



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104883333 B

(45)授权公告日 2018.11.06

(21)申请号 201510162217.7

(22)申请日 2010.01.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104883333 A

(43)申请公布日 2015.09.02

(30)优先权数据
61/145,742 2009.01.19 US

(62)分案原申请数据
201080004791.5 2010.01.18

(73)专利权人 LG电子株式会社
地址 韩国首尔

(72)发明人 高祐奭 文相喆

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 张旭东

(51)Int.Cl.

H04L 27/26(2006.01)

(56)对比文件

Digital Video Broadcasting(DVB).
“Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”.《DVB Document A122》.2008,

M. Schwartz等.“Communication systems and techniques”.《Communication systems and techniques》.1995,

Digital Video Broadcasting(DVB).
“Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”.《DVB Document A122》.2008,

审查员 刘素叶

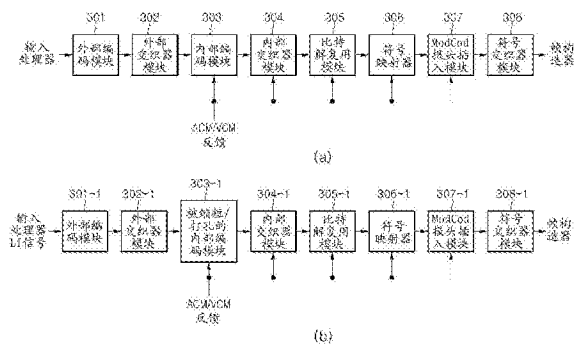
权利要求书2页 说明书33页 附图88页

(54)发明名称

发送至少一个广播信号帧的方法和设备

(57)摘要

发送至少一个广播信号帧的方法和设备。本发明涉及发送信号的方法和接收信号的方法以及对应的装置。本发明的一个方面涉及从前导码符号的第一层(L1)报头获取用于指示时间去交织深度的字段的方法。



1. 一种发送至少一个广播信号帧的方法,所述广播信号帧具有物理层管道PLP数据和前导码数据,该方法包括以下步骤:

对所述PLP数据解复用;

对用于以信号方式发送所述PLP数据的第一层L1信令数据进行外部编码;

用至少一个零比特填充经外部编码的L1信令数据;

对被填充了零的L1信令数据进行内部编码;

从经内部编码的L1信令数据去除所述至少一个零比特;

对被去除了所述至少一个零比特的经内部编码的L1信令数据解复用;

利用不均匀星座M-QAM方案将经解复用的PLP数据的比特映射到PLP数据符号,其中,M是64、256、1024和4096中的一个;

将经解复用的L1信令数据的比特映射到L1信令数据符号;

基于所述PLP数据符号和所述L1信令数据符号构造信号帧;以及

通过正交频分复用OFDM方法对所述信号帧进行调制,

其中,所述L1信令数据包括在所述前导码数据中,并且包括与所述PLP数据相关的信息和与信道结合相关的信息,并且

其中,与信道结合相关的所述信息包括指示信道结合中涉及的信道的数量的信息。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述L1信令数据根据时间交织深度在L1块内被时间交织到L1时间交织TI块。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,L1报头被包括在所述L1TI块之前,其中,所述L1报头和所述L1TI块在所述前导码数据内循环重复。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,在所述L1报头中以信号方式发送所述时间交织深度,其中,当所述L1块的部分和不同的L1块的部分被重新排列时,重新排列的部分完全配置所述L1块。

5. 一种发送至少一个广播信号帧的设备,所述广播信号帧具有物理层管道PLP数据和前导码数据,该设备包括:

用于对所述PLP数据解复用的装置;

用于对用于以信号方式发送所述PLP数据的第一层L1信令数据进行外部编码的装置;

用于用至少一个零比特填充经外部编码的L1信令数据的装置;

用于对被填充了零的L1信令数据进行内部编码的装置;

用于从经内部编码的L1信令数据去除所述至少一个零比特的装置;

用于被去除了所述至少一个零比特的经内部编码的L1信令数据解复用的装置;

用于利用不均匀星座M-QAM方案将经解复用的PLP数据的比特映射到PLP数据符号的装置,其中,M是64、256、1024和4096中的一个;

用于将经解复用的L1信令数据的比特映射到L1信令数据符号的装置;

用于基于所述PLP数据符号和所述L1信令数据符号构造信号帧的装置;以及

用于通过正交频分复用OFDM方法对所述信号帧进行调制的装置,

其中,所述L1信令数据包括在所述前导码数据中,并且包括与所述PLP数据相关的信息和与信道结合相关的信息,并且

其中,与信道结合相关的所述信息包括指示信道结合中涉及的信道的数量的信息。

6. 根据权利要求5所述的设备,其中,所述L1信令数据根据时间交织深度在L1块内被时间交织到L1时间交织TI块。

7. 根据权利要求6所述的设备,其中,L1报头被包括在所述L1TI块之前,其中,所述L1报头和所述L1TI块在所述前导码数据内循环重复。

8. 根据权利要求7所述的设备,其中,在所述L1报头中以信号方式发送所述时间交织深度,其中,当所述L1块的部分和不同的L1块的部分被重新排列时,重新排列的部分完全配置所述L1块。

发送至少一个广播信号帧的方法和设备

[0001] 本申请是原案申请号为201080004791.5的发明专利申请(申请日:2010年1月18日,发明名称:用于发送和接收信号的装置以及用于发送和接收信号的方法)的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及用于发送和接收信号的方法以及用于发送和接收信号的装置,更具体地说,涉及能够提高数据传输效率的发送和接收信号的方法以及发送和接收信号的装置。

背景技术

[0003] 随着数字广播技术的发展,用户已经接收到高清晰(HD)的运动图像。随着压缩算法的持续发展和硬件性能的提高,未来将向用户提供更好的环境。数字电视(DTV)系统可以接收数字广播信号并向用户提供多种补充业务以及视频信号和音频信号。

[0004] 数字视频广播(DVB:Digital Video Broadcasting)-C2是加入第二代传输系统的DVB家族中的第三个规范。该规范开发于1994年,DVB-C现在已经被部署在全世界范围内的超过5千万个有线电视调谐器中。与其他的DVB第二代系统一致,DVB-C2使用了低密度的奇偶校验(LDPC)和BCH码的组合。与DVB-C相比,这种强大的前向纠错(FEC)在载波噪声比方面提供了大约5dB的改进。恰当的比特交织方案优化了FEC系统的整体鲁棒性。在通过报头扩展后,这些帧被称为物理层管道(PLP:Physical Layer Pipe)。这些PLP中的一个或多个被复用到数据切片中。向各个切片应用(时域和频域)二维交织,使接收机能够消除突发减损(burst impairment)和如单一频率窜入(single frequency ingress)的频率选择干扰的影响。

发明内容

[0005] 技术问题

[0006] 随着这些数字广播技术的发展,对诸如视频信号和音频信号的业务的需要增加,并且用户需要的数据的大小和广播信道的数量逐渐上升。

[0007] 技术方案

[0008] 因此,本发明致力于一种发送和接收信号的方法以及一种发送和接收信号的装置,该方法和装置能够大体上消除了由于相关技术的限制和缺点而引起的一个或多个问题。

[0009] 本发明的一个目的是提供一种用于发送和接收信号的方法以及发送和接收信号的装置,其能够改善数据传输效率。

[0010] 本发明的另一个目的是提供一种用于发送和接收信号的方法以及发送和接收信号的装置,其能够改善配置业务的比特的纠错能力。

[0011] 本发明的其它优点、目的及特征一部分将在以下的说明书中进行阐述,并且一部分对于本领域的技术人员来说将在研读以下内容后变得清楚。本发明的这些目的和其它优点可以通过在本书面描述及其权利要求书及附图中具体指出的结构来实现和获得。

[0012] 为了实现这些目的,本发明的第一方面提供了一种发送至少一个广播信号帧的方法,所述广播信号帧具有物理层管道(PLP)数据和前导码数据,该方法包括以下步骤:将所述PLP数据的比特映射成PLP数据符号,并将所述前导码数据的比特映射成前导码数据符号;基于所述PLP数据符号来构造至少一个数据切片;基于所述前导码数据符号和所述数据切片来构造信号帧;以及利用正交频分复用(OFDM)方法对所述信号帧进行调制,其中,所述前导码数据符号包括第一层(L1)信令信息,所述L1信令信息具有标识所述数据切片的数据切片ID信息。

[0013] 本发明的另一个方面提供了一种接收广播信号的方法,该方法包括以下步骤:接收所述广播信号中的信号帧,其中,所述信号帧包括前导码符号和物理层管道(PLP)数据符号,所述前导码符号具有标识数据切片的数据切片ID信息,所述数据切片等同于一组数据符号;利用正交频分复用(OFDM)方法对所接收到的信号帧进行解调;将所述PLP数据符号去映射成经解调的信号帧中的PLP数据比特;以及按照低密度奇偶校验(LDPC)解码方案对经去映射的PLP数据比特进行解码。

[0014] 本发明的另一方面提供了一种接收广播信号的方法,该方法包括以下步骤:接收所述广播信号中的信号帧,其中,所述信号帧通过包括以下步骤的过程得到,即将PLP数据的比特映射成PLP数据符号,并将前导码数据的比特映射成前导码数据符号,基于所述PLP数据符号来构造至少一个数据切片,基于所述前导码数据符号和所述数据切片来构造信号帧,以及利用正交频分复用(OFDM)方法对所述信号帧进行调制,其中,所述前导码数据符号包括第一层(L1)信令信息,所述L1信令信息具有标识所述数据切片的数据切片ID信息;对所接收到的信号帧进行解调;以及对经解调的信号帧进行解码。

[0015] 本发明的又一个方面提供了一种发送至少一个广播信号帧的装置,所述广播信号帧具有物理层管道(PLP)数据和前导码数据,该装置包括:用于将所述PLP数据的比特映射成PLP数据符号并将所述前导码数据的比特映射成前导码数据符号的装置;用于基于所述PLP数据符号来构造至少一个数据切片的装置;用于基于所述前导码数据符号和所述数据切片来构造信号帧的装置;以及用于利用正交频分复用(OFDM)方法对所述信号帧进行调制的装置,其中,所述前导码数据符号包括第一层(L1)信令信息,所述L1信令信息具有标识所述数据切片的数据切片ID信息。

[0016] 本发明的又一个方面提供了一种接收广播信号的装置,该装置包括:用于接收所述广播信号中的信号帧的装置,其中,所述信号帧包括前导码符号和物理层管道(PLP)数据符号,所述前导码符号具有标识数据切片的数据切片ID信息,所述数据切片等同于一组数据符号;用于利用正交频分复用(OFDM)方法对所接收到的信号帧进行解调的装置;用于将所述PLP数据符号去映射成经解调的信号帧中的PLP数据比特的装置;以及用于按照低密度奇偶校验(LDPC)解码方案对去映射的PLP数据比特进行解码的装置。

[0017] 本发明的又一个方面提供了一种接收广播信号的装置,该装置包括:用于接收所述广播信号中的信号帧的装置,其中,所述信号帧通过包括以下步骤的过程得到,即用于将PLP数据的比特映射成PLP数据符号并将前导码数据的比特映射成前导码数据符号的装置,基于所述PLP数据符号来构造至少一个数据切片,基于所述前导码数据符号和所述数据切片来构造信号帧,以及利用正交频分复用(OFDM)方法对所述信号帧进行调制,其中,所述前导码数据符号包括第一层(L1)信令信息,所述L1信令信息具有标识所述数据切片的数据

切片ID信息;用于对所接收到的信号帧进行解调的装置;以及用于对经解调的信号帧进行解码的装置。

附图说明

[0018] 附图被包括在本申请中以提供对本发明的进一步理解,并结合到本申请中且构成本申请的一部分,附图示出了本发明的(多个)实施方式,且与说明书一起用于解释本发明的原理。在附图中:

- [0019] 图1是在欧洲DVB-T中使用的64-正交幅度调制(QAM)的示例。
- [0020] 图2是二进制反射格雷码(BRGC:Binary Reflected Gray Code)的方法。
- [0021] 图3是通过修改在DVB-T中使用的64-QAM而接近高斯型的输出。
- [0022] 图4是BRGC中的反射对之间的汉明(Hamming)距离。
- [0023] 图5是I轴和Q轴中的每一个都存在反射对的QAM中的特性。
- [0024] 图6是利用BRGC的反射对修改QAM的方法。
- [0025] 图7是经过修改的64/256/1024/4096-QAM的示例。
- [0026] 图8到图9是利用BRGC的反射对修改的64-QAM的示例。
- [0027] 图10到图11是利用BRGC的反射对修改的256-QAM的示例。
- [0028] 图12到图13是是利用BRGC的反射对修改的1024-QAM的示例(0到511)。
- [0029] 图14到图15是是利用BRGC的反射对修改的1024-QAM的示例(512到1023)。
- [0030] 图16到图17是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(0到511)。
- [0031] 图18到图19是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(512到1023)。
- [0032] 图20到图21是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(1024到1535)。
- [0033] 图22到图23是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(1536到2047)。
- [0034] 图24到图25是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(2048到2559)。
- [0035] 图26到图27是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(2560到3071)。
- [0036] 图28到图29是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(3072到3583)。
- [0037] 图30到图31是是利用BRGC的反射对修改的4096-QAM的示例(3584到4095)。
- [0038] 图32是对其中利用BRGC对256-QAM进行了修改的修改后的QAM进行比特映射的示例。
- [0039] 图33是将MQAM变换成不均匀的星座图的示例。
- [0040] 图34是数字发送系统的示例。
- [0041] 图35是输入处理器的示例。
- [0042] 图36是可以包括在基带(BB)中的信息。
- [0043] 图37是BICM的示例。
- [0044] 图38是缩短/打孔编码器的示例。
- [0045] 图39是应用各种星座的示例。
- [0046] 图40是考虑了常规系统之间的兼容性的情况的另一个示例。
- [0047] 图41是包括针对L1信令的前导码和针对PLP数据的数据符号的帧结构。
- [0048] 图42是帧构造器的示例。
- [0049] 图43是图4所示的导频插入(404)的示例。

- [0050] 图44是SP的结构。
- [0051] 图45是新的SP结构或导频模式 (PP) 5。
- [0052] 图46是所提出的PP5' 的结构。
- [0053] 图47是数据符号与前导码之间的关系。
- [0054] 图48是数据符号与前导码之间的另一种关系。
- [0055] 图49是有线信道延迟概况的示例。
- [0056] 图50是使用 $z=56$ 和 $z=112$ 的分散导频结构。
- [0057] 图51是基于OFDM的调制器的示例。
- [0058] 图52是前导码结构的示例。
- [0059] 图53是前导码解码的示例。
- [0060] 图54是设计更优化的前导码的过程。
- [0061] 图55是前导码结构的另一个示例。
- [0062] 图56是前导码解码的另一个示例。
- [0063] 图57是前导码结构的示例。
- [0064] 图58是L1解码的示例。
- [0065] 图59是模拟处理器的示例。
- [0066] 图60是数字接收机系统的示例。
- [0067] 图61是在接收机处使用的模拟处理器的示例。
- [0068] 图62是解调器的示例。
- [0069] 图63是帧解析器的示例。
- [0070] 图64是BICM解调器。
- [0071] 图65是利用缩短/打孔的LDPC解码的示例。
- [0072] 图66是输出处理器的示例。
- [0073] 图67是8MHz的L1块重复率的示例。
- [0074] 图68是8MHz的L1块重复率的示例。
- [0075] 图69是新的7.61MHz的L1块重复率的示例。
- [0076] 图70是在帧报头中发送的L1信令的示例。
- [0077] 图71是前导码和L1结构仿真结果。
- [0078] 图72是符号交织器的示例。
- [0079] 图73是L1块发送的示例。
- [0080] 图74是在帧报头中发送的L1信令的另一个示例。
- [0081] 图75是频率或时间交织/去交织的示例。
- [0082] 图76是分析L1信令的开销的表,该L1信令在图3中所示的BICM模块的数据通道上的ModCod报头插入模块(307)处在FECFRAME报头中发送。
- [0083] 图77示出了用于最小化开销的FECFRAME报头的结构。
- [0084] 图78示出了前述L1保护的误码率 (BER) 性能。
- [0085] 图79示出了传输帧和FEC帧结构的示例。
- [0086] 图80示出了L1信令的示例。
- [0087] 图81示出了L1-pre信令的示例。

- [0088] 图82示出了L1信令块的结构。
- [0089] 图83示出了L1时间交织。
- [0090] 图84示出了提取调制和编码 (code) 信息的示例。
- [0091] 图85示出了L1-pre信令的另一示例。
- [0092] 图86示出了前导码中发送的L1信令块的调度的示例。
- [0093] 图87示出了考虑了功率提升 (power boosting) 的L1-pre信令的示例。
- [0094] 图88示出了L1信令的示例。
- [0095] 图89示出了提取调制和编码信息的另一示例。
- [0096] 图90示出了提取调制和编码信息的另一示例。
- [0097] 图91示出了L1-pre同步的示例。
- [0098] 图92示出了L1-pre信令的示例。
- [0099] 图93示出了L1信令的示例。
- [0100] 图94示出了L1信令通道的示例。
- [0101] 图95是在帧报头内发送的L1信令的另一示例。
- [0102] 图96是在帧报头内发送的L1信令的另一示例。
- [0103] 图97是在帧报头内发送的L1信令的另一示例。
- [0104] 图98示出了L1信令的示例。
- [0105] 图99是符号交织器的示例。
- [0106] 图100示出了图99的时间交织器的交织性能。
- [0107] 图101是符号交织器的示例。
- [0108] 图102示出了图101的时间交织器的交织性能。
- [0109] 图103是符号去交织器的示例。
- [0110] 图104是时间交织的另一示例。
- [0111] 图105是利用图104所示的方法的交织的结果。
- [0112] 图106是图105的寻址方法的示例。
- [0113] 图107是L1时间交织的另一示例。
- [0114] 图108是符号去交织器的示例。
- [0115] 图109是去交织器的另一示例。
- [0116] 图110是符号去交织器的示例。
- [0117] 图111是用于时间去交织的行地址和列地址的示例。
- [0118] 图112示出了没有使用导频的数据符号域中的普通 (general) 块交织的示例。
- [0119] 图113是使用数据切片的OFDM发射机的示例。
- [0120] 图114是使用数据切片的OFDM接收机的示例。
- [0121] 图115是时间交织器的示例和时间去交织器的示例。
- [0122] 图116是形成OFDM符号的示例。
- [0123] 图117是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0124] 图118是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0125] 图119是发射机处的前导码结构的示例和接收机处的处理的示例。
- [0126] 图120是在接收机处从前导码获得L1_XFEC_FRAME的处理的示例。

- [0127] 图121是发射机处的前导码结构的示例和接收机处的处理的示例。
- [0128] 图122是时间交织器(TI)的示例。
- [0129] 图123是使用数据切片的OFDM发射机的示例。
- [0130] 图124是使用数据切片的OFDM接收机的示例。
- [0131] 图125是时间交织器(TI)的示例。
- [0132] 图126是时间去交织器(TDI)的示例。
- [0133] 图127是时间交织器(TI)的示例。
- [0134] 图128是前导码时间交织和去交织流程的示例。

具体实施方式

[0135] 下面将详细描述本发明的优选实施方式,在附图中例示出了本发明的优选实施方式的示例。尽可能在整个附图中用相同的标号代表相同或类似部件。

[0136] 在下面的说明中,术语“业务”将表示能够通过信号发送/接收装置发送/接收的任意广播内容。

[0137] 在使用常规的比特交织编码调制(BICM:Bit Interleaved Coded Modulation)的广播发送环境中,使用了利用二进制反射格雷码(BRGC)的正交幅度调制(QAM)作为调制方法。图1示出了在欧洲DVB-T中使用的64-QAM的示例。

[0138] 利用图2中示出的方法可以得到BRGC。通过将(n-1)个比特的BRGC的反码(即,反射码)添加到(n-1)个比特的后面,将0添加到初始的(n-1)个比特的BRGC的前面,并且将1添加到反射码的前面,可以得到n个比特的BRGC。使用此方法得到的BRGC码在相邻的码之间具有汉明距离一(1)。此外,当将BRGC应用于QAM时,一个点和与该点最紧密地相邻的四个点之间的汉明距离是一(1),而该点和与该点次最紧密相邻的另外四个点之间的汉明距离是二(2)。可以把特定的星座点与其他相邻点之间的汉明距离的特性称为QAM中的格雷映射规律。

[0139] 为了使系统对加性高斯白噪声(AWGN)更加鲁棒,可以使从发射机发送来的信号的分布接近高斯分布。为此,可以对星座图中的点的位置进行修改。图3示出了通过修改在DVB-T中使用的64-QAM而得到的接近高斯型的输出。可以将这样的星座图称为不均匀QAM(NU-QAM)。

[0140] 为了得到不均匀QAM的星座图,可以使用高斯累积分布函数(CDF:Gaussian Cumulative Distribution Function)。在64、256或1024QAM(即, 2^N QAM)的情况下,可以将QAM分成两个独立的N-PAM。通过将高斯CDF分成具有相同概率的N段并且允许各段中的信号点代表该段,可以得到具有高斯分布的星座图。换言之,可以将新定义的不均匀的N-PAM的坐标 x_j 定义为:

$$[0141] \int_{-\infty}^{x_j} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = p_j, \quad p_j \in \left\{ \frac{1}{2N}, \frac{3}{2N}, \dots, \frac{2N-1}{2N} \right\} \quad (\text{式1})$$

[0142] 图3是利用上述方法将DVB-T的64QAM变换成为NU-64QAM的示例。图3表示了利用上述方法来修改I轴和Q轴的坐标并将之前的星座图点映射到新定义的坐标的结果。在32、128或512QAM(即,十字形QAM,而不是 2^N QAM)的情况下,通过恰当地修改 p_j ,可以发现新的

坐标。

[0143] 本发明的一个实施方式可以利用BRGC的特性来修改QAM。如图4所示, BRGC 中的反射对之间的汉明距离是一, 这是由于反射对之间的唯一区别仅在于被添加到各个代码的前面的一个比特。图5示出了I轴和Q轴中的每一个都存在反射对的QAM 中的特性。在该图中, 反射对存在于黑色虚线的两侧。

[0144] 通过利用QAM中存在的反射对, 可以降低QAM星座图的平均功率, 同时在 QAM中保持格雷映射规律。换言之, 在平均功率被归一化为1的星座图中, 可以增加该星座图中的最小欧式距离 (Euclidean distance)。当把这个经过修改的QAM应用于广播或通信系统时, 可以利用与常规系统相同的能量实现对噪声更加鲁棒的系统或实现具有与常规系统相同性能但是使用更少能量的系统。

[0145] 图6示出了利用BRGC的反射对来修改QAM的方法。图6a示出了星座图, 图 6b示出了利用BRGC的反射对来修改QAM的流程图。首先, 需要找到目标点, 该点在星座点中具有最高的功率。候选的点是这样的点, 即目标点可以在候选点中移动, 该候选点是与目标点的反射对最邻近的点。接着, 需要在候选点中找到具有最小功率的空点 (即, 尚未被其他点采用的点), 并且将目标点的功率与候选点的功率进行比较。如果候选点的功率较小, 则目标点移动到候选点。在保持格雷映射规律的同时, 重复这些处理, 直到星座图上的点的平均功率达到最小。

[0146] 图7示出了经过修改的64/256/1024/4096-QAM的示例。格雷映射值分别对应于图8到图31。除了这些示例以外, 还可以实现使能相同的功率优化的其他类型的经过修改的QAM。这是由于目标点可以移动到多个候选点。不仅可以将所提议的经过修改的QAM应用于64/256/1024/4096-QAM, 而且还可以应用于十字形QAM、更大尺寸的QAM、或利用其他BRGC而不是QAM的调制。

[0147] 图32示出了利用BRGC对256-QAM进行了修改的修改后的QAM的比特映射的一个示例。图32a和图32b示出了最高有效位 (MSB) 的映射。被表示为实心圆的点代表了1的映射, 而被表示为空心圆的点则代表0的映射。按照相同的方式, 如图 32 (a) 到图32 (h) 所示那样映射每一个比特, 直到映射了最低有效位 (LSB) 为止。如图32所示, 除了MSB旁的一个比特以外, 经过修改的QAM可以如常规QAM那样只利用I或Q轴来使能比特判决 (图32c和图32d)。利用这些特性, 通过局部地修改用于QAM的接收机, 可以得到简单的接收机。通过仅在确定MSB旁的比特时才检查I值和Q值并且针对余下的比特仅计算I值或Q值, 可以实现有效率的接收机。该方法可以应用于近似LLR、准确LLR、或硬判决。

[0148] 通过利用经过修改后的QAM或MQAM (使用上述BRGC的特性), 可以得到不均匀星座图或NU-MQAM。在使用了高斯CDF的上述等式中, 可以对 P_j 进行修改以适应MQAM。与QAM相同, 在MQAM中, 可以考虑具有I轴和Q轴的两个PAM。但是, 与其中与各个PAM轴的值相对应点的数量恒定的QAM不同的是, 在MQAM 中的点的数量变化。如果在其中存在总共M个星座点的MQAM中将对应于PAM的第j个值的点的数量限定为 n_j , 则可以将 P_j 定义如下:

$$[0149] \int_{-\infty}^{x_j} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = P_j \quad P_j = \frac{\sum_{n=0}^{j-1} n_j + \frac{n_j}{2N}}{M}, \quad n_0 = 0 \quad (\text{式2})$$

[0150] 通过利用新定义的 P_j ,可以将MQAM变换成不均匀星座图。针对256-QAM的示例,可以将 P_j 定义如下:

$$[0151] \quad P_j = \left\{ \begin{array}{cccccccccccccccccccc} 25 & 10 & 22 & 36 & 51 & 67 & 84 & 102 & 119 & 136 & 154 & 172 & 189 & 205 & 220 & 234 & 246 & 255 \\ 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 & 256 \end{array} \right\}$$

[0152] 图33是将MQAM变换成不均匀星座图的示例。利用这些方法得到的NU-MQAM 能够利用各个PAM的修改后的坐标来保留MQAM接收机的特性。因而,可以实现有效率的接收机。此外,可以实现比先前的NU-QAM对噪声更加鲁棒的系统。针对更加有效的广播发送系统,可以将MQAM和NU-MQAM混合起来。换言之,通过将MQAM用于使用了高码率的纠错码的环境并且将NU-MQAM用于其它环境,可以实现对噪声更加鲁棒的系统。针对这样的情况,发射机可以使接收机具有当前使用的纠错码的码率和当前使用的调制种类的信息,使得接收机可以根据当前使用的调制方法来进行解调制。

[0153] 图34示出了数字发送系统的示例。输入可以包括多个MPEG-TS流或GSE(通用流封装)流。输入处理器模块101可以向输入流添加传输参数,并且针对BICM模块102执行调度。BICM模块102可以针对传输信道纠错来增加冗余并对数据进行交织。帧构造器103可以通过增加物理层信令信息和导频来构造帧。调制器104可以按照有效方法对输入的符号执行调制。模拟处理器105可以执行各种处理以将输入的数字信号转换成输出的模拟信号。

[0154] 图35示出了输入处理器的一个示例。输入预处理器可以将输入的MPEG-TS或 GSE流变换成将被独立处理的总共 n 个流。这些流中的每一个都可以是包括多个业务成分的完整的TS帧或是包括业务成分(即,视频或音频)的最小TS帧。此外,这些流中的每一个都可以是发送多个业务或发送单个业务的GSE流。

[0155] 输入接口模块202-1可以分配与基带(BB)帧的最大数据字段容量相等的多个输入的比特。可以插入填充(padding)来完成LDPC/BCH码块容量。输入流同步模块203-1可以提供在接收机中再生传输流(或打包的通用流)的时钟的机制,以便保证端到端的恒定的比特速率和延迟。

[0156] 为了使得在接收机中无需额外的存储器就可以重组传输流,考虑到对一组中的数据PLP和相应的公共PLP的参数进行交织,由延迟补偿器204-1~ n 来延迟所输入的传输流。空包删除模块205-1~ n 可以通过去除针对VBR(可变比特速率)业务的情况而插入的空包来提高传输效率。循环冗余校验(CRC)编码器模块206-1~ n 可以添加CRC奇偶校验以提高BB帧的传输可靠性。BB报头插入模块207-1~ n 可以在 BB帧的开始部分添加BB帧报头。在图36中示出了可以被包括在BB报头中的信息。

[0157] 合并器/分割器模块208可以根据各个PLP执行BB帧切片、合并来自多个PLP 的BB帧、并且在传输帧内调度各个BB帧。因此,合并器/分割器模块208可以输出与PLP在帧中的分配情况相关的L1信令信息。最后,BB加扰模块209可以使输入的比特流随机化,以将比特流内的比特之间的相关性减到最小。图35中的阴影中的模块是当发送系统使用单个PLP时使用的模块,图35中的其他模块是当发送装置使用多个PLP时使用的模块。

[0158] 图37示出了BICM模块的一个示例。图37a示出了数据通道,图37b示出了BICM 模块的L1通道。外部编码器模块301和内部编码器模块303可以向输入的比特流增加冗余以进行纠错。外部交织器模块302与内部交织器模块304可以对比特进行交织以防止突发错误。如果BICM专门用于DVB-C2,则可以略去外部交织器模块302。比特解复用模块305可以控制从

内部交织器模块304输出的各个比特的可靠性。符号映射器模块306可以将输入的比特流映射到符号流中。这时,可以使用常规QAM、利用了上述的BRGC以提高性能的MQAM、利用了不均匀调制的NU-QAM、或利用应用了不均匀调制的BRGC以提高性能的NU-MQAM中的任一种。为了构造对噪声更加鲁棒的系统,可以考虑根据纠错码的码率和星座图容量来对使用MQAM和/或 NU-MQAM的调制进行组合。此时,符号映射器模块306可以根据码率和星座图容量来使用适当的星座图。图39示出了这样的组合的一个示例。

[0159] 情况1示出了只在低码率将NU-MQAM用于简化了的系统实现的示例。情况2 示出了在各个码率使用优化的星座图的示例。发射机可以向接收机发送与纠错码的码率和星座图容量相关的信息,使得接收机可以使用恰当的星座图。图40示出了考虑到常规系统之间的兼容性的情况的另一个示例。除了这些示例以外,用于优化系统的其他组合也是可能的。

[0160] 图37中示出的ModCod报头插入模块307可以得到自适应编码调制(ACM: Adaptive Coding and Modulation)/可变编码调制(VCM: Variable Coding and Modulation)反馈信息,并且将在编码和调制中使用的参数信息作为报头添加到FEC 块。调制类型/码率(ModCod)报头可以包括下列信息:

[0161] *FEC类型(1比特)-长或短LDPC

[0162] *码率(3比特)

[0163] *调制(3比特)-最高64K QAM

[0164] *PLP标识符(8比特)

[0165] 符号交织器模块308可以在符号域中执行交织,以获得额外的交织效果。可以针对L1信令通道执行与针对数据通道所执行的处理相似的处理,但可能使用不同的参数(301-1到308-1)。此处,可以将被缩短/打孔的编码模块(303-1)用于内部编码。

[0166] 图38示出了利用缩短/打孔来进行LDPC编码的示例。由于填充了LDPC编码所需的很多零比特,因此可以针对所具有的比特以比LDPC编码所需的比特数量少的输入块来执行缩短处理(301c)。被填充了零的输入比特流可以通过LDPC编码具有奇偶校验比特(302c)。此时,针对与初始比特流相对应的比特流,可以将零去除掉(303c),而针对奇偶校验比特流,则可以根据码率来执行打孔(304c)。可以将这些经过处理的信息比特流和奇偶校验比特流复用到初始序列并输出(305c)。

[0167] 图41示出了包括用于L1信令的前导码和用于PLP数据的数据符号的帧结构。可以看到,以一帧为单位,循环地生成前导码和数据符号。数据符号包括利用固定的调制/编码发送的PLP类型0和利用可变的调制/编码发送的PLP类型1。针对PLP类型0,在前导码中发送了诸如调制、FEC类型、和FEC码率的信息(见图42,帧报头插入模块401)。针对PLP类型1,可以在数据符号的FEC块报头中发送相应的信息(见图37,ModCod报头插入模块307)。通过PLP类型的分离,针对以固定比特速率发送的PLP类型0,可以从总的发送速率中将ModCod开销降低3~4%。在接收机处,针对PLP类型0的固定的调制/编码PLP,图63中示出的帧报头去除器r401 可以提取出与调制和FEC码率相关的信息,并且将提取出的信息提供给BICM解码模块。针对PLP类型1的可变调制/编码PLP,图64中示出的ModCod提取模块r307 和r307-1可以提取并提供BICM解码所需的参数。

[0168] 同时,在诸如DVB-C2(有线数字视频广播系统,第二代)系统的应用信道捆绑或信道结合方案的数据传输系统中,需要通过包来改善数据帧。这是因为接收机端的调谐器不

知道调谐器容器位于所接收到的捆绑了多个信道的帧中的什么地方。数据符号的包可以由包括多个数据PLP的OFDM单元组成。在DVB-C2系统中,包数据帧称为数据切片。具体地说,在DVB-C2系统中,数据切片是一组携带了一个或多个在特定频率子带中的PLP的OFDM单元。该组由各数据符号内固定范围的连续单元地址内的OFDM单元组成,并且横跨于除前导码符号的整个C2帧上。

[0169] 象数据切片的数据包在没有应用信道捆绑方案的数据传输系统(例如,DVB-T2(陆地数字视频广播电视广播系统,第二代)系统)中不需要。

[0170] 数据切片可以通过图34的帧构造器103形成或构造。

[0171] 另外,优选地,数据切片的带宽可以小于L1的带宽。参照图53,当使L1块重复时,如果数据切片的带宽大于L1块的带宽,则不能找出调谐器窗口在所接收到的帧中的数据符号部分中的位置。

[0172] 图42示出了帧构造器的一个示例。帧报头插入模块401可以根据输入的符号流形成帧,并且可以在每个发送出的帧的前面增加帧报头。帧报头可以包括下列信息:

[0173] *绑定的信道的数量(4比特)

[0174] *保护间隔(2比特)

[0175] *PAPR(2比特)

[0176] *导频模式(2比特)

[0177] *数字系统标识(16比特)

[0178] *帧标识(16比特)

[0179] *帧长度(16比特)每个帧的正交频分复用(OFDM)符号的数量

[0180] *超帧长度(16比特)每个超帧的帧的数量

[0181] *PLP的数量(8比特)

[0182] *for各个PLP

[0183] PLP标识(8比特)

[0184] 信道绑定id(4比特)

[0185] PLP起始(9比特)

[0186] PLP类型(2比特)公共PLP或其它

[0187] PLP有效载荷类型(5比特)

[0188] MC类型(1比特)-固定/可变调制&编码

[0189] if MC类型==固定调制&编码

[0190] FEC类型(1比特)-长或短LDPC

[0191] 码率(3比特)

[0192] 调制(3比特)最高64K QAM

[0193] end if;

[0194] 陷波信道的数量(2比特)

[0195] for各个陷波

[0196] 陷波起始(9比特)

[0197] 陷波宽度(9比特)

[0198] end for;

[0199] PLP宽度(9比特)-PLP的最大数量个FEC块

[0200] PLP时间交织类型(2比特)

[0201] end for;

[0202] *CRC-32(32比特)

[0203] 针对在帧报头中发送的L1信息来假定信道绑定环境,并且将与各个数据切片相对应的数据定义为PLP。因此,需要关于绑定使用的各个信道的诸如PLP标识符、信道绑定标识符、和PLP起始地址的信息。本发明的一个实施方式提出,如果PLP类型支持可变调制/编码,则在FEC帧报头中发送ModCod字段,而如果PLP类型支持固定调制/编码,则在帧报头中发送ModCod字段,以减少信令开销。此外,如果存在各个PLP的陷波带,则通过发送陷波的起始地址以及陷波的宽度,可省去在接收机处对相应的载波进行解码。

[0204] 图43示出了在信道绑定环境中应用的导频模式(PP5)的一个示例。如图所示,如果SP位置与前导码导频位置相同,则可以出现不规则的导频结构。

[0205] 图43a示出了如图42所示的导频插入模块404的一个示例。如图43所示,如果使用了单个频段(例如,8MHz),则可用的带宽是7.61MHz,而如果绑定了多个频段,则可以去除掉保护频带,因而可以极大地提高频率效率。图43b是图51所示的前导码插入模块504的一个示例,在帧的前部甚至利用信道绑定来发送图43b所示的示例,前导码具有7.61MHz(L1块的带宽)的重复率。这是一种考虑了执行初始信道扫描的调谐器的带宽的结构。

[0206] 存在前导码和数据符号这二者的导频模式。针对数据符号,可以使用分散的导频(SP:scattered pilot)模式。T2的导频模式5(PP5)和导频模式7(PP7)是仅频率插值的优良候选。针对 $GI=1/64$,PP5具有 $x=12$ 、 $y=4$ 、 $z=48$,而针对 $GI=1/128$,PP7具有 $x=24$ 、 $y=4$ 、 $z=96$ 。为了更好的信道估计,还可以进行额外的时间插值。前导码的导频模式可以涵盖用于初始信道获取的全部可能的导频位置。此外,前导码导频位置应当与SP位置相同,并且需要用于前导码和SP这二者的单一导频模式。也可以将前导码导频用于时间插值,并且各个前导码都可以具有相同的导频模式。这些要求对于扫描中的C2检测来说是很重要的,并且对于利用加扰序列相关性的频率偏置估计来说是必需的。在信道绑定环境中,由于不规则的导频结构可以降低插值性能,因此应当针对信道绑定而保持导频位置的一致。

[0207] 具体地说,如果OFDM符号中的分散导频(SP)之间的距离 z 是48,并且如果沿时间轴与特定SP载波相对应的SP之间的距离 y 是4,则在时间插值后的有效距离 x 变成12。当保护间隔(GI)部分是 $1/64$ 时如此。如果GI部分是 $1/128$,则可以使用 $x=24$ 、 $y=4$ 和 $z=96$ 。如果使用了信道绑定,则通过以分散导频结构产生不连续的点,可以使SP位置与前导码导频位置一致。

[0208] 此时,前导码导频位置可以与数据符号的各个SP位置相一致。当使用信道绑定时,可以不考虑8MHz的带宽间隔(bandwidth granularity)来确定发送了业务的数据切片。但是,为了减小数据切片寻址的开销,可以选择从SP位置开始并在SP位置结束的发送。

[0209] 当接收机接收到这样的SP时,如果需要,图62中示出的信道估计模块r501可以执行时间插值以得到图43中以虚线示出的导频,并且执行频率插值。此时,针对其间隔在图43中被指定为32的不连续点,可以执行如下操作:单独地对左侧和右侧执行插值;或者,仅对一侧执行插值,接着通过利用间隔为12的已经被进行了插值的导频位置作为基准点来对另一侧执行插值。此时,数据切片宽度可以在7.61MHz内变化,因而接收机可以通过执行信道

估计并只对需要的子载波进行解码来将功耗减到最小。

[0210] 图44示出了在信道绑定环境中应用的PP5的另一个示例或SP的用于将有效距离 x 维持在12以避免在使用信道绑定时出现图43所示的不规律的SP结构的结构。图44a是数据符号的SP的结构,图44b是前导码符号的SP的结构。

[0211] 如图所示,如果在信道绑定的情况下保持SP距离一致,则在频率插值中将不存在问题,但数据符号与前导码之间的导频位置可能不一致。换言之,该结构不需要针对不规律的SP结构进行额外的信道估计,但是,在信道绑定中使用的SP位置与前导码导频位置因各个信道而不同。

[0212] 图45示出了新的SP结构或PP5以提供对信道绑定环境中的上述两个问题的解决方案。具体地说,导频距离 $x=16$ 可以解决这些问题。为了保持导频密度或为了维持相同的开销,PP5' 可以针对 $GI=1/64$ 而具有 $x=16$ 、 $y=3$ 、 $z=48$,并且PP7' 可以针对 $GI=1/128$ 而具有 $x=16$ 、 $y=6$ 、 $z=96$ 。仅频率插值能力仍然可以被保持。在图45中示出了与PP5结构进行比较的导频位置。

[0213] 图46示出了信道绑定环境中新的SP模式或PP5结构的示例。如图46所示,不管是使用单一信道还是使用信道绑定,都可以提供有效的导频距离 $x=16$ 。此外,由于可以使SP位置与前导码导频位置相一致,因此可以避免由于SP不规律或不一致的SP位置而引起的信道估计劣化。换言之,频率插值器不存在不规律的SP位置,并且提供了前导码与SP位置之间的一致。

[0214] 因此,所提出的新的SP模式的优点在于:单一SP模式既可以用于单一信道又可以用于绑定的信道;不会产生不规律的导频结构,因而可以实现良好的信道估计;可以使前导码导频位置与SP导频位置这二者保持一致;可以使导频密度分别与PP5 和PP7保持相同;并且还可以保持仅频率插值能力。

[0215] 此外,前导码结构可以满足以下要求:针对初始信道获取,前导码导频位置应当涵盖所有可能的SP位置;针对初始扫描,载波的最大数量应当是3409 (7.61MHz);应当将完全相同的导频模式和加扰序列用于C2检测;并且不要求如T2中的P1那样的专用检测前导码。

[0216] 在与帧结构的关系方面,可以将数据切片位置间隔修改为16个载波而不是12个载波。因而,发生的位置寻址开销更少,并且可以预期没有与数据切片状况、空(null) 时隙状况等相关的其它问题。

[0217] 因此,在图62所示的信道估计模块r501处,当执行对数据符号的SP的时间插值时,可以使用各个前导码中的导频。因此,可以改善帧的边界处的信道获取和信道估计。

[0218] 现在,关于涉及前导码和导频结构的要求,存在着这样的共识:不管是否信道绑定,前导码导频的位置和SP的位置应当一致;L1块中的总的载波的数量应当可以被导频距离整除,以避免频段边缘处的不规律结构;应当在频域中重复L1块;并且在任意的调谐器窗口位置中,L1块应当总是可以被解码。其它的要求是:导频位置和导频模式应当按照8MHz的周期进行重复;在不知道信道绑定的情况下,应当估计出正确的载波频率偏置;并且在频率偏置做出补偿前,无法进行L1解码(重新排列)。

[0219] 图47示出了当使用图52和图53示出的前导码结构时数据符号与前导码之间的关系。L1块可以按照6MHz的周期进行重复。对于L1解码来说,应当找出频率偏置和前导码移位模式这两者。在没有信道绑定信息的情况下,无法在任意调谐器位置进行L1解码,并且接收

机不能区分前导码移位值和频率偏置。

[0220] 因而,为了执行L1信号解码,接收机(具体地说,图63中示出的帧报头去除器r401)需要获得信道绑定结构。由于已知图47中两个垂直的阴影区域处的预期的前导码移位量,因此图62中的时间/频率同步模块r505可以估计载波频率偏置。基于该估计,图64中的L1信令通道(r308-1到r301-1)可以对L1进行解码。

[0221] 图48示出了当使用图55中示出的前导码结构时数据符号与前导码之间的关系。L1块可以按照8MHz的周期进行重复。为了对L1进行解码,只需要获知频率偏置,并且可以不需要信道绑定信息。通过利用已知的伪随机二进制序列(PRBS)序列,可以容易地估计出频率偏置。如图48所示,前导码与数据符号被对齐。因此,可以不需要额外的同步搜索。因此,对于接收机(具体地说,图63中示出的帧报头去除器模块r401)来说,要执行L1信号解码,只需获得具有导频加扰序列的相关峰即可。图62中的时间/频率同步模块r505可以根据峰的位置来估计出载波频率偏置。

[0222] 图49示出了有线信道延迟概况的一个示例。

[0223] 从导频设计的角度来看,当前的GI已经对有线信道的延迟扩展进行了过分地保护。在最糟糕的情况下,可以选择重新设计信道模型。为了准确地每8MHz重复该模式一次,导频距离应当是3584个载波的除数($z=32$ 或 56)。导频密度 $z=32$ 会增加导频开销。因而,可以选择 $z=56$ 。在有线信道中,稍小的延迟覆盖可能并不重要。例如,与 $9.3\mu\text{s}$ (PP5)和 $4.7\mu\text{s}$ (PP7)相比,PP5'可以是 $8\mu\text{s}$ 且PP7'可以是 $4\mu\text{s}$ 。即使在最糟糕的情况下,两种导频模式也能够涵盖有意义的延迟。对于前导码导频位置来说,不再需要数据符号中的所有SP位置。

[0224] 如果可以忽略-40dB的延迟通道,则实际的延迟扩展可以变成 $2.5\mu\text{s}$ 、 $1/64\text{GI}=7\mu\text{s}$ 、或 $1/128\text{GI}=3.5\mu\text{s}$ 。这表示导频距离参数($z=56$)是足够好的值。此外, $z=56$ 可以是构造实现图48中示出的前导码结构的导频模式的方便值。

[0225] 图50示出了在图42中的导频插入模块404处构造的、使用 $z=56$ 和 $z=112$ 的分散导频结构。提出了PP5'(x=14、y=4、z=56)和PP7'(x=28、y=4、z=112)。可以插入边缘载波以封闭边缘。

[0226] 如图50所示,在距频段的各个边缘8MHz处将导频对齐,每个导频位置和导频结构可以每8MHz重复一次。因而,该结构可以支持图48中示出的前导码结构。此外,可以使用前导码和数据符号之间的公共导频结构。因此,图62中的信道估计模块r501可以利用对前导码和数据符号的插值来执行信道估计,这是由于不管由数据切片位置决定的窗口位置如何,都不可能出现不规则的导频模式。此时,只利用频率插值就足以补偿源于延迟扩展的信道失真。如果还执行了时间插值,则可以进行更加准确的信道估计。

[0227] 因此,在新提出的导频模式中,导频位置和导频模式可以基于8MHz的周期进行重复。单个导频模式可以用于前导码和数据符号这二者。没有信道绑定信息,也始终能够进行L1解码。此外,所提出的导频模式可以不影响与T2的共同性,其原因在于:可以使用分散导频模式的相同的导频策略;T2已经使用了8种不同的导频模式;并且经过修改的导频模式不会明显地增加接收机的复杂度。对于导频加扰序列来说,PRBS的周期可以是2047(m序列);PRBS生成可以每8MHz重置一次,其周期是3584;导频重复率56也与2047互质;并且可以预期没有PAPR问题。

[0228] 图51示出了基于OFDM的调制器的一个示例。可以由IFFT模块501将输入的符号流

转换至时域。如果需要,可以在PAPR降低模块502处降低峰均功率比(PAPR)。对于PAPR方法来说,可以使用动态星座扩展(ACE:active constellation extension)或音调保留(tone reservation)。GI插入模块503可以复制有效的OFDM符号的最后一部分,从而以循环前缀的形式填充在保护间隔中。

[0229] 前导码插入模块504可以在各个被发送的帧的开头处插入前导码,使得接收机可以检测到数字信号、帧,并且获得时间/频率偏置获取。此时,前导码信号可以执行诸如FFT大小(3比特)和保护间隔大小(3比特)的物理层信令。如果调制器专门用于DVB-C2,则可以略去前导码插入模块504。

[0230] 图52示出了在图51中的前导码插入模块504中生成的、用于信道绑定的前导码结构的一个示例。一个完整的L1块在任意的7.61MHz调谐窗口位置都应当“总是可以解码的”,而且不管调谐器窗口位置如何L1信令都不应当出现任何损失。如图所示,L1块在频域中可以按照6MHz的周期进行重复。可以每个8MHz对数据符号进行一次信道绑定。对于L1解码来说,如果接收机使用如图61中所示的、使用7.61MHz带宽的调谐器r603,则图63中的帧报头去除器r401需要将接收到的循环移位后的L1块(图53)重新排列为该L1块的初始形式。由于针对每个6MHz块对L1块进行重复,因此可以进行这样的重新排列。

[0231] 图54示出了设计更加优化的前导码的过程。图52的前导码结构仅将总的调谐器带宽7.61MHz中的6MHz用于L1解码。在频谱效率方面,7.61MHz的调谐器带宽未被全部使用。因此,可以对频谱效率做出进一步的优化。

[0232] 图55示出了在图42中的帧报头插入模块401处生成的、用于完全频谱效率的前导码结构或前导码符号的另一个示例。如同数据符号那样,L1块可以在频域中按照8MHz的周期进行重复。在任意的7.61MHz调谐窗口位置中,一个完整的L1块仍然“总是可以解码的”。在调谐后,可以将7.61MHz数据视为虚拟打孔码。前导码和数据符号这两者具有完全相同的带宽并且前导码和数据符号这两者具有完全相同的导频结构可以使频谱效率最大化。诸如循环移位特性和在没有数据切片的情况下不发送L1块的其他特征可以保持不变。换言之,前导码符号的带宽可以与数据符号的带宽相同,或者如图57所示,前导码符号的带宽可以是调谐器的带宽(这里,是7.61MHz)。可以将调谐器带宽限定为与使用单个信道时的总的活动载波的数量相对应的带宽。也就是说,前导码符号的带宽可以与总的活动载波的数量相对应(这里,是7.61MHz)。

[0233] 图56示出了虚拟打孔码。可以将8MHz的L1块中的7.61MHz数据视为进行了打孔编码。当图61中示出的调谐器r603将7.61MHz带宽用于L1解码时,图63中的帧报头去除器r401需要将接收到的经过循环移位的L1块重新排列为初始形式,如图56所示。此时,L1解码是利用调谐器的整个带宽来执行的。一旦对L1块进行了重新排列,由于L1块的初始大小是8MHz带宽,因此重新排列的L1块的频谱如图56的右上侧所示在频谱内可以具有空白区。

[0234] 一旦用零填充了该空白区,则在由图63中的频率去交织器r403或由图64中的符号去交织器r308-1在符号域中进行了去交织后,或者在由图64中的符号去映射器r306-1、比特复用器r305-1和内部去交织器r304-1在位域中进行了去交织后,该L1块可以具有如图56的右下侧中示出的看上去被打孔了的形式。

[0235] 该L1块可以在图64中的打孔/缩短解码模块r303-1中被解码。通过利用这些前导码结构,可以使用整个调谐器带宽,因而可以提高频谱效率和编码增益。此外,可以将相同

的带宽和导频结构用于前导码和数据符号。

[0236] 此外,如果如图58所示将前导码带宽或前导码符号带宽设置为调谐器带宽(在本示例中是7.61MHz),则即使不进行打孔也可以在重新排列后得到完整的L1块。换言之,对于具有前导码符号的帧(其中,该前导码符号具有至少一个层1(L1)块)来说,可以这样说,L1块具有3408个活动子载波,并且该3408个活动子载波与8MHz的射频(RF)频段中的7.61MHz相对应。

[0237] 因而,可以将频谱效率和L1解码性能最大化。换言之,在接收机处,在仅在符号域中执行了去交织后,就可以在图64中的打孔/缩短解码模块r303-1处执行解码。

[0238] 因此,所提出的新的前导码结构的优点在于:除了带宽不同以外,与之前使用的前导码完全兼容;L1块按照8MHz的周期进行重复;不管调谐器窗口位置如何,L1块可以总是能够解码;全部调谐器带宽可以用于L1解码;最大的频谱效率可以保证更多的编码增益;可以将不完整的L1块视为经过了打孔编码;简单且相同的导频结构可以用于前导码和数据这二者;并且相同的带宽可以用于前导码和数据这二者。

[0239] 图59示出了模拟处理器的一个示例。DAC模块601可以将数字信号输入转换成模拟信号。在对传输频率带宽进行上变频(602)和模拟滤波(603)后,可以发送信号。

[0240] 图60示出了数字接收机系统的一个示例。接收到的信号在模拟处理模块r105处被转换成数字信号。解调器r104可以将该信号转换成频域中的数据。帧解析器r103可以去除导频和报头,并且使得可以选择需要被解码的业务信息。BICM解调器r102可以纠正传输信道中的错误。输出处理器r101可以恢复初始发送的业务流和定时信息。

[0241] 图61示出了在接收机处使用的模拟处理器的一个示例。调谐器/AGC模块r603可以从接收到的信号中选择需要的频率带宽。下变频模块r602可以恢复基带。ADC模块r601可以将模拟信号转换成数字信号。

[0242] 图62示出了解调器的一个示例。帧检测模块r506可以检查前导码,检查是否存在对应的数字信号,并且检测帧的开始。时间/频率同步模块r505可以在时域和频域中执行同步。此时,针对时域同步,可以使用保护间隔相关性。针对频域同步,可以使用相关性,或者可以根据在频域中发送的子载波的相位信息来估计偏置。前导码去除模块r504可以从检测到的帧的开头去除前导码。GI去除模块r503可以去除保护间隔。FFT模块r501可以将时域信号转换成频域信号。信道估计/均衡模块r501可以通过利用导频符号估计传输信道中的失真来对错误进行补偿。如果解调器专门用于DVB-C2,则可以省略前导码去除模块r504。

[0243] 图63示出了帧解析器的一个示例。导频去除模块r404可以去除导频符号。频率去交织模块r403可以在频域中执行去交织。OFDM符号合并器r402可以根据在OFDM符号中发送的符号流来恢复数据帧。帧报头去除模块r401可以从各个发送的帧的报头中提取出物理层信令并去除报头。可以将提取出的信息用作接收机的以下处理中的参数。

[0244] 图64示出了BICM解调器的一个示例。图64a示出了数据通道,图64b示出了L1信令通道。符号去交织器r308可以在符号域中执行去交织。ModCod提取器r307可以从各个BB帧的开头处提取出ModCod参数,并且使得这些参数可以被用于以下的自适应/可变频调制和解码处理。符号去映射器r306可以将输入的符号流去映射为比特对数似然比(LLR)流。通过将发射机的符号映射器306中使用的星座图用作基准点,可以计算出输出的比特LLR流。此处,当使用了上述的MQAM或NU-MQAM时,通过在计算与MSB最近的比特时计算I轴和Q轴这二

者,并且在计算其余的比特时计算I轴或Q轴,可以实现高效的符号去映射器。该方法可以应用于例如近似 LLR、准确LLR或硬判决。

[0245] 当使用了根据发射机的符号映射器306处的纠错码的星座图容量和码率的经优化的星座图时,接收机的符号去映射器r306可以利用从发射机发送来的码率和星座图容量信息来得到星座图。接收机的比特复用器r305可以执行发射机的比特解复用器305的逆功能。接收机的内部去交织器r304和外部去交织器r302可以分别执行发射机的内部交织器304和外部交织器302的逆功能,以得到具有其初始序列形式的比特流。如果BICM解调器专门用于DVB-C2,则可以省略外部去交织器r302。

[0246] 接收机的内部解码器r303和外部解码器r301可以分别执行与发射机的内部编码器303和外部编码器301相对应的解码处理,以纠正传输信道中的错误。可以对L1 信令通道执行与对数据通道执行的处理相似的处理,但是所使用的参数不同(r308-1 到r301-1)。此处,如在前导码部分中阐述的那样,可以将缩短/打孔码编码模块r303-1 用于L1信令解码。

[0247] 图65示出了利用缩短/打孔进行的LDPC解码的一个示例。解复用器r301a可以分开地输出来自输入的比特流中的系统码的信息部分和奇偶校验部分。针对信息部分,可以根据LDPC解码器的输入的比特流的数量来执行零填充(r302a),针对奇偶校验部分,可以通过对经过打孔的部分解除打孔来生成LDPC解码器的输入的比特流(r303a)。可以针对所生成的比特流执行LDPC解码(r304a),可以去除并输出(r305a) 信息部分中的零。

[0248] 图66示出了输出处理器的一个示例。BB解扰器r209可以恢复在发射机处加扰(209)的比特流。分割器r208可以根据PLP通道来恢复与从发射机复用并发送来的多个PLP相对应的BB帧。针对各个PLP通道,BB报头去除器r207-1~n可以去除掉在BB帧的开头处发送的报头。CRC解码器r206-1~n可以执行CRC解码并使得可靠的BB帧可供选择。空包插入模块r205-1~n可以在空包的初始位置处恢复为了更高的发送效率而被去除掉的空包。延迟恢复模块r204-1~n可以恢复在各个PLP通道之间存在的延迟。

[0249] 输出时钟恢复模块r203-1~n可以根据从输入流同步模块203-1~n发送的定时信息来恢复业务流的初始定时。输出接口模块r202-1~n可以根据BB帧中被切片的输入的比特流来恢复TS/GS分组中的数据。如果需要,输出后处理模块r201-1~n可以将多个TS/GS流恢复成完整的TS/GS流。图66所示的带阴影的块表示在一次处理单个PLP时可以使用的模块,而余下的块表示在同时处理多个PLP时可以使用的模块。

[0250] 前导码导频模式被仔细地设计以避免PAPR增加。因而,需要考虑L1重复率是否会增加PAPR。L1信息比特的数量根据信道绑定、PLP的数量等动态地变化。具体地说,需要考虑以下方面:固定的L1块大小可能引入不必要的开销;L1信令应当得到比数据符号更强的保护;并且L1块的时间交织可以比信道减损(如冲击噪声需要) 更加提高鲁棒性。

[0251] 如图67所示,针对8MHz的L1块重复率,通过虚拟打孔表现出完全的频谱效率(BW增加26.8%),但是由于L1带宽与数据符号的带宽相同,因此可能增加PAPR。针对8MHz的重复率,为了通用性可以使用4K-FFT DVB-T2频率交织,并且在交织后该同一个模式可以按照8MHz的周期来重复其自身。

[0252] 如图68所示,针对6MHz的L1块重复率,在没有虚拟打孔的情况下表现出降低的频谱效率。由于L1带宽和数据符号的带宽共享 $LCM=24MHz$,因此PAPR出现了与8MHz的情况相似的问题。针对6MHz的重复率,为了通用性可以使用4K-FFT DVB-T2频率交织,并且在交织

后该同一个模式可以按照24MHz的周期来重复其自身。

[0253] 图69示出了新的L1块重复率7.61MHz或完全的调谐器带宽。在没有虚拟打孔的情况下,可以得到全频谱效率(BW增加26.8%)。由于L1带宽和数据符号的带宽共享 $LCM=1704\text{MHz}$,因此可以不存在PAPR问题。针对7.61MHz的重复率,为了通用性可以使用4K-FFT DVB-T2频率交织,并且在交织后该同一个模式可以按照大约1704MHz的周期来重复其自身。

[0254] 图70是在帧报头中发送的L1信令的一个示例。L1信令中的各信息可以被发送到接收机,并且可以被用作解码参数。尤其可以在图64中示出的L1信号通道中使用该信息,并且可以在各个数据切片中发送PLP。可以获得针对各个PLP而增加的鲁棒性。

[0255] 图72是如图37中的L1信令通道中示出的符号交织器308-1的一个示例,并且也可以是如图64中的L1信令通道中示出的其相应的符号去交织器r308-1的一个示例。带有斜线的块表示L1块,而实心块表示数据载波。L1块不仅可以在单个前导码中发送,而且还可以在多个OFDM块中发送。根据L1块的大小,交织块的大小可以变化。换言之, num_L1_sym 与 $L1_span$ 可以彼此不同。为了将不必要的开销减到最少,可以在发送L1块的OFDM符号的余下的载波中发送数据。此处,由于L1块的重复周期仍然是完全的调谐器带宽,因此可以保证完全的频谱效率。在图72中,带有斜线的块的数量表示单个LDPC块内的比特顺序。

[0256] 因此,当根据如图72所示的符号索引按照行的方向在交织存储器中写入比特并根据载波索引按照列的方向读出比特时,可得到块交织效果。换言之,可以在时域和频域中对一个LDPC块进行交织并接着对该个LDPC块进行发送。 Num_L1_sym 可以是预定值,例如,2到4之间的数字可以被设为OFDM符号的数量。此处,为了增大L1块大小的间隔,可以将具有最小的码字长度的经过打孔/缩短的LDPC码用于L1保护。

[0257] 图73是L1块发送的一个示例。图73在帧域中例示了图72。如图73a所示,L1块可以跨越完整的调谐器带宽,或者如图73b所示,L1块可以部分地跨越L1块,并且可以将余下的载波用于数据载波。在上述任一种情况下,可以看出,L1块的重复率可以与完整的调谐器带宽相同。此外,针对使用包括前导码的L1信令的OFDM符号,可以只进行符号交织,同时不允许这些OFDM符号中的数据发送。因此,针对用于L1信令的OFDM符号,接收机可以通过在不执行数据解码的情况下执行去交织来对L1进行解码。此处,L1块可以发送当前帧的L1信令或后续帧的L1信令。在接收机端,通过图64中示出的L1信令解码通道解码得到的L1参数可以用于对来自后续帧的帧解析器的数据通道的解码处理。

[0258] 总而言之,在发射机处,可以通过按照行的方向将块写到存储器并按照列的方向从存储器中读出所写入的块来执行对L1区域的块的交织。在接收机处,可以通过按照列的方向将块写到存储器并按照行的方向从存储器中读出所写入的块来执行对L1区域的块的去交织。发射机与接收机的读取和写入方向可以互换。

[0259] 进行如下假定:为了L1保护和T2的通用性,令 $CR=1/2$;16-QAM符号映射;前导码中导频密度为6;短LDPC的数量表示进行了所需数量的打孔/缩短,诸如仅前导码用于L1发送的结果或结论可能并不充分;OFDM符号的数量取决于L1块大小的量;为了灵活性和更精细的间隔,可以使用被缩短/打孔的码中最短的LDPC码字(例如,192个比特的信息);并且如果需要,可以添加填充。当按照上面这些假定条件执行仿真时,可以获得可忽略的开销。在图71中概述了结果。

[0260] 因此,针对L1块重复率,在没有进行虚拟打孔的情况下的完整调谐器带宽可以是

优良的解决方案,并且在全频谱效率的情况下也仍然可以不发生PAPR问题。针对 L1信令,高效的信令结构可以允许具有8个信道绑定、32个陷波、256个数据切片和256个PLP的环境中的最大构造。针对L1块结构,可以根据L1块大小来实现灵活的L1信令。为了在T2通用性方面更加鲁棒,可以执行时间交织。使得前导码中的数据发送开销更少。

[0261] 可以执行L1块的块交织以达到更好的鲁棒性。可以利用L1符号的固定的预定数量(num_L1_sym)和L1所跨越的载波数量作为参数(L1_span)来执行该交织。在DVB-T2中使用该相同的技术来进行P2前导码交织。

[0262] 可以使用大小可变的L1块。大小可以适用于L1信令比特的量,从而使得开销降低。可以获得全频谱效率而没有PAPR问题。低于7.61MHz的重复意味着发送更多的冗余但不使用该更多的冗余。由于L1块的7.61MHz的重复率,不会发生PAPR问题。

[0263] 图74是在帧报头中发送的L1信令的另一个示例。图74与图70的不同之处在于将具有12个比特的L1_span字段划分成了两个字段。换言之,L1_span字段被划分成具有9个比特的L1_column和具有3个比特的L1_row。L1_column表示L1跨越的载波索引。由于数据切片在每12个载波处开始和结束(导频密度),因此可以将12比特的开销降低3个比特以达到9个比特。

[0264] L1_row表示当应用了时间交织时L1跨越的OFDM符号的数量。因此,在L1_column乘以L1_row的区域内,可以执行时间交织。或者,可以发送L1块的总的大小,使得在不执行时间交织时可以使用图70中示出的L1_span。针对这样的情况,在示例中L1块的大小是11,776×2个比特,因而15个比特就足够了。因此,L1_span字段可以由15个比特组成。

[0265] 图75是频率或时间交织/去交织的示例。图75示出了整个发送帧的一部分。图75还示出了多个8MHz带宽的结合。帧可以由发送L1块的前导码和发送数据的数据符号组成。不同类型的数据符号表示用于不同业务的数据切片。如图75所示,前导码发送针对各个7.61MHz的L1块。

[0266] 针对前导码,在L1块内执行频率或时间交织而不在L1块之间执行频率或时间交织。也就是说,对于前导码而言,可以说按照L1块的级别执行交织。这使得即使在调谐器窗口已经移动到信道绑定系统内的随机位置时也可以通过在调谐器窗口带宽内发送L1块来对L1块进行解码。

[0267] 为了在随机的调谐器窗口带宽处对数据符号进行解码,不应当在数据切片之间发生交织。也就是说,对于数据切片而言,可以说按照数据切片的级别进行交织。因此,应当在数据切片内执行频率交织和时间交织。因此,图37中示出的发射机的BICM模块的数据通道中的符号交织器308可以针对各个数据切片执行符号交织。L1信号通道中的符号交织器308-1可以针对各个L1块执行符号交织。

[0268] 图42中示出的频率交织器403需要单独地对前导码和数据符号执行交织。具体地说,针对前导码,可以针对各个L1块执行频率交织,而针对数据符号,可以执行各个数据切片执行频率交织。此处,考虑到低延迟模式,可以不执行数据通道或L1信号通道中的时间交织。

[0269] 图76是分析L1信令的开销的表,该L1信令在如图37中所示的BICM模块的数据通道上的ModCod报头插入模块307处在FECFRAME报头中发送。从图76可以看出,对于短LDPC块(大小=16200),会产生不可忽略的3.3%的最大开销。在该分析中,假设45个符号用于

FECFRAME保护,并且前导码是C2帧特定的 (specific) L1信令,而FECFRAME报头是FECFRAME特定的L1信令,即,Mod (调制) Cod (编码) 和PLP标识符。

[0270] 为减小L1开销,可以考虑与两个数据切片类型相应的方法。对于ACM/VCM类型和多PLP的情况,可以针对FECFRAME报头使帧保持相同。对于ACM/VCM类型和单PLP的情况,可以从FECFRAME报头移除PLP标识符,得到最大1.8%的开销缩减。对于CCM类型和多PLP的情况,可以从FECFRAME报头移除Mod/Cod 字段,得到最大1.5%的开销缩减。对于CCM类型和单PLP的情况,不需要FECFRAME 报头,因此,能够得到多达3.3%的开销缩减。

[0271] 在缩短的 (shortened) L1信令中,可以发送Mod/Cod (7比特) 或PLP标识符 (8 比特),但它可能太短而不能获得任何编码增益。然而,由于PLP能够与C2传输帧对齐,因此可以不要求同步;可以根据前导码得知各PLP的每个ModCod;并且,简单的计算就能够使得与特定FECFRAME同步。

[0272] 图77示出了用于最小化开销的FECFRAME报头的结构。在图77中,带有斜线的块和FECFRAME构造器表示图37中所示的BICM模块的数据通道上的ModCod 报头插入模块307的详细框图。实心块表示图37中所示的BICM模块的数据通道上的内部编码模块303、内部交织器304、比特解复用器305和符号映射器306的示例。此时,可以执行缩短的L1信令,因为CCM不需要Mod/Cod字段,并且单个PLP不需要PLP标识符。对于比特数减小的该L1信号,可以在前导码中使该L1信号重复三次,并且可以执行BPSK调制,从而使得非常鲁棒的信令是可能的。最后,ModCod 报头插入模块307能够将所生成的报头插入到各个FEC帧中。图84示出了图64中所示的BICM解调模块的数据通道上的ModCod提取模块r307的示例。

[0273] 如图84所示,可以解析FECFRAME报头 (r301b),然后可以使在重复符号中发送相同信息的符号延迟、对齐,进而组合 (Rake组合r302b)。最后,当执行BPSK 解调 (r303b)时,可以恢复所接收的L1信号字段,并且可以将该恢复的L1信号字段发送给系统控制器,以用作用于解码的参数。可以将经解析的FECFRAME发送给符号去映射器。

[0274] 图78示出了前述L1保护的误码率 (BER) 性能。可以看到,通过三次重复获得了大约4.8dB的SNR增益。在BER=1E-11处所要求的SNR是8.7dB。

[0275] 图79示出了传输帧和FEC帧结构的示例。图79的右上侧示出的FEC帧结构表示由图37中的ModCod报头插入模块307插入的FECFRAME报头。可以看出,根据条件 (即,CCM或ACM/VCM类型和单个或多个PLP) 的不同组合,可以插入不同大小的报头。或者可以不插入报头。根据数据切片类型形成并在图79的左下侧示出的传输帧可以由图42中所示的帧构造器的帧报头插入模块401和图35中所示的输入处理器的合并器/分割器模块208形成。此时,可以根据不同类型的数据切片来发送FECFRAME。利用该方法,可以减小最大3.3%的开销。在图79的右上侧,示出了四种不同类型的结构,但本领域的技术人员可以理解的是,这些只是示例,并且这些类型中的任何类型及其组合都可以用于数据切片。

[0276] 在接收机侧,图63中所示的帧解析器模块的帧报头去除模块r401和图64中所示的BICM解调模块的ModCod提取模块r307可以提取解码所需的ModCod字段参数。此时,可以根据传输帧的数据切片类型来提取参数。例如,对于CCM类型,可以从在前导码中发送的L1信令提取参数,而对于ACM/VCM类型,可以从 FECFRAME报头提取参数。

[0277] 如图79的右上侧所示,可以将FEC帧结构分成两组,其中,第一组是具有报头的上面三个帧结构,而第二组是没有报头的最后一个帧结构。

[0278] 图80示出了由图42中所示的帧构造器模块的帧报头插入模块401在前导码中发送的L1信令的示例。该L1信令与先前的L1信令的不同之处在于：可以在多个比特 (L1_size, 14比特) 中发送L1块大小；可以打开/关闭对数据切片的时间交织 (dslice_time_intrlv, 1比特)；以及通过定义数据切片类型 (dslice_type, 1比特)，减小了L1信令开销。此时，当数据切片类型是CCM时，可以在前导码内而不是在 FECFRAME报头内发送Mod/Cod字段 (plp_mod (3比特), plp_fec_type (1比特), plp_cod (3比特))。

[0279] 在接收机侧，图64中所示的BICM解调模块的缩短/打孔内部解码器r303-1可以通过解码获得在前导码内发送的具有固定的L1块大小的第一LDPC块。还可以获得其余的LDPC块的数量和大小。

[0280] 当L1传输需要多个OFDM符号时或者当存在时间交织的数据切片时，可以使用时间交织。利用交织标记可以进行时间交织的灵活开/关。为进行前导码时间交织，可能需要时间交织标记 (1比特) 和交织的OFDM符号的数量 (3比特)，从而可以通过类似于缩短的FECFRAME报头的方式来保护总共4比特。

[0281] 图81示出了L1-pre信令的示例，该L1-pre信令能够在图37中所示的BICM模块的数据通道上的ModCod报头插入模块307-1处执行。带有斜线的块和前导码构造器是图37中所示的BICM模块的L1信令通道上的ModCod报头插入模块307-1的示例。实心块是如图42中所示的帧构造器的帧报头插入模块401的示例。

[0282] 此外，这些实心块可以是图37中所示的BICM模块的L1信令通道上的缩短/打孔内部编码模块303-1、内部交织器304-1、比特解复用器305-1和符号映射器306-1 的示例。

[0283] 从图81可以看到，可以利用缩短/打孔LDPC编码来保护在前导码中发送的L1 信号。可以以L1-pre的形式将相关参数插入到报头中。此时，在前导码的报头中可以仅发送时间交织参数。为保证更高的鲁棒性，可以执行四次重复。在接收机侧，为了能够对在前导码中发送的L1信号进行解码，图64中所示的BICM解调器的L1信令通道上的ModCod提取模块r307-1需要使用图84中所示的解码模块。此时，因为进行了不同于先前的对FECFRAME报头进行的解码的四次重复，所以需要使四次重复的符号同步并添加这些符号的Rake接收处理。

[0284] 图82示出了从图42中所示的帧构造器模块的帧报头插入模块401发送的L1信令块的结构。示出了前导码中不使用时间交织的情况。如图82所示，可以按照载波的顺序发送不同类型的LDPC块。一旦形成并发送了OFDM符号，则形成并发送随后的OFDM符号。对于要发送的最后OFDM符号，如果剩下任何载波，则这些载波可以用于数据传输或者可以进行哑数据填充 (dummy padded)。图82中的示例示出了包括三个OFDM符号的前导码。在接收机侧，对于这种非交织情况，可以跳过如图 64中所示的BICM解调器的L1信令通道上的符号去交织器r308-1。

[0285] 图83示出了执行L1时间交织的情况。如图83所示，以针对相同的载波索引形成OFDM符号然后针对下一载波索引形成OFDM符号的形式执行块交织。对于不执行交织的情况，如果剩余任何载波，则这些载波可以用于数据传输或者可以进行哑数据填充。在接收机侧，对于这种非交织情况，图64中所示的BICM解调器的L1信令通道上的符号去交织器r308-1可以通过以LDPC块的编号的递增顺序读取LDPC 块来执行块交织。

[0286] 此外，可以存在至少两种类型的数据切片。数据切片类型1在L1信令字段中具有

dslice_type=0。该类型的数据切片没有XFEC帧报头,并且在L1信令字段中具有其mod/cod值。数据切片类型2在L1信令字段中具有dslice_type=1。该类型的数据切片具有XFEC帧报头,并且在XFEC帧报头中具有其mod/cod值。

[0287] XFEC帧表示复序列前向纠错(XFEC, complex Forward Error Correction)帧,而mod/cod表示调制类型/编码率。

[0288] 在接收机处,帧解析器可以根据经解调的信号形成帧。该帧具有数据符号,并且这些数据符号可以具有第一类型的数据切片和第二类型的数据切片,第一类型的数据切片具有XFEC帧和XFEC帧报头,而第二类型的数据切片具有XFEC帧但没有XFEC帧报头。而且,接收机能够从前导码符号的L1提取用于指示对前导码符号执行时间去交织还是不对前导码符号执行时间去交织的字段。

[0289] 在发射机处,帧构造器可以构造帧。该帧的数据符号包括第一类型的数据切片和第二类型的数据切片,第一类型的数据切片具有XFEC帧和XFEC帧报头,而第二类型的数据切片具有XFEC帧但没有XFEC帧报头。而且,可以在前导码符号的L1中插入用于指示对前导码符号执行时间交织还是不对前导码符号执行时间交织的字段。

[0290] 最后,对于用于图42中所示的帧构造器的帧报头插入模块401的缩短/打孔编码,可以确定并在第一LDPC块中发送能够获得编码增益的码字的最小大小。这样,对于其余的LDPC块,可以根据该发送的L1块大小获得大小。

[0291] 图85示出了L1-pre信令的另一示例,该L1-pre信令能够从图37中所示的BICM模块的L1信令通道上的ModCod报头插入模块307-1发送。图85与图81的不同之处在于修改了报头部分的保护机制。从图85可以看到,L1块大小信息L1_size(14比特)不是在L1块中发送,而是在报头中发送。在报头中,也可以发送4比特的时间交织信息。为了进行总共18比特的输入,使用输出45比特的BCH(45,18)码并将其复制到这两条通道,并且最后进行QPSK映射。对于Q通道,可以针对分集增益执行1比特循环移位,并且可以执行根据同步字的PRBS调制。可以从这些I/Q通道输入来输出总共45个QPSK符号。此时,如果时间交织深度被设定为要求发送L1块的多个前导码,则可以不必发送指示时间交织深度的L1_span(3比特)。换句话说,可以仅发送时间交织开/关标记(1比特)。在接收机侧,通过仅检查多个所发送的前导码,而不使用L1_span,就能够获得时间交织深度。

[0292] 图86示出了在前导码中发送的L1信令块的调度的示例。如果能够在前导码中发送的L1信息的大小是Nmax,则当L1的大小小于Nmax时,一个前导码就能够发送该信息。然而,当L1的大小大于Nmax时,可以将L1信息均等划分,使得划分的L1子块小于Nmax,然后可以在前导码中发送所划分的L1子块。此时,对于由于L1信息小于Nmax而没有使用的载波,不发送数据。

[0293] 相反,如图88所示,可以提升(boost)发送L1块的载波的功率以保持总前导码信号功率等于数据符号功率。功率提升因子可以根据所发送的L1的大小而变化,并且发射机和接收机可以具有该功率提升因子的设置值。例如,如果仅使用总的载波的一半,则功率提升因子可以是2。

[0294] 图87示出了考虑了功率提升的L1-pre信令的示例。当与图85相比时,可以看出,QPSK符号的功率可以提升并且可以发送给前导码构造器。

[0295] 图89示出了图64中所示的BICM解调模块的L1信令通道上的ModCod提取模块r307-

1的另一示例。根据输入的前导码符号,L1信令FECFRAME可以输出到符号去映射器中,并且可以仅对报头部分进行解码。

[0296] 对于输入的报头符号,可以执行QPSK去映射,并且可以获得对数似然比(LLR)值。对于Q通道,可以执行根据同步字的PRBS解调,并且可以执行1比特循环移位的逆处理,以进行恢复。

[0297] 对齐的这两个I/Q通道值可以组合起来,并且可以获得SNR增益。可以将硬判决的输出输入到BCH解码器中。BCH解码器可以从所输入的45比特恢复18比特的L1-pre。

[0298] 图90示出了接收机的对应的ModCod提取器。当与图89相比时,可以对QPSK去映射器输入符号执行功率控制,以从由发射机增大的功率水平恢复到其原始值。此时,可以通过考虑用于前导码中的L1信令的多个载波并对所获得的发射机的功率提升因子取倒数(inverse)来执行功率控制。功率提升因子设置彼此相同的前导码功率和数据符号功率。

[0299] 图91示出了L1-pre同步的示例,该L1-pre同步能够在图64中所示的BICM解调模块的L1信令通道上的ModCod报头插入模块307-1处执行。这是获得前导码中的报头的起始位置的同步处理。然后针对输出的Q通道,可以对输入的符号进行QPSK去映射,可以执行1比特循环移位的逆处理,并且可以执行对齐。两个I/Q通道值可以相乘,并且可以对通过L1-pre信令进行了调制的值进行解调。因此,乘法器的输出可以仅表示作为同步字的PRBS。当该输出与已知序列PRBS相关时,可以获得报头处的相关峰。从而,可以获得前导码中的报头的起始位置。如果需要,可以对QPSK去映射器的输入执行功率控制,执行该功率控制以恢复原始功率水平,如图90所示。

[0300] 图92示出了L1块报头字段的另一示例,该L1块报头字段被发送给如图37中所示的BICM模块的L1信令通道上的报头插入模块307-1。该图92与图85的不同之处在于:表示时间交织深度的L1_span减小到2比特,并且保留比特增加1比特。接收机可以根据所发送的L1_span获得L1块的时间交织参数。

[0301] 图93示出了将L1块均等划分成与前导码的数量一样多的部分、然后将报头插入到各个所划分的L1块中、并随后将插入了报头的L1块分配给前导码的处理。这可以在使用多个前导码执行时间交织时执行,其中前导码的数量大于发送L1块所需的前导码的最小数量。这可以在如图37所示的BICM模块的L1信令通道上的L1块处执行。在发送L1块之后剩余的载波可以具有循环重复模式,而不是零填充。

[0302] 图94示出了如图64所示的BICM解调模块的符号去映射器r306-1的示例。对于如图93所示的使L1FEC块重复的情况,可以对齐、组合(r301f)L1FEC块的各起点,然后进行QAM去映射(r302f),以获得分集增益和SNR增益。此时,组合器可以包括对齐和添加各L1FEC块并划分所添加的L1FEC块的处理。对于如图93所示仅重复了最后FEC块的一部分的情况,可以仅将所重复的部分划分成数量与FEC块报头的数量一样多,而可以通过比FEC块报头的数量小的值来划分另一部分。换句话说,划分数量对应于添加到各载波的载波数量。

[0303] 图98示出了L1块调度的另一示例。图98与图93的不同之处在于:当L1块没有填满一个OFDM符号时不是执行零填充或重复,而是可以通过在发射机处对缩短/打孔码执行更少的打孔来使用奇偶冗余填满OFDM符号。换句话说,当在图38中执行奇偶打孔(304c)时,可以根据打孔比确定有效码率,这样,由于通过打孔使得更少的比特需要进行零填充,所以可以降低有效码率,并且可以获得更好的编码增益。如图65所示的接收机的奇偶解除打孔模

块r303a能够考虑较少打孔的奇偶冗余来执行解除打孔。此时,由于接收机和发射机能够具有总的L1块大小的信息,所以可以计算打孔比。

[0304] 图95示出了L1信令字段的另一示例。图95与图74的不同之处在于:对于数据切片类型是CCM的情况,可以发送PLP的起始地址(21比特)。这可以使各PLP的 FECFRAME能够形成传输帧,而不需要使FECFRAME与传输帧的起始位置对齐。从而,可以消除在数据切片宽度较窄时发生的填充开销。接收机可以在数据切片类型是CCM时从如图64所示的BICM解调器的L1信令通道上的前导码获得ModCod信息,而不是从FECFRAME报头获得ModCod信息。此外,即使在传输帧的随机位置处发生了跳台(zapping),也能够无延迟地执行FECFRAME同步,因为已经能够从前导码获得PLP的起始地址。

[0305] 图96示出了能够减小PLP寻址开销的L1信令字段的另一示例。

[0306] 图97示出了与取决于调制类型的FECFRAME相对应的QAM符号的数量。此时,QAM符号的最大公约数是135,因此可以减小 $\log_2(135) \sim 7$ 比特的开销。因此,图96与图95的不同之处在于:PLP_start字段的比特数可以从21比特减少到14比特。这是将135个符号当作单个组并且对该组进行寻址的结果。接收机能够在获得 PLP_start字段值并将其乘以135之后获得PLP在传输帧中开始的OFDM载波索引。

[0307] 图99和图101示出了符号交织器308的示例,符号交织器308能够对从如图37中所示的BICM模块的数据通道上的ModCod报头插入模块307发送的数据符号进行时间交织。

[0308] 图99是基于数据切片来工作的块交织器的示例。行值表示一个数据切片内的四个OFDM符号中的有效载荷单元的数量。可能不能基于OFDM符号进行交织,因为单元的数量可能在相邻OFDM单元之间改变。列值K表示时间交织深度,其可以是1、2、4、8或16...。可以在L1信令内执行针对各数据切片的K的信令。可以在如图37所示的时间交织器308之前执行如图42所示的频率交织器403。

[0309] 图100示出了如图99所示的时间交织器的交织性能。假设列值是2,行值是8,数据切片宽度是12个数据单元,并且假设在该数据切片当中没有连续(continual)导频。图100的上图是没有执行时间交织时的OFDM符号结构,而图100的下图是执行时间交织时的OFDM符号结构。黑色单元表示分散导频,而非黑色单元表示数据单元。相同类型的数据单元表示OFDM符号。在图100中,与单个OFDM符号相对应的数据单元被交织成两个符号。使用对应于8个OFDM符号的交织存储器,但交织深度对应于仅两个OFDM符号,因此,没有获得全交织深度。

[0310] 图101被提出,以实现全交织深度。在图101中,黑色单元表示分散导频,而非黑色单元表示数据单元。如图101所示的时间交织器可以被实现为块交织器的形式,并且能够对数据切片进行交织。在图101中,列数K表示数据切片宽度,行数N表示时间交织深度,并且值K可以是随机值,即, $K=1,2,3,\dots$ 。该交织处理包括以列扭曲(twist)形式写入数据单元并沿列方向读取(导频位置除外)。即,可以说,以行列扭曲形式执行交织。

[0311] 此外,在发射机处,以交织存储器的列扭曲形式读取的单元对应于单个OFDM符号,并且在对这些单元进行交织时能够保持OFDM符号的导频位置。

[0312] 而且,在接收机处,以去交织存储器的列扭曲形式读取的单元对应于单个OFDM符号,并且在对这些单元进行时间去交织时能够保持OFDM符号的导频位置。

[0313] 图102示出图101的时间交织性能。为与图99进行比较,假设行值是8,数据切片宽

度是12个数据单元,并且假设在该数据切片当中没有连贯导频。在图102中,与单个OFDM符号相对应的数据单元被交织成8个OFDM符号。如图102所示,使用对应于8个OFDM符号的交织存储器,并且所得到的交织深度对应于8个OFDM符号,因此,获得了全交织深度。

[0314] 如图101所示的时间交织器的益处在于:可以利用相同的存储器获得全交织深度;交织深度可以是灵活的,与图99相反;因此,传输帧的长度也可以是灵活的,即,行不必是4的倍数。此外,用于数据切片的时间交织器可以与用于前导码的交织方法相同,并且还可以具有与使用一般OFDM的数字传输系统的通用性 (commonality)。具体地说,可以在使用如图42所示的频率交织器403之前使用如图37所示的时间交织器308。对于接收机复杂度,除了可以要求非常小的复杂度的附加地址控制逻辑外不需要附加的存储器。

[0315] 图103示出了接收机中的相应的符号去交织器r308。该符号去交织器r308可以在接收到来自帧报头去除模块r401的输出之后执行去交织。在这些去交织处理中,与图99相比,反转了块交织的写入和读取处理。通过使用导频位置信息,时间去交织器可以通过不向交织器存储器中的导频位置进行写入或者从该导频位置进行读取并通过向交织器存储器的数据单元位置进行写入或从该数据单元位置进行读取来执行虚拟去交织。经去交织的信息可以输出到ModCod提取模块r307。

[0316] 图104示出了时间交织的另一示例。可以执行沿对角线方向的写入和逐行读取。如图101所示,考虑导频位置来执行交织。不对导频位置执行读取和写入,但通过仅考虑数据单元位置来访问交织存储器。

[0317] 图105示出了利用图104所示的方法的交织的结果。当与图102相比时,不仅在时域中而且在频域中使具有相同模式 (pattern) 的单元分散。换句话说,可以在时域和频域中都获得全交织深度。

[0318] 图108示出了相应的接收机的符号去交织器r308。可以对帧报头去除模块r401的输出进行去交织。当与图99相比时,去交织转换了读取和写入的顺序。时间去交织器可以使用导频位置信息来执行虚拟去交织,使得在导频位置处不执行读取或写入,而使得可以仅在数据单元位置处执行读取或写入。经去交织的数据可以输出到 ModCod提取模块r307中。

[0319] 图106示出了图105的寻址方法的示例。NT表示时间交织深度,而ND表示数据切片宽度。假设行值N是8,数据切片宽度是12个数据单元,并且在数据切片中没有连续导频。图106表示当发射机执行时间交织时生成用于在时间交织存储器上写入数据的地址的方法。寻址从行地址 (RA) = 0并且列地址 (CA) = 0的第一地址开始。每次发生寻址时,使RA和CA递增。对于RA,可以执行对时间交织器中使用的OFDM符号的取模运算。对于CA,可以执行对与数据切片宽度相对应的载波数量的取模运算。当在存储器上写入与数据切片相对应的载波时可以使RA递增1。仅在当前地址位置不是导频的位置时执行在存储器上的写入。如果当前地址位置是导频的位置,则可以仅增加地址值。

[0320] 在图106中,列数K表示数据切片宽度,行数N表示时间交织深度,而值K可以是随机值,即, $K=1,2,3,\dots$ 。该交织处理可以包括以列扭曲形式写入数据单元并沿列方向读取(导频位置除外)。换句话说,虚拟交织存储器可以包括导频位置,但导频位置可以不包括在实际交织中。

[0321] 图109示出了去交织,即,如图104所示的时间交织的逆处理。逐行写入和沿对角线读取可以按照原始顺序恢复单元。

[0322] 发射机中使用的寻址方法可以用于接收机中。接收机可以在时间去交织器存储器上逐行写入所接收到的数据,并且可以利用所生成的地址值和可能以与发射机类似的方式生成的导频位置信息来读取所写入的数据。作为另选方式,用于进行写入的所生成的地址值和导频信息可以用于逐行读取。

[0323] 这些方法可以应用于发送L1的前导码。因为包括前导码的各OFDM符号可以在相同位置具有多个导频,可以执行参照地址值且考虑导频位置的交织,也可以执行参照地址值而不考虑导频位置的交织。对于参照地址值而不考虑导频位置的情况,发射机每次在时间交织存储器中存储数据。对于这种情况,在接收机或发射机处对前导码执行交织/去交织所需的存储器的大小变得与用于时间交织的OFDM符号中存在的有效载荷单元的数量相同。

[0324] 图107是L1时间交织的另一示例。在该示例中,时间交织可以将载波置于所有OFDM符号中,而当不执行时间交织时这些载波将全部位于单个OFDM符号中。例如,对于位于第一OFDM符号中的数据,第一OFDM符号的第一载波将位于其原始位置中。第一OFDM符号的第二载波将位于第二OFDM符号的第二载波索引中。换句话说,位于第 n OFDM符号中的第 i 数据载波将位于第 $((i+n) \bmod N)$ OFDM符号的第 i 载波索引中,其中, $i=0,1,2,\dots,$ 载波数-1, $n=0,1,2,\dots,N-1$,而 N 是 L1时间交织中使用的OFDM符号的数量。在该L1时间交织方法中,可以说,以如图107所示的扭曲形式执行了针对所有OFDM符号的交织。即使导频位置没有在图 107中示出,如上所述,交织也能够应用于包括导频符号的所有OFDM符号。即,可以说,可以不考虑导频位置或者不管OFDM符号是否为导频符号,针对所有OFDM 符号执行交织。

[0325] 如果L1中使用的LDPC块的大小比单个OFDM符号的大小更小,则剩余的载波可以具有该LDPC块的多个部分的副本或者可以进行零填充。此时,可以执行与上述相同的时间交织。类似地,在图107中,接收机可以通过将L1时间交织中使用的所有块存储在存储器中并以对这些块进行交织的顺序(即,图107中所示的块中所写的编号的顺序)读取这些块,来执行去交织。

[0326] 当使用如图106中所示的块交织器时,使用两个缓冲器。具体地说,当一个缓冲器正在存储输入的符号时,可以从另一个缓冲器读取先前输入的符号。一旦针对一个符号交织块执行了这些处理,就可以通过转换读取和写入的顺序来执行去交织,以避免存储器访问冲突。这种乒乓式(ping-pong style)去交织可以具有简单的地址生成逻辑。然而,当使用两个符号交织缓冲器时硬件复杂度可能增加。

[0327] 图110示出了如图64所示的符号去交织器r308或r308-1的示例。本发明的该所建议的实施方式可以仅使用单个缓冲器来执行去交织。一旦通过地址生成逻辑生成了地址值,则可以从该缓冲器存储器输出该地址值,并可以通过将输入的符号存储到同一地址中来执行置入(in-placement)操作。通过这些处理,可以在读取和写入时避免存储器访问冲突。此外,可以仅使用单个缓冲器来执行符号去交织。可以定义参数来解释该地址生成规则。如图106所示,去交织存储器的行数可以定义为时间交织深度 D ,而该去交织存储器的列数可以定义为数据切片宽度 W 。然后地址生成器可以生成以下的地址。

[0328] 第 j 块上的第 i 样本(包括导频)

[0329] $i=0,1,2,\dots,N-1$;

[0330] $N=D*W$;

[0331] $C_{i,j}=i \bmod W$;

[0332] $T_{w,j} = ((C_{i,j} \bmod D) * j) \bmod D;$

[0333] $R_{i,j} = ((i \operatorname{div} W) + T_{w,j}) \bmod D;$

[0334] $L_{i,j}(1) = R_{i,j} * W + C_{i,j};$

[0335] 或者

[0336] $L_{i,j}(2) = C_{i,j} * D + R_{i,j};$

[0337] 这些地址包括导频位置,因此假设输入的符号包括导频位置。如果需要处理仅包括数据符号的输入符号,则可能需要跳过相应地址的附加控制逻辑。此时, i 表示输入符号索引, j 表示输入交织块索引,而 $N=D*W$ 表示交织块长度。 Mod 运算表示输出进行除法之后的余数的取模运算。 Div 运算表示输出进行除法之后的商的除法运算。 $R_{i,j}$ 和 $C_{i,j}$ 分别表示第 j 交织块的第 i 符号输入的行地址和列地址。 $T_{w,j}$ 表示多个符号所在的地址的列扭曲值。换句话说,各列可以被看作根据 $T_{w,j}$ 值执行独立的扭曲的缓冲器。 $L_{i,j}$ 表示以一维序列存储器而不是二维实现单个缓冲器时的地址。 $L_{i,j}$ 可以具有从0到 $(N-1)$ 的值。可以有两种不同的方法。 $L_{i,j}(1)$ 在逐行连接存储器矩阵时使用,而 $L_{i,j}(2)$ 在逐列连接存储器矩阵时使用。

[0338] 图111示出了当 D 为8而 W 为12时用于时间交织的行地址和列地址的示例。 j 从 $j=0$ 开始,并且针对各个 j 值,第一行可以表示行地址,而第二行可以表示列地址。图111仅示出了前24个符号的地址。各个列索引可以与输入的符号索引 i 相同。

[0339] 图113示出了使用数据切片的OFDM发射机的示例。如图113所示,该发射机可以包括数据PLP通道、L1信令通道、帧构造器和OFDM调制部。数据PLP通道由具有水平线和垂直线的块表示。L1信令通道由具有斜线的块表示。输入处理模块701-0、701-N、701-K和701-M可以包括如图35中所示的针对各PLP所执行的输入接口模块202-1、输入流同步模块203-1、延迟补偿模块204-1、空包删除模块205-1、CRC编码器206-1、BB报头插入模块207-1和BB加扰器209的块和序列。FEC模块702-0、702-N、702-K和702-M可以包括如图37中所示的外部编码器301和内部编码器303的块和序列。L1通道上使用的FEC模块702-L1可以包括如图37中所示的外部编码器301-1和缩短/打孔内部编码器303-1的块和序列。L1信号模块700-L1可以生成构成(comprise)帧所需的L1信息。

[0340] 比特交织模块703-0、703-N、703-K和703-M可以包括如图37中所示的内部交织器304和比特解复用器305的块和序列。L1通道上使用的比特交织器703-L1可以包括如图37中所示的内部交织器304-1和比特解复用器305-1的块和序列。符号映射器模块704-0、704-N、704-K和704-M可以执行与图37中所示的符号映射器306的功能相同的功能。L1通道上使用的符号映射器模块704-L1可以执行与图37中所示的符号映射器306-1的功能相同的功能。FEC报头模块705-0、705-N、705-K和705-M可以执行与图37中所示的ModCod报头插入模块307的功能相同的功能。用于L1通道的FEC报头模块705-L1可以执行与图37中所示的ModCod报头插入模块307-1的功能相同的功能。

[0341] 数据切片映射器模块706-0和706-K可以向相应数据切片调度FEC块,并且能够发送所调度的FEC块,其中,这些FEC块对应于指派给各数据切片的PLP。前导码映射器707-L1块可以向前导码调度L1信令FEC块。在前导码中发送L1信令FEC块。时间交织器模块708-0和708-K可以执行图37中所示的能够对数据切片进行交织的符号交织器308的功能相同的功能。L1通道上使用的的时间交织器708-L1可以执行与图37中所示的符号交织器308-1的功能相同的功能。

[0342] 另选地, L1通道上使用的时间交织器708-L1可以执行与图37中所示的符号交织器308-1的功能相同的功能,但仅仅是对前导码符号。

[0343] 频率交织器709-0和709-K可以对数据切片执行频率交织。L1通道上使用的频率交织器709-L1可以根据前导码带宽来执行频率交织。

[0344] 导频生成模块710可以生成适于连续导频(CP)、分散导频(SP)、数据切片边缘和前导码的导频。可以通过对数据切片、前导码和导频的调度来构造(711)帧。IFFT模块712块和GI插入模块713块可分别执行与图51中所示的IFFT模块501块和GI插入模块503块的功能相同的功能。最后, DAC模块714可以将数字信号转换成模拟信号,并且可以发送经转换的信号。

[0345] 图114示出了使用数据切片的OFDM接收机的示例。在图114中,调谐器r700可以执行图61中所示的调谐器/AGC模块r603的功能和下转换模块r602的功能。ADC r701可以将所接收到的模拟信号转换成数字信号。时间/频率同步模块r702可以执行与图62所示的时间/频率同步模块r505的功能相同的功能。帧检测模块r703可以执行与图62所示的帧检测模块r506的功能相同的功能。

[0346] 此时,在执行时间/频率同步之后,可以通过使用在跟踪处理期间从帧检测模块r703发送的各个帧中的前导码来改善同步。

[0347] GI去除模块r704和FFT模块r705可分别执行与图62中所示的GI去除模块r503和FFT模块r502的功能相同的功能。

[0348] 信道估计模块r706和信道均衡模块r707可以执行如图62所示的信道Est/Eq模块r501的信道估计部和信道均衡部。帧解析器r708可以输出发送用户选择的业务的数据切片和前导码。用斜线表示的块处理前导码。用水平线表示的块(可以包括公共PLP)处理数据切片。L1通道上使用的频率去交织器r709-L1可以在前导码带宽内执行频率去交织。数据切片通道上使用的频率去交织器r709可以在数据切片内执行频率去交织。L1通道上使用的FEC报头解码器r712-L1、时间去交织器r710-L1和符号去映射器r713-L1可以执行与图64中所示的ModCod提取模块r307-1、符号去交织器r308-1和符号去映射器r306-1的功能相同的功能。

[0349] 比特去交织器r714-L1可以包括如图64所示的比特解复用器r305-1和内部去交织器r304-1的块和序列。FEC解码器r715-L1可以包括图64中所示的缩短/打孔内部编码器r303-1和外部解码器r301-1的块或序列。此时, L1通道的输出可以是L1信令信息,并且可以被发送给系统控制器,用于恢复在数据切片中发送的PLP数据。

[0350] 数据切片通道上使用的时间去交织器r710可以执行与图64中所示的符号去交织器r308的功能相同的功能。数据切片解析器r711可以输出来自数据切片的用户选择的PLP,并且如果需要,还可以输出与用户选择的PLP相关联的公共PLP。FEC报头解码器r712-C和r712-K可以执行与图64中所示的ModCod提取模块r307的功能相同的功能。符号去映射器r713-C和r713-K可以执行与图64中所示的符号去映射器r306的功能相同的功能。

[0351] 比特去交织器r714-C和r714-K可以包括如图64所示的比特解复用器r305和内部去交织器r304的块和序列。FEC解码器r715-C和r715-K可以包括如图64所示的内部解码器r303和外部解码器r301的块和序列。最后,输出处理模块r716-C和r716-K可以包括图35中的针对各PLP执行的BB解扰器r209、BB报头去除模块r207-1、CRC解码器r206-1、空包插入

模块r205-1、延迟恢复器r204-1、输出时钟恢复器r203-1 和输出接口r202-1的块和序列。如果使用公共PLP,则该公共PLP和与该公共PLP 相关联的数据PLP可以发送给TS重组器并且可以转换成用户选择的PLP。

[0352] 从图114应当注意到,在接收机中,与其中块被对称地定位的数据通道相反,L1 通道上的块不是相对于发射机的对称顺序或者L1通道上的块为发射机的相反顺序。换句话说,对于数据通道,设置了频率去交织器r709、时间去交织器r710、数据切片解析器r711和FEC报头解码器r712-C和r712-K。然而,对于L1通道,设置了频率去交织器r709-L1、FEC报头解码器r712-L1和时间去交织器r710-L1。

[0353] 图112示出了没有使用导频的数据符号域中的一般块交织的示例。从图112a可以看出,可以不用黑色导频填充交织存储器。为了形成矩形存储器,可以在需要时使用填充单元。在图112a中,填充单元被表示为具有斜线的单元。在本示例中,因为一个连续导频可以与一种类型的分散导频模式交叠,因此在四个OFDM符号持续期间需要总共三个填充单元。最终,在图112b中,示出了经交织的存储器内容。

[0354] 如图112a所示,可以执行逐行写入并执行列扭曲;或者可以从开始就执行扭曲方式的写入。交织器的输出可以包括从存储器逐行读取。当考虑OFDM传输时,已经读取的输出数据可以如图112c所示设置。此时,为简单化,可以忽略频率交织。从图112中可以看到,频率分集没有图106中的频率分集那么高,但是保持在类似水平。尤其是,其有益之处在于可以最优化执行交织和去交织所需的存储器。在本示例中,存储器大小可以从 $W*D$ 减小到 $(W-1)*D$ 。随着数据切片宽度变大,可以进一步减小存储器大小。

[0355] 对于时间去交织器输入,接收机应当在考虑填充单元的同时以图112的中间视图的形式恢复存储器缓冲器内容。基本上,OFDM符号可以逐个符号地读取并且可以逐行地存储。然后可以执行对应于列扭曲的解除扭曲。去交织器的输出可以从图112a 的存储器以逐行读取的形式输出。在这种方式下,当与图106中所示的方法相比时,可以最小化导频开销,从而可以最小化交织/去交织存储器。

[0356] 图115示出了时间交织(图115a)和时间去交织(图115b)。

[0357] 图115a示出了用于图113的L1通道的时间交织器708-L1的示例。如图115a所示,发送L1的前导码的时间交织可以包括交织L1数据单元,但不包括通常在前导码中发送的导频。该交织方法可以包括利用与参照图106所示的方法相同的方法沿对角线方向写入输入数据(实线),并且逐行读取这些数据(虚线)。

[0358] 图115b示出了如图114所示的L1通道上的时间去交织器r712-L1的示例。如图115b所示,对于发送L1的前导码,可以执行对L1数据单元的去交织(不包括通常在前导码中发送的导频)。该去交织方法可以与图109中所示的逐行写入输入数据(实线)并沿对角线方向读取这些数据(虚线)的方法相同。输入数据不包括任何导频,因此,输出数据具有也不包括导频的L1数据单元。当接收机在针对前导码的时间去交织中使用单个缓冲器时,可以使用具有如图110所示的去交织器存储器的地址生成器结构。

[0359] 可以使用如下的地址运算来执行去交织(r712-L1)。

[0360] 第j块上的第i样本(包括导频)

[0361] $i=0,1,2,\dots,N-1$;

[0362] $N=D*W$;

[0363] $C_{i,j} = i \bmod W;$

[0364] $T_w = ((C_{i,j} \bmod D) * j) \bmod D;$

[0365] $R_{i,j} = ((i \operatorname{div} W) + T_w) \bmod D;$

[0366] $L_{i,j}(1) = R_{i,j} * W + C_{i,j};$

[0367] 或者

[0368] $L_{i,j}(2) = C_{i,j} * D + R_{i,j};$

[0369] 在以上运算中,行长度W为如图115所示的交织存储器的行的长度。列长度D是前导码时间交织深度,其为发送前导码所需的OFDM符号的数量。

[0370] 图116示出了通过调度来自如图113所示的帧构造器711的导频和输入前导码来形成OFDM符号的示例。空白单元形成作为L1通道上的FEC报头模块705-L1的输出信号的L1报头,如图113所示。灰色单元表示由如图113所示的导频生成模块710生成的用于前导码的连续导频。具有模式的单元表示作为如图113中所示的前导码映射器707-L1的输出信号的L1信令单元。图116a表示关闭时间交织时的OFDM符号,而图116b表示开启时间交织时的OFDM符号。L1报头可以从时间交织中排除,因为L1报头发送L1信令字段长度和时间交织开/关标记信息。这是因为在时间交织之前添加L1报头。如前所述,执行时间交织(除导频单元外)。其余的L1数据单元可以如图115所示进行交织,然后指派给OFDM子载波。

[0371] 图117示出了时间交织器708-0~708-K的示例,这些时间交织器708-0~708-K能够对利用图113所示的数据切片在OFDM发射机的数据通道上从数据切片映射器706-0~706-K发送的数据符号进行交织。可以针对各数据切片执行时间交织。可以将时间交织符号输出到频率交织器709-0~709-K中。

[0372] 图117还示出了利用单个缓冲器的简单时间交织器的示例。图117a示出了时效交织之前的OFDM符号的结构。具有相同模式的块表示同一类型的OFDM符号。图117b和图117c示出了时间交织之后的OFDM符号的结构。时间交织方法可以分成类型1和类型2。可以针对偶数符号和奇数符号交替执行各类型。接收机可以相应地执行去交织。交替使用类型1和类型2的原因之一是通过在时间去交织期间使用单个缓冲器来减少接收机处所需的存储器。

[0373] 图117b示出了利用交织类型1的时间交织。输入符号可以沿向下的对角线方向写入,并且可以沿行方向读取。图117c示出了利用交织类型2的时间交织。输入符号可以沿向上的对角线方向写入,并且可以沿行方向读取。类型1和类型2之间的区别是写入输入符号的方向是向上还是向下。这两种方法在写入符号的方式上不同,然而这两种方法在展示全时间交织深度和全频率分集方面是相同的。然而,利用这些方法可能导致由于利用两种交织方案而在接收机处的同步过程中出现问题。

[0374] 可以有两种可能的解决方案。第一解决方案可以通过前导码的L1信令发送在各前导码之后首先到来的第一交织器块的交织类型的1比特的信息。该方法通过信令执行正确的交织。第二解决方案可以是形成具有偶数个交织块的长度的帧。利用该方法,各帧的第一交织块可以具有相同类型,因此可以解决交织块同步问题。例如,可以通过向第一交织块应用类型1的交织并随后在各帧内应用到下一交织块,然后以类型2的交织结束各帧的最后交织块来解决同步问题。该方法要求一个帧由两个交织块组成,但优点在于不需要如第一方法中的附加信令。

[0375] 图122示出了如图114所示的接收机的时间去交织器r710的结构。可以对频率去交

织器r709的输出执行时间去交织。图122的时间去交织器表示作为图117中所示的时间交织的逆处理的去交织方案。与图117相比,该去交织在读取和写入上将具有相反的方式。换句话说,类型1去交织器能够沿行方向写入输入符号,并沿向下的对角线方向读取所写入的符号。类型2去交织器能够沿向下的对角线方向写入输入符号,并沿行方向读取所写入的符号。这些方法可以通过使得类型2的去交织器的写入符号的方向与类型1的去交织器的读取符号的方向相同来使得能够在先前读取符号的地方写入所接收的符号。因此,接收机可以利用单个缓冲器执行去交织。此外,由于通过沿对角线方向或沿行方向写入和读取符号来执行类型1和类型2的去交织方法,所以可以实现简单的实施。

[0376] 然而,利用这些方法可能会导致由于利用了两种交织方案而在接收机处的同步方面的问题。例如,以类型2的方式对类型1的交织符号进行去交织可能导致性能劣化。可以有两种可能的解决方案。第一解决方案可以是利用所发送的L1信令部分的交织类型的1比特来确定前导码之后到来的交织块的类型。第二解决方案可以是在帧内的交织块的数量是偶数的情况下利用根据帧内的第一交织块的类型来执行去交织。经去交织的符号可以输出到数据切片解析器r711。

[0377] 图118示出了在块交织器使用如图106所示的两个存储器缓冲器时与单个缓冲器的地址生成逻辑相同的地址生成逻辑。该地址生成逻辑可以执行与图106中所示的功能相同的功能。通过将时间交织深度D定义为去交织存储器的行数并将数据切片宽度W定义为列数,可以通过地址生成器生成图118中所示的地址。这些地址可以包括导频位置。为了对仅包括数据符号的输入符号进行时间交织,可能需要能够跳过地址的控制逻辑。对前导码进行交织时使用的地址可以不需要导频位置,并且可以利用L1块进行交织。 i 表示输入符号的索引, $N=D*W$ 表示交织块长度。 R_i 和 C_i 分别表示第 i 输入符号的行地址和列地址。 T_w 表示从符号所在的地址开始的列扭曲值或扭曲参数。 L_i 表示实现具有单个缓冲器的一维存储器时的地址。 L_i 的值可以从0到 $(N-1)$ 。在该一维存储器中,至少有两种方法是可能的。 $L_i(1)$ 与存储器矩阵逐行耦合(couple),而 $L_i(2)$ 与存储器矩阵逐列耦合。接收机可以在去交织期间在读取符号时使用地址生成逻辑。

[0378] 图119示出了前导码的另一示例。对于在7.61MHz带宽中使用具有4K-FFT大小的OFDM符号并且将OFDM符号内的第六载波和两端的载波用作导频时的情况,可以假设L1信令中能够使用的载波数是2840。当多个信道被绑定时,可能存在多个前导码带宽。可以根据要使用的导频的类型、FFT大小、绑定信道的数量及其它因素改变载波数量。如果包括要指派给单个OFDM符号的L1_header(H)和L1FEC块(L1_FEC1)的L1_XFEC_FRAME的大小小于单个OFDM符号 $(5w-a-1)$,则可以使包括L1_header的L1_XFEC_FRAME重复以填充单个OFDM符号的剩余部分 $(5w-a-2)$ 。这类似于图93的前导码结构。对于接收定位于绑定信道的特定带宽中的数据切片的接收机,该接收机的调谐器窗口可以定位于特定带宽中。

[0379] 如果如图119的 $5w-a-3$ 定位接收机的调谐器窗口,则在合并重复的L1_XFEC_FRAME期间可能会发生错误结果。图119的情况1可以是这样的示例。接收机找出L1_Header(H)以确定L1_Header(H)在调谐器窗口内的起始位置,但是所找到的L1_Header可能是不完整的L1_XFEC_FRAME的报头 $(5w-a-4)$ 。如果基于该L1_Header获得L1_XFEC_FRAME的长度并且向该L1_Header的起始位置添加剩余部分 $(5w-a-5)$,则L1信令信息可能不被正确地获得。为防止这种情况,接收机可能需要附加操作以找出完整L1_XFEC_FRAME的报头。图120示出

了这种操作。在本示例中,为找出完整L1_XFEC_FRAME的报头,如果在前导码中存在不完整L1_XFEC_FRAME,则接收机可以使用至少两个L1_Header来找出L1_Header的起始位置,以合并L1_XFEC_FRAME。首先,接收机可以从前导码OFDM符号找出 L1_Header (5w-b-1)。然后利用找出的L1_Header内的L1_XFEC_FRAME的长度,接收机可以检查当前OFDM符号内的每个L1_XFEC_FRAME是否是完整的块 (5w-b-2)。如果不是,则接收机可以从当前前导码符号找出另一L1_Header (5w-b-3)。根据新找到的L1_Header和先前的L1_Header之间的计算距离,可以确定特定的 L1_XFEC_FRAME是否为完整块 (5w-b-4)。完整L1_XFEC_FRAME的L1_Header可以用作合并的起始点。利用该起始点,可以合并L1_XFEC_FRAME (5w-b-5)。利用这些处理,在接收机处可以预期图119中所示的情况2或正确的合并。可以在图114的 L1信号通道上的FEC报头解码器r712-L1处执行这些处理。

[0380] 图121是可以在接收机处消除前述附加操作的前导码结构的示例。与先前的前导码结构相反,当OFDM符号的剩余部分被填充时,可以仅重复填充L1_XFEC_FRAME 的L1_FEC1 (不包括L1_Header (H)) (5w-c-2)。这样,当接收机找到用于合并 L1_XFEC_FRAME的L1_Header (H)的起始位置时,可以仅找出完整的 L1_XFEC_FRAME的L1_Header (5w-c-4),从而不需要附加操作就能够利用所找出的 L1_Header来合并L1_XFEC_FRAME。因此,可以在接收机处消除诸如图120中所示的5w-b-2、5w-b-3和5w-b-4的处理。可以在图114的接收机的L1信号通道上的FEC 报头解码器r712-L1和图113的发射机的L1信号通道的FEC报头模块705-L1处执行这些处理以及这些处理的对应处理。

[0381] 图114的接收机的L1通道上的时间去交织器r712-L1可以对L1块单元或具有模式的单元(除了诸如前导码报头和导频单元的其它单元)进行去交织。L1块单元由如图116所示的具有模式的单元表示。图123示出了使用数据切片的OFDM发射机的另一示例。除所添加和修改的块之外,该发射机可以具有与图113的发射机相同的结构并执行与图113的发射机相同的功能。前导码映射器1007-L1可以将L1块和从 FEC报头模块705-L1输出的L1块报头映射成在传输帧中使用的前导码符号。具体地说,可以针对各前导码使L1块报头重复,并且可以将L1块划分成与所使用的前导码的数量一样多。时间去交织器1008-L1可以对划分成多个前导码的L1块进行交织。此时,L1块报头可以包括在交织中或者不包括在交织中。是否包括L1块报头可能不会改变L1块报头的信号结构,但是它会改变对L1块进行交织和发送的顺序。L1_XFEC重复模块1015-L1可以使经时间交织的L1_XFEC块在前导码带宽内重复。此时,L1块报头可以在前导码内重复或可以不在前导码内重复。

[0382] 图124示出了使用数据切片的OFDM接收机的另一示例。除所添加和修改的块之外,该接收机可以具有与图114的接收机相同的结构并执行与图114的接收机相同的功能。FEC报头解码器r1012-L1可以使前导码内的L1报头同步。如果L1报头重复,则L1报头可以组合以获得SNR增益。然后,图114的FEC报头解码器r712-L1 可以执行FEC解码。该同步处理可以通过将报头的同步字与前导码相关来给出报头的位置。对于整数倍的频率偏移,可以根据循环寻址来确定相关范围。

[0383] 当在一个前导码内接收到多个划分的L1块时,L1_XFEC组合器r1017-L1可以组合L1_XFEC块,以获得SRN增益。时间去交织器r1010-L1可以对一个前导码内的多个L1块进行时间去交织。根据L1块报头在发射机处是否被时间交织,可以在接收机处相应地对L1块报头进行去交织。L1块的去交织顺序可以根据L1块报头是否在发射机处被时间交织而改变。

例如,当如图116所示时间交织打开(ON)时,可以改变作为第一前导码内的第一L1块单元的第33号单元的位置。换句话说,当L1块报头不包括在交织中时,将接收到具有如图116所示的单元位置的经交织的信号。如果L1块报头包括在交织中,则第33号单元的位置需要改变,以利用第一前导码内的第一L1块报头的第一单元作为基准对沿对角线进行了交织的单元进行去交织。L1_FEC合并模块r1018-L1可以将划分成多个前导码的L1块合成成单个L1块,以进行FEC解码。

[0384] 利用附加的1比特,在一个前导码中发送的L1信令字段的PLP_type字段可以具有以下值。

[0385] PLP_type=00 (公共PLP)

[0386] PLP_type=01 (普通数据PLP)

[0387] PLP_type=10 (解复用数据PLP)

[0388] PLP_type=11 (保留)

[0389] 普通数据PLP表示在单个数据切片中发送单个业务时的数据PLP。解复用数据 PLP表示在单个业务被解复用成多个数据切片时的数据PLP。当用户改变业务时,如果L1信令和L2信令存储在接收机处,则可以消除对下一帧内的L1信令信息的等待。因此,接收机可以高效地改变业务,并且用户可以享受在业务改变期间的较少延迟的益处。图128示出了用于时间交织流程和时间去交织流程的在前导码中发送的L1块的信号结构。从图128可以看到,可以不对整个前导码带宽而是针对划分的L1块执行交织和去交织。

[0390] 图125示出了数据切片时间交织(TI)的示例。该TI处理假设已知所有的导频位置。TI可以仅输出除导频以外的数据单元。知道导频位置使得能够获得用于各OFDM符号的输出单元的正确数量。而且,在接收机处可以通过单个缓冲器来实现TI。

[0391] 图126示出了在接收机处有效实现时间去交织的示例。图126a示出了根据本发明的实施方式的四种不同的去交织方案。图126b示出了执行去交织的单个缓冲器。图126c示出了以二维矩阵或一维序列的形式对L1块进行寻址的示例性方案。

[0392] 如图126a到126c所示,利用单个缓冲器算法可以更有效地实现时间去交织器。该算法的特征在于首先读取从存储器输出的单元,然后在读取输出单元的地方写入输入单元。对角线寻址可以被看作各列中的循环寻址。

[0393] 更具体地说,参照图126a,将这四种写入和读取方法依次应用于在接收机处接收到的C2帧。在接收机处的第一接收帧以图126a中第0块的方式被写入图126b中的去交织器存储器中,并以第1块的方式读出。第二接收帧以第1块的方式被写入图126b中的去交织器存储器中,并以第2块的方式读出。第三接收帧以第2块的方式被写入图126b中的去交织器存储器中,并以第3块的方式读出。第四接收帧以第3块的方式被写入图126b中的去交织器存储器中,并以第0块的方式读出,等等。即,图126a中的写入和读出方法可以依次并循环地应用于依次接收到的C2帧。

[0394] 可以对前导码执行时间交织(TI)处理,如图127所示。导频位置是周期性的,并易于去除,并且L1块报头不需要交织。这是因为前导码报头携带了TI参数,并且由于重复,交织和去交织具有同样的结果。因此,仅对L1信令单元进行交织。可以应用在数据切片TI中使用的单个缓冲器。

[0395] 图128示出了前导码时间交织/去交织流程。可以在一个L1块内而不是整个前导码

中执行交织。在发射机处,如图128a所示,可以对L1块进行编码①,然后可以在 L1块内执行交织②,并且可以在前导码内使经交织的L1块重复。在接收机处,如图 128b所示,从所接收到的前导码开始①,可以使L1块组合或同步,并获得单个周期的L1块②,可以对经组合的L1块进行去交织③。

[0396] 利用所提出的方法和设备,还存在的优点在于:能够实现高效的数字发射机、接收机和物理层信令的结构。

[0397] 通过在各个BB帧报头中发送ACM/VCM所需的ModCod信息并在帧报头中发送其余的物理层信令,可以将信令开销减到最小。

[0398] 可以实现用于更加节能的发送或对噪声更加鲁棒的数字广播系统的经过修改的QAM。该系统可以包括这里所公开的各个示例以及所述各个示例的组合的发射机和接收机。

[0399] 可以实现用于更加节能的发送和对噪声更加鲁棒的数字广播系统的经过改进的不均匀QAM。还描述了一种使用NU-MQAM和MQAM的纠错码的码率的方法。该系统可以包括这里所公开的各个示例以及所述各个示例的组合的发射机和接收机。

[0400] 所提出的L1信令方法通过在信道绑定期间将信令开销减到最小可以将开销降低3~4%。

[0401] 对于本领域技术人员而言很明显的是,在不偏离本发明的精神或范围的条件下,可以对本发明做出各种修改和变型。

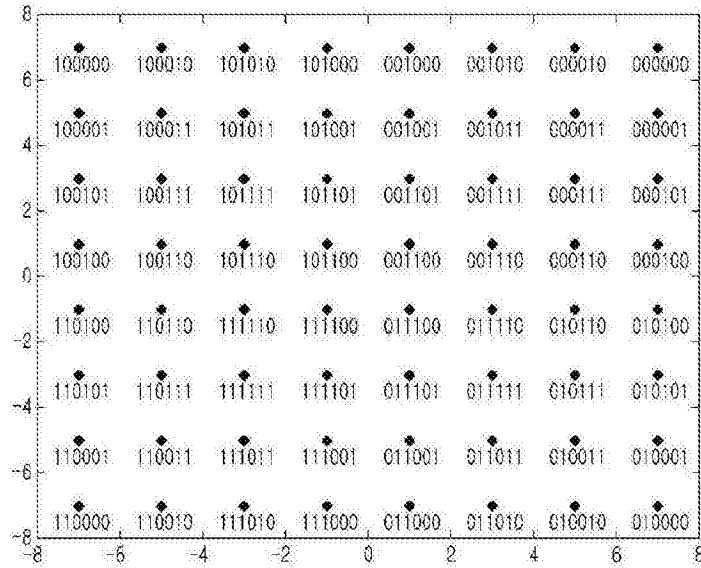


图1

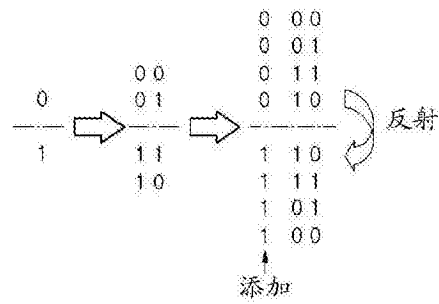


图2

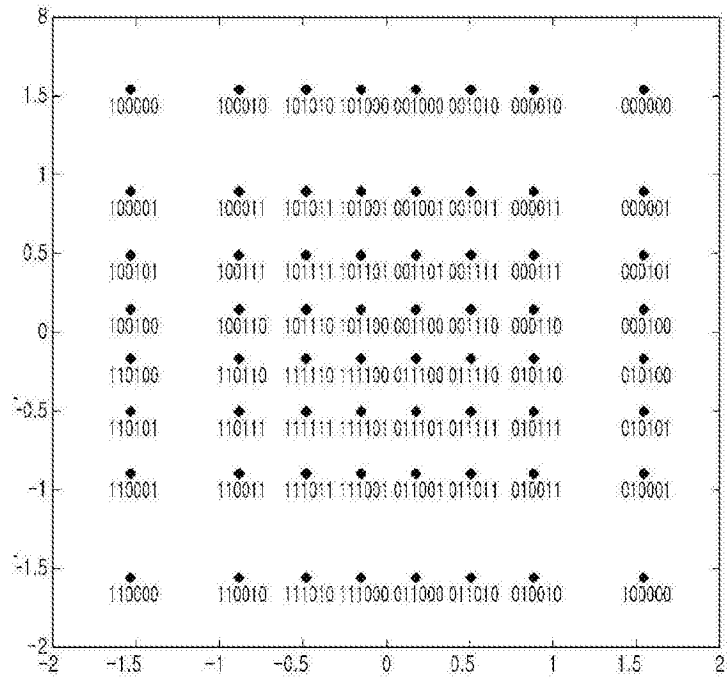


图3

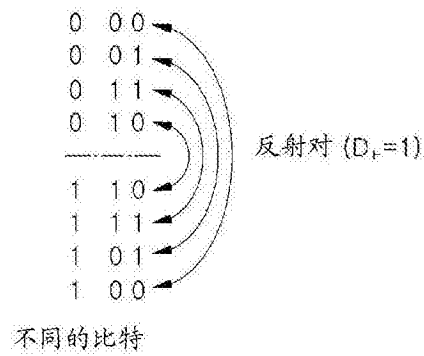


图4

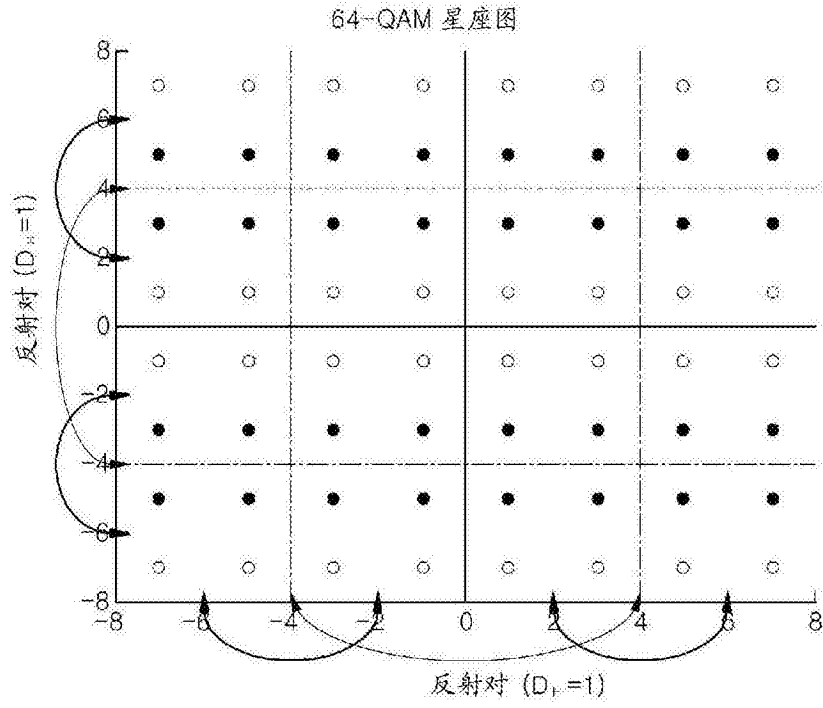
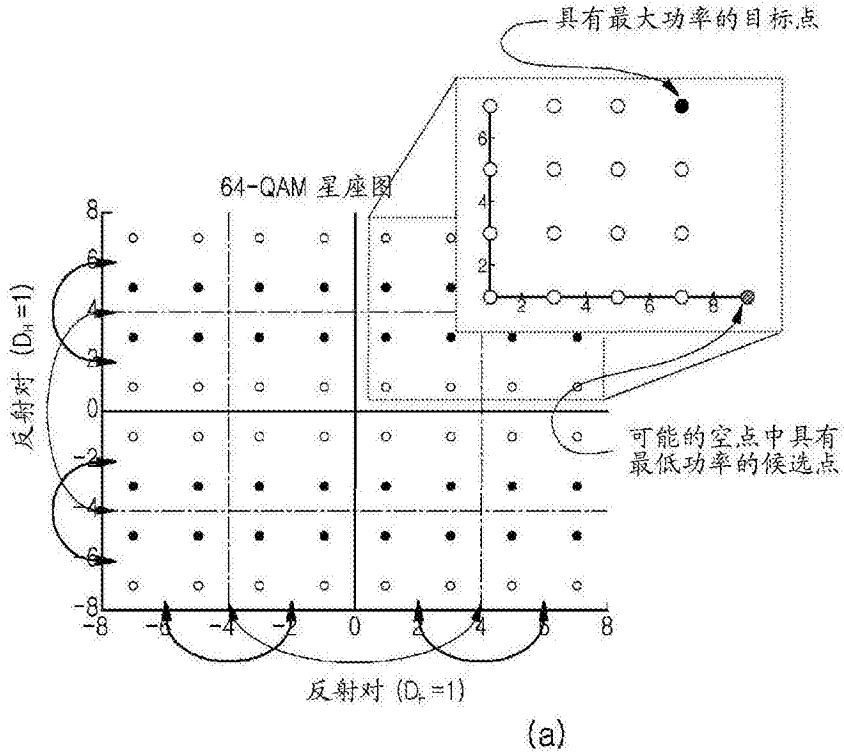


图5



候选点是目标点的反射对的最接近的相邻点

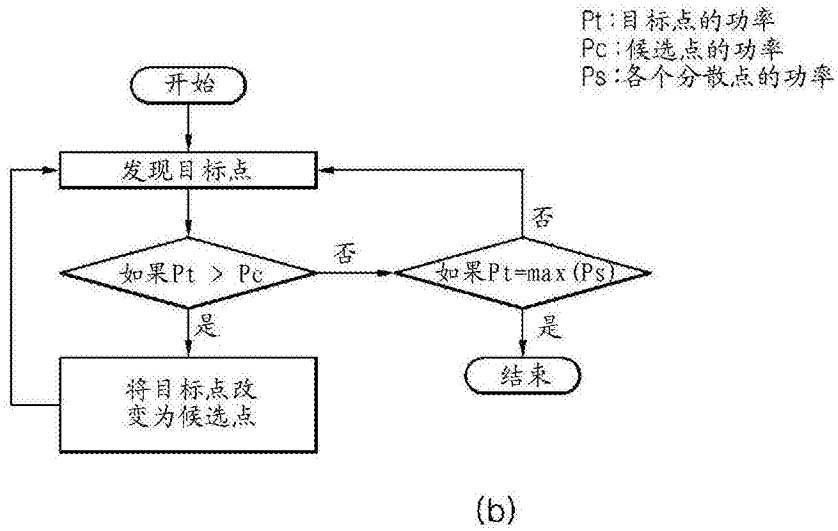


图6

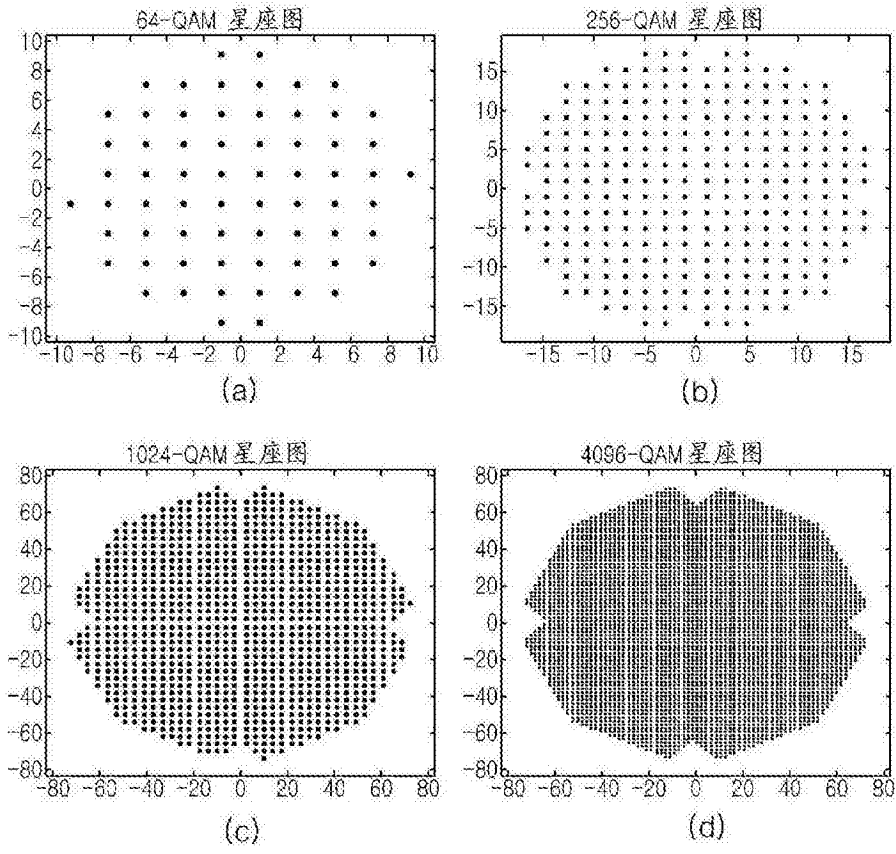


图7

值	分散
0	$9 + 1i$
1	$7 + 5i$
2	$5 + 7i$
3	$5 + 5i$
4	$7 + 1i$
5	$7 + 3i$
6	$5 + 1i$
7	$5 + 3i$
8	$1 + 7i$
9	$1 + 5i$
10	$3 + 7i$
11	$3 + 5i$
12	$1 + 1i$
13	$1 + 3i$
14	$3 + 1i$
15	$3 + 3i$
16	$1 - 9i$
17	$7 - 5i$
18	$5 - 7i$
19	$5 - 5i$
20	$7 - 1i$
21	$7 - 3i$
22	$5 - 1i$
23	$5 - 3i$
24	$1 - 7i$
25	$1 - 5i$
26	$3 - 7i$
27	$3 - 5i$
28	$1 - 1i$
29	$1 - 3i$
30	$3 - 1i$

图8

31	$3 - 3i$
32	$-1 + 9i$
33	$-7 + 5i$
34	$-5 + 7i$
35	$-5 + 5i$
36	$-7 + 1i$
37	$-7 + 3i$
38	$-5 + 1i$
39	$-5 + 3i$
40	$-1 + 7i$
41	$-1 + 5i$
42	$-3 + 7i$
43	$-3 + 5i$
44	$-1 + 1i$
45	$-1 + 3i$
46	$-3 + 1i$
47	$-3 + 3i$
48	$-9 - 1i$
49	$-7 - 5i$
50	$-5 - 7i$
51	$-5 - 5i$
52	$-7 - 1i$
53	$-7 - 3i$
54	$-5 - 1i$
55	$-5 - 3i$
56	$-1 - 7i$
57	$-1 - 5i$
58	$-3 - 7i$
59	$-3 - 5i$
60	$-1 - 1i$
61	$-1 - 3i$
62	$-3 - 1i$
63	$-3 - 3i$

图9

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
0	$17 + 1i$	64	$1 - 17i$	128	$-1 + 17i$	192	$-17 - 1i$
1	$17 + 3i$	65	$17 - 3i$	129	$-17 + 3i$	193	$-17 - 3i$
2	$3 + 17i$	66	$3 - 17i$	130	$-3 + 17i$	194	$-3 - 17i$
3	$13 + 13i$	67	$13 - 13i$	131	$-13 + 13i$	195	$-13 - 13i$
4	$15 + 9i$	68	$15 - 9i$	132	$-15 + 9i$	196	$-15 - 9i$
5	$17 + 5i$	69	$17 - 5i$	133	$-17 + 5i$	197	$-17 - 5i$
6	$13 + 9i$	70	$13 - 9i$	134	$-13 + 9i$	198	$-13 - 9i$
7	$13 + 11i$	71	$13 - 11i$	135	$-13 + 11i$	199	$-13 - 11i$
8	$9 + 15i$	72	$9 - 15i$	136	$-9 + 15i$	200	$-9 - 15i$
9	$9 + 13i$	73	$9 - 13i$	137	$-9 + 13i$	201	$-9 - 13i$
10	$5 + 17i$	74	$5 - 17i$	138	$-5 + 17i$	202	$-5 - 17i$
11	$11 + 13i$	75	$11 - 13i$	139	$-11 + 13i$	203	$-11 - 13i$
12	$9 + 9i$	76	$9 - 9i$	140	$-9 + 9i$	204	$-9 - 9i$
13	$9 + 11i$	77	$9 - 11i$	141	$-9 + 11i$	205	$-9 - 11i$
14	$11 + 9i$	78	$11 - 9i$	142	$-11 + 9i$	206	$-11 - 9i$
15	$11 + 11i$	79	$11 - 11i$	143	$-11 + 11i$	207	$-11 - 11i$
16	$15 + 1i$	80	$15 - 1i$	144	$-15 + 1i$	208	$-15 - 1i$
17	$15 + 3i$	81	$15 - 3i$	145	$-15 + 3i$	209	$-15 - 3i$
18	$13 + 1i$	82	$13 - 1i$	146	$-13 + 1i$	210	$-13 - 1i$
19	$13 + 3i$	83	$13 - 3i$	147	$-13 + 3i$	211	$-13 - 3i$
20	$15 + 7i$	84	$15 - 7i$	148	$-15 + 7i$	212	$-15 - 7i$
21	$15 + 5i$	85	$15 - 5i$	149	$-15 + 5i$	213	$-15 - 5i$
22	$13 + 7i$	86	$13 - 7i$	150	$-13 + 7i$	214	$-13 - 7i$
23	$13 + 5i$	87	$13 - 5i$	151	$-13 + 5i$	215	$-13 - 5i$
24	$9 + 1i$	88	$9 - 1i$	152	$-9 + 1i$	216	$-9 - 1i$
25	$9 + 3i$	89	$9 - 3i$	153	$-9 + 3i$	217	$-9 - 3i$
26	$11 + 1i$	90	$11 - 1i$	154	$-11 + 1i$	218	$-11 - 1i$
27	$11 + 3i$	91	$11 - 3i$	155	$-11 + 3i$	219	$-11 - 3i$
28	$9 + 7i$	92	$9 - 7i$	156	$-9 + 7i$	220	$-9 - 7i$
29	$9 + 5i$	93	$9 - 5i$	157	$-9 + 5i$	221	$-9 - 5i$
30	$11 + 7i$	94	$11 - 7i$	158	$-11 + 7i$	222	$-11 - 7i$

图10

31	$11 + 5i$	95	$11 - 5i$	159	$-11 + 5i$	223	$-11 - 5i$
32	$1 + 15i$	96	$1 - 15i$	160	$-1 + 15i$	224	$-1 - 15i$
33	$1 + 13i$	97	$1 - 13i$	161	$-1 + 13i$	225	$-1 - 13i$
34	$3 + 15i$	98	$3 - 15i$	162	$-3 + 15i$	226	$-3 - 15i$
35	$3 + 13i$	99	$3 - 13i$	163	$-3 + 13i$	227	$-3 - 13i$
36	$1 + 9i$	100	$1 - 9i$	164	$-1 + 9i$	228	$-1 - 9i$
37	$1 + 11i$	101	$1 - 11i$	165	$-1 + 11i$	229	$-1 - 11i$
38	$3 + 9i$	102	$3 - 9i$	166	$-3 + 9i$	230	$-3 - 9i$
39	$3 + 11i$	103	$3 - 11i$	167	$-3 + 11i$	231	$-3 - 11i$
40	$7 + 15i$	104	$7 - 15i$	168	$-7 + 15i$	232	$-7 - 15i$
41	$7 + 13i$	105	$7 - 13i$	169	$-7 + 13i$	233	$-7 - 13i$
42	$5 + 15i$	106	$5 - 15i$	170	$-5 + 15i$	234	$-5 - 15i$
43	$5 + 13i$	107	$5 - 13i$	171	$-5 + 13i$	235	$-5 - 13i$
44	$7 + 9i$	108	$7 - 9i$	172	$-7 + 9i$	236	$-7 - 9i$
45	$7 + 11i$	109	$7 - 11i$	173	$-7 + 11i$	237	$-7 - 11i$
46	$5 + 9i$	110	$5 - 9i$	174	$-5 + 9i$	238	$-5 - 9i$
47	$5 + 11i$	111	$5 - 11i$	175	$-5 + 11i$	239	$-5 - 11i$
48	$1 + 1i$	112	$1 - 1i$	176	$-1 + 1i$	240	$-1 - 1i$
49	$1 + 3i$	113	$1 - 3i$	177	$-1 + 3i$	241	$-1 - 3i$
50	$3 + 1i$	114	$3 - 1i$	178	$-3 + 1i$	242	$-3 - 1i$
51	$3 + 3i$	115	$3 - 3i$	179	$-3 + 3i$	243	$-3 - 3i$
52	$1 + 7i$	116	$1 - 7i$	180	$-1 + 7i$	244	$-1 - 7i$
53	$1 + 5i$	117	$1 - 5i$	181	$-1 + 5i$	245	$-1 - 5i$
54	$3 + 7i$	118	$3 - 7i$	182	$-3 + 7i$	246	$-3 - 7i$
55	$3 + 5i$	119	$3 - 5i$	183	$-3 + 5i$	247	$-3 - 5i$
56	$7 + 1i$	120	$7 - 1i$	184	$-7 + 1i$	248	$-7 - 1i$
57	$7 + 3i$	121	$7 - 3i$	185	$-7 + 3i$	249	$-7 - 3i$
58	$5 + 1i$	122	$5 - 1i$	186	$-5 + 1i$	250	$-5 - 1i$
59	$5 + 3i$	123	$5 - 3i$	187	$-5 + 3i$	251	$-5 - 3i$
60	$7 + 7i$	124	$7 - 7i$	188	$-7 + 7i$	252	$-7 - 7i$
61	$7 + 5i$	125	$7 - 5i$	189	$-7 + 5i$	253	$-7 - 5i$
62	$5 + 7i$	126	$5 - 7i$	190	$-5 + 7i$	254	$-5 - 7i$
63	$5 + 5i$	127	$5 - 5i$	191	$-5 + 5i$	255	$-5 - 5i$

图11

0	33 + 11	64	31 + 11	128	1 + 311	192	1 + 11	256	1 - 331	320	31 - 11	384	1 - 311	448	1 - 11
1	33 + 31	65	31 + 31	129	1 + 291	193	1 + 31	257	33 - 31	321	31 - 31	385	1 - 291	449	1 - 31
2	3 + 331	66	29 + 11	130	3 + 311	194	3 + 31	258	3 - 331	322	29 - 11	386	3 - 311	450	3 - 11
3	35 + 31	67	29 + 31	131	3 + 291	195	3 + 31	259	3 - 351	323	29 - 31	387	3 - 291	451	3 - 31
4	33 + 71	68	31 + 71	132	1 + 251	196	1 + 71	260	33 - 71	324	31 - 71	388	1 - 251	452	1 - 71
5	33 + 51	69	31 + 51	133	1 + 271	197	1 + 51	261	33 - 51	325	31 - 51	389	1 - 271	453	1 - 51
6	35 + 71	70	29 + 71	134	3 + 251	198	3 + 71	262	35 - 71	326	29 - 71	390	3 - 251	454	3 - 71
7	35 + 51	71	29 + 51	135	3 + 271	199	3 + 51	263	35 - 51	327	29 - 51	391	3 - 271	455	3 - 51
8	7 + 331	72	25 + 11	136	7 + 311	200	7 + 11	264	7 - 331	328	25 - 11	392	7 - 311	456	7 - 11
9	7 + 351	73	25 + 31	137	7 + 291	201	7 + 31	265	7 - 351	329	25 - 31	393	7 - 291	457	7 - 31
10	5 + 331	74	27 + 11	138	5 + 311	202	5 + 11	266	5 - 331	330	27 - 11	394	5 - 311	458	5 - 11
11	5 + 351	75	27 + 31	139	5 + 291	203	5 + 31	267	5 - 351	331	27 - 31	395	5 - 291	459	5 - 31
12	25 + 251	76	25 + 71	140	7 + 251	204	7 + 71	268	25 - 251	332	25 - 71	396	7 - 251	460	7 - 71
13	25 + 271	77	25 + 51	141	7 + 271	205	7 + 51	269	25 - 271	333	25 - 51	397	7 - 271	461	7 - 51
14	27 + 251	78	27 + 71	142	5 + 251	206	5 + 71	270	27 - 251	334	27 - 71	398	5 - 251	462	5 - 71
15	37 + 51	79	27 + 51	143	5 + 271	207	5 + 51	271	5 - 371	335	27 - 51	399	5 - 271	463	5 - 51
16	31 + 171	80	31 + 15	144	1 + 171	208	1 + 15	272	31 - 171	336	31 - 15	400	1 - 171	464	1 - 15
17	33 + 131	81	31 + 13	145	1 + 191	209	1 + 13	273	33 - 131	337	31 - 13	401	1 - 191	465	1 - 13
18	29 + 171	82	29 + 15	146	3 + 171	210	3 + 15	274	29 - 171	338	29 - 15	402	3 - 171	466	3 - 15
19	29 + 191	83	29 + 13	147	3 + 191	211	3 + 13	275	29 - 191	339	29 - 13	403	3 - 191	467	3 - 13
20	33 + 91	84	31 + 91	148	1 + 231	212	1 + 91	276	33 - 91	340	31 - 91	404	1 - 231	468	1 - 91
21	33 + 111	85	31 + 11	149	1 + 211	213	1 + 11	277	33 - 111	341	31 - 11	405	1 - 211	469	1 - 11
22	35 + 91	86	29 + 91	150	3 + 291	214	3 + 91	278	35 - 91	342	29 - 91	406	3 - 291	470	3 - 91
23	29 + 211	87	29 + 11	151	3 + 211	215	3 + 11	279	29 - 211	343	29 - 11	407	3 - 211	471	3 - 11
24	25 + 171	88	25 + 15	152	7 + 171	216	7 + 15	280	25 - 171	344	25 - 15	408	7 - 171	472	7 - 15
25	25 + 191	89	25 + 13	153	7 + 191	217	7 + 13	281	25 - 191	345	25 - 13	409	7 - 191	473	7 - 13
26	27 + 171	90	27 + 15	154	5 + 171	218	5 + 15	282	27 - 171	346	27 - 15	410	5 - 171	474	5 - 15
27	27 + 191	91	27 + 13	155	5 + 191	219	5 + 13	283	27 - 191	347	27 - 13	411	5 - 191	475	5 - 13
28	25 + 231	92	25 + 91	156	7 + 231	220	7 + 91	284	25 - 231	348	25 - 91	412	7 - 231	476	7 - 91
29	25 + 211	93	25 + 11	157	7 + 211	221	7 + 11	285	25 - 211	349	25 - 11	413	7 - 211	477	7 - 11
30	27 + 231	94	27 + 91	158	5 + 231	222	5 + 91	286	27 - 231	350	27 - 91	414	5 - 231	478	5 - 91

图12

31	27 + 21	95	27 + 11	159	5 + 21	233	5 + 11	267	27 - 21	351	27 - 11	415	5 - 21	479	5 - 11
32	17 + 31	96	17 + 1	160	15 + 31	224	15 + 1	268	17 - 31	352	17 - 1	416	15 - 31	480	15 - 1
33	17 + 29	97	17 + 3	161	15 + 29	225	15 + 3	269	17 - 29	353	17 - 3	417	15 - 29	481	15 - 3
34	13 + 33	98	19 + 1	162	13 + 31	226	13 + 1	290	13 - 33	354	19 - 1	418	13 - 31	482	13 - 1
35	19 + 29	99	19 + 3	163	13 + 29	227	13 + 3	291	19 - 29	355	19 - 3	419	13 - 29	483	13 - 3
36	17 + 25	100	17 + 7	164	15 + 25	228	15 + 7	292	17 - 25	356	17 - 7	420	15 - 25	484	15 - 7
37	17 + 27	101	17 + 5	165	15 + 27	229	15 + 5	293	17 - 27	357	17 - 5	421	15 - 27	485	15 - 5
38	19 + 25	102	19 + 7	166	13 + 25	230	13 + 7	294	19 - 25	358	19 - 7	422	13 - 25	486	13 - 7
39	19 + 27	103	19 + 5	167	13 + 27	231	13 + 5	295	19 - 27	359	19 - 5	423	13 - 27	487	13 - 5
40	9 + 33	104	23 + 1	168	9 + 31	232	9 + 1	296	9 - 33	360	23 - 1	424	9 - 31	488	9 - 1
41	9 + 35	105	23 + 3	169	9 + 29	233	9 + 3	297	9 - 35	361	23 - 3	425	9 - 29	489	9 - 3
42	11 + 33	106	21 + 1	170	11 + 31	234	11 + 1	298	11 - 33	362	21 - 1	426	11 - 31	490	11 - 1
43	21 + 29	107	21 + 3	171	11 + 29	235	11 + 3	299	21 - 29	363	21 - 3	427	11 - 29	491	11 - 3
44	23 + 25	108	23 + 7	172	9 + 25	236	9 + 7	300	23 - 25	364	23 - 7	428	9 - 25	492	9 - 7
45	23 + 27	109	23 + 5	173	9 + 27	237	9 + 5	301	23 - 27	365	23 - 5	429	9 - 27	493	9 - 5
46	21 + 25	110	21 + 7	174	11 + 25	238	11 + 7	302	21 - 25	366	21 - 7	430	11 - 25	494	11 - 7
47	21 + 27	111	21 + 5	175	11 + 27	239	11 + 5	303	21 - 27	367	21 - 5	431	11 - 27	495	11 - 5
48	17 + 17	112	17 + 15	176	15 + 17	240	15 + 15	304	17 - 17	368	17 - 15	432	15 - 17	496	15 - 15
49	17 + 19	113	17 + 13	177	15 + 19	241	15 + 13	305	17 - 19	369	17 - 13	433	15 - 19	497	15 - 13
50	19 + 17	114	19 + 15	178	13 + 17	242	13 + 15	306	19 - 17	370	19 - 15	434	13 - 17	498	13 - 15
51	19 + 19	115	19 + 13	179	13 + 19	243	13 + 13	307	19 - 19	371	19 - 13	435	13 - 19	499	13 - 13
52	17 + 23	116	17 + 9	180	15 + 23	244	15 + 9	308	17 - 23	372	17 - 9	436	15 - 23	500	15 - 9
53	17 + 21	117	17 + 11	181	15 + 21	245	15 + 11	309	17 - 21	373	17 - 11	437	15 - 21	501	15 - 11
54	19 + 23	118	19 + 9	182	13 + 23	246	13 + 9	310	19 - 23	374	19 - 9	438	13 - 23	502	13 - 9
55	19 + 21	119	19 + 11	183	13 + 21	247	13 + 11	311	19 - 21	375	19 - 11	439	13 - 21	503	13 - 11
56	23 + 17	120	23 + 15	184	9 + 17	248	9 + 15	312	23 - 17	376	23 - 15	440	9 - 17	504	9 - 15
57	23 + 19	121	23 + 13	185	9 + 19	249	9 + 13	313	23 - 19	377	23 - 13	441	9 - 19	505	9 - 13
58	21 + 17	122	21 + 15	186	11 + 17	250	11 + 15	314	21 - 17	378	21 - 15	442	11 - 17	506	11 - 15
59	21 + 19	123	21 + 13	187	11 + 19	251	11 + 13	315	21 - 19	379	21 - 13	443	11 - 19	507	11 - 13
60	23 + 23	124	23 + 9	188	9 + 23	252	9 + 9	316	23 - 23	380	23 - 9	444	9 - 23	508	9 - 9
61	23 + 21	125	23 + 11	189	9 + 21	253	9 + 11	317	23 - 21	381	23 - 11	445	9 - 21	509	9 - 11
62	21 + 23	126	21 + 9	190	11 + 23	254	11 + 9	318	21 - 23	382	21 - 9	446	11 - 23	510	11 - 9
63	21 + 21	127	21 + 11	191	11 + 21	255	11 + 11	319	21 - 21	383	21 - 11	447	11 - 21	511	11 - 11

图13

541	-25 + 21i	605	-25 + 11i	659	-7 + 21i	733	-7 + 11i	797	-25 - 21i	861	-25 - 11i	925	-7 - 21i	989	-7 - 11i
542	-27 + 23i	606	-27 + 9i	670	-5 + 23i	734	-5 + 9i	798	-27 - 23i	862	-27 - 9i	926	-5 - 23i	990	-5 - 9i
543	-27 + 21i	607	-27 + 11i	671	-5 + 21i	735	-5 + 11i	799	-27 - 21i	863	-27 - 11i	927	-5 - 21i	991	-5 - 11i
544	-17 + 31i	608	-17 + 1i	672	-15 + 31i	736	-15 + 1i	800	-17 - 31i	864	-17 - 1i	928	-15 - 31i	992	-15 - 1i
545	-17 + 29i	609	-17 + 3i	673	-15 + 29i	737	-15 + 3i	801	-17 - 29i	865	-17 - 3i	929	-15 - 29i	993	-15 - 3i
546	-13 + 33i	610	-19 + 1i	674	-13 + 31i	738	-13 + 1i	802	-13 - 33i	866	-19 - 1i	930	-13 - 31i	994	-13 - 1i
547	-19 + 29i	611	-19 + 3i	675	-13 + 29i	739	-13 + 3i	803	-19 - 29i	867	-19 - 3i	931	-13 - 29i	995	-13 - 3i
548	-17 + 25i	612	-17 + 7i	676	-15 + 25i	740	-15 + 7i	804	-17 - 25i	868	-17 - 7i	932	-15 - 25i	996	-15 - 7i
549	-17 + 27i	613	-17 + 5i	677	-15 + 27i	741	-15 + 5i	805	-17 - 27i	869	-17 - 5i	933	-15 - 27i	997	-15 - 5i
550	-19 + 25i	614	-19 + 7i	678	-13 + 25i	742	-13 + 7i	806	-19 - 25i	870	-19 - 7i	934	-13 - 25i	998	-13 - 7i
551	-19 + 27i	615	-19 + 5i	679	-13 + 27i	743	-13 + 5i	807	-19 - 27i	871	-19 - 5i	935	-13 - 27i	999	-13 - 5i
552	-9 + 33i	616	-23 + 1i	680	-9 + 31i	744	-9 + 1i	808	-9 - 33i	872	-23 - 1i	936	-9 - 31i	1000	-9 - 1i
553	-9 + 35i	617	-23 + 3i	681	-9 + 29i	745	-9 + 3i	809	-9 - 35i	873	-23 - 3i	937	-9 - 29i	1001	-9 - 3i
554	-11 + 33i	618	-21 + 1i	682	-11 + 31i	746	-11 + 1i	810	-11 - 33i	874	-21 - 1i	938	-11 - 31i	1002	-11 - 1i
555	-21 + 29i	619	-21 + 3i	683	-11 + 29i	747	-11 + 3i	811	-21 - 29i	875	-21 - 3i	939	-11 - 29i	1003	-11 - 3i
556	-23 + 25i	620	-23 + 7i	684	-9 + 25i	748	-9 + 7i	812	-23 - 25i	876	-23 - 7i	940	-9 - 25i	1004	-9 - 7i
557	-23 + 27i	621	-23 + 5i	685	-9 + 27i	749	-9 + 5i	813	-23 - 27i	877	-23 - 5i	941	-9 - 27i	1005	-9 - 5i
558	-21 + 25i	622	-21 + 7i	686	-11 + 25i	750	-11 + 7i	814	-21 - 25i	878	-21 - 7i	942	-11 - 25i	1006	-11 - 7i
559	-21 + 27i	623	-21 + 5i	687	-11 + 27i	751	-11 + 5i	815	-21 - 27i	879	-21 - 5i	943	-11 - 27i	1007	-11 - 5i
560	-17 + 17i	624	-17 + 15i	688	-15 + 17i	752	-15 + 15i	816	-17 - 17i	880	-17 - 15i	944	-15 - 17i	1008	-15 - 15i
561	-17 + 19i	625	-17 + 13i	689	-15 + 19i	753	-15 + 13i	817	-17 - 19i	881	-17 - 13i	945	-15 - 19i	1009	-15 - 13i
562	-19 + 17i	626	-19 + 15i	690	-13 + 17i	754	-13 + 15i	818	-19 - 17i	882	-19 - 15i	946	-13 - 17i	1010	-13 - 15i
563	-19 + 19i	627	-19 + 13i	691	-13 + 19i	755	-13 + 13i	819	-19 - 19i	883	-19 - 13i	947	-13 - 19i	1011	-13 - 13i
564	-17 + 23i	628	-17 + 9i	692	-15 + 23i	756	-15 + 9i	820	-17 - 23i	884	-17 - 9i	948	-15 - 23i	1012	-15 - 9i
565	-17 + 21i	629	-17 + 11i	693	-15 + 21i	757	-15 + 11i	821	-17 - 21i	885	-17 - 11i	949	-15 - 21i	1013	-15 - 11i
566	-19 + 23i	630	-19 + 9i	694	-13 + 23i	758	-13 + 9i	822	-19 - 23i	886	-19 - 9i	950	-13 - 23i	1014	-13 - 9i
567	-19 + 21i	631	-19 + 11i	695	-13 + 21i	759	-13 + 11i	823	-19 - 21i	887	-19 - 11i	951	-13 - 21i	1015	-13 - 11i
568	-23 + 17i	632	-23 + 15i	696	-9 + 17i	760	-9 + 15i	824	-23 - 17i	888	-23 - 15i	952	-9 - 17i	1016	-9 - 15i
569	-23 + 19i	633	-23 + 13i	697	-9 + 19i	761	-9 + 13i	825	-23 - 19i	889	-23 - 13i	953	-9 - 19i	1017	-9 - 13i
570	-21 + 17i	634	-21 + 15i	698	-11 + 17i	762	-11 + 15i	826	-21 - 17i	890	-21 - 15i	954	-11 - 17i	1018	-11 - 15i

图 15

31	69 + 11i	95	69 + 21i	159	37 + 53i	223	37 + 43i	287	59 + 11i	351	59 + 21i	415	37 + 11i	479	37 + 21i
32	15 + 65i	96	49 + 33i	160	17 + 65i	224	47 + 33i	288	49 + 11i	352	49 + 31i	416	47 + 11i	480	47 + 31i
33	15 + 67i	97	49 + 35i	161	17 + 67i	225	47 + 35i	289	49 + 3i	353	49 + 29i	417	47 + 3i	481	47 + 29i
34	13 + 65i	98	51 + 33i	162	19 + 65i	226	45 + 33i	290	51 + 1i	354	51 + 31i	418	45 + 1i	482	45 + 31i
35	13 + 67i	99	51 + 35i	163	19 + 67i	227	45 + 35i	291	51 + 3i	355	51 + 29i	419	45 + 3i	483	45 + 29i
36	15 + 71i	100	49 + 39i	164	17 + 71i	228	47 + 39i	292	49 + 7i	356	49 + 25i	420	47 + 7i	484	47 + 25i
37	15 + 69i	101	49 + 37i	165	17 + 69i	229	47 + 37i	293	49 + 5i	357	49 + 27i	421	47 + 5i	485	47 + 27i
38	13 + 71i	102	51 + 39i	166	45 + 57i	230	45 + 39i	294	51 + 7i	358	51 + 25i	422	45 + 7i	486	45 + 25i
39	13 + 69i	103	51 + 37i	167	19 + 69i	231	45 + 37i	295	51 + 5i	359	51 + 27i	423	45 + 5i	487	45 + 27i
40	9 + 65i	104	55 + 33i	168	23 + 65i	232	41 + 33i	296	55 + 1i	360	55 + 31i	424	41 + 1i	488	41 + 31i
41	9 + 67i	105	55 + 35i	169	23 + 67i	233	41 + 35i	297	55 + 3i	361	55 + 29i	425	41 + 3i	489	41 + 29i
42	11 + 65i	106	53 + 33i	170	21 + 65i	234	43 + 33i	298	53 + 1i	362	53 + 31i	426	43 + 1i	490	43 + 31i
43	11 + 67i	107	53 + 35i	171	21 + 67i	235	43 + 35i	299	53 + 3i	363	53 + 29i	427	43 + 3i	491	43 + 29i
44	9 + 71i	108	55 + 39i	172	41 + 57i	236	41 + 39i	300	55 + 7i	364	55 + 25i	428	41 + 7i	492	41 + 25i
45	9 + 69i	109	55 + 37i	173	41 + 59i	237	41 + 37i	301	55 + 5i	365	55 + 27i	429	41 + 5i	493	41 + 27i
46	11 + 71i	110	53 + 39i	174	43 + 57i	238	43 + 39i	302	53 + 7i	366	53 + 25i	430	43 + 7i	494	43 + 25i
47	11 + 69i	111	53 + 37i	175	21 + 69i	239	43 + 37i	303	53 + 5i	367	53 + 27i	431	43 + 5i	495	43 + 27i
48	49 + 49i	112	49 + 47i	176	47 + 49i	240	47 + 47i	304	49 + 15i	368	49 + 17i	432	47 + 15i	496	47 + 17i
49	49 + 51i	113	49 + 45i	177	47 + 51i	241	47 + 45i	305	49 + 13i	369	49 + 19i	433	47 + 13i	497	47 + 19i
50	51 + 49i	114	51 + 47i	178	45 + 49i	242	45 + 47i	306	51 + 15i	370	51 + 17i	434	45 + 15i	498	45 + 17i
51	51 + 51i	115	51 + 45i	179	45 + 51i	243	45 + 45i	307	51 + 13i	371	51 + 19i	435	45 + 13i	499	45 + 19i
52	49 + 55i	116	49 + 41i	180	47 + 55i	244	47 + 41i	308	49 + 9i	372	49 + 23i	436	47 + 9i	500	47 + 23i
53	49 + 53i	117	49 + 43i	181	47 + 53i	245	47 + 43i	309	49 + 11i	373	49 + 21i	437	47 + 11i	501	47 + 21i
54	13 + 73i	118	51 + 41i	182	45 + 55i	246	45 + 41i	310	51 + 9i	374	51 + 23i	438	45 + 9i	502	45 + 23i
55	51 + 53i	119	51 + 43i	183	45 + 53i	247	45 + 43i	311	51 + 11i	375	51 + 21i	439	45 + 11i	503	45 + 21i
56	55 + 49i	120	55 + 47i	184	41 + 49i	248	41 + 47i	312	55 + 15i	376	55 + 17i	440	41 + 15i	504	41 + 17i
57	73 + 13i	121	55 + 45i	185	41 + 51i	249	41 + 45i	313	55 + 13i	377	55 + 19i	441	41 + 13i	505	41 + 19i
58	53 + 49i	122	53 + 47i	186	43 + 49i	250	43 + 47i	314	53 + 15i	378	53 + 17i	442	43 + 15i	506	43 + 17i
59	53 + 51i	123	53 + 45i	187	43 + 51i	251	43 + 45i	315	53 + 13i	379	53 + 19i	443	43 + 13i	507	43 + 19i
60	73 + 9i	124	55 + 41i	188	41 + 55i	252	41 + 41i	316	55 + 9i	380	55 + 23i	444	41 + 9i	508	41 + 23i
61	73 + 11i	125	55 + 43i	189	41 + 53i	253	41 + 43i	317	55 + 11i	381	55 + 21i	445	41 + 11i	509	41 + 21i
62	11 + 73i	126	53 + 41i	190	43 + 55i	254	43 + 41i	318	53 + 9i	382	53 + 23i	446	43 + 9i	510	43 + 23i

图 17

541	7 + 53	605	7 + 43	689	25 + 53	733	25 + 43	797	7 + 11	861	7 + 21	925	25 + 11	989	25 + 21
542	5 + 55	606	5 + 41	670	27 + 55	734	27 + 41	798	5 + 9	862	5 + 23	926	27 + 9	990	27 + 23
543	5 + 53	607	5 + 43	671	27 + 53	735	27 + 43	799	5 + 11	863	5 + 21	927	27 + 11	991	27 + 21
544	15 + 63	608	15 + 33	672	17 + 63	736	17 + 33	800	15 + 1	864	15 + 31	928	17 + 1	992	17 + 31
545	15 + 61	609	15 + 35	673	17 + 61	737	17 + 35	801	15 + 3	865	15 + 29	929	17 + 3	993	17 + 29
546	13 + 63	610	13 + 33	674	19 + 63	738	19 + 33	802	13 + 1	866	13 + 31	930	19 + 1	994	19 + 31
547	13 + 61	611	13 + 35	675	19 + 61	739	19 + 35	803	13 + 3	867	13 + 29	931	19 + 3	995	19 + 29
548	15 + 57	612	15 + 39	676	17 + 57	740	17 + 39	804	15 + 7	868	15 + 25	932	17 + 7	996	17 + 25
549	15 + 59	613	15 + 37	677	17 + 59	741	17 + 37	805	15 + 5	869	15 + 27	933	17 + 5	997	17 + 27
550	13 + 57	614	13 + 39	678	19 + 57	742	19 + 39	806	13 + 7	870	13 + 25	934	19 + 7	998	19 + 25
551	13 + 59	615	13 + 37	679	19 + 59	743	19 + 37	807	13 + 5	871	13 + 27	935	19 + 5	999	19 + 27
552	9 + 63	616	9 + 33	680	23 + 63	744	23 + 33	808	9 + 1	872	9 + 31	936	23 + 1	1000	23 + 31
553	9 + 61	617	9 + 35	681	23 + 61	745	23 + 35	809	9 + 3	873	9 + 29	937	23 + 3	1001	23 + 29
554	11 + 63	618	11 + 33	682	21 + 63	746	21 + 33	810	11 + 1	874	11 + 31	938	21 + 1	1002	21 + 31
555	11 + 61	619	11 + 35	683	21 + 61	747	21 + 35	811	11 + 3	875	11 + 29	939	21 + 3	1003	21 + 29
556	9 + 57	620	9 + 39	684	23 + 57	748	23 + 39	812	9 + 7	876	9 + 25	940	23 + 7	1004	23 + 25
557	9 + 59	621	9 + 37	685	23 + 59	749	23 + 37	813	9 + 5	877	9 + 27	941	23 + 5	1005	23 + 27
558	11 + 57	622	11 + 39	686	21 + 57	750	21 + 39	814	11 + 7	878	11 + 25	942	21 + 7	1006	21 + 25
559	11 + 59	623	11 + 37	687	21 + 59	751	21 + 37	815	11 + 5	879	11 + 27	943	21 + 5	1007	21 + 27
560	15 + 49	624	15 + 47	688	17 + 49	752	17 + 47	816	15 + 15	880	15 + 17	944	17 + 15	1008	17 + 17
561	15 + 51	625	15 + 45	689	17 + 51	753	17 + 45	817	15 + 13	881	15 + 19	945	17 + 13	1009	17 + 19
562	13 + 49	626	13 + 47	690	19 + 49	754	19 + 47	818	13 + 15	882	13 + 17	946	19 + 15	1010	19 + 17
563	13 + 51	627	13 + 45	691	19 + 51	755	19 + 45	819	13 + 13	883	13 + 19	947	19 + 13	1011	19 + 19
564	15 + 55	628	15 + 41	692	17 + 55	756	17 + 41	820	15 + 9	884	15 + 23	948	17 + 9	1012	17 + 23
565	15 + 53	629	15 + 43	693	17 + 53	757	17 + 43	821	15 + 11	885	15 + 21	949	17 + 11	1013	17 + 21
566	13 + 55	630	13 + 41	694	19 + 55	758	19 + 41	822	13 + 9	886	13 + 23	950	19 + 9	1014	19 + 23
567	13 + 53	631	13 + 43	695	19 + 53	759	19 + 43	823	13 + 11	887	13 + 21	951	19 + 11	1015	19 + 21
568	9 + 49	632	9 + 47	696	23 + 49	760	23 + 47	824	9 + 15	888	9 + 17	952	23 + 15	1016	23 + 17
569	9 + 51	633	9 + 45	697	23 + 51	761	23 + 45	825	9 + 13	889	9 + 19	953	23 + 13	1017	23 + 19
570	11 + 49	634	11 + 47	698	21 + 49	762	21 + 47	826	11 + 15	890	11 + 17	954	21 + 15	1018	21 + 17
571	11 + 51	635	11 + 45	699	21 + 51	763	21 + 45	827	11 + 13	891	11 + 19	955	21 + 13	1019	21 + 19
572	9 + 55	636	9 + 41	700	23 + 55	764	23 + 41	828	9 + 9	892	9 + 23	956	23 + 9	1020	23 + 23
573	9 + 53	637	9 + 43	701	23 + 53	765	23 + 43	829	9 + 11	893	9 + 21	957	23 + 11	1021	23 + 21
574	11 + 55	638	11 + 41	702	21 + 55	766	21 + 41	830	11 + 9	894	11 + 23	958	21 + 9	1022	21 + 23
575	11 + 53	639	11 + 43	703	21 + 53	767	21 + 43	831	11 + 11	895	11 + 21	959	21 + 11	1023	21 + 21

图 19

1056	15-65	1120	49-33	1184	17-65	1248	47-33	1312	49-1	1376	49-31	1440	47-1	1504	47-31
1057	15-67	1121	49-35	1185	17-67	1249	47-35	1313	49-3	1377	49-29	1441	47-3	1505	47-29
1058	13-65	1122	51-33	1186	19-65	1250	45-23	1314	51-1	1378	51-31	1442	45-1	1506	45-31
1059	13-67	1123	51-35	1187	19-67	1251	45-35	1315	51-3	1379	51-29	1443	45-3	1507	45-29
1060	15-71	1124	49-39	1188	17-71	1252	47-39	1316	49-7	1380	49-25	1444	47-7	1508	47-25
1061	15-69	1125	49-37	1189	17-69	1253	47-37	1317	49-5	1381	49-27	1445	47-5	1509	47-27
1062	13-71	1126	51-39	1190	45-57	1254	45-39	1318	51-7	1382	51-25	1446	45-7	1510	45-25
1063	13-69	1127	51-37	1191	19-69	1255	45-37	1319	51-5	1383	51-27	1447	45-5	1511	45-27
1064	9-65	1128	55-33	1192	23-65	1256	41-33	1320	55-1	1384	55-31	1448	41-1	1512	41-31
1065	9-67	1129	55-35	1193	23-67	1257	41-35	1321	55-3	1385	55-29	1449	41-3	1513	41-29
1066	11-65	1130	53-33	1194	21-65	1258	43-33	1322	53-1	1386	53-31	1450	43-1	1514	43-31
1067	11-67	1131	53-35	1195	21-67	1259	43-35	1323	53-3	1387	53-29	1451	43-3	1515	43-29
1068	9-71	1132	55-39	1196	41-57	1260	41-39	1324	55-7	1388	55-25	1452	41-7	1516	41-25
1069	9-69	1133	55-37	1197	41-59	1261	41-37	1325	55-5	1389	55-27	1453	41-5	1517	41-27
1070	11-71	1134	53-39	1198	43-57	1262	43-39	1326	53-7	1390	53-25	1454	43-7	1518	43-25
1071	11-69	1135	53-37	1199	21-69	1263	43-37	1327	53-5	1391	53-27	1455	43-5	1519	43-27
1072	49-49	1136	49-47	1200	47-49	1264	47-47	1328	49-15	1392	49-17	1456	47-15	1520	47-17
1073	48-51	1137	49-45	1201	47-51	1265	47-45	1329	49-13	1393	49-19	1457	47-13	1521	47-19
1074	51-49	1138	51-47	1202	45-49	1266	45-47	1330	51-15	1394	51-17	1458	45-15	1522	45-17
1075	51-51	1139	51-45	1203	45-51	1267	45-45	1331	51-13	1395	51-19	1459	45-13	1523	45-19
1076	48-55	1140	49-41	1204	47-55	1268	47-41	1332	49-9	1396	49-23	1460	47-9	1524	47-23
1077	48-53	1141	49-43	1205	47-53	1269	47-43	1333	49-11	1397	49-21	1461	47-11	1525	47-21
1078	13-73	1142	51-41	1206	45-55	1270	45-41	1334	51-9	1398	51-23	1462	45-9	1526	45-23
1079	51-53	1143	51-43	1207	45-53	1271	45-43	1335	51-11	1399	51-21	1463	45-11	1527	45-21
1080	55-49	1144	55-47	1208	41-49	1272	41-47	1336	55-15	1400	55-17	1464	41-15	1528	41-17
1081	73-13	1145	55-45	1209	41-51	1273	41-45	1337	55-13	1401	55-19	1465	41-13	1529	41-19
1082	53-49	1146	53-47	1210	43-49	1274	43-47	1338	53-15	1402	53-17	1466	43-15	1530	43-17
1083	53-51	1147	53-45	1211	43-51	1275	43-45	1339	53-13	1403	53-19	1467	43-13	1531	43-19
1084	9-73	1148	55-41	1212	41-55	1276	41-41	1340	55-9	1404	55-23	1468	41-9	1532	41-23
1085	73-11	1149	55-43	1213	41-53	1277	41-43	1341	55-11	1405	55-21	1469	41-11	1533	41-21
1086	11-73	1150	53-41	1214	43-55	1278	43-41	1342	53-9	1406	53-23	1470	43-9	1534	43-23
1087	53-53	1151	53-43	1215	43-53	1279	43-43	1343	53-11	1407	53-21	1471	43-11	1535	43-21

图 21

1574	13-61I	1635	13-35I	1699	19-61I	1763	19-35I	1827	13-3I	1891	13-29I	1955	19-3I	2019	19-29I
1572	15-57I	1636	15-39I	1700	17-57I	1764	17-39I	1828	15-7I	1892	15-25I	1956	17-7I	2020	17-25I
1573	15-59I	1637	15-37I	1701	17-59I	1765	17-37I	1829	15-5I	1893	15-27I	1957	17-5I	2021	17-27I
1574	13-57I	1638	13-39I	1702	19-57I	1766	19-39I	1830	13-7I	1894	13-25I	1958	19-7I	2022	19-25I
1575	13-59I	1639	13-37I	1703	19-59I	1767	19-37I	1831	13-5I	1895	13-27I	1959	19-5I	2023	19-27I
1576	9-63I	1640	9-33I	1704	23-63I	1768	23-33I	1832	9-1I	1896	9-31I	1960	23-1I	2024	23-31I
1577	9-61I	1641	9-35I	1705	23-61I	1769	23-35I	1833	9-3I	1897	9-29I	1961	23-3I	2025	23-29I
1578	11-63I	1642	11-33I	1706	21-63I	1770	21-33I	1834	11-1I	1898	11-31I	1962	21-1I	2026	21-31I
1579	11-61I	1643	11-35I	1707	21-61I	1771	21-35I	1835	11-3I	1899	11-29I	1963	21-3I	2027	21-29I
1580	9-57I	1644	9-39I	1708	23-57I	1772	23-39I	1836	9-7I	1900	9-25I	1964	23-7I	2028	23-25I
1581	9-59I	1645	9-37I	1709	23-59I	1773	23-37I	1837	9-5I	1901	9-27I	1965	23-5I	2029	23-27I
1582	11-57I	1646	11-39I	1710	21-57I	1774	21-39I	1838	11-7I	1902	11-25I	1966	21-7I	2030	21-25I
1583	11-59I	1647	11-37I	1711	21-59I	1775	21-37I	1839	11-5I	1903	11-27I	1967	21-5I	2031	21-27I
1584	15-49I	1648	15-47I	1712	17-49I	1776	17-47I	1840	15-15I	1904	15-17I	1968	17-15I	2032	17-17I
1585	15-51I	1649	15-45I	1713	17-51I	1777	17-45I	1841	15-13I	1905	15-19I	1969	17-13I	2033	17-19I
1586	13-49I	1650	13-47I	1714	19-49I	1778	19-47I	1842	13-15I	1906	13-17I	1970	19-15I	2034	19-17I
1587	13-51I	1651	13-45I	1715	19-51I	1779	19-45I	1843	13-13I	1907	13-19I	1971	19-13I	2035	19-19I
1588	15-55I	1652	15-41I	1716	17-55I	1780	17-41I	1844	15-9I	1908	15-23I	1972	17-9I	2036	17-23I
1589	15-53I	1653	15-43I	1717	17-53I	1781	17-43I	1845	15-11I	1909	15-21I	1973	17-11I	2037	17-21I
1590	13-55I	1654	13-41I	1718	19-55I	1782	19-41I	1846	13-9I	1910	13-23I	1974	19-9I	2038	19-23I
1591	13-53I	1655	13-43I	1719	19-53I	1783	19-43I	1847	13-11I	1911	13-21I	1975	19-11I	2039	19-21I
1592	9-49I	1656	9-47I	1720	23-49I	1784	23-47I	1848	9-15I	1912	9-17I	1976	23-15I	2040	23-17I
1593	9-51I	1657	9-45I	1721	23-51I	1785	23-45I	1849	9-13I	1913	9-19I	1977	23-13I	2041	23-19I
1594	11-49I	1658	11-47I	1722	21-49I	1786	21-47I	1850	11-15I	1914	11-17I	1978	21-15I	2042	21-17I
1595	11-51I	1659	11-45I	1723	21-51I	1787	21-45I	1851	11-13I	1915	11-19I	1979	21-13I	2043	21-19I
1596	9-55I	1660	9-41I	1724	23-55I	1788	23-41I	1852	9-9I	1916	9-23I	1980	23-9I	2044	23-23I
1597	9-53I	1661	9-43I	1725	23-53I	1789	23-43I	1853	9-11I	1917	9-21I	1981	23-11I	2045	23-21I
1598	11-55I	1662	11-41I	1726	21-55I	1790	21-41I	1854	11-9I	1918	11-23I	1982	21-9I	2046	21-23I
1599	11-53I	1663	11-43I	1727	21-53I	1791	21-43I	1855	11-11I	1919	11-21I	1983	21-11I	2047	21-21I

图 23

2081	-15 + 671	2145	-49 + 351	2209	-17 + 671	2273	-47 + 351	2337	-48 + 31	2401	-49 + 29	2465	-47 + 31	2529	-47 + 29
2082	-13 + 651	2146	-51 + 331	2210	-19 + 651	2274	-45 + 331	2338	-51 + 11	2402	-51 + 31	2466	-45 + 11	2530	-45 + 31
2083	-13 + 671	2147	-51 + 351	2211	-19 + 671	2275	-45 + 351	2339	-51 + 31	2403	-51 + 29	2467	-45 + 31	2531	-45 + 29
2084	-15 + 711	2148	-49 + 391	2212	-17 + 711	2276	-47 + 391	2340	-49 + 71	2404	-49 + 25	2468	-47 + 71	2532	-47 + 25
2085	-15 + 691	2149	-49 + 371	2213	-17 + 691	2277	-47 + 371	2341	-49 + 51	2405	-49 + 27	2469	-47 + 51	2533	-47 + 27
2086	-13 + 711	2150	-51 + 391	2214	-45 + 57	2278	-45 + 391	2342	-51 + 71	2406	-51 + 25	2470	-45 + 71	2534	-45 + 25
2087	-13 + 691	2151	-51 + 371	2215	-19 + 691	2279	-45 + 371	2343	-51 + 51	2407	-51 + 27	2471	-45 + 51	2535	-45 + 27
2088	-9 + 651	2152	-55 + 331	2216	-23 + 651	2280	-41 + 331	2344	-55 + 11	2408	-55 + 21	2472	-41 + 11	2536	-41 + 31
2089	-9 + 671	2153	-55 + 351	2217	-23 + 671	2281	-41 + 351	2345	-55 + 31	2409	-55 + 29	2473	-41 + 31	2537	-41 + 29
2090	-11 + 651	2154	-53 + 331	2218	-21 + 651	2282	-43 + 331	2346	-53 + 11	2410	-53 + 31	2474	-43 + 11	2538	-43 + 31
2091	-11 + 671	2155	-53 + 351	2219	-21 + 671	2283	-43 + 351	2347	-53 + 31	2411	-53 + 29	2475	-43 + 31	2539	-43 + 29
2092	-9 + 711	2156	-55 + 391	2220	-41 + 57	2284	-41 + 391	2348	-55 + 71	2412	-55 + 25	2476	-41 + 71	2540	-41 + 25
2093	-9 + 691	2157	-55 + 371	2221	-41 + 59	2285	-41 + 371	2349	-55 + 51	2413	-55 + 27	2477	-41 + 51	2541	-41 + 27
2094	-11 + 711	2158	-53 + 391	2222	-43 + 57	2286	-43 + 391	2350	-53 + 71	2414	-53 + 25	2478	-43 + 71	2542	-43 + 25
2095	-11 + 691	2159	-53 + 371	2223	-21 + 691	2287	-43 + 371	2351	-53 + 51	2415	-53 + 27	2479	-43 + 51	2543	-43 + 27
2096	-45 + 491	2160	-49 + 471	2224	-47 + 491	2288	-47 + 471	2352	-49 + 15	2416	-49 + 17	2480	-47 + 15	2544	-47 + 17
2097	-49 + 511	2161	-49 + 451	2225	-47 + 511	2289	-47 + 451	2353	-49 + 13	2417	-49 + 19	2481	-47 + 13	2545	-47 + 19
2098	-51 + 491	2162	-51 + 471	2226	-45 + 491	2290	-45 + 471	2354	-51 + 15	2418	-51 + 17	2482	-45 + 15	2546	-45 + 17
2099	-51 + 511	2163	-51 + 451	2227	-45 + 511	2291	-45 + 451	2355	-51 + 13	2419	-51 + 19	2483	-45 + 13	2547	-45 + 19
2100	-49 + 531	2164	-49 + 411	2228	-47 + 531	2292	-47 + 411	2356	-49 + 91	2420	-49 + 23	2484	-47 + 91	2548	-47 + 23
2101	-49 + 531	2165	-49 + 431	2229	-47 + 531	2293	-47 + 431	2357	-49 + 111	2421	-49 + 21	2485	-47 + 111	2549	-47 + 21
2102	-13 + 731	2166	-51 + 411	2230	-45 + 55	2294	-45 + 411	2358	-51 + 91	2422	-51 + 23	2486	-45 + 91	2550	-45 + 23
2103	-51 + 531	2167	-51 + 431	2231	-45 + 531	2295	-45 + 431	2359	-51 + 111	2423	-51 + 21	2487	-45 + 111	2551	-45 + 21
2104	-55 + 491	2168	-55 + 471	2232	-41 + 491	2296	-41 + 471	2360	-55 + 15	2424	-55 + 17	2488	-41 + 15	2552	-41 + 17
2105	-73 + 131	2169	-55 + 451	2233	-41 + 511	2297	-41 + 451	2361	-55 + 13	2425	-55 + 19	2489	-41 + 13	2553	-41 + 19
2106	-53 + 491	2170	-53 + 471	2234	-43 + 491	2298	-43 + 471	2362	-53 + 15	2426	-53 + 17	2490	-43 + 15	2554	-43 + 17
2107	-53 + 511	2171	-53 + 451	2235	-43 + 511	2299	-43 + 451	2363	-53 + 13	2427	-53 + 19	2491	-43 + 13	2555	-43 + 19
2108	-9 + 731	2172	-55 + 411	2236	-41 + 55	2300	-41 + 411	2364	-55 + 91	2428	-55 + 23	2492	-41 + 91	2556	-41 + 23
2109	-73 + 111	2173	-55 + 431	2237	-41 + 531	2301	-41 + 431	2365	-55 + 111	2429	-55 + 21	2493	-41 + 111	2557	-41 + 21
2110	-11 + 731	2174	-53 + 411	2238	-43 + 55	2302	-43 + 411	2366	-53 + 91	2430	-53 + 23	2494	-43 + 91	2558	-43 + 23
2111	-53 + 531	2175	-53 + 431	2239	-43 + 531	2303	-43 + 431	2367	-53 + 111	2431	-53 + 21	2495	-43 + 111	2559	-43 + 21

图 25

2591	-5 + 53	2655	2719	-27 + 53	2783	-27 + 43	2847	-5 + 11	2911	-5 + 21	2975	-27 + 11	3039	-27 + 21
2592	-15 + 63	2656	2720	-17 + 63	2784	-17 + 33	2848	-15 + 1	2912	-15 + 31	2976	-17 + 1	3040	-17 + 31
2593	-15 + 61	2657	2721	-17 + 61	2785	-17 + 35	2849	-15 + 3	2913	-15 + 29	2977	-17 + 3	3041	-17 + 29
2594	-13 + 63	2658	2722	-19 + 63	2786	-19 + 33	2850	-13 + 1	2914	-13 + 31	2978	-19 + 1	3042	-19 + 31
2595	-13 + 61	2659	2723	-19 + 61	2787	-19 + 35	2851	-13 + 3	2915	-13 + 29	2979	-19 + 3	3043	-19 + 29
2596	-15 + 57	2660	2724	-17 + 57	2788	-17 + 39	2852	-15 + 7	2916	-15 + 25	2980	-17 + 7	3044	-17 + 25
2597	-15 + 59	2661	2725	-17 + 59	2789	-17 + 37	2853	-15 + 5	2917	-15 + 27	2981	-17 + 5	3045	-17 + 27
2598	-13 + 57	2662	2726	-19 + 57	2790	-19 + 39	2854	-13 + 7	2918	-13 + 25	2982	-19 + 7	3046	-19 + 25
2599	-13 + 59	2663	2727	-19 + 59	2791	-19 + 37	2855	-13 + 5	2919	-13 + 27	2983	-19 + 5	3047	-19 + 27
2600	-9 + 63	2664	2728	-23 + 63	2792	-23 + 33	2856	-9 + 1	2920	-9 + 31	2984	-23 + 1	3048	-23 + 31
2601	-9 + 61	2665	2729	-23 + 61	2793	-23 + 35	2857	-9 + 3	2921	-9 + 29	2985	-23 + 3	3049	-23 + 29
2602	-11 + 63	2666	2730	-21 + 63	2794	-21 + 33	2858	-11 + 1	2922	-11 + 31	2986	-21 + 1	3050	-21 + 31
2603	-11 + 61	2667	2731	-21 + 61	2795	-21 + 35	2859	-11 + 3	2923	-11 + 29	2987	-21 + 3	3051	-21 + 29
2604	-9 + 57	2668	2732	-23 + 57	2796	-23 + 39	2860	-9 + 7	2924	-9 + 25	2988	-23 + 7	3052	-23 + 25
2605	-9 + 59	2669	2733	-23 + 59	2797	-23 + 37	2861	-9 + 5	2925	-9 + 27	2989	-23 + 5	3053	-23 + 27
2606	-11 + 57	2670	2734	-21 + 57	2798	-21 + 39	2862	-11 + 7	2926	-11 + 25	2990	-21 + 7	3054	-21 + 25
2607	-11 + 59	2671	2735	-21 + 59	2799	-21 + 37	2863	-11 + 5	2927	-11 + 27	2991	-21 + 5	3055	-21 + 27
2608	-15 + 49	2672	2736	-17 + 49	2800	-17 + 47	2864	-15 + 15	2928	-15 + 17	2992	-17 + 15	3056	-17 + 17
2609	-15 + 51	2673	2737	-17 + 51	2801	-17 + 45	2865	-15 + 13	2929	-15 + 19	2993	-17 + 13	3057	-17 + 19
2610	-13 + 49	2674	2738	-19 + 49	2802	-19 + 47	2866	-13 + 15	2930	-13 + 17	2994	-19 + 15	3058	-19 + 17
2611	-13 + 51	2675	2739	-19 + 51	2803	-19 + 45	2867	-13 + 13	2931	-13 + 19	2995	-19 + 13	3059	-19 + 19
2612	-15 + 55	2676	2740	-17 + 55	2804	-17 + 41	2868	-15 + 9	2932	-15 + 23	2996	-17 + 9	3060	-17 + 23
2613	-15 + 53	2677	2741	-17 + 53	2805	-17 + 43	2869	-15 + 11	2933	-15 + 21	2997	-17 + 11	3061	-17 + 21
2614	-13 + 55	2678	2742	-19 + 55	2806	-19 + 41	2870	-13 + 9	2934	-13 + 23	2998	-19 + 9	3062	-19 + 23
2615	-13 + 53	2679	2743	-19 + 53	2807	-19 + 43	2871	-13 + 11	2935	-13 + 21	2999	-19 + 11	3063	-19 + 21
2616	-9 + 49	2680	2744	-23 + 49	2808	-23 + 47	2872	-9 + 15	2936	-9 + 17	3000	-23 + 15	3064	-23 + 17
2617	-9 + 51	2681	2745	-23 + 51	2809	-23 + 45	2873	-9 + 13	2937	-9 + 19	3001	-23 + 13	3065	-23 + 19
2618	-11 + 49	2682	2746	-21 + 49	2810	-21 + 47	2874	-11 + 15	2938	-11 + 17	3002	-21 + 15	3066	-21 + 17
2619	-11 + 51	2683	2747	-21 + 51	2811	-21 + 45	2875	-11 + 13	2939	-11 + 19	3003	-21 + 13	3067	-21 + 19
2620	-9 + 55	2684	2748	-23 + 55	2812	-23 + 41	2876	-9 + 9	2940	-9 + 23	3004	-23 + 9	3068	-23 + 23
2621	-9 + 53	2685	2749	-23 + 53	2813	-23 + 43	2877	-9 + 11	2941	-9 + 21	3005	-23 + 11	3069	-23 + 21
2622	-11 + 55	2686	2750	-21 + 55	2814	-21 + 41	2878	-11 + 9	2942	-11 + 23	3006	-21 + 9	3070	-21 + 23

3101	-71 - 11	3165	-57 - 43	3229	-39 - 53	3293	-39 - 43	3357	-57 - 11	3421	-57 - 21	3485	-39 - 11	3549	-39 - 21
3102	-69 - 9	3166	-59 - 41	3230	-37 - 55	3294	-37 - 41	3358	-59 - 9	3422	-59 - 23	3486	-37 - 9	3550	-37 - 23
3103	-69 - 11	3167	-69 - 21	3231	-37 - 53	3295	-37 - 43	3359	-59 - 11	3423	-59 - 21	3487	-37 - 11	3551	-37 - 21
3104	-15 - 65	3168	-49 - 33	3232	-17 - 65	3296	-47 - 33	3360	-49 - 11	3424	-49 - 31	3488	-47 - 11	3552	-47 - 31
3105	-15 - 67	3169	-49 - 35	3233	-17 - 67	3297	-47 - 35	3361	-49 - 31	3425	-49 - 29	3489	-47 - 31	3553	-47 - 29
3106	-13 - 65	3170	-51 - 33	3234	-19 - 65	3298	-45 - 33	3362	-51 - 11	3426	-51 - 31	3490	-45 - 11	3554	-45 - 31
3107	-13 - 67	3171	-51 - 35	3235	-19 - 67	3299	-45 - 35	3363	-51 - 31	3427	-51 - 29	3491	-45 - 31	3555	-45 - 29
3108	-15 - 71	3172	-49 - 39	3236	-17 - 71	3300	-47 - 39	3364	-49 - 71	3428	-49 - 25	3492	-47 - 71	3556	-47 - 25
3109	-15 - 69	3173	-49 - 37	3237	-17 - 69	3301	-47 - 37	3365	-49 - 51	3429	-49 - 27	3493	-47 - 51	3557	-47 - 27
3110	-13 - 71	3174	-51 - 39	3238	-45 - 57	3302	-45 - 39	3366	-51 - 71	3430	-51 - 25	3494	-45 - 71	3558	-45 - 25
3111	-13 - 69	3175	-51 - 37	3239	-19 - 69	3303	-45 - 37	3367	-51 - 51	3431	-51 - 27	3495	-45 - 51	3559	-45 - 27
3112	-9 - 65	3176	-55 - 33	3240	-23 - 65	3304	-41 - 33	3368	-55 - 11	3432	-55 - 31	3496	-41 - 11	3560	-41 - 31
3113	-9 - 67	3177	-55 - 35	3241	-23 - 67	3305	-41 - 35	3369	-55 - 31	3433	-55 - 29	3497	-41 - 31	3561	-41 - 29
3114	-11 - 65	3178	-53 - 33	3242	-21 - 65	3306	-43 - 33	3370	-53 - 11	3434	-53 - 31	3498	-43 - 11	3562	-43 - 31
3115	-11 - 67	3179	-53 - 35	3243	-21 - 67	3307	-43 - 35	3371	-53 - 31	3435	-53 - 29	3499	-43 - 31	3563	-43 - 29
3116	-9 - 71	3180	-55 - 39	3244	-41 - 57	3308	-41 - 39	3372	-55 - 71	3436	-55 - 25	3500	-41 - 71	3564	-41 - 25
3117	-9 - 69	3181	-55 - 37	3245	-41 - 59	3309	-41 - 37	3373	-55 - 51	3437	-55 - 27	3501	-41 - 51	3565	-41 - 27
3118	-11 - 71	3182	-53 - 39	3246	-43 - 57	3310	-43 - 39	3374	-53 - 71	3438	-53 - 25	3502	-43 - 71	3566	-43 - 25
3119	-11 - 69	3183	-53 - 37	3247	-21 - 69	3311	-43 - 37	3375	-53 - 51	3439	-53 - 27	3503	-43 - 51	3567	-43 - 27
3120	-49 - 49	3184	-49 - 47	3248	-47 - 49	3312	-47 - 47	3376	-49 - 15	3440	-49 - 17	3504	-47 - 15	3568	-47 - 17
3121	-49 - 51	3185	-49 - 45	3249	-47 - 51	3313	-47 - 45	3377	-49 - 13	3441	-49 - 19	3505	-47 - 13	3569	-47 - 19
3122	-51 - 49	3186	-51 - 47	3250	-45 - 49	3314	-45 - 47	3378	-51 - 15	3442	-51 - 17	3506	-45 - 15	3570	-45 - 17
3123	-51 - 51	3187	-51 - 45	3251	-45 - 51	3315	-45 - 45	3379	-51 - 13	3443	-51 - 19	3507	-45 - 13	3571	-45 - 19
3124	-49 - 55	3188	-49 - 41	3252	-47 - 55	3316	-47 - 41	3380	-49 - 9	3444	-49 - 23	3508	-47 - 9	3572	-47 - 23
3125	-49 - 53	3189	-49 - 43	3253	-47 - 53	3317	-47 - 43	3381	-49 - 11	3445	-49 - 21	3509	-47 - 11	3573	-47 - 21
3126	-13 - 73	3190	-51 - 41	3254	-45 - 55	3318	-45 - 41	3382	-51 - 9	3446	-51 - 23	3510	-45 - 9	3574	-45 - 23
3127	-51 - 53	3191	-51 - 43	3255	-45 - 53	3319	-45 - 43	3383	-51 - 11	3447	-51 - 21	3511	-45 - 11	3575	-45 - 21
3128	-55 - 49	3192	-55 - 47	3256	-41 - 49	3320	-41 - 47	3384	-55 - 15	3448	-55 - 17	3512	-41 - 15	3576	-41 - 17
3129	-73 - 13	3193	-55 - 45	3257	-41 - 51	3321	-41 - 45	3385	-55 - 13	3449	-55 - 19	3513	-41 - 13	3577	-41 - 19
3130	-53 - 49	3194	-53 - 47	3258	-43 - 49	3322	-43 - 47	3386	-53 - 15	3450	-53 - 17	3514	-43 - 15	3578	-43 - 17
3131	-53 - 51	3195	-53 - 45	3259	-43 - 51	3323	-43 - 45	3387	-53 - 13	3451	-53 - 19	3515	-43 - 13	3579	-43 - 19
3132	-73 - 9	3196	-55 - 41	3260	-41 - 55	3324	-41 - 41	3388	-55 - 9	3452	-55 - 23	3516	-41 - 9	3580	-41 - 23
3133	-73 - 11	3197	-55 - 43	3261	-41 - 53	3325	-41 - 43	3389	-55 - 11	3453	-55 - 21	3517	-41 - 11	3581	-41 - 21
3134	-11 - 73	3198	-53 - 41	3262	-43 - 55	3326	-43 - 41	3390	-53 - 9	3454	-53 - 23	3518	-43 - 9	3582	-43 - 23
3135	-53 - 53	3199	-53 - 43	3263	-43 - 53	3327	-43 - 43	3391	-53 - 11	3455	-53 - 21	3519	-43 - 11	3583	-43 - 21

图 29

3616	-15 - 63	3680	-15 - 33	3744	-17 - 63	3808	-17 - 33	3872	-15 - 11	3936	-15 - 31	4000	-17 - 11	4064	-17 - 31
3617	-15 - 61	3681	-15 - 35	3745	-17 - 61	3809	-17 - 35	3873	-15 - 31	3937	-15 - 29	4001	-17 - 31	4065	-17 - 29
3618	-13 - 63	3682	-13 - 33	3746	-19 - 63	3810	-19 - 33	3874	-13 - 11	3938	-13 - 31	4002	-19 - 11	4066	-19 - 31
3619	-13 - 61	3683	-13 - 35	3747	-19 - 61	3811	-19 - 35	3875	-13 - 31	3939	-13 - 29	4003	-19 - 31	4067	-19 - 29
3620	-15 - 57	3684	-15 - 39	3748	-17 - 57	3812	-17 - 39	3876	-15 - 71	3940	-15 - 25	4004	-17 - 71	4068	-17 - 25
3621	-15 - 59	3685	-15 - 37	3749	-17 - 59	3813	-17 - 37	3877	-15 - 51	3941	-15 - 27	4005	-17 - 51	4069	-17 - 27
3622	-13 - 57	3686	-13 - 39	3750	-19 - 57	3814	-19 - 39	3878	-13 - 71	3942	-13 - 25	4006	-19 - 71	4070	-19 - 25
3623	-13 - 59	3687	-13 - 37	3751	-19 - 59	3815	-19 - 37	3879	-13 - 51	3943	-13 - 27	4007	-19 - 51	4071	-19 - 27
3624	-9 - 63	3688	-9 - 33	3752	-23 - 63	3816	-23 - 33	3880	-9 - 11	3944	-9 - 31	4008	-23 - 11	4072	-23 - 31
3625	-9 - 61	3689	-9 - 35	3753	-23 - 61	3817	-23 - 35	3881	-9 - 31	3945	-9 - 29	4009	-23 - 31	4073	-23 - 29
3626	-11 - 63	3690	-11 - 33	3754	-21 - 63	3818	-21 - 33	3882	-11 - 11	3946	-11 - 31	4010	-21 - 11	4074	-21 - 31
3627	-11 - 61	3691	-11 - 35	3755	-21 - 61	3819	-21 - 35	3883	-11 - 31	3947	-11 - 29	4011	-21 - 31	4075	-21 - 29
3628	-9 - 57	3692	-9 - 39	3756	-23 - 57	3820	-23 - 39	3884	-9 - 71	3948	-9 - 25	4012	-23 - 71	4076	-23 - 25
3629	-9 - 59	3693	-9 - 37	3757	-23 - 59	3821	-23 - 37	3885	-9 - 51	3949	-9 - 27	4013	-23 - 51	4077	-23 - 27
3630	-11 - 57	3694	-11 - 39	3758	-21 - 57	3822	-21 - 39	3886	-11 - 71	3950	-11 - 25	4014	-21 - 71	4078	-21 - 25
3631	-11 - 59	3695	-11 - 37	3759	-21 - 59	3823	-21 - 37	3887	-11 - 51	3951	-11 - 27	4015	-21 - 51	4079	-21 - 27
3632	-15 - 49	3696	-15 - 47	3760	-17 - 49	3824	-17 - 47	3888	-15 - 15	3952	-15 - 17	4016	-17 - 15	4080	-17 - 17
3633	-15 - 51	3697	-15 - 45	3761	-17 - 51	3825	-17 - 45	3889	-15 - 13	3953	-15 - 19	4017	-17 - 13	4081	-17 - 19
3634	-13 - 49	3698	-13 - 47	3762	-19 - 49	3826	-19 - 47	3890	-13 - 15	3954	-13 - 17	4018	-19 - 15	4082	-19 - 17
3635	-13 - 51	3699	-13 - 45	3763	-19 - 51	3827	-19 - 45	3891	-13 - 13	3955	-13 - 19	4019	-19 - 13	4083	-19 - 19
3636	-15 - 55	3700	-15 - 41	3764	-17 - 55	3828	-17 - 41	3892	-15 - 91	3956	-15 - 23	4020	-17 - 91	4084	-17 - 23
3637	-15 - 53	3701	-15 - 43	3765	-17 - 53	3829	-17 - 43	3893	-15 - 11	3957	-15 - 21	4021	-17 - 11	4085	-17 - 21
3638	-13 - 55	3702	-13 - 41	3766	-19 - 55	3830	-19 - 41	3894	-13 - 91	3958	-13 - 23	4022	-19 - 91	4086	-19 - 23
3639	-13 - 53	3703	-13 - 43	3767	-19 - 53	3831	-19 - 43	3895	-13 - 11	3959	-13 - 21	4023	-19 - 11	4087	-19 - 21
3640	-9 - 49	3704	-9 - 47	3768	-23 - 49	3832	-23 - 47	3896	-9 - 15	3960	-9 - 17	4024	-23 - 15	4088	-23 - 17
3641	-9 - 51	3705	-9 - 45	3769	-23 - 51	3833	-23 - 45	3897	-9 - 13	3961	-9 - 19	4025	-23 - 13	4089	-23 - 19
3642	-11 - 49	3706	-11 - 47	3770	-21 - 49	3834	-21 - 47	3898	-11 - 15	3962	-11 - 17	4026	-21 - 15	4090	-21 - 17
3643	-11 - 51	3707	-11 - 45	3771	-21 - 51	3835	-21 - 45	3899	-11 - 13	3963	-11 - 19	4027	-21 - 13	4091	-21 - 19
3644	-9 - 55	3708	-9 - 41	3772	-23 - 55	3836	-23 - 41	3900	-9 - 91	3964	-9 - 23	4028	-23 - 91	4092	-23 - 23
3645	-9 - 53	3709	-9 - 43	3773	-23 - 53	3837	-23 - 43	3901	-9 - 11	3965	-9 - 21	4029	-23 - 11	4093	-23 - 21
3646	-11 - 55	3710	-11 - 41	3774	-21 - 55	3838	-21 - 41	3902	-11 - 91	3966	-11 - 23	4030	-21 - 91	4094	-21 - 23
3647	-11 - 53	3711	-11 - 43	3775	-21 - 53	3839	-21 - 43	3903	-11 - 11	3967	-11 - 21	4031	-21 - 11	4095	-21 - 21

图 31

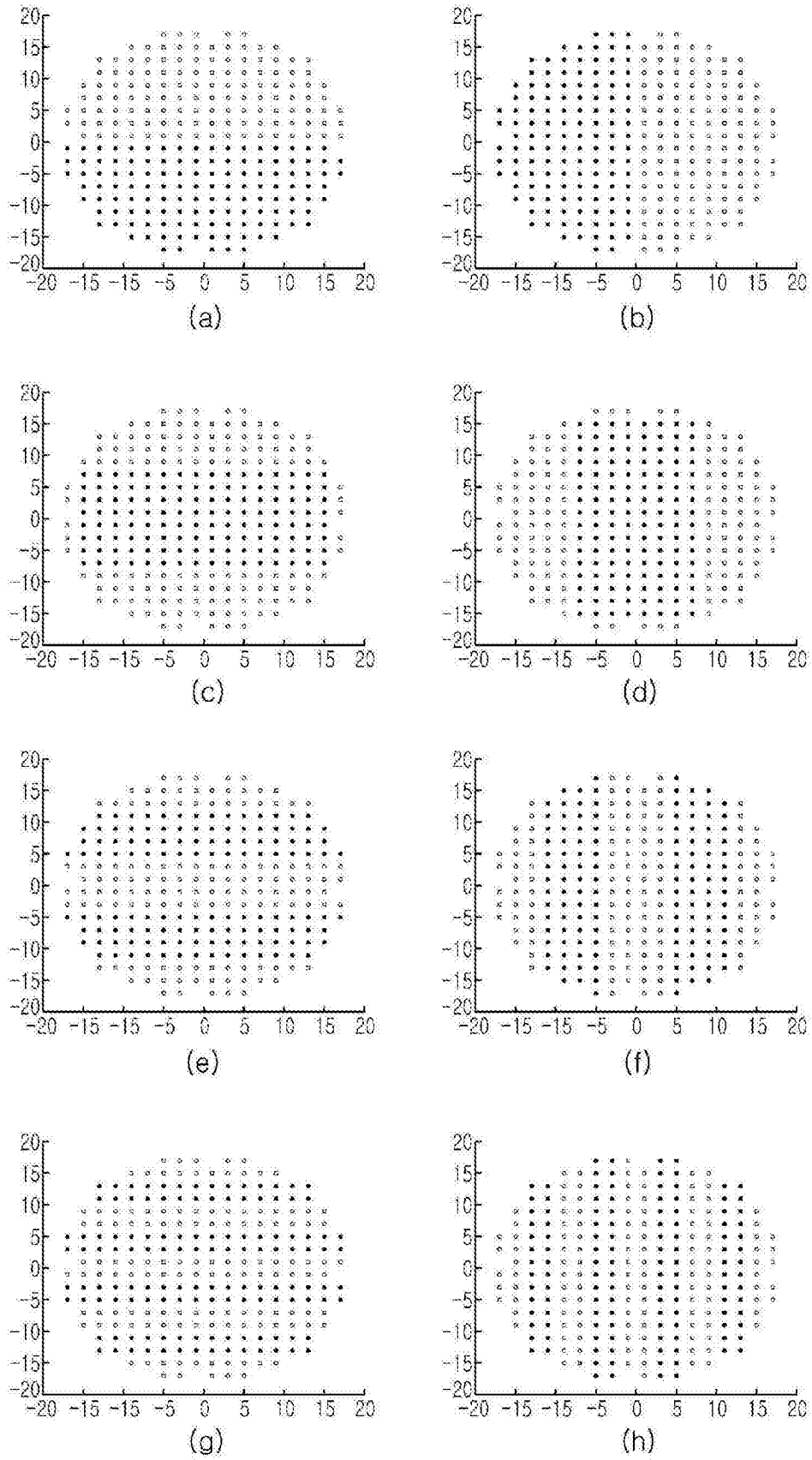


图32

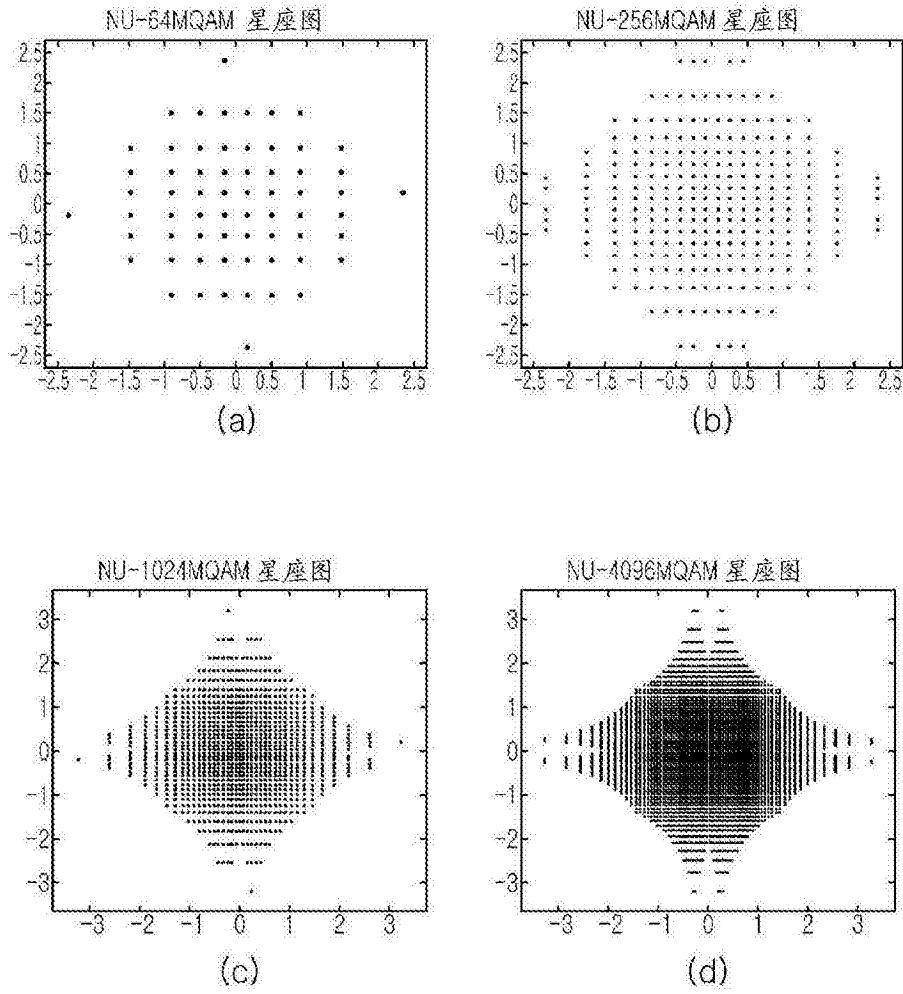


图33

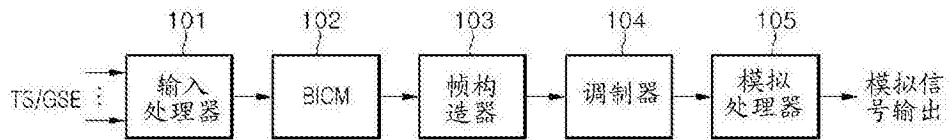


图34

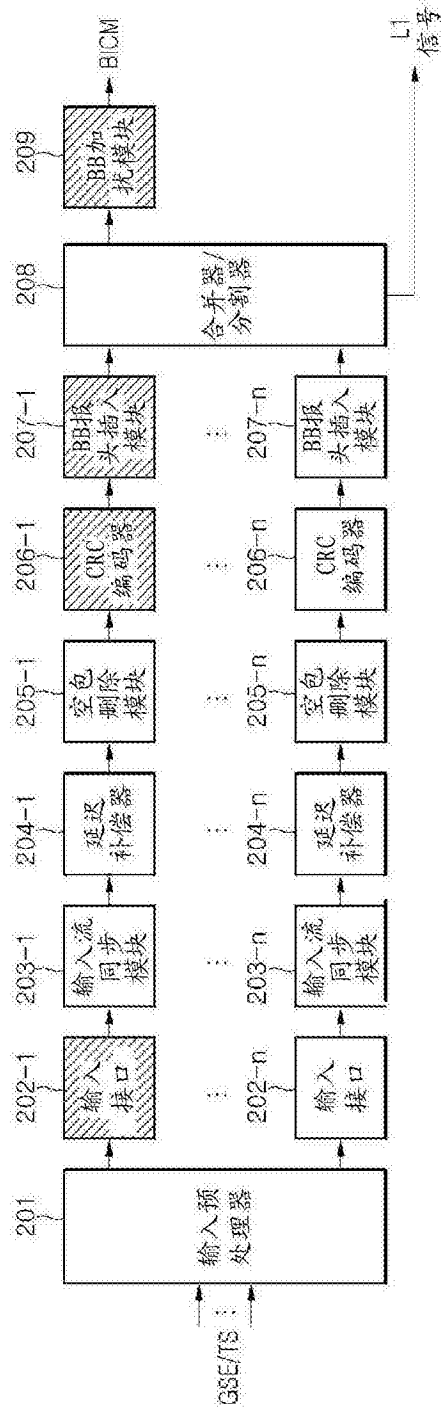


图35

TS/GS (2比特)	SIS/MIS (1比特)	CCM/ACM (1比特)	ISSYI (1比特)	NPD (1比特)	EXT (2比特)
00 = GFPS 11 = TS 01 = GCS 10 = GSE	1 = 单个 0 = 多个	1 = CCM 0 = ACM	1 = 活动的 0 = 不活动的	1 = 活动的 0 = 不活动的	保留用于将来使用

字段	大小 (字节)	说明
MATYPE	2	如上所述
UPL	2	以比特为单位的用户包长度, 在范围 [0, 65535] 中
DFL	2	以比特为单位的数据字段长度, 在范围 [0, 53760] 中
SYNC	1	用户包同步字节的副本
SYNCD	2	以比特为单位的从DATA FIELD开始到数据字段的第一个完整的UP的距离。SYNCD=0c表示将第一个UP与数据字段的开始对齐, SYNCD=65535表示UP没有开始于该DATA FIELD中。
CRC-8 MODE	1	CRC-8 (1个字节) 字段与MODE字段 (1个字节) 的XOR。CRC-8是应用于BBHEADER的前9个字节的错误检查码。MODE (8字节) 应是: <ul style="list-style-type: none"> • 0, 标准模式 • 1, 高效模式 • 其它值: 保留用于将来使用

图36

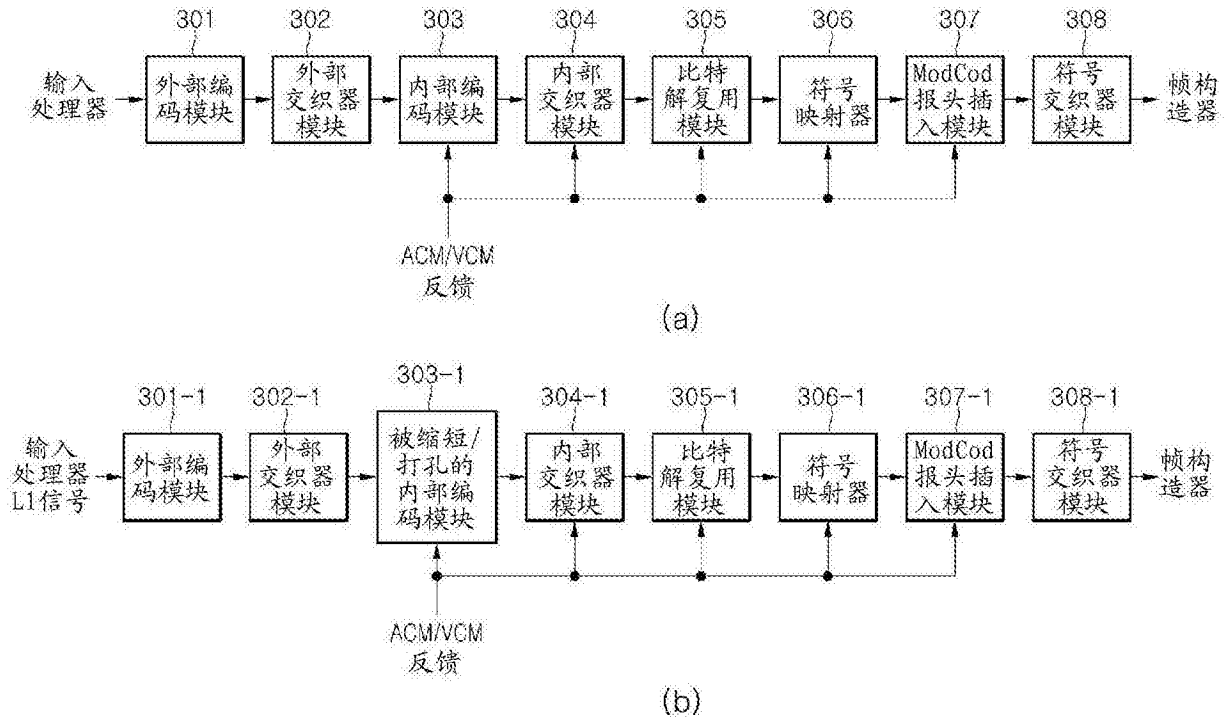


图37

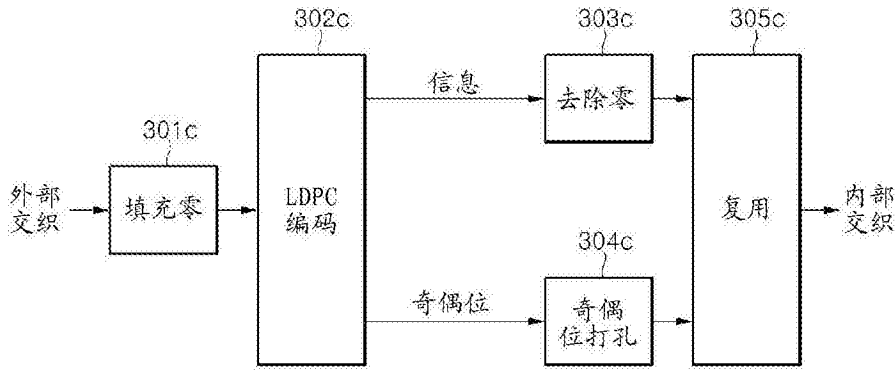


图38

容量 (比特/s/Hz)		情况1	情况2	
		调制	调制	
6	1/2	3.0	NU-MQAM	NU-QAM
	2/3	4.0	NU-MQAM	NU-QAM
	3/4	4.5	NU-MQAM	NU-MQAM
	4/5	4.8	MQAM	MQAM
	5/6	5.0	MQAM	MQAM
	8/9	5.3	MQAM	MQAM
	9/10	5.4	MQAM	MQAM
8	1/2	4.0	NU-MQAM	NU-QAM
	2/3	5.3	NU-MQAM	NU-QAM
	3/4	6.0	NU-MQAM	NU-MQAM
	4/5	6.4	NU-MQAM	NU-MQAM
	5/6	6.7	MQAM	MQAM
	8/9	7.1	MQAM	MQAM
	9/10	7.2	MQAM	MQAM
10	1/2	5.0	NU-MQAM	NU-QAM
	2/3	6.7	NU-MQAM	NU-QAM
	3/4	7.5	NU-MQAM	NU-MQAM
	4/5	8.0	NU-MQAM	NU-MQAM
	5/6	8.3	NU-MQAM	NU-MQAM
	8/9	8.9	MQAM	MQAM
	9/10	9.0	MQAM	MQAM
12	1/2	6.0	NU-MQAM	NU-QAM
	2/3	8.0	NU-MQAM	NU-QAM
	3/4	9.0	NU-MQAM	NU-MQAM
	4/5	9.6	NU-MQAM	NU-MQAM
	5/6	10.0	NU-MQAM	NU-MQAM
	8/9	10.7	MQAM	MQAM
	9/10	10.8	MQAM	MQAM

图39

	容量 (比特/s/Hz)		情况1	情况2	情况2
			调制	调制	调制
2	1/2	3.0	QAM	QAM	QAM
	2/3	4.0	QAM	QAM	QAM
	3/4	4.5	QAM	QAM	QAM
	4/5	4.8	QAM	QAM	QAM
	5/6	5.0	QAM	QAM	QAM
	8/9	5.3	QAM	QAM	QAM
	9/10	5.4	QAM	QAM	QAM
4	1/2	3.0	QAM	QAM	QAM
	2/3	4.0	QAM	QAM	QAM
	3/4	4.5	QAM	QAM	QAM
	4/5	4.8	QAM	QAM	QAM
	5/6	5.0	QAM	QAM	QAM
	8/9	5.3	QAM	QAM	QAM
	9/10	5.4	QAM	QAM	QAM
6	1/2	3.0	QAM	QAM	QAM
	2/3	4.0	QAM	QAM	QAM
	3/4	4.5	QAM	QAM	QAM
	4/5	4.8	QAM	QAM	QAM
	5/6	5.0	QAM	QAM	QAM
	8/9	5.3	QAM	QAM	QAM
	9/10	5.4	QAM	QAM	QAM
8	1/2	4.0	QAM	QAM	QAM
	2/3	5.3	QAM	QAM	QAM
	3/4	6.0	QAM	QAM	QAM
	4/5	6.4	QAM	QAM	QAM
	5/6	6.7	QAM	QAM	QAM
	8/9	7.1	QAM	QAM	QAM
	9/10	7.2	QAM	QAM	QAM
10	1/2	5.0	NU-MQAM	NU-QAM	MQAM
	2/3	6.7	NU-MQAM	NU-QAM	MQAM
	3/4	7.5	NU-MQAM	NU-MQAM	MQAM
	4/5	8.0	NU-MQAM	NU-MQAM	MQAM
	5/6	8.3	NU-MQAM	NU-MQAM	MQAM
	8/9	8.9	MQAM	MQAM	MQAM
	9/10	9.0	MQAM	MQAM	MQAM
12	1/2	6.0	NU-MQAM	NU-QAM	MQAM
	2/3	8.0	NU-MQAM	NU-QAM	MQAM
	3/4	9.0	NU-MQAM	NU-MQAM	MQAM
	4/5	9.6	NU-MQAM	NU-MQAM	MQAM
	5/6	10.0	NU-MQAM	NU-MQAM	MQAM
	8/9	10.7	MQAM	MQAM	MQAM
	9/10	10.8	MQAM	MQAM	MQAM

图40

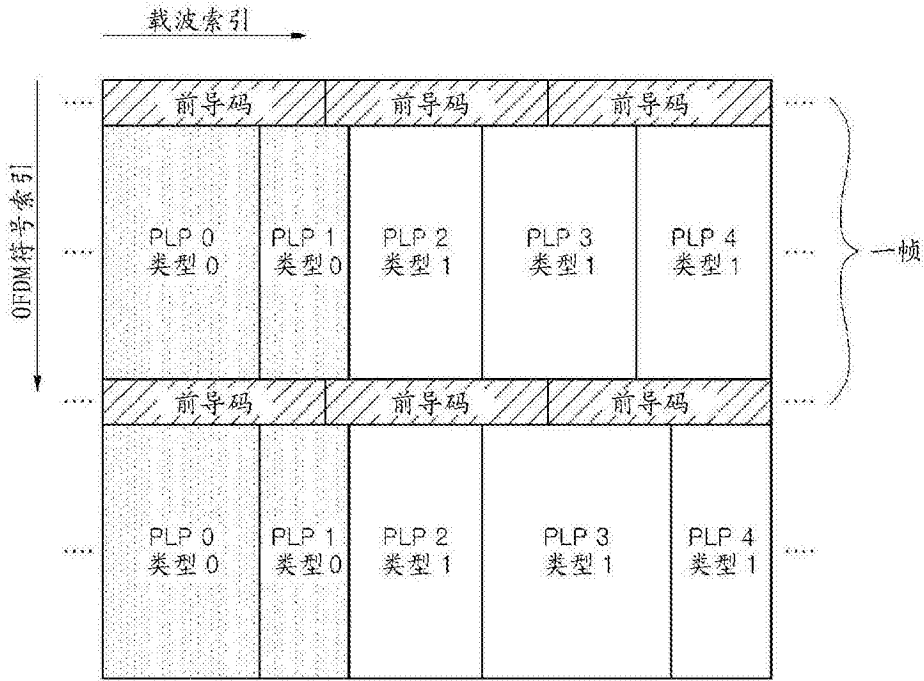


图41

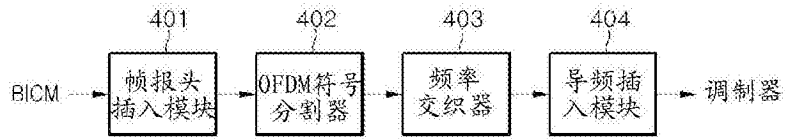


图42

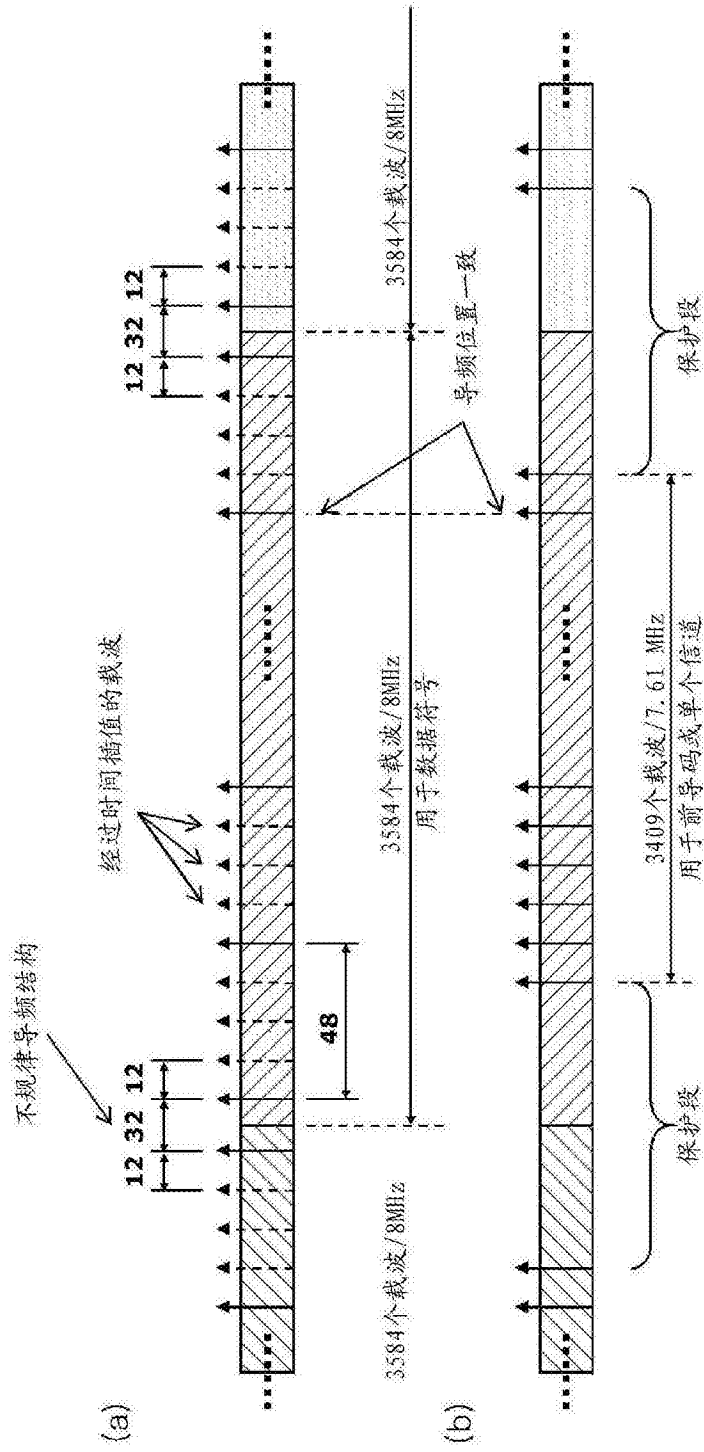


图43

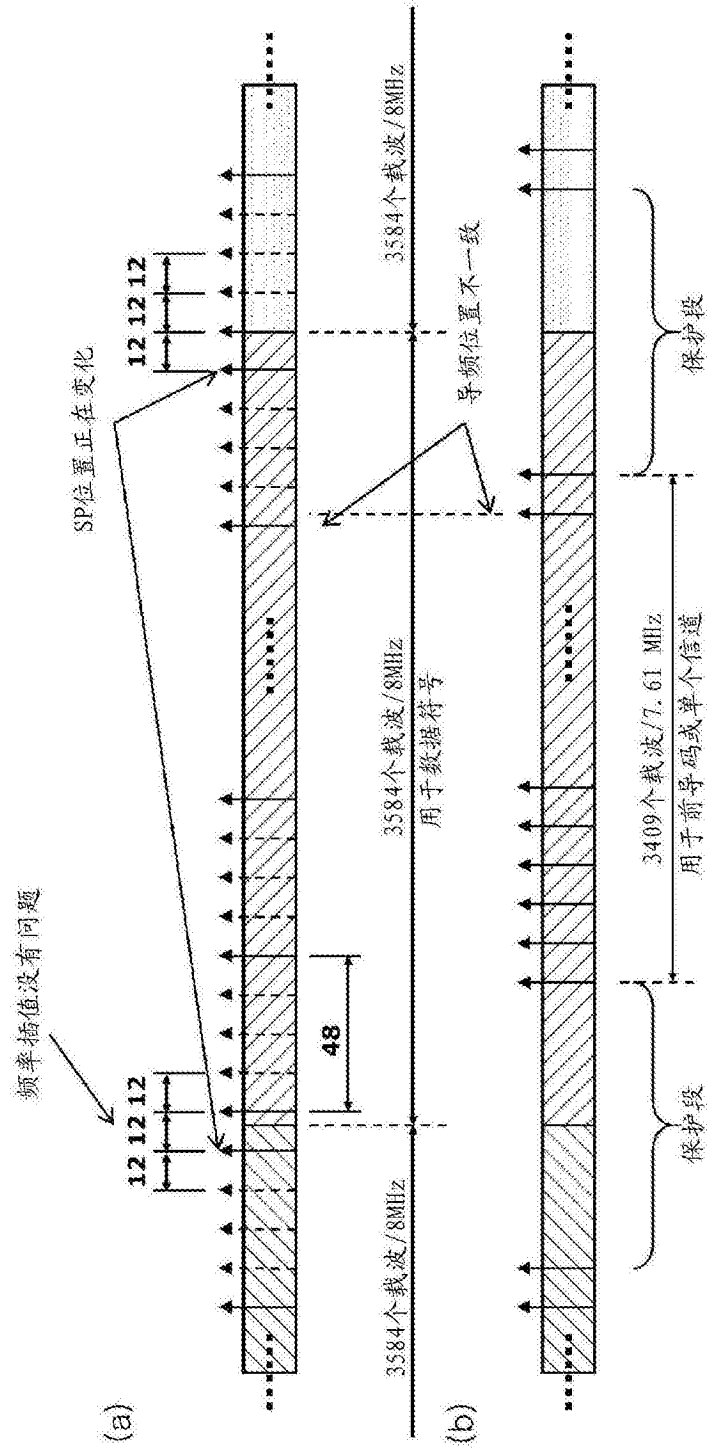


图44

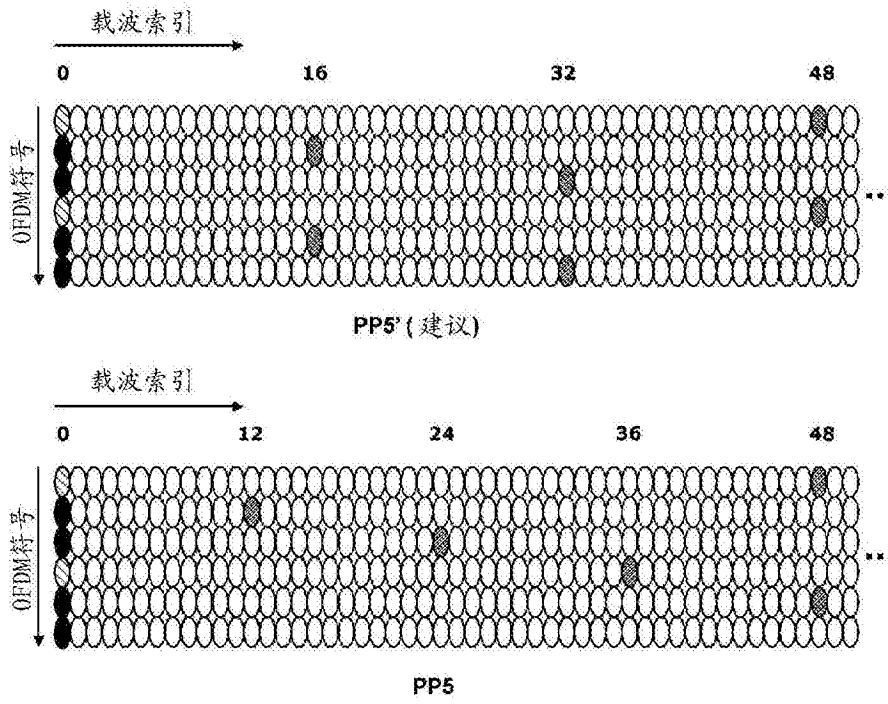


图45

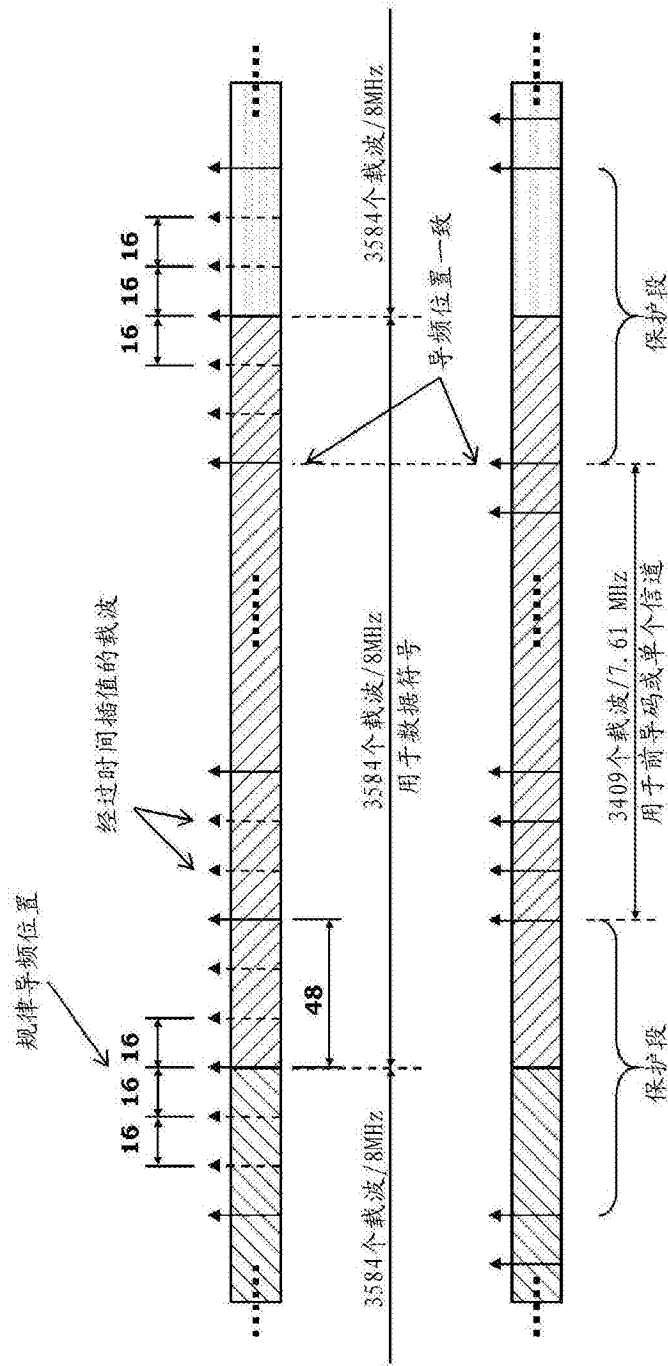


图46

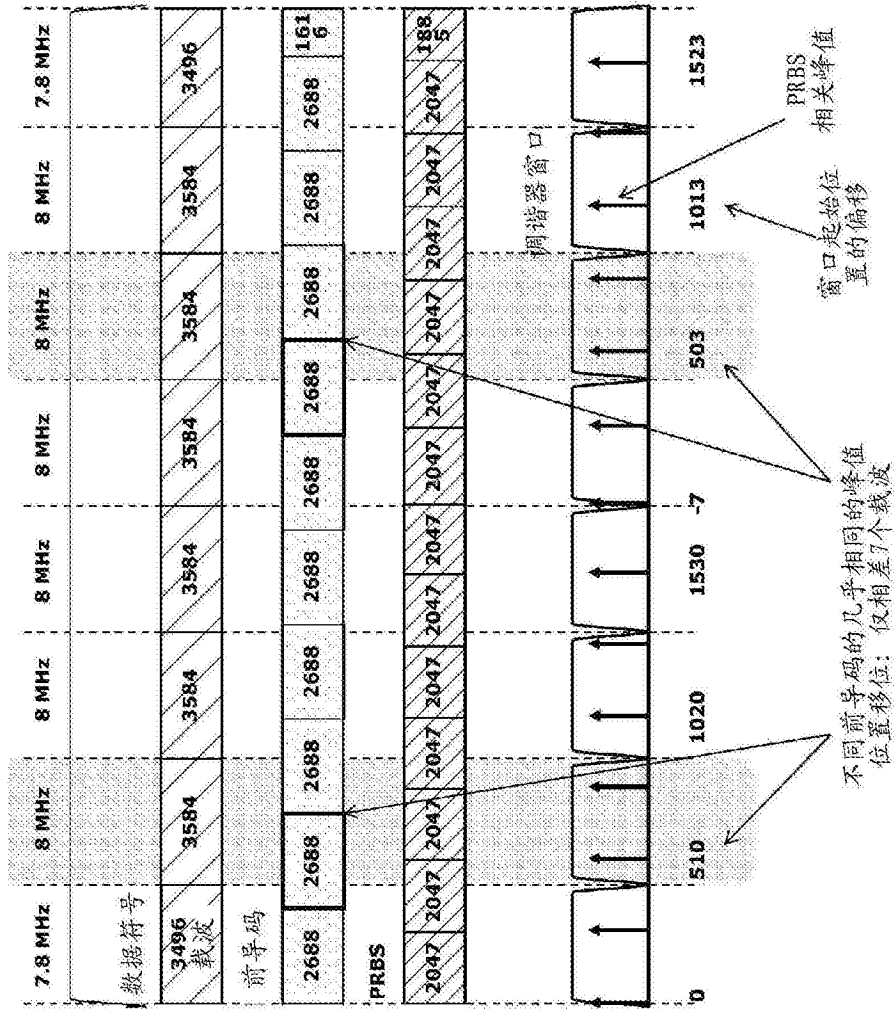


图47

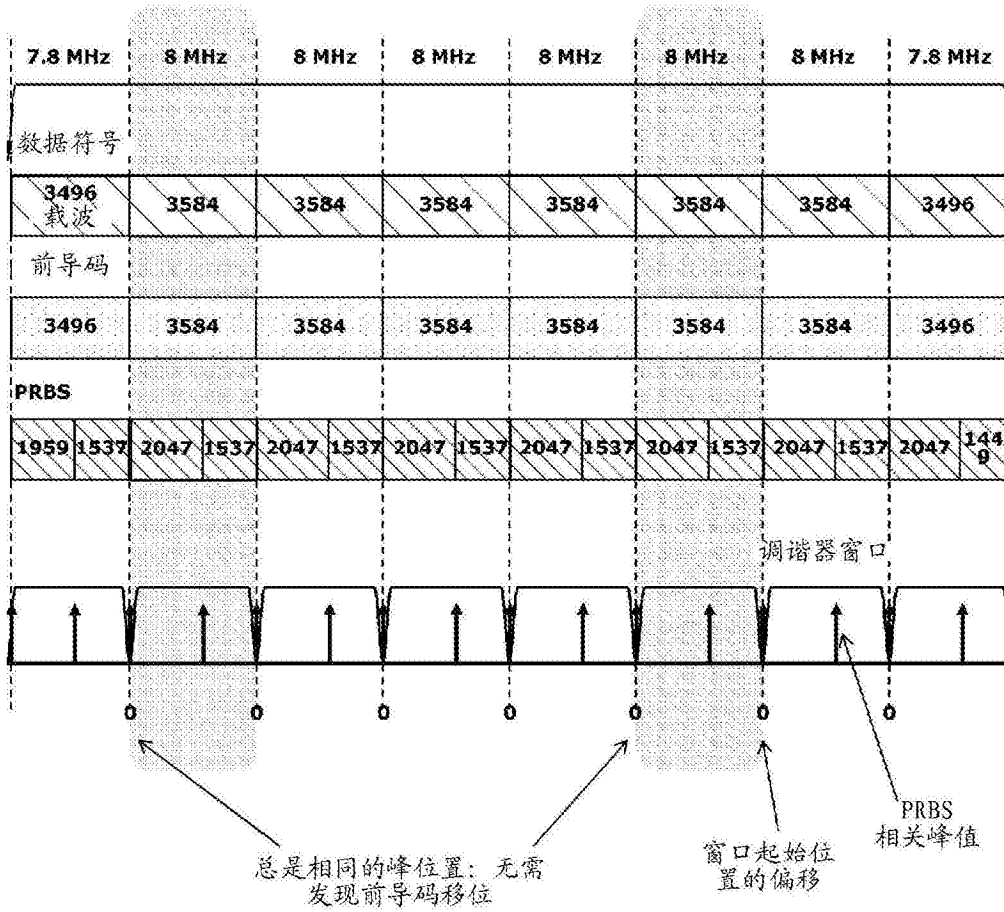


图48

延迟 (μs)	0.2	0.4	0.8	1.2	2.5	15
衰减 (dB)	-11	-14	-17	-23	-32	-40

可忽略的延迟路径

图49

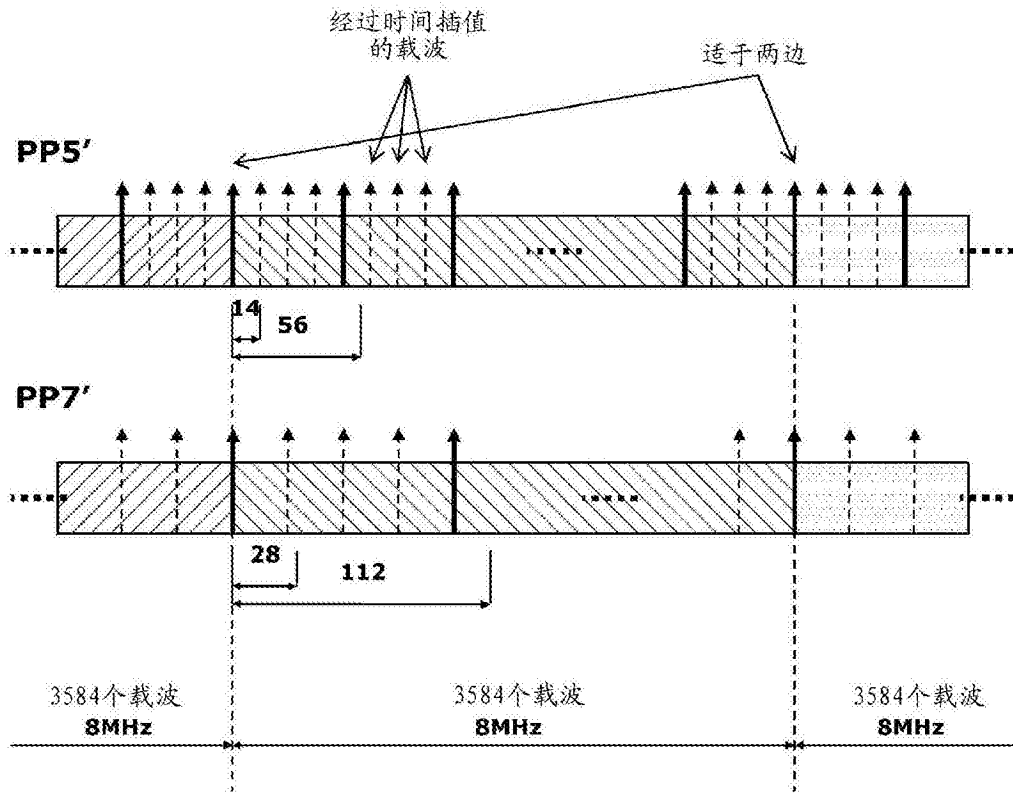


图50

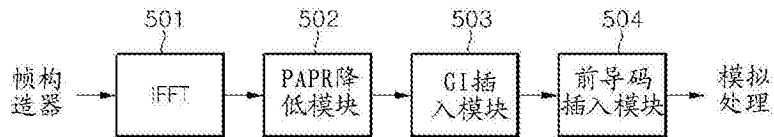


图51

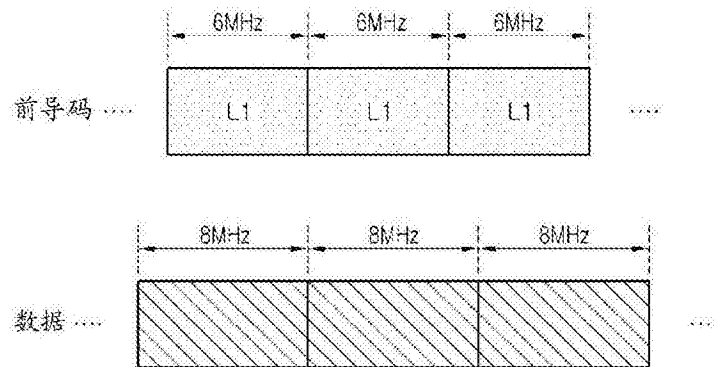


图52

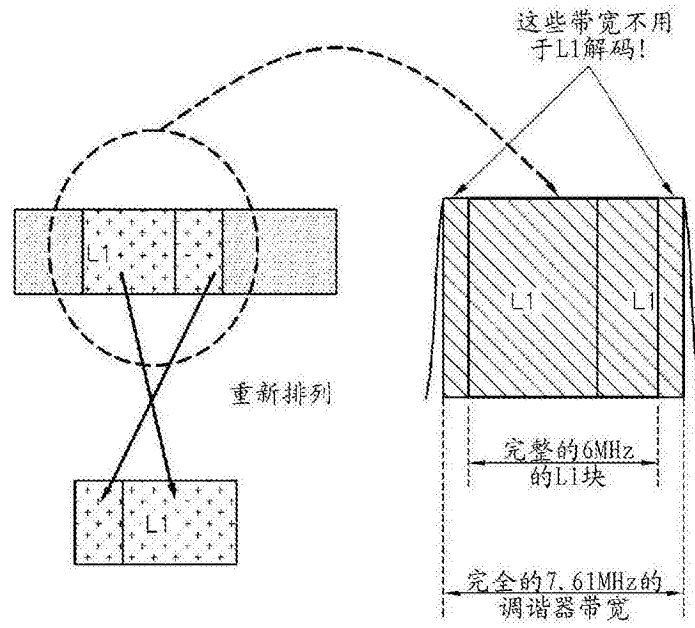


图53

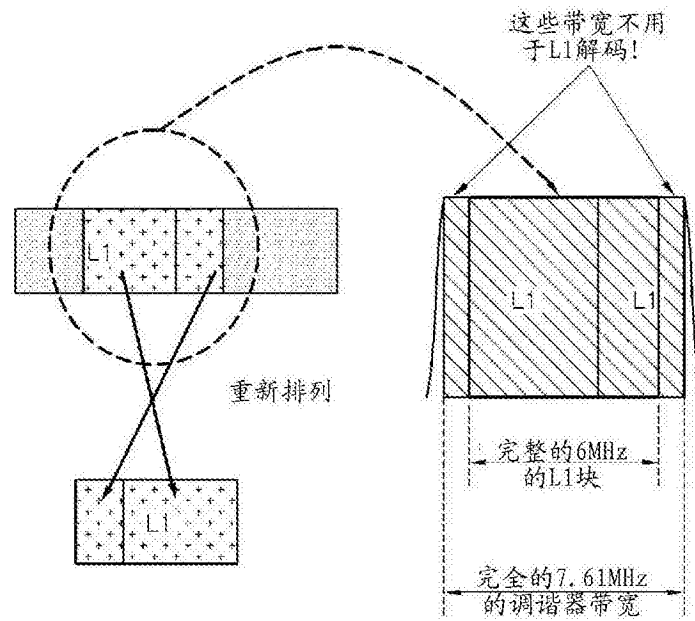


图54

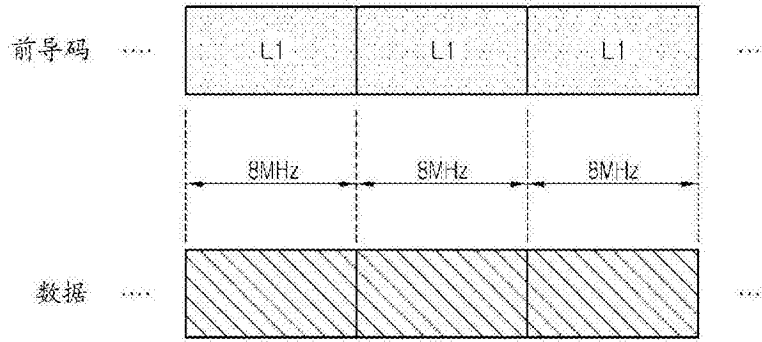


图55

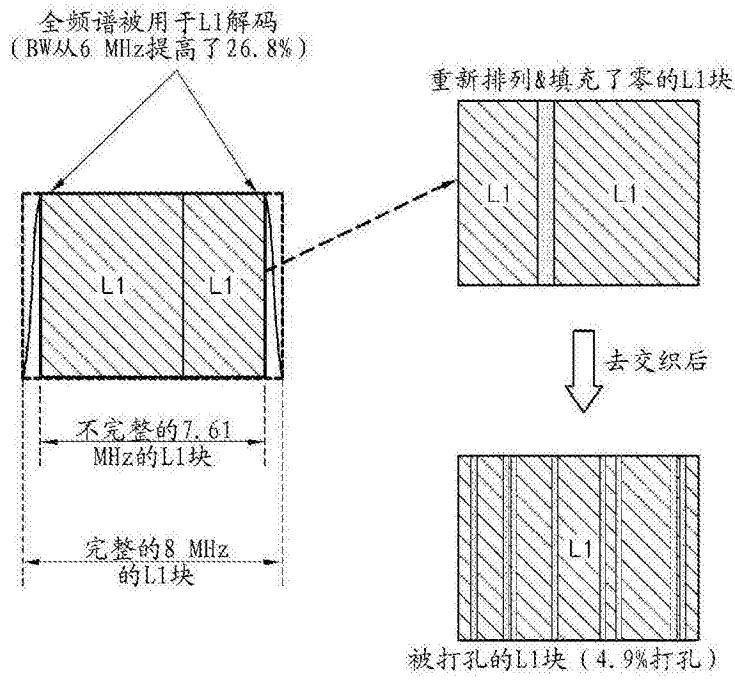


图56

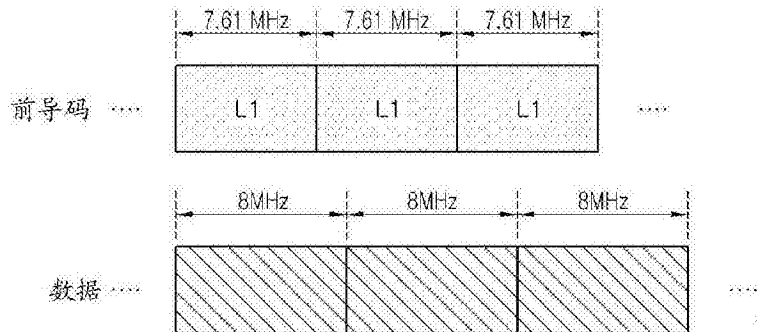


图57

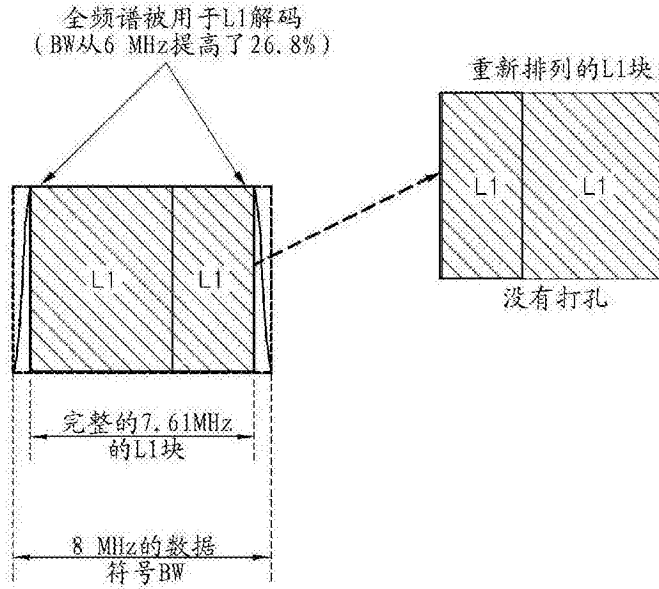


图58

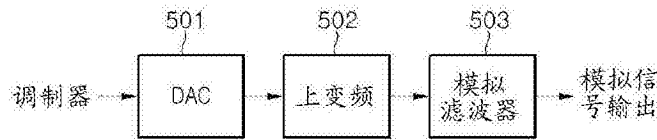


图59

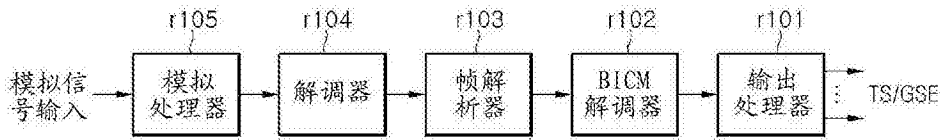


图60

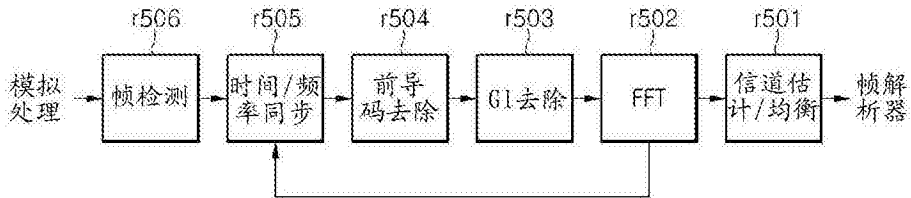


图61

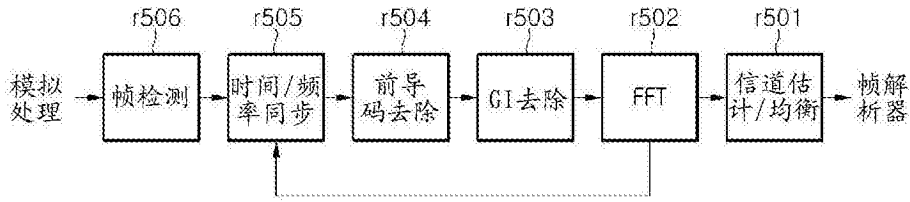


图62

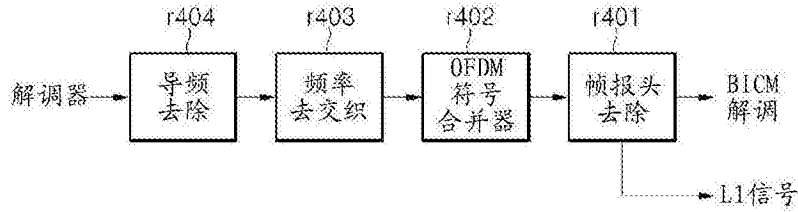


图63

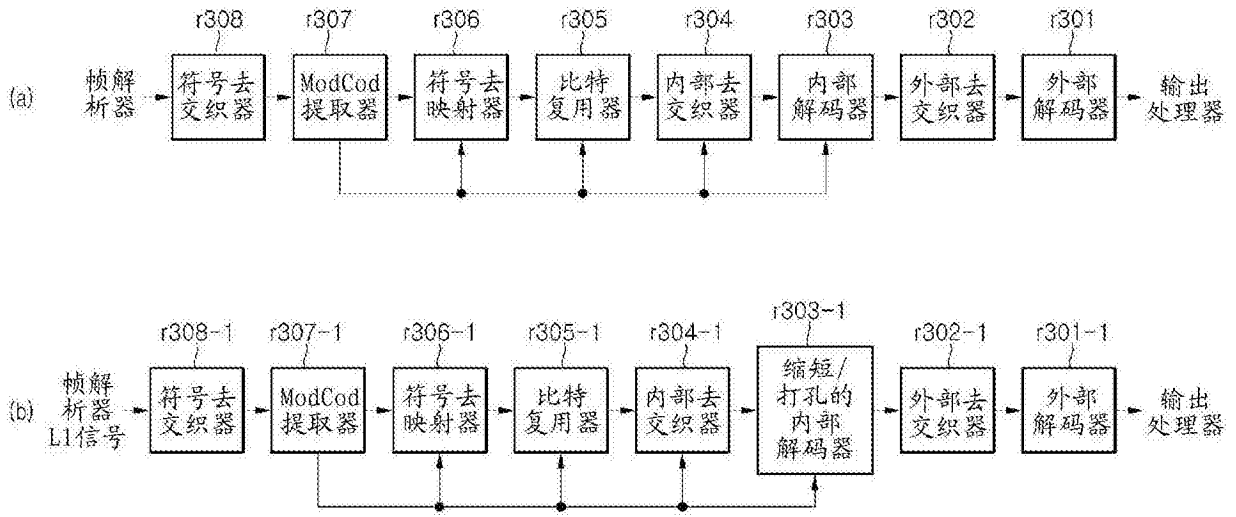


图64

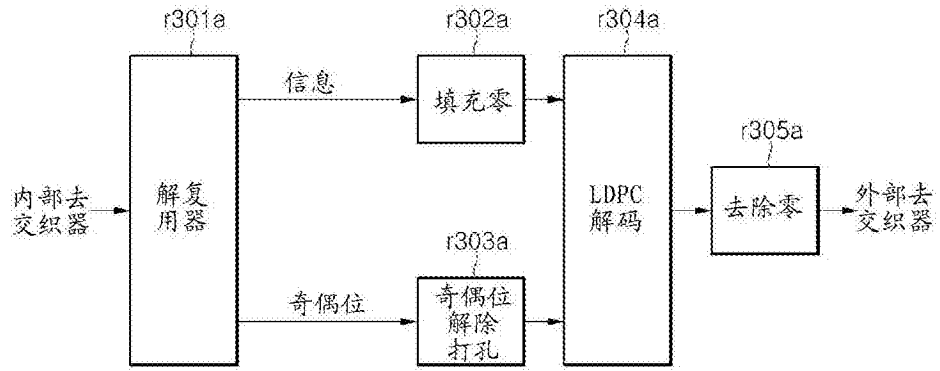


图65

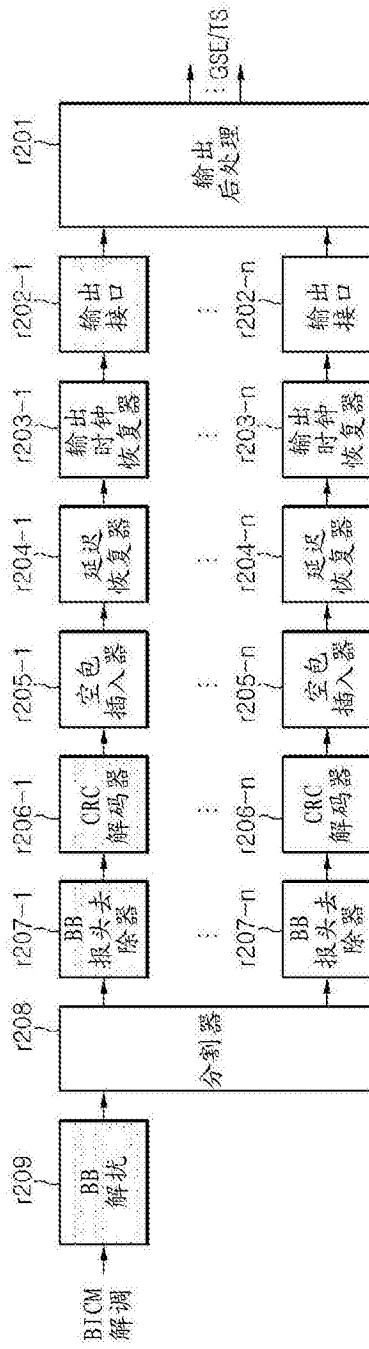


图66

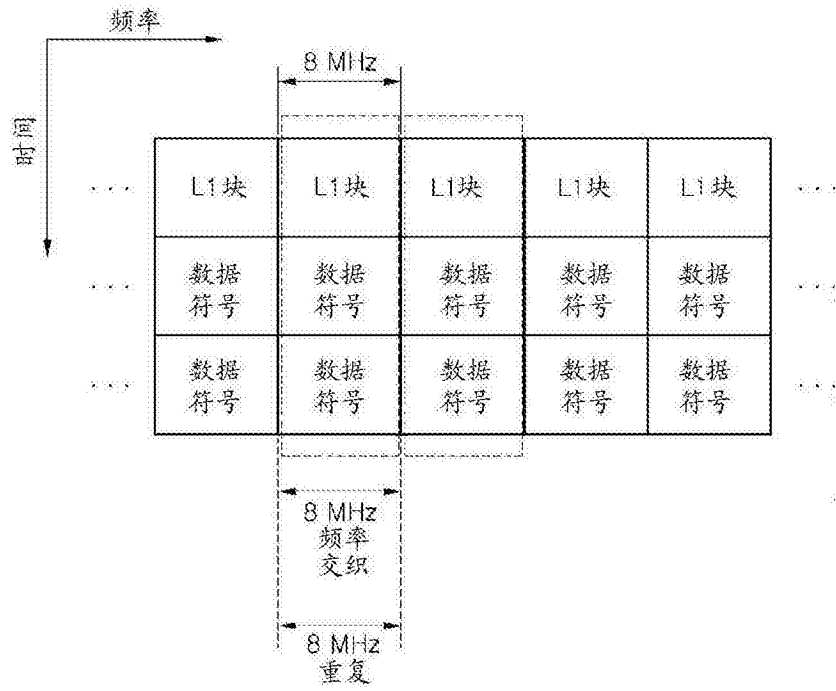


图67

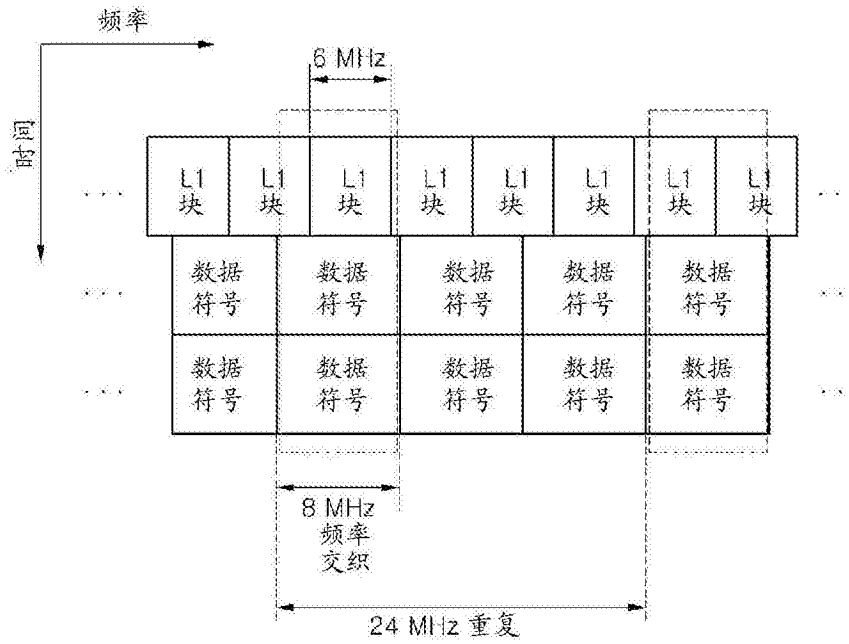


图68

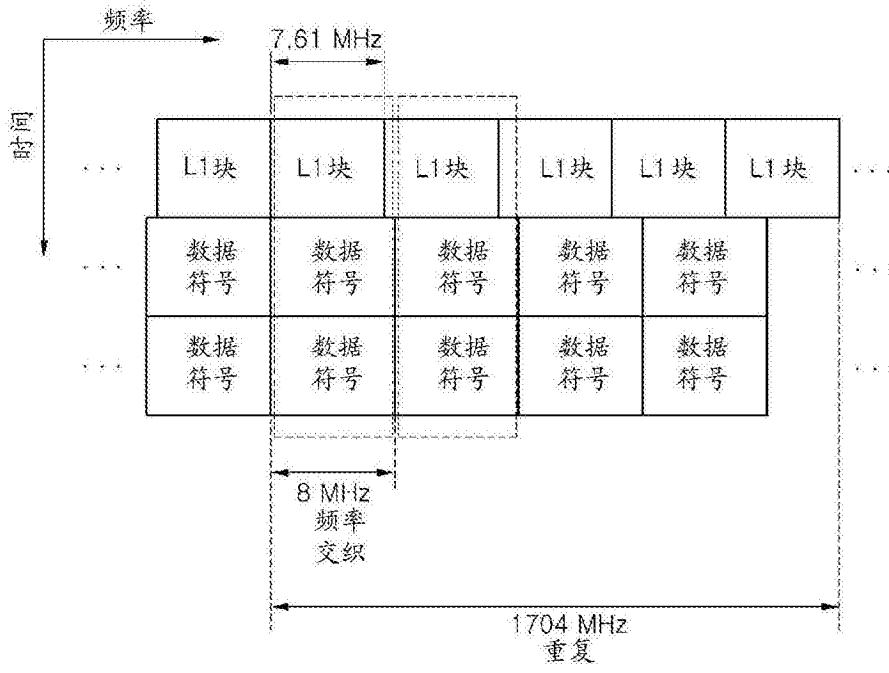


图69

字段	比特	
L1_span	12	一个OFDM符号内L1块跨越的载波的数量 (Max=7.61 MHz)
num_chbon	3	绑定的信道的数量
num_dslice	8	数据切片的数量
num_plp	8	PLP的数量
num_notch	5	陷波波段的数量
for dslice {		
chbon_index	3	绑定的信道的索引
dslice_start	9	一个信道内数据切片的起始 (SMHz)
dslice_width	9	数据切片的宽度
}		
for plp {		
dslice_id	8	数据切片ID
plp_id	8	PLP ID
plp_type	1	PLP类型 (普通/数据)
plp_payload_type	5	PLP有效载荷类型 (TS, GS...)
}		
for notch {		
chbon_index	3	绑定的信道的索引
notch_start	9	一个信道内数据切片的起始 (SMHz)
notch_width	9	陷波波段的宽度
}		
gi	1	保护间隔模式
sframe_id	16	超帧ID
frame_id	16	帧ID
reserved	0	Rfu
crc32	32	CRC32
总共	11760	

L1信息比特的数量根据各种构造/条件而改变

图70

L1信息 (比特)	11760	 <p>最大尺寸</p>
L1块 (比特)	23520	
16-QAM 符号	5880	
总的载波	3408	
前导码SP距离	6	
数据载波	2840	
短LDPC	1.45	
OFDM符号	2.07	

图71

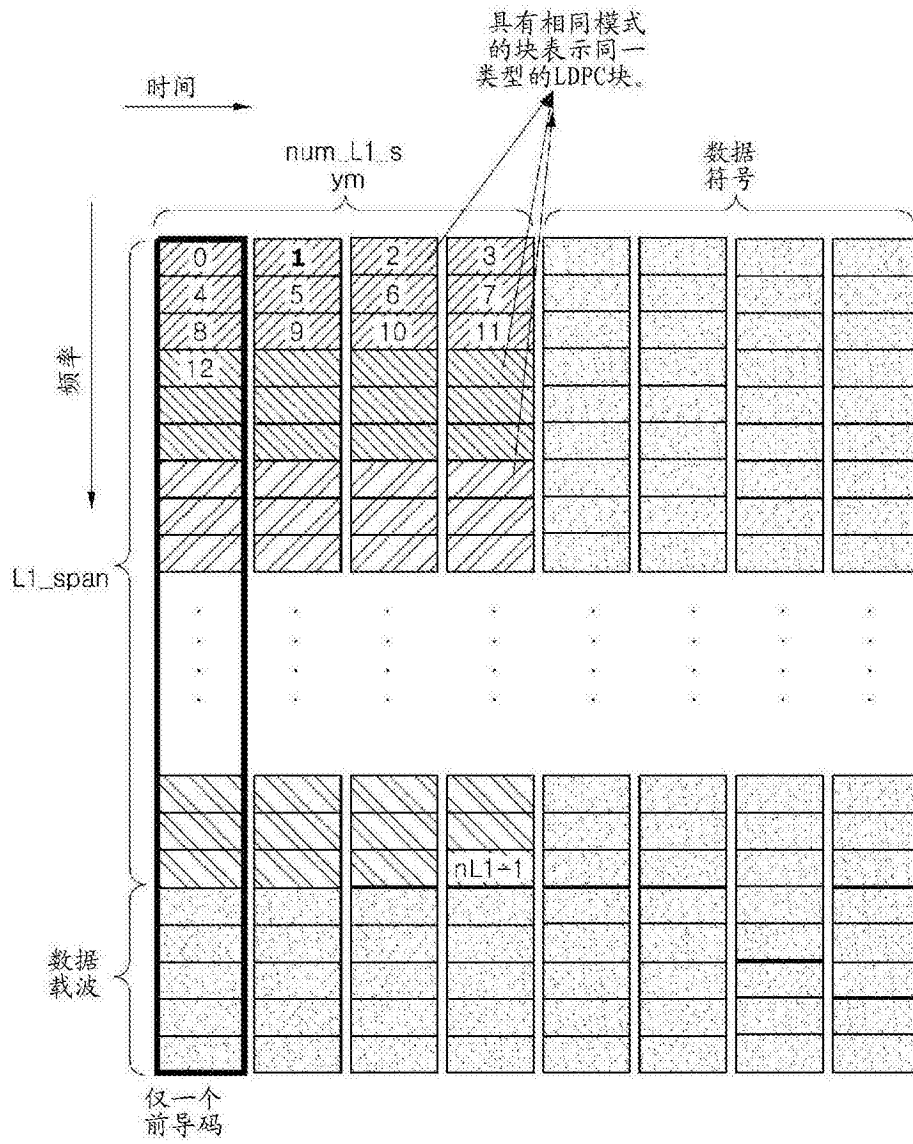


图72

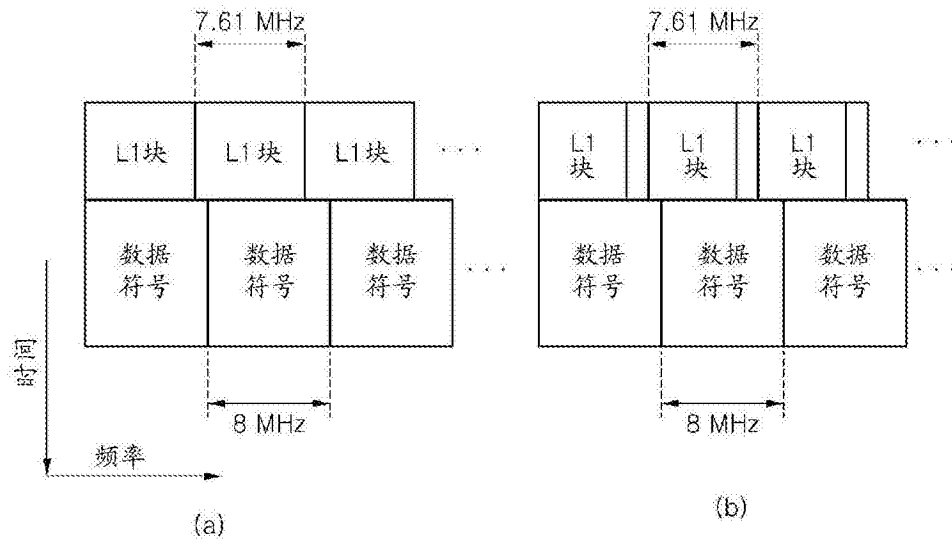


图73

字段	比特	
L1_column	9	一个OFDM符号内L1块跨越的载波的数量 (Max=7.61 MHz)
L1_row	3	L1块跨越的OFDM符号的数量
num_chbon	3	绑定的信道的数量
num_pip	8	数据切片片的数量
num_dslice	8	PLP的数量
num_notch	5	陷波波段的数量
for dslice {		
chbon_index	3	绑定的信道的索引
dslice_start	9	一个信道内数据切片的起始 (8MHz)
dslice_width	9	数据切片的宽度
}		
for pip {		
dslice_id	8	数据切片ID
pip_id	8	PLP ID
pip_type	1	PLP类型 (普通/数据)
pip_payload_type	5	PLP有效载荷类型 (TS, GS...)
}		
for notch {		
chbon_index	3	绑定的信道的索引
notch_start	9	一个信道内陷波波段的起始 (8MHz)
notch_width	9	陷波波段的宽度
}		
qi	1	保护间隔模式
sframe_id	16	超帧ID
frame_id	16	帧ID
reserved	15	rfu
crc32	32	CRC32
总共	11778	

L1信息比特的数量根据各种构造/条件而改变

图74

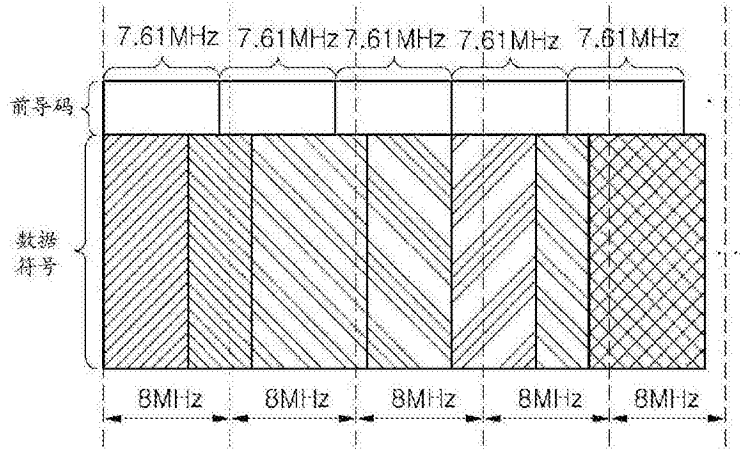


图75

LDPC 块大小	调制 (bps/Hz)	QAM 符号	ModCod 开销
64800	4	16200	0.28%
	6	10800	0.42%
	8	8100	0.56%
	10	6480	0.69%
	12	5400	0.83%
16200	4	4050	1.11%
	6	2700	1.67%
	8	2025	2.22%
	10	1620	2.78%
	12	1350	3.33%

图76

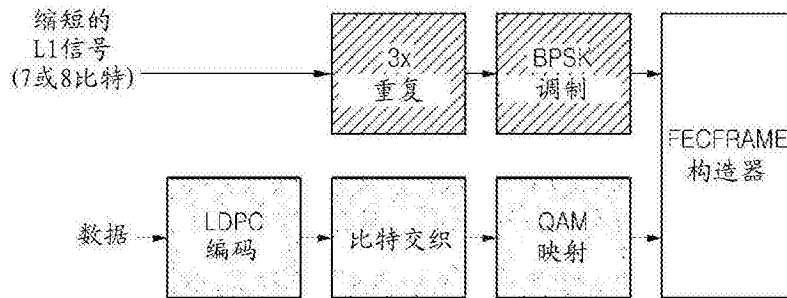


图77

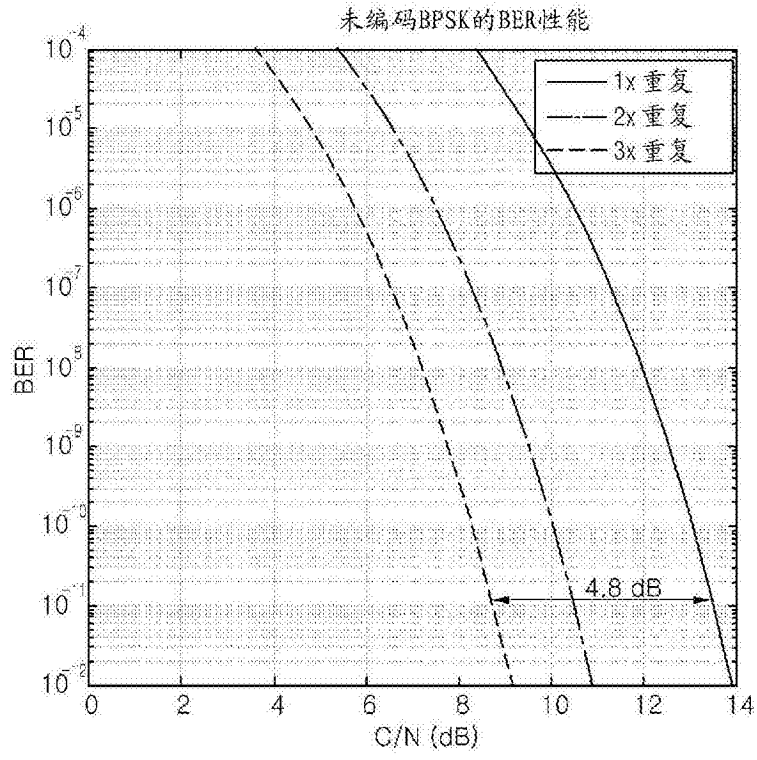


图78

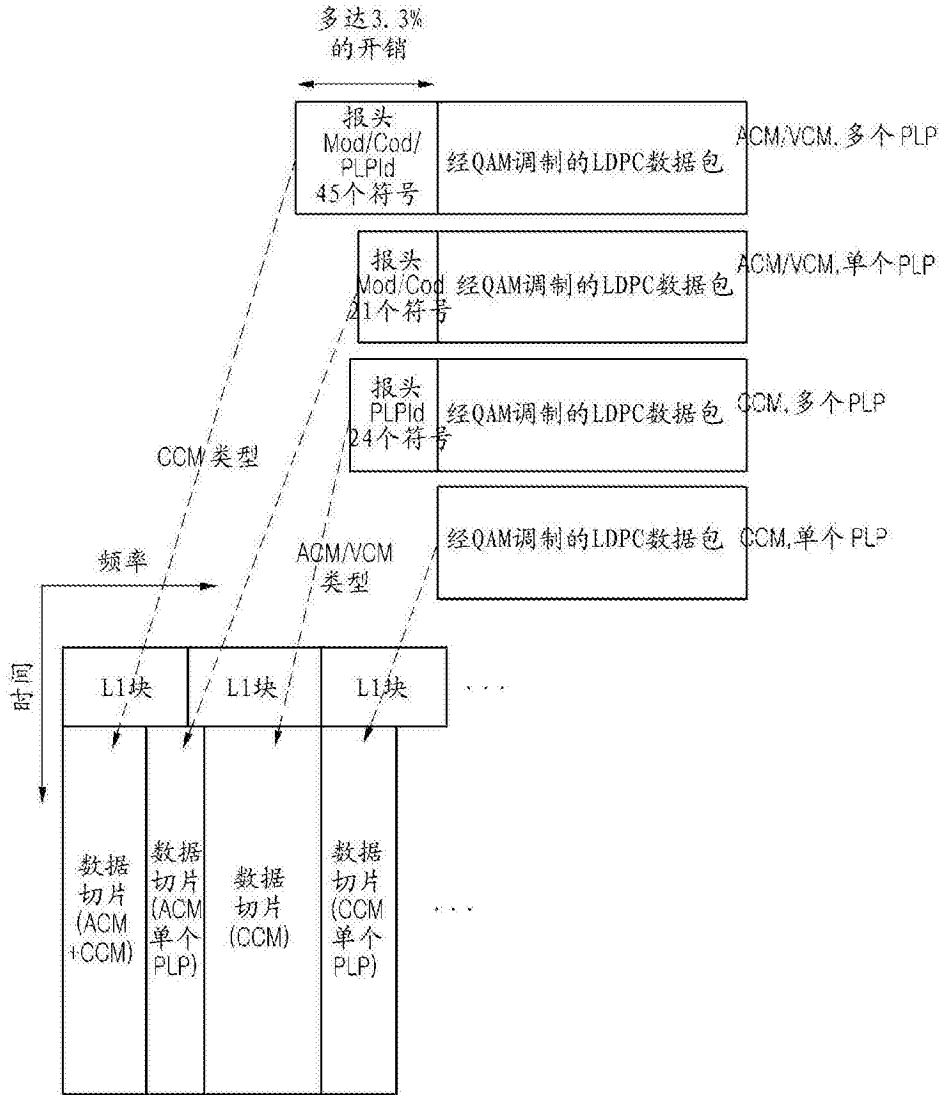


图79

字段	比特
L1_size	14 L1块大小 (比特)
num_chbon	3 绑定信道的数量
num_dslice	9 数据切片的数量
num_plp	8 PLP的数量
num_notch	5 陷波波段的数量
for dslice {	
chbon_index	3 绑定信道索引
dslice_start	9 一个信道 (8 MHz) 内的数据切片的开始
dslice_width	9 数据切片的宽度
dslice_time_intrlv	1 时间交织开/关
dslice_type	1 数据切片类型 (CCM, ACM/VCM)
}	
for plp {	
dslice_id	8 数据切片ID
plp_id	8 PLP ID
plp_type	1 PLP类型 (公共/数据)
plp_payload_type	5 PLP有效载荷类型 (TS, GS, ...)
if dslice_type=CCM {	
plp_mod	3 PLP调制类型
plp_fec_type	1 PLP FEC类型 (长/短)
plp_cod	3 PLP码率
}	
}	
for notch {	
chbon_index	3 绑定信道索引
notch_start	9 一个信道 (8 MHz) 内的陷波波段的开始
notch_width	9 陷波波段的宽度
}	
gi	1 保护间隔模式
sframe_id	16 超帧ID
frame_id	16 帧ID
reserved	16 rfu
crc32	32 CRC32
总共	14382

在第一LDPC块上发送L1块大小 (固定的最短长度=192比特)

支持短延迟模式的时间交织开/关

用于L1信令开销减少的数据切片类型

在前导码上仅针对CCM型发送 Mod/Cod字段

图80

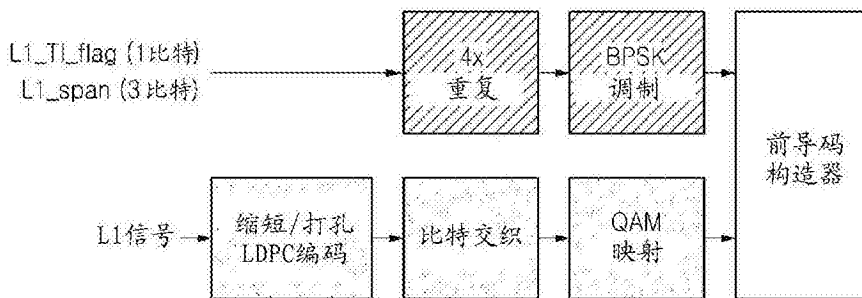


图81

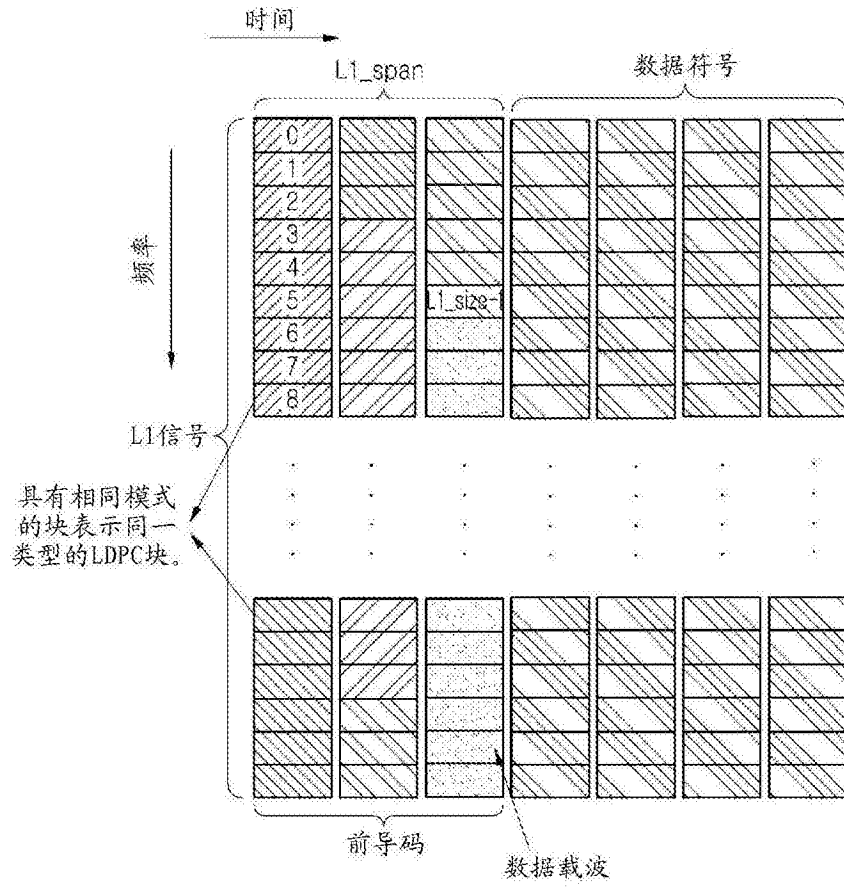


图82

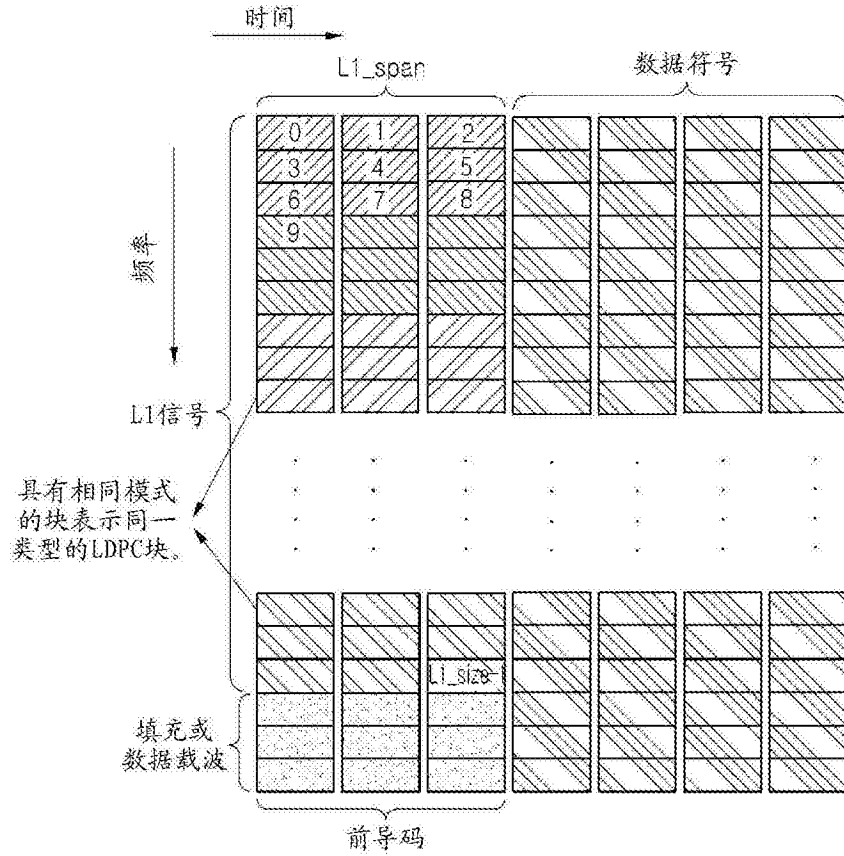


图83

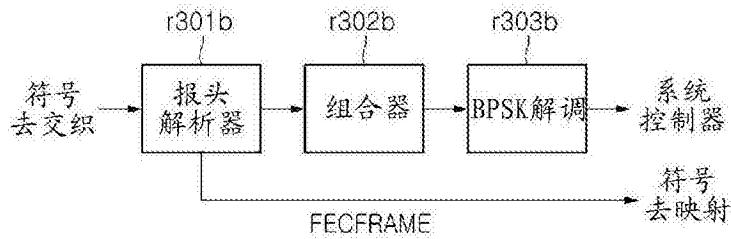


图84

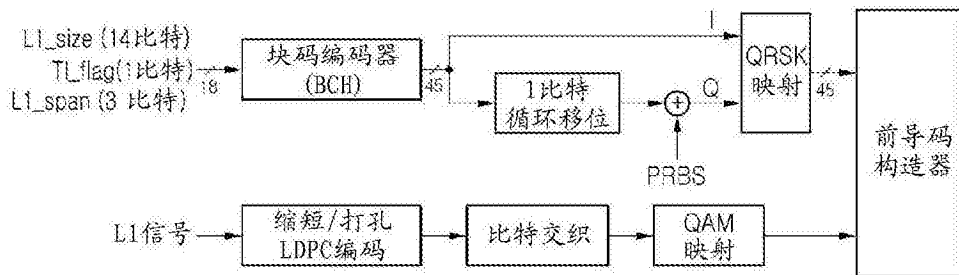


图85

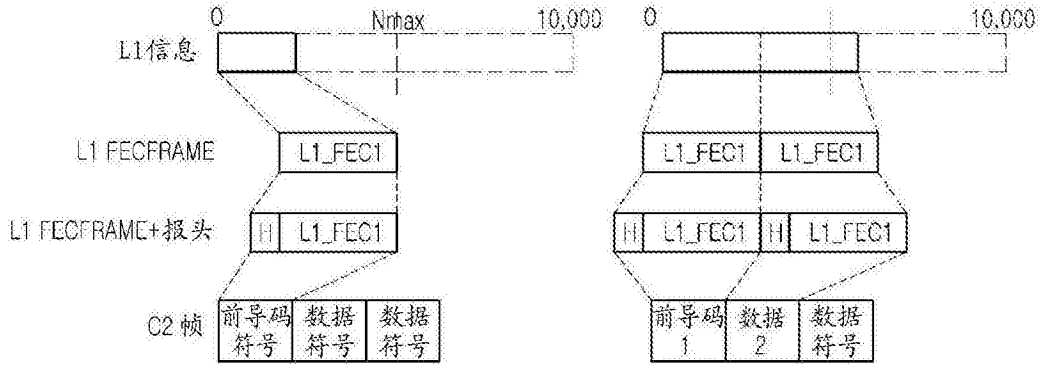


图86

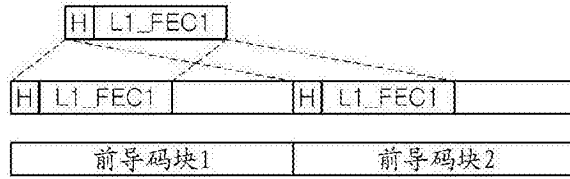


图87

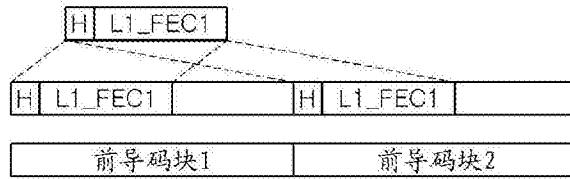


图88

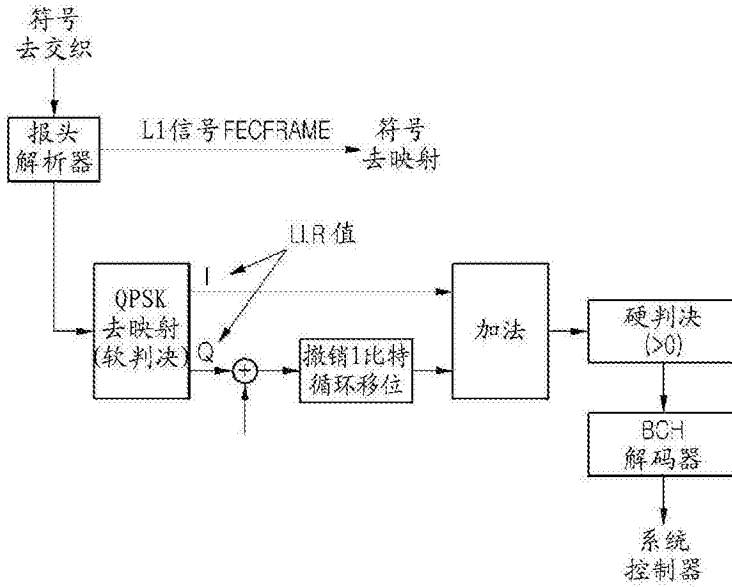


图89

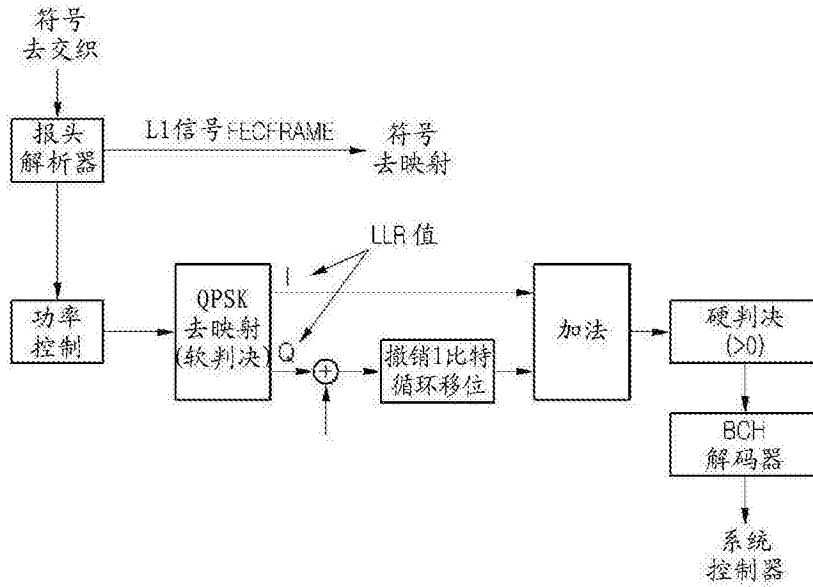


图90

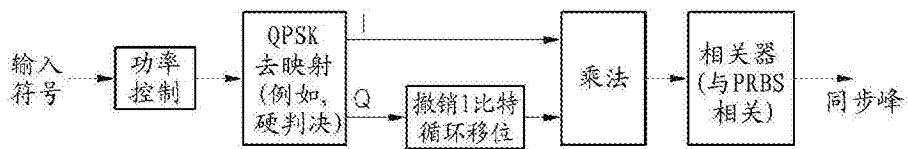


图91

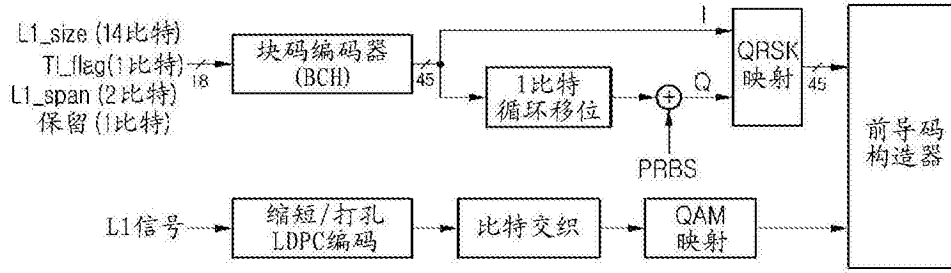


图92

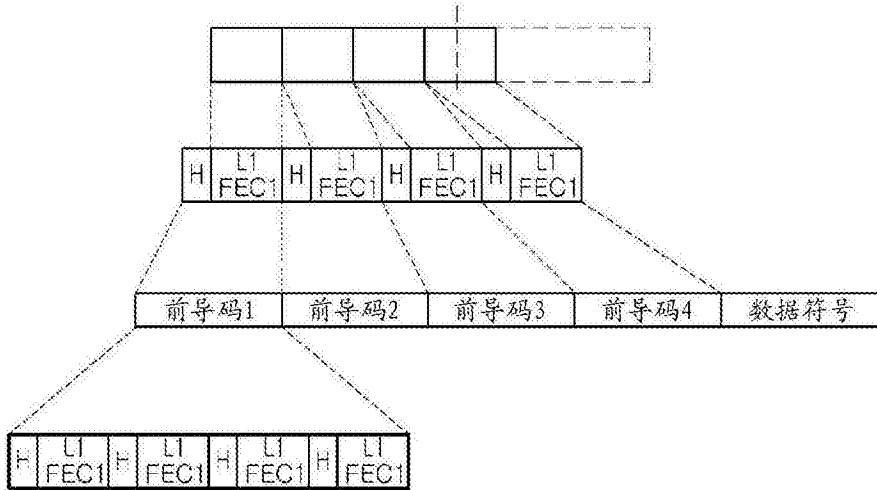


图93

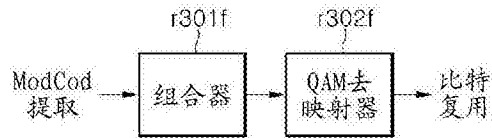


图94

字段	比特	
L1_size	14	L1块大小 (比特)
num_chbon	3	绑定信道的数量
num_dslice	8	数据切片的数量
num_plp	8	PLP的数量
num_notch	5	陷波波段的数量
for dslice {		
chbon_index	3	绑定信道索引
dslice_start	9	一个信道 (8 MHz) 内的数据切片的开始
dslice_width	9	数据切片的宽度
dslice_time_intriv	1	时间交织开/关
dslice_type	1	数据切片类型 (CCM, ACM/VCM)
}		
for plp {		
dslice_id	8	数据切片ID
plp_id	8	PLP ID
plp_type	1	PLP类型 (公共/数据)
plp_payload_type	5	PLP有效载荷类型 (TS, GS, ...)
if dslice_type=CCM {		
pip_mod	3	PLP调制类型
pip_fec_type	1	PLP FEC类型 (长/短)
pip_cod	3	PLP码率
pip_start	21	PLP起始地址
}		
}		
for notch {		
chbon_index	3	绑定信道索引
notch_start	9	一个信道 (8 MHz) 内的陷波波段的开始
notch_width	9	陷波波段的宽度
}		
gi	1	保护间隔模式
sframe_id	16	超帧ID
frame_id	16	帧ID
reserved	16	rfu
crc32	32	CRC32
总共	19458	

L1信息比特的数量根据各种构造/条件变化

图95

字段	比特	
L1_size	14	L1块大小 (比特)
num_chbon	3	绑定信道的数量
num_dslice	8	数据切片的数量
num_plp	8	PLP的数量
num_notch	5	陷波波段的数量
for dslice {		
chbon_index	3	绑定信道索引
dslice_start	9	一个信道 (8 MHz) 内的数据切片的开始
dslice_width	9	数据切片的宽度
dslice_time_intrlv	1	时间交织开/关
dslice_type	1	数据切片类型 (CCM, ACM/VCM)
}		
for plp {		
dslice_id	8	数据切片ID
plp_id	8	PLP ID
plp_type	1	PLP类型 (公共/数据)
plp_payload_type	5	PLP有效载荷类型 (TS, GS, ...)
if dslice_type=CCM {		
plp_mod	3	PLP调制类型
plp_fec_type	1	PLP FEC类型 (长/短)
plp_cod	3	PLP码率
plp_start	14	PLP起始地址
}		
}		
for notch {		
chbon_index	3	绑定信道索引
notch_start	9	一个信道 (8 MHz) 内的陷波波段的开始
notch_width	9	陷波波段的宽度
}		
gi	1	保护间隔模式
sframe_id	16	超帧ID
frame_id	16	帧ID
reserved	16	rfu
crc32	32	CRC32
总共	17666	

L1信息比特的数量根据各种构造/条件变化

图96

LDPC长度	QAM类型	QAM符号
64800	16 QAM	16200
64800	64 QAM	10800
64800	256 QAM	8100
64800	1024 QAM	6480
64800	4096 QAM	5400
16200	16 QAM	4050
16200	64 QAM	2700
16200	256 QAM	2025
16200	1024 QAM	1620
16200	4096 QAM	1350

图97

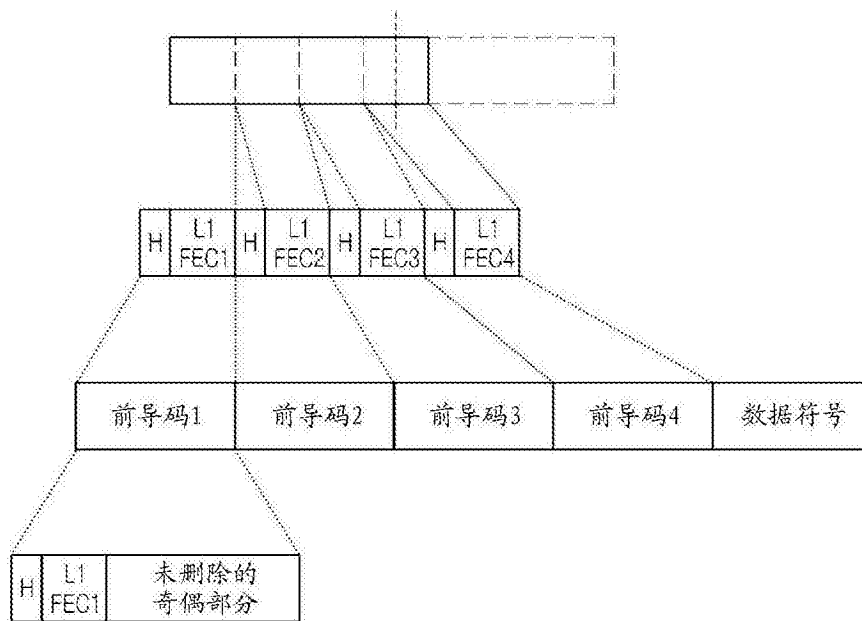


图98

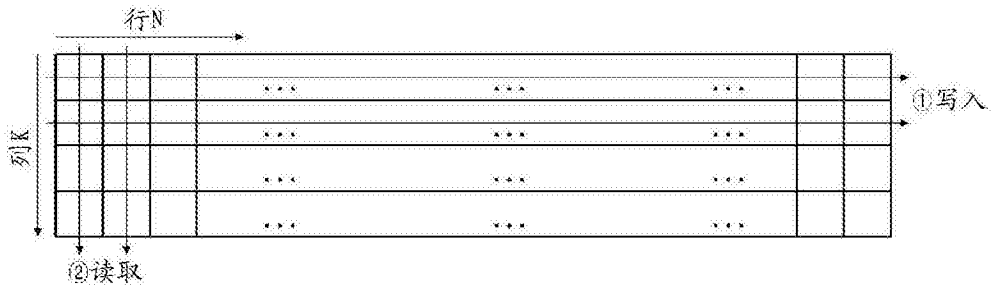


图99

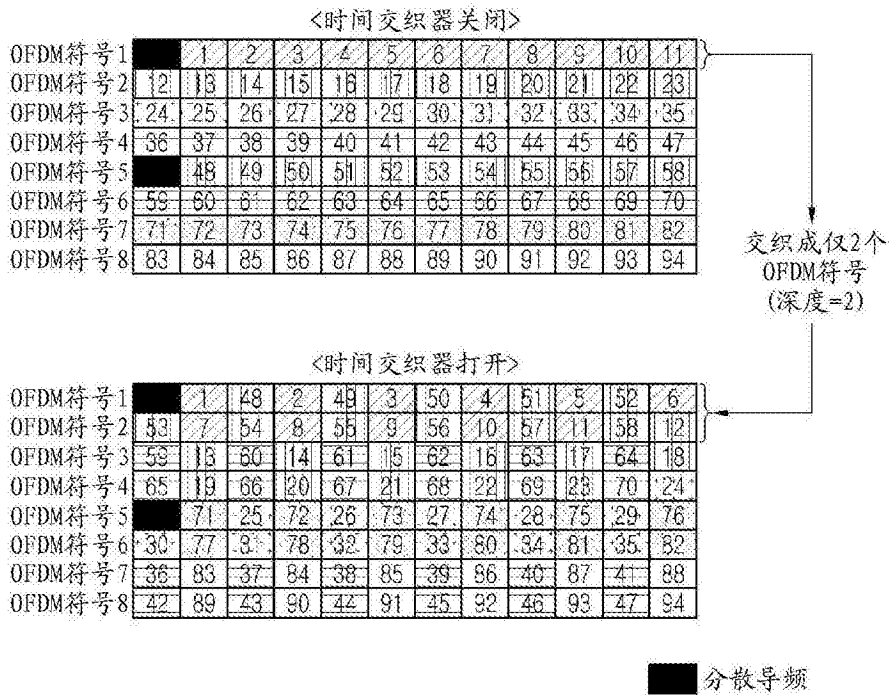


图100

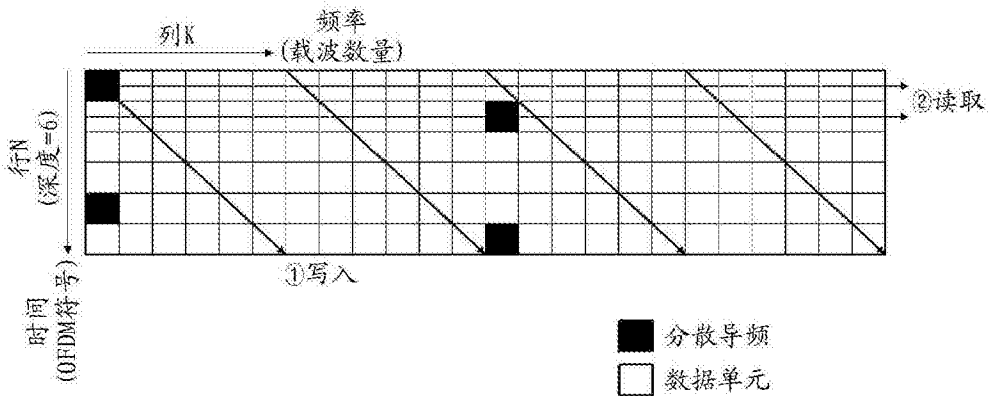


图101

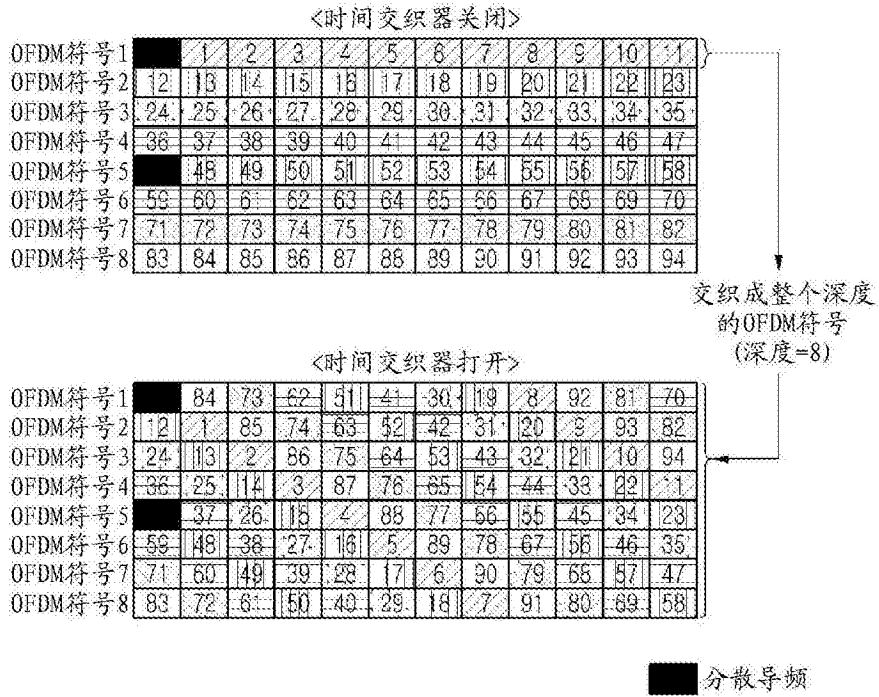


图102

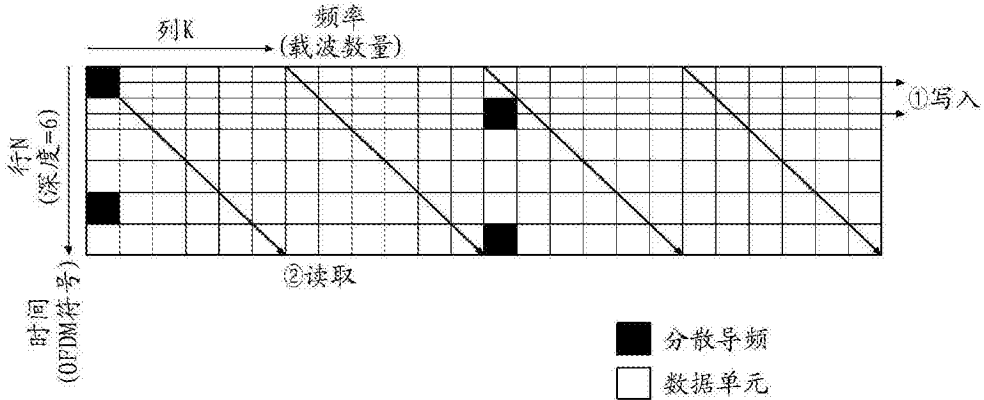


图103

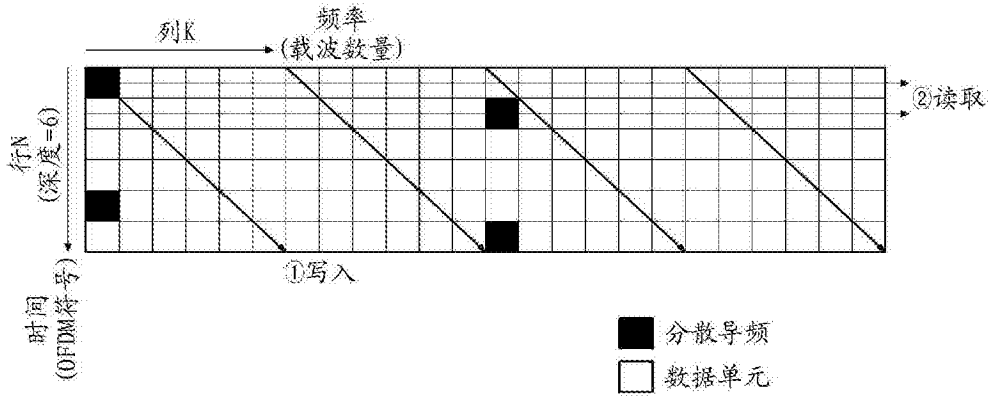


图104

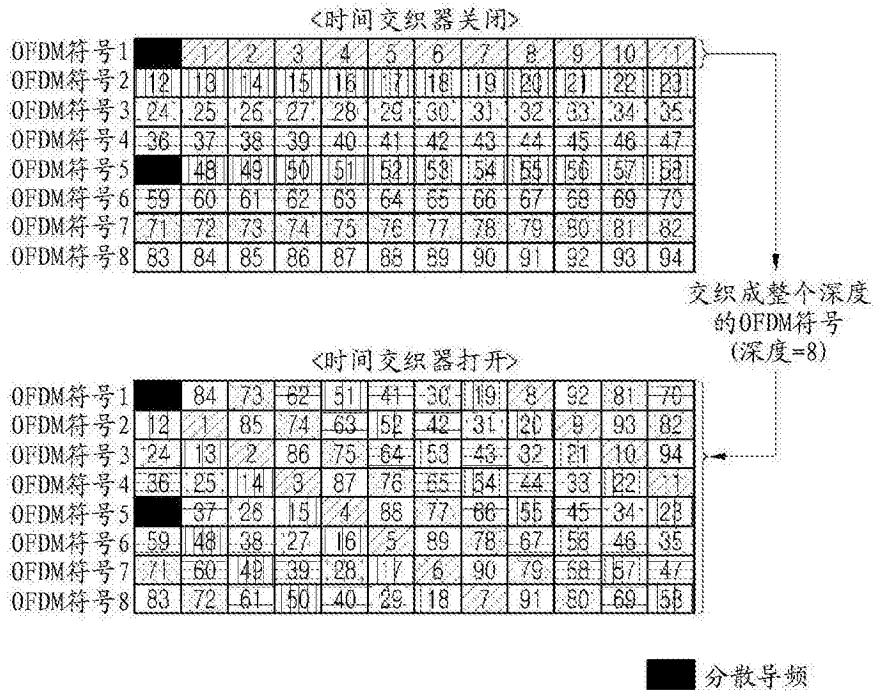
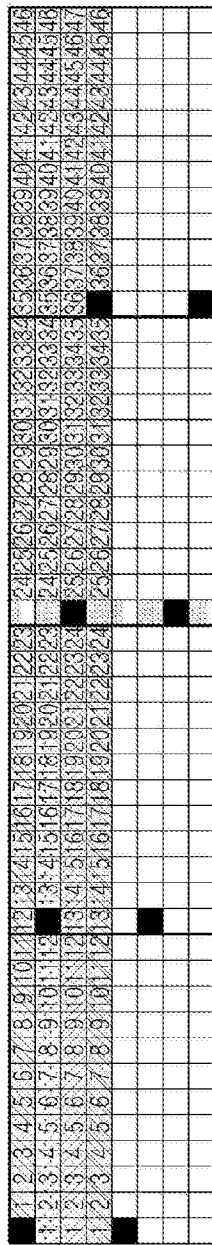
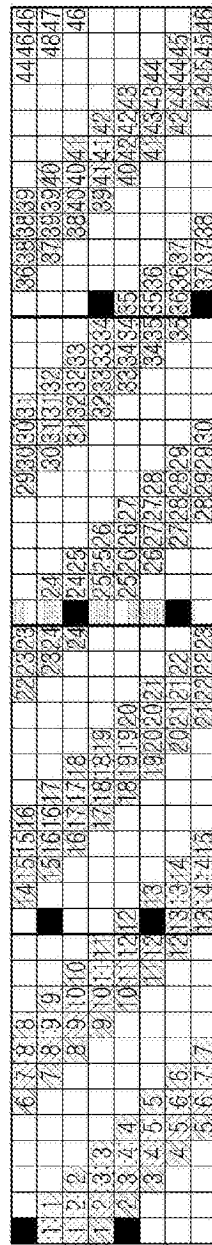


图105



在应用时间
交织之后



在应用时间
交织之前

RA=0; CA=0;

while !K_nCELL loop

 if addr = pilot position

 RA = [RA+1] mod NT;

 CA = [CA+1] mod ND;

 end if ;

WRITE;

RA = [RA+1] mod NT;

CA = [CA+1] mod ND;

 if CA = 0

 RA = RA+1;

 end if ;

end loop;

■ 分散导频

■ 连续导频

RA = 行地址

CA = 列地址

nCell = TI块内的单元的编号

存储器开销 = 2%

图106

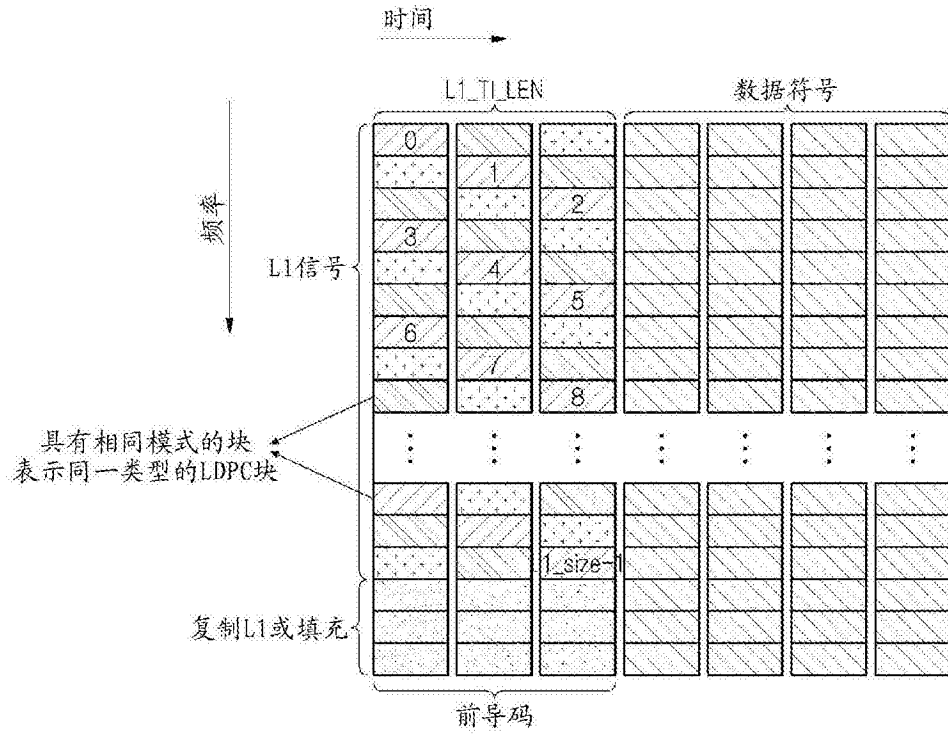


图107

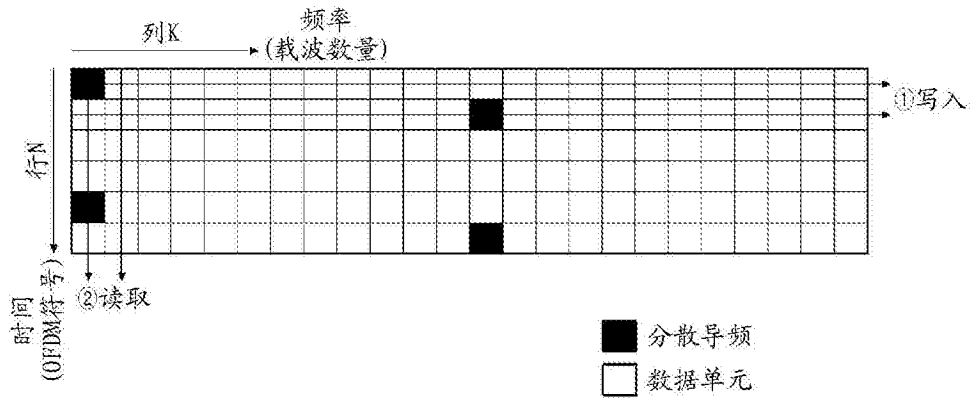


图108

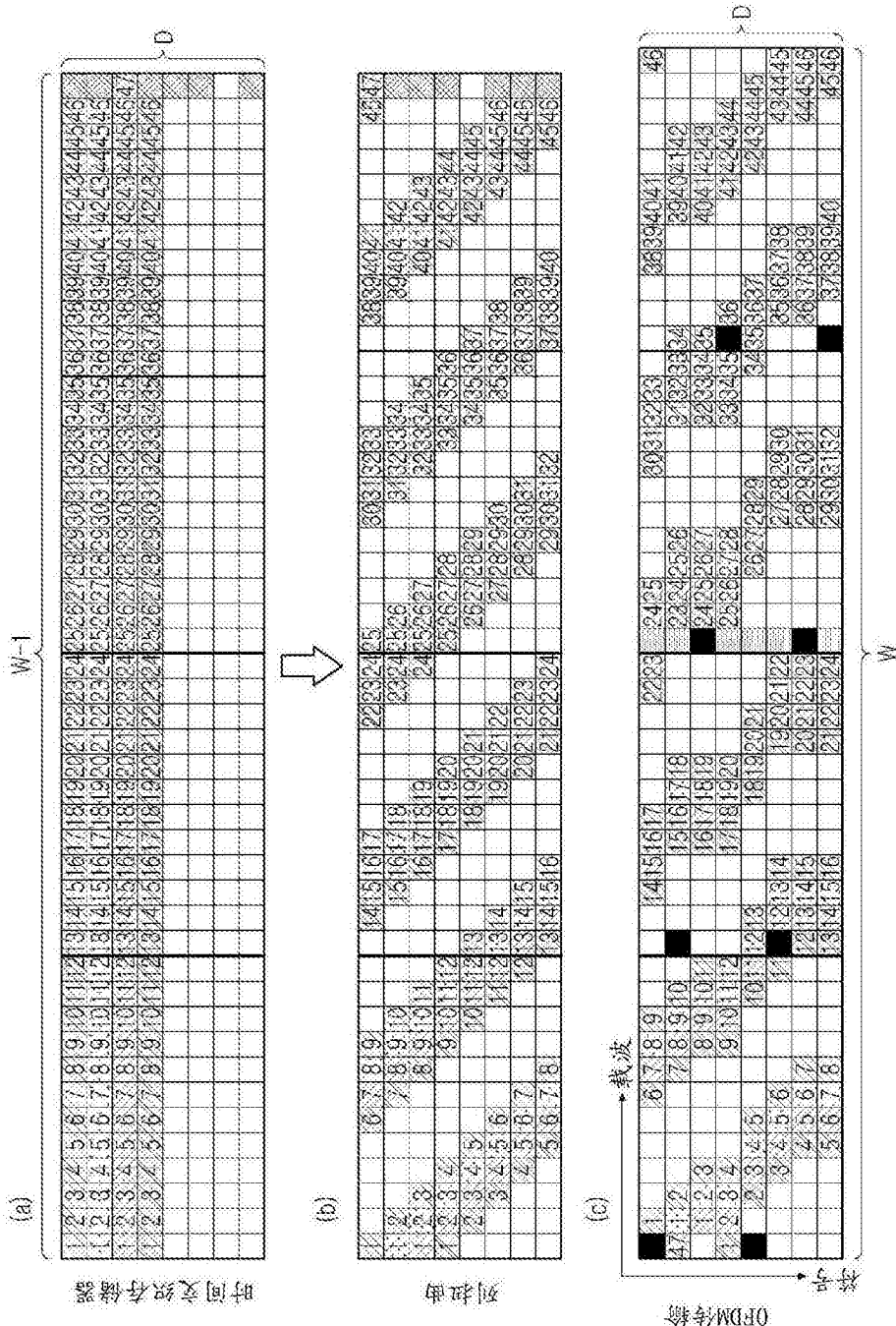


图112

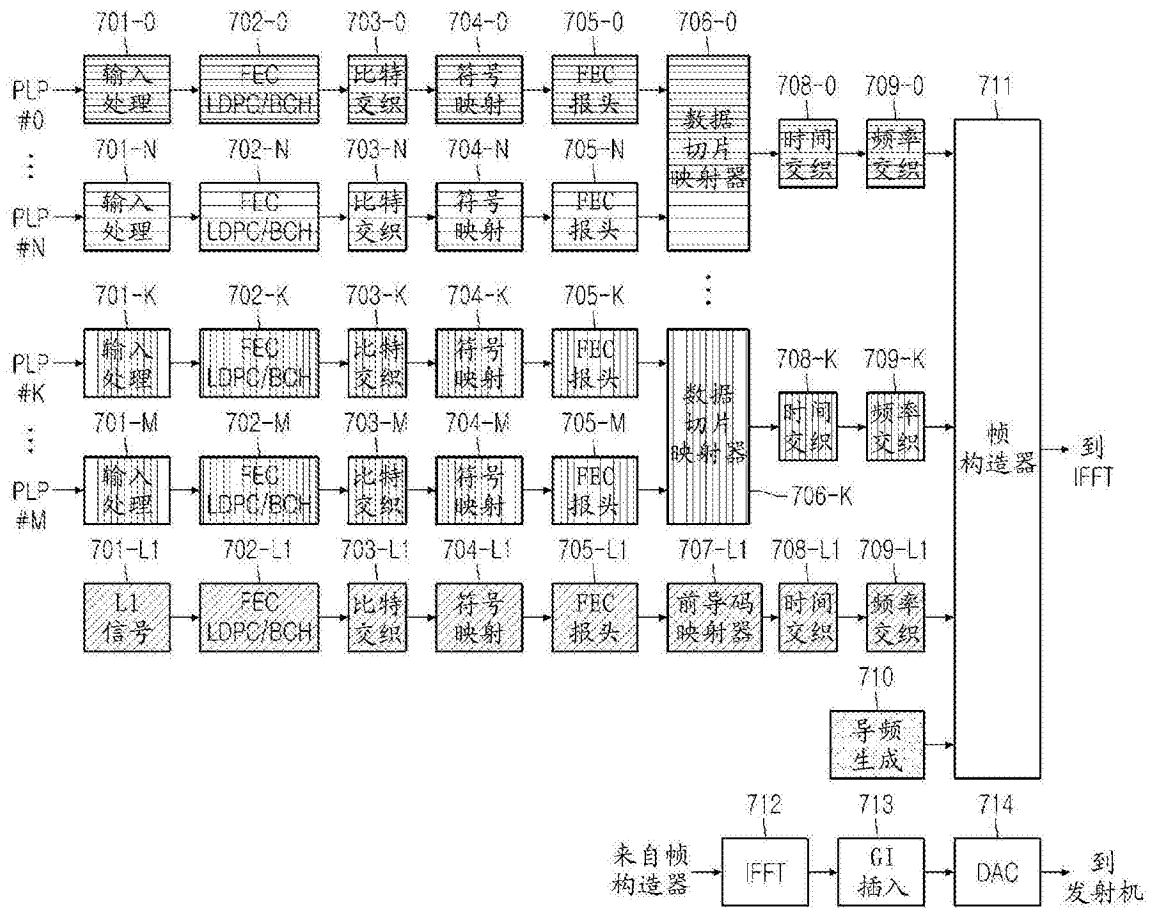


图113

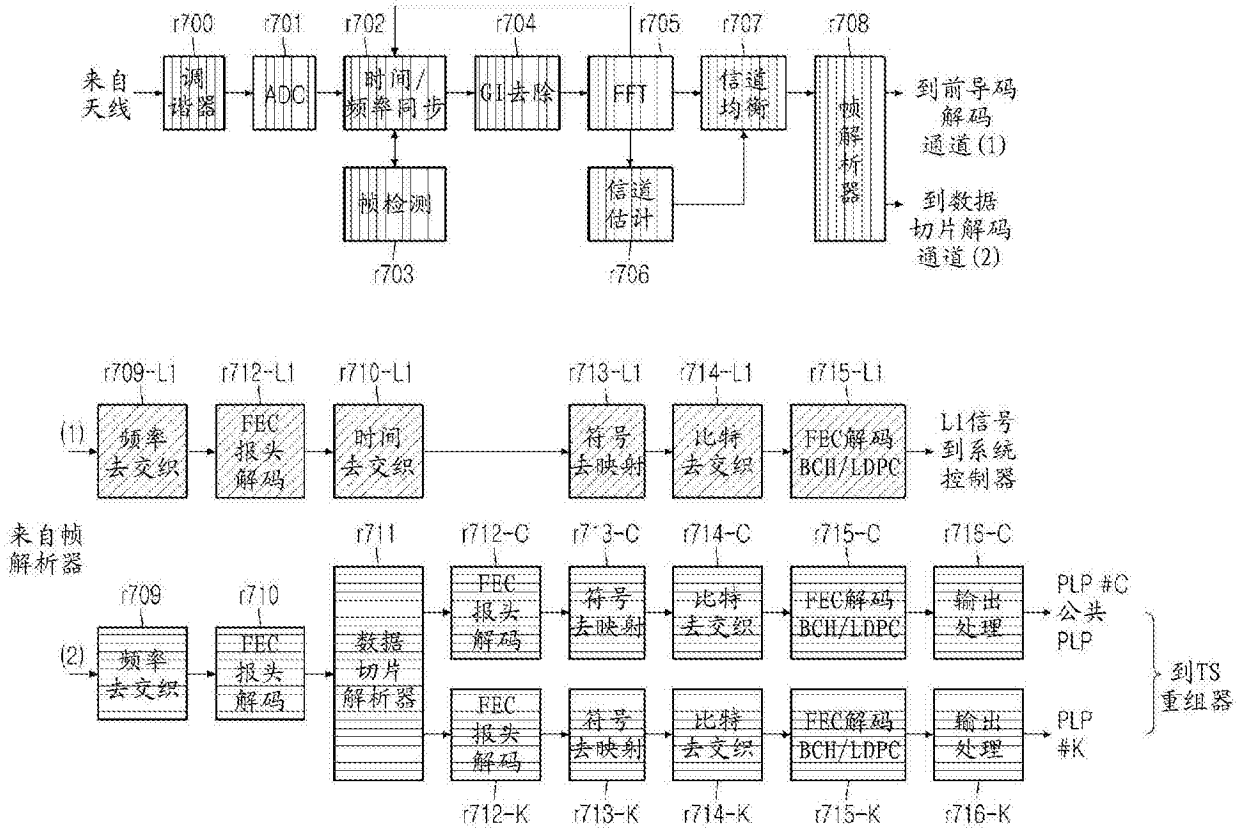


图114

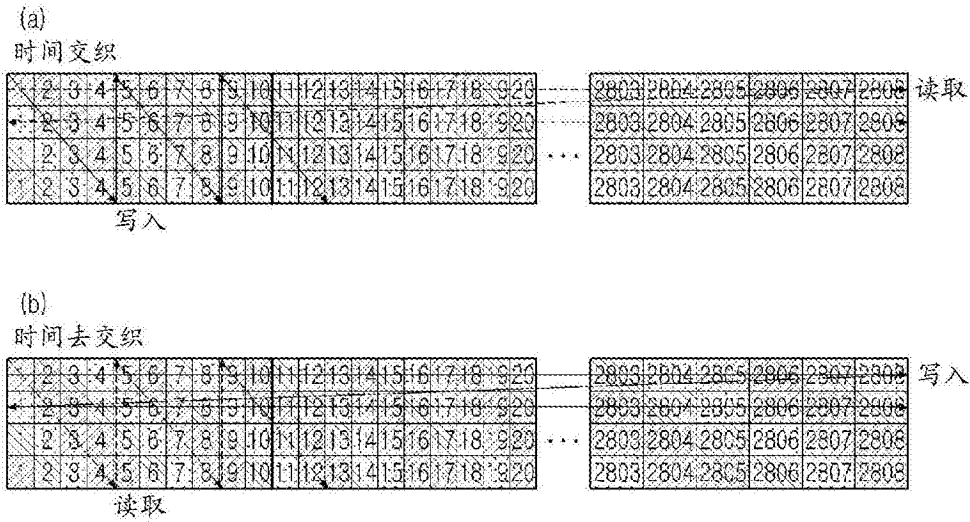


图115

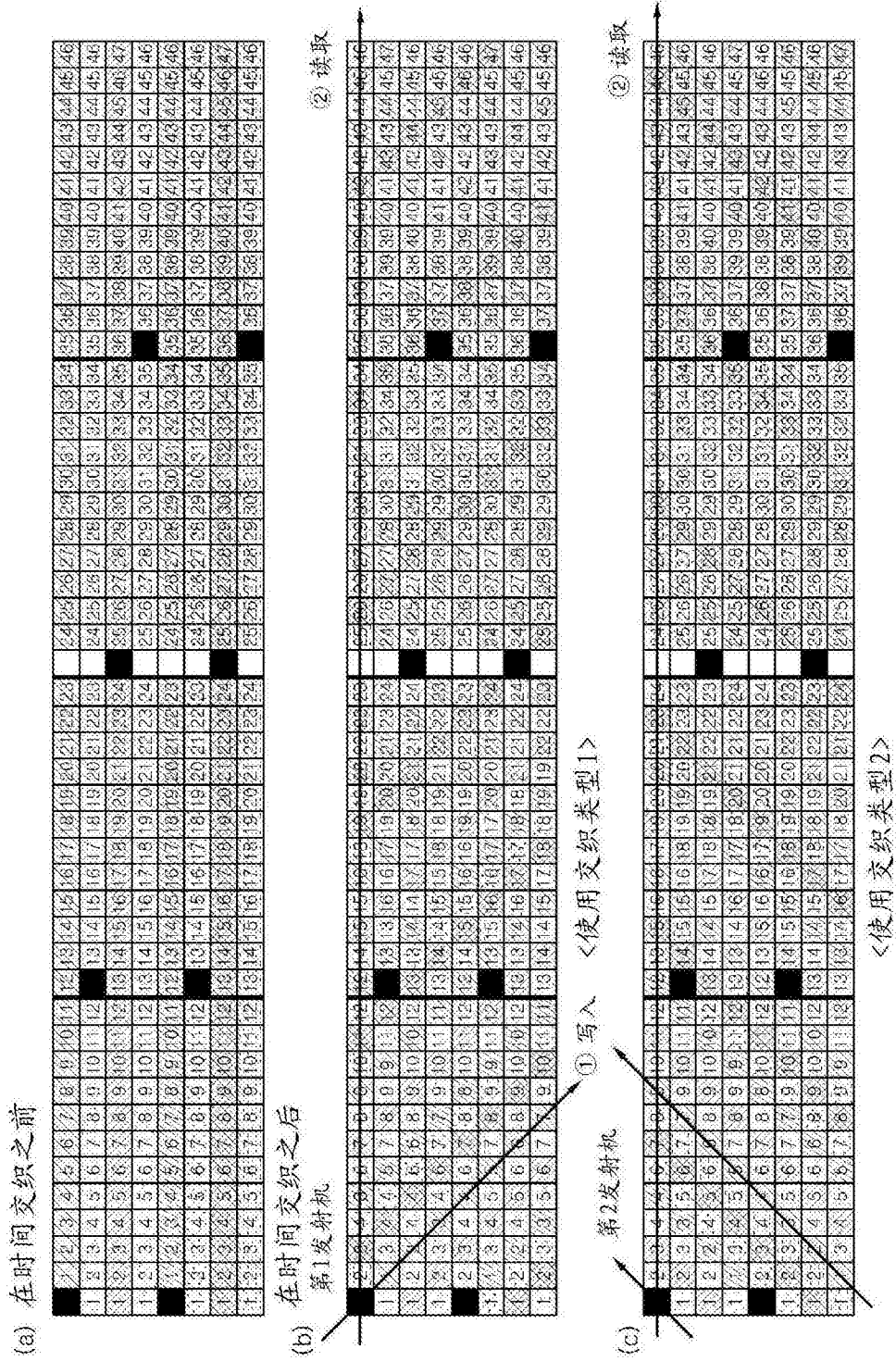


图117

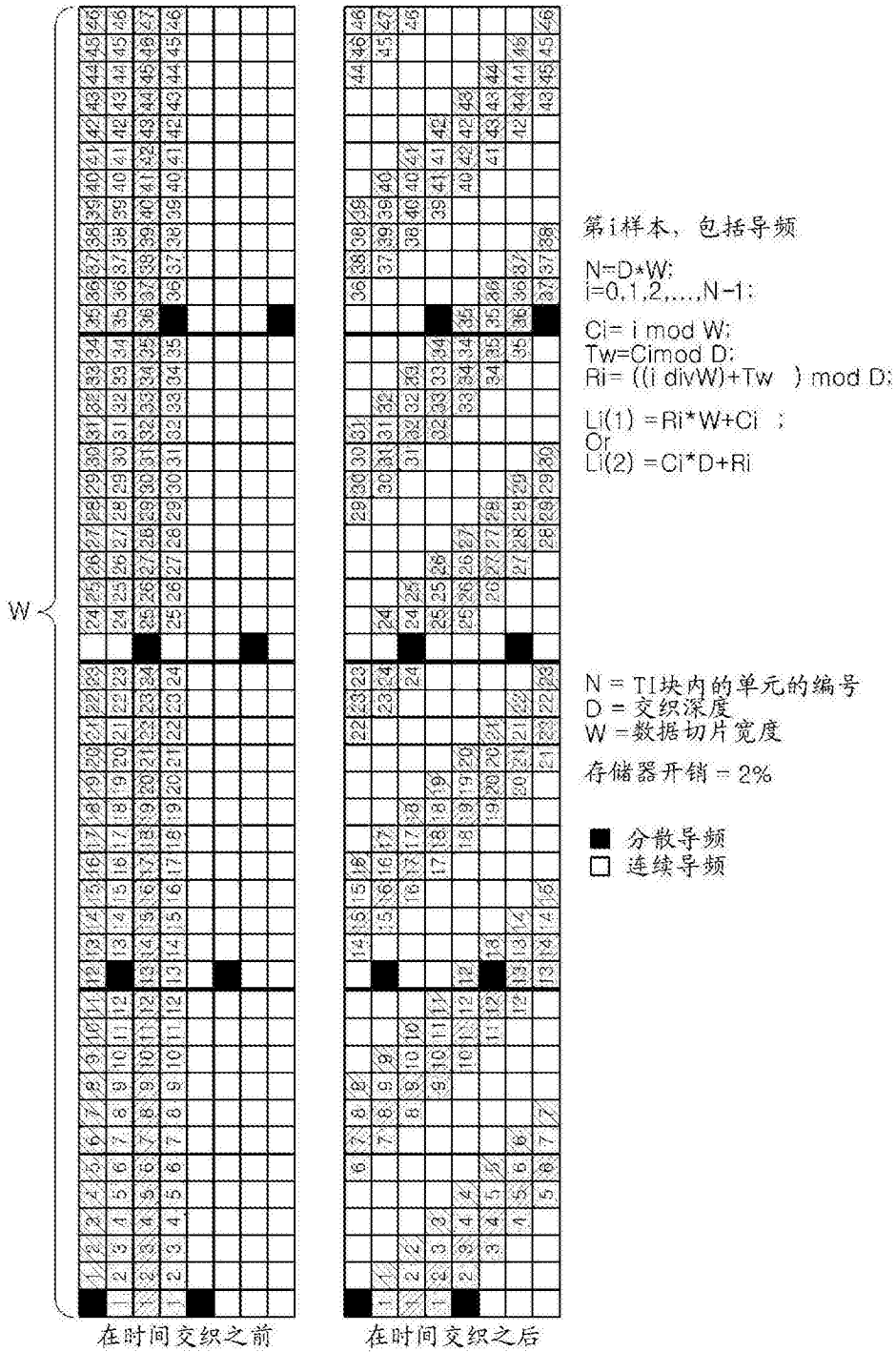


图118

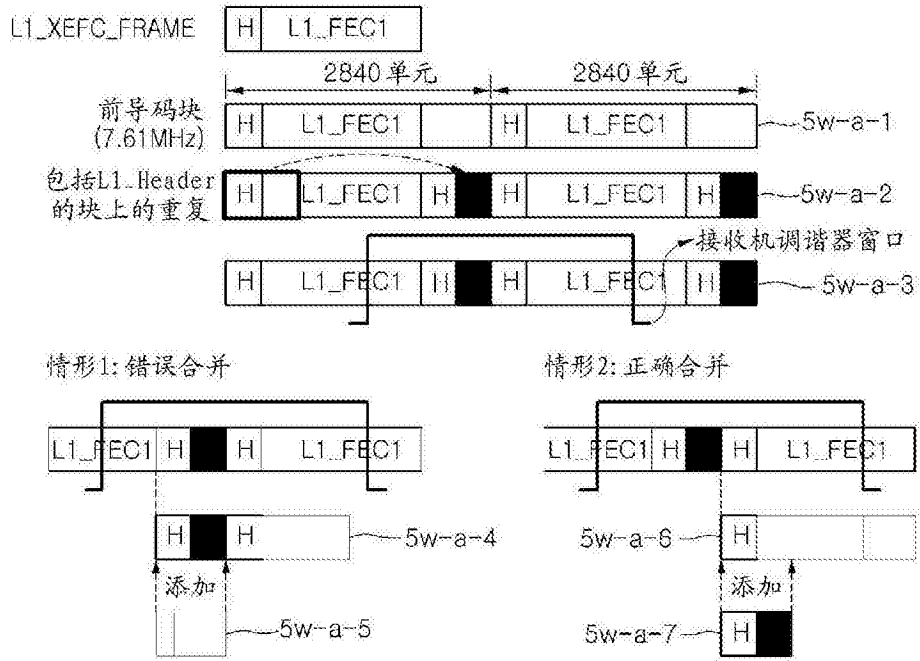


图119

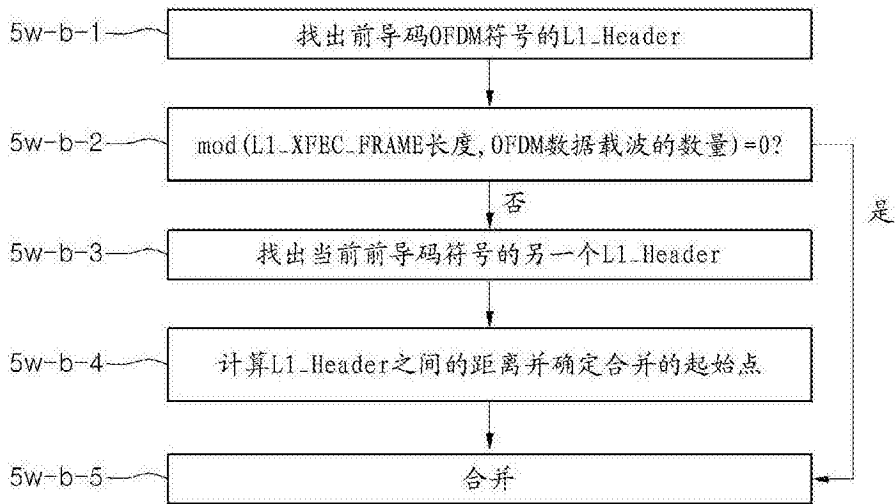


图120

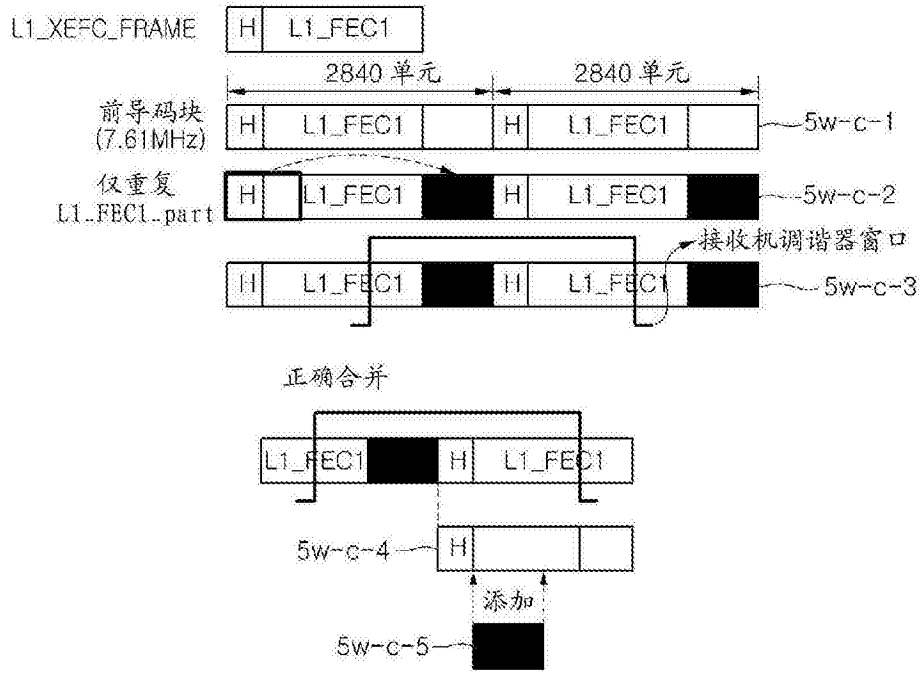


图121

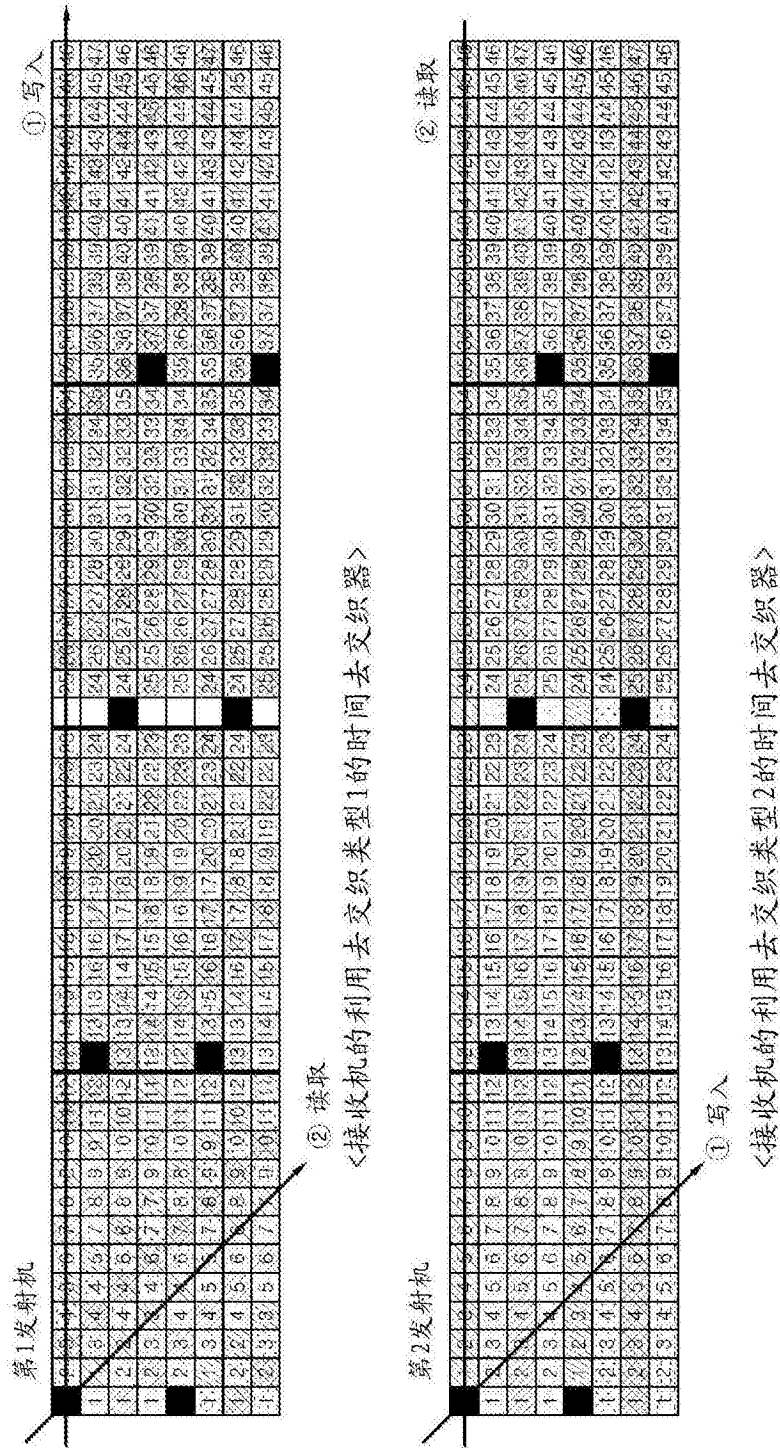


图122

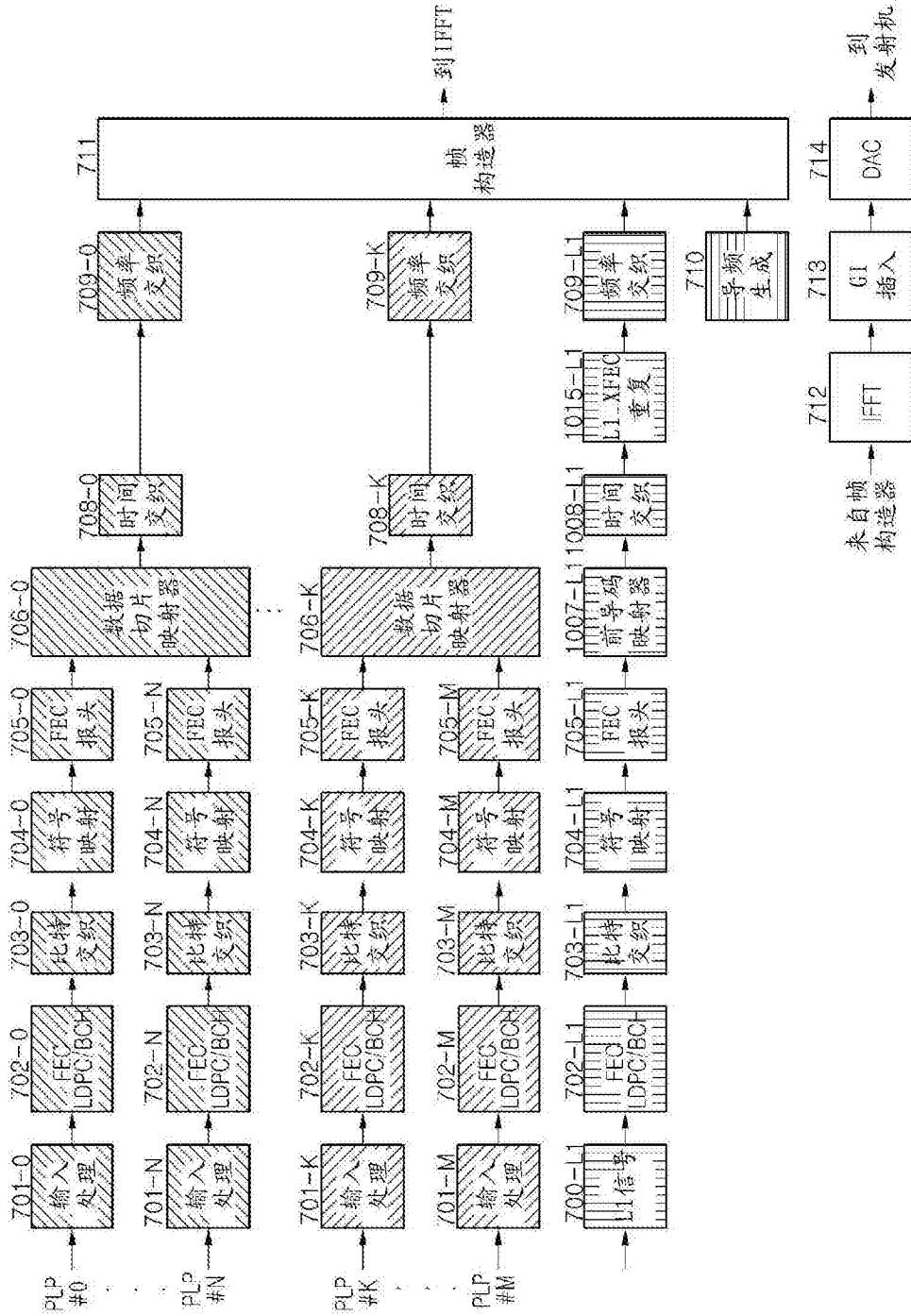


图 123

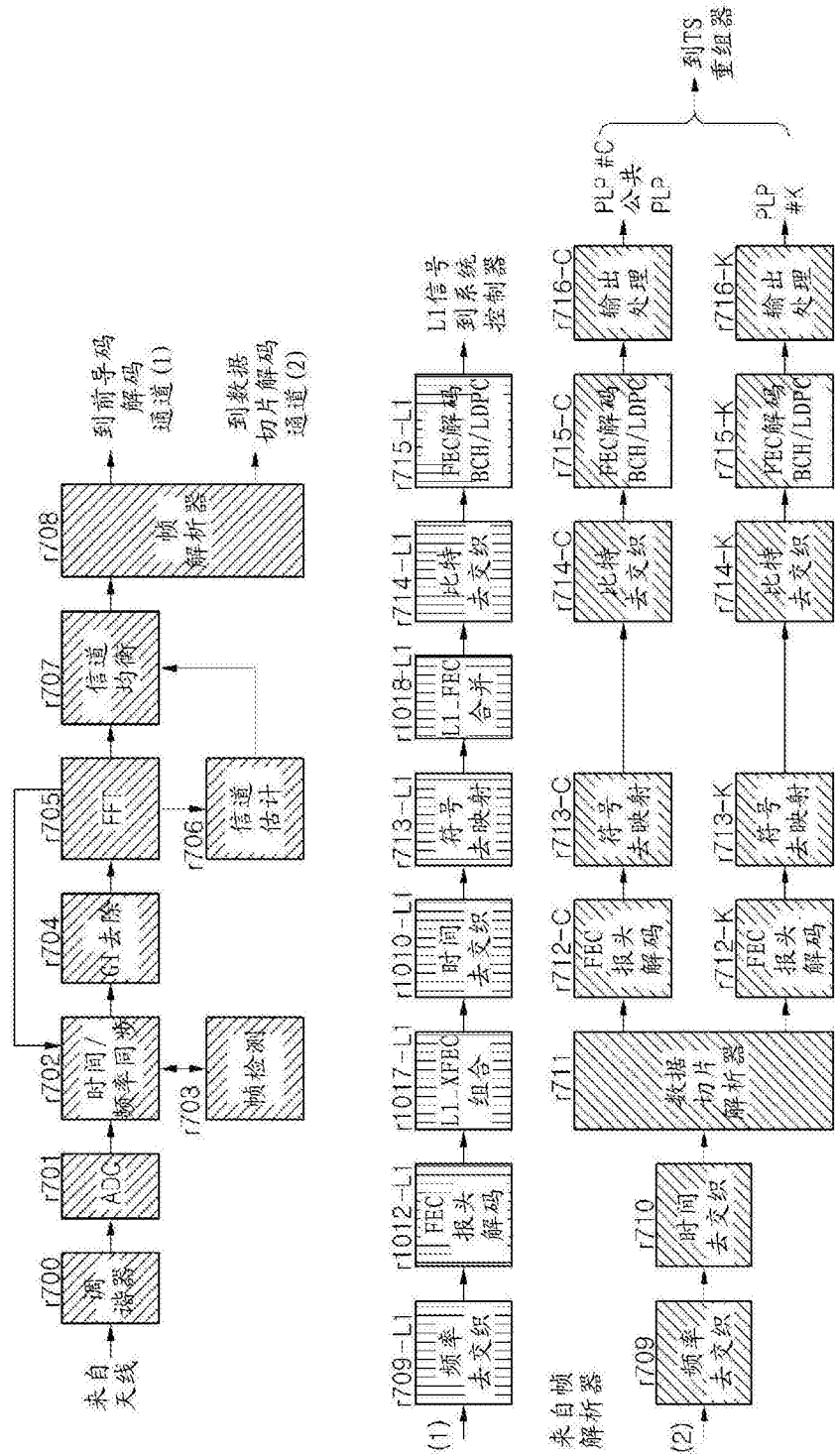


图 124

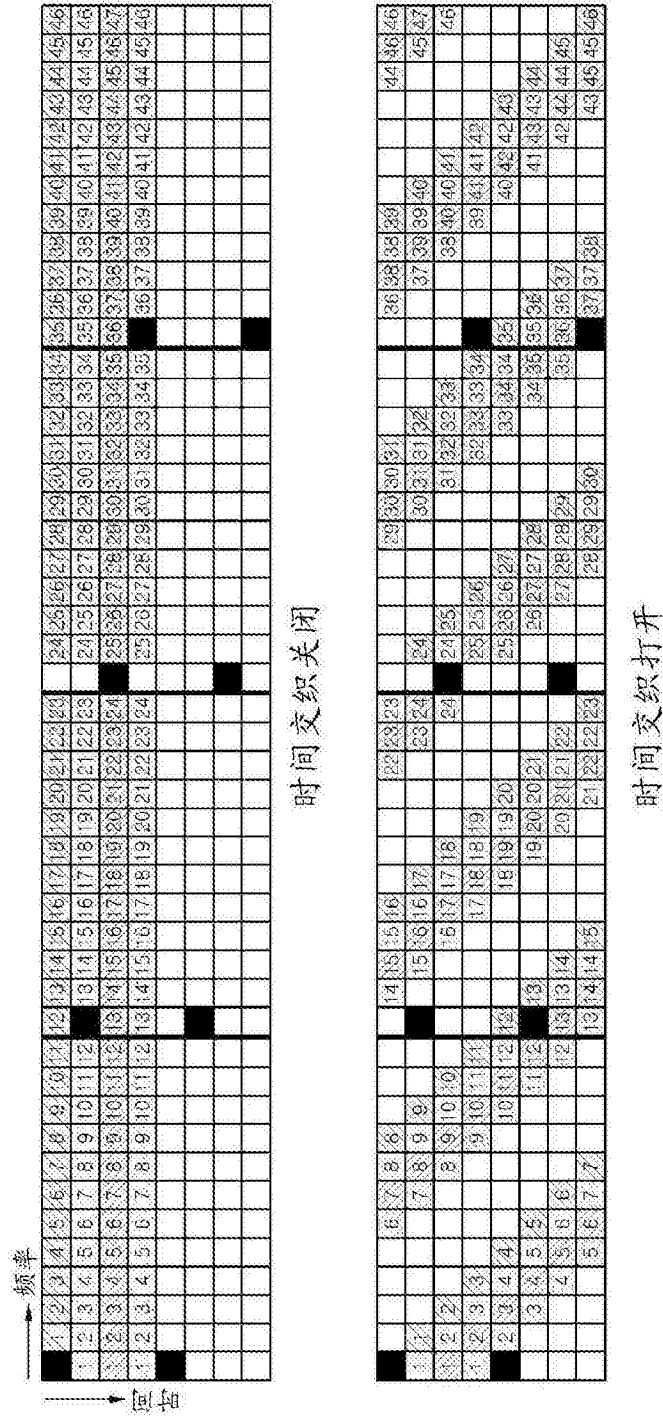


图125

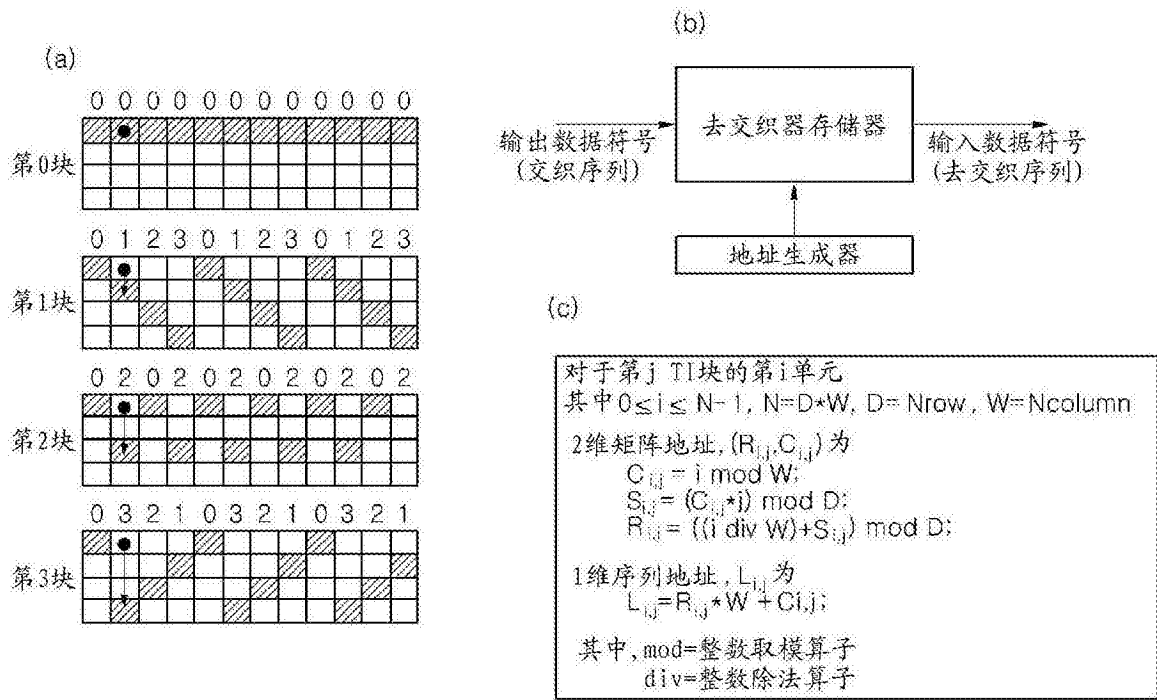


图126

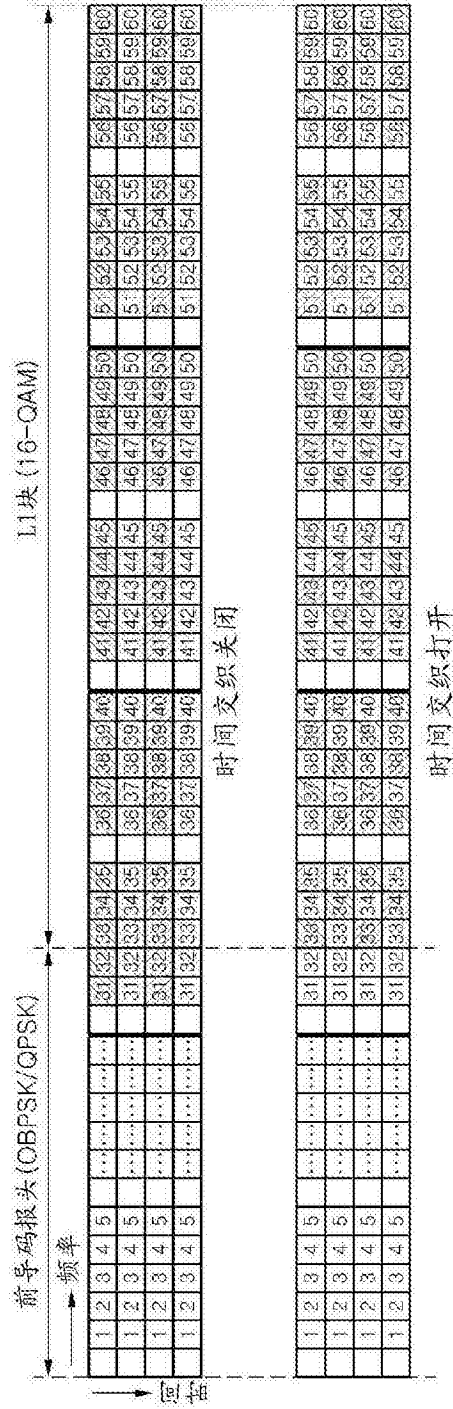


图127

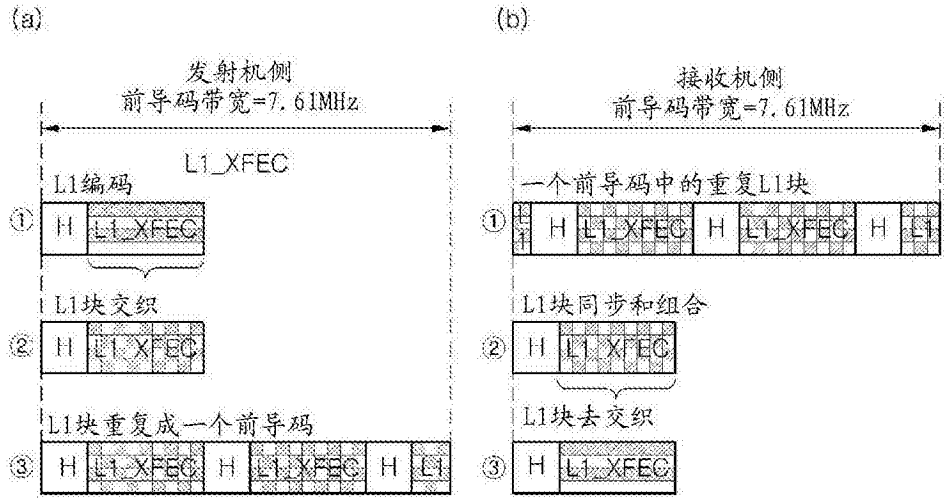


图128