

(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



(10) 国际公布号
WO 2016/172937 A1

(43) 国际公布日
2016年11月3日 (03.11.2016)

- (51) 国际专利分类号:
H04L 1/00 (2006.01)
 - (21) 国际申请号: PCT/CN2015/078022
 - (22) 国际申请日: 2015年4月30日 (30.04.2015)
 - (25) 申请语言: 中文
 - (26) 公布语言: 中文
 - (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
 - (72) 发明人: 塔尔·爱德 (TAL, Ido); 以色列海法, Haifa 32000 (IL)。瓦迪·亚历山大 (VARDY, Alexander); 美国加利福尼亚州拉霍亚吉尔曼车道 9500, California 92093-0407 (US)。沈晖 (SHEN, Hui); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。李斌 (LI, Bin); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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。
 - (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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING DATA BY UTILIZING MULTIPLE POLAR CODE

(54) 发明名称: 一种利用多元极化码进行数据传输的方法、装置

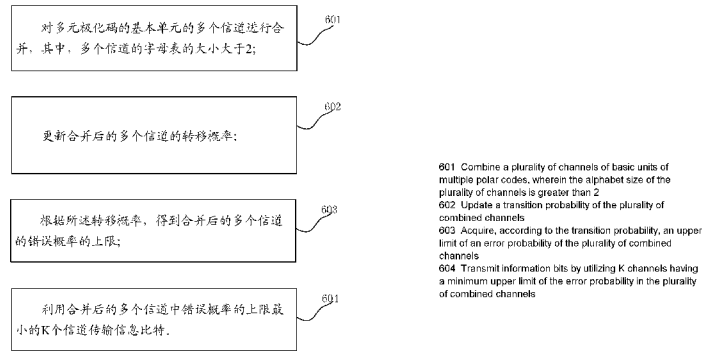
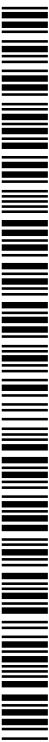


图 6

(57) Abstract: Disclosed is a method for transmitting data by utilizing multiple polar codes, the method comprising: combining a plurality of channels of basic units of the multiple polar codes; updating a transition probability of the plurality of combined channels; acquiring, according to the transition probability, an upper limit of an error probability of the plurality of combined channels; and transmitting information bits by utilizing K channels having a minimum upper limit of the error probability in the plurality of combined channels. The number of channels K of the multiple polar codes with high order modulation becomes controllable because of the combination, thus capable of controlling a coding complexity in a data transmission process. The use of multiple polar codes may reduce information loss occurring when a high order modulation is demodulated.

(57) 摘要: 本发明公开了一种利用多元极化码进行数据传输的方法, 包括对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并, 然后: 更新合并后的多个信道的转移概率; 根据所述转移概率, 得到合并后的多个信道的错误概率的上限; 利用合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特; 通过合并使得高阶调制下的多元极化码的信道数目可控, 从而可以控制数据传输过程中编码的复杂度, 由于使用的是多元极化码, 因此可以减小在高阶调制解调时的信息损失。



WO 2016/172937 A1

一种利用多元极化码进行数据传输的方法、装置

技术领域

5 本发明涉及通信领域，并且更具体地，涉及一种利用多元极化码进行数据传输的方法、装置。

背景技术

通信系统通常采用信道编码提高数据传输的可靠性，保证通信的质量。最近，Arikan 提出的极化码（英文：Polar Code；简称：Polar 码）是第一个理论上证明可以取得香农容量且具有低编译码复杂度（编译码复杂度均为 $O(N \log N)$ ，其中 N 为码长）的好码。当码长较短的时候，传统的连续消除译码（英文：Successive Cancellation Decode；简称：SC 译码）的性能并没有超过低密度奇偶校验码（英文：Low Density Parity Check Code；简称：LDPC 码）和 Turbo 码。最新的研究表明，在采用 SC-list 译码的情况下，Polar 码在中等码长的情况下，其性能甚至比 LDPC 或 Turbo 码的性能还好。

一、Polar 码编码

Polar code 是一种线性块码，其编码过程为：

$$x_1^N = u_1^N G_N$$

20 其中， x_1^N 为编码后比特， u_1^N 为编码比特， G_N 为生成矩阵，其中， $G_N = B_N F^{\otimes n}$ ，其中， $N = 2^n$ ， $n \geq 1$ ， B_N 为转置矩阵，例如比特反转矩阵（英文：bit reversal matrix）， $F^{\otimes n}$ 为 Kronecker 积，其定义为 $F^{\otimes n} = F \otimes F^{\otimes (n-1)}$ ，

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}。$$

Polar 码用陪集码可以表示为 (N, K, A, u_{A^c}) ，其中， K 为信息比特的个数，其编码过程为： $x_1^N = u_A G_N(A) \oplus u_{A^c} G_N(A^c)$ ，其中， A 为信息比特索引的集合， $G_N(A)$ 为 G_N 中由集合 A 中的索引对应的行所组成的子矩阵， $G_N(A^c)$ 为 G_N 中由集合 A^c 中的索引对应的行所组成的子矩阵， u_{A^c} 为固定比特（英文：frozen bit），其数量为 $(N-K)$ 。 u_{A^c} 为已知的比特，为了简单，可以将固定比特全部设为 0。

当 $N=8$ 时，Polar 码的编码过程如图 1 所示。

二、Polar 码译码

30 假定 (y_1, y_2, \dots, y_N) 为接收到的 $x_1^N = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ ，SC 译码器 1) 首先计算 u_1 的

对数似然比 $L(u_1) = \log \frac{W_N^{(1)}(y_1^N | u_1 = 0)}{W_N^{(1)}(y_1^N | u_1 = 1)}$, 其中, $y_1^N = (y_1, y_2, \dots, y_N)$, 然后根据该值的

符号判决得到 u_1 的估值 \hat{u}_1 ; 2) 根据已获得的 \hat{u}_1 , 计算 u_2 的对数似然比

$L(u_2) = \log \frac{W_N^{(2)}(y_1^N, \hat{u}_1 | u_2 = 0)}{W_N^{(2)}(y_1^N, \hat{u}_1 | u_2 = 1)}$, 然后根据该值的符号判决得到 u_2 的估值 \hat{u}_2 ; 3) 这

样逐个译出 u_3, u_4, \dots, u_N , 在判决过程中, 如果该比特是固定比特, 则判决该比

5 特为 0。其中, 如果 $i \in A$, 则如下作判决:

$$\hat{u}_i = \begin{cases} 0, & \text{若 } L_N^{(i)}(u_i) \geq 1 \\ 1, & \text{其他} \end{cases}$$

如果 $i \in A^c$, 简单令 $\hat{u}_i = u_i$ 。

和 SC 译码类似, List 译码也是顺序译码, 其过程简述如下:

10 译码器保留若干个已译码的序列, 每译一个新信息比特, 每个保留的序列将根据这个新的比特的 0 或 1 的可能性扩展为二个候选序列。为了避免保留的序列数量太多, 译码器将最多保留一定数量的序列, 这样可以避免或减少 SC 译码器中对新译码的信息比特的判决。

15 1) (路径分裂) 每次如果 \hat{u}_i 是信息比特或自由比特 (英文: free bit), 将当前的译码路径分裂成两条路径: $\hat{u}_i = 0$ 的一条和 $\hat{u}_i = 1$ 的一条; 当总的路径数超出预定义的门限 L 的时候, 丢弃最不可靠的路径, 仅保持 L 条最可靠的路径; 并且更新所有路径上的概率值或者对数似然比 (英文: Log Likelihood Ratio; 简称: LLR)。

2) (无路径分裂) 如果 \hat{u}_i 是固定比特, 所有译码路径并不分裂, 设 $\hat{u}_i = u_i$, 保持路径数不变并且更新所有路径的概率值或者 LLR;

20 当 $L=4$ 时, 非固定比特的译码路径如图 2 所示, 幸存路径数为 L 的 Polar 码和循环冗余校验 (英文: Cyclic Redundancy Check; 简称: CRC) 级联情况下的 List 译码流程图如图 3 所示。

因此, Polar 码对 $u_1^N = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ 逐个顺序处理, SC 译码的复杂度为 $O(N \log_2 N)$, List 译码的复杂度为 $O(L * N * \log_2 N)$ 。

25 虽然 SC 译码在码长 N 很长的情况下能够取得好的性能, 逼近香农限; 但是当 N 较短或者中等长度的时候, Polar 码的 SC 译码的性能没有超过 Turbo 码和 LDPC 码的性能, 需要进一步提高译码性能。

List 译码的相对于 SC 译码的性能有一定提高, 其复杂度大约是 SC 译码复杂度的 L 倍, 需要简化其复杂度。

现有和高阶调制相结合 Polar 码的方案是采用多层码的方案,即将高阶调制看成多个二进制(英文: binary)的加性高斯白噪声(英文: Additive White Gaussian Noise; 简称: AWGN)信道,每个 binary 的 AWGN 信道用一个 binary 的 polar 码;

- 5 利用多层码的 Polar 码和高阶调制相结合的方案,在高阶调制解调的时候有信息损失,最后整个方案有一定的信息损失,因此性能相对最佳方案必定有一定损失。

发明内容

- 10 本发明实施例提供一种利用多元极化码进行数据传输的方法,能够实现使得高阶调制下的多元极化码的信道数目可控,从而可以控制数据传输过程中编码的复杂度,由于使用的是多元极化码,因此可以减小在高阶调制解调时的信息损失。

- 15 第一方面,本发明实施例提供了一种利用多元极化码进行数据传输的方法,包括:

对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并,其中,所述多个信道的字母表的大小大于 2;

更新合并后的多个信道的转移概率;

根据所述转移概率,得到所述合并后的多个信道的错误概率的上限;

- 20 利用所述合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特。

结合第一方面,在第一方面的第一种可能的实现方式中,所述对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并包括:

对多元极化的基本单元的多个信道进行预合并或贪婪合并。

- 25 结合第一方面的第一种可能的实现方式,在第一方面的第二种可能的实现方式中,所述对多元极化的基本单元的多个信道进行预合并包括:

根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离,对所述多个信道进行合并。

- 30 结合第一方面的第一种可能的实现方式,在第一方面的第三种可能的实现方式中,所述根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离,对所述多个信道进行合并包括:

当两个字母之间的后验概率距离小于预设的置信参数时，将这两个字母对应的信道进行合并，合并后的两个字母对应的信道转移概率相加。

结合第一方面的第二种或第三种可能的实现方式，在第一方面的第四种可能的实现方式中，所述后验概率距离根据以下方法得到：

- 5 一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}, \quad p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

将接收 y_1 、 y_2 的概率分别归一化为 $1/2$ ，则得到归一化后结果为：

$$\eta_1 = \frac{1}{2p_1}, \quad \eta_2 = \frac{1}{2p_2}$$

- 10 计算当 y_1 、 y_2 被合并时的容量差：

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u)\eta_1 \log_2 \left(\frac{W(y_1|u)\eta_1}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right) + W(y_2|u)\eta_2 \log_2 \left(\frac{W(y_2|u)\eta_2}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right))$$

进而容量差为： $1 + \sigma/q$ 其中， σ 为噪声方差。

则 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离为：

$$\text{APPdistance}(y_1, y_2) = 1 + \sigma/q.$$

- 15 结合第一方面或第一方面的第一种至第四种任一项可能的实现方式，在第一方面的第五种可能的实现方式中，对多个信道进行合并通过如下过程实现：

对两个字母 y_1 、 y_2 进行合并，其中， $u=1,2,\dots,q$ ，针对每一个 u 执行：

$$W(y_1|u) = W(y_1|u) + W(y_2|u)$$

- 20 $W(y_2|u) = W(y_M|u)$

其中，针对所有的 u 完成上述操作后， M 的值减 1；依次类推，通过合并两个字母类合并任意多个信道。

结合第一方面的第一种可能的实现方式，在第一方面的第六种可能的实现方式中，所述对多元极化的基本单元的多个信道进行贪婪合并合并包括：

- 25 根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离，对所述多个信道进行合并。

结合第一方面的第六种可能的实现方式，在第一方面的第七种可能的实现方式中，所述根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离，对所述多个信道进行合并包括：

当两个字母之间的合并距离小于最佳门限值时，将这两个字母对应的预合并后的信道进行合并，依次类推，直到输出的字母表的大小小于或等于预设的可靠性参数，其中，最佳门限值的初始值为 0，其后为上一次合并距离最小的两个字母之间的合并距离。

5 结合第一方面的第六种或第七种可能的实现方式，在第一方面的第八种可能的实现方式中，所述合并距离根据以下方法得到：

一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母（在输出字母表中）的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}, \quad p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

10 计算熵差：

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u) \log_2 \left(\frac{W(y_1|u)}{W(y_1|u) + W(y_2|u)} \right) + W(y_2|u) \log_2 \left(\frac{W(y_2|u)}{W(y_1|u) + W(y_2|u)} \right))$$

则 y_1 、 y_2 之间的合并距离为：

$$\text{MergeDistance}(y_1, y_2) = \frac{\sigma}{q} - p_1 \log_2 \left(\frac{p_1}{p_1 + p_2} \right) - p_2 \log_2 \left(\frac{p_2}{p_1 + p_2} \right)。$$

15 结合第一方面或第一方面的第一种至第八种任一项可能的实现方式，在第一方面的第九种可能的实现方式中，所述利用所述合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特，具体可以包括：利用所述合并后的多个信道的错误概率的上限计算各个符号信道的错误概率；选择错误概率最小的 K 个符号信道来传输信息比特。

20 第二方面，本发明实施例提供了一种利用多元极化码进行数据传输的装置，包括：

合并单元，用于对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，其中，所述多个信道的字母表的大小大于 2；

更新单元，用于更新合并后的多个信道的转移概率；

25 处理单元，用于根据所述转移概率，得到所述合并后的多个信道的错误概率的上限；

传输单元，用于利用所述合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特。

结合第二方面，在第二方面的第一种可能的实现方式中，所述合并单元包括：预合并单元或贪婪合并单元；

其中，所述预合并单元用于对多元极化的基本单元的多个信道进行预合并；所述贪婪合并单元用于对多元极化的基本单元的多个信道进行贪婪合并。

结合第二方面的第一种可能的实现方式，在第二方面的第二种可能的实现方式中，所述预合并单元用于：

根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离，对所述多个信道进行合并。

结合第二方面的第一种可能的实现方式，在第二方面的第三种可能的实现方式中，所述根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离，对所述多个信道进行合并包括：

当两个字母之间的后验概率距离小于预设的置信参数时，将这两个字母对应的信道进行合并，合并后的两个字母对应的信道转移概率相加。

结合第二方面的第二种或第三种可能的实现方式，在第二方面的第四种可能的实现方式中，所述后验概率距离根据以下方法得到：

一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}, \quad p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

将接收 y_1 、 y_2 的概率分别归一化为 $1/2$ ，则得到归一化后结果为：

$$\eta_1 = \frac{1}{2p_1}, \quad \eta_2 = \frac{1}{2p_2}$$

计算当 y_1 、 y_2 被合并时的容量差：

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u)\eta_1 \log_2 \left(\frac{W(y_1|u)\eta_1}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right) + W(y_2|u)\eta_2 \log_2 \left(\frac{W(y_2|u)\eta_2}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right))$$

进而容量差为： $1 + \sigma/q$ 其中， σ 为噪声方差。

则 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离为：

$$\text{APPdistance}(y_1, y_2) = 1 + \sigma/q。$$

结合第二方面或第二方面的第一种至第四种任一项可能的实现方式，在第二方面的第五种可能的实现方式中，对多个信道进行合并通过如下过程实现：

对两个字母 y_1 、 y_2 进行合并，其中， $u=1,2,\dots,q$ ，针对每一个 u 执行：

$$W(y_1|u) = W(y_1|u) + W(y_2|u)$$

$$W(y_2|u) = W(y_M|u)$$

其中，针对所有的 u 完成上述操作后， M 的值减 1；依次类推，通过合并两个字母类合并任意多个信道。

结合第二方面的第一种可能的实现方式，在第二方面的第六种可能的实现方式中，所述贪婪合并单元用于：

根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离，对所述多个信道进行合并。

结合第二方面的第六种可能的实现方式，在第二方面的第七种可能的实现方式中，所述根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离，对所述多个信道进行合并包括：

当两个字母之间的合并距离小于最佳门限值时，将这两个字母对应的预合并后的信道进行合并，依次类推，直到输出的字母表的大小小于或等于预设的可靠性参数，其中，最佳门限值的初始值为 0，其后为上一次合并距离最小的两个字母之间的合并距离。

结合第二方面的第六种或第七种可能的实现方式，在第二方面的第八种可能的实现方式中，所述合并距离根据以下方法得到：

一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母（在输出字母表中）的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}, \quad p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

计算熵差：

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u) \log_2 \left(\frac{W(y_1|u)}{W(y_1|u) + W(y_2|u)} \right) + W(y_2|u) \log_2 \left(\frac{W(y_2|u)}{W(y_1|u) + W(y_2|u)} \right))$$

则 y_1 、 y_2 之间的合并距离为：

$$\text{MergeDistance}(y_1, y_2) = \frac{\sigma}{q} - p_1 \log_2 \left(\frac{p_1}{p_1 + p_2} \right) - p_2 \log_2 \left(\frac{p_2}{p_1 + p_2} \right)。$$

结合第二方面或第二方面的第一种至第八种任一项可能的实现方式，在第二方面的第九种可能的实现方式中，所述利用所述合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特，具体可以包括：利用所述合并后的多个信道的错误概率的上限计算各个符号信道的错误概率；选择错误概率最小的 K 个符号信道来传输信息比特。

本发明实施例提供的利用多元极化码进行数据传输的方法，包括对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，然后：更新合并后的多个信道的转

移概率；根据所述转移概率，得到合并后的多个信道的错误概率的上限；利用合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特；通过合并使得高阶调制下的多元极化码的信道数目可控，从而可以控制数据传输过程中编码的复杂度，由于使用的是多元极化码，因此可以减小在高阶调制解调时的信息损失。进一步地，通过利用后验概率距离或合并距离来控制合并后的信道容量差，从而可以控制数据传输过程中信息损失。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案，下面将对本发明实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是 N 为 8 时的 Polar 码的编码过程示意图；

图 2 是 L 为 4 时的非固定比特的译码路径示意图；

15 图 3 是幸存路径数为 L 的 Polar 码和 CRC 级联情况下的 List 译码流程图；

图 4 是本发明实施例提供的一种多元 Polar 码的基本单元；

图 5 是本发明实施例提供的一种能够导致信道极化的 16QAM 下的“加法运算”的定义；

图 6 是本发明实施例提供的一种利用多元极化码进行数据传输的方法；

20 图 7 是本发明实施例提供的一种利用多元极化码进行数据传输的装置；

图 8 是本发明实施例提供的一种利用多元极化码进行数据传输的设备。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都应属于本发明保护的范围。

本发明实施例提供的技术方案可以应用于各种通信系统，例如：全球移动通信（Global System of Mobile communication，简称为“GSM”）系统、码分多址（Code Division Multiple Access，简称为“CDMA”）系统、宽带码分多址（Wideband Code Division Multiple Access，简称为“WCDMA”）系统、

通用分组无线业务 (General Packet Radio Service, 简称为“GPRS”)、长期演进 (Long Term Evolution, 简称为“LTE”) 系统、LTE 频分双工 (Frequency Division Duplex, 简称为“FDD”) 系统、LTE 时分双工 (Time Division Duplex, 简称为“TDD”)、通用移动通信系统 (Universal Mobile Telecommunication System, 简称为“UMTS”)、全球互联微波接入 (Worldwide Interoperability for Microwave Access, 简称为“WiMAX”) 通信系统或未来演进的 PLMN (Public Land Mobile Network, 公共陆地移动网络) 通信系统 (简称“5G 网络”) 等。

5 用户设备 (UE, User Equipment), 也可称之为移动终端 (Mobile Terminal)、移动用户设备等, 可以经无线接入网 (例如, RAN, Radio Access Network) 与一个或多个核心网进行通信, 用户设备可以是移动终端, 如移动电话 (或称为“蜂窝”电话) 和具有移动终端的计算机, 例如, 可以是便携式、袖珍式、手持式、计算机内置的或者车载的移动装置, 它们与无线接入网交换语言和/或数据。

15 基站, 可以是 GSM 或 CDMA 中的基站 (BTS, Base Transceiver Station), 也可以是 WCDMA 中的基站 (NodeB), 还可以是 LTE 中的演进型基站 (eNB 或 e-NodeB, evolutionary Node B) 或 5G 网络中的基站, 本发明并不限定。

根据编码调制原理, 在进行数据传输时如果采用的 q 进制的 Polar 码与 M 阶调制不匹配 (举例来说, $q \neq M$), 会引入多进制与二进制软信息的转换问题, 使得信息再处理过程中受到损失而不能充分利用; 而 Polar 码一般是针对二进制信道而言的, 即便是采用多层码的方案, 也是将高阶调制看成多个二进制信道, 因而会造成损失。本发明实施例提供的方法采用 q 进制 Polar 码与 M 阶调制匹配结合的多元 Polar 码构造方式, 可以提高更高的数据传输速率和频谱效率, 有利于带宽有效传输, 同时可以避免发送端和接收到比特与符号之间的软信息转换, 同时其复杂度可控, 也就是说在减小信息损失和控制复杂度方面, 本发明实施例都取得了很好的效果, 如下进行具体方案的描述。

25 为了使 Polar 码应用于高价调制的情况, 本发明实施例提出了一种应用于高阶调制的多元 Polar 码的构造算法; 其是在每一个基本单元极化变换中利用贪婪原则合并输出字母表, 这样在每一级基本极化变换后字母表大小的数目可控, 因此复杂度也可控; 从而设计了一个多项式复杂度的多元 Polar 码的构造算法; 通过本专利所描述多元 polar 码的构造算法能够大大改善

Polar 码和高阶调制结合时候的性能，即减少信息损失及控制算法复杂度。

图 4 为本发明实施例提供的一种多元 Polar 码的基本单元，如图 4 所示，令 $W_1: x_1 \rightarrow y_1$ 和 $W_2: x_2 \rightarrow y_2$ ；

多元 Polar 码的基本单元对应的变换如下：

5 其中， W^- 、 W^+ 的概率由下式得到，

$$W^-(y_1 y_2 | u_1) = \sum_{u_2 \in \mathcal{X}} W_1(y_1 | u_1 + u_2) W_2(y_2 | u_2)$$

$$W^+(y_1 y_2 | u_2) = W_1(y_1 | u_1 + u_2) W_2(y_2 | u_2)$$

10 应注意，其中， u_1 、 u_2 是定义在多元域中（如 q-ary 或 q 元）， u_1 、 u_2 之间的加法为模 q 加法运算。具体地，对两个未经极化的信道 W_1 、 W_2 ，进行单步极化操作，其中， x_1 、 x_2 是信道输入符号， y_1 、 y_2 是信道输出符号；将 u_2 直接赋值给 x_2 ， $x_1 = u_1 \oplus u_2$ ，其中， \oplus 为模 q 加法运算，特别地，要定义该模 q 加法运算以使得信道极化。但是一般而言，模 q（或 mod q）的加法或者在伽罗华域（英文：Galois Field）GF(q) 中的加法一般不导致信道极化。

以 16QAM 为例，需要针对 16QAM 定义能够导致信道极化的加法运算。

15 设 16QAM 的输入字母集合如下：

$$\mathcal{X} = \{(x_1, x_2) : x_1, x_2 \in \{-3, -1, +1, +3\}\}$$

20 那么，能够导致信道极化的 16QAM 下的“加法运算”的定义如图 5 所示，应注意，图 5 中的 $\bar{3}$ 表示 -3， $\bar{1}$ 表示 -1。图 5 中定义了了在码长 N 趋近无穷的时候能够极化的“加法”运算。另外，对于其他调制方式，例如 QPSK、64QAM 等，只要定义了能够导致信道极化的加法运算，就可以应用本发明实施例提供的方法，16QAM 的情况仅仅是一种示例，其他高阶调制也都涵盖在本发明实施例保护的范围内。同样地应理解，图 4 仅为本发明实施例提供的多元 Polar 码的基本单元的一种表现形式，其他可以实现极化的方式都可以应用本发明实施例提供的方法，因而都应涵盖在本发明实施例保护的范

25 围内。

定义了多元域的“加法”运算后我们可以得到如下的多元（也称多进制，例如 q 进制，英文：q-ary）Polar 码的构造算法：

30 其中，所谓 Polar 码构造是指，在满足多元 Polar 码与高阶调制匹配的情况下，本发明实施例利用预合并或贪婪合并控制进入构造算法的信道转移概率的个数，从而减小复杂度，同时选择信道错误概率的上界最小的 K 个信道

进行编码传输，可以保证减小信息损失，进而完成利用多元 Polar 码进行数据传输。

以 q-ary 为例，Polar 码的构造算法主要可以包括两阶段：预合并阶段和贪婪合并阶段；其中，预合并阶段的时间复杂度是 $O(M^2)$ ；贪婪合并阶段的时间复杂度是 $O(M^3)$ 。

一个输入的字母表大小为 q、输出的字母表大小为 M 的信道 W， y_1 、 y_2 为两个字母（在输出字母表中）的索引。（其中，输入字母表大小为 q 表示输入有 q 种可能或输入为 q 种符号中的一个，输出字母表大小为 M 的含义类似。）以图 4 所示的基本单元为例，设输入的 u_1 、 u_2 分别有（{-3,-1,+1,+3}，{-3,-1,+1,+3}）16 种不同的取值，则输入的字母表大小为 16，而 y_1 、 y_2 分别有 M 种取值，输出的字母表大小为 M，用 y_1 、 y_2 代表 M 种取值中的两个字母。

步骤 601a: 对多个信道进行预合并；

根据两个字母之间的后验概率距离，对多个信道进行合并。也就是说，当两个字母之间的后验概率距离小于预设的置信参数时，将这两个字母对应的信道进行合并，合并后的两个字母对应的信道转移概率相加，合并后的字母表选择这两个字母中的一个。

其中，本发明实施例中的合并是针对多个信道而言的，这里的多个信道指的是，上述的一个输入的字母表大小为 q、输出的字母表大小为 M 的信道 W 输出字母表大小为 M，有 M 中可能的取值，从而可以形成多种不同的信道，这些信道可以进行预合并或贪婪合并来降低复杂度。

其中，两个字母之间的后验概率距离的定义如下：

一个输入的字母表大小为 q、输出的字母表大小为 M 的信道 W， y_1 、 y_2 为两个字母（在输出字母表中）的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}, \quad p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

将接收 y_1 、 y_2 的概率分别归一化为 1/2，则得到归一化后结果为：

$$\eta_1 = \frac{1}{2p_1}, \quad \eta_2 = \frac{1}{2p_2}$$

计算当 y_1 、 y_2 被合并时的容量差：

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u)\eta_1 \log_2 \left(\frac{W(y_1|u)\eta_1}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right) + W(y_2|u)\eta_2 \log_2 \left(\frac{W(y_2|u)\eta_2}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right))$$

进而容量差为： $1+\sigma/q$ 其中， σ 为噪声方差。

则 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离为：

$$\text{APPdistance}(y_1, y_2) = 1 + \sigma/q,$$

也就是说，在当 y_1 、 y_2 被接收的概率都为 1/2 时的归一化的条件下，合

5 并 y_1 、 y_2 产生的容量差即为 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离。

进一步地，当 $\text{APPdistance}(y_1, y_2) \leq \varepsilon$ 时，也就是说当 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离小于或等于预设的置信参数 ε 时，对 y_1 、 y_2 进行合并；

具体地，对 y_1 、 y_2 进行合并可以通过如下过程实现：

$u=1,2,\dots,q$ ，针对每一个 u 执行：

$$10 \quad W(y_1|u) = W(y_1|u) + W(y_2|u)$$

$$W(y_2|u) = W(y_M|u)$$

其中，针对所有的 u 完成上述操作后， M 的值减 1，也就是说只要执行完一次合并操作， M 的值都相应地减 1，即输出的字母表大小比合并之前的大小少 1。

15 根据上述步骤，可以遍历所有 y_1 、 y_2 以实现多个信道的预合并；例如，当 $y_1=1,2,\dots,M$ 时，对 $y_2=y_1+1, y_1+2,\dots,M$ 执行上述步骤以实现多个信道的预合并。应注意，每执行完一次合并操作， y_2 的数目都在合并时的值的基础上相应地减 1（也就是说，要包含 $y_2=y_2-1$ 这一步骤）。

步骤 602a：对多个信道进行贪婪合并；

20 根据两个字母之间的合并距离，对多个信道进行合并。也就是说，首先，寻找当前合并距离最小的两个字母；当该两个字母之间的合并距离小于最佳门限值时，将这两个字母对应的多个信道进行合并，依次类推，直到输出的字母表的大小小于或等于预设的可靠性参数；其中，最佳门限值为上一次合并距离最小的两个字母之间的合并距离，初始值可以设为 1。也就是说，合

25 并距离越小，则优先进行合并，直到输出的字母表的大小达到给定的参数。

其中，两个字母之间的合并距离的定义如下：

一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母（在输出字母表中）的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}, \quad p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

30 计算熵差：

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u) \log_2(\frac{W(y_1|u)}{W(y_1|u)+W(y_2|u)}) + W(y_2|u) \log_2(\frac{W(y_2|u)}{W(y_1|u)+W(y_2|u)}))$$

则 y_1 、 y_2 之间的合并距离为:

$$\text{MergeDistance}(y_1, y_2) = \frac{\sigma}{q} - p_1 \log_2(\frac{p_1}{p_1+p_2}) - p_2 \log_2(\frac{p_2}{p_1+p_2})$$

进一步地, 根据上述合并距离的定义, 可以遍历所有 y_1 、 y_2 以找到合并

5 距离最小的两个字母; 例如, 当 $y_1 = 1, 2, \dots, M$ 时, 对 $y_2 = y_1 + 1, y_1 + 2, \dots, M$ 执行: 若 $\text{MergeDistance}(y_1, y_2) < \epsilon^{(\text{best})}$, 则此时的 y_1 、 y_2 为合并距离最小的两个字母, 并将最佳门限 $\epsilon^{(\text{best})}$ 更新为 $\text{MergeDistance}(y_1, y_2)$ 。从而可以找到合并距离最小的两个字母, 然后对其进行合并, 其中, 合并的操作方法与预合并中合并的操作方法相同 (即与步骤 601a 中的合并方法相同), 只不过是针对合并距离最

10 小的两个字母进行合并。另外, 本发明实施例中定义的合并距离为合并后的容量差。

可选地, 上述构造算法也可以用如下五个算法实现:

算法 1 用于实现预合并的步骤: 对于 $y_1 = 1, 2, \dots, M$ 的每个取值及 $y_2 = y_1 + 1, y_1 + 2, \dots, M$ 的每个取值, 当 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离小于或等于预设的置信参数 ϵ 时, 合并 y_1 、 y_2 ; 其中, 合并的方法与步骤 601a 中合并的方法相同, 另外, 每执行完一次合并 y_2 的值都在合并时的值的基础上相应地减 1。算法 1 主要是在对原始的信道 ($x \rightarrow y$) 进行合并, 减小进入构造算法的信道转移概率的样本数, 从而减少复杂度。具体地, 算法 1 的一种可能实现方式如下:

20

```

Algorithm 1: Pre-merge
Input : A channel W with input alphabet of size q and output alphabet of size M. A fidelity parameter ε
Output: A degraded approximation of W
for y1 = 1, 2, ..., M do
    for y2 = y1 + 1, y1 + 2, ..., M do
        if APPdistance(y1, y2) ≤ ε then
            /* Merge y2 into y1, copy the probabilities of yM into y2, and decrement M */
            mergePair(y1, y2);
            /* The entry y2 now holds a new letter, decrement in order to check if 'new' y2 should also be merged into y1 */
            y2 = y2 - 1;
    
```

25

算法 2 用于定义预合并阶段的合并的步骤，基本实现是对合并的接收信号的字母表对对进行合并，合并后的概率相加，合并后的字母表选择其中之一。具体合并的步骤与步骤 601a 中的方法相同。具体地，算法 2 的一种可能实现方式如下：

<p>Algorithm 2: MergePair(y_1, y_2)</p> <p>Input: A channel W with input alphabet of size q and output alphabet of size M. Two letter indices, y_1 and y_2.</p> <p>Output: A degraded approximation of W with output alphabet size $M - 1$. The degradation is performed by merging letter y_2 into y_1, copying y_M into y_2, and decreasing M.</p> <p>for $u = 1, 2, \dots, q$ do $W(y_1 u) = W(y_1 u) + W(y_2 u)$; $W(y_2 u) = W(y_M u)$; $M = M - 1$;</p>
--

5 算法 3 用于定义预合并阶段的合并准则（或后验概率距离），即通过后验概率距离来选择进行合并（的字母），算法 3 给出后验概率距离的定义，具体后验概率距离的定义与步骤 601a 中的定义相同。具体地，算法 3 的一种可能实现方式如下：

<p>Algorithm 3: APPdistance(y_1, y_2)</p> <p>Input: A channel W with input alphabet of size q and output alphabet of size M. Two letter indices, y_1 and y_2.</p> <p>Output: The a posteriori distance between letters y_1 and y_2. Namely, the capacity difference resulting from merging y_1 and y_2, under the normalization of both being received with probability $1/2$.</p> <p>$p_1 = p_2 = 0$; // Calculate the probability of receiving y_1 and y_2 for $u = 1, 2, \dots, q$ do $p_1 = p_1 + \frac{W(y_1 u)}{q}$; $p_2 = p_2 + \frac{W(y_2 u)}{q}$; // ``Normalize`` the probability of receiving y_1 to be $1/2$ $\eta_1 = \frac{1}{2p_1}$; // ``Normalize`` the probability of receiving y_2 to be $1/2$ $\eta_2 = \frac{1}{2p_2}$; // Calculate the capacity difference if y_1 and y_2 were merged $\sigma = 0$; for $u = 1, 2, \dots, q$ do $\sigma = \sigma + W(y_1 u) \eta_1 \log_2 \left(\frac{W(y_1 u) \eta_1}{W(y_1 u) \eta_1 + W(y_2 u) \eta_2} \right)$ $+ W(y_2 u) \eta_2 \log_2 \left(\frac{W(y_2 u) \eta_2}{W(y_1 u) \eta_1 + W(y_2 u) \eta_2} \right)$ return $1 + \sigma/q$;</p>

算法 4 用于定义贪婪合并阶段的步骤，本步骤就是根据合并距离来贪婪地进行合并，即合并距离越小那么优先进行合并，一直到输出字母表的大小到达给定参数。具体合并的步骤与步骤 601a 中的方法相同。具体地，算法 4 的一种可能实现方式如下：

<p>Algorithm 4: Merge</p> <p>Input : A channel W with input alphabet of size q and output alphabet of size M. A fidelity parameter μ</p> <p>Output: A degraded approximation of W, with output alphabet size at most μ</p> <pre> while $M > \mu$ do $\epsilon^{(best)} = 1$; $y_1^{(best)} = 0$; $y_2^{(best)} = 0$; for $y_1 = 1, 2, \dots, M$ do for $y_2 = y_1 + 1, y_1 + 2, \dots, M$ do $\epsilon = \text{MergeDistance}(y_1, y_2)$; if $\epsilon < \epsilon^{(best)}$ then $y_1^{(best)} = y_1$; $y_2^{(best)} = y_2$; $\epsilon^{(best)} = \epsilon$; mergePair($y_1^{(best)}, y_2^{(best)}$); </pre>

5 算法 5 用于定义贪婪合并阶段的合并准则（或合并距离），即通过合并距离来选择进行合并，算法 5 给出合并距离的定义，其定义的合并距离就是合并后的容量差，具体合并距离的定义与步骤 602a 中的定义相同。具体地，算法 5 的一种可能实现方式如下：

<p>Algorithm 5: MergeDistance(y_1, y_2)</p> <p>Input : A channel W with input alphabet of size q and output alphabet of size M. Two letter indices, y_1 and y_2.</p> <p>Output: The capacity difference resulting in the merger of letters y_1 and y_2.</p> <pre> $p_1 = p_2 = 0$; // Calculate the probability of receiving y_1 and y_2 for $u = 1, 2, \dots, q$ do $p_1 = p_1 + \frac{W(y_1 u)}{q}$; $p_2 = p_2 + \frac{W(y_2 u)}{q}$; /* Calculate the $H(Y X)$ difference */ $\sigma = 0$; for $u = 1, 2, \dots, q$ do $\sigma = \sigma + W(y_1 u) \cdot \log_2 \left(\frac{W(y_1 u)}{W(y_1 u) + W(y_2 u)} \right)$ $+ W(y_2 u) \cdot \log_2 \left(\frac{W(y_2 u)}{W(y_1 u) + W(y_2 u)} \right)$ /* Add in the $H(Y)$ difference, and return */ return $\frac{\sigma}{q} - p_1 \cdot \log_2 \left(\frac{p_1}{p_1 + p_2} \right) - p_2 \cdot \log_2 \left(\frac{p_2}{p_1 + p_2} \right)$; </pre>

可选地，上述构造方法，还可以省略预合并而直接进行贪婪合并来简化操作步骤，降低复杂度；或者直接进行预合并而省略贪婪合并来简化操作。对于既进行预合并又进行贪婪合并的情形，需要对二者进行简单的变形或对中间数据进行简单的处理后实现，但基本原理与上述方法相同，在此不再赘述。

另外，上述构造方法主要针对 Polar 码的基本单元设计的，而整个 Polar 码可以根据基本单元实现完整的构造，这可以根据现有技术得到，在此不再赘述。

在本发明实施例提供的构造算法中，利用和 SC 译码类似的流程可以计算第 i 个符号信道（实际上是 q -ary 符号信道）的错误概率为：利用和 SC 译码类似的流程（在 Polar 码的因子图上递归计算），根据此阶段的符号序号 i 所对应的奇偶的情况，按照公式 (2) (3) 和算法 4-5 分别地更新转移概率 W ；最后得到每个符号信道的错误概率的上界；得到每个符号信道的错误概率的上界，对其进行排序，选择符号信道的错误概率的上界最小的 K 个信道传输信息比特，其中， K 根据实际需要传输的信息比特确定，即完成多元 Polar 码的构造，并用来进行数据传输。本发明实施例提供的 Polar 码构造方法能够改善和高阶调制（如 QAM）结合的 Polar 码的帧错误率（英文：Frame Error Ratio；简称：FER）。

进一步地，图 6 为本发明实施例提供的一种利用多元极化码进行数据传输的方法，如图 6 所示，该方法包括：

步骤 601：对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，其中，多个信道的字母表的大小大于 2；

步骤 602：更新合并后的多个信道的转移概率；

步骤 603：根据所述转移概率，得到合并后的多个信道的错误概率的上限；

步骤 604：利用合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特。

应理解，对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，然后更新合并后的多个信道的转移概率，可以递归或重复执行上述两个步骤，以按照实际需要完成整个极化码（或极化码的编码器）的构造，根据构造的极化码的编码器的多个信道的错误概率的上限来选择最可靠的 K 个信道来传输信息比

特。其中，K为任意正整数，最可靠的K个信道也就是错误概率的上限最小的K个信道。

5 可选地，利用合并后的多个信道中错误概率的上限最小的K个信道传输信息比特，具体可以包括：利用合并后的多个信道的错误概率的上限计算各个符号信道的错误概率；选择错误概率（或错误概率的上限）最小的K个符号信道来传输信息比特。应理解，本发明实施例提供的方法最终得到的是符号信道，不同于现有技术的二进制比特信道；传输信息比特也是将比特调制成符号或转换成符号，然后在确定的K个信道（符号信道）传输，进一步地应理解，此时K个信道中所指示的信道（符号信道）不同于合并后的多个信
10 道所指示的信道。可选地，步骤604也可以为：利用合并后的多个信道对应的符号信道中错误概率的上限最小的K个信道传输数据。

进一步地，对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并包括预合并或贪婪合并，其具体实现流程和上文提供的方法相同，在此不再赘述。

15 本发明实施例提供的利用多元极化码进行数据传输的方法，包括对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，然后：更新合并后的多个信道的转移概率；根据所述转移概率，得到合并后的多个信道的错误概率的上限；利用合并后的多个信道中错误概率的上限最小的K个信道传输信息比特；通过合并使得高阶调制下的多元极化码的信道数目可控，从而可以控制数据传输过程中编码的复杂度，由于使用的是多元极化码，因此可以减小在高阶调制
20 解调时的信息损失。进一步地，通过利用后验概率距离或合并距离来控制合并后的信道容量差，从而可以控制数据传输过程中信息损失。

相应于上面的方法实施例，本发明实施例还提供一种利用多元极化码进行数据传输的装置，参见图7所示：包括：

25 合并单元701，用于对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，其中，所述多个信道的字母表的大小大于2；

更新单元702，用于更新合并后的多个信道的转移概率；

处理单元703，用于根据更新单元702得到的所述转移概率，得到合并后的多个信道的错误概率的上限；

30 传输单元704，用于利用处理单元703得到的合并后的多个信道中错误概率的上限最小的K个信道传输信息比特。

进一步地，合并单元 701 包括预合并单元或贪婪合并单元，其中，预合并和贪婪合并具体实现流程和上文提供的方法相同，在此不再赘述。

其中涉及到的一些技术特征，例如：转移概率，预合并，贪婪合并、极化码的基本单元、错误概率等，和本发明方法实施例涉及到的一些技术特征类似或对应，本实施例不再进行重复说明。

本发明实施例还提供一种无线通信设备，该无线设备包括上述装置实施例中的装置。其中，该无线设备可以是用户设备，如手机等，也可以是基站。

10 本发明实施例还提供一种利用多元极化码进行数据传输的设备，参照图 8 所示，包括：处理器 801、存储器 802、发射机 803 及总线 804，其中处理器 801、存储器 802、发射机 803 通过总线 804 连接进行数据传输，存储器 802 用于存储处理器 801 处理的数据；

15 该总线 804 可以是工业标准体系结构 (Industry Standard Architecture, 简称为 ISA) 总线、外部设备互连 (Peripheral Component, 简称为 PCI) 总线或扩展工业标准体系结构 (Extended Industry Standard Architecture, 简称为 EISA) 总线等，此处并不限定。该总线 804 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 8 中仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。其中：

20 存储器 802 用于存储数据或可执行程序代码，其中程序代码包括计算机操作指令，具体可以为：操作系统、应用程序等。存储器 802 可能包含高速 RAM 存储器，也可能还包括非易失性存储器 (non-volatile memory)，例如至少一个磁盘存储器。

25 处理器 801 可能是一个中央处理器 (Central Processing Unit, 简称为 CPU)，或者是特定集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, 简称为 ASIC)，或者是被配置成实施本发明实施例的一个或多个集成电路。

处理器 801 用于通过执行存储器 802 中的程序代码实现上述实施例中的利用多元极化码进行数据传输的方法，具体包括：

30 对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，其中，多个信道的字母表的大小大于 2；更新合并后的多个信道的转移概率；根据所述转移概率，得到合并后的多个信道的错误概率的上限；

发射机 803, 用于利用合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特。

进一步地, 处理器 801 对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并包括预合并或贪婪合并, 其中, 预合并和贪婪合并具体实现流程和上文提供的方法相同, 在此不再赘述。

其中涉及到的一些技术特征, 例如: 转移概率, 预合并, 贪婪合并、极化码的基本单元、错误概率等, 和本发明方法实施例涉及到的一些技术特征类似或对应, 本实施例不再进行重复说明。

本领域普通技术人员可以意识到, 结合本文中所公开的实施例中描述的各种方法步骤和单元, 能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现, 为了清楚地说明硬件和软件的可互换性, 在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各实施例的步骤及组成。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行, 取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。本领域普通技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能, 但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到, 为了描述的方便和简洁, 上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程, 可以参考前述方法实施例中的对应过程, 在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中, 应该理解到, 所揭露的系统、装置和方法, 可以通过其它的方式实现。例如, 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的, 例如, 所述单元的划分, 仅仅为一种逻辑功能划分, 实际实现时可以有另外的划分方式, 例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统, 或一些特征可以忽略, 或不执行。另外, 所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口、装置或单元的间接耦合或通信连接, 也可以是电的, 机械的或其它的形式连接。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的, 作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元, 即可以位于一个地方, 或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本发明实施例方案的目的。

另外, 在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元

中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以是两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，
5 本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分，或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、移动硬盘、只读存储器（Read-Only
10 Memory, ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到各种等效的修改或替换，这些修改或替换都应涵盖在本发明的保护范围之内。
15 因此，本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权利要求

1、一种利用多元极化码进行数据传输的方法，其特征在于，包括：
对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，其中，所述多个信道的字母表的大小大于 2；

5 更新合并后的多个信道的转移概率；
根据所述转移概率，得到所述合并后的多个信道的错误概率的上限；
利用所述合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，
10 所述对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并包括：
对多元极化的基本单元的多个信道进行预合并或贪婪合并。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，
所述对多元极化的基本单元的多个信道进行预合并包括：
15 根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离，对所述多个信道进行合并。

4、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，
所述根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离，对所述多个信道进行合并包括：

20 当两个字母之间的后验概率距离小于预设的置信参数时，将这两个字母对应的信道进行合并，合并后的两个字母对应的信道转移概率相加。

5、根据权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，
所述后验概率距离根据以下方法得到：

一个输入的字母表大小为 q、输出的字母表大小为 M 的信道 W， y_1 、 y_2 为两个字母的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

25

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}$$

$$p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

将接收 y_1 、 y_2 的概率分别归一化为 1/2，则得到归一化后结果为：

$$\eta_1 = \frac{1}{2p_1}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{2p_2}$$

计算当 y_1 、 y_2 被合并时的容量差:

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u)\eta_1 \log_2(\frac{W(y_1|u)\eta_1}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2}) + W(y_2|u)\eta_2 \log_2(\frac{W(y_2|u)\eta_2}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2}))$$

进而容量差为: $1 + \sigma/q$ 其中, σ 为噪声方差。

则 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离为:

5 $APPdistance(y_1, y_2) = 1 + \sigma/q。$

6、根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法, 其特征在于,

对多个信道进行合并通过如下过程实现:

对两个字母 y_1 、 y_2 进行合并, 其中, $u=1,2,\dots,q$, 针对每一个 u 执行:

$$W(y_1|u) = W(y_1|u) + W(y_2|u)$$

10 $W(y_2|u) = W(y_M|u)$

其中, 针对所有的 u 完成上述操作后, M 的值减 1; 依次类推, 通过合并两个字母类合并任意多个信道。

7 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于,

所述对多元极化的基本单元的多个信道进行贪婪合并合并包括:

15 根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离, 对所述多个信道进行合并。

8 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于,

所述根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离, 对所述多个信道进行合并包括:

20 当两个字母之间的合并距离小于最佳门限值时, 将这两个字母对应的预合并后的信道进行合并, 依次类推, 直到输出的字母表的大小小于或等于预设的可靠性参数, 其中, 最佳门限值的初始值为 0, 其后为上一次合并距离最小的两个字母之间的合并距离。

9、根据权利要求 7 或 8 所述的方法, 其特征在于,

25 所述合并距离根据以下方法得到:

一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W , y_1 、 y_2 为两个字母的索引, 则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为:

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}$$

$$p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

计算熵差:

$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u) \log_2(\frac{W(y_1|u)}{W(y_1|u)+W(y_2|u)}) + W(y_2|u) \log_2(\frac{W(y_2|u)}{W(y_1|u)+W(y_2|u)}))$$

则 y_1 、 y_2 之间的合并距离为:

$$\text{MergeDistance}(y_1, y_2) = \frac{\sigma}{q} - p_1 \log_2(\frac{p_1}{p_1+p_2}) - p_2 \log_2(\frac{p_2}{p_1+p_2})。$$

- 5 10、根据权利要求 1 至 9 任一项所述的方法，其特征在于，所述多元极化码的能够导致信道极化的 16QAM 下的加法运算定义如下:

+	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)
($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{3}$, 1)	($\bar{1}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)
($\bar{1}$, $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)
(1 , $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)
(3 , $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)
($\bar{3}$, $\bar{1}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)
($\bar{1}$, $\bar{1}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)
(1 , $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)
(3 , $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)
($\bar{3}$, 1)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)
($\bar{1}$, 1)	($\bar{1}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)
(1 , 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)
(3 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	($\bar{1}$, 1)
($\bar{3}$, 3)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	($\bar{1}$, 1)	(1 , 1)
($\bar{1}$, 3)	($\bar{1}$, 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	($\bar{1}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)
(1 , 3)	(1 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	($\bar{1}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)
(3 , 3)	(3 , 3)	($\bar{3}$, $\bar{3}$)	($\bar{1}$, $\bar{3}$)	(1 , $\bar{3}$)	(3 , $\bar{3}$)	($\bar{3}$, $\bar{1}$)	($\bar{1}$, $\bar{1}$)	(1 , $\bar{1}$)	(3 , $\bar{1}$)	($\bar{3}$, 1)	($\bar{1}$, 1)	(1 , 1)	(3 , 1)	($\bar{3}$, 3)	($\bar{1}$, 3)

其中， $\bar{3}$ 表示 -3， $\bar{1}$ 表示-1。

- 11、一种利用多元极化码进行数据传输的装置，其特征在于，包括：
 10 合并单元，用于对多元极化码的基本单元的多个信道进行合并，其中，所述多个信道的字母表的大小大于 2；
 更新单元，用于更新合并后的多个信道的转移概率；
 处理单元，用于根据所述转移概率，得到所述合并后的多个信道的错误概率的上限；
 15 传输单元，用于利用所述合并后的多个信道中错误概率的上限最小的 K 个信道传输信息比特。

12、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，
 所述合并单元包括：预合并单元或贪婪合并单元；
 其中，所述预合并单元用于对多元极化的基本单元的多个信道进行预合并；

5 所述贪婪合并单元用于对多元极化的基本单元的多个信道进行预贪婪合并。

13、根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，
 所述预合并单元用于：根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离，对所述多个信道进行合并。

10 14、根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，
 所述根据所述多个信道的两个字母之间的后验概率距离，对所述多个信道进行合并包括：

当两个字母之间的后验概率距离小于预设的置信参数时，将这两个字母对应的信道进行合并，合并后的两个字母对应的信道转移概率相加。

15 15、根据权利要求 13 或 14 所述的装置，其特征在于，
 所述后验概率距离根据以下方法得到：

一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}$$

$$p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

20

将接收 y_1 、 y_2 的概率分别归一化为 $1/2$ ，则得到归一化后结果为：

$$\eta_1 = \frac{1}{2p_1}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{2p_2}$$

计算当 y_1 、 y_2 被合并时的容量差：

$$25 \quad \sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u)\eta_1 \log_2 \left(\frac{W(y_1|u)\eta_1}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right) + W(y_2|u)\eta_2 \log_2 \left(\frac{W(y_2|u)\eta_2}{W(y_1|u)\eta_1 + W(y_2|u)\eta_2} \right))$$

进而容量差为： $1 + \sigma/q$ 其中， σ 为噪声方差。

则 y_1 、 y_2 之间的后验概率距离为：

$$\text{APPdistance}(y_1, y_2) = 1 + \sigma/q。$$

16、根据权利要求 11 至 15 任一项所述的装置，其特征在于，

对多个信道进行合并通过如下过程实现：

对两个字母 y_1 、 y_2 进行合并，其中， $u=1,2,\dots,q$ ，针对每一个 u 执行：

$$W(y_1|u) = W(y_1|u) + W(y_2|u)$$

5 $W(y_2|u) = W(y_M|u)$

其中，针对所有的 u 完成上述操作后， M 的值减 1；依次类推，通过合并两个字母类合并任意多个信道。

17 根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，

10 所述贪婪合并单元用于：根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离，对所述多个信道进行合并。

18 根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，

所述根据所述多个信道的两个字母之间的合并距离，对所述多个信道进行合并包括：

15 当两个字母之间的合并距离小于最佳门限值时，将这两个字母对应的预合并后的信道进行合并，依次类推，直到输出的字母表的大小小于或等于预设的可靠性参数，其中，最佳门限值的初始值为 0，其后为上一次合并距离最小的两个字母之间的合并距离。

19、根据权利要求 17 或 18 所述的装置，其特征在于，

所述合并距离根据以下方法得到：

20 一个输入的字母表大小为 q 、输出的字母表大小为 M 的信道 W ， y_1 、 y_2 为两个字母的索引，则接收 y_1 、 y_2 的概率分别为：

$$p_1 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_1|u)}{q}$$

$$p_2 = \sum_{u=1}^q \frac{W(y_2|u)}{q}$$

计算熵差：

25
$$\sigma = \sum_{u=1}^q (W(y_1|u) \log_2(\frac{W(y_1|u)}{W(y_1|u) + W(y_2|u)}) + W(y_2|u) \log_2(\frac{W(y_2|u)}{W(y_1|u) + W(y_2|u)}))$$

则 y_1 、 y_2 之间的合并距离为：

$$\text{MergeDistance}(y_1, y_2) = \frac{\sigma}{q} - p_1 \log_2(\frac{p_1}{p_1 + p_2}) - p_2 \log_2(\frac{p_2}{p_1 + p_2})。$$

20、一种无线通信设备，其特征在于，包括如权利要求 11 至 19 中任一项所述的装置。

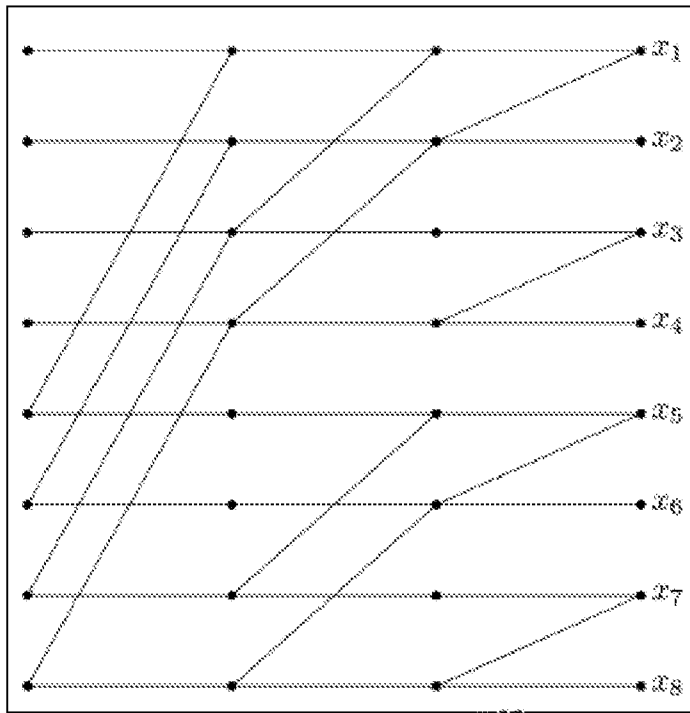


图 1

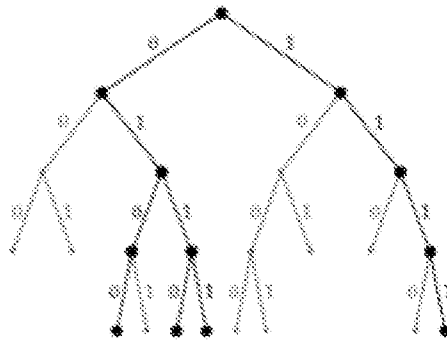


图 2

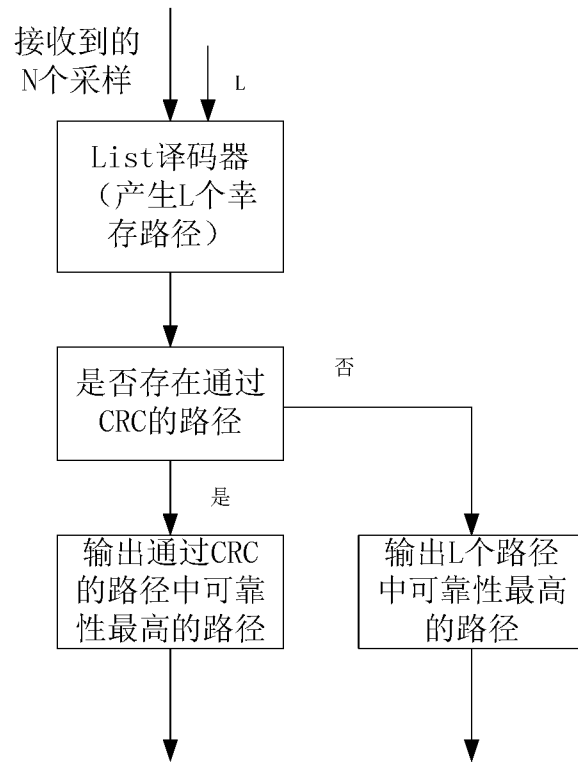


图 3

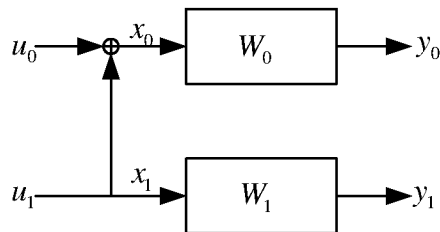


图 4

+	($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$)
($\bar{3}, \bar{3}$)	($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$)
($\bar{1}, \bar{3}$)	($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$)
($1, \bar{3}$)	($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$)
($3, \bar{3}$)	($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$)
($\bar{3}, \bar{1}$)	($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$)
($\bar{1}, \bar{1}$)	($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$)
($1, \bar{1}$)	($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$)
($3, \bar{1}$)	($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$)
($\bar{3}, 1$)	($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$)
($\bar{1}, 1$)	($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$)
($1, 1$)	($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$)
($3, 1$)	($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$)
($\bar{3}, 3$)	($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$)
($\bar{1}, 3$)	($\bar{1}, 3$) ($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$)
($1, 3$)	($1, 3$) ($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$)
($3, 3$)	($3, 3$) ($\bar{3}, \bar{3}$) ($\bar{1}, \bar{3}$) ($1, \bar{3}$) ($3, \bar{3}$) ($\bar{3}, \bar{1}$) ($\bar{1}, \bar{1}$) ($1, \bar{1}$) ($3, \bar{1}$) ($\bar{3}, 1$) ($\bar{1}, 1$) ($1, 1$) ($3, 1$) ($\bar{3}, 3$) ($\bar{1}, 3$) ($1, 3$)

图 5

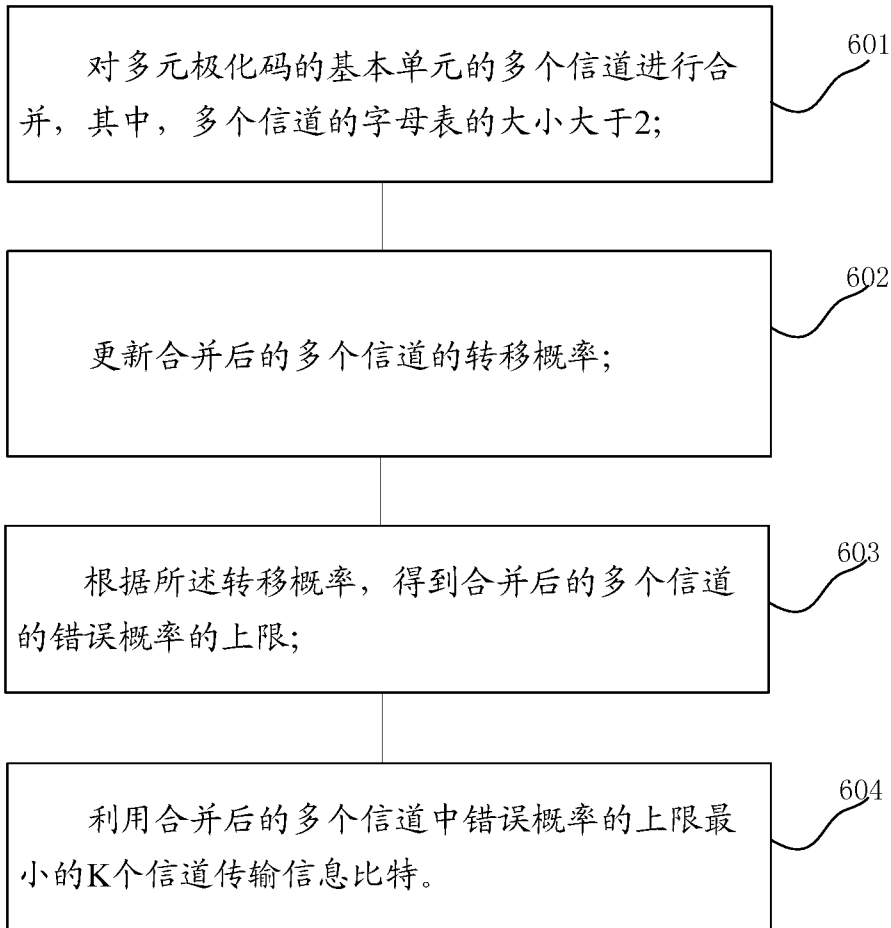


图 6

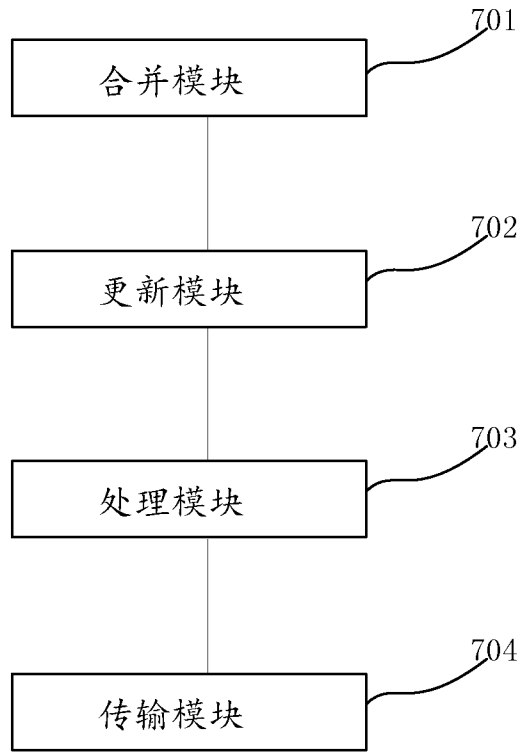


图 7

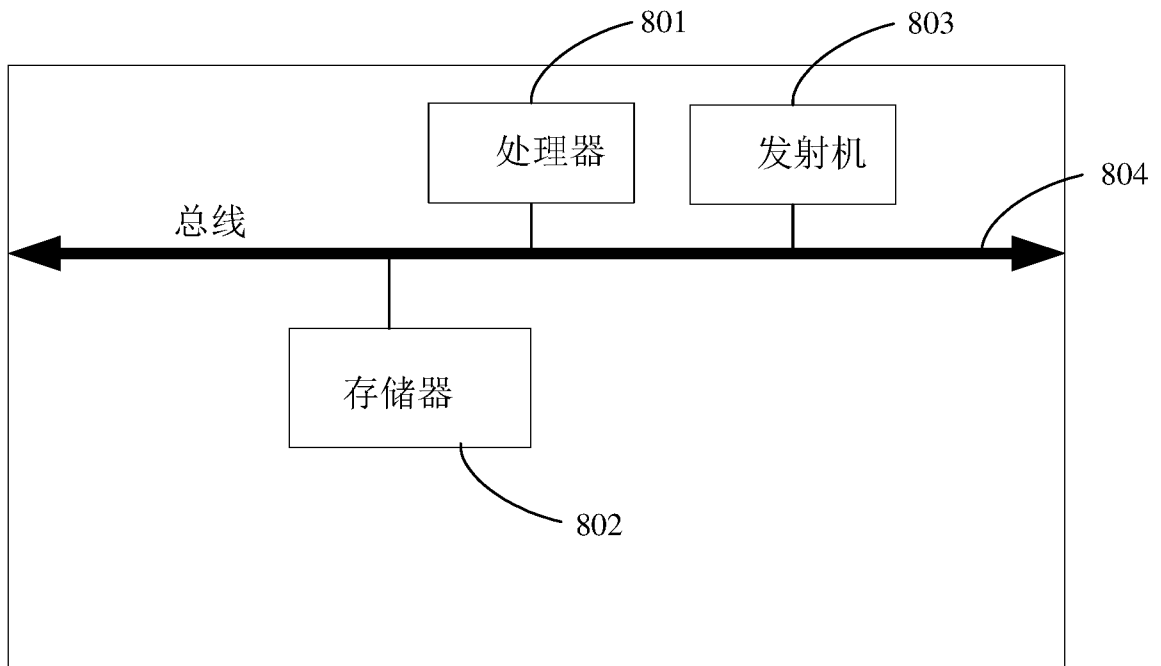


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/078022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 1/00 (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)

H04L; H03M

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)

CNTXT; CPRSABS; CNKI; VEN; USTXT; GOOGLE: multi-polarization code; polar code, combine, joint, aggregate, transition probability, update

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103023618 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS), 03 April 2013 (03.04.2013), the whole document	1-20
A	CN 103684477 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 26 March 2014 (26.03.2014), the whole document	1-20
A	US 2014208183 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 24 July 2014 (24.07.2014), the whole document	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
21 January 2016 (21.01.2016)

Date of mailing of the international search report
03 February 2016 (03.02.2016)

Name and mailing address of the ISA/CN:
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
ZHENG, Jie
Telephone No.: (86-10) **62412014**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/078022

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103023618 A	03 April 2013	CN 103023618 B	22 April 2015
CN 103684477 A	26 March 2014	WO 2014044072 A1	27 March 2014
		EP 2899911 A1	29 July 2015
		US 2015194987 A1	09 July 2015
US 2014208183 A1	24 July 2014	EP 2949046 A1	02 December 2015
		WO 2014116041 A1	31 July 2014
		KR 2015108362 A1	25 September 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/078022

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04L 1/00(2006.01) i</p> <p>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</p>														
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04L; H03M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNXTXT; CPRSABS; CNKI; VEN; USTXT; GOOGLE: polar码, 多元极化码, 合并, 组合, 聚合, 转移概率, 更新; polar code, combine, joint, aggregate, transition probability, update</p>														
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 103023618 A (北京邮电大学) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103684477 A (华为技术有限公司) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014208183 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2014年 7月 24日 (2014 - 07 - 24) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 103023618 A (北京邮电大学) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-20	A	CN 103684477 A (华为技术有限公司) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-20	A	US 2014208183 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2014年 7月 24日 (2014 - 07 - 24) 全文	1-20
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
A	CN 103023618 A (北京邮电大学) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-20												
A	CN 103684477 A (华为技术有限公司) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-20												
A	US 2014208183 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2014年 7月 24日 (2014 - 07 - 24) 全文	1-20												
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>														
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>														
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2016年 1月 21日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2016年 2月 3日</p>													
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>郑杰</p> <p>电话号码 (86-10)62412014</p>													

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/078022

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103023618	A	2013年 4月 3日	CN	103023618	B	2015年 4月 22日
CN	103684477	A	2014年 3月 26日	WO	2014044072	A1	2014年 3月 27日
				EP	2899911	A1	2015年 7月 29日
				US	2015194987	A1	2015年 7月 9日
US	2014208183	A1	2014年 7月 24日	EP	2949046	A1	2015年 12月 2日
				WO	2014116041	A1	2014年 7月 31日
				KR	2015108362	A1	2015年 9月 25日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)