

# (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  
2018年2月15日 (15.02.2018)



(10) 国际公布号  
WO 2018/028366 A1

- (51) 国际专利分类号:  
**H03M 13/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/092179
- (22) 国际申请日: 2017年7月7日 (07.07.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201610665446.5 2016年8月12日 (12.08.2016) CN
- (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: 王俊 (WANG, Jun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 李榕 (LI, Rong); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 张华滋 (ZHANG, Huazi); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼,

Guangdong 518129 (CN)。 孟贤 (MENG, Xian); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 刘小成 (LIU, Xiaocheng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京同立钧成知识产权代理有限公司 (LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街32号枫蓝国际A座8F-6, Beijing 100082 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: DECODING METHOD AND DEVICE, AND DECODER

(54) 发明名称: 译码方法及设备、译码器

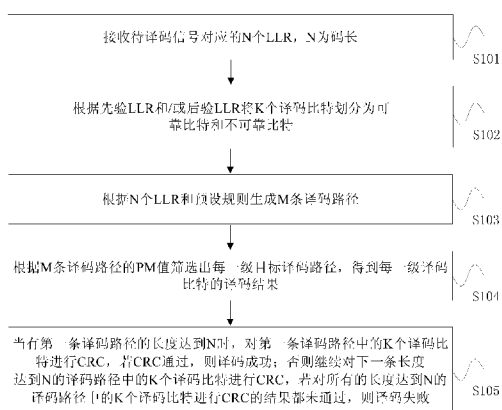
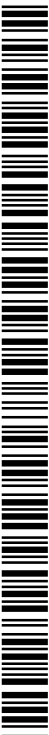


图3

- S101 Receiving N LLRs corresponding to signals to be decoded, where N is a code length
- S102 Dividing K decoded bits into reliable bits and unreliable bits according to prior LLRs and/or posterior LLRs
- S103 Generating M decoding paths according to the N LLRs and a pre-set rule
- S104 Screening each level of a target decoding path according to PM values of the M decoding paths, and obtaining a decoding result of each level of decoded bits
- S105 When the length of a first decoding path reaches N, performing CRC on K decoded bits in the first decoding path, and if CRC is passed, the decoding being successful; otherwise, continuing to perform CRC on the K decoded bits in the next decoding path with a length reaching N, and if the results of performing CRC on the K decoded bits in all decoded paths with a length reaching N are not passed, then the decoding fails

(57) Abstract: A decoding method and device, and a decoder. The method comprises: receiving N LLRs corresponding to signals to be decoded, where N is a code length (S101); dividing K decoded bits into reliable bits and unreliable bits according to prior LLRs and/or posterior LLRs (S102); generating M decoding paths according to the N LLRs and a pre-set rule (S103); and screening each level of a target decoding path according to PM values of the M decoding paths, and obtaining a decoding result of each level of decoded bits (S104).

(57) 摘要: 一种译码方法及设备、译码器, 该方法包括: 接收待译码信号对应的N个LLR, N为码长 (S101), 根据先验LLR和/或后验LLR将K个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特 (S102), 根据N个LLR和预设规则生成M条译码路径 (S103), 根据M条译码路径的PM值筛选出每一级目标译码路径, 得到每一级译码比特的译码结果 (S104)。



WO 2018/028366 A1

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))。

## 译码方法及设备、译码器

### 5 技术领域

本申请涉及编译码技术领域，尤其涉及一种译码方法及设备、译码器。

### 背景技术

Polar（极化）码是一种理论上证明可以达到香农极限的编码方法。Polar 码是一种线性块码，其编码过程为  $x_1^N = u_1^N B_N F_2^{\otimes(\log_2(N))}$ ，其中  $u_1^N = (u_1, u_2, \dots, u_N)$  是一个  $N$  长二进制的行矢量， $B_N$  为

10  $N \times N$  的比特反转（Bit Reversal）矩阵， $F_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ， $F_2^{\otimes(\log_2(N))}$  为  $\log_2 N$  个矩阵  $F_2$  的克罗内克

（Kronecker）乘积， $u_1^N$  中的一部分比特用于信息传输，称为信息比特，余下的比特置为固定比特。

Polar 码在广泛的工作区间（码长、码率、信噪比）都具有极佳的译码性能。

现有的逐比特消除译码算法（Successive Cancellation, SC）的译码过程为：接收到信号后，逐个计算信息比特的对数似然比（Log Likelihood Ratio, LLR），若信息比特的 LLR>0，则译码结果为 0，若信息比特的 LLR<0，则译码结果为 1，固定比特无论 LLR 为多少译码结果都置为 0。图 1 为 SC 译码计算过程示意图，以译码比特为 4 个为例，图 1 中共有 8 个计算节点，其中有 4 个 F 节点，4 个 G 节点，F 节点和 G 节点分别对应 F 函数和 G 函数。F 节点的计算需要其右侧 2 项 LLR 输入，G 节点的计算需要其右侧 2 项 LLR 输入以及上一级的输出也作为输入，只有输入项计算完成后，才能计算输出。按照上述计算规则，图 1 中从右侧接收信号开始，按序计算 8 个节点，获得的译码比特依次为①→②→③→④，至此译码完成。可以看出，SC 算法为逐比特判决，一旦判错，其错误结果将作为后续比特 G 函数的输入，导致错误扩散，且没有机会挽回，因此译码性能不高。为解决这一问题，在逐次消除列表算法（Successive Cancellation List, SCL）中，SCL 算法将 0 和 1 对应的译码结果都保存作为 2 个分支译码路径，图 2 为 SCL 算法中的译码路径示意图，如图 2 所示，每一层代表 1 个译码比特，若译码结果为 0，则沿着左子树发展路径，若译码结果为 1，则沿着右子树发展路径，当译码路径的总数超过预设的路径宽度  $L$ （一般  $L=2^n$ ）时，选择出路径度量（PM）值最佳的  $L$  条路径保存并继续发展路径以译出后续的译码比特，对于每一级的译码比特，对  $L$  条路径的 PM 值按照从小到大排序，并通过 PM 值和循环冗余码校验（Cyclic Redundancy Check, CRC）来筛选出正确的路径，如此反复，直到译完最后一个比特，其中的 PM 用于判断路径的好坏，PM 通过 LLR 计算得出。

在实际应用中，译码比特的数目是非常大的，使用 SCL 译码算法，虽然译码性能较好，避免了 SC 算法中存在的一个译码比特出错会扩散到后续的译码比特的缺陷，但是要计算所有路径的 PM 值，对于每一个译码比特都要对所有路径根据 PM 值进行一次排序，其计算复杂度和排序复杂度都很高。

### 发明内容

本申请提供一种译码方法及设备、译码器，可基于路径优先级进行并行译码，实现了在保证较好的译码性能的同时降低 Polar 码译码的计算复杂度。

第一方面,本申请提供一种译码方法,包括:接收待译码信号对应的  $N$  个对数似然比 LLR 之后,  $N$  为码长,首先根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特,先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR,后验 LLR 为根据  $N$  个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR,接着根据  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径,  $1 \leq M \leq Q$ ,  $Q$  为预设的译码路径的总数,每一级的路径的总数不超过  $L$ ,  $L$  为预设的达到相同长度的译码路径的总数,  $L \leq Q$ , 预设规则为:可靠比特的下一级路径为 1 条,不可靠比特的下一级路径为 2 条,对于一条路径长度为  $j$  的译码路径由第 1 至  $j$  个译码比特的判决结果组成,每一次判决结果对应译码路径的一级,  $K$  为最终的译码比特的数目,其中  $N$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $L$ 、 $K$ 、 $j$  均为正整数,  $1 \leq j \leq N$ ,接着根据  $M$  条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径,得到每一级译码比特的译码结果,最后,当有第一条译码路径的长度达到  $N$  时,对第一条译码路径中的  $K$  个译码比特进行循环冗余码校验 CRC,若 CRC 通过,则译码成功;否则继续对下一条长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC,若对所有的长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC 的结果都未通过,则译码失败。由于在生成译码路径之前和/或生成译码路径的同时对译码比特进行了划分,可靠的比特不分裂,不可靠的比特才分裂,因此减少了路径分裂次数,从而减少了译码路径的总数,因此降低了所要计算 PM 值的路径数目以及参与排序的路径数目,降低了计算复杂度和排序复杂度,同时也保证了较好的译码性能。

需要说明的是,本申请中的译码比特可以是信息比特,也可以是信息比特和固定比特,当译码比特为信息比特和固定比特时,在进行可靠比特与不可靠比特的划分时,因为固定比特的译码结果是确定的,无论 LLR 为多少译码结果都为 0,因此可直接将固定比特划分为可靠比特,固定比特不影响总体的计算复杂度。

在一种可能的设计中,根据  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径的同时,还包括:从  $M$  条译码路径中选择出 PM 值最小的  $l$  条译码路径,并行发展  $l$  条译码路径,  $1 \leq l \leq L$ 。

通过优先拓展最佳路径,可以尽快地找到正确译码结果并结束译码,以节省译码时延和复杂度。相比较 SCL 算法,在具有降低计算复杂度和排序复杂度,同时也保证了较好的译码性能的优点的同时,还可以降低译码时延。

在一种可能的设计中,根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特,具体为根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特:

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases};$$

其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR,  $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR,  $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数,  $j$  为第  $j$  个比特,  $1 \leq j \leq N$ 。

在一种可能的设计中, 根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径, 包括: 根据 N 个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR, 并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值, 按照预设规则生成译码路径, 当生成的译码路径的总数大于 Q 时, 选择出 PM 值最小的 M 条译码路径, 并按照 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序。

- 5 在一种可能的设计中, 根据 N 个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR, 并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值, 具体为根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值:

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

- 10 为 0 或者 1。

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中,  $PM_l^j$  为第 j 级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

- 15 本申请提出的路径度量不仅包含后验信息, 也将先验信息计入考虑, 这样才能更加准确的反映路径优劣, 从而加快找到最佳路径的时间。通过实验仿真, 采用上述定义的 PM 值后, 不仅所需存储的路径数 Q 大幅降低, 搜索到正确路径所需的时间也有所降低。

在一种可能的设计中, 根据 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前, 还包括: 根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序, 排序条件为: 只对当前分裂的路径进行排序, 不分裂的路径不参与排序。通过上述插入排序的方法, 可以进一步降低排序复杂度, 减少译码所需的时间, 降低译码时延。

- 20 在一种可能的设计中, 当 M=Q 时, 还包括:

启动路径管理, 优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

在一种可能的设计中, 还包括: 剪除 M 条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径, 预设值通过离线计算或在线计算得到。

- 25 其中的预设值为:  $\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B$ ; 其中, B 是预设参数。

在译码过程中, 通过更新 PM 值, 并保留最佳的若干条路径、淘汰最差路径, 可以找到最佳的译码结果。因此, 通过上述路径管理和剪枝处理, 可以保证较好的译码性能。

在一种可能的设计中, 先验 LLR 根据如下公式计算得到:

$$LLR_{prior}(j) \underset{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

- 30 其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

在一种可能的设计中, 本申请的译码方法可通过以下示例的伪代码实现:

```

While M>0
  If “M< Q” or “d < D”
    从 PM 队列这 pop 最优路径
  Else
5    从 length 队列中 pop 最短路径
  End
  更新路径长度 (+1)
  更新译码树在该比特的宽度
  If w == L
10   检出所有更短的路径
  End
  利用 PM 值剪枝
  If 固定比特或先/后验可靠比特
    不分裂路径，采用硬判决结果
15  Else
    分裂路径，同时保留 0/1 对应的路径
  End
  If j == N and CRC 校验通过
    Return 译码结果
20  Else
    将当前路径删除
  End
  If “分裂”
    将新产生的 2 条路径压入 PM 队列
25  将新产生的 2 条路径压入 length 队列
  End
End
Return “译码失败”

```

其中，length 队列为译码路径队列，即多条译码路径组成的队列。

30 第二方面，本申请提供一种译码设备，包括：

接收模块，用于接收待译码信号对应的 N 个对数似然比 LLR，N 为码长，划分模块，用于根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，后验 LLR 为根据 N 个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR，生成模块，用于根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径， $1 \leq M \leq Q$ ，Q 为预设的译码路径的总数，每一级的路径的总数不超过 L，L 为预设的达到相同长度的译码路径的总数， $L \leq Q$ ，预设规则为：可靠比特的下一级路径为 1 条，不可靠比特的下一级路径为 2 条，对于一条路径长度为 j 的译码路径由第 1 至 j 个译码比特的判决结果组成，每一次判决结果对应译码路径的一级，K 为最终的译码比特的数目，其中 N、M、Q、L、K、j 均为正整数， $1 \leq j \leq N$ ，选择模块，用于根据 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译码结果，校

验模块，用于在有第一条译码路径的长度达到 N 时，对第一条译码路径中的 K 个译码比特进行循环冗余码校验 CRC，若 CRC 通过，则返回译码成功；否则继续对下一条长度达到 N 的译码路径中的 K 个译码比特进行 CRC，若对所有的长度达到 N 的译码路径中的 K 个译码比特进行 CRC 的结果都未通过，则返回译码失败。

5 在一种可能的设计中，生成模块根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径的同时，还用于：从 M 条译码路径中选择出 PM 值最小的 l 条译码路径，并行发展 l 条译码路径， $1 \leq l \leq L$ 。在一种可能的设计中，划分模块具体用于根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\left\{ \begin{array}{l} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{array} \right. ; \text{ 或者,}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{array} \right. ; \text{ 或者,}$$

10  $\left\{ \begin{array}{l} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{array} \right. ;$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR， $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR，C、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数，j 为第 j 个比特， $1 \leq j \leq N$ 。

在一种可能的设计中，生成模块具体用于：根据 N 个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR，并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值，按照预设规则生成译码路径，当生成的译码路径的总数大于 Q 时，选择出 PM 值最小的 M 条译码路径，并按照 PM 15 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序。

在一种可能的设计中，生成模块具体用于根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值：

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

20 为 0 或者 1。

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j \cdot f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{ 其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中， $PM_l^j$  为第 j 级译码比特对应的译码路径的 PM 值， $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

在一种可能的设计中，选择模块还用于：在根据 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前，根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序，排序条件 25 为：只对当前分裂的路径进行排序，不分裂的路径不参与排序。

在一种可能的设计中，还包括：

路径管理模块，用于在  $M=Q$  时，启动路径管理，优先发展较短路径直到所有译码路径中最大

的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

在一种可能的设计中，还包括：剪枝模块，用于剪除 M 条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径，预设值通过离线计算或在线计算得到。

其中的预设值为： $\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B$ ；其中，B 是预设参数。

5 在一种可能的设计中，先验 LLR 根据如下公式计算得到：

$$LLR_{prior}(j) \underset{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

上述第二方面以及上述第二方面的各可能的设计所提供的译码设备，其有益效果可以参见上述第一方面和第一方面的各可能的设计所带来的有益效果，在此不再赘述。

10 第三方面，本申请提供一种译码器，包括：接收器，用于接收待译码信号对应的 N 个对数似然比 LLR，N 为码长，存储器，用于存储程序指令、LLR 表、部分和、译码结果以及译码路径队列和路径度量 PM 值队列，部分和为 G 函数的一个输入，用于控制程序指令执行的处理器，处理器用于：根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，后验 LLR 为根据 N 个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR，根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径， $1 \leq M \leq Q$ ，Q 为预设的译码路径的总数，每一级的路径的总数不超过 L，L 为预设的达到相同长度的译码路径的总数， $L \leq Q$ ，预设规则为：可靠比特的下一级路径为 1 条，不可靠比特的下一级路径为 2 条，对于一条路径长度为 j 的译码路径由第 1 至 j 个译码比特的判决结果组成，每一次判决结果对应译码路径的一级，K 为最终的译码比特的数目，其中 N、M、Q、L、K、j 均为正整数， $1 \leq j \leq N$ ，根据 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译码结果，检验器，用于在有第一条译码路径的长度达到 N 时，对第一条译码路径中的 K 个译码比特进行循环冗余码校验 CRC，若 CRC 通过，则返回译码成功；否则继续对下一条长度达到 N 的译码路径中的 K 个译码比特进行 CRC，若对所有的长度达到 N 的译码路径中的 K 个译码比特进行 CRC 的结果都未通过，则返回译码失败。

25 在一种可能的设计中，处理器根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径的同时，还用于：从 M 条译码路径中选择出 PM 值最小的 l 条译码路径；译码器还包括：并行计算器，用于并行发展 l 条译码路径， $1 \leq l \leq L$ ；输入缓存，用于存储从译码路径队列中筛选出的译码路径；输出缓存，用于存储计算过 PM 值的译码路径。

在一种可能的设计中，处理器具体用于根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$30 \begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases};$$

其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR,  $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR,  $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数,  $j$  为第  $j$  个比特,  $1 \leq j \leq N$ 。

5 在一种可能的设计中, 处理器具体用于: 根据  $N$  个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR, 并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值; 按照预设规则生成译码路径, 当生成的译码路径的总数大于  $Q$  时, 选择出 PM 值最小的  $M$  条译码路径, 并按照 PM 值从小到大的顺序对  $M$  条译码路径进行排序。

在一种可能的设计中, 处理器具体用于根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值:

$$\begin{aligned} PM_l^0 &= 0, \forall l \\ PM_l^j &= PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\} \\ \Delta_{post}^j &= \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值} \end{aligned}$$

10

为 0 或者 1。

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^i f(\Delta_{post}^i) d\Delta_{post}^i, \text{其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数};$$

其中,  $PM_l^j$  为第  $j$  级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

15 在一种可能的设计中, 处理器还用于在根据  $M$  条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前, 根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对  $M$  条译码路径进行排序, 排序条件为: 只对当前分裂的路径进行排序, 不分裂的路径不参与排序。

在一种可能的设计中, 还包括:

路径管理器, 用于在  $M=Q$  时, 启动路径管理, 优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

20 在一种可能的设计中, 还包括: 剪枝控制器, 用于剪除  $M$  条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径, 预设值通过离线计算或在线计算得到。

其中的预设值为  $\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B$ ; 其中,  $B$  是预设参数。

在一种可能的设计中, 先验 LLR 根据如下公式计算得到:

$$LLR_{prior}(j) = \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

发送全零码字

25

其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

上述第三方面以及上述第三方面的各可能的设计所提供的译码器, 其有益效果可以参见上述第一方面和第一方面的各可能的设计所带来的有益效果, 在此不再赘述。

第四方面, 本申请提供一种存储介质, 包括: 可读存储介质和计算机程序, 所述计算机程序

用于实现上述第一方面和第一方面的各可能的设计所述的译码方法。

第五方面，本申请提供一种程序产品，该程序产品包括计算机程序（即执行指令），该计算机程序存储在可读存储介质中。译码设备或译码器的至少一个处理器可以从可读存储介质读取该计算机程序，至少一个处理器执行该计算机程序使得译码设备或译码器实施第一方面和第一方面的各可能的设计所提供的译码方法。

#### 附图说明

图 1 为 SC 译码计算过程示意图；

图 2 为 SCL 算法中的译码路径示意图；

10 图 3 为本申请译码方法实施例一的流程图；

图 4 为本申请提供的译码方法实施例二的流程图；

图 5 为本申请译码方法实施例三的流程图中；

图 6 为图 5 所示的实施例的并行计算框架图；

图 7 为本申请译码设备实施例一的结构示意图；

15 图 8 为本申请译码设备实施例二的结构示意图；

图 9 为本申请译码器实施例一的结构示意图；

图 10 为本申请译码器实施例二的结构示意图。

#### 具体实施方式

20 Polar 码的译码由接收端执行，本申请提供的译码方法主要涉及 Polar 码的译码过程，现有的译码算法 SC 和 SCL 中，SC 算法为逐比特判决，按顺序依次译出所有的译码比特，由于前一个译码比特的结果作为后一个译码比特计算的一个输入，因此，一旦前一个译码比特判错，其错误结果将作为后续比特 G 函数的输入，导致错误扩散，且没有机会挽回，因此译码性能不高。SCL 算法虽然避免了这一问题，但是实际应用中译码比特的数目是非常大的，SCL 算法要计算所有路径的 PM 值，对于每一个译码比特都要对所有路径根据 PM 值进行一次排序，其计算复杂度和排序复杂度都很高。针对上述问题，本申请提供一种译码方法，可基于路径优先级进行并行译码，实现了在保证较好的译码性能的同时降低 Polar 码译码的计算复杂度。下面结合附图详细说明本申请提供的译码方法及设备、译码器。

30 本申请提供的译码方法主要应用于各种无线通信系统，其可以在基站侧/终端侧由软件或硬件实现，特别地，包括 5G 中的增强移动宽带（Enhanced Mobile Broadband，eMBB）、超低时延超可靠通信（Ultra-reliable and low-latency communications，uRLLC）以及大规模机器通信（Massive Machine-Type Communications，mMTC）场景。

本申请涉及的网元主要是基站和终端，实现基站与终端之间的通信。

35 图 3 为本申请译码方法实施例一的流程图，如图 3 所示，本实施例的方法可以包括：  
S101、接收待译码信号对应的 N 个 LLR，N 为码长。

具体地，接收端接收到待译码信号之后，通过计算得到待译码信号对应的 N 个 LLR，送至接收端的译码器，其中  $LLR = 2*y/var$ ，y 是待译码信号的信号值，var 是噪声方差。

S102、根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特。

具体是根据先验 LLR 和/或后验 LLR 衡量每个译码比特的可靠度以决定是否对该比特进行路径的分裂，其中的先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，其可由高斯近似、极化权重、蒙特卡洛仿真等离线方法得到，也可以由译码器实时统计的在线方法得到。后验 LLR 为根据 N 个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR，即译码器实时译码时获得的对应译码比特的 LLR。

5 具体地，先验 LLR  $LLR_{prior}(j)$  可根据如下公式计算得到：

$$LLR_{prior}(j) \underset{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j)。$$

10 其中的 K 为要译出的译码比特的总数，译码器是在译码前就已获知的，在生成译码路径之前，可以是根据先验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，例如可根据编码时信息比特的可靠度或者极化权重设置可靠比特与不可靠比特的百分比，根据这个百分比设置先验 LLR 的阈值，大于该阈值则划分为可靠比特，小于该阈值则划分为不可靠比特，可靠比特的下一级路径确定性高，即下一级路径为 1 条，不可靠路径的下一级路径为 2 条。例如可以是根据如下规则划分

出可靠比特和不可靠比特：
$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}$$
，

其中， $\theta$  为预设参数。

15 还可以是在生成译码路径之前根据后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，例如是通过将译码时获得的“后验 LLR”与高斯近似获得的信息比特 LLR 的期望进行比较，实时将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，例如可以是根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}$$
，

其中， $\eta$  为预设参数。

20 还可以是根据先验 LLR 和后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特。例如可以是根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}$$
；

其中， $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数， $j$  为第  $j$  个比特， $1 \leq j \leq N$ 。

25 需要说明的是，本申请中的译码比特可以是信息比特，也可以是信息比特和固定比特，当译码比特为信息比特和固定比特时，在进行可靠比特与不可靠比特的划分时，因为固定比特的译码结果是确定的，无论 LLR 为多少译码结果都为 0，因此可直接将固定比特划分为可靠比特，固定比特不影响总体的计算复杂度。

S103、根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径。

30 其中， $1 \leq M \leq Q$ ， $Q$  为预设的译码路径的总数，也即路径宽度，每一级的路径的总数不超过 L，L 为预设的达到相同长度的译码路径的总数， $L \leq Q$ ，预设规则为：可靠比特的下一级路径为 1 条，

不可靠比特的下一级路径为 2 条, 对于一条路径长度为  $j$  的译码路径由第 1 至  $j$  个译码比特的判决结果组成, 每一次判决结果对应译码路径的一级,  $K$  为最终的译码比特的数目, 其中  $N$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $L$ 、 $K$  均为正整数,  $1 \leq j \leq N$ 。码长为  $N$ , 码率即为  $K/N$ 。

5 S103 具体为: 首先根据  $N$  个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR, 并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值。具体地, 根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值:

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

为 0 或者 1。

$$10 \Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{ 其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中,  $PM_l^j$  为第  $j$  级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

接着, 按照预设规则生成译码路径, 当生成的译码路径的总数大于  $Q$  时, 选择出 PM 值最小的  $M$  条译码路径, 并按照 PM 值从小到大的顺序对  $M$  条译码路径进行排序。

15 在现有的 SCL 和 SCS 译码算法中, 译码算法的 PM 值只考虑了后验 LLR, 而没有考虑先验 LLR, 在路径长度不同的情况下, 有可能导致长短路径间比较不公平。因此, 本申请提出的路径度量不仅包含后验信息, 也将先验信息计入考虑, 这样才能更加准确的反映路径优劣, 从而加快找到最佳路径的时间。通过实验仿真, 采用上述定义的 PM 值后, 不仅所需存储的路径数  $Q$  大幅降低, 搜索到正确路径所需的时间也有所降低。

20 S104、根据  $M$  条译码路径的 PM 值筛选出每一级目标译码路径, 得到每一级译码比特的译码结果。

具体地, 筛选出  $M$  条译码路径中 PM 值最小的译码路径作为目标译码路径, 得到每一级译码比特的译码结果, 由于每一级译码比特所对应的译码路径的长度不同, 例如得到了第二级译码比特的译码结果, 在获取第三级译码比特的译码结果时, 要重新筛选三级译码路径中 PM 值最小的译码路径, 根据筛选出的译码路径得到第三级译码比特的译码结果。

25 S105、当有第一条译码路径的长度达到  $N$  时, 对第一条译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC, 若 CRC 通过, 则译码成功; 否则继续对下一条长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC, 若对所有的长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC 的结果都未通过, 则译码失败。

30 本实施例提供的译码方法, 在接收到待译码信号对应的  $N$  个 LLR 之后, 首先根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特, 然后再根据  $N$  个 LLR 生成  $M$  条译码路径时, 按照可靠比特的下一级路径为 1 条, 不可靠比特的下一级路径为 2 条的规则生成译码路径, 接着根据  $M$  条译码路径的 PM 值筛选出每一级目标译码路径, 得到每一级译码比特的译码结果, 最后在有一条译码路径的长度达到  $N$  时循环进行 CRC, 直到获取到译码成功或译码失败的结果, 译码完成, 由于在生成译码路径之前和/或生成译码路径的同时对译码比特进行了划分, 可靠的比特不分裂, 不可靠的比特才分裂, 因此减少了路径分裂次数, 从而减少了译码路径的总数,

因此降低了所要计算 PM 值的路径数目以及参与排序的路径数目，降低了计算复杂度和排序复杂度，同时也保证了较好的译码性能。

进一步地，作为本申请的另一可选的实施例，图 4 为本申请提供的译码方法实施例二的流程图，如图 4 所示，在图 3 所示的实施例一中 S104 之前，还可以包括：

5 S106、根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序，排序条件为：只对当前分裂的路径进行排序，不分裂的路径不参与排序。

通过上述步骤，也就是插入排序的方法，可以进一步降低排序复杂度，减少译码所需的时间，降低译码时延。

10 可选的，在上述实施例的基础上，译码路径在不断发展的过程中，当  $M=Q$  时，启动路径管理，优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

由于本申请中，长短路径间长度差别较大，采用本申请中定义的 PM 值后，仍然可能导致正确路径被淘汰，因此需要在淘汰路径前，保证长度路径间长度差别不能太大。可进一步地提高译码性能。

15 可选的，在上述实施例的基础上，还可以包括：

剪除 M 条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径，预设值通过离线计算或在线计算得到。在线计算时，可以初始化为最大值，并通过统计正确译码路径的最大 PM 值来更新该值。离线计算时，预设值可以为：

$$\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B, \text{ 其中 } K \text{ 为译码比特个数 (如有 CRC 比特, 应计入), 为预设}$$

20 的达到相同长度的译码路径的总数，B 为预设参数，是一个常数，可以设为 3。

具体来说，在较高信噪比（通常指误帧率（BLER） $<10^{-3}$  对应的信噪比（SNR）区间）时，路径间 PM 值差别会较大，这时通过比较与最佳路径的 PM 值，减除较差路径可以减少复杂度。而在中信噪比（通常指  $10^{-3} < \text{BLER} < 0.5 \times 10^{-1}$  对应的 SNR 区间）时，路径间 PM 值差别不会太大，因此可以通过路径管理控制最长和最短的路径的差别来保证公平地比较和淘汰路径。而在低信噪比（通常指  $\text{BLER} > 0.5 \times 10^{-1}$  对应的 SNR 区间）时，几乎所有路径的 PM 值都非常差，这时应该将 PM 值与一预设门限进行比较，剪除所有大于该门限的路径。

PM 值在 Polar 码译码中起着评价路径好坏的功能，通常 PM 值越低，表示其路径越可能是正确路径，即路径越好。在译码过程中，通过更新 PM 值，并保留最佳的若干条路径、淘汰最差路径，可以找到最佳的译码结果。因此，通过上述路径管理和剪枝处理，可以保证较好的译码性能。

30 图 5 为本申请译码方法实施例三流程图，如图 5 所示，本实施例的方法在图 3 或图 4 的基础上，S103 中根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径的同时，还可以包括：

从 M 条译码路径中选择出 PM 值最小的 l 条译码路径，并行发展 l 条译码路径， $1 \leq l \leq L$ 。也即，

S103'、根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径，从 M 条译码路径中选择出 PM 值最小的 l 条译码路径，并行发展 l 条译码路径， $1 \leq l \leq L$ 。

35 也就是说，在译码路径组成的译码树中，优先对 M 条译码路径中 PM 最优的 l 条译码路径进行并行的拓展，译码树中不同译码路径的长度不一定相同。l 可称为并行度， $1 \leq l \leq L$ 。当  $l=1$  时，并行度与逐次消除堆栈算法（Successive Cancellation Stack，SCS）相同，当  $l=L$  时并行度与 SCL 相同。

由于采取了图 3 或图 4 所示实施例所说的减分裂操作，路径分裂率较低意味着  $l$  条路径几乎独立前行，类似于  $l$  个并行的 SC 译码器，其计算速度可以达到非常高。另外，当  $l$  条路径中的一条产生分裂时，其引起的队列操作（即发展两条新路径）可与其它  $l-1$  条路径的 LLR 计算同时进行。通过上述并行操作，实际并行度非常高。

5 本实施例提供的译码算法，通过优先拓展最佳路径，可以尽快地找到正确译码结果并结束译码，以节省译码时延和复杂度。相比较 SCL 算法，在具有降低计算复杂度和排序复杂度，同时也保证了较好的译码性能的优点的同时，还可以降低译码时延。

图 6 为图 5 所示的实施例的并行计算框架图，如图 6 所示，在具体的软件或硬件实施时，具体包括：

10 一、优先队列操作原则：用一个  $Q$  长的译码路径队列保存  $Q$  条路径信息（PM 值、路径长度），优先从队列中筛选出最佳的  $l$  条译码路径，图 6 中所示  $l$  为 8，并送入路径缓存（Buf）； $l$  个并行计算单元（PE）负责对筛选出的最佳路径进行路径处理，即逐比特译码，并只在路径分裂时才对队列进行路径插入操作：如图 6 所示将新产生的 2 条路径（路径 0 和路径 1）插入译码路径队列。

15 二、 $l$ -并行计算架构：对宽度为  $L$  的译码树进行部分并行计算，即从队列中选出其中的  $l$  条最佳路径同时处理， $l$  称为并行度，且  $1 \leq l \leq L$ 。当  $l=1$  时，并行度与 SCS 相同，当  $l=L$  时，并行度与 SCL 算法相同。

20 三、 $l$ -存储架构：只存储当前并行计算单元处理中的  $l$  条译码路径的 LLR 表（存储在 RAM 中），使得 LLR 表份数  $l \leq L$ 。当前处理的译码路径需要切换到其它译码路径时，由于新译码路径的 LLR 表没有保存，因此需要重新计算部分 LLR 值，但由于 2 张 LLR 表中通常包含较高的冗余度，重新计算的 LLR 值一般不会太多，实际中只需要额外计算两条译码路径间不同的 LLR 值。

具体地，本申请的译码方法可通过以下示例的伪代码实现：

```

While M>0
  If "M< Q" or "d < D"
    从 PM 队列中 pop 最优路径
  Else
    从 length 队列中 pop 最短路径
25 End
  更新路径长度 (+1)
  更新译码树在该比特的宽度
  If w == L
    检出所有更短的路径
30 End
  利用 PM 值剪枝
  If 固定比特或先/后验可靠比特
    不分裂路径，采用硬判决结果
  Else
35 分裂路径，同时保留 0/1 对应的路径
  End
  If j == N and CRC 校验通过

```

Return 译码结果  
 Else  
 将当前路径删除  
 End  
 5 If “分裂”  
 将新产生的 2 条路径压入 PM 队列  
 将新产生的 2 条路径压入 length 队列  
 End  
 End  
 10 Return “译码失败”

其中，length 队列为译码路径队列，即多条译码路径组成的队列。

图 7 为本申请译码设备实施例一的结构示意图，如图 7 所示，本实施例的译码设备可以包括：接收模块 11、划分模块 12、生成模块 13、选择模块 14 和校验模块 15。其中，接收模块 11 用于接收待译码信号对应的 N 个对数似然比 LLR，N 为码长。划分模块 12 用于根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，后验 LLR 为根据 N 个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR。生成模块 13 用于根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径， $1 \leq M \leq Q$ ，Q 为预设的译码路径的总数，每一级的路径的总数不超过 L，L 为预设的达到相同长度的译码路径的总数， $L \leq Q$ ，预设规则为：可靠比特的下一级路径为 1 条，不可靠比特的下一级路径为 2 条，对于一条路径长度为 j 的译码路由第 1 至 j 个译码比特的判决结果组成，每一次判决结果对应译码路径的一级，K 为最终的译码比特的数目，其中 N、M、Q、L、K 均为正整数， $1 \leq j \leq N$ 。选择模块 14 用于根据 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译码结果。校验模块 15 用于在有第一条译码路径的长度达到 N 时，对第一条译码路径中的 K 个译码比特进行循环冗余码校验 CRC，若 CRC 通过，则返回译码成功；否则继续对下一条长度达到 N 的译码路径中的 K 个译码比特进行 CRC，若对所有的长度达到 N 的译码路径中的 K 个译码比特进行 CRC 的结果都未通过，则返回译码失败。

进一步地，划分模块 12 具体用于根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\left\{ \begin{array}{l} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{array} \right. ; \text{ 或者,}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{array} \right. ; \text{ 或者,}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{array} \right. ;$$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR， $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR，C、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数，j 为第 j 个比特， $1 \leq j \leq N$ 。

其中的先验 LLR 根据如下公式计算得到：

$$LLR_{prior}(j) \stackrel{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

5 可选的, 生成模块 13 具体用于: 根据 N 个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR, 并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值。按照预设规则生成译码路径, 当生成的译码路径的总数大于 Q 时, 选择出 PM 值最小的 M 条译码路径, 并按照 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序。

生成模块 13 具体用于根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值:

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

10 为 0 或者 1。

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中,  $PM_l^j$  为第 j 级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

15 可选的, 选择模块 14 还用于: 在根据 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前, 根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序, 排序条件为: 只对当前分裂的路径进行排序, 不分裂的路径不参与排序。通过插入排序的方法, 可以进一步降低排序复杂度, 减少译码所需的时间, 降低译码时延。

本实施例的译码设备, 可以用于执行图 3 或图 4 所示方法实施例的技术方案, 其实现原理类似, 此处不再赘述。

20 本实施例提供的译码设备, 在接收到待译码信号对应的 N 个 LLR 之后, 首先根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特, 然后再根据 N 个 LLR 生成 M 条译码路径时, 按照可靠比特的下一级路径为 1 条, 不可靠比特的下一级路径为 2 条的规则生成译码路径, 接着根据 M 条译码路径的 PM 值筛选出每一级目标译码路径, 得到每一级译码比特的译码结果, 最后在有一条译码路径的长度达到 N 时循环进行 CRC, 直到获取到译码成功或译码失败的结果, 译码完成, 由于在生成译码路径之前和/或生成译码路径的同时对译码比特进行了划分, 可靠的比特不分裂, 不可靠的比特才分裂, 因此减少了路径分裂次数, 从而减少了译码路径的总数, 因此降低了所要计算 PM 值的路径数目以及参与排序的路径数目, 降低了计算复杂度和排序复杂度, 同时也保证了较好的译码性能。

30 进一步地, 在上述实施例提供的译码设备的基础上, 生成模块 13 根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径的同时, 还用于: 从 M 条译码路径中选择出 PM 值最小的 l 条译码路径, 并行发展 l 条译码路径,  $1 \leq l \leq L$ 。

本实施例的译码设备, 可以用于执行图 5 所示方法实施例的技术方案, 其实现原理类似, 此处不再赘述。

本实施例提供的译码设备，通过优先拓展最佳路径，可以尽快地找到正确译码结果并结束译码，以节省译码时延和复杂度。相比较 SCL 算法，在具有降低计算复杂度和排序复杂度，同时也保证了较好的译码性能的优点的同时，还可以降低译码时延。

图 8 为本申请译码设备实施例二的结构示意图，如图 8 所示，本实施例的译码设备在图 7 所示设备结构的基础上，进一步地，还可以包括：路径管理模块 16，该路径管理模块 16 用于在  $M=Q$  时，启动路径管理，优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

进一步地，还可以包括：剪枝模块 17，用于剪除  $M$  条译码路径中  $PM$  值大于预设值的至少一条译码路径，预设值通过离线计算或在线计算得到。其中预设值可以为：

$$\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B;$$

其中， $B$  是预设参数。

本实施例提供的译码设备，在译码过程中，通过更新  $PM$  值，并保留最佳的若干条路径、淘汰最差路径，可以找到最佳的译码结果。因此，通过上述路径管理和剪枝处理，可以保证较好的译码性能。

图 9 为本申请译码器实施例一的结构示意图，如图 9 所示，本实施例的译码器可以包括：接收器 21、存储器 22、用于控制程序指令执行的处理器 23 和检验器 24，接收器 21 用于接收待译码信号对应的  $N$  个对数似然比 LLR， $N$  为码长。存储器 22 用于存储程序指令、LLR 表、部分和、译码结果以及译码路径队列和  $PM$  值队列，部分和为  $G$  函数的一个输入。处理器 23 用于：根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，后验 LLR 为根据  $N$  个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR。根据  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径， $1 \leq M \leq Q$ ， $Q$  为预设的译码路径的总数，每一级的路径的总数不超过  $L$ ， $L$  为预设的达到相同长度的译码路径的总数， $L \leq Q$ ，预设规则为：可靠比特的下一级路径为 1 条，不可靠比特的下一级路径为 2 条，对于一条路径长度为  $j$  的译码路径由第 1 至  $j$  个译码比特的判决结果组成，每一次判决结果对应译码路径的一级， $K$  为最终的译码比特的数目，其中  $N$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $L$ 、 $K$  均为正整数， $1 \leq j \leq N$ 。根据  $M$  条译码路径的路径度量  $PM$  值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译码结果。检验器 24 用于在有第一条译码路径的长度达到  $N$  时，对第一条译码路径中的  $K$  个译码比特进行循环冗余码校验 CRC，若 CRC 通过，则返回译码成功；否则继续对下一条长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC，若对所有的长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC 的结果都未通过，则返回译码失败。

其中的先验 LLR 根据如下公式计算得到：

$$LLR_{prior}(j) \underset{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

本实施例提供的译码设备，在接收到待译码信号对应的  $N$  个 LLR 之后，首先根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，然后再根据  $N$  个 LLR 生成  $M$  条译码路径时，按照可靠比特的下一级路径为 1 条，不可靠比特的下一级路径为 2 条的规则生成译码路径，接着根据  $M$  条译码路径的  $PM$  值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译

码结果，最后在有一条译码路径的长度达到 N 时循环进行 CRC，直到获取到译码成功或译码失败的结果，译码完成，由于在生成译码路径之前和/生成译码路径的同时对译码比特进行了划分，可靠的比特不分裂，不可靠的比特才分裂，因此减少了路径分裂次数，从而减少了译码路径的总数，因此降低了所要计算 PM 值的路径数目以及参与排序的路径数目，降低了计算复杂度和排序复杂度，同时也保证了较好的译码性能。

图 10 为本申请译码器实施例二的结构示意图，如图 10 所示，本实施例的译码器在图 9 所示译码器的基础上，还可以包括：并行计算器 25、输入缓存 26 和输出缓存 27，需要说明的，处理器 23 执行的操作可以由图 10 中的并行计算器 25、分裂控制器 30 共同执行，并行计算器 25 有  $l$  个。其中，处理器 23 根据 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径的同时，还用于：从 M 条译码路径中选择出 PM 值最小的  $l$  条译码路径。并行计算器 25 用于并行发展  $l$  条译码路径， $1 \leq l \leq L$ ，输入缓存 26 用于存储从译码路径队列中筛选出的译码路径，输出缓存 27 用于存储计算过 PM 值的译码路径。通过优先拓展最佳路径，可以尽快地找到正确译码结果并结束译码，以节省译码时延和复杂度。相比较 SCL 算法，在具有降低计算复杂度和排序复杂度，同时也保证了较好的译码性能的优点的同时，还可以降低译码时延。

进一步地，处理器 23 具体用于：

根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases};$$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR， $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR， $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数， $j$  为第  $j$  个比特， $1 \leq j \leq N$ 。

进一步的，处理器 23 具体用于：根据 N 个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR，并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值，按照预设规则生成译码路径，当生成的译码路径的总数大于 Q 时，选择出 PM 值最小的 M 条译码路径，并按照 PM 值从小到大的顺序对 M 条译码路径进行排序。处理器 23 具体用于根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值：

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

为 0 或者 1。

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j \cdot f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{ 其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中,  $PM_l^j$  为第  $j$  级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

5 可选的, 处理器 23 还用于: 在根据  $M$  条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前, 根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对  $M$  条译码路径进行排序, 排序条件为: 只对当前分裂的路径进行排序, 不分裂的路径不参与排序。通过插入排序的方法, 可以进一步降低排序复杂度, 减少译码所需的时间, 降低译码时延。

如图 10 所示, 可选的, 还包括: 路径管理器 28 和剪枝控制器 29,

路径管理器 28 用于在  $M=Q$  时, 启动路径管理, 优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

10 剪枝控制器 29 用于剪除  $M$  条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径, 预设值通过离线计算或在线计算得到。预设值为:

$$\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B;$$

其中,  $B$  是预设参数。

15 本实施例提供的译码设备, 在译码过程中, 通过更新 PM 值, 并保留最佳的若干条路径、淘汰最差路径, 可以找到最佳的译码结果。因此, 通过上述路径管理和剪枝处理, 可以保证较好的译码性能。

20 在上述译码设备或译码器的具体实现中, 还可包括计算机程序和存储器, 所述计算机程序存储在所述存储器中, 所述处理器运行所述计算机程序执行上述的同步处理方法。处理器的数量为至少一个, 用来执行存储器存储的执行指令, 即计算机程序。使得终端设备与网络设备通过通信接口进行数据交互, 来执行上述各方面的各种实施方式提供的译码方法, 可选的, 存储器还可以集成在处理器内部。

本申请还提供一种存储介质, 包括: 可读存储介质和计算机程序, 所述计算机程序用于实现译码设备或译码器执行的译码方法。

25 本申请还提供一种程序产品, 该程序产品包括计算机程序(即执行指令), 该计算机程序存储在可读存储介质中。译码设备或译码器的至少一个处理器可以从可读存储介质读取该计算机程序, 至少一个处理器执行该计算机程序使得译码设备或译码器实施前述的各种实施方式提供的译码方法。

30 本领域普通技术人员可以理解: 实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读存储介质中。该程序在执行时, 执行包括上述各方法实施例的步骤; 而前述的存储介质包括: ROM、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, 仅为本申请的具体实施方式, 但本申请的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到变化或替换, 都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此, 本申请的保护范围应以所述权利要求书的保护范围为准。

# 权 利 要 求 书

1、一种译码方法，其特征在于，包括：

接收待译码信号对应的  $N$  个对数似然比 LLR， $N$  为码长；

5 根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，所述先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，所述后验 LLR 为根据所述  $N$  个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR；

10 根据所述  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径， $1 \leq M \leq Q$ ， $Q$  为预设的译码路径的总数，每一级的路径的总数不超过  $L$ ， $L$  为预设的达到相同长度的译码路径的总数， $L \leq Q$ ，所述预设规则为：可靠比特的下一级路径为 1 条，不可靠比特的下一级路径为 2 条，对于一条路径长度为  $j$  的译码路径由第 1 至  $j$  个译码比特的判决结果组成，每一次判决结果对应译码路径的一级， $K$  为最终的译码比特的数目，其中  $N$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $L$ 、 $K$ 、 $j$  均为正整数， $1 \leq j \leq N$ ；

根据所述  $M$  条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译码结果；

15 当有第一条译码路径的长度达到  $N$  时，对所述第一条译码路径中的  $K$  个译码比特进行循环冗余码校验 CRC，若 CRC 通过，则译码成功；否则继续对下一条长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC，若对所有的长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC 的结果都未通过，则译码失败。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径的同时，还包括：

20 从所述  $M$  条译码路径中选择出 PM 值最小的  $l$  条译码路径，并行发展所述  $l$  条译码路径， $1 \leq l \leq L$ 。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将  $K$  个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，包括：

根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases};$$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR， $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR， $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数， $j$  为第  $j$  个比特， $1 \leq j \leq N$ 。

30 4、根据权利要求 1~3 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径，包括：

根据所述  $N$  个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR，并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值；

按照所述预设规则生成译码路径，当生成的译码路径的总数大于 Q 时，选择出 PM 值最小的 M 条译码路径，并按照 PM 值从小到大的顺序对所述 M 条译码路径进行排序。

5 5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 N 个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR，并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值，包括：  
根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值：

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值，其值}$$

为 0 或者 1；

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数；}$$

10 其中， $PM_l^j$  为第 j 级译码比特对应的译码路径的 PM 值， $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

6、根据权利要求 1~5 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前，还包括：

根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对所述 M 条译码路径进行排序，所述排序条件为：只对当前分裂的路径进行排序，不分裂的路径不参与排序。

15 7、根据权利要求 1~6 任一项所述的方法，其特征在于，当 M=Q 时，所述方法还包括：  
启动路径管理，优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

8、根据权利要求 1~7 任一项所述的方法，其特征在于，还包括：

20 剪除所述 M 条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径，所述预设值通过离线计算或在线计算得到。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述预设值为：

$$\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B;$$

其中，B 是预设参数。

10、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述先验 LLR 根据如下公式计算得到：

25  $LLR_{prior}(j) \underset{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$

其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

11、一种译码设备，其特征在于，包括：

接收模块，用于接收待译码信号对应的 N 个对数似然比 LLR，N 为码长；

划分模块，用于根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特，

30 所述先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR，所述后验 LLR 为根据所述 N 个

LLR 实时计算的译码比特的 LLR;

生成模块, 用于根据所述  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径,  $1 \leq M \leq Q$ ,  $Q$  为预设的译码路径的总数, 每一级的路径的总数不超过  $L$ ,  $L$  为预设的达到相同长度的译码路径的总数,  $L \leq Q$ , 所述预设规则为: 可靠比特的下一级路径为 1 条, 不可靠比特的下一级路径为 2 条, 对于一条路径长度为  $j$  的译码路径由第 1 至  $j$  个译码比特的判决结果组成, 每一次判决结果对应译码路径的一级,  $K$  为最终的译码比特的数目, 其中  $N$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $L$ 、 $K$ 、 $j$  均为正整数,  $1 \leq j \leq N$ ;

选择模块, 用于根据所述  $M$  条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径, 得到每一级译码比特的译码结果;

校验模块, 用于在有第一条译码路径的长度达到  $N$  时, 对所述第一条译码路径中的  $K$  个译码比特进行循环冗余码校验 CRC, 若 CRC 通过, 则返回译码成功; 否则继续对下一条长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC, 若对所有的长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行 CRC 的结果都未通过, 则返回译码失败。

12、根据权利要求 11 所述的译码设备, 其特征在于, 所述生成模块根据所述  $N$  个 LLR 和预设规则生成  $M$  条译码路径的同时, 还用于:

15 从所述  $M$  条译码路径中选择出 PM 值最小的  $l$  条译码路径, 并行发展所述  $l$  条译码路径,  $1 \leq l \leq L$ 。

13、根据权利要求 11 或 12 所述的译码设备, 其特征在于, 所述划分模块具体用于:

根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特:

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: & \text{则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: & \text{则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases};$$

其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR,  $LLR_{post}(j)$  为后验 LLR,  $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数,  $j$  为第  $j$  个比特,  $1 \leq j \leq N$ 。

14、根据权利要求 11~13 任一项所述的译码设备, 其特征在于, 所述生成模块具体用于:

25 根据所述  $N$  个 LLR 实时计算每条译码路径中每一级译码比特的 LLR, 并根据每一级译码比特的 LLR 计算相应的译码路径的 PM 值;

按照所述预设规则生成译码路径, 当生成的译码路径的总数大于  $Q$  时, 选择出 PM 值最小的  $M$  条译码路径, 并按照 PM 值从小到大的顺序对所述  $M$  条译码路径进行排序。

15、根据权利要求 14 所述的译码设备, 其特征在于, 所述生成模块具体用于:

根据如下公式计算每条译码路径的 PM 值:

$$\begin{aligned} PM_l^0 &= 0, \forall l \\ PM_l^j &= PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\} \end{aligned}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

为 0 或者 1;

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{ 其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中,  $PM_l^j$  为第  $j$  级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

- 5 16、根据权利要求 11~15 任一项所述的译码设备, 其特征在于, 所述选择模块还用于:  
在根据所述 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前, 根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对所述 M 条译码路径进行排序, 所述排序条件为: 只对当前分裂的路径进行排序, 不分裂的路径不参与排序。
- 10 17、根据权利要求 11~16 任一项所述的译码设备, 其特征在于, 还包括:  
路径管理模块, 用于在  $M=Q$  时, 启动路径管理, 优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

18、根据权利要求 11~17 任一项所述的译码设备, 其特征在于, 还包括:

剪枝模块, 用于剪除所述 M 条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径, 所述预设值通过离线计算或在线计算得到。

- 15 19、根据权利要求 18 所述的译码设备, 其特征在于, 所述预设值为:

$$\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l^j| + \ln(K \cdot L) + B;$$

其中,  $B$  是预设参数。

20、根据权利要求 11 所述的译码设备, 其特征在于, 所述先验 LLR 根据如下公式计算得到:

$$LLR_{prior}(j) \underset{\text{发送全零码字}}{=} \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

- 20 其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

21、一种译码器, 其特征在于, 包括:

接收器, 用于接收待译码信号对应的 N 个对数似然比 LLR, N 为码长;

存储器, 用于存储程序指令、LLR 表、部分和、译码结果以及译码路径队列和路径度量 PM 值队列, 所述部分和为 G 函数的一个输入;

- 25 用于控制程序指令执行的处理器, 所述处理器用于:

根据先验 LLR 和/或后验 LLR 将 K 个译码比特划分为可靠比特和不可靠比特, 所述先验 LLR 为根据信道统计信息得到的译码比特的平均 LLR, 所述后验 LLR 为根据所述 N 个 LLR 实时计算的译码比特的 LLR;

- 30 根据所述 N 个 LLR 和预设规则生成 M 条译码路径,  $1 \leq M \leq Q$ , Q 为预设的译码路径的总数, 每一级的路径的总数不超过 L, L 为预设的达到相同长度的译码路径的总数,  $L \leq Q$ , 所述预设规则为: 可靠比特的下一级路径为 1 条, 不可靠比特的下一级路径为 2 条, 对于一条路径长度为 j 的译码路径由第 1 至 j 个译码比特的判决结果组成, 每一次判决结果对应译码路径的一级, K 为

最终的译码比特的数目，其中  $N$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $L$ 、 $K$ 、 $j$  均为正整数， $1 \leq j \leq N$ ；

根据所述  $M$  条译码路径的路径度量  $PM$  值筛选出每一级目标译码路径，得到每一级译码比特的译码结果；

- 5 检验器，用于在有第一条译码路径的长度达到  $N$  时，对所述第一条译码路径中的  $K$  个译码比特进行循环冗余码校验  $CRC$ ，若  $CRC$  通过，则返回译码成功；否则继续对下一条长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行  $CRC$ ，若对所有的长度达到  $N$  的译码路径中的  $K$  个译码比特进行  $CRC$  的结果都未通过，则返回译码失败。

22、根据权利要求 21 所述的译码器，其特征在于，所述处理器根据所述  $N$  个  $LLR$  和预设规则生成  $M$  条译码路径的同时，还用于：

- 10 从所述  $M$  条译码路径中选择出  $PM$  值最小的  $l$  条译码路径；

所述译码器还包括：

并行计算器，用于并行发展所述  $l$  条译码路径， $1 \leq l \leq L$ ；

输入缓存，用于存储从所述译码路径队列中筛选出的译码路径；

输出缓存，用于存储计算过  $PM$  值的译码路径。

- 15 23、根据权利要求 21 或 22 所述的译码器，其特征在于，所述处理器具体用于：

根据如下规则划分出可靠比特和不可靠比特：

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 或 } LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < C \cdot LLR_{prior}(j) \text{ 且 } LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} LLR_{prior}(j) \geq \theta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ LLR_{prior}(j) < \theta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases}; \text{ 或者,}$$

$$\begin{cases} |LLR_{post}(j)| \geq \eta: \text{ 则 } j \in \text{可靠比特} \\ |LLR_{post}(j)| < \eta: \text{ 则 } j \in \text{不可靠比特} \end{cases};$$

- 20 其中， $LLR_{prior}(j)$  为先验  $LLR$ ， $LLR_{post}(j)$  为后验  $LLR$ ， $C$ 、 $\theta$  和  $\eta$  为预设参数， $j$  为第  $j$  个比特， $1 \leq j \leq N$ 。

24、根据权利要求 21~23 任一项所述的译码器，其特征在于，所述处理器具体用于：

根据所述  $N$  个  $LLR$  实时计算每条译码路径中每一级译码比特的  $LLR$ ，并根据每一级译码比特的  $LLR$  计算相应的译码路径的  $PM$  值；

- 25 按照所述预设规则生成译码路径，当生成的译码路径的总数大于  $Q$  时，选择出  $PM$  值最小的  $M$  条译码路径，并按照  $PM$  值从小到大的顺序对所述  $M$  条译码路径进行排序。

25、根据权利要求 24 所述的译码器，其特征在于，所述处理器具体用于：

根据如下公式计算每条译码路径的  $PM$  值：

$$PM_l^0 = 0, \forall l$$

$$PM_l^j = PM_l^{j-1} + \Delta_{post}^j + \Delta_{prior}^j, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\Delta_{post}^j = \begin{cases} 0, & \text{sign}(LLR_{post}(j)) = 1 - 2 \cdot z(j) \\ |LLR_{post}(j)|, & \text{otherwise} \end{cases}, \text{其中 } z(j) \text{ 为第 } j \text{ 个比特的判决值, 其值}$$

为 0 或者 1;

$$\Delta_{prior}^j = -\int_0^{\infty} \Delta_{post}^j f(\Delta_{post}^j) d\Delta_{post}^j, \text{其中 } f(x) \text{ 为 } x \text{ 的概率密度函数;}$$

其中,  $PM_l^j$  为第  $j$  级译码比特对应的译码路径的 PM 值,  $\Delta_{prior}^j$  为  $\Delta_{post}^j$  的均值取反。

5 26、根据权利要求 21~25 任一项所述的译码器, 其特征在于, 所述处理器还用于:  
在根据所述 M 条译码路径的路径度量 PM 值筛选出每一级目标译码路径之前, 根据排序条件和 PM 值从小到大的顺序对所述 M 条译码路径进行排序, 所述排序条件为: 只对当前分裂的路径进行排序, 不分裂的路径不参与排序。

10 27、根据权利要求 21~26 任一项所述的译码器, 其特征在于, 还包括:  
路径管理器, 用于在  $M=Q$  时, 启动路径管理, 优先发展较短路径直到所有译码路径中最大的译码路径的长度与最小的译码路径的长度之差小于或等于预设阈值。

28、根据权利要求 21~27 任一项所述的译码器, 其特征在于, 还包括:  
剪枝控制器, 用于剪除所述 M 条译码路径中 PM 值大于预设值的至少一条译码路径, 所述预设值通过离线计算或在线计算得到。

15 29、根据权利要求 28 所述的译码器, 其特征在于, 所述预设值为:

$$\min_{l \in \{1, \dots, Q\}} |PM_l| + \ln(K \cdot L) + B;$$

其中,  $B$  是预设参数。

30、根据权利要求 21 所述的译码器, 其特征在于, 所述先验 LLR 根据如下公式计算得到:

$$LLR_{prior}(j) = \int_{-\infty}^{+\infty} LLR_{post}(j) f(LLR_{post}(j)) dLLR_{post}(j);$$

20 其中,  $LLR_{prior}(j)$  为先验 LLR。

31、一种存储介质, 其特征在于, 包括: 可读存储介质和计算机程序, 所述计算机程序用于实现权利要求 1~10 任一项所述的译码方法。

25 32、一种程序产品, 其特征在于, 所述程序产品包括计算机程序, 所述计算机程序存储在可读存储介质中, 译码设备或译码器的至少一个处理器可以从所述可读存储介质读取所述计算机程序, 所述至少一个处理器执行所述计算机程序使得译码设备或译码器实施权利要求 1~10 任一项所述的译码方法。

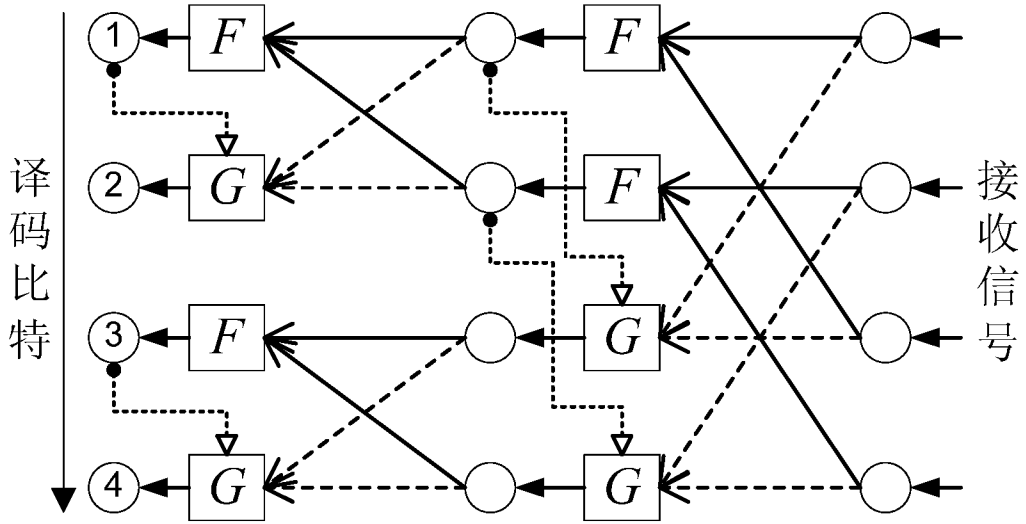


图 1

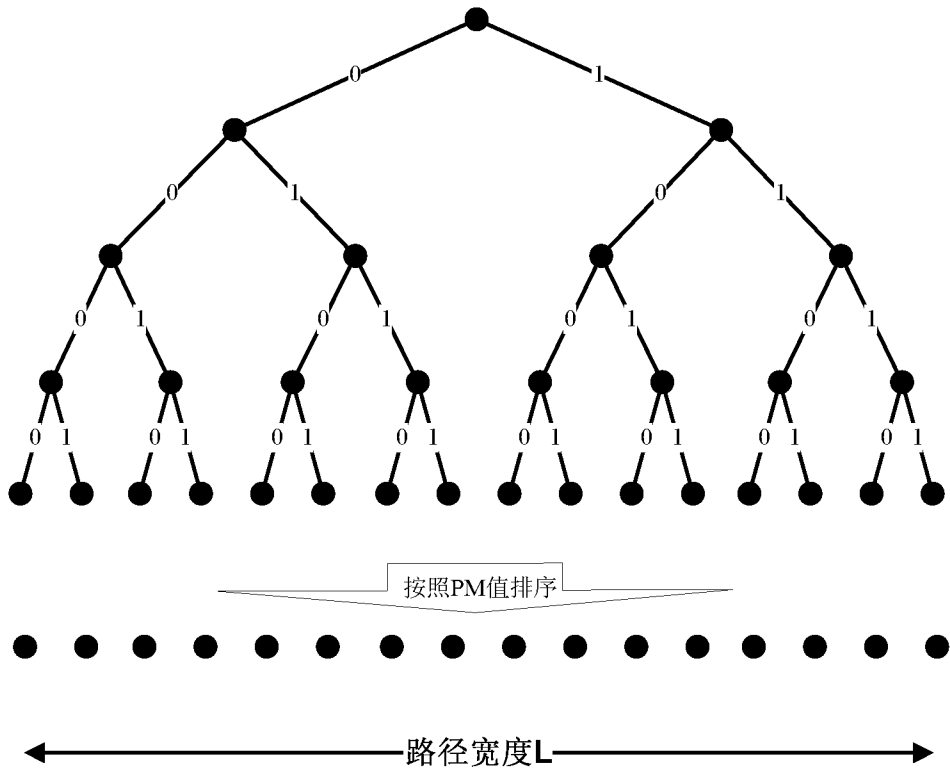


图 2

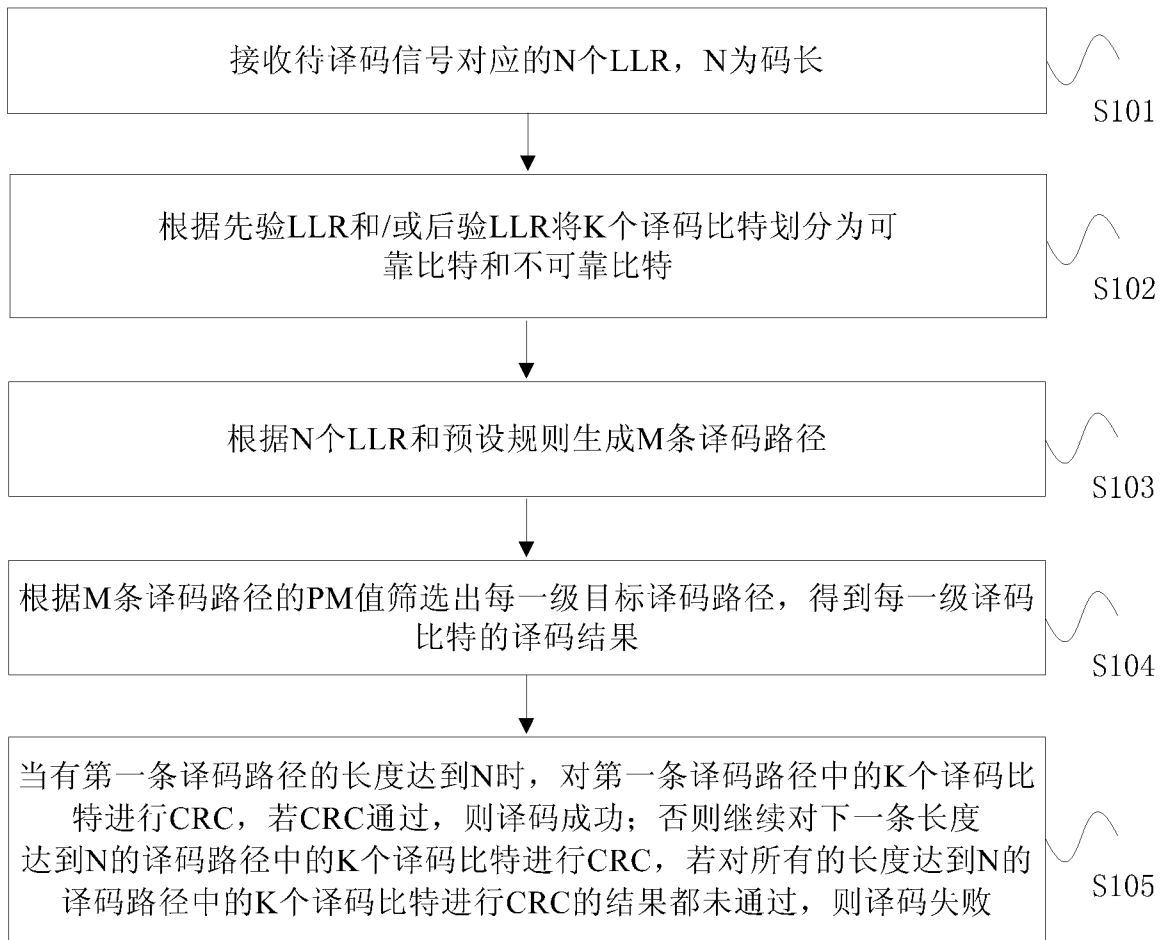


图 3

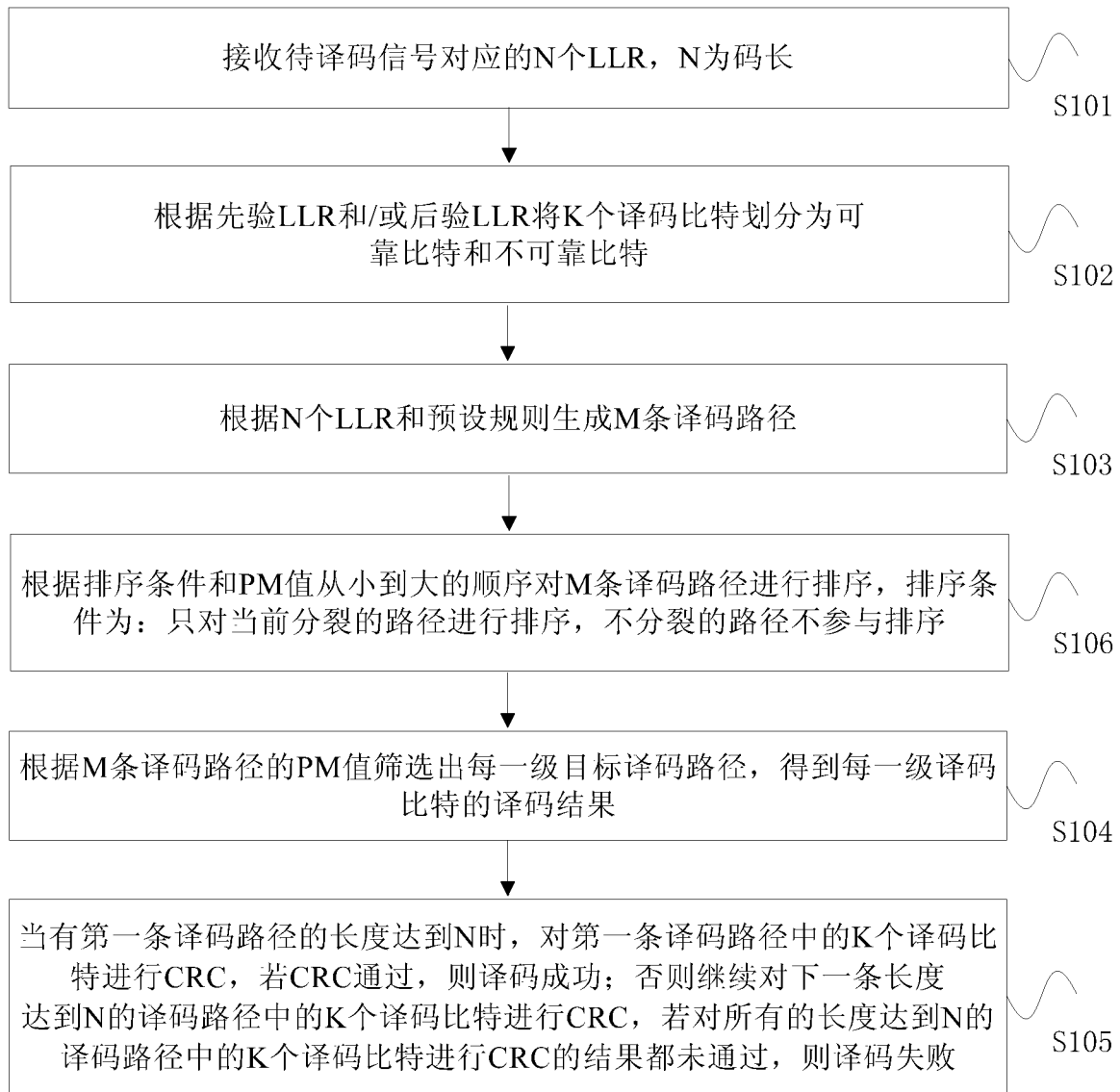


图 4

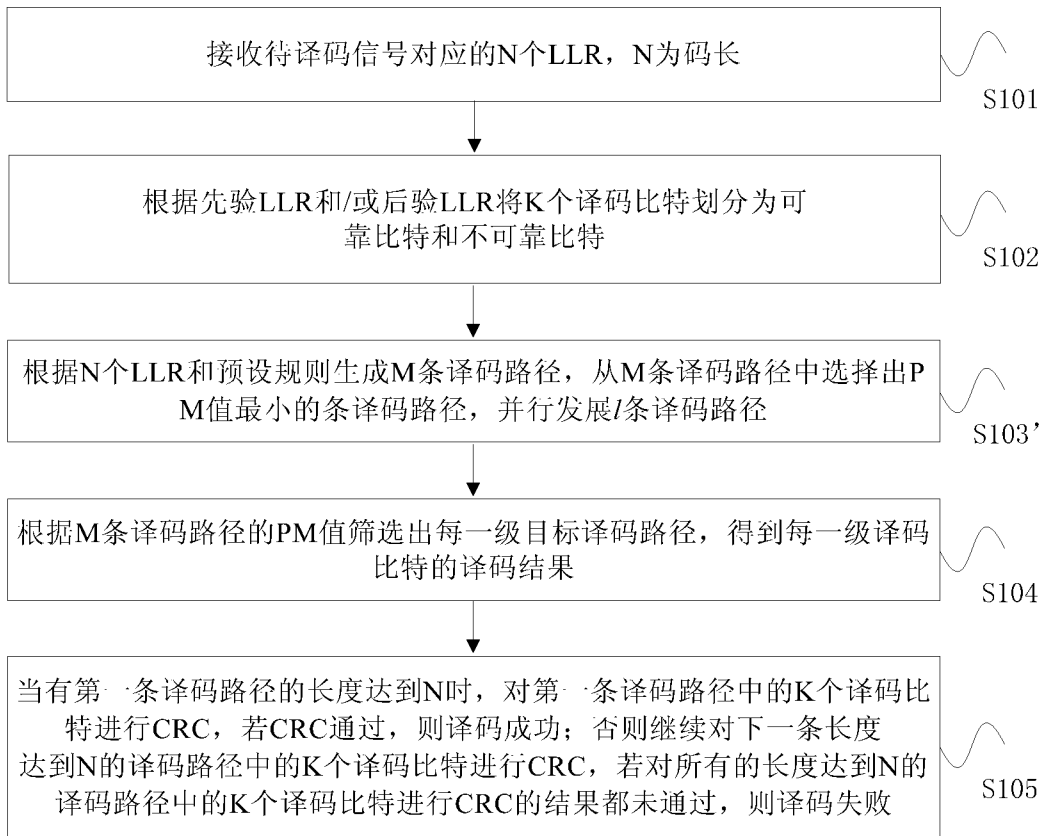


图 5

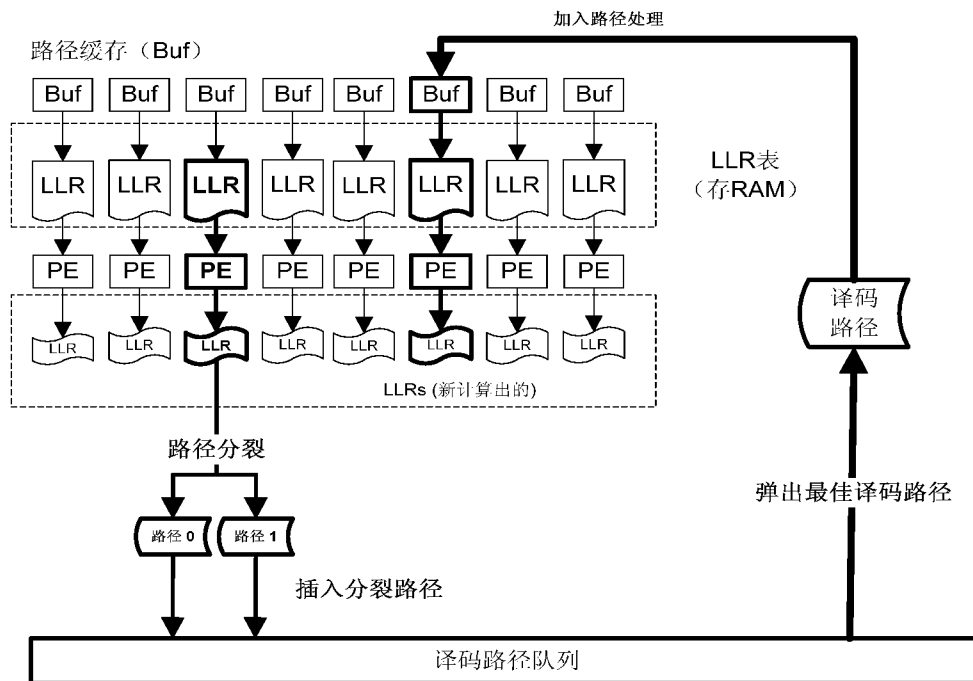


图 6

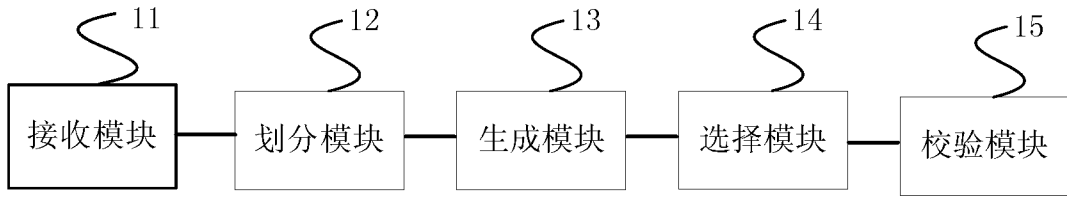


图 7

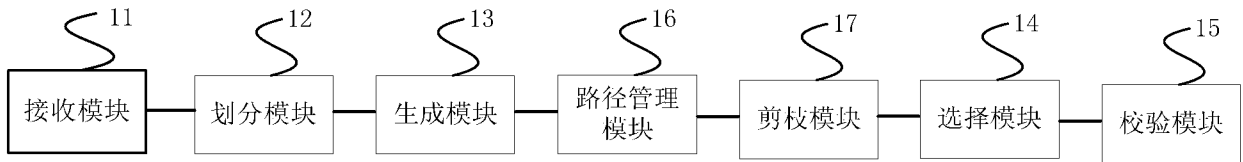


图 8

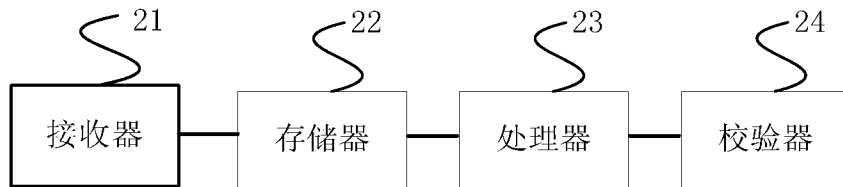


图 9

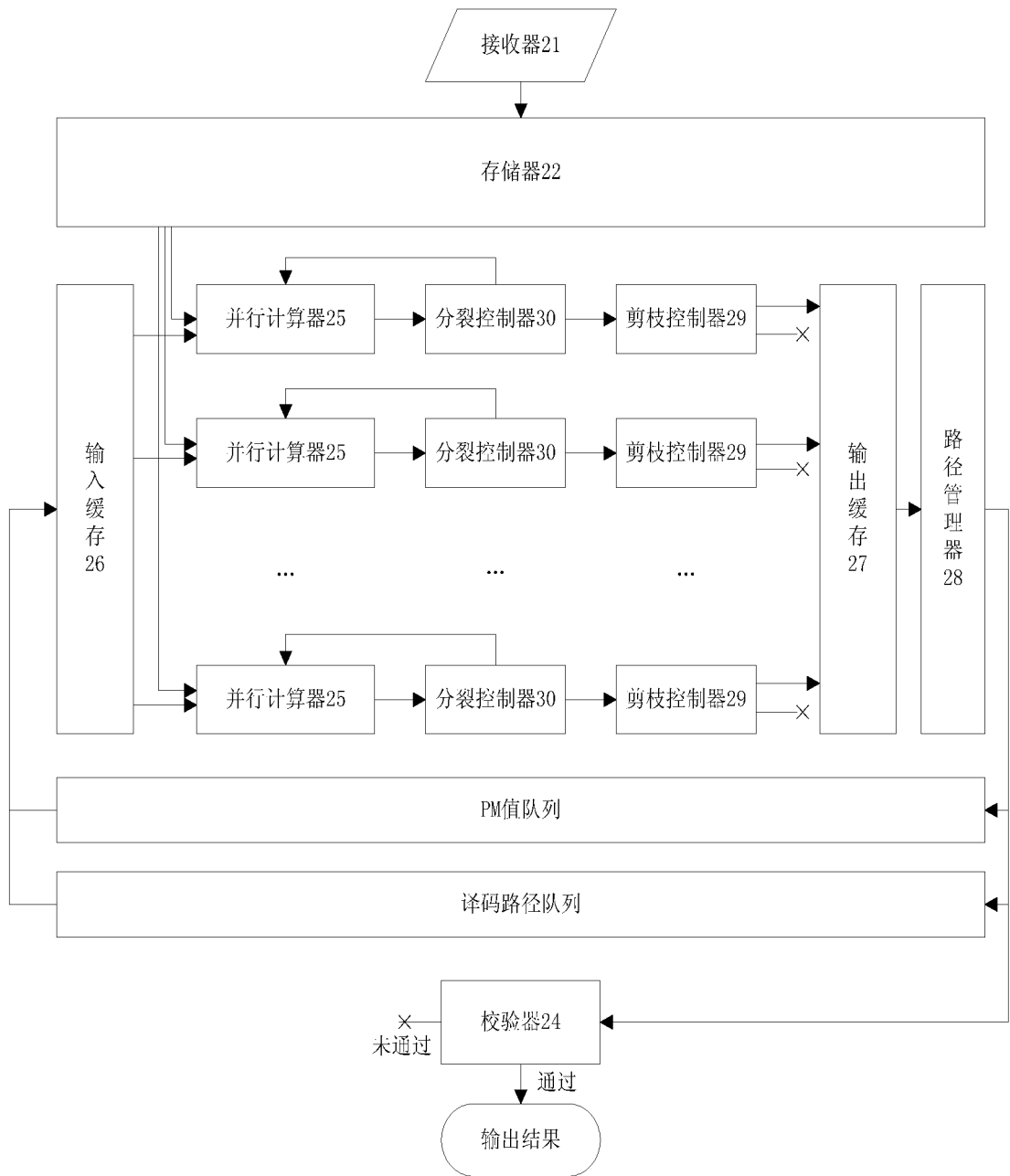


图 10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/092179

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03M 13/00 (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)

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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, IEEE: 译码, 可靠, 极化码, 对数似然比, 复杂度, 循环冗余校验, 路径, decoding, reliable, polar, Log w Likelihood w Ratio, LLR, complexity, CRC, Cyclic w Redundancy w Check, path

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103368583 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 23 October 2013 (23.10.2013), description, paragraphs 0018 and 0029-0071	1-32
A	CN 103856218 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 11 June 2014 (11.06.2014), entire document	1-32
A	CN 102158235 A (ZTE CORP), 17 August 2011 (17.08.2011), entire document	1-32
A	CN 1933335 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. et al.), 21 March 2007 (21.03.2007), entire document	1-32
A	US 2015092886 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED), 02 April 2015 (02.04.2015), entire document	1-32

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search

20 September 2017

Date of mailing of the international search report

11 October 2017

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

WU, Shouqiu

Telephone No.: (86-10) 62413684

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2017/092179

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103368583 A	23 October 2013	WO 2013152605 A1 EP 2824841 A1 US 2015026543 A1	17 October 2013 14 January 2015 22 January 2015
CN 103856218 A	11 June 2014	None	
CN 102158235 A	17 August 2011	WO 2012146124 A1 EP 2704330 A1 RU 2013152333 A	01 November 2012 05 March 2014 10 June 2015
CN 1933335 A	21 March 2007	None	
US 2015092886 A1	02 April 2015	US 2015092879 A1 US 2015091742 A1	02 April 2015 02 April 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/092179

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H03M 13/00 (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>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>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>CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, IEEE: 译码, 可靠, 极化码, 对数似然比, 复杂度, 循环冗余校验, 路径, decoding, reliable, polar, Log w Likelihood w Ratio, LLR, complexity, CRC, Cyclic w Redundancy w Check, path</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></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 103368583 A (华为技术有限公司) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 说明书第0018、0029-0071段</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103856218 A (华为技术有限公司) 2014年 6月 11日 (2014 - 06 - 11) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102158235 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1933335 A (华为技术有限公司 等) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015092886 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 2015年 4月 2日 (2015 - 04 - 02) 全文</td> <td>1-32</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 103368583 A (华为技术有限公司) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 说明书第0018、0029-0071段	1-32	A	CN 103856218 A (华为技术有限公司) 2014年 6月 11日 (2014 - 06 - 11) 全文	1-32	A	CN 102158235 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-32	A	CN 1933335 A (华为技术有限公司 等) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21) 全文	1-32	A	US 2015092886 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 2015年 4月 2日 (2015 - 04 - 02) 全文	1-32
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 103368583 A (华为技术有限公司) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 说明书第0018、0029-0071段	1-32																		
A	CN 103856218 A (华为技术有限公司) 2014年 6月 11日 (2014 - 06 - 11) 全文	1-32																		
A	CN 102158235 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-32																		
A	CN 1933335 A (华为技术有限公司 等) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21) 全文	1-32																		
A	US 2015092886 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 2015年 4月 2日 (2015 - 04 - 02) 全文	1-32																		
<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>“&amp;” 同族专利的文件</p>																				
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																			
2017年 9月 20日	2017年 10月 11日																			
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员																			
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	武守秋																			
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 62413684																			

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/092179

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	103368583	A	2013年 10月 23日	WO	2013152605	A1	2013年 10月 17日
				EP	2824841	A1	2015年 1月 14日
				US	2015026543	A1	2015年 1月 22日
-----							
CN	103856218	A	2014年 6月 11日	无			
-----							
CN	102158235	A	2011年 8月 17日	WO	2012146124	A1	2012年 11月 1日
				EP	2704330	A1	2014年 3月 5日
				RU	2013152333	A	2015年 6月 10日
-----							
CN	1933335	A	2007年 3月 21日	无			
-----							
US	2015092886	A1	2015年 4月 2日	US	2015092879	A1	2015年 4月 2日
				US	2015091742	A1	2015年 4月 2日
-----							