



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108352936 B

(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 201680065876.1

(22) 申请日 2016.08.23

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108352936 A

(43) 申请公布日 2018.07.31

(30) 优先权数据  
62/254,678 2015.11.12 US  
15/202,207 2016.07.05 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.05.10

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/048178 2016.08.23

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/082986 EN 2017.05.18

(73) 专利权人 高通股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 S·库德卡 S·Y·朴  
A·马诺拉克斯 K·K·穆卡维里

V·隆科 J·B·索里亚加 J·蒋  
T·J·理查德森

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

代理人 袁逸 陈炜

(51) Int.Cl.  
H04L 1/00 (2006.01)  
H03M 13/03 (2006.01)  
H03M 13/11 (2006.01)  
H04L 1/18 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 104981978 A, 2015.10.14  
CN 104981978 A, 2015.10.14  
CN 102017426 A, 2011.04.13  
CN 101005301 A, 2007.07.25  
US 2008207120 A1, 2008.08.28  
CN 103188044 A, 2013.07.03

审查员 刘慧

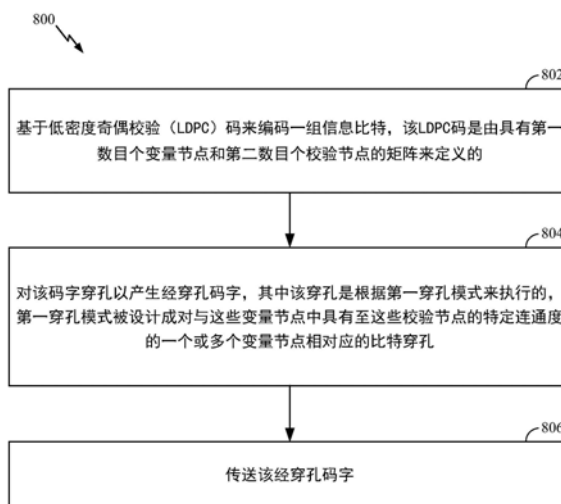
权利要求书2页 说明书17页 附图16页

(54) 发明名称

用于无线地传送数据的方法和装置

(57) 摘要

本公开的某些方面一般涉及用于对结构化低密度奇偶校验(LDPC)码穿孔的技术。提供了一种用于由无线节点进行无线通信的方法。该方法一般包括:基于LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和 second 数目个校验节点的矩阵来定义的;对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,第一穿孔模式被设计成对与这些变量节点中具有至这些校验节点的特定连通度的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔;以及传送该经穿孔码字。



1. 一种用于根据无线电技术来无线地传送数据的方法,包括:

基于低密度奇偶校验LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,所述LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;

对所述码字穿孔以产生经穿孔码字,其中所述穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,所述第一穿孔模式被设计成对所述码字的开始处的与具有至所述校验节点的最高连通度的至少一个变量节点相对应的比特穿孔并且对所述码字的末尾处的数个比特穿孔,其中如果所述第一穿孔模式未提供期望码率,则对具有至所述校验节点的最高连通度的另一变量节点或具有至所述校验节点的次最高连通度的变量节点穿孔,以使得连接至两个以上被穿孔变量节点的校验节点的数目最小化;以及

根据所述无线电技术跨无线信道来传送所述经穿孔码字。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一穿孔模式被进一步设计成按给定的周期性对所述码字中除所述码字的开始处的所述第一数目个比特之外的其余比特穿孔。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一穿孔模式被设计成限制连接至一个以上具有被穿孔比特的变量节点的校验节点数目。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一穿孔模式被设计成限制所述经穿孔码字中的闭环数目。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一穿孔模式被进一步设计成按给定的周期性对所述码字中除所述码字的末尾处的所述第一数目个比特之外的其余比特穿孔。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:

对于所述一组信息比特的重传,所述穿孔是根据第二穿孔模式来执行的,所述第二穿孔模式被设计成对所述码字的与所述第一穿孔模式不同的比特穿孔。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第二穿孔模式被设计成相对于所述第一穿孔模式在具有至校验节点的相同连通度的变量节点当中切换被穿孔比特。

8. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第二穿孔模式被设计成相对于所述码字中通过所述第一穿孔模式穿孔的比特以所定义的偏移对所述码字中的比特穿孔。

9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述LDPC码包括802.11Wi-Fi LDPC码。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述编码导致所述码字的第一码率 $5/6$ ,并且所述第一穿孔模式被设计成达成所述经穿孔码字的第二码率 $7/8$ 。

11. 一种用于根据无线电技术来无线地传送数据的装备,包括:

用于基于低密度奇偶校验LDPC码来编码一组信息比特以产生码字的装置,所述LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;

用于对所述码字穿孔以产生经穿孔码字的装置,其中所述穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,所述第一穿孔模式被设计成对所述码字的开始处的与具有至所述校验节点的最高连通度的至少一个变量节点相对应的比特穿孔并且对所述码字的末尾处的数个比特穿孔,其中如果所述第一穿孔模式未提供期望码率,则对具有至所述校验节点的最高连通度的另一变量节点或具有至所述校验节点的次最高连通度的变量节点穿孔,以使得连接至两个以上被穿孔变量节点的校验节点的数目最小化;以及

用于根据所述无线电技术跨无线信道来传送所述经穿孔码字的装置。

12. 如权利要求11所述的装备,其特征在于,所述第一穿孔模式被进一步设计成按给定

的周期性对所述码字中除所述码字的开始处的所述第一数目个比特之外的其余比特穿孔。

13. 如权利要求11所述的装备,其特征在于,所述第一穿孔模式被设计成限制连接至一个以上具有被穿孔比特的变量节点的校验节点数目。

14. 如权利要求11所述的装备,其特征在于,所述第一穿孔模式被设计成限制所述经穿孔码字中的闭环数目。

15. 如权利要求11所述的装备,其特征在于,所述第一穿孔模式被进一步设计成按给定的周期性对所述码字中除所述码字的末尾处的所述第一数目个比特之外的其余比特穿孔。

16. 如权利要求11所述的装备,其特征在于:

对于所述一组信息比特的重传,所述穿孔是根据第二穿孔模式来执行的,所述第二穿孔模式被设计成对所述码字的与所述第一穿孔模式不同的比特穿孔。

17. 如权利要求16所述的装备,其特征在于,所述第二穿孔模式被设计成相对于所述第一穿孔模式在具有至校验节点的相同连通度的变量节点当中切换被穿孔比特。

18. 如权利要求16所述的装备,其特征在于,所述第二穿孔模式被设计成相对于所述码字中通过所述第一穿孔模式穿孔的比特以所定义的偏移对所述码字中的比特穿孔。

19. 如权利要求11所述的装备,其特征在于,所述LDPC码包括802.11Wi-Fi LDPC码。

20. 如权利要求11所述的装备,其特征在于,所述编码导致所述码字的第一码率 $5/6$ ,并且所述第一穿孔模式被设计成达成所述经穿孔码字的第二码率 $7/8$ 。

21. 一种用于根据无线电技术来无线地传送数据的装置,包括:

至少一个处理器,其被配置成:

基于低密度奇偶校验LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,所述LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;以及

对所述码字穿孔以产生经穿孔码字,其中所述穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,所述第一穿孔模式被设计成对所述码字的开始处的与具有至所述校验节点的最高连通度的至少一个变量节点相对应的比特穿孔并且对所述码字的末尾处的数个比特穿孔,其中如果所述第一穿孔模式未提供期望码率,则对具有至所述校验节点的最高连通度的另一变量节点或具有至所述校验节点的次最高连通度的变量节点穿孔,以使得连接至两个以上被穿孔变量节点的校验节点的数目最小化;以及

发射机,其被配置成根据所述无线电技术跨无线信道来传送所述经穿孔码字。

22. 一种其上存储有计算机可执行代码的计算机可读介质,存储:

当被处理器执行时基于低密度奇偶校验LDPC码来编码一组信息比特以产生码字的代码,所述LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;

当被处理器执行时对所述码字穿孔以产生经穿孔码字的代码,其中所述穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,所述第一穿孔模式被设计成对所述码字的开始处的与具有至所述校验节点的最高连通度的至少一个变量节点相对应的比特穿孔并且对所述码字的末尾处的数个比特穿孔,其中如果所述第一穿孔模式未提供期望码率,则对具有至所述校验节点的最高连通度的另一变量节点或具有至所述校验节点的次最高连通度的变量节点穿孔,以使得连接至两个以上被穿孔变量节点的校验节点的数目最小化;以及

当被处理器执行时根据无线电技术跨无线信道来传送所述经穿孔码字的代码。

## 用于无线地传送数据的方法和装置

[0001] 相关申请的交叉引用及优先权要求

[0002] 本申请要求于2015年11月12日提交的美国临时专利申请S/N.62/254,678、以及于2016年7月5日提交的美国专利申请S/N.15/202,207的权益和优先权,这两篇申请通过援引整体纳入于此。

[0003] 背景

### 技术领域

[0004] 本公开的某些方面一般涉及用于对结构化低密度奇偶校验(LDPC)码穿孔的方法和装置。某些方面可实现改善的容量性能。

[0005] 引言

[0006] 无线通信系统被广泛部署以提供诸如语音、数据等等各种类型的通信内容。这些系统可以是能够通过共享可用系统资源(例如,带宽和发射功率)来支持与多个用户的通信的多址系统。此类多址系统的示例包括码分多址(CDMA)系统、时分多址(TDMA)系统、频分多址(FDMA)系统、第三代伙伴项目(3GPP)长期演进(LTE)系统、高级长期演进(LTE-A)系统、以及正交频分多址(OFDMA)系统。

[0007] 一般而言,无线多址通信系统能同时支持多个无线节点的通信。每个节点经由前向和反向链路上的传输与一个或多个基站通信。前向链路(或下行链路)是指从基站至节点的通信链路,而反向链路(或上行链路)是指从节点至基站的通信链路。通信链路可经由单输入单输出、多输入单输出或多输入多输出(MIMO)系统来建立。

[0008] 在现代信息时代,二进制值(例如,1和0)被用来表示和传达各种类型的信息,诸如视频、音频、统计信息等。遗憾的是,在二进制数据的存储、传输和/或处理期间,差错可能被无意地引入;例如,1可能被改变成0,或者反之。

[0009] 一般而言,在数据传输的情形中,接收机在存在噪声或畸变的情况下观察到每个收到比特,并且只获得对该比特的值的指示。在这些境况下,所观察到的值被解读为“软”比特的源。软比特指示对该比特的值的优选估计(例如,1或0)连同对该估计的可靠性的某种指示。虽然差错数量可能相对较低,但是即使少量差错或畸变程度也可导致数据不可用或在传输错误的情形中可能使得必须重传数据。

[0010] 为了提供检查差错并且在一些情形中纠正差错的机制,可对二进制数据进行编码以引入精心设计的冗余度。对数据单元的编码产生通常所称的码字。由于其冗余度,码字通常将包括比从其产生该码字的输入数据单元更多的比特。

[0011] 冗余比特由编码器添加至所传送的比特流以创建码字。当由所传送的码字产生的信号被接收或处理时,该信号中观察到的码字中所包括的冗余信息可被用于标识和/或纠正收到信号中的差错或从收到信号中移除畸变,以便恢复原始数据单元。此类差错检查和/或纠正可被实现为解码过程的一部分。在不存在差错的情况下或者在可纠正差错或畸变的情形中,解码可被用来从正被处理的源数据中恢复被编码的原始数据单元。在不可恢复的差错的情形中,解码过程可产生原始数据无法被完全恢复的某种指示。对解码失败的此类

指示可被用来发起数据的重传。

[0012] 随着增加的对光纤线在数据通信中的使用以及可从/向数据存储设备(例如,盘驱动器、磁带等)读取/存储数据的速率的增大,存在不仅对数据存储和传输容量的高效使用而且对以高速率来编码和解码数据的能力的日益增长的需要。

[0013] 虽然编码效率和高数据率是重要的,但是对于实际上供在广范围的设备(例如,消费者设备)中使用的编码和/或解码系统而言,重要的是编码器和/或解码器能够以合理成本实现。

[0014] 通信系统通常需要以若干不同速率操作。使实现尽可能简单且提供以不同速率进行的编码和解码的一种方式是使用低密度奇偶校验(LDPC)码。具体而言,使用LDPC码以通过对低速率码穿孔来生成高速率码。期望用于改善LDPC码的性能的技术。

[0015] 简要概述

[0016] 本公开的系统、方法和设备各自具有若干方面,其中并非仅靠任何单方面来负责其期望属性。在不限定如所附权利要求所表述的本公开的范围的情况下,现在将简要地讨论一些特征。在考虑本讨论后,并且尤其是在阅读题为“详细描述”的章节之后,将理解本公开的特征是如何提供包括无线网络中的接入点与站之间的改进通信在内的优点的。

[0017] 本公开的某些方面一般涉及用于对结构化低密度奇偶校验(LDPC)码穿孔的方法和装置。在一些场景中,5/6码率Wi-Fi LDPC码(例如,由802.11无线标准定义的LDPC码)的最高度数变量节点可被穿孔以提供该LDPC码的7/8码率。在一些场景中,具有额外变量节点的多边LDPC码设计可被穿孔以提供7/8码率LDPC码。

[0018] 本公开的某些方面提供了一种用于由传送方设备进行无线通信的方法。该方法一般包括:基于LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,第一穿孔模式被设计成对与这些变量节点中具有至这些校验节点的特定连通度的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔;以及传送该经穿孔码字。

[0019] 本公开的某些方面提供了一种用于由传送方设备进行无线通信的方法。该方法一般包括:基于多边LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的,第一数目个变量节点相对于参考LDPC码包括额外变量节点;对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔是根据被设计成对与这些变量节点中的一者或多者相对应的比特穿孔以达成所述经穿孔码字的特定码率的穿孔模式来执行的;以及传送该经穿孔码字。

[0020] 本公开的某些方面提供了一种用于无线通信的装备,诸如传送方设备。该装备一般包括:用于基于LDPC码来编码一组信息比特以产生码字的装置,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;用于对该码字穿孔以产生经穿孔码字的装置,其中该穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,第一穿孔模式被设计成对与这些变量节点中具有至这些校验节点的特定连通度的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔;以及用于传送该经穿孔码字的装置。

[0021] 本公开的某些方面提供了一种用于无线通信的装备,诸如传送方设备。该装备一般包括:用于基于多边LDPC码来编码一组信息比特以产生码字的装置,该LDPC码是由具有

第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的,第一数目个变量节点相对于参考LDPC码包括额外变量节点;用于对该码字穿孔以产生经穿孔码字的装置,其中该穿孔是根据被设计成对与这些变量节点中的一者或多者相对应的比特穿孔以达成所述经穿孔码字的特定码率的穿孔模式来执行的;以及用于传送该经穿孔码字的装置。

[0022] 本公开的某些方面提供了一种用于无线通信的装置,诸如传送方设备。该装置一般包括:至少一个处理器,其被配置成:基于LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;以及对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,第一穿孔模式被设计成对与这些变量节点中具有至这些校验节点的特定连通度的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔;以及发射机,其被配置成传送该经穿孔码字。

[0023] 本公开的某些方面提供了一种用于无线通信的装置,诸如传送方设备。该装置一般包括:至少一个处理器,其被配置成:基于多边LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的,第一数目个变量节点相对于参考LDPC码包括额外变量节点;以及对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔是根据被设计成对与这些变量节点中的一者或多者相对应的比特穿孔以达成所述经穿孔码字的特定码率的穿孔模式来执行的;以及发射机,其被配置成传送该经穿孔码字。

[0024] 本公开的某些方面提供了一种其上存储有计算机可执行代码的计算机可读介质。该计算机可执行代码一般包括:用于基于LDPC码来编码一组信息比特以产生码字的代码,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的;用于对该码字穿孔以产生经穿孔码字的代码,其中该穿孔是根据第一穿孔模式来执行的,第一穿孔模式被设计成对与这些变量节点中具有至这些校验节点的特定连通度的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔;以及用于传送该经穿孔码字的代码。

[0025] 本公开的某些方面提供了一种其上存储有计算机可执行代码的计算机可读介质。该计算机可执行代码一般包括:用于基于多边LDPC码来编码一组信息比特以产生码字的代码,该LDPC码是由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义的,第一数目个变量节点相对于参考LDPC码包括额外变量节点;用于对该码字穿孔以产生经穿孔码字的代码,其中该穿孔是根据被设计成对与这些变量节点中的一者或多者相对应的比特穿孔以达成所述经穿孔码字的特定码率的穿孔模式来执行的;以及用于传送该经穿孔码字的代码。

[0026] 在结合附图研读了下文对本发明的具体示例性实施例的描述之后,本发明的其他方面、特征和实施例对于本领域普通技术人员将是明显的。尽管本发明的特征在以下可能是针对某些实施例和附图来讨论的,但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。换言之,尽管可能讨论了一个或多个实施例具有某些有利特征,但也可以根据本文讨论的本发明的各种实施例使用此类特征中的一个或多个特征。以类似方式,尽管示例性实施例在下文可能是作为设备、系统或方法实施例进行讨论的,但是应该理解,此类示例性实施例可以在各种设备、系统、和方法中实现。

[0027] 附图简述

[0028] 为了能详细理解本公开的以上陈述的特征所用的方式,可参照各方面来对以上简

要概述的内容进行更具体的描述,其中一些方面在附图中解说。然而,附图仅解说了本公开的某些典型方面,故不应被认为限定其范围,因为本描述可允许有其他等同有效的方面。

[0029] 图1解说了根据本公开某些方面的示例多址无线通信系统。

[0030] 图2解说了根据本公开的某些方面的基站和无线节点的框图。

[0031] 图3解说了根据本公开某些方面的可在无线设备中利用的各种组件。

[0032] 图4-4A示出了根据本公开的某些方面的示例性低密度奇偶校验(LDPC)码的图形和矩阵表示。

[0033] 图5图形化地解说了根据本公开的某些方面的对图4A的LDPC码的提升。

[0034] 图6是解说根据本公开的某些方面的穿孔编码器的简化框图。

[0035] 图7是解说根据本公开的某些方面的解码器的简化框图。

[0036] 图8是解说根据本公开的某些方面的用于由传送方设备基于对用于无线通信的LDPC码结构中的最高度数节点穿孔来编码信息的示例操作的流程图。

[0037] 图9示出了示例性5/6速率Wi-Fi LDPC码的基图表示。

[0038] 图10示出了图9中所示的示例性5/6速率Wi-Fi LDPC码具有被穿孔的低度数变量节点的图形表示。

[0039] 图11示出了根据本公开的某些方面的图9中所示的示例性5/6速率Wi-Fi LDPC码具有被穿孔的最高度数变量节点的图形表示。

[0040] 图12是示出根据本公开的某些方面的按调制和编码方案(MCS)9的LDPC码的各种穿孔技术的性能的图表。

[0041] 图13是示出根据本公开的某些方面的按MCS 1的LDPC码的各种穿孔技术的性能的图表。

[0042] 图14是解说根据本公开的某些方面的用于由传送方设备基于用于无线通信的LDPC码结构来编码信息的示例操作的流程图。

[0043] 图15是根据本公开的某些方面的示例多边7/8速率LDPC码设计的矩阵表示。

[0044] 图16是根据本公开的某些方面的另一示例多边7/8速率LDPC码设计的矩阵表示。

[0045] 为了促进理解,在可能之处使用了相同的附图标记来指定各附图共有的相同要素。构想了一个实施例中所公开的要素可有益地用在其他实施例上而无需具体引述。

[0046] 详细描述

[0047] 本公开的诸方面提供了用于低密度奇偶校验(LDPC)码的穿孔的技术。在一些场景中,5/6码率Wi-Fi LDPC码(例如,由802.11无线标准定义的LDPC码)的最高度数变量节点可被穿孔以提供该LDPC码的7/8码率。在一些场景中,具有额外变量节点的多边LDPC码可被穿孔以提供该LDPC码的7/8码率并且维持期望块长度。

[0048] 以下参照附图更全面地描述本公开的各种方面。然而,本公开可用许多不同形式来实施并且不应解释为被限于本公开通篇给出的任何具体结构或功能。相反,提供这些方面是为了使得本公开将是透彻和完整的,并且其将向本领域技术人员完全传达本公开的范围。基于本文中的教导,本领域技术人员应领会,本公开的范围旨在覆盖本文中所披露的本公开的任何方面,不论其是与本公开的任何其他方面相独立地实现还是组合地实现的。例如,可使用本文所阐述的任何数目的方面来实现装置或实践方法。另外,本公开的范围旨在覆盖使用作为本文中所阐述的本公开的各种方面的补充或者另外的其他结构、功能性、

或者结构及功能性来实践的此类装置或方法。应当理解,本文中所披露的本公开的任何方面可由权利要求的一个或多个元素来实施。措辞“示例性”在本文中用于表示“用作示例、实例、或解说”。本文中描述为“示例性”的任何方面不必被解释为优于或胜过其他方面。

[0049] 尽管本文描述了特定方面,但这些方面的众多变体和置换落在本公开的范围之内。尽管提到了优选方面的一些益处和优点,但本公开的范围并非旨在被限定于特定益处、用途或目标。确切而言,本公开的各方面旨在宽泛地适用于不同的无线技术、系统配置、网络、和传输协议,其中一些藉由示例在附图和以下对优选方面的描述中解说。详细描述和附图仅仅解说本公开而非限定本公开,本公开的范围由所附权利要求及其等效技术方案来定义。

[0050] 本文中描述的技术可被用于各种无线通信网络,诸如码分多址(CDMA)网络、时分多址(TDMA)网络、频分多址(FDMA)网络、正交FDMA(OFDMA)网络、单载波FDMA(SC-FDMA)网络等。术语“网络”和“系统”常被可互换地使用。CDMA网络可实现诸如通用地面无线电接入(UTRA)、CDMA2000等无线电技术。UTRA包括宽带-CDMA(W-CDMA)和低码片率(LCR)。CDMA2000涵盖IS-2000、IS-95和IS-856标准。TDMA网络可实现诸如全球移动通信系统(GSM)之类的无线电技术。OFDMA网络可以实现诸如演进UTRA(E-UTRA)、IEEE 802.11、IEEE 802.16、IEEE 802.20、Flash-OFDM®等的无线电技术。UTRA、E-UTRA和GSM是通用移动通信系统(UMTS)的一部分。长期演进(LTE)是使用E-UTRA的UMTS版本。UTRA、E-UTRA、GSM、UMTS以及LTE在来自名为“第三代伙伴项目”(3GPP)的组织的文献中描述。CDMA2000在来自名为“第三代伙伴项目2”(3GPP2)的组织的文献中描述。这些通信网络仅作为其中可应用本公开中描述的技术的网络的示例来列出;然而,本公开不限于上述通信网络。

[0051] 单载波频分多址(SC-FDMA)是在发射机侧利用单载波调制且在接收机侧利用频域均衡的传输技术。SC-FDMA具有与OFDMA系统相近的性能以及本质上相同的总体复杂度。然而,SC-FDMA信号因其固有的单载波结构而具有较低的峰均功率比(PAPR)。SC-FDMA已引起极大注意,尤其是在较低PAPR在发射功率效率的意义上极大地裨益无线节点的上行链路(UL)通信中。

[0052] 接入点(“AP”)可包括、被实现为、或称为:B节点、无线网络控制器(“RNC”)、演进型B节点(eNB)、基站控制器(“BSC”)、基收发机站(“BTS”)、基站(“BS”)、收发机功能(“TF”)、无线电路由器、无线电收发机、基本服务集(“BSS”)、扩展服务集(“ESS”)、无线电基站(“RBS”)或其它某个术语。

[0053] 接入终端(“AT”)可包括、被实现为、或被称为接入终端、订户站、订户单元、移动站、远程站、远程终端、用户终端、用户代理、用户设备、用户装备(UE)、用户站、无线节点或其他某个术语。在一些实现中,接入终端可包括蜂窝电话、智能电话、无绳电话、会话发起协议(“SIP”)电话、无线本地环路(“WLL”)站、个人数字助理(“PDA”)、平板、上网本、智能本、超级本、具有无线连接能力的手持式设备、站(“STA”)、或连接到无线调制解调器的其他某个合适的处理设备。因此,本文中所教导的一个或多个方面可被纳入到电话(例如,蜂窝电话、智能电话)、计算机(例如,台式计算机)、便携式通信设备、便携式计算设备(例如,膝上型设备、个人数据助理、平板设备、上网本、智能本、超级本)、医疗设备或装备、生物测定传感器/设备、娱乐设备(例如,音乐或视频设备、或卫星无线电)、车载组件或传感器、智能计量表/传感器、工业制造装备、全球定位系统设备、或配置成经由无线或有线介质通信的任何其他

合适的设备中。在一些方面,节点是无线节点。无线节点可例如经由有线或无线通信链路来为网络(例如,广域网,诸如因特网或蜂窝网络)提供连通性或提供至该网络的连通性。

[0054] 注意到,虽然各方面在本文可使用通常与3G和/或4G无线技术相关联的术语来描述,但本公开的各方面可以在基于其它代的通信系统(诸如5G和后代)中应用。

[0055] 示例无线通信系统

[0056] 图1解说了其中可执行本公开的各方面的示例通信网络100。例如,传送方设备(诸如无线节点116或BS 102)可基于低密度奇偶校验(LDPC)码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义。传送方设备可对码字穿孔以产生经穿孔码字。例如,传送方设备可根据穿孔模式来执行穿孔。传送方设备可对与这些变量节点中具有至校验节点的特定连通度(例如,最高连通度)的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔。传送方设备随后可传送经穿孔码字。

[0057] 参照图1,解说了根据一个方面的多址无线通信系统100。基站(BS) 102可包括多个天线群,一个群包括天线104和106,另一个群包括天线108和110,并且另外一个群包括天线112和114。在图1中,为每个天线群仅示出了两个天线,然而,可为每个天线群利用更多或更少的天线。无线节点116可与天线112和114处于通信中,其中天线112和114在前向链路120上向无线节点116传送信息,并在反向链路118上接收来自无线节点116的信息。无线节点122可与天线106和108处于通信中,其中天线106和108在前向链路126上向无线节点122传送信息,并在反向链路124上接收来自无线节点122的信息。BS 102还可与其它无线节点通信,其它无线节点可以是例如万物物联网(IoE)设备。IoE设备136可以与BS 102的一个或多个其它天线通信,其中这些天线通过前向链路140向IoE设备136传送信息并且通过反向链路138从IoE设备136接收信息。IoE设备142可以与BS 102的一个或多个其它天线通信,其中这些天线通过前向链路146向IoE设备142传送信息并且通过反向链路144从IoE设备142接收信息。在频分双工(FDD)系统中,通信链路118、120、124、126、138、140、144和146可使用不同的频率来通信。例如,前向链路120可使用与反向链路118所使用的频率不同的频率,且前向链路140可使用与反向链路138所使用的频率不同的频率。

[0058] 每群天线和/或它们被设计成在其中通信的区域常常被称作BS的扇区。在本公开的一方面中,每个天线群可被设计成与在由接入点102覆盖的区域的扇区中的无线节点通信。

[0059] 无线节点130可与BS 102处于通信中,其中来自BS 102的天线在前向链路132上向无线节点130传送信息,并在反向链路134上接收来自无线节点130的信息。

[0060] 在前向链路120和126上的通信中,BS 102的发射天线可利用波束成形来提高不同无线节点116、122、136和142的前向链路的信噪比。并且,与BS通过单个天线向其所有无线节点发射相比,BS使用波束成形向随机散布遍及其覆盖的诸无线节点发射对相邻蜂窝小区中的无线节点造成较少干扰。

[0061] 图2解说了多输入多输出(MIMO)系统200中的发射机系统210(例如,也称为基站)和接收机系统250(例如,也称为无线节点)的一方面的框图。系统210和系统250中的每一者具有传送和接收这两种能力。系统210还是系统250正在传送、接收或同时传送和接收取决于应用。在发射机系统210处,从数据源212向发射(TX)数据处理器214提供数个数据流的话务数据。

[0062] 在本公开的一个方面,每个数据流可在各自相应的发射天线上被发射。TX数据处理器214基于为每个数据流选择的特定编码方案来格式化、编码、和交织该数据流的话务数据以提供经编码数据。根据本文所描述的诸方面,编码方案可以使用LDPC码。

[0063] 每个数据流的经编码数据可使用OFDM技术来与导频数据复用。导频数据通常是以已知方式处理的已知数据码型,并且可在接收机系统处用来估计信道响应。随后基于为每个数据流选择的特定调制方案(例如,BPSK、QSPK、M-PSK、或M-QAM)来调制(例如,码元映射)该数据流的经多路复用的导频和经编码数据以提供调制码元。每个数据流的数据率、编码、和调制可由处理器230执行的指令来确定。存储器232可存储供发射机系统210使用的数据和软件/固件。

[0064] 所有数据流的调制码元随后被提供给TX MIMO处理器220,其可进一步处理这些调制码元(例如,针对OFDM)。TX MIMO处理器220随后将 $N_T$ 个调制码元流提供给 $N_T$ 个发射机(TMTR)222a到222t。在本公开的某些方面, TX MIMO处理器220向这些数据流的码元并向发射该码元的天线施加波束成形权重。

[0065] 发射机222a到222t中的每个发射机接收并处理各自相应的码元流以提供一个或多个模拟信号,并进一步调理(例如,放大、滤波、以及上变频)这些模拟信号以提供适于在MIMO信道上传输的经调制信号。来自发射机222a到222t的 $N_T$ 个经调制信号随后分别从 $N_T$ 个天线224a到224t被发射。

[0066] 在接收机系统250处,所发射的经调制信号可被 $N_R$ 个天线252a到252r所接收,并且从天线252a到252r中的每个天线接收到的信号可被提供给各自相应的接收机(RCVR)254a到254r。接收机254a到254r中的每个接收机可调理(例如,滤波、放大、及下变频)各自相应的收到信号,数字化该经调理信号以提供采样,并且进一步处理这些采样以提供相应的“收到”码元流。

[0067] RX数据处理器260随后从 $N_R$ 个接收机254a到254r接收这 $N_R$ 个收到码元流并基于特定接收机处理技术对其进行处理以提供 $N_T$ 个“检出”码元流。RX数据处理器260随后解调、解交织、和解码每个检出码元流以恢复该数据流的话务数据。RX数据处理器260所作的处理可与发射机系统210处由TX MIMO处理器220和TX数据处理器214所执行的处理互补。

[0068] 处理器270周期性地确定要使用哪个预编码矩阵。处理器270编制包括矩阵索引部分和秩值部分的反向链路消息。存储器272可存储供接收机系统250使用的数据和软件/固件。该反向链路消息可包括关于通信链路和/或收到数据流的各种类型的信息。该反向链路消息随后由还从数据源236接收数个数据流的话务数据的TX数据处理器238处理,由调制器280调制,由发射机254a到254r调理,并被传送回发射机系统210。

[0069] 在发射机系统210处,来自接收机系统250的经调制信号被天线224所接收,由接收机222a到222t调理,由解调器240解调,并由RX数据处理器242处理,以提取由接收机系统250传送的反向链路消息。处理器230随后确定要使用哪个预编码矩阵来确定波束成形权重,并随后处理所提取的消息。

[0070] 无线节点250的处理器270、RX数据处理器260、TX数据处理器238、或其他处理器/元件中的任一者或它们的组合和/或接入点210的处理器230、TX MIMO处理器220、TX数据处理器214、RX数据处理器242、或其他处理器/元件中的任一者或它们的组合可被配置成执行根据下文讨论的本公开的某些方面的用于无连接接入的规程。在一方面,处理器270、RX数

据处理器260以及TX数据处理器238中的至少一者可被配置成执行存储在存储器272中的算法以执行本文描述的用于无连接接入的随机接入信道 (RACH) 规程。在另一方面,处理器230、TX MIMO处理器220、TX数据处理器214以及RX数据处理器242中的至少一者可被配置成执行存储在存储器232中的算法以执行本文描述的用于无连接接入的RACH规程。

[0071] 图3解说了可在图1中所解说的无线通信系统100内采用的无线设备302中可利用的各种组件。无线设备302是可被配置成实现本文描述的各种方法的设备的示例。无线设备302可以是基站102或无线节点(例如,116、122、136和142)中的任一者。例如,无线设备302可被配置成执行图8中描述的操作800(以及本文描述的其他操作)。

[0072] 无线设备302可包括控制无线设备302的操作的处理器304。处理器304也可被称为中央处理单元(CPU)。存储器306(其可包括只读存储器(ROM)和随机存取存储器(RAM))向处理器304提供指令和数据。存储器306的一部分还可包括非易失性随机存取存储器(NVRAM)。处理器304通常基于存储器306内存储的程序指令来执行逻辑和算术运算。存储器306中的指令可以被执行以实现本文描述的方法,例如以允许UE在无连接接入期间高效地传送数据。处理器304的一些非限制性示例可包括骁龙处理器、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑,等等。

[0073] 无线设备302还可包括外壳308,该外壳308可内含发射机310和接收机312以允许在无线设备302和远程位置之间进行数据的传送和接收。发射机310和接收机312可被组合成收发机314。单个或多个发射天线316可被附连到外壳308并且电耦合至收发机314。无线设备302还可包括(未示出)多个发射机、多个接收机、以及多个收发机。无线设备302还可包括无线电池充电装备。

[0074] 无线设备302还可包括可被用于力图检测和量化由收发机314接收到的信号电平的信号检测器318。信号检测器318可检测诸如总能量、每副载波每码元能量、功率谱密度之类的信号以及其它信号。无线设备302还可包括用于处理信号的数字信号处理器(DSP)320。

[0075] 无线设备302的各个组件可由总线系统322耦合在一起,该总线系统322除了数据总线之外还可包括电源总线、控制信号总线和状态信号总线。根据下文讨论的本公开的诸方面,处理器304可被配置成访问存储在存储器306中的指令以执行无连接接入。

#### [0076] 示例纠错编码

[0077] 许多通信系统使用纠错码。具体而言,纠错码可通过将冗余度引入到数据流中来补偿这些系统中固有的信息传递不可靠性。低密度奇偶校验(LDPC)码(亦被称为Gallager码)是一种特定类型的纠错码,其使用迭代编码系统。LDPC码是线性块码,其中其奇偶校验矩阵H的大多数元素是‘0’。

[0078] LDPC码可由二分图(通常称为“Tanner图”)表示,其中一组变量节点对应于码字的比特(例如,信息比特或系统比特),并且一组校验节点对应于限定该码的一组奇偶校验约束。由此,该图的节点被分成两个不同的组,并且其中各条边连接两种不同类型的节点——变量节点和校验节点。

[0079] 通过复制二分基图(G)数次(N)来创建原模图。如果变量节点和校验节点在图中由“边”连接(即,有线连接该变量节点和该校验节点),则它们被认为是“邻居”。另外,对于二分基图(G)的每条边(e),将置换应用于边(e)的N个副本以互连G的N个副本。当且仅当对于每个校验节点而言与所有邻变量节点相关联的比特加总模2为0(即,它们包括偶数个1)时,

与变量节点序列具有一对一关联的比特序列才是有效码字。如果所使用的置换是循环的，则结果所得的LDPC码可能是准循环的(QC)。

[0080] 图4-4A示出了根据本公开的某些方面的示例性LDPC码的图形和矩阵表示。例如，图4示出了表示一示例性LDPC码的二分图400。二分图400包括连接至4个校验节点420(由正方形表示)的一组5个变量节点410(由圆形表示)。图400中的边将变量节点410连接至校验节点420(由将变量节点410连接至校验节点420的线表示)。此图包括由 $|E|=12$ 条边连接的 $|V|=5$ 个变量节点和 $|C|=4$ 个校验节点。

[0081] 二分图可由简化的邻接矩阵表示。图4A示出了二分图400的矩阵表示400A。矩阵表示400A包括奇偶校验矩阵H和码字向量x，其中 $x_1-x_5$ 表示码字x的比特。奇偶校验矩阵H被用于确定收到信号是否被正常地进行了解码。奇偶校验矩阵H具有对应于j个校验节点的C行和对应于i个变量节点(即，经解调码元)的V列，其中行表示方程并且列表示码字的比特。在图4A中，矩阵H具有分别对应于4个校验节点和5个变量节点的4行和5列。如果第j校验节点由边连接至第i变量节点(即，这两个节点是邻居)，则奇偶校验矩阵H的第i列第j行为1。即，第i行和第j列的交叉点在有边接合相应顶点的情况下包含“1”，并且在没有边的情况下包含“0”。当且仅当 $H_x=0$ 时(例如，在对于每个约束节点而言与该约束相邻(经由它们与变量节点的关联)的比特加总模2为0(即，它们包括偶数个1)的情况下)，码字向量x才表示有效码字。由此，如果码字被正确接收，则 $H_x=0 \pmod{2}$ 。当经编码收到信号与奇偶校验矩阵H的乘积变为‘0’时，这表示未发生差错。奇偶校验矩阵是C行乘V列二进制矩阵。行表示方程，并且列表示码字中的数位。

[0082] 经解调码元或变量节点的数目是LDPC码长度。行(列)中非零元素的数目被定义为行(列)权重 $d_c$ ( $d_v$ )。

[0083] 节点的度数是指连接到该节点的边的数目。此特征在图4A中所示的H矩阵中示出，其中入射到变量节点410的边的数目等于对应的列中1的数目并且被称为变量节点度数 $d(v)$ 。类似地，与校验节点420连接的边的数目等于对应的行中1的数目并且被称为校验节点度数 $d(c)$ 。

[0084] 规则图或码是其所有变量节点具有相同度数且所有约束节点具有相同度数的图或码。在此情形中，我们说该码是规则码。另一方面，非规则码包括具有不同度数的约束节点和/或变量节点。例如，一些变量节点可以有度数4，另一些变量节点有度数3，并且还有一些变量节点有度数2。

[0085] “提升(lifting)”使得能够使用并行编码和/或解码实现来实现LDPC码，同时还能够降低通常与较大LDPC码相关联的复杂性。更具体地，提升是用于从较小基码的多个副本生成相对较大的LDPC码的技术。例如，经提升LDPC码可通过产生基图的数个(Z个)并行副本并随后通过置换该基图的每个副本的边集群以互连这些并行副本来生成。

[0086] 由此，较大的图可通过“复制和置换”操作来获得，其中多个副本重叠以使得相同类型的顶点紧邻，但总体图包括多个不相连的子图。

[0087] 图5图形化地解说了制作图4的图的三个副本的效果。三个副本可通过置换这些副本之中的类似边来互连。如果置换被限于循环置换，则结果所得的图对应于具有提升 $Z=3$ 的准循环LDPC。作出三个副本的原始图在本文中被称为基图。为了获得不同大小的衍生图，我们可以将“复制和置换”操作应用于基图。

[0088] 所接收的LDPC码字可被解码以产生原始码字的经重构版本。在不存在差错的情况下或者在可纠正差错的情形中,解码可被用来恢复被编码的原始数据单元。冗余比特可被解码器用来检测和纠正比特差错。(诸)LDPC解码器一般通过迭代地执行以下动作来操作:执行局部计算并通过在二分图400内交换消息来沿着各边传递那些结果;以及通过在各节点处基于传入消息执行计算来更新这些消息。这些步骤通常可重复若干次。例如,图400中的每个变量节点410最初可被提供“软比特”(例如,表示码字的收到比特),其指示如由从通信信道进行的观察所确定的相关联比特的值的估计。使用这些软比特,LDPC解码器可通过迭代地执行以下操作来更新消息:从存储器读取它们或其某个部分以及将经更新消息或其某个部分写回到存储器。这些更新操作通常基于相应LDPC码的奇偶校验约束。在用于经提升LDPC码的各实现中,类似边上的消息通常被并行地处理。

[0089] 被设计成用于高速应用的LDPC码通常使用具有较大提升因子和相对较小基图的准循环构造以支持编码和解码操作中的高并行性。具有较高码率(例如,消息长度与码字长度的比率)的LDPC码往往具有相对较少的奇偶校验。如果基奇偶校验数目小于变量节点的度数(例如,连接到变量节点的边的数目),则在基图中该变量节点由两条或更多条边连接至这些基奇偶校验中的至少一者(例如,该变量节点可具有“双边”)。或者如果基奇偶校验数目小于变量节点的度数(例如,连接到变量节点的边的数目),则在基图中该变量节点由两条或更多条边连接至这些基奇偶校验中的至少一者。让基变量节点和基校验节点由两条或更多条边来连接对于并行硬件实现目的而言一般是不期望的。例如,此类双边可导致对相同存储器位置的多个并发读操作和写操作,这进而可能造成数据一致性问题。基LDPC码中的双边可能在单个并行奇偶校验更新期间两次触发对同一软比特值存储器位置的并行读取。由此,通常需要附加电路系统来组合被写回到存储器的软比特值,以正确地纳入这两个更新。然而,消除LDPC码中的双边有助于避免此额外复杂性。

[0090] 基于循环提升的LDPC码设计可被解读为多项式模(其可以是二进制多项式模 $x^Z-1$ )环上的码,其中Z是提升大小(例如,准循环码中的循环大小)。由此,对此类码进行编码通常可被解读为该环中的代数运算。

[0091] 在标准非规则LDPC码聚合(度数分布)的定义中,Tanner图表示中的所有边在统计上可以是可互换的。换言之,存在单个统计上的边等价类。对于多边LDPC码,多个边等价类可以是可能的。虽然在标准非规则LDPC聚合定义中,图中的节点(变量和约束两者)由它们的度数指定(即,它们所连接到的边的数目),但是在多边类型设置中,边度数是向量;其指定独立地从每个边等价类(类型)连接到该节点的边的数目。多边类型聚合包括有限数目的边类型。约束节点的度数类型是(非负)整数的向量;该向量的第i条目记录连接到此类节点的第i类型插口的数目。此向量可被称为边度数。变量节点的度数类型具有两个部分,尽管其可被视为(非负)整数的向量。第一部分涉及收到分布且将被称为收到度数,并且第二部分指定边度数。边度数起到与对于约束节点而言相同的作用。各边如它们配对相同类型的插口那样被归类。插口必须与类似类型的插口配对的这一约束表征了多边类型概念。在多边类型描述中,不同节点类型可具有不同的收到分布(例如,相关联的比特可经历不同信道)。

[0092] 穿孔是从码字中移除比特以产生较短码字的动作。由此,被穿孔的变量节点对应于实际上未被传送的码字比特。穿孔LDPC码中的变量节点创建了缩短码(例如,由于比特的

移除),同时还有效地移除了校验节点。具体地,对于LDPC码(包括要被穿孔的比特)的矩阵表示,其中要被穿孔的变量节点具有度数1(在码恰当的情况下,此类表示可通过行组合而成为可能),对该变量节点穿孔从该码移除了相关联的比特并且从图中有效地移除了其单个邻校验节点。结果,该图中校验节点的数目减小1。

[0093] 图6是解说根据本公开的某些方面的穿孔编码器的简化框图。图6是解说射频(RF)调制解调器650的一部分的简化框图600,其可被配置成提供包括经穿孔的经编码消息的信号以供无线传输。在一个示例中,基站102(或反向路径上的接入终端)中的卷积编码器602接收用于传输的消息620。消息620可包含被定向至接收方设备的数据和/或经编码语音或其他内容。编码器602使用合适的调制和编码方案(MCS)来编码该消息,该MCS通常基于由基站102或另一网络实体定义的配置而被选择。编码器602所产生的经编码比特流622随后可被穿孔模块604选择性地穿孔,该穿孔模块604可以是分开的设备或组件,或者其可与编码器602集成在一起。穿孔模块604可确定该比特流应当在传输之前被穿孔或在不穿孔的情况下被传送。要对比特流622穿孔的决策通常基于网络状况、网络配置、RAN所定义的偏好和/或出于其他原因来做出。比特流622可根据穿孔模式612来被穿孔并且被用来编码消息620。穿孔模式可根据以下更详细描述的一个方面。穿孔模块604向映射器606提供输出624,该映射器606生成Tx码元序列626,该Tx码元序列626被Tx链608调制、放大以及以其他方式处理以产生供通过天线610传输的RF信号628。

[0094] 根据调制解调器部分650是否被配置成对比特流622穿孔,穿孔模块604的输出624可以是未经穿孔的比特流622或比特流622的穿孔版本。在一个示例中,奇偶校验比特和/或其他纠错比特可在编码器602的输出624中被穿孔,以便在RF信道的有限带宽内传送消息620。在另一示例中,为了避免干扰或者出于其他网络相关原因,比特流可被穿孔以减少传送消息620所需要的功率。这些被穿孔的码字比特不被传送。

[0095] 用于解码LDPC码字的解码器和解码算法通过执行以下动作来操作:在图内沿各边交换消息以及通过在各节点处基于传入消息执行计算来更新这些消息。图中的每个变量节点最初被提供软比特(被称为收到值),其指示如由从例如通信信道进行的观察所确定的相关联比特的值的估计。理想情况下,对不同比特的估计在统计上是独立的。在实践中可能违反这种理想。收到字包括收到值的集合。

[0096] 图7是解说根据本公开的某些方面的解码器的简化框图。图7是解说RF调制解调器750的一部分的简化示意图700,其可被配置成接收和解码包括经穿孔的经编码消息的无线传送信号。被穿孔的码字比特可被当作被擦除。例如,被穿孔节点的LLR在初始化时可被设置成零。在各种示例中,接收到该信号的调制解调器750可驻留在接入终端处、基站处、或者用于执行所描述的功能的任何其他合适装备或装置处。天线702向接入终端提供RF信号720。RF链704处理和解调RF信号720并且可向解映射器706提供码元序列722,该解映射器706产生表示该经编码消息的比特流724。

[0097] 解映射器706可提供经补孔的比特流724。在一个示例中,解映射器706可包括补孔模块,其可被配置成将空值插入在比特流中由发射机删除了被穿孔比特的位置处。该补孔模块可在知晓用于在发射机处产生经穿孔比特流的穿孔模式710时使用。根据本文所公开的某些方面,穿孔模式710可被用来标识可在卷积解码器708对比特流724的解码期间被忽略的对数似然比(LLR)728。这些LLR可与比特流724中的一组经补孔比特位置相关联。相应

地,解码器708可通过忽略所标识出的LLR 728来以减少的处理开销产生经解码消息726。对于一些方面,LDPC解码器可包括用于并行地执行奇偶校验操作或变量节点操作的多个处理元件。例如,在处理具有提升大小 $Z$ 的码字时,LDPC解码器可利用数个( $Z$ 个)处理元件来并发地对经提升图的所有 $Z$ 条边执行奇偶校验操作。

[0098] 根据本文所公开的某些方面,可通过配置解码器708以忽略与经穿孔比特流722中传送的消息中的被穿孔比特相对应的LLR 728来提高解码器708的处理效率。经穿孔比特流722可能已根据定义要从经编码消息中移除的某些比特的穿孔方案被穿孔。在一个示例中,某些奇偶校验比特或其他纠错比特可被移除。穿孔模式可被表达为标识每个消息中要被穿孔的比特位置的穿孔矩阵或表。穿孔方案可被选择以减少用于解码消息726的处理开销,而同时维持遵循通信信道上的数据率和/或由网络设置的传输功率限制。结果得到的经穿孔比特流通常呈现高速率纠错码的纠错特性,但具有较小的冗余度。因此,当信道状况产生相对较高的信噪比时,可以有效地采用穿孔以减少接收机中的解码器708处的处理开销。

[0099] 卷积解码器708可被用来从已使用卷积码进行编码的比特流中解码出 $m$ 比特信息串。解码器708可包括Viterbi解码器、代数解码器、或另一合适的解码器。在一个示例中,Viterbi解码器采用公知的Viterbi算法来寻找最有可能与收到比特流724相对应的信令状态序列(Viterbi路径)。比特流724可基于对针对比特流724计算出的LLR的统计分析来解码。在一个示例中,Viterbi解码器可使用似然比测试来比较并选择定义信令状态序列的正确Viterbi路径,以从比特流724生成LLR。似然比可被用于使用似然比测试来在统计上比较多个候选Viterbi路径的合适性,该似然比测试比较每个候选Viterbi路径的似然比对数(即LLR)以确定哪一路径更有可能计及产生了比特流724的码元序列。

[0100] 在接收机处,用于解码未经穿孔比特流的相同解码器通常可被用于解码经穿孔比特流,而不管有多少比特已被穿孔。在常规接收机中,通常在尝试解码之前通过用零填充被穿孔状态或位置的LLR来对LLR信息进行补孔(经补孔LLR)。解码器可无视实际上未携带信息的经补孔LLR。

[0101] 针对结构化LDPC码的示例穿孔

[0102] 已针对某些系统定义了结构化低密度奇偶校验(LDPC)码,诸如用于根据例如802.11无线标准来操作的Wi-Fi系统(例如,802.11an和802.11ac系统)的LDPC码。如以上所描述的,LDPC是可被用来编码信息比特的差错编码方案的一个示例。LDPC码可被设计成用于固定码率。为了增大编码率,码字可被穿孔。

[0103] 穿孔是从码字中移除比特以产生较短码字的动作。由此,被穿孔的变量节点对应于实际上未被传送的码字比特(例如,信息比特或系统比特)。对LDPC码中的变量节点穿孔创建经缩短码(例如,由于比特的移除),并且由此可达成增大的码率。例如,对于给定的LDPC矩阵,如果基传送块长度为 $n-p$ ,其中 $p$ 是经穿孔列数(列对应于相关联的二分图中的变量节点), $n$ 是列数,并且基奇偶校验数目是 $m$ (例如,对应于矩阵中的行和相关联的二分图中的校验节点),则经穿孔LDPC码的码率为 $(n-m)/(n-p)$ 。二进制信息块大小为 $(n-m)*Z$ ,其中 $Z$ 是提升,并且所传送的块大小为 $(n-p)*Z$ 。

[0104] 本文提供了可帮助达成期望码率的用于对结构化LDPC码穿孔的技术。例如,本文的技术提供对5/6码率Wi-Fi LDPC码的最高度数变量节点穿孔以产生7/8码率LDPC码。在一些情形中,对码的起始比特执行穿孔。本文的诸方面还提供具有增强性能的用于7/8速率

LDPC码的设计。

[0105] 根据某些方面,结构化LDPC码的高度数(系统)变量节点例如可被穿孔以增大码率。这可提供容量性能益处。对高度数变量节点穿孔可对应于对相应奇偶校验矩阵的仅单个列穿孔——而非对随机比特或多个较低度数变量节点穿孔。

[0106] 可进行对高度数变量节点(例如,最高度数变量节点)的穿孔以使得连接到被穿孔变量节点的每个校验节点连接至仅一个此类被穿孔变量节点。换言之,可执行穿孔以使得较少或没有校验节点连接至多个被穿孔变量节点。例如,在经提升LDPC码中,最高度数变量节点(例如,LDPC码结构中在相关联的二分图中连接至最高数目的校验节点的变量)可被穿孔(例如,跨置换)。

[0107] 如果对最高度数变量节点的穿孔未提供期望码率,则其他(例如,附加)变量节点可被用于穿孔以使得具有两个以上被穿孔变量节点的校验节点的数目最小化(例如,通过对另一最高度数变量节点或具有至校验节点的次最高连通度的变量节点穿孔)。

[0108] 避免创建具有多个被穿孔变量节点的校验节点可帮助确保结果所得的经穿孔LDPC码包含较低数目的在解码开始时“废弃”的校验节点。另外,这种类型的穿孔模式可避免形成小尺寸陷阱集合(例如,亦被称为环),诸如4循环、6循环等。环(或循环)被定义为不具有重复节点的闭合路径。这暗示其具有偶数长度。Tanner(二分)图中的循环指的是有限连通边集合。边在同一节点开始和结束,并且其满足没有节点(除了最初和最终节点之外)出现一次以上的条件。循环的长度简单地是该循环的边数目。

[0109] 通过对5/6Wi-Fi码穿孔实现的示例7/8LDPC码

[0110] 根据某些方面,获得具有增强性能的LDPC码的一种方式可基于对Wi-Fi LDPC码的最高度数变量节点穿孔。图8解说了根据本公开的某些方面的用于无线通信的示例操作800。操作800例如可由传送方设备(例如,UE 116或BS 102)来执行。操作800可始于在802,基于LDPC码来编码一组信息比特以产生码字(例如,5/6速率码字),该LDPC码由具有第一数目个变量节点和第二数目个校验节点的矩阵来定义。在804,传送方设备对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔根据第一穿孔模式来执行,第一穿孔模式被设计成对与这些变量节点中具有至这些校验节点的特定连通度的一个或多个变量节点相对应的比特穿孔(例如,以达成经穿孔码字的7/8码率)。在806,传送方设备传送该经穿孔码字。

[0111] 例如,从5/6速率Wi-Fi LDPC码(例如,802.11ac或802.11an LDPC码)开始,最高度数变量节点可被穿孔以产生7/8速率LDPC码。根据某些方面,这可通过从5/6Wi-Fi LDPC码的开始进行穿孔来完成。在一个示例中,5/6Wi-Fi LDPC码的起始93比特(对应于(诸)最高度数变量节点)可被穿孔。在此情形中,可从5/6速率Wi-Fi LDPC码的基图中对应于最高度数变量节点的第一列穿孔81比特,并且可从该基图的第二列穿孔其余12比特。这可被完成以达成5%左右的增益。

[0112] 根据某些方面,为了穿孔大于5%(例如,以获得高于7/8的码率),可在开始处(例如,从最高度数变量节点)穿孔开头的诸比特并且可按固定周期性(例如,20)来周期性地穿孔其余比特。

[0113] 根据某些方面,可以使用其他穿孔模式。例如,尾部穿孔(对末尾处的比特穿孔)、周期性穿孔(例如,按固定周期性从开始穿孔)、混合穿孔(例如,按固定周期性从开始对一半比特穿孔并且在末尾处对另一半比特穿孔)。

[0114] 图9示出了示例性5/6速率Wi-Fi LDPC码900的基图表示。如图9中所示,该基图包括24个变量节点902和4个校验节点904。如图所示,这些变量节点具有至这些校验节点的各种连通度。

[0115] 该5/6速率Wi-Fi LDPC码900可被提升 $Z=81$ 作为多边类型结构,并且可具有0.46dB的密度演进容量间隙(AWGN)。如果(例如,随机地)对20/23速率基图的低度数节点(例如,如图10中所示的度数2节点1002)的奇偶校验列穿孔,则AWGN容量间隙可以为0.49dB。对最高度数变量节点(例如,如图11中所示的度数4节点1102)穿孔可提供0.39dB的AWGN容量间隙。由此,高度数变量节点穿孔可提供0.1dB改进。

[0116] 图12是示出根据本公开的某些方面的按调制和编码方案(MCS)9的LDPC码的具有93个被穿孔比特的各种穿孔技术运行20次迭代的性能的图表1200,并且图13是示出根据本公开的某些方面的按MCS 1的LDPC码的具有100个被穿孔比特的各种穿孔技术运行20次迭代的性能的图表1300。如图12中所示,对于MCS 9(例如,256QAM),曲线1202示出了在开始处穿孔的性能展示出比分别对应于尾部穿孔、混合穿孔和周期性穿孔的曲线1204、1206和1208更好的性能。如图13中所示,对于MCS 1(例如,QPSK),曲线1302示出了在开始处穿孔的性能展示出比分别对应于周期性穿孔、混合穿孔和尾部穿孔的曲线1304、1306和1308更好的性能。

#### [0117] 示例7/8速率LDPC码设计

[0118] 经由对5/6速率Wi-Fi LDPC码穿孔获得的7/8速率LDPC码可导致该码的码块长度减小。在一些情形中,维持块长度(例如,针对提升大小 $Z=81$ 是1944比特)可以是合乎期望的。根据某些方面,可以设计不是基于对5/6速率Wi-Fi码穿孔的多边7/8速率LDPC码。图14解说了根据本公开的某些方面的用于无线通信的示例操作1400。操作1400例如可由传送方设备(例如,UE 116或BS 102)来执行。操作1400可始于在1402,基于多边LDPC码来编码一组信息比特以产生码字,该LDPC码由具有第一数目个变量节点以及第二数目个校验节点的矩阵来定义,第一数目个变量节点相对于参考LDPC码包括额外变量节点。在1404,传送方设备对该码字穿孔以产生经穿孔码字,其中该穿孔根据被设计成对与这些变量节点中的一者或多者相对应的比特穿孔以达成该经穿孔码字的特定码率(例如,7/8码率)的穿孔模式来执行的。在1406,传送方设备传送该经穿孔码字。

[0119] 图15-16示出了根据本公开的某些方面的针对提升大小 $Z=81$ 维持1944比特的块长度的示例多边7/8速率LDPC码的矩阵表示。图15和16中所示的7/8速率LDPC码具有比7/8速率Wi-Fi LDPC码好0.08dB左右的阈值。

[0120] 在标准非规则LDPC码聚合(度数分布)的定义中,Tanner图表示中的所有边在统计上可以是可互换的。换言之,存在单个统计上的边等价类。对于多边LDPC码,多个边等价类可以是可能的。虽然在标准非规则LDPC聚合定义中,图中的节点(变量和约束两者)由它们的度数指定(即,它们所连接到的边的数目),但是在多边类型设置中,边度数是向量;其指定独立地从每个边等价类(类型)连接到该节点的边的数目。

[0121] 多边类型聚合包括有限数目的边类型。约束节点的度数类型是(非负)整数的向量;该向量的第 $i$ 条目记录连接到此类节点的第 $i$ 类型插口的数目。此向量可被称为边度数。变量节点的度数类型具有两个部分,尽管其可被视为(非负)整数的向量。第一部分涉及收到分布且将被称为收到度数,并且第二部分指定边度数。边度数起到与对于约束节点而言

相同的作用。各边如它们配对相同类型的插口那样被归类。插口必须与类似类型的插口配对的这一约束表征了多边类型概念。在多边类型描述中,不同节点类型可具有不同的收到分布(例如,相关联的比特可经历不同信道)。

[0122] 在图15和16中所示的矩阵表示中,存在4种边类型且向量d标示边类型向量,向量 $b = (1, 0)$ 标示被穿孔节点,向量 $v_b, d$ 标示变量节点度数,向量 $v_b, d_n$ 标示该度数的变量节点数目,向量 $u_d$ 标示校验节点度数,并且向量 $u_{d_n}$ 标示该度数的校验节点数目。

[0123] 图15和16中所示的LDPC码在基图中引入高度数被穿孔变量节点(例如,额外码比特)(例如,基图中总共有25个变量节点——而非图9中所示的24个)。该附加被穿孔变量节点在这两个构造中具有最高度数并且提供构造更好的高速率(7/8)码的自由度。由此,该基奇偶校验矩阵中的列数为25。该基矩阵中的校验节点数目为4。对于提升大小81,如果该高度数变量节点被穿孔,则其余节点为 $24 \times 81 = 1944$ ,因此,维持了1944块长度。

[0124] 针对重传的示例穿孔

[0125] 根据某些方面,穿孔比特对于重传可以不同(例如,被切换)。对于信息的后续重传,穿孔比特可在相同或相似度数的节点当中切换。例如,对于第一传输,可从开始穿孔93比特(例如,比特[0-92]),而对于第二传输,穿孔可按一偏移执行(例如,按偏移10,比特[10-112]可被穿孔)。

[0126] 本文所公开的方法包括用于达成所描述的方法的一个或多个步骤或动作。这些方法步骤和/或动作可以彼此互换而不会脱离权利要求的范围。换言之,除非指定了步骤或动作的特定次序,否则具体步骤和/或动作的次序和/或使用可以改动而不会脱离权利要求的范围。

[0127] 如本文中所使用的,引述一系列项目“中的至少一者”的短语是指这些项目的任何组合,包括单个成员。作为示例,“a、b或c中的至少一者”旨在涵盖:a、b、c、a-b、a-c、b-c、和a-b-c,以及具有多个相同元素的任何组合(例如,a-a、a-a-a、a-a-b、a-a-c、a-b-b、a-c-c、b-b、b-b-b、b-b-c、c-c、和c-c-c,或者a、b和c的任何其他排序)。

[0128] 如本文所使用的,术语“确定”涵盖各种各样的动作。例如,“确定”可包括演算、计算、处理、推导、研究、查找(例如,在表、数据库或其他数据结构中查找)、探知及诸如此类。而且,“确定”可包括接收(例如,接收信息)、访问(例如,访问存储器中的数据)及诸如此类。而且,“确定”还可包括解析、选择、选取、确立及类似动作。

[0129] 在一些情形中,设备可以并非实际上传送帧,而是可具有用于输出帧以供传输的接口。例如,处理器可经由总线接口向RF前端输出帧以供传送。类似地,设备并非实际接收帧,而是可具有用于获取从另一设备接收的帧的接口。例如,处理器可经由总线接口从RF前端获得(或接收)帧以供传输。

[0130] 以上所描述的方法的各种操作可由能够执行相应功能的任何合适的装置来执行。这些装置可包括各种硬件和/或软件组件和/或模块,包括但不限于电路、专用集成电路(ASIC)、或处理器。一般而言,在存在附图中解说的操作的场合,这些操作可具有带相似编号的相应配对装置加功能组件。

[0131] 例如,用于编码的装置可包括一个或多个处理器,诸如图2中解说的无线基站210的TX数据处理器214、TX MIMO处理器220、和/或处理器270;图2中解说的无线节点250的TX数据处理器238、调制器280、和/或处理器270;图3中解说的无线设备302的发射机310、DSP

320、和/或处理器304；和/或图6中解说的编码器600的编码器602。用于穿孔的装置可包括处理系统，其可包括一个或多个处理器，诸如图2中解说的无线基站210的TX数据处理器214、TX MIMO处理器220、和/或处理器270；图2中解说的无线节点250的TX数据处理器238、调制器280、和/或处理器270；图3中解说的无线设备302的发射机310、DSP 320、和/或处理器304；和/或图6中解说的编码器600的穿孔模块604。用于传送的装置包括发射机，其可包括图2中解说的无线基站210的TX数据处理器214、TX MIMO处理器220、(诸)收发机222a-222t、和/或(诸)天线224a-224t；图2中解说的无线节点250的TX数据处理器238、调制器280、(诸)收发机252a-252r、和/或(诸)天线252a-252r；图3中解说的无线设备302的发射机310和/或(诸)天线316；和/或图6中解说的编码器600的TX链608和天线610。

[0132] 结合本公开所描述的各种解说性逻辑块、模块、以及电路可用设计成执行本文描述的功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑器件(PLD)、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或其任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器，但在替换方案中，处理器可以是任何市售的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以被实现为计算设备的组合，例如，DSP与微处理器的组合、多个微处理器、与DSP核心协同的一个或多个微处理器、或任何其他此类配置。

[0133] 如果以硬件实现，则示例硬件配置可包括无线节点中的处理系统。处理系统可以用总线架构来实现。取决于处理系统的具体应用和整体设计约束，总线可包括任何数目的互连总线和桥接器。总线可将包括处理器、机器可读介质、以及总线接口的各种电路链接在一起。总线接口可被用于将网络适配器等经由总线连接至处理系统。网络适配器可被用于实现PHY层的信号处理功能。在无线节点(见图1)的情形中，用户接口(例如，按键板、显示器、鼠标、操纵杆，等等)也可以被连接到总线。总线还可以链接各种其他电路，诸如定时源、外围设备、稳压器、功率管理电路以及类似电路，它们在本领域中是众所周知的，因此将不再进一步描述。处理器可用一个或多个通用和/或专用处理器来实现。示例包括微处理器、微控制器、DSP处理器、以及其他能执行软件的电路系统。取决于具体应用和加诸于整体系统上的总设计约束，本领域技术人员将认识到如何最佳地实现关于处理系统所描述的功能性。

[0134] 如果以软件实现，则各功能可作为一条或多条指令或代码存储在计算机可读介质上或藉其进行传送。软件应当被宽泛地解释成意指指令、数据、或其任何组合，无论是被称作软件、固件、中间件、微代码、硬件描述语言、或其他。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质两者，这些介质包括促成计算机程序从一地到另一地转移的任何介质。处理器可负责管理总线和一般处理，包括执行存储在机器可读存储介质上的软件模块。计算机可读存储介质可被耦合到处理器以使得该处理器能从/向该存储介质读写信息。替换地，存储介质可以被整合到处理器。作为示例，机器可读介质可包括传输线、由数据调制的载波、和/或与无线节点分开的其上存储有指令的计算机可读存储介质，其全部可由处理器通过总线接口来访问。替换地或补充地，机器可读介质或其任何部分可被集成到处理器中，诸如高速缓存和/或通用寄存器文件可能就是这种情形。作为示例，机器可读存储介质的示例可包括RAM(随机存取存储器)、闪存、ROM(只读存储器)、PROM(可编程只读存储器)、EPROM(可擦式可编程只读存储器)、EEPROM(电可擦式可编程只读存储器)、寄存器、磁盘、光盘、硬驱

动器、或者任何其他合适的存储介质、或其任何组合。机器可读介质可被实施在计算机程序产品中。

[0135] 软件模块可包括单条指令、或许多条指令，且可分布在若干不同的代码段上，分布在不同的程序间以及跨多个存储介质分布。计算机可读介质可包括数个软件模块。这些软件模块包括当由装置（诸如处理器）执行时使处理系统执行各种功能的指令。这些软件模块可包括传送模块和接收模块。每个软件模块可以驻留在单个存储设备中或者跨多个存储设备分布。作为示例，当触发事件发生时，可以从硬驱动器中将软件模块加载到RAM中。在软件模块执行期间，处理器可以将一些指令加载到高速缓存中以提高访问速度。可随后将一个或多个高速缓存行加载到通用寄存器文件中以供处理器执行。在以下述及软件模块的功能性时，将理解此类功能性是在处理器执行来自该软件模块的指令时由该处理器来实现的。

[0136] 任何连接也被正当地称为计算机可读介质。例如，如果软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线（DSL）、或无线技术（诸如红外（IR）、无线电、以及微波）从web网站、服务器、或其他远程源传送而来，则该同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL或无线技术（诸如红外、无线电、以及微波）就被包括在介质的定义之中。如本文中所使用的盘（disk）和碟（disc）包括压缩碟（CD）、激光碟、光碟、数字多用碟（DVD）、软盘、和蓝光<sup>®</sup>碟，其中盘（disk）常常磁性地再现数据，而碟（disc）用激光来光学地再现数据。因此，在一些方面，计算机可读介质可包括非瞬态计算机可读介质（例如，有形介质）。另外，对于其他方面，计算机可读介质可包括瞬态计算机可读介质（例如，信号）。上述的组合应当也被包括在计算机可读介质的范围内。

[0137] 因此，某些方面可包括用于执行本文中给出的操作的计算机程序产品。例如，此类计算机程序产品可包括其上存储（和/或编码）有指令的计算机可读介质，这些指令能由一个或多个处理器执行以执行本文中所描述的操作。

[0138] 此外，应当领会，用于执行本文中所描述的方法和技术的模块和/或其它合适装置能由无线节点和/或基站在适用的场合下载和/或以其他方式获得。例如，此类设备能被耦合至服务器以促成用于执行本文中所描述的方法的装置的转移。替换地，本文中所描述的各种方法能经由存储装置（例如，RAM、ROM、诸如压缩碟（CD）或软盘之类的物理存储介质等）来提供，以使得一旦将该存储装置耦合到或提供给无线节点和/或基站，该设备就能获得各种方法。此外，可利用适于向设备提供本文中所描述的方法和技术的任何其他合适的技术。

[0139] 将理解，权利要求并不被限定于以上所解说的精确配置和组件。可在以上所描述的方法和装置的布局、操作和细节上作出各种改动、更换和变形而不会脱离权利要求的范围。

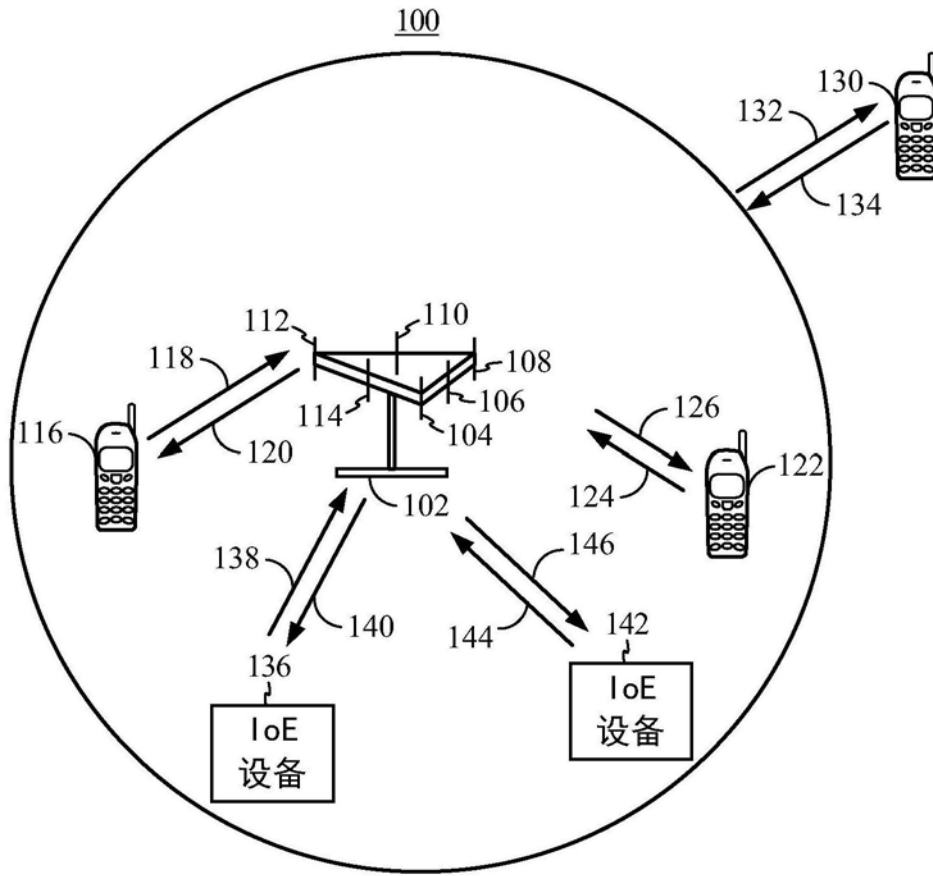


图1

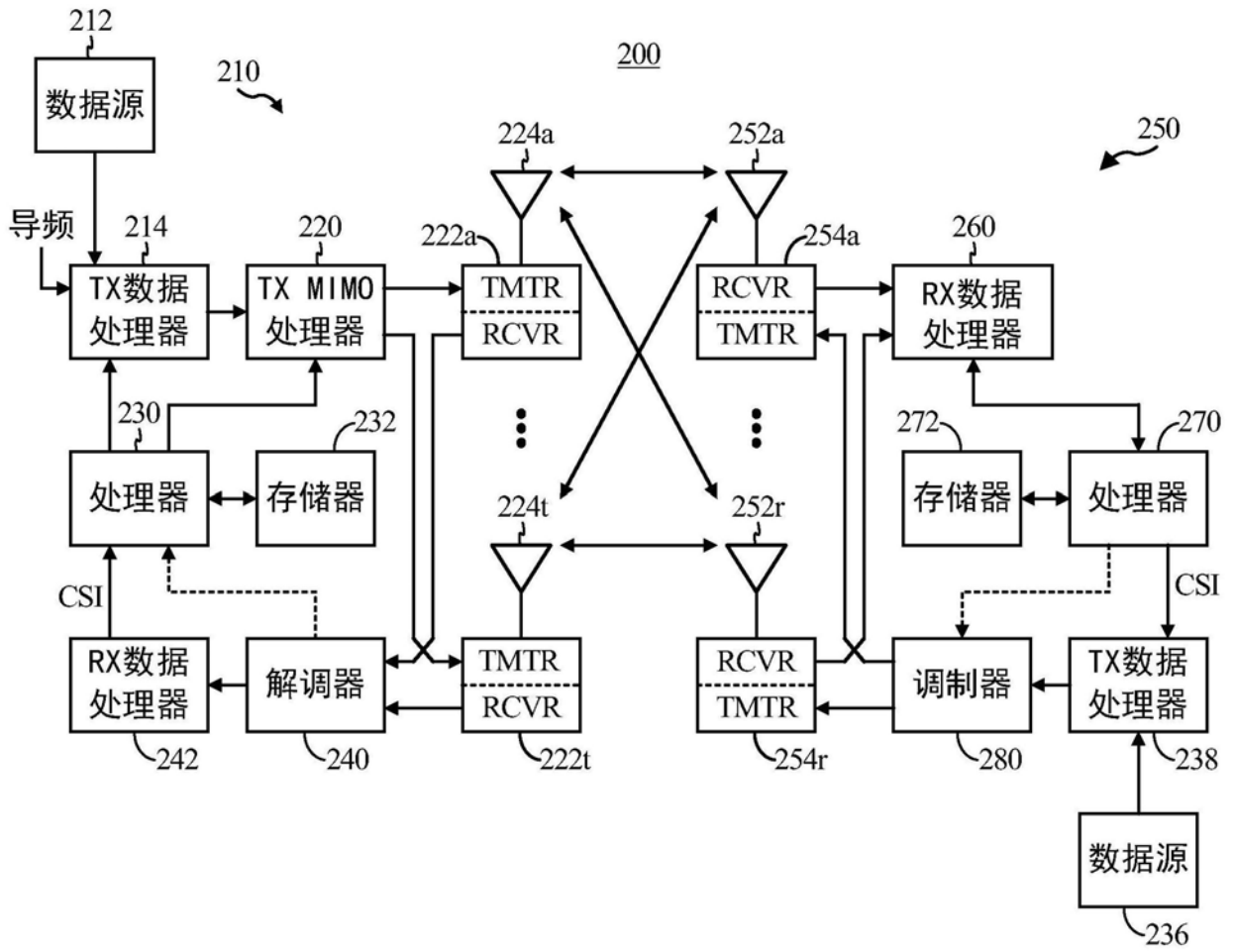


图2

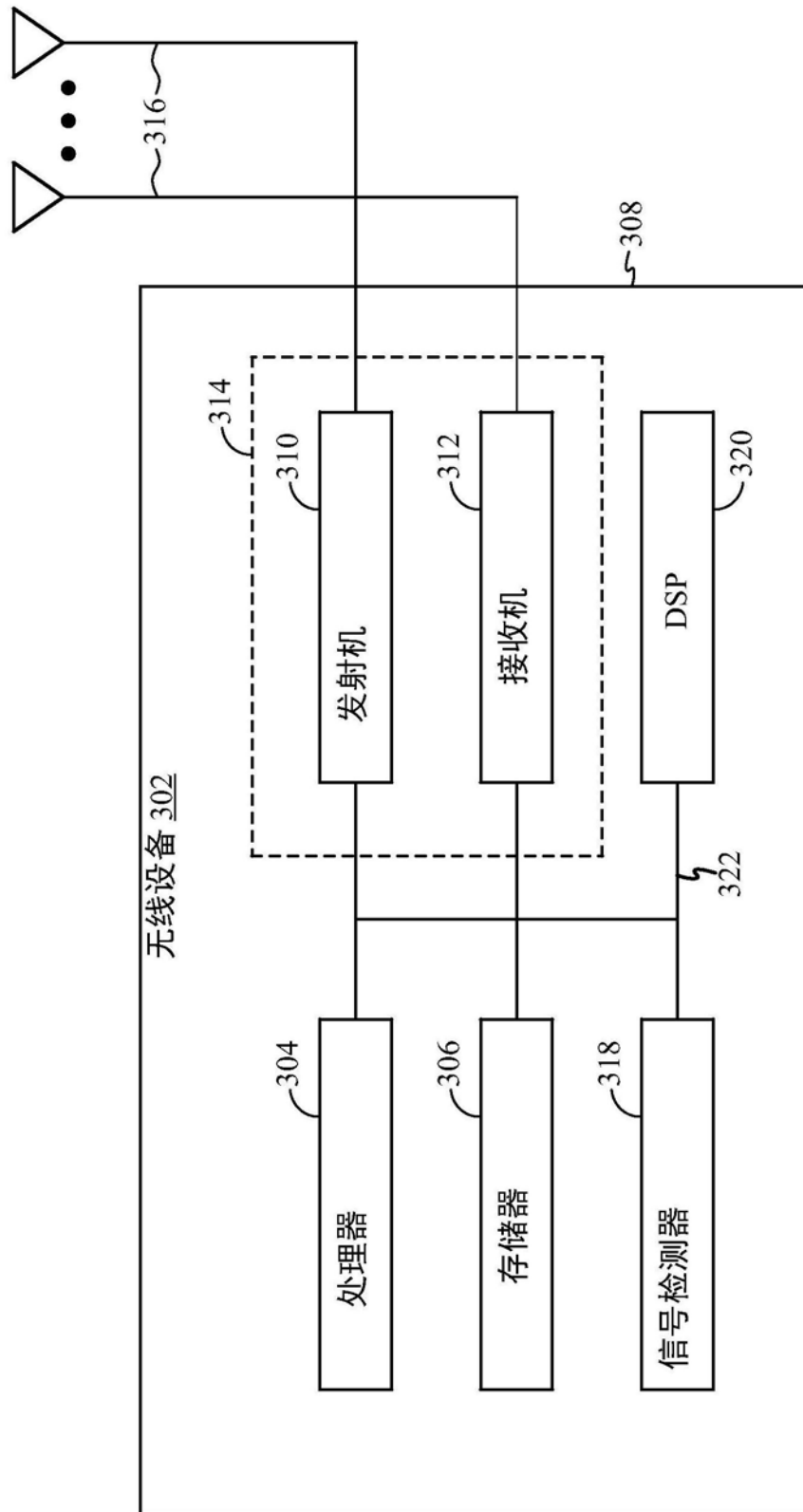


图3

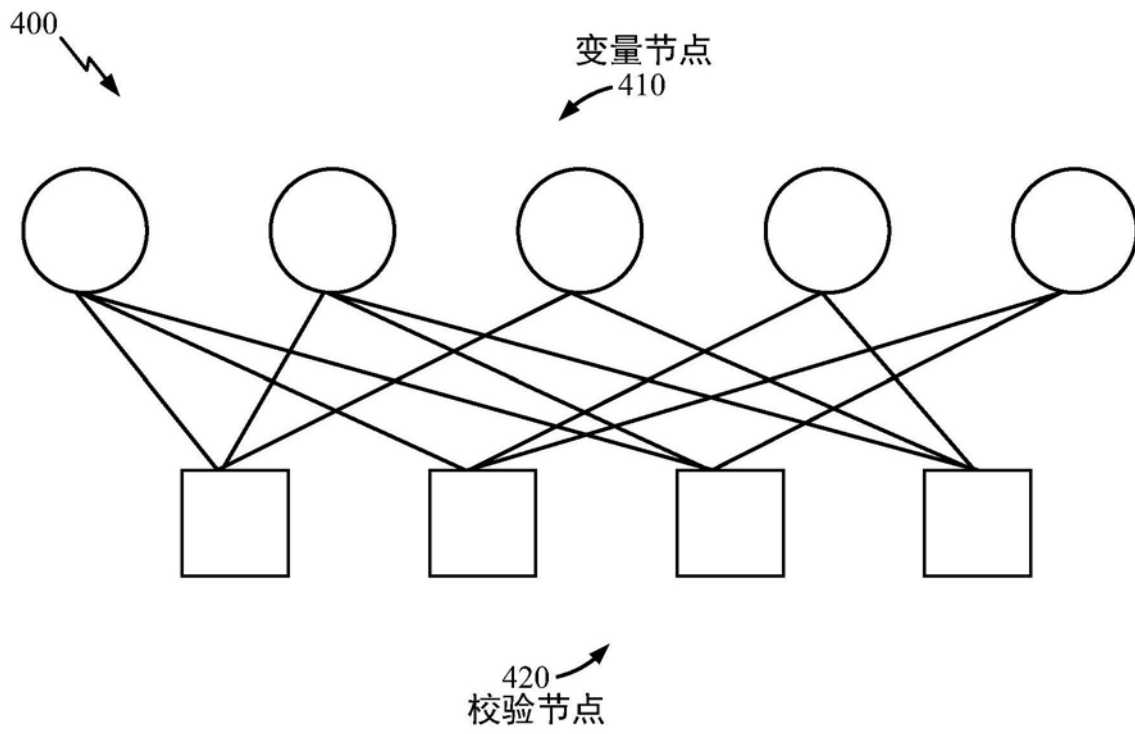


图4

400A

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}$$

图4A

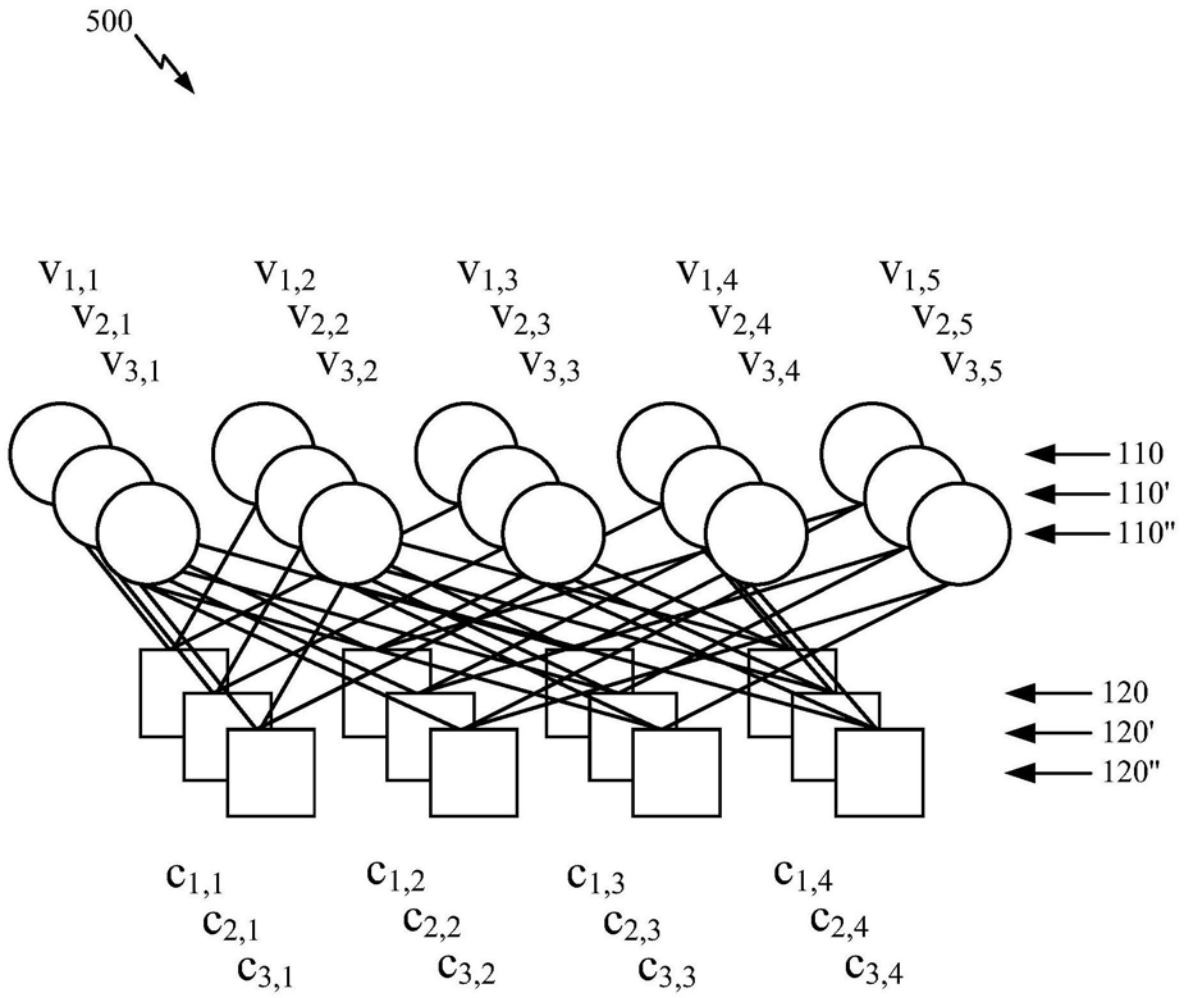


图5

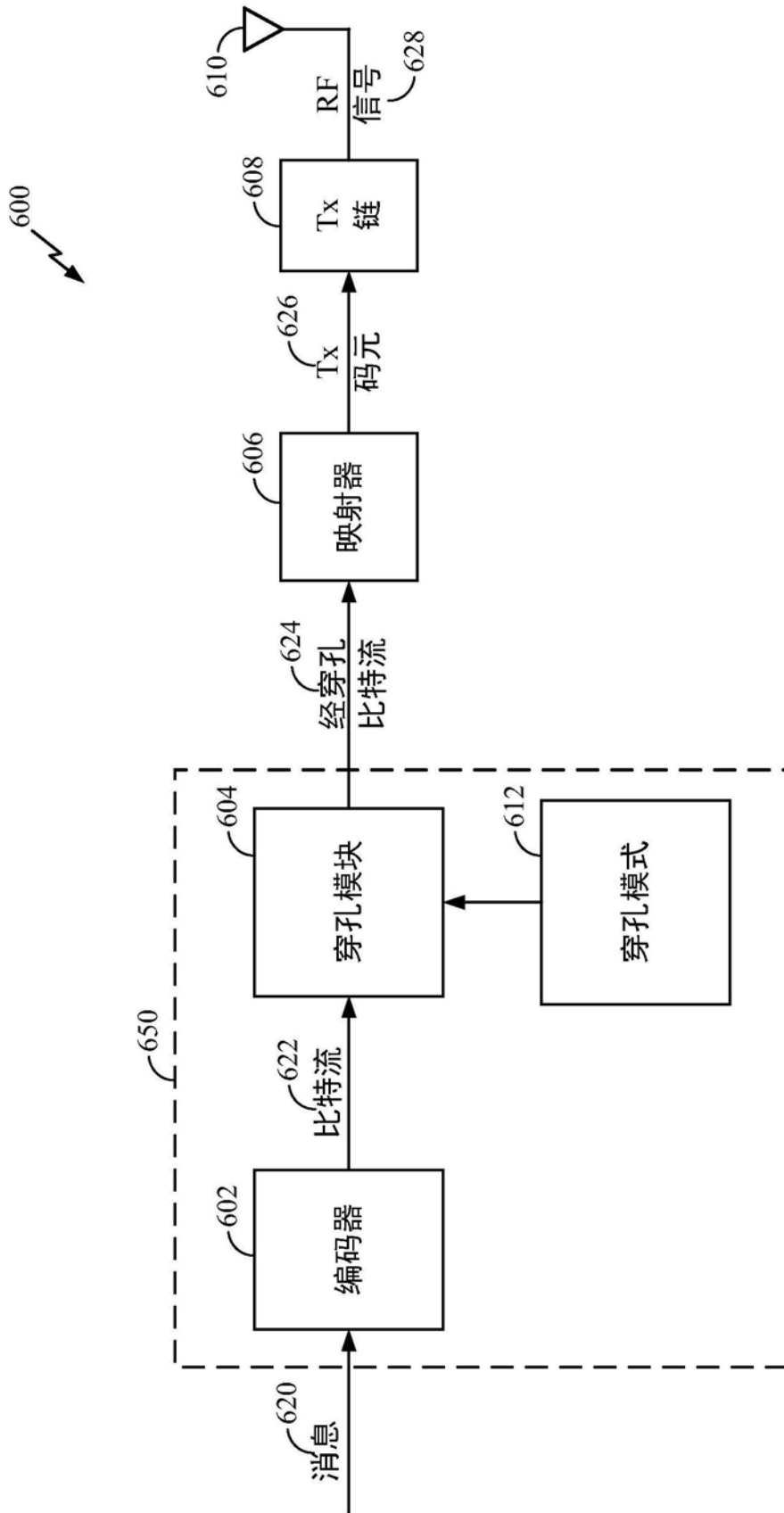


图6

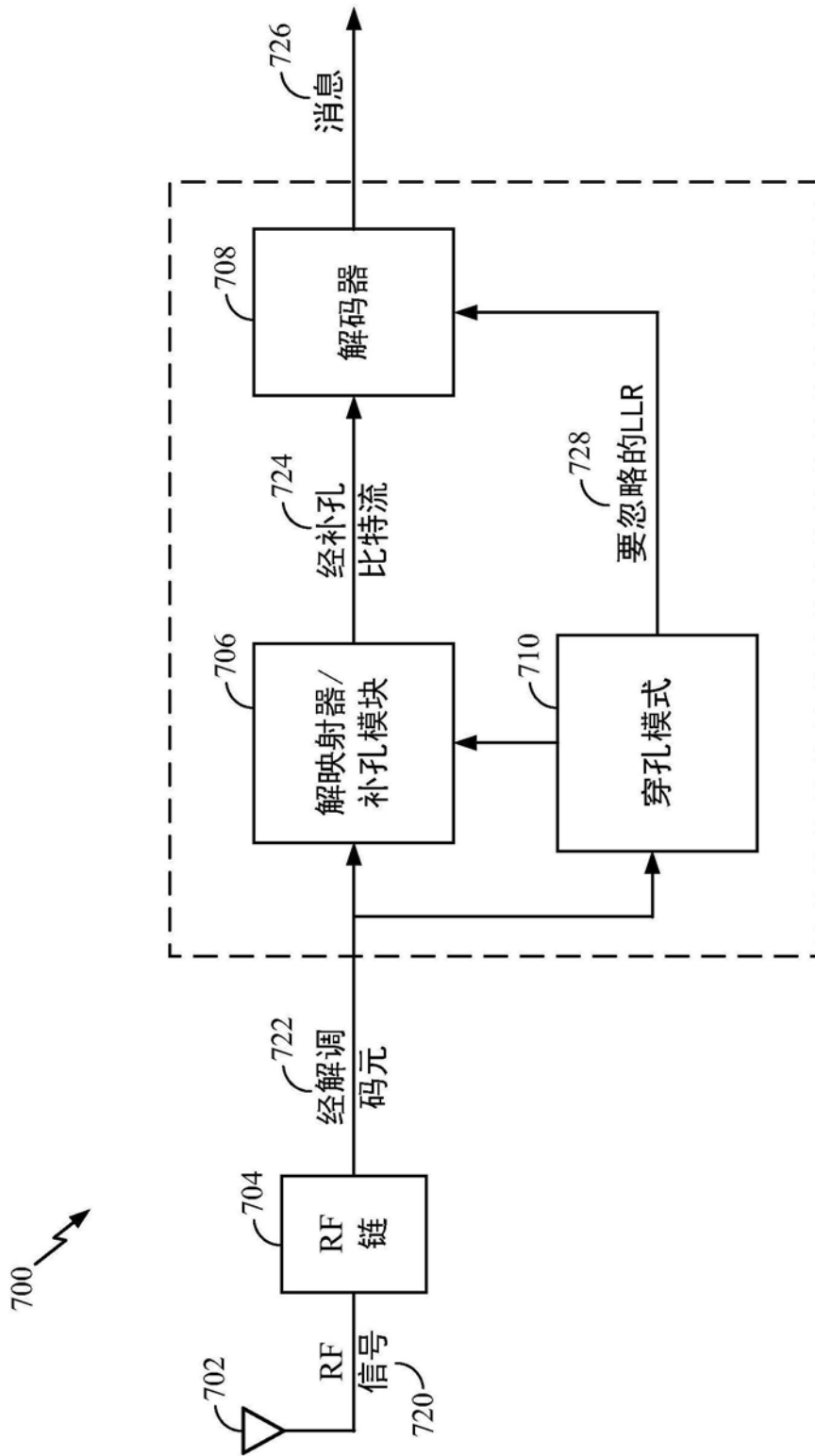


图7

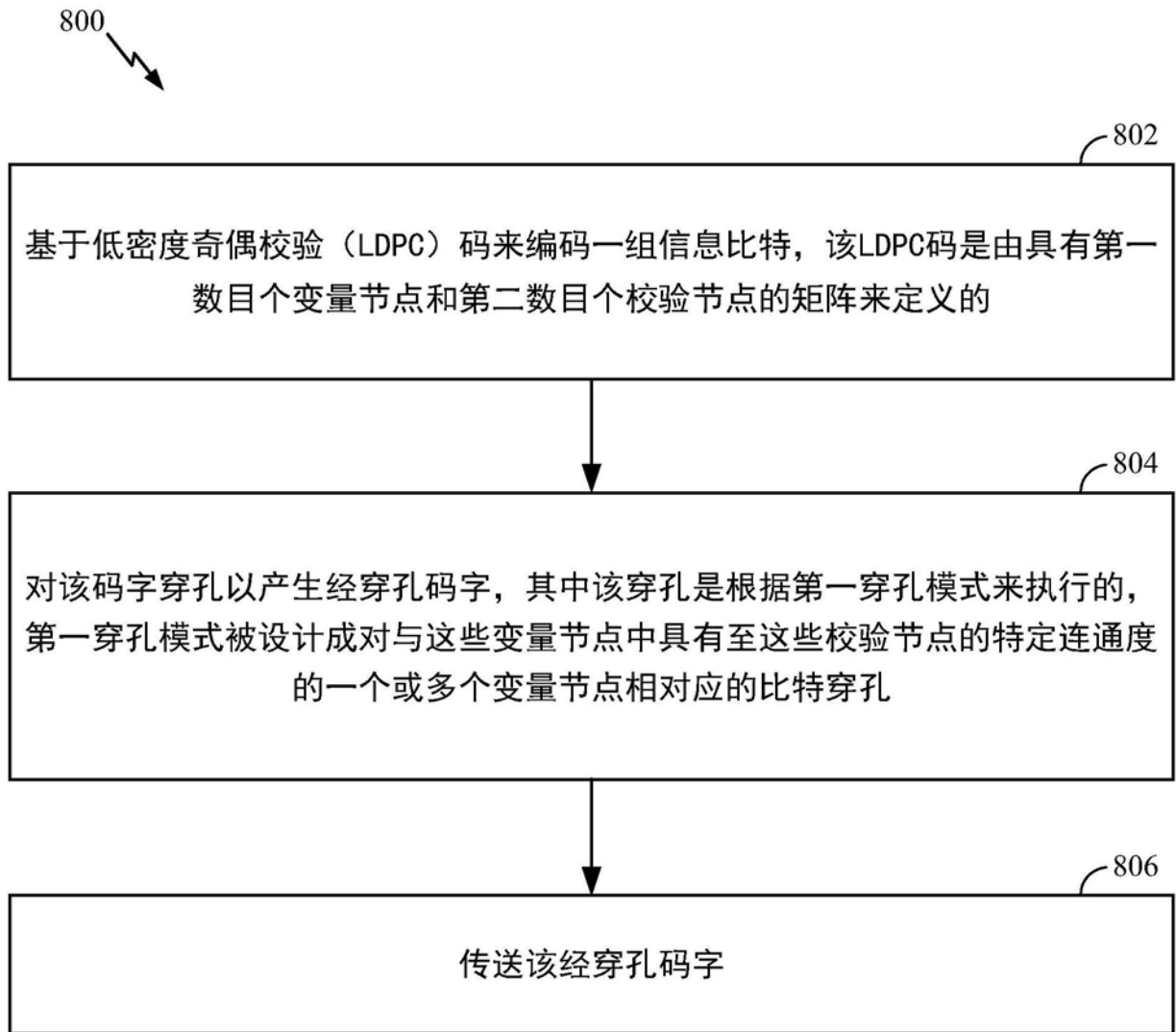


图8

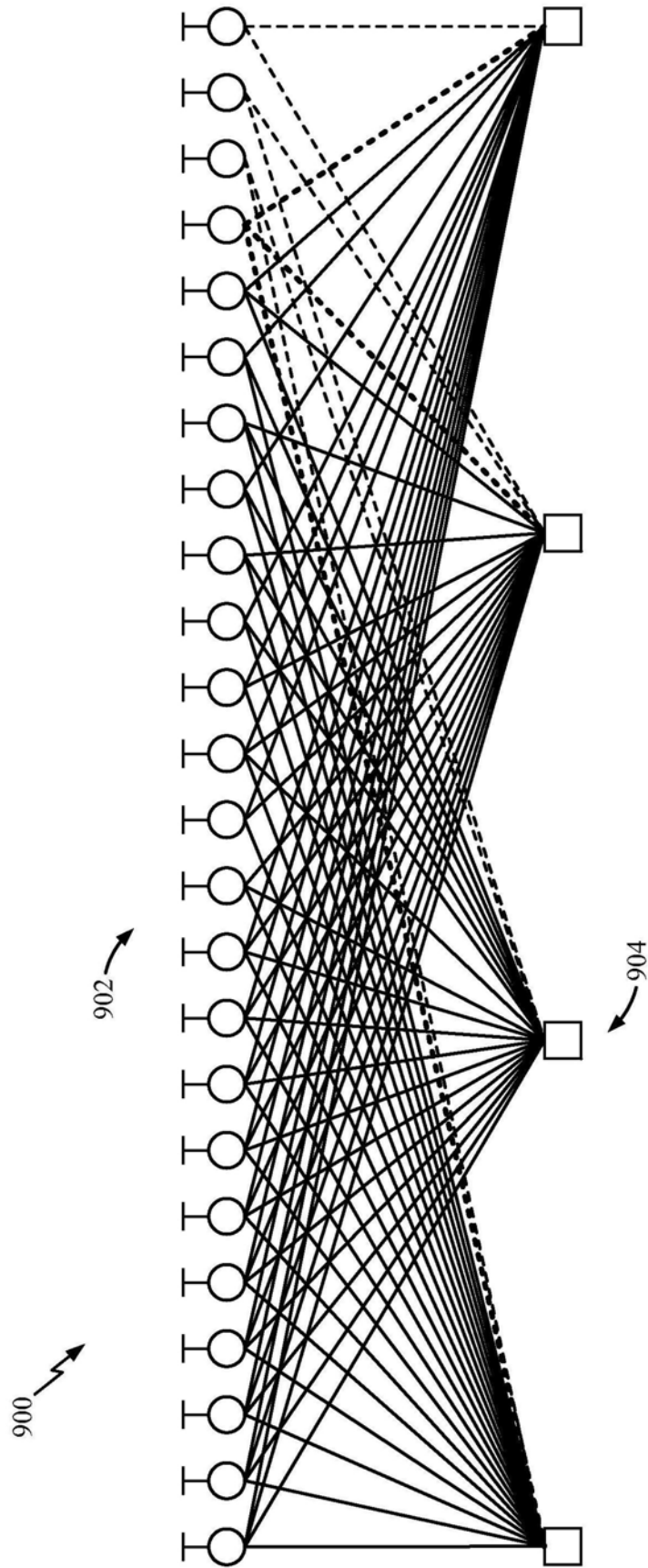


图9

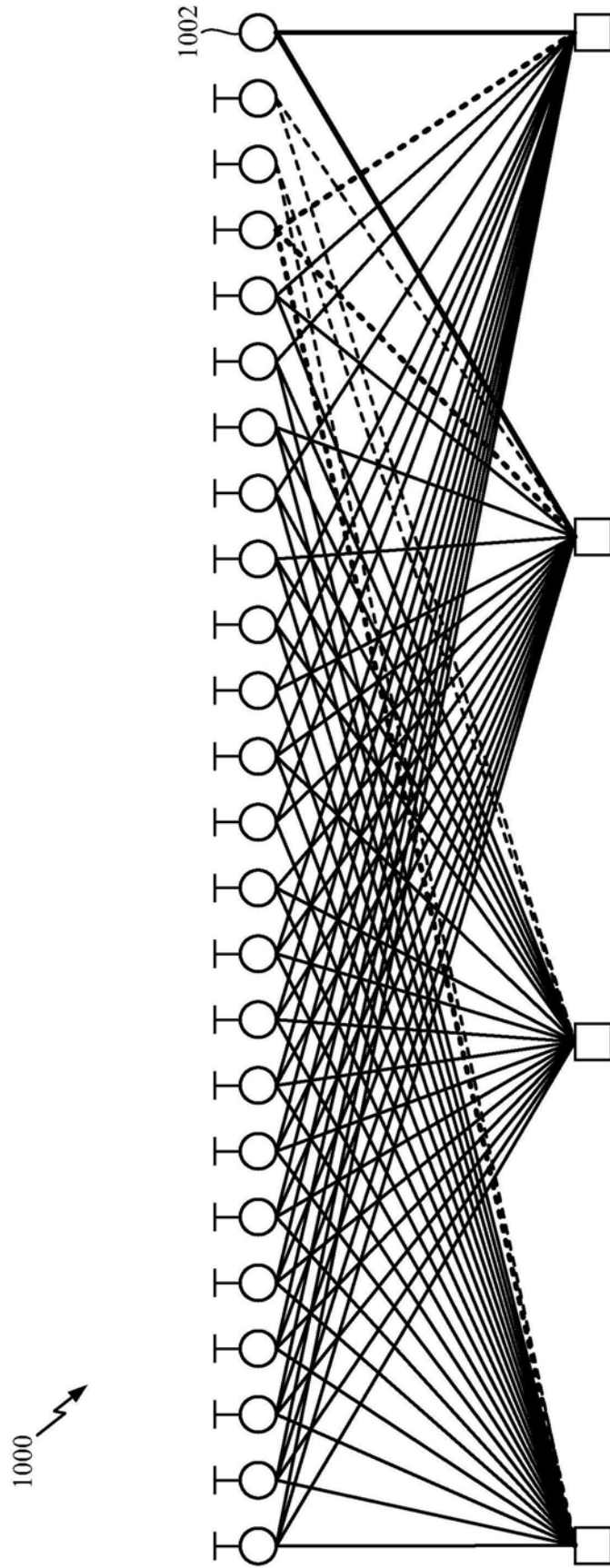


图10

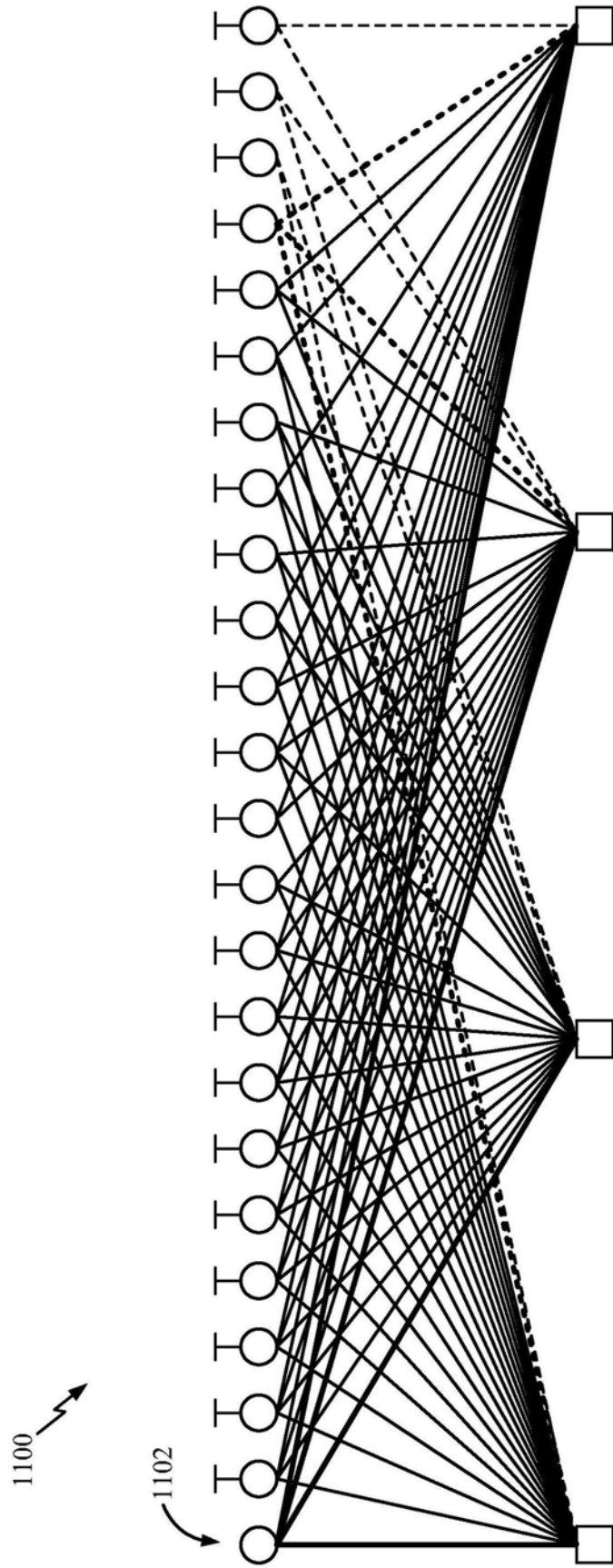


图11

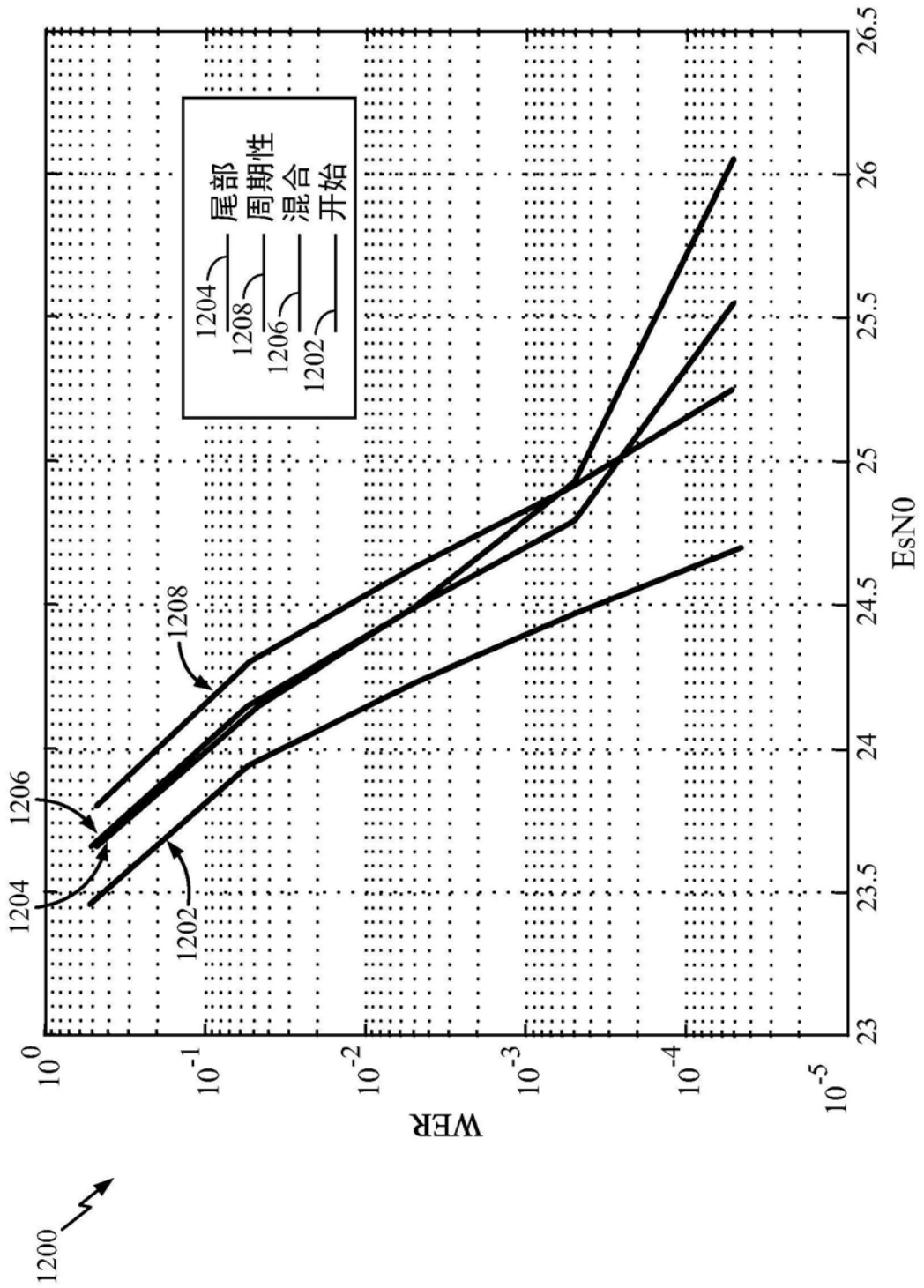


图12

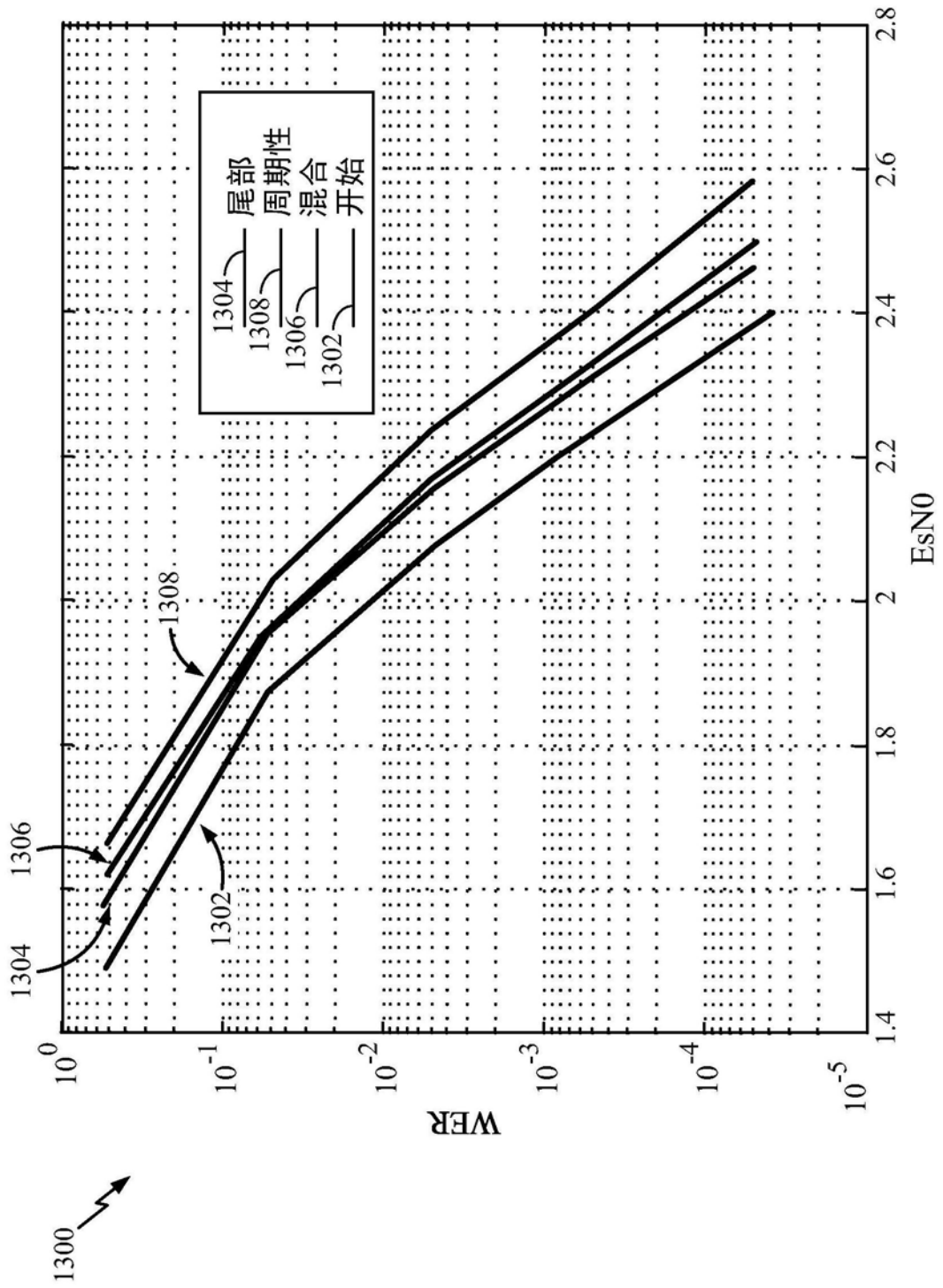


图13

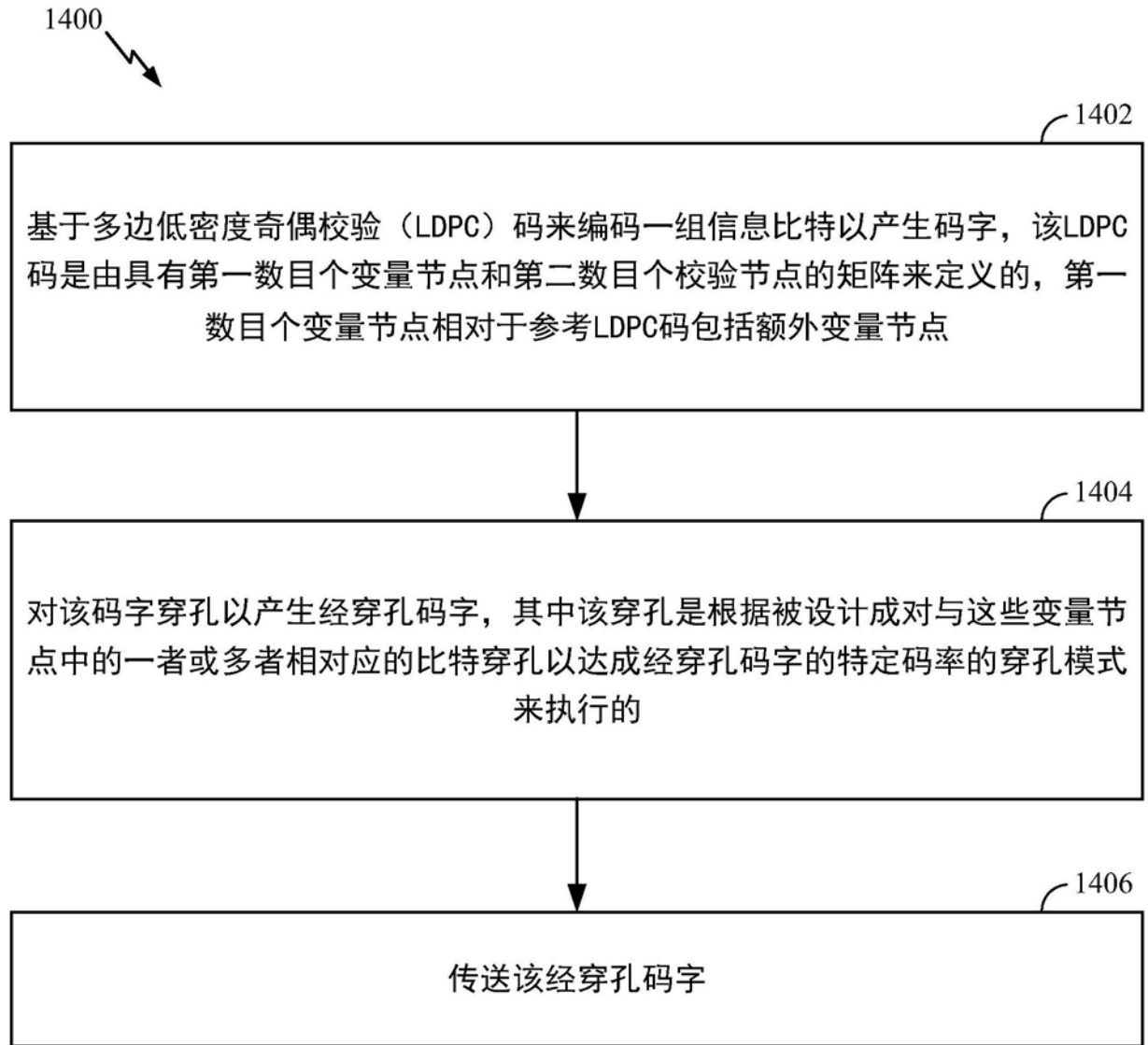


图14

1500

$V_{b,d}^{\rightarrow}$	$v_{b,d}^{\rightarrow n}$	$\vec{b}$	$\vec{d}$	$\mu_{\vec{d}}$	$\mu_{\vec{d}}^n$	$\vec{d}$
0.0416667	1	0 1	0 3 0 0	0.8333333	2	1 1 15 2
0.8333333	20	0 1	0 0 3 0	0.0416667	1	2 0 16 1
0.0416667	1	1 0	0 0 0 6	0.0416667	1	2 1 14 1
0.125	3	0 1	2 0 0 0			

图15

1600 ↗

$v_{b,d}^{\rightarrow}$	$v_{b,d}^{\rightarrow n}$	$\vec{b}$	$\vec{d}$	$\mu_{\vec{d}}$	$\mu_{\vec{d}n}$	$\vec{d}$
0.0434783	1	1 0	4 0 0 0	0.0434783	1	1 17 1 1
0.391304	9	0 1	0 4 0 0	0.0434783	1	1 17 0 2
0.434783	10	0 1	0 3 0 0	0.0434783	1	1 16 1 2
0.0434783	1	0 1	0 0 3 0	0.0434783	1	1 16 1 1
0.130435	3	0 1	0 0 0 2			

图16