



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110168975 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 201780081143.1

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2017.07.06

H04L 1/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110168975 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2019.08.23

CN 105811998 A, 2016.07.27

(66) 本国优先权数据

CN 103368583 A, 2013.10.23

PCT/CN2016/113031 2016.12.29 CN

CN 106230489 A, 2016.12.14

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

CN 103023618 A, 2013.04.03

2019.06.27

WO 2016172937 A1, 2016.11.03

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2015333775 A1, 2015.11.19

PCT/CN2017/091947 2017.07.06

US 2016164629 A1, 2016.06.09

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 103684477 A, 2014.03.26

W02018/120734 EN 2018.07.05

Huawei, HiSilicon.Polar code design

(73) 专利权人 高通股份有限公司

and rate matching.《3GPP TSG RAN WG1

地址 美国加利福尼亚

Meeting #86 R1-167209》.2016, 第1-2节.

(72) 发明人 许昌龙 G·吴 T·理查森

Harish Vangala等.A Comparative Study

侯纪磊

of Polar Code Constructions for the AWGN

Channel.《<https://arxiv.org/pdf/1501.02473.pdf>》.2015, 全文. (续)

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

审查员 张琼丽

72002

权利要求书5页 说明书26页 附图11页

专利代理人 戴开良

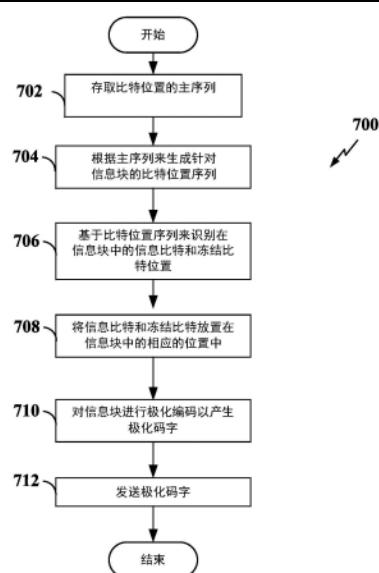
## (54) 发明名称

使用密度演化的用于极化码构造的嵌套结构

## (57) 摘要

本公开内容的各方面涉及无线通信设备, 其被配置为利用使用密度演化而构造的具有嵌套结构的单个主序列来生成极化码字, 以用于识别冻结比特位置和信息比特位置。该单个主序列可以用于高达最大码字长度N<sub>max</sub>的任何码字长度N, 以及还可以用于任何编码速率R。例如, 根据长度N<sub>max</sub>的主序列, 具有码字长度N(其中N<N<sub>max</sub>)的比特位置序列S可以是通过按照在主序列中提供的次序来在主序列中选择与在S中的各比特位置相对应的比特位置(索引)来获得的。

CN 110168975 B



[转续页]

[接上页]

(56) 对比文件

何天光,杜江.一种高性能低复杂度Polar Code编解码算法研究.《电子技术应用 5G关键技术及算法实现》.2016,第42卷(第7期),全文.

Runxin Wang,Rongke Liu.A Novel Puncturing Scheme for Polar Codes.《IEEE Communications Letters》.2014,第18卷(第12期),全文.

1. 一种在进行发送的无线通信设备处进行极化编码的方法,包括:

存取按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列,其中,所述主序列是利用密度演化来生成的并且被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,其中,所述主序列包括最大长度;

根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列,其中,所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置;

基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置;

将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中,并且将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中;

对所述信息块进行极化编码以产生极化码字;以及

在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字,

其中所述主序列是通过在最优化比特错误概率序列之间对比特位置的嵌套选择来生成的。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置还包括:

基于编码速率和所述比特位置序列,来将所述信息块的第一数量的原始比特位置识别为所述信息比特位置;以及

将所述信息块的剩余数量的原始比特位置识别为所述冻结比特位置,

其中,基于所述比特位置序列,所述信息比特位置中的各信息比特位置具有比所述冻结比特位置中的各冻结比特位置要高的可靠性。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述最终比特位置包括所述信息块的所述原始比特位置中的各原始比特位置,并且其中,根据所述主序列来生成针对所述信息块的所述比特位置序列还包括:

从所述主序列中选择所述原始比特位置中的各原始比特位置以便产生所述比特位置序列,其中,在所述比特位置序列中,所述原始比特位置是按照所述主序列的所述可靠性的次序来排列的。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置还包括:

生成用于对在所述极化码字中的相应的编码比特位置进行打孔的包括初始打孔比特位置的初始打孔模式;

对所述初始打孔模式执行比特反转置换,以产生包括最终打孔比特位置的最终打孔模式;

将冻结比特放置在所述信息块的所述最终打孔比特位置中;以及

基于所述比特位置序列来从在所述信息块中的非打孔比特位置中识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置,所述第一最终比特位置包括最高可靠性,所述最后的最终比特位置包括最低可靠性。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置,所述第一最终比特位置包括最低可靠性,所述最后的最终比特位置包括最高可靠性。

7. 一种被配置用于极化编码的装置,所述装置包括:

处理器;

存储器,其通信地耦合到所述处理器并且被配置为存储按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列,其中,所述主序列是利用密度演化来生成的并且被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,其中,所述主序列包括最大长度;以及收发机,其通信地耦合到所述处理器,

其中,所述处理器被配置为:

根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列,其中,所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置;

基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置;

将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中,并且将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中;

对所述信息块进行极化编码以产生极化码字;并且

在无线空中接口上经由所述收发机向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字,

其中所述主序列是通过在最优化比特错误概率序列之间对比特位置的嵌套选择来生成的。

8. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述处理器还被配置为:

基于编码速率和所述比特位置序列,来将所述信息块的第一数量的原始比特位置识别为所述信息比特位置;并且

将所述信息块的剩余数量的原始比特位置识别为所述冻结比特位置;

其中,基于所述比特位置序列,所述信息比特位置中的各信息比特位置具有比所述冻结比特位置中的各冻结比特位置要高的可靠性。

9. 根据权利要求8所述的装置,其中,所述最终比特位置包括所述信息块的所述原始比特位置中的各原始比特位置,并且其中,所述处理器还被配置为:

从所述主序列中选择所述原始比特位置中的各原始比特位置以便产生所述比特位置序列,其中,在所述比特位置序列中,所述原始比特位置是按照所述主序列的所述可靠性的次序来排列的。

10. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述处理器还被配置为:

生成用于对在所述极化码字中的相应的编码比特位置进行打孔的包括初始打孔比特位置的初始打孔模式;

对所述初始打孔模式执行比特反转置换,以产生包括最终打孔比特位置的最终打孔模式;

将冻结比特放置在所述信息块的所述最终打孔比特位置中;并且

基于所述比特位置序列来从在所述信息块中的非打孔比特位置中识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置。

11. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置,所述第一最终比特位置包括最高可靠性,所述最后的最终比特位置包括最低可靠性。

12. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置,所述第一最终比特位置包括最低可靠性,所述最后的最终比特位置包括最高可靠性。

13. 一种被配置用于极化编码的装置,所述装置包括:

用于存取按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列的单元,其中,所述主序列是利用密度演化来生成的并且被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,其中,所述主序列包括最大长度;

用于根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列的单元,其中,所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置;

用于基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置的单元;

用于将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中,并且将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中的单元;

用于对所述信息块进行极化编码以产生极化码字的单元;以及

用于在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字的单元,

其中所述主序列是通过在最优化比特错误概率序列之间对比特位置的嵌套选择来生成的。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述用于识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置的单元还包括:

用于基于编码速率和所述比特位置序列,来将所述信息块的第一数量的原始比特位置识别为所述信息比特位置的单元;以及

用于将所述信息块的剩余数量的原始比特位置识别为所述冻结比特位置的单元;

其中,基于所述比特位置序列,所述信息比特位置中的各信息比特位置具有比所述冻结比特位置中的各冻结比特位置要高的可靠性。

15. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述最终比特位置包括所述信息块的所述原始比特位置中的各原始比特位置,并且其中,所述用于根据所述主序列来生成针对所述信息块的所述比特位置序列的单元还包括:

用于从所述主序列中选择所述原始比特位置中的各原始比特位置以便产生所述比特位置序列的单元,其中,在所述比特位置序列中,所述原始比特位置是按照所述主序列的所述可靠性的次序来排列的。

16. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述用于识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置的单元还包括:

用于生成用于对在所述极化码字中的相应的编码比特位置进行打孔的包括初始打孔比特位置的初始打孔模式的单元;

用于对所述初始打孔模式执行比特反转置换,以产生包括最终打孔比特位置的最终打

孔模式的单元；

用于将冻结比特放置在所述信息块的所述最终打孔比特位置中的单元；以及

用于基于所述比特位置序列来从在所述信息块中的非打孔比特位置中识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置的单元。

17. 根据权利要求13所述的装置，其中，所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置，所述第一最终比特位置包括最高可靠性，所述最后的最终比特位置包括最低可靠性。

18. 根据权利要求13所述的装置，其中，所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置，所述第一最终比特位置包括最低可靠性，所述最后的最终比特位置包括最高可靠性。

19. 一种存储计算机可执行代码的非暂时性计算机可读介质，包括用于进行以下操作的代码：

存取按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列，其中，所述主序列是利用密度演化来生成的并且被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上，其中，所述主序列包括最大长度；

根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列，其中，所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置；

基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置；

将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中，并且将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中；

对所述信息块进行极化编码以产生极化码字；以及

在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字，

其中所述主序列是通过在最优化比特错误概率序列之间对比特位置的嵌套选择来生成的。

20. 根据权利要求19所述的非暂时性计算机可读介质，还包括用于进行以下操作的代码：

基于编码速率和所述比特位置序列，来将所述信息块的第一数量的原始比特位置识别为所述信息比特位置；以及

将所述信息块的剩余数量的原始比特位置识别为所述冻结比特位置；

其中，基于所述比特位置序列，所述信息比特位置中的各信息比特位置具有比所述冻结比特位置中的各冻结比特位置要高的可靠性。

21. 根据权利要求20所述的非暂时性计算机可读介质，其中，所述最终比特位置包括所述信息块的所述原始比特位置中的各原始比特位置，并且还包括用于进行以下操作的代码：

从所述主序列中选择所述原始比特位置中的各原始比特位置以便产生所述比特位置序列，其中，在所述比特位置序列中，所述原始比特位置是按照所述主序列的所述可靠性的次序来排列的。

22. 根据权利要求19所述的非暂时性计算机可读介质，还包括用于进行以下操作的代码：

码：

生成用于对在所述极化码字中的相应的编码比特位置进行打孔的包括初始打孔比特位置的初始打孔模式；

对所述初始打孔模式执行比特反转置换，以产生包括最终打孔比特位置的最终打孔模式；

将冻结比特放置在所述信息块的所述最终打孔比特位置中；以及

基于所述比特位置序列来从在所述信息块中的非打孔比特位置中识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置。

23. 根据权利要求19所述的非暂时性计算机可读介质，其中，所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置，所述第一最终比特位置包括最高可靠性，所述最后的最终比特位置包括最低可靠性。

24. 根据权利要求19所述的非暂时性计算机可读介质，其中，所述主序列包括第一最终比特位置和最后的最终比特位置，所述第一最终比特位置包括最低可靠性，所述最后的最终比特位置包括最高可靠性。

## 使用密度演化的用于极化码构造的嵌套结构

[0001] 要求优先权

[0002] 本申请要求享受于2016年12月29日向中国专利局提交的PCT申请第PCT/CN2016/113031号的优先权和权益,该申请的全部内容通过引用的方式并入本文,如同下文充分阐述其全部内容一样以及用于所有适用的目的。

### 技术领域

[0003] 概括地说,下文讨论的技术涉及无线通信系统,以及更具体地说,下文讨论的技术涉及在无线通信系统中利用极化码的信道编码。各实施例可以提供用于利用具有嵌套结构的单个主序列来生成极化码字的技术,所述单个主序列是的使用密度演化来构造的。

### 背景技术

[0004] 块码或纠错码经常用于提供在噪声信道上对数字消息的可靠传输。在典型的块码中,信息消息或序列被分成块,以及然后,在发送设备处的编码器在数学上将冗余添加到信息消息中。在经编码的信息消息中利用这样的冗余是消息的可靠性的关键,实现对可能由于噪声而发生的任何比特错误的校正。也就是说,在接收设备处的解码器可以利用冗余来可靠地恢复出信息消息,即使可能部分地由于向信道添加了噪声而发生比特错误。

[0005] 这样的纠错块码的许多示例是本领域普通技术人员所已知的,包括汉明码、博斯-查德胡里-霍昆格母(Bose-Chaudhuri-Hocquenghem, BCH)码、turbo码和低密度奇偶校验(LDPC)码,除了别的之外。许多现有的无线通信网络利用这样的块码,诸如利用turbo码的3GPP LTE网络;以及利用LDPC码的IEEE 802.11n Wi-Fi网络。然而,对于未来的网络,新的类别的块码(被称为极化码)给出了用于可靠且高效的信息传送的具有相对于turbo码和LDPC码的改进的性能的潜在机会。

[0006] 虽然对极化码的实现的研究持续快速地提升其能力和潜力,但是期望额外的增强,特别是对于除了LTE之外的未来无线通信网络的潜在部署。

### 发明内容

[0007] 为了提供对本公开内容的一个或多个方面的基本理解,下文给出了这些方面的简化概述。该概述不是对本公开内容的所有预期特征的详尽概述,以及既不旨在标识本公开内容的所有方面的关键或重要元素,也不旨在描绘本公开内容的任何或所有方面的范围。其唯一目的是以简化的形式呈现本公开内容的一个或多个方面的一些概念,作为稍后给出的更加详细的描述的序言。

[0008] 本公开内容的各个方面提供了利用使用密度演化而构造的、具有嵌套结构的单个主序列来生成极化码字,以用于识别冻结比特位置和信息比特位置。该单个主序列可以用于高达最大码字长度 $N_{\max}$ 的任何码字长度N,以及还可以用于任何编码速率R。例如,根据长度 $N_{\max}$ 的主序列,具有码字长度N(其中 $N < N_{\max}$ )的比特位置序列S可以是通过按照在主序列中提供的次序来在主序列中选择与在S中的各比特位置相对应的比特位置(索引)来获得的。

[0009] 在本公开内容的一个方面中,提供了一种在进行发送的无线通信设备处进行极化编码的方法。所述方法包括:存取按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列,其中所述主序列是利用密度演化来生成的以及被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,以及所述主序列包括最大长度。所述方法还包括:根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列,其中所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置。所述方法还包括:基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置;将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中,以及将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中;对所述信息块进行极化编码以产生极化码字;以及在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字。

[0010] 本公开内容的另一方面提供了一种被配置用于极化编码的装置。所述装置包括:收发机、存储器以及通信地耦合到所述收发机和所述存储器的处理器。所述存储器被配置为:存储按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列,其中所述主序列是利用密度演化来生成的以及被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,以及所述主序列包括最大长度。所述处理器被配置为:根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列,其中所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置。所述处理器还被配置为:基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置;将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中,以及将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中;对所述信息块进行极化编码以产生极化码字;以及在无线空中接口上经由所述收发机向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字。

[0011] 本公开内容的另一方面提供了一种被配置用于极化编码的装置。所述装置包括:用于存取按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列的单元,其中所述主序列是利用密度演化来生成的以及被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,以及所述主序列包括最大长度。所述装置还包括:用于根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列的单元,其中所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位置。所述装置还包括:用于基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置的单元;用于将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中,以及将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中的单元;用于对所述信息块进行极化编码以产生极化码字的单元;以及用于在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字的单元。

[0012] 本公开内容的另一方面提供了一种存储计算机可执行代码的非暂时性计算机可读介质。所述计算机可执行代码包括用于进行以下操作的代码:存取按照可靠性的次序来维护的最终比特位置的主序列,其中所述主序列是利用密度演化来生成的以及被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上,以及所述主序列包括最大长度。所述计算机可执行代码还包括用于进行以下操作的代码:根据所述主序列来生成针对包括小于所述最大长度的块长度的信息块的比特位置序列,其中所述比特位置序列包括与所述块长度相对应的按照根据所述主序列的可靠性的次序来排列的多个所述最终比特位

置。所述计算机可执行代码还包括用于进行以下操作的代码：基于所述比特位置序列来识别在所述信息块中的信息比特位置和冻结比特位置；将信息比特放置在所述信息块的所述信息比特位置中，以及将冻结比特放置在所述信息块的所述冻结比特位置中；对所述信息块进行极化编码以产生极化码字；以及在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送所述极化码字。

[0013] 以下公开内容的额外方面的示例。在本公开内容的一些方面中，为了识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置，可以基于编码速率和所述比特位置序列，来将所述信息块的第一数量的原始比特位置识别为所述信息比特位置，以及可以将所述信息块的剩余数量的原始比特位置识别为所述冻结比特位置，其中基于所述比特位置序列，所述信息比特位置中的各信息比特位置可以具有比所述冻结比特位置中的各冻结比特位置要高的可靠性。

[0014] 在本公开内容的一些方面中，所述最终比特位置包括所述信息块的所述原始比特位置中的各原始比特位置。为了根据所述主序列来生成针对所述信息块的所述比特位置序列，可以从所述主序列中选择所述原始比特位置中的各原始比特位置以便产生所述比特位置序列，其中在所述比特位置序列中，所述原始比特位置是按照所述主序列的所述可靠性的次序来排列的。

[0015] 在本公开内容的一些方面中，为了识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置，可以生成用于对在所述极化码字中的相应的编码比特位置进行打孔的包括初始打孔比特位置的初始打孔模式。然后可以对所述初始打孔模式执行比特反转置换，以产生包括最终打孔比特位置的最终打孔模式，以及可以将冻结比特放置在所述信息块的所述最终打孔比特位置中。然后可以基于所述比特位置序列来从在所述信息块中的非打孔比特位置中识别在所述信息块中的所述信息比特位置和所述冻结比特位置。

[0016] 在本公开内容的一些方面中，所述主序列包括具有最高可靠性的第一最终比特位置和具有最低可靠性的最后的最终比特位置。在本公开内容的其它方面中，所述主序列包括具有最低可靠性的第一最终比特位置和具有最高可靠性的最后的最终比特位置。

[0017] 在回顾下文的详细描述时，将变得更加全面理解本发明的这些方面和其它方面。在结合附图回顾本发明的特定、示例性实施例的以下描述时，本发明的其它方面、特征和实施例对于本领域技术人员来说将变得显而易见。虽然下文可能相对于某些实施例和附图讨论了本发明的特征，但是本发明的所有实施例可以包括本文所讨论的有利特征中的一个或多个特征。换句话说，虽然可能将一个或多个实施例讨论成具有某些有利特征，但是这些特征中的一个或多个特征也可以是根据本文所讨论的本发明的各个实施例来使用的。以类似的方式，虽然下文可能将示例性实施例讨论成设备、系统或者方法实施例，但是应当理解的是，这样的示例性实施例可以是在各种设备、系统和方法中实现的。

## 附图说明

[0018] 图1是示出无线接入网的示例的示意图。

[0019] 图2是根据本公开内容的一些方面的利用块码的无线通信的示意图。

[0020] 图3是示出根据本公开内容的一些方面的极化编码和打孔的示例的示意图。

[0021] 图4是示出根据本公开内容的一些方面的用于采用处理系统的无线通信设备的硬

件实现方式的示例的方块图。

[0022] 图5是示出根据本公开内容的一些方面的极化编码和打孔的示例的示意图。

[0023] 图6是示出根据本公开内容的一些方面的打孔的示例的示意图。

[0024] 图7是示出根据本公开内容的一些方面的用于极化编码的示例性过程的流程图。

[0025] 图8是示出根据本公开内容的一些方面的用于极化编码的另一示例性过程的流程图。

[0026] 图9是示出根据本公开内容的一些方面的用于生成用于极化编码的主序列的示例性过程的流程图。

[0027] 图10是示出根据本公开内容的一些方面的用于生成用于极化编码的主序列的另一示例性过程的流程图。

[0028] 图11是示出根据本公开内容的一些方面的比特错误概率 (BEP) 表的示例的示意图。

## 具体实施方式

[0029] 下文结合附图阐述的详细描述旨在作为各种配置的描述,以及并非旨在表示可以在其中实践本文所描述的概念的仅有配置。出于提供对各个概念的透彻理解的目的,详细描述包括特定细节。然而,对于本领域技术人员将显而易见的是,可以在没有这些特定细节的情况下实践这些概念。在一些实例中,以方块图形式示出了公知的结构和组件,以便避免模糊这样的概念。

[0030] 贯穿本公开内容所给出的各种概念可以是在多种多样的电信系统、网络架构和通信标准中实现的。现在参照图1,作为说明性示例而非进行限制,提供了无线接入网100的示意图。无线接入网100可以是下一代(例如,第五代(5G)或新无线电(NR))无线接入网或传统(例如,3G或4G)无线接入网。另外,在无线接入网100中的一个或多个节点可以是下一代节点或传统节点。

[0031] 如本文所使用的,术语传统无线接入网指代采用如下技术的网络:基于符合国际移动电信-2000(IMT-2000)规范的标准集的第三代(3G)无线通信技术、或基于符合改进的国际移动通信(改进的ITU)规范的标准集的第四代(4G)无线通信技术。例如,由第三代合作伙伴计划(3GPP)和第三代合作伙伴计划2(3GPP2)颁布的一些标准可以符合IMT-2000和/或改进的ITU。由第三代合作伙伴计划(3GPP)定义的这样的传统标准的示例包括但不限于长期演进(LTE)、改进的LTE、演进分组系统(EPS)和通用移动电信系统(UMTS)。基于上文列出的3GPP标准中的一项或多项的各种无线接入技术的额外示例包括但不限于通用陆地无线接入(UTRA)、演进通用陆地无线接入(eUTRA)、通用分组无线服务(GPRS)和增强型数据速率GSM演进(EDGE)。由第三代合作伙伴计划2(3GPP2)定义的这样的传统标准的示例包括但不限于CDMA2000和超移动宽带(UMB)。采用3G/4G无线通信技术的标准的其它示例包括IEEE 802.16(WiMAX)标准和其它适当的标准。

[0032] 如本文进一步使用的,术语下一代无线接入网通常指代采用持续演进的无线通信技术的网络。这可以包括例如基于标准集的第五代(5G)无线通信技术。这些标准可以符合在由下一代移动网络(NGMN)联盟于2015年2月17日发布的5G白皮书中阐述的指导原则。例如,可以由3GPP在改进的LTE之后或由3GPP2在CDMA2000之后定义的标准可以符合NGMN联盟

5G白皮书。标准还可以包括由Verizon技术论坛([www.vstgf](http://www.vstgf))和韩国电信SIG([www.kt5g.org](http://www.kt5g.org))规定的在3GPP之前的努力成果。

[0033] 可以将由无线接入网100覆盖的地理区域划分成多个蜂窝区域(小区),所述蜂窝区域可以是由用户设备(UE)基于从一个接入点或基站在地理区域上广播的标识来唯一地识别的。图1示出了宏小区102、104和106以及小型小区108,它们中的每一者可以包括一个或多个扇区。扇区是小区的子区域。在一个小区内的所有扇区是由同一基站来服务的。在扇区内的无线链路可以是通过属于该扇区的单个逻辑标识来识别的。在划分成扇区的小区中,在小区内的多个扇区可以是通过成组的天线来形成的,其中各天线负责与在小区的一部分中的UE进行通信。

[0034] 通常,基站(BS)为各小区服务。广义来讲,基站是在无线接入网中的负责在一个或多个小区中的去往或者来自UE的无线发送和接收的网络元件。本领域技术人员还可以将BS称为基站收发机(BTS)、无线基站、无线收发机、收发机功能、基本服务集(BSS)、扩展服务集(ESS)、接入点(AP)、节点B(NB)、演进型节点B(eNB)、gNodeB(gNB)或者某种其它适当的术语。

[0035] 在图1中,两个高功率基站110和112被示为在小区102和104中;以及第三高功率基站114被示为控制在小区106中的远程无线头端(RRH)116。也就是说,基站可以具有集成天线,或者可以通过馈线电缆连接到天线或RRH。在所示出的示例中,小区102、104和106可以被称为宏小区,这是因为高功率基站110、112和114支持具有大尺寸的小区。进一步地,低功率基站118被示为在小型小区108(例如,微小区、微微小区、毫微微小区、家庭基站、家庭节点B、家庭演进型节点B等等)中,所述小型小区108可能与一个或多个宏小区重叠。在该示例中,小区108可以被称为小型小区,这是因为低功率基站118支持具有相对小尺寸的小区。小区尺寸设置可以是根据系统设计以及组件约束来完成的。要理解的是,无线接入网100可以包括任何数量的无线基站和小区。进一步地,可以部署中继节点,以扩展给定小区的尺寸或覆盖区域。基站110、112、114、118为任何数量的移动装置提供到核心网的无线接入点。

[0036] 图1还包括四轴飞行器或无人机120,其可以被配置为充当基站。也就是说,在一些示例中,小区可能未必是静止的,以及小区的地理区域可以根据诸如四轴飞行器120的移动基站的位置而移动。

[0037] 通常,基站可以包括用于与网络的回程部分进行通信的回程接口。回程可以提供在基站与核心网之间的链路,以及在一些示例中,回程可以提供在相应基站之间的互连。核心网是无线通信系统的一部分,其通常独立于在无线接入网中使用的无线接入技术。可以采用各种类型的回程接口,诸如直接物理连接、虚拟网络或者使用任何适当的传输网络的类似接口。一些基站可以被配置为集成接入和回程(IAB)节点,其中无线频谱既可以用于接入链路(即,与UE的无线链路),也可以用于回程链路。该方案有时被称为无线自回程。通过使用无线自回程,而不是要求各新基站部署都配备有其自己的硬连线回程连接,可以利用用于在基站与UE之间的通信的无线频谱进行回程通信,从而实现对高密度小型小区网络的快速且简单的部署。

[0038] 无线接入网100被示出为支持针对多个移动装置的无线通信。移动装置在由第三代合作伙伴计划(3GPP)发布的标准和规范中通常被称为用户设备(UE),但是还可以被本领域技术人员称为移动站(MS)、用户站、移动单元、用户单元、无线单元、远程单元、移动设备、

无线设备、无线通信设备、远程设备、移动用户站、接入终端(AT)、移动终端、无线终端、远程终端、手机、终端、用户代理、移动客户端、客户端或某个其它适当的术语。UE可以是向用户提供到网络服务的接入的装置。

[0039] 在本文档中，“移动”装置未必需要具有移动的能力，而可以是静止的。术语移动装置或移动设备广义地指代各种各样的设备和技术。例如，移动装置的一些非限制性示例包括移动台、蜂窝电话(手机)、智能电话、会话发起协议(SIP)电话、膝上型计算机、个人计算机(PC)、笔记本电脑、上网本、智能本、平板设备、个人数字助理(PDA)以及(例如，与“物联网”(IoT)对应的)各种各样的嵌入式系统。移动装置另外可以是汽车或其它交通工具、远程传感器或致动器、机器人或机器人式设备、卫星无线单元、全球定位系统(GPS)设备、目标跟踪设备、无人机、多轴飞行器、四轴飞行器、远程控制设备、消费性设备和/或可穿戴设备(诸如眼镜、可穿戴照相机、虚拟现实设备、智能手表、健康或健身跟踪器)、数字音频播放器(例如，MP3播放器)、照相机、游戏控制台等等。移动装置另外可以是数字家庭或智能家庭设备，诸如家庭音频、视频和/或多媒体设备、电器、自动售货机、智能照明、家庭安全系统、智能仪表等等。移动装置另外可以是智能能量设备、安全设备、太阳能板或太阳能阵列、控制电力(例如，智能电网)、照明、水力等的市政基础设施设备；工业自动化和企业设备；物流控制器；农业设备；军事防御装备、车辆、飞机、船舶和兵器等等。更进一步地，移动装置可以为连接的医疗或远程医学支持(即，在一距离处的医疗保健)做准备。远程医疗设备可以包括远程医疗监控设备和远程医疗管理设备，其通信可以被给予超过其它类型的信息的优先处理或者优先接入，例如，在针对关键服务用户数据业务的传输的优先接入、和/或针对关键服务用户数据业务的传输的相关QoS方面。

[0040] 在无线接入网100内，小区可以包括可以与各小区中的一个或多个扇区相通信的UE。例如，UE 122和124可以与基站110相通信；UE 126和128可以与基站112相通信；UE 130和132可以通过RRH 116与基站114相通信；UE 134可以与低功率基站118相通信；以及UE 136可以与移动基站120相通信。此处，各基站110、112、114、118和120可以被配置为向在各自小区中的所有UE提供到核心网(未示出)的接入点。

[0041] 在另一示例中，移动网络节点(例如，四轴飞行器120)可以被配置为充当UE。例如，四轴飞行器120可以通过与基站110进行通信来在小区102内进行操作。在本公开内容的一些方面中，两个或更多个UE(例如，UE 126和UE 128)可以在不通过基站(例如，基站112)来对通信进行中继的情况下，使用对等(P2P)或副链路(sidelink)信号127互相通信。

[0042] 从基站(例如，基站110)向一个或多个UE(例如，UE 122和124)对控制信息和/或用户数据业务的单播或广播传输可以被称为下行链路(DL)传输，而源自于UE(例如，UE 122)对控制信息和/或用户数据业务的传输可以被称为上行链路(UL)传输。另外，上行链路和/或下行链路控制信息和/或用户数据业务可以在时间上被划分为帧、子帧、时隙、微时隙和/或符号。如本文所使用的，符号可以指代在正交频分复用(OFDM)波形中每子载波携带一个资源元素(RE)的时间单元。时隙可以携带7或14个OFDM符号。微时隙可以携带少于7个OFDM符号或少于14个OFDM符号。子帧可以指代1毫秒的持续时间。可以将多个子帧或时隙聚集在一起以形成单个帧或无线帧。当然，不需要这些定义，以及可以利用用于组织波形的任何适当的方案，以及对波形的各种时间划分可以具有任何适当的持续时间。

[0043] 在无线接入网100中的空中接口可以利用一种或多种复用和多址算法，以实现各

个设备的同时通信。例如,用于从UE 122和124向基站110的上行链路(UL)或反向链路传输的多址可以是利用时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)、频分多址(FDMA)、正交频分多址(OFDMA)、稀疏码多址(SCMA)、单载波频分多址(SC-FDMA)、资源扩展多址(RSMA)或其它适当的多址方案来提供的。进一步地,对从基站110向UE 122和124的下行链路(DL)或前向链路传输进行复用可以是利用时分复用(TDM)、码分复用(CDM)、频分复用(FDM)、正交频分复用(OFDM)、稀疏码复用(SCM)、单载波频分复用(SC-FDM)或其它适当的复用方案来提供的。

[0044] 进一步地,在无线接入网100中的空中接口可以利用一种或多种双工算法。双工指代点到点通信链路,其中两个端点可以在两个方向上彼此通信。全双工意味着两个端点可以同时地互相通信。半双工意味着在一段时间处,仅有一个端点可以向另一个端点发送信息。在无线链路中,全双工信道通常依赖于对发射机和接收机的物理隔离和适当的干扰消除技术。经常通过利用频分双工(FDD)或时分双工(TDD)来实现针对无线链路的全双工仿真。在FDD中,在不同方向上的传输在不同的载波频率处进行操作。在TDD中,在给定信道上在不同方向上的传输是使用时分复用来彼此分开的。也就是说,在一些时间处,信道专用于在一个方向上的传输,而在其它时间处,信道专用于在另一方向上的传输,其中方向可以非常快速地变化(例如,每子帧变化若干次)。

[0045] 在无线接入网100中,UE在移动的同时进行通信(独立于其位置)的能力被称为移动性。通常在接入和移动性管理功能单元(AMF)的控制之下,建立、维护和释放UE与无线接入网之间的各种物理信道,所述AMF可以包括管理用于控制平面和用户平面功能二者的安全性上下文的安全性上下文管理功能(SCMF)以及执行认证的安全性锚功能(SEAF)。在本公开内容的各个方面中,无线接入网100可以利用基于DL的移动性或基于UL的移动性来实现移动性和切换(即,UE的连接从一个无线信道转移到另一无线信道)。在被配置用于基于DL的移动性的网络中,在与调度实体的呼叫期间,或者在任何其它时间处,UE可以监测来自其服务小区的信号的各种参数以及相邻小区的各种参数。取决于这些参数的质量,UE可以维持与相邻小区中的一个或多个相邻小区的通信。在该时间期间,如果UE从一个小区移动到另一小区,或者如果在给定的时间量内来自相邻小区的信号质量超过来自服务小区的信号质量,则UE可以进行从服务小区到相邻(目标)小区的转换(handoff)或切换(handover)。例如,UE 124可以从与其服务小区102相对应的地理区域移动到与相邻小区106相对应的地理区域。当在给定的时间量内来自相邻小区106的信号强度或质量超过其服务小区102的信号强度或质量时,UE 124可以向其服务基站110发送用于指示该状况的报告消息。作为响应,UE 124可以接收切换命令,以及UE可以经历到小区106的切换。

[0046] 在被配置用于基于UL的移动性的网络中,网络可以利用来自各UE的UL参考信号来选择用于各UE的服务小区。在一些示例中,基站110、112和114/116可以广播统一的同步信号(例如,统一的主同步信号(PSS)、统一的辅同步信号(SSS)和统一的物理广播信道(PBCH))。UE 122、124、126、128、130和132可以接收统一的同步信号,根据同步信号来推导载波频率和子帧时序,以及响应于推导时序,发送上行链路导频或参考信号。由UE(例如,UE 124)发送的上行链路导频信号可以被在无线接入网100内的两个或更多个小区(例如,基站110和114/116)同时地接收。小区中的各小区可以测量导频信号的强度,以及无线接入网(例如,基站110和114/116和/或在核心网内的中央节点中的一者或更多者)可以确定用于UE 124的服务小区。随着UE 124移动穿过无线接入网100,网络可以继续监测由UE 124发送的

上行链路导频信号。当由相邻小区测量的导频信号的信号强度或质量超过由服务小区测量的信号强度或质量时,网络100可以在通知UE 124或不通知UE 124的情况下,将UE 124从服务小区切换到相邻小区。

[0047] 虽然由基站110、112和114/116发送的同步信号可以是统一的,但是同步信号可能不标识特定小区,而是可以标识在相同的频率上和/或使用相同的时序进行操作的多个小区的区域。在5G网络或其它下一代通信网络中对区域的使用实现基于上行链路的移动性框架以及提高UE和网络二者的效率,这是因为可以减少在UE与网络之间需要交换的移动性消息的数量。

[0048] 在各种实现方式中,在无线接入网100中的空中接口可以利用经许可频谱、非许可频谱或共享频谱。经许可频谱通常凭借移动网络运营商从政府监管机构购买许可证,来为对频谱的一部分的独占使用做准备。非许可频谱为对频谱的一部分的共享使用做准备,而不需要政府授权的许可证。虽然通常仍然要求符合一些技术规则来接入非许可频谱,但是一般来说,任何运营商或设备都可以获得接入。共享频谱可以落在经许可频谱和非许可频谱之间,其中可能要求技术规则或限制来接入该频谱,但是该频谱仍然可以由多个运营商和/或多个RAT共享。例如,针对经许可频谱的一部分的许可证的持有者可以提供许可共享接入( LSA),以与其它方(例如,具有适当的被许可人确定的条件以获得接入)共享该频谱。

[0049] 在一些示例中,可以调度对空中接口的接入,其中调度实体(例如,基站)在其服务区域或小区内的一些或所有设备和装置之间分配用于通信的资源(例如,时频资源)。在本公开内容内,如下文进一步讨论的,调度实体可以负责调度、指派、重新配置和释放用于一个或多个被调度实体的资源。也就是说,对于被调度的通信,被调度实体利用由调度实体分配的资源。

[0050] 基站不是可以充当调度实体的唯一实体。也就是说,在一些示例中,UE可以充当调度实体,调度用于一个或多个被调度实体(例如,一个或多个其它UE)的资源。在其它示例中,可以在UE之间使用副链路信号,而未必依赖于来自基站的调度或控制信息。例如,UE 138被示为与UE 140和142进行通信。在一些示例中,UE 138正在充当调度实体或主副链路设备,而UE 140和142可以充当被调度实体或非主(例如,辅)副链路设备。在另一示例中,UE可以充当在设备到设备(D2D)、对等(P2P)、或车辆到车辆(V2V)网络中和/或在网状网络中的调度实体。在网状网络示例中,UE 140和142除了与调度实体138进行通信以外,还可以可选地彼此直接通信。

[0051] 图2是在第一无线通信设备202与第二无线通信设备204之间的无线通信的示意图。各无线通信设备202和204可以是用户设备(UE)、基站或用于无线通信的任何其它适当的装置或单元。在所示的示例中,在第一无线通信设备202内的源222在通信信道206(例如,无线信道)上向在第二无线通信设备204中的宿244发送数字消息。在这样的方案中必须被解决以为对数字消息的可靠传送作准备的一个问题是考虑影响通信信道206的噪声。

[0052] 块码或纠错码经常用于提供在这样的噪声信道上对数字消息的可靠传输。在典型的块码中,信息消息或序列被分成块,各块具有K比特的长度。然后,在第一(发送)无线通信设备202处的编码器224在数学上将冗余添加到信息消息,导致码字具有为N的长度,其中N>K。此处,编码速率R是在消息长度与块长度之间的比率:即,R=K/N。在经编码的信息消息中利用这种冗余是消息可靠性的关键,实现针对可能由于噪声而发生的任何比特错误的校

正。也就是说,在第二(接收)无线通信设备204处的解码器242可以利用冗余来可靠地恢复出信息消息,即使可能部分地由于向信道添加了噪声而发生比特错误。

[0053] 这样的纠错块码的许多示例是本领域普通技术人员所已知的,包括汉明码、博斯-查德胡里-霍昆格母(BCH)码、turbo码和低密度奇偶校验(LDPC)码,除了别的之外。许多现有的无线通信网络利用这样的块码,诸如利用turbo码的3GPP LTE网络;以及利用LDPC码的IEEE 802.11n Wi-Fi网络。然而,对于未来的网络,新的类别的块码(被称为极化码)给出了用于可靠且高效的信息传送的具有相对于turbo码和LDPC码的改进的性能的潜在机会。

[0054] 极化码是线性块纠错码。一般而言,信道极化是利用定义极化码的递归算法来生成的。极化码是实现对称二进制输入离散无记忆信道的信道容量的第一种显式码。也就是说,极化码实现信道容量(香农极限)或在无误差信息的量上的理论上限,该无误差信息可以是在存在噪声的情况下在给定带宽的离散无记忆信道上发送的。

[0055] 极化码可以被认为是块码( $N, K$ )。码字长度N是2的幂(例如,256、512、1024等),因为极化矩阵的原始构造是基于 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ 的克罗内克积(Kronecker product)的。例如,原始信息块可以被表示为信息比特向量 $u = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ 。极化编码器224可以使用生成矩阵 $G_N = B_N F^{\otimes n}$ ,来对信息比特向量进行极化编码,以产生极化码字作为经编码的比特向量 $c = (c_1, c_2, \dots, c_N)$ ,其中 $B_N$ 是用于连续消除(SC)解码的比特反转置换矩阵(在某种程度上类似于在LTE网络中由turbo编码器使用的交织器功能来运作),以及 $F^{\otimes n}$ 是F的第n个克罗内克幂。基本矩阵F可以被表示为 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。通过将基本 $2 \times 2$ 矩阵F提升第n个克罗内克幂来生成矩阵 $F^{\otimes n}$ 。该矩阵是下三角矩阵,因为在主对角线上方的所有项都是零。例如, $F^{\otimes n}$ 的矩阵可以被表示为:

$$[0056] F^{\otimes n} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & & & \vdots & \\ 1 & 0 & 0 & & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & \dots & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

[0057] 然后,极化编码器224可以将极化码字生成为:

$$[0058] c_1^N = u_1^N G_N = u_1^N B_N F^{\otimes n}$$

[0059] 因此,信息比特向量u可以包括一数量( $N$ )的可以通过生成矩阵 $G_N$ 来极化编码的原始比特,以在极化码字c中产生相应数量( $N$ )的编码比特。在一些示例中,信息比特向量u可以包括多个信息比特(其被表示为K)以及多个冻结比特(其被表示为F)。冻结比特是被设置为适当的预定值的比特,诸如0或1。因此,冻结比特的值通常可以在发送设备和接收设备二者处是已知的。极化编码器224可以基于编码速率R来确定信息比特的数量和冻结比特的数量。例如,极化编码器224可以从一个或多个编码速率的集合中选择编码速率R,以及选择

在信息块中的 $K=N \times R$ 个比特来发送信息。然后可以将在信息块中的剩余 $(N-K)$ 个比特固定为冻结比特 $F$ 。

[0060] 为了确定将哪些信息块比特设置为冻结比特,极化编码器224可以进一步分析可以在其上发送极化码字的无线信道。例如,用于发送极化码字的无线信道可以被划分为子信道的集合,使得在子信道中的一个子信道上发送在极化码字中的各编码比特。因此,各子信道可以与在极化码字中的特定编码比特位置相对应(例如,子信道-1可以与包含编码比特 $c_1$ 的编码比特位置相对应)。极化编码器224可以识别用于发送信息比特的 $K$ 个最佳子信道(例如,最可靠子信道),以及确定在信息块中促成(或对应于) $K$ 个最佳子信道的原始比特位置。例如,基于生成矩阵,信息块的原始比特中的一个或多个原始比特可以促成极化码字的编码比特中的各编码比特。因此,基于生成矩阵,极化编码器224可以确定在信息块中与 $K$ 个最佳子信道相对应的 $K$ 个原始比特位置,在信息块中指定用于信息比特的 $K$ 个原始比特位置,以及在信息块中指定用于固定比特的剩余的原始比特位置。

[0061] 在一些示例中,极化编码器224可以通过执行高斯近似来确定 $K$ 个最佳子信道。高斯近似通常是本领域技术人员所已知的。通常,极化编码器224可以执行高斯近似,以计算针对原始比特位置中的各原始比特位置的相对对数似然比(LLR)。例如,根据子信道状况(例如,基于子信道的各自的SNR)知道编码比特位置的LLR。因此,由于信息块的原始比特中的一个或多个原始比特可以促成极化码字的编码比特中的各编码比特,所以可以通过执行高斯近似,来从编码比特位置的已知LLR推导出原始比特位置中的各原始比特位置的LLR。基于所计算出的原始比特位置LLR,极化编码器224可以对子信道进行分类,以及选择 $K$ 个最佳子信道(例如,“好”子信道)以发送信息比特。

[0062] 然后,极化编码器224可以将信息块中的与 $K$ 个最佳子信道相对应的原始比特位置设置为包括信息比特,以及将与 $N-K$ 个子信道(例如,“坏”子信道)相对应的剩余的原始比特位置设置为包括冻结比特。然后可以通过将上述比特反转置换矩阵 $B_N$ 应用于 $N$ 个比特(包括 $K$ 个信息比特和 $N-K$ 个冻结比特)来执行比特反转置换,以产生比特反转信息块。比特反转置换将信息块的比特有效地重新排序。然后,可以通过生成矩阵 $G_N$ 来对比特反转信息块进行极化编码,以在极化码字中产生相应数量( $N$ )的编码比特。然后,极化编码器224可以向进行接收的无线通信设备204发送极化码字。

[0063] 进行接收的无线通信设备204接收 $c$ 的噪声版本,以及解码器242必须使用简单的连续消除(SC)解码算法来解码 $c$ 或等效地解码 $u$ 。连续消除解码算法通常具有 $O(N \log N)$ 的解码复杂度,以及当 $N$ 非常大时可以实现香农容量。然而,对于短和中等块长度,极化码的错误率性能显著地降级。

[0064] 因此,在一些示例中,极化解码器242可以利用SC列表解码算法来改善极化编码错误率性能。在SC列表解码的情况下,代替仅保留一个解码路径(如在简单的SC解码器中),而是维护 $L$ 个解码路径,其中 $L>1$ 。在各解码阶段,极化解码器242丢弃最不可能(最差)的解码路径,以及仅保留 $L$ 个最佳解码路径。例如,代替在各解码阶段选择值 $u_i$ ,而是创建与 $u_i$ 的任一可能值相对应的两个解码路径,以及在两个并行解码线程( $2*L$ )中继续进行解码。为了避免解码路径的数量的指数增长,在各解码阶段,仅保留 $L$ 个最可能的路径。最后,极化解码器242将具有用于 $u_1^N$ 的 $L$ 个候选者的列表,最可能的候选者是从其中选择的。因此,当极化解

码器242完成SC列表解码算法时,极化解码器242将单个信息块返回到宿244。

[0065] 由于高斯近似(GA)是复杂的操作,因此难以实时执行。因此,按照可靠性的升序或降序的GA比特位置序列通常是离线计算的,以及被存储在存储器中,以便在确定针对要被极化编码的信息块的信息比特位置和冻结比特位置时使用。然而,存储多个GA序列(针对各可能的编码速率和信息块大小,有一个GA序列)需要大量的存储器。

[0066] 因此,在本公开内容的各个方面中,可以基于嵌套结构,使用密度演化来生成按照可靠性的次序(例如,从低可靠性到高可靠性)的比特位置的单个主序列,以用于比特位置选择。密度演化通常是本领域技术人员所已知的,以及因此本文不描述其细节。

[0067] 该单个主序列可以用于高达最大码字长度 $N_{max}$ 的任何码字长度N,以及还可以用于任何编码速率R。例如,根据长度 $N_{max}$ 的主序列,具有码字长度N(其中 $N \leq N_{max}$ )的比特位置序列S可以是通过按照在主序列中列出的次序来在主序列中选择与S中的各比特位置相对应的比特位置(索引)来获得的。作为一示例,对于为8的码字长度,可以按照在主序列中列出的次序从主序列中选择比特位置0...7。

[0068] 在一些示例中,可以在信噪比(SNR)范围内基于比特位置的密度演化,使用比特位置选择的嵌套结构来构造单个主序列。例如,可以执行密度演化,以针对在SNR的范围内的各SNR来计算在长度 $N_{max}$ 的码字内的各比特位置的比特错误概率(BEP)。SNR的范围可以包括最大和最小SNR,其中在该范围内的各SNR之间具有步长。例如,可以利用具有为0.5dB的步长的-20dB至20dB的SNR范围。应当理解的是,可以选择任何适当的SNR的范围以及在该SNR范围内的适当的步长。在各SNR(例如,为-20dB的SNR、为-19.5dB的SNR...为19.5dB的SNR、为20dB的SNR)处,可以计算针对各比特位置( $0 \dots N_{max}-1$ )的BEP以产生BEP序列的表。该表可以包括与在SNR的范围内的SNR值的数量相对应的行数以及与最大码字长度 $N_{max}$ 相对应的列数。因此,各行与特定的SNR值相对应,以及各列与长度 $N_{max}$ 的码字中的特定比特位置( $0 \dots N_{max}$ )相对应。

[0069] 基于 $N_{max}$ ,可以选择适当的编码速率向量R,各编码速率具有相同的速率水平m(例如,编码速率分母),使得 $1 \leq m \leq N_{max}$ 。通常,对于m的任何选择的值,编码速率向量R可以被表示为 $\left(\frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, \frac{m-1}{m}\right)$ 。例如,对于为2048的最大码字长度 $N_{max}$ ,可以选择为32的速率水平m,使

得编码速率向量  $\mathbf{R} = \left(\frac{1}{32}, \frac{2}{32}, \dots, \frac{31}{32}\right)$ 。

[0070] 对于在编码速率向量R内的各编码速率 $R_i$ ,可以获得在BEP序列的表内的最优BEP序列。通过选择在各SNR行内的 $K_i$ 个最佳(最可靠或最小BEP值)比特位置,来选择针对特定编码速率 $R_i$ 的最优BEP序列,其中 $K_i = N_{max} R_i$ 。然后,对于各SNR行,基于在该SNR行中的 $K_i$ 个最佳比特位置的BEP(例如,作为 $K_i$ 个最佳比特位置的BEP的总和)来计算块错误率(BLER)。然后可以选择具有最接近0.01的BLER值的SNR行作为具有针对该特定编码速率 $R_i$ 的最优BEP序列的最优SNR行。可以针对在编码速率向量R内的各编码速率 $R_i$ 来迭代地执行该过程,以选择m-1个最优BEP序列(例如,m-1个最优SNR行),针对各编码速率 $R_i$ 有一个BEP序列。

[0071] 为了简单起见,假设m=4且 $N_{max}=8$ 。在该示例中,可以选择三(m-1)个SNR行作为包含针对在编码速率向量R内的三个编码速率中的每一者的最优BEP序列。例如,为了选择针

对在编码速率向量R中的第一编码速率 $\frac{1}{4}$ 的SNR行(BEP序列),可以选择在各SNR行中具有最佳可靠性(最低BEP)的两个比特位置(例如, $R_i N_{\max}$ 或 $\frac{1}{4} * 8 = 2$ )。然后可以基于在各SNR行中的两个所选择的比特位置来计算针对该SNR行的BLER。然后可以选择具有最接近0.01的BLER值的SNR行作为具有针对为 $\frac{1}{4}$ 的编码速率的最优BEP序列的最优SNR行。然后可以针对为 $\frac{2}{4}$ 和 $\frac{3}{4}$ 的其它编码速率来重复该过程。

[0072] 一旦已经选择了 $m-1$ 个最优BEP序列(例如,最优SNR行),就可以在最优SNR行之间使用对比特位置(索引)的嵌套选择来构造主序列。在一些示例中,再次使用具有为 $m$ 的速率水平的编码速率向量R,可以根据先前的计算来识别针对在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 的最优SNR行,以及可以选择具有最低BEP(最高可靠性)的 $K_1$ 个比特位置(在表中的索引)作为在主序列中的前两个比特位置。然后,利用针对下一个最低编码速率 $R_2$ 的最优SNR行来选择针对主序列的接下来的比特位置(在表中的索引)。例如,在针对 $R_2$ 的最优SNR行中,保留与针对 $R_1$ 所选择的那一者相对应的比特位置(不在考虑范围之内),以及选择具有最低BEP(最高可靠性)的 $K_2-K_1$ 个比特位置(在表的针对 $R_2$ 的SNR行中的索引)以包括在主序列中。该过程继续进行,直到所有比特位置( $0 \cdots N_{\max} - 1$ )被选择以包括在主序列中为止。因此,主序列被嵌套在R之上。

[0073] 使用上文针对 $m=4$ 和 $N_{\max}=8$ 给出的简单示例,使用针对为 $\frac{1}{4}$ 的第一编码速率的最优SNR行(BEP序列)来选择在主序列中的前两个比特位置(例如, $R_1 N_{\max} = K_1$ 或 $\frac{1}{4} * 8 = 2$ )。假设在该SNR行中比特位置4具有最低BEP以及比特位置3具有下一个最低BEP,则在主序列中的前两个比特位置(索引)将是4和3。然后,在与为 $\frac{2}{4}$ 的编码速率相对应的最优SNR行(BEP序列)当中,第三和第四比特位置被保留作为所选择的前两个比特位置,以及接下来的两个(例如, $K_2-K_1$ ,其中 $K_2 = \frac{2}{4} * 8 = 4$ ;以及 $K_1=2$ )比特位置是基于在剩余的比特位置中的BEP值来从剩余的比特位置中选择的。在该示例中,假设在剩余的比特位置当中,比特位置7具有最低BEP,以及比特位置6具有下一个最低BEP。因此,主序列现在将是[4 3 7 6]。

[0074] 接下来,在与为 $\frac{3}{4}$ 的编码速率相对应的最优SNR行(BEP序列)当中,第三、第四、第六和第七比特位置被保留作为选择的前四个比特位置,以及最后四个比特位置是基于在剩余的比特位置中的BEP值来从剩余的比特位置中选择的。在该示例中,假设在该SNR行中,在剩余的比特位置当中,比特位置5具有最低BEP,比特位置2具有下一个最低BEP,比特位置1具有下一个最低的BEP,以及比特位置0具有下一个最低的BEP(最高BEP)。因此,主序列现在将是[4 3 7 6 5 2 1 0]。

[0075] 应当理解的是,如上文所指示的,主序列可以是按照可靠性的降序来表示的,或者是按照可靠性的升序来表示的。使用上文的示例,按照可靠性的升序来构造主序列,主序列将是[0 1 2 5 6 7 3 4]。除非另外指示,否则将在本公开内容中假设按照可靠性的升序的

主序列。

[0076] 在一些示例中,代替从最低BEP到最高BEP(例如,从最高可靠性到最低可靠性)来构造主序列,主序列可以是从最高BEP到最低BEP来构造的。在该示例中,首先确定冻结比特位置,而当从最低BEP到最高BEP来构造主序列时,首先确定信息比特位置。例如,再次使用具有为m的速率水平的编码速率向量R,可以根据先前的计算来识别针对在编码速率向量R中的最后(最高)编码速率 $R_{m-1}$ 的最优SNR行,以及可以选择具有最高BEP(最低可靠性)的 $N_{max}(1-R_{m-1})$ 或 $(N_{max}-K_{m-1})$ 个比特位置(在表中的索引)作为在主序列中的最不可靠比特位置。然后,利用针对下一个最高编码速率 $R_{m-2}$ 的最优SNR行来选择针对主序列的下一个最不可靠的比特位置。例如,在针对 $R_{m-2}$ 的最优SNR行中,与针对 $R_{m-1}$ 选择的那一者相对应的比特位置被保留(不在考虑范围内),以及具有最高BEP(最低可靠性)的 $N_{max}(R_{m-2}-R_{m-1})$ 个比特位置(在表的针对 $R_{m-2}$ 的SNR行中的索引)被选择用于作为在主序列中的下一个最不可靠的来包括。该过程继续进行,直到所有比特位置 $(0\cdots N_{max}-1)$ 被选择以包括在主序列中为止。

[0077] 如上文所讨论的,根据长度 $N_{max}$ 的主序列,具有码字长度N(其中 $N < N_{max}$ )的比特位置序列S可以是通过按照在主序列中列出的次序来在主序列中选择与在S中的各比特位置相对应的比特位置(索引)来获得的。作为一示例,对于为6的码字长度,可以按照在主序列中列出的次序来从主序列中选择比特位置0...5。再次,使用具有为8的最大码字长度的主序列的上文简化的示例,从该主序列中针对为6的码字长度N选择的比特位置序列将是[0 1 2 5 3 4]。假设为 $\frac{2}{3}$ 的编码速率,可以选择K个最佳比特位置作为信息比特,其中

$K = \frac{2}{3} * 6 = 4$ 。在该示例中,可以选择比特位置2、5、3和4用于携带信息比特,而剩余的比特位置(例如,比特位置0和1)可以被选择作为冻结比特。

[0078] 图3是示出根据一些实施例的极化编码的示例操作300的示意图。在图3中,提供了包括N个原始比特位置315的信息块310,各原始比特位置包含原始比特 $(u_1, u_2, \dots, u_N)$ 。原始比特中的各原始比特与信息比特或冻结比特相对应。信息块310是由极化编码器320接收的。

[0079] 极化编码器320还接收按照可靠性的次序(例如,从低可靠性到高可靠性)维护的最终比特位置335( $M_1, M_2, \dots, M_{N_{max}}$ )的主序列330。根据长度 $N_{max}$ 的主序列330,极化编码器320可以通过按照在主序列330中列出的次序来在主序列330中选择直到比特位置 $M_N$ 的比特位置335(索引)以及选择包括比特位置 $M_N$ 的比特位置335(索引),来生成与信息块310的长度相对应的、长度N的比特位置序列340(其中 $N < N_{max}$ )。

[0080] 然后,极化编码器320可以基于比特位置序列340来识别在信息块310中具有最高可靠性的K个原始比特位置315,以及将K个原始比特位置315指定为信息比特位置。剩余的原始比特位置315( $N-K$ )可以被指定为冻结比特位置。然后,极化编码器可以将信息比特放置在信息块310的信息比特位置中,以及将冻结比特放置在信息块310的冻结比特位置中,以产生有序的原始比特序列 $(u_{1*}, u_{2*}, \dots, u_{N*})$ 。有序的原始比特序列包含与在原始信息块310中相同的比特,但是被重新排序,其中信息比特被放置在信息比特位置中,以及冻结比特被放置在冻结比特位置中。然后,极化编码器320可以对信息块310进行极化编码以产生包括N个编码比特位置355的极化码字350,各编码比特位置355包含编码比特 $(c_1, c_2, \dots, c_N)$ 。

[0081] 以上示例也适用于利用打孔的极化编码器320。打孔被广泛用于获得具有其块长度不是2的幂的码字的长度兼容的极化码。例如,为了获得1000比特的码字长度,可以从 $2^{10}=1024$ 比特的码字中对24比特进行打孔。根据本公开内容的各个方面,可以利用打孔来获得任意长度(例如,未必是2的幂的长度)的码字。

[0082] 图4是示出用于采用处理系统414的无线通信设备400的硬件实现方式的示例的方块图。例如,无线通信设备400可以是用户设备(UE)、基站或用于无线通信的任何其它适当的装置或单元。

[0083] 根据本公开内容的各个方面,元素、或元素的任何部分、或元素的任意组合可以是利用包括一个或多个处理器404的处理系统414来实现的。处理器404的示例包括微处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑器件(PLD)、状态机、门控逻辑、分立硬件电路和被配置为执行贯穿本公开内容描述的各种功能的其它适当的硬件。也就是说,如在无线通信设备400中利用的处理器404可以用于实现下文描述以及在图5-10中示出的过程中的任何一个或多个过程。

[0084] 在该示例中,处理系统414可以是利用总线架构(通常通过总线402表示)来实现的。取决于处理系统414的特定应用和总体设计约束,总线402可以包括任意数量的互连总线和桥接。总线402将各种电路链接在一起,这些电路包括一个或多个处理器(通常通过处理器404表示)、存储器405和计算机可读介质(通常通过计算机可读介质406表示)。总线402还可以连接各种其它电路,诸如定时源、外围设备、电压调节器和功率管理电路,它们都是本领域公知的,以及因此将不再进行任何进一步的描述。总线接口408提供在总线402与收发机410之间的接口。收发机410提供用于在传输介质上与各个其它装置进行通信的单元。取决于装置的性质,还可以提供用户接口412(例如,小键盘、显示器、扬声器、麦克风、控制杆)。

[0085] 处理器404负责管理总线402和一般处理,包括对存储在计算机可读介质406上的软件的执行。软件在被处理器404执行时使得处理系统414执行下文针对任何特定装置描述的各种功能。计算机可读介质406还可以用于存储由处理器404在执行软件时操控的数据。

[0086] 在处理系统中的一个或多个处理器404可以执行软件。无论被称为软件、固件、中间件、微代码、硬件描述语言还是其它术语,软件都应当被广义地解释为意指指令、指令集、代码、代码段、程序代码、程序、子程序、软件模块、应用、软件应用、软件包、例程、子例程、对象、可执行文件、执行的线程、过程、函数等。软件可以存在于计算机可读介质406上。计算机可读介质406可以是非暂时性计算机可读介质。举例而言,非暂时性计算机可读介质包括磁存储设备(例如,硬盘、软盘、磁带)、光盘(例如,压缩光盘(CD)或数字多功能光盘(DVD))、智能卡、闪存设备(例如,卡、棒或键驱动)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、可擦除PROM(EPROM)、电可擦除PROM(EEPROM)、寄存器、可移动盘以及用于存储可以由计算机存取和读取的软件和/或指令的任何其它适当的介质。举例而言,计算机可读介质还可以包括载波、传输线、以及用于发送可以由计算机存取和读取的软件和/或指令的任何其它适当的介质。计算机可读介质406可以存在于处理系统414中、处理系统414之外或跨越包括处理系统414的多个实体而分布。计算机可读介质406可以体现在计算机程序产品中。举例而言,计算机程序产品可以包括在封装材料中的计算机可读介质。本领域技术人员将认识到如何取决于特定应用和施加在整个系统上的总体设计约束来最佳地实现贯穿本

公开内容给出的所描述的功能。

[0087] 在本公开内容的一些方面中,处理器404可以包括被配置用于各种功能的电路。例如,处理器404可以包括极化编码器441,所述极化编码器441在一些示例中可以与存储在计算机可读存储介质406中的极化编码软件451协作地操作。极化编码器441可以被配置为对信息块进行极化编码以产生具有为N的码字长度的极化码字。

[0088] 在本公开内容的各个方面中,极化编码器441可以被配置为利用存储在存储器405中的长度 $N_{max}$ 的主序列460,来选择具有最高可靠性的K个比特位置作为信息比特,以及选择剩余的比特位置( $N-K$ )作为冻结比特。例如,根据长度 $N_{max}$ 的主序列460,具有码字长度N(其中 $N < N_{max}$ )的比特位置序列S可以是通过按照在主序列中列出的次序来在主序列中选择与在S中的各比特位置相对应的比特位置(索引)来获得的。作为一示例,对于为8的码字长度N,可以按照在主序列中列出的次序从主序列中选择比特位置0...7。

[0089] 极化编码器441还可以被配置为对极化码字进行打孔以产生经打孔的码字。可以利用打孔来获得任意长度的码字(例如,长度未必是2的幂)。在一些示例中,可以使用打孔模式来执行打孔,所述打孔模式标识要对哪些编码比特打孔。打孔模式可以被表示为打孔向量 $P = (P_1, P_2, \dots, P_N)$ ,其在位置1-N处包括模式比特P。打孔向量P的各模式比特位置的值确定在经编码的比特向量c中的相应的编码比特位置处的编码比特是被打孔还是被保留。例如,如果在打孔模式中的模式比特位置处的值为零,则可以对在极化码字中的相应的编码比特位置处的编码比特进行打孔(移除),而如果值为1,则可以保留在该编码比特位置处的编码比特。

[0090] 在本公开内容的各个方面中,可以利用均匀或准均匀的打孔模式。然而,本领域技术人员将认识到的是,在本公开内容的范围内,可以利用非均匀(例如,随机)打孔。在一些示例中,极化编码器441可以根据包括一个或多个初始打孔比特位置的初始打孔模式来生成均匀或准均匀的打孔模式。初始打孔模式的示例是其中除了具有为0的值的最后的 $N-M$ 个元素之外的所有元素都具有为1的值的示例。此处,N是码字长度,以及 $N-M$ 是在打孔之后的期望的块长度。作为应用于信息块的比特反转置换 $B_N$ 的结果,为了保持在打孔模式与作为结果的极化码字之间的对应关系,还可以对初始打孔模式执行比特反转置换以产生最终打孔模式,其类似于均匀的打孔模式。基于所应用的比特反转置换,在最终打孔模式中打孔比特位置可以与在初始打孔模式中不同。最终打孔模式充当掩码,对其应用于的极化码字的 $N-M$ 个编码比特进行打孔。

[0091] 当利用打孔时,极化编码器441可以利用从主序列获得的比特位置序列S来确定要对哪些比特位置打孔,要将哪些比特位置设置为信息比特以及要将哪些比特位置设置为冻结比特。在一示例中,在打孔模式的比特反转置换之后,极化编码器441可以将在原始信息块中与在打孔模式中的打孔比特位置相对应的比特位置设置为零,然后从在比特位置序列中的剩余的比特位置中确定在信息块中的冻结比特位置和信息比特位置。

[0092] 在一示例中,假设长度16的比特位置序列S如下:

[0093] [0 1 2 4 8 3 5 6 9 10 12 7 11 13 14 15]。

[0094] 然后,假设在比特反转置换之前的打孔模式是:

[0095] [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0],

[0096] 以及在比特反转置换之后的打孔模式是:

[0097] [1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0]

[0098] 使用比特反转打孔模式,可以将在比特位置序列S中与在比特反转打孔模式中的为零的比特位置相对应的比特位置设置为冻结比特。例如,使用以上示例,可以将在比特位置序列中的比特位置七和十五设置为冻结比特。然后,假设为1/2的编码速率,则可以将在比特序列S中的六个额外比特设置为冻结比特。此处,在N=16且R=1/2的情况下,信息比特的数量K可以被确定为N\*R(例如,16\*1/2=8),以及冻结比特的数量可以被确定为N-K(例如,16-8=8)。在两个比特位置已经基于打孔模式被设置为零的情况下,仅有六个额外比特位置应当被设置为冻结比特。在以上序列S中,可以将比特位置0、1、2、4、8和3设置为冻结比特。因此,可以将在原始信息块中的N-M个比特位置设置为与打孔模式相对应的冻结比特,以及然后,可以将在原始信息块中的额外M-K个比特位置设置为冻结比特。然后可以将信息比特放置在原始信息块中的剩余K个比特位置。使用以上示例,可以将信息比特放置在比特位置5、6、9、10、12、11、13和14中。

[0099] 可以对作为结果的信息块进行极化编码以产生长度N的极化码字,然后可以使用打孔模式对该极化码字进行打孔以产生长度M的码字。然后可以对码字进一步处理以及经由收发机410将其发送给进行接收的无线通信设备。

[0100] 处理器404还可以包括嵌套序列生成电路442,所述嵌套序列生成电路442在一些示例中可以与存储在计算机可读介质406中的嵌套序列生成软件452协作地操作。嵌套序列生成电路442可以被配置为生成单个主序列460以及将单个主序列460存储在存储器405中。在一些示例中,嵌套序列生成电路442可以被配置为选择用于构造主序列460的最大码字长度N<sub>max</sub>和速率水平m。然后,嵌套序列生成电路442可以构造主序列460,如上文结合图2所描述的。

[0101] 此外,处理器404可以包括极化解码器443,所述极化解码器443在一些示例中可以与存储在计算机可读介质406中的极化解码软件453协作地操作。极化解码器443可以被配置为接收经打孔的极化码字,以及对经打孔的极化码字进行解码,以产生原始信息块。在一些示例中,极化解码器443可以执行连续消除(SC)极化解码或SC极化列表解码以对经打孔的极化码字进行解码。

[0102] 在本公开内容的各个方面中,极化解码器443可以进一步利用在存储器405中维护的主序列460来查明冻结比特和信息比特的比特位置。在一些示例中,主序列460可以被预先存储在无线通信设备400上。在其它示例中,主序列可以是由嵌套序列生成电路442来计算的。在另外其它示例中,可以从进行发送的无线通信设备接收主序列。

[0103] 图5是示出根据一些实施例的极化编码和打孔的示例操作500的示意图。在图5中,提供了包括N个原始比特位置515的信息块510,各原始比特位置包含原始比特(u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>, …, u<sub>N</sub>)。原始比特中的各原始比特与信息比特或冻结比特相对应。极化编码器520接收信息块510。极化编码器520对信息块进行极化编码以产生包括N个编码比特位置435的极化码字530,各编码比特位置包含编码比特(c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, …, c<sub>N</sub>)。

[0104] 打孔块540接收极化码字530。打孔块540将打孔模式应用于极化码字以对来自极化码字的(N-M)个编码比特进行打孔,以产生具有为L的码字长度的极化码字,其中L=(N-M)。因此,在打孔块540的输出处是经打孔的码字550,其包括L个编码比特位置555,各编码比特位置包括非打孔编码比特(c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, …, c<sub>L</sub>)中的一个非打孔编码比特。应当注意的是,在

一些示例中,极化编码器520和打孔块540可以与上文结合图4示出以及描述的极化编码器441和极化编码软件451或者结合图3示出以及描述的极化编码器320相对应。

[0105] 在图6中示出了打孔块540的示例操作。在图6中,生成包括多个模式比特位置605的初始打孔模式600。模式比特位置605中的各模式比特位置与由图5中所示的极化编码器520生成的极化码字530的编码比特位置535中的一个编码比特位置相对应。各模式比特位置605的值确定在极化码字530中的相应的编码比特位置535处的编码比特是被打孔还是被保留。例如,如果在打孔模式中的模式比特位置处的值为零,则可以对在极化码字中的相应的编码比特位置处的编码比特进行打孔(移除),而如果该值为一,则可以保留在该编码比特位置处的编码比特。在图6中所示的示例中,最后的N-M个模式比特位置605的值被设置为零。

[0106] 由于在生成极化码字530时应用于信息块的比特反转置换,为了保持在打孔模式600与作为结果的极化码字530之间的对应关系,还可以对初始打孔模式600执行比特反转置换,以产生最终打孔模式610,其与均匀的打孔模式类似。最终打孔模式610包括与初始打孔模式600相同数量的模式比特位置615,但是如图6中所示,基于所应用的比特反转置换,在最终打孔模式610中打孔比特位置可以与在初始打孔模式600中不同。然后,可以将最终打孔模式610应用于极化码字530以及充当掩码,对极化码字530的N-M个编码比特进行打孔以产生具有为L的码字长度的经打孔的极化码字550。在图6中所示的示例中,为了简单起见,将编码比特 $c_2$ 和 $c_{N-1}$ 示出为被打孔。

[0107] 图7是示出根据本公开内容的一些方面的用于极化编码的示例性过程700的流程图。在一些示例中,过程700可以是由如上所述以及在图1-6中示出的无线通信设备来实现的。在一些示例中,过程700可以是由用于执行所描述的功能的任何适当的单元来实现的。

[0108] 在方块702处,无线通信设备可以存取按照可靠性的次序来维护的比特位置的主序列。在一些示例中,主序列可以是离线生成的以及被存储在无线通信设备中的存储器中。在一些示例中,主序列可以是利用密度演化来生成的,以及可以被嵌套在包括具有相同速率水平(例如,编码速率分母)的多个编码速率的编码速率向量之上。另外,主序列可以具有适当的最大长度 $N_{max}$ 。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441和/或嵌套序列生成电路442可以存取主序列。

[0109] 在方块704处,无线通信设备可以根据主序列来生成针对信息块的比特位置序列。在一些示例中,信息块具有小于主序列的最大块长度的块长度。针对信息块的比特位置序列包括与块长度相对应的、按照根据主序列的可靠性的次序来排列的多个比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以生成针对信息块的比特位置序列。

[0110] 在方块706处,无线通信设备可以基于比特位置序列来识别在信息块中的信息比特位置和冻结比特位置。在一些示例中,信息比特位置与在比特位置序列中具有最高可靠性的比特位置相对应,以及冻结比特位置与在比特位置序列中具有最低可靠性的比特位置相对应。例如,可以基于针对信息块选择的编码速率来确定信息比特和冻结比特的数量。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以根据比特位置序列来识别信息比特位置和冻结比特位置。

[0111] 在方块708处,无线通信设备可以将信息比特放置在信息块的信息比特位置中,以及将冻结比特放置在信息块的冻结比特位置中。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编

码器441可以将信息比特和冻结比特放置在信息块的相应的信息比特位置和冻结比特位置中。

[0112] 在方块710处,无线通信设备可以对信息块进行极化编码以产生极化码字,以及在方块712处,在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送极化码字。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以对信息块进行极化编码,然后其可以是经由收发机410来发送的。

[0113] 图8是示出根据本公开内容的一些方面的用于极化编码的示例性过程800的流程图。在一些示例中,过程800可以是由如上所述以及在图1-6中示出的无线通信设备来实现的。在一些示例中,过程800可以是由用于执行所描述的功能的任何适当的单元来实现的。

[0114] 在方块802处,无线通信设备可以存取按照可靠性的次序来维护的比特位置的主序列。在一些示例中,主序列可以是离线生成的以及被存储在无线通信设备中的存储器中。在一些示例中,主序列可以是利用密度演化来生成的,以及可以被嵌套在包括具有相同速率水平(例如,编码速率分母)的多个编码速率的编码速率向量之上。另外,主序列可以具有适当的最大长度 $N_{\max}$ 。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441和/或嵌套序列生成电路442可以存取主序列。

[0115] 在方块804处,无线通信设备可以根据主序列来生成针对信息块的比特位置序列。在一些示例中,信息块具有小于主序列的最大块长度的块长度。针对信息块的比特位置序列包括与块长度相对应的、按照根据主序列的可靠性的次序来排列的多个比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以生成针对信息块的比特位置序列。

[0116] 在方块806处,无线通信设备可以生成初始打孔模式,所述初始打孔模式包括用于对在通过对信息块进行极化编码而产生的极化码字中的相应的编码比特位置进行打孔的初始打孔比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以生成初始打孔模式。

[0117] 在方块808处,无线通信设备可以对初始打孔模式执行比特反转置换,以产生包括最终打孔比特位置的最终打孔模式。最终打孔模式包括与初始打孔模式相同数量的比特位置,但是基于所应用的比特反转置换,在最终打孔模式中打孔比特位置可以与在初始打孔模式中不同。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以对初始打孔模式执行比特反转置换。

[0118] 在方块810处,无线通信设备可以将冻结比特放置在信息块中的与在最终打孔模式中的最终打孔比特位置相对应的比特位置中。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以将冻结比特放置在信息块的最终打孔比特位置中。

[0119] 在方块812处,无线通信设备可以基于比特位置序列来从在信息块中的非打孔比特位置中识别在信息块中的信息比特位置和冻结比特位置。在一些示例中,信息比特位置与在比特位置序列中具有最高可靠性的非打孔比特位置相对应,以及冻结比特位置与在比特位置序列中具有最低可靠性的非打孔比特位置相对应。例如,可以基于针对信息块选择的编码速率来确定信息比特和冻结比特的数量。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以从比特位置序列中识别信息比特位置和冻结比特位置。

[0120] 在方块814处,无线通信设备可以将信息比特放置在信息块的信息比特位置中,以及将冻结比特放置在信息块的冻结比特位置中。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编

码器441可以将信息比特和冻结比特放置在信息块的相应的信息比特位置和冻结比特位置中。

[0121] 在方块816处,无线通信设备可以对信息块进行极化编码以产生极化码字,以及在方块818处,在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送极化码字。例如,上文结合图4示出以及描述的极化编码器441可以对信息块进行极化编码,然后其可以是经由收发机410来发送的。

[0122] 图9是示出根据本公开内容的一些方面的用于生成用于极化编码的主序列的示例性过程900的流程图。在一些示例中,过程900可以是由如上所述以及在图1-6中示出的无线通信设备或者其它适当的装置来实现的。在一些示例中,过程900可以是由用于执行所描述的功能的任何适当的单元来实现的。在图9中所示的过程900可以是离线执行的,以及所生成的主序列可以被存储在无线通信设备中的存储器中。

[0123] 在方块902处,该装置可以利用密度演化,以在多个信噪比(SNR)内,计算针对在最大长度码字(例如,具有适当的最大长度 $N_{\max}$ 的码字)内的各比特位置的比特错误概率(BEP),以生成多个BEP序列。在一些示例中,BEP序列中的各BEP序列与在SNR的范围内的SNR中的一个SNR相对应,以及包括针对在最大长度码字内的各比特位置的相应BEP。SNR的范围可以包括最大和最小SNR,其中在该范围内的各SNR之间具有步长。例如,可以利用具有为0.5dB的步长的-20dB至20dB的SNR范围。应当理解的是,可以选择任何适当的SNR的范围以及在该SNR的范围内的适当的步长。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以生成BEP序列。

[0124] 在方块904处,该装置可以选择多个BEP序列中的针对在编码速率向量内的编码速率的最优BEP序列。例如,基于 $N_{\max}$ ,可以选择适当的编码速率向量R,每一者具有相同的速率水平m(例如,编码速率分母),使得 $1 < m < N_{\max}$ 。然后可以通过在各BEP序列内选择 $K_i$ 个最佳(最可靠或最小BEP值)比特位置(其中 $K_i = N_{\max} R_i$ ),以及对在各BEP序列内的 $K_i$ 个最佳比特位置进行比较以识别最优BEP序列,从而选择针对在编码速率向量R内的特定编码速率 $R_i$ 的最优BEP序列。在方块906处,该装置确定在编码速率向量内是否存在更多编码速率。如果存在更多的编码速率(方块906的是分支),则该过程返回到方块904,其中该装置可以选择多个BEP序列中的针对下一个编码速率的最优BEP序列。因此,对于在编码速率矢量R内的各编码速率 $R_i$ ,可以获得在多个BEP序列内的相应的最优BEP序列。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以选择最优BEP序列。

[0125] 一旦选择了针对在编码速率向量内的各编码速率的相应的最优BEP序列(方块906的否分支),则在方块908处,该装置可以从针对在编码速率向量中的初始编码速率的最优BEP序列中选择针对主序列的初始比特位置。在一些示例中,再次使用具有为m的速率水平的编码速率向量R,初始编码速率可以是在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 。在该示例中,在针对在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 的最优BEP序列中具有最低BEP(最高可靠性)的 $K_1$ 个比特位置可以被选择作为在主序列中的初始比特位置。在其它示例中,再次使用具有为m的速率水平的编码速率向量R,初始编码速率可以是在编码速率向量R中的最后(最高)编码速率 $R_{m-1}$ 。在该示例中,在针对在编码速率向量R中的第一编码速率 $R_{m-1}$ 的最优BEP序列中具有最高BEP(最低可靠性)的 $N_{\max} (1 - R_{m-1})$ 或 $(N_{\max} - K_{m-1})$ 个比特位置可以被选择作为在主序列中的初始比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生

成电路442可以选择针对主序列的初始比特位置。

[0126] 在方块910处,该装置可以按照剩余的编码速率的次序从在编码速率向量中的下一个编码速率的剩余的BEP序列中选择包括先前选择的比特位置的额外比特位置。在一些示例中,当初始编码速率是在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 时,保留与针对 $R_1$ 选择的那一者相对应的比特位置(不在考虑范围内),以及可以将在针对在编码速率向量R中的第二(下一个最低)编码速率 $R_2$ 的最优BEP序列中具有最低BEP(最高可靠性)的 $K_2-K_1$ 个比特位置选择作为在主序列中的额外比特位置。在一些示例中,当初始编码速率是在编码速率向量R中的最后(最高)编码速率 $R_{m-1}$ 时,保留与针对 $R_{m-1}$ 选择的那一者相对应的比特位置(不在考虑范围内),以及可以将在针对在编码速率向量R中的第二(下一个最高)编码速率 $R_{m-2}$ 的最优BEP序列中具有最高BEP(最低可靠性)的 $N_{\max}(R_{m-2}-R_{m-1})$ 个比特位置选择作为针对主序列中的额外比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以选择针对主序列的额外比特位置。

[0127] 在方块912处,该装置可以确定是否存在更多的最优BEP序列(例如,在编码速率向量中具有最优BEP序列的、尚未被用于选择用于主序列的额外比特的更多编码速率)。如果存在更多的最优BEP序列(方块912的是分支),则该过程返回到方块910,其中该装置可以从在编码速率向量中的下一个编码速率的剩余的BEP序列中选择包括先前选择的比特位置的额外比特位置。一旦已经选择了针对主序列的比特位置中的所有比特位置(方块912的否分支),则在方块914处,该装置可以输出所生成的主序列。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以输出主序列。

[0128] 图10是示出根据本公开内容的一些方面的用于生成用于极化编码的主序列的示例性过程1000的流程图。在一些示例中,过程1000可以是由如上所述以及在图1-6中示出的无线通信设备或者其它适当的装置来实现的。在一些示例中,过程1000可以是由用于执行所描述的功能的任何适当的单元来实现的。在图10中所示的过程1000可以是离线执行的,以及所生成的主序列可以被存储在无线通信设备中的存储器中。

[0129] 在方块1002处,该装置可以利用密度演化,以在多个信噪比(SNR)上,计算针对在最大长度码字(例如,具有适当的最大长度 $N_{\max}$ 的码字)内的各比特位置的比特错误概率(BEP),以生成多个BEP序列。在一些示例中,BEP序列中的各BEP序列与在SNR的范围内的SNR中的一个SNR相对应,以及包括针对在最大长度码字内的各比特位置的相应的BEP。SNR的范围可以包括最大和最小SNR,其中在该范围内的各SNR之间具有步长。例如,可以利用具有为0.5dB的步长的-20dB至20dB的SNR范围。应当理解的是,可以选择任何适当的SNR的范围以及在该SNR的范围内的适当的步长。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以生成BEP序列。

[0130] 在方块1004处,该装置可以计算针对用于在编码速率向量内的编码速率的各BEP序列的块错误率(BLER)值。例如,再次假设编码速率向量R,对于在编码速率向量R内的特定编码速率 $R_i$ ,可以选择在各BEP序列内的 $K_i$ 个最佳(最可靠或最小BEP值)比特位置,其中 $K_i=N_{\max}R_i$ ,以及可以基于在该BEP序列中的 $K_i$ 个最佳比特位置的BEP(例如,作为 $K_i$ 个最佳比特位置的BEP的线性总和),来计算各BEP序列的块错误率(BLER)。在方块1006处,该装置可以将针对特定编码速率的最优BEP序列选择作为具有最接近0.01的BLER值的BEP序列。

[0131] 在方块1008处,该装置可以确定在编码速率向量内是否存在更多编码速率。如果

存在更多的编码速率(方块1008的是分支),则该过程返回到方块1004和1006,在方块1004和1006处,该装置可以计算针对用于在编码速率向量中的下一个编码速率的各BEP序列的BLER值,以及选择针对下一个编码速率的最优BEP序列。因此,对于在编码速率向量R内的各编码速率 $R_i$ ,可以获得在多个BEP序列内的相应的最优BEP序列。由于用于计算BLER的比特位置的数量将在编码速率之间变化,因此各BEP序列的BLER值将是在编码速率之间不同的,以及因此,针对各编码速率的最优BEP序列将变化。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以计算针对用于在编码速率向量内的特定编码速率的各BEP序列的BLER值,以及选择针对该编码速率的具有最接近0.01的BLER值的最优BEP序列。

[0132] 一旦选择了针对在编码速率向量内的各编码速率的相应的最优BEP序列(方块1008的否分支),则在方块1010处,该装置可以从针对在编码速率向量中的初始编码速率的最优BEP序列中选择针对主序列的初始比特位置。在一些示例中,再次使用具有为m的速率水平的编码速率向量R,初始编码速率可以是在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 。在该示例中,在针对在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 的最优BEP序列中具有最低BEP(最高可靠性)的 $K_1$ 个比特位置可以被选择作为在主序列中的初始比特位置。在其它示例中,再次使用具有为m的速率水平的编码速率向量R,初始编码速率可以是在编码速率向量R中的最后(最高)编码速率 $R_{m-1}$ 。在该示例中,在针对在编码速率向量R中的第一编码速率 $R_{m-1}$ 的最优BEP序列中具有最高BEP(最低可靠性)的 $N_{max}(1-R_{m-1})$ 或 $(N_{max}-K_{m-1})$ 个比特位置可以被选择作为在主序列中的初始比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以选择针对主序列的初始比特位置。

[0133] 在方块1012处,该装置可以按照剩余的编码速率的次序从在编码速率向量中的下一个编码速率的剩余的BEP序列中选择包括先前选择的比特位置的额外比特位置。在一些示例中,当初始编码速率是在编码速率向量R中的第一(最低)编码速率 $R_1$ 时,保留与针对 $R_1$ 选择的比特位置相对应的比特位置(不在考虑范围内),以及可以将在针对在编码速率向量R中的第二(下一个最低)编码速率 $R_2$ 的最优BEP序列中具有最低BEP(最高可靠性)的 $K_2-K_1$ 个比特位置选择作为在主序列中的额外比特位置。在一些示例中,当初始编码速率是在编码速率向量R中的最后(最高)编码速率 $R_{m-1}$ 时,保留与针对 $R_{m-1}$ 选择的那一者相对应的比特位置(不在考虑范围内),以及可以将在针对在编码速率向量R中的第二(下一个最高)编码速率 $R_{m-2}$ 的最优BEP序列中具有最高BEP(最低可靠性)的 $N_{max}(R_{m-2}-R_{m-1})$ 个比特位置选择作为在主序列中的额外比特位置。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以选择针对主序列的额外比特位置。

[0134] 在方块1014处,该装置可以确定是否存在更多的最优BEP序列(例如,在编码速率向量中具有最优BEP序列的、尚未被用于选择针对主序列的额外比特的更多编码速率)。如果存在更多的最优BEP序列(方块1014的是分支),则该过程返回到方块1012,其中该装置可以从在编码速率向量中的下一个编码速率的剩余的BEP序列中选择包括先前选择的比特位置的额外比特位置。一旦已经选择了针对主序列的比特位置中的所有比特位置(方块1014的否分支),则在方块1016处,该装置可以输出所生成的主序列。例如,上文结合图4示出以及描述的嵌套序列生成电路442可以输出主序列。

[0135] 图11是示出根据本公开内容的一些方面的比特错误概率(BEP)表1100的示例的示意图。在图11中所示的示例中,可以执行密度演化,以计算针对在SNR的范围1106(例如,

SNR-1, SNR-2, …, SNR-L) 内的各SNR1104的在最大长度码字内的各比特位置1102的比特错误概率(BEP)。SNR的范围1106可以包括最小SNR(例如,SNR-1)和最大SNR(例如,SNR-L),其中在范围1106内的各SNR 1104之间具有步长。例如,可以利用具有为0.5 dB的步长的-20 dB至20 dB的SNR范围。应当理解的是,可以选择任何适当的SNR的范围以及在该SNR的范围内的适当的步长。在各SNR1104处(例如,为-20 dB的SNR、为-19.5 dB的SNR……为19.5 dB的SNR、为20 dB的SNR),可以计算针对最大长度码字的各比特位置(例如,比特位置1…N,其中,N=N<sub>max</sub>)的BEP,以产生BEP序列表1108。

[0136] 因此,表1100可以包括与在SNR的范围1106内的SNR值1104的数量相对应的行数以及与最大码字长度N<sub>max</sub>相对应的列数。因此,每一行与特定SNR值1104相对应,以及每一列与在长度N<sub>max</sub>的码字中的特定比特位置1102(1…N<sub>max</sub>)相对应。例如,如图11中所示,对于第一SNR 1104(SNR-1),可以生成包括BEP-1a、BEP-2a、……、BEP-Na的第一BEP序列1108,对于第二SNR1104(SNR-2),可以生成包括BEP-1b、BEP-2b、……、BEP-Nb的第二SNR 1108,以此类推,直到最后的SNR1104(SNR-L),其包括BEP-1L、BEP-2L、……、BEP-NL。

[0137] 使用在图11中所示的表,可以使用例如在各BEP序列1108内的K个最佳(最可靠或最小BEP值)比特位置1102,针对用于在编码速率向量内的特定编码速率的各BEP序列1108来计算相应的块错误率(BLER)值。然后,可以将针对特定编码速率的最优BEP序列(例如,BEP序列1108中的一个BEP序列)选择作为具有最接近0.01的BLER值的BEP序列。根据最优BEP序列1108(例如,针对各编码速率有一个BEP序列),可以构造主序列,如上文结合图9和图10所描述的。

[0138] 下文提供了针对为2048的最大码字长度N<sub>max</sub>生成的以及按照可靠性的升序构造的主序列的示例:

[0139] 0,1,2,4,8,16,3,32,5,6,9,64,10,17,12,128,18,33,20,7,34,256,24,65,36,11,512,66,40,13,68,129,19,1024,14,48,130,72,21,132,257,35,80,22,25,258,136,37,96,26,260,513,144,38,67,28,41,514,264,160,69,42,516,1025,15,49,70,44,131,73,23,50,74,272,133,52,81,27,192,76,134,520,1026,39,288,56,82,137,259,29,1028,528,97,138,320,84,30,261,43,145,98,1032,544,140,88,384,262,71,146,100,45,265,1040,576,515,161,51,148,46,104,266,1056,640,162,517,75,273,152,53,77,54,135,268,112,193,83,57,164,274,518,78,521,194,289,1027,58,1088,168,31,276,139,85,768,522,290,196,60,529,280,176,1152,99,1029,86,524,321,141,292,200,89,530,263,1030,1280,147,322,142,101,1033,296,545,90,208,47,532,385,1536,324,102,1034,546,149,267,92,105,55,163,150,304,106,153,536,224,269,1041,79,386,577,328,113,1036,548,165,275,154,108,519,59,270,1042,388,578,114,336,166,552,195,1057,156,1044,277,169,641,392,580,116,61,352,87,560,1058,523,291,278,1048,170,197,642,400,584,62,120,1089,281,1060,177,143,91,198,525,172,293,103,282,201,178,531,93,526,294,1031,769,644,323,202,284,151,592,1090,416,180,297,94,1064,533,209,107,770,648,1153,204,1092,608,298,448,184,325,1072,547,1035,534,210,772,305,656,1154,155,1096,109,537,300,326,271,225,387,212,776,329,1281,306,167,115,110,157,549,63,1037,538,117,158,226,279,1043,171,330,550,216,308,389,579,1038,540,1156,118,672,337,553,1104,228,332,121,199,390,312,

1282, 1045, 784, 173, 1160, 338, 554, 581, 704, 393, 1120, 283, 232, 122, 179, 1059, 561, 1537, 1284, 1046, 353, 174, 800, 1168, 340, 582, 556, 394, 527, 295, 95, 203, 285, 181, 124, 1049, 643, 585, 286, 562, 240, 401, 354, 205, 299, 182, 1061, 396, 344, 1050, 535, 586, 185, 211, 111, 564, 645, 402, 356, 206, 1538, 1062, 1288, 1091, 593, 327, 1184, 832, 1052, 301, 417, 588, 1065, 186, 646, 568, 404, 360, 1540, 159, 213, 307, 1296, 594, 771, 649, 1216, 302, 896, 539, 418, 1066, 1093, 188, 119, 227, 331, 214, 551, 309, 217, 1039, 541, 609, 408, 1073, 596, 650, 368, 229, 449, 333, 1094, 310, 123, 175, 1068, 391, 773, 420, 218, 1155, 657, 542, 610, 1097, 313, 555, 1074, 339, 1544, 652, 600, 1312, 450, 230, 334, 774, 424, 220, 658, 612, 1098, 125, 233, 314, 777, 1076, 1157, 1047, 1552, 583, 452, 1344, 287, 395, 557, 673, 1105, 341, 432, 660, 183, 616, 1100, 126, 234, 316, 778, 1158, 1080, 563, 1568, 456, 674, 1408, 558, 355, 1106, 342, 1283, 1161, 241, 785, 664, 207, 624, 236, 397, 780, 1051, 345, 1121, 705, 1600, 587, 464, 676, 1108, 1162, 242, 786, 403, 565, 398, 187, 357, 1285, 1063, 346, 1122, 706, 1169, 1664, 801, 480, 680, 1112, 1164, 244, 788, 1053, 303, 589, 566, 215, 189, 647, 358, 405, 569, 348, 595, 1054, 361, 590, 190, 1067, 419, 1286, 406, 248, 570, 1170, 1124, 311, 708, 802, 362, 1289, 409, 219, 1539, 688, 651, 792, 597, 543, 1185, 1095, 572, 1172, 369, 833, 1128, 1069, 712, 804, 421, 1290, 335, 364, 231, 410, 611, 598, 1792, 1186, 1075, 1541, 1297, 221, 370, 1176, 834, 653, 315, 1070, 601, 127, 422, 222, 451, 775, 412, 659, 235, 1099, 425, 317, 613, 654, 559, 343, 602, 1077, 372, 1292, 1136, 808, 720, 1217, 1188, 426, 453, 614, 1542, 318, 1298, 661, 897, 237, 604, 1101, 1078, 836, 376, 1159, 1545, 779, 617, 816, 433, 1218, 399, 736, 1313, 1081, 1192, 243, 454, 428, 1107, 1300, 347, 675, 898, 662, 238, 1102, 567, 359, 457, 618, 665, 434, 591, 781, 245, 1082, 349, 191, 1055, 1163, 625, 1109, 407, 1546, 677, 840, 787, 458, 571, 1314, 620, 1220, 666, 436, 782, 246, 350, 1084, 1553, 1200, 1304, 363, 1123, 626, 900, 465, 1110, 249, 678, 1548, 1345, 848, 707, 460, 1165, 1316, 668, 1224, 1113, 440, 789, 1554, 681, 573, 1287, 466, 411, 628, 599, 904, 1171, 250, 1346, 365, 864, 1125, 1166, 1320, 1569, 1232, 1114, 803, 790, 682, 1556, 481, 1071, 709, 574, 223, 423, 468, 632, 1409, 371, 912, 1348, 252, 793, 366, 1126, 689, 1570, 1328, 413, 1248, 1173, 1116, 684, 482, 710, 1560, 655, 1291, 1129, 1410, 472, 603, 805, 928, 1352, 1601, 794, 713, 690, 1572, 414, 1174, 1187, 373, 319, 484, 1130, 1412, 615, 427, 1079, 605, 239, 374, 1177, 806, 835, 1293, 796, 714, 455, 663, 1103, 377, 692, 1137, 809, 429, 606, 1189, 1299, 1132, 1178, 619, 721, 1543, 488, 1602, 1294, 1360, 435, 1083, 716, 1576, 960, 378, 1138, 810, 696, 430, 837, 1190, 1219, 1180, 722, 1665, 1416, 1604, 496, 817, 1193, 1376, 351, 247, 1301, 667, 459, 1584, 621, 380, 1140, 812, 783, 1085, 437, 1111, 679, 627, 838, 622, 1547, 737, 899, 669, 461, 1086, 1315, 841, 438, 724, 1302, 1221, 1194, 818, 251, 575, 441, 1144, 1167, 1305, 467, 1201, 629, 738, 670, 1666, 1115, 462, 842, 367, 791, 1608, 1222, 1424, 728, 1196, 820, 1549, 683, 901, 1317, 442, 1306, 1225, 849, 253, 1202, 630, 740, 1127, 1793, 1555, 1668, 844, 1616, 415, 469, 1117, 711, 633, 685, 1550, 795, 254, 1175, 1318, 902, 444, 1347, 824, 483, 375, 1226, 470, 691, 1308, 1118, 850, 905, 1321, 1204, 634, 1131, 686, 807, 473, 744, 1557, 607, 1233, 1440, 865, 715, 1228, 797, 852, 1794, 906, 1322, 1349, 636, 1672, 1208, 485, 1571, 693, 1179, 431, 474, 1558, 1632, 1234, 752, 1133, 1472, 913, 1295, 379, 866, 1329, 798, 1561, 1796, 856,

908, 1350, 1324, 486, 1680, 1249, 811, 1139, 1191, 717, 694, 476, 1411, 1236, 1134, 1353, 914, 1330, 868, 489, 1573, 1181, 697, 1562, 1800, 723, 381, 1250, 1696, 718, 623, 929, 1240, 1354, 839, 916, 1332, 1574, 490, 872, 813, 1087, 1141, 1182, 1413, 439, 1603, 698, 1564, 1808, 382, 1252, 1728, 1361, 1577, 1303, 1195, 930, 497, 819, 671, 463, 725, 814, 1142, 492, 700, 1145, 1223, 1356, 631, 843, 443, 739, 1414, 726, 1336, 1197, 920, 498, 821, 880, 1578, 1605, 1362, 1307, 1417, 729, 1256, 961, 1203, 1146, 932, 1585, 1198, 1377, 500, 255, 822, 1551, 845, 1606, 1319, 1824, 1580, 741, 445, 1364, 471, 1418, 1119, 903, 730, 962, 1264, 1667, 1148, 1227, 936, 635, 825, 687, 1609, 1309, 851, 1205, 846, 446, 742, 1586, 1310, 1425, 732, 1378, 504, 826, 637, 475, 1229, 745, 1323, 1206, 799, 1420, 1368, 907, 853, 1610, 1559, 964, 1209, 1588, 1235, 1669, 1426, 487, 695, 1135, 1380, 944, 828, 638, 1230, 746, 1617, 1856, 1351, 867, 854, 477, 1612, 1325, 1441, 968, 1210, 1670, 1592, 753, 719, 1428, 909, 1384, 857, 748, 1618, 1237, 1795, 1920, 1183, 1331, 1563, 478, 699, 1326, 915, 491, 815, 1143, 910, 869, 1673, 1212, 383, 1251, 754, 1355, 858, 1238, 1575, 1442, 1333, 1633, 1432, 1241, 976, 1565, 1620, 870, 727, 1674, 1392, 701, 917, 493, 756, 1473, 860, 1797, 1444, 873, 1253, 1681, 1634, 1334, 1357, 1242, 499, 1415, 1147, 1566, 1199, 992, 1624, 1676, 931, 702, 918, 494, 1474, 1337, 1579, 760, 823, 1363, 731, 1358, 1254, 921, 874, 847, 1149, 1244, 1798, 501, 1257, 1338, 1682, 1607, 1448, 447, 1311, 743, 1636, 881, 933, 1581, 1801, 1419, 1365, 922, 827, 1207, 876, 1150, 1697, 733, 1476, 1587, 502, 1258, 1340, 1684, 882, 1456, 1640, 934, 1582, 1802, 1379, 963, 1231, 1366, 924, 505, 1265, 1698, 639, 1421, 734, 937, 1480, 1809, 1611, 1260, 829, 1369, 855, 747, 1211, 1589, 1427, 884, 1327, 506, 1381, 1422, 830, 1266, 1688, 965, 938, 479, 1804, 1370, 1648, 911, 1613, 1590, 1729, 749, 1239, 1671, 1700, 1213, 1810, 945, 859, 888, 508, 1382, 1429, 1593, 1488, 1268, 1619, 755, 966, 940, 1372, 1614, 1730, 750, 1825, 1385, 871, 969, 1214, 1704, 1812, 946, 1443, 1430, 1594, 1272, 1504, 1335, 861, 1567, 1732, 1826, 1243, 1675, 1621, 919, 757, 1433, 1386, 495, 703, 1359, 1255, 970, 862, 1596, 948, 875, 1393, 1635, 1445, 1622, 1245, 758, 1339, 1434, 1816, 977, 1712, 1388, 1677, 972, 1625, 1857, 761, 1828, 1394, 952, 923, 1736, 1446, 1799, 1151, 1475, 1683, 1246, 978, 1436, 877, 1637, 1259, 1678, 1583, 1449, 503, 1858, 1626, 1341, 762, 1367, 935, 1832, 1396, 993, 883, 1744, 925, 735, 878, 1638, 1342, 1685, 1261, 1477, 1450, 980, 1423, 1628, 1803, 1641, 764, 831, 926, 1267, 1371, 885, 1457, 1921, 507, 1400, 1591, 994, 1699, 1860, 939, 1686, 1262, 1478, 1452, 984, 1840, 1642, 1760, 1383, 1689, 1481, 1805, 886, 1458, 1922, 996, 1615, 1864, 1649, 967, 1269, 1373, 751, 509, 889, 1215, 1701, 941, 1811, 1644, 1690, 1482, 1806, 1431, 1595, 947, 1374, 1270, 1387, 1460, 942, 1650, 1702, 890, 510, 1731, 1489, 1273, 1000, 1924, 1692, 863, 971, 1597, 1813, 1623, 1484, 1705, 1872, 1435, 1464, 949, 1652, 759, 892, 1490, 1389, 1274, 1008, 1928, 1827, 1598, 1814, 1733, 1706, 1888, 1447, 1247, 973, 1395, 1505, 950, 1656, 1817, 1679, 1492, 1390, 1713, 1276, 1437, 1936, 1627, 953, 1734, 1708, 979, 1829, 974, 1506, 1639, 879, 763, 1343, 1438, 1397, 1818, 1737, 1451, 1714, 1629, 954, 1496, 927, 1830, 981, 1859, 1263, 1398, 1687, 1820, 1738, 1508, 765, 1833, 1716, 1952, 1479, 1630, 956, 1401, 1453, 1643, 995, 1745, 982, 887, 1740, 766, 1512, 1834, 1459, 1861, 1720, 985, 1984, 1402, 1454, 1746, 1841, 1691, 1645, 997, 1807, 1520, 1836, 1862, 986,

1483, 1375, 1271, 1761, 1404, 1923, 1703, 1651, 943, 1461, 1646, 891, 1693, 1865, 1485, 998, 1842, 1599, 1748, 1462, 511, 1653, 1275, 988, 1694, 1815, 1001, 1491, 1465, 1707, 1762, 893, 1866, 1486, 1391, 951, 1925, 1844, 1752, 1654, 1002, 1873, 1466, 1277, 1764, 894, 1735, 1439, 1657, 975, 1868, 1493, 1926, 1709, 1009, 1848, 1819, 1874, 1004, 1929, 1468, 1278, 1715, 1768, 1658, 955, 1507, 1494, 1710, 1010, 1831, 1399, 1631, 1739, 1821, 1497, 1717, 1889, 983, 1660, 1930, 1876, 1455, 1509, 957, 1822, 1835, 1498, 1741, 1403, 1937, 1012, 1890, 1718, 1776, 1932, 1510, 958, 1880, 1747, 1647, 1721, 767, 1500, 1742, 1863, 1938, 987, 1513, 1837, 1892, 1016, 1405, 1463, 1722, 1953, 999, 1843, 1695, 1749, 1940, 1514, 1838, 1896, 1406, 989, 1487, 1724, 1521, 1954, 1867, 1655, 1763, 1750, 1845, 1467, 1753, 1516, 1003, 990, 1869, 1944, 1846, 1927, 1522, 1711, 1765, 1659, 1904, 895, 1495, 1985, 1754, 1849, 1875, 1956, 1469, 1279, 1870, 1005, 1524, 1766, 1986, 1850, 1756, 1661, 1823, 1011, 1470, 1960, 1769, 1931, 1877, 1006, 1499, 1528, 1719, 1988, 1852, 1662, 1770, 1968, 1891, 1878, 1511, 1013, 1743, 1933, 1777, 959, 1992, 1881, 1501, 1772, 1939, 1014, 1723, 1934, 1839, 1893, 1882, 1515, 1502, 1778, 1751, 1941, 1725, 1017, 1894, 1407, 1884, 1897, 1847, 1780, 1517, 1955, 1942, 1726, 1018, 2000, 991, 1523, 1755, 1945, 1898, 1871, 1518, 1784, 1767, 1020, 1905, 1957, 2016, 1851, 1946, 1900, 1757, 1525, 1471, 1906, 1958, 1987, 1948, 1007, 1961, 1663, 1526, 1758, 1853, 1879, 1771, 1908, 1529, 1962, 1989, 1854, 1912, 1530, 1935, 1773, 1969, 1990, 1883, 1895, 1779, 1964, 1774, 1503, 1993, 1885, 1943, 1970, 1015, 1781, 1899, 1532, 1886, 1994, 1727, 1972, 1782, 1947, 2001, 1519, 1019, 1785, 1996, 1901, 1959, 1976, 2002, 1907, 1949, 1786, 1021, 1902, 1759, 2017, 1527, 2004, 1855, 1950, 1909, 1963, 1788, 1022, 2018, 2008, 1910, 1991, 1531, 1965, 2020, 1775, 1913, 1971, 1966, 2024, 1914, 1533, 1995, 1887, 1973, 1916, 2032, 1783, 1534, 1997, 1974, 1977, 2003, 1998, 1787, 1903, 1978, 2005, 1980, 1951, 1789, 1023, 2006, 2019, 1790, 2009, 1911, 2021, 2010, 2022, 2012, 1967, 2025, 1915, 2026, 2033, 1917, 2028, 1535, 2034, 1918, 1975, 2036, 2040, 1999, 1979, 1981, 1982, 2007, 1791, 2011, 2023, 2013, 2014, 2027, 2029, 2030, 1919, 2035, 2037, 2038, 2041, 2042, 2044, 1983, 2015, 2031, 2039, 2043, 2046, 2045, 2047。

[0140] 在一种配置中, 被配置用于极化编码的装置(例如, 在图4中所示的无线通信设备400)包括: 用于存取按照可靠性的次序来维护的比特位置的主序列的单元, 其中主序列是利用密度演化来生成的以及被嵌套在包括具有相同速率水平的多个编码速率的编码速率向量之上, 以及主序列包括最大长度。该装置还包括: 用于根据主序列来生成针对包括小于最大长度的块长度的信息块的比特位置序列的单元, 其中, 比特位置序列包括与块长度相对应的按照根据主序列的可靠性的次序来排列的多个比特位置。该装置还包括: 用于基于比特位置序列来识别在信息块中的信息比特位置和冻结比特位置的单元; 用于将信息比特放置在信息块的信息比特位置中以及将冻结比特放置在信息块的冻结比特位置中的单元; 用于对信息块进行极化编码以产生极化码字的单元; 以及用于在无线空中接口上向进行接收的无线通信设备发送极化码字的单元。

[0141] 在一个方面中, 前述单元可以是图4的被配置为执行由前述单元记载的功能的处理器404。例如, 前述单元可以包括在图4中所示的极化编码器441、在图3中所示的极化编码器320和/或在图5中所示的极化编码器520。在另一方面中, 前述单元可以是被配置为执行

由前述单元记载的功能的电路或任何装置。

[0142] 在本公开内容中,使用词语“示例性的”意指“用作示例、实例或说明”。本文中被描述为“示例性的”任何实现方式或方面未必被解释为比本公开内容的其它方面优选或有优势。同样,术语“方面”并不要求本公开内容的所有方面都包括所讨论的特征、优点或操作模式。在本文中使用术语“耦合的”来指代在两个对象之间的直接或间接耦合。例如,如果对象A物理地接触对象B,以及对象B接触对象C,则对象A和C仍然可以被认为彼此耦合—即使它们并不直接地在物理上彼此接触。例如,第一对象可以耦合到第二对象,即使第一对象从来没有直接地在物理上与第二对象接触。术语“电路(circuit)”和“电路系统(circuitry)”可以广泛地使用,以及旨在包括电气设备和导体的硬件实现方式以及信息和指令的软件实现方式二者,其中,所述电气设备和导体在被连接和被配置时使得能够执行本公开内容中描述的功能(关于电子电路的类型而没有限制),所述信息和指令在被处理器执行时使得能够执行在本公开内容中描述的功能。

[0143] 图1-11中示出的组件、步骤、特征和/或功能中的一者或者可以重新排列和/或组合为单个组件、步骤、特征或功能,或者体现若干组件、步骤或功能中。也可以在不背离在本文中公开的新颖特征的情况下添加额外的元素、组件、步骤和/或功能。在图1-6中示出的装置、设备和/或组件可以被配置为执行本文中描述的方法、特征或步骤中的一者或者。在本文中所描述的新颖算法还可以用软件有效地实现和/或嵌入在硬件中。

[0144] 应当理解的是,所公开的方法中的步骤的特定次序或层次是对示例性过程的说明。应当理解的是,基于设计偏好,可以重新排列方法中的步骤的特定次序或层次。所附的方法权利要求以示例次序给出了各个步骤的元素,而并非意在限于所给出的特定次序或层次,除非在其中特别记载。

[0145] 为使本领域任何技术人员能够实施在本文中描述的各个方面,提供了先前的描述。对于本领域技术人员来说,对这些方面的各种修改将是非常显而易见的,以及本文中所定义的通用原理可以应用于其它方面。因此,权利要求并非旨在限于在本文中示出的各方面,而是要符合与权利要求的语言相一致的全部范围,其中除非特别声明如此,否则对单数形式的元素的提及并非旨在意指“一个且仅有一个”,而是意指“一个或多个”。除非另外特别声明,否则术语“一些”指代一个或多个。提及项目列表中的“至少一个”的短语指代那些项目的任意组合,其包括单个成员。举例来说,“a、b或c中的至少一个”旨在涵盖:a;b;c;a和b;a和c;b和c;以及a、b和c。贯穿本公开内容所描述的各个方面的元素的所有结构和功能等效物通过引用方式明确地并入本文,以及旨在包含在权利要求中,其中这些结构和功能等效物对于本领域技术人员来说是已知的或者将要是已知的。此外,本文中没有任何公开内容旨在奉献给公众,不管这样的公开内容是否明确地记载在权利要求中。没有任何权利要求元素应当根据35U.S.C. §112(f)的规定来解释,除非该元素是使用短语“用于……的单元”明确记载的,或者在方法权利要求的情况下,该元素是使用短语“用于……的步骤”来记载的。

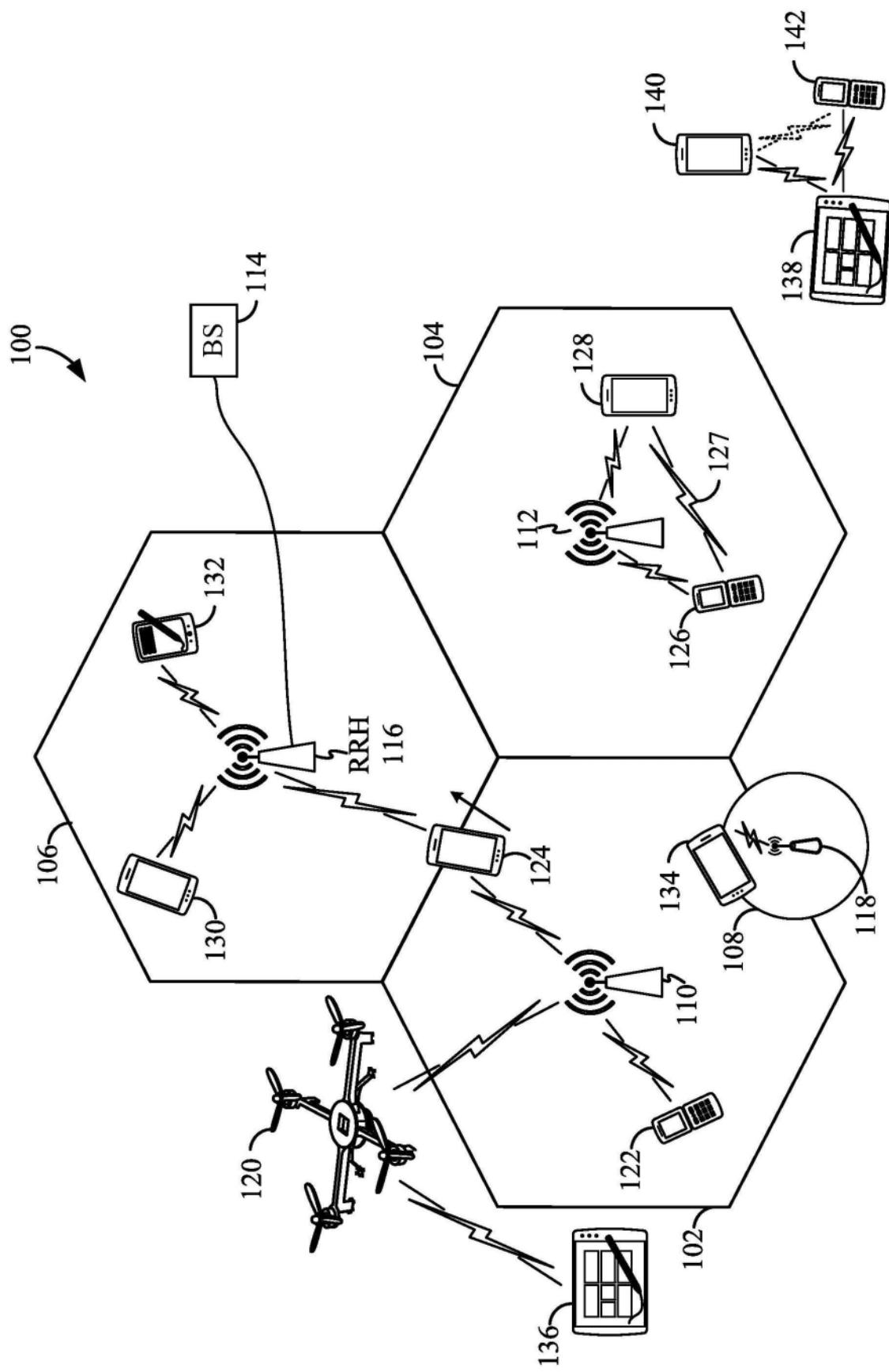


图1

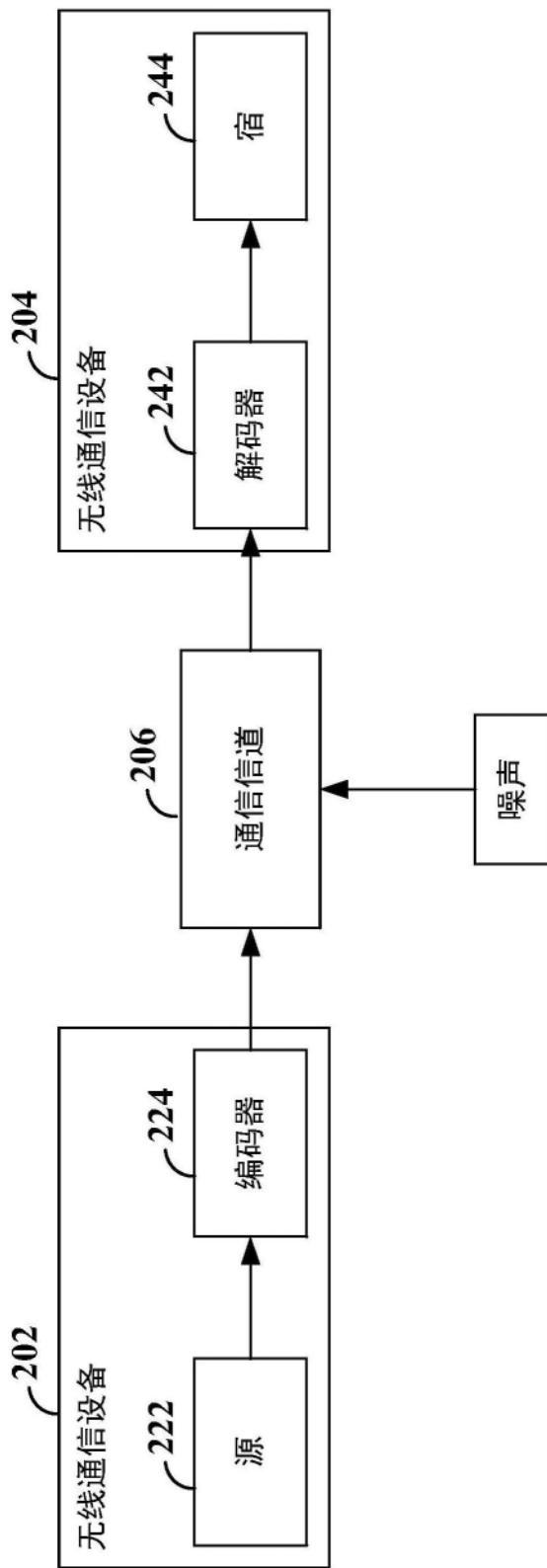


图2

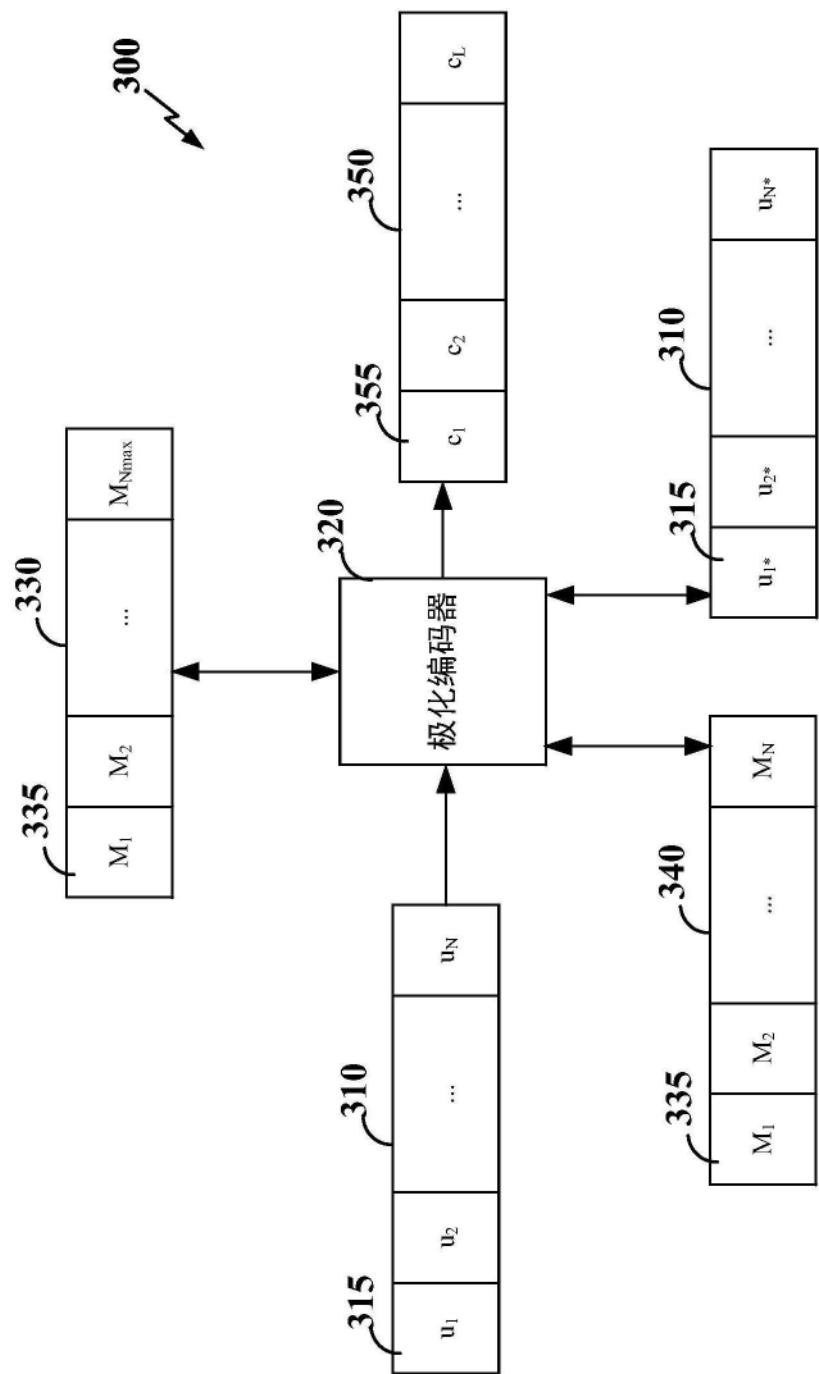


图3

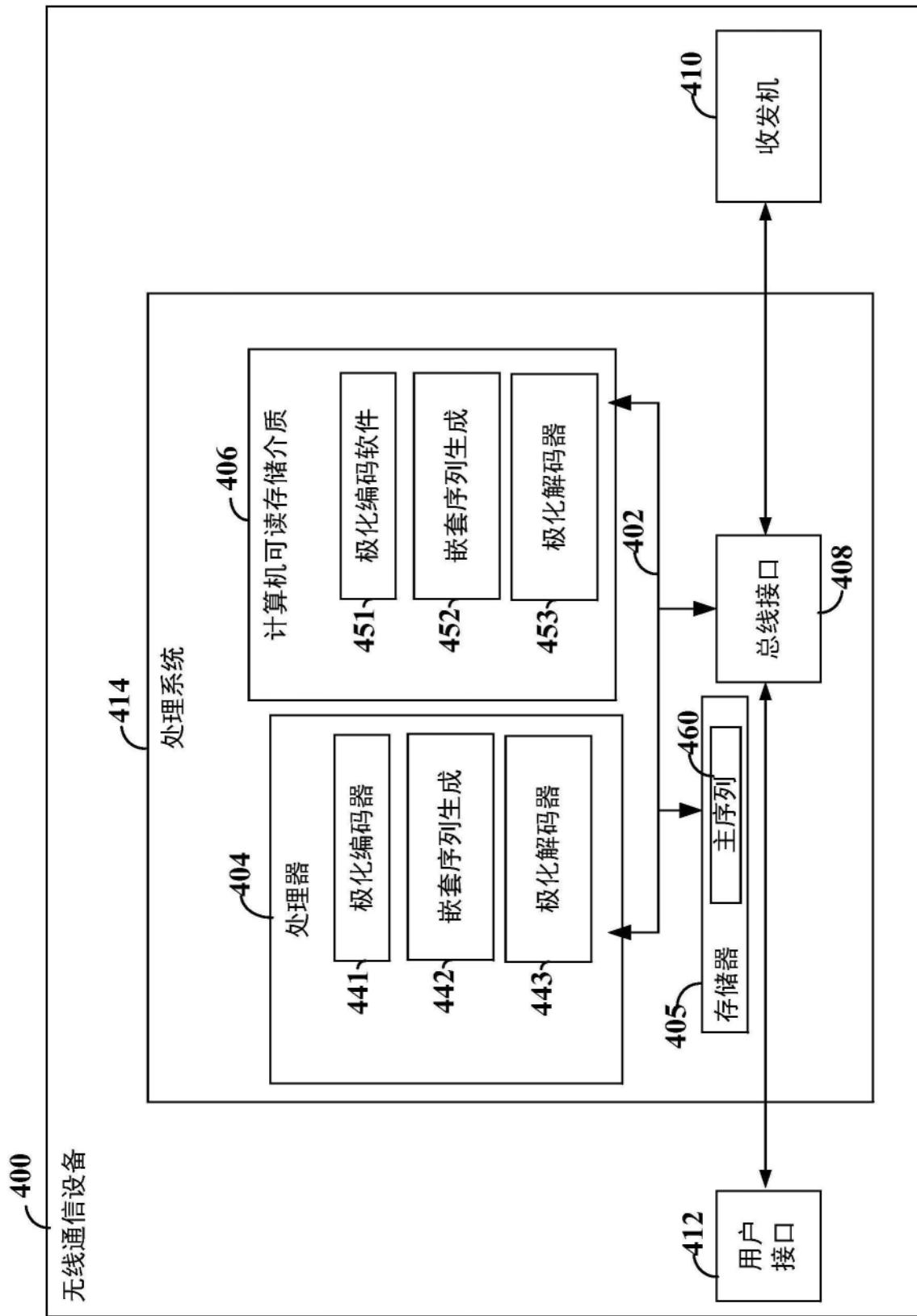


图4

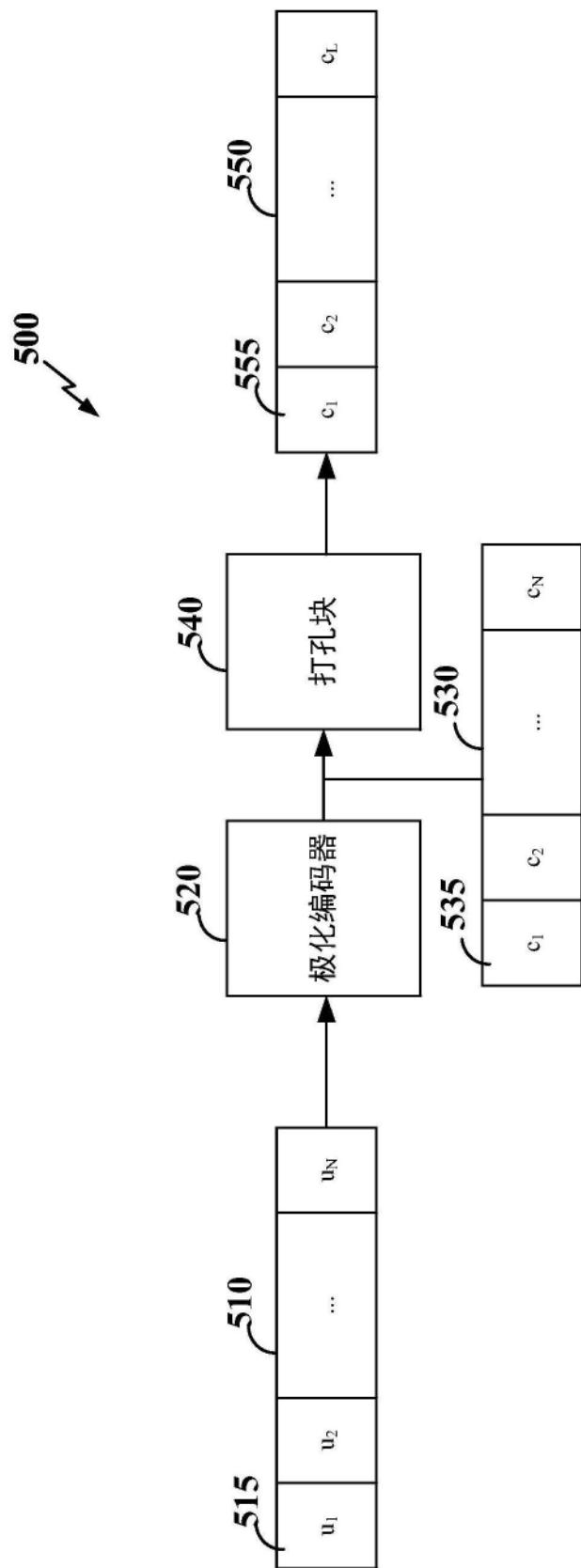


图5

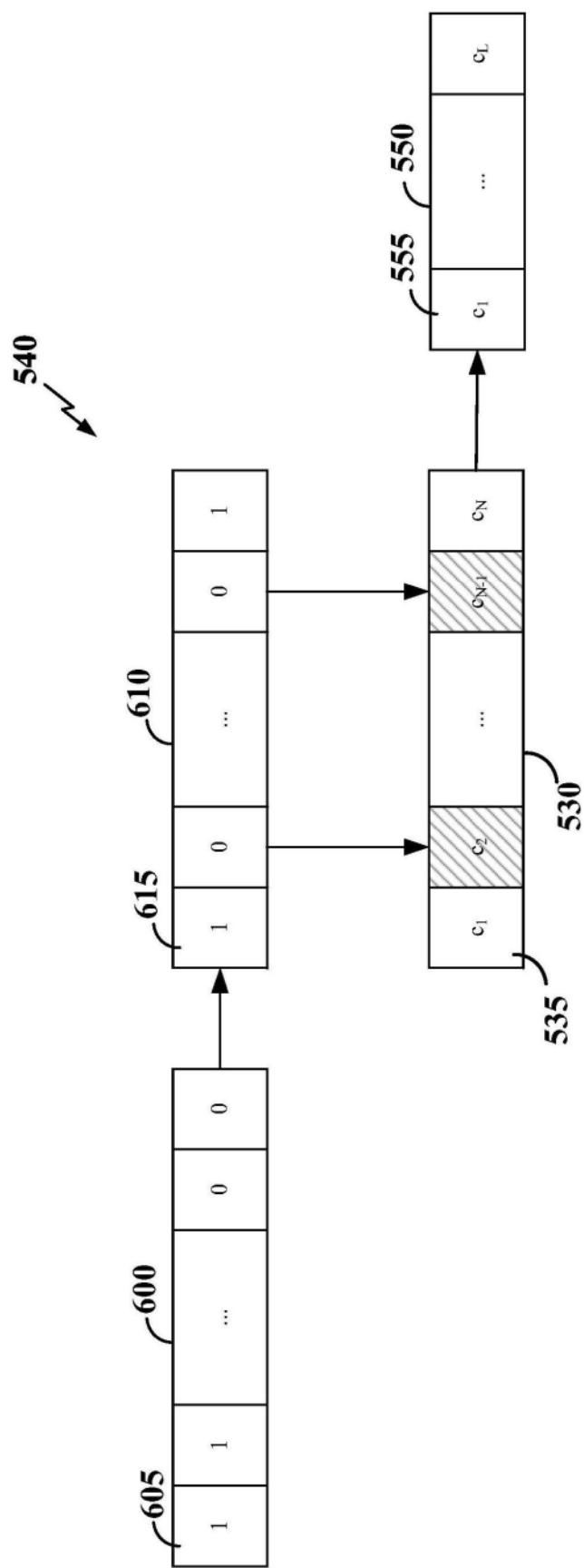


图6

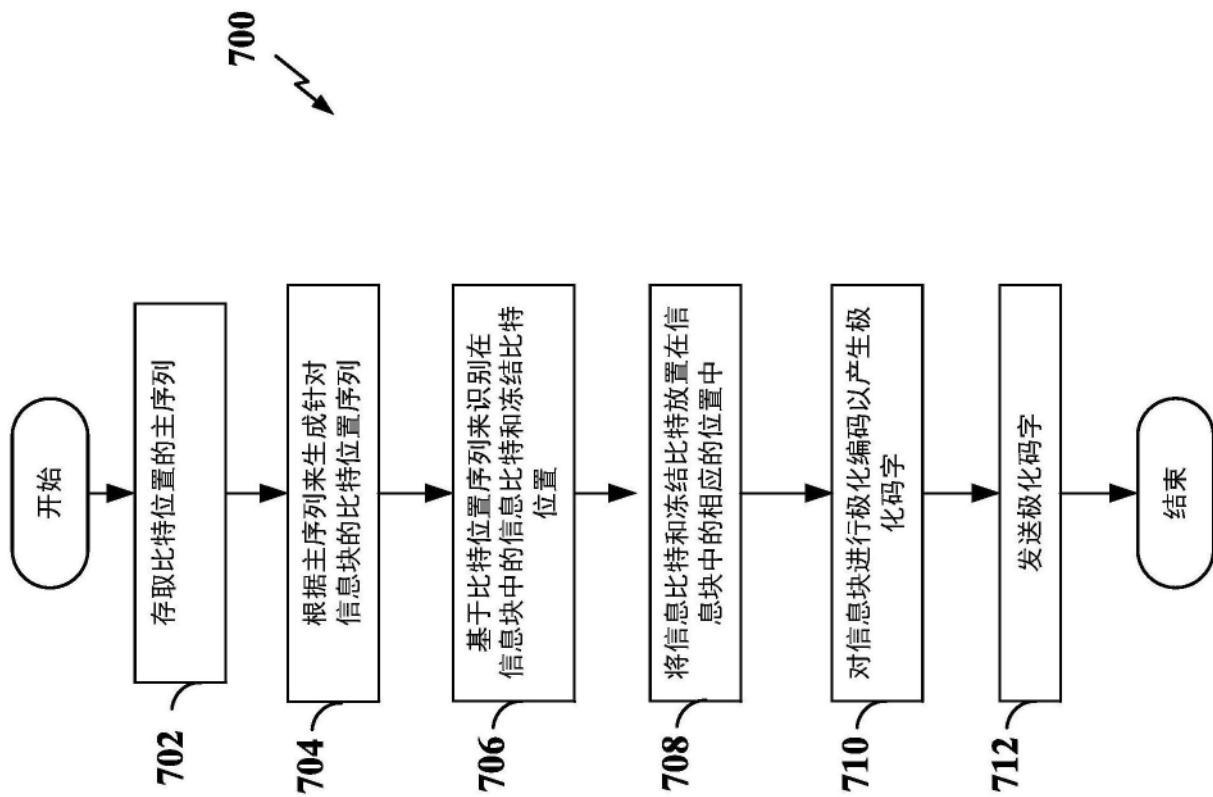


图7

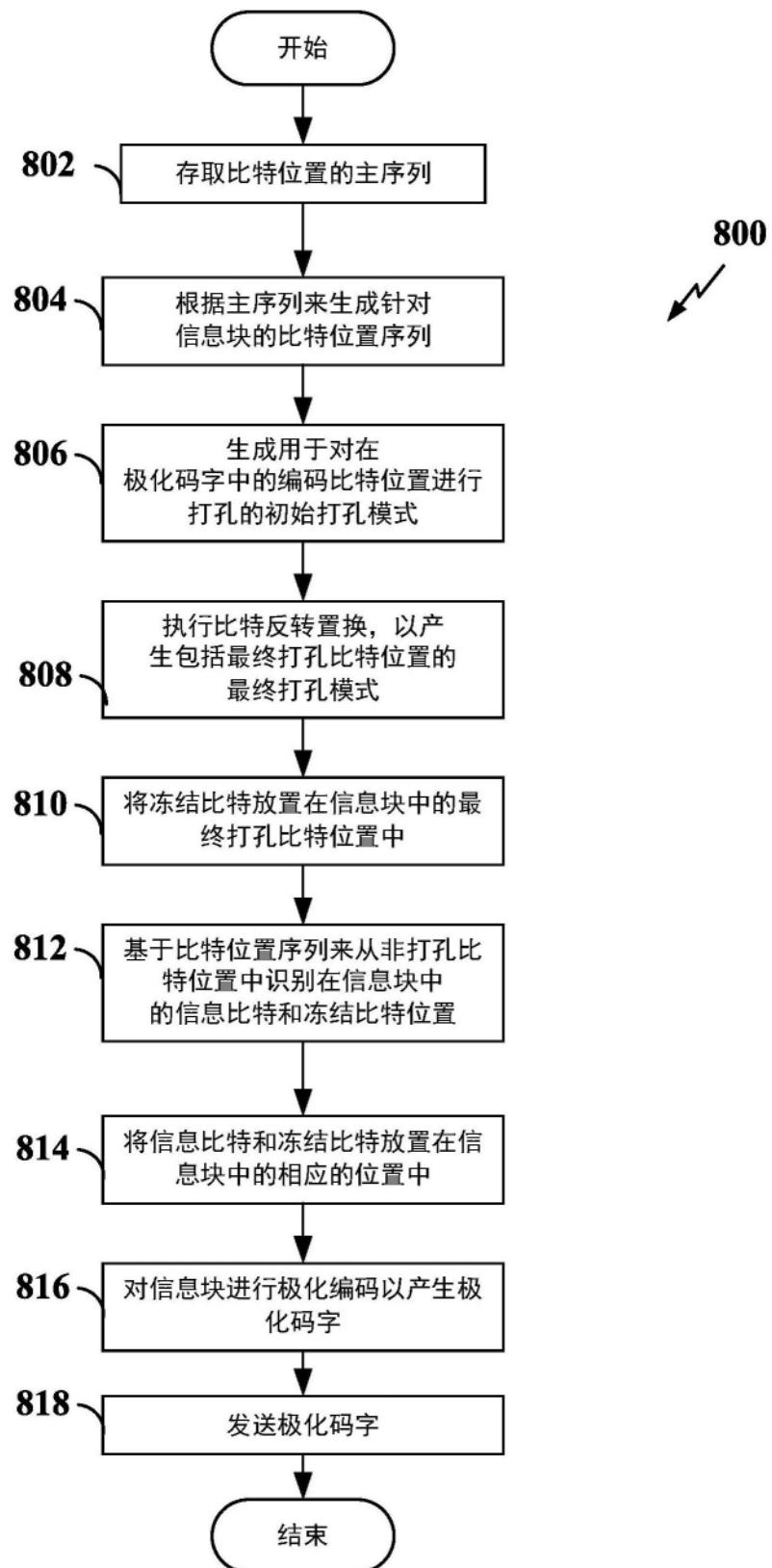


图8

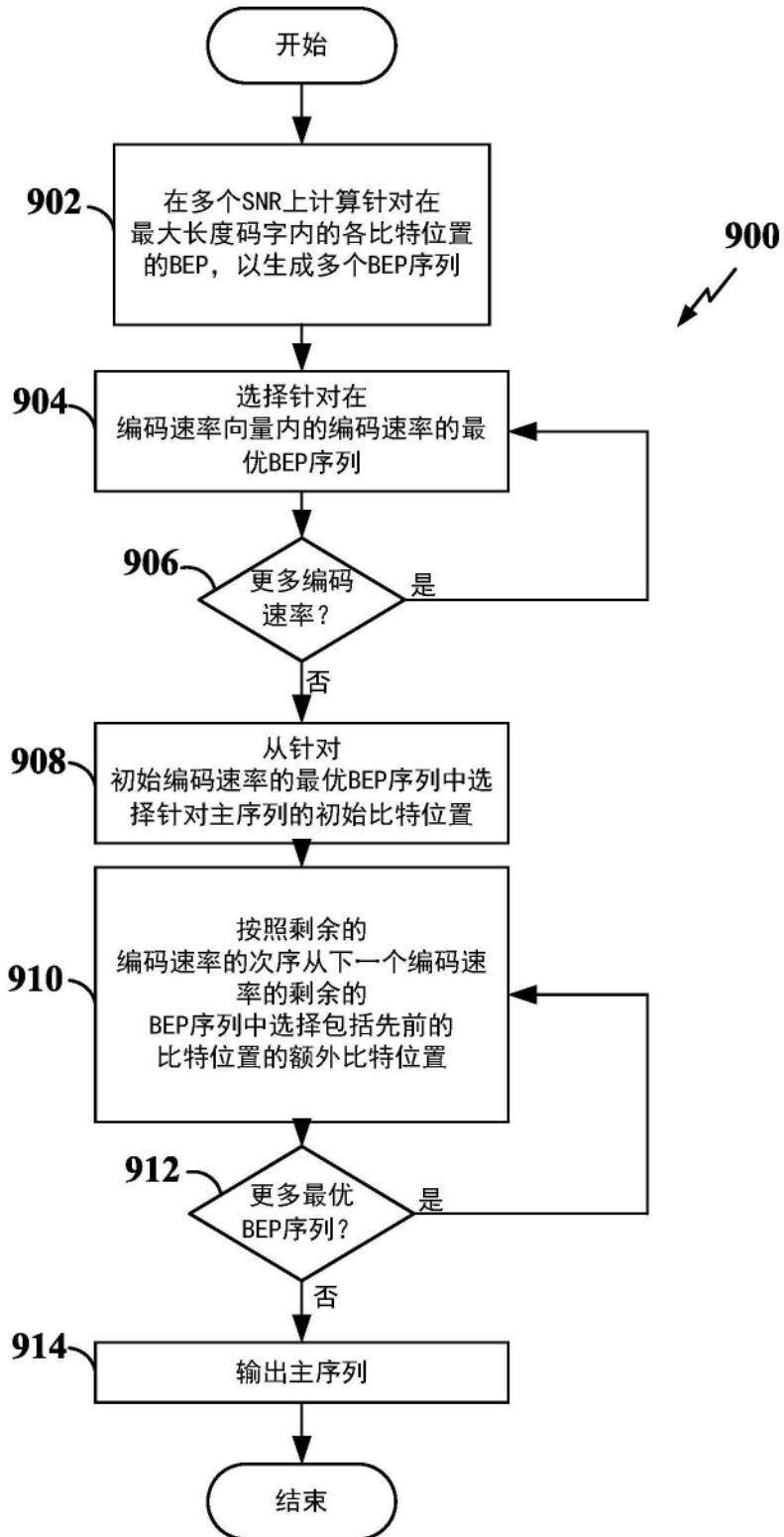


图9

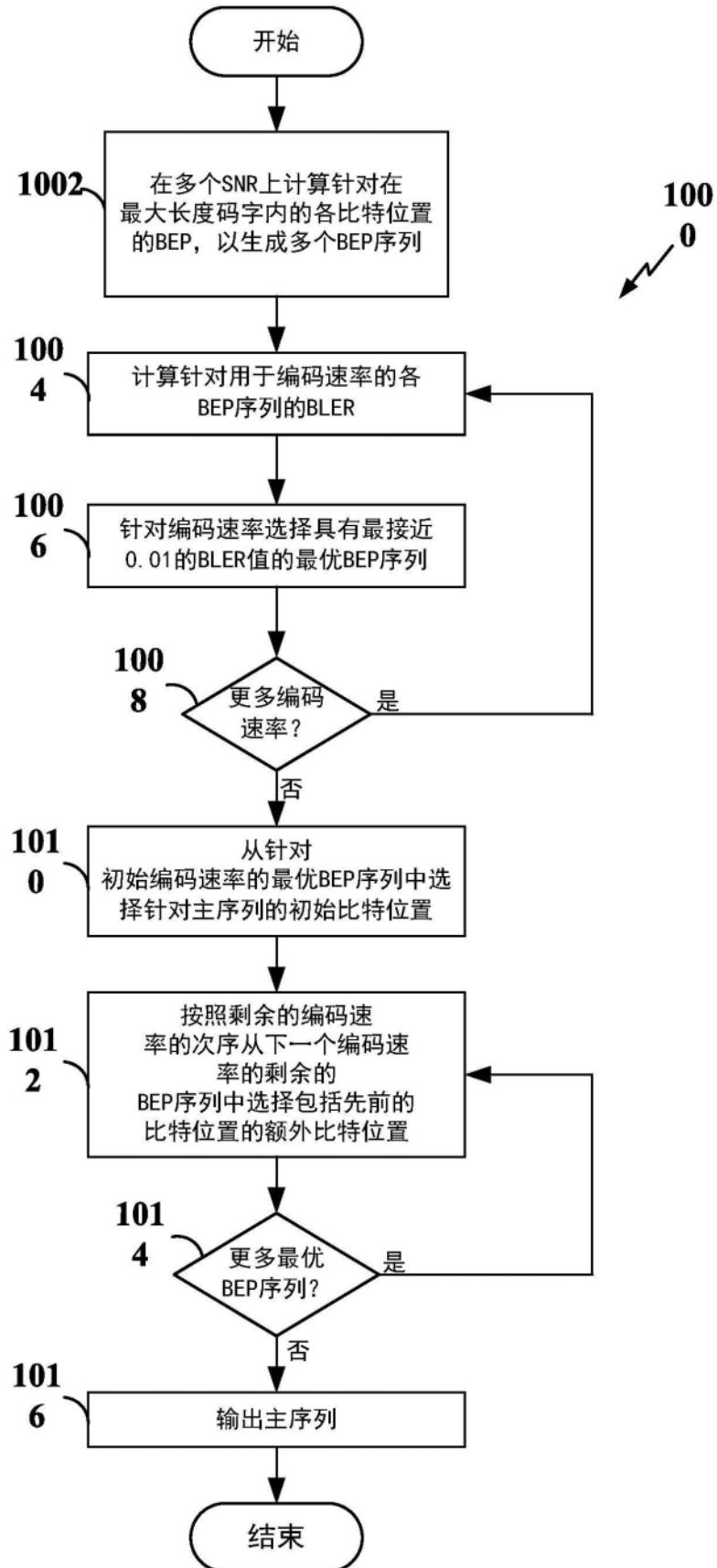


图10

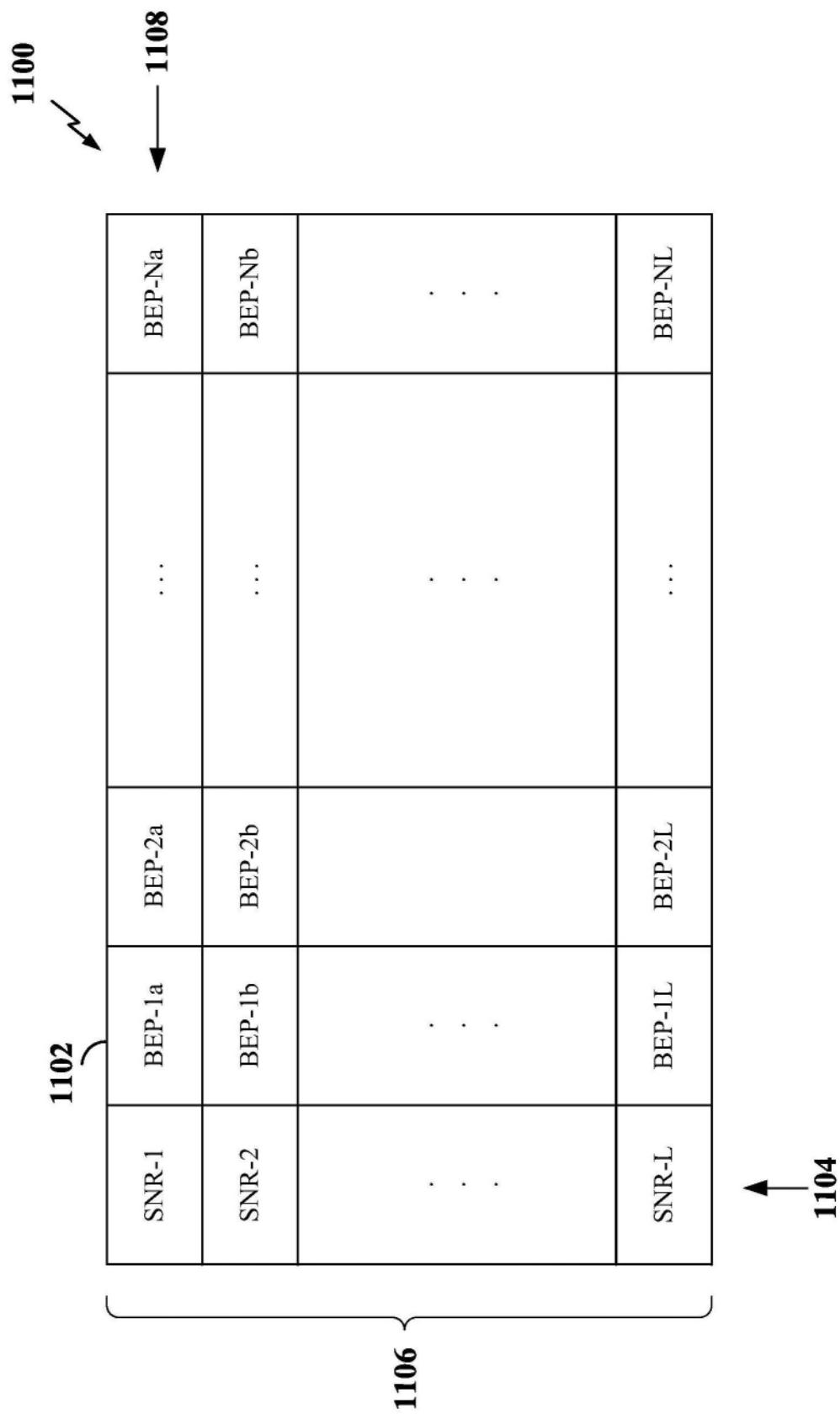


图11