$

0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2KN \sim 3KN - 1$	$3KN \sim 4KN - 1$
0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$\tilde{W}_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$, 或者为: $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$		

或,

Rank 为 4 时:

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$
$0 \sim \frac{M}{P_1}-1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

5 数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数, $j = \sqrt{-1}$, $\bmod$ 表示取余数, $1 \leq P_1 \leq M, 1 \leq P_2 \leq M$, 且 $\frac{M}{P_1}$, P_1, P_2 为整数。

10、如权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维

10 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 32$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 2$,

$k=0,1,2,3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
—								
15								
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
-								
15								
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$								

或,

5 所述码本在 Rank 为 2 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 2$,

$k=0,1,2,3$, $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{2i_1,2i_1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}] ,$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 3 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=1, P_1 = P_2 = 8,$

$k=0,2,4,6:$

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-3	$W_{8i_1,8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1,8i_1+64/N_T,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1,0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0				
-	$W_{8i_1+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+2,0}^{(3)}$
3				
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0				
-	$W_{8i_1+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+4,0}^{(3)}$
3				
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0				
-	$W_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+6,0}^{(3)}$
3				

其中,

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

, 或者为:

$$\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

或,

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+2}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+4}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0				
-	$W_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+6}^{(3)}$
3				
$W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1,1,-1,-1) V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-1,-1) V_{m''}],$ 其中, $\tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-1,-1) V_{m''}]$ $W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix},$, 或者为: $\tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 4 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 8$,

$k=0,2,4,6$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(4)}$	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,1}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

或

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(4)}$	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,1}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

11、如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维

16-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量， φ_n 为 QPSK 元素

5 时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$\mathbf{W}_{2i_1,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1,3}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,3}^{(1)}$
—								
7								
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$\mathbf{W}_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,3}^{(1)}$
-								
7								
其中, $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者为: $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

- 5 所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,
 $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-7	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-7	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-7	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-7	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

12、如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量， φ_n 为 QPSK 元素时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 64$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 – 31	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 – 31	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,
 $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 – 31	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-31	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-31	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

13、如权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量, φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 64$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7

0	$W_{4i_1,0}^{(1)}$	$W_{4i_1,1}^{(1)}$	$W_{4i_1,2}^{(1)}$	$W_{4i_1,3}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,3}^{(1)}$
—								
15								
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_{4i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,3}^{(1)}$
—								
15								
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k=0,1,2,3$,
 $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0–15	$W_{4i_1,4i_1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{4i_1+2,4i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+2,4i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+3,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+3,4i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{4i_1,4i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{4i_1,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$ $, \text{ 或者为: } W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

14、一种信息发送方法，其特征在于，包括以下步骤：

接收包含码本索引信息的信号，提取码本索引信息；

根据码本索引信息，从码本或者码本的子集中选出相应的预编码

5 矩阵，所述码本为权利要求 1 至 13 任一所述的码本；

根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码；

将预编码后的信号发送给接收端。

15、一种信道状态信息反馈方法，其特征在于，包括以下步骤：

接收发送端发送的信息；

10 基于接收到的信息估计信道信息；

根据信道信息，从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩

阵，所述码本为权利要求 1 至 13 任一所述的码本；

发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信息的信号。

16、一种码本的生成设备，其特征在于，包括：

确定模块，用于确定生成码本所需参数；

生成模块，用于根据确定的参数生成码本如下：

Rank 为 1 时：

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_2}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或，

5 Rank 为 2 时：

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为： $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$

0 ~ M-1	$W_{i_1, i_1, i_2}^{(2)}$
i_1	i_2
	$N \sim (K+1)N-1$
0 ~ M-1	$W_{i_1, i_1+k, i_2 \bmod N}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$ k 为整数, 共 K 种取值	

或,

Rank 为 3 时,

i_1	i_2
	$0 \sim 2N-1$
0 ~ M-1	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2N \sim 4N-1$
0 ~ M-1	$W_{(i_1-2M/N_T) \bmod M, i_1, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$, 或者为: $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或,

i ₁	i ₂
	0~ 2N-1
0 ~ M-1	W ⁽³⁾ _{(i₁ + 2M/N_T) mod M, i₁, i₂ mod 2N}
i ₁	i ₂
	2N ~ 4N-1
0 ~ M-1	W ⁽³⁾ _{(i₁ - 2M/N_T) mod M, i₁, i₂ mod 2N}

其中，

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m''}]$$

， 或者为：

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim N-1$	$N \sim 2N-1$

0 ~ M-1	$W_{i_1, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	2N ~ 3N-1	3N ~ 4N-1
0 ~ M-1	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+2M/N_T) \bmod M, i_1, i_1, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$ ，或者为： $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

Rank 为 4 时，

i_1	i_2
	0 ~ N-1
0 ~ M-1	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim N-1$
$0 \sim M-1$	$W_{i_1, (i_1+2M/N_T) \bmod M, i_2}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T/2-1)m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引， N_T 表示发送天线

5 数， T 表示向量转置， I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵， $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵， m ， n ， m' 和 m'' 为整数， $j = \sqrt{-1}$ 。

17、如权利要求 16 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量，

10 φ_n 为 16-PSK 元素时：

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-15	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者表示为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{i_1, i_1+1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

18、如权利要求 16 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量，或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量，

φ_n 为 8-PSK 元素时：

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 4$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 16$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时：

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,2}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,3}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

- 19、如权利要求 16 所述的设备, 其特征在于, 生成模块进一步
 5 用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量,

φ_n 为 Q-PSK 元素时:

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+1,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

5 或,

所述码本在 Rank 为 3 时,

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0— 15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0— 15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$

其中，

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$, \text{ 或者为: } W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$$

或，

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0— 15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 — 15	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 2}^{(3)}$	$W_{(i_1-32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 3}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或，

i_1	i_2	
	0	1
0—15	$W_{i_1, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$W_{i_1, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	2	3
0—15	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$W_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	4	5

0-15	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(3)}$
i_1	i_2	
	6	7
0-15	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(i_1+32/N_T) \bmod 16, i_1, i_1, 1}^{(3)}$
其中, $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}] \quad , \text{ 或}$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$ 者为: $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$		

或,

所述码本在 Rank 为 4 时,

i_1	i_2	
	0	1
0-15	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 0}^{(4)}$	$W_{i_1, (i_1+32/N_T) \bmod 16, 1}^{(4)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

或,

i_1	i_2	
	0	1

0-15	$W_{i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,0}^{(4)}$	$W_{i_1,(i_1+32/N_T)\bmod 16,1}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$		

20、如权利要求 16 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量，

φ_n 为 16-PSK 元素时，

$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 8$

$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi (N_T-1)m/M}]^T, M = 64$

$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$

所述码本在 Rank 为 1 时：

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-31	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$	$W_{i_1,4}^{(1)}$	$W_{i_1,5}^{(1)}$	$W_{i_1,6}^{(1)}$	$W_{i_1,7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0-31	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-31	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0-31	$W_{i_1, i_1+1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

21、如权利要求 16 所述的设备, 其特征在于, 生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量,

φ_n 为 16-PSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=8$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M=32$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-63	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$	$W_{i_1, 4}^{(1)}$	$W_{i_1, 5}^{(1)}$	$W_{i_1, 6}^{(1)}$	$W_{i_1, 7}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15

0 - 63	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,9}^{(1)}$	$W_{i_1,10}^{(1)}$	$W_{i_1,11}^{(1)}$	$W_{i_1,12}^{(1)}$	$W_{i_1,13}^{(1)}$	$W_{i_1,14}^{(1)}$	$W_{i_1,15}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, k=1:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 63	$W_{i_1, i_1, 4}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 7}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 63	$W_{i_1, i_1 + 1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1 + 1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1 + 1, 2}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1 + 1, 3}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 63	$W_{i_1, i_1 + 1, 5}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1 + 1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1 + 1, 6}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1 + 1, 7}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

22、如权利要求 16 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量，

φ_n 为 QPSK 元素时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 64$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

5 所述码本在 Rank 为 1 时：

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-63	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,1}^{(1)}$	$W_{i_1,2}^{(1)}$	$W_{i_1,3}^{(1)}$
其中， $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$ ，或者为： $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$				

或，

所述码本在 Rank 为 2 时，k=1：

i_1	i_2			
	0	1	2	3

0-63	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

23、如权利要求 16 所述的设备, 其特征在于, 生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量,

φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 32$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, 0}^{(1)}$	$W_{i_1, 1}^{(1)}$	$W_{i_1, 2}^{(1)}$	$W_{i_1, 3}^{(1)}$
其中, $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $k=1$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-31	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+1, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

。

24、一种码本的生成设备，其特征在于，包括：

确定模块，用于确定生成码本所需参数；

生成模块，用于根据确定的参数生成码本如下：

5 Rank 为 1 时：

i_1	i_2
	0 ~ 2KN-1
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, i_2'}^{(1)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod 2N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m]$, 或者为: $W_{m, n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 2 时：

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$
$0 \sim \frac{M}{P_1}-1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$, k 为整数, 共有 K 种取值 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$

0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2'}^{(2)}$
i_1	i_2
	$KN \sim KN + K'N - 1$
0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k', P_2 i_1 + k'', i_2'}^{(2)}$
其中, $i_2' = i_2 \bmod N$ k 为整数, 共有 K 种取值 k', k'' 为整数, 且 $k' \neq k''$, K' 为 (k', k'') 组合的个数 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(I, \varphi_n I) V_m \quad \text{diag}(I, -\varphi_n I) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

或,

Rank 为 3 时:

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$

$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim 2KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 + 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
i_1	i_2
	$2KN \sim 4KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{(P_2 i_1 - 2M/N_T + k) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod 2N}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ ，或者为： $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2	
	$0 \sim KN - 1$	$N \sim 2KN - 1$

0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$W_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$
i_1	i_2	
	$2KN \sim 3KN - 1$	$3KN \sim 4KN - 1$
0 $\sim \frac{M}{P_1} - 1$	$\tilde{W}_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(3)}$	$\tilde{W}_{(P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, P_2 i_1 + k, P_2 i_1 + k, i_2 \bmod N}^{(3)}$
其中， $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$ $\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$ $W_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$ ，或者为：$\tilde{W}_{m, m', m'', n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$		

或，

Rank 为 4 时：

i_1	i_2
	$0 \sim KN - 1$
$0 \sim \frac{M}{P_1} - 1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中， $W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为：$W_{m, m', n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} v_m & v_m & v_{m'} & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$	

或，

i_1	i_2
	$0 \sim KN-1$
$0 \sim \frac{M}{P_1}-1$	$W_{P_2 i_1 + k, (P_2 i_1 + k + 2M/N_T) \bmod M, i_2 \bmod N}^{(4)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$	

其中,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N \in \{1, 2, 4, 8, \dots\}$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M \in \{4, 8, 16, \dots\}$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M};$$

i_1 和 i_2 分别是第一码本索引和第二码本索引, N_T 表示发送天线

5 数, T 表示向量转置, I 表示 $1 \times \frac{N_T}{2}$ 维的全 1 矩阵, $\text{diag}(v)$ 表示生成以向量 V 的元素为对角线元素的对角阵, m, n, m' 和 m'' 为整数,

$j = \sqrt{-1}$, $\bmod$ 表示取余数, $1 \leq P_1 \leq M, 1 \leq P_2 \leq M$, 且 $\frac{M}{P_1}$, P_1, P_2 为整数。

25、如权利要求 24 所述的设备, 其特征在于, 生成模块进一步
10 用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 32-DFT 向量, 或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 32-DFT 向量,

φ_n 为 QPSK 元素时,

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 32$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 2$,

$k=0,1,2,3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
—								
15								
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
-								
15								
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} V_m \\ \varphi_n \alpha_m V_m \end{bmatrix}$								

或,

5 所述码本在 Rank 为 2 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 2$,

$k=0,1,2,3$, $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W_{2i_1,2i_1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}] ,$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 3 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N=1, P_1 = P_2 = 8,$

$k=0,2,4,6:$

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-3	$W_{8i_1,8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1,8i_1+64/N_T,8i_1+64/N_T,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T,8i_1,8i_1,0}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0				
-	$W_{8i_1+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2,8i_1+2,8i_1+2,0}^{(3)}$
3				
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0				
-	$W_{8i_1+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4,8i_1+4,8i_1+4,0}^{(3)}$
3				
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0				
-	$W_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+6,0}^{(3)}$
3				

其中，

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}],$$

$$\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m''}]$$

$$W_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & -\varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

，或者为：

$$\tilde{W}_{m,m',m'',n}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ \varphi_n \alpha_m v_m & \varphi_n \alpha_{m'} v_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m''} v_{m''} \end{bmatrix}$$

或，

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1, 8i_1+64/N_T, 8i_1+64/N_T}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T, 8i_1, 8i_1}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2, 8i_1+64/N_T+2, 8i_1+64/N_T+2}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+2, 8i_1+2, 8i_1+2}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4, 8i_1+64/N_T+4, 8i_1+64/N_T+4}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+4, 8i_1+4, 8i_1+4}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15

0				
-	$W_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$W_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,8i_1+64/N_T+6}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+64/N_T+6,8i_1+6,8i_1+6}^{(3)}$
3				
$W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [\text{diag}(1,1,-1,-1) V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-1,-1) V_{m''}],$ 其中, $\tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} [V_m \quad V_{m'} \quad \text{diag}(1,1,-1,-1) V_{m''}]$ $W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ -\alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix},$, 或者为: $\tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 3}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_{m''} \\ \alpha_m V_m & \alpha_{m'} V_{m'} & -\alpha_{m''} V_{m''} \end{bmatrix}$				

或,

所述码本在 Rank 为 4 时, $\varphi_n = e^{j\pi n/N}$, $N=2$, $P_1 = P_2 = 8$,

$k=0,2,4,6$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(4)}$	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,1}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} & V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

或

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,0}^{(4)}$	$W_{8i_1,8i_1+64/N_T,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+64/N_T+2,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+64/N_T+4,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+64/N_T+6,1}^{(4)}$
其中， $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_{m'} \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$ ，或者为： $W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 4}} \begin{bmatrix} V_m & V_m & V_{m'} & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_m V_m & \varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

26、如权利要求 24 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 V_m 为 $N_T \times 1$ 维 16-DFT 向量，或 V_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 16-DFT 向量，

5 φ_n 为 QPSK 元素时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$\mathbf{V}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 16$$

$$\mathbf{v}_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$\mathbf{W}_{2i_1,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1,3}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+1,3}^{(1)}$
—								
7								
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$\mathbf{W}_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$\mathbf{W}_{2i_1+3,3}^{(1)}$
-								
7								
其中, $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) \mathbf{V}_m]$, 或者为: $\mathbf{W}_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_m \\ \varphi_n \alpha_m \mathbf{v}_m \end{bmatrix}$								

或,

- 5 所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,
 $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-7	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-7	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-7	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-7	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中, $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m \quad \text{diag}(1, 1, -\varphi_n, -\varphi_n) V_{m'}]$, 或者为: $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

27、如权利要求 24 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量，

φ_n 为 QPSK 元素时，

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2\pi(N_T-1)m/M} \end{bmatrix}^T, M = 64$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/M} & \dots & e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M} \end{bmatrix}^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M},$$

所述码本在 Rank 为 1 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$:

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 – 31	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 – 31	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1, 1, \varphi_n, \varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 2$, $k = 0, 1, 2, 3$,
 $(k', k'') \in \{(0, 1), (1, 2), (0, 3), (1, 3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 – 31	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-31	$W_{2i_1+2,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2,2i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3,2i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-31	$W_{2i_1,2i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-31	$W_{2i_1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1,2i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1,2i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

28、如权利要求 24 所述的设备，其特征在于，生成模块进一步用于当 v_m 为 $N_T \times 1$ 维 64-DFT 向量，或 v_m 为 $N_T/2 \times 1$ 维 64-DFT 向量，

φ_n 为 QPSK 元素时：

$$\varphi_n = e^{j\pi n/N}, N = 2$$

$$V_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2\pi(N_T-1)m/M}]^T, M = 64$$

$$v_m = [1 \quad e^{j2\pi m/M} \quad \dots \quad e^{j2(N_T/2-1)\pi m/M}]^T, \quad \alpha_m = e^{jN_T\pi m/M}$$

所述码本在 Rank 为 1 时， $P_1 = P_2 = 4$ ， $k = 0, 1, 2, 3$ ：

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7

0	$W_{4i_1,0}^{(1)}$	$W_{4i_1,1}^{(1)}$	$W_{4i_1,2}^{(1)}$	$W_{4i_1,3}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+1,3}^{(1)}$
—								
15								
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_{4i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{4i_1+3,3}^{(1)}$
—								
15								
其中, $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n) V_m]$, 或者为: $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n \alpha_m v_m \end{bmatrix}$								

或,

所述码本在 Rank 为 2 时, $P_1 = P_2 = 4$, $k=0,1,2,3$,
 $(k',k'') \in \{(0,1),(1,2),(0,3),(1,3)\}$:

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0–15	$W_{4i_1,4i_1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+1,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0-15	$W_{4i_1+2,4i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+2,4i_1+2,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+3,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+3,4i_1+3,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W_{4i_1,4i_1+1,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1+1,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+2,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+2,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W_{4i_1,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1,4i_1+3,1}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+3,0}^{(2)}$	$W_{4i_1+1,4i_1+3,1}^{(2)}$
其中, $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} [\text{diag}(1,1,\varphi_n,\varphi_n)V_m \quad \text{diag}(1,1,-\varphi_n,-\varphi_n)V_{m'}]$, 或者为: $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{N_T \times 2}} \begin{bmatrix} V_m & V_{m'} \\ \varphi_n \alpha_m V_m & -\varphi_n \alpha_{m'} V_{m'} \end{bmatrix}$				

。

29、一种信息发送设备，其特征在于，包括：

接收模块，用于接收包含码本索引信息的信号，提取码本索引信息；

5 选择模块，用于根据码本索引信息，从码本中选出相应的预编码矩阵，所述码本为权利要求 1 至 13 任一所述的码本；

预编码模块，用于根据预编码矩阵对待发送的数据进行预编码；

发送模块，用于将预编码后的信号发送给接收端。

30、一种信道状态信息反馈设备，其特征在于，包括：

10 接收模块，用于接收发送端发送的信息；

估计模块，用于基于接收到的信息估计信道信息；

选择模块，用于根据信道信息，从码本或者码本的子集中选出相应的预编码矩阵，所述码本为权利要求 1 至 13 任一所述的码本；

发送模块，用于发送包含所选的预编码矩阵所对应的码本索引信

息的信号。

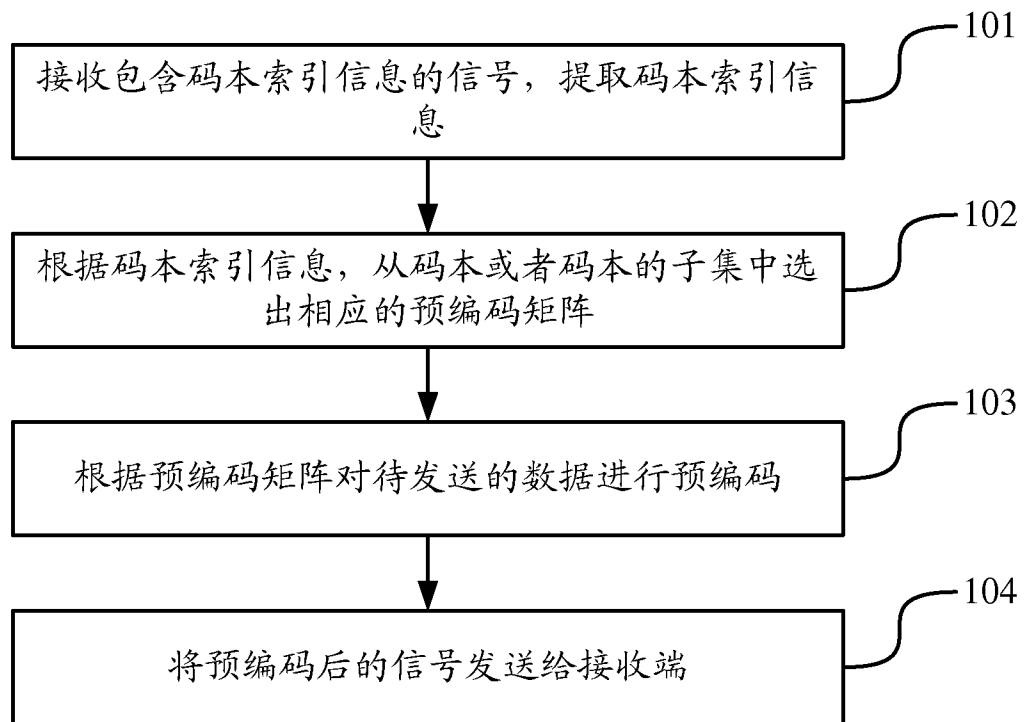


图 1

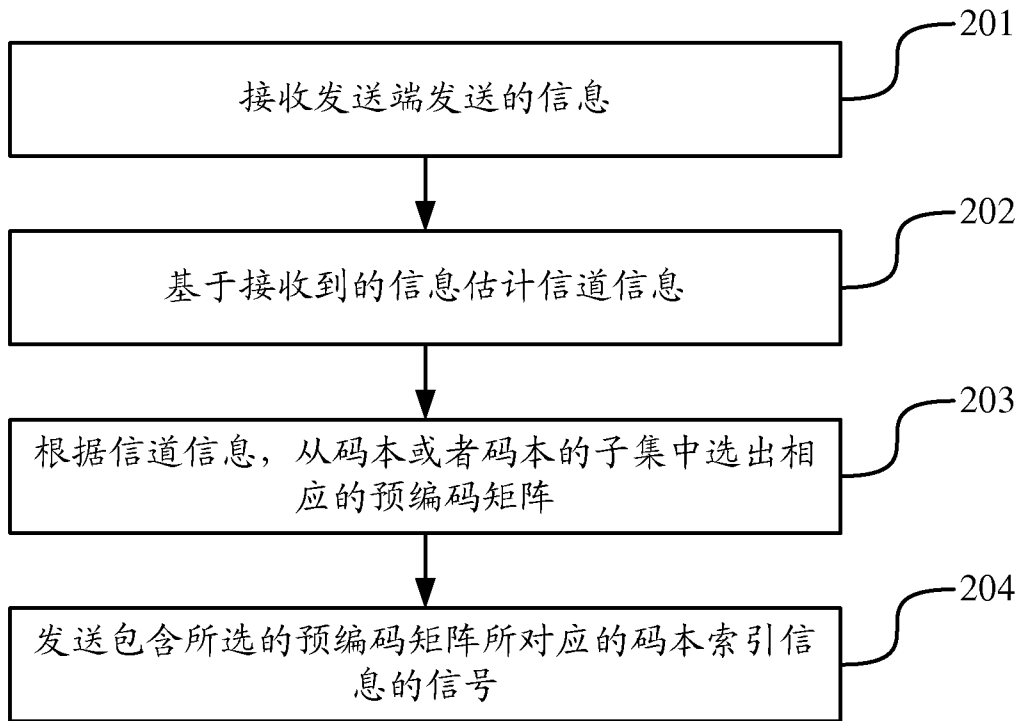


图 2

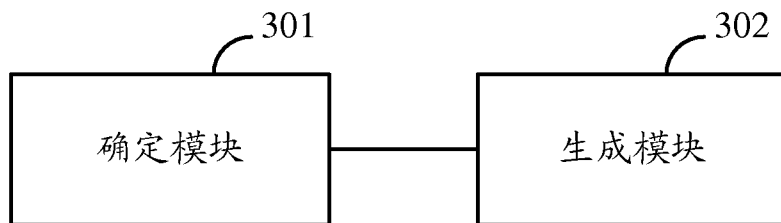


图 3

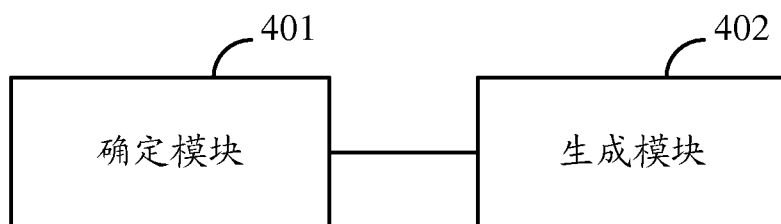


图 4

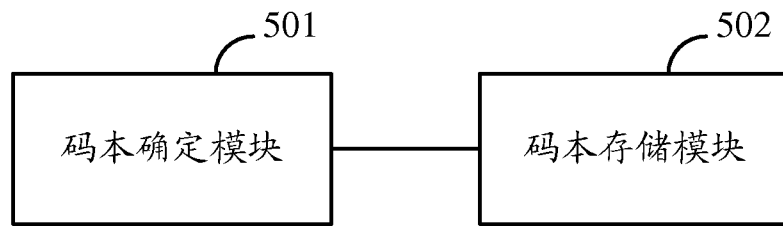


图 5

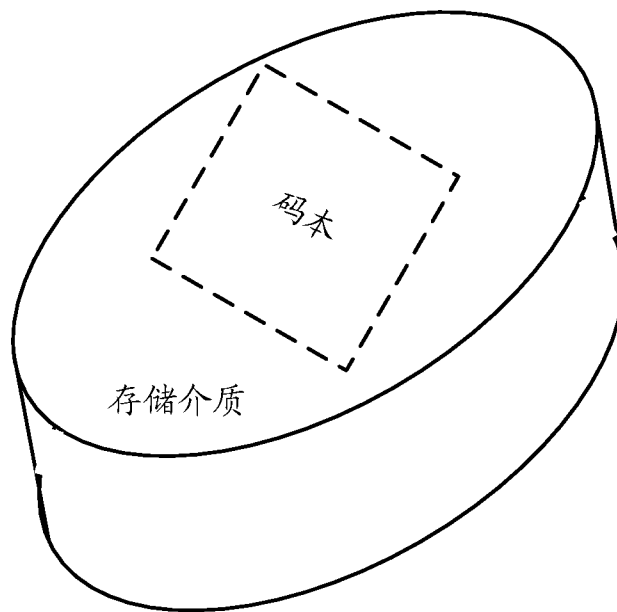


图 6

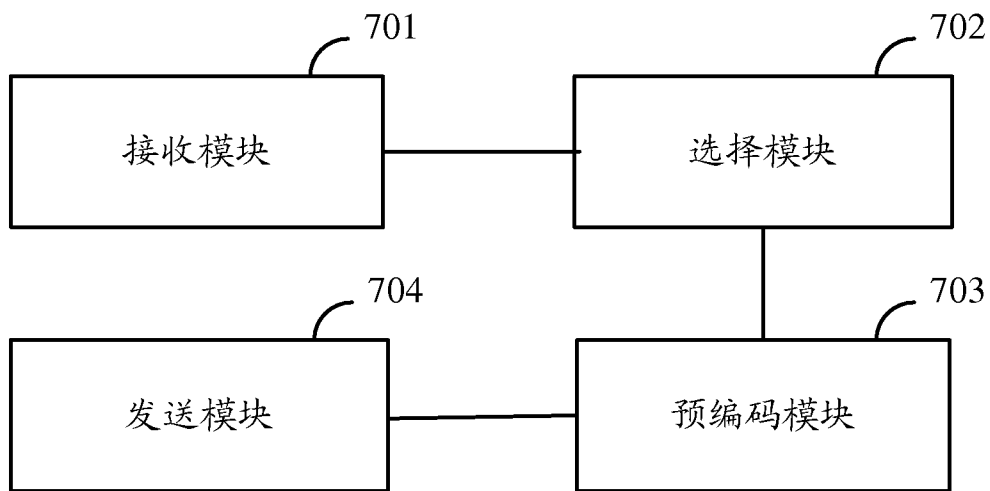


图 7

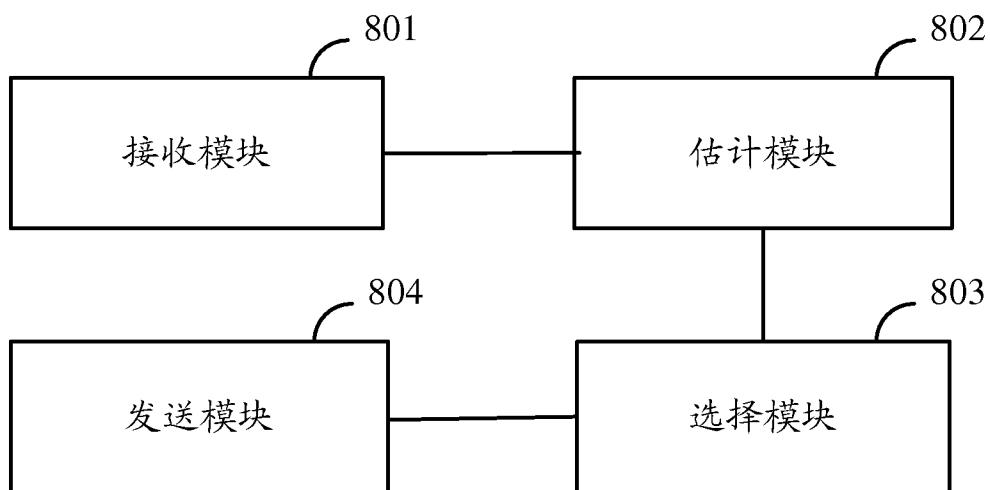


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2012/073431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04L; H04B; H04W

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN: codebook, PMI, precoding matrix index, precoding matrix indicator, rank, antenna?, householder, phase

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	CN102122983A (CHINA ACADEMY OF TELECOMMUNICATION TECH.) 13 Jul. 2011 (13.07.2011) claims 1-30	1-30
A	CN101924611A (INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCE) 22 Dec. 2010 (22.12.2010) description, paragraphs[0038]-[0064]	1-30
A	CN102013953A (ZTE CORP.) 13 Apr. 2011 (13.04.2011) the whole document	1-30
A	US2008037675A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 14 Feb. 2008 (14.02.2008) the whole document	1-30

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 Jun. 2012 (14.06.2012)

Date of mailing of the international search report
13 Sep. 2012 (13.09.2012)

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
HU, Shaoqin
Telephone No. (86-10) 62412000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2012/073431

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN102122983A	13.07.2011	NONE	
CN101924611A	22.12.2010	NONE	
CN102013953A	13.04.2011	WO2012022208A1	23.02.2012
US2008037675A1	14.02.2008	WO2008022132A3	29.05.2008
		WO2008022132A2	21.02.2008
		US7949064B2	24.05.2011

A. 主题的分类

H04B 7/06 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H04L; H04B; H04W

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS; CNTXT; CNKI: 码本, 码本索引, 预编码矩阵指示, 预编码矩阵索引, PMI, 秩, rank, 相位, 天线, 子带, householder, 生成, 第一码本索引, 全带

VEN: codebook, PMI, precoding matrix index, precoding matrix indicator, rank, antenna?, householder

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
P,X	CN102122983A (电信科学技术研究院) 13.7 月 2011 (13.07.2011) 权利要求 1-30	1-30
A	CN101924611A (中国科学院计算技术研究所) 22.12 月 2010 (22.12.2010) 说明书第[0038]-[0064]段	1-30
A	CN102013953A (中兴通讯股份有限公司) 13.4 月 2011 (13.04.2011) 全文	1-30
A	US2008037675A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 14.2 月 2008 (14.02.2008) 全文	1-30

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

14.6 月 2012(14.06.2012)

国际检索报告邮寄日期

13.9 月 2012 (13.09.2012)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

胡绍芹

电话号码: (86-10) 62412000

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2012/073431

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102122983A	13.07.2011	无	
CN101924611A	22.12.2010	无	
CN102013953A	13.04.2011	WO2012022208A1	23.02.2012
US2008037675A1	14.02.2008	WO2008022132A3	29.05.2008
		WO2008022132A2	21.02.2008
		US7949064B2	24.05.2011