



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109196802 B

(45)授权公告日 2019.12.13

(21)申请号 201780033491.1

(22)申请日 2017.03.31

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109196802 A

(43)申请公布日 2019.01.11

(30)优先权数据
62/344,031 2016.06.01 US
15/395,713 2016.12.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.11.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/025421 2017.03.31

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/209836 EN 2017.12.07

(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 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 亓云 陈炜

(51)Int.Cl.
H04L 1/00(2006.01)
H03M 13/09(2006.01)
H03M 13/39(2006.01)

(56)对比文件
CN 105227189 A,2016.01.06,
CN 105337696 A,2016.02.17,

审查员 王曼莉

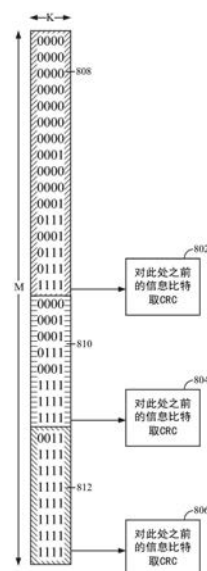
权利要求书4页 说明书17页 附图10页

(54)发明名称

通过CRC比特的策略性放置进行的增强型极化码构建

(57)摘要

本公开的某些方面涉及用于改进极化码的解码等待时间和性能的技术和装置。一种示例性方法一般包括:通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字;基于一个或多个准则来确定该码字内要插入纠错码的多个位置;基于这些信息比特的对应部分来生成这些纠错码;在所确定的多个位置处插入这些纠错码;以及传送该码字。还要求保护和描述了其他方面、实施例和特征。



1. 一种无线通信方法,包括:

通过使用极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字;

基于以下至少一项来确定所述码字内要插入纠错码的多个位置:

速率为1的行式分组码在所述码字内的位置;或者

正确解码路径脱离解码列表的位置;

在所确定的多个位置处插入所述纠错码;以及

传送所述码字。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,正确解码路径脱离所述解码列表的位置至少部分地基于一个或多个解码参数来确定。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述极化码的长度为N并且所述方法进一步包括:

使用长度为K的第一极化码来对所述信息比特进行编码,以获得要经由M个虚拟信道传送的比特;以及

使用长度为M的第二极化码来对所述M个虚拟信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中 $N=K \times M$ 。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,进一步包括插入针对以下至少一项选择性地生成的纠错码:

所述M个虚拟信道中的一个或多个信道中使用所述第二极化码进行编码的比特,其中所述第二极化码的速率小于1;或者

所述M个虚拟信道中的一个或多个信道中使用所述第二极化码进行编码的比特,其中所述第二极化码的速率为1。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括生成具有循环冗余校验(CRC)值的纠错码,所述CRC值是根据所述信息比特的预设子集生成的,其中每个子集具有相同数目的信息比特。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括将指示如何对所述码字的各部分进行解码的一个或多个码插入到所述码字中,其中所述一个或多个码包括单个奇偶校验(SPC)码、重复码、或速率为零的码中的至少一者。

7. 一种无线通信方法,包括:

接收通过使用极化码的多维解读对信息比特进行编码而生成的码字;

使用所述极化码的所述多维解读来对所述码字的各部分进行解码;以及

基于纠错码来验证所述码字的经解码部分,所述纠错码是基于一个或多个准则而被插入在所述码字中的多个位置处的,其中所述一个或多个准则包括以下至少一项:

速率为1的行式分组码在所述码字内的位置;或者

正确解码路径脱离解码列表的位置。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述极化码的长度为N并且所述码字包括:

信息比特,所述信息比特使用长度为K的第一极化码进行编码以获得要经由M个虚拟信道传送的比特;以及

所述M个虚拟信道中的每一者中的比特,所述比特使用长度为M的第二极化码进行进一步编码,其中 $N=K \times M$ 。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述解码包括:

使用第一解码办法来对所述M个虚拟信道中用速率小于1的所述第二极化码进行编码的比特进行解码,其中所述第一解码办法包括执行连续消去(SC)列表解码;以及

使用第二解码办法来对所述M个虚拟信道中用速率为1的所述第二极化码进行编码的比特进行解码,其中所述第二解码办法涉及采取硬决策。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,进一步包括:

复制所接收到的码字的至少一部分;以及

使用所述码字的所复制部分来降低所述SC列表解码的等待时间。

11. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述纠错码包括循环冗余校验(CRC)值,所述CRC值是根据所述信息比特的预设子集生成的,并且其中每一子集具有相同数目的信息比特。

12. 如权利要求11所述的方法,其特征在于,解码所述码字包括:

基于所述CRC值来对比特执行行式解码;以及

在进行所述行式解码之后沿列执行SC列表解码。

13. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,解码包括:

根据所述码字来确定指示如何对所述码字的各部分进行解码的一个或多个码,其中所述一个或多个码包括单个奇偶校验(SPC)码、重复码、或速率为零的码中的至少一者;以及基于所述一个或多个码来对所述码字的各部分进行解码。

14. 一种用于无线通信的装置,包括:

至少一个处理器,其被配置成:

通过使用极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字;

基于以下至少一项来确定所述码字内要插入纠错码的多个位置:

速率为1的行式分组码在所述码字内的位置;或者

正确解码路径脱离解码列表的位置;

在所确定的多个位置处插入所述纠错码;以及

发射机,其被配置成传送所述码字。

15. 如权利要求14所述的装置,其特征在于,正确解码路径脱离所述解码列表的位置至少部分地基于一个或多个解码参数来确定。

16. 如权利要求14所述的装置,其特征在于,所述极化码的长度为N并且所述至少一个处理器被配置成通过以下操作来生成所述码字:

使用长度为K的第一极化码来对所述信息比特进行编码,以获得要经由M个虚拟信道传送的比特;以及

使用长度为M的第二极化码来对所述M个虚拟信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中 $N=K \times M$ 。

17. 如权利要求16所述的装置,其特征在于,所述至少一个处理器被配置成通过插入针对以下至少一项选择性地生成的纠错码来插入所述纠错码:

所述信道中的一个或多个信道中用速率小于1的所述第二极化码进行编码的比特;或者

所述信道中的一个或多个信道中用速率为1的所述第二极化码进行编码的比特。

18. 如权利要求14所述的装置,其特征在于:

所述纠错码包括循环冗余校验(CRC)值,所述CRC值是根据所述信息比特的预设子集生成的;以及

每个子集具有相同数目的信息比特。

19. 如权利要求14所述的装置,其特征在于,所述至少一个处理器被配置成通过以下操作来生成所述码字:

将指示如何对所述码字的各部分进行解码的一个或多个码插入到所述码字中,其中所述一个或多个码包括单个奇偶校验(SPC)码、重复码、或速率为零的码中的至少一者。

20. 一种用于无线通信的装置,包括:

接收机,其被配置成接收通过使用极化码的多维解读对信息比特进行编码而生成的码字;

至少一个处理器,其被配置成:

使用所述极化码的所述多维解读来对所述码字的各部分进行解码;以及

基于纠错码来验证所述码字的经解码部分,所述纠错码是基于一个或多个准则而被插入在所述码字中的多个位置处的,其中所述至少一个或多个准则包括以下至少一项:

速率为1的行式分组码在所述码字内的位置;或者

正确解码路径脱离解码列表的位置;以及

与所述至少一个处理器耦合的存储器。

21. 如权利要求20所述的装置,其特征在于,所述极化码的长度为N并且所述码字包括:

信息比特,所述信息比特使用长度为K的第一极化码进行编码以获得要经由M个虚拟信道传送的比特;以及

所述M个虚拟信道中的每一者中的比特,所述比特使用长度为M的第二极化码进行进一步编码,其中 $N=K \times M$ 。

22. 如权利要求21所述的装置,其特征在于,所述至少一个处理器被配置成通过以下操作来对所述码字进行解码:

使用第一解码办法来解码所述M个虚拟信道中用速率小于1的所述第二极化码进行编码的比特,其中所述第一解码办法包括执行连续消除(SC)列表解码;以及

使用第二解码办法来解码所述M个虚拟信道中用速率为1的第二极化码进行编码的比特,其中所述第二解码办法涉及采取硬决策。

23. 如权利要求20所述的装置,其特征在于,所述纠错码包括循环冗余校验(CRC)值,所述CRC值是根据所述信息比特的预设子集生成的,其中每一子集具有相同数目的信息比特。

24. 如权利要求23所述的装置,其特征在于,所述至少一个处理器被配置成通过以下操作来解码所述码字:

基于所述CRC值来对比特执行行式解码;以及

在进行所述行式解码之后沿列执行SC列表解码,其中所述SC列表解码是针对所述列并行执行的。

25. 如权利要求24所述的装置,其特征在于,所述至少一个处理器被进一步配置成:

复制所接收到的码字的至少一部分;以及

使用所述码字的所复制部分来降低所述SC列表解码的等待时间。

26. 如权利要求20所述的装置,其特征在于,所述至少一个处理器被配置成通过以下操作来解码所述码字:

根据所述码字来确定指示如何解码所述码字的各部分的一个或多个码;以及

基于所述一个或多个码来解码所述码字的各部分,其中所述一个或多个码包括单个奇偶校验 (SPC) 码、重复码、或速率为零的码中的至少一者。

通过CRC比特的策略性放置进行的增强型极化码构建

[0001] 根据35U.S.C. §119的优先权要求

[0002] 本申请要求于2016年12月30日提交的美国申请No. 15/395,713的优先权,后者要求于2016年6月1日提交的题为“GENERALIZED POLAR CODES FOR IMPROVED PERFORMANCE AND LATENCY (用于改进性能和等待时间的通用极化码)”的美国临时专利申请S/N. 62/344,031的权益,这些申请通过援引如同在以下全面阐述那样且出于所有适用目的被纳入于此。

技术领域

[0003] 以下讨论的技术一般涉及无线通信,尤其涉及用于例如通过CRC比特的策略性放置来改进极化码的解码等待时间和性能的方法和装置。各实施例实现并提供了能被用在各种大小的数据分组上并且可按需用于控制/数据信道的编码技术。

[0004] 引言

[0005] 在所有现代无线通信链路的发射机中,来自纠错码的输出比特序列可以被映射到复调制码元序列上。这些码元随后可被用来创建适于跨无线信道传输的波形。随着数据率提高,接收机侧的解码性能可能是可达成的数据率的限制因素。数据编码对于持续的无线通信增强而言仍然是重要的。

[0006] 简要概述

[0007] 本公开的某些方面提供了用于改进与极化码相关的无线通信、解码等待时间和性能的技术和装置。

[0008] 以下概述了本公开的一些方面以提供对所讨论的技术的基本理解。此概述不是本公开的所有构想到的特征的详尽综览,并且既非旨在标识出本公开的所有方面的关键性或决定性要素亦非试图界定本公开的任何或所有方面的范围。其唯一目的是以概述形式给出本公开的一个或多个方面的一些概念作为稍后给出的更详细描述之序言。

[0009] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。该方法一般包括:通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字;基于一个或多个准则来确定该码字内要插入纠错码的多个位置;基于这些信息比特的对应部分来生成这些纠错码;在所确定的多个位置处插入这些纠错码;以及传送该码字。

[0010] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。该装置一般包括至少一个处理器,其被配置成:通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字;基于一个或多个准则来确定该码字内要插入纠错码的多个位置;基于这些信息比特的对应部分来生成这些纠错码;在所确定的多个位置处插入这些纠错码;以及传送该码字。该装置一般还包括与该至少一个处理器耦合的存储器以及用于无线通信的通信接口。

[0011] 某些方面提供了一种用于无线通信的设备。该设备一般包括:用于通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字的装置;用于基于一个或多个准则来确定该码字内要插入纠错码的多个位置的装置;用于基于这些信息比特的对应部分来生成这些纠错码的装置;用于在所确定的多个位置处插入这些纠错码的装置;以及用于传送该码字的装置。

[0012] 某些方面提供了一种用于无线通信的非瞬态计算机可读介质。该非瞬态计算机可读介质一般包括用于执行以下操作的代码：通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字；基于一个或多个准则来确定该码字内要插入纠错码的多个位置；基于这些信息比特的对应部分来生成这些纠错码；在所确定的多个位置处插入这些纠错码；以及传送该码字。

[0013] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。该方法一般包括：接收通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码所生成的码字；解码该码字的各部分；以及基于纠错码来验证该码字的经解码部分，这些纠错码是基于一个或多个准则而被插入在该码字中的多个位置处的。

[0014] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。该装置一般包括至少一个处理器，其被配置成：接收通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码所生成的码字；解码该码字的各部分；以及基于纠错码来验证该码字的经解码部分，这些纠错码是基于一个或多个准则而被插入在该码字中的多个位置处的。

[0015] 某些方面提供了一种用于无线通信的设备。该设备一般包括：用于接收通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码所生成的码字的装置；用于解码该码字的各部分的装置；以及用于基于纠错码来验证该码字的经解码部分的装置，这些纠错码是基于一个或多个准则而被插入在该码字中的多个位置处的。

[0016] 某些方面提供了一种用于无线通信的非瞬态计算机可读介质。该非瞬态计算机可读介质一般包括用于执行以下操作的代码：接收通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码所生成的码字；解码该码字的各部分；以及基于纠错码来验证该码字的经解码部分，这些纠错码是基于一个或多个准则而被插入在该码字中的多个位置处的。

[0017] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。该方法一般包括：通过使用长度为K的第一码对信息比特进行编码以获得要经由K个信道传送的比特来生成码字，其中该第一码包括极化码；使用长度为M的第二码来对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码；以及传送该码字。

[0018] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。该装置一般包括至少一个处理器，其被配置成：通过使用长度为K的第一码对信息比特进行编码以获得要经由K个信道传送的比特来生成码字，其中该第一码包括极化码；以及使用长度为M的第二码来对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码。该装置一般还包括配置成传送该码字的发射机。另外，该装置一般还包括与该至少一个处理器耦合的存储器。

[0019] 某些方面提供了一种用于无线通信的设备。该设备一般包括：用于通过使用长度为K的第一码对信息比特进行编码以获得要经由K个信道传送的比特来生成码字的装置，其中该第一码包括极化码；用于使用长度为M的第二码来对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码的装置；以及用于传送该码字的装置。

[0020] 某些方面提供了一种用于无线通信的非瞬态计算机可读介质。该非瞬态计算机可读介质一般包括用于执行以下操作的指令：通过使用长度为K的第一码对信息比特进行编码以获得要经由K个信道传送的比特来生成码字，其中该第一码包括极化码；使用长度为M的第二码来对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码；以及传送该码字。

[0021] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。该方法一般包括：接收与信息比特相

对应的码字,这些信息比特使用长度为K的第一码进行编码以获得要经由K个信道传送的比特并且使用长度为M的第二码对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中该第一码包括极化码;以及使用连续列表(SC)解码来对该码字进行解码。

[0022] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。该装置一般包括至少一个处理器,其被配置成:接收与信息比特相对应的码字,这些信息比特使用长度为K的第一码进行编码以获得要经由K个信道传送的比特并且使用长度为M的第二码对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中该第一码包括极化码;以及使用连续列表(SC)解码来对该码字进行解码。

[0023] 某些方面提供了一种用于无线通信的设备。该设备一般包括:用于接收与信息比特相对应的码字的装置,这些信息比特使用长度为K的第一码进行编码以获得要经由K个信道传送的比特并且使用长度为M的第二码对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中该第一码包括极化码;以及用于使用连续列表(SC)解码来对该码字进行解码的装置。

[0024] 某些方面提供了一种用于无线通信的非瞬态计算机可读介质。该非瞬态计算机可读介质一般包括用于执行以下操作的代码:接收与信息比特相对应的码字,这些信息比特使用长度为K的第一码进行编码以获得要经由K个信道传送的比特并且使用长度为M的第二码对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中该第一码包括极化码;以及使用连续列表(SC)解码来对该码字进行解码。

[0025] 这些技术可被实现在方法、装置和计算机程序产品中。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,但本发明的全部实施例可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,但是应当领会,此类示例性实施例可以在各种设备、系统、和方法中实现。

[0026] 附图简述

[0027] 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。然而应该注意,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。

[0028] 图1解说了根据本公开的某些方面的示例无线通信系统。

[0029] 图2解说了根据本公开某些方面的接入点和用户终端的框图。

[0030] 图3解说了根据本公开的某些方面的示例无线设备的框图。

[0031] 图4是解说根据本公开的某些方面的解码器的简化框图。

[0032] 图5是解说根据本公开的某些方面的解码器的简化框图。

[0033] 图6解说了根据本公开的某些方面的用于由基站(BS)进行无线通信的示例操作。

[0034] 图7解说了根据本公开的某些方面的用于由用户装备(UE)进行无线通信的示例操作。

[0035] 图8解说了根据本公开的某些方面的二维极化码。

[0036] 图9解说了根据本公开的某些方面的示例解码列表。

[0037] 图10解说了根据本公开的某些方面的用于由基站 (BS) 进行无线通信的示例操作。

[0038] 图11解说了根据本公开的某些方面的用于由用户装备 (UE) 进行无线通信的示例操作。

[0039] 详细描述

[0040] 极化码是第一个可证明的达成容量的编码方案,其具有(在块长度方面)几乎线性的编码和解码复杂度。然而,使用极化码的主要缺陷是有限长度性能和解码器等待时间。本公开的某些方面提供了用于改进与极化码相关的无线通信、解码等待时间和性能的技术和装置。例如,在一些情形中,改进性能并降低列表SC解码的等待时间可涉及在极化码码字内的不同位置处选择性地插入纠错码(例如,CRC);而在其他情形中,改进性能并降低列表SC解码的等待时间可涉及首先使用极化码对信息比特进行编码,并且随后使用非极化码对经极化编码的比特进行进一步编码,例如如在以下更详细描述。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 示例无线通信系统

[0045] 本文中所描述的技术可用于各种无线通信网络,诸如正交频分复用(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、码分多址(CDMA)网络等。术语“网络”和“系统”常被可互换地使用。CDMA网络可以实现诸如通用陆地无线电接入(UTRA)、CDMA 2000等的无线电技术。UTRA包括宽带CDMA(W-CDMA)以及低码片率(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网络可实现诸如演进型UTRA(E-UTRA)、IEEE 802.11、IEEE 802.16(例如,WiMAX(微波接入全球互通性))、IEEE 802.20、Flash-OFDM®等的无线电技术。UTRA、E-UTRA、以及GSM是通用移动通信系统(UMTS)的部

分。长期演进 (LTE) 和高级长期演进 (LTE-A) 是使用E-UTRA的即将到来的UMTS发行版。UTRA、E-UTRA、GSM、UMTS和LTE在来自名为“第3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。CDMA2000在来自名为“第三代伙伴项目2”(3GPP2) 的组织的文献中描述。这些各种无线电技术和标准是本领域中公知的。为了清楚起见,以下针对LTE和LTE-A来描述这些技术的某些方面。

[0046] 本文中的教导可被纳入各种有线或无线装置(例如,节点)中(例如,在其内实现或由其执行)。在一些方面,节点包括无线节点。此类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。在一些方面,根据本文中的教导实现的无线节点可包括接入点或接入终端。

[0047] 接入点(“AP”)可包括、被实现为、或被称为B节点、无线电网络控制器(“RNC”)、增强型B节点(eNodeB)、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。在一些实现中,接入点可包括机顶盒自助服务机、媒体中心、或配置成经由无线或有线介质通信的任何其它合适的设备。

[0048] 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、用户站、或其它某个术语。在一些实现中,接入终端可包括蜂窝电话、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”)、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。相应地,本文中所教导的一个或多个方面可被纳入到电话(例如,蜂窝电话或智能电话)、计算机(例如,膝上型计算机)、便携式通信设备、便携式计算设备(例如,个人数据助理)、平板设备、娱乐设备(例如,音乐或视频设备、或卫星无线电)、电视机显示器、摄像机、安防摄像机、数字录像机(DVR)、全球定位系统设备、传感器/工业装备、医疗设备、交通工具/汽车、人体植入式设备、可穿戴设备、或被配置成经由无线或有线介质进行通信的任何其他合适的设备中。

[0049] 参照图1,解说了根据一个方面的多址无线通信系统。在本公开的一方面,来自图1的无线通信系统可以是基于正交频分复用(OFDM)的无线移动带宽系统。接入点100(AP)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。接入终端116(AT)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上向接入终端116传送信息,并在反向链路118上接收来自接入终端116的信息。接入终端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上向接入终端122传送信息,并在反向链路124上接收来自接入终端122的信息。在FDD系统中,通信链路118、120、124和126可使用不同频率进行通信。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。

[0050] 每群天线和/或它们被设计成在其中通信的区域常常被称为接入点的扇区。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100覆盖的区域的扇区中的接入终端通信。

[0051] 在前向链路120和126上的通信中,接入点100的诸发射天线可利用波束成形以改善不同接入终端116和122的前向链路的信噪比。而且,与接入点通过单个天线向其所有接

入终端发射相比,使用波束成形向随机散布遍及其覆盖的诸接入终端发射的接入点对邻蜂窝小区中的接入终端造成的干扰较小。

[0052] 图2解说了无线通信系统(例如,MIMO)系统200)中的发射机系统210(例如,也被称为接入点)和接收机系统250(例如,也被称为接入终端)的一方面的框图。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。

[0053] 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。

[0054] 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定的特定调制方案(例如,BPSK、QPSK、m-PSK或m-QAM)来调制(即,码元映射)该数据流的经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。

[0055] 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然后将 N_T 个调制码元流提供给个 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。

[0056] 每个发射机222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。

[0057] 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,并且从每个天线252接收到的信号可被提供给各自相应的接收机(RCVR)254a到254r。每个接收机254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。

[0058] RX数据处理器260随后从 N_R 个接收机254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。

[0059] 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。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,并被传回发射机系统210。

[0060] 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222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。

[0061] 图3解说了在可用在来自图1的无线通信系统内的无线设备302中可采用的各种组

件。无线设备302是可被配置成实现如本文中所描述的各种方法的设备的示例。无线设备302可以是来自图1的接入点100或接入终端116、112中的任何接入终端。

[0062] 无线设备302可包括处理器304,其控制无线设备302的操作。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内所存储的程序指令来执行逻辑和算术运算。存储器306中的指令可被执行以实现本文中所描述的方法。

[0063] 无线设备302还可包括外壳308,该外壳308可包括发射机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。

[0064] 无线设备302还可包括信号检测器318,其可被用于力图检测和量化由收发机314收到的信号电平。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。

[0065] 另外,无线设备还可包括用于(例如,通过实现操作600和/或1000)编码要传输的信号的编码器322以及用于(例如,通过实现操作700和/或1100)解码所接收到的信号的解码器324。

[0066] 无线设备302的各个组件可由总线系统326耦合在一起,该总线系统326除数据总线之外还可包括电源总线、控制信号总线、以及状态信号总线。根据以下讨论的本公开的各方面,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。

[0067] 图4是解说根据本公开的某些方面的编码器的简化框图。图4解说了射频(RF)调制调解器404的一部分,其可被配置成提供经编码消息以用于无线传输。在一个示例中,基站(例如,接入点100和/或发射机系统210)(或反向路径上的接入终端)中的编码器406接收要传输的消息402。消息402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406使用合适的调制和编码方案(MCS)来对该消息进行编码,该MCS通常基于由接入点100/发射机系统210或另一网络实体定义的配置来选择。在一些情形中,编码器406可以使用下述各技术(例如,通过实现下述操作600和/或1000)来对该消息进行编码。由编码器406产生的经编码比特流408随后可被提供给映射器410,该映射器410生成Tx码元序列412,该Tx码元序列412被Tx链414调制、放大并以其他方式处理,以产生供通过天线418传输的RF信号416。

[0068] 图5是解说根据本公开的某些方面的解码器的简化框图。图5解说了可被配置成接收并解码包括经编码消息(例如,如下述使用极化码来编码的消息)的无线传送的信号的RF调制调解器510的一部分。在各种示例中,接收到该信号的调制解调器510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的装备或装置处。天线502向接入终端(例如,接入终端116、122和/或250)提供RF信号416(即,图4中产生的RF信号)。RF链506对RF信号416进行处理和解调,并且可向解映射器512提供码元序列508,该解映射器512产生表示该经编码消息的比特流514。

[0069] 解码器516随后可被用来从已经使用编码方案(例如,极化码)进行编码的比特流中解码出m比特信息串。解码器516可包括Viterbi解码器、代数解码器、蝶形解码器、或另一

合适的解码器。在一示例中,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514相对应的信令状态序列(Viterbi路径)。比特流514可基于针对比特流514计算出的LLR的统计分析来解码。在一示例中,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514生成LLR。似然比可被用来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514的码元序列。解码器516随后可基于LLR来对比特流514进行解码,以确定包含从基站(例如,接入点100和/或发射机系统210)传送的数据和/或经编码语音或其他内容的消息518。解码器可根据以下呈现的本公开的各方面(例如,通过实现下述操作700和/或1100)来对比特流514进行解码。

[0070] 通过CRC比特的策略性放置进行的示例增强型极化码构建

[0071] 极化码是第一个可证明的达成容量的编码方案,其具有(在块长度方面)几乎线性的编码和解码复杂度。极化码被普遍认为是用于下一代无线系统中的纠错的候选。极化码具有很多期望性质,诸如确定性构建(例如,基于快速HADAMARD(哈达码变换)、非常低且可预测的差错本底、以及基于简单的连续消去(SC)的解码。

[0072] 然而,使用极化码的主要缺陷是有限长度性能和解码器等待时间。例如,极化码具有随块长度的平方根增长的最小距离,并且由此SC解码差错不会按块长度以指数方式快速下降。此外,SC解码器固有地是串行的,这导致较大的解码等待时间。

[0073] 在一些情形中,为了改进它们的差错指数,将极化码与循环冗余校验(CRC)级联。这一级联码具有改进的最小距离,并且在与列表SC解码器结合时,性能显著地提高。然而,仍然存在的一个缺陷是解码器的等待时间。此外,对于短至中等块长度而言,在CRC编码上花费的能量可证明是昂贵的。

[0074] 由此,本公开的各方面提供了对基本极化方案的若干改进,其可导致改善的性能以及列表SC解码的改进的等待时间。例如,在一些情形中,改进性能并降低列表SC解码的等待时间可涉及在极化码码字内的不同位置处选择性地插入纠错码(例如,CRC)的情况下使用分布式奇偶校验;而在其他情形中,改进性能并降低列表SC解码的等待时间可涉及首先使用极化码对信息比特进行编码,并且随后使用非极化码对经极化编码的比特进行进一步编码。

[0075] 图6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600。根据某些方面,操作600可由基站(BS)(例如,接入点100/发射机系统210)来执行。应当注意到,虽然操作600被描述为由基站执行,但是操作600也可由用户装备(UE)(接入终端116)来执行。在其他场景中,各方面可由能够充当UE/BS两者的设备以混合方式以及在虚拟设置(诸如SDN/NFV场景)中使用。

[0076] 操作600在602开始于通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码来生成码字。在604,BS基于一个或多个标准来确定该码字内要插入纠错码的多个位置。此类放置可被称为分布式奇偶校验和/或策略性CRC插入。在606,该BS基于这些信息比特的对应部分(即,在纠错码之前出现的一组信息比特)来生成这些纠错码。在608,该BS在所确定的多个位置处插入这些纠错码。在610,该BS例如使用一个或多个发射机(例如,TMTR 222)以及一个或多个天线(例如,一个或多个天线224)来传送该码字。应当理解,该码字可以不

同方式传送,诸如在硬连线线路上或在无线介质上传送、或者被存储在计算机可读介质(例如,压缩碟、USB驱动器)中,等等。

[0077] 图7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700。操作700可例如由用户装备(UE)(例如,接入终端116/接收机系统250)来执行。应当注意到,虽然操作700被描述为由UE执行,但是操作700也可由基站(例如,接入点100)来执行。在其他场景中,各方面可由能够充当UE/BS两者的设备以混合方式以及在虚拟设置(诸如SDN/NFV场景)中使用。

[0078] 操作700在702开始于接收通过使用长度为N的极化码的多维解读对信息比特进行编码而生成的码字。应当理解,该码字可以不同方式接收,诸如在硬连线线路上或在无线介质上接收、或者从计算机可读介质(例如,压缩碟、USB驱动器)接收,等等。在704,UE对该码字的各部分进行解码。在706,该UE基于纠错码来验证该码字的经解码部分,这些纠错码是基于一个或多个准则而被插入在该码字中的多个位置处的。

[0079] 如以上所提及的,极化码是长度 $N=2^n$ 的线性分组码,其中它们的生成矩阵是使用矩阵 $G = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ 的n次Kronecker幂构建的,由 G^n 表示。例如,式(1)示出了针对 $n=3$ 所得到的生成矩阵。

$$[0080] \quad G^{\otimes 3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{式 1}$$

[0081] 根据某些方面,码字可以(例如,由BS)通过使用生成矩阵对数个输入比特(例如,信息比特)进行编码来生成。例如,在给定数个输入比特 $u = (u_0, u_1, \dots, u_{N-1})$ 的情况下,结果所得的码字向量 $x = (x_0, x_1, \dots, x_{N-1})$ 可以通过使用生成矩阵G对这些输入比特进行编码来生成。该结果所得的码字可随后由基站在无线介质上传送,并且由UE接收。

[0082] 在(例如,由UE)使用连续消去(SC)解码器对所接收到的向量进行解码时,假定比特 u_0^{i-1} 被正确地解码,则每一估算出的比特 \hat{u}_i 具有预定差错概率,该差错概率趋向于0或0.5。此外,具有低差错概率的估算出的比特的比例趋向于底层信道的容量。极化码通过使用最可靠的K个比特传送信息而同时将其余(N-K)个比特设置或冻结为预定值(诸如0)来利用被称为信道极化的现象,例如如以下所解释的。

[0083] 对于非常大的N而言,极化码将该信道变换成针对N个信息比特的N个并行“虚拟”信道。若C是信道容量,则存在几乎 $N \cdot C$ 个完全无噪声的信道,并且存在 $N(1-C)$ 个完全有噪声的信道。基本极化编码方案涉及冻结(即,不传送)要沿着完全有噪的信道发送的信息比特,并且仅沿着完美信道发送信息。对于短至中等的N而言,从可能存在若干个既非完全无用又非完全无噪声的信道(即,处于转变中的信道)的意义上来说,这种极化可能并不彻底。取决于传输速率,这些处于转变中的信道要么被冻结,要么被用于传输。

[0084] 根据某些方面,为了降低复杂度,可用二个维度表示极化码。例如,令 $N=K \times M$,其

中 K 、 M 是2的幂(分别通过 k 、 m 表示指数)。例如,图8解说了尺寸 $N=128$ 的极化码,其按二维重新安排为具有四列($K=4$)和三十二行($M=32$)。根据某些方面,图8中所解说的码率为 $1/2$ 。信息比特可被放置在对应用于‘1’的位置处,无信息被放置在对应用于‘0’的位置处。极化随后可首先在第2维度中执行,例如,通过使用HADAMARD矩阵 G^m (即,内码)。例如,为了确定码字,沿任何列(例如,尺寸 $M=32$ 的HADAMARD矩阵)的极化可被首先考虑。这产生了 M 个信道,其中一些是“坏”的、一些是“好”的、以及一些处于“转变”中。现在,这 M 个信道中的每一者可使用HADAMARD矩阵 G^k (例如,尺寸 $K=4$ 的HADAMARD矩阵)进行进一步极化。这产生了与使用HADAMARD矩阵 G^n 得到的极化码相同的极化码。也就是说,对于图8中所解说的示例,这给我们带来了与使用尺寸为128的HADAMARD矩阵进行极化得到的信道完全相同的信道。注意到,连续消去(SC)解码器是从顶部到底部并从左侧到右侧进行的(即,从第一行开始(从左到右)并且随后行进到下一行(从左到右),依此类推)。由此,实质上 G^n 已经以张量形式进行因式表示。

[0085] 本公开的某些方面提议使用这种2维形式来表示并修改极化码,从而实现若干益处,诸如降低的解码等待时间以及潜在更好的性能。

[0086] 例如,通常,在将纠错码(例如,CRC码)与极化码级联时,在解码过程的最后采取CRC。但是,有时由于其中的一些“坏”信道被用于传输,正确解码路径可能在解码过程中间的某处脱离由解码器维持的解码列表,这导致被称为块差错率的差错。由此,为了有助于缓解这一问题,CRC可由UE按规律间隔(例如,在UE中的解码器处是先验已知的)执行,而不是在最后执行,从而使正确路径在解码列表中保持达更长的时间,并且由此改进性能。

[0087] 根据某些方面,基站可确定信息比特的一部分,如以下所解释的,以使得UE可针对每个部分执行CRC。例如,UE中的解码器可能知晓放置CRC比特的位置,并且针对先前解码出的信息比特的一部分取CRC。根据各方面,在规律间隔期间取CRC可以确保正确解码路径停留在列表内。

[0088] 根据某些方面,极化码的二维视图提供了这样做的方式。例如,基站可标识处于转变中的几个信道,基站可在这几个信道中放置CRC位。更确切地说,基站可确定生成矩阵中表示处于转变中的所有或几个信道的列。基站随后可使用CRC比特来对(处于转变中的这些信道中的)“好”的极化信道上发送的信息进行编码。与最后使用CRC的标准列表SC解码相比,这将确保更好的性能和复杂度。

[0089] 这一技术的示例在图8中示出。根据某些方面,速率为1的行式分组码(例如,1111)可能导致路径的激增,这可以通过如图8中所示地取CRC来删减。在一些情形中,CRC可能需要比标准方案更频繁地被执行(即,不止是在解码的最后执行一次)。然而,从更频繁地取CRC得到的编码增益将不止能够补偿每信息比特的能量损失。其原因在于,针对与标准方案相同的列表尺寸执行了更多次CRC,和/或还可实现与标准方案相同的性能,但以更低的列表尺寸实现。后者将有利于获得更低的实现复杂度和解码等待时间,由此实现更高效的整体通信(例如,在功率和时间两方面)。

[0090] 根据某些方面,这将是发射机侧方案,该方案将通过降低列表尺寸但仍获得与以更大的列表尺寸进行标准列表SC解码相同的性能来以更低的复杂度实现对极化+CRC码的列表SC解码。也就是说,例如,如以上所提及的,为了降低解码复杂度,BS可例如基于一个或多个准则来确定码字内要插入CRC码的多个位置(例如,码字内速率为1的行式分组码的位

置和/或正确解码路径通常脱离解码列表的位置),如以下所解释的。

[0091] 例如,如在图8中所解说的,基站可以通过查看极化码内的不同行式分组码来确定这些位置(例如,802、804和806)。例如,在一些情形中,基站可以寻找极化码中具有速率为1的行式分组码的第一位置(例如,行)(例如,在802处),并且可以在这一位置处插入覆盖具有速率为1的行式分组码的行之前的所有行(例如,部分808)的CRC比特。例如,基站可以确定要插入覆盖具有速率为1的行式分组码的行之前的所有行的CRC比特,因为速率为1的分组码将使解码列表激增,并且创建许多路径。例如,如所解说的,CRC位置802可以覆盖极化码的部分808,CRC位置804可以覆盖极化码的部分810,而CRC位置806可以覆盖极化码的部分812。在一些情形中,针对特定部分的CRC比特可以覆盖该部分内的比特以及前一部分中的比特。例如,放置在位置804处的CRC比特可以覆盖部分810以及部分808。根据某些方面,在这些位置处插入CRC比特能够降低解码路径中的列表元素的数目,并且有助于确保(例如,UE处的)正确解码路径保持在解码列表中。

[0092] 在其他情形中,基站可以基于正确解码路径通常在什么点处脱离解码列表的统计分析来确定要放置CRC比特的位置。例如,基站和/或UE可以接收关于各种参数的信息(例如,信道、速率、块长度)并确定解码过程中正确路径(通常)脱离的位置。相应地,知晓正确解码路径脱离解码列表的特定位置暗示了在这一特定位置之前取CRC或任何其他纠错编码将有助于确保正确路径不会过早地脱离列表,并且留存到解码过程结束。

[0093] 图9解说了根据本公开的各个方面的正确路径脱离解码列表以及例如基于统计分析来确定要插入纠错码的位置的示例。根据某些方面,在SC解码列表中的每个位置(例如, u_0 、 u_1 、 u_2)处,列表中的元素被拆分成两条路径,一条路径具有被设为0的对应比特,以及一条路径具有被设为1的比特。在902处示出了前4个列表元素(基于最大似然度量),并且正确的元素(或所传送的码字)被示为解码路径904。解码路径906是前4个元素之外的元素。在该示例中,正确路径在位置3(例如,在解码信息比特 u_2 时)和位置*i*中脱离列表。由此,如果直到位置3才取纠错码/CRC,则将有助于将正确元素保留在列表中超过位置3。类似地,在SC解码的稍后阶段,正确路径在位置*i*处脱离列表。在位置*i*之前使用纠错码/CRC对各比特进行编码将有助于将正确路径保持在列表中超过位置*i*。

[0094] 如所提及的,纠错码的放置可基于正确解码路径通常在何时脱离解码列表的确定,例如,如在图9中所解说的。例如,标准列表SC解码可以运行多次,并且可以记录正确路径最有可能脱离列表的位置(例如,图9中的位置3和*i*)。纠错码/CRC可被用来对直到这一位置之前的比特进行编码,随后可以重复解码过程多次,并且最有可能的是,现在正确路径脱离列表的时间将会晚得多。现在记录这一位置,并且可以再次使用纠错码/CRC对直到这一位置之前的比特进行编码。多次重复这一实验,从而找到正确路径最有可能脱离列表的位置,并且在这些点上放置合适的奇偶校验约束(例如,CRC比特),以确保正确路径停留在列表上达最长的时间。

[0095] 根据某些方面,这些CRC码可由BS基于码字的信息比特的各部分(或各子集)(例如,在速率为1的行式分组码之前的信息比特)来生成。在一些情形中,信息比特的这些部分可以包括相同数目的比特(例如,意味着CRC比特被放置在极化码内的规律位置处)。

[0096] 此外,在一些情形中,BS可以选择性地插入纠错码(例如,CRC码),这些纠错码是针对以下至少一者生成的:M个信道中的一个或多个信道中使用速率小于1的极化码进行编码

的比特、或者M个信道中的一个或多个信道中使用速率为1的极化码进行编码的比特。

[0097] 相应地,UE可以接收码字和CRC码,并且在解码时可以基于CRC码来验证该码字的各部分(例如,而非尝试在解码过程的结束处验证整个码字)。也就是说,UE可以接收包括CRC码的码字,并且可以对码字的在第一CRC码之前的第一部分进行解码,对码字的在第二CRC码之前的(例如,在第一CRC码之后的)第二部分进行解码,等等。如以上所提及的,可由基站选择性地插入第一和第二CRC码的位置,以确保正确解码路径不脱离解码列表。

[0098] 根据某些方面,如果维度K比维度M小得多,则UE可以通过复制用于K个收到消息的存储器来执行对极化码 G^k 的列表SC解码,这可以有助于降低等待时间。

[0099] 另一降低等待时间的方式可以是:对由码字中的一行形成的某些行式分组码使用某些解码规则。例如,如图8中所解说的,BS可以沿二维生成矩阵的各行插入各种‘普通’码,该‘普通’码指令UE如何解码码字的一部分。例如,全部为‘0000’的行仅仅是速率为0的码,其可以指令UE不执行解码;全部为‘1111’的行是速率为1的码,其可以指令UE对 G^m 极化码采取硬决策,这些硬决策可以并行地完成;‘0111’行是单个奇偶校验(SPC)码,其可以指令UE采取硬决策并在不满足奇偶校验的情况下翻转最低可靠位的符号;‘0001’行是重复码,其可以指令UE取所有LLR的总和并且随后采取硬决策。根据某些方面,仅非普通码为‘0011’行,其为速率为1/2的里德-密勒码,在该情形中,UE可以具有用于根据该码来进行解码的专用解码器。

[0100] 根据某些方面,以上提到的解码规则对应于针对该码的最大似然解码。一旦对这些长度为4的分组码作出了硬决策,就可以沿4个列(M维)并行地运行(例如,UE中的)SC解码器,并获得针对下一长度为4的行中的下一分组码的LLR。由于非普通码的数目较小,并且大部分码是普通码,这有助于降低SC解码器的解码等待时间。注意到,并行地运行SC解码器不会过于复杂,因为不需要复制存储器,并且用于整个极化码的相同硬件基本上被用于对极化码的不同部分进行解码。

[0101] 另一降低解码等待时间的方式可以如下。例如,再次考虑二维极化码解读,并回想可仅沿行作出硬决策。由此,可由UE针对与CRC级联的行式极化码执行列表SC解码。在该情形中,所需的CRC比特的数目将超过标准方案。然而,如果保持较小的K,则可以复制所接收到的消息(具有更多存储器),以降低列表SC解码器的等待时间。在一些情形中,这在对整个极化码执行列表SC解码时是不可能的。在这一情形中(即,对整个极化码进行解码时)对所接收到的消息进行复制将需要过分大的存储器。另外,基站可在解码过程的较早阶段选择性地使用CRC比特来保护处于转变中的信道以及少数好信道,以获得更好的性能。

[0102] 示例通用极化码构建

[0103] 根据某些方面,并非在两个维度(即,在‘k’和‘m’两个维度,如上所述)中均使用极化码,而是可以在第一维度(例如,K维度)中使用非极化码(例如,里德-密勒(Reed-Muller)码、或经扩展汉明(Hamming)码、或里德-密勒-极化混合码)并且在第二维度中使用极化码。例如,基站可首先使用具有适当速率(例如,小于对应极化信道的容量)的通用非极化码对(每一行的)信息比特进行编码,并且随后可将每一列乘以大小为M的HADAMARD矩阵,以获得最终码。换言之,基站可在第一维度内使用第一码(例如,里德-密勒码、经扩展汉明码等)来对信息比特进行编码,并且可在第二维度内使用第二码(例如,极化码)来对信息比特进行进一步编码,从而得到作为第一码和第二码的乘积的码字。

[0104] 图10解说了用于由基站(例如,接入点100/发射机系统210)进行无线通信以例如使用两种不同的编码方案生成码字的示例操作1000。应当注意到,虽然操作1000被描述为由基站执行,但是操作1000也可由用户装备(UE)(接入终端116)来执行。在其他场景中,各方面可由能够充当UE/BS两者的设备以混合方式以及在虚拟设置(诸如SDN/NFV场景)中使用。

[0105] 操作1000在1002开始于通过使用长度为K的第一码对信息比特进行编码以获得要经由K个信道传送的比特来生成码字。在1004,BS使用长度为M的第二码对K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中该第一码包括极化码。在1006中,该BS例如使用一个或多个发射机(例如,TMTR 222)以及一个或多个天线(例如,一个或多个天线224)来传送该码字。应当理解,该码字可以不同方式传送,例如,在硬连线线路上或在无线介质上传送、或者被存储在计算机可读介质(例如,压缩碟、USB驱动器)中,等等。

[0106] 图11解说了用于由用户装备(UE)(例如,接入终端116/接收机系统250)进行无线通信以例如使用两种不同的编码方案对码字进行解码的示例操作1100。应当注意到,虽然操作1100被描述为由UE执行,但是操作1100也可由基站(例如,接入点100)来执行。在其他场景中,各方面可由能够充当UE/BS两者的设备以混合方式以及在虚拟设置(诸如SDN/NFV场景)中使用。

[0107] 操作1100在1102开始于接收与信息比特相对应的码字,这些信息比特使用长度为K的第一码进行编码以获得要经由K个信道传送的比特并且使用长度为M的第二码对这K个信道中的每一者中的比特进行进一步编码,其中该第一码包括极化码。应当理解,该码字可按不同的方式接收,诸如在硬连线线路上或在无线介质上接收、或者从计算机可读介质(例如,压缩碟、USB驱动器)接收,等等。在1104,UE使用连续列表(SC)解码来对该码字进行解码。

[0108] 如以上所提及的,并非在第一维度和第二维度两者上均使用极化码进行编码,而是可以将通用非极化码(例如,经扩展汉明码或里德-密勒码)与极化码一起使用。更确切地说,考虑信息比特流 $u(i) = (u_1(i), u_2(i), \dots, u_{KR}(i))$,其中R是传输速率并且 $1 \leq i \leq M$ 。流 u_i 中的每一者可首先在 G^k 方向上使用线性分组码(诸如里德-密勒码、里德-密勒-极化混合码、或经扩展汉明码)的生成矩阵进行编码,以获得一组经编码比特 $x^{(i)}$ 。例如, $x(i) = u(i)G$,其中G是任何线性分组码(诸如里德-密勒码、里德-密勒-极化混合码、经扩展汉明码、或者低密度奇偶校验(LDPC)码)的生成矩阵。随后,如之前那样,从使用线性码进行编码得到的一组经编码比特 $x(i)$ 可随后在 G^m 方向上使用速率为1的极化码进行进一步编码。

[0109] 另外,根据某些方面,线性分组码(即,非极化码)可以使用各种速率,这些速率中的每一者可被调谐至底层虚拟信道的容量。换言之,每个虚拟信道可使用另一线性分组码来进行进一步编码,该另一线性分组码的速率被专门调谐到该虚拟信道的容量。

[0110] 如以上所提及的,在接收到使用两种编码方案生成的码字之后,再次由UE通过首先对行式码进行解码并且随后沿列(针对所有四个列并行地)运行SC解码器来从上到下进行解码。更确切地说,行式码可由UE进行解码,其随后可被用来对极化码进行解码。换言之,在UE处进行解码是在极化码与非极化码之间按顺序且联合地发生的。例如,解码可按以下步骤进行。例如,在图8中,UE可在顶行处开始解码。在任一第i行处,UE可以首先并行地对每一列运行SC解码器(如在图8中,沿4个列运行4个SC解码器)。随后,UE可使用SC解码器树来

计算第*i*行内的每个比特的LLR。一旦UE针对第*i*行内的每个比特计算出LLR,该UE就可(针对非极化码)调用第*i*个行式解码器并对码字进行解码,或者在使用通用列表解码器的情况下维持码字列表。

[0111] 根据某些方面,使用里德-密勒-极化混合码对极化码的“虚拟”信道进行进一步编码的优点可以是:这些码相对于标准极化码提供改进的最小距离,而不会因使用CRC而牺牲信息速率。

[0112] 另一降低解码等待时间的方式可以通过使用通用列表SC解码。例如,假定对极化码进行二维解读,可以维持覆盖行式分组码的所有可能码字的列表,而非个体比特。更确切地说,并非保持对个体比特的跟踪,覆盖行式分组码的所有可能码字的列表可由UE维持,并被用来删减例如不可能的解码路径。根据某些方面,这将实现高性能列表SC解码。然而,可能需要例如通过仅保持列表中的顶部(例如,基于最大对数(ML)度量的)码字来保持较小的列表尺寸以实现低复杂度解码。也就是说,为了保持小列表,UE可以仅保持列表中的顶部码字,从而基于ML度量来选择这些码字。另外,如在图8中所示的采取CRC将有助于保持较小的路径数目,并且还有助于将正确路径维持在列表中达更长的时间。

[0113] 上述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。

[0114] 例如,用于传送的装置可包括图2中所解说的接入点210的发射机(例如,发射机222)和/或(诸)天线224、图2中所解说的用户终端250的发射机254和/或(诸)天线252、图3中所描绘的发射机310和/或(诸)天线316、和/或图4中所解说的天线418。用于接收的装置可包括图2中所解说的接入终端250的接收机(例如,接收机222)和/或(诸)天线224、图3中所描绘的接收机312和/或(诸)天线316、和/或图5中所解说的天线502。用于生成的装置、用于确定的装置、用于插入的装置、用于编码的装置、用于解码的装置、用于验证的装置、用于维持的装置、和/或用于保持的装置可包括处理系统,该处理系统可包括一个或多个处理器,诸如图2中所解说的接入点210的RX数据处理器242、TX数据处理器214、和/或处理器230、图2中所解说的接入终端250的RX数据处理器260、TX数据处理器238和/或处理器270、图3中所描绘的处理器304和/或DSP 320、和/或图4中所解说的编码器406、和/或图5中所解说的解码器516。

[0115] 如本文中所使用的,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。

[0116] 如本文中所使用的,术语接收机可指代RF接收机(例如,RF前端的RF接收机)或用于(例如,经由总线)接收由RF前端处理的结构的接口(例如,处理器的接口)。类似地,术语发射机可指代RF前端的RF发射机或用于(例如,经由总线)向RF前端输出结构以供传输的接口(例如,处理器的接口)。

[0117] 如本文中所使用的,引述一系列项目中的“至少一个”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中的至少一个”旨在涵盖:a、b、c、a-b、a-c、b-c、和a-

b-c,以及具有多重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)。

[0118] 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。

[0119] 结合本公开描述的方法或算法的步骤可直接在硬件中、在由处理器执行的软件模块中、或在这两者的组合中实施。软件模块可驻留在本领域所知的任何形式的存储介质中。可使用的存储介质的一些示例包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、闪存、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM,等等。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。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,存储介质可被整合到处理器。

[0120] 本文中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。

[0121] 所描述的功能可在硬件、软件、固件或其任何组合中实现。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。在用户终端122(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。

[0122] 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介质上的软件。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。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。作为示例,机器可读介质可包括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。该计算机程序产品可包括包装材料。

[0123] 在硬件实现中,机器可读介质可以是处理系统中与处理器分开的一部分。然而,如本领域技术人员将容易领会的,机器可读介质或其任何部分可在处理系统外部。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计算机产品,所

有这些都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。

[0124] 处理系统可被配置成通用处理系统,该通用处理系统具有一个或多个提供处理器功能性的微处理器、以及提供机器可读介质中的至少一部分的外部存储器,它们都通过外部总线架构与其他支持电路系统链接在一起。替换地,处理系统可以用带有集成在单块芯片中的处理器、总线接口、用户接口(在接入终端情形中)、支持电路系统、和至少一部分机器可读介质的ASIC(专用集成电路)来实现,或者用一个或多个FPGA(现场可编程门阵列)、PLD(可编程逻辑器件)、控制器、状态机、门控逻辑、分立硬件组件、或者任何其他合适的电路系统、或者能执行本公开通篇所描述的各种功能性的电路的任何组合来实现。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。

[0125] 机器可读介质可包括数个软件模块。这些软件模块包括当由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。

[0126] 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。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。存储介质可以是能被计算机访问的任何可用介质。作为示例而非限定,此类计算机可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储、磁盘存储或其他磁存储设备、或能用于携带或存储指令或数据结构形式的期望程序代码且能被计算机访问的任何其他介质。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[®]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。

[0127] 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。对于某些方面,计算机程序产品可包括包装材料。

[0128] 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/或其它恰当装置能由用户终端和/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)或软盘等物理存储介质等)来提供, 以使得一旦将该存储装置耦合至或提供给用户终端和/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。

[0129] 将理解, 权利要求并不被限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。

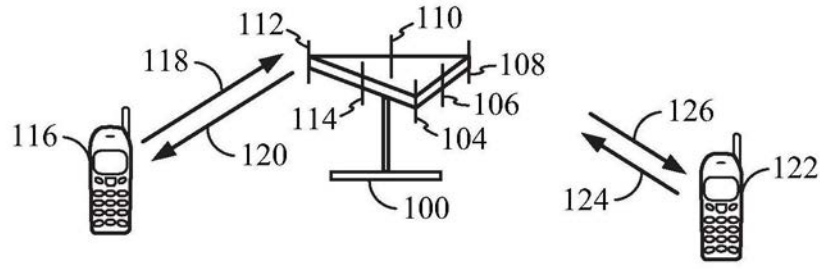


图1

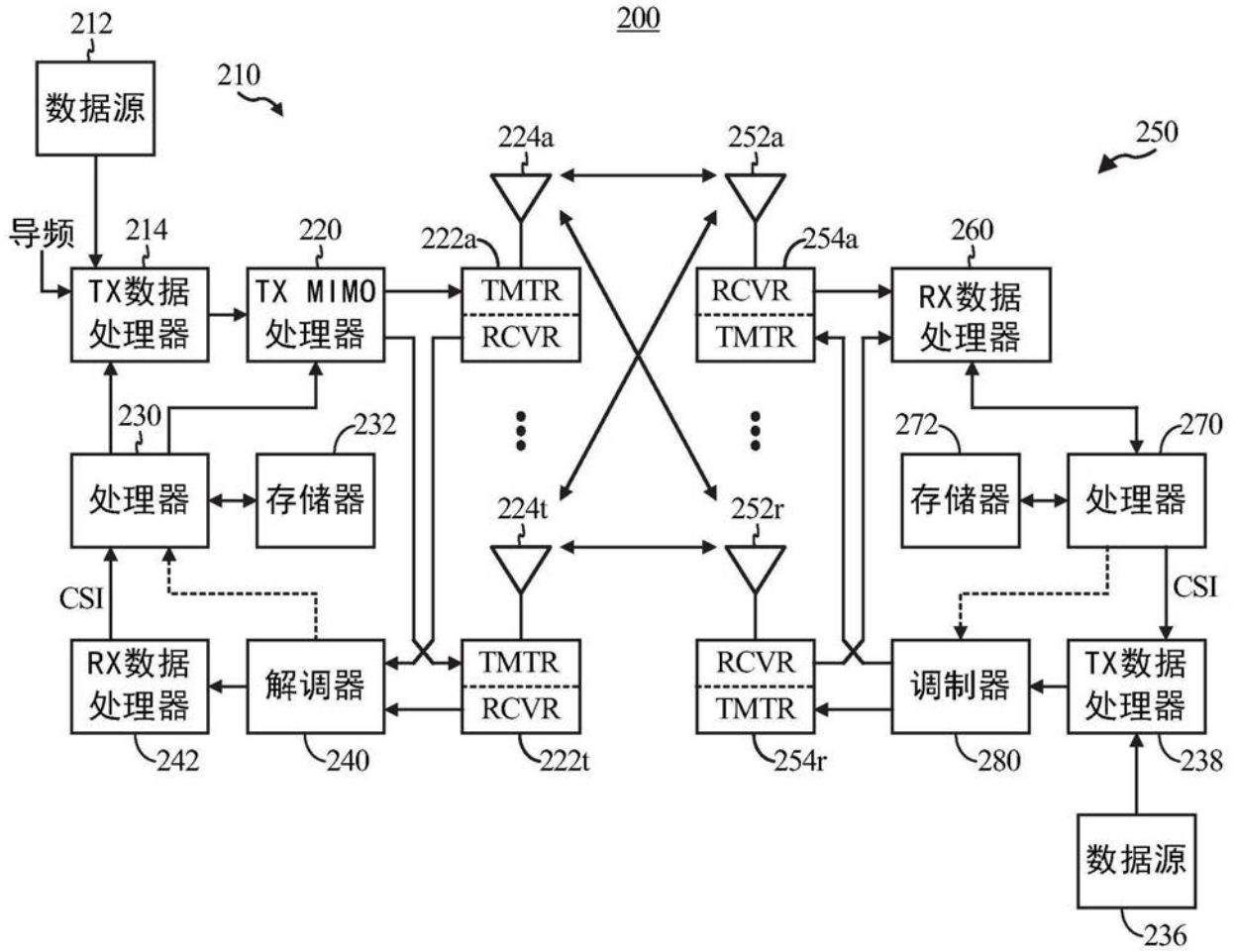


图2

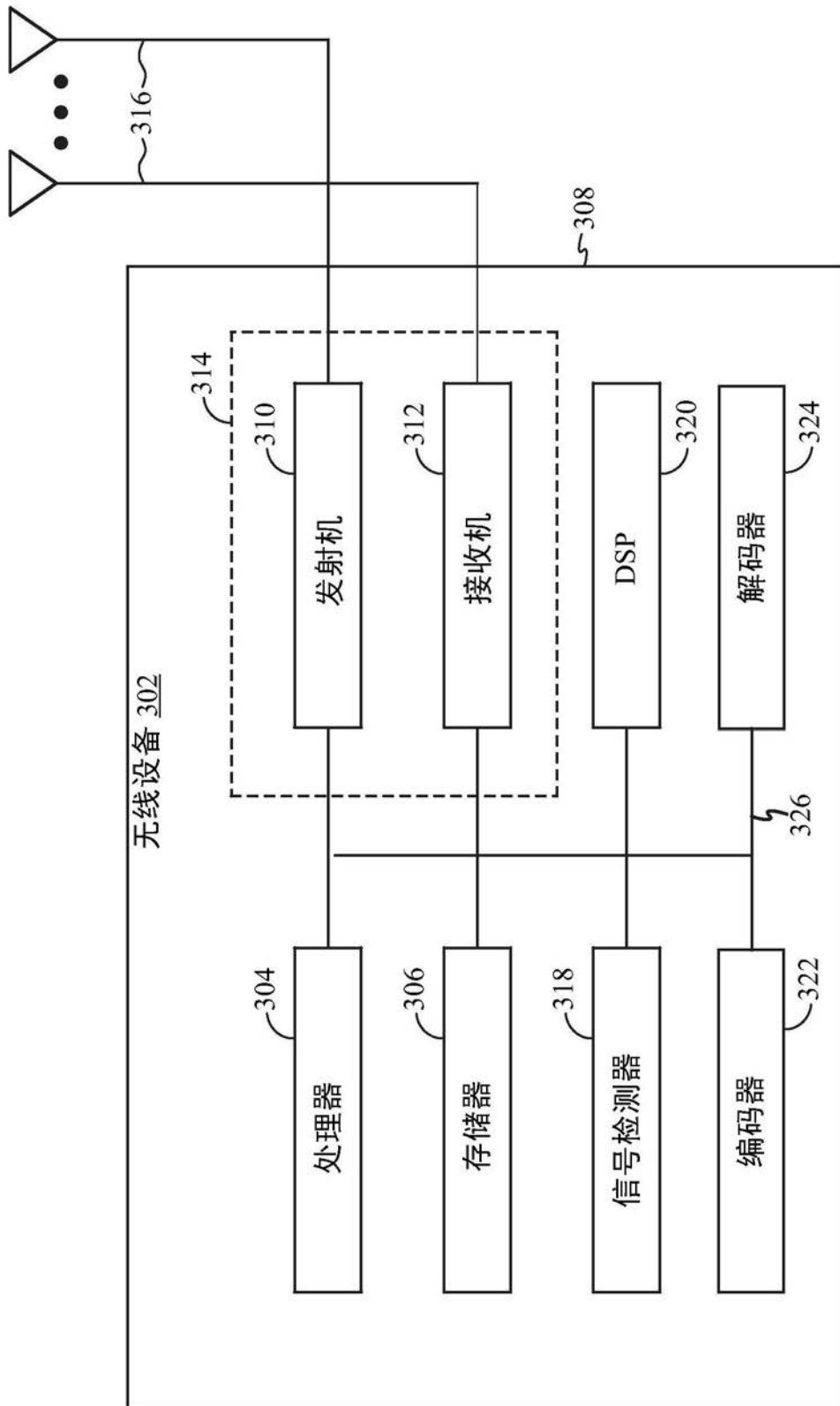


图3

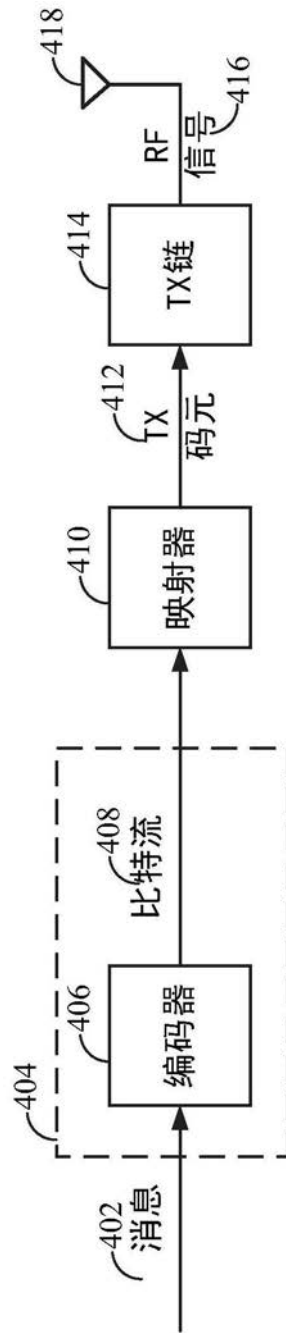


图4

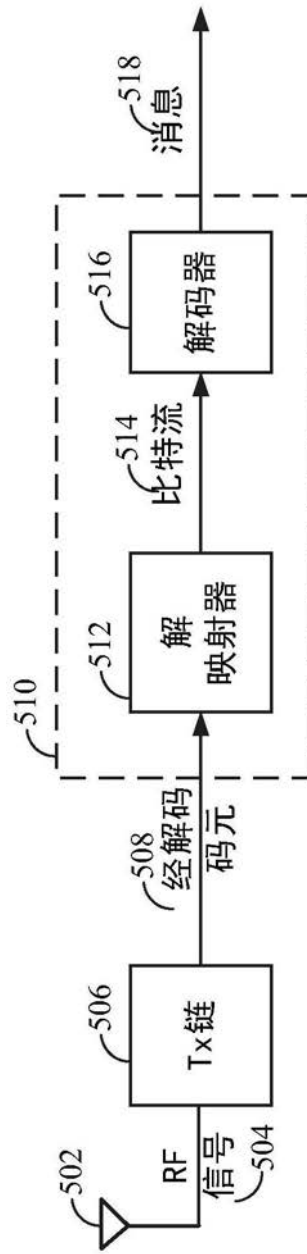


图5

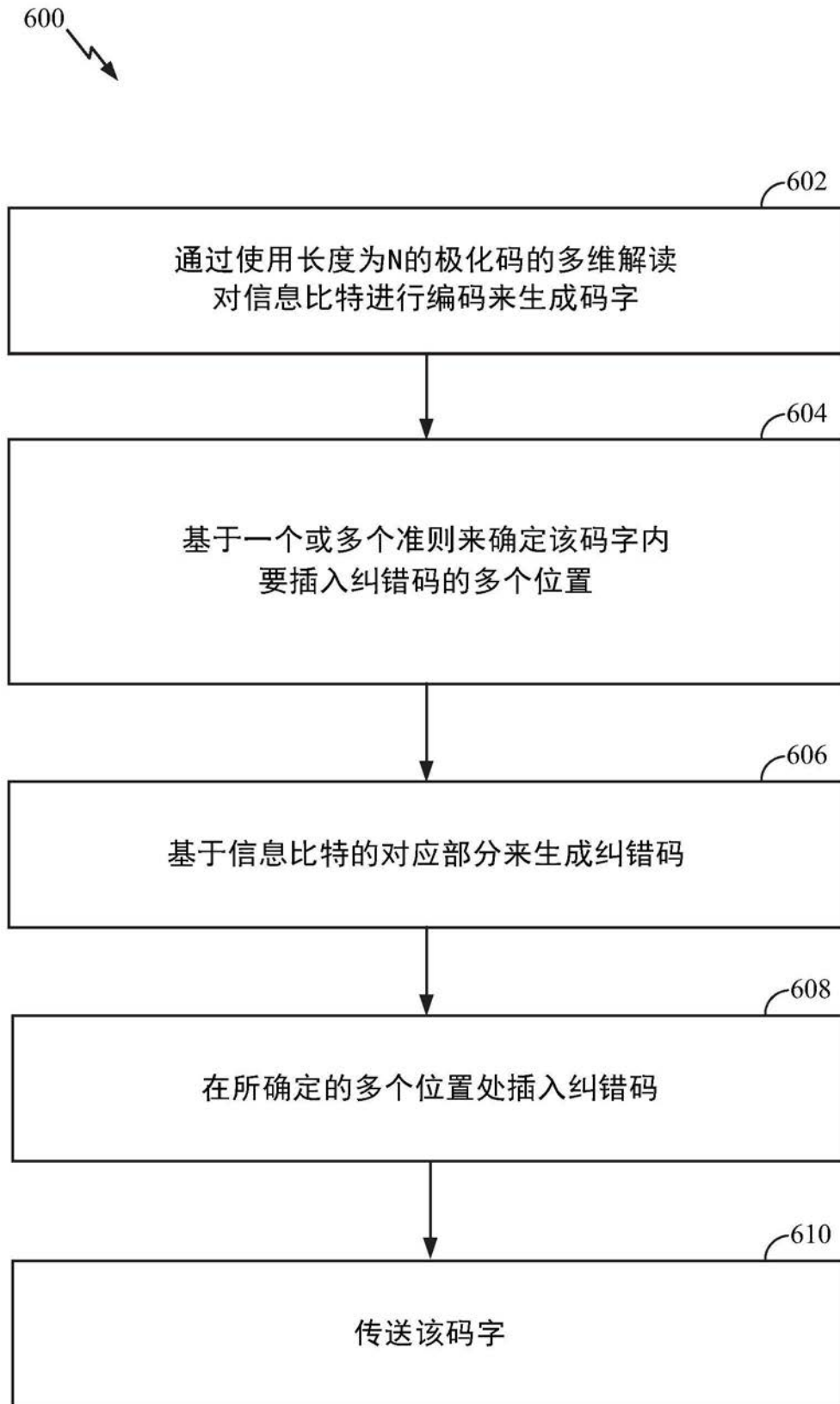


图6

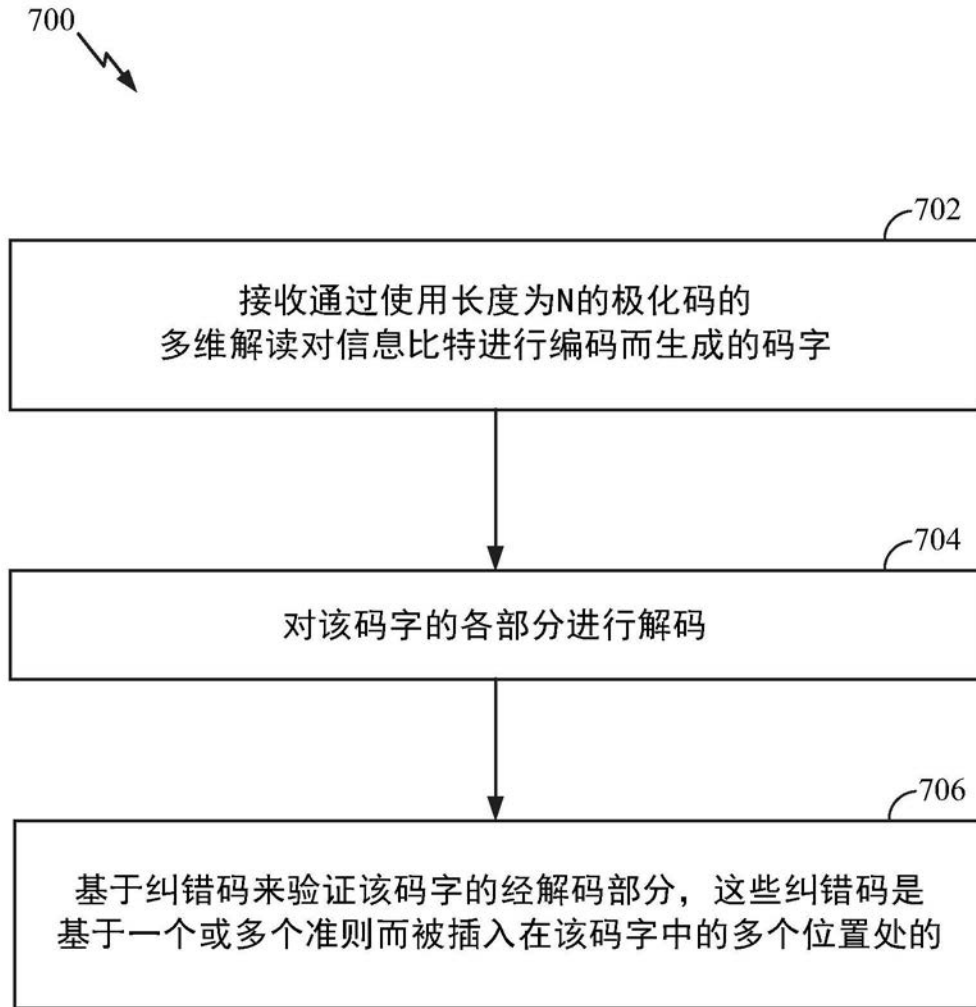


图7

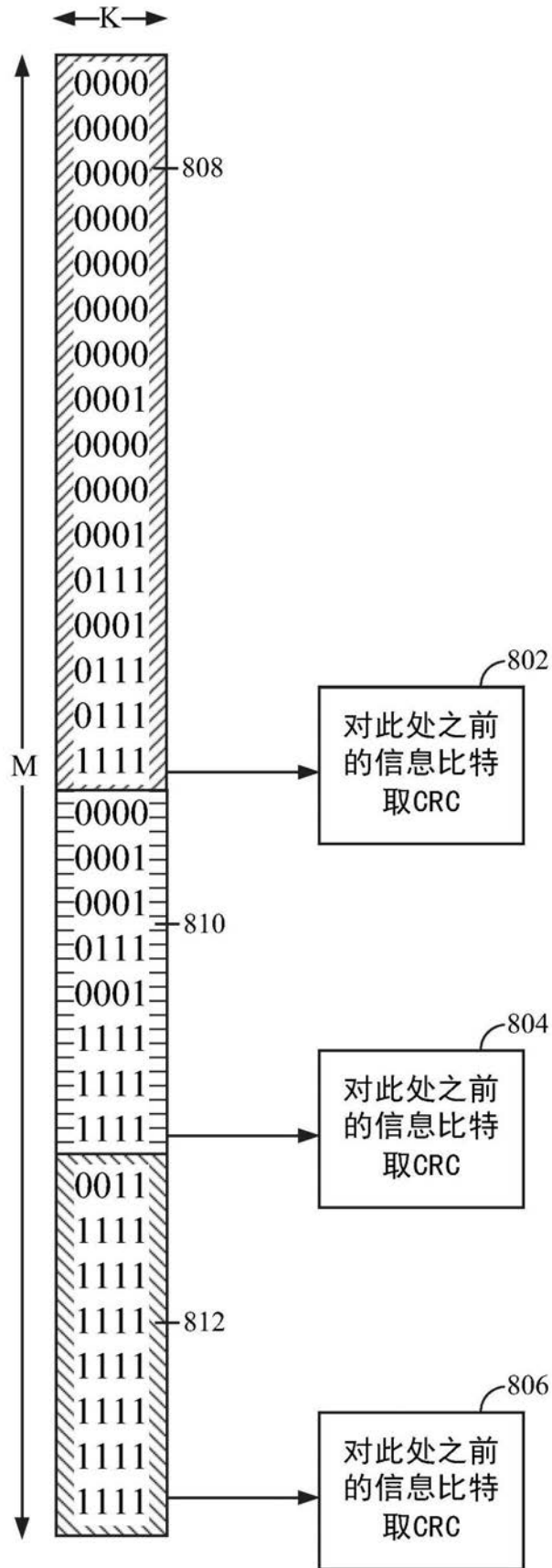
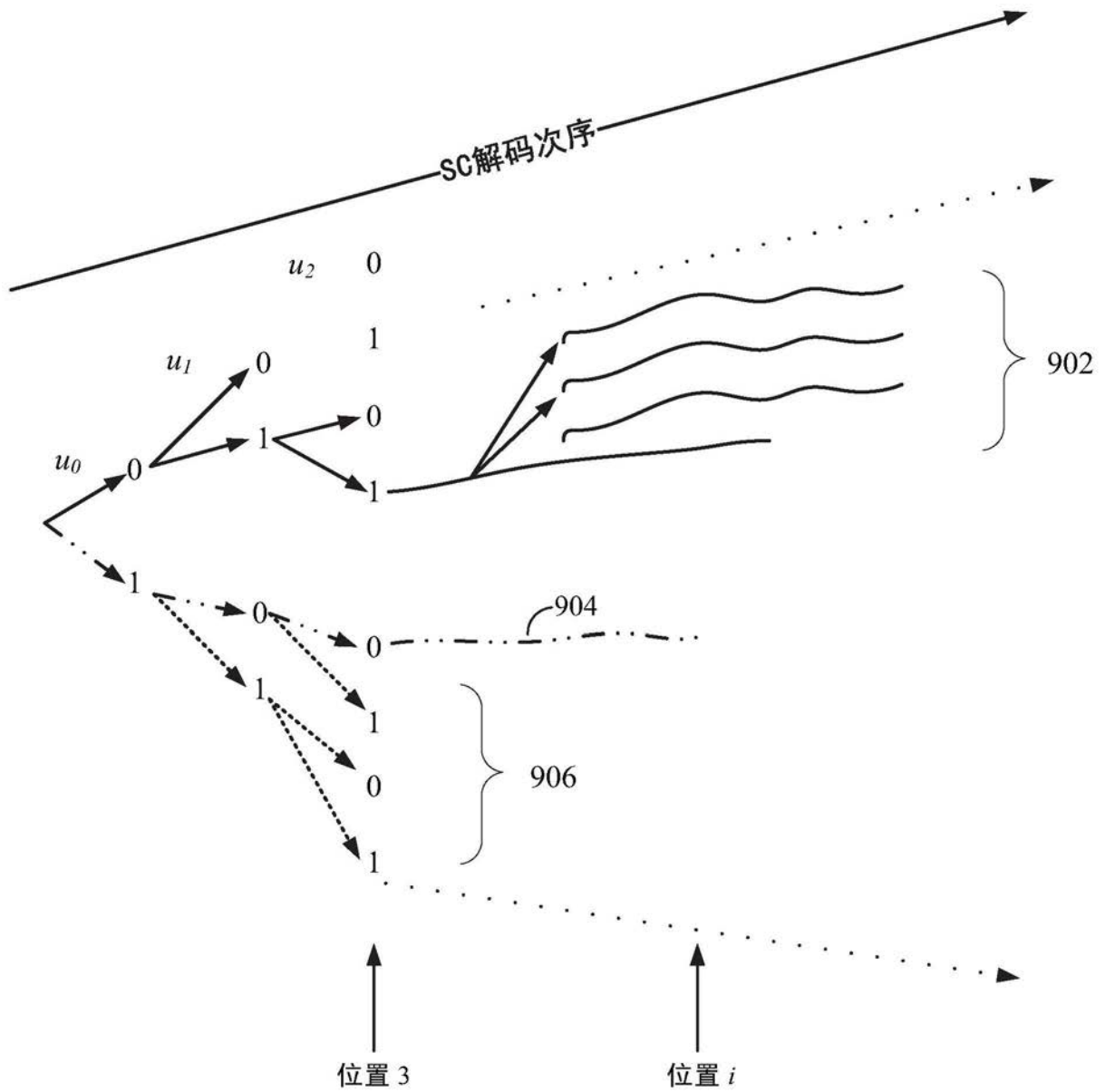


图8



在SC解码中找到正确路径脱离列表的位置。在本示图中，正确路径在位置3和*i*处脱离列表。

图9

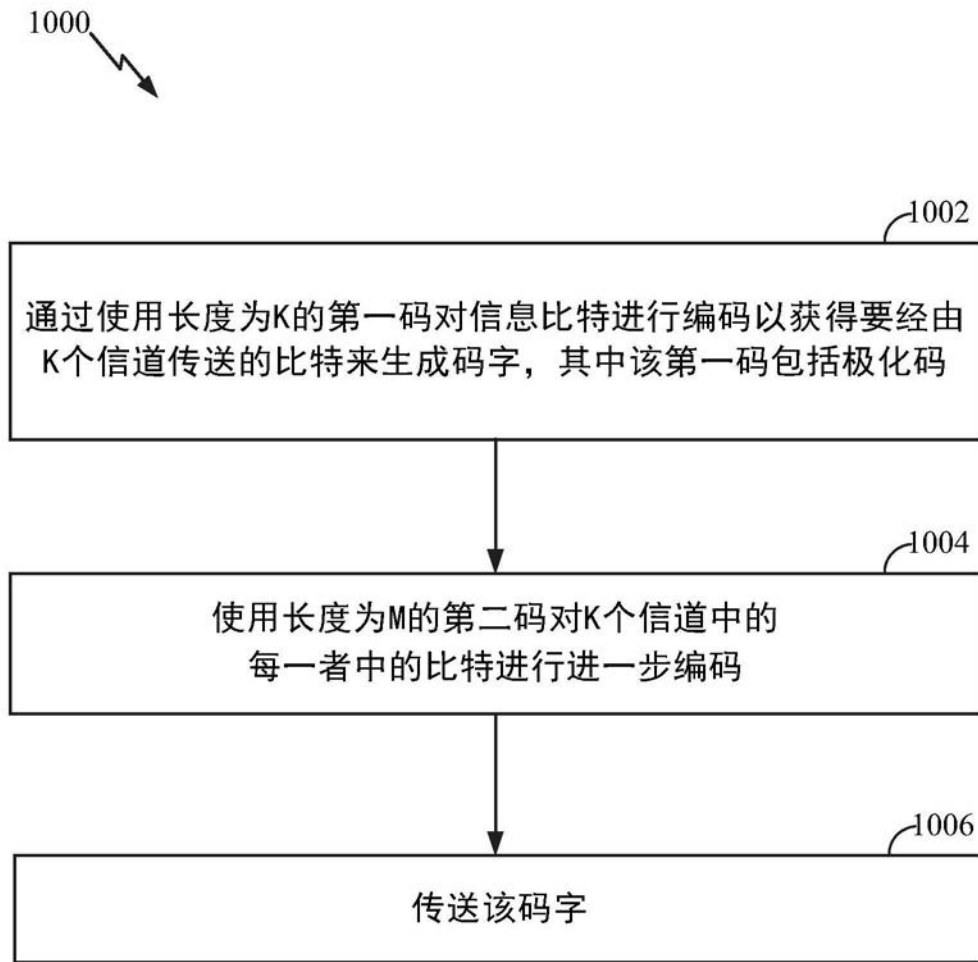


图10

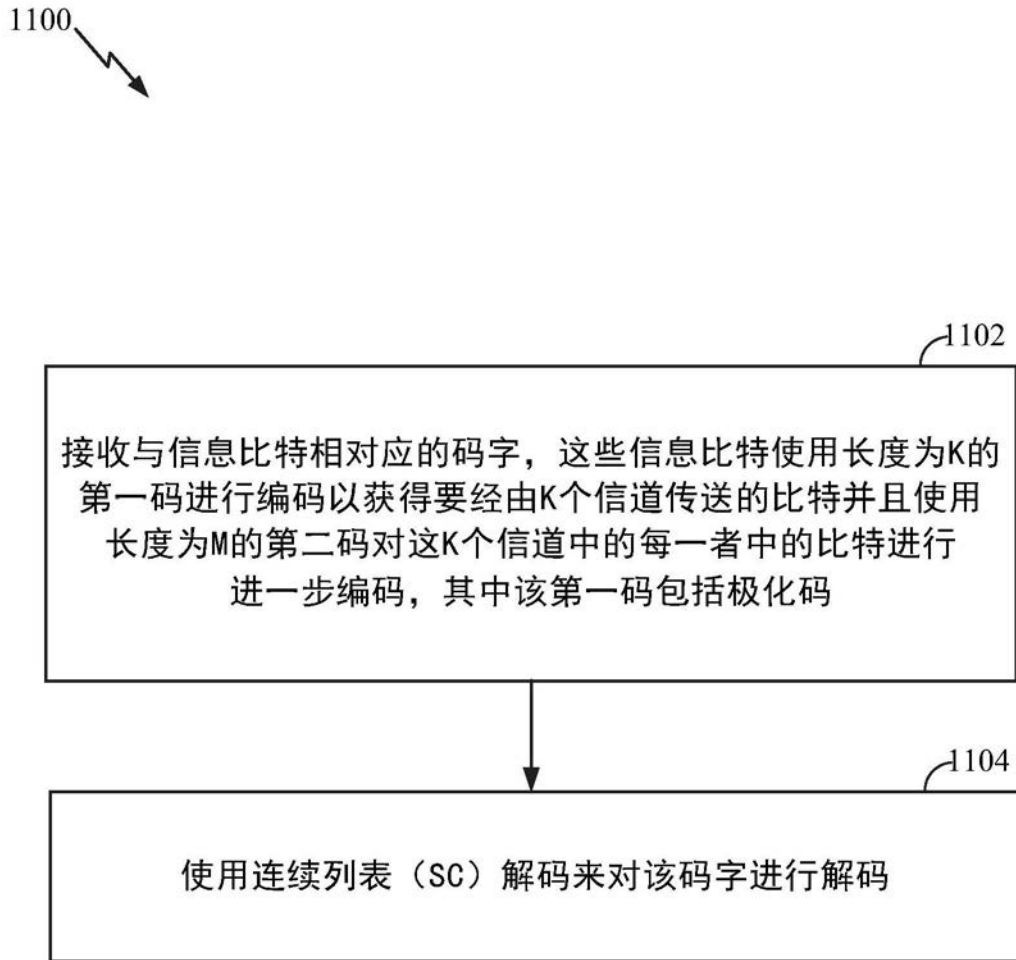


图11