



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102301705 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 12

(21) 申请号 200980158259. 6

CN 1951114 A, 2007. 04. 18,

(22) 申请日 2009. 05. 12

US 2007180343 A1, 2007. 08. 02,

(30) 优先权数据

WO 2009008688 A2, 2009. 01. 15,

61/148, 357 2009. 01. 29 US

WO 2008097368 A2, 2008. 08. 14,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 陈茜茜

2011. 07. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2009/002516 2009. 05. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/087546 EN 2010. 08. 05

(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 洪昊泽 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 吕俊刚

(51) Int. Cl.

H04N 7/015 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1595975 A, 2005. 03. 16,

权利要求书3页 说明书40页 附图88页

(54) 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

(57) 摘要

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高效  
的第一层 (L1) 信令以及利用该高效的 L1 信令进  
行高效的有线广播的接收机。



1. 一种向接收机发送广播数据的发射机,该发射机包括 :

输入处理装置,其被配置成接收输入流,将至少一个基带报头添加到接收到的输入流中,并组成至少一个基带帧;

第一比特交织编码调制 BICM 装置,其配置成对所述基带帧的数据进行 BCH 编码,对经 BCH 编码的数据进行 LDPC 编码,并对经 LDPC 编码的数据进行比特交织;

第二 BICM 装置,其被配置成对第一层信令数据进行 BCH 编码,对经 BCH 编码的第一层信令数据进行 LDPC 编码,并对经 LDPC 编码的第一层信令数据进行比特交织;

帧构造器,其被配置成对经比特交织的数据和经比特交织的第一层信令数据进行组装,以形成包括携带所述第一层信令数据的至少一个前导码符号的信号帧;以及

OFDM 生成装置,其被配置成对所形成的信号帧进行 OFDM 调制,

其中,所述至少一个前导码符号包括第一层报头,并且其中,所述第一层报头包括指示第一层信令数据与填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

2. 根据权利要求 1 所述的发射机,其中,所述第一 BICM 装置包括 :

第一 BCH 编码器,其被配置成对所述基带帧的所述数据进行 BCH 编码以生成错误保护数据;

第一 LDPC 编码器,其被配置成对经 BCH 编码的数据进行 LDPC 编码;

第一比特交织器,其被配置成对用于经 LDPC 编码的数据进行比特交织;

第一 QAM 映射器,其被配置成将经比特交织的数据解复用成单元字,并将所述单元字映射成星座值;

时间交织器,其被配置成对所映射的星座值进行时间交织;以及

频率交织器,其被配置成对经时间交织的星座值进行频率交织。

3. 根据权利要求 1 所述的发射机,其中,所述第二 BICM 装置包括 :

第二 BCH 编码器,其被配置成对所述第一层信令数据进行 BCH 编码;

第二 LDPC 编码器,其被配置成对经 BCH 编码的第一层信令数据进行 LDPC 编码以生成 LDPC 奇偶校验位;

打孔装置,其被配置成对所生成的 LDPC 奇偶校验位进行打孔;

第二比特交织器,其被配置成对被执行了打孔的经 LDPC 编码的第一层信令数据进行比特交织;以及

第二 QAM 映射器,其被配置成将经比特交织的第一层信令数据解复用成单元字,并将所述单元字映射成星座值。

4. 根据权利要求 1 所述的发射机,该发射机还被配置成处理所述填充数据,所述填充数据保证了所述第一层信令数据与所述填充数据这二者的长度是 2 的倍数。

5. 一种用于处理广播数据的接收机,该接收机包括 :

接收装置,其被配置成接收广播信号,所述广播信号包括含有携带第一层信令数据的至少一个前导码符号的信号帧;

QAM 去映射器,其被配置成将与所述第一层信令数据相对应的星座值去映射为单元字,并且将去映射后的单元字复用为所述第一层信令数据;

比特去交织器,其被配置成对经复用的第一层信令数据进行比特去交织;

解除打孔装置,其被配置成对具有至少一个 LDPC 奇偶校验位的经比特去交织的第一

层信令数据执行解除打孔；

LDPC 解码器，其被配置成对被执行了解除打孔的所述第一层信令数据进行 LDPC 解码；以及

BCH 解码器，其被配置成对经 LDPC 解码的第一层信令数据进行 BCH 解码，

其中，所述至少一个前导码符号包括第一层报头，并且其中，所述第一层报头包括指示第一层信令数据和填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

6. 根据权利要求 5 所述的接收机，该接收机还包括：

频率去交织器，其被配置成对与物理层管道 PLP 数据相对应的星座值进行频率去交织；

时间去交织器，其被配置成对与经频率去交织的星座值进行时间去交织；

QAM 去映射器，其被配置成将经时间去交织的星座值去映射为单元字，并且将去映射后的单元字复用成所述 PLP 数据；

比特去交织器，其被配置成对所复用的 PLP 数据进行比特去交织；

LDPC 解码器，其被配置成对经比特去交织的 PLP 数据进行 LDPC 解码；以及

BCH 解码器，其被配置成对经 LDPC 解码的 PLP 数据进行 BCH 解码。

7. 根据权利要求 5 所述的接收机，该接收机还被配置成处理所述填充数据，所述填充数据保证了所述第一层信令数据与所述填充数据这二者的长度是 2 的倍数。

8. 一种向接收机发送广播数据的方法，该方法包括以下步骤：

接收输入流；

将至少一个基带报头添加到接收到的输入流中，以由接收到的输入流组成至少一个基带帧；

对所述基带帧的数据进行 BCH 编码；

对经 BCH 编码的数据进行 LDPC 编码；

对经 LDPC 编码的数据进行比特交织；

对第一层信令数据进行 BCH 编码；

对经 BCH 编码的第一层信令数据进行 LDPC 编码；

对经 LDPC 编码的第一层信令数据进行比特交织；

对经比特交织的数据以及经比特交织的第一层信令数据进行组装，以形成包括携带所述第一层信令数据的至少一个前导码符号的信号帧；以及

通过 OFDM 方法对所形成的帧进行 OFDM 调制，

其中，所述至少一个前导码符号包括第一层报头，并且其中，所述第一层报头包括指示第一层信令数据和填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，该方法还包括以下步骤：

对所述基带帧的数据进行 BCH 编码，以生成错误保护数据；

对经 BCH 编码的数据进行 LDPC 编码；

对经 LDPC 编码的数据进行比特交织；

将经比特交织的数据解复用成单元字；

将所述单元字映射成星座值；

对所映射的星座值进行时间交织；并且

对经时间交织的星座值进行频率交织。

10. 根据权利要求 8 所述的方法,该方法还包括以下步骤:

对所述第一层信令数据进行 BCH 编码;

对经 BCH 编码的第一层信令数据进行 LDPC 编码以生成 LDPC 奇偶校验位;

对所生成的 LDPC 奇偶校验位进行打孔;

对被执行了打孔的经 LDPC 编码的第一层信令数据进行比特交织;

将经比特交织的第一层信令数据解复用成单元字;以及

将所述单元字映射成星座值。

11. 一种接收广播数据的方法,该方法包括以下步骤:

接收广播信号,所述广播信号包括具有携带第一层信令数据的至少一个前导码符号的信号帧;

通过 QAM 去映射方法,将与所述第一层信令数据相对应的星座值去映射成单元字;

使经去映射的单元字复用成所述第一层信令数据;

对经复用的第一层信令数据进行比特去交织;

对具有至少一个 LDPC 奇偶校验位的经比特去交织的第一层信令数据进行解除打孔;

通过 LDPC 解码方法对被执行了解除打孔的所述第一层信令数据进行 LDPC 解码;以及

通过 BCH 解码方法对经 LDPC 解码的第一层信令数据进行 BCH 解码,

其中,所述至少一个前导码符号包括第一层报头,并且其中,所述第一层报头包括指示第一层信令数据和填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,该方法还包括以下步骤:

对与物理层管道 PLP 数据相对应的星座值进行频率去交织;

对经频率去交织的星座值进行时间去交织;

将经时间去交织的星座值去映射为单元字;

将去映射后的单元字复用成所述 PLP 数据;

对所复用的 PLP 数据进行比特去交织;

对经比特去交织的 PLP 数据进行 LDPC 解码;以及

对经 LDPC 解码的 PLP 数据进行 BCH 解码。

13. 根据权利要求 11 所述的方法,所述填充数据保证了所述第一层信令数据与所述填充数据这二者的长度是 2 的倍数。

## 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

### 技术领域

[0001] 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

[0002] 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。

[0003] 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中的一个或更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。

[0004] 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。

### 发明内容

[0005] 技术问题

[0006] 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更多个问题。

[0007] 技术方案

[0008] 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。

[0009] 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。

[0010] 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。

[0011] 为了实现该目标,本发明的第一方面提供了用于向接收机发送广播数据的发射机,该发射机包括:输入处理装置,其被配置成接收输入流,将至少一个基带报头添加到接

收到的输入流中，并组成至少一个基带帧；第一比特交织编码调制（BICM）装置，其配置成对所述基带帧进行 BCH 编码，对经 BCH 编码的基带帧进行 LDPC 编码，并对经 LDPC 编码的基带帧进行比特交织；第二 BICM 装置，其被配置成对第一层信令数据进行 BCH 编码，对经 BCH 编码的第一层信令数据进行 LDPC 编码，并对经 LDPC 编码的第一层信令数据进行比特交织；帧构造器，其被配置成对经比特交织的基带帧和经比特交织的第一层信令数据进行组装，以形成帧结构；以及 OFDM 生成装置，其被配置成将所述帧转换成频域中的至少一个值，其中，所述发射机被配置成处理第一层信令数据，所述第一层信令数据具有指示第一层信令数据与 L1 块填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

[0012] 另一方面，本发明提供了一种用于处理广播数据的接收机，该接收机包括：QAM 去映射器，其被配置成将与第一层信令数据相对应的星座值去映射为单元字，并且将去映射后的单元字复用为所述第一层信令数据；比特去交织器，其被配置成对经复用的第一层信令数据和至少一个 LDPC 奇偶校验位进行比特去交织；解除打孔装置，其被配置成对所述 LDPC 奇偶校验位执行解除打孔；LDPC 解码器，其被配置成对所述第一层信令数据和经解除打孔的 LDPC 奇偶校验位进行 LDPC 解码；以及 BCH 解码器，其被配置成对经 LDPC 解码的第一层信令数据和所述经解除打孔的 LDPC 奇偶校验位进行 BCH 解码，其中，所述接收机被配置成处理第一层信令数据，所述第一层信令数据具有指示第一层信令数据和 L1 块填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

[0013] 本发明的另一个方面提供了一种向接收机发送广播数据的方法，该方法包括以下步骤：接收输入流；将至少一个基带报头添加到接收到的输入流中，以由接收到的输入流组成至少一个基带帧；对所述基带帧进行 BCH 编码；对经 BCH 编码的基带帧进行 LDPC 编码；对经 LDPC 编码的基带帧进行比特交织；对第一层信令数据和第一层块填充数据进行 BCH 编码；对经 BCH 编码的第一层信令数据和第一层块填充数据进行 LDPC 编码；对经 LDPC 编码的第一层信令数据和第一层块填充数据进行比特交织；对经比特交织的基带帧以及经比特交织的第一层信令数据和第一层块填充数据进行组装，以形成帧结构；以及通过 OFDM 方法将所述帧转换成频域中的至少一个值，其中，所述第一层信令数据具有指示第一层信令数据和 L1 块填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

[0014] 本发明的另一个方面提供了一种接收广播数据的方法，该方法包括以下步骤：通过 QAM 去映射方法，将与第一层信令数据和第一层块填充数据相对应的星座值去映射成单元字；使经去映射的单元字复用成第一层信令数据和第一层块填充数据；对经复用的第一层信令数据和第一层块填充数据与至少一个 LDPC 奇偶校验位进行比特去交织；对所述 LDPC 奇偶校验位进行解除打孔；通过 LDPC 解码方法对所述第一层信令数据、所述第一层块填充数据和经解除打孔的奇偶校验位进行解码；以及通过 BCH 解码方法对经 LDPC 解码的第一层信令数据、第一层块填充数据和所述经解除打孔的奇偶校验位进行解码，其中，所述第一层信令数据具有指示第一层信令数据和 L1 块填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

[0015] 本发明的一个实施方式涉及一种数字传输系统和物理层信令方法。本发明的另一实施方式涉及正交幅度调制（QAM, Quadrature Amplitude Modulation），具体地说，涉及利用了二进制反射格雷码（BRGC, Binary Reflected Gray Code）的改进 QAM 和利用了非均匀调制以进行有效调制的改进的组合。

[0016] 本发明的另一实施方式涉及一种有效的分散导频模式和用于信道估计的前导码结构，并且涉及一种用于在利用信道绑定提高频谱效率的系统中实现该有效的分散导频模式和前导码结构的解码器结构。

[0017] 具体地说，该实施方式涉及一种用于通过增加频谱效率来提高编码增益的前导码结构和用于进行有效解码的接收机。此外，描述了一种接收机结构和可以在该前导码结构中使用的分散导频模式。通过使用所建议的导频模式，可以在不使用信道绑定信息中的信息的情况下对在随机的调谐器窗口位置处在前导码中发送的 L1 信号进行解码。

[0018] 本发明的另一实施方式涉及用于减小信道绑定系统中的信令开销的最优 L1 信令以及有效接收机结构。

[0019] 本发明的另一实施方式涉及在不进行打孔的情况下，即在不使性能劣化的情况下能够最大化频谱效率的 L1 块结构。

[0020] 本发明的一个实施方式涉及用于 L1 信令的具有最小化开销的结构或者用于在信道绑定环境下频谱效率增大的自适应 L1 块结构。该结构能够适于能根据信道绑定结构或传输信道环境变化的 L1 块。

[0021] 本发明的一个实施方式涉及适于信道绑定系统的交织结构。所建议的交织结构能够允许在随机的调谐器窗口位置处对用户请求的业务进行解码。

[0022] 本发明的另一实施方式涉及在信道绑定环境下在 FECFRAME 报头中发送数据切片的类型信息。所述数据切片的类型可以是恒定编码调制 (CCM, Constant Coding and Modulation) 或自适应编码调制 / 可变编码调制 (ACM/VCM, Adaptive Coding and Modulation/Variable Coding and Modulation)。能够使 L1 信令开销最小化。

[0023] 本发明的另一实施方式涉及在前导码的报头中发送 L1 块时间交织参数。此外，提出了一种用于确保信令的鲁棒性的保护机制。

[0024] 本发明的另一实施方式涉及一种报头结构，其能够以 L1-pre 的形式发送在前导码中发送的 L1 信令的 L1 大小信息以及时间交织参数。

[0025] 本发明的另一实施方式涉及一种 L1 块的有效时间交织结构。

[0026] 本发明的另一实施方式涉及一种寻址方法，其能够减小 L1 信令结构中 PLP 地址开销。

[0027] 本发明的另一实施方式涉及一种时间交织器，其能够在突发噪音环境下具有全交织深度。

[0028] 本发明的另一实施方式涉及一种时间交织前导码，其能够具有全交织深度。

[0029] 本发明的另一实施方式涉及一种有效的去交织器，其能够通过利用 2-D 单缓冲器执行符号去交织来使去交织需要的存储器减少一半。

[0030] 本发明的另一实施方式涉及利用数据切片的 OFDM 系统的接收机架构。

[0031] 本发明的另一实施方式涉及前导码的时间交织和时间去交织的方法。通过对除了导频以外的前导码进行交织，可以最大化时间和频率交织的效果，并且可以最小化去交织需要的存储器。

[0032] 本发明的另一实施方式涉及前导码符号中发送的 L1 报头的信令字段和报头结构。

[0033] 本发明的另一实施方式涉及 L1 信令和利用该 L1 信令进行有效的有线广播的接收

机。

[0034] 本发明的另一实施方式涉及有效的 L1 信令和利用该有效的 L1 信令进行有效的有线广播的接收机。

[0035] 有益效果

[0036] 根据本发明，能够提供一种处理广播数据的接收机，该接收机包括：QAM 去映射器，其被配置成将与第一层信令数据相对应的星座值去映射为单元字，并且将去映射后的单元字复用为所述第一层信令数据；比特去交织器，其被配置成对经复用的第一层信令数据和至少一个 LDPC 奇偶校验位进行比特去交织；解除打孔装置，其被配置成对所述 LDPC 奇偶校验位执行解除打孔；LDPC 解码器，其被配置成对所述第一层信令数据和经解除打孔的 LDPC 奇偶校验位进行 LDPC 解码；以及 BCH 解码器，其被配置成对经 LDPC 解码的第一层信令数据和所述经解除打孔的 LDPC 奇偶校验位进行 BCH 解码，其中，所述接收机被配置成处理第一层信令数据，所述第一层信令数据具有指示第一层信令数据和 L1 块填充数据的一半大小的 L1\_INFO\_Size 信息。

## 附图说明

[0037] 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：

[0038] 图 1 是在欧洲 DVB-T 中使用的 64- 正交幅度调制 (QAM) 的示例。

[0039] 图 2 是二进制反射格雷码 (BRGC :Binary Reflected Gray Code) 的方法。

[0040] 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。

[0041] 图 4 是 BRGC 中的反射对之间的汉明 (Hamming) 距离。

[0042] 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。

[0043] 图 6 是利用 BRGC 的反射对修改 QAM 的方法。

[0044] 图 7 是经过修改的 64/256/1024/4096-QAM 的示例。

[0045] 图 8 到图 9 是利用 BRGC 的反射对修改的 64-QAM 的示例。

[0046] 图 10 到图 11 是利用 BRGC 的反射对修改的 256-QAM 的示例。

[0047] 图 12 到图 13 是利用 BRGC 的反射对修改的 1024-QAM 的示例 (0 到 511)。

[0048] 图 14 到图 15 是利用 BRGC 的反射对修改的 1024-QAM 的示例 (512 到 1023)。

[0049] 图 16 到图 17 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (0 到 511)。

[0050] 图 18 到图 19 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (512 到 1023)。

[0051] 图 20 到图 21 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (1024 到 1535)。

[0052] 图 22 到图 23 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (1536 到 2047)。

[0053] 图 24 到图 25 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (2048 到 2559)。

[0054] 图 26 到图 27 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (2560 到 3071)。

[0055] 图 28 到图 29 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (3072 到 3583)。

[0056] 图 30 到图 31 是利用 BRGC 的反射对修改的 4096-QAM 的示例 (3584 到 4095)。

[0057] 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。

- [0058] 图 33 是将 MQAM 变换成不均匀的星座图的示例。
- [0059] 图 34 是数字发送系统的示例。
- [0060] 图 35 是输入处理器的示例。
- [0061] 图 36 是可以包括在基带 (BB) 中的信息。
- [0062] 图 37 是 BICM 的示例。
- [0063] 图 38 是缩短 / 打孔编码器的示例。
- [0064] 图 39 是应用各种星座的示例。
- [0065] 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。
- [0066] 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。
- [0067] 图 42 是帧构造器的示例。
- [0068] 图 43 是图 4 所示的导频插入 (404) 的示例。
- [0069] 图 44 是 SP 的结构。
- [0070] 图 45 是新的 SP 结构或导频模式 (PP) 5。
- [0071] 图 46 是所提出的 PP5' 的结构。
- [0072] 图 47 是数据符号与前导码之间的关系。
- [0073] 图 48 是数据符号与前导码之间的另一种关系。
- [0074] 图 49 是有线信道延迟概况的示例。
- [0075] 图 50 是使用  $z = 56$  和  $z = 112$  的分散导频结构。
- [0076] 图 51 是基于 OFDM 的调制器的示例。
- [0077] 图 52 是前导码结构的示例。
- [0078] 图 53 是前导码解码的示例。
- [0079] 图 54 是设计更优化的前导码的过程。
- [0080] 图 55 是前导码结构的另一个示例。
- [0081] 图 56 是前导码解码的另一个示例。
- [0082] 图 57 是前导码结构的示例。
- [0083] 图 58 是 L1 解码的示例。
- [0084] 图 59 是模拟处理器的示例。
- [0085] 图 60 是数字接收机系统的示例。
- [0086] 图 61 是在接收机处使用的模拟处理器的示例。
- [0087] 图 62 是解调器的示例。
- [0088] 图 63 是帧解析器的示例。
- [0089] 图 64 是 BICM 解调器。
- [0090] 图 65 是利用缩短 / 打孔的 LDPC 解码的示例。
- [0091] 图 66 是输出处理器的示例。
- [0092] 图 67 是 8MHz 的 L1 块重复率的示例。
- [0093] 图 68 是 8MHz 的 L1 块重复率的示例。
- [0094] 图 69 是新的 7.61MHz 的 L1 块重复率的示例。
- [0095] 图 70 是在帧报头中发送的 L1 信令的示例。
- [0096] 图 71 是前导码和 L1 结构仿真结果。

- [0097] 图 72 是符号交织器的示例。
- [0098] 图 73 是 L1 块发送的示例。
- [0099] 图 74 是在帧报头中发送的 L1 信令的另一个示例。
- [0100] 图 75 是频率或时间交织 / 去交织的示例。
- [0101] 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。
- [0102] 图 77 示出了用于最小化开销的 FECFRAME 报头的结构。
- [0103] 图 78 示出了前述 L1 保护的误码率 (BER) 性能。
- [0104] 图 79 示出了传输帧和 FEC 帧结构的示例。
- [0105] 图 80 示出了 L1 信令的示例。
- [0106] 图 81 示出了 L1-pre 信令的示例。
- [0107] 图 82 示出了 L1 信令块的结构。
- [0108] 图 83 示出了 L1 时间交织。
- [0109] 图 84 示出了提取调制和编码 (code) 信息的示例。
- [0110] 图 85 示出了 L1-pre 信令的另一示例。
- [0111] 图 86 示出了前导码中发送的 L1 信令块的调度的示例。
- [0112] 图 87 示出了考虑了功率提升 (power boosting) 的 L1-pre 信令的示例。
- [0113] 图 88 示出了 L1 信令的示例。
- [0114] 图 89 示出了提取调制和编码信息的另一示例。
- [0115] 图 90 示出了提取调制和编码信息的另一示例。
- [0116] 图 91 示出了 L1-pre 同步的示例。
- [0117] 图 92 示出了 L1-pre 信令的示例。
- [0118] 图 93 示出了 L1 信令的示例。
- [0119] 图 94 示出了 L1 信令通道的示例。
- [0120] 图 95 是在帧报头内发送的 L1 信令的另一示例。
- [0121] 图 96 是在帧报头内发送的 L1 信令的另一示例。
- [0122] 图 97 是在帧报头内发送的 L1 信令的另一示例。
- [0123] 图 98 示出了 L1 信令的示例。
- [0124] 图 99 是符号交织器的示例。
- [0125] 图 100 示出了图 99 的时间交织器的交织性能。
- [0126] 图 101 是符号交织器的示例。
- [0127] 图 102 示出了图 101 的时间交织器的交织性能。
- [0128] 图 103 是符号去交织器的示例。
- [0129] 图 104 是时间交织的另一示例。
- [0130] 图 105 是利用图 104 所示的方法的交织的结果。
- [0131] 图 106 是图 105 的寻址方法的示例。
- [0132] 图 107 是 L1 时间交织的另一示例。
- [0133] 图 108 是符号去交织器的示例。
- [0134] 图 109 是去交织器的另一示例。

- [0135] 图 110 是符号去交织器的示例。
- [0136] 图 111 是用于时间去交织的行地址和列地址的示例。
- [0137] 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。
- [0138] 图 113 是使用数据切片的 OFDM 发射机的示例。
- [0139] 图 114 是使用数据切片的 OFDM 接收机的示例。
- [0140] 图 115 是时间交织器的示例和时间去交织器的示例。
- [0141] 图 116 是形成 OFDM 符号的示例。
- [0142] 图 117 是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0143] 图 118 是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0144] 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。
- [0145] 图 120 是在接收机处从前导码获得 L1\_XFEC\_FRAME 的处理的示例。
- [0146] 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。
- [0147] 图 122 是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0148] 图 123 是使用数据切片的 OFDM 发射机的示例。
- [0149] 图 124 是使用数据切片的 OFDM 接收机的示例。
- [0150] 图 125 是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0151] 图 126 是时间去交织器 (TDI) 的示例。
- [0152] 图 127 是时间交织器 (TI) 的示例。
- [0153] 图 128 是前导码时间交织和去交织流程的示例。
- [0154] 图 129 是 L1 报头信令中的时间交织深度参数。
- [0155] 图 130 是 L1 报头信令、L1 结构和填充 (padding) 方法的示例。
- [0156] 图 131 是 L1 信令的示例。
- [0157] 图 132 是 dslice\_ti\_depth 的示例。
- [0158] 图 133 是 dslice\_type 的示例。
- [0159] 图 134 是 plp\_type 的示例。
- [0160] 图 135 是 P1p\_payload\_type 的示例。
- [0161] 图 136 是 P1p\_modcod 的示例。
- [0162] 图 137 是 GI 的示例。
- [0163] 图 138 是 PAPR 的示例。
- [0164] 图 139 是 L1 信令的示例。
- [0165] 图 140 是 plp\_type 的示例。
- [0166] 图 141 是 L1 信令的示例。
- [0167] 图 142 是 L1 报头信令、L1 结构和填充方法的示例。

## 具体实施方式

- [0168] 图 141 是 L1 信令的一个示例。
- [0169] 图 142 是 L1 报头信令、L1 结构和填充方法的一个示例。
- [0170] 本发明的实施方式
- [0171] 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。

[0172] 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。

[0173] 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。

[0174] 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。

[0175] 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)。

[0176] 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 1024 QAM (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:

$$[0177] \int_{-\infty}^{x_j} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = p_j, \quad p_j \in \left\{ \frac{1}{2N}, \frac{3}{2N}, \dots, \frac{2N-1}{2N} \right\} \quad (\text{式 1})$$

[0178] 图 3 是利用上述方法将 DVB-T 的 64 QAM 变换成为 NU-64 QAM 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 512 QAM (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。

[0179] 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。

[0180] 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。

[0181] 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。

[0182] 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。

[0183] 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。

[0184] 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:

$$[0185] \int_{-\infty}^{x_j} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = P_j \quad P_j = \frac{\sum_{i=0}^{j-1} n_i + \frac{n_j}{2N}}{M}, \quad n_0 = 0 \quad (\text{式 2})$$

[0186] 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:

$$[0187] P_j \in \left\{ \frac{2.5}{256}, \frac{10}{256}, \frac{22}{256}, \frac{36}{256}, \frac{51}{256}, \frac{67}{256}, \frac{84}{256}, \frac{102}{256}, \frac{119.5}{256}, \frac{136.5}{256}, \frac{154}{256}, \frac{172}{256}, \frac{189}{256}, \frac{205}{256}, \frac{220}{256}, \frac{234}{256}, \frac{246}{256}, \frac{253.5}{256} \right\}$$

[0188] 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。

[0189] 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。

[0190] 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 流变换为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。

[0191] 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。

[0192] 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。

[0193] 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。

[0194] 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。

[0195] 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。

[0196] 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 :

[0197] \*FEC 类型 (1 比特 ) - 长或短 LDPC

[0198] \* 码率 (3 比特 )

[0199] \* 调制 (3 比特 ) - 最高 64K QAM

[0200] \*PLP 标识符 (8 比特 )

[0201] 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。

[0202] 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)。

[0203] 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。

[0204] 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 :

[0205] \* 绑定的信道的数量 (4 比特 )

[0206] \* 保护间隔 (2 比特 )

[0207] \*PAPR(2 比特 )

[0208] \* 导频模式 (2 比特 )

[0209] \* 数字系统标识 (16 比特 )

[0210] \* 帧标识 (16 比特 )

[0211] \* 帧长度 (16 比特 ) 每个帧的正交频分复用 (OFDM) 符号的数量

[0212] \* 超帧长度 (16 比特 ) 每个超帧的帧的数量

[0213] \*PLP 的数量 (8 比特 )

[0214] \*for 各个 PLP

[0215] PLP 标识 (8 比特 )

- [0216] 信道绑定 id(4 比特)
- [0217] PLP 起始 (9 比特)
- [0218] PLP 类型 (2 比特) 公共 PLP 或其它
- [0219] PLP 有效载荷类型 (5 比特)
- [0220] MC 类型 (1 比特)- 固定 / 可变调制 & 编码
- [0221] if MC 类型 == 固定调制 & 编码
- [0222] FEC 类型 (1 比特) - 长或短 LDPC
- [0223] 码率 (3 比特)
- [0224] 调制 (3 比特) 最高 64K QAM
- [0225] end if ;
- [0226] 陷波信道的数量 (2 比特)
- [0227] for 各个陷波
- [0228] 陷波起始 (9 比特)
- [0229] 陷波宽度 (9 比特)
- [0230] end for ;
- [0231] PLP 宽度 (9 比特) -PLP 的最大数量个 FEC 块
- [0232] PLP 时间交织类型 (2 比特)
- [0233] end for ;
- [0234] \*CRC-32(32 比特)
- [0235] 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。
- [0236] 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。
- [0237] 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。
- [0238] 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。

[0239] 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。

[0240] 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。

[0241] 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。

[0242] 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。

[0243] 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。

[0244] 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。

[0245] 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。

[0246] 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。

[0247] 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。

[0248] 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。

[0249] 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。

[0250] 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;并且在对频率偏置做出补偿前,无法进行 L1 解码(重新排列)。

[0251] 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。

[0252] 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。

[0253] 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。

[0254] 图 49 示出了有线信道延迟概况的一个示例。

[0255] 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  $9.3 \mu s$ (PP5) 和  $4.7 \mu s$ (PP7) 相比,PP5' 可以是  $8 \mu s$  且 PP7' 可以是  $4 \mu s$ 。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。

[0256] 如果可以忽略  $-40dB$  的延迟通道,则实际的延迟扩展可以变成  $2.5\mu s$ 、 $1/64$  GI =

$7 \mu s$ 、或  $1/128 GI = 3.5 \mu s$ 。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。

[0257] 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。

[0258] 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,都不可能出现不规律的导频模式。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。

[0259] 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两者。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。

[0260] 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。

[0261] 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。

[0262] 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。图 53a 重新排列为图 53b。

[0263] 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。

[0264] 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)。

[0265] 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。

[0266] 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。

[0267] 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。

[0268] 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。

[0269] 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。

[0270] 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。

[0271] 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。

[0272] 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

传输道中的错误。输出处理器 r101 可以恢复初始发送的业务流和定时信息。

[0273] 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。

[0274] 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。

[0275] 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。

[0276] 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 / 可变解调制和解码处理。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。

[0277] 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。

[0278] 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。

[0279] 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。

[0280] 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。

[0281] 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。

[0282] 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。

[0283] 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。

[0284] 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  $LCM = 24\text{MHz}$ , 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-FFTDVB-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。

[0285] 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。

[0286] 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。

[0287] 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。

[0288] 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。

[0289] 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。

[0290] 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。

[0291] 当按照如下假定执行仿真时: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,可以获得如下结果或结论,诸如仅用于 L1 发送的前导码可能并不充分;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,可以使用被缩短的 / 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,可以按照可忽略的开销来添加填充。在图 71 中概述了结果。

[0292] 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。

[0293] 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。

[0294] 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。

[0295] 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。

[0296] 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  $11,776 \times 2$  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。

[0297] 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。

[0298] 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。

[0299] 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。

[0300] 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。

[0301] 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。

[0302] 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。

[0303] 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。

[0304] 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。

[0305] 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。

[0306] 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。

[0307] 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。

[0308] 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。

[0309] 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。

[0310] 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\_intr1v, 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))。

[0311] 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第一 LDPC 块。还可以获得其余的 LDPC 块的数量和大小。

[0312] 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。

[0313] 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。

[0314] 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。

[0315] 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。

[0316] 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。

[0317] 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。

[0318] 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。

[0319] 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。

[0320] 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。

[0321] 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。

[0322] 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。

[0323] 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。

[0324] 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。

[0325] 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。

[0326] 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。

[0327] 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。

[0328] 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。

[0329] 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。

[0330] 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。

[0331] 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。

[0332] 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。

[0333] 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。

[0334] 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 L1 FEC 块重复的情况,可以对齐、组合 (r301f) L1 FEC 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 L1 FEC 块并划分所添加的 L1 FEC 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。

[0335] 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。

[0336] 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。

[0337] 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。

[0338] 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。

[0339] 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。

[0340] 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。

[0341] 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。

[0342] 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。

[0343] 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。

[0344] 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。

[0345] 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。

[0346] 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。

[0347] 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。

[0348] 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。

[0349] 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。

[0350] 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。

[0351] 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。

[0352] 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。

[0353] 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。

[0354] 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。

[0355] 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。

[0356] 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,  $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ , 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。

[0357] 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。

[0358] 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。

[0359] 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。

[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]  $R_i, j = ((i \bmod W) + T_w) \bmod D$ ;

[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] 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<sub>i</sub>, j 和 C<sub>i</sub>, 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。Tw 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 Tw 值执行独立的扭曲的缓冲器。L<sub>i</sub>, 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<sub>i</sub>, j 可以具有从 0 到 (N-1) 的值。可以有两种不同的方法。L<sub>i</sub>, j(1) 在逐行连接存储器矩阵时使用,而 L<sub>i</sub>, j(2) 在逐列连接存储器矩阵时使用。

[0370] 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。i 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。

[0371] 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。

[0372] 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。

[0373] 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。

[0374] 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。

[0375] 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。

[0376] 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。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。

[0377] 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。ADCr701 可以将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。

[0378] 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。

[0379] 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。

[0380] 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。

[0381] 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。

[0382] 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。

[0383] 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。

[0384] 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。

[0385] 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。

[0386] 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。

[0387] 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。

[0388] 图 115 示出了时间交织(图 115a)和时间去交织(图 115b)。

[0389] 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)。

[0390] 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。

[0391] 可以使用如下的地址运算来执行去交织(r712-L1)。

[0392] 第 j 块上的第 i 样本(包括导频)

[0393]  $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$ ;

[0394]  $N = D*W$ ;

[0395]  $C_i, j = i \bmod W$ ;

[0396]  $T_w = ((C_i, j \bmod D)*j) \bmod D$ ;

[0397]  $R_i, j = ((i \bmod W) + T_w) \bmod D$ ;

[0398]  $L_i, j(1) = R_i, j * W + C_i, j$ ;

[0399] 或者

[0400]  $L_i, j(2) = C_i, j * D + R_i, j$ ;

[0401] 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。

[0402] 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。

[0403] 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。

[0404] 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。

[0405] 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。

[0406] 可以有两种可能的解决方案。第一解决方案可以是通过前导码的 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。

[0407] 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。

[0408] 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。

[0409] 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。

[0410] 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 L1 FEC 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。

[0411] 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。

[0412] 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。

[0413] 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。

[0414] 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。

[0415] 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。

[0416] 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 字段可以具有以下的值。

- [0417] PLP\_type = 00( 公共 PLP)
- [0418] PLP\_type = 01( 普通数据 PLP)
- [0419] PLP\_type = 10( 解复用数据 PLP)
- [0420] PLP\_type = 11( 保留 )

[0421] 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。

[0422] 图 129 是由图 123 中所示的 L1 通道上的 FEC 报头模块 705-L1 处理的 L1 的信令字段的 L1 时间交织字段的示例。如图 129 所示, 可以使用一个比特或两个比特用于时间交织参数。如果使用一个比特, 则在比特值是 0 时不执行交织, 而在比特值是 1 时可以执行深度为前导码符号中使用的 OFDM 符号的交织。如果使用两个比特, 则在比特值是 00 时执行交织深度为 0 的交织或不执行交织, 而在比特值是 01 时可以执行深度为前导码符号中使用的 OFDM 符号的交织。当比特值是 10 时可以执行深度为四个 OFDM 符号的交织。当比特值是 11 时可以执行深度为八个 OFDM 符号的交织。

[0423] 接收机 (具体地说, 图 124 中所示的 L1 通道上的 FEC 报头解码器 r1012-L1) 可以提取图 129 中所示的时间交织 (TI) 参数。利用这些参数, 时间去交织器 r1010-L1 可以根据交织深度执行去交织。在 L1 报头中发送的参数为 L1 信息大小 (15 比特)、时间交织参数 (最大 2 比特) 和 CRC (最大 2 比特)。如果使用 Reed-Muller 码 RM(16, 32) 对 L1 报头信令字段进行解码, 则由于能够发送的比特是 16 比特, 所以不存在足够的比特数。图 130 示出了可以用于这种情况的 L1 信令字段和填充方法的示例。

[0424] 图 130 示出了在图 123 的 L1 通道上的 FEC 报头模块 705-L1 处执行的处理。在图 130a 中, 信令字段列中的 L1( ) 表示 L1 大小, 而 TI( ) 表示时间交织参数的大小。对于第一种情况或者当发送 L1 大小 (15 比特) 和 TI(1 比特) 时, 可能不需要附加填充, 并且能够获得 L1 报头的基本解码性能, 然而, 因为发送了是否执行时间交织的信息, 所以对于短 L1 块, 不能获得交织效果。

[0425] 对于第二种情况或者当 L1 大小减小到原始大小的 1/8 时, 发送具有多个比特的信息 (例如, L1(12 比特)、TI(2 比特) 和 CRC(2 比特)) 成为可能。因此, 对于第二种情况, 可以预期最好的 L1 解码性能和时间交织效果。然而, 第二种情况需要附加填充处理, 以在 L1 大小不是 8 的倍数时使得 L1 大小为 8 的倍数。图 130b 表示能够在图 123 的 L1 信号 (700-L1) 处执行的填充方法。它示出了填充位于 L1 块之后并且覆盖有 CRC 编码。因此, 在接收机处, 图 124 的 L1 通道上的 FEC 解码 BCH/LDPC 模块 r715-L1 可以执行 FEC 解码, 然后如果在检查 CRC 字段时不存在错误, 则可以执行根据 L1 信令字段的比特解析, 然后需要将

剩余的比特定义为填充或者 CRC32 并将剩余的比特从参数中排除的处理。

[0426] 对于第三种情况或者当 L1 大小被表述为 QAM 映射单元的数量而不是比特数时, 可以减小比特数。对于第四种情况,L1 大小不是表述为整个 L1 块的大小, 而是每单个 OFDM 符号的 L1 大小。因此, 接收机为了获得整个 L1 块的大小, 需要将单个 OFDM 符号中的 L1 块的大小乘以前导码中使用的 OFDM 符号的数量。在这种情况下, 实际 L1 大小需要排除填充。

[0427] 对于第五种情况, 通过不将 L1 块表述为比特数而表述为 QAM 映射单元的数量, 可以使比特减少更多。对于第三到第五种情况, 给出了 TI、CRC 参数和所需的填充比特的数量。对于 L1 块大小被表述为单元的数量的情况, 接收机为了获得以比特为单位的 L1 大小, 该接收机需要将仅被发送的单元的比特数乘以接收到的 L1 大小。此外, 需要排除填充比特的数量。

[0428] 最后一种情况示出了通过在报头中使用两个 RM 码块使总比特数增加到 32 比特。因为各 RM 码块需要两比特的 CRC 字段, 所以总的 CRC 字段变成 4 比特。图 124 的 L1 通道上的接收机或 FEC 报头解码器 r1012-L1 需要通过对总共两个 FEC 块执行 FEC 解码来获得所需的参数。利用所获得的参数, 接收机(具体地说, 图 124 的 L1 通道上的时间去交织器 r1010-L1)可以确定是否执行去交织, 并且如果确定要执行去交织, 则可以获得去交织深度。此外, FEC 解码 BCH/LDPC 模块 r715-L1 可以获得执行 FEC 解码所需的 LDPC 块长度和缩短 / 打孔参数。可以去除向系统控制器发送 L1 信号所需的不必要的填充字段。

[0429] 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。

[0430] 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。

[0431] 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。

[0432] 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。

[0433] 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。

[0434] 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。

[0435] 图129示出了L1报头信令中的时间交织深度参数。对于L1报头结构，RM(16,32)具有16比特容量。最大2比特的CRC可以改善RM BER性能。L1报头需要的信令字段是L1\_info\_size(15比特)(其可能需要最大5个OFDM符号)和TI\_depth(2比特或1比特)。然而，总共18或19比特超过了L1报头的容量。

[0436] 图131示出了在帧报头中发送的L1信令的示例。L1信令信息可以在接收机处用作解码参数。尤其是，图124的L1信号通道上的模块可以执行L1信令解码，而图124的PLP通道上的模块可以使用多个参数，从而能够对业务进行解码。接收机能够从L1通道的信号获得L1信令的参数，L1通道的信号根据各字段的顺序和字段长度被解码。下面解释各字段的意义及其使用。各字段的名称、各字段的比特数或各字段的示例可以修改。

[0437] num\_chbon：该字段表示在信道绑定中使用的信道的数量。使用该字段，接收机可以获得所使用的信道的总带宽。信道可以具有6MHz、7MHz、8MHz或其它值的带宽。

[0438] num\_dslice：该字段表示绑定信道中存在的数据切片的数量。在L1信令解码之后，接收机访问包含数据切片信息的环(loop)，以获取数据切片信息。使用该字段，接收机可以获得用于解码的环的大小。

[0439] num\_notch：该字段表示绑定信道中存在的陷波波段(notch band)的数量。在L1信令解码之后，接收机访问包含陷波波段信息的环，以获取陷波波段信息。使用该字段，接收机可以获得用于解码的环的大小。

[0440] 对于各数据切片，dslice\_id、dslice\_start、dslice\_width、dslice\_ti\_depth、dslice\_type、dslice\_pwr\_allocation和PLP信息可以在帧报头的前导码中发送。数据切片可以看作包含一个或更多个PLP的特定带宽。可以在PLP中发送业务。接收机需要访问包含特定PLP的数据切片，以对业务进行解码。

[0441] dslice\_id：该字段可以用于数据切片标识。绑定信道中的各数据切片可以具有唯一值。当接收机访问一个PLP以对业务进行解码时，接收机可以使用该字段将该PLP所在的数据切片与其它数据切片区分开。

[0442] dslice\_start：该字段表示绑定信道内的数据切片的起始位置。使用该字段，接收机可以获得数据切片开始的频率。此外，可以使用该字段进行调谐以访问数据切片。

[0443] dslice\_width：该字段表示数据切片的带宽。使用该字段，接收机可以获得数据切片的大小。尤其是，该字段可以用于时间去交织，以使得能够进行解码。与dslice\_start字段一起，接收机能够确定要从接收到的RF信号中对哪个频率进行解码。该处理可以在图124的调谐器r700处执行。诸如dslice\_start和dslice\_width的信息可以用作调谐器r700的控制信号。

[0444] dslice\_ti\_depth：该字段表示在对数据切片进行时间交织时使用的时间交织器深度。与dslice\_width一起，接收机能够获得时间去交织器的带宽和深度，并且能够执行时间去交织。图132示出了dslice\_ti\_depth的示例。在该示例中，在时间交织中使用了1、4、8、或16个OFDM符号。这在图124的时间去交织器r710处执行。dslice\_width和dslice\_ti\_depth可以用作控制信号。

[0445] **dslice\_type** : 该字段表示数据切片的类型。类型 1 数据切片中具有单个 PLP，并且该 PLP 是所应用的恒定编码与调制 (CCM, Constant Coding and Modulation)。类型 2 数据切片表示所有其它类型的数据切片。使用该字段，接收机可以根据 PLP 执行解码。类型 1 的 PLP 没有 FECFRAME 报头，因此接收机不寻找 FECFRAME 报头。对于类型 2，接收机寻找 PLP 的 FECFRAME 报头，以获得 MODCOD 信息。图 133 示出了 **dslice\_type** 的示例。使用该字段，图 124 的数据切片解析器 r711 能够控制 FEC 报头解码器 r712-c, k。

[0446] **dslice\_pwr\_allocation** : 该字段表示数据切片的功率。各数据切片可以具有与其它数据切片不同的功率。它用于有线系统上的链路自适应。接收机能够使用该字段控制接收到的数据切片的功率。图 124 的调谐器 r700 可以使用该字段调节信号增益。

[0447] **num\_plp** : 该字段表示数据切片中的 PLP 的数量。在 L1 信令解码之后，接收机访问包括 PLP 信息的环。使用该字段，接收机可以获得该环的大小并对 PLP 进行解码。

[0448] 对于各 PLP，**plp\_id**、**plp\_type**、**PSI/SI** 再处理、**plp\_payload\_type**、**plp\_modcod** 和 **plp\_start\_addr** 可以在帧报头（前导码）中发送。各 PLP 可以发送一个或更多个流或者诸如 TS 和 GSE 的数据包。接收机可以通过对发送业务的 PLP 进行解码来获得业务。

[0449] **plp\_id** : 该字段是 PLP 标识符，并且针对绑定信道中的每一个 PLP 具有唯一值。使用该字段，接收机能够访问存在要解码的业务的 PLP。该字段能够起到与 FECFRAME 报头中发送的 **plp\_id** 相同的目的。图 124 中的 FEC 报头解码器 r712-c, k 能够使用该字段访问所需的 PLP。

[0450] **plp\_type** : 该字段表示 PLP 类型是公共 PLP 还是数据 PLP。使用该字段，接收机能够找出公共 PLP，并且能够从该公共 PLP 获得对 TS 数据包进行解码所需的信息。此外，接收机可以对数据 PLP 内的 TS 数据包进行解码。图 134 示出了 **plp\_type** 的示例。

[0451] **PSI/SI** 再处理 : 该字段表示接收到的信号的 PSI/SI 是否被再处理。使用该字段，接收机能够确定是否要从所发送的业务中查询 (refer) 特定业务的 PSI/SI。例如，如果接收机不能从所发送的业务中查询特定业务的 PSI/SI，则例如可以通过公共 PLP 发送特定业务能够查询的 PSI/SI。使用该信息，接收机能够对业务进行解码。

[0452] **plp\_payload\_type** : 该字段表示 PLP 发送的有效载荷数据的类型。接收机能够在对 PLP 内的数据进行解码之前使用该字段。如果接收机不能对特定类型的数据进行解码，则可以防止对包含该特定类型的数据的 PLP 进行解码。图 135 示出了 **plp\_payload\_type** 的示例。如果数据切片具有单个 PLP 并且 CCM 被应用于数据切片，即，类型 1 的数据切片，则可以附加地发送诸如 **plp\_modcod** 和 **plp\_start\_addr** 的字段。

[0453] **plp\_modcod** : 该字段表示 PLP 上使用的调制类型和 FEC 码率。使用该字段，接收机可以执行 QAM 解调和 FEC 解码。图 136 示出了 **plp\_modcod** 的示例。图 136 中所示的这些值可以在 FECFRAME 的报头中发送的 modcod 中使用。图 124 的符号去映射器 r713-c, k 和 FEC 解码 BCH/LDPC 模块 r715-c, k 可以使用该字段进行解码。

[0454] **plp\_start\_addr** : 该字段表示 PLP 的第一 FECFRAME 在传输帧中出现的位置。使用该字段，接收机可以获得 FECFRAME 的起始位置并执行 FEC 解码。使用该字段，图 124 的数据切片解析器 r711 能够对类型 1 的 PLP 的 FECFRAME 进行同步。对于各陷波波段，可以在帧报头（前导码）中发送诸如 **notch\_start** 和 **notch\_width** 的信息。

[0455] **notch\_start** : 该字段表示陷波波段的起始位置。**Notch\_width** : 该字段表示陷波

波段的宽度。使用 notch\_start 和 notch\_width, 接收机可以获得绑定信道内的陷波波段的位置和大小。此外, 可以获得正确的业务解码的调谐位置, 并且可以检查特定带宽内的业务的存在。图 124 的调谐器 r700 可以使用该信息执行调谐。

[0456] GI : 该字段表示系统中使用的保护间隔信息。接收机可以使用该字段获得保护间隔信息。图 124 的时间 / 频率同步模块 r702 和 GI 去除模块 r704 可以使用该字段。图 137 示出了示例。

[0457] num\_data\_symbols : 该字段表示一个帧中使用的数据 OFDM 字符的数量 (除前导码外)。传输帧长度可以由该字段定义。使用该字段, 接收机可以预测随后的前导码的位置, 从而该字段可以用于对 L1 信令进行解码。图 124 的帧解析器 r708 可以使用该字段, 并预测作为前导码的 OFDM 符号, 并将信号发送给前导码解码通道。

[0458] num\_c2\_frames : 该字段表示超帧中存在的帧的数量。使用该字段, 接收机可以获得超帧的边界并且可以预测各超帧重复的信息。

[0459] frame\_idx : 该字段是帧索引, 并针对各超帧重置。使用该字段, 接收机可以获得当前帧编号, 并找出当前帧在超帧内的位置。使用该字段, 图 124 的帧解析器 r708 可以找出超帧内有多少帧在当前帧之前。与 num\_c2\_frames 一起, 可以预测 L1 信令中发生的变化, 并且可以控制 L1 解码。

[0460] PAPR : 该字段表示是否使用用于减小 PAPR 的子载波保留 (tone reservation)。使用该信息, 接收机能够相应地进行处理。图 138 示出了示例。例如, 如果使用子载波保留, 则接收机可以从解码中排除在子载波保留中使用的载波。具体地说, 图 124 的数据切片解析器 r711 可以使用该字段来从解码中排除载波。

[0461] reserved : 该字段是为未来使用保留的附加比特。

[0462] 图 139 示出了在帧报头中发送的 L1 信令的另一示例。在图 139 中, 附加添加到图 131 的信息可以使接收机进行的业务解码更有效。随后的字段仅解释附加信息。其它字段与图 131 相同。

[0463] network\_id : 该字段表示所发送的信号所属的网络。使用该字段, 接收机可以找出当前网络。当接收机调谐到另一网络, 以找出该网络中的业务时, 该接收机可以更快地进行处理, 因为仅使用 L1 解码就足以确定所调谐到的网络是否是期望的网络。

[0464] c2\_system\_id : 该字段标识所发送的信号所属的系统。使用该字段, 接收机可以找出当前系统。当接收机调谐到另一系统以找出该系统中的业务时, 该接收机可以更快地进行处理, 因为仅使用 L1 解码就足以确定所调谐到的系统是否是所期望的系统。

[0465] c2\_signal\_start\_frequency : 该字段表示绑定信道的起始频率。c2\_signal\_stop\_frequency : 该字段表示绑定信道的结束频率。使用 c2\_signal\_start\_frequency 和 c2\_signal\_stop\_frequency, 所有数据切片的 RF 带宽可以通过对绑定信道内的特定带宽的 L1 进行解码找出。此外, 该字段可以用于获得 L1\_XFEC\_FRAME 的同步中所需的频移量。图 124 的 L1 XFEC 组合器 r1017-L1 可以使用该字段。此外, 当接收机接收到位于绑定信道的两端的数据切片时, 该字段可以用于调谐到适当频率。图 124 的调谐器 r700 可以使用该信息。

[0466] plp\_type : 该字段表示 PLP 是公共 PLP、普通数据 PLP 还是经分组的数据 PLP。使用该字段, 接收机可以识别公共 PLP, 并且能够从该公共 PLP 获得对 TS 数据包进行解码所需的信息, 然后可以对经分组的数据 PLP 内的 TS 数据包进行解码。图 140 示出了该字段的示

例。普通数据 PLP 是没有公共 PLP 的数据 PLP。在这种情况下,接收机不需要找出公共 PLP。公共 PLP 或经分组 PLP 可以发送诸如 plp\_group\_id 的信息。对于其它类型的 PLP,因为不需要发送附加信息,因此更高效的传输是可能的。

[0467] plp\_group\_id :该字段表示当前 PLP 所属的组。经分组的数据 PLP 可以利用公共 PLP 发送公共 TS 参数。使用该字段,如果当前解码的 PLP 是经分组 PLP,则接收机可以找出所需的公共 PLP,获得经分组 PLP 的 TS 数据包所需的参数,并形成完整的 TS 数据包。

[0468] reserved\_1/reserved\_2/reserved\_3 :这些字段分别是供数据切片环、PLP 环和传输帧未来使用而保留的附加比特。

[0469] 图 141 示出了在帧报头中发送的 L1 信令的另一示例。与图 139 相比,可以发送更多的最优化信息,从而可以出现更少的信令开销。因此,接收机能够有效地对业务进行解码。尤其是,图 124 的 L1 信号通道上的模块可以执行 L1 信令解码,而图 124 的 PLP 通道上的模块可以使用多个参数,从而能够对业务进行解码。接收机能够从 L1 通道的信号获得 L1 信令的参数,L1 通道的信号根据各字段的顺序和字段长度被解码。各字段的名称、各字段的比特数或各字段的示例可以修改。除 dslice\_width 外的字段描述与前述字段的描述相同。根据示例的 dslice\_width 的功能如下。

[0470] dslice\_width :该字段表示数据切片的带宽。使用该字段,接收机可以获得数据切片的大小。尤其是,该字段可以用于时间去交织,以使得能够进行解码。与 dslice\_start 字段一起,接收机能够确定从接收到的 RF 信号中对哪个频率进行解码。该处理可以在图 124 的调谐器 r700 处执行。诸如 dslice\_start 和 dslice\_width 的信息可以用作调谐器 r700 的控制信号。此时,可以通过将 12 比特用于该 dslice\_width 字段来使数据切片的宽度扩展到最大 64MHz。使用该字段,接收机可以确定当前可用调谐器是否能够对当前数据切片进行解码。如果数据切片的宽度大于接收机的传统 (legacy) 调谐器的带宽,则为了对这样的数据切片进行解码,接收机可以使用至少两个传统调谐器或者具有足够大带宽的调谐器。在本示例中,dslice\_start、dslice\_width、notch\_start 和 notch\_width 中使用的值的间隔 (granularity) 可以是 12 个 OFDM 载波 (单元)。换句话说,接收机可以通过将所发送的值乘以 12 来找出实际 OFDM 单元的位置。在本示例中,针对 plp\_start\_addr 的间隔,可以使用一个 OFDM 载波 (单元)。换句话说,接收机可以找出在一个 OFDM 符号内有多少个 OFDM 符号和 OFDM 单元在 PLP 的起始位置之前。dslice\_start 和 dslice\_width 可以用于该目的。图 124 的数据切片解析器 r711 可以执行该处理。

[0471] 图 142 示出了在图 123 的 L1 通道上的 FEC 报头模块 705-L1 处的处理的示例。图 142a 示出了 FEC 报头结构,而图 142b 示出了图 129 中解释的 TI 深度的示例。可以在 L1 通道的 FEC 报头中发送总共 16 比特。可以向 L1\_info\_size 分配 14 比特。如果 L1\_info\_size 具有实际发送的 L1 块长度的一半的值,则接收机可以将接收到的 L1\_info\_size 乘以 2,并获得 L1 块的实际长度,并开始对 L1 进行解码。所获得的 L1 块的这个长度是包括填充的长度。

[0472] 对于通过 CRC 校验确定没有错误的 L1 块,接收机可以将 L1 解码之后的剩余比特视为填充。类似于先前的方法,最后两比特可以用于指示前导码的时间交织深度。图 123 的前导码映射器可以确定发送 L1 块所需的 OFDM 符号。然后,图 123 的时间交织器 1008-L1 可以执行时间交织。利用时间交织深度信息和 L1\_info\_size,接收机可以找出在多少个 OFDM

符号中发送了什么大小的 L1 块。可以在图 124 的 L1\_XFEC 组合器 1017-L1、L1\_FEC 合并器 1018-L1 和时间去交织器 1010-L1 处分别对 L1 块执行组合、合并和时间去交织。

[0473] 在图 124 的接收机处,可以通过将总 L1 块长度除以在前导码中使用的 OFDM 符号的数量来获得 OFDM 符号内的 L1\_XFEC 块的长度。可以根据  $ti\_depth$  中定义的值获得 OFDM 符号的数量。接收机的 L1\_XFEC 组合器 1017-L1 可以获得 L1\_XFEC 块。然后,可以利用  $ti\_depth$  执行时间去交织 1010-L1。最后, L1\_XFEC 块可以合并以获得 L1\_FEC 块。在 L1\_FEC 合并器 1018-L1、比特去交织器 r714-L1 和 LDPC/BCH 解码器 r715-L1 之后,可以获得 L1 块。可以将 L1\_info\_size 乘以 2,可以对 L1 块进行 CRC 校验,并且可以对 L1 进行解码。可以忽略不必要的填充。

[0474] 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。

[0475] 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。

[0476] 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。

[0477] 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。

[0478] 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%。

[0479] 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。

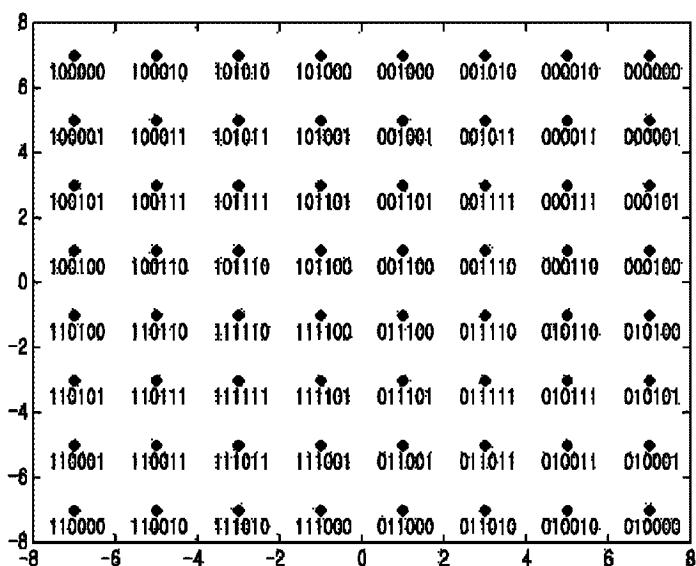


图 1

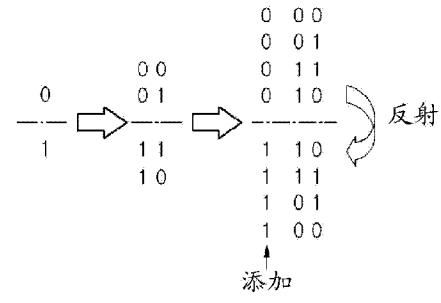


图 2

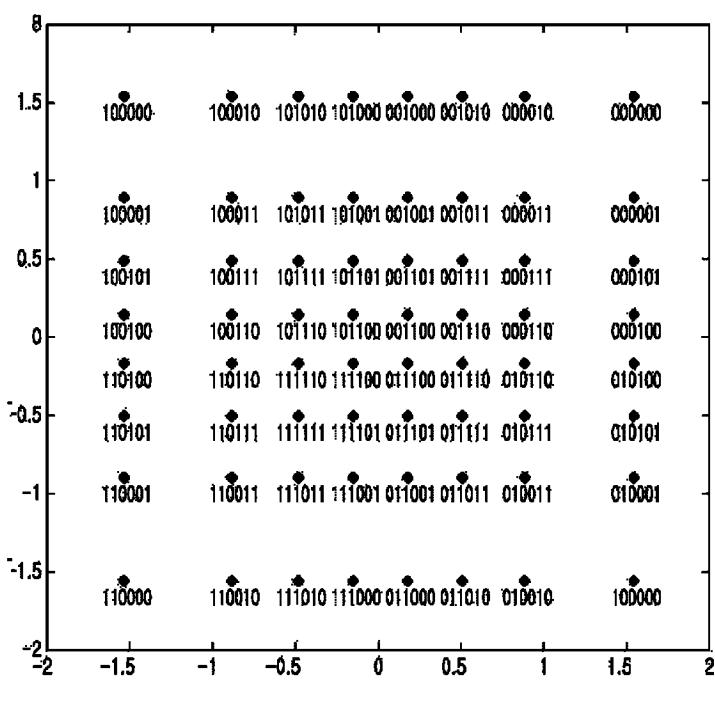


图 3

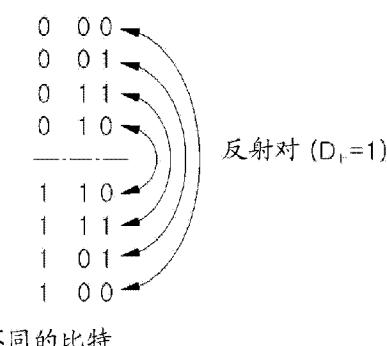


图 4

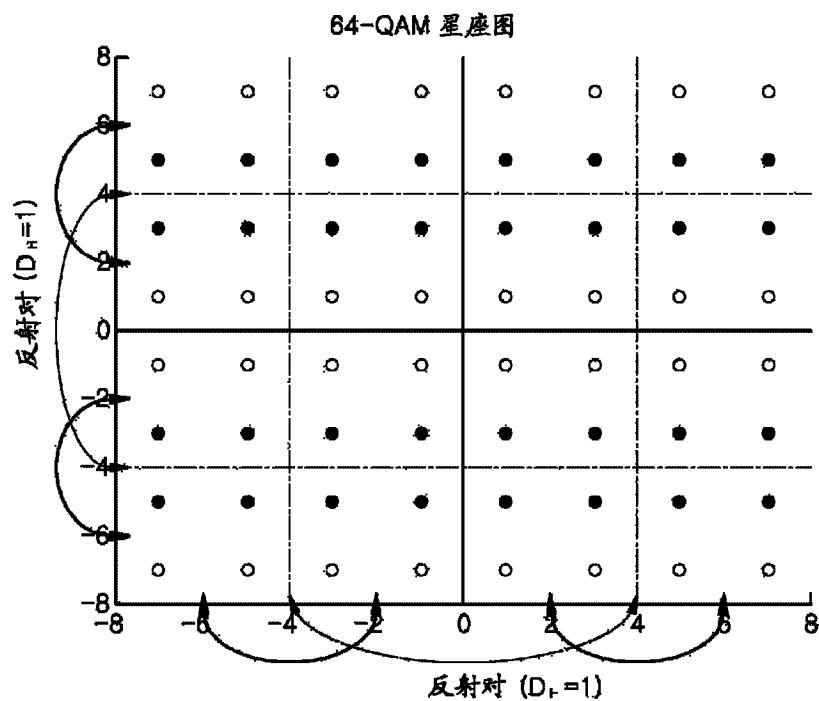
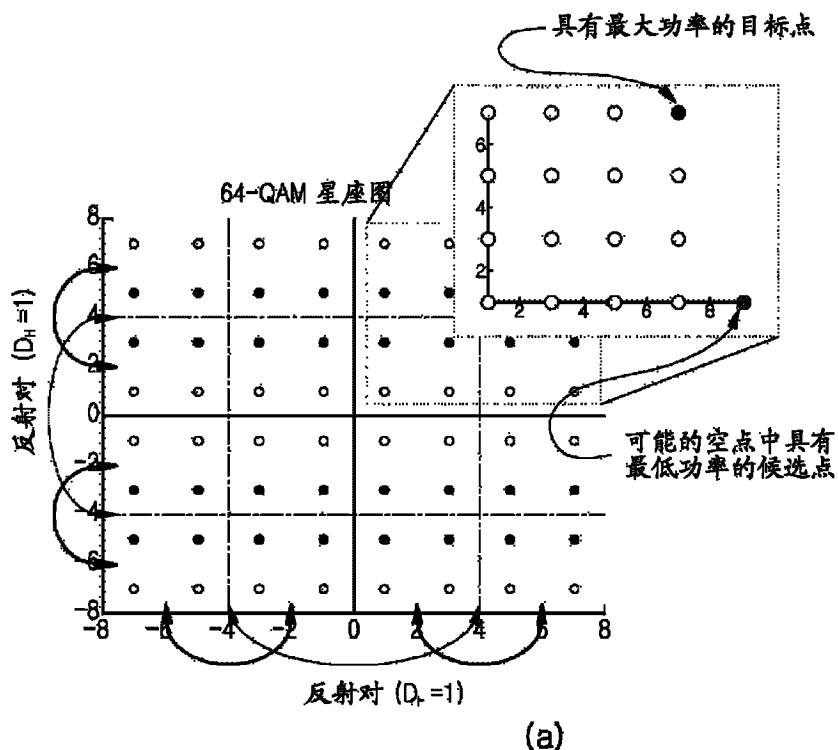
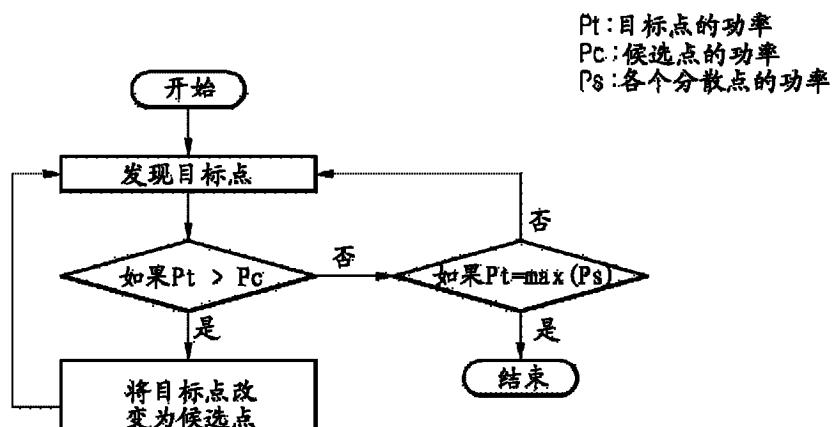


图 5



候选点是目标点的反射对的最接近的相邻点



(b)

图 6

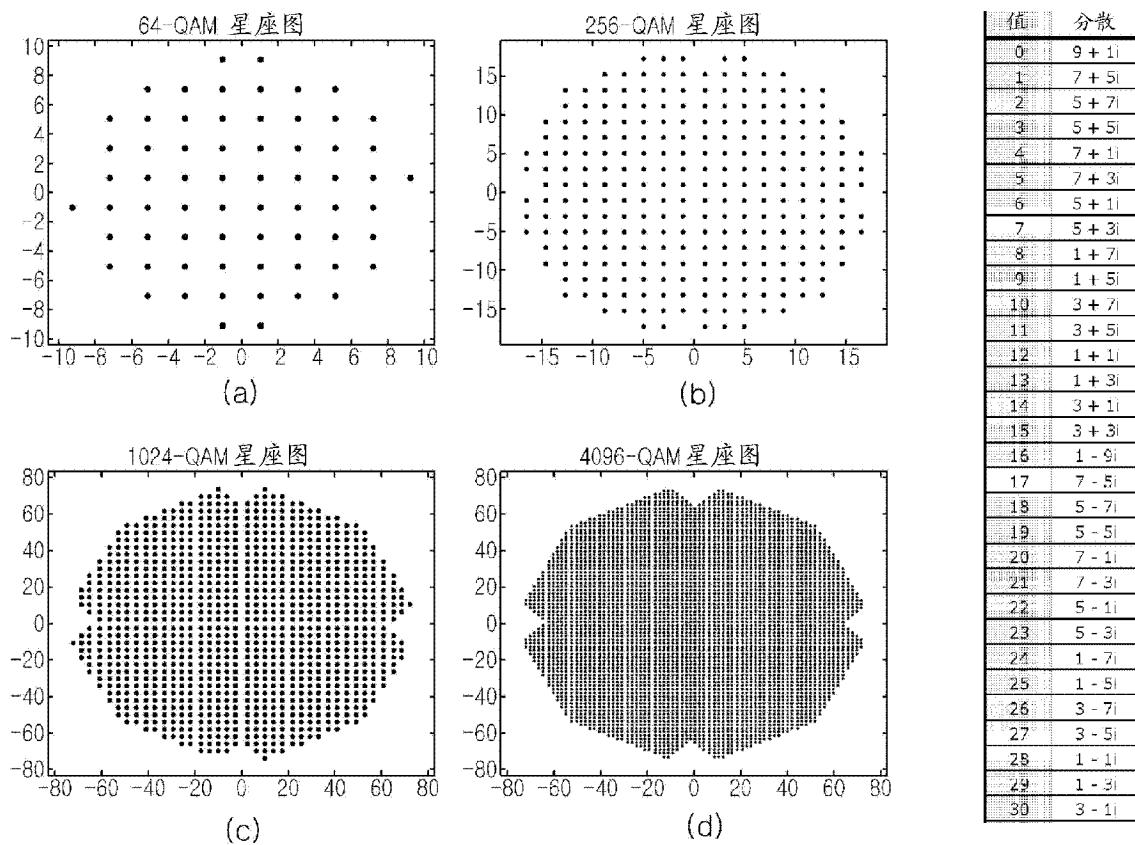


图 7

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

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 + 8i	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 9

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

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
0	33 + 1i	64	31 + 1i	128	1 + 31i	192	1 + 1i	256	1 - 33i	320	31 - 1i	384	1 - 31i	448	1 - 1i
1	33 + 3i	65	31 + 3i	129	1 + 29i	193	1 + 3i	257	33 - 3i	321	31 - 3i	385	1 - 29i	449	1 - 3i
2	3 + 33i	66	29 + 1i	130	3 + 31i	194	3 + 1i	258	3 - 33i	322	29 - 1i	386	3 - 31i	450	3 - 1i
3	35 + 3i	67	29 + 3i	131	3 + 29i	195	3 + 3i	259	3 - 35i	323	29 - 3i	387	3 - 29i	451	3 - 3i
4	33 + 7i	68	31 + 7i	132	1 + 25i	196	1 + 7i	260	33 - 7i	324	31 - 7i	388	1 - 25i	452	1 - 7i
5	33 + 5i	69	31 + 5i	133	1 + 27i	197	1 + 5i	261	33 - 5i	325	31 - 5i	389	1 - 27i	453	1 - 5i
6	35 + 7i	70	29 + 7i	134	3 + 25i	198	3 + 7i	262	35 - 7i	326	29 - 7i	390	3 - 25i	454	3 - 7i
7	35 + 5i	71	29 + 5i	135	3 + 27i	199	3 + 5i	263	35 - 5i	327	29 - 5i	391	3 - 27i	455	3 - 5i
8	7 + 33i	72	25 + 1i	136	7 + 31i	200	7 + 1i	264	7 - 33i	328	25 - 1i	392	7 - 31i	456	7 - 1i
9	7 + 35i	73	25 + 3i	137	7 + 29i	201	7 + 3i	265	7 - 35i	329	25 - 3i	393	7 - 29i	457	7 - 3i
10	5 + 33i	74	27 + 1i	138	5 + 31i	202	5 + 1i	266	5 - 33i	330	27 - 1i	394	5 - 31i	458	5 - 1i
11	3 + 35i	75	27 + 3i	139	5 + 29i	203	5 + 3i	267	5 - 35i	331	27 - 3i	395	5 - 29i	459	5 - 3i
12	25 + 25i	76	25 + 7i	140	7 + 25i	204	7 + 7i	268	25 - 25i	332	25 - 7i	396	7 - 25i	460	7 - 7i
13	25 + 27i	77	25 + 5i	141	7 + 27i	205	7 + 5i	269	25 - 27i	333	25 - 5i	397	7 - 27i	461	7 - 5i
14	27 + 25i	78	27 + 7i	142	5 + 25i	206	5 + 7i	270	27 - 25i	334	27 - 7i	398	5 - 25i	462	5 - 7i
15	37 + 5i	79	27 + 5i	143	5 + 27i	207	5 + 5i	271	5 - 37i	335	27 - 5i	399	5 - 27i	463	5 - 5i
16	31 + 17i	80	31 + 15i	144	1 + 17i	208	1 + 15i	272	31 - 17i	336	31 - 15i	400	1 - 17i	464	1 - 15i
17	33 + 13i	81	31 + 13i	145	1 + 19i	209	1 + 13i	273	33 - 13i	337	31 - 13i	401	1 - 19i	465	1 - 13i
18	29 + 17i	82	29 + 15i	146	3 + 17i	210	3 + 15i	274	29 - 17i	338	29 - 15i	402	3 - 17i	466	3 - 15i
19	29 + 19i	83	29 + 13i	147	3 + 19i	211	3 + 13i	275	29 - 19i	339	29 - 13i	403	3 - 19i	467	3 - 13i
20	53 + 9i	84	31 + 9i	148	1 + 23i	212	1 + 9i	276	33 - 9i	340	31 - 9i	404	1 - 23i	468	1 - 9i
21	33 + 11i	85	31 + 11i	149	1 + 21i	213	1 + 11i	277	33 - 11i	341	31 - 11i	405	1 - 21i	469	1 - 11i
22	35 + 9i	86	29 + 9i	150	3 + 23i	214	3 + 9i	278	35 - 9i	342	29 - 9i	406	3 - 23i	470	3 - 9i
23	29 + 21i	87	29 + 11i	151	3 + 21i	215	3 + 11i	279	29 - 21i	343	29 - 11i	407	3 - 21i	471	3 - 11i
24	25 + 17i	88	25 + 15i	152	7 + 17i	216	7 + 15i	280	25 - 17i	344	25 - 15i	408	7 - 17i	472	7 - 15i
25	25 + 18i	89	25 + 13i	153	7 + 19i	217	7 + 13i	281	25 - 19i	345	25 - 13i	409	7 - 19i	473	7 - 13i
26	27 + 17i	90	27 + 15i	154	5 + 17i	218	5 + 15i	282	27 - 17i	346	27 - 15i	410	5 - 17i	474	5 - 15i
27	27 + 19i	91	27 + 13i	155	5 + 19i	219	5 + 13i	283	27 - 19i	347	27 - 13i	411	5 - 19i	475	5 - 13i
28	25 + 23i	92	25 + 9i	156	7 + 23i	220	7 + 9i	284	25 - 23i	348	25 - 9i	412	7 - 23i	476	7 - 9i
29	25 + 21i	93	25 + 11i	157	7 + 21i	221	7 + 11i	285	25 - 21i	349	25 - 11i	413	7 - 21i	477	7 - 11i
30	27 + 23i	94	27 + 9i	158	5 + 23i	222	5 + 9i	286	27 - 23i	350	27 - 9i	414	5 - 23i	478	5 - 9i

图 12

31	27 + 21i	95	27 + 11i	159	5 + 21i	223	5 + 11i	267	27 - 21i	351	27 - 11i	415	5 - 21i	479	5 - 11i
32	17 + 31i	96	17 + 1i	160	15 + 31i	224	15 + 1i	268	17 - 31i	352	17 - 1i	416	15 - 31i	480	15 - 1i
33	17 + 29i	97	17 + 3i	161	15 + 29i	225	15 + 3i	269	17 - 29i	353	17 - 3i	417	15 - 29i	481	15 - 3i
34	13 + 33i	98	19 + 1i	162	13 + 31i	226	13 + 1i	270	13 - 33i	354	19 - 1i	418	13 - 31i	482	13 - 1i
35	19 + 29i	99	19 + 3i	163	13 + 29i	227	13 + 3i	291	19 - 29i	355	19 - 3i	419	13 - 29i	483	13 - 3i
36	17 + 25i	100	17 + 7i	164	15 + 25i	228	15 + 7i	292	17 - 25i	356	17 - 7i	420	15 - 25i	484	15 - 7i
37	17 + 27i	101	17 + 5i	165	15 + 27i	229	15 + 5i	293	17 - 27i	357	17 - 5i	421	15 - 27i	485	15 - 5i
38	19 + 25i	102	19 + 7i	166	13 + 25i	230	13 + 7i	294	19 - 25i	358	19 - 7i	422	13 - 25i	486	13 - 7i
39	19 + 27i	103	19 + 5i	167	13 + 27i	231	13 + 5i	295	19 - 27i	359	19 - 5i	423	13 - 27i	487	13 - 5i
40	9 + 33i	104	23 + 1i	168	9 + 31i	232	9 + 1i	296	9 - 33i	360	23 - 1i	424	9 - 31i	488	9 - 1i
41	9 + 35	105	23 + 3i	169	9 + 29i	233	9 + 3i	297	9 - 35i	361	23 - 3i	425	9 - 29i	489	9 - 3i
42	11 + 33i	106	21 + 1i	170	11 + 31i	234	11 + 1i	298	11 - 33i	362	21 - 1i	426	11 - 31i	490	11 - 1i
43	21 + 29i	107	21 + 3i	171	11 + 29i	225	11 + 3i	299	21 - 29i	353	21 - 3i	427	11 - 29i	491	11 - 3i
44	23 + 25i	108	23 + 7i	172	9 + 25i	236	9 + 7i	300	23 - 25i	364	23 - 7i	428	9 - 25i	492	9 - 7i
45	23 + 27i	109	23 + 5i	173	9 + 27i	237	9 + 5i	301	23 - 27i	355	23 - 5i	429	9 - 27i	493	9 - 5i
46	21 + 25i	110	21 + 7i	174	11 + 25i	238	11 + 7i	302	21 - 25i	356	21 - 7i	430	11 - 25i	494	11 - 7i
47	21 + 27i	111	21 + 5i	175	11 + 27i	239	11 + 5i	303	21 - 27i	367	21 - 5i	431	11 - 27i	495	11 - 5i
48	17 + 17i	112	17 + 15i	176	15 + 17i	240	15 + 15i	304	17 - 17i	368	17 - 15i	432	15 - 17i	496	15 - 15i
49	17 + 19i	113	17 + 13i	177	15 + 19i	241	15 + 13i	305	17 - 19i	369	17 - 13i	433	15 - 19i	497	15 - 13i
50	19 + 17i	114	19 + 15i	178	13 + 17i	242	13 + 15i	306	19 - 17i	370	19 - 15i	434	13 - 17i	498	13 - 15i
51	19 + 19i	115	19 + 13i	179	13 + 19i	243	13 + 13i	307	19 - 19i	371	19 - 13i	435	13 - 19i	499	13 - 13i
52	17 + 23i	116	17 + 9i	180	15 + 23i	244	15 + 9i	308	17 - 23i	372	17 - 9i	436	15 - 23i	500	15 - 9i
53	17 + 21i	117	17 + 11i	181	15 + 21i	245	15 + 11i	309	17 - 21i	373	17 - 11i	437	15 - 21i	501	15 - 11i
54	19 + 23i	118	19 + 9i	182	13 + 23i	246	13 + 9i	310	19 - 23i	374	19 - 9i	438	13 - 23i	502	13 - 9i
55	19 + 21i	119	19 + 11i	183	13 + 21i	247	13 + 11i	311	19 - 21i	375	19 - 11i	439	13 - 21i	503	13 - 11i
56	23 + 17i	120	23 + 15i	184	9 + 17i	248	9 + 15i	312	23 - 17i	376	23 - 15i	440	9 - 17i	504	9 - 15i
57	23 + 19i	121	23 + 13i	185	9 + 19i	249	9 + 13i	313	23 - 19i	377	23 - 13i	441	9 - 19i	505	9 - 13i
58	21 + 17i	122	21 + 15i	186	11 + 17i	250	11 + 15i	314	21 - 17i	378	21 - 15i	442	11 - 17i	506	11 - 15i
59	21 + 19i	123	21 + 13i	187	11 + 19i	251	11 + 13i	315	21 - 19i	379	21 - 13i	443	11 - 19i	507	11 - 13i
60	23 + 23i	124	23 + 9i	188	9 + 23i	252	9 + 9i	316	23 - 23i	380	23 - 9i	444	9 - 23i	508	9 - 9i
61	23 + 21i	125	23 + 11i	189	9 + 21i	253	9 + 11i	317	23 - 21i	381	23 - 11i	445	9 - 21i	509	9 - 11i
62	21 + 23i	126	21 + 9i	190	11 + 23i	254	11 + 9i	318	21 - 23i	382	21 - 9i	446	11 - 23i	510	11 - 9i
63	21 + 21i	127	21 + 11i	191	11 + 21i	255	11 + 11i	319	21 - 21i	383	21 - 11i	447	11 - 21i	511	11 - 11i

图 13

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
512	-1 + 33i	576	-31 + 1i	640	-1 + 31i	704	-1 + 1i	768	-33 - 1i	832	-31 - 1i	896	-1 - 31i	960	-1 - 1i
513	-33 + 3i	577	-31 + 3i	641	-1 + 29i	705	-1 + 3i	769	-33 - 3i	833	-31 - 3i	897	-1 - 29i	961	-1 - 3i
514	-3 + 33i	578	-29 + 1i	642	-3 + 31i	706	-3 + 1i	770	-3 - 33i	834	-29 - 1i	898	-3 - 31i	962	-3 - 1i
515	-3 + 35i	579	-29 + 3i	643	-3 + 29i	707	-3 + 3i	771	-35 - 3i	835	-29 - 3i	899	-3 - 29i	963	-3 - 3i
516	-33 + 7i	580	-31 + 7i	644	-1 + 25i	708	-1 + 7i	772	-33 - 7i	836	-31 - 7i	900	-1 - 25i	964	-1 - 7i
517	-33 + 5i	581	-31 + 5i	645	-1 + 27i	709	-1 + 5i	773	-33 - 5i	837	-31 - 5i	901	-1 - 27i	965	-1 - 5i
518	-35 + 7i	582	-29 + 7i	646	-3 + 25i	710	-3 + 7i	774	-35 - 7i	838	-29 - 7i	902	-3 - 25i	966	-3 - 7i
519	-35 + 5i	583	-29 + 5i	647	-3 + 27i	711	-3 + 5i	775	-35 - 5i	839	-29 - 5i	903	-3 - 27i	967	-3 - 5i
520	-7 + 33i	584	-25 + 1i	648	-7 + 31i	712	-7 + 1i	776	-7 - 33i	840	-25 - 1i	904	-7 - 31i	968	-7 - 1i
521	-7 + 35i	585	-25 + 3i	649	-7 + 29i	713	-7 + 3i	777	-7 - 35i	841	-25 - 3i	905	-7 - 29i	969	-7 - 3i
522	-5 + 33i	586	-27 + 1i	650	-5 + 31i	714	-5 + 1i	778	-5 - 33i	842	-27 - 1i	906	-5 - 31i	970	-5 - 1i
523	-5 + 35i	587	-27 + 3i	651	-5 + 29i	715	-5 + 3i	779	-5 - 35i	843	-27 - 3i	907	-5 - 29i	971	-5 - 3i
524	-25 + 25i	588	-25 + 7i	652	-7 + 25i	716	-7 + 7i	780	-25 - 25i	844	-25 - 7i	908	-7 - 25i	972	-7 - 7i
525	-25 + 27i	589	-25 + 5i	653	-7 + 27i	717	-7 + 5i	781	-25 - 27i	845	-25 - 5i	909	-7 - 27i	973	-7 - 5i
526	-27 + 25i	590	-27 + 7i	654	-5 + 25i	718	-5 + 7i	782	-27 - 25i	846	-27 - 7i	910	-5 - 25i	974	-5 - 7i
527	-5 + 37i	591	-27 + 5i	655	-5 + 27i	719	-5 + 5i	783	-37 - 5i	847	-27 - 5i	911	-5 - 27i	975	-5 - 5i
528	-31 + 17i	592	-31 + 15i	656	-1 + 17i	720	-1 + 15i	784	-31 - 17i	848	-31 - 15i	912	-1 - 17i	976	-1 - 15i
529	-33 + 13i	593	-31 + 13i	657	-1 + 19i	721	-1 + 13i	785	-33 - 13i	849	-31 - 13i	913	-1 - 19i	977	-1 - 13i
530	-29 + 17i	594	-29 + 15i	658	-3 + 17i	722	-3 + 15i	786	-29 - 17i	850	-29 - 15i	914	-3 - 17i	978	-3 - 15i
531	-29 + 19i	595	-29 + 13i	659	-3 + 19i	723	-3 + 13i	787	-29 - 19i	851	-29 - 13i	915	-3 - 19i	979	-3 - 13i
532	-33 + 9i	596	-31 + 9i	660	-1 + 23i	724	-1 + 9i	788	-33 - 9i	852	-31 - 9i	916	-1 - 23i	980	-1 - 9i
533	-33 + 11i	597	-31 + 11i	661	-1 + 21i	725	-1 + 11i	789	-33 - 11i	853	-31 - 11i	917	-1 - 21i	981	-1 - 11i
534	-35 + 9i	598	-29 + 9i	662	-3 + 23i	726	-3 + 9i	790	-35 - 9i	854	-29 - 9i	918	-3 - 23i	982	-3 - 9i
535	-29 + 21i	599	-29 + 11i	663	-3 + 21i	727	-3 + 11i	791	-29 - 21i	855	-29 - 11i	919	-3 - 21i	983	-3 - 11i
536	-25 + 17i	600	-25 + 15i	664	-7 + 17i	728	-7 + 15i	792	-25 - 17i	856	-25 - 15i	920	-7 - 17i	984	-7 - 15i
537	-25 + 19i	601	-25 + 13i	665	-7 + 19i	729	-7 + 13i	793	-25 - 19i	857	-25 - 13i	921	-7 - 19i	985	-7 - 13i
538	-27 + 17i	602	-27 + 15i	666	-5 + 17i	730	-5 + 15i	794	-27 - 17i	858	-27 - 15i	922	-5 - 17i	986	-5 - 15i
539	-27 + 19i	603	-27 + 13i	667	-5 + 19i	731	-5 + 13i	795	-27 - 19i	859	-27 - 13i	923	-5 - 19i	987	-5 - 13i
540	-25 + 23i	604	-25 + 9i	668	-7 + 23i	732	-7 + 9i	796	-25 - 23i	860	-25 - 9i	924	-7 - 23i	988	-7 - 9i

图 14

541	-25 + 21i	605	-25 + 11i	669	-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 + 11i	672	-15 + 31i	736	-15 + 11i	800	-17 - 31i	864	-17 - 11i	928	-15 - 31i	992	-15 - 11i
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 + 11i	674	-13 + 31i	738	-13 + 11i	802	-13 - 33i	866	-19 - 11i	930	-13 - 31i	994	-13 - 11i
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 + 11i	680	-9 + 31i	744	-9 + 11i	808	-9 - 33i	872	-23 - 11i	936	-9 - 31i	1000	-9 - 11i
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 + 11i	682	-11 + 31i	746	-11 + 11i	810	-11 - 33i	874	-21 - 11i	938	-11 - 31i	1002	-11 - 11i
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
571	-21 + 19i	635	-21 + 13i	699	-11 + 19i	763	-11 + 13i	827	-21 - 19i	891	-21 - 13i	955	-11 - 19i	1019	-11 - 13i
572	-23 + 23i	636	-23 + 9i	700	-9 + 23i	764	-9 + 9i	828	-23 - 23i	892	-23 - 9i	956	-9 - 23i	1020	-9 - 9i
573	-23 + 21i	637	-23 + 11i	701	-9 + 21i	765	-9 + 11i	829	-23 - 21i	893	-23 - 11i	957	-9 - 21i	1021	-9 - 11i
574	-21 + 23i	638	-21 + 9i	702	-11 + 23i	766	-11 + 9i	830	-21 - 23i	894	-21 - 9i	958	-11 - 23i	1022	-11 - 9i
575	-21 + 21i	639	-21 + 11i	703	-11 + 21i	767	-11 + 11i	831	-21 - 21i	895	-21 - 11i	959	-11 - 21i	1023	-11 - 11i

图 15

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
0	$65 + 1i$	64	$63 + 33i$	128	$33 + 63i$	192	$33 + 33i$	256	$63 + 1i$	320	$63 + 31i$	384	$33 + 1i$	448	$33 + 31i$		
1	$65 + 3i$	65	$65 + 29i$	129	$33 + 61i$	193	$33 + 35i$	257	$63 + 3i$	321	$63 + 29i$	385	$33 + 3i$	449	$33 + 29i$		
2	$3 + 65i$	66	$61 + 33i$	130	$29 + 65i$	194	$35 + 33i$	258	$61 + 1i$	322	$61 + 31i$	386	$35 + 1i$	450	$35 + 31i$		
3	$67 + 3i$	67	$61 + 35i$	131	$35 + 61i$	195	$35 + 35i$	259	$61 + 3i$	323	$61 + 29i$	387	$35 + 3i$	451	$35 + 29i$		
4	$65 + 7i$	68	$65 + 25i$	132	$33 + 57i$	196	$33 + 39i$	260	$63 + 7i$	324	$63 + 25i$	388	$33 + 7i$	452	$33 + 25i$		
5	$65 + 5i$	69	$65 + 27i$	133	$33 + 59i$	197	$33 + 37i$	261	$63 + 5i$	325	$63 + 27i$	389	$33 + 5i$	453	$33 + 27i$		
6	$67 + 7i$	70	$67 + 25i$	134	$35 + 57i$	198	$35 + 39i$	262	$61 + 7i$	326	$61 + 25i$	390	$35 + 7i$	454	$35 + 25i$		
7	$67 + 5i$	71	$61 + 37i$	135	$35 + 59i$	199	$35 + 37i$	263	$61 + 5i$	327	$61 + 27i$	391	$35 + 5i$	455	$35 + 27i$		
8	$7 + 65i$	72	$57 + 33i$	136	$25 + 65i$	200	$39 + 33i$	264	$57 + 1i$	328	$57 + 31i$	392	$39 + 1i$	456	$39 + 31i$		
9	$7 + 67i$	73	$57 + 35i$	137	$25 + 67i$	201	$39 + 35i$	265	$57 + 3i$	329	$57 + 29i$	393	$39 + 3i$	457	$39 + 29i$		
10	$5 + 65i$	74	$59 + 33i$	138	$27 + 65i$	202	$37 + 33i$	266	$59 + 1i$	330	$59 + 31i$	394	$37 + 1i$	458	$37 + 31i$		
11	$5 + 67i$	75	$59 + 35i$	139	$37 + 61i$	203	$37 + 35i$	267	$59 + 3i$	331	$59 + 29i$	395	$37 + 3i$	459	$37 + 29i$		
12	$71 + 7i$	76	$57 + 39i$	140	$39 + 57i$	204	$39 + 39i$	268	$57 + 7i$	332	$57 + 25i$	396	$39 + 7i$	460	$39 + 25i$		
13	$7 + 69i$	77	$57 + 37i$	141	$39 + 59i$	205	$39 + 37i$	269	$57 + 5i$	333	$57 + 27i$	397	$39 + 5i$	461	$39 + 27i$		
14	$69 + 7i$	78	$59 + 39i$	142	$37 + 57i$	206	$37 + 39i$	270	$59 + 7i$	334	$59 + 25i$	398	$37 + 7i$	462	$37 + 25i$		
15	$69 + 5i$	79	$59 + 37i$	143	$37 + 59i$	207	$37 + 37i$	271	$59 + 5i$	335	$59 + 27i$	399	$37 + 5i$	463	$37 + 27i$		
16	$65 + 15i$	80	$65 + 17i$	144	$33 + 49i$	208	$33 + 47i$	272	$63 + 15i$	336	$63 + 17i$	400	$33 + 15i$	464	$33 + 17i$		
17	$65 + 13i$	81	$65 + 19i$	145	$33 + 51i$	209	$33 + 45i$	273	$63 + 13i$	337	$63 + 19i$	401	$33 + 13i$	465	$33 + 19i$		
18	$67 + 15i$	82	$67 + 17i$	146	$35 + 49i$	210	$35 + 47i$	274	$61 + 15i$	338	$61 + 17i$	402	$35 + 15i$	466	$35 + 17i$		
19	$67 + 13i$	83	$67 + 19i$	147	$35 + 51i$	211	$35 + 45i$	275	$61 + 13i$	339	$61 + 19i$	403	$35 + 13i$	467	$35 + 19i$		
20	$65 + 9i$	84	$65 + 23i$	148	$33 + 55i$	212	$33 + 41i$	276	$53 + 9i$	340	$63 + 23i$	404	$33 + 9i$	468	$33 + 23i$		
21	$65 + 11i$	85	$65 + 21i$	149	$33 + 53i$	213	$33 + 43i$	277	$63 + 11i$	341	$63 + 21i$	405	$33 + 11i$	469	$33 + 21i$		
22	$67 + 9i$	86	$67 + 23i$	150	$35 + 55i$	214	$35 + 41i$	278	$61 + 9i$	342	$61 + 23i$	406	$35 + 9i$	470	$35 + 23i$		
23	$67 + 11i$	87	$67 + 21i$	151	$35 + 53i$	215	$35 + 43i$	279	$61 + 11i$	343	$61 + 21i$	407	$35 + 11i$	471	$35 + 21i$		
24	$71 + 15i$	88	$71 + 17i$	152	$39 + 49i$	216	$39 + 47i$	280	$57 + 15i$	344	$57 + 17i$	408	$39 + 15i$	472	$39 + 17i$		
25	$71 + 13i$	89	$57 + 45i$	153	$39 + 51i$	217	$39 + 45i$	281	$57 + 13i$	345	$57 + 19i$	409	$39 + 13i$	473	$39 + 19i$		
26	$69 + 15i$	90	$69 + 17i$	154	$37 + 49i$	218	$37 + 47i$	282	$59 + 15i$	346	$59 + 17i$	410	$37 + 15i$	474	$37 + 17i$		
27	$69 + 13i$	91	$69 + 19i$	155	$37 + 51i$	219	$37 + 45i$	283	$59 + 13i$	347	$59 + 19i$	411	$37 + 13i$	475	$37 + 19i$		
28	$71 + 9i$	92	$57 + 41i$	156	$39 + 55i$	220	$39 + 41i$	284	$57 + 9i$	348	$57 + 23i$	412	$39 + 9i$	476	$39 + 23i$		
29	$71 + 11i$	93	$57 + 43i$	157	$39 + 53i$	221	$39 + 43i$	285	$57 + 11i$	349	$57 + 21i$	413	$39 + 11i$	477	$39 + 21i$		
30	$69 + 9i$	94	$59 + 41i$	158	$37 + 55i$	222	$37 + 41i$	286	$59 + 9i$	350	$59 + 23i$	414	$37 + 9i$	478	$37 + 23i$		

图 16

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 + 1i	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 + 11i	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 + 11i	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 + 11i	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
63	53 + 53i	127	53 + 43i	191	43 + 53i	255	43 + 43i	319	53 + 11i	383	53 + 21i	447	43 + 11i	511	43 + 21i

图 17

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
512	1 + 63	516	1 + 33i	640	31 + 33i	704	31 + 33i	756	1 + 11i	832	1 + 31i	895	31 + 1i	960	31 + 31i				
513	1 + 61	517	1 + 35i	641	31 + 61i	705	31 + 35i	769	1 + 31	833	1 + 29i	897	31 + 3	961	31 + 29i				
514	3 + 63	518	3 + 33i	642	29 + 63i	706	29 + 33i	770	3 + 11	834	3 + 31i	898	29 + 1i	962	29 + 31i				
515	3 + 61	519	3 + 35i	643	29 + 61i	707	29 + 35i	771	3 + 31	835	3 + 29i	899	29 + 3i	963	29 + 29i				
516	1 + 57	580	1 + 39i	644	31 + 57i	708	31 + 39i	772	1 + 71	836	1 + 25i	900	31 + 7i	964	31 + 25i				
517	1 + 59	581	1 + 37i	645	31 + 59i	709	31 + 37i	773	1 + 51	837	1 + 27i	901	31 + 5i	965	31 + 27i				
518	3 + 57	582	3 + 39i	646	29 + 57i	710	29 + 39i	774	3 + 71	838	3 + 25i	902	29 + 7i	966	29 + 25i				
519	3 + 59	583	3 + 37i	647	29 + 59i	711	29 + 37i	775	3 + 51	839	3 + 27i	903	29 + 5i	967	29 + 27i				
520	7 + 63	584	7 + 33i	648	25 + 63i	712	25 + 33i	776	7 + 11	840	7 + 31i	904	25 + 1i	968	25 + 31i				
521	7 + 61	585	7 + 35i	649	25 + 61i	713	25 + 35i	777	7 + 31	841	7 + 29i	905	25 + 3	969	25 + 29i				
522	5 + 63	586	5 + 33i	650	27 + 63i	714	27 + 33i	778	5 + 11	842	5 + 31i	906	27 + 1i	970	27 + 31i				
523	5 + 61	587	5 + 35i	651	27 + 61i	715	27 + 35i	779	5 + 31	843	5 + 29i	907	27 + 3i	971	27 + 29i				
524	7 + 57	588	7 + 39i	652	25 + 57i	716	25 + 39i	780	7 + 71	844	7 + 25i	908	25 + 7i	972	25 + 25i				
525	7 + 59	589	7 + 37i	653	25 + 59i	717	25 + 37i	781	7 + 51	845	7 + 27i	909	25 + 5i	973	25 + 27i				
526	5 + 57	590	5 + 39i	654	27 + 57i	718	27 + 39i	782	5 + 71	846	5 + 25i	910	27 + 7i	974	27 + 25i				
527	5 + 59	591	5 + 37i	655	27 + 59i	719	27 + 37i	783	5 + 51	847	5 + 27i	911	27 + 5i	975	27 + 27i				
528	1 + 49	592	1 + 47i	656	31 + 49i	720	31 + 47i	784	1 + 15i	848	1 + 17i	912	31 + 15i	976	31 + 17i				
529	1 + 51	593	1 + 45i	657	31 + 51i	721	31 + 45i	785	1 + 13i	849	1 + 19i	913	31 + 13i	977	31 + 19i				
530	3 + 49	594	3 + 47i	658	29 + 49i	722	29 + 47i	786	3 + 15i	850	3 + 17i	914	29 + 15i	978	29 + 17i				
531	3 + 51	595	3 + 45i	659	29 + 51i	723	29 + 45i	787	3 + 13i	851	3 + 19i	915	29 + 13i	979	29 + 19i				
532	1 + 55	596	1 + 41i	660	31 + 55i	724	31 + 41i	788	1 + 9i	852	1 + 23i	916	31 + 9i	980	31 + 23i				
533	1 + 53	597	1 + 43i	661	31 + 53i	725	31 + 43i	789	1 + 11i	853	1 + 21i	917	31 + 11i	981	31 + 21i				
534	3 + 55	598	3 + 41i	662	29 + 55i	726	29 + 41i	790	3 + 9i	854	3 + 23i	918	29 + 9i	982	29 + 23i				
535	3 + 53	599	3 + 43i	663	29 + 53i	727	29 + 43i	791	3 + 11i	855	3 + 21i	919	29 + 11i	983	29 + 21i				
536	7 + 49	600	7 + 47i	664	25 + 49i	728	25 + 47i	792	7 + 15i	856	7 + 17i	920	25 + 15i	984	25 + 17i				
537	7 + 51	601	7 + 45i	665	25 + 51i	729	25 + 45i	793	7 + 13i	857	7 + 19i	921	25 + 13i	985	25 + 19i				
538	5 + 49	602	5 + 47i	666	27 + 49i	730	27 + 47i	794	5 + 15i	858	5 + 17i	922	27 + 15i	986	27 + 17i				
539	5 + 51	603	5 + 45i	667	27 + 51i	731	27 + 45i	795	5 + 13i	859	5 + 19i	923	27 + 13i	987	27 + 19i				
540	7 + 55	604	7 + 41i	668	25 + 55i	732	25 + 41i	796	7 + 9i	860	7 + 23i	924	25 + 9i	988	25 + 23i				

541	7 + 53i	605	7 + 43i	669	25 + 53i	733	25 + 43i	797	7 + 11i	861	7 + 21i	925	25 + 11i	989	25 + 21i
542	5 + 55i	606	5 + 41i	670	27 + 55i	734	27 + 41i	798	5 + 9i	862	5 + 23i	926	27 + 9i	990	27 + 23i
543	5 + 53i	607	5 + 43i	671	27 + 53i	735	27 + 43i	799	5 + 11i	863	5 + 21i	927	27 + 11i	991	27 + 21i
544	15 + 63	608	15 + 33i	672	17 + 63i	736	17 + 33i	800	15 + 1i	864	15 + 31i	928	17 + 1i	982	17 + 31i
545	15 + 61	609	15 + 35i	673	17 + 61i	737	17 + 35i	801	15 + 3i	865	15 + 29i	929	17 + 3i	993	17 + 29i
546	13 + 63	610	13 + 33i	674	19 + 63i	738	19 + 33i	802	13 + 1i	866	13 + 31i	930	19 + 1i	984	19 + 31i
547	13 + 61	611	13 + 35i	675	19 + 61i	739	19 + 35i	803	13 + 3i	867	13 + 29i	931	19 + 3i	995	19 + 29i
548	15 + 57	612	15 + 39i	676	17 + 57i	740	17 + 39i	804	15 + 7i	868	15 + 25i	932	17 + 7i	996	17 + 25i
549	15 + 59	613	15 + 37i	677	17 + 59i	741	17 + 37i	805	15 + 5i	869	15 + 27i	933	17 + 5i	997	17 + 27i
550	13 + 57	614	13 + 39i	678	19 + 57i	742	19 + 39i	806	13 + 7i	870	13 + 25i	934	19 + 7i	998	19 + 25i
551	13 + 59	615	13 + 37i	679	19 + 59i	743	19 + 37i	807	13 + 5i	871	13 + 27i	935	19 + 5i	999	19 + 27i
552	9 + 63i	616	9 + 33i	680	23 + 63i	744	23 + 33i	808	9 + 1i	872	9 + 31i	936	23 + 1i	1000	23 + 31i
553	9 + 61i	617	9 + 35i	681	23 + 61i	745	23 + 35i	809	9 + 3i	873	23 + 39i	937	23 + 3i	1001	23 + 29i
554	11 + 63	618	11 + 33i	682	21 + 63i	746	21 + 33i	810	11 + 1i	874	11 + 31i	938	21 + 1i	1002	21 + 31i
555	11 + 61	619	11 + 35i	683	21 + 61i	747	21 + 35i	811	11 + 3i	875	11 + 29i	939	21 + 3i	1003	21 + 29i
556	9 + 51	620	9 + 29i	684	23 + 51i	748	23 + 39i	812	9 + 7i	876	9 + 25i	940	23 + 7i	1004	23 + 25i
557	9 + 59i	621	9 + 37i	685	23 + 59i	749	23 + 37i	813	9 + 5i	877	9 + 27i	941	23 + 5i	1005	23 + 27i
558	11 + 57	622	11 + 36i	686	21 + 57i	750	21 + 36i	814	11 + 7i	878	11 + 25i	942	21 + 7i	1006	21 + 25i
559	11 + 59	623	11 + 37i	687	21 + 59i	751	21 + 37i	815	11 + 5i	879	11 + 27i	943	21 + 5i	1007	21 + 27i
560	15 + 49	624	15 + 47i	688	17 + 49i	752	17 + 47i	816	15 + 15i	880	15 + 17i	944	17 + 15i	1008	17 + 17i
561	15 + 51	625	15 + 45i	689	17 + 51i	753	17 + 45i	817	15 + 13i	881	15 + 19i	945	17 + 13i	1009	17 + 19i
562	13 + 49	626	13 + 47i	690	19 + 49i	754	19 + 47i	818	13 + 15i	882	13 + 17i	946	15 + 15i	1010	19 + 17i
563	13 + 51	627	13 + 45i	691	19 + 51i	755	19 + 45i	819	13 + 13i	883	13 + 19i	947	15 + 13i	1011	19 + 19i
564	15 + 55	628	15 + 41i	692	17 + 55i	756	17 + 41i	820	15 + 9i	884	15 + 23i	948	17 + 9i	1012	17 + 23i
565	15 + 53	629	15 + 43i	693	17 + 53i	757	17 + 43i	821	15 + 11i	885	15 + 21i	949	17 + 11i	1013	17 + 21i
566	13 + 55	630	13 + 41i	694	19 + 55i	758	19 + 41i	822	13 + 9i	886	13 + 23i	950	19 + 9i	1014	19 + 23i
567	13 + 53	631	13 + 43i	695	19 + 53i	759	19 + 43i	823	13 + 11i	887	13 + 21i	951	19 + 11i	1015	19 + 21i
568	9 + 49i	632	9 + 47i	696	23 + 49i	760	23 + 47i	824	9 + 15i	888	9 + 17i	952	23 + 15i	1016	23 + 17i
569	9 + 51i	633	9 + 45i	697	23 + 51i	761	23 + 45i	825	9 + 13i	889	9 + 19i	953	23 + 13i	1017	23 + 19i
570	11 + 49	634	11 + 47i	698	21 + 49i	762	21 + 47i	826	11 + 15i	890	11 + 17i	954	21 + 15i	1018	21 + 17i
571	11 + 51	635	11 + 45i	699	21 + 51i	763	21 + 45i	827	11 + 13i	891	11 + 15i	955	21 + 13i	1019	21 + 19i
572	9 + 55i	636	9 + 41i	700	23 + 55i	764	23 + 41i	828	9 + 9i	892	9 + 23i	956	23 + 9i	1020	23 + 23i
573	9 + 53i	637	9 + 43i	701	23 + 53i	765	23 + 43i	829	9 + 11i	893	9 + 21i	957	23 + 11i	1021	23 + 21i
574	11 + 55	638	11 + 41i	702	21 + 55i	766	21 + 41i	830	11 + 9i	894	11 + 23i	958	21 + 9i	1022	21 + 23i
575	11 + 53	639	11 + 43i	703	21 + 53i	767	21 + 43i	831	11 + 11i	895	11 + 21i	959	21 + 11i	1023	21 + 21i

图 19

值	分散	值	分散														
1024	1 - 65	1088	63 - 33i	1152	33 - 63i	1216	33 - 33i	1280	63 - 1i	1344	63 - 31i	1408	33 - 1i	1472	33 - 31i		
1025	65 - 3	1089	65 - 29i	1153	33 - 61i	1217	33 - 35i	1281	63 - 3i	1345	63 - 29i	1409	33 - 3i	1473	33 - 29i		
1026	3 - 65	1090	61 - 33i	1154	29 - 65i	1218	35 - 33i	1282	61 - 1i	1346	61 - 31i	1410	35 - 1i	1474	35 - 31i		
1027	3 - 67	1091	61 - 35i	1155	35 - 61i	1219	35 - 35i	1283	61 - 3i	1347	61 - 29i	1411	35 - 3i	1475	35 - 29i		
1028	65 - 7	1092	65 - 25i	1156	33 - 57i	1220	33 - 39i	1284	63 - 7i	1348	63 - 25i	1412	33 - 7i	1476	33 - 25i		
1029	65 - 5	1093	65 - 27i	1157	33 - 59i	1221	33 - 37i	1285	63 - 5i	1349	63 - 27i	1413	33 - 5i	1477	33 - 27i		
1030	67 - 7	1094	67 - 25i	1158	35 - 57i	1222	35 - 39i	1286	61 - 7i	1350	61 - 25i	1414	35 - 7i	1478	35 - 25i		
1031	67 - 5	1095	61 - 37i	1159	35 - 59i	1223	35 - 37i	1287	61 - 5i	1351	61 - 27i	1415	35 - 5i	1479	35 - 27i		
1032	7 - 65	1096	57 - 33i	1160	25 - 65i	1224	39 - 33i	1288	57 - 1i	1352	57 - 31i	1416	39 - 1i	1480	39 - 31i		
1033	7 - 67	1097	57 - 35i	1161	25 - 67i	1225	39 - 35i	1289	57 - 3i	1353	57 - 29i	1417	39 - 3i	1481	39 - 29i		
1034	5 - 65	1098	59 - 33i	1162	27 - 65i	1226	37 - 33i	1290	59 - 1i	1354	59 - 31i	1418	37 - 1i	1482	37 - 31i		
1035	5 - 67	1099	59 - 35i	1163	37 - 61i	1227	37 - 35i	1291	59 - 3i	1355	59 - 29i	1419	37 - 3i	1483	37 - 29i		
1036	7 - 71	1100	57 - 39i	1164	39 - 57i	1228	39 - 39i	1292	57 - 7i	1356	57 - 25i	1420	39 - 7i	1484	39 - 25i		
1037	7 - 69	1101	57 - 37i	1165	39 - 59i	1229	39 - 37i	1293	57 - 5i	1357	57 - 27i	1421	39 - 5i	1485	39 - 27i		
1038	69 - 7	1102	59 - 39i	1166	37 - 57i	1230	37 - 39i	1294	59 - 7i	1358	59 - 25i	1422	37 - 7i	1486	37 - 25i		
1039	5 - 69	1103	59 - 37i	1167	37 - 59i	1231	37 - 37i	1295	59 - 5i	1359	59 - 27i	1423	37 - 5i	1487	37 - 27i		
1040	65 - 15i	1104	65 - 17i	1168	33 - 49i	1232	33 - 47i	1296	63 - 15i	1360	63 - 17i	1424	33 - 15i	1488	33 - 17i		
1041	65 - 13i	1105	65 - 19i	1169	33 - 51i	1233	33 - 45i	1297	63 - 13i	1361	63 - 19i	1425	33 - 13i	1489	33 - 19i		
1042	67 - 15i	1106	67 - 17i	1170	35 - 49i	1234	35 - 47i	1298	61 - 15i	1362	61 - 17i	1426	35 - 15i	1490	35 - 17i		
1043	67 - 13i	1107	67 - 19i	1171	35 - 51i	1235	35 - 45i	1299	61 - 13i	1363	61 - 19i	1427	35 - 13i	1491	35 - 19i		
1044	65 - 9	1108	65 - 23i	1172	33 - 55i	1236	33 - 41i	1300	63 - 9i	1364	63 - 23i	1428	33 - 9i	1492	33 - 23i		
1045	65 - 11i	1109	65 - 21i	1173	33 - 53i	1237	33 - 43i	1301	63 - 11i	1365	63 - 21i	1429	33 - 11i	1493	33 - 21i		
1046	67 - 9	1110	67 - 23i	1174	35 - 55i	1238	35 - 41i	1302	61 - 9i	1366	61 - 23i	1430	35 - 9i	1494	35 - 23i		
1047	67 - 11i	1111	67 - 21i	1175	35 - 53i	1239	35 - 43i	1303	61 - 11i	1367	61 - 21i	1431	35 - 11i	1495	35 - 21i		
1048	71 - 15i	1112	71 - 17i	1176	39 - 49i	1240	39 - 47i	1304	57 - 15i	1368	57 - 17i	1432	39 - 15i	1496	39 - 17i		
1049	71 - 13i	1113	57 - 45i	1177	39 - 51i	1241	39 - 45i	1305	57 - 13i	1369	57 - 19i	1433	39 - 13i	1497	39 - 19i		
1050	69 - 15i	1114	69 - 17i	1178	37 - 49i	1242	37 - 47i	1306	59 - 15i	1370	59 - 17i	1434	37 - 15i	1498	37 - 17i		
1051	69 - 13i	1115	69 - 19i	1179	37 - 51i	1243	37 - 45i	1307	59 - 13i	1371	59 - 19i	1435	37 - 13i	1499	37 - 19i		
1052	71 - 9	1116	57 - 41i	1180	39 - 55i	1244	39 - 41i	1308	57 - 9i	1372	57 - 23i	1436	39 - 9i	1500	39 - 23i		
1053	71 - 11i	1117	57 - 43i	1181	39 - 53i	1245	39 - 43i	1309	57 - 11i	1373	57 - 21i	1437	39 - 11i	1501	39 - 21i		
1054	69 - 9	1118	59 - 41i	1182	37 - 55i	1246	37 - 41i	1310	59 - 9i	1374	59 - 23i	1438	37 - 9i	1502	37 - 23i		
1055	69 - 11i	1119	69 - 21i	1183	37 - 53i	1247	37 - 43i	1311	59 - 11i	1375	59 - 21i	1439	37 - 11i	1503	37 - 21i		

图 20

1056	15 - 65i	1120	49 - 33i	1182	17 - 65i	1248	47 - 33i	1312	49 - 1i	1376	49 - 31i	1440	47 - 1i	1504	47 - 31i
1057	15 - 67i	1121	49 - 35i	1183	17 - 67i	1249	47 - 35i	1313	49 - 3i	1377	49 - 29i	1441	47 - 3i	1505	47 - 29i
1058	13 - 65i	1122	51 - 33i	1185	19 - 65i	1250	45 - 33i	1314	51 - 1i	1378	51 - 31i	1442	45 - 1i	1506	45 - 31i
1059	13 - 67i	1123	51 - 35i	1187	19 - 67i	1251	45 - 35i	1315	51 - 3i	1379	51 - 29i	1443	45 - 3i	1507	45 - 29i
1060	15 - 71i	1124	49 - 39i	1188	17 - 71i	1252	47 - 39i	1316	49 - 7i	1380	49 - 25i	1444	47 - 7i	1508	47 - 25i
1061	15 - 69i	1125	49 - 37i	1189	17 - 69i	1253	47 - 37i	1317	49 - 5i	1381	49 - 27i	1445	47 - 5i	1509	47 - 27i
1062	13 - 71i	1126	51 - 39i	1190	45 - 57i	1254	45 - 39i	1318	51 - 7i	1382	51 - 25i	1446	45 - 7i	1510	45 - 25i
1063	13 - 69i	1127	51 - 37i	1191	19 - 69i	1255	45 - 37i	1319	51 - 5i	1383	51 - 27i	1447	45 - 5i	1511	45 - 27i
1064	9 - 65i	1128	55 - 33i	1192	23 - 65i	1256	41 - 33i	1320	55 - 1i	1384	55 - 31i	1448	41 - 1i	1512	41 - 31i
1065	9 - 67i	1129	55 - 35i	1193	23 - 67i	1257	41 - 35i	1321	55 - 3i	1385	55 - 29i	1449	41 - 3i	1513	41 - 29i
1066	11 - 65i	1130	53 - 33i	1194	21 - 65i	1258	43 - 33i	1322	53 - 1i	1386	53 - 31i	1450	43 - 1i	1514	43 - 31i
1067	11 - 67i	1131	53 - 35i	1195	21 - 67i	1259	43 - 35i	1323	53 - 3i	1387	53 - 29i	1451	43 - 3i	1515	43 - 29i
1068	9 - 71i	1132	55 - 39i	1196	41 - 57i	1260	41 - 39i	1324	55 - 7i	1388	55 - 25i	1452	41 - 7i	1516	41 - 25i
1069	9 - 69i	1133	55 - 37i	1197	41 - 59i	1261	41 - 37i	1325	55 - 5i	1389	55 - 27i	1453	41 - 5i	1517	41 - 27i
1070	11 - 71i	1134	53 - 39i	1198	43 - 57i	1262	43 - 39i	1326	53 - 7i	1390	53 - 25i	1454	43 - 7i	1518	43 - 25i
1071	11 - 69i	1135	53 - 37i	1199	21 - 69i	1263	43 - 37i	1327	53 - 5i	1391	53 - 27i	1455	43 - 5i	1519	43 - 27i
1072	49 - 49i	1136	49 - 47i	1200	47 - 49i	1264	47 - 47i	1328	49 - 15i	1392	49 - 17i	1456	47 - 15i	1520	47 - 17i
1073	49 - 51i	1137	49 - 45i	1201	47 - 51i	1265	47 - 45i	1329	49 - 13i	1393	49 - 19i	1457	47 - 13i	1521	47 - 19i
1074	51 - 49i	1138	51 - 47i	1202	45 - 49i	1266	45 - 47i	1330	51 - 15i	1394	51 - 17i	1458	45 - 15i	1522	45 - 17i
1075	51 - 51i	1139	51 - 45i	1203	45 - 51i	1267	45 - 45i	1331	51 - 13i	1395	51 - 19i	1459	45 - 13i	1523	45 - 19i
1076	49 - 55i	1140	49 - 41i	1204	47 - 55i	1268	47 - 41i	1332	49 - 9i	1396	49 - 23i	1460	47 - 9i	1524	47 - 23i
1077	49 - 53i	1141	49 - 43i	1205	47 - 53i	1269	47 - 43i	1333	49 - 11i	1397	49 - 21i	1461	47 - 11i	1525	47 - 21i
1078	13 - 73i	1142	51 - 41i	1206	45 - 55i	1270	45 - 41i	1334	51 - 9i	1398	51 - 23i	1462	45 - 9i	1526	45 - 23i
1079	51 - 53i	1143	51 - 43i	1207	45 - 53i	1271	45 - 43i	1335	51 - 11i	1399	51 - 21i	1463	45 - 11i	1527	45 - 21i
1080	55 - 49i	1144	55 - 47i	1208	41 - 49i	1272	41 - 47i	1336	55 - 15i	1400	55 - 17i	1464	41 - 15i	1528	41 - 17i
1081	73 - 13i	1145	55 - 45i	1209	41 - 51i	1273	41 - 45i	1337	55 - 13i	1401	55 - 19i	1465	41 - 13i	1529	41 - 19i
1082	53 - 49i	1146	53 - 47i	1210	43 - 49i	1274	43 - 47i	1338	53 - 15i	1402	53 - 17i	1466	43 - 15i	1530	43 - 17i
1083	53 - 51i	1147	53 - 45i	1211	43 - 51i	1275	43 - 45i	1339	53 - 13i	1403	53 - 19i	1467	43 - 13i	1531	43 - 19i
1084	9 - 73i	1148	55 - 41i	1212	41 - 55i	1276	41 - 41i	1340	55 - 9i	1404	55 - 23i	1468	41 - 9i	1532	41 - 23i
1085	73 - 11i	1149	55 - 43i	1213	41 - 53i	1277	41 - 43i	1341	55 - 11i	1405	55 - 21i	1469	41 - 11i	1533	41 - 21i
1086	11 - 73i	1150	53 - 41i	1214	43 - 55i	1278	43 - 41i	1342	53 - 9i	1406	53 - 23i	1470	43 - 9i	1534	43 - 23i
1087	53 - 53i	1151	53 - 43i	1215	43 - 53i	1279	43 - 43i	1343	53 - 11i	1407	53 - 21i	1471	43 - 11i	1535	43 - 21i

图 21

	值	分散	值																		
1556	1 - 63i	1600	1 - 33i	1564	31 - 63i	1798	31 - 33i	1792	1 - 1i	1656	1 - 31i	1970	31 - 1i	1694	31 - 31i	1594	31 - 29i	1985	31 - 31	1985	31 - 29
1557	1 - 61i	1601	1 - 35i	1565	31 - 61i	1799	31 - 35i	1793	1 - 3i	1657	1 - 29i	1921	31 - 3i	1921	29 - 31i	1906	29 - 31	1906	29 - 31	1906	29 - 31
1558	3 - 63i	1602	3 - 33i	1566	29 - 63i	1790	29 - 33i	1794	3 - 1i	1658	3 - 31i	1922	29 - 1i	1922	29 - 31i	1907	29 - 29i	1907	29 - 29	1907	29 - 29
1559	3 - 61i	1603	3 - 35i	1567	29 - 61i	1791	29 - 35i	1795	3 - 3i	1659	3 - 29i	1923	29 - 3i	1923	29 - 31i	1907	29 - 29i	1907	29 - 29	1907	29 - 29
1560	1 - 57i	1604	1 - 39i	1568	31 - 57i	1792	31 - 39i	1796	1 - 7i	1660	1 - 25i	1924	31 - 7i	1968	31 - 25i						
1561	1 - 59i	1605	1 - 37i	1569	31 - 59i	1793	31 - 37i	1797	1 - 5i	1661	1 - 27i	1925	31 - 5i	1985	31 - 27i						
1562	3 - 57i	1606	3 - 39i	1570	29 - 57i	1794	29 - 39i	1798	3 - 7i	1662	3 - 25i	1926	29 - 7i	1990	29 - 25	1990	29 - 25	1990	29 - 25	1990	29 - 25
1563	3 - 59i	1607	3 - 37i	1571	29 - 59i	1795	29 - 37i	1799	3 - 5i	1663	3 - 27i	1927	29 - 5i	1991	29 - 27	1991	29 - 27	1991	29 - 27	1991	29 - 27
1564	7 - 63	1608	7 - 33i	1672	25 - 63i	1736	25 - 33i	1803	7 - 1i	1664	7 - 31i	1928	25 - 1i	1932	25 - 31i						
1565	7 - 61i	1609	7 - 35i	1573	25 - 61i	1737	25 - 35i	1800	7 - 3i	1665	7 - 29i	1929	25 - 3i	1993	25 - 29i						
1566	5 - 63i	1610	5 - 33i	1574	27 - 63i	1738	27 - 33i	1802	5 - 1i	1666	5 - 31i	1930	27 - 1i	1994	27 - 31i						
1567	5 - 61i	1611	5 - 35i	1575	27 - 61i	1739	27 - 35i	1803	5 - 3i	1667	5 - 29i	1931	27 - 3i	1995	27 - 29i						
1568	7 - 57i	1612	7 - 39i	1576	25 - 57i	1740	25 - 39i	1804	7 - 7i	1668	7 - 25i	1932	25 - 7i	1936	25 - 25	1936	25 - 25	1936	25 - 25	1936	25 - 25
1569	7 - 59i	1613	7 - 37i	1577	25 - 59i	1741	25 - 37i	1805	7 - 5i	1669	7 - 27i	1933	25 - 5i	1997	25 - 27i						
1570	5 - 57i	1614	5 - 39i	1578	27 - 57i	1742	27 - 39i	1806	5 - 7i	1670	5 - 25i	1934	27 - 7i	1998	27 - 25i						
1571	5 - 59i	1615	5 - 37i	1579	27 - 59i	1743	27 - 37i	1807	5 - 5i	1671	5 - 27i	1935	27 - 5i	1999	27 - 27i						
1572	1 - 49i	1616	1 - 47i	1580	31 - 49i	1744	31 - 47i	1808	1 - 15i	1672	1 - 17i	1936	31 - 15i	2300	31 - 17	2300	31 - 17	2300	31 - 17	2300	31 - 17
1573	1 - 51i	1617	1 - 45i	1581	31 - 51i	1745	31 - 45i	1809	1 - 13i	1673	1 - 19i	1937	31 - 13i	2301	31 - 19i						
1574	3 - 49	1618	3 - 47i	1582	29 - 49i	1746	29 - 47i	1810	3 - 15i	1674	3 - 17i	1938	29 - 15i	2302	29 - 17i						
1575	3 - 51i	1619	3 - 45i	1583	29 - 51i	1747	29 - 45i	1811	3 - 13i	1675	3 - 19i	1939	29 - 13i	2303	29 - 19i						
1576	1 - 55i	1620	1 - 44i	1584	31 - 55i	1748	31 - 44i	1812	1 - 9i	1676	1 - 23i	1940	31 - 9i	2304	31 - 23i						
1577	1 - 53i	1621	1 - 43i	1585	31 - 53i	1749	31 - 43i	1813	1 - 11i	1677	1 - 21i	1941	31 - 11i	2305	31 - 21i						
1578	3 - 55i	1622	3 - 41i	1586	29 - 55i	1750	29 - 41i	1814	3 - 9i	1678	3 - 23i	1942	29 - 9i	2306	29 - 23i						
1579	3 - 53i	1623	3 - 43i	1587	29 - 53i	1751	29 - 43i	1815	3 - 11i	1679	3 - 21i	1943	29 - 11i	2307	29 - 21i						
1580	7 - 49	1624	7 - 47i	1588	25 - 49i	1752	25 - 47i	1816	7 - 15i	1680	7 - 17i	1944	25 - 15i	2308	25 - 17i						
1581	7 - 51i	1625	7 - 45i	1589	25 - 51i	1753	25 - 45i	1817	7 - 13i	1681	7 - 19i	1945	25 - 13i	2309	25 - 19i						
1582	5 - 49i	1626	5 - 47i	1590	27 - 49i	1754	27 - 47i	1818	5 - 15i	1682	5 - 17i	1946	27 - 15i	2310	27 - 17i						
1583	5 - 51i	1627	5 - 45i	1591	27 - 51i	1755	27 - 45i	1819	5 - 13i	1683	5 - 19i	1947	27 - 13i	2311	27 - 19i						
1584	7 - 55i	1628	7 - 41i	1592	25 - 45i	1756	25 - 41i	1820	7 - 9i	1684	7 - 23i	1948	25 - 9i	2312	25 - 23i						
1585	7 - 53i	1629	7 - 43i	1593	25 - 53i	1757	25 - 43i	1821	7 - 11i	1685	7 - 21i	1949	25 - 11i	2313	25 - 21i						
1586	5 - 55i	1630	5 - 41i	1594	27 - 55i	1758	27 - 41i	1822	5 - 9i	1686	5 - 23i	1950	27 - 9i	2314	27 - 23i						
1587	5 - 53i	1631	5 - 43i	1595	27 - 53i	1759	27 - 43i	1823	5 - 11i	1687	5 - 24i	1951	27 - 11i	2315	27 - 21i						
1588	15 - 63i	1632	15 - 39i	1596	17 - 63i	1760	17 - 39i	1824	15 - 11i	1688	15 - 31i	1952	17 - 11i	2316	17 - 31i						
1589	15 - 61i	1633	15 - 35i	1597	17 - 61i	1761	17 - 35i	1825	15 - 3i	1689	15 - 29i	1953	17 - 3i	2317	17 - 29i						
1590	13 - 53i	1634	13 - 33i	1598	19 - 63i	1762	19 - 33i	1826	13 - 1i	1690	13 - 31i	1954	19 - 1i	2318	19 - 31i						

1571	13 - 61i	1635	13 - 35i	1699	19 - 61i	1763	19 - 35i	1827	13 - 3i	1891	13 - 29i	1955	19 - 3i	2079	19 - 29i
1572	15 - 57i	1635	15 - 39i	1700	17 - 57i	1764	17 - 39i	1828	15 - 7i	1892	15 - 25i	1956	17 - 7i	2026	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 - 19
1586	13 - 49i	1650	13 - 47i	1714	19 - 49i	1778	19 - 47i	1842	13 - 15i	1906	13 - 17i	1970	16 - 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 - 44i	1716	17 - 55i	1780	17 - 44i	1844	15 - 9i	1908	15 - 21i	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 - 44i	1718	19 - 55i	1782	19 - 44i	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 - 43i	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

值	分散	值	分散														
2048	-1 + 65i	2112	-63 + 33i	2176	-33 + 63i	2240	-33 + 33i	2304	-63 + 1i	2368	-63 + 31i	2432	-33 + 1i	2496	-33 + 31i		
2049	-65 + 3i	2113	-65 + 29i	2177	-33 + 61i	2241	-33 + 35i	2305	-63 + 3i	2369	-63 + 29i	2433	-33 + 3i	2497	-33 + 29i		
2050	-3 + 65i	2114	-61 + 33i	2178	-29 + 65i	2242	-35 + 33i	2306	-61 + 1i	2370	-61 + 31i	2434	-35 + 1i	2498	-35 + 31i		
2051	-3 + 67i	2115	-61 + 35i	2179	-35 + 61i	2243	-35 + 35i	2307	-61 + 3i	2371	-61 + 29i	2435	-35 + 3i	2499	-35 + 29i		
2052	-65 + 7i	2116	-65 + 25i	2180	-33 + 57i	2244	-33 + 39i	2308	-63 + 7i	2372	-63 + 25i	2436	-33 + 7i	2500	-33 + 25i		
2053	-65 + 5i	2117	-65 + 27i	2181	-33 + 59i	2245	-33 + 37i	2309	-63 + 5i	2373	-63 + 27i	2437	-33 + 5i	2501	-33 + 27i		
2054	-67 + 7i	2118	-67 + 25i	2182	-35 + 57i	2246	-35 + 39i	2310	-61 + 7i	2374	-61 + 25i	2438	-35 + 7i	2502	-35 + 25i		
2055	-67 + 5i	2119	-61 + 37i	2183	-35 + 59i	2247	-35 + 37i	2311	-61 + 5i	2375	-61 + 27i	2439	-35 + 5i	2503	-35 + 27i		
2056	-7 + 65i	2120	-57 + 33i	2184	-25 + 65i	2248	-39 + 33i	2312	-57 + 1i	2376	-57 + 31i	2440	-39 + 1i	2504	-39 + 31i		
2057	-7 + 67i	2121	-57 + 35i	2185	-25 + 67i	2249	-39 + 35i	2313	-57 + 3i	2377	-57 + 29i	2441	-39 + 3i	2505	-39 + 29i		
2058	-5 + 65i	2122	-59 + 33i	2186	-27 + 65i	2250	-37 + 33i	2314	-59 + 1i	2378	-59 + 31i	2442	-37 + 1i	2506	-37 + 31i		
2059	-5 + 67i	2123	-59 + 35i	2187	-37 + 61i	2251	-37 + 35i	2315	-59 + 3i	2379	-59 + 29i	2443	-37 + 3i	2507	-37 + 29i		
2060	-7 + 7i	2124	-57 + 39i	2188	-39 + 57i	2252	-39 + 39i	2316	-57 + 7i	2380	-57 + 25i	2444	-39 + 7i	2508	-39 + 25i		
2061	-7 + 69i	2125	-57 + 3i	2189	-39 + 59i	2253	-39 + 3i	2317	-57 + 5i	2381	-57 + 27i	2445	-39 + 5i	2509	-39 + 27i		
2062	-69 + 7i	2126	-59 + 39i	2190	-37 + 57i	2254	-37 + 39i	2318	-59 + 7i	2382	-59 + 25i	2446	-37 + 7i	2510	-37 + 25i		
2063	-5 + 69i	2127	-59 + 37i	2191	-37 + 59i	2255	-37 + 37i	2319	-59 + 5i	2383	-59 + 27i	2447	-37 + 5i	2511	-37 + 27i		
2064	-65 + 15i	2128	-65 + 17i	2192	-33 + 49i	2256	-33 + 47i	2320	-63 + 15i	2384	-63 + 17i	2448	-33 + 15i	2512	-33 + 17i		
2065	-65 + 13i	2129	-65 + 19i	2193	-33 + 51i	2257	-33 + 45i	2321	-63 + 13i	2385	-63 + 19i	2449	-33 + 13i	2513	-33 + 19i		
2066	-67 + 15i	2130	-67 + 17i	2194	-35 + 49i	2258	-35 + 47i	2322	-61 + 15i	2386	-61 + 17i	2450	-35 + 15i	2514	-35 + 17i		
2067	-67 + 13i	2131	-67 + 19i	2195	-35 + 51i	2259	-35 + 45i	2323	-61 + 13i	2387	-61 + 19i	2451	-35 + 13i	2515	-35 + 19i		
2068	-65 + 9i	2132	-65 + 23i	2196	-33 + 55i	2260	-33 + 41i	2324	-63 + 9i	2388	-63 + 23i	2452	-33 + 9i	2516	-33 + 23i		
2069	-65 + 11i	2133	-65 + 21i	2197	-33 + 53i	2261	-33 + 43i	2325	-63 + 11i	2389	-63 + 21i	2453	-33 + 11i	2517	-33 + 21i		
2070	-67 + 9i	2134	-67 + 23i	2198	-35 + 55i	2262	-35 + 41i	2326	-61 + 9i	2390	-61 + 23i	2454	-35 + 9i	2518	-35 + 23i		
2071	-67 + 11i	2135	-67 + 21i	2199	-35 + 53i	2263	-35 + 43i	2327	-61 + 11i	2391	-61 + 21i	2455	-35 + 11i	2519	-35 + 21i		
2072	-71 + 15i	2136	-71 + 17i	2200	-39 + 49i	2264	-39 + 47i	2328	-57 + 15i	2392	-57 + 17i	2456	-39 + 15i	2520	-39 + 17i		
2073	-71 + 13i	2137	-57 + 45i	2201	-39 + 51i	2265	-39 + 45i	2329	-57 + 13i	2393	-57 + 19i	2457	-39 + 13i	2521	-39 + 19i		
2074	-69 + 15i	2138	-69 + 17i	2202	-37 + 49i	2266	-37 + 47i	2330	-59 + 15i	2394	-59 + 17i	2458	-37 + 15i	2522	-37 + 17i		
2075	-69 + 13i	2139	-69 + 19i	2203	-37 + 51i	2267	-37 + 45i	2331	-59 + 13i	2395	-59 + 19i	2459	-37 + 13i	2523	-37 + 19i		
2076	-71 + 9i	2140	-57 + 41i	2204	-39 + 55i	2268	-39 + 41i	2332	-57 + 9i	2396	-57 + 23i	2460	-39 + 9i	2524	-39 + 23i		
2077	-71 + 11i	2141	-57 + 43i	2205	-39 + 53i	2269	-39 + 43i	2333	-57 + 11i	2397	-57 + 21i	2461	-39 + 11i	2525	-39 + 21i		
2078	-69 + 9i	2142	-59 + 41i	2206	-37 + 55i	2270	-37 + 41i	2334	-59 + 9i	2398	-59 + 23i	2462	-37 + 9i	2526	-37 + 23i		
2079	-69 + 11i	2143	-69 + 21i	2207	-37 + 53i	2271	-37 + 43i	2335	-59 + 11i	2399	-59 + 21i	2463	-37 + 11i	2527	-37 + 21i		
2080	-15 + 65i	2144	-49 + 33i	2208	-17 + 65i	2272	-47 + 33i	2336	-49 + 1i	2400	-49 + 31i	2464	-47 + 1i	2528	-47 + 31i		

图 24

2081	-15 + 67	2145	-49 + 35	2209	-17 + 67	2273	-47 + 35	2337	-49 + 3i	2401	-49 + 29	2465	-47 + 3i	2529	-47 + 29
2082	-13 + 65	2146	-51 + 33i	2210	-19 + 65	2274	-45 + 33i	2338	-51 + 1i	2402	-51 + 31	2466	-45 + 1i	2530	-45 + 31
2083	-13 + 67	2147	-51 + 35i	2211	-19 + 67	2275	-45 + 35i	2339	-51 + 3i	2403	-51 + 29	2467	-45 + 3i	2531	-45 + 29
2084	-15 + 71	2148	-49 + 39	2212	-17 + 71	2276	-47 + 39	2340	-49 + 7i	2404	-49 + 25	2468	-47 + 7i	2532	-47 + 25
2085	-15 + 69	2149	-49 + 37	2213	-17 + 69	2277	-47 + 37	2341	-49 + 5i	2405	-49 + 27	2469	-47 + 5i	2533	-47 + 27
2086	-13 + 71	2150	-51 + 39	2214	-45 + 57	2278	-45 + 39	2342	-51 + 7i	2406	-51 + 25	2470	-45 + 7i	2534	-45 + 25
2087	-13 + 69	2151	-51 + 37i	2215	-19 + 69	2279	-45 + 37i	2343	-51 + 5i	2407	-51 + 27	2471	-45 + 5i	2535	-45 + 27
2088	-9 + 35i	2152	-55 + 33i	2216	-23 + 65	2280	-41 + 33i	2344	-55 + 1i	2408	-55 + 31	2472	-41 + 1i	2536	-41 + 31
2089	-9 + 67i	2153	-55 + 35i	2217	-23 + 67	2281	-41 + 35i	2345	-55 + 3i	2409	-55 + 29	2473	-41 + 3i	2537	-41 + 29
2090	-11 + 65i	2154	-53 + 33i	2218	-21 + 65	2282	-43 + 33i	2346	-53 + 1i	2410	-53 + 31	2474	-43 + 1i	2538	-43 + 31
2091	-11 + 67i	2155	-53 + 35i	2219	-21 + 67	2283	-43 + 35i	2347	-53 + 3i	2411	-53 + 29	2475	-43 + 3i	2539	-43 + 29
2092	-9 + 71i	2156	-55 + 39i	2220	-41 + 57	2284	-41 + 39i	2348	-55 + 7i	2412	-55 + 25	2476	-41 + 7i	2540	-41 + 25
2093	-9 + 69i	2157	-55 + 37i	2221	-41 + 59	2285	-41 + 37i	2349	-55 + 5i	2413	-55 + 27	2477	-41 + 5i	2541	-41 + 27
2094	-11 + 71i	2158	-53 + 39i	2222	-43 + 57	2286	-43 + 39i	2350	-53 + 7i	2414	-53 + 25	2478	-43 + 7i	2542	-43 + 25
2095	11 + 69i	2159	53 + 37i	2223	21 + 69	2287	43 + 37i	2351	53 + 5i	2415	53 + 27	2479	43 + 5i	2543	43 + 27
2096	-49 + 49i	2160	-49 + 47i	2224	-47 + 49	2288	-47 + 47i	2352	-49 + 15i	2416	-49 + 17i	2480	-47 + 15i	2544	-47 + 17
2097	-49 + 51i	2161	-49 + 45i	2225	-47 + 51	2289	-47 + 45i	2353	-49 + 13i	2417	-49 + 19	2481	-47 + 13i	2545	-47 + 19
2098	-51 + 49i	2162	-51 + 47i	2226	-45 + 49	2290	-45 + 47i	2354	-51 + 15i	2418	-51 + 17	2482	-45 + 15i	2546	-45 + 17
2099	-51 + 51i	2163	-51 + 45i	2227	-45 + 51	2291	-45 + 45i	2355	-51 + 13i	2419	-51 + 19	2483	-45 + 13i	2547	-45 + 19
2100	-49 + 55i	2164	-49 + 41i	2228	-47 + 55	2292	-47 + 41i	2356	-49 + 9i	2420	-49 + 23	2484	-47 + 9i	2548	-47 + 23
2101	-49 + 53i	2165	-49 + 43i	2229	-47 + 53	2293	-47 + 43i	2357	-49 + 11i	2421	-49 + 21	2485	-47 + 11i	2549	-47 + 21
2102	-13 + 73i	2166	-51 + 41i	2230	-45 + 55	2294	-45 + 41i	2358	-51 + 9i	2422	-51 + 23	2486	-45 + 9i	2550	-45 + 23
2103	-51 + 53i	2167	-51 + 43i	2231	-45 + 53	2295	-45 + 43i	2359	-51 + 11i	2423	-51 + 21	2487	-45 + 11i	2551	-45 + 21
2104	-55 + 49i	2168	-55 + 47i	2232	-41 + 49	2296	-41 + 47i	2360	-55 + 15i	2424	-55 + 17	2488	-41 + 15i	2552	-41 + 17
2105	-73 + 13i	2169	-55 + 45i	2233	-41 + 51	2297	-41 + 45i	2361	-55 + 13i	2425	-55 + 19	2489	-41 + 13i	2553	-41 + 19
2106	-53 + 49i	2170	-53 + 47i	2234	-43 + 49	2298	-43 + 47i	2362	-53 + 15i	2426	-53 + 17	2490	-43 + 15i	2554	-43 + 17
2107	-53 + 51i	2171	-53 + 45i	2235	-43 + 51	2299	-43 + 45i	2363	-53 + 13i	2427	-53 + 19	2491	-43 + 13i	2555	-43 + 19
2108	-9 + 73i	2172	-55 + 41i	2236	-41 + 55	2300	-41 + 41i	2364	-55 + 9i	2428	-55 + 23	2492	-41 + 9i	2556	-41 + 23
2109	-73 + 11i	2173	-55 + 43i	2237	-41 + 53	2301	-41 + 43i	2365	-55 + 11i	2429	-55 + 21	2493	-41 + 11i	2557	-41 + 21
2110	-11 + 73i	2174	-53 + 41i	2238	-43 + 55	2302	-43 + 41i	2366	-53 + 9i	2430	-53 + 23	2494	-43 + 9i	2558	-43 + 23
2111	-53 + 53i	2175	-53 + 43i	2239	-43 + 53	2303	-43 + 43i	2367	-53 + 11i	2431	-53 + 21	2495	-43 + 11i	2559	-43 + 21

图 25

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
2550	-1 + 63j	2624	-1 + 33j	2658	-31 + 63j	2732	-31 + 33j	2816	-1 + 11j	2880	-1 + 31j	2944	-31 + 11j	3008	-31 + 31j	3045	-31 + 31j	31 + 31j	3005
2551	-1 + 64j	2625	1 + 35j	2655	31 + 64j	2725	31 + 35j	2817	1 + 31j	2881	-1 + 29j	2945	31 + 31j	3005	-31 + 29j	31 + 29j	3045	-31 + 29j	
2552	-3 + 63j	2626	-3 + 33j	2690	-29 + 63j	2754	-29 + 33j	2816	-3 + 11j	2882	-3 + 31j	2946	-29 + 11j	3010	-29 + 31j	3011	-29 + 31j	3011	-29 + 29j
2553	-3 + 64j	2627	-3 + 35j	2691	-29 + 64j	2755	-29 + 35j	2819	-3 + 31j	2883	-3 + 29j	2947	-29 + 31j	3011	-29 + 31j	3011	-29 + 29j	3012	-29 + 25j
2554	-1 + 57j	2628	-1 + 39j	2692	-31 + 57j	2756	-31 + 39j	2820	-1 + 71j	2884	-1 + 25j	2943	-31 + 71j	3012	-31 + 25j	3012	-31 + 25j	3012	-31 + 25j
2555	-1 + 59j	2629	-1 + 37j	2693	-31 + 59j	2757	-31 + 37j	2821	-1 + 51j	2885	-1 + 27j	2949	-31 + 51j	3013	-31 + 27j	3013	-31 + 27j	3013	-31 + 27j
2556	-3 + 57j	2630	-3 + 39j	2694	-29 + 57j	2758	-29 + 39j	2822	-3 + 71j	2886	-3 + 25j	2950	-29 + 71j	3014	-29 + 25j	3014	-29 + 25j	3014	-29 + 25j
2557	-3 + 59j	2631	-3 + 37j	2695	-29 + 59j	2759	-29 + 37j	2823	-3 + 51j	2887	-3 + 27j	2951	-29 + 51j	3015	-29 + 27j	3015	-29 + 27j	3015	-29 + 27j
2558	-7 + 63j	2632	-7 + 33j	2696	-25 + 63j	2760	-25 + 33j	2824	-7 + 11j	2888	-7 + 31j	2952	-25 + 11j	3016	-25 + 31j	3016	-25 + 31j	3016	-25 + 31j
2559	-7 + 64j	2633	-7 + 35j	2697	-25 + 64j	2761	-25 + 35j	2825	-7 + 51j	2889	-7 + 29j	2953	-25 + 31j	3017	-25 + 29j	3017	-25 + 29j	3017	-25 + 29j
2560	-5 + 63j	2634	-5 + 33j	2698	-27 + 63j	2762	-27 + 33j	2826	-5 + 11j	2890	-5 + 31j	2954	-27 + 11j	3018	-27 + 31j	3018	-27 + 31j	3018	-27 + 31j
2561	-5 + 64j	2635	-5 + 35j	2699	-27 + 64j	2763	-27 + 35j	2827	-5 + 31j	2891	-5 + 29j	2955	-27 + 31j	3019	-27 + 31j	3019	-27 + 29j	3019	-27 + 29j
2562	-7 + 57j	2636	-7 + 39j	2700	-25 + 57j	2764	-25 + 39j	2828	-7 + 71j	2892	-7 + 25j	2956	-25 + 71j	3020	-25 + 25j	3020	-25 + 25j	3020	-25 + 25j
2563	-7 + 59j	2637	-7 + 37j	2701	-25 + 59j	2765	-25 + 37j	2829	-7 + 51j	2893	-7 + 27j	2957	-25 + 51j	3021	-25 + 27j	3021	-25 + 27j	3021	-25 + 27j
2564	-5 + 57j	2638	-5 + 39j	2702	-27 + 57j	2766	-27 + 39j	2830	-5 + 71j	2894	-5 + 25j	2958	-27 + 71j	3022	-27 + 25j	3022	-27 + 25j	3022	-27 + 25j
2565	-5 + 59j	2639	-5 + 37j	2703	-27 + 59j	2767	-27 + 37j	2831	-5 + 51j	2895	-5 + 27j	2959	-27 + 51j	3023	-27 + 27j	3023	-27 + 27j	3023	-27 + 27j
2566	-1 + 49j	2640	-1 + 47j	2704	-31 + 49j	2768	-31 + 47j	2832	-1 + 15ij	2896	-1 + 17j	2960	-31 + 17j	3024	-31 + 17j	3024	-31 + 17j	3024	-31 + 17j
2567	-1 + 51j	2641	-1 + 45j	2705	-31 + 51j	2769	-31 + 45j	2833	-1 + 13ij	2897	-1 + 19j	2961	-31 + 13j	3025	-31 + 19j	3025	-31 + 19j	3025	-31 + 19j
2568	3 + 49j	2642	3 + 47j	2706	-29 + 49j	2770	-29 + 47j	2834	3 + 15ij	2898	3 + 17j	2962	29 + 15j	3026	29 + 17j	3026	29 + 17j	3026	29 + 17j
2569	-3 + 51j	2643	-3 + 45j	2707	-29 + 51j	2771	-29 + 45j	2835	-3 + 13ij	2899	-3 + 19j	2963	-29 + 13j	3027	-29 + 19j	3027	-29 + 19j	3027	-29 + 19j
2570	-1 + 55j	2644	-1 + 41j	2708	-31 + 55j	2772	-31 + 41j	2836	-1 + 91j	2900	-1 + 23j	2964	-31 + 9j	3028	-31 + 23j	3028	-31 + 23j	3028	-31 + 23j
2571	1 + 53j	2645	1 + 43j	2709	31 + 53j	2773	31 + 43j	2837	-1 + 111j	2901	1 + 21j	2965	31 + 111j	3029	31 + 21j	3029	31 + 21j	3029	31 + 21j
2572	-3 + 55j	2646	-3 + 41j	2710	-29 + 55j	2774	-29 + 41j	2838	-3 + 91j	2902	-3 + 23j	2966	-29 + 91j	3030	-29 + 23j	3030	-29 + 23j	3030	-29 + 23j
2573	-3 + 53j	2647	-3 + 45j	2711	-29 + 53j	2775	-29 + 43j	2839	-3 + 11ij	2903	-3 + 21j	2967	-29 + 11j	3031	-29 + 21j	3031	-29 + 21j	3031	-29 + 21j
2574	-7 + 49j	2648	-7 + 47j	2712	-25 + 49j	2776	-25 + 47j	2840	-7 + 15ij	2904	-7 + 17j	2968	-25 + 15j	3032	-25 + 17j	3032	-25 + 17j	3032	-25 + 17j
2575	-7 + 51j	2649	-7 + 45j	2713	-25 + 51j	2777	-25 + 45j	2841	-7 + 13ij	2905	-7 + 19j	2969	-25 + 13j	3033	-25 + 19j	3033	-25 + 19j	3033	-25 + 19j
2576	-5 + 49j	2650	-5 + 47j	2714	-27 + 49j	2778	-27 + 47j	2842	-5 + 15ij	2906	-5 + 17j	2970	-27 + 15j	3034	-27 + 17j	3034	-27 + 17j	3034	-27 + 17j
2577	-5 + 51j	2651	-5 + 45j	2715	-27 + 51j	2779	-27 + 45j	2843	-5 + 13ij	2907	-5 + 19j	2971	-27 + 13j	3035	-27 + 19j	3035	-27 + 19j	3035	-27 + 19j
2578	7 + 55j	2652	7 + 41j	2716	-25 + 55j	2780	-25 + 41j	2844	7 + 91j	2908	-7 + 23j	2972	25 + 91j	3036	25 + 23j	3036	25 + 23j	3036	25 + 23j
2579	-7 + 53j	2653	-7 + 43j	2717	-25 + 53j	2781	-25 + 43j	2845	-7 + 11ij	2909	-7 + 21j	2973	25 + 11j	3037	25 + 21j	3037	25 + 21j	3037	25 + 21j
2580	-5 + 55j	2654	-5 + 41j	2718	-27 + 55j	2782	-27 + 41j	2846	-5 + 91j	2910	-5 + 23j	2974	-27 + 91j	3038	-27 + 23j	3038	-27 + 23j	3038	-27 + 23j

图 26

2591	-5 + 5i	2655	-5 + 4j	2719	-27 + 53i	2783	-27 + 43i	2842	-5 + 11i	2901	-5 + 21i	2975	-27 + 11i	3039	-27 + 21i
2592	-15 + 6i	2655	-15 + 33i	2720	-17 + 63i	2784	-17 + 33i	2848	-15 + 1i	2912	-15 + 31i	2976	-17 + 1i	3040	-17 + 31i
2593	-15 + 6i	2657	-15 + 35i	2721	-17 + 51i	2785	-17 + 35i	2849	-15 + 3i	2913	-15 + 29i	2977	-17 + 3i	3041	-17 + 29i
2594	-13 + 63i	2658	-13 + 33i	2722	-19 + 53i	2786	-19 + 33i	2850	-13 + 1i	2914	-13 + 31i	2978	-19 + 1i	3042	-19 + 31i
2595	-13 + 61i	2659	-13 + 35i	2723	-19 + 51i	2787	-19 + 35i	2851	-13 + 3i	2915	-13 + 29i	2979	-19 + 3i	3043	-19 + 29i
2596	15 + 57i	2660	-15 + 39i	2724	-17 + 57i	2788	-17 + 39i	2852	-15 + 7i	2916	-15 + 25i	2980	-17 + 7i	3044	-17 + 25i
2597	-15 + 59i	2661	-15 + 37i	2725	-17 + 59i	2789	-17 + 37i	2853	-15 + 5i	2917	-15 + 27i	2981	-17 + 5i	3045	-17 + 27i
2598	-13 + 57i	2662	-13 + 39i	2726	-19 + 57i	2790	-19 + 39i	2854	-13 + 7i	2918	-13 + 25i	2982	-19 + 7i	3046	-19 + 25i
2599	-13 + 59i	2663	-13 + 37i	2727	-19 + 59i	2791	-19 + 37i	2855	-13 + 5i	2919	-13 + 27i	2983	-19 + 5i	3047	-19 + 27i
2600	-9 + 63i	2664	-9 + 33i	2728	-23 + 53i	2792	-23 + 33i	2856	-9 + 1i	2920	-9 + 31i	2984	-23 + 1i	3048	-23 + 31i
2601	9 + 61i	2665	-9 + 35i	2729	-23 + 51i	2793	-23 + 35i	2857	-8 + 3i	2921	-9 + 29i	2985	-23 + 3i	3049	-23 + 29i
2602	-11 + 63i	2666	-11 + 33i	2730	-21 + 63i	2794	-21 + 33i	2858	-11 + 1i	2922	-11 + 31i	2986	-21 + 1i	3050	-21 + 31i
2603	-11 + 61i	2667	-11 + 35i	2731	-21 + 61i	2795	-21 + 35i	2859	-11 + 3i	2923	-11 + 29i	2987	-21 + 3i	3051	-21 + 29i
2604	-9 + 57i	2668	-9 + 39i	2732	-23 + 57i	2796	-23 + 39i	2860	-9 + 7i	2924	-9 + 25i	2988	-23 + 7i	3052	-23 + 25i
2605	-9 + 59i	2669	-9 + 37i	2733	-23 + 59i	2797	-23 + 37i	2861	-9 + 5i	2925	-9 + 27i	2989	-23 + 5i	3053	-23 + 27i
2606	11 + 57i	2670	11 + 39i	2734	21 + 57i	2798	21 + 39i	2862	11 + 7i	2926	11 + 25i	2990	21 + 7i	3054	21 + 25i
2607	-11 + 59i	2671	-11 + 37i	2735	-21 + 59i	2799	-21 + 37i	2863	-11 + 5i	2927	-11 + 27i	2991	-21 + 5i	3055	-21 + 27i
2608	-15 + 49i	2672	-15 + 47i	2736	-17 + 49i	2800	-17 + 47i	2864	-15 + 15i	2928	-15 + 17i	2992	-17 + 15i	3056	-17 + 17i
2609	-15 + 51i	2673	-15 + 45i	2737	-17 + 51i	2801	-17 + 45i	2865	-15 + 13i	2929	-15 + 19i	2993	-17 + 13i	3057	-17 + 19i
2610	-13 + 49i	2674	-13 + 47i	2738	-19 + 49i	2802	-19 + 47i	2866	-13 + 15i	2930	-13 + 17i	2994	-19 + 15i	3058	-19 + 17i
2611	-13 + 51i	2675	-13 + 45i	2739	-19 + 51i	2803	-19 + 45i	2867	-13 + 13i	2931	-13 + 19i	2995	-19 + 13i	3059	-19 + 19i
2612	-15 + 55i	2676	-15 + 41i	2740	-17 + 55i	2804	-17 + 41i	2868	-15 + 9i	2932	-15 + 23i	2996	-17 + 9i	3060	-17 + 23i
2613	-15 + 53i	2677	-15 + 43i	2741	-17 + 53i	2805	-17 + 43i	2869	-15 + 11i	2933	-15 + 21i	2997	-17 + 11i	3061	-17 + 21i
2614	-13 + 55i	2678	-13 + 41i	2742	-19 + 55i	2806	-19 + 41i	2870	-13 + 9i	2934	-13 + 23i	2998	-19 + 9i	3062	-19 + 23i
2615	-13 + 53i	2679	-13 + 43i	2743	-19 + 53i	2807	-19 + 43i	2871	-13 + 11i	2935	-13 + 21i	2999	-19 + 11i	3063	-19 + 21i
2616	9 + 49i	2680	9 + 47i	2744	23 + 49i	2808	-23 + 47i	2872	-9 + 15i	2936	-9 + 17i	3000	-23 + 15i	3064	-23 + 17i
2617	-9 + 51i	2681	-9 + 45i	2745	-23 + 51i	2809	-23 + 45i	2873	-9 + 13i	2937	-9 + 19i	3001	-23 + 13i	3065	-23 + 19i
2618	-11 + 49i	2682	-11 + 47i	2746	-21 + 49i	2810	-21 + 47i	2874	-11 + 15i	2938	-11 + 17i	3002	-21 + 15i	3066	-21 + 17i
2619	-11 + 51i	2683	-11 + 45i	2747	-21 + 51i	2811	-21 + 45i	2875	-11 + 13i	2939	-11 + 19i	3003	-21 + 13i	3067	-21 + 19i
2620	-9 + 55i	2684	-9 + 41i	2748	-23 + 55i	2812	-23 + 41i	2876	-9 + 9i	2940	-9 + 23i	3004	-23 + 9i	3068	-23 + 23i
2621	-9 + 53i	2685	-9 + 43i	2749	-23 + 53i	2813	-23 + 43i	2877	-9 + 11i	2941	-9 + 21i	3005	-23 + 11i	3069	-23 + 21i
2622	-11 + 55i	2686	-11 + 41i	2750	-21 + 55i	2814	-21 + 41i	2878	-11 + 9i	2942	-11 + 23i	3006	-21 + 9i	3070	-21 + 23i
2623	-11 + 53i	2687	-11 + 43i	2751	-21 + 53i	2815	-21 + 43i	2879	-11 + 11i	2943	-11 + 21i	3007	-21 + 11i	3071	-21 + 21i

图 27

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
3072	-65 - 11	3136	-63 - 33	3200	-33 - 63	3264	-33 - 33	3328	-63 - 11	3392	-63 - 31	3456	-33 - 11	3520	-33 - 31
3073	-65 - 31	3137	-65 - 29	3201	-33 - 61	3265	-33 - 35	3329	-63 - 31	3393	-63 - 29	3457	-33 - 31	3521	-33 - 29
3074	-3 - 65	3138	-61 - 33	3202	-29 - 65	3266	-35 - 33	3330	-61 - 11	3394	-61 - 31	3458	-35 - 11	3522	-35 - 31
3075	-67 - 31	3139	-61 - 31	3203	-35 - 61	3267	-35 - 35	3331	-61 - 31	3395	-61 - 29	3459	-35 - 31	3523	-35 - 29
3076	-65 - 71	3140	-65 - 25	3204	-33 - 57	3268	-33 - 39	3332	-63 - 25	3396	-63 - 25	3460	-33 - 25	3524	-33 - 25
3077	-65 - 51	3141	-65 - 27	3205	-33 - 59	3269	-33 - 37	3333	-63 - 51	3397	-63 - 27	3461	-33 - 51	3525	-33 - 27
3078	-67 - 71	3142	-67 - 25	3206	-35 - 57	3270	-35 - 39	3334	-61 - 71	3398	-61 - 25	3462	-35 - 71	3526	-35 - 25
3079	-67 - 51	3143	-61 - 37	3207	-35 - 59	3271	-35 - 37	3335	-61 - 51	3399	-61 - 27	3463	-35 - 51	3527	-35 - 27
3080	-7 - 65	3144	-57 - 33	3208	-25 - 65	3272	-39 - 33	3336	-57 - 11	3400	-57 - 31	3464	-39 - 11	3528	-39 - 31
3081	-7 - 67	3145	-57 - 35	3209	-25 - 67	3273	-39 - 35	3337	-57 - 31	3401	-57 - 29	3465	-39 - 31	3529	-39 - 29
3082	-5 - 65	3146	-59 - 33	3210	-27 - 65	3274	-37 - 33	3338	-59 - 11	3402	-59 - 31	3466	-37 - 11	3530	-37 - 31
3083	-5 - 67	3147	-59 - 35	3211	-37 - 61	3275	-37 - 35	3339	-59 - 31	3403	-59 - 29	3467	-37 - 31	3531	-37 - 29
3084	-71 - 71	3148	-57 - 39	3212	-39 - 57	3276	-39 - 39	3340	-57 - 71	3404	-57 - 71	3468	-39 - 71	3532	-39 - 25
3085	-7 - 69	3149	-57 - 37	3213	-39 - 59	3277	-39 - 37	3341	-57 - 51	3405	-57 - 27	3469	-39 - 51	3533	-39 - 27
3086	-69 - 71	3150	-59 - 39	3214	-37 - 57	3278	-37 - 39	3342	-59 - 71	3406	-59 - 25	3470	-37 - 71	3534	-37 - 25
3087	-69 - 51	3151	-59 - 37	3215	-37 - 59	3279	-37 - 37	3343	-59 - 51	3407	-59 - 27	3471	-37 - 51	3535	-37 - 27
3088	-65 - 151	3152	-65 - 17	3216	-33 - 49	3280	-33 - 47	3344	-63 - 151	3408	-63 - 17	3472	-33 - 151	3536	-33 - 17
3089	65 - 13	3153	65 - 19	3217	33 - 51	3281	32 - 45	3285	63 - 131	3409	63 - 19	3473	33 - 131	3537	33 - 19
3090	-67 - 15	3154	-67 - 17	3218	-35 - 49	3282	-35 - 47	3286	-61 - 151	3410	-61 - 17	3474	-35 - 151	3538	-35 - 17
3091	-67 - 13	3155	-67 - 19	3219	-35 - 51	3283	-35 - 45	3347	-61 - 131	3411	-61 - 19	3475	-35 - 151	3539	-35 - 19
3092	-65 - 91	3156	-65 - 23	3220	-33 - 55	3284	-33 - 41	3348	-63 - 91	3412	-63 - 23	3476	-33 - 91	3540	-33 - 23
3093	-65 - 11	3157	-65 - 21	3221	-33 - 53	3285	-33 - 43	3349	-63 - 111	3413	-63 - 21	3477	-33 - 111	3541	-33 - 21
3094	-67 - 91	3158	-67 - 23	3222	-35 - 55	3286	-35 - 41	3350	-61 - 91	3414	-61 - 23	3478	-35 - 91	3542	-35 - 23
3095	-67 - 11	3159	-67 - 21	3223	-35 - 53	3287	-35 - 43	3351	-61 - 111	3415	-61 - 21	3479	-35 - 111	3543	-35 - 21
3096	-71 - 15	3160	-71 - 17	3224	-39 - 49	3288	-39 - 47	3352	-57 - 151	3416	-57 - 171	3480	-39 - 151	3544	-39 - 171
3097	-71 - 13	3161	-57 - 45	3225	-39 - 51	3289	-39 - 45	3353	-57 - 131	3417	-57 - 19	3481	-39 - 131	3545	-39 - 19
3098	-69 - 15	3162	-69 - 17	3226	-37 - 49	3290	-37 - 47	3354	-59 - 151	3418	-59 - 171	3482	-37 - 151	3546	-37 - 171
3099	-69 - 13	3163	-69 - 19	3227	-37 - 51	3291	-37 - 45	3355	-59 - 131	3419	-59 - 19	3483	-37 - 131	3547	-37 - 19
3100	-71 - 91	3164	-57 - 41	3228	-39 - 55	3292	-39 - 41	3356	-57 - 91	3420	-57 - 23	3484	-39 - 91	3548	-39 - 23

图 28

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 - 91	3166	-59 - 41	3210	-37 - 51	3294	-37 - 41	3358	-59 - 91	3422	-59 - 23	3486	-37 - 91	3550	-37 - 23
3103	-69 - 111	3167	-69 - 21	3211	-37 - 53	3295	-37 - 43	3359	-59 - 111	3423	-59 - 21	3487	-37 - 111	3551	-37 - 21
3104	-15 - 65	3168	-49 - 33	3212	-17 - 65	3296	-47 - 31	3360	-49 - 11	3424	-49 - 31	3498	-47 - 11	3552	-47 - 31
3105	-15 - 67	3169	-49 - 35	3213	-17 - 67	3297	-47 - 35	3361	-49 - 31	3425	-49 - 31	3489	-47 - 31	3553	-47 - 29
3106	-13 - 65	3170	-51 - 33	3214	-19 - 65	3298	-45 - 33	3362	-51 - 11	3426	-51 - 31	3490	-45 - 11	3554	-45 - 21
3107	-13 - 67	3171	-51 - 35	3215	-19 - 67	3299	-45 - 35	3363	-51 - 31	3427	-51 - 29	3491	-45 - 31	3555	-45 - 29
3108	-15 - 71	3172	-49 - 39	3216	-17 - 71	3300	-47 - 39	3364	-49 - 71	3428	-49 - 25	3492	-47 - 71	3556	-47 - 25
3109	-15 - 69	3173	-49 - 37	3217	-17 - 69	3301	-47 - 37	3365	-49 - 51	3429	-49 - 27	3493	-47 - 5	3557	-47 - 27
3110	-13 - 71	3174	-51 - 39	3218	-45 - 57	3302	-45 - 39	3366	-51 - 71	3430	-51 - 25	3494	-45 - 7	3558	-45 - 25
3111	-13 - 69	3175	-51 - 37	3219	-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 - 31	3434	-53 - 31	3498	-43 - 31	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 - 151	3440	-49 - 17	3504	-47 - 151	3568	-47 - 17
3121	-49 - 51	3185	-49 - 45	3249	-47 - 51	3313	-47 - 45	3377	-49 - 131	3441	-49 - 19	3505	-47 - 131	3569	-47 - 19
3122	-51 - 49	3186	-51 - 47	3250	-45 - 49	3314	-45 - 47	3378	-51 - 151	3442	-51 - 17	3507	-45 - 151	3570	-45 - 25
3123	-51 - 51	3187	-51 - 45	3251	-45 - 51	3315	-45 - 45	3379	-51 - 131	3443	-51 - 19	3508	-45 - 131	3571	-45 - 19
3124	-49 - 55	3188	-49 - 41	3252	-47 - 55	3316	-47 - 41	3380	-49 - 91	3444	-49 - 23	3509	-47 - 91	3572	-47 - 23
3125	-49 - 53	3189	-49 - 43	3253	-47 - 53	3317	-47 - 43	3381	-49 - 111	3445	-49 - 21	3510	-47 - 111	3573	-47 - 21
3126	-13 - 73	3190	-51 - 41	3254	-45 - 55	3318	-45 - 41	3382	-51 - 91	3446	-51 - 23	3510	-45 - 91	3574	-45 - 23
3127	-51 - 53	3191	-51 - 43	3255	-45 - 53	3319	-45 - 43	3383	-51 - 111	3447	-51 - 21	3511	-45 - 111	3575	-45 - 21
3128	-55 - 49	3192	-55 - 47	3256	-41 - 55	3320	-41 - 47	3384	-55 - 151	3448	-55 - 17	3512	-41 - 151	3576	-41 - 151
3129	-73 - 13	3193	-55 - 45	3257	-41 - 51	3321	-41 - 45	3385	-55 - 131	3449	-55 - 19	3513	-41 - 131	3577	-41 - 19
3130	-53 - 49	3194	-53 - 47	3258	-43 - 49	3322	-43 - 47	3386	-53 - 151	3450	-53 - 17	3514	-43 - 151	3578	-43 - 17
3131	-53 - 51	3195	-53 - 45	3259	-43 - 51	3323	-43 - 45	3387	-53 - 131	3451	-53 - 19	3515	-43 - 131	3579	-43 - 19
3132	-73 - 91	3196	-55 - 41	3260	-41 - 55	3324	-41 - 41	3388	-55 - 91	3452	-55 - 23	3516	-41 - 91	3580	-41 - 23
3133	-73 - 11	3197	-55 - 43	3261	-41 - 53	3325	-41 - 43	3389	-55 - 111	3453	-55 - 21	3517	-41 - 111	3581	-41 - 21
3134	-11 - 73	3198	-53 - 41	3262	-43 - 55	3326	-43 - 41	3390	-53 - 91	3454	-53 - 23	3518	-43 - 91	3582	-43 - 23
3135	-53 - 53	3199	-53 - 43	3263	-43 - 53	3327	-43 - 43	3391	-53 - 111	3455	-53 - 21	3519	-43 - 111	3583	-43 - 21

值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散	值	分散
3584	-1 - 53i	3648	-1 - 33i	3712	31 - 63i	3776	31 - 33i	3840	-1 - 1i	3904	-1 - 31i	3968	-31 - 1i
3585	-1 - 61i	3649	-1 - 35i	3713	-31 - 61i	3777	-31 - 35i	3841	-1 - 3i	3905	-1 - 29i	3969	-31 - 3i
3586	-3 - 63i	3650	-3 - 33i	3714	-29 - 63i	3778	-29 - 33i	3842	-3 - 1i	3906	-3 - 31i	3970	-29 - 1i
3587	-3 - 61i	3651	-3 - 35i	3715	-29 - 61i	3779	-29 - 35i	3843	-3 - 3i	3907	-3 - 29i	3971	-29 - 3i
3588	-1 - 57i	3652	-1 - 39i	3716	-31 - 57i	3780	-31 - 39i	3844	-1 - 7i	3908	-1 - 25i	3972	-31 - 7i
3589	-1 - 59i	3653	-1 - 37i	3717	-31 - 59i	3781	-31 - 37i	3845	-1 - 5i	3909	-1 - 27i	3973	-31 - 5i
3590	-3 - 57i	3654	-3 - 36i	3718	-29 - 57i	3782	-29 - 36i	3846	-3 - 7i	3910	-3 - 25i	3974	-29 - 7i
3591	-3 - 59i	3655	-3 - 37i	3719	-29 - 59i	3783	-29 - 37i	3847	-3 - 5i	3911	-3 - 27i	3975	-29 - 5i
3592	-7 - 63i	3656	-7 - 33i	3720	-25 - 63i	3794	-25 - 33i	3848	-7 - 11i	3912	-7 - 31i	3976	-25 - 1i
3593	-7 - 61i	3657	-7 - 35i	3721	-25 - 61i	3795	-25 - 35i	3849	-7 - 3i	3913	-7 - 29i	3977	-25 - 3i
3594	-5 - 63i	3658	-5 - 33i	3722	-27 - 63i	3796	-27 - 33i	3850	-5 - 1i	3914	-5 - 31i	3978	-27 - 1i
3595	-5 - 61i	3659	-5 - 35i	3723	-27 - 61i	3797	-27 - 35i	3851	-5 - 3i	3915	-5 - 29i	3979	-27 - 3i
3596	-7 - 57i	3660	-7 - 39i	3724	-25 - 57i	3798	-25 - 39i	3852	-7 - 7i	3916	-7 - 25i	3980	-25 - 7i
3597	-7 - 59i	3661	-7 - 37i	3725	-25 - 59i	3799	-25 - 37i	3853	-7 - 5i	3917	-7 - 27i	3981	-25 - 5i
3598	-5 - 57i	3662	-5 - 39i	3726	-27 - 57i	3790	-27 - 39i	3854	-5 - 7i	3918	-5 - 25i	3982	-27 - 7i
3599	-5 - 59i	3663	-5 - 37i	3727	-27 - 59i	3791	-27 - 37i	3855	-5 - 5i	3919	-5 - 27i	3983	-27 - 5i
3600	-1 - 49i	3664	-1 - 47i	3728	-31 - 49i	3792	-31 - 47i	3856	-1 - 15i	3920	-1 - 17i	3984	-31 - 15i
3601	-1 - 51i	3665	-1 - 45i	3729	-31 - 51i	3793	-31 - 45i	3857	-1 - 13i	3921	-1 - 19i	3985	-31 - 13i
3602	-3 - 49i	3666	-3 - 47i	3730	-29 - 49i	3794	-29 - 47i	3858	-3 - 15i	3922	-3 - 17i	3986	-29 - 15i
3603	-3 - 51i	3667	-3 - 45i	3731	-29 - 51i	3795	-29 - 45i	3859	-3 - 13i	3923	-3 - 13i	3987	-29 - 13i
3604	-1 - 55i	3668	-1 - 41i	3732	-31 - 55i	3796	-31 - 41i	3860	-1 - 9i	3924	-1 - 23i	3988	-31 - 9i
3605	-1 - 53i	3669	-1 - 43i	3733	-31 - 53i	3797	-31 - 43i	3861	-1 - 11i	3925	-1 - 21i	3989	-31 - 11i
3606	-3 - 55i	3670	-3 - 41i	3734	-29 - 55i	3798	-29 - 41i	3862	-3 - 9i	3926	-3 - 23i	3990	-29 - 9i
3607	-3 - 53i	3671	-3 - 43i	3735	-29 - 53i	3799	-29 - 43i	3863	-3 - 11i	3927	-3 - 21i	3991	-29 - 11i
3608	-7 - 49i	3672	-7 - 47i	3736	-25 - 49i	3800	-25 - 47i	3864	-7 - 15i	3928	-7 - 17i	3992	-25 - 15i
3609	7 - 51i	3673	7 - 45i	3737	25 - 51i	3801	25 - 45i	3865	7 - 13i	3929	7 - 13i	3993	25 - 13i
3610	-5 - 49i	3674	-5 - 47i	3738	-27 - 49i	3802	-27 - 47i	3866	-5 - 15i	3930	-5 - 17i	3994	-27 - 15i
3611	-5 - 51i	3675	-5 - 45i	3739	-27 - 51i	3803	-27 - 45i	3867	-5 - 13i	3931	-5 - 19i	3995	-27 - 13i
3612	-7 - 55i	3676	-7 - 41i	3740	-25 - 55i	3804	-25 - 41i	3868	-7 - 9i	3932	-7 - 23i	3996	-25 - 9i
3613	-7 - 53i	3677	-7 - 43i	3741	-25 - 53i	3805	-25 - 43i	3869	-7 - 11i	3933	-7 - 21i	3997	-25 - 11i
3614	5 - 55i	3678	5 - 41i	3742	27 - 55i	3806	27 - 41i	3870	5 - 9i	3934	5 - 23i	3998	27 - 9i
3615	-5 - 53i	3679	-5 - 43i	3743	-27 - 53i	3807	-27 - 43i	3871	-5 - 11i	3935	-5 - 21i	3999	-27 - 11i

3616	-15 - 63i	3686	-15 - 33i	3744	-17 - 63i	3803	-17 - 33i	3877	-15 - 1i	3936	-15 - 31i	4006	-17 - 1i	4064	-17 - 31i
3617	-15 - 61i	3681	-15 - 35i	3745	-17 - 61i	3803	-17 - 35i	3873	-15 - 3i	3937	-15 - 29i	4001	-17 - 3i	4065	-17 - 29i
3618	-13 - 63i	3682	-13 - 33i	3746	-19 - 63i	3810	-19 - 33i	3874	-13 - 1i	3938	-13 - 31i	4002	-19 - 1i	4066	-19 - 31i
3619	-13 - 61i	3683	-13 - 35i	3747	-19 - 61i	3811	-19 - 35i	3875	-13 - 3i	3939	-13 - 29i	4003	-19 - 3i	4067	-19 - 29i
3620	-15 - 57i	3684	-15 - 39i	3748	-17 - 57i	3812	-17 - 39i	3876	-15 - 7i	3940	-15 - 25i	4004	-17 - 7i	4058	-17 - 25i
3621	-15 - 59i	3685	-15 - 37i	3749	-17 - 59i	3813	-17 - 37i	3877	-15 - 5i	3941	-15 - 27i	4005	-17 - 5i	4069	-17 - 27i
3622	-13 - 57i	3686	-13 - 39i	3750	-19 - 57i	3814	-19 - 39i	3878	-13 - 7i	3942	-13 - 25i	4006	-19 - 7i	4070	-19 - 25i
3623	-13 - 59i	3687	-13 - 37i	3751	-19 - 59i	3815	-19 - 37i	3879	-13 - 5i	3943	-13 - 27i	4007	-19 - 5i	4071	-19 - 27i
3624	-9 - 63i	3688	-9 - 33i	3752	-23 - 63i	3816	-23 - 33i	3880	-9 - 1i	3944	-9 - 31i	4008	-23 - 1i	4072	-23 - 31i
3625	-9 - 61i	3689	-9 - 35i	3753	-23 - 61i	3817	-23 - 35i	3881	-9 - 3i	3945	-9 - 29i	4009	-23 - 3i	4073	-23 - 29i
3626	-11 - 63i	3690	-11 - 33i	3754	-21 - 63i	3818	-21 - 33i	3882	-11 - 1i	3946	-11 - 31i	4010	-21 - 1i	4074	-21 - 31i
3627	-11 - 61i	3691	-11 - 35i	3755	-21 - 61i	3819	-21 - 35i	3883	-11 - 3i	3947	-11 - 29i	4011	-21 - 3i	4075	-21 - 29i
3628	-9 - 57i	3692	-9 - 39i	3756	-23 - 57i	3820	-23 - 39i	3884	-9 - 7i	3948	-9 - 25i	4012	-23 - 7i	4076	-23 - 25i
3629	-9 - 59i	3693	-9 - 37i	3757	-23 - 59i	3821	-23 - 37i	3885	-9 - 5i	3949	-9 - 27i	4013	-23 - 5i	4077	-23 - 27i
3630	-11 - 57i	3694	-11 - 39i	3758	-21 - 57i	3822	-21 - 39i	3886	-11 - 7i	3950	-11 - 25i	4014	-21 - 7i	4078	-21 - 25i
3631	-11 - 59i	3695	-11 - 37i	3759	-21 - 59i	3823	-21 - 37i	3887	-11 - 5i	3951	-11 - 27i	4015	-21 - 5i	4079	-21 - 27i
3632	-15 - 49i	3696	-15 - 47i	3760	-17 - 49i	3824	-17 - 47i	3888	-15 - 15i	3952	-15 - 17i	4016	-17 - 15i	4080	-17 - 17i
3633	-15 - 51i	3697	-15 - 45i	3761	-17 - 51i	3825	-17 - 45i	3889	-15 - 13i	3953	-15 - 19i	4017	-17 - 13i	4081	-17 - 19i
3634	-13 - 49i	3698	-13 - 47i	3762	-19 - 49i	3826	-19 - 47i	3890	-13 - 15i	3954	-13 - 17i	4018	-19 - 15i	4082	-19 - 17i
3635	-13 - 51i	3699	-13 - 45i	3763	-19 - 51i	3827	-19 - 45i	3891	-13 - 13i	3955	-13 - 19i	4019	-19 - 13i	4083	-19 - 19i
3636	-15 - 55i	3700	-15 - 41i	3764	-17 - 55i	3836	-17 - 41i	3892	-15 - 9i	3956	-15 - 23i	4020	-17 - 9i	4084	-17 - 23i
3637	-15 - 53i	3701	-15 - 43i	3765	-17 - 53i	3829	-17 - 43i	3893	-15 - 11i	3957	-15 - 21i	4021	-17 - 11i	4085	-17 - 21i
3638	-13 - 55i	3702	-13 - 41i	3766	-19 - 55i	3832	-19 - 41i	3894	-13 - 9i	3958	-13 - 23i	4022	-19 - 9i	4086	-19 - 23i
3639	-13 - 53i	3703	-13 - 43i	3767	-19 - 53i	3831	-19 - 43i	3895	-13 - 11i	3959	-13 - 21i	4023	-19 - 11i	4087	-19 - 21i
3640	9 - 49i	3704	9 - 47i	3768	-23 - 49i	3832	-23 - 47i	3896	-9 - 15i	3960	-9 - 17i	4024	-23 - 15i	4088	-23 - 17i
3641	-9 - 51i	3705	-9 - 45i	3769	-23 - 51i	3833	-23 - 45i	3897	-9 - 13i	3961	-9 - 19i	4025	-23 - 13i	4089	-23 - 19i
3642	-11 - 49i	3706	-11 - 47i	3770	-21 - 49i	3834	-21 - 47i	3898	-11 - 15i	3962	-11 - 17i	4026	-21 - 15i	4090	-21 - 17i
3643	-11 - 51i	3707	-11 - 45i	3771	-21 - 51i	3835	-21 - 45i	3899	-11 - 13i	3963	-11 - 19i	4027	-21 - 13i	4091	-21 - 19i
3644	9 - 55i	3708	9 - 41i	3772	-23 - 55i	3836	-23 - 41i	3900	-9 - 9i	3964	-9 - 23i	4028	-23 - 9i	4092	-23 - 23i
3645	-9 - 53i	3709	-9 - 43i	3773	-23 - 53i	3837	-23 - 43i	3901	-9 - 11i	3965	-9 - 21i	4029	-23 - 11i	4093	-23 - 21i
3646	-11 - 55i	3710	-11 - 41i	3774	-21 - 55i	3838	-21 - 41i	3902	-11 - 9i	3966	-11 - 23i	4030	-21 - 9i	4094	-21 - 23i
3647	-11 - 53i	3711	-11 - 43i	3775	-21 - 53i	3839	-21 - 43i	3903	-11 - 11i	3967	-11 - 21i	4031	-21 - 11i	4095	-21 - 21i

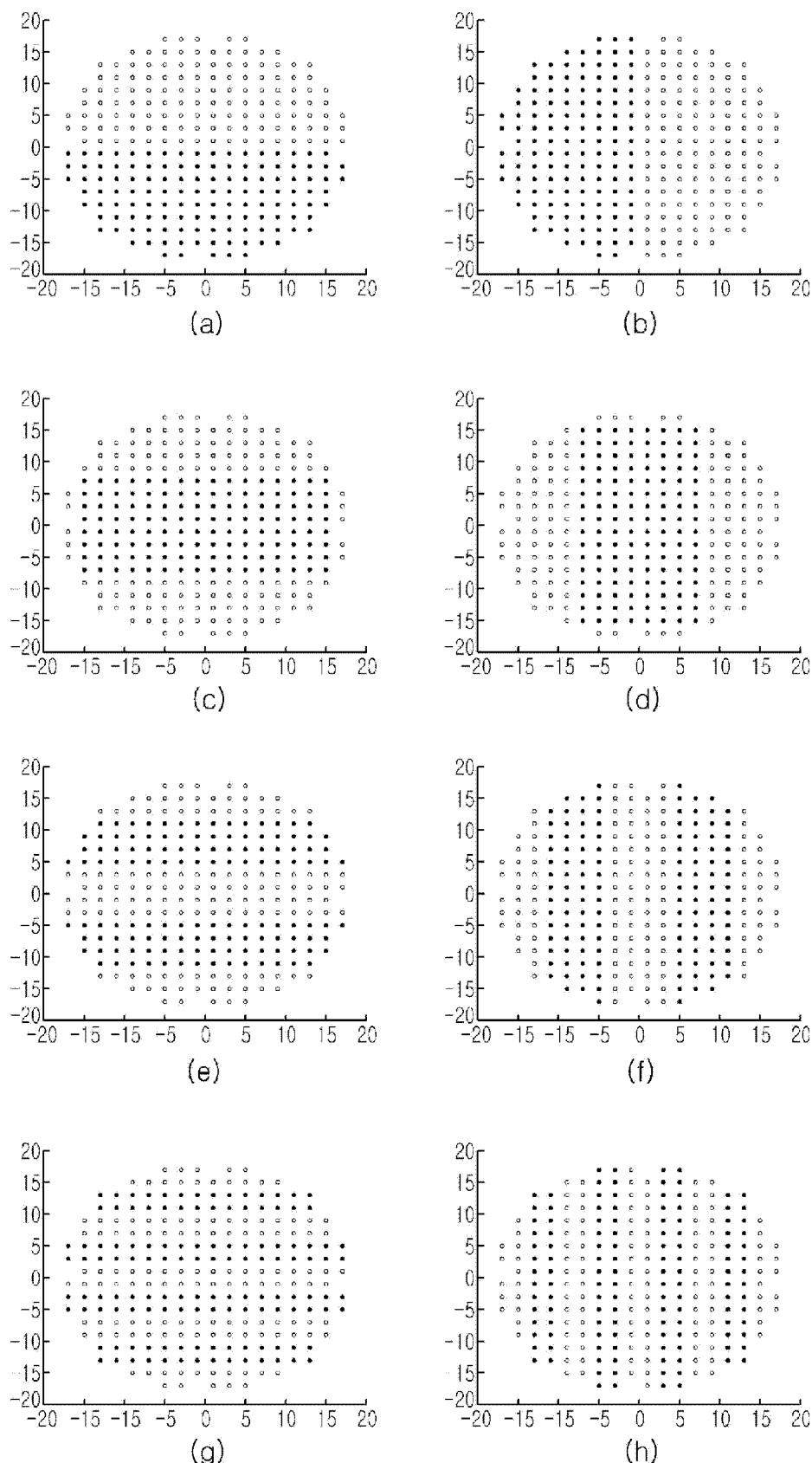


图 32

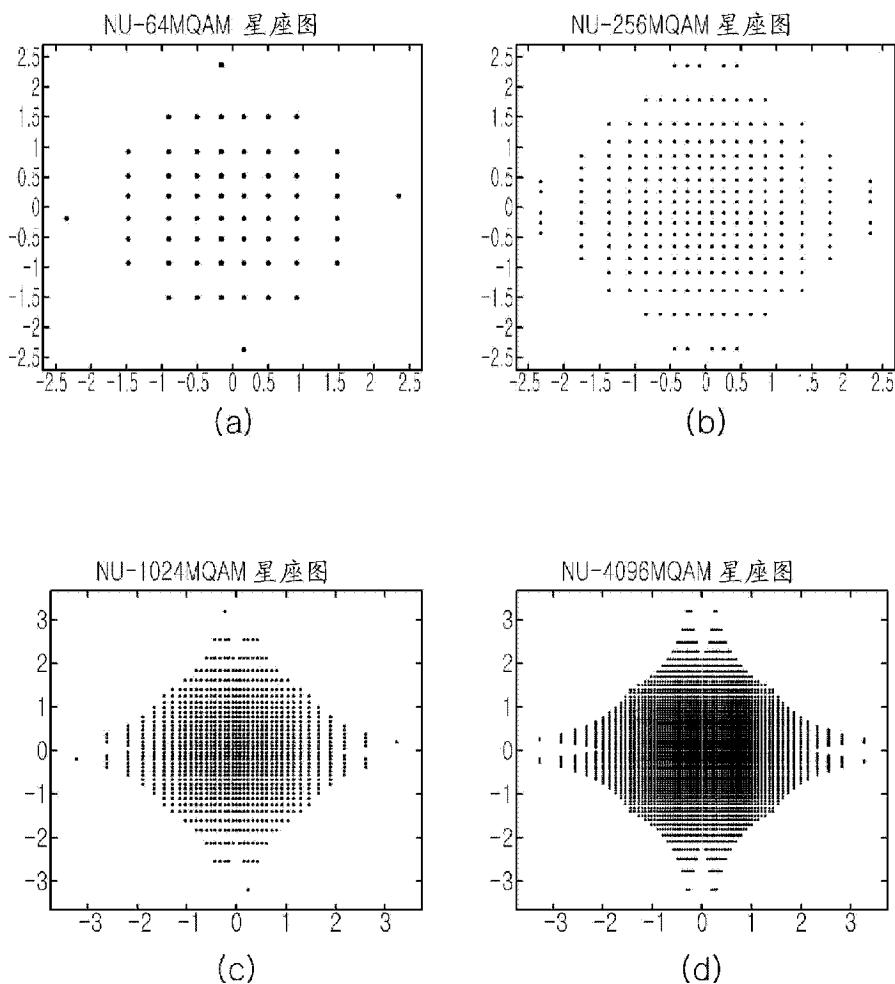


图 33

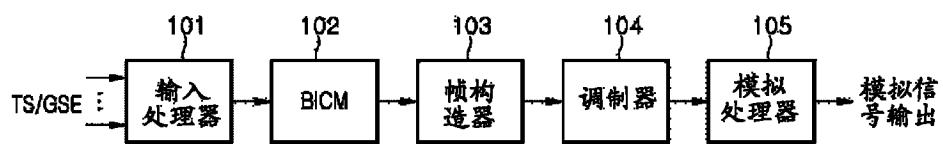


图 34

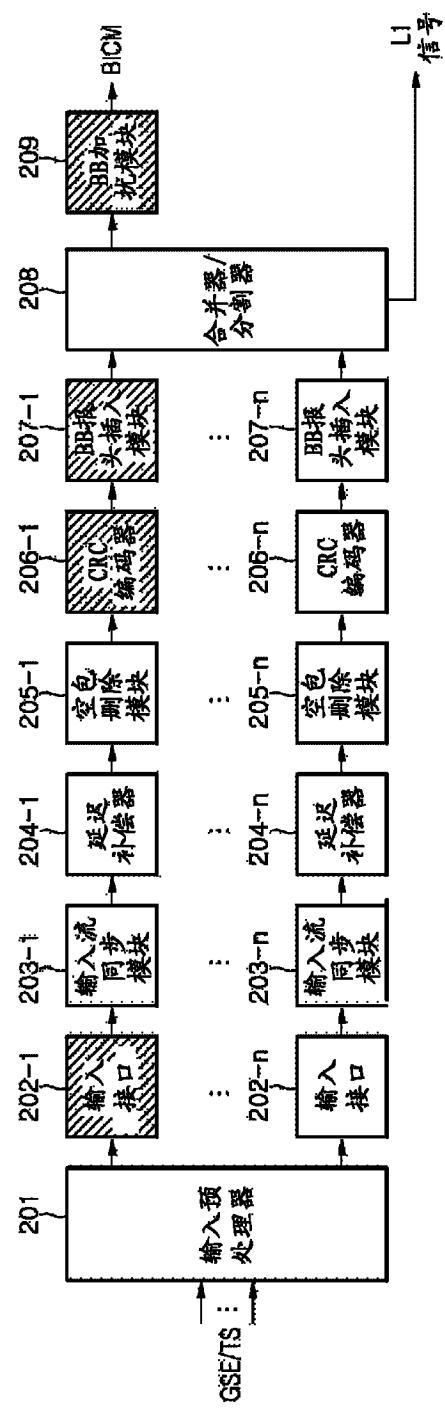


图 35

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

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=0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BBHEADBR的前9个字节的错误检查码。 MODE (8字节) 应是： • 0 标准模式 • 1 高效模式 • 其它值：保留用于将来使用

图 36

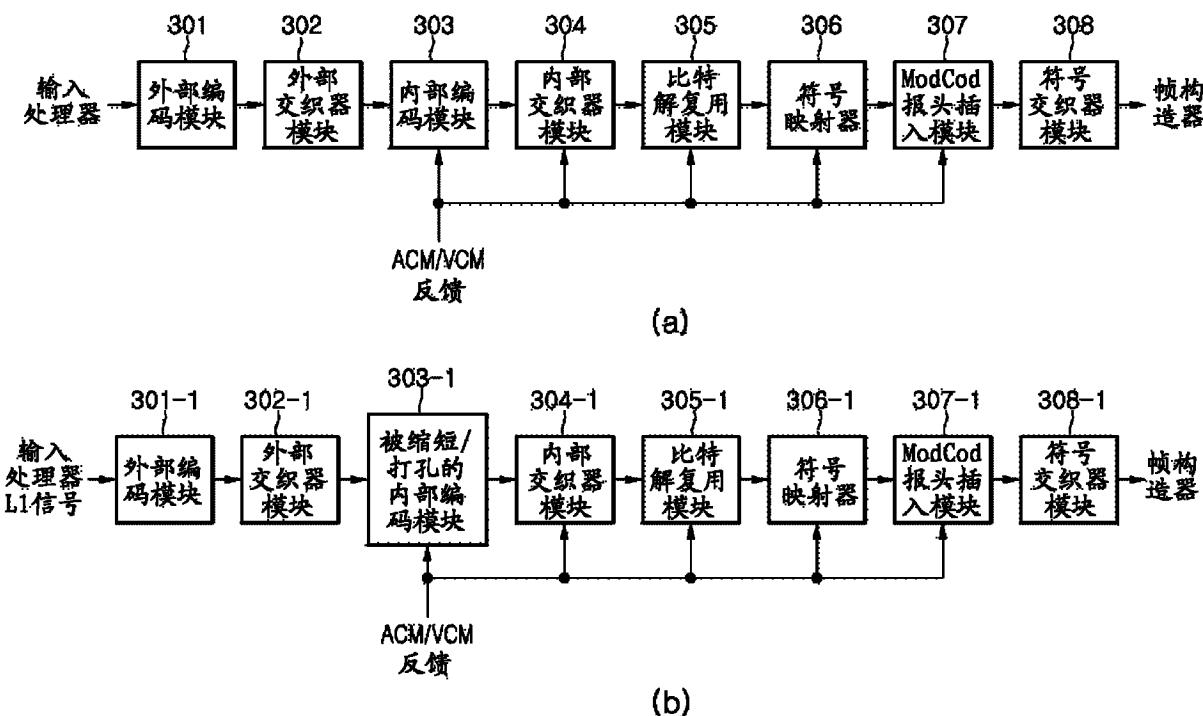


图 37

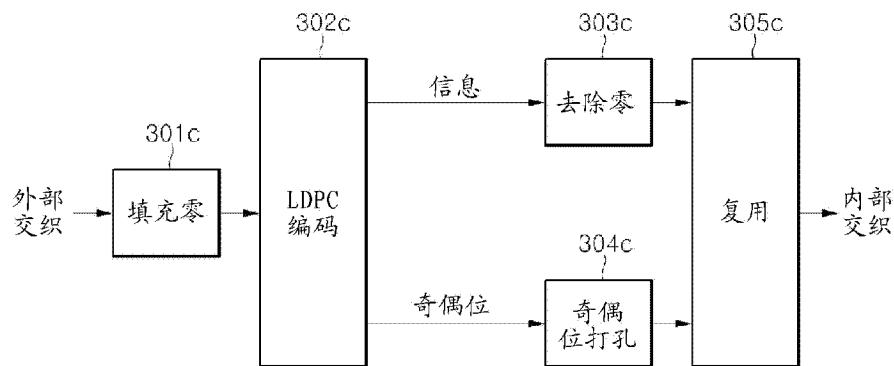


图 38

	容量 (比特 /s/Hz)		情况1	情况2
	1/2	3.0	NU-MQAM	NU-QAM
6	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
	1/2	4.0	NU-MQAM	NU-QAM
8	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
	1/2	5.0	NU-MQAM	NU-QAM
10	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
	1/2	6.0	NU-MQAM	NU-QAM
12	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

			情况1	情况2	情况2
		容量 (比特/s/Hz)	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
	1/2	3.0	QAM	QAM	QAM
	2/3	4.0	QAM	QAM	QAM
	3/4	4.5	QAM	QAM	QAM
4	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
	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
6	9/10	5.4	QAM	QAM	QAM
	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
	1/2	4.0	QAM	QAM	QAM
	2/3	5.3	QAM	QAM	QAM
8	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
	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
10	8/9	8.9	MQAM	MQAM	MQAM
	9/10	9.0	MQAM	MQAM	MQAM
	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
12					

图 40

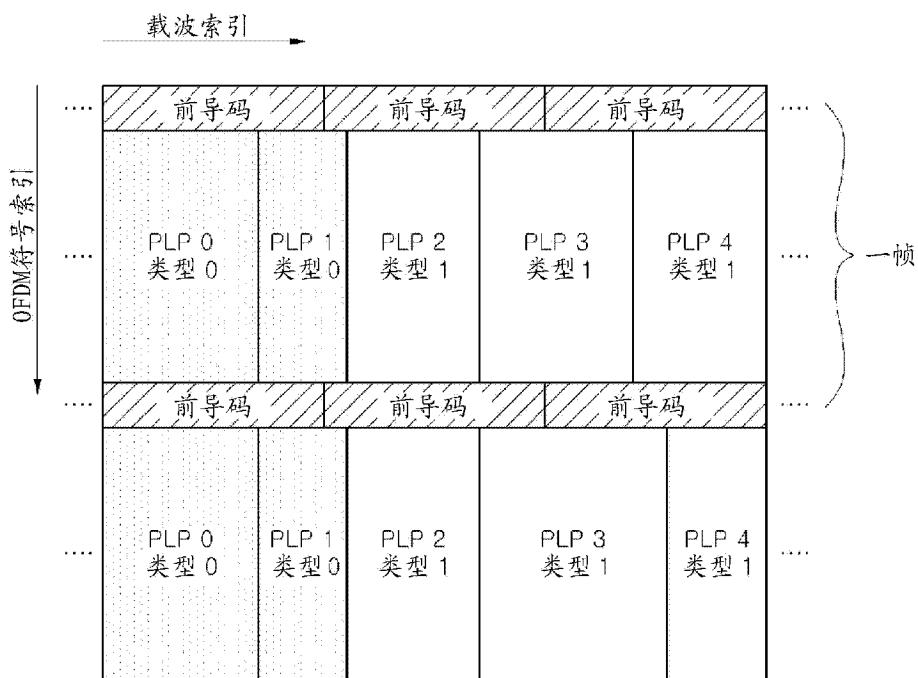


图 41

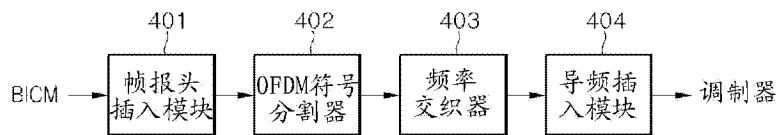


图 42

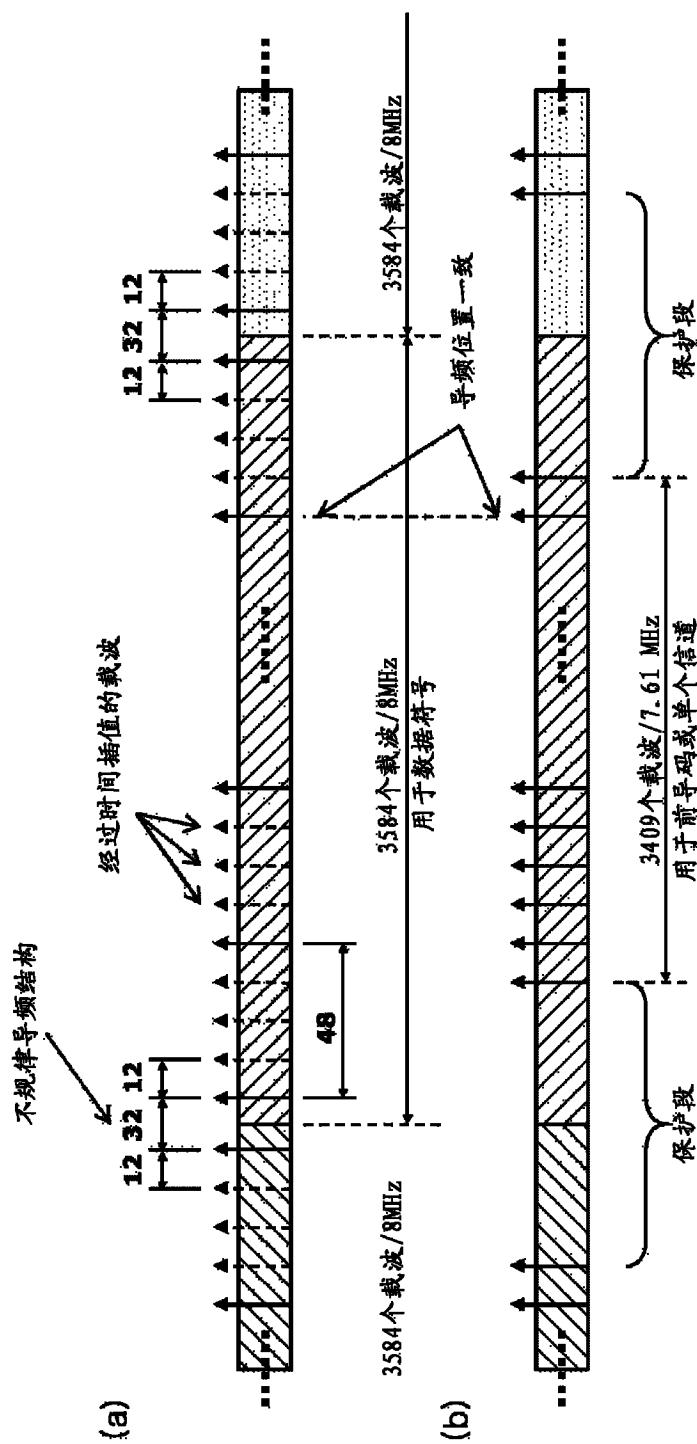


图 43

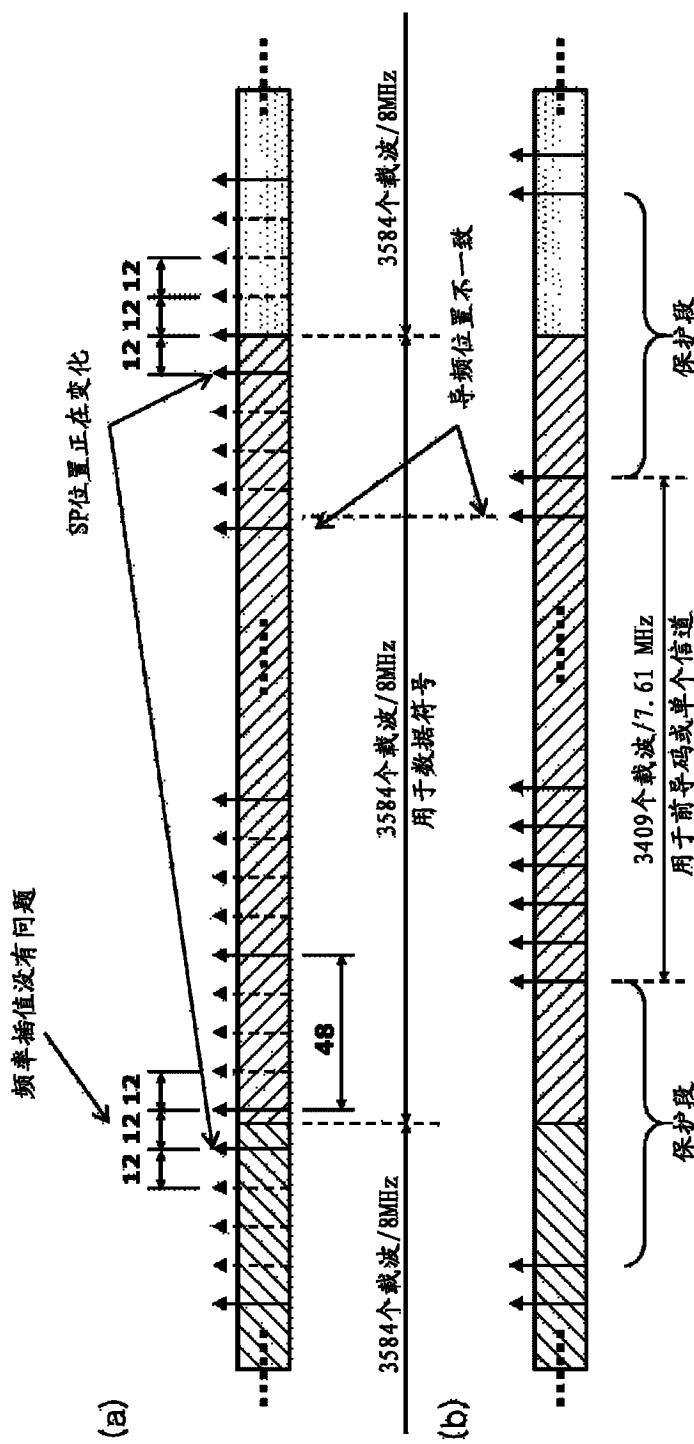


图 44

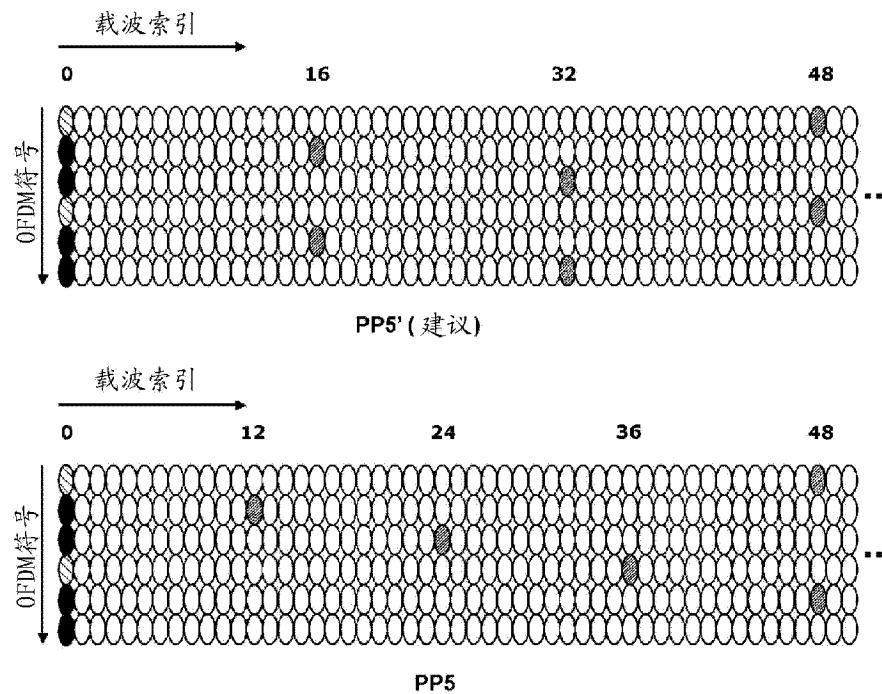


图 45

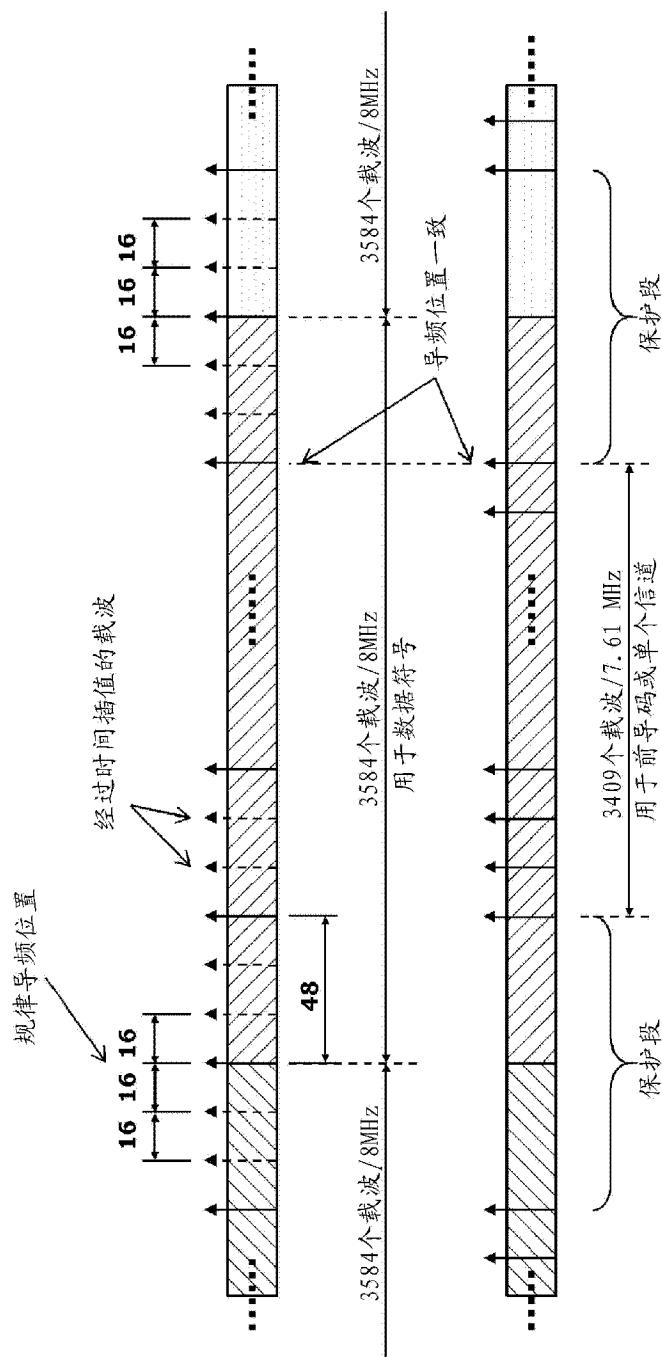


图 46

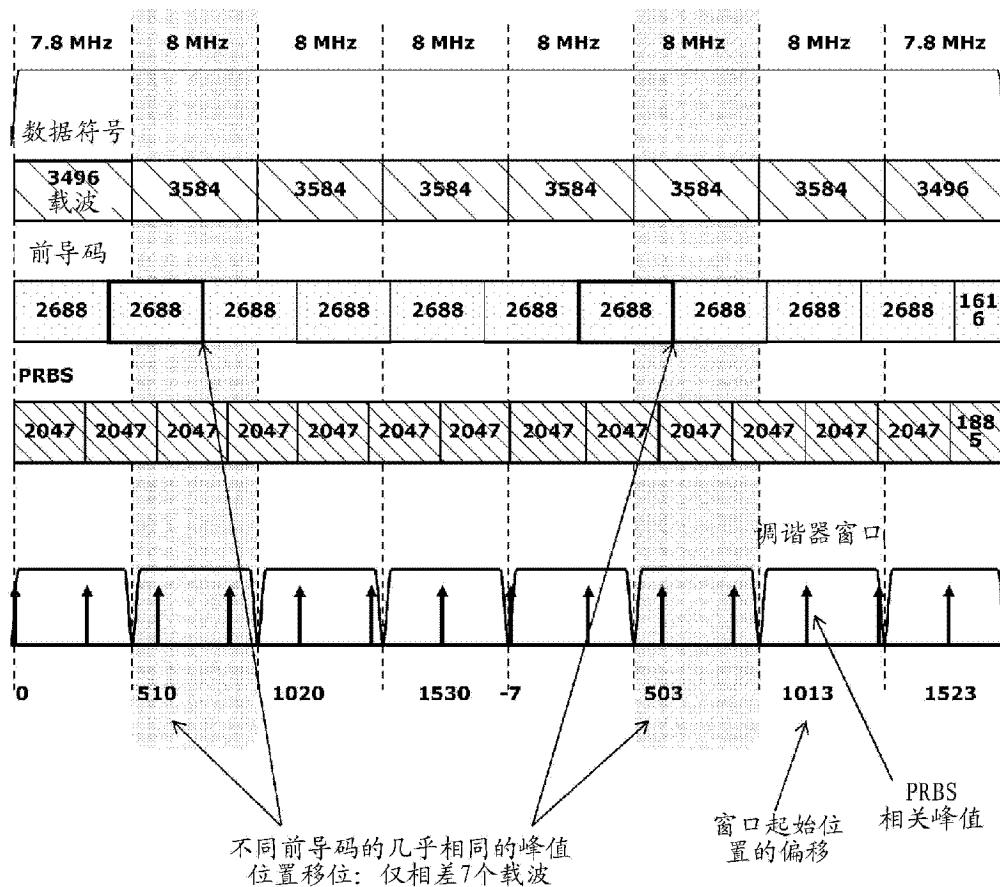


图 47

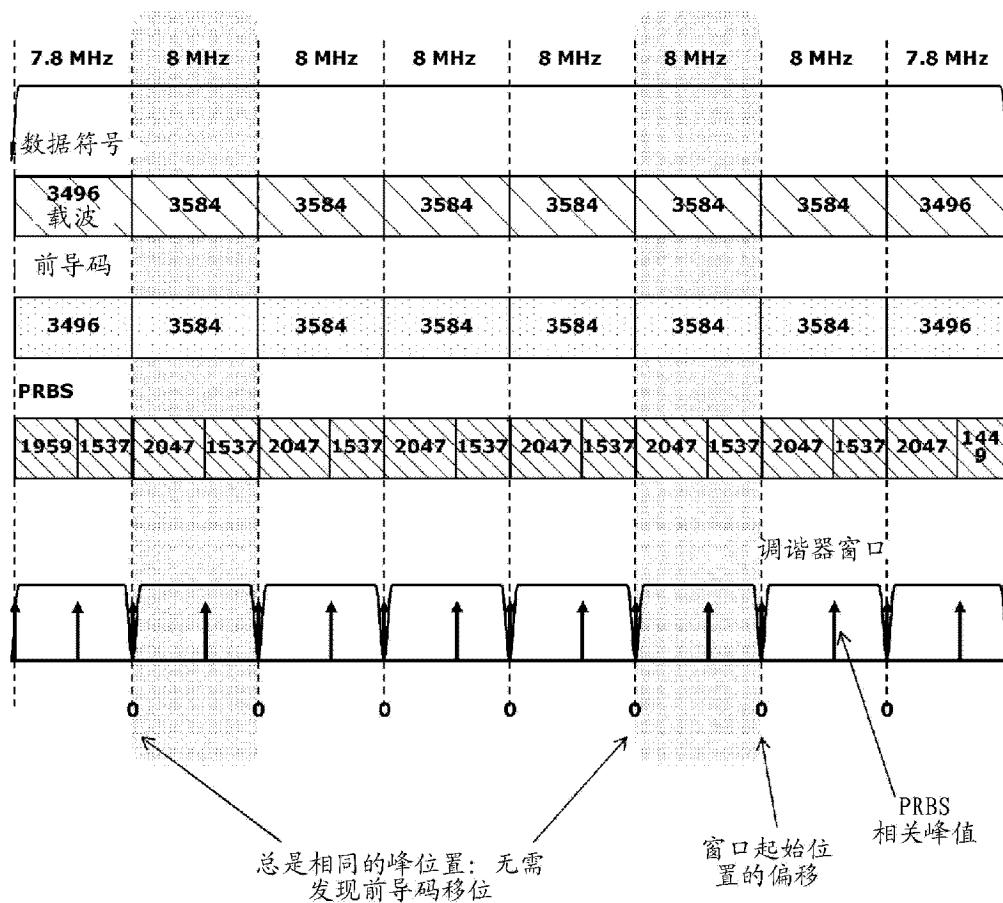
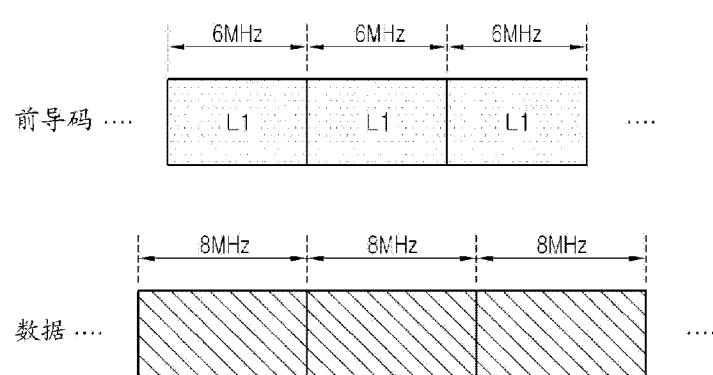
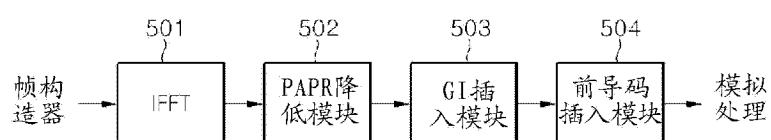
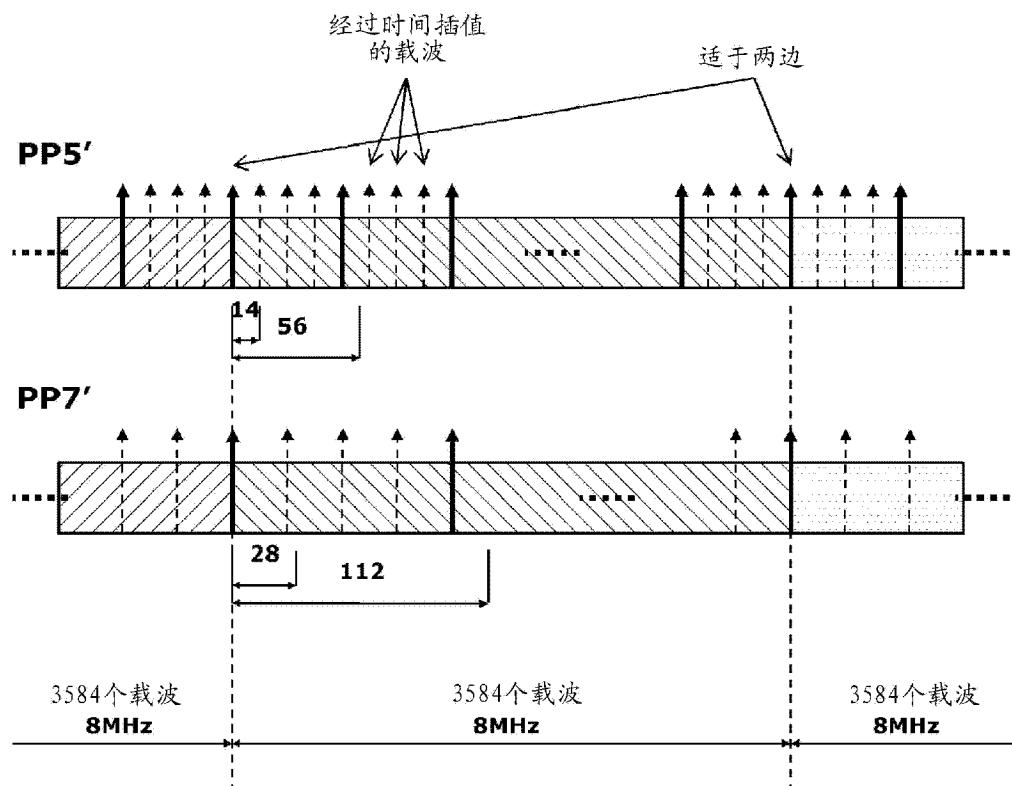


图 48

延迟 ( $\mu$ s)	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



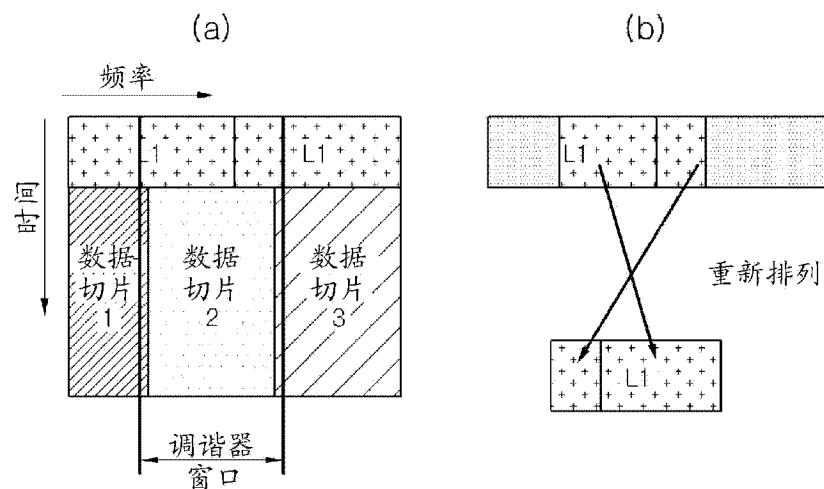


图 53

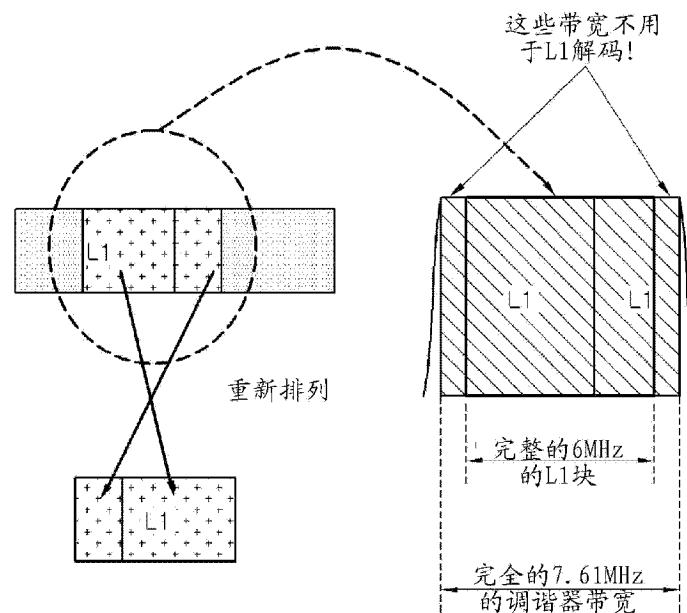


图 54

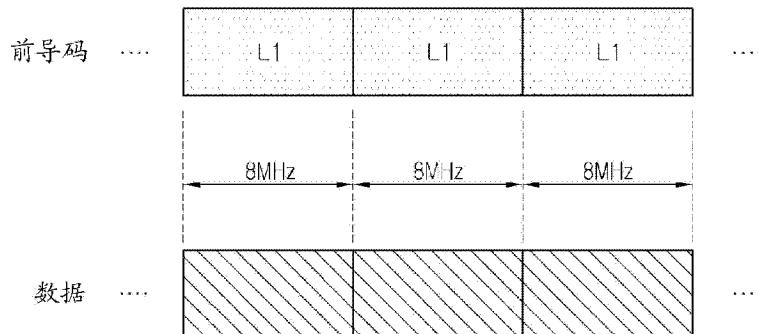


图 55

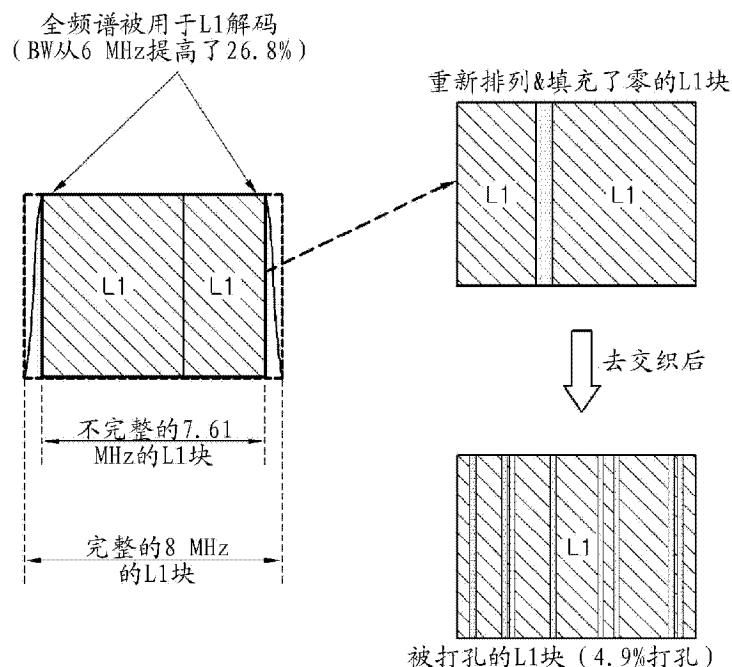


图 56

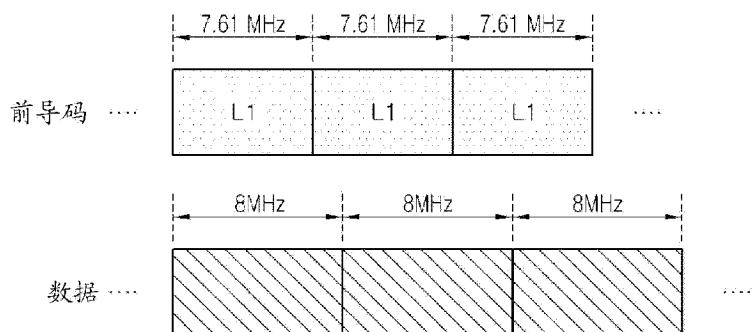


图 57

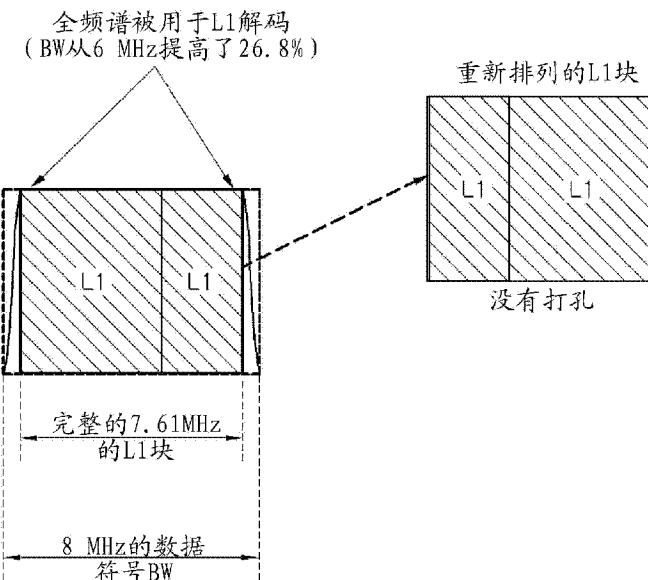


图 58

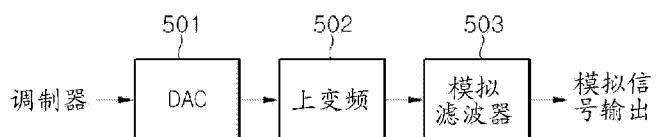


图 59

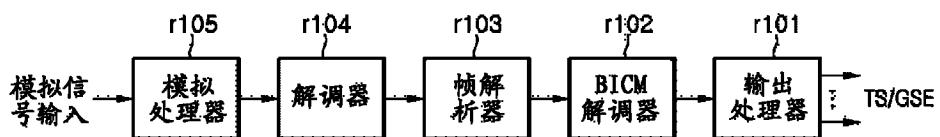


图 60

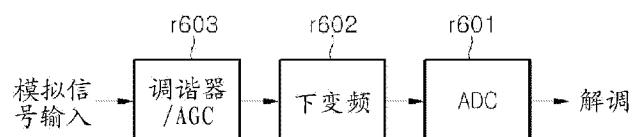


图 61

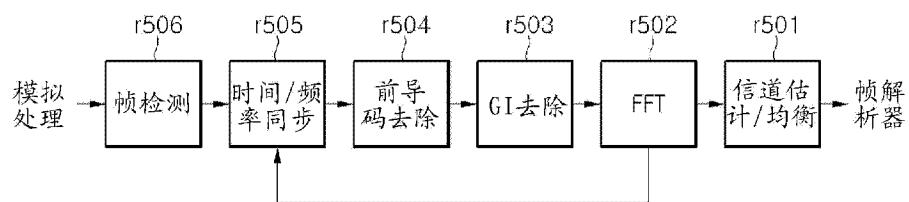


图 62

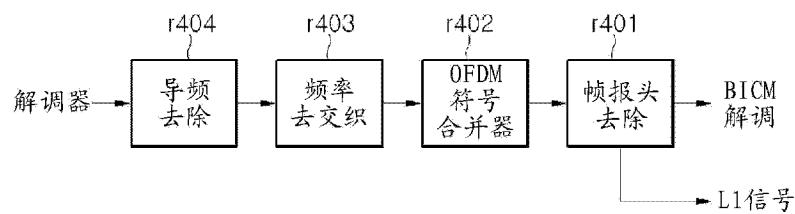


图 63

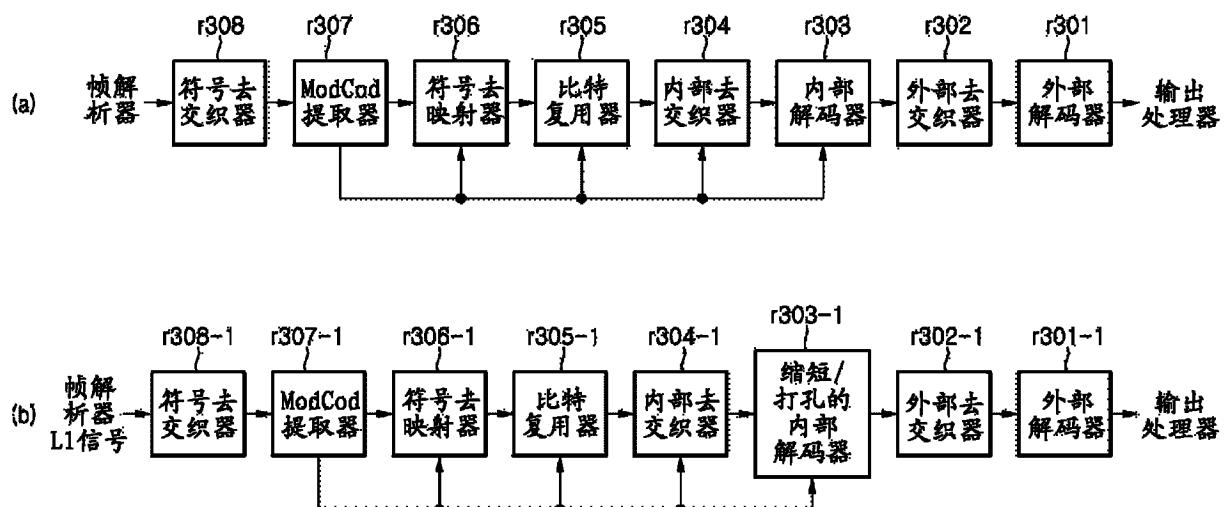


图 64

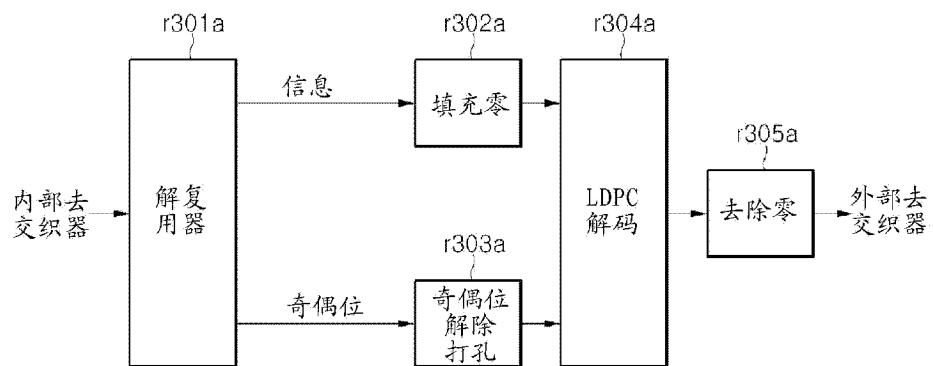


图 65

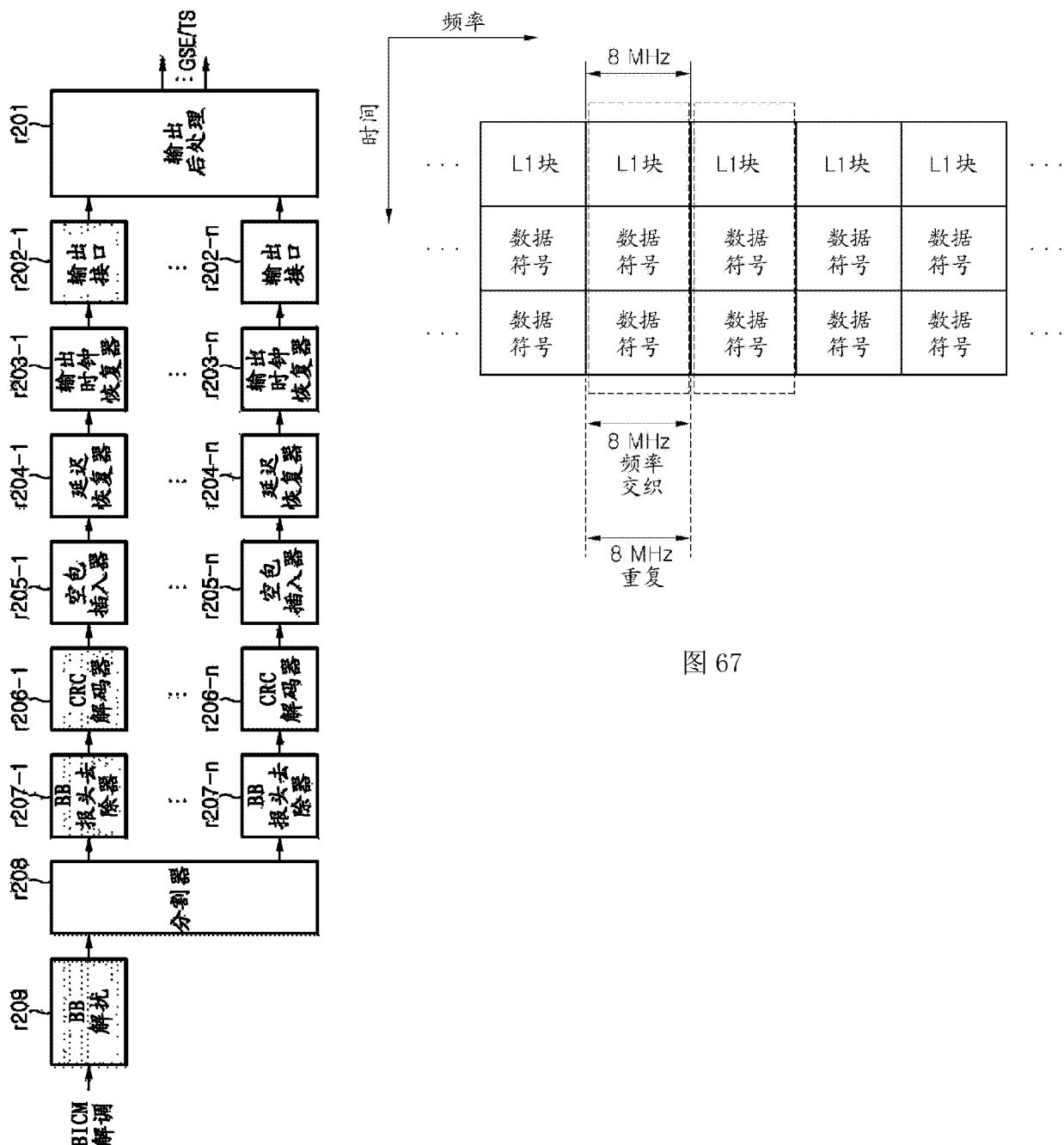


图 66

图 67

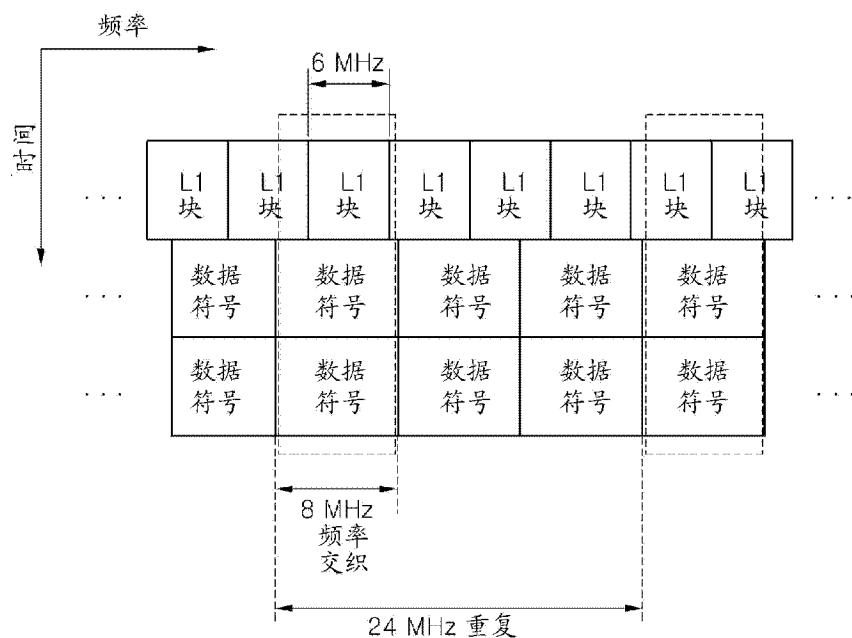


图 68

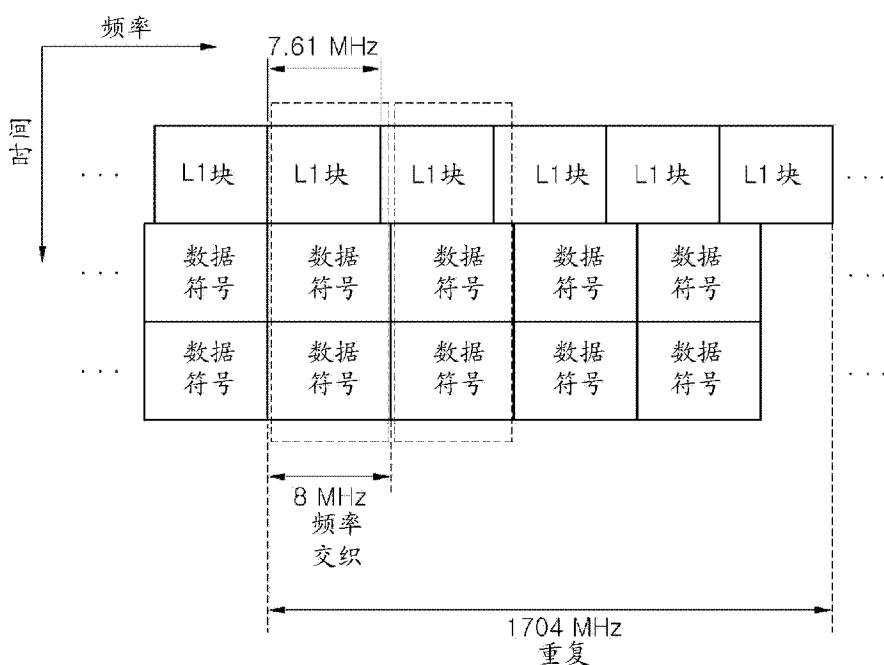


图 69

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 (8MHz)
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 (8MHz)
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
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

最大尺寸

图 71

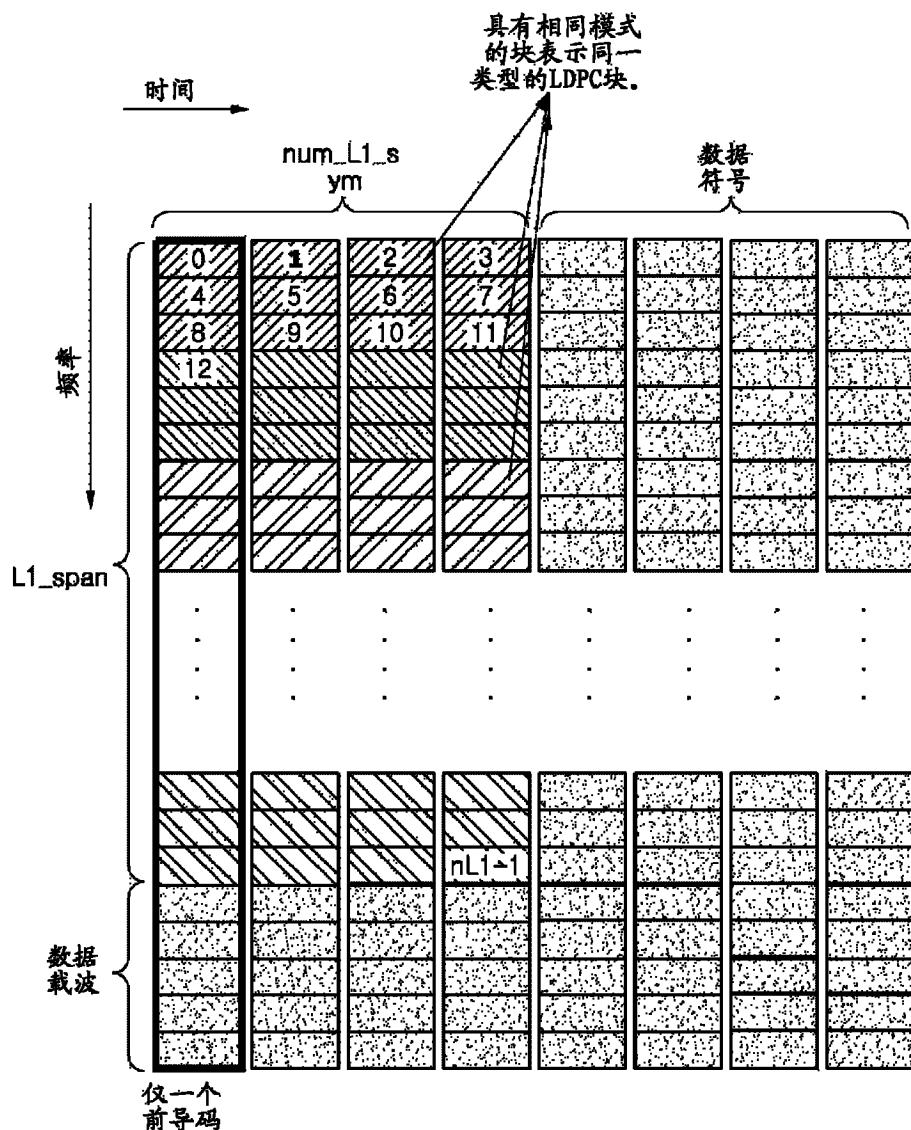


图 72

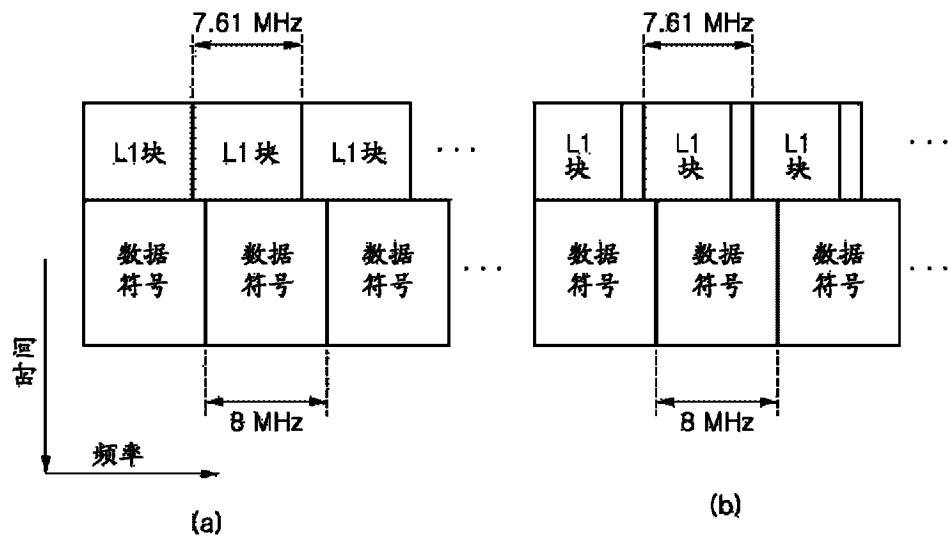


图 73

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_plp	8	数据切片的数量
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 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	一个信道内陷波波段的起始 (8MHz)
notch_width	9	陷波波段的宽度
}		
g	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	11776	

L1信息比特的数量根据各种  
构造/条件而改变

图 74

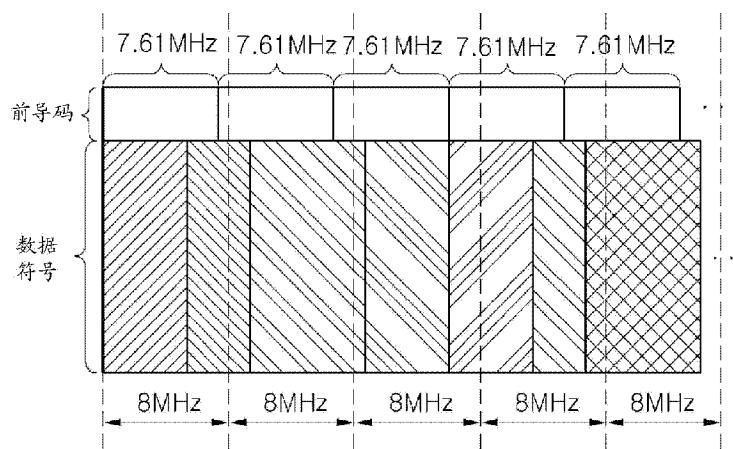


图 75

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

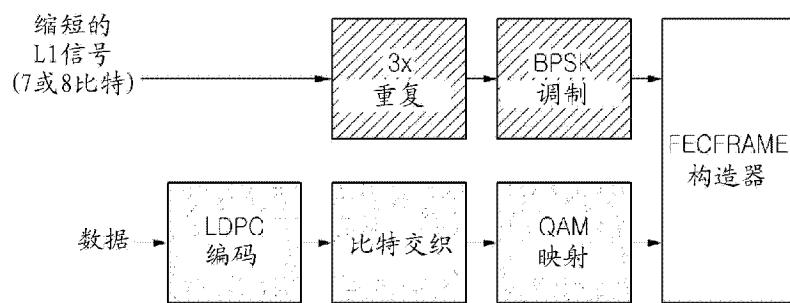


图 77

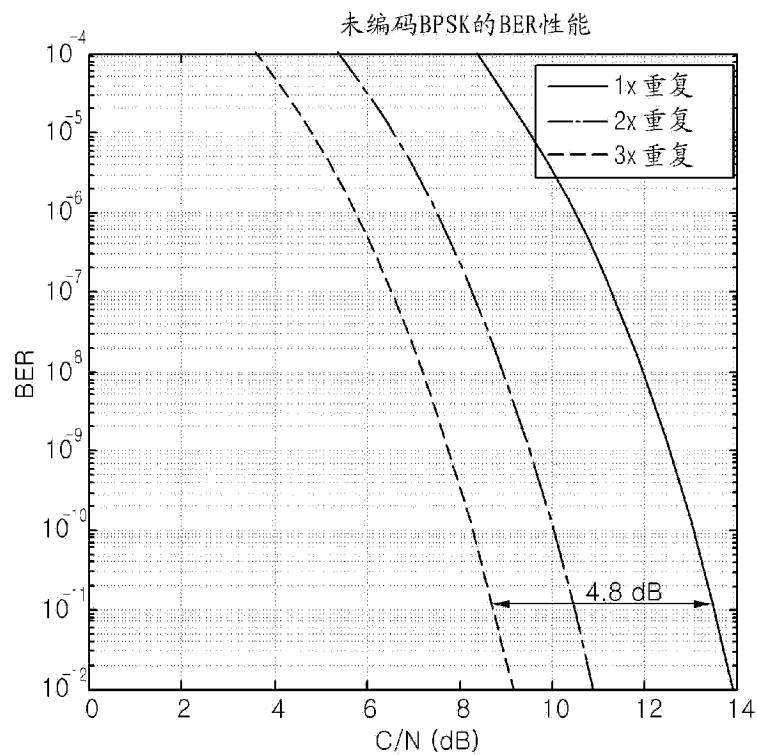


图 78

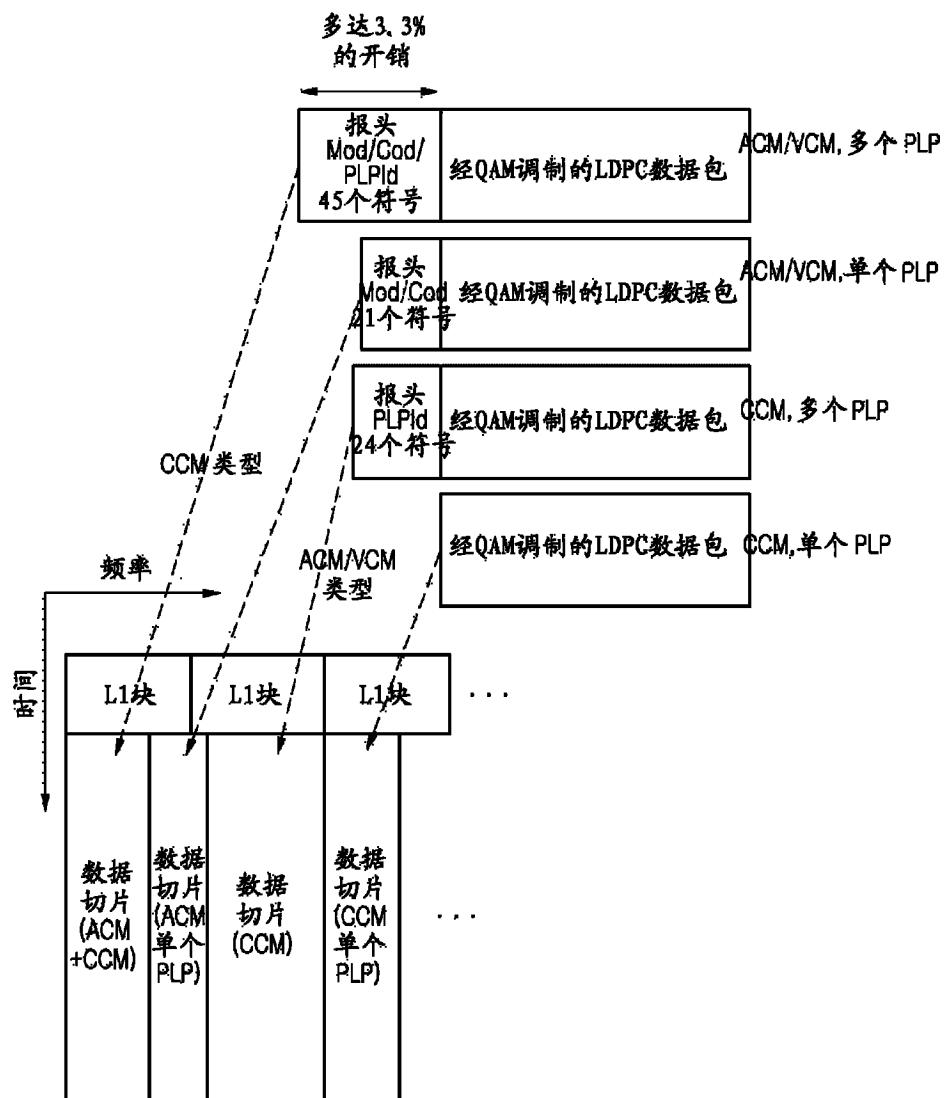


图 79

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	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_intrvl	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	14082	

图 80

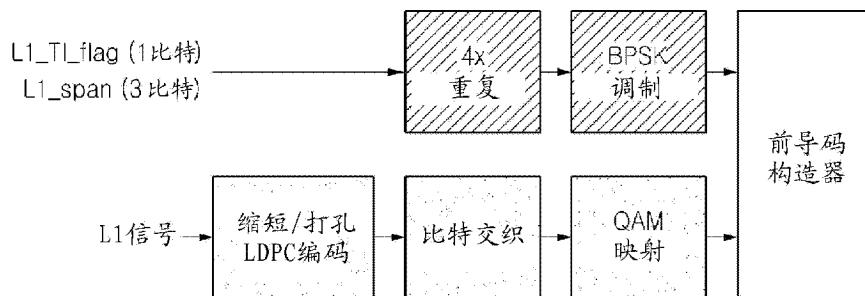


图 81

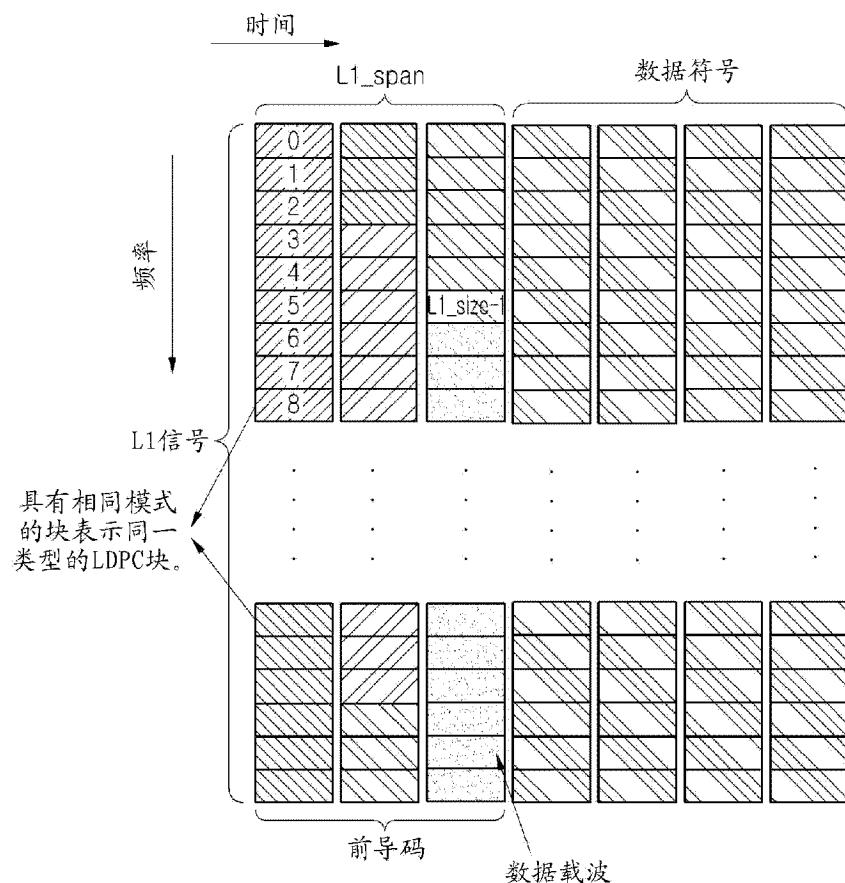


图 82

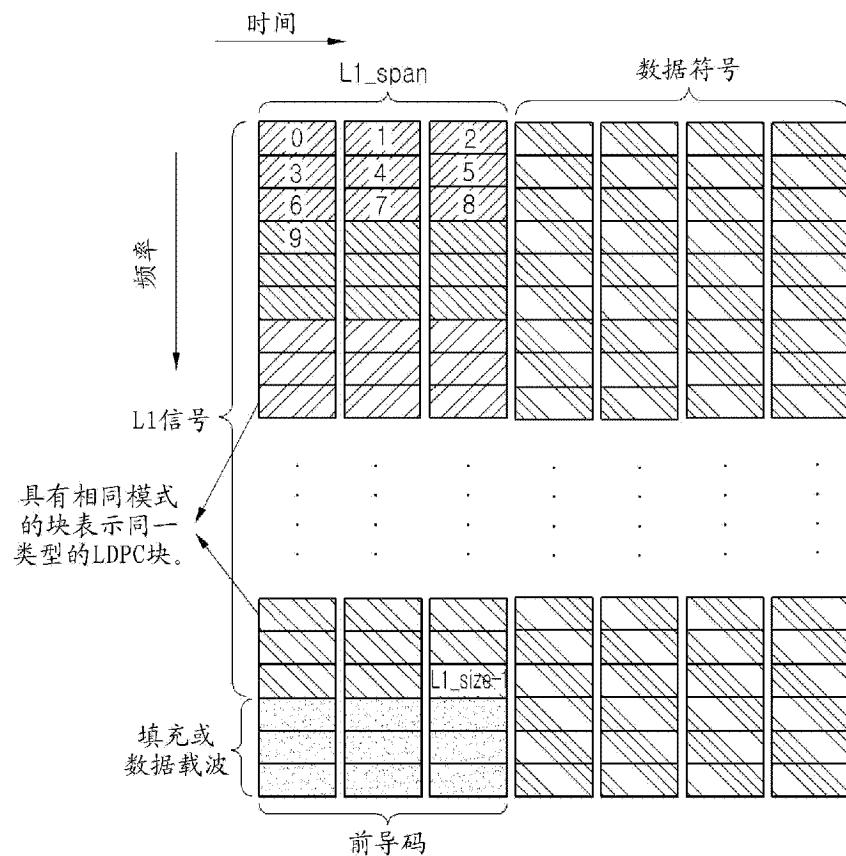


图 83

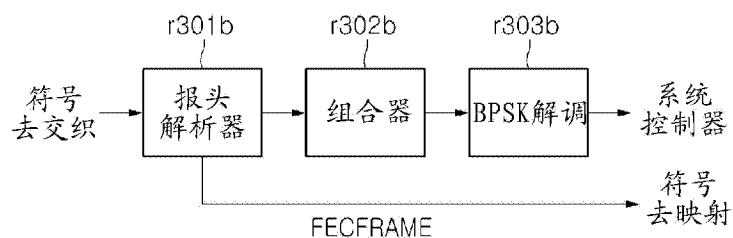


图 84

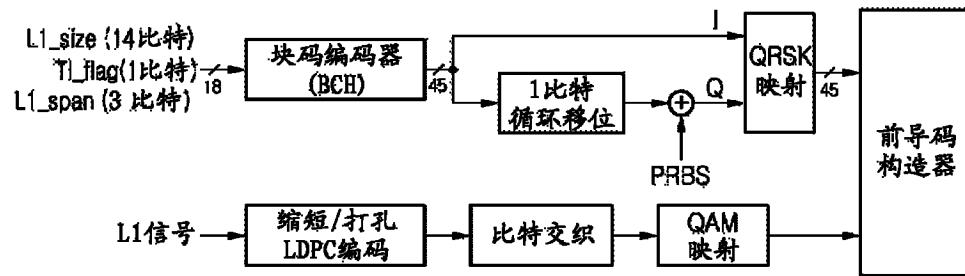


图 85

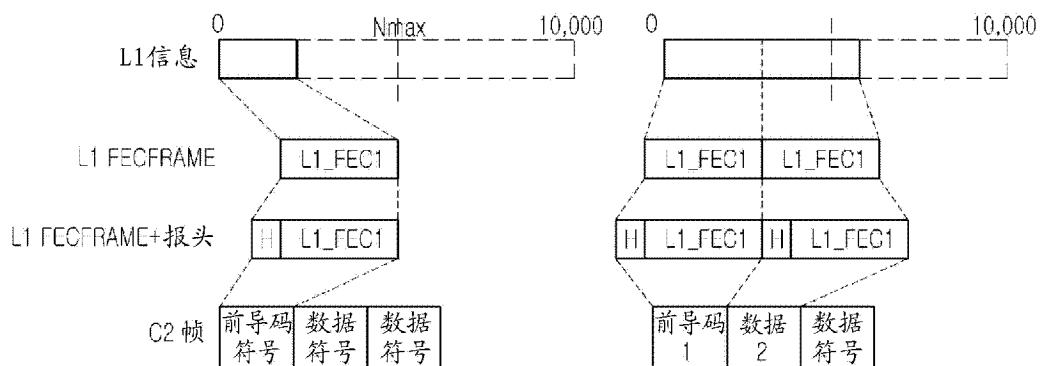


图 86

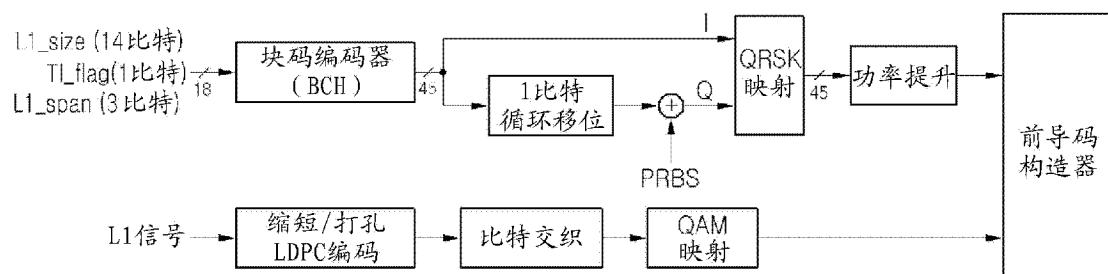


图 87

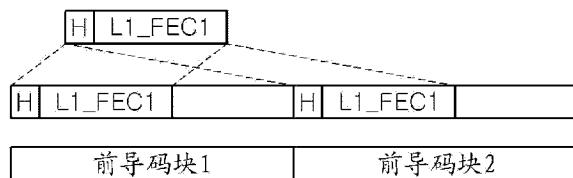


图 88

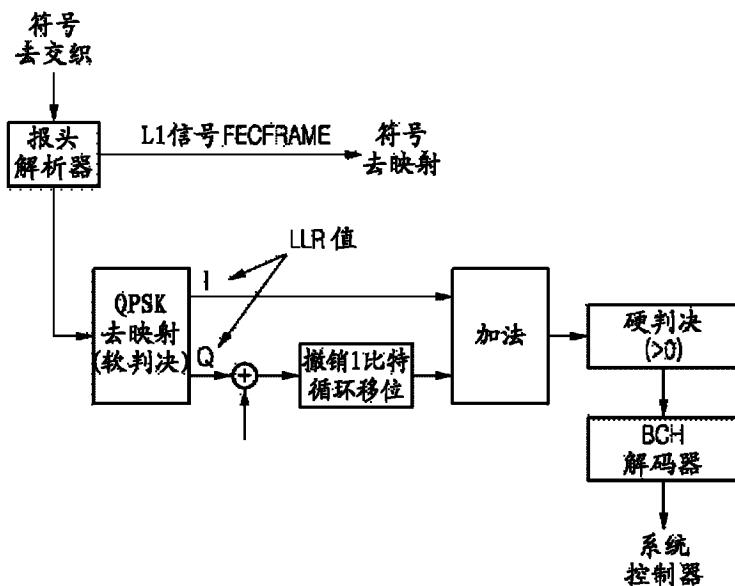


图 89

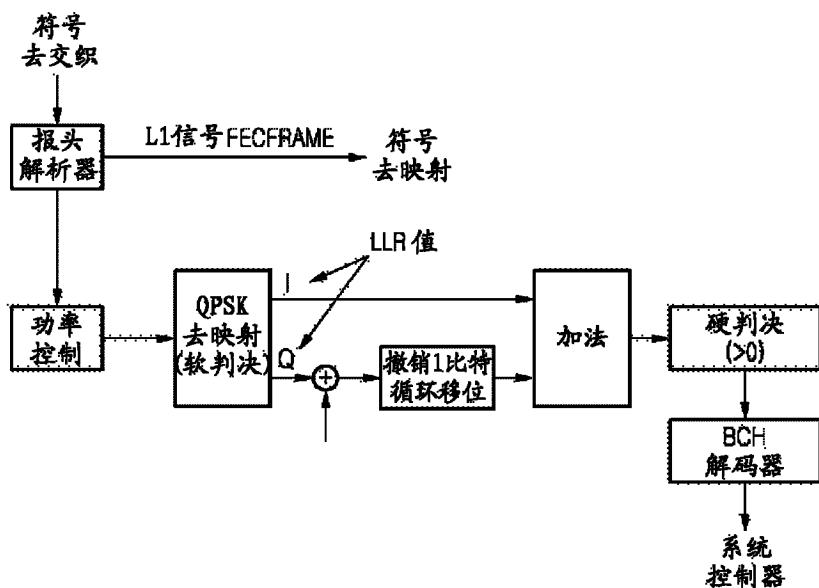


图 90

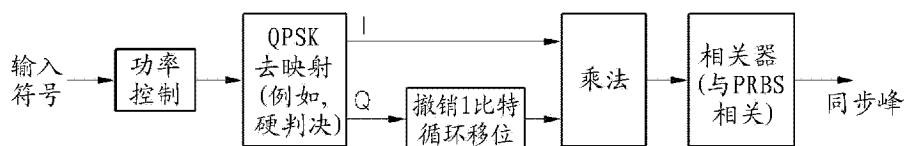


图 91

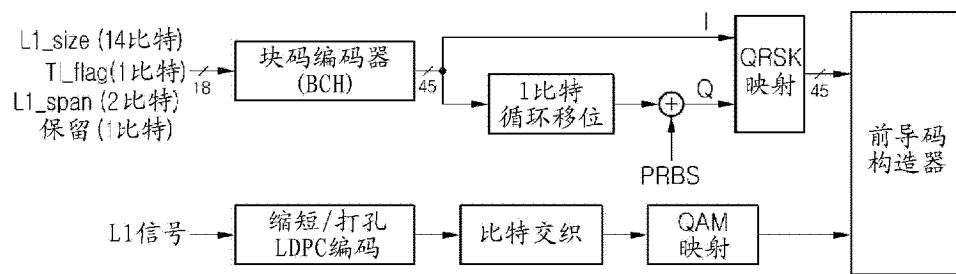


图 92

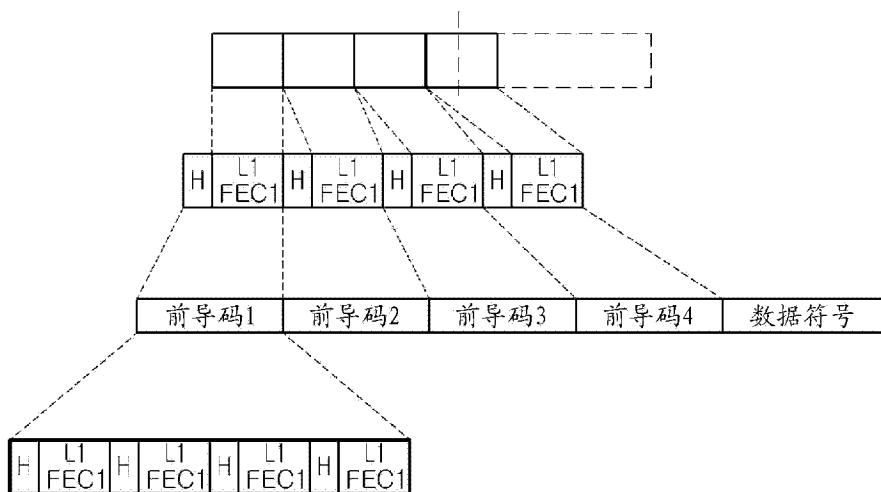


图 93

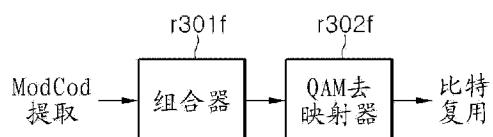


图 94

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_intrv	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	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

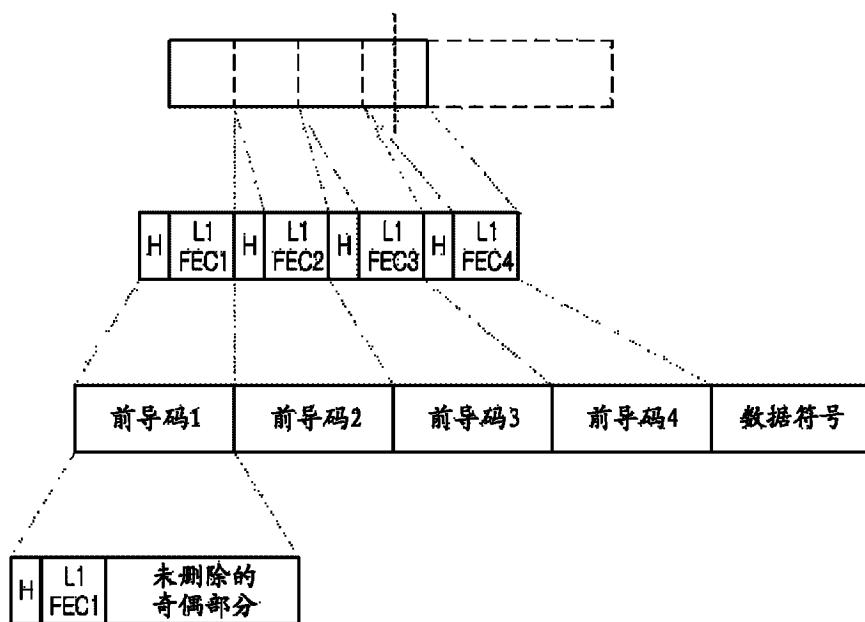


图 98

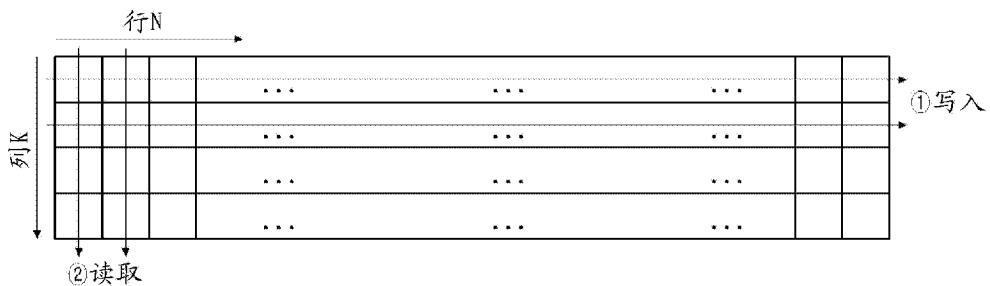


图 99

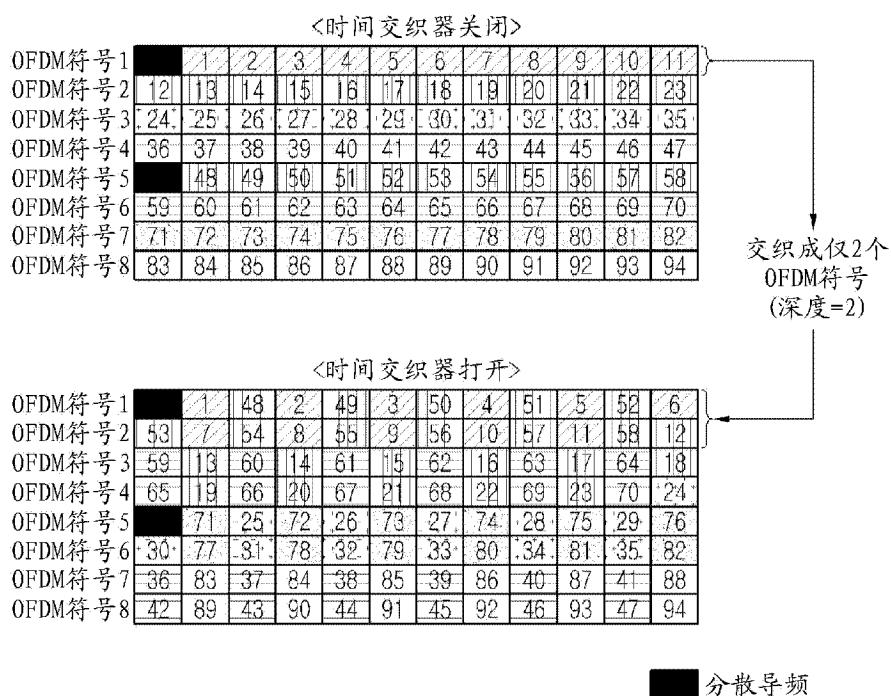


图 100

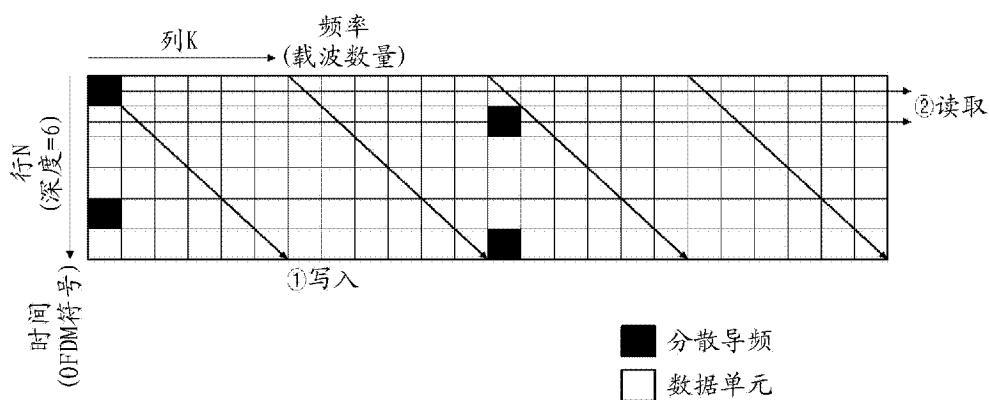


图 101

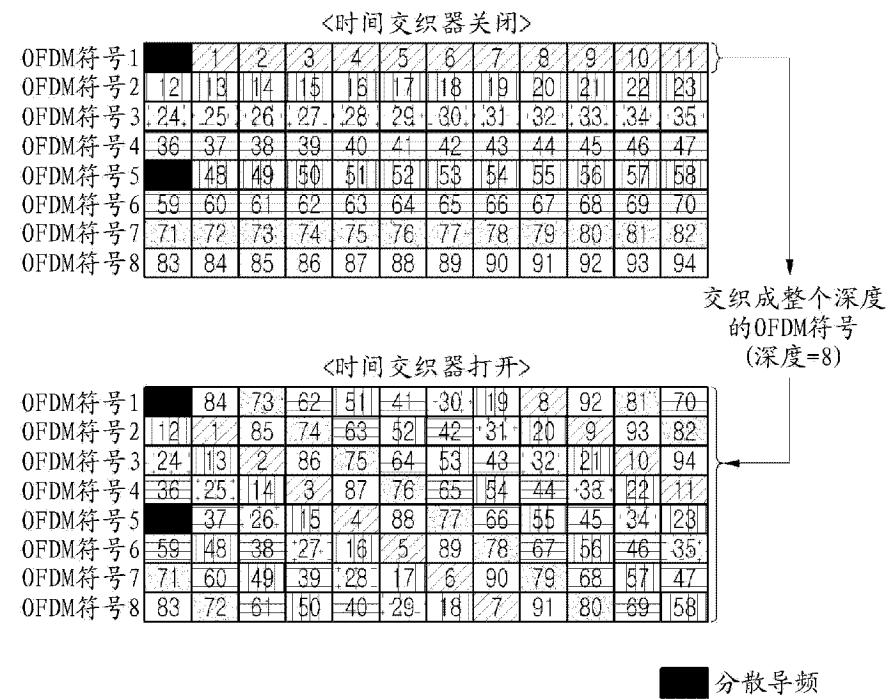


图 102

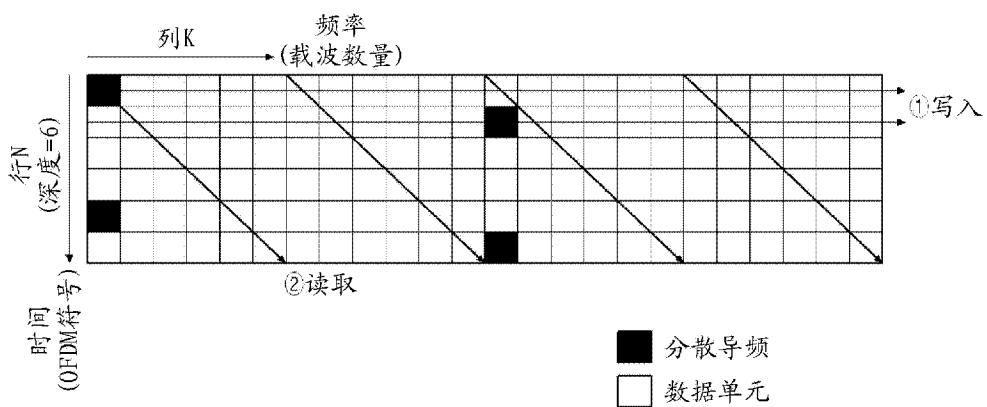


图 103

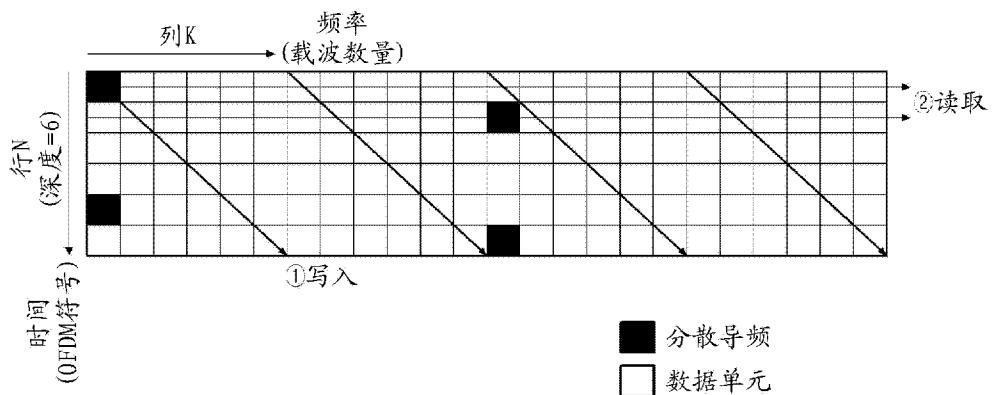


图 104

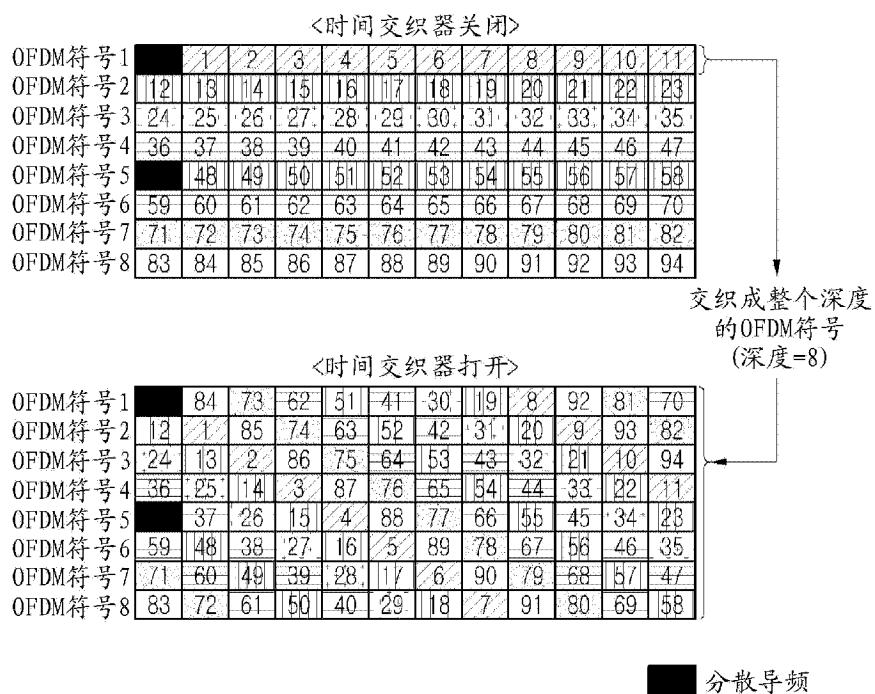
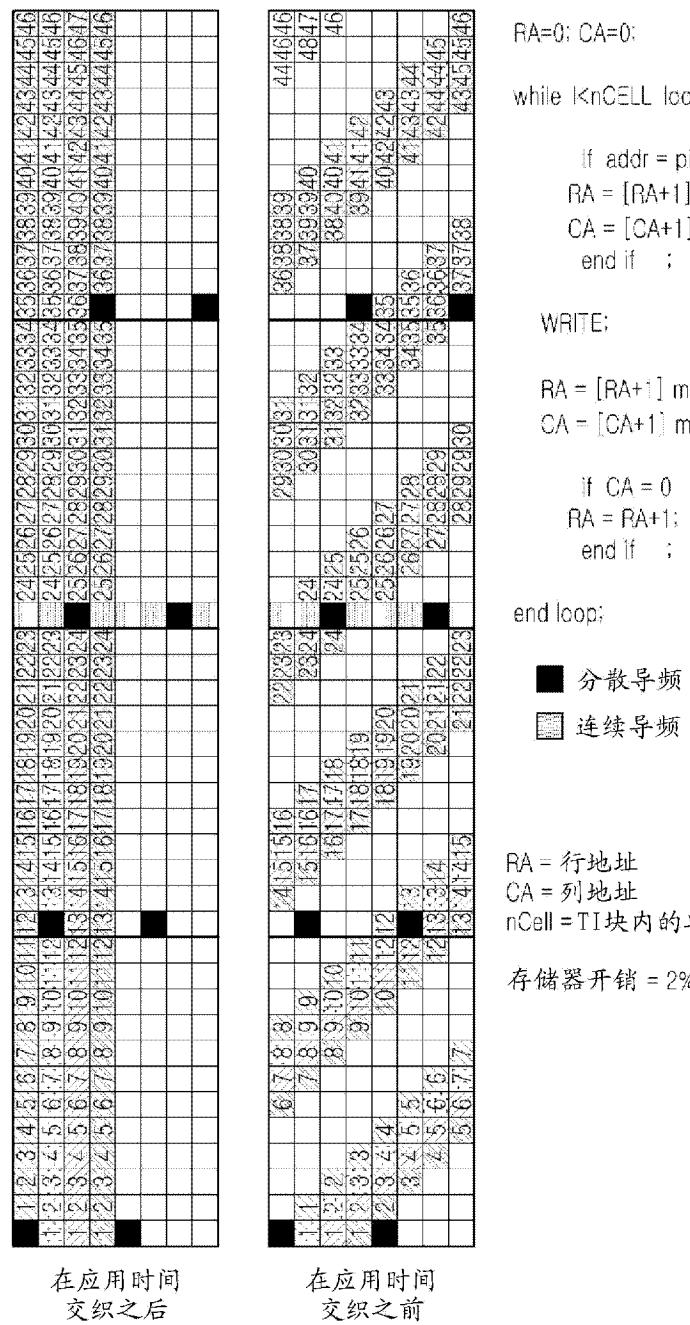


图 105



RA=0; CA=0;

while !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

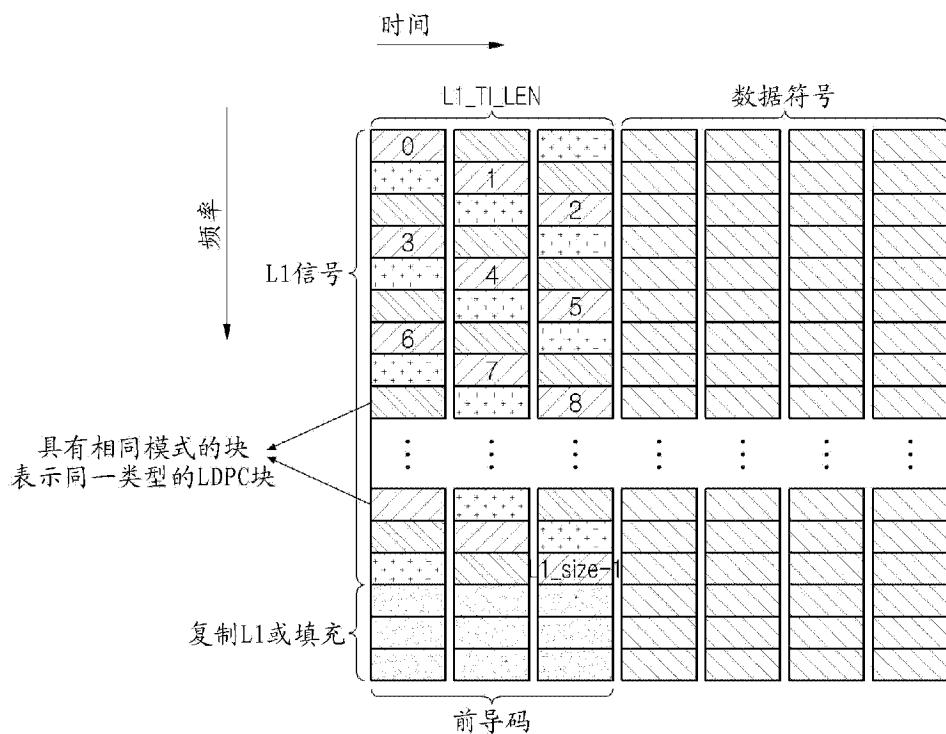


图 107

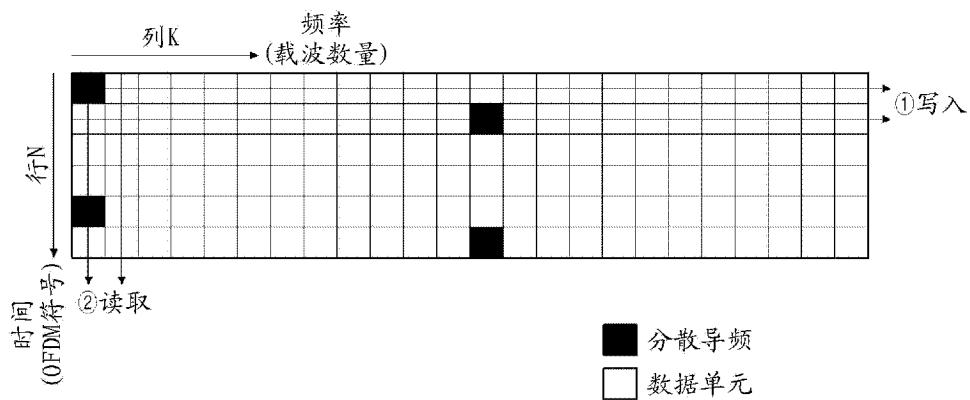
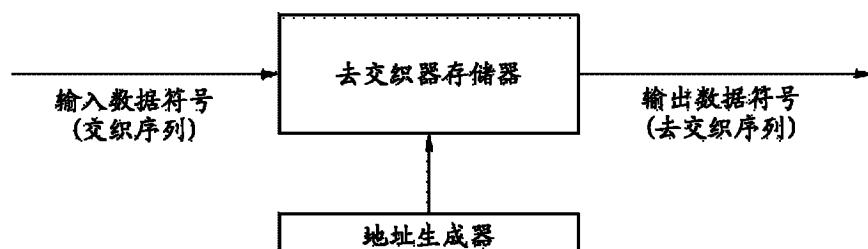
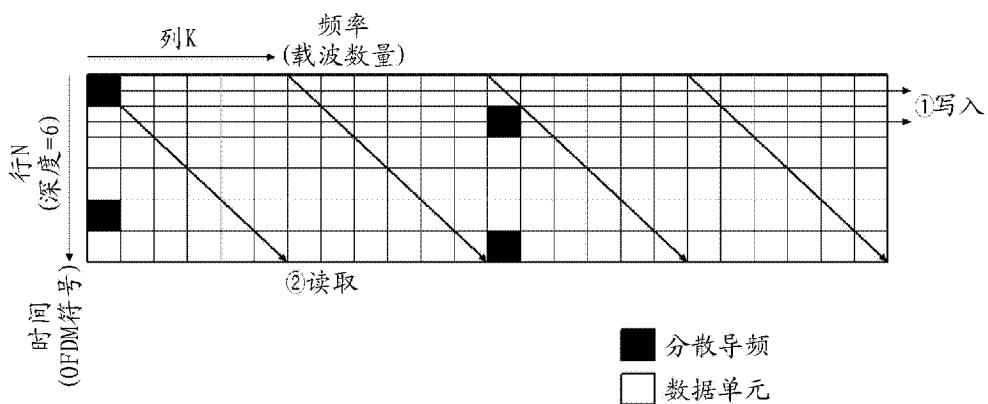


图 108



	i=0	i=12	i=23
j=0	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>
j=1	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>
j=2	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>
j=3	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>	R <sub>i,j</sub> C <sub>i,j</sub>

图 111

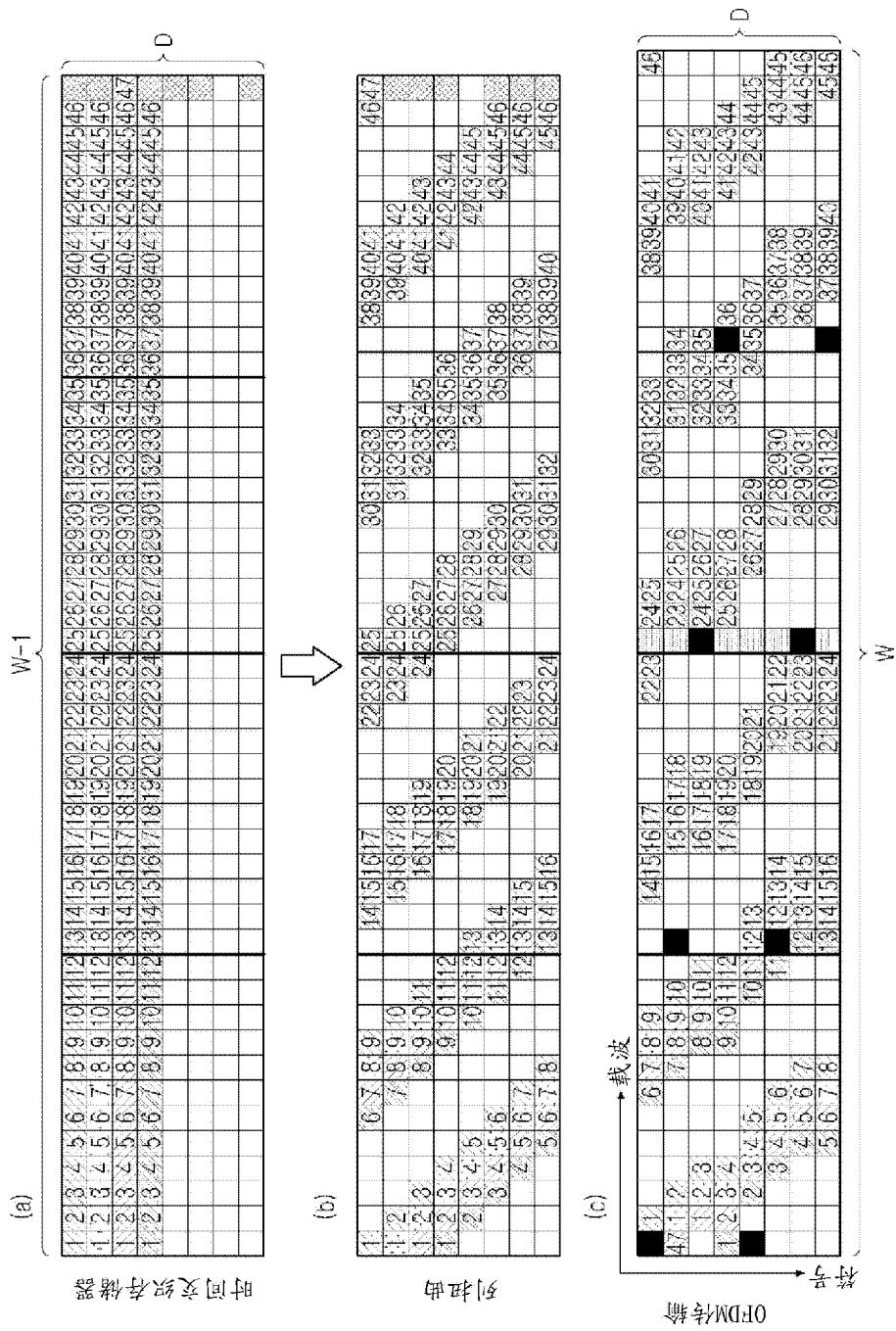


图 112

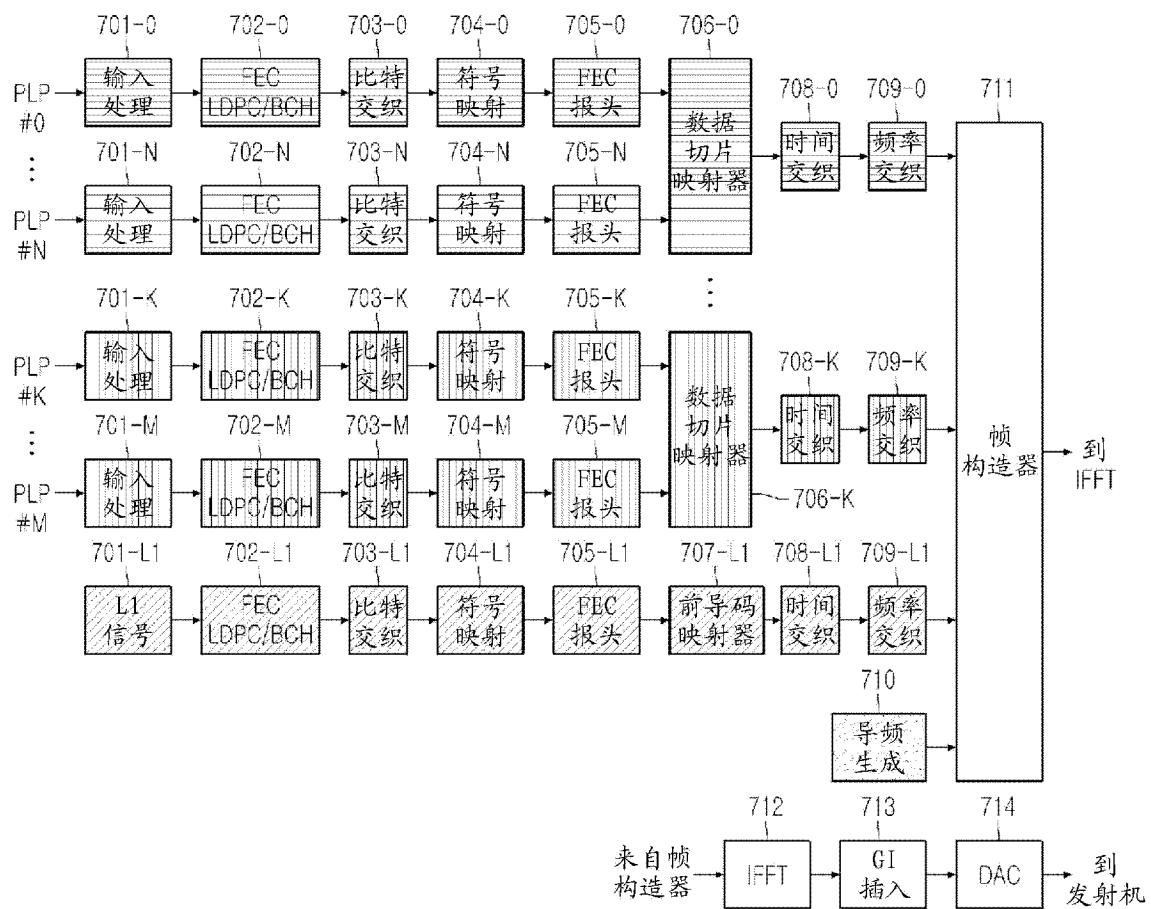


图 113

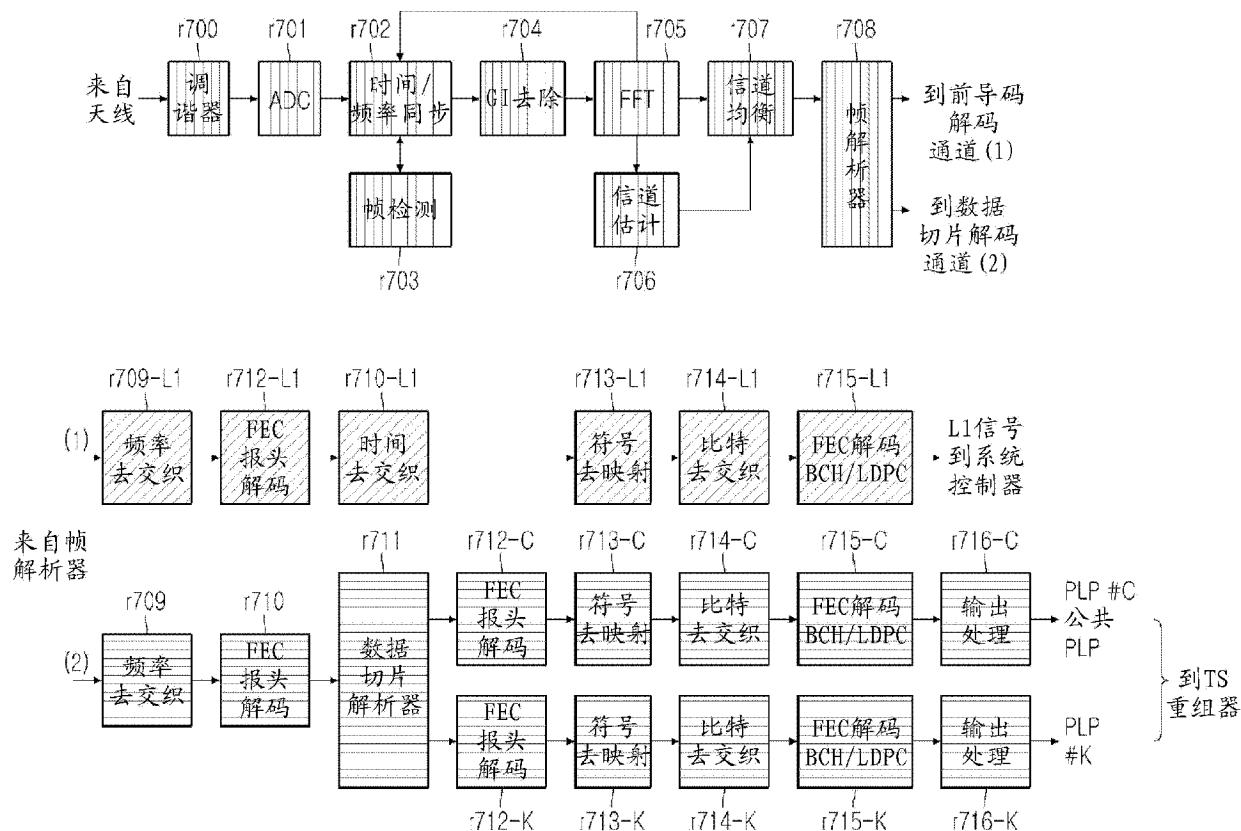


图 114

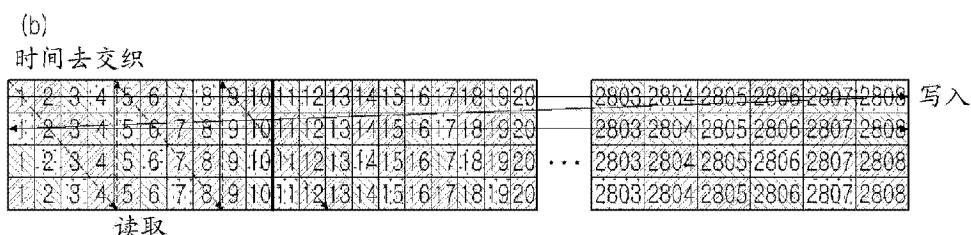
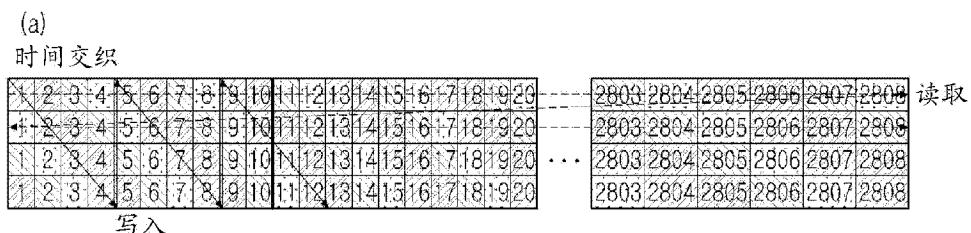


图 115

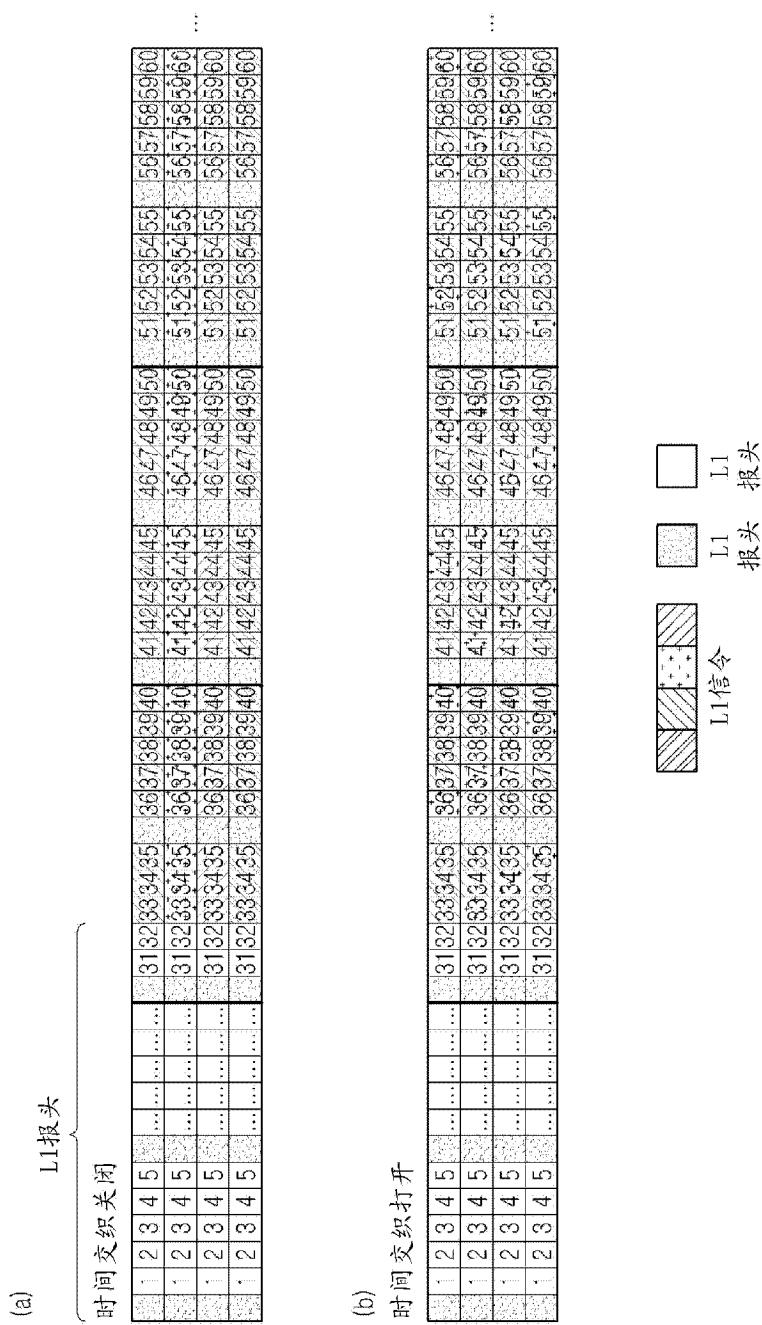


图 116

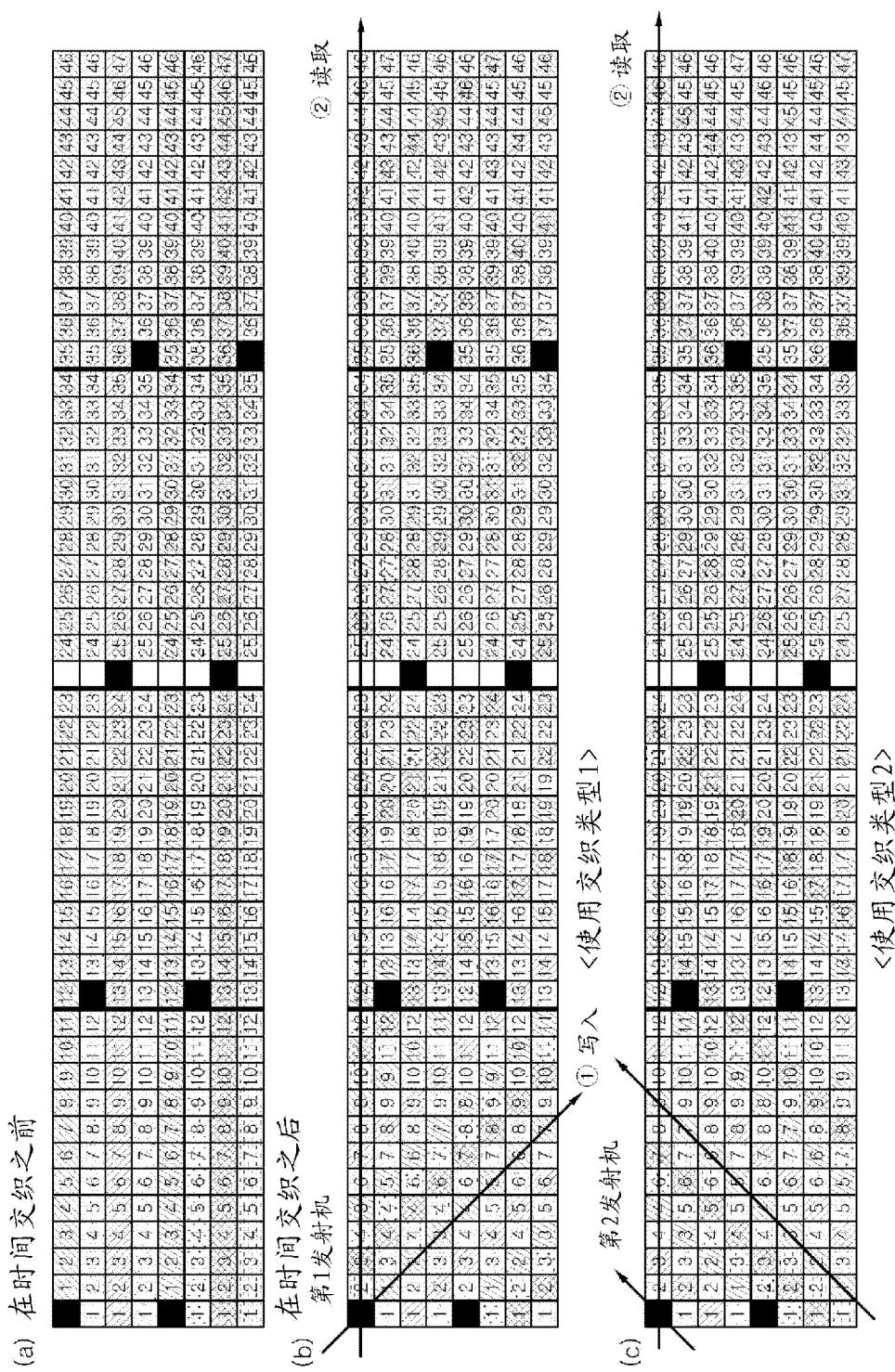


图 117

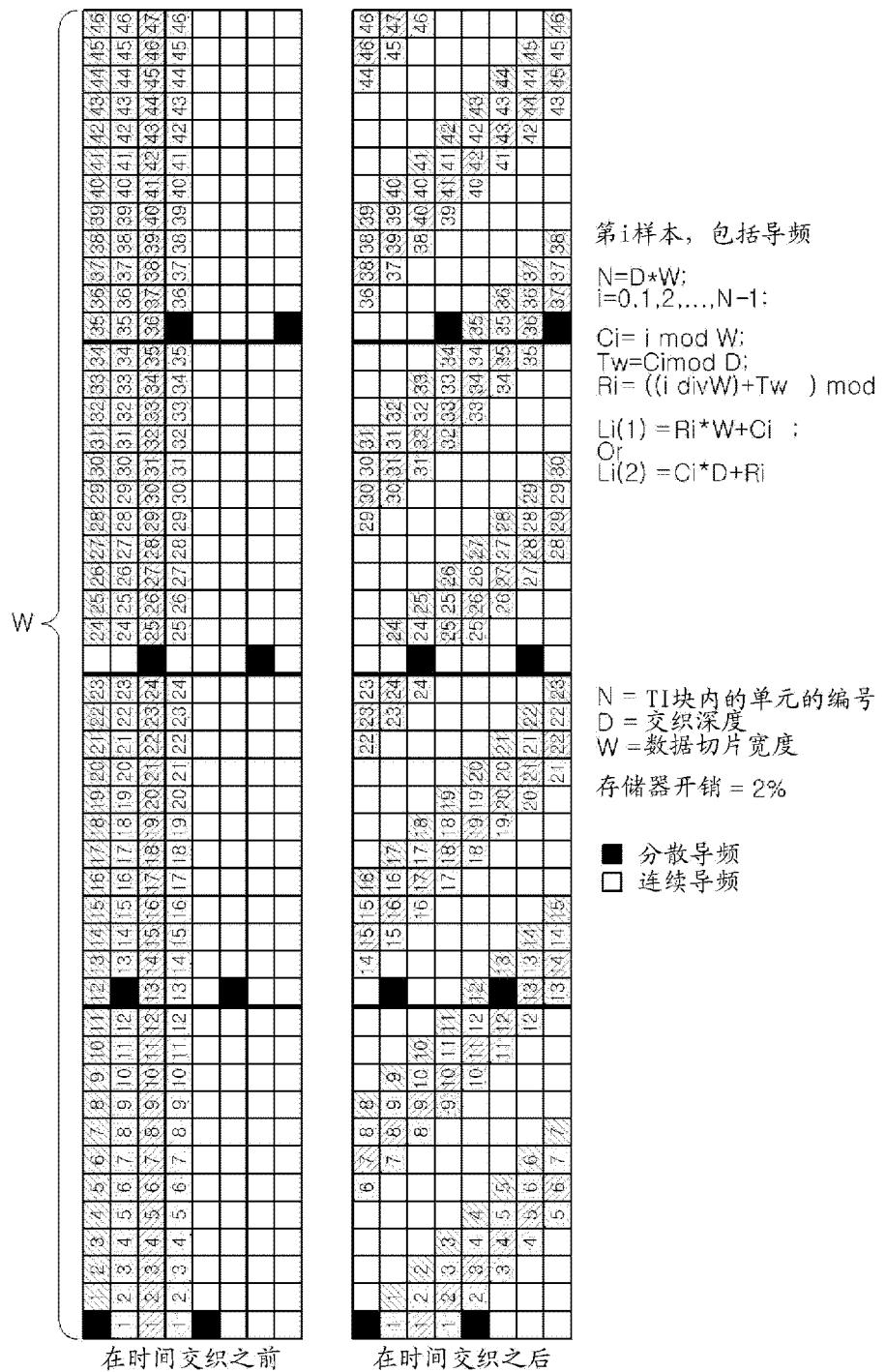


图 118

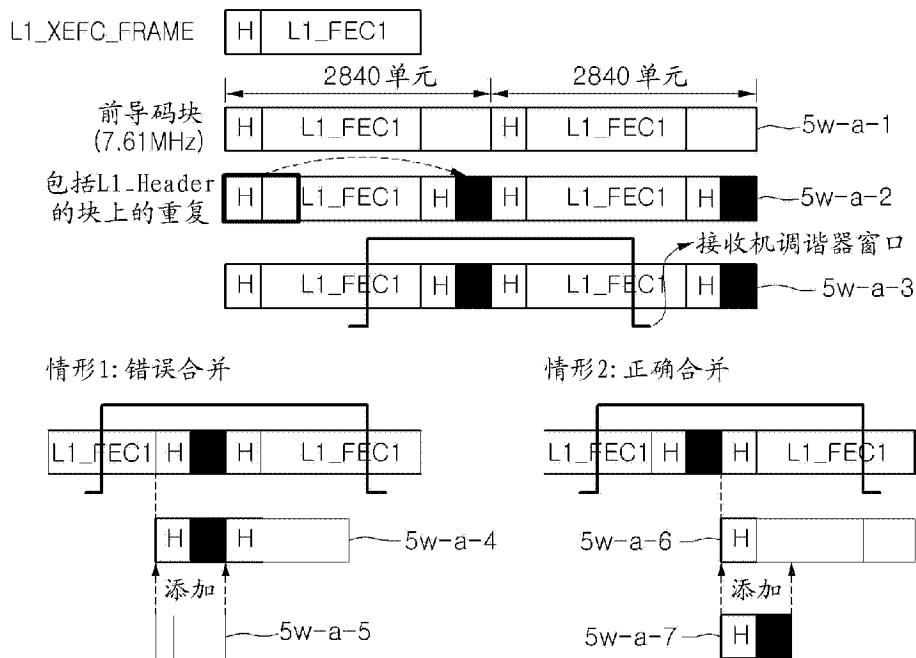


图 119

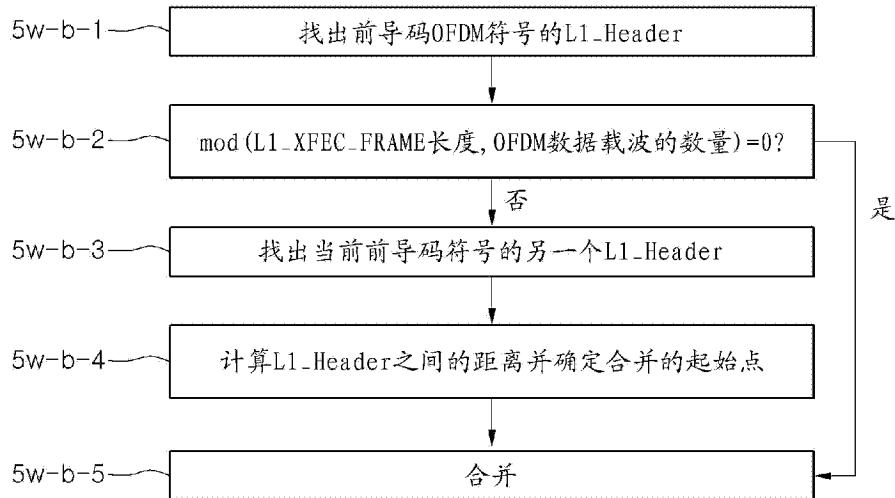


图 120

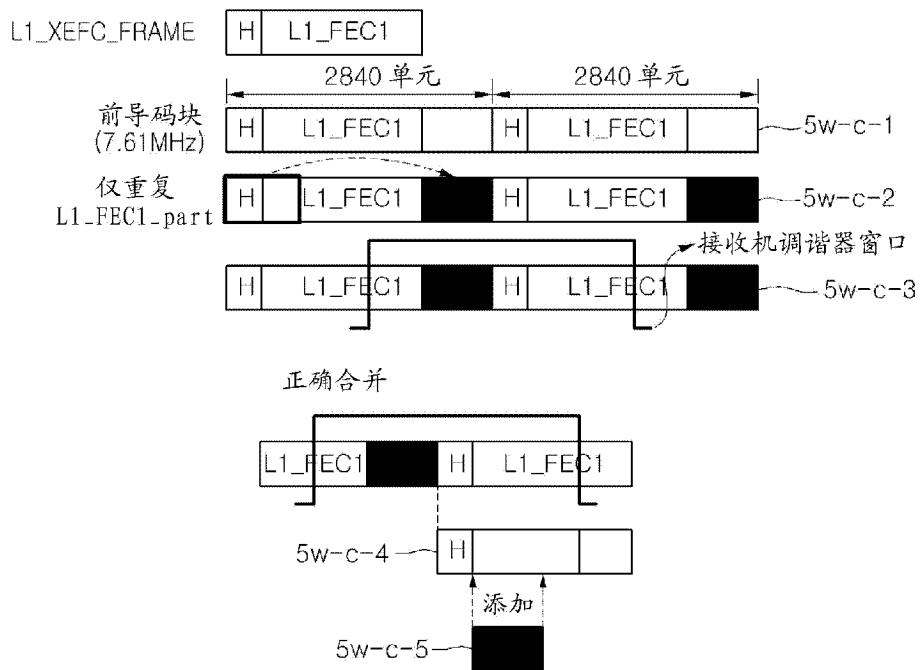


图 121

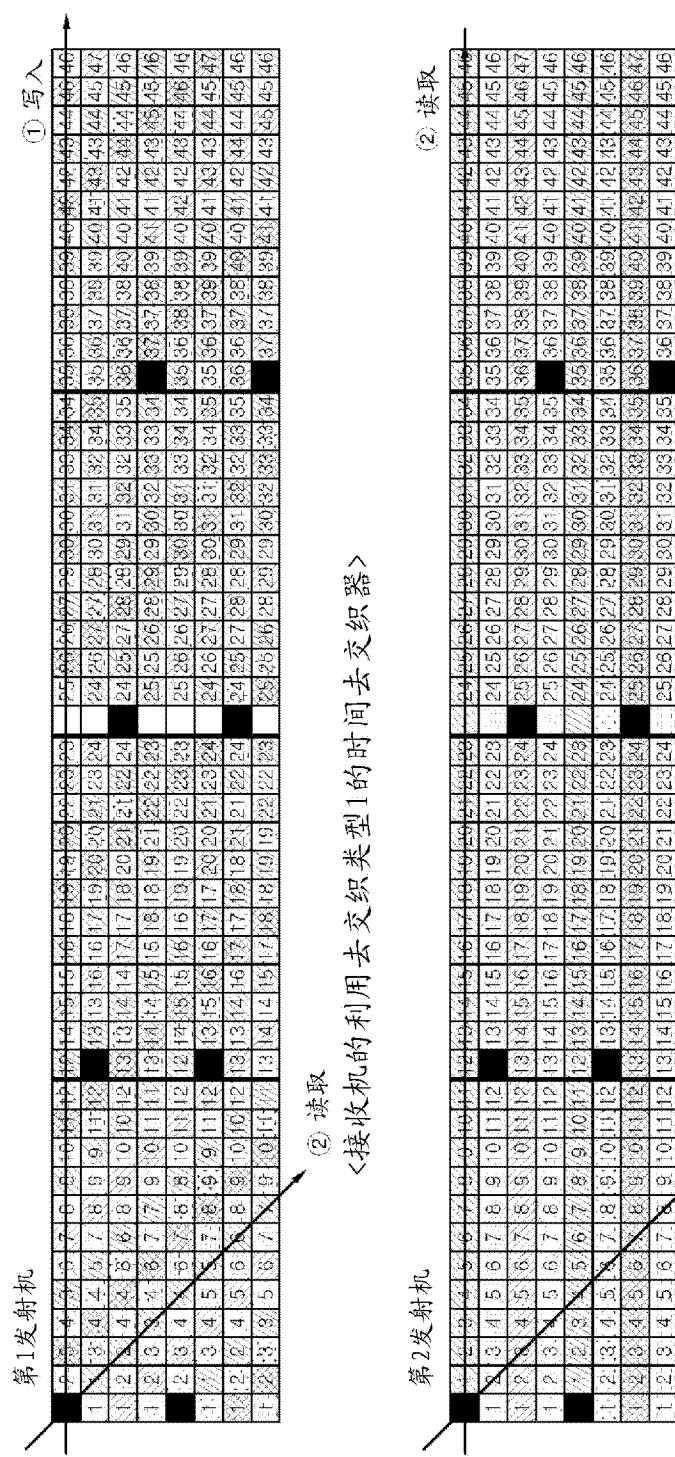


图 122

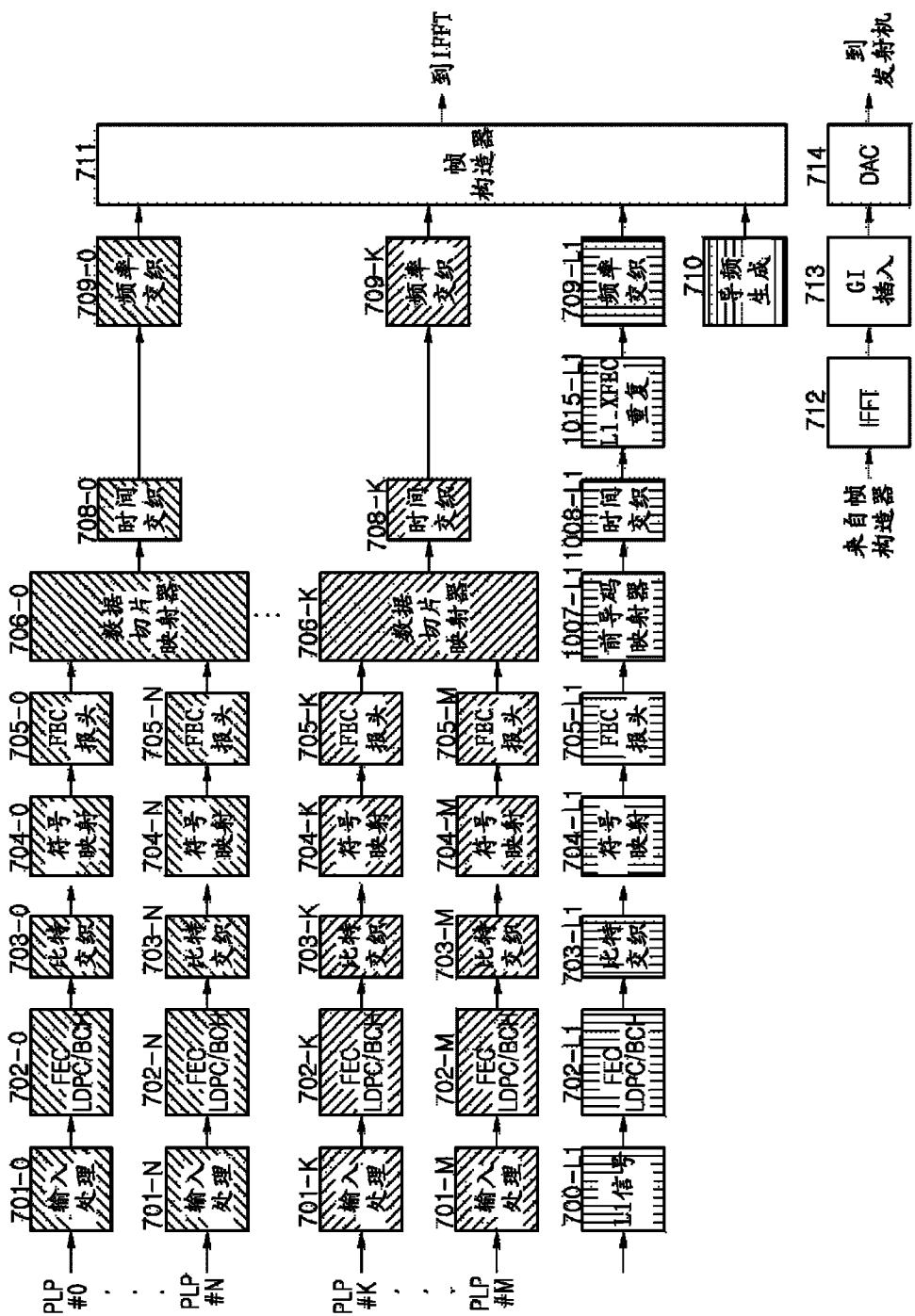


图 123

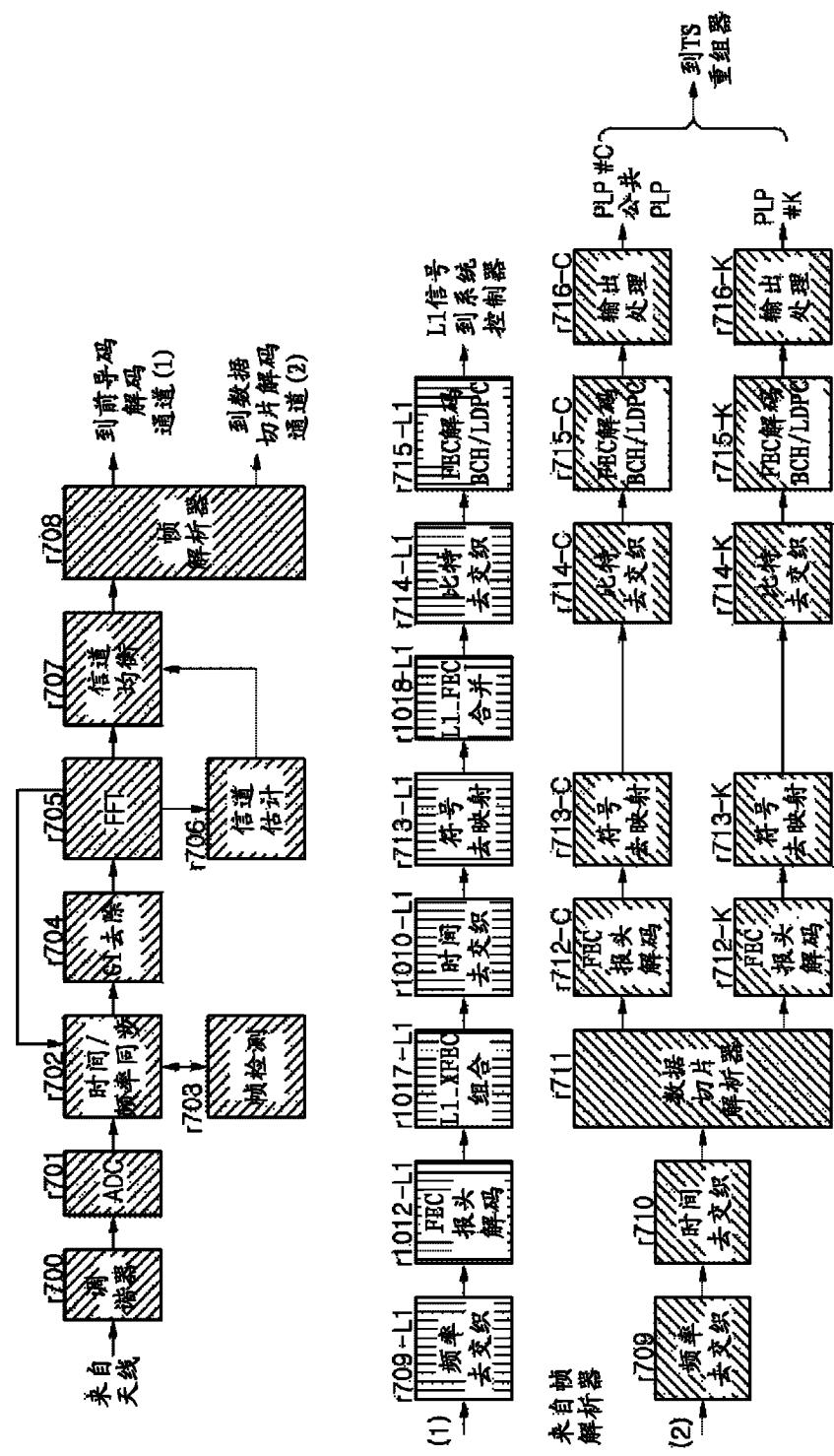
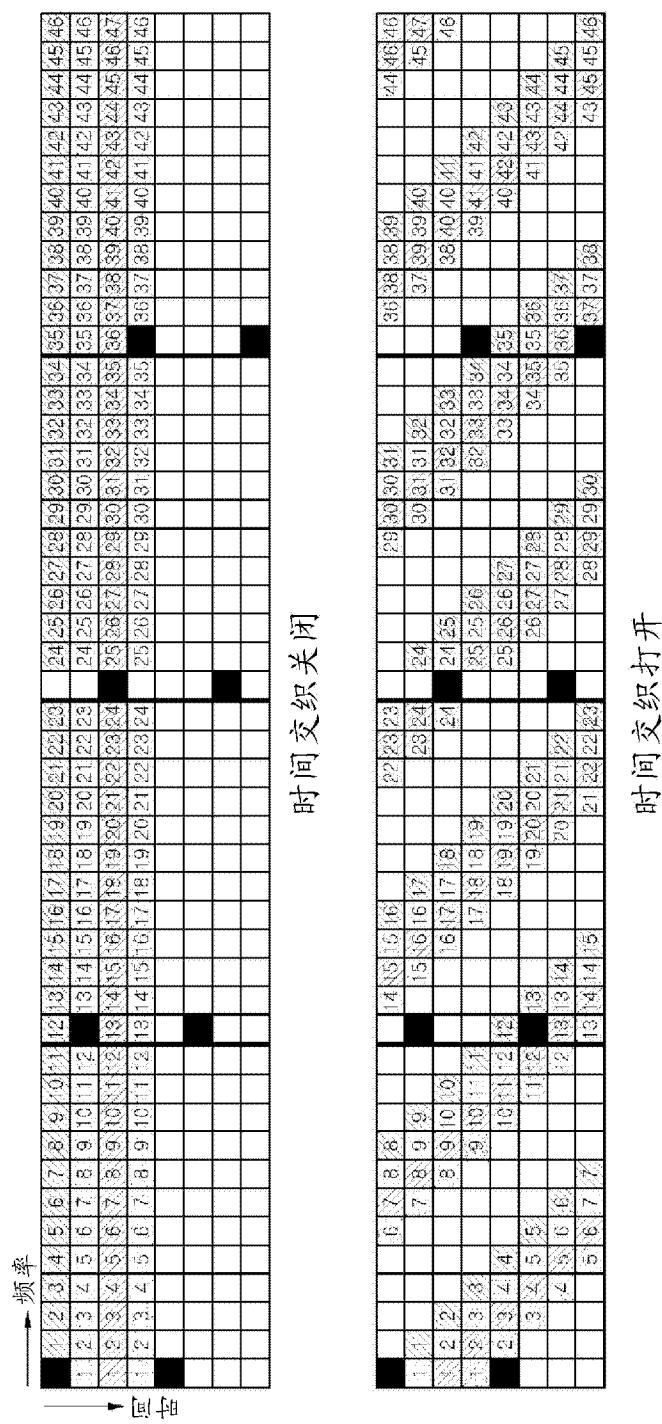


图 124



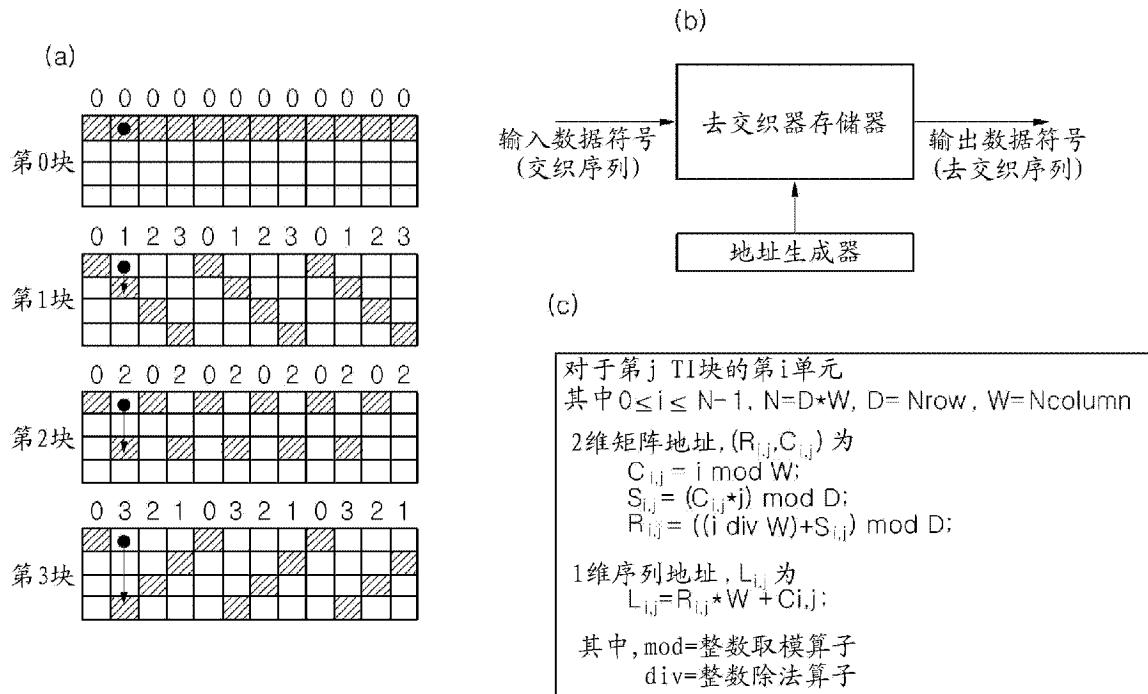


图 126

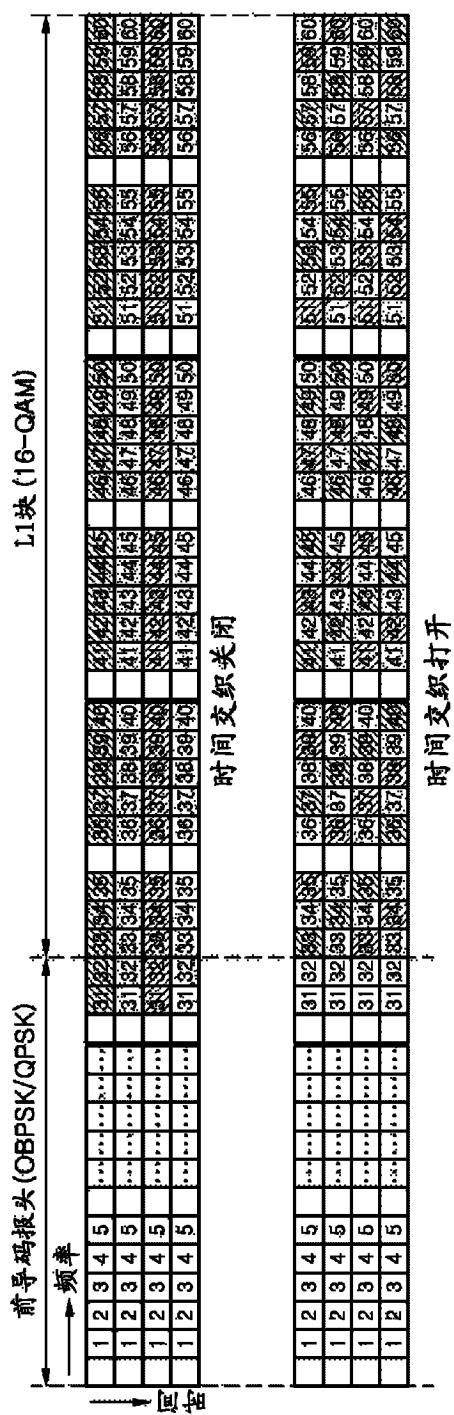


图 127

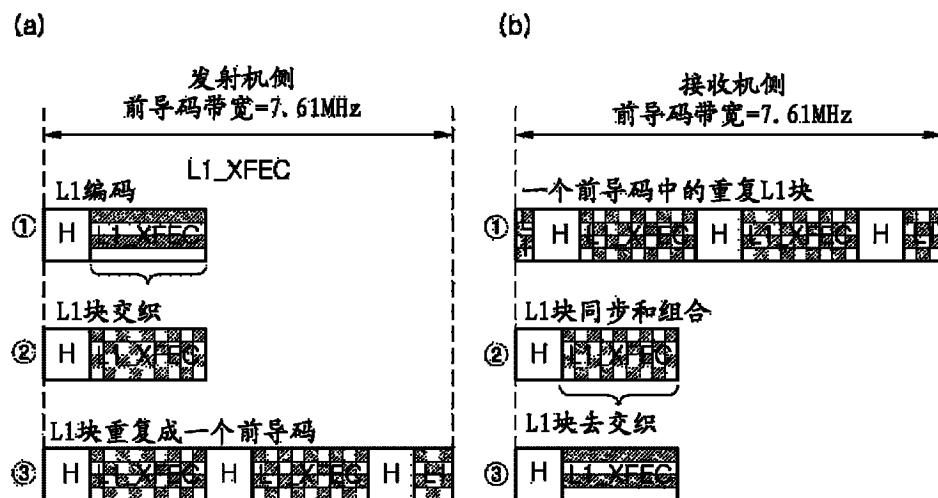


图 128

值	TI深度
00	无TI
01	最合适
10	4个OFDM符号
11	8个OFDM符号

} 当使用TI\_flag (1比特) 时  
    用于短L1块的TI  
    用于更好的TI性能

图 129

## (a) 报头信令与结构

编号	关键特征	信令字段	填充	L1报头PER性能	L1块TI性能	附加开销
1	仅TI开/关标记	L1 (15), TI (1), 无 CRC	无	正常	对于短L1块来说较差	无
2	L1_size_bits / 8	L1 (12), TI (2), CRC (2)	最大7比特	最好	好	无
3	L1_size_cells	L1 (13), TI (2), CRC (1)	最大3比特	好	好	无
4	每符号的 L1_size_bits	L1 (13), TI (2), CRC (1)	最大4比特	好	好	无
5	每符号的 L1_size_cells	L1 (11), TI (2), CRC (2), Rfu (1)	最大19比特	最好	好	无
6	两个报头 (32比特)	L1 (15), TI (2), CRC (4), Rfu (11)	无	最好	好	0.01% (可忽略)

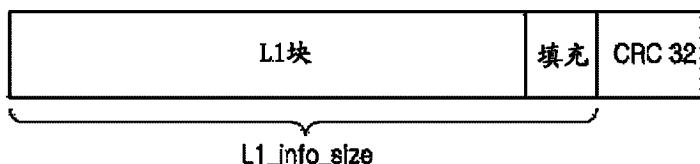
(b)  
填充方法

图 130

字段	比特	描述
num_chbon	3	绑定信道的数量
num_dslice	8	数据切片的数量
num_notch	4	陷波波段的数量
for i=0..num_dslice-1 {		
dslice_id	8	数据切片标识符
dslice_start	12	C2信道(最大64MHz)内的数据切片的开始
dslice_width	9	数据切片的宽度(最大7.61MHz)
dslice_t1_depth	2	时间交织器深度
dslice_type	1	数据切片类型(类型1, 类型2)*
dslice_pwr_allocation	2	数据切片功率分配
num_plp	8	PLP的数量
for i=0..num_plp-1 {		
plp_id	8	PLP标识符
plp_type	1	PLP类型(公共/数据)
PSI/SI reprocessing	1	PSI/SI再处理标记
plp_payload_type	5	PLP有效载荷类型(TS, GS,...)
if dslice_type=='0' {		
plp_modcod	5	PLP调制/编码
plp_start_addr	14	PLP起始地址
}		
}		
for i=0..num_notch-1{		
notch_start	12	C2信道(最大64MHz)内的陷波波段的开始
notch_width	9	陷波波段的宽度(最大7.61MHz)
}		
gi	2	保护间隔模式
num_data_symbols	10	每C2帧的数据OFDM符号的数量
num_c2_frames	8	每超帧的C2帧的数量
frame_idx	8	一个超帧内的C2帧索引
PAPR	1	PAPR标记
reserved	0	为未来使用保留
crc32	32	CRC32

\*类型1: 具有CCM的单个PLP  
 \*类型2: 其它

图 131

dslice_t1_depth	T1深度
"00"	1
"01"	4
"10"	8
"11"	16

dslice_type	类型
"0"	具有CCM的单个PLP
"1"	其它

plp_type	类型
"0"	公共plp
"1"	数据plp

图 133

图 132

plp_payload_type	有效载荷类型
"00000"	GFPS
"00001"	GCS
"00010"	GSE
"00011"	TS
其它	为未来使用保留

图 135

plp_modcod	调制	码率	LDPC块
"00000"	16QAM	4/5	长
"00001"			短
"00010"	64QAM	9/10	长
"00011"		8/9	短
"00100"	256QAM	2/3	长
"00101"			短
"00110"		4/5	长
"00111"			短
"01000"		9/10	长
"01001"		8/9	短
"01010"	1024QAM	3/4	长
"01011"			短
"01100"		5/6	长
"01101"			短
"01110"		9/10	长
"01111"		8/9	短
"10000"	4096QAM	3/4	长
"10001"			短
"10010"		5/6	长
"10011"			短
"10100"		9/10	长
"10101"		8/9	短
"10110"	其它	5/6	长
"10111"			短
"11000"		9/10	长
"11001"		8/9	短
其它	为未来使用保留	为未来使用保留	为未来使用保留

图 136

gi	值
"00"	1/128
"01"	1/64
其它	为未来使用保留

图 137

PAPR	值
"0"	禁用
"1"	启用

图 138

字段	比特	描述
network_id	16	当前DVB-C2网络的ID
c2_system_id	16	DVB-C2网络内的C2系统的ID
C2_signal_start_frequency	32	C2信号起始频率
C2_signal_stop_frequency	32	C2信号终止频率
num_chbon	3	绑定信道的数量
num_dslice	8	数据切片的数量
num_notch	4	陷波波段的数量
for i=0..num_dslice-1 {		
dslice_id	8	数据切片标识符
dslice_start	12	C2信道(最大64MHz)内的数据切片的开始
dslice_width	9	数据切片的宽度(最大7,61MHz)
dslice_tl_depth	2	时间交织器深度
dslice_type	1	数据切片类型(类型1, 类型2)*
dslice_pwr_allocation	2	数据切片功率分配
reserved_1	0	为未来使用保留
num_plp	8	PLP的数量
for i=0..num_plp-1 {		
plp_id	8	PLP标识符
plp_type	2	PLP类型(公共/普通数据/经分组的数据)
if plp_type=='common' or 'grouped' {		
plp_group_id		
}		
plp_payload_type	5	PLP有效载荷类型(TS, GS, ...)
PSI/SI reprocessing	1	FSP/SI再处理标记
reserved_2	0	为未来使用保留
if dslice_type=='0' {		
plp_modcod	5	PLP调制/编码
plp_start_addr	14	PLP起始地址
}		
}		
for i=0..num_notch-1 {		
notch_start	12	C2信道(最大64MHz)内的陷波波段的开始
notch_width	9	陷波波段的宽度(最大7,61MHz)
}		
gi	2	保护间隔模式
num_data_symbols	10	每C2帧的数据OFDM符号的数量
num_c2_frames	8	每超帧的C2帧的数量
frame_idx	6	一个超帧内的C2帧索引
PAPR	1	PAPR标记
reserved_3	0	为未来使用保留
crc32	32	CRC32

\*类型1: 具有CCM的单个PLP

\*类型2: 其它

图 139

plp_type	类型
"00"	公共plp
"01"	普通数据plp
"10"	经分组的数据plp
其它	为未来使用保留

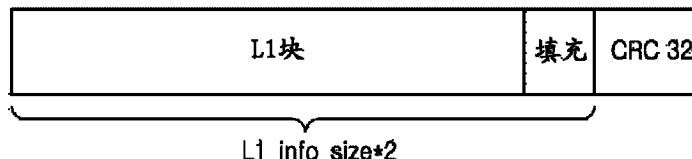
图 140

字段	比特	描述
network_id	16	当前DVB-C2网络的ID
c2_system_id	16	DVB-C2网络内的C2系统的ID
C2_signal_start_frequency	32	C2信号起始频率
num_chbon	3	绑定信道的数量
num_dslice	8	数据切片的数量
num_notch	4	陷波波段的数量
for i=0..num_dslice-1 {		
dslice_id	8	数据切片标识符
dslice_start	12	C2信道(最大64MHz)内的数据切片的开始
dslice_width	12	数据切片的宽度(最大64MHz)
dslice_t1_depth	2	时间交织器深度
dslice_type	1	数据切片类型(类型1,类型2)*
num_plp	8	PLP的数量
reserved_1	0	为未来使用保留
for i=0..num_plp-1 {		
plp_id	8	PLP标识符
plp_type	2	PLP类型(公共/普通数据/经分组的数据)
if plp_type=='common' or 'grouped' {		
plp_group_id	8	PLP分组标识符
}		
PSI/SI reprocessing	1	PSP/SI再处理标记
plp_payload_type	5	PLP有效载荷类型(TS, GS, ...)
reserved_2	0	为未来使用保留
if dslice_type=='0' {		
plp_modcod	5	PLP调制/编码
plp_start_addr	14	PLP起始地址
}		
}		
for i=0..num_notch-1 {		
notch_start	12	C2信道(最大64MHz)内的陷波波段的开始
notch_width	9	陷波波段的宽度(最大7.61MHz)
}		
gi	2	保护间隔模式
PAPR	1	PAPR标记
reserved_3	0	为未来使用保留
crc32	32	CRC32
总共	221	

\*类型1: 具有CCM的单个PLP

\*类型2: 其它

图 141



值	TI深度	
00	无TI	
01	最合适	
10	4个OFDM符号	当使用TI_flag(1比特)时 用于短L1块的TI
11	8个OFDM符号	用于更好的TI性能

图 142