



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106105232 B

(45)授权公告日 2019.08.16

(21)申请号 201580008012.1

(22)申请日 2015.02.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106105232 A

(43)申请公布日 2016.11.09

(30)优先权数据

61/942,581 2014.02.20 US

61/942,584 2014.02.20 US

61/942,586 2014.02.20 US

61/950,196 2014.03.09 US

61/968,329 2014.03.20 US

62/002,154 2014.05.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.10

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2015/001696 2015.02.23

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/126195 EN 2015.08.27

(73)专利权人 LG 电子株式会社

地址 韩国首尔

(72)发明人 徐镛学 文相喆 辛钟雄 高祐奭
洪性龙

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 夏凯 谢丽娜

(51)Int.Cl.

H04N 21/234(2006.01)

H04N 21/236(2006.01)

H04J 11/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2011274204 A1,2011.11.10,

US 2011274204 A1,2011.11.10,

US 2013216001 A1,2013.08.22,

US 2013235952 A1,2013.09.12,

CN 103354481 A,2013.10.16,

审查员 万雪超

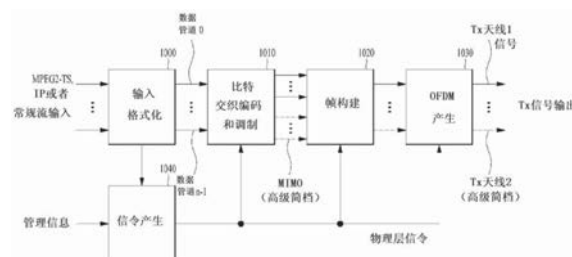
权利要求书4页 说明书95页 附图96页

(54)发明名称

发送广播信号的装置、接收广播信号的装置、发送广播信号的方法以及接收广播信号的方法

(57)摘要

本发明提供一种用于发送广播信号的装置，该装置包括：编码器，该编码器编码服务数据；映射器，该映射器将编码的服务数据映射到多个OFDM符号以构建至少一个信号帧；调制器，该调制器通过OFDM(正交频分复用)方案调制被构建的至少一个信号帧中的数据；以及发射器，该发射器发送具有被调制的数据的广播信号。



1. 一种用于发送广播信号的方法,所述方法包括:

编码服务数据;

通过交织所述被编码的服务数据的奇偶比特来第一比特交织所述被编码的服务数据;

基于用于16正交幅度调制QAM调制类型、6/15码率以及所述编码的服务数据的16200码字长度的交织图案来第二比特交织在所述第一比特交织的服务数据中的第一数量的块,其中,所述交织图案被表示为:

组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块
0	12
1	13
2	15
3	30
4	27
5	25
6	11
7	34
8	9
9	4
10	31
11	22
12	6
13	32
14	7
15	21
16	17
17	3
18	1
19	26
20	10
21	33
22	19
23	2
24	18
25	5
26	28
27	35
28	8
29	16
30	29
31	23
32	14
33	0
34	20
35	24
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44

其中,基于所述交织图案通过块单元来交织每个块;

基于用于第三比特交织的第二数量的块的组,通过行式写入每个块的比特来第三比特交织所述第二比特交织的服务数据,所述第二数量的块对应于调制类型的调制阶数,以及基于该组列式读取每个块的1比特;

构建包括所述第三比特交织的服务数据的至少一个信号帧;

通过正交频分复用OFDM方案,调制所述被构建的至少一个信号帧中的数据;以及发送具有所述被调制的数据的所述广播信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,当所述编码的服务数据的长度是16200比特时,所述第一数量 的块是45,以及所述第一数量 的块基于所述交织图案被交织。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述组的长度是对应于所述块的360比特。

4. 一种用于发送广播信号的装置,所述装置包括:

编码器,所述编码器编码服务数据;

比特交织器,所述比特交织器通过交织所述编码的服务数据的奇偶比特来交织所述编码的服务数据;

基于用于16正交幅度调制QAM调制类型、6/15码率以及所述编码的服务数据的16200码字长度的交织图案来交织在所述交织的服务数据中的第一数量的块,其中,所述交织图案

被表示为：

组式 交织器 输出 第j个块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块
0	12
1	13
2	15
3	30
4	27
5	25
6	11
7	34
8	9
9	4
10	31
11	22
12	6
13	32
14	7
15	21
16	17
17	3
18	1
19	26
20	10
21	33
22	19
23	2
24	18
25	5
26	28
27	35
28	8
29	16
30	29
31	23
32	14
33	0
34	20
35	24
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44

其中,基于所述交织图案通过块单元来交织每个块;

基于第二数量的块的组,通过行式写入每个块的比特来交织所述交织的块,所述第二数量的块对应于调制类型的调制阶数,以及基于该组列式读取每个块的1比特;

映射器,所述映射器将所述组中比特映射到多个OFDM符号;

构建器,所述构建器构建包括所述多个OFDM符号的至少一个信号帧;

调制器,所述调制器通过正交频分复用OFDM方案调制在所述被构建的至少一个信号帧中的数据;以及

发射器,所述发射器发送具有所述被调制的数据的所述广播信号。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中,当所述编码的服务数据的长度是16200比特时,所述第一数量 的块是45,以及所述第一数量 的块基于所述交织图案被交织。

6. 根据权利要求4所述的装置,其中,所述组的长度是对应于所述块的360比特。

7. 一种用于接收广播信号的方法,所述方法包括:

接收所述广播信号;

通过正交频分复用OFDM方案解调所述接收到的广播信号;

从所述解调的广播信号解析至少一个信号帧;以及

通过解交织服务数据的奇偶比特来第一比特解交织在所述至少一个信号帧中的所述服务数据;

基于用于16正交幅度调制QAM调制类型、6/15码率以及所述服务数据的16200码字长度的解交织图案来第二比特解交织在所述第一比特解交织的服务数据中的第一数量的块,其中,所述解交织图案被表示为:

组式 交织器 输出 第j个块	组式 交织器 输入 第π(j)块
0	12
1	13
2	15
3	30
4	27
5	25
6	11
7	34
8	9
9	4
10	31
11	22
12	6
13	32
14	7
15	21
16	17
17	3
18	1
19	26
20	10
21	33
22	19
23	2
24	18
25	5
26	28
27	35
28	8
29	16
30	29
31	23
32	14
33	0
34	20
35	24
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44

其中,基于所述解交织图案通过块单元来解交织每个块;

基于用于第三比特解交织的第二数量的块的组,通过行式写入每个块的比特来第三比特解交织所述第二比特解交织的服务数据,所述第二数量的块对应于调制类型的调制阶数,以及基于该组列式读取每个块的1比特;

解码所述第三比特解交织的服务数据。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,当所述服务数据的长度是16200比特时,所述第一数量 的块是45,以及所述第一数量 的块基于所述解交织图案被解交织。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述组的长度是对应于所述块的360比特。

10. 一种用于接收广播信号的装置,所述装置包括:

调谐器,所述调谐器接收所述广播信号;

解调器,所述解调器通过正交频分复用OFDM方案解调所述接收到的广播信号;

解析器,所述解析器解析所述解调的广播信号中的至少一个信号帧;

解映射器,所述解映射器从所述至少一个信号帧解映射服务数据;

比特解交织器,所述比特解交织器通过解交织所述服务数据的奇偶比特来比特解交织所述服务数据;

基于用于16正交幅度调制QAM调制类型、6/15码率以及所述服务数据的16200码字长度的解交织图案来解交织在所述解交织的服务数据中的第一数量的块,其中,所述解交织图案被表示为:

组式器 交织的 输出第j个块	组式器 交织的 输入第块 $\pi(j)$
0	12
1	13
2	15
3	30
4	27
5	25
6	11
7	34
8	9
9	4
10	31
11	22
12	6
13	32
14	7
15	21
16	17
17	3
18	1
19	26
20	10
21	33
22	19
23	2
24	18
25	5
26	28
27	35
28	8
29	16
30	29
31	23
32	14
33	0
34	20
35	24
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44

其中,基于所述解交织图案通过块单元解交织每个块;

基于第二数量的块的组,通过行式写入每个块的比特来解交织所述解交织的块,所述第二数量的块对应于调制类型的调制阶数,以及基于该组列式读取每个块的1比特;以及解码器,所述解码器用于解码所述比特解交织的服务数据。

11.根据权利要求10所述的装置,其中,当所述服务数据的长度是16200比特时,所述第一数量 的块是45,以及所述第一数量 的块基于所述解交织图案被解交织。

12.根据权利要求10所述的装置,其中,所述组的长度是对应于所述块的360比特。

发送广播信号的装置、接收广播信号的装置、发送广播信号的方法以及接收广播信号的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及发送广播信号的装置、接收广播信号的装置以及用于发送和接收广播信号的方法。

背景技术

[0002] 随着模拟广播信号传输终止,正在开发用于发送/接收数字广播信号的各种技术。数字广播信号可以包括比模拟广播信号更大量的视频/音频数据,并且进一步包括除了视频/音频数据之外的各种类型的附加数据。

[0003] 即,数字广播系统可以提供HD(高分辨率)图像、多声道音频和各种附加的服务。但是,用于大量数据传输的数据传输效率、考虑到移动接收设备的发送/接收的网络的鲁棒性和网络灵活性对于数字广播需要改进。

发明内容

[0004] 技术问题

[0005] 本发明的一个目的是提供一种发送广播信号以在时间域中复用提供两个或更多个不同的广播服务的广播发送/接收系统的数据,并且经由相同的RF信号带宽发送复用的数据的装置和方法,和与其对应的用于接收广播信号的装置和方法。

[0006] 本发明的另一个目的是提供一种发送广播信号的装置、一种接收广播信号的装置以及用于发送和接收广播信号以通过组件分类对应于服务的数据,作为数据管道发送对应于每个组件的数据,接收和处理该数据的方法。

[0007] 本发明的又一个目的是提供一种发送广播信号的装置、一种接收广播信号的装置以及用于发送和接收广播信号,以用信号发送对提供广播信号必需的信令信息的方法。

[0008] 技术方案

[0009] 为了实现目标和其它的优点并且根据本发明的目的,如在此具体化和广泛地描述的,本发明提供一种发送广播信号的方法。发送广播信号的方法包括:编码服务数据;通过将编码的服务数据映射到多个 OFDM(正交频分复用)符号以构建至少一个信号帧来构建至少一个信号帧;通过OFDM方案调制在被构建的至少一个信号帧中的数据;以及发送具有被调制的数据的广播信号。

[0010] 有益效果

[0011] 本发明可以根据服务特征处理数据以控制用于每个服务或者服务组件的QoS(服务质量),从而提供各种广播服务。

[0012] 本发明可以通过经由相同的RF信号带宽发送各种广播服务实现传输灵活性。

[0013] 本发明可以提升数据传输效率,并且使用MIMO系统提高广播信号的发送/接收的鲁棒性。

[0014] 根据本发明,可以提供广播信号发送和接收方法以及装置,其甚至能够借助于移

动接收设备或者在室内环境下没有错误地接收数字广播信号。

附图说明

[0015] 附图被包括以提供对本发明进一步的理解,并且被合并和构成本申请书的一部分,附图图示本发明的实施例,并且与该说明书一起可以用作解释本发明的原理。在附图中:

[0016] 图1图示根据本发明的实施例发送用于未来的广播服务的广播信号的装置的结构。

[0017] 图2图示根据本发明的一个实施例的输入格式化块。

[0018] 图3图示根据本发明的另一个实施例的输入格式化块。

[0019] 图4图示根据本发明的另一个实施例的输入格式化块。

[0020] 图5图示根据本发明的实施例的BICM块。

[0021] 图6图示根据本发明的另一个实施例的BICM块。

[0022] 图7图示根据本发明的一个实施例的帧构建块。

[0023] 图8图示根据本发明的实施例的OFDM生成块。

[0024] 图9图示根据本发明的实施例接收用于未来的广播服务的广播信号的装置的结构。

[0025] 图10图示根据本发明的实施例的帧结构。

[0026] 图11图示根据本发明的实施例的帧的信令分层结构。

[0027] 图12图示根据本发明的实施例的前导信令数据。

[0028] 图13图示根据本发明的实施例的PLS1数据。

[0029] 图14图示根据本发明的实施例的PLS2数据。

[0030] 图15图示根据本发明的另一个实施例的PLS2数据。

[0031] 图16图示根据本发明的实施例的帧的逻辑结构。

[0032] 图17图示根据本发明的实施例的PLS映射。

[0033] 图18图示根据本发明的实施例的EAC映射。

[0034] 图19图示根据本发明的实施例的FIC映射。

[0035] 图20图示根据本发明的实施例的DP的类型。

[0036] 图21图示根据本发明的实施例的DP映射。

[0037] 图22图示根据本发明的实施例的FEC结构。

[0038] 图23图示根据本发明的实施例的比特交织。

[0039] 图24图示根据本发明的实施例的信元字(cell-word)解复用。

[0040] 图25图示根据本发明的实施例的时间交织。

[0041] 图26图示根据本发明的实施例的扭曲的行列块交织器的基本操作。

[0042] 图27图示根据本发明的另一实施例的扭曲的行列块交织器的操作。

[0043] 图28图示根据本发明的实施例的扭曲的行列块交织器的对角线方式读取图案。

[0044] 图29图示根据本发明的实施例的来自于每个交织阵列的被交织的XFECBLOCK。

[0045] 图30示出QC-IRA (准循环不规则重复累积) LDPC码的奇偶校验矩阵。

[0046] 图31示出根据本发明的实施例的编码QC-IRA LDPC码的过程。

- [0047] 图32图示根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵转置过程。
- [0048] 图33、图34和图35示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0049] 图36和图37示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0050] 图38图示根据本发明的实施例的用于顺序地编码QC-IRA LDPC 码的方法。
- [0051] 图39图示根据本发明的实施例的LDPC解码器。
- [0052] 图40、图41、图42以及图43图示根据7/15的码率的H1矩阵的实施例之一。
- [0053] 图44和图45图示根据7/15的码率的H2矩阵的实施例之一。
- [0054] 图46图示根据7/15的码率的度分布表的实施例之一。
- [0055] 图47、图48以及图49图示根据8/15的码率的H1矩阵的实施例之一。
- [0056] 图50和图51图示根据8/15的码率的H2矩阵的实施例之一。
- [0057] 图52图示根据8/15的码率的度分布表的实施例之一。
- [0058] 图53、图54以及图55图示根据11/15的码率的H1矩阵的实施例之一。
- [0059] 图56和图57图示根据11/15的码率的H2矩阵的实施例之一。
- [0060] 图58图示根据11/15的码率的度分布表的实施例之一。
- [0061] 图59、图60以及图61图示根据12/15的码率的H1矩阵的实施例之一。
- [0062] 图62、图63以及图64图示根据12/15的码率的H2矩阵的实施例之一。
- [0063] 图65图示根据12/15的码率的度分布表的实施例之一。
- [0064] 图66是示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0065] 图67是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0066] 图68和图69是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0067] 图70是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0068] 图71和图72是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0069] 图73是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0070] 图74和图75是示出根据本发明的另一实施例的奇偶矩阵的地址的表。
- [0071] 图76是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0072] 图77是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0073] 图78是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0074] 图79是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0075] 图80是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。
- [0076] 图81是根据本发明的一个实施例的星座映射器。
- [0077] 图82描述根据本发明的一个实施例的映射IQ平衡/IQ对称非均匀星座的过程。
- [0078] 图83示出根据本发明的一个实施例的使用IQ平衡非均匀星座映射的方法在18dB的SNR处的64个NUC的星座。
- [0079] 图84示出根据本发明的一个实施例的使用IQ平衡非均匀星座映射的方法的用于10/15码率的64个NUC的星座。
- [0080] 图85示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法的用于10/15码率的64个NUC的星座。
- [0081] 图86示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座。

[0082] 图87示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的一部分。

[0083] 图88示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的另一部分。

[0084] 图89示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的另一部分。

[0085] 图90示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座。

[0086] 图91示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的一部分。

[0087] 图92示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的另一部分。

[0088] 图93示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的另一部分。

[0089] 图94是图示根据本发明的实施例的比特交织器的框图。

[0090] 图95图示根据本发明的实施例的用于NUC-256的组内交织过程。

[0091] 图96图示根据本发明的实施例的用于NUC-256的组内交织的写入操作。

[0092] 图97图示根据本发明的实施例的用于NUC-256的组内交织的读取操作。

[0093] 图98图示根据本发明的实施例的剩余的QC块操作。

[0094] 图99是图示根据本发明的实施例的解映射&解码模块9020的框图。

[0095] 图100图示根据本发明的另一实施例的比特解交织的框图。

[0096] 图101是图示根据本发明的另一实施例的组内交织参数的表。

[0097] 图102图示根据本发明的实施例的在NUC-1024中的组内交织的写入操作。

[0098] 图103图示根据本发明的实施例的在NUC-1024中的组内交织的读取操作。

[0099] 图104是图示根据本发明的另一实施例的组内交织参数的表。

[0100] 图105图示根据本发明的另一实施例的剩余的QC块操作。

[0101] 图106是图示根据本发明的另一实施例的比特交织器的框图。

[0102] 图107对应于根据本发明的实施例的通过密度演进 (density evolution) 获得度简档 (degree profile) 的过程的等式。

[0103] 图108图示根据本发明的实施例的度简档。

[0104] 图109图示根据本发明的另一实施例的比特交织和比特解交织。

[0105] 图110图示根据本发明的实施例的比特交织图案。

[0106] 图111图示根据本发明的实施例的写入配置。

[0107] 图112图示根据本发明的实施例的循环移位操作。

[0108] 图113图示根据本发明的实施例的具有QC级别的比特交织。

[0109] 图114图示根据本发明的实施例的具有QC级别和比特级别的循环移位操作。

[0110] 图115图示根据本发明的实施例的用于均匀分散的奇偶部分的循环移位操作。

[0111] 图116是图示根据本发明的另一实施例的解映射&解码模块9020 的框图。

[0112] 图117图示根据本发明的实施例的DE结果和关联于DE结果的缓冲器。

[0113] 图118是图示根据本发明的实施例的符号的比特错误率 (BER) 和块错误率 (BLER) 结果的曲线图。

[0114] 图119是图示根据本发明的实施例的用于发送广播信号的方法的流程图。

[0115] 图120是图示根据本发明的实施例的用于接收广播信号的方法的流程图。

具体实施方式

[0116] 现在将详细地介绍本发明的优选实施例,其示例在附图中图示。详细说明将在下面参考附图给出,其旨在解释本发明的示例性实施例,而不是仅示出可以根据本发明实现的实施例。以下的详细说明包括特定的细节以便对本发明提供深入理解。但是,对于本领域技术人员来说显而易见,实践本发明可以无需这些特定的细节。

[0117] 虽然在本发明中使用的大多数术语已经从在本领域广泛地使用的常规术语中选择,但是某些术语已经由申请人任意地选择,并且其含义在以下的描述中根据需要详细说明。因此,本发明应该基于该术语所期望的含义理解,而不是其简单的名称或者含义理解。

[0118] 本发明提供发送和接收用于未来的广播服务的广播信号的装置和方法。根据本发明的实施例的未来的广播服务包括陆地广播服务、移动广播服务、UHDTV服务等。本发明可以根据一个实施例通过非 MIMO (多输入多输出) 或者MIMO处理用于未来的广播服务的广播信号。根据本发明的实施例的非MIMO方案可以包括MISO (多输入单输出)、SISO (单输入单输出) 方案等。

[0119] 虽然在下文中为了描述方便起见,MISO或者MIMO使用两个天线,但是本发明可适用于使用两个或更多个天线的系统。

[0120] 本发明可以定义三个物理层 (PL) 简档 (profile) (基础、手持和高级简档) 每个被优化以最小化接收器复杂度,同时获得对于特定使用情形所需的性能。物理层 (PHY) 简档是相应的接收器将实施的所有配置的子集。

[0121] 三个PHY简档共享大部分功能块,但是,在特定的模块和/或参数方面略微地不同。另外的PHY简档可以在未来限定。对于系统演进,未来的属性还可以经由未来的扩展帧 (FEF) 在单个RF信道中与现有的简档复用。每个PHY简档的细节在下面描述。

[0122] 1. 基础简档

[0123] 基础简档表示对于通常连接到屋顶天线的固定的接收设备的主要使用情形。基础简档还包括能够运输到一个场所,但是属于相对固定接收类别的便携式设备。基础简档的使用可以通过某些改进的实施被扩展到手持设备或者甚至车辆,但是,对于基础简档接收器操作不预期那些使用情况。

[0124] 接收的目标SNR范围是从大约10到20dB,其包括现有的广播系统 (例如,ATSC A/53) 的15dB SNR接收能力。接收器复杂度和功耗不像在电池操作的手持设备一样严重,手持设备将使用手持简档。用于基础简档的关键系统参数在以下的表1中列出。

[0125] 表1

[0126] [表1]

[0127]

LDPC码字长度	16K, 64K比特
星座大小	4~10bpcu (每个信道使用的比特)

时间解交织存储器大小	$\leq 2^{19}$ 数据信元
导频图案	用于固定接收的导频图案
FFT大小	16K, 32K点

[0128] 2. 手持简档

[0129] 手持简档设计成在以电池电源操作的手持和车载设备中使用。该设备可以以行人或者车辆速度移动。功耗和接收器复杂度对于手持简档的设备的实施是非常重要的。手持简档的目标SNR范围大约是0至10dB,但是,当意欲用于较深的室内接收时,可以配置为达到低于0dB。

[0130] 除了低的SNR能力之外,由接收器移动性所引起的多普勒效应的适应性是手持简档最重要的性能品质。用于手持简档的关键系统参数在以下的表2中列出。

[0131] 表2

[0132] [表2]

[0133]

LDPC码字长度	16K比特
星座大小	2~8bpcu
时间解交织存储器大小	$\leq 2^{18}$ 数据信元
导频图案	用于移动和室内接收的导频图案
FFT大小	8K, 16K点

[0134] 3. 高级简档

[0135] 高级简档以更大的实施复杂度为代价提供最高的信道容量。该简档需要使用MIMO发送和接收,并且UHDTV服务是对该简档特别设计的目标使用情形。提高的容量还可以用于允许在给定带宽提高服务数目,例如,多个SDTV或者HDTV服务。

[0136] 高级简档的目标SNR范围大约是20至30dB。MIMO传输可以最初地使用现有的椭圆极化传输设备,并且在未来扩展到全功率横向极化传输。用于高级简档的关键系统参数在以下的表3中列出。

[0137] 表3

[0138] [表3]

[0139]

LDPC码字长度	16K, 64K比特
星座大小	8~12bpcu
时间解交织存储器大小	$\leq 2^{19}$ 数据信元
导频图案	用于固定接收的导频图案
FFT大小	16K, 32K点

[0140] 在这样的情况下,基础简档能够被用于陆地广播服务和移动广播服务两者的简档。即,基础简档能够被用于定义包括移动简档的简档的概念。而且,高级简档能够被划分成用于具有MIMO的基础简档的高级简档和用于具有MIMO的手持简档的高级简档。此外,根据设计者的意图能够改变三种简档。

[0141] 下面的术语和定义可以应用于本发明。根据设计能够改变下面的术语和定义。

[0142] 辅助流:承载对于尚未定义的调制和编码的数据的信元的序列,其可以被用于未

来扩展或者通过广播公司或者网络运营商要求

[0143] 基本数据管道:承载服务信令数据的数据管道

[0144] 基带帧(或者BBFRAME):形成对一个FEC编码过程(BCH和 LDPC编码)的输入的Kbch比特的集合

[0145] 信元:通过OFDM传输的一个载波承载的调制值

[0146] 被编码的块:PLS1数据的LDPC编码的块或者PLS2数据的LDPC 编码的块中的一个

[0147] 数据管道:承载服务数据或者相关元数据的物理层中的逻辑信道,其可以承载一个或者多个服务或者服务组件。

[0148] 数据管道单元:用于在帧中将数据信元分配给DP的基本单位。

[0149] 数据符号:在帧中不是前导符号的OFDM符号(帧信令符号和帧边缘符号被包括在数据符号中)

[0150] DP_ID:此8比特字段唯一地识别在通过SYSTME_ID识别的系统内的DP

[0151] 哑信元:承载被用于填充不被用于PLS信令、DP或者辅助流的剩余的容量的伪随机值的信元

[0152] 紧急警告信道:承载EAS信息数据的帧的部分

[0153] 帧:以前导开始并且以帧边缘符号结束的物理层时隙

[0154] 帧重复单元:属于包括FET的相同或者不同的物理层简档的帧的集合,其在超帧中被重复八次

[0155] 快速信息信道:在承载服务和相对应的基本DP之间的映射信息的帧中的逻辑信道

[0156] FECBLOCK:DP数据的LDPC编码的比特的集合

[0157] FFT大小:被用于特定模式的标称的FFT大小,等于在基础时段 T 的周期中表达的活跃符号时段Ts

[0158] 帧信令符号:在FFT大小、保护间隔以及被分散的导频图案的某个组合中,在帧的开始处使用的具有较高的导频密度的OFDM符号,其承载PLS数据的一部分

[0159] 帧边缘符号:在FFT大小、保护间隔以及被分散的导频图案的某个组合中,在帧的末端处使用的具有较高的导频密度的OFDM符号

[0160] 帧组:在超帧中具有相同的PHY简档类型的所有帧的集合。

[0161] 未来扩展帧:能够被用于未来扩展的在超帧内的物理层时隙,以前导开始

[0162] Futurecast UTB系统:提出的物理层广播系统,其输入是一个或者多个MPEG2-TS或者IP或者一般流,并且其输出是RF信号

[0163] 输入流:用于通过系统被传递给终端用户的服务的全体的数据的流。

[0164] 正常数据符号:排除帧信令和帧边缘符号的数据符号

[0165] PHY简档:相对应的接收器应实现的所有配置的子集

[0166] PLS:由PLS1和PLS2组成的物理层信令数据

[0167] PLS1:在具有固定的大小、编码和调制的FSS符号中承载的PLS 数据的第一集合,其承载关于系统的基本信息以及解码PLS2所需要的参数

[0168] 注意:PLS1数据在帧组的持续时间内保持恒定。

[0169] PLS2:在FSS符号中发送的PLS数据的第二集合,其承载关于系统和DP的更多详细PLS数据

- [0170] PLS2动态数据:可以动态地逐帧改变的PLS2数据
- [0171] PLS2静态数据:在帧组的持续时间内保持静态的PLS2数据
- [0172] 前导信令数据:通过前导符号承载并且被用于识别系统的基本模式的信令数据
- [0173] 前导符号:承载基本PLS数据并且位于帧的开始固定长度的导频符号
- [0174] 注意:前导符号主要被用于快速初始带扫描以检测系统信号、其时序、频率偏移、以及FFT大小。
- [0175] 保留以便未来使用:本文档没有定义但是可以在未来定义
- [0176] 超帧:八个帧重复单元的集合
- [0177] 时间交织块(TI块):在其中执行时间交织的信元的集合,与时间交织器存储器的一个使用相对应
- [0178] TI组:在其上执行用于特定DP的动态容量分配的单元,由整数组成,动态地改变XFECBLOCK的数目。
- [0179] 注意:TI组可以被直接地映射到一个帧或者可以被映射到多个帧。其可以包含一个或者多个TI块。
- [0180] 类型1 DP:其中所有的DP以TDM方式被映射到帧的帧的DP
- [0181] 类型2 DP:其中所有的DP以FDM方式被映射到帧的帧的DP
- [0182] XFECBLOCK:承载一个LDPC FECBLOCK的所有比特的Ncell 个信元的集合
- [0183] 图1图示根据本发明的实施例用于发送供未来的广播服务的广播信号装置的结构。
- [0184] 根据本发明的实施例用于发送供未来的广播服务的广播信号的设备可以包括输入格式化块1000、BICM(比特交织编码和调制)块1010、帧构建块1020、OFDM(正交频分复用)产生块1030和信令产生块1040。将给出用于发送广播信号装置的每个模块的操作的描述。
- [0185] IP流/分组和MPEG2-TS是主要输入格式,其它的流类型被作为常规流处理。除了这些数据输入之外,管理信息被输入以控制用于每个输入流的相应的带宽的调度和分配。一个或者多个TS流、IP流和/或常规流被同时允许输入。
- [0186] 输入格式化块1000能够解复用每个输入流为一个或者多个数据管道,对其中的每一个应用单独的编码和调制。数据管道(DP)是用于鲁棒控制的基本单位,从而影响服务质量(QoS)。一个或者多个服务或者服务组件可以由单个DP承载。稍后将描述输入格式化块1000的操作细节。
- [0187] 数据管道是在承载服务数据或者相关的元数据的物理层中的逻辑信道,其可以承载一个或者多个服务或者服务组件。
- [0188] 此外,数据管道单元:在帧中用于分配数据信元给DP的基本单位。
- [0189] 在BICM块1010中,奇偶校验数据被增加用于纠错,并且编码的比特流被映射为复数值星座符号。该符号跨越用于相应的DP的特定交织深度被交织。对于高级简档,在BICM块1010中执行MIMO编码,并且另外的数据路径被添加在输出端用于MIMO传输。稍后将描述BICM块1010的操作细节。
- [0190] 帧构建块1020可以将输入DP的数据信元映射为在帧内的OFDM符号。在映射之后,频率交织用于频率域分集,特别地,用于抗击频率选择性衰落信道。稍后将描述帧构建块1020的操作细节。

[0191] 在每个帧的开始处插入前导之后,OFDM产生块1030可以应用具有循环前缀作为保护间隔的常规的OFDM调制。对于天线空间分集,分布式MISO方案遍及发射器被应用。此外,峰值对平均功率降低 (PAPR) 方案在时间域中执行。对于灵活的网络规划,这个建议提供一组不同的FFT大小、保护间隔长度和相应的导频图案。稍后将描述OFDM产生块1030的操作细节。

[0192] 信令产生块1040能够创建用于每个功能块操作的物理层信令信息。该信令信息也被发送使得感兴趣的服务在接收器侧被适当地恢复。稍后将描述信令产生块1040的操作细节。

[0193] 图2、3和4图示根据本发明的实施例的输入格式化块1000。将给出每个图的描述。

[0194] 图2图示根据本发明的一个实施例的输入格式化块。图2示出当输入信号是单个输入流时的输入格式化模块。

[0195] 在图2中图示的输入格式化块对应于参考图1描述的输入格式化块1000的实施例。

[0196] 到物理层的输入可以由一个或者多个数据流组成。每个数据流由一个DP承载。模式适配模块将输入数据流限制(slice)为基带帧(BBF) 的数据字段。系统支持三种类型的输入数据流:MPEG2-TS、互联网协议(IP) 和常规流(GS)。MPEG2-TS特征为固定长度(188字节) 分组,第一字节是同步字节(0x47)。IP流由如在IP分组报头内用信号传送的可变长度IP数据报分组组成。系统对于IP流支持IPv4和IPv6 两者。GS可以由在封装分组报头内用信号传送的可变长度分组或者固定长度分组组成。

[0197] (a) 示出用于信号DP的模式适配块2000和流适配2010,并且 (b) 示出用于产生和处理PLS数据的PLS产生块2020和PLS加扰器 2030。将给出每个块的操作的描述。

[0198] 输入流分割器将输入TS、IP、GS流分割为多个服务或者服务组件(音频、视频等)流。模式适配模块2010由CRC编码器、BB(基带) 帧限制器,和BB帧报头插入块组成。

[0199] CRC编码器在用户分组(UP) 级别提供用于错误检测的三种类型的CRC编码,即,CRC-8、CRC-16和CRC-32。计算的CRC字节附加在UP之后。CRC-8用于TS流并且CRC-32用于IP流。如果GS流不提供CRC编码,则将应用所建议的CRC编码。

[0200] BB帧限制器将输入映射到内部逻辑比特格式。首先接收的比特被定义为MSB。BB帧限制器分配等于可用数据字段容量的输入比特的数目。为了分配等于BBF有效载荷的输入比特的数目,UP分组流被限制为适合BBF的数据字段。

[0201] BB帧报头插入模块可以将2个字节的固定长度BBF报头插入在 BB帧的前面。BBF报头由STUFFI(1比特)、SYNCD(13比特) 和 RFU(2比特) 组成。除了固定的2字节BBF报头之外,BBF还可以在2字节BBF报头的末端具有扩展字段(1或者3字节)。

[0202] 流适配2010由填充插入块和BB加扰器组成。

[0203] 填充插入块能够将填充字段插入到BB帧的有效载荷中。如果到流适配的输入数据足够填充BB帧,则STUFFI被设置为“0”,并且 BBF没有填充字段。否则,STUFFI被设置为“1”,并且填充字段被紧挨在BBF报头之后插入。填充字段包括两个字节的填充字段报头和可变大小的填充数据。

[0204] BB加扰器加扰完成的BBF用于能量扩散。加扰序列与BBF同步。加扰序列由反馈移位寄存器产生。

[0205] PLS产生块2020可以产生物理层信令(PLS) 数据。PLS对接收器提供接入物理层DP

的手段。PLS数据由PLS1数据和PLS2数据组成。

[0206] PLS1数据是在具有固定大小的帧中在FSS符号中承载、编码和调制的的第一组PLS数据,其承载有关解码PLS2数据需要的系统和参数的基本信息。PLS1数据提供包括允许PLS2数据的接收和解码所需要的参数的基本传输参数。此外,PLS1数据在帧组的持续时间保持不变。

[0207] PLS2数据是在FSS符号中发送的第二组PLS数据,其承载有关系统和DP的更加详细的PLS数据。PLS2包含对接收器解码期望的DP 提供足够的信息的参数。PLS2信令进一步由两种类型的参数,PLS2 静态数据 (PLS2-STAT数据) 和PLS2动态数据 (PLS2-DYN数据) 组成。PLS2静态数据是在帧组持续时间保持静态的PLS2数据,并且PLS2 动态数据是可以逐帧动态变化的PLS2数据。

[0208] 稍后将描述PLS数据的细节。

[0209] PLS加扰器2030可以加扰所产生的PLS数据用于能量扩散。

[0210] 以上描述的块可以被省略,或者由具有类似或者相同功能的块替换。

[0211] 图3图示根据本发明的另一个实施例的输入格式化块。

[0212] 在图3中图示的输入格式化块对应于参考图1描述的输入格式化块1000的实施例。

[0213] 图3示出当输入信号对应于多个输入流时,输入格式化块的模式适配块。

[0214] 用于处理多个输入流的输入格式化块的模式适配块可以独立地处理多个输入流。

[0215] 参考图3,用于分别处理多个输入流的模式适配块可以包括输入流分割器3000、输入流同步器3010、补偿延迟块3020、空分组删除块 3030、报头压缩块3040、CRC编码器3050、BB帧限制器(slicer) 3060 和BB报头插入块3070。将给出模式适配块的每个块的描述。

[0216] CRC编码器3050、BB帧限制器3060和BB报头插入块3070的操作对应于参考图2描述的CRC编码器、BB帧限制器和BB报头插入块的操作,并且因此,其描述被省略。

[0217] 输入流分割器3000可以将输入TS、IP、GS流分割为多个服务或者服务组件(音频、视频等)流。

[0218] 输入流同步器3010可以称为ISSY。ISSY可以对于任何输入数据格式提供适宜的手段以保证恒定比特率(CBR)和恒定端到端传输延迟。ISSY始终用于承载TS的多个DP的情形,并且选择性地用于承载 GS流的多个DP。

[0219] 补偿延迟块3020可以在ISSY信息的插入之后延迟分割TS分组流,以允许TS分组重新组合机制而无需在接收器中额外的存储器。

[0220] 空分组删除块3030仅用于TS输入流情形。一些TS输入流或者分割的TS流可以具有大量的空分组存在,以便在CBR TS流中提供 VBR(可变比特速率)服务。在这种情况下,为了避免不必要的传输开销,空分组可以被识别并且不被发送。在接收器中,通过参考在传输中插入的删除的空分组(DNP)计数器,去除的空分组可以重新插入在它们最初的精确的位置中,从而,保证恒定比特速率,并且避免对时间戳(PCR)更新的需要。

[0221] 报头压缩块3040可以提供分组报头压缩以提高用于TS或者IP输入流的传输效率。因为接收器可以具有有关报头的某个部分的先验信息,所以这个已知的信息可以在发射器中被删除。

[0222] 对于传输流,接收器具有有关同步字节配置(0x47)和分组长度(188字节)的先验信息。如果输入TS流承载仅具有一个PID的内容,即,仅用于一个服务组件(视频、音频等)或

者服务子组件 (SVC基本层、SVC增强层、MVC基本视图或者MVC相关的视图), 则TS 分组报头压缩可以 (选择性地) 应用于传输流。如果输入流是IP流, 则选择性地使用IP分组报头压缩。

[0223] 以上描述的模块可以被省略, 或者由具有类似或者相同功能的块替换。

[0224] 图4图示根据本发明的另一个实施例的输入格式化块。

[0225] 在图4中图示的输入格式化模块对应于参考图1描述的输入格式化块1000的实施例。

[0226] 图4图示当输入信号对应于多个输入流时, 输入格式化模块的流适配模块。

[0227] 参考图4, 用于分别处理多个输入流的模式适配模块可以包括调度器4000、1-帧延迟块4010、填充插入块4020、带内信令4030、BB 帧加扰器4040、PLS产生块4050和PLS加扰器4060。将给出流适配模块的每个块的描述。

[0228] 填充插入块4020、BB帧加扰器4040、PLS产生块4050和PLS 加扰器4060的操作对应于参考图2描述的填充插入块、BB加扰器、PLS产生块和PLS加扰器的操作, 并且因此, 其描述被省略。

[0229] 调度器4000可以从每个DP的FECBLOCK (FEC块) 的量确定跨越整个帧的整体信元分配。包括对于PLS、EAC和FIC的分配, 调度器产生PLS2-DYN数据的值, 其被作为在该帧的FSS中的PLS信元或者带内信令发送。稍后将描述FECBLOCK、EAC和FIC的细节。

[0230] 1-帧延迟块4010可以通过一个传输帧延迟输入数据, 使得有关下一个帧的调度信息可以经由用于带内信令信息的当前帧发送以被插入 DP中。

[0231] 带内信令4030可以将PLS2数据的未延迟部分插入到帧的DP中。

[0232] 以上描述的块可以被省略, 或者由具有类似或者相同功能的块替换。

[0233] 图5图示根据本发明的实施例的BICM块。

[0234] 在图5中图示的BICM块对应于参考图1描述的BICM块1010的实施例。

[0235] 如上所述, 根据本发明的实施例用于发送供未来的广播服务的广播信号的设备可以提供陆地广播服务、移动广播服务、UHDTV服务等。

[0236] 由于QoS (服务质量) 取决于由根据本发明的实施例的用于发送供未来的广播服务的广播信号的设备提供的服务特征, 因此对应于相应服务的数据需要经由不同的方案处理。因此, 根据本发明的实施例的BICM块可以通过将SISO、MISO和MIMO方案独立地应用于分别对应于数据路径的数据管道, 独立地处理对其输入的DP。因此, 根据本发明的实施例的用于发送供未来的广播服务的广播信号的设备能够控制经由每个DP发送的每个服务或者服务组件的QoS。

[0237] (a) 示出由基础简档和手持简档共享的BICM块, 并且 (b) 示出高级简档的BICM模块。

[0238] 由基础简档和手持简档共享的BICM块和高级简档的BICM块能够包括用于处理每个DP的多个处理块。

[0239] 将给出用于基础简档和手持简档的BICM块和用于高级简档的 BICM块的每个处理模块的描述。

[0240] 用于基础简档和手持简档的BICM块的处理块5000可以包括数据 FEC编码器5010、比特交织器5020、星座映射器5030、SSD (信号空间分集) 编码块5040和时间交织器5050。

[0241] 数据FEC编码器5010能够使用外编码 (BCH) 和内编码 (LDPC) 对输入BBF执行FEC编

码,以产生FECBLOCK过程。外编码(BCH) 是可选的编码方法。稍后将描述数据FEC编码器5010的操作细节。

[0242] 比特交织器5020可以以LDPC编码和调制方案的组合交织数据 FEC编码器5010的输出以实现优化的性能,同时提供有效地可执行的结构。稍后将描述比特交织器5020的操作细节。

[0243] 星座映射器5030可以使用QPSK、QAM-16、不均匀QAM (NUQ-64、NUQ-256、NUQ-1024),或者不均匀星座(NUC-16、NUC-64、NUC-256、NUC-1024),在基础和手持简档中调制来自比特交织器5020 的每个信元字(cell word),或者在高级简档中来自信元字解复用器5010-1的信元字,以给出功率标准化的星座点 e_1 。该星座映射仅适用于DP。注意到,QAM-16和NUQ是正方形的形状,而NUC具有任意形状。当每个星座转动90度的任意倍数时,转动的星座精确地与其原始的一个重叠。这个“旋转感”对称属性使实和虚分量的容量和平均功率彼此相等。对于每个码率,NUQ和NUC两者被具体地限定,并且使用的特定的一个由在PLS2数据中归档的参数DP_MOD用信号传送。

[0244] SSD编码块5040可以以二维(2D)、三维(3D)和四维(4D) 预编码信元以提高在困难的衰落条件之下的接收鲁棒性。

[0245] 时间交织器5050可以在DP级别操作。时间交织(TI)的参数可以对于每个DP不同地设置。稍后将描述时间交织器5050的操作细节。

[0246] 用于高级简档的BICM块的处理块5000-1可以包括数据FEC编码器、比特交织器、星座映射器,和时间交织器。但是,不同于处理块 5000,处理模块5000-1进一步包括信元字解复用器5010-1和MIMO 编码模块5020-1。

[0247] 此外,在处理块5000-1中的数据FEC编码器、比特交织器、星座映射器,和时间交织器的操作对应于描述的数据FEC编码器5010、比特交织器5020、星座映射器5030,和时间交织器5050的操作,并且因此,其描述被省略。

[0248] 信元字解复用器5010-1用于高级简档的DP以将单个信元字流划分为用于MIMO处理的双信元字流。稍后将描述信元字解复用器 5010-1操作的细节。

[0249] MIMO编码模块5020-1可以使用MIMO编码方案处理信元字解复用器5010-1的输出。MIMO编码方案对于广播信号传输被优化。MIMO 技术是获得性能提高的期望方式,但是,其取决于信道特征。尤其对于广播,信道的强的LOS分量或者在由不同的信号传播特征所引起的两个天线之间的接收信号功率的差别使得难以从MIMO得到性能增益。所提出的MIMO编码方案使用MIMO输出信号的一个的基于旋转的预编码和相位随机化克服这个问题。

[0250] MIMO编码意欲用于在发射器和接收器两者处需要至少两个天线的2x2MIMO系统。在该建议下定义两个MIMO编码模式:全速率空间复用(FR-SM)和全速率全分集空间复用(FRFD-SM)。FR-SM编码以在接收器侧处相对小的复杂度增加提供性能提高,而FRFD-SM编码以在接收器侧处巨大的复杂度增加提供性能提高和附加分集增益。所提出的MIMO编码方案没有对天线极性配置进行限制。

[0251] MIMO处理对于高级简档帧是需要的,其指的是由MIMO编码器处理在高级简档帧中的所有DP。MIMO处理在DP级别适用。星座映射器对输出NUQ($e_{1,i}$ 和 $e_{2,i}$)被馈送给MIMO编码器的输入。配对的MIMO编码器输出($g_{1,i}$ 和 $g_{2,i}$)由其相应的TX天线的相同的载波 k 和OFDM符号1发送。

[0252] 以上描述的模块可以被省略或者由具有类似或者相同功能的模块替换。

[0253] 图6图示根据本发明的另一个实施例的BICM块。

[0254] 在图6中图示的BICM块对应于参考图1描述的BICM块1010的实施例。

[0255] 图6图示用于保护物理层信令 (PLS)、紧急警告信道 (EAC) 和快速信息信道 (FIC) 的BICM块。EAC是承载EAS信息数据的帧的部分,并且FIC是在承载在服务 and 相应的基础DP之间的映射信息的帧中的逻辑信道。稍后将描述EAC和FIC的细节。

[0256] 参考图6,用于保护PLS、EAC和FIC的BICM块可以包括PLS FEC 编码器6000、比特交织器6010、星座映射器6020和时间交织器6030。

[0257] 此外,PLS FEC编码器6000可以包括加扰器、BCH编码/零插入块、LDPC编码块和LDPC奇偶穿孔块。将给出BICM块的每个块的描述。

[0258] PLS FEC编码器6000可以编码加扰的PLS 1/2数据、EAC和FIC 区段。

[0259] 加扰器可以在BCH编码以及缩短和穿孔LDPC编码之前加扰 PLS1数据和PLS2数据。

[0260] BCH编码/零插入块可以使用用于PLS保护的缩短的BCH码,对加扰的PLS 1/2数据执行外编码,并且在BCH编码之后插入零比特。仅对于PLS1数据,零插入的输出比特可以在LDPC编码之前转置。

[0261] LDPC编码块可以使用LDPC码来编码BCH编码/零插入块的输出。为了产生完整的编码模块, C_{ldpc} 、奇偶校验比特、 P_{ldpc} 从每个零插入的PLS信息块 I_{ldpc} 被系统编码,并且附在其之后。

[0262] 数学公式1

[0263] [数学式1]

[0264]
$$C_{ldpc} = [I_{ldpc} \ P_{ldpc}] = [i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}]$$

[0265] 用于PLS1和PLS2的LDPC编码参数如以下的表4。

[0266] 表4

[0267] [表4]

信令类型	K_{sig}	K_{bch}	N_{bch_parity}	K_{ldpcN} ($=N_{bch}$)	N_{ldpc}	N_{ldpc_parity}	码率	Q_{ldpc}
PLS1	342	1020	60	1080	4320	3240	1/4	36
PLS2	<1021							
	>1020	2100		2160	7200	5040	3/10	56

[0269] LDPC奇偶穿孔块可以对PLS1数据和PLS 2数据执行穿孔。

[0270] 当缩短被应用于PLS1数据保护时,一些LDPC奇偶校验比特在LDPC编码之后被穿孔。此外,对于PLS2数据保护,PLS2的LDPC 奇偶校验比特在LDPC编码之后被穿孔。不发送这些被穿孔的比特。

[0271] 比特交织器6010可以交织每个被缩短和被穿孔的PLS1数据和 PLS2数据。

[0272] 星座映射器6020可以将比特交织的PLS 1数据和PLS2数据映射到星座上。

[0273] 时间交织器6030能够交织被映射的PLS1数据和PLS2数据。

[0274] 以上描述的块可以被省略或者由具有类似或者相同功能的块替换。

[0275] 图7图示根据本发明的一个实施例的帧构建块。

[0276] 在图7中图示的帧构建块对应于参考图1描述的帧构建块1020的实施例。

[0277] 参考图7,帧构建块可以包括延迟补偿块7000、信元映射器7010 和频率交织器7020。将给出帧构建块的每个块的描述。

[0278] 延迟补偿块7000可以调整在数据管道和相应的PLS数据之间的时序以确保它们在发射器端共时(co-timed)。通过解决由输入格式化块和BICM块所引起的数据管道的延迟,PLS数据被延迟与数据管道相同的量。BICM块的延迟主要是由于时间交织器。带内信令数据承载下一个TI组的信息,使得它们承载要用信号传送的DP前面的一个帧。据此,延迟补偿块延迟带内信令数据。

[0279] 信元映射器7010可以将PLS、EAC、FIC、DP、辅助流和哑信元映射到在该帧中的OFDM符号的活动载波。信元映射器7010的基本功能是,如果有的话,将对于DP、PLS信元、以及EAC/FIC信元中的每一个由TI产生的数据信元映射到与帧内的OFDM符号内的每一个相对应的活动OFDM信元。服务信令数据(诸如PSI(程序特定信息)/SI) 能够被单独地收集并且通过数据管道发送。信元映射器根据由调度器产生的动态信息和帧结构的配置操作。稍后将描述该帧的细节。

[0280] 频率交织器7020可以随机地交织从信元映射器7010接收的数据信元以提供频率分集。此外,频率交织器7020可以使用不同的交织种子顺序,对由两个按次序的OFDM符号组成的特有的OFDM符号对进行操作,以得到在单个帧中最大的交织增益。

[0281] 以上描述的块可以被省略或者由具有类似或者相同功能的块替换。

[0282] 图8图示根据本发明的实施例的OFDM产生块。

[0283] 在图8中图示的OFDM产生块对应于参考图1描述的OFDM产生块1030的实施例。

[0284] OFDM产生块通过由帧构建块产生的信元调制OFDM载波,插入导频,并且产生用于传输的时间域信号。此外,这个块随后插入保护间隔,并且应用PAPR(峰均功率比)减少处理以产生最终的RF信号。

[0285] 参考图8,帧构建块可以包括导频和保留音插入块8000、2D-eSFN 编码块8010、IFFT(快速傅里叶逆变换)块8020、PAPR减少块8030、保护间隔插入块8040、前导插入模块8050、其它的系统插入块8060 和DAC块8070。将给出帧构建块的每个块的描述。

[0286] 导频和保留音插入块8000可以插入导频和保留音。

[0287] 在OFDM符号内的各种信元被以称为导频的参考信息调制,其具有在接收器中先前已知的发送值。导频信元的信息由散布导频、连续导频、边缘导频、FSS(帧信令符号)导频和FES(帧边缘符号)导频组成。每个导频根据导频类型和导频图案以特定的提升功率水平被发送。导频信息的值是从参考序列中推导出的,其是一系列的值,其一个用于在任何给定符号上的每个被发送的载波。导频可以用于帧同步、频率同步、时间同步、信道估计和传输模式识别,并且还可用于跟随相位噪声。

[0288] 从参考序列中提取的参考信息在除了帧的前导、FSS和FES之外的每个符号中在散布的导频信元中被发送。连续的导频插入在帧的每个符号中。连续的导频的编号和位置取决于FFT大小和散布的导频图案两者。边缘载波是在除前导符号之外的每个符号中的边缘

导频。它们被插入以便允许频率内插直至频谱的边缘。FSS导频被插入在FSS 中,并且FES导频被插入在FES中。它们被插入以便允许时间内插直至帧的边缘。

[0289] 根据本发明的实施例的系统支持SFN网络,这里分布式MISO方案被选择性地用于支持非常鲁棒传输模式。2D-eSFN是使用多个TX天线的分布式MISO方案,其每个在SFN网络中位于不同的发射器位置。

[0290] 2D-eSFN编码块8010可以处理2D-eSFN处理以使从多个发射器发送的信号的相位失真,以便在SFN配置中创建时间和频率分集两者。因此,可以减轻由于低的平坦衰落或者对于长时间的深衰落引起的突发错误。

[0291] IFFT块8020可以使用OFDM调制方案调制来自2D-eSFN编码块 8010的输出。在没有指定为导频(或者保留音)的数据符号中的任何信元承载来自频率交织器的数据信元的一个。该信元被映射到OFDM 载波。

[0292] PAPR减少块8030可以使用在时间域中的各种PAPR减少算法对输入信号执行PAPR减少。

[0293] 保护间隔插入块8040可以插入保护间隔,并且前导插入块8050 可以在该信号的前面插入前导。稍后将描述前导的结构细节。另一个系统插入块8060可以在时间域中复用多个广播发送/接收系统的信号,使得提供广播服务的两个或更多个不同的广播发送/接收系统的数据可以在相同的RF信号带宽中同时发送。在这种情况下,两个或更多个不同的广播发送/接收系统指的是提供不同广播服务的系统。不同广播服务可以指的是陆地广播服务、移动广播服务等。与相应的广播服务相关的数据可以经由不同的帧发送。

[0294] DAC块8070可以将输入数字信号转换为模拟信号,并且输出该模拟信号。从DAC块7800输出的信号可以根据物理层简档经由多个输出天线发送。根据本发明的实施例的Tx天线可以具有垂直或者水平极性。

[0295] 以上描述的块可以被省略或者根据设计由具有类似或者相同功能的块替换。

[0296] 图9图示根据本发明的实施例的用于接收供未来的广播服务的广播信号装置的结构。

[0297] 根据本发明的实施例的用于接收供未来的广播服务的广播信号的设备可以对应于参考图1描述的用于发送供未来的广播服务的广播信号的设备。

[0298] 根据本发明的实施例的用于接收供未来的广播服务的广播信号的设备可以包括同步和解调模块9000、帧解析模块9010、解映射和解码模块9020、输出处理器9030和信令解码模块9040。将给出用于接收广播信号装置的每个模块的操作的描述。

[0299] 同步和解调模块9000可以经由m个Rx天线接收输入信号,相对于与用于接收广播信号的设备相对应的系统执行信号检测和同步,并且执行与由用于发送广播信号装置执行的过程相反过程相对应的解调。

[0300] 帧解析模块9010可以解析输入信号帧,并且提取经由其发送由用户选择的的数据。如果用于发送广播信号的设备执行交织,则帧解析模块9010可以执行与交织的相反过程相对应的解交织。在这种情况下,需要提取的信号和数据的位置可以通过解码从信令解码模块 9040输出的数据获得,以恢复由用于发送广播信号的设备产生的调度信息。

[0301] 解映射和解码模块9020可以将输入信号转换为比特域数据,并且然后根据需要对解交织。解映射和解码模块9020可以对于为了传输效率应用的映射执行解映射,并且经

由解码校正正在传输信道上产生的错误。在这种情况下,解映射和解码模块9020可以获得为解映射所必需的传输参数,并且通过解码从信令解码模块9040输出的数据进行解码。

[0302] 输出处理器9030可以执行由用于发送广播信号的设备应用以改善传输效率的各种压缩/信号处理过程的相反过程。在这种情况下,输出处理器9030可以从信令解码模块9040输出的数据中获得必要的控制信息。输出处理器8300的输出对应于输入到用于发送广播信号装置的信号,并且可以是MPEG-TS、IP流(v4或者v6)和常规流。

[0303] 信令解码模块9040可以从由同步和解调模块9000解调的信号中获得PLS信息。如上所述,帧解析模块9010、解映射和解码模块9020 和输出处理器9030可以使用从信令解码模块9040输出的数据执行其功能。

[0304] 图10图示根据本发明的一个实施例的帧结构。

[0305] 图10示出帧类型的示例配置和在超帧中的FRU, (a) 示出根据本发明的实施例的超帧, (b) 示出根据本发明的实施例的FRU (帧重复单元), (c) 示出在FRU中的可变PHY简档的帧,以及 (d) 示出帧的结构。

[0306] 超帧可以由八个FRU组成。FRU是用于帧的TDM的基本复用单元,并且在超帧中被重复八次。

[0307] 在FRU中的每个帧属于PHY简档(基础、手持、高级)中的一个或者FEF。在FRU中帧的最大允许数目是四个,并且给定的PHY简档可以在FRU (例如,基础、手持、高级)中出现从零次到四次的任何次数。如果需要的话,PHY简档定义可以使用在前导中 PHY_PROFILE的保留的值扩展。

[0308] FEF部分被插入在FRU的末端,如果包括的话。当FEF包括在 FRU中时,在超帧中FEF的最小数是8。不推荐FEF部分相互邻近。

[0309] 一个帧被进一步划分为许多的OFDM符号和前导。如 (d) 所示,帧包括前导、一个或多个帧信令符号(FSS)、普通数据符号和帧边缘符号(FES)。

[0310] 前导是允许快速Futurecast UTB系统信号检测并且提供一组用于信号的有效发送和接收的基本传输参数的特殊符号。稍后将描述前导的详细说明。

[0311] FSS的主要目的是承载PLS数据。为了快速同步和信道估计以及因此的PLS数据的快速解码,FSS具有比普通数据符号更加密集的导频图案。FES具有与FSS严格相同的导频,其允许在FES内的仅频率内插,以及对于紧邻FES之前的符号的时间内插而无需外推。

[0312] 图11图示根据本发明的实施例的帧的信令分层结构。

[0313] 图11图示信令分层结构,其被分割为三个主要部分:前导信令数据11000、PLS1数据11010和PLS2数据11020。由在每个帧中的前导符号承载的前导的目的是表示该帧的传输类型和基本传输参数。PLS1 允许接收器访问和解码PLS2数据,其包含访问感兴趣的DP的参数。PLS2在每个帧中承载,并且被划分为两个主要部分:PLS2-STAT数据和PLS2-DYN数据。必要时,在PLS2数据的静态和动态部分之后是填充。

[0314] 图12图示根据本发明的实施例的前导信令数据。

[0315] 前导信令数据承载需要允许接收器访问PLS数据和跟踪在帧结构内DP的21比特信息。前导信令数据的细节如下:

[0316] PHY_PROFILE:该3比特字段指示当前帧的PHY简档类型。不同的PHY简档类型的映射在以下的表5中给出。

[0317] 表5

[0318] [表5]

[0319]

值	PHY简档
000	基础简档
001	手持简档
010	高级简档
011~110	保留
111	FEF

[0320] FFT_SIZE: 该2比特字段指示在帧组内当前帧的FFT大小, 如在以下的表6中描述的。

[0321] 表6

[0322] [表6]

[0323]

值	FFT大小
00	8K FFT
01	16K FFT
10	32K FFT
11	保留

[0324] GI_FRACTION: 该3比特字段指示在当前超帧中的保护间隔分数值, 如在以下的表7中描述的。

[0325] 表7

[0326] [表7]

[0327]

值	GI_FRACTION
000	1/5
001	1/10
010	1/20
011	1/40
100	1/80
101	1/160
110~111	保留

[0328] EAC_FLAG: 该1比特字段指示在当前帧中是否提供EAC。如果该字段被设置为“1”, 则在当前帧中提供紧急警告服务 (EAS)。如果该字段被设置为“0”, 在当前帧中没有承载EAS。该字段可以在超帧内动态地切换。

[0329] PILOT_MODE: 该1比特字段指示对于当前帧组中的当前帧导频图案是移动模式还是固定模式。如果该字段被设置为“0”, 则使用移动导频图案。如果该字段被设置为“1”, 则使用固定导频图案。

[0330] PAPR_FLAG: 该1比特字段指示对于当前帧组中的当前帧是否使用PAPR减少。如果

该字段被设置为值“1”，则音保留被用于PAPR 减少。如果该字段被设置为“0”，则不使用PAPR减少。

[0331] FRU_CONFIGURE:该3比特字段指示存在于当前超帧之中的帧重复单元 (FRU) 的PHY 简档类型配置。在当前超帧中的所有前导中,在该字段中识别在当前超帧中传送的所有简档类型。3比特字段对于每个简档具有不同的定义,如以下的表8所示。

[0332] 表8

[0333] [表8]

[0334]

	当前 PHY_PROFILE =‘000’ （基础 ）	当前 PHY_PROFILE =‘001’ （手持 ）	当前 PHY_PROFILE =‘010’ （高级 ）	当前 PHY_PROFILE =‘111’ （FEF）
FRU_CONFIGURE = 000	仅存在基础简档	仅存在手持简档	仅存在高级简档	仅存在 FEF
FRU_CONFIGURE = 1XX	存在手持简档	存在基础简档	存在基础简档	存在基础简档
FRU_CONFIGURE = X1X	存在高级简档	存在高级简档	存在手持简档	存在手持简档
FRU_CONFIGURE = XX1	存在 FEF	存在 FEF	存在 FEF	存在高级简档

[0335] RESERVED:这个7比特字段保留供将来使用。

[0336] 图13图示根据本发明的实施例的PLS1数据。

[0337] PLS1数据提供包括允许PLS2的接收和解码所需的参数的基本传输参数。如以上提及的,PLS1数据对于一个帧组的整个持续时间保持不变。PLS1数据的信令字段的详细定义如下:

[0338] PREAMBLE_DATA:该20比特字段是除去EAC_FLAG的前导信令数据的副本。

[0339] NUM_FRAME_FRU:该2比特字段指示每FRU的帧的数目。

[0340] PAYLOAD_TYPE:该3比特字段指示在帧组中承载的有效载荷数据的格式。PAYLOAD_TYPE如表9所示用信号传送。

[0341] 表9

[0342] [表9]

[0343]

值	有效载荷类型
1XX	发送TS流
X1X	发送IP流

XX1	发送GS流
-----	-------

[0344] NUM_FSS:该2比特字段指示在当前帧中FSS符号的数目。

[0345] SYSTEM_VERSION:该8比特字段指示所发送的信号格式的版本。SYSTEM_VERSION被划分为两个4比特字段,其是主要版本和次要版本。

[0346] 主要版本:SYSTEM_VERSION字段的MSB四比特字节表示主要版本信息。在主要版本字段中的变化表示非后向兼容的变化。缺省值是“0000”。对于在这个标准下描述的版本,该值被设置为“0000”。

[0347] 次要版本:SYSTEM_VERSION字段的LSB四比特字节表示次要版本信息。在次要版本字段中的变化是后向兼容的。

[0348] CELL_ID:这是在ATSC网络中唯一地识别地理小区的16比特字段。取决于每Futurecast UTB系统使用的频率的数目,ATSC小区覆盖区可以由一个或多个频率组成。如果CELL_ID的值不是已知的或者未指定的,则该字段被设置为“0”。

[0349] NETWORK_ID:这是唯一地识别当前的ATSC网络的16比特字段。

[0350] SYSTEM_ID:这个16比特字段唯一地识别在ATSC网络内的 Futurecast UTB系统。Futurecast UTB系统是陆地广播系统,其输入是一个或多个输入流(TS、IP、GS),并且其输出是RF信号。如果有的话,Futurecast UTB系统承载一个或多个PHY简档和FEF。相同的Futurecast UTB系统可以承载不同的输入流,并且在不同的地理区中使用不同的RF频率,允许本地服务插入。帧结构和调度在一个位置中被控制,并且对于在Futurecast UTB系统内的所有传输是相同的。一个或多个Futurecast UTB系统可以具有相同的SYSTEM_ID含义,即,它们所有具有相同的物理层结构和配置。

[0351] 随后的环路由FRU_PHY_PROFILE、FRU_FRAME_LENGTH、FRU_G1_FRACTION和RESERVED组成,其用于表示FRU配置和每个帧类型的长度。环路大小是固定的,使得四个PHY简档(包括FEF) 在FRU内被用信号传送。如果NUM_FRAME_FRU小于4,则未使用的字段用零填充。

[0352] FRU_PHY_PROFILE:这个3比特字段表示相关的FRU的第(i+1) (i是环索引)个帧的PHY简档类型。这个字段使用如表8所示相同的信令格式。

[0353] FRU_FRAME_LENGTH:这个2比特字段表示相关联的FRU的第(i+1)个帧的长度。与FRU_G1_FRACTION一起使用 FRU_FRAME_LENGTH,可以获得帧持续时间的精确值。

[0354] FRU_G1_FRACTION:这个3比特字段表示相关联的FRU的第(i+1)个帧的保护间隔分数值。FRU_G1_FRACTION根据表7被用信号传送。

[0355] RESERVED:这个4比特字段保留供将来使用。

[0356] 以下的字段提供用于解码PLS2数据的参数。

[0357] PLS2_FEC_TYPE:这个2比特字段表示由PLS2保护使用的FEC 类型。FEC类型根据表10被用信号传送。稍后将描述LDPC码的细节。

[0358] 表10

[0359] [表10]

[0360]

内容	PLS2FEC类型
00	4K-1/4和7K-3/10LDPC码

01~11	保留
-------	----

[0361] PLS2_MOD:这个3比特字段表示由PLS2使用的调制类型。调制类型根据表11被用信号传送。

[0362] 表11

[0363] [表11]

[0364]

值	PLS2_MODE
000	BPSK
001	QPSK
010	QAM-16
011	NUQ-64
100~111	保留

[0365] PLS2_SIZE_CELL:这个15比特字段表示 $C_{total_partial_block}$ ，用于在当前帧组中承载的PLS2的全编码块的聚集的大小(指定为QAM信元的数目)。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0366] PLS2_STAT_SIZE_BIT:这个14比特字段以比特表示用于当前帧组的PLS2-STAT的大小。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0367] PLS2_DYN_SIZE_BIT:这个14比特字段以比特表示用于当前帧组的PLS2-DYN的大小。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0368] PLS2_REP_FLAG:这个1比特标记表示是否在当前帧组中使用 PLS2重复模式。当这个字段被设置为值“1”时,PLS2重复模式被激活。当这个字段被设置为值“0”时,PLS2重复模式被禁用。

[0369] PLS2_REP_SIZE_CELL:当使用PLS2重复时,这个15比特字段表示 $C_{total_partial_block}$ ，用于在当前帧组的每个帧中承载的PLS2的部分编码块的聚集的大小(指定为QAM信元的数目)。如果不使用重复,则这个字段的值等于0。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0370] PLS2_NEXT_FEC_TYPE:这个2比特字段表示用于在下一个帧组的每个帧中承载的PLS2的FEC类型。FEC类型根据表10被用信号传送。

[0371] PLS2_NEXT_MOD:这个3比特字段表示用于在下一个帧组的每个帧中承载的PLS2的调制类型。调制类型根据表11被用信号传送。

[0372] PLS2_NEXT_REP_FLAG:这个1比特标记表示是否在下一个帧组中使用PLS2重复模式。当这个字段被设置为值“1”时,PLS2重复模式被激活。当这个字段被设置为值“0”时,PLS2重复模式被禁用。

[0373] PLS2_NEXT_REP_SIZE_CELL:当使用PLS2重复时,这个15比特字段表示 $C_{total_partial_block}$ ，用于在下一个帧组的每个帧中承载的PLS2 的全编码块的聚集的大小(指定为QAM信元的数目)。如果在下一个帧组中不使用重复,则这个字段的值等于0。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0374] PLS2_NEXT_REP_STAT_SIZE_BIT:这个14比特字段以比特表示用于下一个帧组的PLS2-STAT的大小。这个值在当前帧组中是恒定的。

[0375] PLS2_NEXT_REP_DYN_SIZE_BIT:这个14比特字段以比特表示用于下一个帧组的PLS2-DYN的大小。这个值在当前帧组中是恒定的。

[0376] PLS2_AP_MODE:这个2比特字段表示是否在当前帧组中为PLS2 提供附加的奇偶校验。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。以下的表12给出这个字段的值。当这个字段被设置为“00”时,对于在当前帧组中的PLS2不使用另外的奇偶校验。

[0377] 表12

[0378] [表12]

[0379]

值	PLS2-AP模式
00	不提供AP
01	AP1模式
10~11	保留

[0380] PLS2_AP_SIZE_CELL:这个15比特字段表示PLS2的附加的奇偶校验比特的大小(指定为QAM信元的数目)。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0381] PLS2_NEXT_AP_MODE:这个2比特字段表示是否在下一个帧组的每个帧中为PLS2信令提供附加的奇偶校验。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。表12定义这个字段的值。

[0382] PLS2_NEXT_AP_SIZE_CELL:这个15比特字段表示在下一个帧组的每个帧中PLS2的附加的奇偶校验比特的大小(指定为QAM信元的数目)。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0383] RESERVED:这个32比特字段被保留供将来使用。

[0384] CRC_32:32比特错误检测码,其应用于整个PLS1信令。

[0385] 图14图示根据本发明的实施例的PLS2数据。

[0386] 图14图示PLS2数据的PLS2-STAT数据。PLS2-STAT数据在帧组内是相同的,而PLS2-DYN数据提供对于当前帧特定的信息。

[0387] PLS2-STAT数据的字段的细节如下:

[0388] FIC_FLAG:这个1比特字段表示是否在当前帧组中使用FIC。如果这个字段被设置为“1”,则在当前帧中提供FIC。如果这个字段被设置为“0”,则在当前帧中不承载FIC。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0389] AUX_FLAG:这个1比特字段表示是否在当前帧组中使用辅助流。如果这个字段被设置为“1”,则在当前帧中提供辅助流。如果这个字段被设置为“0”,在当前帧中不承载辅助流。这个值在当前帧组的整个持续时间期间是恒定的。

[0390] NUM_DP:这个6比特字段表示在当前帧内承载的DP的数目。这个字段的值从1到64的范围,并且DP的数目是NUM_DP+1。

[0391] DP_ID:这个6比特字段唯一地识别在PHY简档内的DP。

[0392] DP_TYPE:这个3比特字段表示DP的类型。这些根据以下的表 13用信号传送。

[0393] 表13

[0394] [表13]

[0395]

值	DP类型
000	DP类型1
001	DP类型2
010~111	保留

[0396] DP_GROUP_ID: 这个8比特字段识别当前DP与其相关联的DP 组。这可以由接收器使用以访问与特定服务有关的服务组件的DP, 其将具有相同的DP_GROUP_ID。

[0397] BASE_DP_ID: 这个6比特字段表示承载在管理层中使用的服务信令数据 (诸如, PSI/SI) 的DP。由BASE_DP_ID表示的DP可以或者是随同服务数据一起承载服务信令数据的普通DP, 或者仅承载服务信令数据的专用DP。

[0398] DP_FEC_TYPE: 这个2比特字段表示由相关联的DP使用的FEC 类型。FEC类型根据以下的表14被用信号传送。

[0399] 表14

[0400] [表14]

[0401]

值	FEC_TYPE
00	16K LDPC
01	64K LDPC
10~11	保留

[0402] DP_COD: 这个4比特字段表示由相关联的DP使用的码率。码率根据以下的表15被用信号传送。

[0403] 表15

[0404] [表15]

[0405]

值	码率
0000	5/15
0001	6/15
0010	7/15
0011	8/15
0100	9/15
0101~1111	10/15
0110	11/15
0111	12/15
1000	13/15
1001~1111	保留

[0406] DP_MOD: 这个4比特字段表示由相关联的DP使用的调制。调制根据以下的表16被用信号传送。

[0407] 表16

[0408] [表16]

[0409]

值	调制
0000	QPSK
0001	QAM-16
0010	NUQ-64
0011	NUQ-256
0100	NUQ-1024
0101	NUC-16
0110	NUC-64
0111	NUC-256
1000	NUC-1024
1001~1111	保留

[0410] DP_SSD_FLAG:这个1比特字段表示是否在相关联的DP中使用 SSD模式。如果这个字段被设置为值“1”,则使用SSD。如果这个字段被设置为值“0”,则不使用SSD。

[0411] 只有在PHY_PROFILE等于“010”时,其表示高级简档,出现以下的字段:

[0412] DP_MIMO:这个3比特字段表示哪个类型的MIMO编码过程被应用于相关联的DP。MIMO编码过程的类型根据表17用信号传送。

[0413] 表17

[0414] [表17]

[0415]

值	MIMO编码
000	FR-SM
001	FRFD-SM
010~111	保留

[0416] DP_TI_TYPE:这个1比特字段表示时间交织的类型。值“0”表示一个TI组对应于一个帧,并且包含一个或多个TI块。值“1”表示一个TI组承载在一个以上的帧中,并且仅包含一个TI块。

[0417] DP_TI_LENGTH:这个2比特字段(允许值仅是1、2、4、8)的使用通过在DP_TI_TYPE字段内的值集合确定如下:

[0418] 如果DP_TI_TYPE被设置为值“1”,则这个字段表示PI,每个 TI组映射到的帧的数目,并且每个TI组存在一个TI块($N_{TI}=1$)。被允许的具有2比特字段的PI值被在以下的表18中定义。

[0419] 如果DP_TI_TYPE被设置为值“0”,则这个字段表示每个TI组的TI块 N_{TI} 的数目,并且每个帧($P_I=1$)存在一个TI组。具有2比特字段的允许的 P_I 值被在以下的表18中定义。

[0420] 表18

[0421] [表18]

[0422]

2比特字段	P_I	N_{TI}
00	1	1

01	2	2
10	4	3
11	8	4

[0423] DP_FRAME_INTERVAL:这个2比特字段表示在用于相关联的 DP的帧组内的帧间隔(I_{JUMP}),并且允许的值是1、2、4、8(相应的2比特字段分别是“00”、“01”、“10”或者“11”)。对于该帧组的每个帧不会出现的DP,这个字段的值等于在连续的帧之间的间隔。例如,如果DP出现在帧1、5、9、13等上,则这个字段被设置为“4”。对于在每个帧中出现的DP,这个字段被设置为“1”。

[0424] DP_TI_BYPASS:这个1比特字段确定时间交织器5050的可用性。如果对于DP没有使用时间交织,则其被设置为“1”。而如果使用时间交织,则其被设置为“0”。

[0425] DP_FIRST_FRAME_IDX:这个5比特字段表示当前DP存在其中的超帧的第一帧的索引。DP_FIRST_FRAME_IDX的值从0到31的范围。

[0426] DP_NUM_BLOCK_MAX:这个10比特字段表示用于这个DP的 DP_NUM_BLOCKS的最大值。这个字段的值具有与 DP_NUM_BLOCKS相同的范围。

[0427] DP_PAYLOAD_TYPE:这个2比特字段表示由给定的DP承载的有效载荷数据的类型。DP_PAYLOAD_TYPE根据以下的表19被用信号传送。

[0428] 表19

[0429] [表19]

[0430]

值	有效载荷类型
00	TS
01	IP
10	GS
11	保留

[0431] DP_INBAND_MODE:这个2比特字段表示是否当前DP承载带内信令信息。带内信令类型根据以下的表20被用信号传送。

[0432] 表20

[0433] [表20]

[0434]

值	带内模式
00	没有承载带内信令
01	仅承载带内PLS
10	仅承载带内ISSY
11	承载带内PLS和带内ISSY

[0435] DP_PROTOCOL_TYPE:这个2比特字段表示由给定的DP承载的有效载荷的协议类型。当选择输入有效载荷类型时,其根据以下的表 21被用信号传送。

[0436] 表21

[0437] [表21]

[0438]

值	如果 DP_PAYLOAD_TYP E 是 TS	如果 DP_PAYLOAD_TYP E 是 IP	如果 DP_PAYLOAD_TYP E 是 GS
00	MPEG2-TS	IPv4	(注释)
01	保留	IPv6	保留
10	保留	保留	保留
11	保留	保留	保留

[0439] DP_CRC_MODE: 这个2比特字段表示在输入格式化块中是否使用CRC编码。CRC模式根据以下的表22被用信号传送。

[0440] 表22

[0441] [表22]

[0442]

值	CRC模式
00	未使用
01	CRC-8
10	CRC-16
11	CRC-32

[0443] DNP_MODE: 这个2比特字段表示当DP_PAYLOAD_TYPE被设置为TS (“00”) 时由相关联的DP使用的空分组删除模式。DNP_MODE 根据以下的表23被用信号传送。如果DP_PAYLOAD_TYPE不是TS (“00”), 则DNP_MODE被设置为值“00”。

[0444] 表23

[0445] [表23]

[0446]

值	空分组删除模式
00	未使用
01	DNP标准
10	DNP偏移
11	保留

[0447] ISSY_MODE: 这个2比特字段表示当DP_PAYLOAD_TYPE被设置为TS (“00”) 时由相关联的DP使用的ISSY模式。ISSY_MODE 根据以下的表24被用信号传送。如果DP_PAYLOAD_TYPE不是TS (“00”), 则ISSY_MODE被设置为值“00”。

[0448] 表24

[0449] [表24]

[0450]

值	ISSY模式
00	未使用

01	ISSY-UP
10	ISSY-BBF
11	保留

[0451] HC_MODE_TS:这个2比特字段表示当DP_PAYLOAD_TYPE被设置为TS (“00”)时由相关联的DP使用的TS报头压缩模式。HC_MODE_TS根据以下的表25被用信号传送。

[0452] 表25

[0453] [表25]

[0454]

值	报头压缩模式
00	HC_MODE_TS 1
01	HC_MODE_TS 2
10	HC_MODE_TS 3
11	HC_MODE_TS 4

[0455] HC_MODE_IP:这个2比特字段表示当DP_PAYLOAD_TYPE被设置为IP (“01”)时的IP报头压缩模式。HC_MODE_IP根据以下的表26被用信号传送。

[0456] 表26

[0457] [表26]

[0458]

值	报头压缩模式
00	无压缩
01	HC_MODE_IP 1
10~11	保留

[0459] PID:这个13比特字段表示当DP_PAYLOAD_TYPE被设置为TS (“00”),并且HC_MODE_TS被设置为“01”或者“10”时,用于 TS报头压缩的PID编号。

[0460] RESERVED:这个8比特字段保留供将来使用。

[0461] 只有在FIC_FLAG等于“1”时出现以下的字段:

[0462] FIC_VERSION:这个8比特字段表示FIC的版本号。

[0463] FIC_LENGTH_BYTE:这个13比特字段以字节表示FIC的长度。

[0464] RESERVED:这个8比特字段保留供将来使用。

[0465] 只有在AUX_FLAG等于“1”时出现以下的字段:

[0466] NUM_AUX:这个4比特字段表示辅助流的数目。零表示不使用辅助流。

[0467] AUX_CONFIG_RFU:这个8比特字段被保留供将来使用。

[0468] AUX_STREAM_TYPE:这个4比特被保留供将来使用,用于表示当前辅助流的类型。

[0469] AUX_PRIVATE_CONFIG:这个28比特字段被保留供将来用于用信号传送辅助流。

[0470] 图15图示根据本发明的另一个实施例的PLS2数据。

[0471] 图15图示PLS2数据的PLS2-DYN数据。PLS2-DYN数据的值可以在一个帧组的持续时间期间变化,而字段的大小保持恒定。

[0472] PLS2-DYN数据的字段细节如下:

[0473] FRAME_INDEX:这个5比特字段表示在超帧内当前帧的帧索引。该超帧的第一帧的

索引被设置为“0”。

[0474] PLS_CHANGE_COUNTER: 这个4比特字段表示配置将变化的前方超帧的数目。配置中具有变化的下一个超帧由在这个字段内用信号传送的值表示。如果这个字段被设置为值“0000”，则这意味着预知没有调度的变化：例如，值“1”表示在下一个超帧中存在变化。

[0475] FIC_CHANGE_COUNTER: 这个4比特字段表示其中配置(即，FIC的内容)将变化的前方超帧的数目。配置中具有变化的下一个超帧由在这个字段内用信号传送的值表示。如果这个字段被设置为值“0000”，则这意味着预知没有调度的变化：例如，值“0001”表示在下一个超帧中存在变化。

[0476] RESERVED: 这个16比特字段被保留供将来使用。

[0477] 在NUM_DP上的环路中出现以下的字段，其描述与在当前帧中承载的DP相关联的参数。

[0478] DP_ID: 这个6比特字段唯一地表示在PHY简档内的DP。

[0479] DP_START: 这个15比特(或者13比特)字段使用DPU寻址方案表示第一个DP的开始位置。DP_START字段根据如以下的表27所示的PHY简档和FFT大小具有不同长度。

[0480] 表27

[0481] [表27]

PHY 简档	DP_START 字段大小	
	64K	16K
基础	13 比特	15 比特
手持	-	13 比特
高级的	13 比特	15 比特

[0483] DP_NUM_BLOCK: 这个10比特字段表示在用于当前DP的当前的TI组中FEC块的数目。DP_NUM_BLOCK的值从0到1023的范围。

[0484] RESERVED: 这个8比特字段保留供将来使用。

[0485] 以下的字段表示与EAC相关联的FIC参数。

[0486] EAC_FLAG: 这个1比特字段表示在当前帧中EAC的存在。这个比特在前导中是与EAC_FLAG相同的值。

[0487] EAS_WAKE_UP_VERSION_NUM: 这个8比特字段表示唤醒指示的版本号。

[0488] 如果EAC_FLAG字段等于“1”，随后的12比特被分配用于 EAC_LENGTH_BYTE字段。如果EAC_FLAG字段等于“0”，则随后的12比特被分配用于EAC_COUNTER。

[0489] EAC_LENGTH_BYTE: 这个12比特字段以字节表示EAC的长度。

[0490] EAC_COUNTER: 这个12比特字段表示在EAC抵达的帧之前帧的数目。

[0491] 只有在AUX_FLAG字段等于“1”时出现以下的字段：

[0492] AUX_PRIVATE_DYN: 这个48比特字段被保留供将来用于用信号传送辅助流。这个字段的含义取决于在可配置的PLS2-STAT中 AUX_STREAM_TYPE的值。

[0493] CRC_32: 32比特错误检测码，其被应用于整个PLS2。

[0494] 图16图示根据本发明的实施例的帧的逻辑结构。

[0495] 如以上提及的,PLS、EAC、FIC、DP、辅助流和哑信元被映射到在帧中OFDM符号的活动载波。PLS1和PLS2被首先被映射到一个或多个FSS。然后,在PLS字段之后,EAC信元,如果有的话,被直接地映射,接下来是FIC信元,如果有的话。在PLS或者EAC、FIC之后,接下来DP被映射,如果有的话。首先跟随类型1 DP,并且接下来类型2 DP。稍后将描述DP的类型细节。在一些情况下,DP可以承载用于EAS的一些特定的数据或者服务信令数据。如果有的话,辅助流跟随DP,其后跟随哑信元。根据以上提及的顺序,即,PLS、EAC、FIC、DP、辅助流和哑数据信元将它们映射在一起,精确地填充在该帧中的信元容量。

[0496] 图17图示根据本发明的实施例的PLS映射。

[0497] PLS信元被映射到FSS的活动载波。取决于由PLS占据的信元的数目,一个或多个符号被指定为FSS,并且FSS的数目NFSS由在PLS1 中的NUM_FSS用信号传送。FSS是用于承载PLS信元的特殊符号。由于鲁棒性和延迟在PLS中是重要的问题,所以FSS具有允许快速同步的高密度导频和在FSS内的仅频率内插。

[0498] PLS信元如在图17中的示例所示以自顶向下方式被映射到NFSS FSS的活动载波。PLS1PLS1单元被以单元索引的递增顺序首先从第一 FSS的第一单元映射。PLS2单元直接地跟随在PLS1的最后的信元之后,并且继续向下映射,直到第一FSS的最后的信元索引为止。如果需要的PLS信元的总数超过一个FSS的活动载波的数目,则映射进行到下一个FSS,并且以与第一FSS严格相同的方式继续。

[0499] 在PLS映射完成之后,接下来承载DP。如果EAC、FIC或者两者存在于当前帧中,则它们被放置在PLS和“普通”DP之间。

[0500] 图18图示根据本发明的实施例的EAC映射。

[0501] EAC是用于承载EAS消息的专用信道,并且链接到用于EAS的 DP。提供了EAS支持,但是,EAC本身可能或者可以不必存在于每个帧中。如果有的话,EAC紧挨着PLS2单元之后映射。除了PLS信元以外,EAC不在FIC、DP、辅助流或者哑信元的任何一个之前。映射 EAC信元的过程与PLS完全相同。

[0502] EAC信元被以如在图18的示例所示的信元索引的递增顺序从 PLS2的下一个信元映射。取决于EAS消息大小,EAC信元可以占据几个符号,如图18所示。

[0503] EAC信元紧跟在PLS2的最后的信元之后,并且继续向下映射,直到最后的FSS的最后的信元索引为止。如果需要的EAC信元的总数超过最后的FSS的剩余的活动载波的数目,则映射进行到下一个符号,并且以与FSS完全相同的方式继续。在这种情况下,用于映射的下一个符号是普通数据符号,其具有比FSS更加有效的载波。

[0504] 在EAC映射完成之后,如果任何一个存在,则FIC被接下来承载。如果FIC不被发送(如在PLS2字段中用信号传送),则DP紧跟在EAC 的最后信元之后。

[0505] 图19图示根据本发明的实施例的FIC映射

[0506] (a) 示出不具有EAC的FIC信元的示例映射,以及 (b) 示出具有EAC的FIC信元的示例映射。

[0507] FIC是用于承载交叉层信息以允许快速服务获得和信道扫描的专用信道。这个信息主要包括在DP和每个广播器的服务之间的信道捆绑信息。为了快速扫描,接收器可以解码FIC并获得信息,诸如,广播器ID、服务编号,和BASE_DP_ID。为了快速服务获得,除了FIC之外,基础DP可以使用BASE_DP_ID解码。除其承载的内容以外,基础DP被以与普通DP完全相

同的方式编码和映射到帧。因此,对于基础DP不需要另外的描述。FIC数据在管理层中产生和消耗。FIC数据的内容在管理层规范中描述。

[0508] FIC数据是可选的,并且FIC的使用由在PLS2的静态部分中的 FIC_FLAG参数用信号传送。如果使用FIC,则FIC_FLAG被设置为“1”,并且用于FIC的信令字段在PLS2的静态部分中被定义。在这个字段中用信号传送的是FIC_VERSION和FIC_LENGTH_BYTE。FIC使用与PLS2相同的调制、编码和时间交织参数。FIC共享相同的信令参数,诸如PLS2_MOD和PLS2_FEC。如果有的话,FIC数据紧挨着PLS2或者EAC之后被映射。FIC没有被任何普通DP、辅助流或者哑信元引导。映射FIC信元的方法与EAC的完全相同,也与PLS的相同。

[0509] 在PLS之后不具有EAC,FIC信元被以如在(a)中的示例所示的信元索引的递增顺序从PLS2的下一个单元映射。取决于FIC数据大小,FIC信元可以被映射在几个符号上,如(b)所示。

[0510] FIC信元紧跟在PLS2的最后的信元之后,并且继续向下映射,直到最后的FSS的最后的信元索引为止。如果需要的FIC信元的总数超过最后的FSS的剩余的活动载波的数目,则映射进行到下一个符号,并且以与FSS完全相同的方式继续。在这种情况下,用于映射的下一个符号是普通数据符号,其具有比FSS更加活跃的载波。

[0511] 如果EAS消息在当前帧中被发送,则EAC在FIC之前,并且FIC 信元被以如(b)所示的信元索引的递增顺序从EAC的下一个单元映射。

[0512] 在FIC映射完成之后,一个或多个DP被映射,之后是辅助流,如果有的话,以及哑信元。

[0513] 图20图示根据本发明的实施例的DP的类型。

[0514] (a)示出类型1 DP和(b)示出类型2 DP。

[0515] 在先前的信道,即,PLS、EAC和FIC被映射之后,DP的信元被映射。根据映射方法DP被分类为两种类型中的一个:

[0516] 类型1 DP:DP通过TDM映射

[0517] 类型2 DP:DP通过FDM映射

[0518] DP的类型由在PLS2的静态部分中的DP_TYPE字段表示。图20 图示类型1 DP和类型2 DP的映射顺序。类型1 DP被以信元索引的递增顺序首先映射,然后,在达到最后的信元索引之后,符号索引被增加1。在下一个符号内,DP继续以从 $p=0$ 开始的信元索引的递增顺序映射。利用在一个帧中共同地映射的DP的数目,类型1 DP的每个在时间上被分组,类似于DP的TDM复用。

[0519] 类型2 DP被以符号索引的递增顺序首先映射,然后,在达到该帧的最后的OFDM符号之后,信元索引增加1,并且符号索引回溯到第一可用的符号,然后从该符号索引增加。在一个帧中一起映射DP的数目之后,类型2 DP的每个被以频率分组在一起,类似于DP的FDM复用。

[0520] 如果需要的话,类型1 DP和类型2 DP在帧中可以同时存在,有一个限制:类型1 DP始终在类型2 DP之前。承载类型1和类型2 DP 的OFDM信元的总数不能超过可用于DP传输的OFDM信元的总数。

[0521] 数学公式2

[0522] [数学式2]

[0523] $DDP1 + DDP2 \leq DDP$

[0524] 这里DDP1是由类型1 DP占据的OFDM信元的数目,DDP2是由类型2 DP占据的信元的数目。由于PLS、EAC、FIC都以与类型1 DP 相同的方式映射,所以它们全部遵循“类型1映射规则”。因此,总的说来,类型1映射始终在类型2映射之前。

[0525] 图21图示根据本发明的实施例的DP映射。

[0526] (a) 示出寻址用于映射类型1 DP的OFDM信元,并且(b) 示出寻址用于供类型2 DP映射的OFDM信元。

[0527] 用于映射类型1 DP (0, ..., DDP1-1) 的OFDM信元的寻址限定用于类型1 DP的活跃数据信元。寻址方案限定来自用于类型1 DP 的每个的TI的信元被分配给活跃数据信元的顺序。其也用于在PLS2 的动态部分中用信号传送DP的位置。

[0528] 在不具有EAC和FIC的情况下,地址0指的是在最后的FSS中紧跟承载PLS的最后信元的信元。如果EAC被发送,并且FIC没有在相应的帧中,则地址0指的是紧跟承载EAC的最后信元的信元。如果FIC 在相应的帧中被发送,则地址0指的是紧跟承载FIC的最后的信元的信元。用于类型1 DP的地址0可以考虑如(a)所示的两个不同情形计算。在(a)的示例中,PLS、EAC和FIC假设为全部发送。对EAC 和FIC的二者之一或者两者被省略情形的扩展是明确的。如在(a)的左侧所示在映射所有信元直到FIC之后,如果在FSS中存在剩余的信元。

[0529] 用于映射类型2 DP (0, ..., DDP2-1) 的OFDM信元的寻址被限定用于类型2 DP的活跃数据信元。寻址方案限定来自用于类型2 DP 的每个的TI的信元被分配给活跃数据信元的顺序。其也用于在PLS2 的动态部分中用信号传送DP的位置。

[0530] 如(b)所示的三个略微地不同的情形是可允许的。对于在(b) 的左侧上示出的第一情形,在最后的FSS中的信元可用于类型2 DP映射。对于在中间示出的第二情形,FIC占据普通符号的信元,但是,在该符号上FIC信元的数目不大于CFSS。除了在该符号上映射的FIC信元的数目超过CFSS之外,在(b)右侧上示出的第三情形与第二情形相同。

[0531] 对类型1 DP在类型2 DP之前情形的扩展是简单的,因为PLS、EAC和FIC遵循与类型1 DP相同的“类型1映射规则”。

[0532] 数据管道单元(DPU)是用于在帧将数据信元分配给DP的基本单元。

[0533] DPU被定义为用于将DP定位于帧中的信令单元。信元映射器 7010可以映射对于各个DP通过TI产生的信元。时间交织器5050输出一系列的TI块并且各个TI块包括继而由一组信元组成的可变数目的 XFECBLOCK。XFECBLOCK中的信元的数目 N_{cells} 取决于FECBLOCK 大小 N_{ldpc} 和每个星座符号的被发送的比特的数目。DPU被定义为在给定的PHY简档中支持的在XFECBLOCK中的信元的数目 N_{cells} 的所有可能的值中的最大的余数。以信元计的DPU的长度被定义为 L_{DPU} 。因为各个PHY简档支持FECBLOCK大小和每个星座符号的最大不同数目的比特的组合,所以基于PHY简档定义 L_{DPU} 。

[0534] 图22图示根据本发明的实施例的FEC结构。

[0535] 图22图示在比特交织之前根据本发明的实施例的FEC结构。如以上提及的,数据FEC编码器可以使用外编码(BCH)和内编码(LDPC) 对输入的BBF执行FEC编码,以产生FECBLOCK过程。图示的FEC 结构对应于FECBLOCK。此外,FECBLOCK和FEC结构具有对应于LDPC码字长度的相同的值。

[0536] BCH编码应用于每个BBF (K_{bch} 比特),然后LDPC编码应用于BCH编码的BBF (K_{ldpc} 比特)

= N_{bch} 比特), 如在图22中图示的。

[0537] N_{ldpc} 的值或者是64800比特(长FECBLOCK)或者16200比特(短 FECBLOCK)。

[0538] 以下的表28和表29分别示出用于长FECBLOCK和短FECBLOCK 的FEC编码参数。

[0539] 表28

[0540] [表28]

[0541]

LDPC 速率	N_{ldpc}	K_{ldpc}	K_{bch}	BCH 纠错能力	$N_{bch}-K_{bch}$
5/15	64800	21600	21408	12	192
6/15		25920	25728		
7/15		30240	30048		
8/15		34560	34368		
9/15		38880	38688		
10/15		43200	43008		
11/15		47520	47328		
12/15		51840	51648		
13/15		56160	55968		

[0542] 表29

[0543] [表29]

[0544]

LDPC 速率	N_{ldpc}	K_{ldpc}	K_{bch}	BCH 纠错能力	$N_{bch}-K_{bch}$
5/15	16200	5400	5232	12	168
6/15		6480	6312		
7/15		7560	7392		
8/15		8640	8472		
9/15		9720	9552		
10/15		10800	10632		
11/15		11880	11712		
12/15		12960	12792		
13/15		14040	13872		

[0545] BCH编码和LDPC编码的操作细节如下:

[0546] 12-纠错BCH码用于BBF的外编码。用于短FECBLOCK和长 FECBLOCK的BCH生成多项式通过所有多项式相乘在一起获得。

[0547] LDPC码用于编码外BCH编码的输出。为了产生完整的 B_{ldpc} (FECBLOCK), P_{ldpc} (奇偶

校验比特) 从每个 I_{ldpc} (BCH编码的BBF) 被系统编码, 并且附加到 I_{ldpc} 。完整的 B_{ldpc} (FECBLOCK) 表示为如下的数学公式。

[0548] 数学公式3

[0549] [数学式3]

$$[0550] \quad B_{ldpc} = [I_{ldpc} \quad P_{ldpc}] = [i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}]$$

[0551] 用于长FECBLOCK和短FECBLOCK的参数分别在以上的表28 和29中给出。

[0552] 计算用于长FECBLOCK的 $N_{ldpc}-K_{ldpc}$ 奇偶校验比特的详细过程如下:

[0553] 1) 初始化奇偶校验比特,

[0554] 数学公式4

[0555] [数学式4]

$$[0556] \quad p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1} = 0$$

[0557] 2) 在奇偶校验矩阵的地址的第一行中指定的奇偶校验比特地址处累加第一信息比特 i_0 。稍后将描述奇偶校验矩阵的地址的细节。例如, 对于速率13/15:

[0558] 数学公式5

[0559] [数学式5]

$$[0560] \quad p_{983} = p_{983} \oplus i_0 \quad p_{2815} = p_{2815} \oplus i_0$$

$$[0561] \quad p_{4837} = p_{4837} \oplus i_0 \quad p_{4989} = p_{4989} \oplus i_0$$

$$[0562] \quad p_{6138} = p_{6138} \oplus i_0 \quad p_{6458} = p_{6458} \oplus i_0$$

$$[0563] \quad p_{6921} = p_{6921} \oplus i_0 \quad p_{6974} = p_{6974} \oplus i_0$$

$$[0564] \quad p_{7572} = p_{7572} \oplus i_0 \quad p_{8260} = p_{8260} \oplus i_0$$

$$[0565] \quad p_{8496} = p_{8496} \oplus i_0$$

[0566] 3) 对于接下来的359个信息比特, $i_s, s=1, 2, \dots, 359$, 使用以下的数学公式在奇偶校验位地址处累加 i_s 。

[0567] 数学公式6

[0568] [数学式6]

$$[0569] \quad \{x + (S \bmod 360) \times Q_{ldpc}\} \bmod (N_{ldpc} - K_{ldpc})$$

[0570] 这里 x 表示对应于第一比特 i_0 的奇偶校验比特累加器的地址, 并且 Q_{ldpc} 是在奇偶校验矩阵的地址中指定的码率相关的常数。继续该示例, 对于速率13/15, $Q_{ldpc}=24$, 因此, 对于信息比特 i_1 , 执行以下的操作:

[0571] 数学公式7

[0572] [数学式7]

$$[0573] \quad p_{1007} = p_{1007} \oplus i_1 \quad p_{2839} = p_{2839} \oplus i_1$$

$$[0574] \quad p_{4861} = p_{4861} \oplus i_1 \quad p_{5013} = p_{5013} \oplus i_1$$

$$[0575] \quad p_{6162} = p_{6162} \oplus i_1 \quad p_{6482} = p_{6482} \oplus i_1$$

$$[0576] \quad p_{6945} = p_{6945} \oplus i_1 \quad p_{6998} = p_{6998} \oplus i_1$$

$$[0577] \quad p_{7596} = p_{7596} \oplus i_1 \quad p_{8284} = p_{8284} \oplus i_1$$

$$[0578] \quad p_{8520} = p_{8520} \oplus i_1$$

[0579] 4) 对于第361个信息比特 i_{360} ,在奇偶校验矩阵的地址的第二行中给出奇偶校验比特累加器的地址。以类似的方式,使用表达式6获得用于以下的359信息比特 i_s 的奇偶校验比特累加器的地址, $s=361, 362, \dots, 719$,这里 x 表示对应于信息比特 i_{360} 的奇偶校验比特累加器的地址,即,在奇偶校验矩阵的地址的第二行中的条目。

[0580] 5) 以类似的方式,对于360个新的信息比特的每个组,从奇偶校验矩阵的地址的新行用于找到奇偶校验比特累加器的地址。

[0581] 在所有信息比特用尽之后,最后的奇偶校验比特如下获得:

[0582] 6) 以 $i=1$ 开始顺序地执行以下的操作。

[0583] 数学公式8

[0584] [数学式8]

$$[0585] \quad p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N_{ldpc} - K_{ldpc} - 1$$

[0586] 这里 p_i 的最后的的内容, $i=0, 1, \dots, N_{ldpc}-K_{ldpc}-1$,等于奇偶校验比特 p_i 。

[0587] 表30

[0588] [表30]

[0589]

码率	Q_{ldpc}
5/15	120
6/15	108
7/15	96
8/15	84
9/15	72
10/15	60
11/15	48
12/15	36
13/15	24

[0590] 除了以表31替换表30,并且以用于短FECBLOCK的奇偶校验矩阵的地址替换用于长FECBLOCK的奇偶校验矩阵的地址之外,用于短 FECBLOCK的这个LDPC编码过程是根据用于长FECBLOCK的LDPC 编码过程。

[0591] 表31

[0592] [表31]

[0593]

码率	Q_{ldpc}
5/15	30
6/15	27

7/15	24
8/15	21
9/15	18
10/15	15
11/15	12
12/15	9
13/15	6

[0594] 图23图示根据本发明的实施例的比特交织。

[0595] LDPC编码器的输出被比特交织,其由奇偶交织、之后的准循环块(QCB)交织和组内交织组成。

[0596] (a)示出准循环块(QCB)交织,并且(b)示出组内交织。

[0597] FECBLOCK可以被奇偶交织。在奇偶交织的输出处,LDPC码字由在长FECBLOCK中180个相邻的QC块和在短FECBLOCK中45个相邻的QC块组成。在长或者短FECBLOCK中的每个QC块由360比特组成。奇偶交织的LDPC码字通过QCB交织来交织。QCB交织的单位是QC块。在奇偶交织的输出处的QC块通过如在图23中图示的QCB 交织重排列,这里根据FECBLOCK长度, $N_{\text{cells}} = 64800/\eta_{\text{mod}}$ 或者 $16200/\eta_{\text{mod}}$ 。QCB交织图案是对调制类型和LDPC码率的每个组合唯一的。

[0598] 在QCB交织之后,组内交织根据调制类型和阶(η_{mod})执行,其在以下的表32中限定。也限定用于一个组内的QC块的数目 $N_{\text{QCB_IG}}$ 。

[0599] 表32

[0600] [表32]

[0601]

调制类型	η_{mod}	$N_{\text{QCB_LG}}$
QAM-16	4	2
NUC-16	4	4
NUQ-64	6	3
NUC-64	6	6
NUQ-256	8	4
NUC-256	8	8
NUQ-1024	10	5
NUC-1024	10	10

[0602] 组内交织过程以QCB交织输出的 $N_{\text{QCB_IG}}$ QC块执行。组内交织具有使用360列和 $N_{\text{QCB_IG}}$ 行写入和读取组内的比特的过程。在写入操作中,来自QCB交织输出的比特是行式写入。读取操作是列式执行的,以从每个行读出m比特,这里对于NUC,m等于1,并且对于NUQ, m等于2。

[0603] 图24图示根据本发明的实施例的信元字解复用。

[0604] 图24(a)示出对于8和12bpcu MIMO的信元字解复用,和(b) 示出对于10bpcu MIMO的信元字解复用。

[0605] 比特交织输出的每个信元字($c_{0,1}, c_{1,1}, \dots, c_{\eta_{\text{mod}} \bmod -1, 1}$)被解复用为如(a)所

示的 $(d1,0,m,d1,1,m,\dots,d1,n_{\text{mod}} \bmod -1,m)$ 和 $(d2,0,m,d2,1,m,\dots,d2,n_{\text{mod}} \bmod -1,m)$, 其描述用于一个 XFECBLOCK 的信元字解复用过程。

[0606] 对于使用不同类型的 NUQ 用于 MIMO 编码的 10 个 bpcu MIMO 情形, 用于 NUQ-1024 的比特交织器被重新使用。比特交织器输出的每个信元字 $(c0,1,c1,1,\dots,c9,1)$ 被解复用为 $(d1,0,m,d1,1,m,\dots,d1,3,m)$ 和 $(d2,0,m,d2,1,m,\dots,d2,3,m)$, 如 (b) 所示。

[0607] 图 25 图示根据本发明的实施例的时间交织。

[0608] (a) 至 (c) 示出 TI 模式的示例。

[0609] 时间交织器在 DP 级别操作。时间交织 (TI) 的参数可以对于每个 DP 不同地设置。

[0610] 在 PLS2-STAT 数据的部分中出现的以下参数配置 TI:

[0611] DP_TI_TYPE (允许的值: 0 或者 1): 表示 TI 模式; “0” 表示每个 TI 组具有多个 TI 块 (一个以上的 TI 块) 的模式。在这种情况下, 一个 TI 组被直接映射到一个帧 (无帧间交织)。“1” 表示每个 TI 组仅具有一个 TI 模块的模式。在这种情况下, TI 块可以在一个以上的帧上扩展 (帧间交织)。

[0612] DP_TI_LENGTH: 如果 DP_TI_TYPE = “0”, 则这个参数是每个 TI 组的 TI 块的数目 NTI。对于 DP_TI_TYPE = “1”, 这个参数是从一个 TI 组扩展的帧 PI 的数目。

[0613] DP_NUM_BLOCK_MAX (允许的值: 0 至 1023): 表示每个 TI 组 XFECBLOCK 的最大数。

[0614] DP_FRAME_INTERVAL (允许的值: 1、2、4、8): 表示在承载给定的 PHY 简档的相同的 DP 的两个连续的帧之间的帧 IJUMP 的数目。

[0615] DP_TI_BYPASS (允许的值: 0 或者 1): 如果对于 DP 没有使用时间交织, 则这个参数被设置为 “1”。如果使用时间交织, 则其被设置为 “0”。

[0616] 另外, 来自 PLS2-DYN 数据的参数 DP_NUM_BLOCK 用于表示由 DP 的一个 TI 组承载的 XFECBLOCK 的数目。

[0617] 当对于 DP 没有使用时间交织时, 不考虑随后的 TI 组、时间交织操作, 和 TI 模式。但是, 将仍然需要来自调度器用于动态配置信息的延迟补偿块。在每个 DP 中, 从 SSD/MIMO 编码接收的 XFECBLOCK 被分组为 TI 组。即, 每个 TI 组是整数个 XFECBLOCK 的集合, 并且将包含动态可变数目的 XFECBLOCK。在索引 n 的 TI 组中的 XFECBLOCK 的数目由 $N_{\text{xBlock_Group}}(n)$ 表示, 并且在 PLS2-DYN 数据中作为 DP_NUM_BLOCK 用信号传送。注意到 $N_{\text{xBlock_Group}}(n)$ 可以从最小值 0 到其最大的值是 1023 的最大值 $N_{\text{xBlock_Group_MAX}}$ (对应于 DP_NUM_BLOCK_MAX) 变化。

[0618] 每个 TI 组或者直接映射到一个帧上或者在 P_I 个帧上扩展。每个 TI 组也被划分为一个以上的 TI 模块 (N_{TI}), 这里每个 TI 块对应于时间交织器存储器的一个使用。在 TI 组内的 TI 块可以包含略微不同数目的 XFECBLOCK。如果 TI 组被划分为多个 TI 块, 则其被直接映射到仅一个帧。如以下的表 33 所示, 存在对于时间交织的三个选项 (除了跳过时间交织的额外的选项之外)。

[0619] 表 33

[0620] [表 33]

模式	描述
选项-1	每个 TI 组包含一个 TI 块，并且直接映射到如 (a) 所示的一个帧。 这个选项通过 DP_TI_TYPE = “0” 和 DP_TI_LENGTH = “1” (NTI = 1) 以 PLS2-STAT 用信号传送。
选项-2	每个 TI 组包含一个 TI 块，并且被映射到超过一个帧。(b) 示出一个示例，其中一个 TI 组被映射到两个帧，即，DP_TI_LENGTH = “2” (PI = 2)，和 DP_FRAME_INTERVAL (IJUMP = 2)。这对低的数据速率服务提供更大的时间分集。这个选项通过 DP_TI_TYPE = “1” 在 PLS2-STAT 中用信号传送。
选项-3	每个 TI 组被划分为多个 TI 块，并且直接映射到如 (c) 所示的一个帧。每个 TI 块可以使用全 TI 存储器，以便对于 DP 提供最大比特速率。这个选项通过 DP_TI_TYPE = “0” 和 DP_TI_LENGTH = NTI，同时 PI= 1，在 PLS2-STAT 信令中用信号传送。

[0622] 在每个 DP 中，TI 存储器存储输入的 XFECBLOCK (来自 SSD/MIMO 编码块的输出的 XFECBLOCK)。假设输入 XFECBLOCK 被限定为：

$$[0623] \quad (d_{n,s,0,0}, d_{n,s,0,1}, \dots, d_{n,s,0,N_{\text{cells}}-1}, d_{n,s,1,0}, \dots, d_{n,s,1,N_{\text{cells}}-1}, \dots, d_{n,s,N_{\text{BLOCK_TI}}(n,s)-1,0}, \dots, d_{n,s,N_{\text{BLOCK_TI}}(n,s)-1,N_{\text{cells}}-1})$$

[0624] 这里 $d_{n,s,r,q}$ 是在第 n 个 TI 组的第 s 个 TI 块中的第 r 个 XFECBLOCK 的第 q 个信元，并且表示 SSD 和 MIMO 编码的输出如下：

$$[0625] \quad d_{n,s,r,q} = \begin{cases} f_{n,s,r,q} & , \text{ SSD 编码的输出} \\ g_{n,s,r,q} & , \text{ MIMO 编码的输出} \end{cases}$$

[0626] 此外，假设来自时间交织器的输出的 XFECBLOCK 被限定为：

$$[0627] \quad (h_{n,s,0}, h_{n,s,1}, \dots, h_{n,s,i}, \dots, h_{n,s,N_{\text{BLOCK_TI}}(n,s) \times N_{\text{cells}}-1})$$

[0628] 这里 $h_{n,s,i}$ 是在第 n 个 TI 组的第 s 个 TI 块中的第 i 个输出单元 (对于 $i = 0, \dots, N_{\text{BLOCK_TI}}(n,s) \times N_{\text{cells}} - 1$)。

[0629] 典型地，时间交织器也将起在帧建立过程之前用于 DP 数据的缓存器的作用。这是通过用于每个 DP 的两个存储库实现的。第一 TI 块被写入第一存储库。第二 TI 块被写入第二存储库，同时第一存储库正在被读取等。

[0630] TI 是扭曲的两列块交织器。对于第 n 个 TI 组的第 s 个 TI 块，TI 存储器的行数 N_r 等于信元的数目 N_{cells} ，即， $N_r = N_{\text{cells}}$ ，同时列数 N_c 等于数目 $N_{\text{BLOCK_TI}}(n,s)$ 。

[0631] 图 26 图示根据本发明的实施例的被扭曲的行-列块交织器的基本操作。

[0632] 图 26 (a) 示出在时间交织器中的写入操作，并且图 26 (b) 示出时间交织器中的读取操作。第一 XFECBLOCK 以列方式写入到 TI 存储器的第一列，并且第二 XFECBLOCK 被写入到下

一系列等等,如在(a)中所示。然而,在交织阵列中,信元以对角线方式被读出。在从第一行(沿着以最左边的列开始的行向右)到最后一行的对角线方式的读取期间,信元被读出,如在(b)中所示。详细地,假定 $z_{n,s,i}$ ($i=0, \dots, N_r N_c$) 作为要被顺序地读取的TI存储器单元位置,通过计算如下的表达式的行索引 $R_{n,s,i}$ 、列索引 $C_{n,s,i}$ 以及被关联的扭曲参数 $T_{n,s,i}$ 执行以这样的校正阵列的读取过程。

[0633] 数学公式9

[0634] [数学式9]

$$GENERATE(R_{n,s,i}, C_{n,s,i}) =$$

{

$$R_{n,s,i} = \text{mod}(i, N_r),$$

[0635] $T_{n,s,i} = \text{mod}(S_{\text{shift}} \times R_{n,s,i}, N_c),$

$$C_{n,s,i} = \text{mod}(T_{n,s,i} + \left\lfloor \frac{i}{N_r} \right\rfloor, N_c)$$

}

[0636] 其中 S_{shift} 是用于对角线方式读取过程的公共移位值,不论 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(n,s)$ 如何,并且如以下表达式,通过在PLS2-STAT中给出的 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(n,s)$ 来确定。

[0637] 数学公式10

[0638] [数学式10]

[0639] 对于
$$\begin{cases} N'_{\text{xBLOCK_TI_MAX}} = N_{\text{xBLOCK_TI_MAX}} + 1, & \text{如果 } N_{\text{xBLOCK_TI_MAX}} \bmod 2 = 0 \\ N'_{\text{xBLOCK_TI_MAX}} = N_{\text{xBLOCK_TI_MAX}}, & \text{如果 } N_{\text{xBLOCK_TI_MAX}} \bmod 2 = 1 \end{cases}$$

[0640]
$$S_{\text{shift}} = \frac{N'_{\text{xBLOCK_TI_MAX}} - 1}{2}$$

[0641] 结果,通过作为 $z_{n,s,i} = N_r C_{n,s,i} + R_{n,s,i}$ 的坐标计算要被读出的信元位置。

[0642] 图27图示根据本发明的另一实施例的被扭曲的行-列块交织器的操作。

[0643] 更加具体地,图27图示用于各个TI组的TI存储器的交织阵列,包括当 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(0,0) = 3$ 、 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(1,0) = 6$ 、 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(2,0) = 5$ 时的虚拟 XFECBLOCK。

[0644] 可变数目 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(n,s) = N_r$ 将会小于或者等于 $N'_{\text{xBLOCK_TI_MAX}}$ 。因此,为了实现在接收器侧处的单个存储器解交织,不论 $N_{\text{xBLOCK_TI}}(n,s)$ 如何,通过将虚拟XFECBLOCK插入到TI存储器用于在被扭曲的行-列块交织器中使用的交织阵列被设置为 $N_r \times N_c = N_{\text{cells}} \times N'_{\text{xBLOCK_TI_MAX}}$ 的大小,并且如下面的表达式完成读取过程。

[0645] 数学公式11

[0646] [数学式11]

```

    p = 0;
    for i = 0; i < Ncells NxBLOCK_TI_MAX; i = i + 1
    {GENERATE(Rn,s,i, Cn,s,i);
     Vi = Nr Cn,s,j + Rn,s,j
[0647]   if Vi < Ncells NxBLOCK_TI(n,s)
        {
            Zn,s,p = Vi; p = p + 1;
        }
    }

```

[0648] TI组的数目被设置为3。通过DP_TI_TYPE = ‘0’、DP_FRAME_INTERVAL = ‘1’,以及DP_TI_LENGTH = ‘1’,即,N_{TI} = 1、I_{JUMP} = 1、以及P_I = 1,在PLS2-STAT数据中用信号传送时间交织器的选项。每个TI组的其每一个具有N_{cells} = 30的XFECBLOCK的数目分别通过N_{xBLOCK_TI}(0,0) = 3、N_{xBLOCK_TI}(1,0) = 6、N_{xBLOCK_TI}(2,0) = 5在PLS2-DYN数据中用信号传送。通过N_{xBLOCK_Group_MAX},在 PLS-STAT数据中用信号传送XFECBLOCK的最大数目,这导致 $\lfloor N_{xBLOCK_Group_MAX} / N_{TI} \rfloor = N_{xBLOCK_TI_MAX} = 6$ 。

[0649] 图28图示根据本发明的实施例的被扭曲的行-列块的对角线方式的读取图案。

[0650] 更加具体地,图28示出来自于具有N_{xBLOCK_TI_MAX} = 7并且S_{shift} = (7-1) / 2 = 3的参数的各个交织阵列的对角线方式的读取图案。注意,在如上面的伪代码示出的读取过程中,如果V_i ≥ N_{cells} N_{xBLOCK_TI}(n,s),则V_i的值被跳过并且使用下一个计算的V_i的值。

[0651] 图29图示根据本发明的实施例的用于各个交织阵列的被交织的 XFECBLOCK。

[0652] 图29图示来自于具有N_{xBLOCK_TI_MAX} = 7并且S_{shift} = 3的参数的各个交织阵列的被交织的XFECBLOCK。

[0653] 图30示出QC-IRA (准循环不规则重复积累) LDPC码的奇偶校验矩阵。

[0654] 上述LDPC编码器可以使用奇偶校验矩阵对LDPC编码块的奇偶校验进行编码。

[0655] 根据本发明的奇偶校验矩阵是QC-IRA LDPC码的奇偶校验矩阵并且可以具有被称为H矩阵的准循环矩阵的形式并且可以被表示为 H_{qc}。

[0656] (a) 示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵。如在图 (a) 中所示,奇偶校验矩阵是具有Q_x (K+M) 的水平大小和Q_xM的垂直大小的矩阵,并且可以包括信息部和奇偶部。信息部可以包括具有Q_xK 的水平大小和Q_xM的垂直大小的矩阵并且奇偶部可以包括具有Q_xM 的水平大小和Q_xM的垂直大小的矩阵。在这样的情况下,LDPC码率对应于K / (K+M)。

[0657] 根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵可以包括随机分布的1和0 并且1可以被称为“边缘”。在奇偶校验矩阵中的1的位置,即,每个具有Q的水平大小和Q的垂直大小的子矩阵各个边缘的位置可以以循环移位的单位矩阵的形式表示。即,子矩阵能够被表示为仅包括1 和0的Q_xQ循环移位的单位矩阵。具体地,根据本发明的实施例的子矩阵被表示为根据循环移位的数目具有不同的1的位置的包括I₀、I₁、I₂、~I₁……的单位矩阵。根据本发明的实施例的子载波的数目可以是 (K+M) x M。

[0658] (b) 示出根据本发明的实施例的标识子矩阵的循环移位的单位矩阵。

[0659] I_x 的脚标 x 指示左循环移位的单位矩阵的列的循环移位的数目。即, I_1 表示其中列被向左循环移位一次的单位矩阵并且 I_2 表示其中列被向左循环移位两次的单位矩阵。 I_Q , 是与列的总数目相对应的单位矩阵循环移位的 Q 次数, 由于其循环特性, Q , 可以与 I_0 相同的矩阵。

[0660] I_{0+2} 表示与两个循环移位的单位矩阵的组合相对应的子矩阵。在这样的情况下, 子矩阵对应于单位矩阵 I_0 和循环移位两次的单位矩阵的组合。

[0661] $\sim I_1$ 表示其中相对应的子矩阵的最后列的边缘, 即, 1 已经被去除同时对应于子矩阵 I_1 的被循环移位的单位矩阵。

[0662] QC-IRA LDPC 码的奇偶部可以仅包括子矩阵 I_0 和 $\sim I_1$ 并且子矩阵 I_0 的位置可以被固定。如在 (a) 中所示, 子矩阵 I_0 可以被分布在奇偶部中的对角线方向中。

[0663] 奇偶校验矩阵的边缘表示相对应的行 (校验和节点) 和相对应的列 (可变节点) 被物理地连接。在这样的情况下, 被包括在各个列 (可变节点) 中的 1 的数目可以被称为度, 并且列可以具有相同度或者不同的度。因此, 单位矩阵 I_x 的数目、位置以及值 x 表示根据子矩阵分组的边缘, 在确定 QC-IRA LDPC 编码性能中是重要的因素, 并且唯一的值可以根据码率而被确定。

[0664] (c) 示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的基本矩阵。基本矩阵仅表示作为特定数目的单位矩阵 I_x 的数目和位置, 忽略 I_x 的值 x 。如在 (c) 中所示, 基本矩阵可以具有 $K+M$ 的水平大小和 M 的垂直大小, 并且可以被表示为 H_{base} 。当 I_x 不是与子矩阵的组合相对应的矩阵时, 相对应的子矩阵的位置可以被表示为 I 。当子矩阵被表示为 I_{0+2} 时, 此子矩阵是与两个循环移位的单位矩阵的组合相对应的矩阵, 并且因此子矩阵需要区分于被表示为一个循环移位的单位矩阵的子矩阵。在这样的情况下, 子矩阵的位置可以被表示为 2, 其是组合的循环移位的单位矩阵的数目。以相同的方式, 与 N 个循环移位的单位矩阵的组合相对应的子矩阵的位置能够被表示为 N 。

[0665] 图 31 示出根据本发明的实施例的对 QC-IRA LDPC 编码的过程。

[0666] QC-IRA LDPC 码可以根据子矩阵进行编码, 被区分于传统的顺序编码, 以较少处理复杂性。

[0667] (a) 以 QC 形式示出 QC-IRA 奇偶校验矩阵的排列。当以 QC 形式排列时 QC-IRA 奇偶校验矩阵可以被划分成 6 个区域 A、B、C、D、E 以及 T。当 $Q \times K$ 信息向量 s 、具有 Q 的长度的奇偶向量 p_1 和具有 $Q \times (M-1)$ 的长度的奇偶向量 p_2 被使用时, 码字 x 能够被表示为 $x = \{s, p_1, p_2\}$ 。

[0668] 当理查森 (Richardson) 的有效编码等式被使用时, 通过从以 QC 形式排列的奇偶校验矩阵直接地获取 p_1 和 p_2 能够获得码字 x 。理查森的有效编码等式如下。

[0669] 数学公式 12

[0670] [数学公式 12]

$$[0671] \quad \Phi = -ET^{-1}B + D$$

$$[0672] \quad \rho_1^T = -\Phi^{-1}(-ET^{-1}A + C)s^T$$

$$[0673] \quad \rho_2^T = -T^{-1}(As^T + B\rho_1^T)$$

[0674] (b) 示出根据有效编码等式导出的矩阵。

[0675] 如在 (b) 中所示, 能够被表示为左下三角形 (子) 矩阵。根据上面描述的等式通过计

算s和p1能够获得奇偶向量p2。当根据理查森的有效编码等式对QC-IRA奇偶校验矩阵进行编码时,根据 $Q \times Q$ 子矩阵的特性能够同时并行地处理至少Q个奇偶节点。

[0676] 图32至图35图示根据本发明的实施例的顺序地编码QC-IRA LDPC码的过程。此顺序的编码可以对应于在上面提及的LDPC编码。

[0677] 图32图示根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵转置过程。

[0678] (a) 示出以QC形式排列的QC-IRA LDPC奇偶校验矩阵H1。如在(a)中所示,矩阵H1的奇偶部可以包括以台阶形式分布的子矩阵,其对应于上述QC-IRA LDPC奇偶校验矩阵。为了容易地执行顺序的编码,矩阵H1的行和列被移动使得根据本发明的实施例矩阵H1被修改成矩阵H2。

[0679] (b) 示出被修改的矩阵H2。如在(b)中所示,矩阵H2的奇偶部可以包括双对角线矩阵。在这样的情况下,被应用的行和列转置数学公式如下。

[0680] 数学公式13

[0681] [数学公式13]

[0682] $r_y = (r_x \bmod Q)M + \lfloor r_x / Q \rfloor$ 其中, $r_x = 0, 1, 2, \dots, QM-1$

[0683] $c_y = \{((c_x - QK) \bmod Q)M + \lfloor (c_x - QK) / Q \rfloor + QK\}$ 其中 $c_x = QK, QK+1, \dots, Q(K+M)-1$

[0684] 根据上述转置等式,矩阵H1的第 r_x 行能够被移动到矩阵H2的第 r_y 行并且矩阵H1的第 c_x 列能够被移动到矩阵H2的第 c_y 列。在这样的情况下,列转置仅能够被应用于奇偶处理时段($QK \leq c_x \leq Q(K+M)-1$)并且即使转置被应用能够保持LDPC码特性。

[0685] 图33、图34以及图35图示根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。这三个附图,图33、图34以及图35是示出奇偶校验矩阵的地址的一个表的部分,但是由于空间的缺乏附图被划分成三个图。

[0686] 在图32中示出的表表示具有64800的码字长度和10/15码率的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0687] 在(a)的表中,i指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。根据本发明的实施例的子矩阵是具有64800的码字长度的 360×360 矩阵,并且因此块的数目能够通过将64800除以360获得的180。每个块能够从0顺序地指示。因此,i能够具有在0至180 的范围的值。而且,i能够指示与各个块中的第一列相对应的信息位。

[0688] (b) 示出在每个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0689] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。下面的数学式14被用于导出 $H(r, c)$ 。

[0690] 数学式14

[0691] [数学式14]

[0692]
$$\begin{aligned} r &= \lfloor x(i, j) / Q \rfloor \times Q + (x(i, j) + m) \bmod Q \\ c &= i \times Q + m \end{aligned} \quad , \quad H(r, c) = \begin{cases} 0, & \text{如果 } r=0 \text{ 并且 } c=16199 \\ 1, & \text{否则} \end{cases}$$

[0693] $\lfloor x \rfloor$, 小于或者等于x的最大整数

[0694] $j=0 \dots \dots, x(i)$ 的长度

[0695] $m=0 \dots \dots Q-1$

[0696] $Q=360$

[0697] 在数学式中, $X(i, j)$ 表示表中的第 i 行的第 j 值。具体地, $x(0, 0) = 3454$, $x(0, 1) = 3981$ 并且 $x(1, 0) = 399$, 其对应于具有与矩阵 H 的第 i 行相对应的 1 的位置 (或者 1 的地址)。在这样的情况下, r 的矩阵值能够分别是 21599 和 64799。

[0698] LDPC 码的性能可以取决于奇偶校验矩阵的节点的度的分布、根据 1 的位置或者奇偶校验矩阵的度的周长 (girth)、循环特性、在校验结点和可变节点之间的连接等等。示出的矩阵 H 优化在 64800 的码字、 $Q=360$ 并且码率 $=10/15$ 的情况下的节点度分布, 并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的 1 或者边缘的位置。

[0699] 根据该表配置的矩阵 H 具有上述 QC-IRA LDPC 结构。使用由等式导出的 $H(r, c)$ 能够获得 H_{qc} 并且从 H_{qc} 能够导出基本矩阵 H_{base} 。

[0700] 另外, 根据本发明的实施例的矩阵 H 可以包括以不同形式的矩阵 H , 其具有与在图 4 中示出的表的 $x(i)$ 的长度 (或者相对应的可变节点的度) 相同的度分布。此外, 当发射器使用相对应的矩阵 H 执行编码时, 用于 QC-IRA LDPC 的上述有效的编码能够被采用。

[0701] 因此, 发射器侧能够实现具有高编码性能、低复杂性和高吞吐量的编码器并且接收器侧能够使用 Q 执行高达 360 级的并行解码并且使用被提出的矩阵 H 有效地设计具有高吞吐量的接收器。

[0702] 下面的表示出度分布。

[0703] 表 34

[0704] [表 34]

	可变节点度	14	9	3	2
[0705]	(变量节点的 #) / Q	24	6	90	60

[0706] 当 i 从 0 到 23 时, 在第 0 个块到第 23 个块中的 1 的数目都是 14。因此, 当可变节点度是 14 时, 具有相同度的块的数目被表示为 24。当 i 对应于 120 至 179 时, 在第 120 个块到第 179 块中的 1 的数目是 2。因此, 当可变节点度是 2 时, 具有相同度的块的数目是 60。如上所述, 因为矩阵 H 的奇偶部分仅包括以台阶形式对角线分布的被表示为 I_0 的子矩阵, 所以可变节点度始终是 2。因此, 具有 2 的可变节点度的块能够被视为与奇偶部分相对应的块。能够通过乘以表中示出的块的数目和子矩阵的 Q 获得与各个可变节点度相对应的实际可变节点的数目。

[0707] 图 36 和图 37 图示根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。这 2 个图, 图 36 和图 37 是示出奇偶校验矩阵的地址的一个表的部分, 但是由于空间的缺乏该图被划分成 2 个图。

[0708] 在图 36 和图 37 中示出的表示出通过修改矩阵 H_1 获得的矩阵 H_2 。

[0709] 在顺序的编码中, 在奇偶处理时段使用的边缘通常通过等式来表示并且因此能够从表中省略边缘。即, 在表中没有表示具有与奇偶部相对应的 2 的度的 60 个块。

[0710] 因为即使矩阵被修改也保持矩阵的特性, 如上所述, 所以节点度特性、循环、周长、在校验节点和可变节点之间的连接等等被保持。因此, 能够获得相等的编码性能并且根据表使用矩阵 H_2 能够执行顺序的编码。

[0711] 图 38 图示根据本发明的实施例的用于顺序地编码 QC-IRA LDPC 码的方法。

[0712] 当通过上述转置过程奇偶校验矩阵被修改成矩阵H2时,使用码字的信息位和奇偶校验和之间的校验和更新通过各个奇偶校验和的更新能够执行顺序的编码。

[0713] 如在图38中所示,使用QK信息位和QM奇偶校验和能够表示码字。根据位置信息位能够被表示为iz并且奇偶校验和能够被表示为ps。

[0714] 通过下面的数学式15能够表示通过信息位的奇偶校验和更新过程。

[0715] 数学式15

[0716] [数学式15]

[0717]
$$p_w = p_w \oplus i_z \quad - (1)$$

[0718]
$$W = \{v + (z \bmod Q) M\} \bmod (QM) \dots (2)$$

[0719] 其中 $z=0,1,2,\dots,QK-1,\dots(2)$

[0720] 在此,iz表示第z信息位并且pw表示需要使用iz更新的奇偶校验和。等式(1)表示通过对第z信息和奇偶校验和pw执行的XOR运算更新与第w行相对应的奇偶校验和pw。根据等式(2),使用表示矩阵H2的上述表计算w的位置。在此,v表示与表示矩阵H2的表中的各行相对应的数目。如上所述,表示矩阵H2的表中的行对应于当矩阵H或者码字的长度被除以子矩阵长度时产生的块的位置。因此,在图6中示出的信息处理时段被除以子矩阵长度Q并且然后与各个第Q个iz相对应的行数被读取。在使用信息处理时段的信息位的校验更新的完成之后,能够执行奇偶处理时段的校验和更新。通过下面的数学式16可以表示奇偶处理时段的校验和更新。

[0721] 数学式16

[0722] [数学式16]

[0723]
$$p_s = p_s \oplus p_{s-1} \text{ 其中 } s=1,2,\dots,QM-1$$

[0724] 当S是0时,奇偶校验和对应于奇偶p0,并且通过对奇偶值和就在其之前的奇偶值执行的XOR运算能够顺序地导出从p1到pQM-1的奇偶值。

[0725] 图39图示根据本发明的实施例的LDPC解码器。

[0726] 根据本发明的实施例的LDPC解码器700可以包括可变节点更新块710、校验节点更新块730、桶形移位块720以及校验和块740。现在将会描述各个块。

[0727] 可变节点块710可以使用LDPC解码器的输入和通过从校验节点块通过边缘递送的消息更新矩阵H的各个可变节点。

[0728] 校验节点块730可以使用从可变节点通过边缘发送的消息更新矩阵H的校验节点。根据本发明的实施例的节点更新算法可以包括和积算法、置信传播算法、最小和算法、修正最小和算法等等,并且可以根据设计者来改变。另外,因为由于QC-IRA LDPC的特性在可变节点和校验节点之间的连接以 $Q \times Q$ 循环单位矩阵的形式被表示,所以在可变节点和校验节点块之间的Q个消息能够被同时并行地处理。桶形移位块720可以控制循环连接。

[0729] 校验和块740是硬判决用于各个可变节点更新的解码消息的可选块并且执行奇偶校验和运算以减少对于错误纠正所必需的解码迭代的数目。在这样的情况下,根据本发明的实施例的LDPC解码器700能够通过软判决输出最终的LDPC解码输出,即使校验和块740硬判决解码消息。

[0730] 图40、图41、图42以及图43图示根据7/15的码率的H1矩阵的实施例之一。

[0731] 上面的4个图示表示H1矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成4

个图。

[0732] 图44和图45图示根据7/15的码率的H2矩阵的实施例之一。

[0733] 上面的2个图示表示H2矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0734] 图46图示根据7/15的码率的度分布表的实施例之一。

[0735] 下面将会描述根据8/15的码率的实施例之一。

[0736] 图47、图48以及图49图示根据8/15的码率的H1矩阵的实施例之一。

[0737] 上面的3个图示表示H1矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成3个图。

[0738] 图50和图51图示根据8/15的码率的H2矩阵的实施例之一。

[0739] 上面的2个图示表示H2矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0740] 图52图示根据8/15的码率的度分布表的实施例之一。

[0741] 下面将会描述根据11/15的码率的实施例之一。

[0742] 图53、图54以及图55图示根据11/15的码率的H1矩阵的实施例之一。

[0743] 上面的3个图示表示H1矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成3个图。

[0744] 图56和图57图示根据11/15的码率的H2矩阵的实施例之一。

[0745] 上面的2个图示表示H2矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0746] 图58图示根据11/15的码率的度分布表的实施例之一。

[0747] 下面将会描述根据5/15的码率的实施例之一。

[0748] 图59、图60以及图61图示根据12/15的码率的H1矩阵的实施例之一。

[0749] 上面的4个图示表示H1矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成4个图。

[0750] 图62、图63、以及图64图示根据12/15的码率的H2矩阵的实施例之一。

[0751] 上面的3个图示表示H2矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成3个图。

[0752] 图65图示根据12/15的码率的度分布表的实施例之一。

[0753] 图66是示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0754] 在图66中示出的表表示具有16200的码字长度和7/15码率速的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。

[0755] 上面的2个图示表示奇偶校验矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0756] 该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0757] 在(a)的表中,i指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。详情所

在上面所描述的。

[0758] (b) 示出在各个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0759] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。

[0760] 示出的矩阵H优化在16200的码字、 $Q=360$ 并且码率 $=7/15$ 的情况下的节点度分布,并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的1或者边缘的位置。

[0761] 根据该表配置的矩阵H具有上述QC-IRA LDPC结构。详情如在上面所述。另外,根据本发明的实施例的矩阵H可以包括以不同形式的矩阵H,其具有与在图66中示出的表的 $x(i)$ 的长度(或者相对应的可变节点的度)相同的度分布。详情如在上所述。

[0762] 下面的表35示出度分布。

[0763] 表35

[0764] [表35]

[0765]

可变节点度	24	4	3	2
(变量节点的#)/ Q	4	9	8	24

[0766] 当 i 是0至3时,在第0个块到第3个块中的1的数目都是24。因此,当可变节点度是24时,具有相同度的块的数目被表示为4。当 i 对应于21至44时,在第21个块到第四十四个块中的1的数目是2。因此,当可变节点度是2时,具有相同度的块的数目是24。详情如上所述。

[0767] 图67是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0768] 在图67中示出的表示出通过修改具有16200的码字长度和 $7/15$ 的码率的矩阵H1获得的矩阵H2。

[0769] 详情如上所述。

[0770] 图68和图69是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0771] 在图68和图69中示出的表表示具有16200的码字长度和 $9/15$ 码率的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。

[0772] 上面的2个图是表示奇偶校验矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0773] 该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0774] 在(a)的表中, i 指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。

[0775] 详情如上所述。

[0776] (b)示出在各个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0777] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。

[0778] LDPC码的性能可以取决于奇偶校验矩阵的节点的度的分布、根据1的位置或者奇偶校验矩阵的度的周长(girth)、循环特性、在校验结点和可变节点之间的连接等等。示出的矩阵H优化在16200的码字、 $Q=360$ 并且码率 $=9/15$ 的情况下的节点度分布,并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的1或者边缘的位置。

[0779] 根据该表配置的矩阵H具有上述QC-IRA LDPC结构。详情如上所述。另外,根据本发明的实施例的矩阵H可以包括以不同形式的矩阵H,其具有与在图68和图69中示出的表的 $x(i)$ 的长度(或者相对应的可变节点的度)相同的度分布。详情如上所述。下面的表36示出度分布。

[0780] 表36

[0781] [表36]

	可变节点度	16	10	9	3	2
[0782]	(变量节点的#) /Q	3	2	3	19	18

[0783] 当 i 是0至2时,在第0个块到第2个块中的1的数目都是16。因此,当可变节点度是16时,具有相同程度的块的数目被表示为3。当 i 对应于27至44时,在第27个块到第四十四个块中的1的数目是2。因此,当可变节点度是2时,具有相同度的块的数目是18。详情如上所述。

[0784] 图70是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0785] 在图70中示出的根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0786] 图70中示出的表示出通过修改具有16200的码字长度和9/15的码率的距离H1获得的矩阵H2。

[0787] 详情如上所述。

[0788] 图71和图72是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0789] 在图71和图72中示出的表表示具有16200的码字长度和11/15 码率的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。

[0790] 上面的2个图是表示奇偶校验矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0791] 该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0792] 在(a)的表中, i 指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。

[0793] 详情如上所述。

[0794] (b) 示出在各个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0795] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。

[0796] LDPC码的性能可以取决于奇偶校验矩阵的节点的度的分布、根据1的位置或者奇偶校验矩阵的度的周长(girth)、循环特性、在校验结点和可变节点之间的连接等等。示出的矩阵H优化在16200的码字、 $Q=360$ 并且码率=11/15的情况下的节点度分布,并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的1或者边缘的位置。

[0797] 根据该表配置的矩阵H具有上述QC-IRA LDPC结构。详情如上所述。

[0798] 另外,根据本发明的实施例的矩阵H可以包括以不同形式的矩阵 H,其具有与在图71和图72中示出的表的 $x(i)$ 的长度(或者相对应的可变节点的度)相同的度分布。详情如上所述。下面的表示出度分布。

[0799] 表37

[0800] [表37]

[0801]

可变节点度	12	3	2
(变量节点的#) /Q	7	26	12

[0802] 当 i 是0、2、3、4、5以及6时,在第0个块到第6个块中的1 的数目都是12。因此,当可变节点度是12时,具有相同程度的块的数目被表示为7。当 i 对应于33至44时,在第33个块到

第四十四个块中的1的数目是2。因此,当可变节点度是2时,具有相同度的块的数目是12。详情如上所述。

[0803] 图73是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0804] 图73中示出的表示出通过修改具有16200的码字长度和11/15的码率的距离H1获得的矩阵H2。

[0805] 详情如上所述。

[0806] 图74和图75是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0807] 在图74和图75中示出的表表示具有16200的码字长度和5/15码率的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。

[0808] 上面的2个图是表示奇偶校验矩阵的一个表的部分,但是由于空间的缺乏该表被划分成2个图。

[0809] 该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0810] 在(a)的表中,i指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。详情如上所述。

[0811] (b)示出在各个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0812] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。

[0813] 示出的矩阵H优化在16200的码字、 $Q=360$ 并且码率 $=5/15$ 的情况下的节点度分布,并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的1或者边缘的位置。

[0814] 根据该表配置的矩阵H具有上述QC-IRA LDPC结构。详情如在上面所述。另外,根据本发明的实施例的矩阵H可以包括以不同形式的矩阵H,其具有与在图74和图75中示出的表的 $x(i)$ 的长度(或者相对应的可变节点的度)相同的度分布。详情如在上所述。

[0815] 下面的表38示出度分布。

[0816] 表38

[0817] [表38]

[0818]

可变节点度	30	4	3	2
(变量节点的#)/ Q	3	8	4	30

[0819] 当 i 是0至3时,在第0个块到第2个块中的1的数目都是30。因此,当可变节点度是30时,具有相同度的块的数目被表示为3。当 i 对应于15至44时,在第21个块到第四十四个块中的1的数目是2。因此,当可变节点度是2时,具有相同度的块的数目是30。详情如上所述。

[0820] 图76是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0821] 图76中示出的表示出通过修改具有16200的码字长度和5/15的码率的距离H1获得的矩阵H2。

[0822] 详情如上所述。

[0823] 图77是示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0824] 在图77中示出的表表示具有16200的码字长度和10/15码率的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0825] 在(a)的表中, i 指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。详情如上所述。

[0826] (b)示出在各个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0827] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。

[0828] 示出的矩阵H优化在16200的码字、 $Q=360$ 并且码率 $=10/15$ 的情况下的节点度分布,并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的1或者边缘的位置。

[0829] 根据该表配置的矩阵H具有上述QC-IRA LDPC结构。详情如在上面所述。另外,根据本发明的实施例的矩阵H可以包括以不同形式的矩阵H,其具有与在图77中示出的表的 $x(i)$ 的长度(或者相对应的可变节点的度)相同的度分布。详情如在上所述。

[0830] 下面的表39示出度分布。

[0831] 表39

[0832] [表39]

[0833]

可变节点度	18	4	3	2
(变量节点的#)/ Q	5	8	17	15

[0834] 当 i 是0至5时,在第0个块到第4个块中的1的数目都是18。因此,当可变节点度是18时,具有相同度的块的数目被表示为5。当 i 对应于30至44时,在第21个块到第四十四个块中的1的数目是2。因此,当可变节点度是2时,具有相同度的块的数目是15。详情如上所述。

[0835] 图78是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0836] 图78中示出的表示出通过修改具有16200的码字长度和10/15的码率的距离H1获得的矩阵H2。

[0837] 详情如上所述。

[0838] 图79是示出根据本发明的实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0839] 在图79中示出的表表示具有16200的码字长度和12/15码率的奇偶校验矩阵(或者矩阵H)。该表表示在奇偶校验矩阵中的1的地址。在这样的情况下,根据本发明的实施例的表能够被称为奇偶校验矩阵的地址。

[0840] 在(a)的表中, i 指示当矩阵H或者码字的长度乘以子矩阵的长度产生的块。详情如上所述。

[0841] (b)示出在各个块中的第一列中的1(或者边缘)的位置(或者地址)。

[0842] 使用其所有的行和列矩阵H能够被表示为 $H(r, c)$ 。

[0843] 示出的矩阵H优化在16200的码字、 $Q=360$ 并且码率 $=12/15$ 的情况下的节点度分布,并且优化在被优化的度分布、 Q 以及码率的条件下的1或者边缘的位置。

[0844] 根据该表配置的矩阵H具有上述QC-IRA LDPC结构。详情如在上面所述。另外,根据本发明的实施例的矩阵H可以包括以不同形式的矩阵H,其具有与在图79中示出的表的 $x(i)$ 的长度(或者相对应的可变节点的度)相同的度分布。详情如在上所述。

[0845] 下面的表40示出度分布。

[0846] 表40

[0847] [表40]

[0848]

可变节点度	15	4	3	2
(变量节点的#)/Q	6	7	23	9

[0849] 当 i 是0至5时,在第0个块到第5个块中的1的数目都是15。因此,当可变节点度是15时,具有相同度的块的数目被表示为6。当 i 对应于36至44时,在第21个块到第四十四个块中的1的数目是2。因此,当可变节点度是2时,具有相同度的块的数目是9。详情如上所述。

[0850] 图80是示出根据本发明的另一实施例的奇偶校验矩阵的地址的表。

[0851] 图80中示出的表示出通过修改具有16200的码字长度和12/15的码率的距离H1获得的矩阵H2。

[0852] 详情如上所述。

[0853] 图81图示根据本发明的一个实施例的星座映射器。

[0854] 根据本发明的一个实施例的星座映射器执行与上述的BICM块的星座映射器相同的操作。

[0855] 通过FEC编码从上述的格式化块接收到的数据可以被变换成比特流。在比特流中,多个比特组成信元,并且可以通过星座映射器将信元映射到复平面中的星座中的一个。在此,对于要在一个信元中发送的 N 个比特,可能需要 2^N 个星座点。

[0856] 在此,星座点可以表示一个星座。星座点可以被称为星座。作为星座的集合的64-QAM,可以被称为星座集、星座等等。

[0857] 可以使用各种方法创建星座。根据用于在星座中排列星座点的方法,当接收器将星座解码成比特流时出现错误的概率可能变化。

[0858] 星座映射器使用的星座的类型,如在图81(a)、图81(b)以及图81(c)中所示。在附图中示出的星座是各种类型的示例性的星座。图81(a)和图81(b)的星座都是正方形的QAM。在图81(a)的情况下,在星座点之间的距离是非均匀的。在图81(b)的情况下,在星座点之间的距离是均匀的。图81(a)的星座可以对应于非均匀QAM,而图81(b)的星座可以对应于常规QAM。图81(b)的星座可以是图81(a)的特殊情况。

[0859] 本发明提出在图81(c)中所示的星座和用于找到这样的星座的方法。根据本发明的提出的方法,与使用传统方法时相比较,在给定的信噪比(SNR)处可以获得更低的错误概率,即,更高的信道容量。

[0860] 图82描述根据本发明的一个实施例的映射IQ平衡/IQ对称非均匀星座的过程。

[0861] 作为用于获得最佳BICM容量的另一星座创建方法,提出IQ平衡 /IQ对称非均匀星座映射。

[0862] 为了找到最大化BICM容量的星座点,需要一些假定和限制。在下文中,将会描述一些限制。

[0863] 限制1.以相同的概率生成所有的星座点。星座点的概率可以彼此相等。

[0864] 限制2.星座点不具有偏置。即,所有星座点的平均值可以是0。另外,当限制1被应用时,星座点的总和可以是0。

[0865] 限制3.星座的平均功率是常数。即,平均功率可以被不变地设置为常数 P 。

[0866] 限制4-1.为了实现IQ平衡映射,在I轴上的BICM容量需要等于在Q轴上的BICM容量。例如,如果旋转了诸如90度、180度以及 270度的90度的倍数的星座与原始的星座一致,

则此星座可以被视为被IQ平衡。即,如果被旋转了90度的倍数的星座点重叠来自于原始星座集中的星座点中的一个,则此星座可以被视为被IQ平衡。在下文中,其中被旋转了90度的倍数的星座与最初的星座重合的情况将会被视为IQ平衡映射方案。

[0867] 限制4-2. 为了实现IQ对称映射,在I轴中的BICM容量不应等于在Q轴上的BICM容量。为了实现IQ对称映射,星座应关于I轴和 Q轴对称。例如,当 s_i 是星座的星座点时, $\text{conj}(s_i)$ 、 $-\text{conj}(s_i)$ 、以及 $-s_i$ 也可能需要成为星座的星座点。

[0868] 限制4-1和限制4-2不可以被同时满足。为了实现IQ平衡映射,限制4-1可能需要被满足。为了实现IQ对称映射,限制4-2可能需要被满足。为了实现IQ平衡的映射和IQ对称映射两者,这两个限制需要被满足。

[0869] 在下文中,将会给出根据IQ平衡/IQ对称非均匀星座映射创建非均匀分布的星座点的方法的描述。

[0870] 根据一个实施例,可以在两维复平面中移动星座点以找到提供最佳容量的星座。通过移动星座点,提供最佳BICM容量的星座可以被找到。

[0871] 然而,仅移动一个星座点不可能满足如上限制1和/或限制2。因此,为了通过移动此星座点满足限制,也可能需要移动其它的星座点。在本实施例中,第i个和第j个星座点被移动。

[0872] 假定在移动星座点之前的星座经历了IQ平衡映射。为了保持IQ 平衡,不仅第i个和第j个星座点而且与其相对应的三个其它的星座点对可能需要被移动。三个相对应的星座点对可以指的是通过将第i和第 j个星座点旋转了90度、180度以及270度获得的星座点。即,可能需要一起移动8个星座点。

[0873] 要被移动的第i和第j个星座点可以被定义为 $s_{0,i}$ 和 $s_{0,j}$,并且要被移动的相对应的星座点可以被定义为 $s_{k,i}$ 和 $s_{k,j}$ 。在此, $k=1,2,3$,并且对可以分别表示 $s_{0,i}$ 和 $s_{0,j}$ 旋转了90度、180度和270度。

[0874] 对于星座点 $s_{k,i}$ 和 $s_{k,j}$,a和b可以被定义为在图82中示出的等式 (1) 和 (2)。在此,等式 (1) 和 (2) 可以分别意指当星座被移动时限制1和限制2被满足。即,a和b可以是常数。另外,当 $s_{0,i}$ 和a 被表示为在图82中示出的等式 (3) 时,可以获得等式 (4)。然后,可以从这些等式导出等式 (5)。从等式 (5) 能够看到使用一个变量 θ 能够控制两个星座点的移动。因为通过如在等式 (6) 中的 $s_{0,i}$ 和 $s_{0,j}$ 可以描述其它的星座点对,所以可以通过一个变量控制所有的星座点。

[0875] 因为通过IQ平衡保持实现移动,所以即使在移动之后也可以保持 IQ平衡的特性。以这样的方式,通过IQ平衡保持具有最佳容量的星座可以被找到。当移动被实现以找到星座时, θ 可以被分割成数个部分以计算用于每个分割的 θ 的BICM容量,以找到最大化BICM容量的 θ 。使用此过程,可以更新 s_i 和 s_j 的全部的四个集合。

[0876] 在下文中,将会描述构造具有非均匀地分布的星座点的星座的具体步骤。每个步骤可以被省略或者被其它的步骤替换,或者这些部分的顺序可以改变。这些步骤旨在描述本发明的精神,不限制本发明。

[0877] 首先,可以配置最初的星座。此最初的星座可以是IQ平衡或者IQ 对称的星座。例如,最初的星座可以是均匀的QAM、非均匀的QAM、或者非均匀的星座 (NUC)。在此,NUC可以是上述NUC。

[0878] 最初的星座的两个星座点($s_{0,i}$, $s_{0,j}$)可以被随机和均一地选择。两个星座点应相互不同。可以在第一象限中选择星座点。

[0879] 一旦两个星座点被选择,也可以自然地选择在第二、第三以及第四象限中的其它的星座点。因此,可以选择全部的八个星座点。如果最初的星座是IQ平衡的星座,则所选择的星座中的每一个可以被表示为 $e^{jk\pi/2} \cdot s_{0,i}$ 。在此, $k=0,1,2,3$,并且 i 可以被替换成 j 。如果最初的星座是IQ对称的星座,则所选择的星座中的每一个可以被表示为 $\text{conj}(s_{0,i})$ 、 $-\text{conj}(s_{0,i})$ 和 $-s_{0,i}$ 。 i 可以被替换成 j 。如上所述,如果最初的星座是IQ平衡或者IQ对称的星座,星座的平均值可以是0。

[0880] 其后, $|s_{0,i}|^2 + |s_{0,j}|^2$ 和BICM容量可以被计算。星座点可以被分别移动使得BICM容量被最大化。可以存在用于找到最佳星座位置的两种方法。

[0881] 一种方法是利用 Δ_i 。 $s_{0,i}$ 可以被垂直地或者水平地移动 $\pm \Delta_i$ 。因此, $s_{0,j}$ 也可能需要被垂直地或者水平地移动 $\pm \Delta_j$ 。在此,可以使用 $|s_{0,i}|^2 + |s_{0,j}|^2$ 确定 Δ_j 和 Δ_i 。因此,可以存在诸如 $(+\Delta_i, +\Delta_j)$ 、 $(+\Delta_i, -\Delta_j)$ 、 $(-\Delta_i, +\Delta_j)$ 、 $(-\Delta_i, -\Delta_j)$ 的四种移动情况。此方法可以被用于IQ对称非均匀星座映射。

[0882] 另一方法是利用 θ 。如所描述的,可以通过 θ 控制星座的移动。因此,通过每次采用适当小的角度改变 θ ,具有最佳容量的星座可以被找到。根据实施例,在实施例中适当小的角可以是1度。另外,角的范围可以从0度到360度。另外,此角的范围可以覆盖 $s_{0,i}-a/2$ 和 $s_{0,j}-a/2$ 。这旨在在搜索范围内设置最佳容量。即,这旨在防止容量在搜索过程中被减少。此方法可以被用于IQ平衡非均匀星座映射。

[0883] 根据上述的两种方法,可以在星座分别被移动到的星座位置处计算BICM容量。如果用于移动的星座的BICM容量大于先前计算的 BICM容量,则可以通过此星座更新 $s_{0,i}$ 和 $s_{0,j}$ 。

[0884] 其后,星座可以继续通过减少 Δ_i 和 θ 被搜索。当充分地减少这两个参数时,最初的星座的两个其它星座点可以被重新选择。然后,为了重新选择的星座点可以通过上述过程找到最佳位置。

[0885] 当所有的BICM容量饱和时,算法可以被停止并且最终的星座集可以被获得。在此,星座的饱和可以指的是其中BICM容量中的大的增加在上述算法中没有出现的情况。每次 s_i 和 s_j 改变时可以检查BICM 容量的饱和度,或者当检查所有的M个星座点时可以对BICM的饱和度和度进行检查。

[0886] 根据一个实施例,在为上述所有的种子星座执行算法之后可以选择呈现最佳性能的星座。种子星座,即,最初的星座,可以包括均匀 QAM、非均匀QAM、以及非均匀星座(NUC)。例如,可以通过执行用于QAM、NUQ以及NUC的算法获得在10dB的SNR处的NUC-64。根据一个实施例,在9.5dB或者10.5dB处通过前述的算法获得的星座可以被认为是用于要被执行的算法的种子星座。

[0887] 图83示出根据本发明的一个实施例的使用IQ平衡非均匀星座映射的方法在18dB的SNR处的64个NUC的星座。

[0888] 在本实施例中,具有1的平均功率的均匀64-QAM被当作种子星座,并且通过 θ 找到所期待的星座。另外,角增量被设置为1度,在通过 s_i 和 s_j 更新所有的M个星座点一次之后检查容量的饱和度。此星座可以保持处于IQ平衡的状态并且满足 $n\pi/2$ -对称条件。

[0889] 为了测量确定的星座的性能,可以计算和比较确定的星座的BICM 容量。对于BICM 容量,加性高斯白噪声 (AWGN) 和独立同分布 (IID) 输入可以被假定。AWGN可以表示被主要使用的基本噪声模型。IID 可以表示输入被独立和同等/均匀地分布。

[0890] 数学公式17

[0891] [数学式17]

$$[0892] \quad \text{BICM cap.} = \sum_i \left(\int_Y p(b_i = 0, y) \log_2 \frac{p(b_i = 0, y)}{p(b_i = 0)p(y)} dy + \int_Y p(b_i = 1, y) \log_2 \frac{p(b_i = 1, y)}{p(b_i = 1)p(y)} dy \right)$$

[0893] 数学公式18

[0894] [数学式18]

$$[0895] \quad \begin{aligned} p(b_i = j, y) &= p(y | b_i = j) \cdot p(b_i = j) \\ &= \sum_{M_j} p(y | x = M_j) \cdot \frac{1}{M} \\ &= \sum_{M_j} \frac{1}{\pi\sigma^2} e^{-\frac{|y-M_j|^2}{\sigma^2}} \cdot \frac{1}{M} \end{aligned}$$

[0896] 数学公式19

[0897] [数学式19]

$$[0898] \quad \begin{aligned} \frac{p(b_i = j, y)}{p(b_i = j)p(y)} &= \frac{p(y | b_i = j)}{p(y)} \\ &= \frac{p(y | b_i = j)}{\sum_j p(b_i = j, y)} \\ &= \frac{\sum_{M_j} \frac{1}{\pi\sigma^2} e^{-\frac{|y-M_j|^2}{\sigma^2}} \cdot \frac{2}{M}}{\sum_j \sum_{M_j} \frac{1}{\pi\sigma^2} e^{-\frac{|y-M_j|^2}{\sigma^2}} \cdot \frac{1}{M}} \end{aligned}$$

[0899] 使用上述数学式可以计算BICM容量。使用此等式,最大化BICM 性能的r和θ的值可以被找到。因为AWGN和IID输入被假定,可以期待 $y=x+n$ 。在此,n可以表示AWGN。可以假定 $p(b_i=0)=p(b_i=1)=1/2$ 。即,当x是星座,并且M是星座大小时, $p(x=M_j)=1/M$ 是可能的。在此, M_j 可以是当 $b_i=j$ 时的星座。如在图34中所示,BICM容量函数可以被表示为高斯函数的整数。

[0900] 接收器可以从星座解映射比特。这可以是将比特映射到上述星座的相反过程。通过解映射可以估计LLR。在FEC解码中可以以软输入的形式使用被估计的LLR。在解映射中,在下述等式中可以表达估计 LLR的过程。

[0901] 数学公式20

[0902] [数学式20]

$$[0903] \quad \Pr(b_i = j) = \sum_{s_k \in \Lambda_j} \Pr(s = s_k) \frac{\exp\left(\frac{|r - Hs_k|^2}{\sigma^2}\right)}{\sum_{m=0}^{M-1} \exp\left(\frac{|r - Hs_m|^2}{\sigma^2}\right)} = \sum_{s_k \in \Lambda_j} C \Pr(s = s_k) \exp\left(\frac{|r - Hs_k|^2}{\sigma^2}\right)$$

[0904] 数学公式21

[0905] [数学式21]

$$[0906] \quad \begin{aligned} LLR(b_i) &= \log\left(\frac{\Pr(b_i = 1)}{\Pr(b_i = 0)}\right) \\ &= \log\left(\frac{\sum_{s_k \in \Lambda_1} \Pr(s = s_k) \exp\left(\frac{-|r - Hs_k|^2}{\sigma^2}\right)}{\sum_{s_k \in \Lambda_0} \Pr(s = s_k) \exp\left(\frac{-|r - Hs_k|^2}{\sigma^2}\right)}\right) = \log\left(\frac{\sum_{s_k \in \Lambda_1} \exp\left(\frac{-|r - Hs_k|^2}{\sigma^2}\right)}{\sum_{s_k \in \Lambda_0} \exp\left(\frac{-|r - Hs_k|^2}{\sigma^2}\right)}\right) \end{aligned}$$

[0907] 数学公式22

[0908] [数学式22]

$$[0909] \quad LLR(b_i) \cong \frac{|r - Hs_0|^2}{\sigma^2} - \frac{|r - Hs_1|^2}{\sigma^2} = \frac{|H|^2 (2 \operatorname{Re}\{t^* s_1\} - 2 \operatorname{Re}\{t^* s_0\} + |s_0|^2 - |s_1|^2)}{\sigma^2}$$

[0910] 在此,C可以是常数, σ^2 可以是复噪声功率, Λ_j 可以表示星座点集合,其中第i个比特是j。在此,j可以是0或者1。另外, $\Pr(s = s_k)$ 可以表示先验概率。在此,可以假定bi满足逐比特等概率。如果迭代解码被使用,则bi是等概率的假定不可能是有效的,并且需要根据来自于FEC的外部信息改变先验概率。另外,当假定 $\max\text{-log LLR}$ 时, $t = r/H$ 是可能的。 s_1 可以是最靠近t的星座,对于其第i个比特是1,并且 s_0 可以是最靠近t的星座,对于其第i个比特是0。

[0911] 图84示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法的用于10/15码率的64个NUC的星座。

[0912] 在星座的右侧上列出星座点的坐标。各个坐标表示比特值被分别分配到的星座点的坐标。在用于每个比特值的x和y值中可以表达每个坐标。

[0913] 图85示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法的用于10/15码率的64个NUC的星座。

[0914] 在星座的右侧上列出星座点的星座。各个坐标表示比特值被分别分配到的星座点的坐标。在用于每个比特值的x和y值中可以表达每个坐标。

[0915] 图86示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座。

[0916] 图87示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的一部分。

[0917] 图88示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的另一部分。

[0918] 图89示出根据本发明的一个实施例的基于IQ平衡非均匀星座映射方法的用于10/

15码率的256个NUC的星座的坐标的其它部分。

[0919] 坐标表示比特值被分别分配到的星座点的坐标。在用于每个比特值的x和y值中可以表达每个坐标。

[0920] 由于空间限制在图87至图89 中单独地示出的这三个星座表组成一个表。

[0921] 图90示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座。

[0922] 图91示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的一部分。

[0923] 图92示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座的坐标的另一部分。

[0924] 图93示出根据本发明的一个实施例的基于IQ对称非均匀星座映射方法的用于10/15码率的256个NUC的星座的其它部分。

[0925] 坐标表示比特值被分别分配到的星座点的坐标。在用于每个比特值的x和y值中可以表达每个坐标。

[0926] 由于空间限制在图91 至图 93中单独地示出的这三个星座表组成一个表。

[0927] 在下文中,将会描述根据本实施例的比特交织器5020。

[0928] 根据本发明的实施例的比特交织器被设计为当提供有效可实现的结构时通过LDPC编码和调制方案的组合实现被优化的性能。

[0929] 根据本实施例的比特交织器5020可以被定位在上述数据FEC编码器5010和星座映射器5030之间,以基于LDPC解码将LDPC编码的输出比特链接到具有星座映射器5030的不同可靠性的比特位置。

[0930] 如参考图23在上面所描述的,根据本实施例的比特交织器5020 可以使用奇偶交织、QCB(准循环块)交织(或者块交织)以及组内交织(或内组交织)交织输入比特。

[0931] 另外,独立于或者除了上述比特交织方案之外,根据本实施例的比特交织器5020可以应用比特交织方案用于获取在使用密度演进获得的SNR阈值方面最佳的分布。

[0932] 如在前述中所描述的,根据本实施例的比特交织器5020被设计为对于LDPC编码和调制方案被优化。因此,本发明提出用于其中LDPC 码字长度是64K或者16K的情况的比特交织参数和调制方案、QPSK、NUC-16、NUC-64、以及NUC1K的组合。

[0933] 在下文中,将会描述参考图23描述的比特交织器5020的奇偶交织、QCB交织和组内交织。

[0934] 图94是图示根据本发明的实施例的比特交织器的框图。

[0935] 在图94中图示的比特交织器是上述比特交织器5020的示例,并且根据本实施例的比特交织器可以包括奇偶交织块89000、QCB交织块89100和组内交织块89200。在下文中,将会描述各个块。

[0936] 奇偶交织块89000可以执行交织使得LDPC编码的比特当中的与奇偶部分(FEC块的奇偶比特)相对应的比特可以采用准循环(QC)形式。换言之,奇偶交织块89000可以在奇偶交织之后以QC形式交织奇偶比特,并且通过收集与LDPC QC大小相对应的比特来配置和输出 QC块。奇偶交织块89000的输出与参考图23描述的相同。另外,根据参考图30至图80描述的LDPC编码方案可以编码LDPC编码的比特。

[0937] 在奇偶交织块89000中,通过下述数学式交织FECBLOCK的奇偶比特。

[0938] 数学公式23

[0939] [数学式23]

[0940] $u_i = b_i \text{ for } 0 \leq i < K_{ldpc}$

[0941] $u_{K_{ldpc}+360 \times t+s} = b_{K_{ldpc}+Q_{ldpc} \times s+t} \text{ for}$

[0942] $0 \leq s < 360, 0 \leq t < Q_{ldpc}$

[0943] K_{ldpc} 是如在图22中所图示的BCH编码的BBF的长度(或者大小) 并且 Q_{ldpc} 是在表30和表31中指定的码率相关的常数。注意,在QPSK 的情况下,在没有进一步交织的情况下,奇偶交织的比特能够被直接地映射到星座。能够通过设计者的意图对此进行改变。

[0944] QCB交织块89100可以根据参考图23描述的方案执行QCB交织。换言之,如参考图23所描述的,当从奇偶交织块89000输出的多个 QCB块被输入时,QCB交织块89100可以交织QC块。这被称为QCB 交织图案(或者交织图案),并且基于QCB交织图案确定与稍后要执行的组内交织的内部组相对应的QC块的数目。QCB交织图案对于交织类型和LDPC码率的各个组合来说是唯一的。

[0945] 根据本发明的实施例,具有64800的长度的LDPC块包括180 ($=64800/360$) 个QC块,并且具有16200个比特的长度的LDPC块包括45个QC块。能够通过设计者对其进行改变。

[0946] 组内交织块89200可以根据参考图23描述的方案执行组内交织。

[0947] 根据本发明的实施例的组内交织块89200可以根据在表32中定义的调制类型和阶(n_{mod}) 来执行交织。

[0948] 首先,与要被经历组内交织的一个内部组相对应的QC块的数目需要被确定以执行组内交织。根据本实施例的比特交织器5020可以使用非均匀QAM (NUQ) 和非均匀星座 (NUC) 的对称可靠性确定QC 块的数目以配置内部组。在表32中示出特定的值。

[0949] 根据本发明的实施例,调制阶的一半被确定为在NUQ或者QAM 模式中内部组相对应的QC块的数目,并且QC块的数目被确定为与 NUC中的调制阶相同。在NUQ中,与I轴和Q轴相对应的比特具有相同的比特级性能,并且因此仅与调制阶的一半相对应的符号比特可以具有不同的比特级性能。

[0950] 当根据星座模式确定用于形成内部组的QC块的数目时,其后根据本实施例的组内交织块89200可以执行组内交织。在这样的情况下,取决于码率值在形成内部组之后剩余的QC块可以存在。在这样的情况下,根据本实施例的组内交织块89200可以按照比特的顺序成功地读取与内部组不对应的四个剩余的QC块的比特,并且将该比特发送到星座映射器5030。下面将会给出其详细描述。

[0951] 上述块可以被省略或者被替换成具有相似或者相同功能的块。

[0952] 在下文中,将会给出组内交织块89200的交织过程。

[0953] 如上所述,通过QCB交织输出的NQCB_IG QC块执行组内交织过程。组内交织是使用360列和NQCB_IG行写入和读取(或者写入和读取操作) 内部组的比特的过程。在写入操作中,来自于QCB交织输出的比特被行式写入。因此,能够减少接收器的复杂性(或者接收器中的缓冲器的大小)。

[0954] 图95图示根据本发明的实施例的用于NUQ-256的组内交织过程。

[0955] 在图95的顶部处图示了用于NUQ-256的组内交织的写入操作,并且在图95的底部处图示了用于NUQ-256的组内交织的读取操作。

[0956] 如在本图中所图示的,根据本实施例的组内交织块89200可以按照比特的顺序将与QC块相对应的比特成功地写入到QC块的比特0至比特359。另外,组内交织块89200可以循环地移位和写入与QC块相对应的比特。可以通过设计者对其进行改变。

[0957] 另外,如在前述中所描述的,在NUQ中,组内交织块89200可以使用各个QC块的2个比特作为单位执行读取操作。如在附图中所图示的,组内交织块89200对2个比特执行读取操作四次以输出8个比特,并且通过在比特交织器5020之后出现的星座映射器5030,输出的8个比特可以被映射到一个符号。具体操作与上述的相同,并且因此被省略。

[0958] 图96图示根据本发明的实施例的用于NUC-256的组内交织的写入操作。

[0959] 与上述操作相似,在NUC中,组内交织块89200可以在行方向中写入与各个QC块相对应的比特,并且在列方向中读取比特。另外,组内交织块89200可以循环地移位和写入与各个QC块相对应的比特。可以通过设计者对此进行改变。

[0960] 具体的操作与上述的相同,并且因此被省略。

[0961] 图97图示根据本发明的实施例的用于NUC-256的组内交织的读取操作。

[0962] 如在前述中所描述的,组内交织块89200可以使用各个QC块的1个比特作为单位执行读取操作。如在此附图中所图示的,组内交织块89200可以对1个比特执行读取操作八次以输出8个比特,并且通过在比特交织器5020之后出现的星座映射器5030,输出的8个比特可以被映射到一个符号。具体操作与上述的相同,并且因此被省略。

[0963] 图99是图示根据本发明的实施例的解映射&解码模块9020的框图。

[0964] 图98图示当LDPC码字长度是64800个比特并且QC块的大小是360个比特时剩余的QC块操作。

[0965] 如在前述中所描述的,当与各个调制中的内部组相对应的QC块被收集时,没有被包括在任何内部组中的QC块可以存在。在本发明中, QC块被称为剩余的QC块。在下文中,将会给出在附图中图示的表格和框图的描述。

[0966] 在附图的顶部处图示的表格指示根据各个码率和调制剩余的QC 块的数目。在附图的中间图示的框图指示在用于NUC-256的内交织的剩余的QC块。在附图的底部处图示的框图指示对于用于NUC-256的剩余的QC块的写入和读取操作。

[0967] 如在附图的中间所图示的,在NUC-256中,根据表32八个QC 块被收集以形成一个内部组。当LDPC码字长度是64800个比特时,总共180($=64800/360$)个QC块被生成。因此,当180个QC块被除以8时,生成22个内部组。在这样的情况下,当176个QC块可以被包括在22个内部组时,四个剩余的QC块没有被包括在任何内部组中并且对应于剩余的QC块。

[0968] 在这样的情况下,如在附图的底部处所图示的,根据本实施例的组内交织块89200可以按照比特的顺序成功地读取四个QC块的比特,并且将读取的比特发送到星座映射器5030。

[0969] 换言之,在没有执行组内交织的情况下剩余的4个QC块比特被顺序地映射到符号。

[0970] 图99是图示根据本发明的实施例的解映射&解码模块9020的框图。

[0971] 如在前述中所描述的,解映射&解码模块9020可以执行参考图1 所描述的BICM块1010的相反操作。

[0972] 如在附图中所图示的,根据本实施例的解映射&解码模块9020可以包括信元/时间解交织器94000、解调器94100、比特解交织器94200 以及LDPC/BCH解码器94300。

[0973] 首先,通过信道的符号被输入到信元/时间解交织器94000。信元/ 时间解交织器94000可以按照在交织之前应用的符号顺序记录输入符号。其后,解调器94100可以推断被包括在符号中的各个比特的对数似然比(LLR)。

[0974] 其后,比特解交织器94200可以执行用于按照与要被交织的比特的顺序重新排序输入的LLR值的解交织。在这样的情况下,比特解交织器94200可以执行组内解交织和QCB解交织操作作为上述比特交织器5020的逆操作。如在附图中所图示的,比特解交织器94200可以包括用于执行上述解交织的组内解交织块和QCB解交织块。

[0975] 然而,当基于变成接收器中的QC形式的LDPC比特执行解码时,与奇偶交织的逆操作相对应的奇偶解交织可以被省略。另外,参考图 94至图97描述的组内解交织和QCB解交织操作对应于交织的读取和写入操作的逆操作。

[0976] 上述块可以被省略或者被替换成具有相似或者相同功能的块。

[0977] 图100是图示根据本发明的另一实施例的比特解交织的框图。

[0978] 图100图示下述情况的示例,其中,当QC块交织图案被存储在接收器的ROM中时,ROM被使用,并且LDPC存储器和交织存储器被共享。此情况优点在于不需要用于比特解交织的单独的存储器。

[0979] 在附图的内部处图示了参考图99描述的比特解交织器94200和 LDPC/BCH解码器94300,并且在附图的底部处图示了在LDPCUC存储器中存储用于比特解交织的上述QC块交织图案的过程。

[0980] 具体地,根据本实施例的接收器可以在寄存器中存储通过解调器 94100接收到的LLR值,以使用LLR值作为LDPC解码过程中的先验 LLR。在这样的情况下,根据QC块交织图案必要的寄存器的数目可以被确定为在NUC和QUQ之间是不同的。具体地,在NUC-256的星座中,8个QC块被收集以形成NUC-256符号,并且因此需要 360×8 个寄存器。然而,在NUQ256中,使用与调制阶的一半相对应的QC块执行组内交织,并且因此需要 360×4 个寄存器。

[0981] 其后,使用被存储在ROM中的交织图案,接收器可以获取关于比特对应的LDPC的QC块的信息。然而,根据本实施例的接收器可以使用信息并且通过CN更新更新LLR值。然后,被更新的LLR值可以被再次存储在APP LLR存储器中以用作连续迭代的先验LLR。在附图中图示的控制器可以针对存储信息的上述过程。当重复上述过程时,可以执行LDPC解码,并且可以在没有使用用于解交织的新存储器的情况下仅使用LDPC存储器执行解交织。

[0982] 上述块可以被省略或者被替换成具有相似或者相同功能的块。

[0983] 在下文中,将会给出当LDPC码字长度是64800个比特并且调制值是NUQ-1024时执行的比特交织器的操作的描述。

[0984] 图101是图示根据本发明的另一实施例的组内交织参数的表。

[0985] 根据调制类型和阶执行根据本发明的实施例的组内交织。

[0986] 如在前述中所描述的,首先,与要经历组内交织的一个内部组相对应的QC块的数目需要被确定以执行组内交织。根据本实施例的比特交织器5020可以使用非均匀QAM (NUQ) 和非均匀星座 (NUC) 的对称可靠性来确定QC块的数目以配置内部组。关于此的信息与表32的描述相同。

[0987] 在这样的情况下,根据本发明的实施例,调制阶的一半可以被确定为是用于NUQ或者QAM模式下的内部组的QC块的数目,并且与调制阶相同的数目可以被确定为是NUC中的QC块的数目。另外,在本发明中,与调制阶相同的数目可以被确定为是NUQ或者QAM模式中经历组内交织的QC块的数目。可以通过设计者对其进行改变。

[0988] 图101对应于表32的另一示例,并且图示出除了调制阶的一半被确定为是用于NUQ或者QAM模式中的组内交织的QC块的数目的情况之外,与调制阶相同的数目被确定为是经历组内交织的QC块的数目的情况的表。

[0989] 如在图101中所图示,用于一个内部组的QC块的数目可以在 QAM-16和NUC-16之间是相同的。另外,用于内部组的QC块的数目可以在NUC-64和NUQ-64之间、在NUC-256和NUQ-256之间、并且在NUC-1024和NUQ-1024之间是相同的。

[0990] 在下文中,将会给出其中被包括在一个内部组中的QC块的数目与在NUQ-1024的调制阶相同的情况的比特交织过程的描述。

[0991] 图102图示根据本发明的实施例的在NUC-1024中的组内交织的写入操作。

[0992] 如在本附图中所图示的,根据本实施例的组内交织块89200可以按照比特的顺序将与QC块相对应的比特成功地写入到QC块的比特0 至比特359。另外,组内交织块89200可以循环地移位和写入与QC块相对应的比特。可以通过设计者对其进行改变。

[0993] 特定的操作与上述的相同,并且因此被省略。

[0994] 图103图示根据本发明的实施例的在NUC-1024中的组内交织的读取操作。

[0995] 如在前述中所描述的,在NUC中,组内交织块89200可以使用各个QC块的1比特作为单位执行读取操作。如在本附图中所图示的,组内交织块89200可以对1个比特执行读取操作十次以输出10个比特,并且通过在比特交织器5020之后出现的星座映射器5030,输出的10 个比特可以被映射到一个符号。具体的操作与上述的相同,并且因此被省略。

[0996] 在下文中,将会给出当LDPC码字长度是16200个比特并且调制值是QPSK时执行的比特交织器的操作的描述。

[0997] 图104是图示根据本发明的另一实施例的组内交织参数的表。

[0998] 图104对应于图101的另一示例,并且在图104中图示的表与参考图101描述的表相同,不同之处在于,当调制类型是QPSK时经历组内交织的QC块的数目被另外提供。具体的描述与在上面描述的相同,并且因此被省略。

[0999] 图105图示根据本发明的另一实施例的剩余的QC块操作。

[1000] 图105对应于在图10的中间图示的剩余的QC块的另一示例,并且图示当LDPC码字长度是16200个比特并且QC块的大小是360个比特时剩余的QC块。

[1001] 如在前述中所描述的,当与各个调制中的内部组相对应的QC块被收集时,没有被包括在任何内部组中的QC块可以存在。

[1002] 如在此附图中所图示的,在NUC-256中,根据图104的表,八个QC块被收集以形成一个内部组。当LDPC码字长度是16200个比特时,总共45($=16200/360$)个QC块被生成。因此,当QC块的数目被除以 8时,五个内部组被生成。在这样的情况下,虽然总共40个QC块可以被包括在五个内部组中,但是五个剩余的QC块没有被包括在任何内部组中从而变成剩余的QC块。

[1003] 在这样的情况下,如在图98的底部所图示的,根据本实施例的组内交织块89200可

以按照比特的顺序成功地读取五个QC块的比特,并且将比特发送到星座映射器5030。其详细描述与上面描述的相同,并且因此被省略。

[1004] 在下文中,将会给出对其应用密度演进的比特交织的描述。

[1005] 如在前述中所描述的,根据本实施例的比特交织器5020可以被定位在数据FEC编码器5010和星座映射器5030之间,以执行扩展数据 FEC编码器5010的输出比特的功能,和防止多边缘的符号通过比特扭曲(交织)被产生的功能。多边缘的符号(或者多边缘符号)对应于被连接到一个校验节点的比特当中的两个或者更多个比特被收集以形成一个符号的情况。当多边缘的符号存在时,在删除信道(erasure channel)上的LDPC解码性能可能被降低。在传统的陆地广播系统中,列扭曲方案被应用以执行交织,以便于防止多边缘的符号在发送端被发送,并且确定当在比特交织之后通过解复用将比特映射到QAM符号时交织的比特被连接到的调制比特(QAM的LSB或者MSB)的可靠性。

[1006] 因此,传统的陆地广播系统问题在于,在LDPC比特和与其连接的调制比特之间的连接关系随着解复用图案(或者解复用图案)而变化,这影响LDPC解码性能。另外,传统的陆地广播系统问题在于,解复用图案被固定到调制阶值或者调制阶值的两倍的值,并且因此由于受限的调制阶而限制其情况。

[1007] 在这一点上,为了克服传统的陆地广播系统的限制,本发明提出通过使用密度演进获得最佳分布(在缓冲器中的块和比特之间的连接)具有优异的性能的比特交织。

[1008] 图106是图示根据本发明的另一实施例的比特交织器的框图。

[1009] 在图106中图示的比特交织器对应于上述比特交织器5020的另一示例,并且可以包括缓冲器写入块101100和循环移位操作和缓冲器读取块102000。如在前述中所描述的,本发明提出一种比特交织器,能够防止使用通过在使用密度演进获得的SNR阈值方面的最佳分布而实现的比特交织方案生成多边缘的符号。

[1010] 本发明的发射器或者发射装置可以在使用LDPC编码信息的值(可变节点度分布和校验节点度分布)和各个调制比特的互信息(或者比特方面的能力)借助于密度演进执行比特交织之后,获得各个调制比特的LDPC可变节点的分布。换言之,根据本实施例的分布可以被定义为具有相同度的可变节点的集合,其被称为根据本发明的实施例的度简档。这可以通过设计者进行改变。

[1011] 在此附图中图示的比特交织器可以被设计为保持与度简档相对应的连接,并且因此在接收端处确保LDPC解码的性能。

[1012] 在图106中图示的比特交织器对应于上述比特交织器5020的另一示例,并且可以包括缓冲器写入块101100和循环移位操作和缓冲器读取块101200。在下文中,将会描述各个块。

[1013] 缓冲器写入块101100可以根据密度演进的结果将用于交织的比特写入到缓冲器。在这样的情况下,缓冲器写入块101100可以执行对于各个分布的写入。其后,循环移位操作和缓冲器读取块101200可以循环地移位写入的比特并且然后执行对于各个分布的读取使得多边缘的符号没有被生成。

[1014] 根据本实施例的比特交织器使用要经历交织的LDPC信息和星座的互信息,并且因此可以基于各个调制和编码依赖性地设计。

[1015] 图107对应于根据本发明的实施例的通过密度演进获得度简档的过程的等式。

[1016] 如在图105的第一块中所描述的,根据本发明的实施例的发射器可以计算对于各个调制比特的比特级能力(互信息)。

[1017] 其后,如在图105的第二块中所描述的,根据本发明的实施例的发射器可以将比特级能力转换成噪声方差。

[1018] 其后,如在图105的第二块中所描述的,根据本发明的实施例的发射器可以通过使用密度演进优化对于各个调制比特的分布。

[1019] 图108图示根据本发明的实施例的度简档。

[1020] 在此附图中图示的矩阵L对应于作为根据本实施例的密度演进的结果的度简档。索引j指的是调制的比特索引,并且索引i指的是关联于LDPC变量节点度的类型的索引。用于索引i和索引j的相应的值的 L_{ij} 的总和是1,其对应于所有节点的一部分。另外,在列方向中的总和m对应于相对应的节点与所有节点的比率,并且在行方向中的总和对应于符号的各个比特与调制的比率。在16-QAM中,一个MSB和一个LSB在I和Q方向中分别存在,并且因此在此行方向中的总和是与1/4 相对应的0.25。其后,可以通过将矩阵L乘以整个LDPC长度获得节点的实际数目。

[1021] 图109图示根据本发明的另一实施例的比特交织和比特解交织。

[1022] 图109图示当码字长度是24K并且调制类型是QAM-16时的比特交织和比特解交织。

[1023] 具体地,在附图的左侧图示了在被表达为块的缓冲器上执行比特交织的过程,并且在附图的右侧图示了在被表达为块的缓冲器上执行比特解交织的过程。

[1024] 另外,在附图的左侧图示的比特交织对应于下述情况,其中除了用于避免上述多边缘的符号的循环移位以及交织器/解交织器的写入和读取的配置之外,仅执行写入和读取操作。在附图的右侧上图示了与其相对应的比特解交织。

[1025] 在下文中,将会给出通过聚焦于在附图的左侧图示的比特交织的描述。

[1026] 在本发明中,在行方向中的用于比特交织的存储器缓冲器的数目与调制阶相同,并且列的数目与通过将整个码字长度除以调制阶获得的值相同。另外,在本附图中图示的缓冲器的各行对应于调制符号的各个比特,并且各个行可以对应于MSB或者LSB。可以通过参考图106 和图107描述的密度演进获得各个调制比特的最佳可变节点度的数目,并且根据相对应的度值在分布中可以写入各个比特。因此,在缓冲器中以不同颜色着色的块对应于集合,即,具有不同长度的可变节点的分布。另外,第一MSB的可变节点度的比特的数目分别是2、2和2。

[1027] 上述比特交织器或者缓冲器写入块101100可以将输入比特写入到用于各个分布的缓冲器。其后,上述的比特交织器或者循环移位操作和缓冲器读取块101200可以在列方向中读取缓冲器的四个比特。在这样的情况下,四个比特可以被映射到星座映射器5030中的一个符号。

[1028] 在附图的右侧图示的比特解交织对应于上述比特交织的相反操作,并且包括在列方向中输入比特被连续地写入到解交织存储器的写入和读取操作。在这样的情况下,对于各个分布执行读取操作,并且因此可以恢复在比特交织之前生成的序列。

[1029] 在附图的底部图示了比特交织的输入序列、比特交织的输出序列、比特解交织的输入序列和比特解交织的输出序列。

[1030] 如在附图中所图示的,在比特交织的输入序列中,与连续的附图相对应的比特,

即,比特1、比特2、比特3、……可以被依次写入到各个分布。其后,当执行比特交织时,在列方向中比特1、比特3、比特5以及比特6被依次输出。比特解交织的输入序列与比特交织的输出序列相同,并且比特解交织的输出序列与比特交织的输入序列相同。

[1031] 图110图示根据本发明的实施例的比特交织图案。

[1032] 当一个符号被产生时,如果与LDPC FEC块的奇偶部分相对应的比特被混合,则在删除信道上的性能可以被增强。因此,本发明提出一种比特交织(或者比特交织图案),其能够在通过DPM密度演进产生比特交织图案时生成在其中混合奇偶部分的符号。

[1033] 具体地,本发明确定在密度演进中的符号的各个比特的最佳奇偶部分的数量,并且提出其中可以执行交织使得相应的奇偶部分的部分没有重叠的交织图案。

[1034] 与图109相似,图110图示与其中码字长度是24K并且调制类型是QAM-16的情况相对应的比特交织,并且图示通过密度演进MSB包括两个奇偶部分(低度节点)并且LSB包括一个奇偶部分的情况。

[1035] 在附图的左侧的块图示根据缓冲器中的分布设置的相应的可变节点的部分。如上所述,以不同颜色着色的块对应于集合,即,具有不同程度的可变节点的分布。在左块中的圆圈指示在缓冲器中的奇偶部分部分。

[1036] 在附图的右侧的块图示其中通过交织均匀地分散奇偶部分的情况。在右块中的圆圈指示在缓冲器中均匀地分散的奇偶部分部分。

[1037] 特别地,可以调节比特交织图案使得通过循环移位均匀地分散奇偶部分。另外,根据设计者使用除了循环移位方案之外的方案在符号中可以均匀地分散奇偶部分。其后,根据本实施例的比特交织器可以执行用于去除多边缘的符号的写入配置搜索和/或循环移位。下面将会给出具体的描述。

[1038] 在下文中,将会给出根据本发明的实施例的写入配置的描述。

[1039] 如在前述中所描述的,根据本实施例的比特交织器可以写入用于各个分布的输入比特。在这样的情况下,比特交织器可以在QAM的符号中根据MSB或者LSB中写入输入比特。这可以被称为写入配置。根据本实施例的比特交织器可以从多个写入配置当中选择一个写入配置,并且根据所选择的写入配置写入对应的比特。

[1040] 图111图示根据本发明的实施例的写入配置。

[1041] 如在前述中所描述的,当对于与MSB和LSB相对应的相应行具有相同特定度的节点的数目(分布)被确定时,根据本实施例的比特交织器可以基于该确定将比特写入到缓冲器。因此,可以基于MSB和LSB中的每一个的比特的特定数目确定根据本实施例的写入配置。

[1042] 在图111的顶部的曲线图图示在可变节点(Dv)和可变节点的分布之间的关系。在附图的右侧的框图示16-QAM的写入配置和64-QAM的写入配置。

[1043] 图111的底部的块是图示当从16-QAM的多个写入配置当中选择LMML作为高度可变节点配置时的写入顺序的示例。

[1044] 结果,写入配置指示在比特和MSB和LSM之间的连接。此具体的连接影响LDPC解码或者接收器的性能,并且因此根据本实施例的比特交织器可以基于码率和各个调制的组合通过选择适当的配置执行交织的写入操作。

[1045] 具体地,当从在附图中图示的16-QAM的写入配置当中选择MMLL时,比特1至10可

以被连接到MSB1,在对应的分布中,比特 11至20可以被连接到MSB2,并且比特21至25和比特26至30可以分别被连接到LSB1和LSB2。

[1046] 另外,当从在附图中图示的16-QAM的写入配置当中选择MML 时,在对应的分布中,比特1至10可以被连接到MSB1,比特11至 15可以被连接到LSB1,并且比特16至25和比特25至30可以分别被连接到MSB2和LSB4。

[1047] 根据本实施例的写入配置可以在其中相应的可变节点被包括的区域(分布)之间被不同地设置,并且通过将该区域确定为通过细分 M1M2L1L2的四个区域获得的M1-1、M1-2、M2-1、M2-2、L1-1、L1-2、L2-1、L2-2等等被设置。这可以通过设计者进行改变。

[1048] 图112图示根据本发明的实施例的循环移位操作。

[1049] 如在前述中所描述的,多边缘的符号是降低对删除信道的LDPC 解码性能的主要因素,并且因此需要执行比特交织使得多边缘的符号没有被产生。

[1050] 在附图的左侧的块图示在循环移位之后执行的写入操作,并且在附图的右侧的块图示在循环移位之后执行的读取操作。

[1051] 在下文中,假定与附图的左侧块中图示的圆圈相对应的比特4和比特11是相同校验节点中的比特并且可以产生多边缘的符号。

[1052] 根据本实施例的比特交织器或者循环移位操作和缓冲器读取块 101200可以检测是否使用给定的矩阵H和比特交织图案生成多边缘的符号。

[1053] 在这样的情况下,根据本实施例的比特交织器或者循环移位操作和缓冲器读取块 101200可以识别用于移位对应的比特的循环移位因子。其后,根据本实施例的比特交织器或者循环移位操作和缓冲器读取块101200可以通过使用所选择的循环移位因子执行相对应的比特的行式循环移位重新配置缓冲器存储器值,并且然后执行读取操作。通过此过程,能够防止多边缘的符号被生成。

[1054] 循环移位因子在本实施例中是 $[0 \ 0 \ 1 \ 0]$,并且被用于避免总共六($=24/4$)个符号的多边缘符号的产生。如在附图中所图示的,第一、第二以及第四行没有被移位并且根据所选择的循环移位因子仅第三行在向右方向中被移位。根据设计者的意图可以顺时针或者逆时针地执行循环移位。

[1055] 当在比特交织中执行循环移位操作时,在比特解交织的写入操作之后可以执行与比特交织的循环移位的反方向相对应的循环移位操作。

[1056] 在下文中,将会给出使用QC块作为单位应用参考图104至图111 描述的比特交织的情况的描述。

[1057] 图113图示根据本发明的实施例的具有QC级别的比特交织。

[1058] 如在前述中所描述的,具有QC形式的LDPC编码可以被用于使接收器能够执行并行解码。

[1059] 在QC LDPC编码中,以一个QC形式(或者QC块)包括的比特具有相同的连接性并且被连接到校验节点相同的次数(具有相同的可变节点度)。因此,比特交织器可以使用QC块作为单位(或者QC级别)替代使用比特作为单位执行写入操作。这意指在相同的QC中的各个比特能够被连接到相同的级别(例如,MSB或者LSB)。

[1060] 附图的块图示经历使用QC块作为单位的比特交织的缓冲器。在附图中图示的各个QC块的编号指示与各个QC相对应的比特的集合。具体地,3QC指示被包括在第三QC块中的比

特的集合。当QC块具有 360的大小时,360个比特可以被包括在块中。

[1061] 当根据本实施例的比特交织器在列方向中读取写入的QC块时,比特交织器可以将读取的QC块输出到星座映射器5030。被包括在输出的QC块中的比特可以生成最终的符号。

[1062] 另外,根据在QC块的总数目和调制阶之间的关系,使用 $1/2$ QC 块作为单位可以设计比特交织器。这可以通过设计者进行改变。

[1063] 图114图示根据本发明的实施例的具有QC级别和比特级别的循环移位操作。

[1064] 图114对应于参考图112描述的循环移位操作的另一示例。

[1065] 根据本发明的实施例的循环移位操作也可以被适配于QC级别比特交织。在这样的情况下,具有QC级别的循环移位因子不能够避免整个多边缘的符号。因此具有比特级的循环移位可以被适配于各个QC 块。

[1066] 在附图的顶部的块是指示经历使用如上所述的QC块作为单位的比特交织的缓冲器的块。在块上的圆圈指示其中可以生成多边缘的符号的QC块。在这样的情况下,如在附图中所图示的,可以使用QC块作为单位(或者QC级别)在第三行上执行循环移位。

[1067] 在附图的中间中的块是指示经历使用QC块作为单位执行循环移位的缓冲器的块。在块上的圆圈指示即使当使用QC块作为单位执行循环移位时生成多边缘的符号的情况。在这样的情况下,在12个QC块中使用比特作为单位(或者比特级)执行循环移位。

[1068] 在附图的底部的块是指示经历使用比特作为单位执行的循环移位的缓冲器的块。在此附图中图示的块12QC' 指示被经历使用比特作为单位的循环移位的块12QC。

[1069] 根据设计者的意图可以顺时针或者逆时针地执行使用QC块作为单位的循环移位和使用比特作为单位的循环移位。

[1070] 图115图示根据本发明的实施例的用于均匀地分散奇偶部分的循环移位操作。

[1071] 如上所述,对于删除信道,根据本发明的实施例的发射器或者比特交织器能够均匀地分散奇偶部分,并且然后根据本发明的实施例的发射器或者比特交织器可以操作写入配置搜索以决定被优化的可变节点位置。然而,其能够造成多边缘的符号。

[1072] 在这样的情况下,根据本发明的实施例的发射器或者根据本发明的实施例的比特交织器能够在没有奇偶部分的情况下执行简单的循环移位操作。通过使用此操作,发射器或者比特交织器能够避免多边缘的符号。

[1073] 根据本实施例的比特交织器可以均匀地分散参考图110描述的奇偶部分,通过参考图111描述的写入配置搜索确定最佳可变节点的位置,并且然后验证是否多边缘的符号被生成。在这样的情况下,当多边缘的符号被产生时,根据图112和参考图112描述的方案应用循环移位时均匀分散的奇偶部分可能不被均匀地分散。因此,本发明提出将循环移位仅应用于除了奇偶部分之外的剩余可变节点的方案。以这样的方式,能够保持均匀分散的奇偶部分的分布,并且防止多边缘的符号在比特交织之后被产生。

[1074] 在附图的左侧的块是指示与其中除了奇偶部分之外执行循环移位的情况相对应的缓冲器的块,并且附图的右侧的块是指示在循环移位被执行之后的缓冲器的块。

[1075] 在附图的左侧块上的圆圈指示在多边缘的符号中产生的比特。在这样的情况下,根据本实施例的比特交织器可以通过选择适当的循环移位因子执行循环移位。在附图的左块中,循环移位操作被逆时针地应用于第三行和第四行。

[1076] 在这样的情况下,被包括在第三行和第四行中的比特21和比特 22对应于奇偶部

分。

[1077] 因此,如在附图的右块中所图示的,根据本发明的实施例的比特交织器不可以对比特21和比特22执行循环移位操作,并且仅对剩余的比特执行循环移位操作。在这样的情况下,与比特21和比特22 相同的颜色着色的比特对应于奇偶部分,并且因此没有产生多边缘的符号同时保持均匀分散的奇偶部分的分布。

[1078] 图116是图示根据本发明的另一实施例的解映射&解码模块9020 的框图。

[1079] 图116是参考图99描述的解映射&解码模块9020的另一示例。如在前述中所描述的,解映射&解码模块9020可以执行参考图1描述的BICM块1010的相反操作。

[1080] 如在本附图中所描述的,根据本发明的另一实施例的解映射&解码模块可以包括信元/时间解交织器块、解调器、比特解交织器111000 以及LDPC/BCH解码器。除了比特解交织器111000之外,块可以执行与参考图99描述的相同的操作,并且因此其具体描述被省略。

[1081] 比特解交织器111000是参考图99描述的比特解交织器92200的另一示例,并且可以包括缓冲器写入和循环逆移位操作块111100和使用DE结果的缓冲器读取块111200。另外,比特解交织器111000可以执行参考图106至图115描述的比特交织的相反操作。其具体的描述被省略。

[1082] 图117图示根据本发明的实施例的DE结果和关联于DE结果的缓冲器。

[1083] 具体地,在附图的顶部图示了与调制类型是QAM-256并且码率是 $3/4$ 的情况相对应的DE结果,并且在附图的底部图示了关联于DE结果的缓冲器。

[1084] 在附图的顶部图示的表可以被称为度简档。当调制类型是 QAM-256并且码率是 $3/4$ 时,三种类型的可变节点,即,具有8度的可变节点、具有3度的可变节点、以及具有2或者1度的可变节点(具有1度的节点对应于具有2度的节点)可以存在。在附图的顶部的表格图示在各个可变节点和256QAM符号的各个比特(MSB,LSB)之间的连接。

[1085] 如在附图的顶部的右侧所图示的,当确定用于具有3度的可变节点和2度的可变节点的写入配置时,根据本实施例的比特交织器可以基于写入配置和DE结果将各个比特写入缓冲器。

[1086] 在附图的底部图示的块指示当比特被写入到缓冲器时获得的结果。根据本实施例的比特交织器可以读取在列方向中被写入到缓冲器的比特,并且最终输出比特。在这样的情况下,输出的比特可以被依次连接到与M1 M2 A1 A2 A3 A4 L1 L2 QAM比特相对应的位置。

[1087] 图118是图示根据本发明的实施例的符号的比特错误率(BER) 和快错误率(BLER) 结果的曲线图。

[1088] 具体地,图118是图示当经过加性高斯白噪声(AWGN) 信道的、对其应用上述比特交织的符号被解调,并且然后通过解交织被LDPC 解码时获得的BER和BLER的曲线图。

[1089] 图119是图示根据本发明的实施例的用于发送广播信号的方法的流程图。

[1090] 根据本发明的实施例的用于发送广播信号的装置(或者发射器) 能够编码服务数据(S114000)。如上所述,通过作为承载服务数据或者有关元数据的物理层中的逻辑信道的数据管道发送服务数据,其可以承载一个或者多个服务或者服务组件。在数据管道上承载的数据能够被称为DP数据或者服务数据。步骤S114000的详细过程如在图1 或者图5-图6、图22、图30-图80中描述的。

[1091] 根据本发明的实施例的用于发送广播信号的装置能够比特交织被编码的服务数据。比特交织被设计为当提供有效可实现的结构时通过 LDPC编码和调制方案的组合实现被优化的性能。LDPC编码器的输出被比特交织,其是由奇偶交织、之后是准循环块(QCB)交织和组内交织组成的。比特交织的详细过程如在图94-图118中所述。

[1092] 根据本发明的实施例的用于发送广播信号的装置能够构建包括被编码的服务数据的至少一个信号帧(S114010)。此步骤的详细过程如在图7和图10-图21中所述。

[1093] 随后,根据本发明的实施例的用于发送广播信号的装置能够通过 OFDM(正交频分复用)方案在被构建的至少一个信号帧中调制数据(S114020)。此步骤的详细过程如在图1或者图8中所述。

[1094] 根据本发明的实施例的用于发送广播信号的装置能够发送包括被调制的数据的广播信号(S114030)。此步骤的详细过程如在图1或者图8中所述。

[1095] 图120是图示根据本发明的实施例的用于接收广播信号的方法的流程图。

[1096] 在图120中示出的流程图对应于根据本发明的实施例的广播信号传输方法的相反过程,如参考图119所描述的。

[1097] 根据本发明的实施例的用于接收广播信号的装置(或者接收器)能够接收广播信号(S115000)。

[1098] 根据本发明的实施例的用于接收广播信号的装置能够使用OFDM(正交频分复用)方案解调接收到的广播信号(S115010)。详情如在图9中所描述的。

[1099] 根据本发明的实施例的用于接收广播信号的装置能够从被解调的广播信号解析至少一个信号帧(S115020)。详情如在图9中所描述的。在这样的情况下,根据本发明的实施例的用于接收广播信号的装置能够执行作为比特交织的逆处理的比特解交织。比特交织的详细过程如在图94-图119中所描述的。

[1100] 随后,根据本发明的实施例的用于接收广播信号的装置能够在被解析的至少一个信号帧中解码数据以输出服务数据(S115030)。详情如在图1、图5-图6、图9、图22以及图30-图80中描述的。

[1101] 如上所述,通过数据管道发送服务数据,该数据管道在承载服务数据或者有关元数据的物理层中是逻辑信道,其可以承载一个或者多个服务或者服务组件。在数据管道上承载的数据能够被称为DP数据或者服务数据。

[1102] 在此,将会描述根据码字长度、调制类型和码率指示比特交织图案的比特交织图案表。如上所述,比特交织图案对于调制类型和LDPC码率的各个组合来说是唯一的。比特交织图案能够被称为QCB交织图案。

[1103] 各个QCB交织图案表指示根据至少一个指定的码率在QCB交织(组式交织)输出和QCB交织(组式交织)输入之间的关系。如上所述,LDPC编码的输出能够被划分成180个QC块,并且各个QC块可以被表示为0-179的编号。然后,当LDPC码字长度是64800时,0-359比特能够对应于第0个QC块并且360-719比特能够对应于第1QC块。

[1104] 根据特定的码率各个表的第一列示出QCB交织(组式交织)输出的顺序并且另一列中的每一个示出QCB交织(组式交织)输入的顺序。

[1105] 在本发明中,由于空间的缺乏导致QCB交织图案表被表示为数个表。

[1106] 表41和表42表示当调制类型是NUC 16并且码字长度是16K时的QCB交织图案表。

[1107] [表41]

码率	6/15	7/15	9/15	11/15	13/15
组式 交织器 输入的第 j个块	组式 交织器 输入的第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的第 $\pi(j)$ 块
0	12	19	4	2	12
1	13	3	6	4	7
2	15	32	19	41	20
3	30	38	2	8	43
4	27	16	5	13	29
5	25	17	30	7	13
6	11	29	20	0	32
7	34	33	11	24	30
8	9	14	22	3	25
9	4	10	12	22	0
10	31	6	15	5	17
11	22	2	0	32	18
12	6	20	36	10	9
13	32	15	37	9	1
14	7	40	38	36	41
15	21	39	39	37	42
16	17	12	26	29	6
17	3	22	14	11	33
18	1	23	34	25	28
19	26	34	35	16	14
20	10	31	16	20	16
21	33	13	13	21	11
22	19	44	18	35	39
23	2	43	42	34	40
24	18	36	7	15	15
25	5	24	10	1	4
26	28	37	25	6	23
27	35	42	43	14	5
28	8	0	40	27	2

[1108] [表42]

[1110]

29	16	9	17	30	24
30	29	4	41	33	22
31	23	21	24	12	38
32	14	5	33	17	10
33	0	35	31	28	8
34	20	26	23	23	19
35	24	41	32	40	34
36	36	7	21	26	26
37	37	28	3	31	36
38	38	11	27	38	37
39	39	25	28	39	27
40	40	8	8	18	21
41	41	18	9	19	31
42	42	1	29	42	3
43	43	30	1	43	35
44	44	27	44	44	44

[1111] 表43和表44表示当调制类型是NUC 64并且码率长度是16K时 QCB交织图案表。

[1112] [表43]

码率	6/15	7/15	9/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块
0	31	2	21
1	12	14	5
2	39	10	43
3	32	0	38
4	30	37	40
5	24	42	1
6	28	38	3
7	15	40	17
8	38	24	11
9	23	29	37
10	27	28	10
11	41	35	41
12	0	18	9
13	6	16	15
14	17	20	25
15	37	27	44
16	42	41	14
17	20	30	27
18	11	15	7
19	4	19	18
20	40	9	20
21	2	43	35
22	3	25	16
23	26	3	0
24	10	6	6
25	7	7	19
26	13	31	8
27	25	32	22
28	1	26	29

[1113]

[1114] [表44]

[1115]

29	18	36	28
30	8	17	34
31	5	1	31
32	14	13	33
33	36	5	30
34	35	39	32
35	38	33	42
36	22	4	13
37	9	8	4
38	44	23	24
39	16	22	26
40	34	11	36
41	19	34	2
42	21	44	23
43	29	12	12
44	43	21	39

[1116] 表45和表46表示当调制类型是NUC 256并且码率长度是16K时 QCB交织图案表。

[1117] [表45]

[1118]

码率	6/15	11/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块
0	17	8
1	13	13
2	25	0
3	24	11
4	14	9
5	21	4
6	1	36
7	37	37
8	2	16
9	3	3
10	11	10
11	22	14
12	18	24
13	5	20
14	10	33
15	23	34
16	12	25
17	4	2
18	26	21
19	16	31
20	38	12
21	36	19
22	33	7
23	39	5
24	0	27
25	6	23
26	7	26
27	31	1
28	32	18

[1119] [表46]

[1120]

29	34	22
30	27	35
31	35	6
32	15	32
33	9	30
34	30	28
35	28	15
36	19	29
37	8	17
38	20	39
39	29	38
40	40	40
41	41	41
42	42	42
43	43	43
44	44	44

[1121] 表47和表48表示当调制类型是QPSK并且码率长度是16K时 QCB交织图案表。

[1122] [表47]

[1123]

码率	6/15	7/15	9/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块
0	7	3	0
1	4	7	1
2	0	1	2
3	5	4	3
4	27	18	4
5	30	21	5
6	25	22	6
7	13	6	7
8	31	9	8
9	9	5	9
10	34	17	10
11	10	14	11
12	17	13	12
13	11	15	13
14	8	10	14
15	12	20	15
16	15	8	16
17	16	19	17
18	18	16	18
19	19	12	19
20	20	0	20
21	21	11	21
22	22	2	22
23	23	23	23
24	1	24	24
25	35	25	25
26	24	26	26
27	29	27	27
28	33	28	28

[1124] [表48]

[1125]

29	6	29	29
30	26	30	30
31	14	31	31
32	32	32	32
33	28	33	33
34	2	34	34
35	3	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44

[1126] 表49-表54表示当调制类型是NUC16并且码字长度是64K时QCB 交织图案表。

[1127] [表49]

[1128]

码率	5/15	8/15	9/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块
0	129	71	23
1	65	81	89
2	160	170	10
3	140	101	142
4	32	143	19
5	50	77	41
6	162	128	1
7	86	112	146
8	177	155	68
9	57	41	87
10	157	40	9
11	9	54	51
12	134	57	114
13	104	28	92
14	24	179	121
15	7	114	69
16	122	97	107
17	46	13	97
18	17	18	166
19	77	151	162
20	31	91	55
21	92	88	174
22	163	79	126
23	148	92	149
24	133	137	110
25	99	27	128
26	18	122	172
27	0	107	28
28	167	135	111

[1129] [表50]

[1130]

29	101	82	78
30	110	125	82
31	135	103	120
32	124	74	71
33	71	36	52
34	107	9	5
35	5	93	141
36	123	0	29
37	69	86	30
38	108	63	132
39	141	158	148
40	179	148	72
41	96	25	85
42	113	167	17
43	83	116	160
44	176	70	156
45	52	43	154
46	117	102	131
47	81	106	164
48	125	149	65
49	59	24	76
50	15	169	125
51	137	113	50
52	170	127	16
53	63	34	130
54	112	165	129
55	88	100	143
56	34	136	133
57	61	75	98
58	106	134	0
59	3	156	42
60	42	96	63
61	100	84	83
62	152	178	173

[1131] [表51]

[1132]

63	87	150	49
64	171	140	74
65	72	20	43
66	161	126	8
67	4	73	147
68	178	68	61
69	64	130	36
70	150	121	167
71	10	48	119
72	128	53	27
73	49	22	86
74	26	129	102
75	75	99	48
76	41	11	115
77	102	33	99
78	28	124	38
79	2	157	163
80	168	161	73
81	93	29	101
82	156	123	4
83	12	160	153
84	38	55	118
85	45	26	90
86	151	168	124
87	142	98	151
88	44	67	66
89	66	15	93
90	25	7	123
91	139	94	157
92	173	144	24
93	51	1	44
94	29	61	168
95	147	65	80
96	175	146	15
97	90	42	39

[1133] [表52]

[1134]

98	164	172	178
99	80	115	45
100	131	59	21
101	58	76	37
102	114	4	11
103	145	162	136
104	121	39	113
105	70	85	77
106	115	12	122
107	146	72	158
108	120	58	64
109	55	44	81
110	158	132	6
111	8	47	60
112	39	141	54
113	97	35	35
114	159	176	13
115	138	104	57
116	33	139	171
117	47	80	100
118	116	6	117
119	79	95	46
120	174	87	62
121	74	90	33
122	21	173	175
123	6	163	137
124	130	69	59
125	54	32	103
126	109	8	127
127	76	154	70
128	35	145	108
129	98	23	88
130	155	177	179

[1135] [表53]

[1136]

131	144	111	40
132	36	60	112
133	94	38	104
134	23	171	170
135	78	62	140
136	165	46	67
137	56	21	32
138	154	5	105
139	89	153	159
140	132	49	26
141	67	78	96
142	119	2	169
143	143	109	135
144	40	147	109
145	53	89	47
146	20	166	177
147	136	152	56
148	172	138	116
149	91	31	79
150	27	14	106
151	13	131	150
152	127	50	25
153	73	37	94
154	105	16	134
155	85	117	152
156	30	66	22
157	103	19	84
158	19	10	176
159	84	159	139
160	37	142	20
161	48	105	34
162	153	3	165
163	11	164	138
164	166	51	7

[1137] [表54]

[1138]

165	60	83	91
166	111	174	12
167	14	108	145
168	169	52	58
169	95	17	95
170	118	64	2
171	1	119	144
172	126	45	53
173	68	133	75
174	22	175	14
175	149	110	155
176	43	56	18
177	62	30	31
178	16	120	3
179	82	118	161

[1139] 表55-60表示当调制类型是NUC 64并且码字长度是64K时QCB 交织图案表。

[1140] [表55]

[1141]

码率	7/15	9/15	10/15	13/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块
0	103	175	16	146
1	36	60	163	91
2	155	133	92	63
3	175	11	56	144
4	52	5	111	46
5	130	4	141	12
6	16	70	65	58
7	178	97	118	137
8	141	131	78	25
9	86	80	55	79
10	49	42	5	70
11	129	136	148	33
12	73	50	19	134
13	84	104	153	148
14	142	32	75	66
15	177	75	128	38
16	110	176	32	163
17	8	87	178	118
18	96	109	22	139
19	77	61	156	130
20	139	39	99	72
21	167	107	124	92
22	109	0	4	160
23	2	172	168	23
24	17	23	20	133
25	37	90	115	153
26	146	54	87	128
27	169	160	122	86
28	54	48	9	152

[1142] [表56]

[1143]

29	134	173	166	106
30	101	27	27	53
31	78	100	155	93
32	135	129	94	61
33	70	14	134	5
34	153	7	38	158
35	6	142	137	172
36	29	20	67	121
37	41	103	161	135
38	143	38	90	44
39	63	126	127	149
40	47	157	43	168
41	124	144	171	0
42	90	21	64	124
43	31	64	162	143
44	152	44	98	27
45	98	79	133	30
46	59	105	34	151
47	133	146	138	114
48	15	49	73	113
49	79	93	154	43
50	164	1	100	138
51	67	84	58	89
52	50	81	103	159
53	128	145	169	17
54	23	18	23	120
55	34	15	117	136
56	154	106	88	102
57	69	91	50	81
58	45	12	13	170
59	9	169	175	176
60	27	63	68	142
61	35	71	39	104
62	156	125	102	21

[1144] [表57]

[1145]

63	170	37	54	78
64	113	120	37	155
65	127	138	149	8
66	102	17	29	52
67	82	113	150	95
68	149	31	104	62
69	176	130	59	40
70	46	140	3	174
71	13	8	139	6
72	22	25	69	131
73	30	74	110	48
74	163	134	77	18
75	60	115	131	1
76	114	9	42	179
77	11	171	142	34
78	92	46	25	123
79	44	68	158	77
80	157	33	80	26
81	74	116	47	84
82	48	2	35	157
83	132	179	143	85
84	24	52	72	56
85	87	92	151	147
86	140	36	84	67
87	66	78	57	76
88	118	164	8	162
89	123	177	176	10
90	104	24	61	51
91	89	72	46	103
92	136	122	41	140
93	64	118	51	87
94	107	162	10	175
95	14	121	173	115
96	99	16	63	4
97	43	73	107	101

[1146] [表58]

[1147]

98	115	45	125	69
99	71	53	48	80
100	117	77	11	169
101	12	110	177	75
102	26	30	24	49
103	38	66	30	97
104	147	29	91	154
105	62	76	76	83
106	57	158	109	14
107	131	148	140	2
108	94	111	74	132
109	33	94	114	96
110	151	43	82	16
111	172	83	120	37
112	116	139	1	166
113	10	10	79	109
114	25	56	66	54
115	75	98	119	42
116	144	114	93	28
117	179	117	159	32
118	51	152	86	171
119	120	174	174	119
120	20	47	26	55
121	80	62	112	94
122	160	128	101	65
123	174	85	123	20
124	106	155	44	165
125	1	178	145	3
126	21	26	60	47
127	88	96	157	90
128	137	41	97	117
129	61	82	45	88
130	105	150	33	177

[1148] [表59]

[1149]

131	5	143	167	11
132	18	58	70	59
133	32	69	152	68
134	158	127	85	73
135	72	86	126	41
136	56	13	40	150
137	125	141	135	111
138	28	35	62	127
139	42	101	108	100
140	161	149	95	110
141	168	108	49	31
142	53	3	31	167
143	7	154	147	13
144	100	51	71	122
145	40	95	113	145
146	145	132	89	71
147	171	135	132	22
148	55	163	6	173
149	3	137	144	116
150	95	28	18	126
151	83	102	105	141
152	162	123	83	29
153	173	112	130	39
154	119	151	2	178
155	126	167	172	57
156	91	59	17	125
157	39	19	164	36
158	150	156	81	19
159	165	119	52	7
160	112	153	7	156
161	122	168	179	107
162	93	55	28	9
163	76	65	160	98
164	138	34	136	74

[1150] [表60]

[1151]

165	166	6	121	45
166	108	159	14	161
167	121	170	146	112
168	97	57	15	50
169	81	67	106	99
170	148	40	86	24
171	65	89	129	35
172	111	147	12	164
173	4	165	170	64
174	19	22	21	129
175	85	99	116	15
176	159	124	96	60
177	68	88	53	82
178	58	161	0	108
179	0	166	165	105

[1152] 表61-67表示当调制类型是NUC 256并且码字长度是64K时QCB 交织图案表。

[1153] [表61]

[1154]

码率	5/15	6/15	7/15	8/15	10/15	11/15	13/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入 第 $\pi(j)$ 块
0	39	99	24	85	45	27	59
1	45	100	357	3	31	68	85
2	128	15	0	148	67	35	108
3	84	107	43	161	35	117	128
4	143	54	326	96	159	138	49
5	148	76	372	99	157	83	91
6	2	153	335	154	177	127	163
7	75	174	65	13	2	10	3
8	43	61	32	78	44	60	58
9	50	0	18	160	23	73	16
10	130	36	114	61	73	47	106
11	87	71	42	36	148	115	126
12	137	62	362	21	163	155	74
13	151	137	67	141	118	81	141
14	7	108	304	121	176	170	167
15	71	114	61	115	4	9	35
16	55	65	23	82	14	65	57
17	51	98	11	1	97	66	82
18	133	151	4	59	142	52	30
19	90	19	96	72	37	112	123
20	140	112	363	43	143	150	68
21	149	109	75	135	149	77	95
22	6	152	309	168	179	171	160
23	177	117	58	139	3	161	42
24	37	35	79	46	12	22	62
25	124	93	354	10	32	20	21
26	99	43	3	56	140	39	102
27	83	90	95	67	42	106	131
28	23	154	368	108	167	147	52

[1155] [表62]

[1156]

29	159	73	73	134	166	90	142
30	0	150	103	111	41	126	157
31	176	165	60	105	126	165	10
32	41	23	84	66	13	23	55
33	121	16	148	89	30	16	79
34	96	91	113	137	144	45	24
35	89	5	40	130	57	113	130
36	30	169	164	104	113	154	73
37	161	175	173	143	147	86	92
38	18	120	143	113	173	173	179
39	172	149	49	11	6	158	2
40	60	26	29	84	52	24	61
41	49	59	156	157	24	71	11
42	134	49	7	32	39	40	104
43	104	56	89	73	64	107	122
44	139	156	132	90	80	136	45
45	166	136	179	38	112	94	140
46	14	110	138	117	104	128	159
47	179	80	53	146	174	163	43
48	62	58	85	53	11	31	148
49	48	55	12	2	151	72	19
50	129	40	117	60	71	33	23
51	105	103	36	93	109	101	111
52	146	159	122	91	162	134	76
53	160	83	66	71	79	80	135
54	16	127	107	114	171	175	169
55	174	111	64	19	127	7	39
56	33	155	28	47	46	61	63
57	54	167	147	4	92	19	77
58	132	11	2	26	38	49	25
59	112	52	90	75	132	111	117
60	145	116	131	109	81	135	75
61	150	142	70	41	120	92	94
62	9	133	144	50	100	130	155

[1157] [表63]

[1158]

63	77	1	55	153	1	6	5
64	34	2	26	54	53	62	145
65	117	96	15	163	88	74	14
66	92	77	112	31	76	43	26
67	82	86	35	24	60	116	127
68	136	122	128	106	103	133	46
69	165	6	176	42	139	89	138
70	4	131	106	170	99	129	158
71	67	29	59	62	125	8	38
72	36	51	80	80	48	28	64
73	44	21	19	164	93	15	86
74	101	17	6	65	135	34	105
75	81	45	92	128	161	105	118
76	141	126	129	12	77	146	50
77	156	12	174	142	110	84	137
78	3	3	99	167	107	174	175
79	175	168	62	155	121	4	7
80	58	41	82	88	18	32	144
81	47	30	13	8	95	75	84
82	91	37	121	22	69	44	22
83	102	64	41	131	63	118	113
84	32	164	127	158	83	132	54
85	158	78	71	33	111	96	98
86	13	8	139	178	170	169	172
87	178	118	63	145	7	159	9
88	63	113	25	70	16	58	146
89	118	39	151	9	98	18	17
90	100	48	9	51	141	42	27
91	85	140	39	69	61	100	114
92	26	14	159	102	86	141	51
93	167	60	69	140	116	87	139
94	1	82	142	173	172	131	156
95	173	134	52	147	130	157	37
96	38	25	77	83	49	63	147
97	116	33	21	165	25	11	78

[1159] [表64]

[1160]

98	131	50	119	30	40	48	103
99	107	84	38	126	65	108	115
100	138	28	167	100	87	151	66
101	162	105	178	138	108	79	97
102	8	123	101	171	101	177	168
103	72	145	56	103	5	168	34
104	42	7	87	45	21	26	60
105	115	27	155	159	89	17	83
106	98	34	5	27	75	36	107
107	108	92	91	74	43	102	121
108	24	115	166	97	82	137	48
109	152	147	169	122	146	95	93
110	17	74	146	120	105	122	174
111	171	10	50	16	128	1	33
112	64	68	81	52	17	25	65
113	123	102	20	162	29	21	87
114	94	67	111	132	106	50	99
115	110	63	88	124	34	120	124
116	28	101	165	94	160	153	71
117	147	18	177	133	155	97	136
118	19	66	108	172	175	121	154
119	169	129	47	149	124	0	0
120	61	24	27	86	15	55	150
121	46	4	149	77	28	14	20
122	97	119	115	25	134	46	101
123	106	87	33	68	62	114	112
124	144	42	161	177	119	152	70
125	164	170	72	64	145	91	95
126	5	143	102	174	72	178	170
127	70	121	57	15	10	3	1
128	59	38	86	0	58	30	149
129	53	57	16	125	91	13	80
130	127	95	110	63	74	37	28

[1161] [表65]

[1162]

131	88	148	97	35	36	103	125
132	31	89	123	34	68	145	53
133	153	81	68	40	150	82	90
134	10	158	100	179	8	125	173
135	73	171	48	20	9	166	6
136	66	32	31	44	54	57	153
137	119	22	14	7	26	76	13
138	126	69	8	55	137	51	29
139	111	53	93	28	56	99	116
140	29	130	130	101	165	144	72
141	155	104	170	150	115	85	88
142	15	161	133	110	114	123	165
143	170	75	44	18	0	162	8
144	57	141	78	119	47	56	143
145	120	9	150	5	27	12	12
146	125	47	118	29	22	53	31
147	80	79	94	76	20	119	119
148	142	162	158	107	168	139	47
149	168	146	76	136	154	78	89
150	11	124	134	112	102	179	164
151	68	157	46	144	123	5	40
152	56	70	83	48	50	64	151
153	52	106	152	81	94	70	81
154	95	31	1	57	66	54	109
155	103	132	37	49	33	110	110
156	27	166	160	92	85	148	44
157	154	128	171	95	59	93	134
158	21	138	136	118	164	172	162
159	78	125	54	17	131	164	36
160	40	44	22	156	51	29	152
161	122	13	17	166	90	69	15
162	93	85	116	23	70	38	100
163	86	88	34	129	138	109	129
164	25	135	125	79	84	143	67

[1163] [表66]

[1164]

165	163	144	175	37	117	88	133
166	20	173	105	175	178	124	166
167	79	163	45	152	122	160	41
168	35	20	30	87	19	59	56
169	114	46	153	6	96	67	18
170	135	97	10	58	156	41	32
171	109	94	98	127	55	104	120
172	22	139	124	98	78	149	69
173	157	172	74	123	158	98	132
174	12	72	137	39	169	176	161
175	69	160	51	14	129	2	4
176	65	176	120	116	133	167	177
177	74	177	141	169	152	156	176
178	76	178	140	176	136	140	178
179	113	179	145	151	153	142	171

[1165] 表67-72表示当调制类型是NUC 1K并且码字长度是64K时QCB 交织图案表。

[1166] [表67]

码率	5/15	7/15	9/15	10/15	11/15
组式 交织器 输出的 第j个块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块	组式 交织器 输入的 第 $\pi(j)$ 块
0	128	117	42	100	33
1	4	61	36	22	73
2	162	46	135	60	90
3	8	179	126	121	107
4	77	24	3	407	99
5	29	161	17	44	94
6	91	142	82	164	53
7	44	133	87	170	151
8	176	11	172	176	124
9	107	6	32	101	8
10	149	121	65	88	12
11	1	44	70	26	117
12	150	103	143	35	21
13	9	76	131	4	58
14	119	22	10	21	158
15	99	63	1	173	77
16	71	136	85	140	72
17	124	151	147	145	59
18	104	33	31	175	123
19	41	8	176	174	2
20	62	123	66	81	125
21	5	60	47	28	157
22	118	105	97	72	50
23	50	175	128	112	62
24	174	18	8	132	109
25	54	160	9	106	75
26	111	138	146	42	42
27	40	147	73	56	146
28	156	10	162	151	110

[1167] [表68]

[1169]

29	92	0	164	147	153
30	46	125	57	82	85
31	11	57	64	49	10
32	17	49	139	91	131
33	52	75	91	64	70
34	47	21	5	179	32
35	97	154	110	89	41
36	179	140	150	160	24
37	24	150	83	52	143
38	153	9	18	139	113
39	145	169	27	17	1
40	129	124	48	97	93
41	2	55	45	63	162
42	12	48	133	116	20
43	88	173	132	131	35
44	101	23	111	154	74
45	139	157	124	71	45
46	114	97	89	109	149
47	69	129	78	96	161
48	96	30	177	135	173
49	32	7	19	146	4
50	134	122	46	55	28
51	55	54	50	38	23
52	167	99	102	166	127
53	132	74	103	117	148
54	123	19	122	65	34
55	136	153	4	127	61
56	112	94	74	120	96
57	102	128	161	129	144
58	159	15	175	15	171
59	31	170	34	136	140
60	87	87	60	74	119
61	141	59	58	23	16
62	15	51	136	98	126

[1170] [表69]

[1171]

63	61	80	100	43	39
64	84	111	115	123	40
65	98	64	118	130	57
66	37	137	81	69	165
67	63	146	75	99	106
68	20	13	28	143	172
69	85	2	21	161	139
70	53	83	40	46	81
71	7	62	61	51	47
72	39	45	140	94	164
73	117	176	138	61	92
74	170	108	113	83	63
75	138	71	112	67	105
76	116	91	157	156	108
77	126	131	151	33	170
78	161	34	23	144	3
79	120	168	30	148	135
80	57	82	69	163	101
81	13	56	41	47	121
82	76	102	94	92	68
83	6	72	96	2	6
84	121	26	7	122	111
85	155	155	109	24	65
86	175	92	152	86	147
87	38	132	149	75	150
88	158	31	33	108	122
89	35	166	179	152	7
90	86	119	71	14	84
91	78	36	43	77	46
92	10	101	92	7	22
93	103	178	105	10	103
94	166	113	12	29	86
95	95	67	13	19	169
96	128	98	154	104	134
97	172	152	159	128	44

[1172] [表70]

[1173]

98	67	14	178	142	175
99	30	5	24	1	167
100	177	118	44	79	89
101	73	41	49	107	128
102	151	104	107	162	27
103	169	177	98	0	31
104	163	114	16	118	56
105	23	70	2	66	43
106	108	96	76	54	102
107	43	134	155	153	156
108	81	32	35	141	160
109	157	162	168	9	141
110	58	84	62	85	67
111	105	40	56	37	9
112	65	100	129	32	110
113	26	174	141	114	159
114	122	110	116	53	133
115	135	158	123	134	78
116	146	93	160	41	154
117	72	149	77	158	176
118	142	27	25	178	174
119	34	4	170	138	5
120	133	86	54	76	82
121	0	38	39	50	11
122	148	53	90	78	25
123	89	77	95	84	80
124	168	115	121	172	130
125	60	159	11	48	163
126	109	143	72	133	88
127	83	130	153	168	36
128	18	35	169	125	166
129	27	163	167	13	137
130	131	89	51	169	104

[1174] [表71]

[1175]

131	70	58	67	25	48
132	56	106	104	16	129
133	48	73	134	8	87
134	64	20	0	124	95
135	93	66	117	159	55
136	68	90	79	167	49
137	127	127	80	58	145
138	21	16	26	5	178
139	75	3	29	11	0
140	110	85	37	68	98
141	80	37	55	95	64
142	14	107	99	27	54
143	49	172	142	110	100
144	82	116	108	93	37
145	143	156	114	62	79
146	115	95	86	102	69
147	178	144	88	137	38
148	154	17	166	126	177
149	100	165	163	150	136
150	59	81	59	87	114
151	74	43	63	105	17
152	152	50	101	113	52
153	51	78	93	30	19
154	137	109	119	119	30
155	140	68	15	6	97
156	36	135	144	103	51
157	42	126	145	57	168
158	19	29	165	31	132
159	25	167	22	149	138
160	94	120	52	80	83
161	45	39	53	70	76
162	164	47	130	45	13
163	16	171	137	165	18
164	113	112	125	111	115

[1176] [表72]

[1177]

165	79	69	6	73	71
166	22	141	158	36	91
167	28	145	84	157	179
168	66	28	20	171	112
169	106	1	174	3	155
170	130	88	38	20	15
171	171	42	68	18	14
172	147	52	127	90	26
173	90	79	106	12	60
174	144	25	14	59	29
175	165	65	120	39	116
176	3	139	148	115	66
177	173	148	156	34	120
178	160	12	171	177	142
179	33	164	173	155	152

[1178] 在本说明书中提及设备和方法发明两者,并且设备和方法发明两者的描述彼此互补地可适用。

[1179] 本领域技术人员应该理解,不脱离本发明的精神或者范围可以在本发明中进行各种改进和变化。因此,意在本发明覆盖落在所附权利要求及其等效的范围内提供的本发明的改进和变化。

[1180] 本发明的模式

[1181] 已经以用于实现本发明的最佳模式描述了各种实施例。

[1182] 工业实用性

[1183] 本发明在一系列的广播信号提供领域中是可用的。

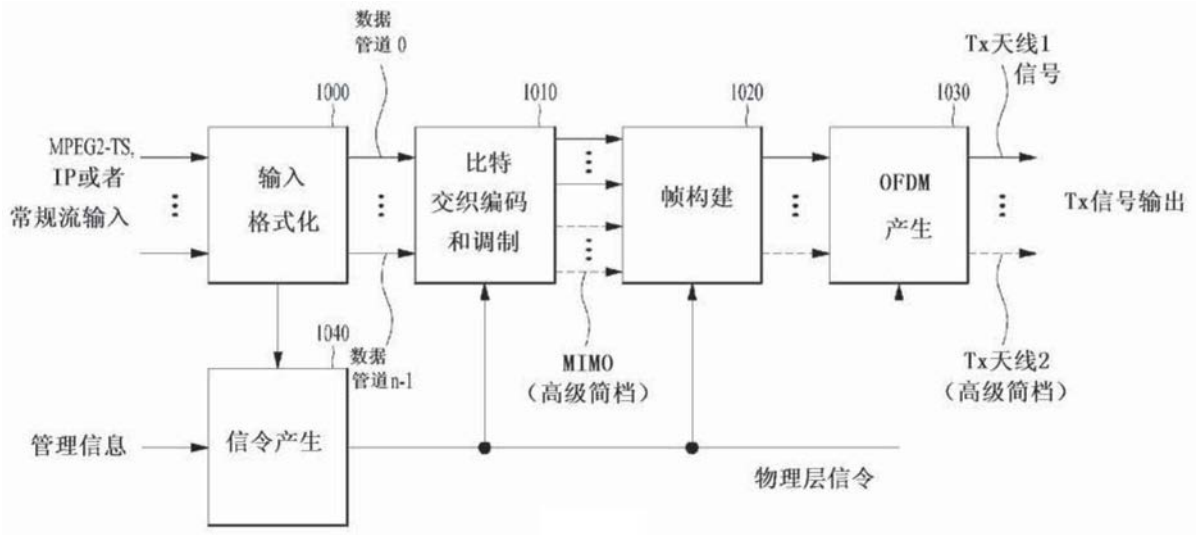


图1

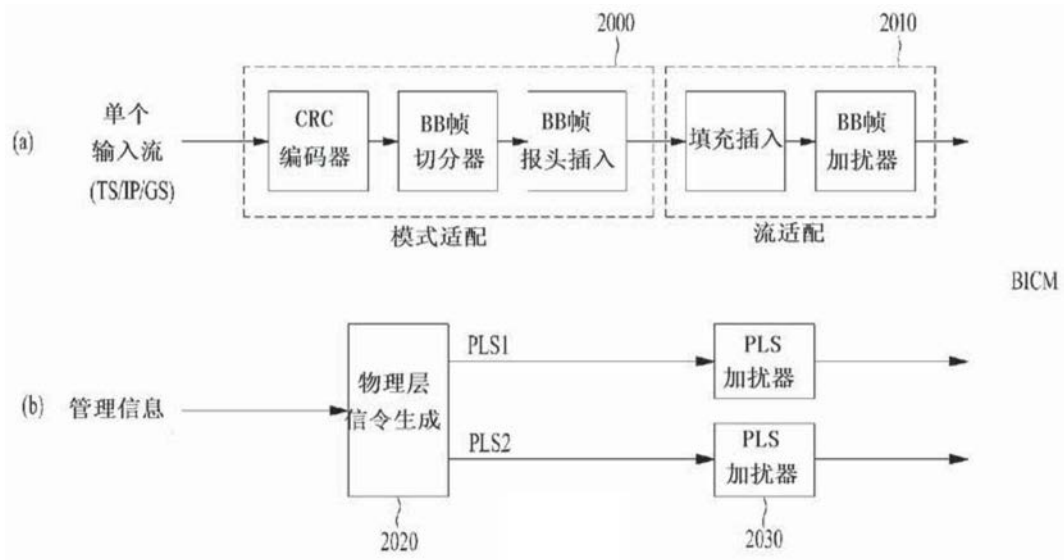


图2

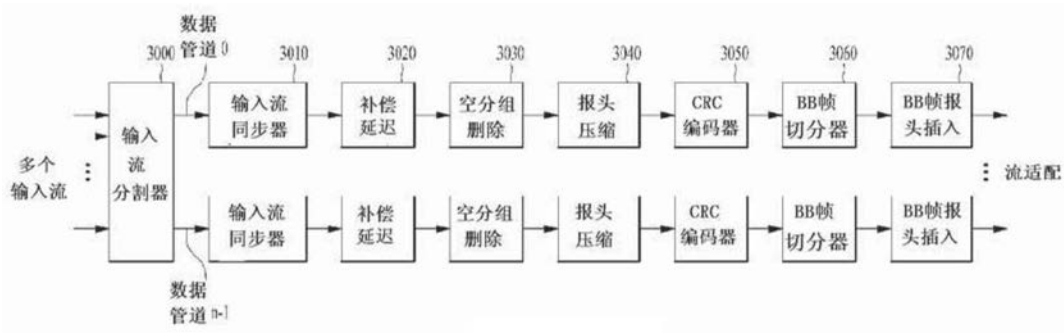


图3

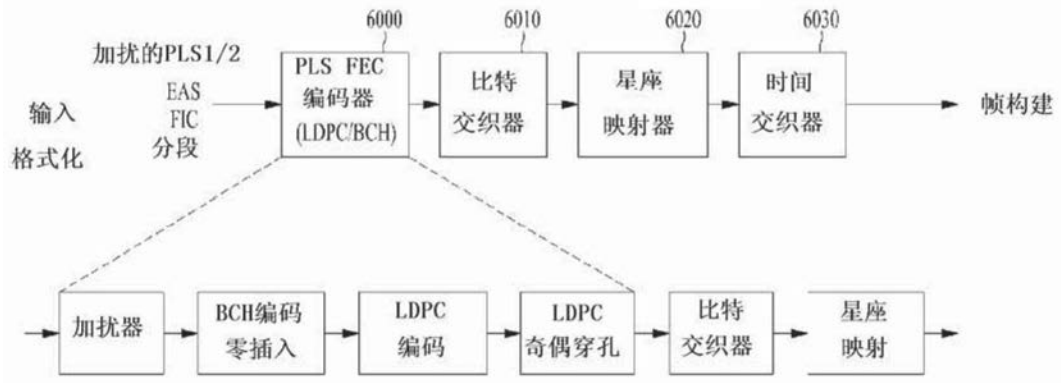


图6

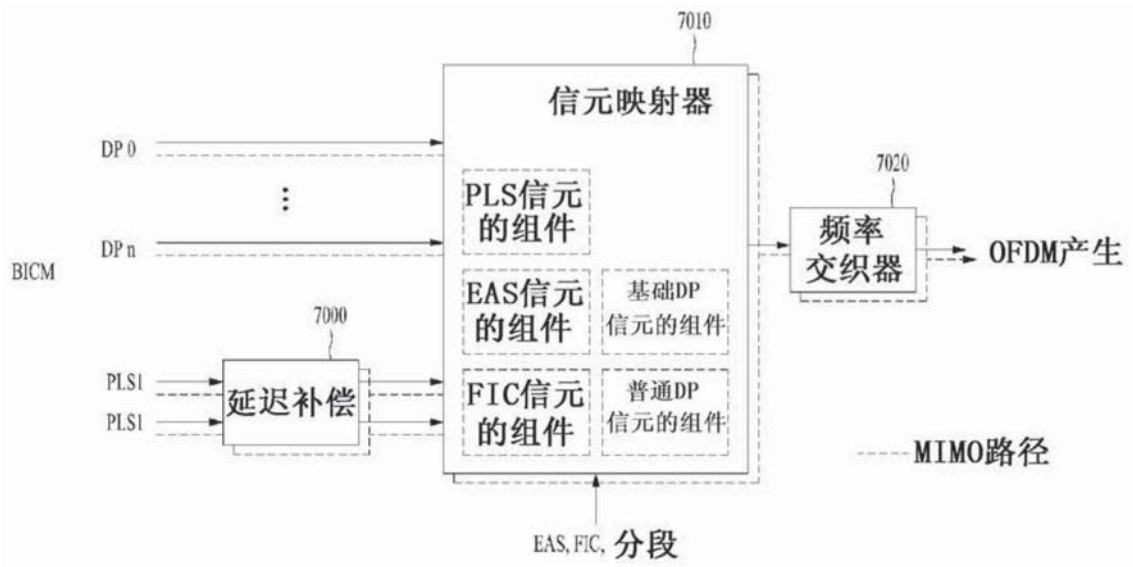


图7

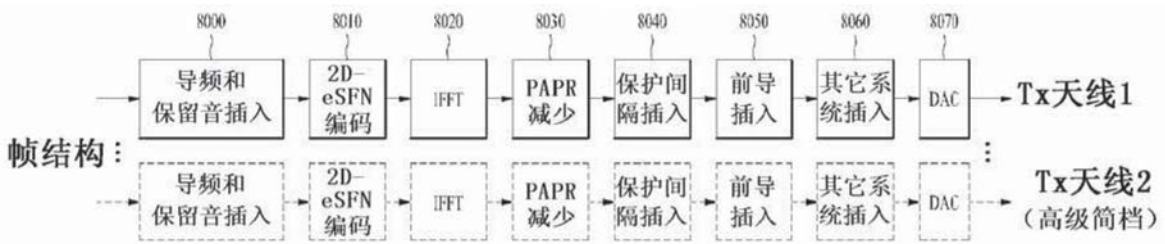


图8

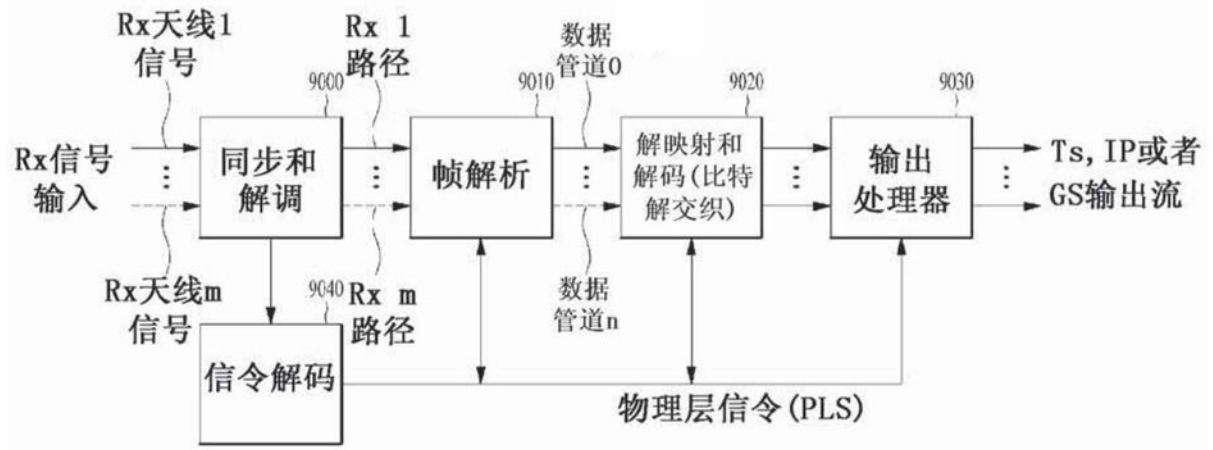


图9

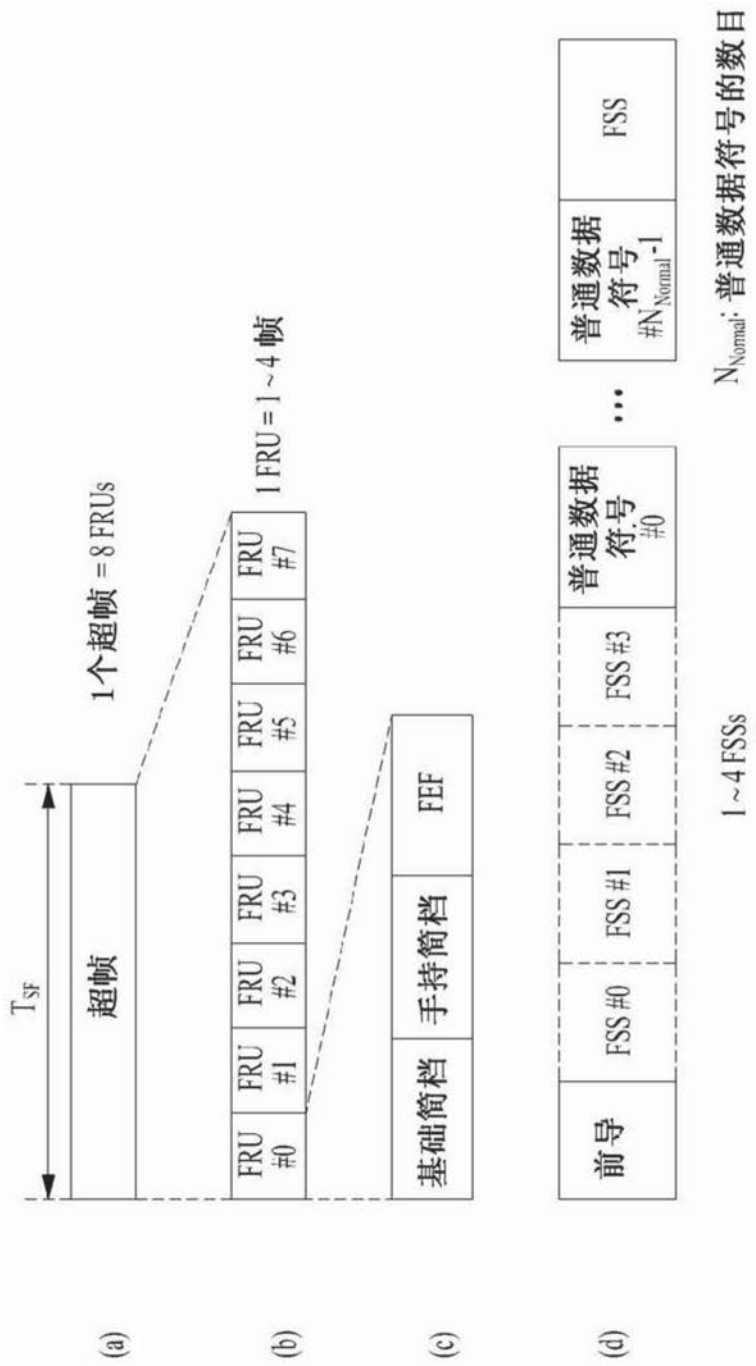


图10

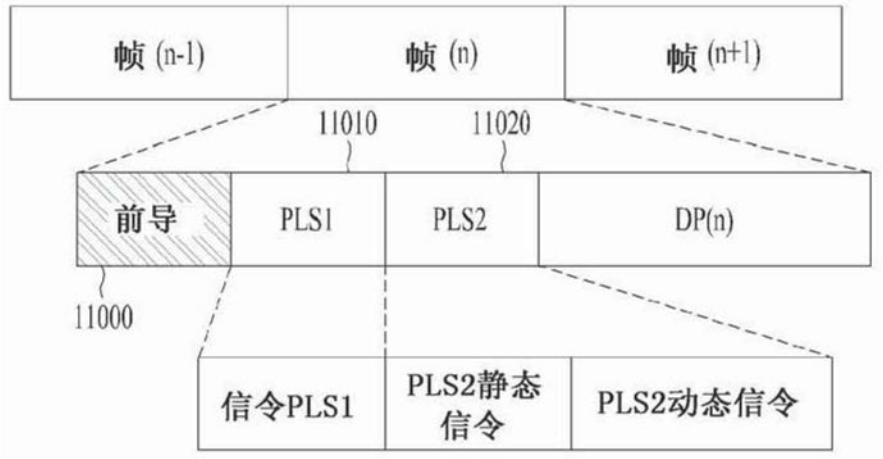


图11

内容	比特
PHY_PROFILE	3
FFT_SIZE	2
GI_FRACTION	3
EAC_FLAG	1
PILOT_MODE	1
PAPR_FLAG	1
FRU_CONFIGURE	3
保留	7

图12

内容	比特
PREAMBLE_DATA	20
NUM_FRAME_FRU	2
PAYLOAD_TYPE	3
NUM_FSS	2
SYSTEM_VERSION	8
CELL_ID	16
NETWORK_ID	16
SYSTEM_ID	16
for i = 0:3	
FRU_PHY_PROFILE	3
FRU_FRAME_LENGTH	2
FRU_GI_FRACTION	3
保留	4
end	
PLS2_FEC_TYPE	2
PLS2_MOD	3
PLS2_SIZE_CELL	15
PLS2_STAT_SIZE_BIT	14
PLS2_SYN_SIZE_BIT	14
PLS2_REP_FLAG	1
PLS2_REP_SIZE_CELL	15
PLS2_NEXT_FEC_TYPE	2
PLS2_NEXT_MODE	3
PLS2_NEXT_REP_FLAG	1
PLS2_NEXT_REP_SIZE_CELL	15
PLS2_NEXT_REP_STAT_SIZE_BIT	14
PLS2_NEXT_REP_DYN_SIZE_BIT	14
PLS2_AP_MODE	2
PLS2_AP_SIZE_CELL	15
PLS2_NEXT_AP_MODE	2
PLS2_NEXT_AP_SIZE_CELL	15
保留	32
CRC 32	32

图13

内容	比特
FIC_FLAG	1
AUX_FLAG	1
NUM_DP	6
for i = 1: NUM_DP	
DP_ID	6
DP_TYPE	3
DP_GROUP_ID	8
BASE_DP_ID	6
DP_FEC_TYPE	2
DP_COD	4
DP_MOD	4
DP_SSD_FLAG	1
if PHY_PROFILE = '010'	
DP_MIMO	3
end	
DP_TI_TYPE	1
DP_TI_LENGTH	2
DP_TI_BYPASS	1
DP_FRAME_INTERVAL	2
DP_FIRST_FRAME_IDX	5
DP_NUM_BLOCK_MAX	10
DP_PAYLOAD_TYPE	2
DP_INBAND_MODE	2
DP_PROTOCOL_TYPE	2
DP_CRC_MODE	2
if DP_PAYLOAD_TYPE == TS('00')	
DNP_MODE	2
ISSY_MODE	2
HC_MODE_TS	2
if HC_MODE_TS == '01' or '10'	
PID	13
end	
if DP_PAYLOAD_TYPE == IP('01')	
HC_MODE_IP	2
end	
保留	8
end	
if FIC_FLAG == 1	
FIC_VERSION	8
FIC_LENGTH_BYTE	13
保留	8
end	
if AUX_FLAG == 1	
NUM_AUX	4
AUX_CONFIG_RFU	8
for i = 1: NUM_AUX	
AUX_STREAM_TYPE	4
AUX_PRIVATE_CONF	28
end	
end	

图14

内容		比特
FRAME_INDEX		5
PLS_CHANGE_COUNTER		4
FIC_CHANGE_COUNTER		4
保留		16
for i = 1: NUM_DP		
	DP_ID	6
	DP_START	15 (或者13)
	DP_NUM_BLOCK	10
end	保留	8
EAC_FLAG		1
EAS_WAKE_UP_VERSION_NUM		8
if EAC_FLAG == 1		
	EAC_LENGTH_BYTE	12
else		
	EAC_COUNTER	12
end		
for i=1:NUM_AUX		
	AUX_PRIVATE_DYN	48
end		
CRC 32		32

图15



图16

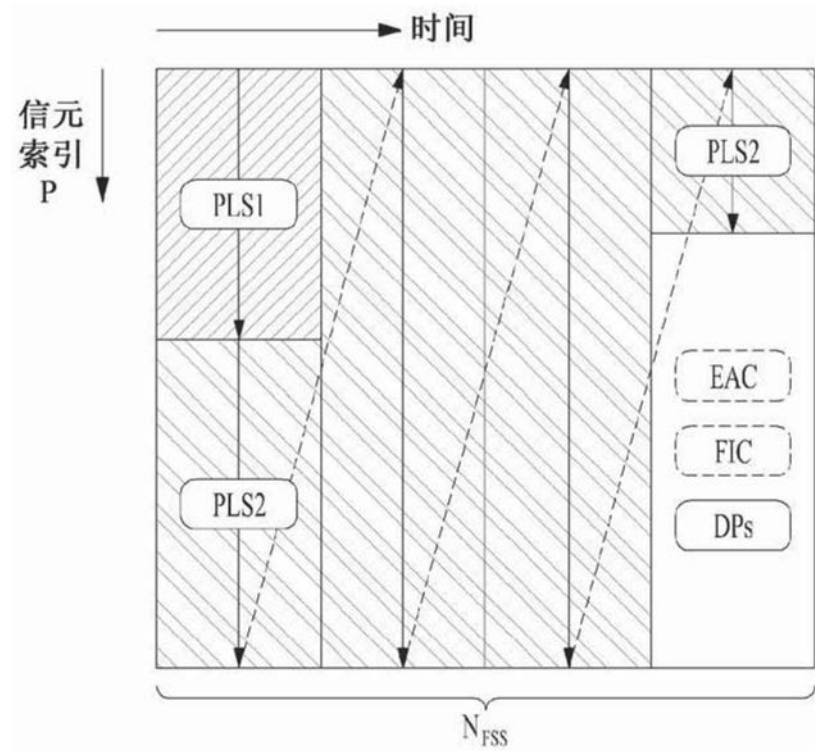


图17

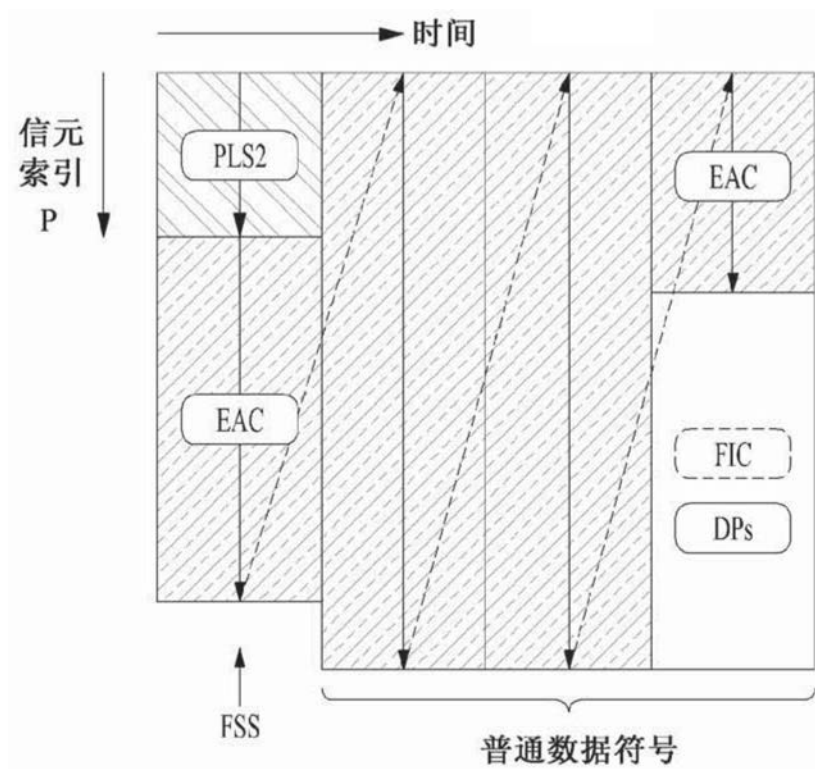


图18

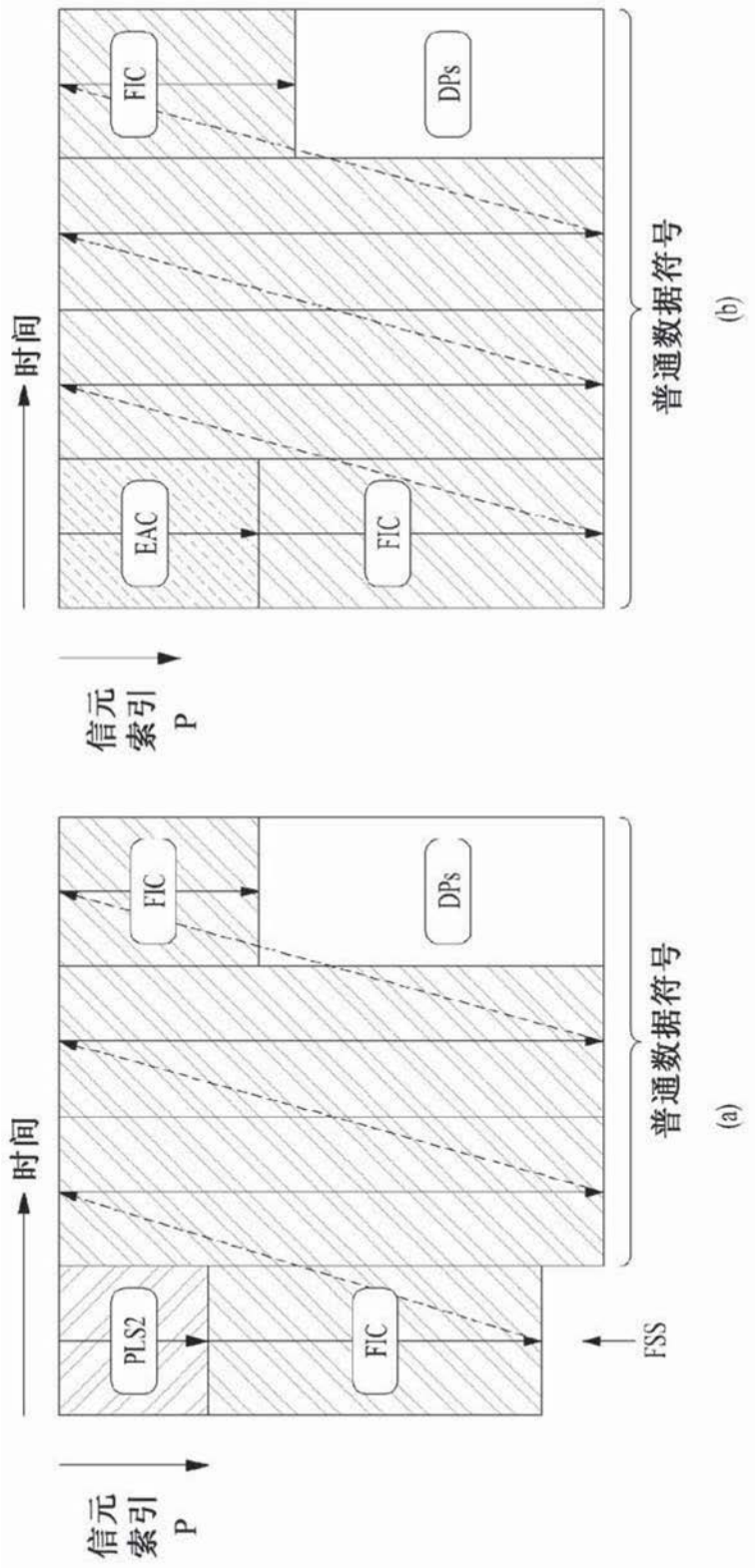


图19

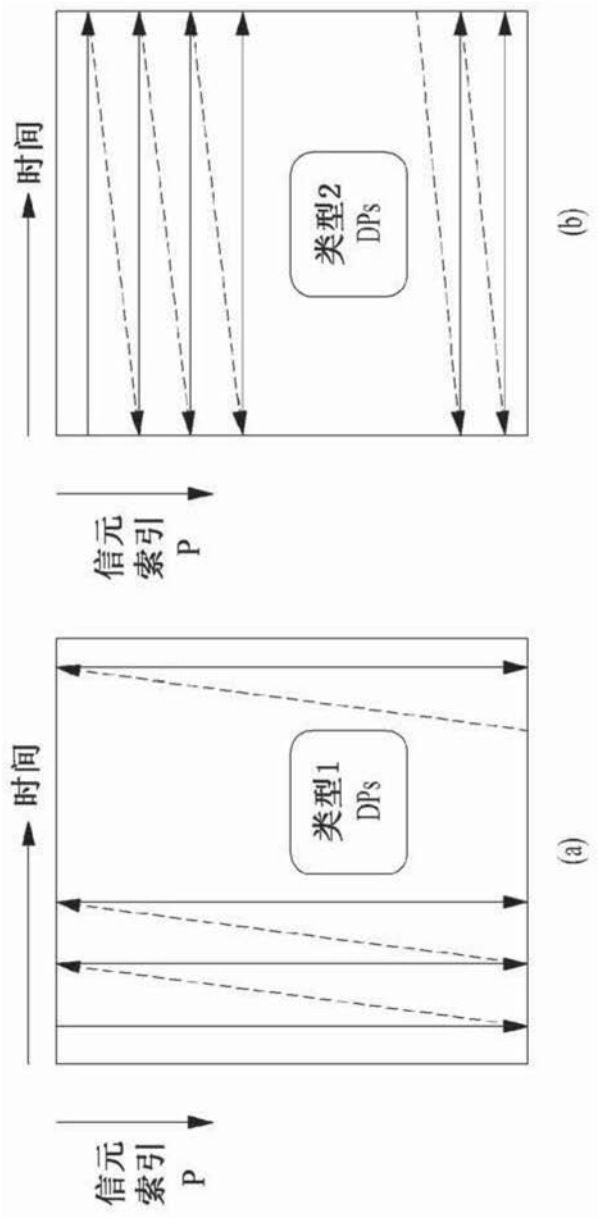


图20

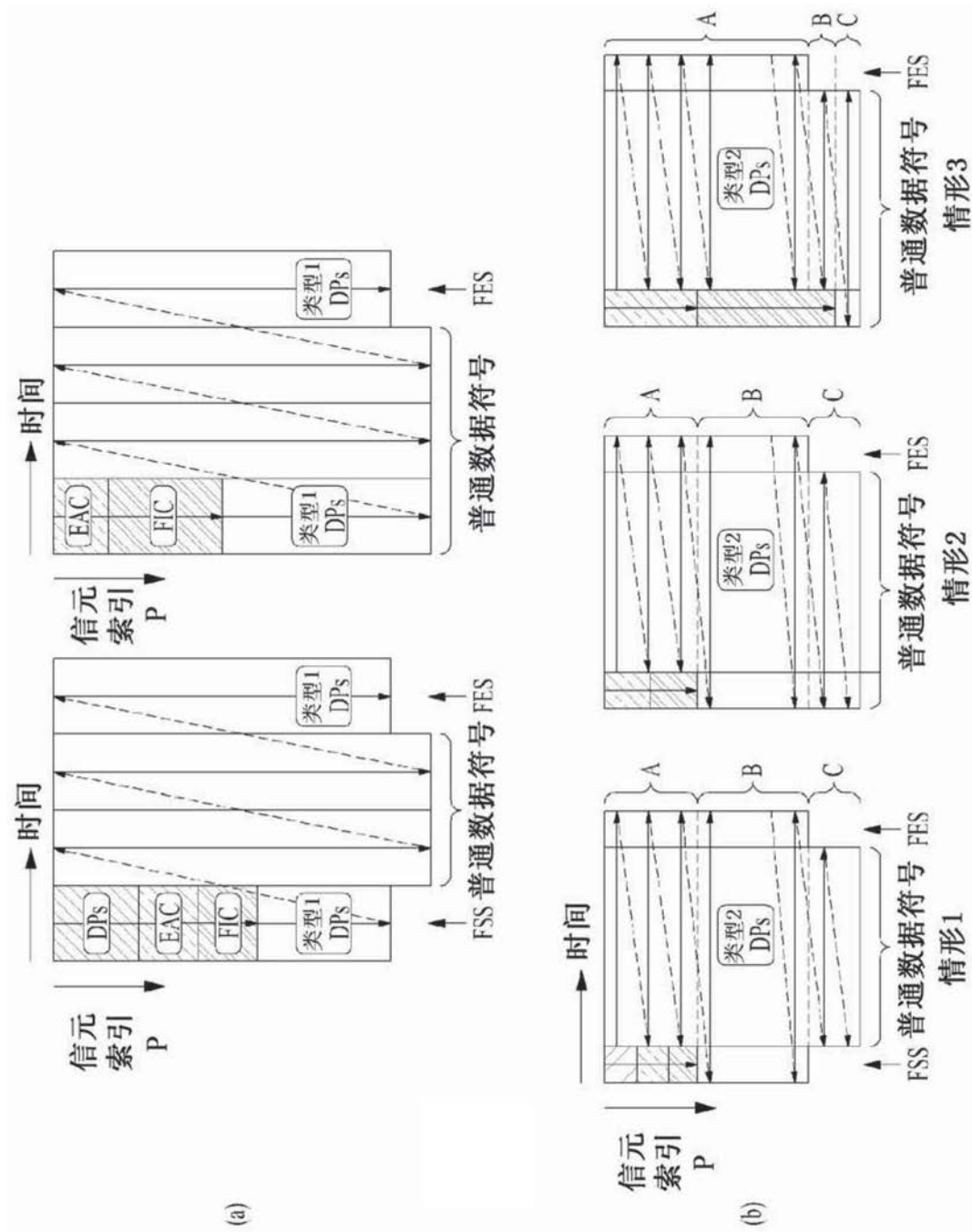


图21

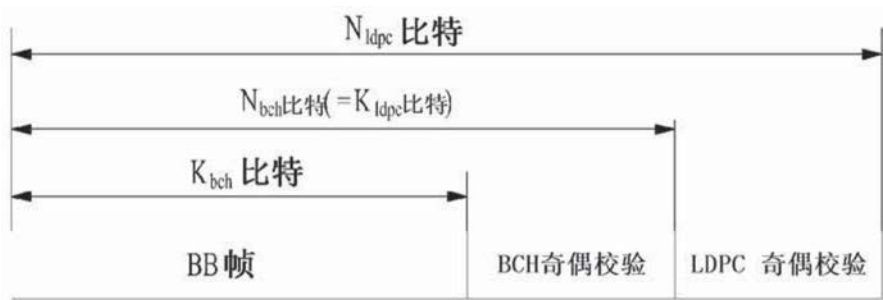


图22

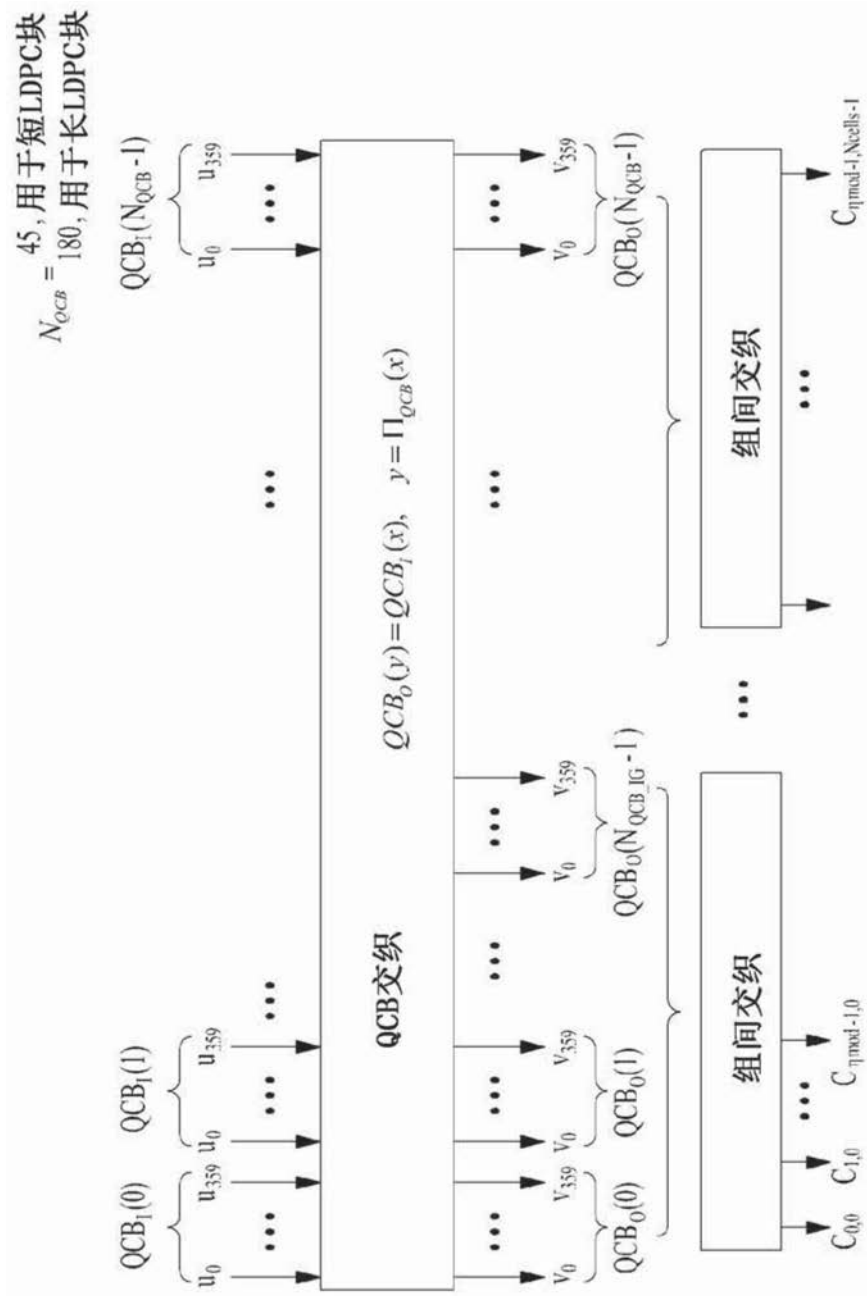


图23

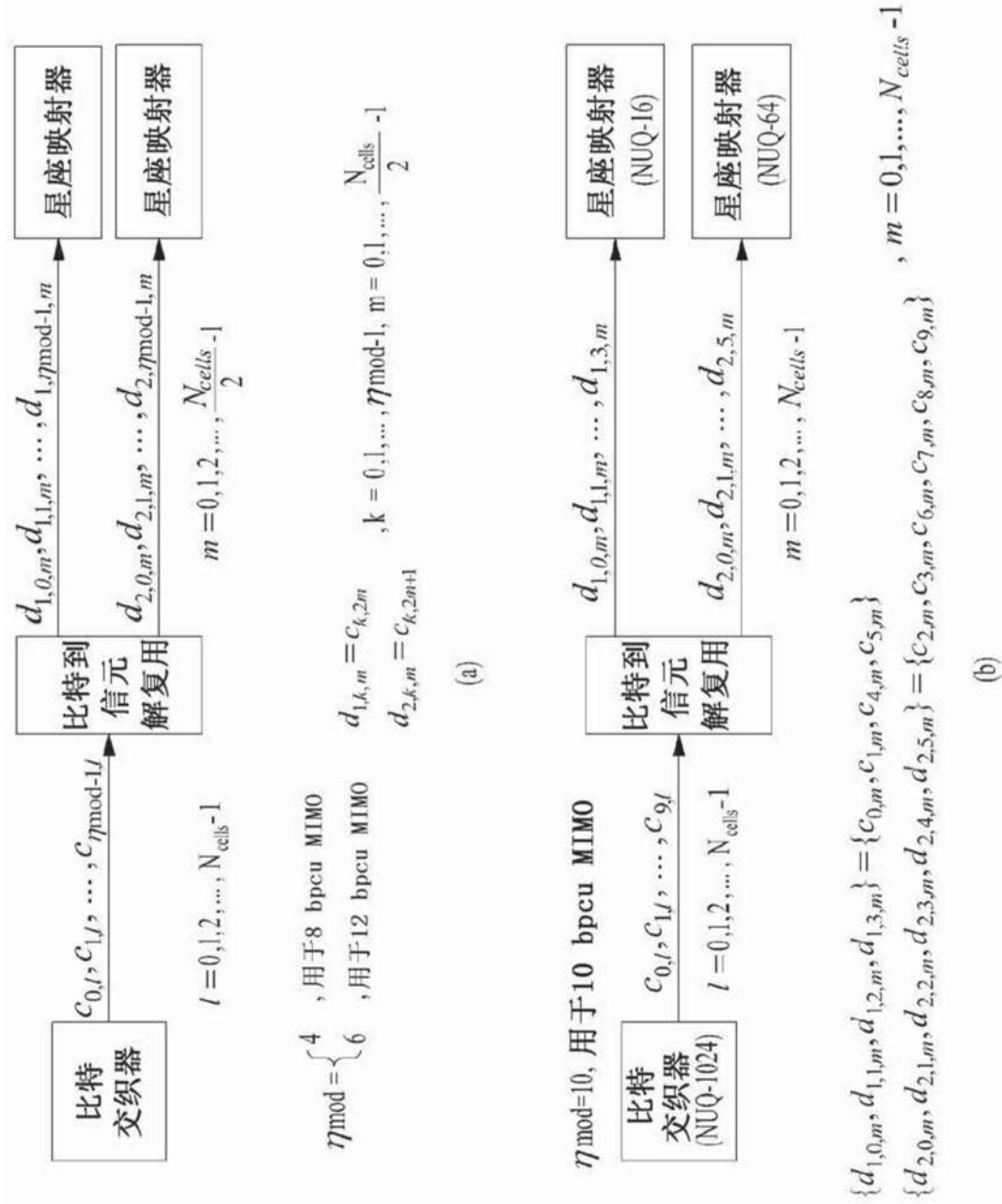


图24

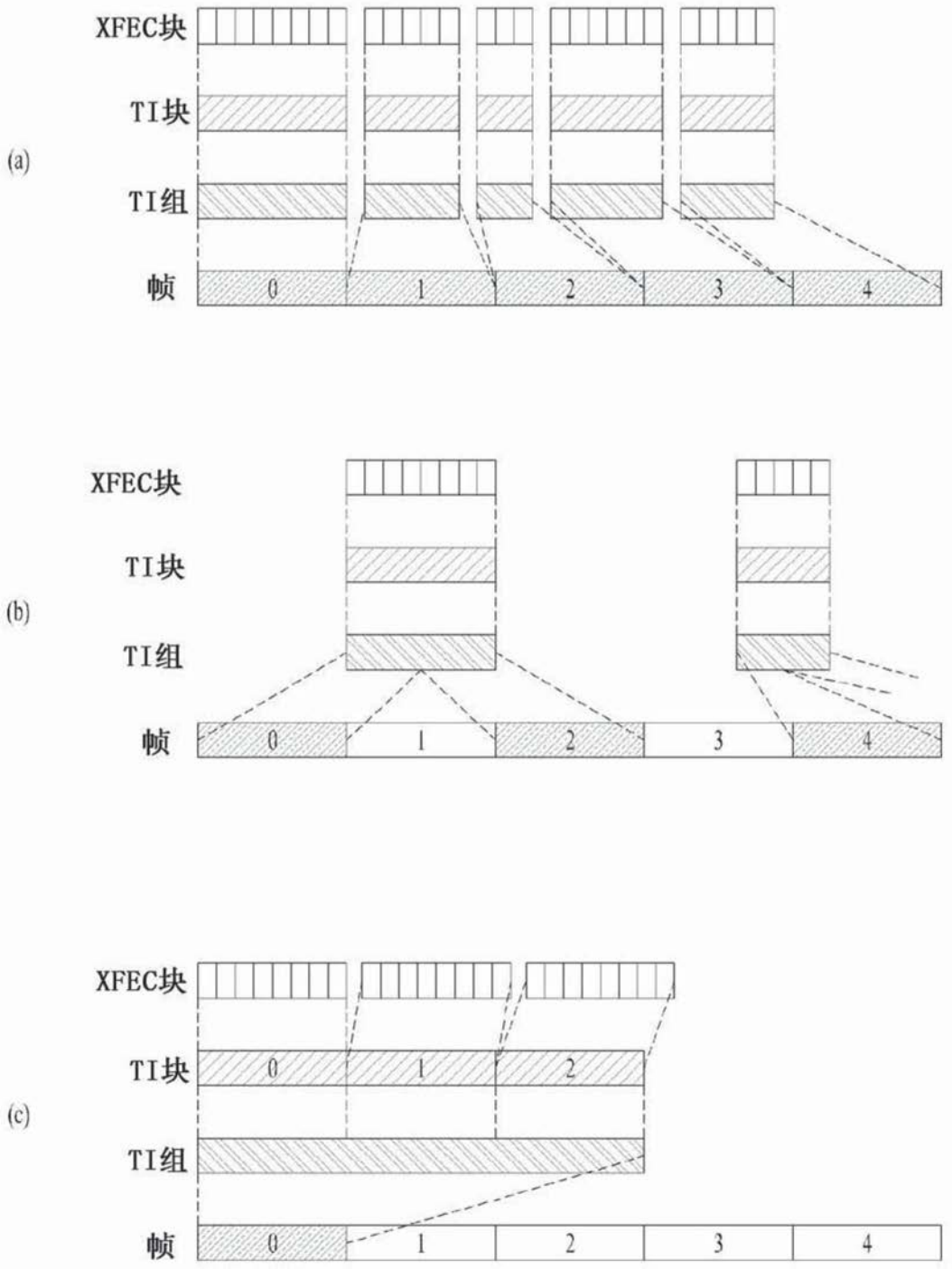


图25

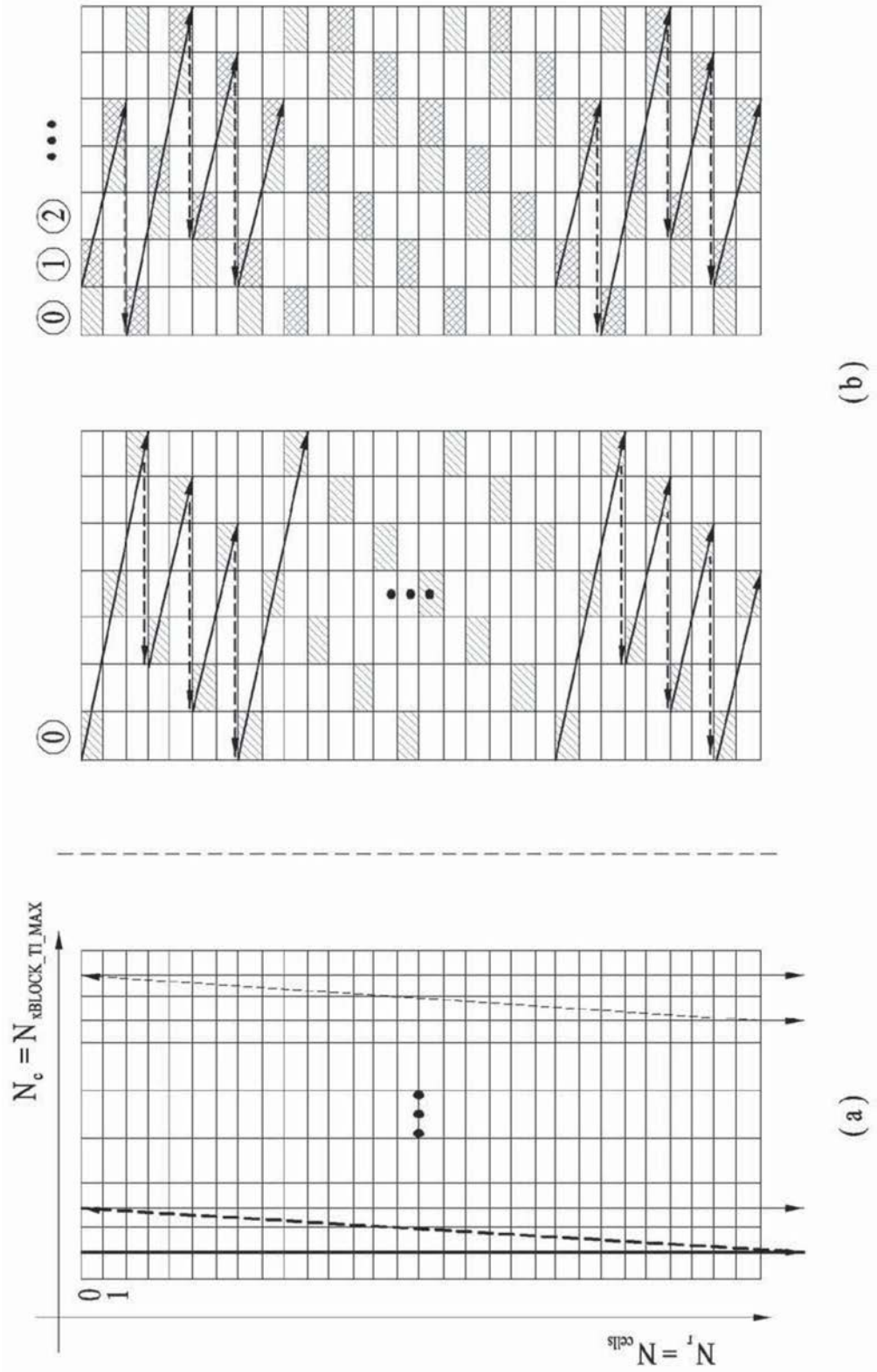


图26

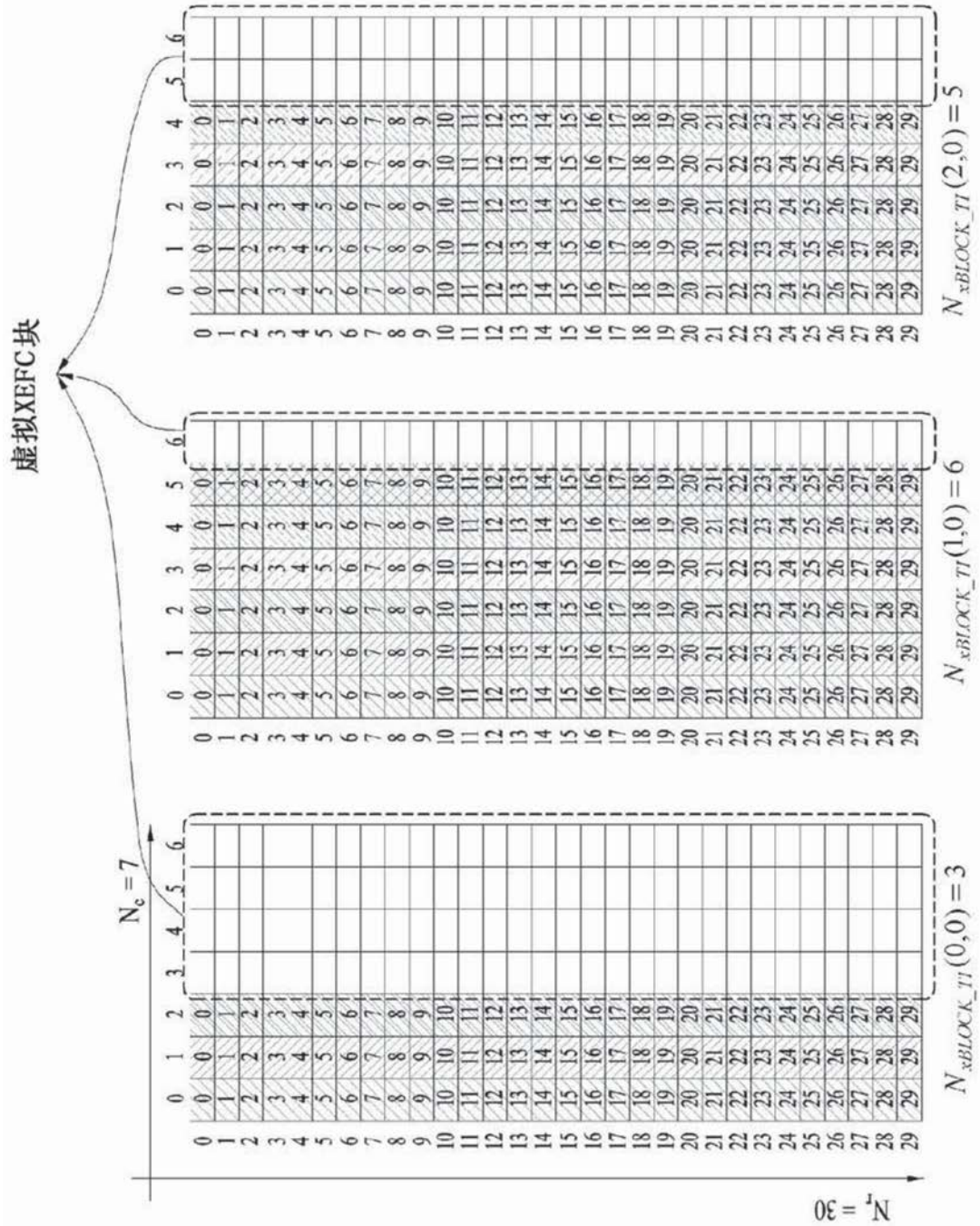


图27

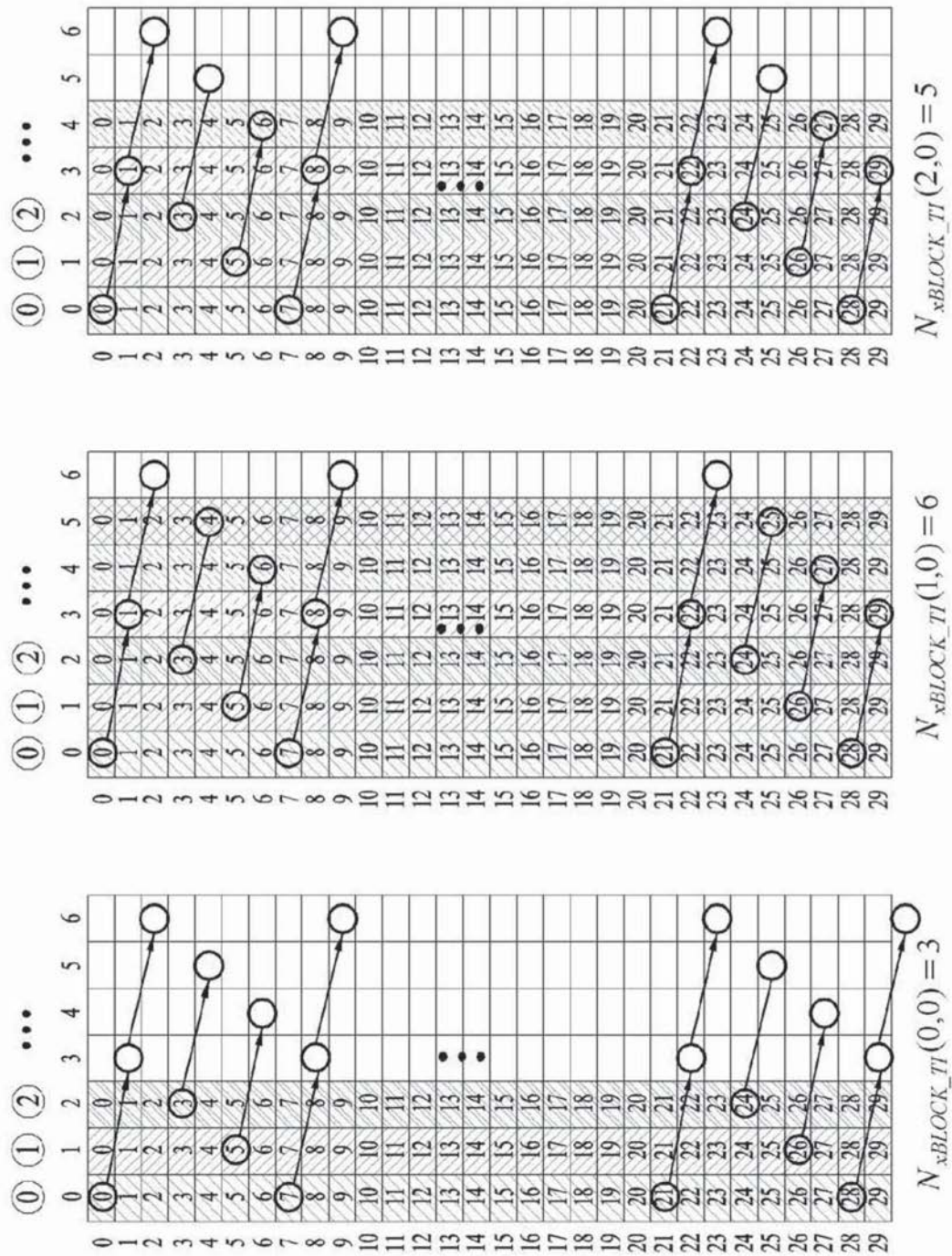


图28

$N_{xBLOCK_TI}(0,0)=3$			$N_{xBLOCK_TI}(1,0)=6$						$N_{xBLOCK_TI}(2,0)=5$						
0	1	2	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4		
0	0	9	22	0	5	9	14	20	24	0	10	23	6	17	
1	3	11	25	1	6	10	16	21	25	1	12	24	7	18	
2	5	14	27	3	7	11	17	22	27	3	14	25	8	20	
3	7	16	29	4	8	12	18	23	28	5	15	26	9	22	
4	10	18	1	5	9	14	19	25	29	6	16	28	11	23	
5	12	21	3	6	10	15	20	26	1	7	17	0	13	24	
6	14	23	6	7	12	16	21	27	2	8	19	2	14	25	
7	17	25	8	8	13	17	23	28	3	10	21	4	15	27	
8	19	28	10	10	14	18	24	29	4	12	22	5	16	29	
9	21	2	13	11	15	19	25	0	5	13	23	6	18	1	
10	24	4	15	12	16	21	26	1	6	14	24	7	20	3	
11	26	6	17	13	17	22	27	2	8	15	26	9	21	4	
12	28	9	20	14	19	23	28	3	9	17	28	11	22	5	
13	0	11	22	15	20	24	0	4	10	18	29	12	23	6	
14	2	13	24	17	21	25	1	6	11	20	0	13	25	8	
15	5	16	27	18	22	26	2	7	12	21	2	14	27	10	
16	7	18	29	19	23	28	4	8	13	22	3	16	28	11	
17	9	20	1	20	24	29	5	9	15	23	4	18	29	12	
18	12	23	3	21	26	0	6	10	16	24	5	19	1	13	
19	14	25	5	22	27	2	7	11	17	25	7	20	2	15	
20	16	27	8	24	28	3	8	13	18	26	9	21	3	17	
21	19	1	10	25	29	4	9	14	19	27	10	23	4	18	
22	21	4	12	26	0	5	11	15	20	28	0	11	25	6	19
23	23	6	15	27	1	6	12	16	22	29	1	12	26	8	20
24	26	8	17	28	2	7	13	17	23	0	2	14	27	9	22
25	28	11	19	29	3	8	14	18	24	1	3	16	28	10	24
26	0	13	22	0	4	10	15	20	25	2	5	17	0	11	25
27	2	15	24	1	5	11	16	21	26	3	7	18	1	13	26
28	4	18	26	2	7	12	18	22	27	4	8	19	2	15	27
29	7	20	29	3	8	13	19	23	29	5	9	21	4	16	29

图29

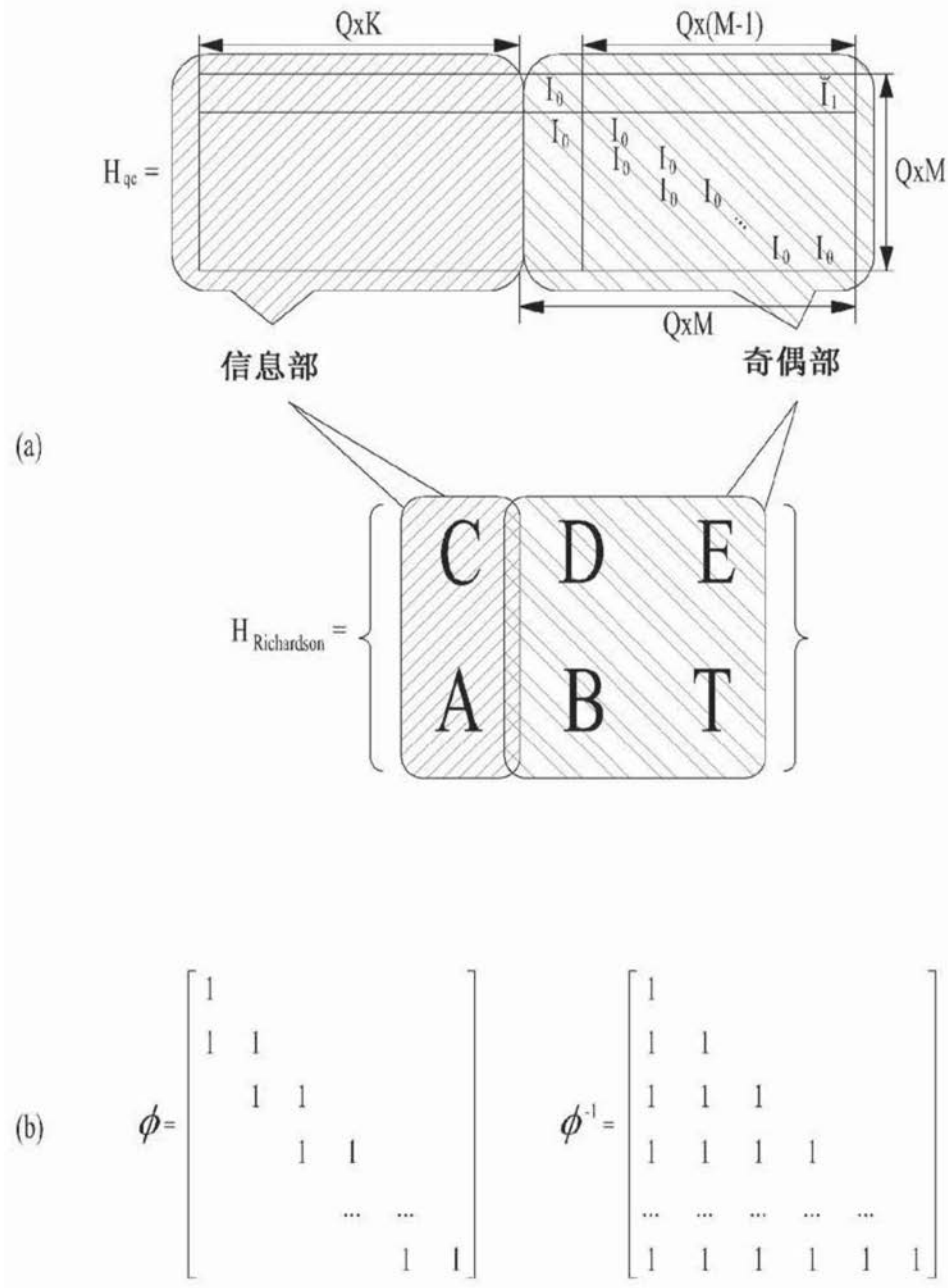


图31

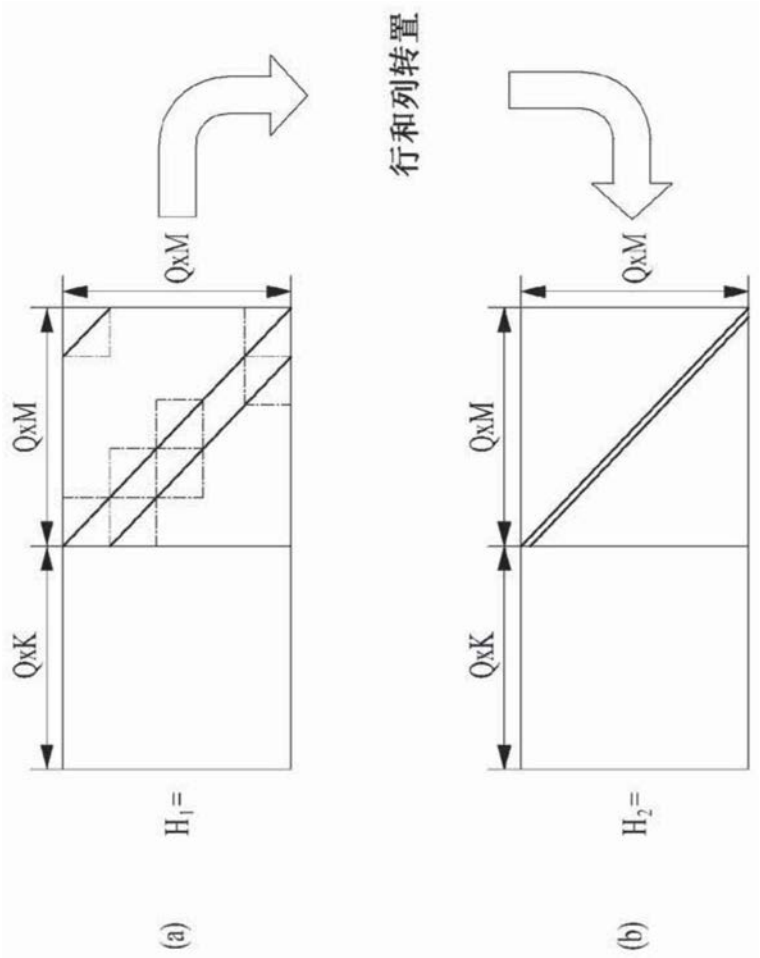


图32

(a)	(b)
i= 0,	3454 3981 5558 5765 6762 9922 10398 11581 13671 15461 16137 17528 18637 20151
i= 1,	399 1124 3100 8405 13405 14082 14516 15010 15613 16247 18448 20206 20699 21413
i= 2,	2690 3429 6594 7104 7765 8089 8542 9966 13052 13886 18985 19401 20647 21587
i= 3,	277 765 2314 3615 4516 4929 6657 10411 11889 12343 17160 17645 19235 19500
i= 4,	1204 2568 3623 5891 8643 11331 13141 14632 16894 17224 18103 19188 19863 21394
i= 5,	369 1222 1559 3189 4600 5241 6527 7498 9176 10480 12424 15382 18174 20663
i= 6,	898 2474 3397 4692 6348 8051 8988 10046 11846 14067 15568 16296 17921 20943
i= 7,	316 2055 4037 6410 8618 9554 10347 10973 11957 12995 13406 13758 19458 20409
i= 8,	1037 3859 5052 5665 7895 8301 13129 14122 14776 18323 18560 19262 20326 21072
i= 9,	2028 3423 4187 4975 5979 7060 9012 11382 12416 12697 13387 16364 16899 20762
i= 10,	1575 2184 2583 2896 6620 10835 11571 13846 14954 15161 15568 17215 17938 18952
i= 11,	660 1279 6184 6945 7250 8154 9456 10223 12187 16125 18681 19015 19796 19887
i= 12,	3490 4458 6497 7596 8816 9732 10798 12162 12944 13574 14488 16072 17651 21420
i= 13,	96 2574 5689 6365 8363 9532 11099 11766 12852 14522 15507 16679 17548 18596
i= 14,	2022 4542 6119 8269 9678 9822 10661 12430 12968 13689 17465 19471 20840 21396
i= 15,	537 1996 3544 3757 10523 12153 13303 13949 16724 17872 18301 18468 18813 21585
i= 16,	108 880 6535 8884 10427 11371 13327 13777 14493 16604 17356 18123 19055 20832
i= 17,	1019 1777 3058 4074 5184 10032 10739 11475 11880 15016 15748 17051 19528 20567
i= 18,	698 3899 4531 5887 8424 9190 9721 12893 14276 17247 17484 19395 20073 20534
i= 19,	1318 2569 3344 4381 5225 6461 6885 7937 9042 11550 13786 14461 19193 19734
i= 20,	48 673 868 2888 3290 6209 7964 8833 9365 11477 12479 13637 17029 17621
i= 21,	532 4471 5054 6707 7689 8799 9642 11567 12261 13000 14358 15561 16667 21140
i= 22,	2920 5043 5905 8568 9406 10198 10796 11188 14174 16164 17989 18449 19270 21254
i= 23,	412 1006 3730 3987 7898 8950 9083 9943 10616 10947 12306 13992 18681 19971
i= 24,	310 3706 5772 7293 8680 12147 12879 14927 18799
i= 25,	1216 2763 4263 5686 7762 13472 16475 19460 20307
i= 26,	6361 9280 10086 11446 12389 13138 14706 14870 17096
i= 27,	910 1929 3087 5544 8021 9194 14522 15953 20972
i= 28,	1140 8504 10065 10585 11053 11838 18325 19070 21124
i= 29,	4311 8177 9063 14399 17280 17921 18748 19770 20965
i= 30,	2715 12473 18718
i= 31,	1882 15145 19148
i= 32,	1248 2025 6833
i= 33,	4599 7438 16462
i= 34,	13340 19986 20892
i= 35,	1822 5282 6893
i= 36,	7183 9753 18241
i= 37,	458 5793 17913
i= 38,	4045 6730 7466
i= 39,	538 3323 11013
i= 40,	5675 12778 15542
i= 41,	168 14077 15380
i= 42,	2155 11670 14228
i= 43,	1788 5465 12133
i= 44,	8170 15096 18185
i= 45,	2127 2539 10552
i= 46,	7042 11114 14255
i= 47,	64 5117 16010
i= 48,	7495 11330 20896
i= 49,	2925 4903 13177
i= 50,	3073 7656 17594
i= 51,	9022 11607 20193
i= 52,	7812 10178 15615
i= 53,	1470 4908 14710

图33

```
i= 54, 11082 16432 19253
i= 55, 10239 15288 16465
i= 56, 832 2529 12833
i= 57, 1654 7565 20034
i= 58, 4855 18763 20408
i= 59, 3346 15098 19999
i= 60, 7365 17998 20478
i= 61, 3633 9405 15649
i= 62, 1176 17177 21081
i= 63, 1766 8288 16726
i= 64, 919 11844 21403
i= 65, 10696 16386 18945
i= 66, 6448 7707 20749
i= 67, 1442 16143 19180
i= 68, 2400 9712 20627
i= 69, 8660 17053 18626
i= 70, 6415 15193 16610
i= 71, 296 3085 6852
i= 72, 12730 18068 19506
i= 73, 4414 14959 16597
i= 74, 4005 6425 18132
i= 75, 12996 17893 20806
i= 76, 8919 15341 20303
i= 77, 3850 11613 13597
i= 78, 5410 6917 17660
i= 79, 4881 9668 14823
i= 80, 8195 16577 20518
i= 81, 329 1386 9908
i= 82, 54 4133 14542
i= 83, 1492 7186 8830
i= 84, 14907 15866 19729
i= 85, 7323 15514 19214
i= 86, 5164 12752 13733
i= 87, 5022 5564 13946
i= 88, 4664 5765 10847
i= 89, 1173 4852 17442
i= 90, 2639 12008 14345
i= 91, 2730 10370 21236
i= 92, 12522 16142 20396
i= 93, 3188 3866 6261
i= 94, 4347 11322 18853
i= 95, 2745 4756 7351
i= 96, 5991 7767 17115
i= 97, 2060 15499 20077
i= 98, 1611 3525 10153
i= 99, 8051 11002 12691
i=100, 9084 15542 18016
i=101, 17443 19740 21599
i=102, 12002 15225 21135
i=103, 826 7173 15277
i=104, 4908 15413 15959
i=105, 5583 8352 12317
i=106, 2301 6958 14708
i=107, 6732 16391 20039
i=108, 2472 4238 21352
i=109, 2279 13296 16050
i=110, 5367 16297 17558
i=111, 2514 5185 13397
i=112, 7276 11112 21327
i=113, 2115 7310 16982
i=114, 4898 10593 20092
i=115, 2368 12864 18689
i=116, 2294 11451 20403
```

图34

```
i=117, 2380 7235 8357
i=118, 570 2263 5561
i=119, 1453 3696 16559
i=120, 0 360
i=121, 360 720
i=122, 720 1080
i=123, 1080 1440
i=124, 1440 1800
i=125, 1800 2160
i=126, 2160 2520
i=127, 2520 2880
i=128, 2880 3240
i=129, 3240 3600
i=130, 3600 3960
i=131, 3960 4320
i=132, 4320 4680
i=133, 4680 5040
i=134, 5040 5400
i=135, 5400 5760
i=136, 5760 6120
i=137, 6120 6480
i=138, 6480 6840
i=139, 6840 7200
i=140, 7200 7560
i=141, 7560 7920
i=142, 7920 8280
i=143, 8280 8640
i=144, 8640 9000
i=145, 9000 9360
i=146, 9360 9720
i=147, 9720 10080
i=148, 10080 10440
i=149, 10440 10800
i=150, 10800 11160
i=151, 11160 11520
i=152, 11520 11880
i=153, 11880 12240
i=154, 12240 12600
i=155, 12600 12960
i=156, 12960 13320
i=157, 13320 13680
i=158, 13680 14040
i=159, 14040 14400
i=160, 14400 14760
i=161, 14760 15120
i=162, 15120 15480
i=163, 15480 15840
i=164, 15840 16200
i=165, 16200 16560
i=166, 16560 16920
i=167, 16920 17280
i=168, 17280 17640
i=169, 17640 18000
i=170, 18000 18360
i=171, 18360 18720
i=172, 18720 19080
i=173, 19080 19440
i=174, 19440 19800
i=175, 19800 20160
i=176, 20160 20520
i=177, 20520 20880
i=178, 20880 21240
i=179, 1 21240
```

图35

```

316 1271 3692 9495 12147 12849 14928 16671 16938 17864 19108 20502 21097 21115
2341 2559 2643 2816 2865 5137 5331 7000 7523 8023 10439 10797 13208 15041
5556 6858 7677 10162 10207 11349 12321 12398 14787 15743 15859 15952 19313 20879
349 573 910 2702 3654 6214 9246 9353 10638 11772 14447 14953 16620 19888
204 1390 2887 3835 6230 6533 7443 7876 9299 10291 10896 13960 18287 20086
541 2429 2838 7144 8523 8637 10490 10585 11074 12074 15762 16812 17900 18548
733 1659 3838 5323 5805 7882 9429 10682 13697 16909 18846 19587 19592 20904
1134 2136 4631 4653 4718 5197 10410 11666 14996 15305 16048 17417 18960 20303
734 1001 1283 4959 10016 10176 10973 11578 12051 15550 15915 19022 19430 20121
745 4057 5855 9885 10594 10989 13156 13219 13351 13631 13685 14577 17713 20386
968 1446 2130 2502 3092 3787 5323 8104 8418 9998 11681 13972 17747 17929
3020 3857 5275 5786 6319 8608 11943 14062 17144 17752 18001 18453 19311 21414
709 747 1038 2181 5320 8292 10584 10859 13964 15009 15277 16953 20675 21509
1663 3247 5003 5760 7186 7360 10346 14211 14717 14792 15155 16128 17355 17970
516 578 1914 6147 9419 11148 11434 13289 13325 13332 19106 19257 20962 21556
5009 5632 6531 9430 9886 10621 11765 13969 16178 16413 18110 18249 20616 20759
457 2686 3318 4608 5620 5858 6480 7430 9602 12691 14664 18777 20152 20848
33 2877 5334 6851 7907 8654 10688 15401 16123 17942 17969 18747 18931 20224
87 897 7636 8663 11425 12288 12672 14199 16435 17615 17950 18953 19667 20281
1042 1832 2545 2719 2947 3672 3700 6249 6398 6833 11114 14283 17694 20477
326 488 2662 2880 3009 5357 6587 8882 11604 14374 18781 19051 19057 20508
854 1294 2436 2852 4903 6466 7761 9072 9564 10321 13638 15658 16946 19119
194 899 1711 2408 2786 5391 7108 8079 8716 11453 17303 19484 20989 21389
1631 3121 3994 5005 7810 8850 10315 10589 13407 17162 18624 18758 19311 20301
736 2424 4792 5600 6370 10061 16053 16775 18600
1254 8163 8876 9157 12141 14587 16545 17175 18191
388 6641 8974 10607 10716 14477 16825 17191 18400
5578 6082 6824 7360 7745 8655 11402 11665 12428
3603 8729 13463 14698 15210 19112 19550 20727 21052
48 1732 3805 5158 15442 16909 19854 21071 21579
11707 14014 21531
1542 4133 4925
10083 13505 21198
14300 15765 16752
778 1237 11215
1325 3199 14534
2007 14510 20599
1996 5881 16429
5111 15018 15980
4989 10681 12810
3763 10715 16515
2259 10080 15642
9032 11319 21305
3915 15213 20884
11150 15022 20201
1147 6749 19625
12139 12939 18870
3840 4634 10244
1018 10231 17720
2708 13056 13393
5781 11588 18888
1345 2036 5252
5908 8143 15141
1804 13693 18640
10433 13965 16950
9568 10122 15945
547 6722 14015
321 12844 14095
2632 10513 14936
6369 11995 20321
9920 19136 21529

```

图36

1990 2726 10183
5763 12118 15467
503 10006 19564
9839 11942 19472
11205 13552 15389
8841 13797 19697
124 6053 18224
6477 14406 21146
1224 8027 16011
3046 4422 17717
739 12308 17760
4014 4130 7835
2266 5652 11981
2711 7970 18317
2196 15229 17217
8636 13302 16764
5612 15010 16657
615 1249 4639
3821 12073 18506
1066 16522 21536
11307 18363 19740
3240 8560 10391
3124 11424 20779
1604 8861 17394
2083 7400 8093
3218 7454 9155
9855 15998 20533
316 2850 20652
5583 9768 10333
7147 7713 18339
12607 17428 21418
14216 16954 18164
8477 15970 18488
1632 8032 9751
4573 9080 13507
11747 12441 13876
1183 15605 16675
4408 10264 17109
5495 7882 12150
1010 3763 5065
9828 18054 21599
6342 7353 15358
6362 9462 19999
7184 13693 17622
4343 4654 10995
7099 8466 18520
11505 14395 15138
6779 16691 18726
7146 12644 20196
5865 16728 19634
4657 8714 21246
4580 5279 18750
3767 6620 18905
9209 13093 17575
12486 15875 19791
8046 14636 17491
2120 4643 13206
6186 9675 12601
784 5770 21585

图37

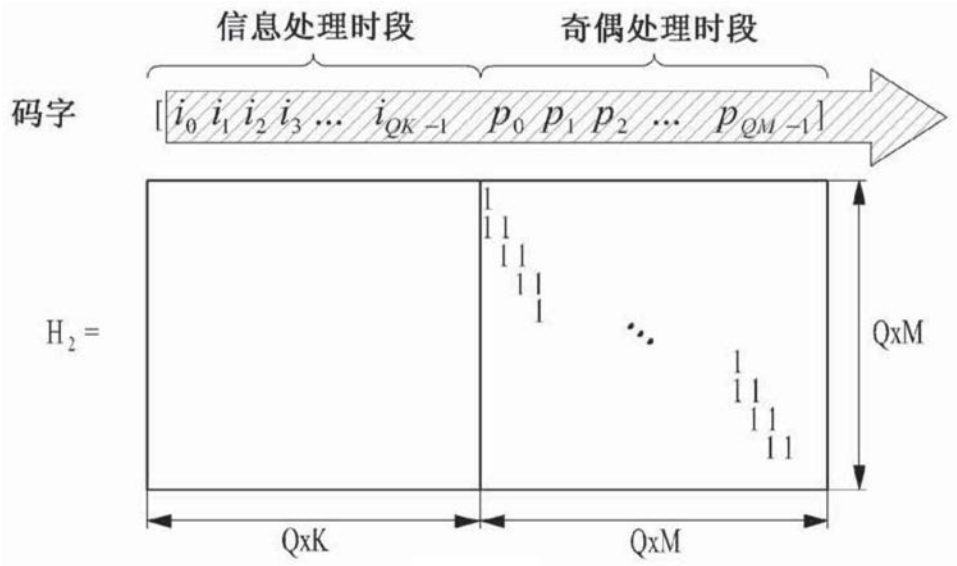


图38

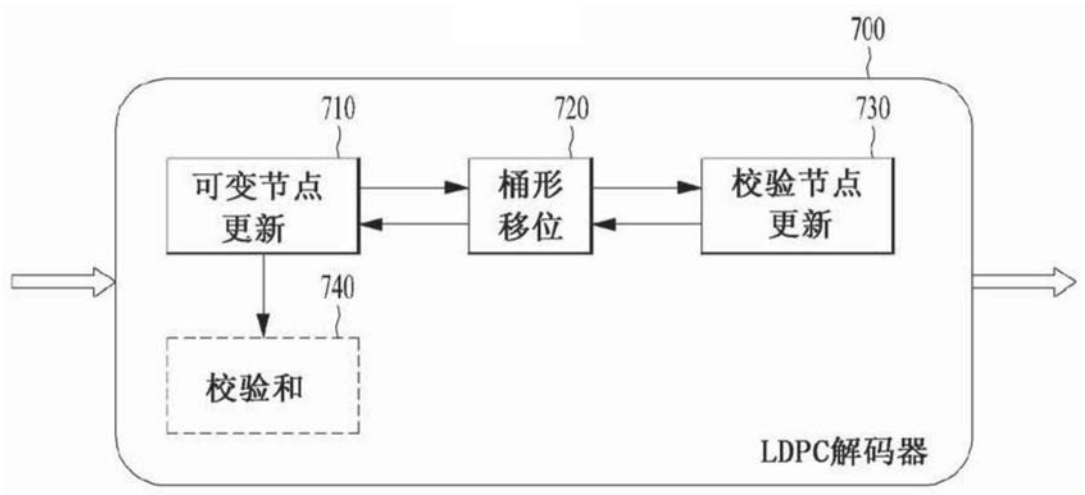


图39

502, 1882, 2244, 2545, 3924, 7525, 8025, 8291, 10068, 11546, 13080, 13357, 17818, 18664, 18961, 19562, 20950, 21605, 23441, 23846, 24658, 25796, 26901, 28796, 29140, 34162
 1, 1095, 3253, 3838, 4225, 5276, 5751, 6018, 6367, 7650, 8819, 10875, 12167, 12790, 15027, 16825, 19084, 20709, 21099, 22040, 24409, 30501, 31738, 32497, 33433, 33617, 34500
 2, 658, 823, 1634, 4381, 6796, 7033, 9715, 10439, 11362, 12256, 14375, 16131, 18309, 19600, 20233, 20700, 21917, 23020, 25138, 26037, 27092, 28422, 29181, 30151, 31148, 34159
 3, 99, 2934, 4862, 9162, 10496, 11834, 13265, 13844, 14553, 15430, 17090, 17385, 18623, 20003, 21519, 22447, 25306, 25661, 26565, 27526, 29049, 29537, 30829, 31436, 31982, 33106
 4, 1358, 2646, 4532, 5352, 5581, 6114, 6513, 7521, 9130, 10455, 11817, 12151, 12694, 13533, 15629, 16419, 17915, 18387, 23065, 24449, 25278, 27930, 28774, 31043, 32184, 33583
 5, 2071, 2987, 3703, 7148, 8483, 9974, 11423, 12569, 15806, 16758, 17151, 18259, 18770, 21122, 21889, 23394, 24566, 25571, 26207, 26995, 28402, 29981, 30786, 32660, 32873, 34471
 6, 129, 690, 726, 2317, 3450, 4902, 7855, 8268, 9463, 10138, 10920, 13303, 14802, 16535, 20151, 20332, 22354, 23568, 23807, 24966, 26580, 27035, 27630, 29272, 31777, 33133
 7, 1965, 2904, 4645, 5792, 8488, 8706, 10018, 13580, 13897, 14630, 15172, 16088, 17384, 19509, 20683, 21385, 22299, 23033, 23639, 27869, 28987, 29617, 30455, 32389, 33599, 34152
 8, 1552, 2195, 3558, 3986, 6142, 7279, 9118, 11838, 14365, 14925, 15935, 16841, 17953, 19281, 19980, 20383, 24355, 25497, 28270, 28669, 29329, 30495, 31640, 33021, 33766, 34273
 9, 3746, 5508, 6431, 8146, 11944, 18084, 21390, 22555, 31319
 10, 403, 1400, 5959, 8021, 12969, 13971, 30175, 32826, 33706
 11, 4014, 8748, 12658, 13844, 16552, 21669, 27143, 29672, 32414
 12, 1540, 4738, 7629, 15645, 22148, 24995, 26844, 32132, 34169
 13, 714, 1701, 3076, 11850, 12801, 18614, 19349, 20690, 25960
 14, 1176, 4983, 6672, 9657, 12888, 21014, 22898, 24066, 28276
 15, 1046, 10177, 11156, 13538, 16716, 20107, 29036, 31143, 34277
 16, 171, 2856, 6037, 7095, 10033, 14088, 17949, 22332, 30432
 17, 7360, 8569, 12253, 16154, 20545, 24789, 26333, 27676, 28703
 18, 3213, 7604, 9001, 18848, 22972, 23718, 28061, 29280, 33683
 19, 1811, 11164, 1999, 13313, 24477, 25769, 27238, 28898, 30415
 20, 776, 8546, 14681, 19327, 21051, 23288, 25369, 29792, 31785
 21, 851, 14068, 14794, 18538, 21703, 22832, 26487, 30682, 32579
 22, 2230, 5101, 10408, 13940, 18887, 20213, 21563, 24491, 26756
 23, 2609, 4233, 5471, 10939, 12275, 15429, 24028, 26125, 33371
 24, 225, 3806, 9585, 10671, 20706, 24927, 27960, 31407, 32404
 25, 3558, 6567, 8889, 17132, 18164, 19780, 23266, 25686, 34091
 26, 6131, 11271, 13499, 16449, 17647, 22249, 27526, 29912, 32038
 27, 2370, 8264, 9100, 17324, 19719, 21182, 24121, 27026, 34404
 28, 1814, 16725, 18438, 19617, 20327, 22471, 25466, 30105, 33355
 29, 318, 4510, 12602, 14782, 17547, 19877, 24809, 30990, 33962
 30, 3162, 4678, 5021, 11922, 21645, 23840, 28661, 32940, 34359
 31, 9546, 12127, 30808
 32, 4030, 9510, 13541
 33, 8917, 14067, 27539
 34, 3358, 7152, 32093
 35, 5084, 9704, 29841
 36, 10331, 25817, 32321
 37, 10163, 15665, 31474
 38, 18852, 27109, 31326
 39, 2194, 10705, 22271
 40, 7884, 28893, 30159
 41, 10873, 14434, 24757
 42, 3940, 15312, 29178
 43, 954, 15773, 21580
 44, 8379, 10443, 20176
 45, 1285, 2070, 27481
 46, 23388, 26608, 30323

图40



图41



图42

139	19800	20160
140	20160	20520
141	20520	20880
142	20880	21240
143	21240	21600
144	21600	21960
145	21960	22320
146	22320	22680
147	22680	23040
148	23040	23400
149	23400	23760
150	23760	24120
151	24120	24480
152	24480	24840
153	24840	25200
154	25200	25560
155	25560	25920
156	25920	26280
157	26280	26640
158	26640	27000
159	27000	27360
160	27360	27720
161	27720	28080
162	28080	28440
163	28440	28800
164	28800	29160
165	29160	29520
166	29520	29880
167	29880	30240
168	30240	30600
169	30600	30960
170	30960	31320
171	31320	31680
172	31680	32040
173	32040	32400
174	32400	32760
175	32760	33120
176	33120	33480
177	33480	33840
178	33840	34200
179	34200	

图43

540 1079 2407 2528 3589 4001 6778 7877 8070 8322 10102 11556 11766 13633 17137 17156 22727 23188 25130 20235 31006 31114 31220 32720 33435 34255
 437 1443 5656 7230 7741 8661 9402 13245 17208 18201 18275 21082 22670 22838 23729 24784 25140 25451 25486 25673 27369 27583 27811 28895 30140 33711
 1570 2097 5868 7064 8907 9890 11304 15414 18134 18301 18547 18628 19423 26099 27080 28609 28677 29714 30354 30492 30718 32109 32703 32910 34106 34492
 1714 5192 5405 9504 9767 10128 10246 11223 12254 14728 15577 15782 16012 16367 17485 19543 22069 23984 25299 26843 27433 29080 29316 29802 30176 33307
 1469 2464 2643 3186 7558 8054 9059 9981 12103 12505 13913 14347 17391 20237 20364 20485 21069 26049 26449 26691 28544 29966 30836 31651 32143 34000
 1127 4852 8324 9779 9898 10280 10939 17941 19054 19511 22223 23290 24411 24914 25050 25279 26021 26111 27624 27804 29587 30990 31339 31618 34048 34154
 578 1340 3435 4073 4578 5596 9400 9914 10833 11550 12165 12584 15078 16195 16568 20169 21325 22526 25906 28341 28873 31681 32205 32964 33430 33751
 2312 3088 5034 6360 6678 9394 10032 13979 14381 15705 15845 17276 18032 19991 20724 20870 22120 23009 23852 24997 28635 30046 31212 32605 33593 33951
 2129 2507 3366 7103 7604 9164 10736 11353 15881 16305 17335 18318 19349 21464 22063 22627 24564 25147 27022 27549 28582 30097 30537 30560 30807 31239
 6177 8114 10383 14026 14459 2178 22622 29873 34550
 900 4129 6427 9718 19120 21789 27974 28403 30723
 1434 5195 5603 6684 10392 13803 14674 15782 33837
 5581 6645 8921 9604 14949 15883 18109 19658 31678
 3912 16377 18824 19331 24435 25060 25877 31712 33985
 9219 12922 18450 18894 20991 27683 28538 29101 29442
 7485 9340 15035 17684 20965 25736 29337 31798 34206
 1214 4647 16416 18516 24499 26608 29713 30075 32263
 1282 2457 5161 5580 25327 27767 29732 30188 30412
 131 4245 11601 13340 19581 28095 30593 31976 32813
 415 1061 9488 11427 16884 20135 29077 29339 32924
 5378 10168 16294 16474 23765 23872 25559 26194 27016
 2727 3305 7957 9948 12578 16575 17139 19945 32633
 112 5144 5870 6726 11210 16082 24998 31067 31516
 3394 6831 8351 13374 19752 24188 25794 26219 29706
 474 8421 8439 17913 19786 21600 21626 22205 23117
 8370 15167 15794 20399 21760 23028 24190 30537 32694
 721 1073 3155 10687 16012 17221 23949 27805 34456
 163 2571 4272 4807 9625 19679 26838 29050 33046
 1349 7539 14538 15886 16088 17046 21683 22652 25606
 227 2152 2966 7447 11806 18252 25680 30528 31652
 4065 4380 7746 15359 17371 21295 27080 33749 34380
 17882 20053 23745
 6731 14426 21253
 2631 17260 26616
 5177 11337 29971
 4238 30898 33050
 24124 24743 27065
 7996 14871 17803
 663 10539 12724
 3270 25469 29917
 9008 26867 31125
 3304 7038 26660

图44

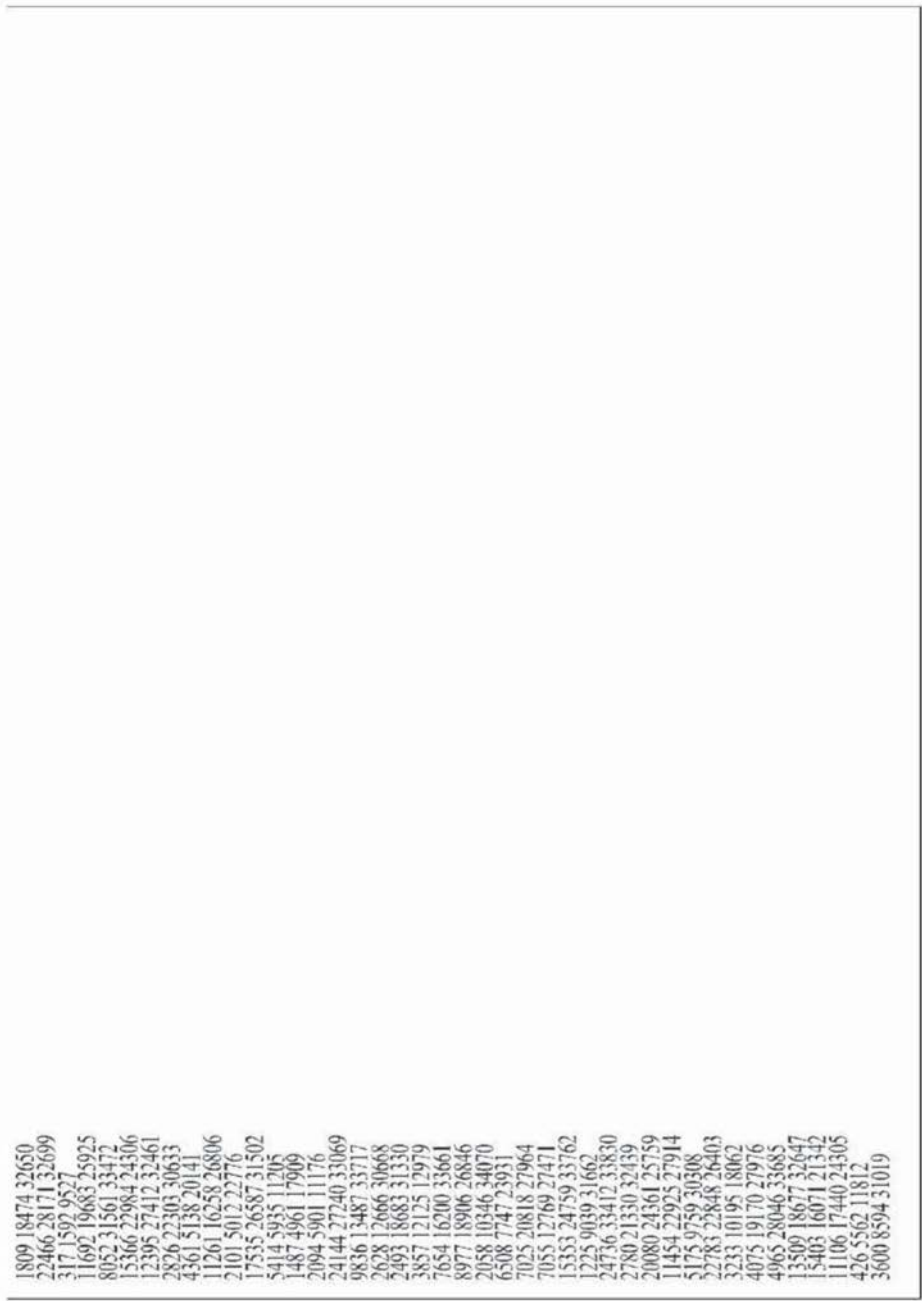


图45

可变节点度	26	9	3	2
(可变节点的#) /Q	9	22	53	96

图46

```

i= 0, 1962 4663 5180 6549 8497 9391 10985 12187 15882 17136 19670 20658 21553 25565 26844 28146
i= 1, 1355 2412 6469 10054 11148 13770 15315 15859 16621 19185 19937 20665 25374 26279 27366 28473
i= 2, 437 2706 4603 5524 7438 8571 10420 11555 12500 13491 14920 17824 20501 24715 29473 30157
i= 3, 118 2216 5773 7771 8766 14711 16260 17230 18586 21622 23381 24097 24285 26890 28338 28926
i= 4, 1784 3305 3796 6886 8896 12702 14088 15654 17374 18190 19523 21028 22844 23677 25576 27347
i= 5, 166 3071 6869 8326 9594 10067 11023 12205 12743 16903 18990 22251 24962 26447 28316 28851
i= 6, 3050 4700 6033 6542 7795 8246 10264 11630 13175 15230 17118 19111 21096 25518 26742 27486
i= 7, 1395 1881 3335 4463 5654 9001 10735 12304 16455 17673 18990 21511 22080 23149 26067 29855
i= 8, 424 4227 5340 6400 7336 8052 10684 11452 12189 15540 19449 19882 21719 22917 27307 28440
i= 9, 985 1587 2860 8874 11173 13041 14034 14567 15048 15841 20827 22554 23707 24503 26456 29449
i= 10, 262 2398 3236 3903 5340 10067 15927 17950 18268 20461 21031 24474 24510 25351 28041 29670
i= 11, 1047 2585 5736 5907 8302 13993 15548 16228 16650 17323 20046 21986 25818 26889 29421 30179
i= 12, 631 2063 4801 6640 9184 12722 13521 14702 17524 18105 19288 20215 25182 27249 28293 29067
i= 13, 1492 3537 4261 7421 10947 14386 15400 17067 18590 18982 20605 23703 25194 26014 27692 30166
i= 14, 3750 6232 7161 8187 9655 10345 11245 11682 13485 14119 21400 23279 24248 25740 26503 28576
i= 15, 1399 4534 7111 7734 8282 10525 12679 13927 15534 17133 18964 19221 21192 22659 23981 24544
i= 16, 1980 2668 4251 6666 8761 11036 11727 12288 13198 15856 20064 21436 22063 23898 27778 29797
i= 17, 1071 2490 5048 5947 7457 9074 10266 13125 14753 15432 16548 18602 19465 20439 22461 27086
i= 18, 34 1506 4830 6130 9888 10627 12382 14883 17837 19747 22932 23654 25408 26718 28264 29037
i= 19, 596 1239 3194 7744 9464 12087 14859 16562 17516 18659 20701 21684 23061 26068 28053 29448
i= 20, 2500 4401 8943 11993 13477 22890 27570 30182
i= 21, 3472 5752 12776 18105 21783 24067 25298 26581
i= 22, 2282 5166 11532 16761 22110 23404 24517 25852
i= 23, 1253 3671 11463 15434 20427 22137 24965 26833
i= 24, 2558 8205 9233 12859 13973 17873 20602 26683
i= 25, 4906 7334 8847 13683 15545 21542 25922 29069
i= 26, 9759 13429 15959 17089 18935 27337 29195
i= 27, 2026 9596 14000 15335 18477 21094 22936
i= 28, 2039 2974 5465 19817 22662 23468 28593
i= 29, 538 1589 5988 7070 16237 27367 29648
i= 30, 3740 12285 18540
i= 31, 6363 14550 27828
i= 32, 13114 24260 30010
i= 33, 4151 7672 26485
i= 34, 20448 21572 22745
i= 35, 17426 26339 27681
i= 36, 4515 8099 18291
i= 37, 16961 17661 28589
i= 38, 6467 23831 29212
i= 39, 3317 6480 14763
i= 40, 19290 21986 24251
i= 41, 10362 23838 26102
i= 42, 7051 18528 19951
i= 43, 5646 15166 28390
i= 44, 1059 14087 25315
i= 45, 14888 18796 24311
i= 46, 2911 4371 27309
i= 47, 3585 9774 11714
i= 48, 8136 16526 23546
i= 49, 2613 21875 25047
i= 50, 6854 9154 15109
i= 51, 1356 11839 27110
i= 52, 11221 21213 29126
i= 53, 2307 9518 15579
i= 54, 704 22375 24242
i= 55, 6488 23289 29989
i= 56, 16381 24564 28671
i= 57, 2691 3744 7761
i= 58, 9630 10539 13171
i= 59, 1753 7999 27928
i= 60, 4764 21822 24739

```

图47

i=61,	8810	10513	24957
i=62,	3743	4709	20023
i=63,	7408	15976	23064
i=64,	1876	7594	11345
i=65,	11247	17434	18818
i=66,	4043	5799	18087
i=67,	7369	17451	25510
i=68,	5352	12384	27639
i=69,	3480	13386	22581
i=70,	12497	14144	19262
i=71,	10121	11046	18013
i=72,	447	14242	23848
i=73,	198	8143	25967
i=74,	1758	8638	24163
i=75,	6441	21126	30019
i=76,	11977	14225	22639
i=77,	5296	17464	23817
i=78,	19760	26546	29567
i=79,	3027	14417	22828
i=80,	14222	20241	21728
i=81,	4168	4758	25776
i=82,	18167	28482	29247
i=83,	3380	13311	16823
i=84,	13458	15605	27755
i=85,	844	9824	21810
i=86,	839	12731	23051
i=87,	3684	5514	14663
i=88,	5000	16845	29619
i=89,	45	4111	19154
i=90,	10086	25162	27736
i=91,	9000	11379	29987
i=92,	951	6619	28485
i=93,	22589	25107	29809
i=94,	3964	9030	24347
i=95,	894	10764	27984
i=96,	0	360	
i=97,	360	720	
i=98,	720	1080	
i=99,	1080	1440	
i=100,	1440	1800	
i=101,	1800	2160	
i=102,	2160	2520	
i=103,	2520	2880	
i=104,	2880	3240	
i=105,	3240	3600	
i=106,	3600	3960	
i=107,	3960	4320	
i=108,	4320	4680	
i=109,	4680	5040	
i=110,	5040	5400	
i=111,	5400	5760	
i=112,	5760	6120	
i=113,	6120	6480	
i=114,	6480	6840	
i=115,	6840	7200	
i=116,	7200	7560	
i=117,	7560	7920	
i=118,	7920	8280	
i=119,	8280	8640	
i=120,	8640	9000	

图48

i=121, 9000 9360
i=122, 9360 9720
i=123, 9720 10080
i=124, 10080 10440
i=125, 10440 10800
i=126, 10800 11160
i=127, 11160 11520
i=128, 11520 11880
i=129, 11880 12240
i=130, 12240 12600
i=131, 12600 12960
i=132, 12960 13320
i=133, 13320 13680
i=134, 13680 14040
i=135, 14040 14400
i=136, 14400 14760
i=137, 14760 15120
i=138, 15120 15480
i=139, 15480 15840
i=140, 15840 16200
i=141, 16200 16560
i=142, 16560 16920
i=143, 16920 17280
i=144, 17280 17640
i=145, 17640 18000
i=146, 18000 18360
i=147, 18360 18720
i=148, 18720 19080
i=149, 19080 19440
i=150, 19440 19800
i=151, 19800 20160
i=152, 20160 20520
i=153, 20520 20880
i=154, 20880 21240
i=155, 21240 21600
i=156, 21600 21960
i=157, 21960 22320
i=158, 22320 22680
i=159, 22680 23040
i=160, 23040 23400
i=161, 23400 23760
i=162, 23760 24120
i=163, 24120 24480
i=164, 24480 24840
i=165, 24840 25200
i=166, 25200 25560
i=167, 25560 25920
i=168, 25920 26280
i=169, 26280 26640
i=170, 26640 27000
i=171, 27000 27360
i=172, 27360 27720
i=173, 27720 28080
i=174, 28080 28440
i=175, 28440 28800
i=176, 28800 29160
i=177, 29160 29520
i=178, 29520 29880
i=179, 1 29880

图49

491 2630 3572 5622 5814 11649 11774 13613 15570 17210 18191 18251 19374 25821 26351 28824
580 1640 2851 5170 7598 8873 11563 12237 14686 16422 21174 23103 28083 29262 29333 30228
2972 6469 10431 13481 14401 15505 15631 19808 20012 21874 23351 23784 24467 26373 28588 28700
1108 1908 4710 5085 9912 10608 10664 13927 17745 19035 21074 21750 26087 26164 28374 28708
1415 3883 4071 5469 7026 7944 8603 12490 13839 14659 16010 16474 21528 23333 28900 29223
2455 3887 4364 10317 12047 13944 14101 16052 18762 19682 19902 22732 24505 27333 28858 29175
1693 2657 5226 8642 9272 9282 10660 14288 15484 16679 18096 18202 19761 22948 26782 27406
109 2821 5410 6809 7989 9220 10141 12024 12420 21351 21465 22732 22823 24809 26463 28222
79 810 5083 5377 6943 10056 11110 11444 19971 20525 22439 23537 24559 25214 25863 25989
128 1123 2000 6840 12352 14068 14857 19680 19718 22262 24233 24357 25845 25853 28567 29774
2588 7352 12682 12742 12754 19998 22008 22562 25214 25340 25462 26089 27041 29175 29803 29912
1871 2245 2397 3660 5467 5755 7606 12364 20719 20990 21743 22005 25199 26330 27470 28239
4676 8870 10177 10283 13458 15481 16921 17525 17970 20544 20991 22097 22508 22765 25408 28797
4372 7197 7968 12378 12395 18584 19371 22060 23562 24107 24957 25295 25517 27964 29103 29805
6675 7171 9425 10819 11503 12610 13499 13640 13897 15191 18805 20140 22288 22450 24806 26983
191 4579 5444 6671 7169 11897 14637 17939 17988 18630 20548 20786 22783 26266 26799 28538
1388 4066 4949 8713 10188 11658 12439 15125 15642 16523 17420 19854 20028 22231 23350 24455
686 2154 6241 7299 11906 13896 15652 15724 20379 21608 23492 26250 27726 29277 29486 29692
857 2856 5548 6626 10373 11962 12613 14139 15534 15737 16597 17542 19988 21231 21401 25842
214 1828 7116 8357 8762 12504 13359 15261 15477 17421 19825 19872 24273 25167 26384 28049
6816 9525 13225 17703 17716 25451 25476 28566
8302 8870 14819 15432 19497 25357 25854 29583
401 1040 3176 10254 10598 12661 16930 24599
5974 10569 14535 14929 16286 22484 25483 26418
3199 3686 6945 19597 19621 21791 23962 24650
240 290 5503 11276 17412 18997 22676 25427
3021 3303 9193 10040 14243 18112 28383
9879 18034 18102 18989 19850 21567 26918
1483 5475 5777 7904 12931 20081 28790
664 3153 10834 12520 14953 19168 19339
3814 11770 15171
9149 12640 20429
11003 11827 12972
9429 16055 17293
5523 24248 27947
5029 12312 27040
15058 16392 24494
1813 3491 12595
4449 6030 29165
18 293 6477
2245 11071 17693
6618 15360 23716
12739 14163 17743
3906 20679 26118
3987 9730 28478
6436 10793 16111
2612 4296 26031
4563 16328 28989
12329 18166 27429
7819 17457 23160
1195 12961 29357
9315 23187 26828
5155 27464 28030

图50

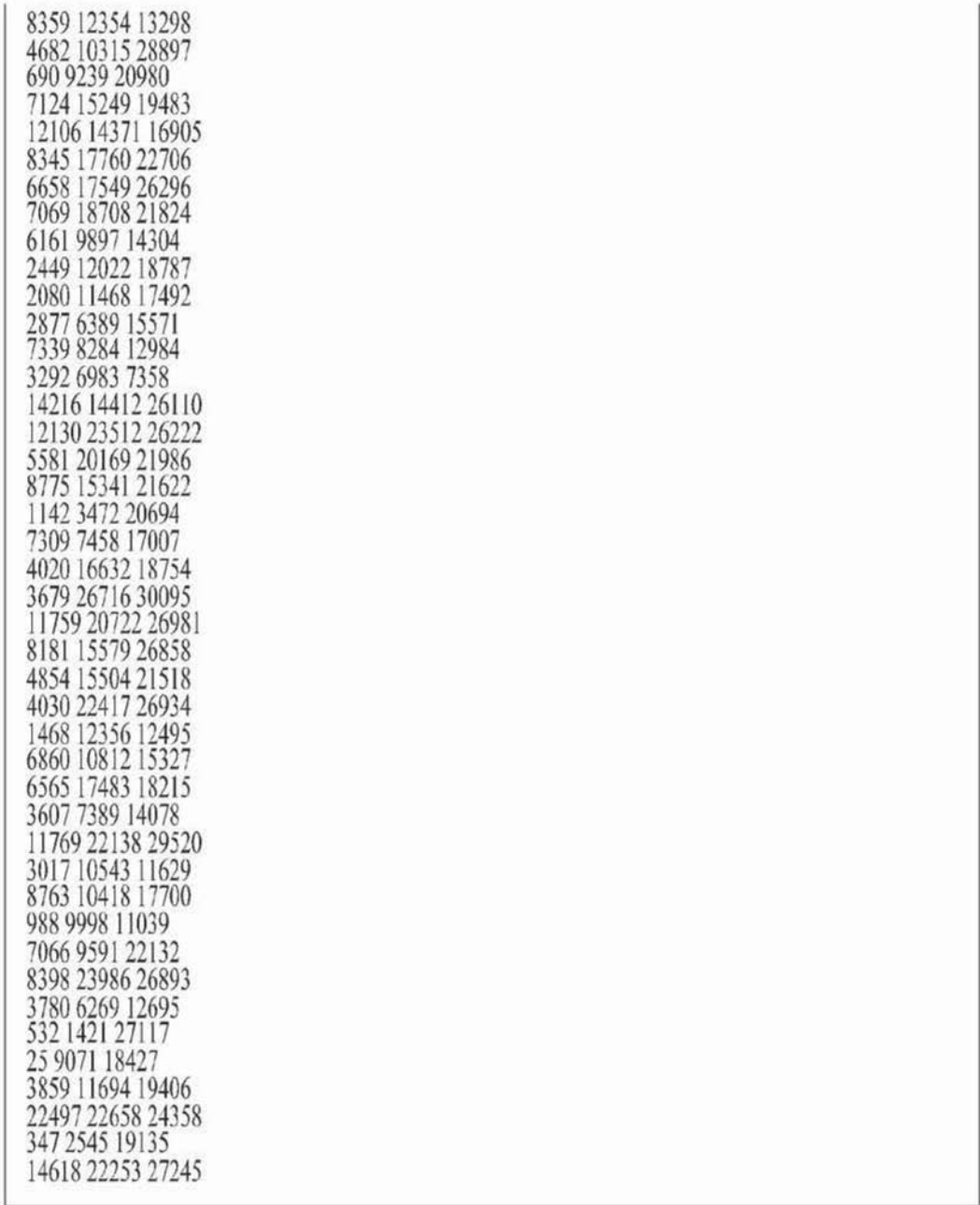


图51

可变节点度	16	8	7	3	2
(可变节点的#) /Q	20	6	4	66	84

图52

```

i= 0, 578 6646 7564 8133 9855 10466 11535 12468 12863 15333 15595 16360 16893 17184
i= 1, 842 1788 3069 3771 4019 4814 6423 10289 11173 12081 13468 15118 15262 16683
i= 2, 336 516 1346 2133 5326 5831 7301 9835 12999 13444 14101 14535 14767 16111
i= 3, 1501 1899 4649 5928 6557 8534 8647 10664 11492 11772 11945 13949 14959 16217
i= 4, 1128 2747 3752 4895 6313 6825 7834 7962 9027 9935 11249 14206 14478 17121
i= 5, 1612 2258 5732 7430 7915 9606 10803 12133 12347 13856 15265 16028
i= 6, 626 1436 4259 5146 6274 8388 9619 11754 13036 14883 15537 16207
i= 7, 109 874 2313 3224 4342 6433 7172 8004 8946 13735 15570 16046
i= 8, 1724 2107 4032 5744 8919 11142 12852 13386 14162 15453 16392 16935
i= 9, 280 876 1563 4732 5059 6790 8486 9179 9880 11838 12070 17237
i= 10, 418 1038 2621 4968 7448 8655 10377 11732 12419 14405 15229 16191
i= 11, 1207 3659 4322 7071 8433 9179 9616 10500 12241 13150 15154 16577
i= 12, 1966 2187 2956 5374 6030 7276 8002 9971 11466 12884 16556 16658
i= 13, 2667 3140 5828 7644 11890 12543 13445 14611 15093 15704 16203 17153
i= 14, 154 443 2770 4572 5022 5662 6776 12960 14088 15042 16117 16815
i= 15, 2498 4759 5540 8711 10541 10860 11365 11805 12426 14184 14814 16451
i= 16, 585 952 1824 2683 3254 4079 5238 9320 10450 11304 15126 15676
i= 17, 668 1858 2705 7137 7832 8034 8619 9977 10911 11660 14006 14912
i= 18, 808 1095 2426 5360 6350 8438 10989 11196 12097 13008 13801 14552
i= 19, 917 1611 2203 3841 5852 6754 7738 9403 11793 12699 14645 15390
i= 20, 328 1182 1992 2294 3160 5520 6359 9029 9540 11662 12566 14383
i= 21, 1459 4038 5201 5885 6971 7348 9396 10433 12696 13787 14856 16552
i= 22, 799 2022 2694 3731 5081 6185 7763 9503 10616 12877 15895 16622
i= 23, 661 4913 6273 6934 8389 12102 12688 14269 14684 15669 15936 16446
i= 24, 449 3142 3874 5275 5746 8890 9349 10031 10134 11896 15165 16164
i= 25, 1402 1516 6185 6918 8261 8651 11718 12233 12263 14822 15407 15813
i= 26, 124 1105 2570 4263 4928 6579 8846 11067 12200 12830 13890 16741
i= 27, 1459 3150 5706 6997 9668 9841 11427 12561 13198 14447 15514 17246
i= 28, 1914 3054 5780 9320 9521 10969 11830 13187 14196 15061 16093 16826
i= 29, 894 1342 1517 2809 6036 7027 8751 9127 9820 10358 14391 16684
i= 30, 3625 11123 17279
i= 31, 7212 10642 11887
i= 32, 5750 6217 7552
i= 33, 7535 9339 15702
i= 34, 459 9361 11923
i= 35, 4971 5929 9656
i= 36, 2349 3846 13456
i= 37, 2613 6864 10145
i= 38, 7474 13290 13824
i= 39, 6498 11085 13338
i= 40, 4304 7626 14105
i= 41, 9013 11086 16621
i= 42, 1497 2805 7939
i= 43, 10100 10801 15800
i= 44, 4473 5382 12556
i= 45, 5633 11612 14679
i= 46, 1195 10788 15876
i= 47, 1264 4438 12926
i= 48, 77 6335 7587
i= 49, 1082 5452 15696
i= 50, 973 5778 12335
i= 51, 8196 9613 16926
i= 52, 15 10181 12897
i= 53, 4317 9799 16019
i= 54, 3151 3831 13696
i= 55, 5767 6251 15218
i= 56, 1014 13539 14312
i= 57, 4566 7761 11284
i= 58, 13794 14179 15325
i= 59, 123 4054 12518
i= 60, 247 10619 14513

```

图53

i=61, 885 7035 16330
i=62, 10686 11553 13550
i=63, 3247 15383 16378
i=64, 6610 7511 16561
i=65, 2620 5430 5908
i=66, 1929 4993 15729
i=67, 1343 1599 3369
i=68, 27 3883 11199
i=69, 3940 7225 8381
i=70, 8523 12760 13581
i=71, 9285 13864 16321
i=72, 5074 7029 11090
i=73, 4234 8190 13002
i=74, 2702 4388 16275
i=75, 2981 6523 8652
i=76, 2258 14774 17146
i=77, 3356 7649 10215
i=78, 9018 12847 14893
i=79, 5065 7998 8883
i=80, 1860 13766 17076
i=81, 748 5497 6569
i=82, 8582 16104 16967
i=83, 543 2356 16780
i=84, 5282 6585 15733
i=85, 642 5873 11325
i=86, 3525 14697 16701
i=87, 422 3072 7828
i=88, 4149 9102 14612
i=89, 396 1668 4589
i=90, 74 8943 9446
i=91, 9553 10436 13453
i=92, 2128 6719 10290
i=93, 3792 14272 15711
i=94, 994 3219 14856
i=95, 11487 12784 16194
i=96, 1764 11618 15858
i=97, 1917 7024 7607
i=98, 4673 7663 13676
i=99, 4478 10404 17120
i=100, 4585 8085 10194
i=101, 7148 11434 13501
i=102, 3268 4592 6564
i=103, 3494 8075 15888
i=104, 2496 3532 13470
i=105, 4090 7357 10735
i=106, 3524 12089 14314
i=107, 3402 7223 17075
i=108, 5687 8243 10724
i=109, 10466 13080 17208
i=110, 3251 4711 10047
i=111, 5734 8310 11449
i=112, 201 8129 15201
i=113, 2025 4966 12034
i=114, 115 3439 5962
i=115, 2366 10363 12966
i=116, 3342 8364 12756
i=117, 2774 3529 12975
i=118, 3075 4880 10734
i=119, 7966 9036 13600
i=120, 3328 4140 13728

图54

i=121, 3171 3978 8628
i=122, 4619 9945 14037
i=123, 1176 3891 16410
i=124, 2423 4229 10039
i=125, 6220 9989 11042
i=126, 4738 8504 12480
i=127, 7790 8763 13172
i=128, 5312 14533 16809
i=129, 2481 7167 17016
i=130, 4497 7227 10808
i=131, 3641 8937 12973
i=132, 0 360
i=133, 360 720
i=134, 720 1080
i=135, 1080 1440
i=136, 1440 1800
i=137, 1800 2160
i=138, 2160 2520
i=139, 2520 2880
i=140, 2880 3240
i=141, 3240 3600
i=142, 3600 3960
i=143, 3960 4320
i=144, 4320 4680
i=145, 4680 5040
i=146, 5040 5400
i=147, 5400 5760
i=148, 5760 6120
i=149, 6120 6480
i=150, 6480 6840
i=151, 6840 7200
i=152, 7200 7560
i=153, 7560 7920
i=154, 7920 8280
i=155, 8280 8640
i=156, 8640 9000
i=157, 9000 9360
i=158, 9360 9720
i=159, 9720 10080
i=160, 10080 10440
i=161, 10440 10800
i=162, 10800 11160
i=163, 11160 11520
i=164, 11520 11880
i=165, 11880 12240
i=166, 12240 12600
i=167, 12600 12960
i=168, 12960 13320
i=169, 13320 13680
i=170, 13680 14040
i=171, 14040 14400
i=172, 14400 14760
i=173, 14760 15120
i=174, 15120 15480
i=175, 15480 15840
i=176, 15840 16200
i=177, 16200 16560
i=178, 16560 16920
i=179, 1 16920

图55

213 752 1277 5563 6507 7725 7986 10246 10266 10465 10978 12659 12719 16030
 655 2843 5858 5950 6445 6858 7141 8218 9080 9681 10060 14561 16708 17225
 377 1908 2967 3424 4868 5547 5989 6520 7489 12771 13052 13742 15989 16128
 360 861 2932 3153 3714 4757 8080 9593 10781 12128 12215 12950 15804 15967
 1321 2038 2307 3784 4303 7306 8007 9281 9695 10333 10347 10903 13173 16578
 174 4710 5170 7002 8260 8486 9068 11060 11834 12177 15951 17061
 381 2779 3684 5102 5207 5945 7409 11264 12458 12769 14363 17091
 1068 2678 4054 4363 5232 7350 7394 9932 14712 15041 15955 16520
 767 3205 3467 5895 9261 12131 13416 13636 14741 16026 16446 16527
 926 2509 5908 7490 7707 8617 9153 9911 13440 14898 15263 15296
 280 744 2785 4855 5274 8626 10208 11924 13837 14284 15266 16892
 82 108 862 1674 2842 2909 6099 7367 8617 9156 11107 12314
 1302 3656 3668 3958 4750 7973 12075 12976 13667 14719 16046 17133
 189 513 3280 4053 6037 7063 10168 10795 11231 12488 14578 16025
 36 2343 3985 7392 12007 12108 12286 12591 13340 13577 14226 16429
 2633 2910 3432 3805 4877 6735 6951 8962 9871 12093 13712 16230
 330 509 681 1157 5723 6943 7831 9451 9518 10801 11138 15385
 2789 5358 5494 6752 7337 8887 12363 13077 14275 14785 15686 16295
 723 1759 2340 4226 5846 7336 7607 9102 10449 11057 12774 15374
 2070 2090 4432 4787 8212 8565 9458 11578 11800 13002 13136 13170
 1417 4899 5775 6438 6848 8666 9221 11489 13448 15682 15744 16503
 916 1754 3755 4643 4649 5174 6016 6307 7124 7742 16941 16972
 1982 2684 3022 3137 3794 6298 6890 8359 8477 9765 10661 13331
 4259 4531 4652 5255 7361 9115 10689 11031 11197 11853 13672 14449
 801 2202 2620 4273 11294 12024 12584 13162 14955 15596 16623 16777
 552 1138 3017 3137 3652 3763 9536 13818 15459 16027 16390 16977
 1203 2407 4770 5952 8734 9912 10118 11075 11917 12846 14555 15393
 916 1675 2296 5835 7555 11460 12847 12968 14703 14810 15442 15695
 976 5477 7527 7754 8142 8360 10932 12188 12814 14489 14912 15385
 3700 4827 5352 5998 6121 8354 8995 12579 13264 13372 13879 16887
 1210 15534 17279
 369 596 9725
 4673 16815 16916
 10699 16100 16297
 74 2097 4753
 8128 13981 14234
 6565 9078 11818
 1171 3148 4471
 6950 13172 15876
 882 901 13710
 3159 3189 16523
 649 2974 13758
 934 2740 13687
 78 988 15403
 7356 15202 16430
 4448 11199 13432
 1772 5523 16733
 5676 8835 15683
 1317 3696 10337
 99 2511 10411
 880 4594 12146
 335 12170 13270
 720 4876 14291
 3819 8636 17147
 806 11098 13016
 352 4746 6305
 10549 13095 14114
 5983 9669 11820
 5510 6711 9882
 4523 5904 13378
 5464 8621 11856
 6285 7922 9379
 1616 11077 11837
 345 8589 12666
 94 6258 14948

图56

1455 4807 7120
6197 11995 15037
6201 7636 12627
1296 1903 13594
1220 4871 16330
7715 11687 12565
5853 8870 13705
1646 9091 13950
2052 12982 13163
3276 3645 8743
600 2082 4856
713 4710 10895
4293 5577 6508
889 6425 11891
1214 3766 11688
2885 4166 7535
1346 4290 4671
2303 12716 14519
8785 9414 10606
5058 11630 12187
5440 7951 13537
6814 13689 14296
2977 9224 12885
4921 9083 10216
1729 10948 12924
3552 4154 14568
6421 9290 17116
10108 11490 15749
9226 11131 11175
4649 13154 16280
8867 15727 17036
908 4736 15556
2277 5621 8851
4965 16956 17125
7596 9647 15580
5500 7942 12732
8725 13183 14803
1353 4050 13068
2348 7462 12201
7237 14025 16134
6251 7556 14189
10065 13191 13641
1124 7487 7785
13661 13791 15526
1277 5796 13871
537 1501 15723
1463 13903 16047
3930 9648 10054
7425 10805 13741
5520 9561 9712
324 9894 13612
4055 4905 7523
756 12199 13881
9368 9613 14141
1753 2230 13477
2342 4233 8651
875 13976 16727
10827 14364 17174
4611 10125 13978
12630 12923 15339
4817 11646 12939
2797 10775 11554
5928 10212 11061
6424 11998 13070
4655 15414 15715
414 1316 8508
660 1978 14280

图57

可变节点度	14	12	3	2
(可变节点的#) /Q	5	25	102	48

图58

55,	224 8667 11771
56,	4816 7201 12366
57,	1973 8565 9401
58,	2181 11838 12533
59,	2644 4996 10344
60,	815 3100 6224
61,	5084 7953 9681
62,	4605 7069 12923
63,	4990 10552 11838
64,	2581 5938 7000
65,	212 1974 10810
66,	120 5174 8724
67,	1058 5284 10767
68,	574 6830 11419
69,	3890 5341 8642
70,	25 4300 7637
71,	281 10242 12471
72,	1679 2012 4386
73,	4336 8395 12051
74,	839 6602 9289
75,	2401 8088 10039
76,	1268 10966 12041
77,	628 2486 8368
78,	634 1308 12937
79,	750 3904 7449
80,	4382 5584 7907
81,	292 6099 9870
82,	3174 7606 11352
83,	2064 7221 8664
84,	1910 4469 6697
85,	29 3348 3662
86,	3977 6496 12214
87,	6378 7882 11528
88,	1611 5746 11569
89,	2297 11415 11978
90,	704 5504 10203
91,	5191 9330 12700
92,	1486 11182 11817
93,	1392 3543 9165
94,	3369 5689 9632
95,	3486 8433 11850
96,	6124 8062 9135
97,	266 6930 10590
98,	3566 6153 11114
99,	2834 3634 4932
100,	5814 10784 11804
101,	2211 5920 9397
102,	641 4140 10003
103,	5804 10076 12575
104,	6507 7579 8919
105,	5126 5642 6927
106,	1250 6333 11024
107,	8588 12255 12922
108,	7459 7767 12833
109,	3108 3971 12669

图59

```
i=165, 7560 7920  
i=166, 7920 8280  
i=167, 8280 8640  
i=168, 8640 9000  
i=169, 9000 9360  
i=170, 9360 9720  
i=171, 9720 10080  
i=172, 10080 10440  
i=173, 10440 10800  
i=174, 10800 11160  
i=175, 11160 11520  
i=176, 11520 11880  
i=177, 11880 12240  
i=178, 12240 12600  
i=179, 1 12600
```

图60

```
i=165, 7560 7920  
i=166, 7920 8280  
i=167, 8280 8640  
i=168, 8640 9000  
i=169, 9000 9360  
i=170, 9360 9720  
i=171, 9720 10080  
i=172, 10080 10440  
i=173, 10440 10800  
i=174, 10800 11160  
i=175, 11160 11520  
i=176, 11520 11880  
i=177, 11880 12240  
i=178, 12240 12600  
i=179, 1 12600
```

图61

2626 3753 6887 6953 7168 7783 8078 8436 8491 9058 9867 11594
 2725 3202 3677 4493 4524 5637 6903 9975 10286 11218 11964 12232
 1283 1507 4830 5113 6438 7520 8109 8550 8755 11107 12315 12935
 337 1908 5163 5834 6629 7309 7711 8845 8981 9350 10689 10726
 1137 2199 5433 5660 6088 7727 8192 9137 9662 9801 9891 10699
 1319 3568 4861 6379 6465 7516 7878 9120 9720 10478 10608 11852
 49 1341 1744 2093 5791 6248 7685 7962 9757 9840 12121 12578
 926 1491 1746 2814 4366 5224 7009 9767 11528 11640 11802 12912
 1162 1973 3307 3711 4286 5966 9119 9491 9528 9675 10241 10553
 452 3011 3316 3719 6976 10132 10566 10758 11587 12123 12377 12602
 1739 2166 2214 2284 4068 4181 5137 7575 8432 10136 12448 12495
 780 1457 5763 6783 7003 7303 8494 10242 10390 11389 11488 12148
 561 1396 4147 5950 6584 6621 8141 8161 9055 10466 11341 12375
 2432 2550 4329 4512 4529 4569 7666 8532 10160 11058 12242 12374
 91755 2189 3804 4675 7360 8179 8400 9125 9411 10376 10837
 12 55 93 4683 5048 5307 5386 5981 8879 9140 9650 11842
 40 707 2354 3232 4458 5961 7036 7381 8233 8399 9370 11029
 829 1196 3190 3598 5180 6752 7722 9406 9631 10149 11907 12353
 198 760 3423 3708 5093 5789 6990 7113 8359 8998 12158 12506
 141 2046 4880 5339 6504 6853 8482 8492 8678 10887 11140 11944
 717 1964 2067 2271 2308 3516 4205 4705 6630 7425 11345 12483
 153 1317 1642 2658 2752 3085 3233 6355 8213 8678 8719 10415
 1184 1280 2042 2274 2435 2910 4180 4699 6733 8557 9010 12940

 2288 7775 8861
 155 5561 12489
 3286 9611 11910
 1532 8954 9391
 970 1759 9637
 292 1891 3860
 2168 7213 11079
 4428 5791 12334
 622 4169 11178
 3028 9424 9645
 9034 11387 12866
 238 5199 11945
 3455 8763 9563
 8526 9531 12814
 423 2357 10828
 1204 2085 5486
 3476 6023 12931
 1361 8689 10459
 1458 5445 7840
 6967 7587 12830
 7617 9690 12725
 1988 5992 7563
 7429 8085 11817
 623 4522 7237
 996 8064 9068
 56 4570 4909
 1502 6233 10283
 762 10582 11480
 4471 9532 11389
 3422 3761 7928
 1210 1598 11582
 8263 10272 11663
 4061 11173 11480

图62

2203 5779 6424
390 6269 7632
3048 4320 4838
8798 11801 12170
7705 9355 12618
96 10450 10850
900 2793 12251
5860 8350 10116
2388 7637 8608
588 4163 6189
4286 4410 10429
6070 8682 11511
5829 6006 6771
3191 9649 11742
8211 9865 12167
1082 8984 10954
2244 6639 12513
5427 10512 12220
1677 6943 10592
776 888 9509
3965 5376 7830
1044 2242 3897
594 623 12057
320 9305 11613
1796 6160 12471
3561 4938 9211
3759 4456 12385
3635 5450 11905
823 1660 10724
5965 10917 11235
4653 9818 10419
5531 8865 11912
161 4885 5134
3259 5429 9576
1205 11334 11745
1234 9085 11311
1960 10286 12413
1358 1842 5776
6491 10117 10215
1600 12094 12843
705 990 10068
3110 3151 8727
6123 7685 8094
574 3911 11627
7473 8423 9344
407 2519 8216
8144 9710 12793
528 4401 10331
2532 3685 11085
1620 2026 8215
6623 7413 11106
5027 7507 12348
2339 3701 6721
666 7088 12386
2640 4355 8332
82 1560 1685
5215 7606 8236
3453 10140 10151
3275 5622 10340
1705 2943 10398
738 9799 10223
3668 8433 8819
3138 4154 12386
467 5692 12473

图63

7295 9070 12646
11422 11451 12133
1331 2480 12447
3561 8803 10346
5881 6682 11092
4607 10541 12601
606 663 8710
2173 6359 10386
902 3199 5363
447 6299 8578
6119 8558 12700
7645 10152 12959
418 3509 7606
1860 2764 9703
4437 10778 12160
978 3478 11447

图64

可变节点度	12	3	2
(可变节点的#) /Q	31	113	36

图65

(a)		(b)	
0.	158 383 999 1230 1690 1977 2407 2575 2944 3573 3848 4090 4542 4717 5378 5756 5896 6444 6815 6930 7544 7717 7950 8384		
1.	164 463 995 1274 1704 2135 2235 2830 3033 3289 3745 4205 4575 4867 5064 5733 5815 6463 6532 7175 7339 7685 7944 8300		
2.	97 445 920 1113 1791 2069 2277 2857 3163 3522 3655 3999 4676 4934 5102 5434 5928 6224 6838 7135 7451 7677 8216 8634		
3.	288 385 993 1174 1635 1873 2347 2727 2997 3443 3780 3997 4461 4881 5335 5517 5987 6465 6693 6872 7395 7682 8024 8395		
4.	333 1976 4554 7889		
5.	1311 5180 6542 8093		
6.	342 1258 3835 5035		
7.	503 3504 5822 6912		
8.	1767 4112 5715 7129		
9.	845 2545 6324 7828		
10.	1947 3215 7485 8608		
11.	2425 3946 5210		
12.	548 4185 8011		
13.	2881 4894 6641		
14.	490 1816 6672		
15.	1264 4374 6031		
16.	1527 3525 7658		
17.	298 2673 5475		
18.	2309 4609 7005		
19.	3756 6163 8368		
20.	905 5674 7294		
21.	0 360		
22.	360 720		
23.	720 1080		
24.	1080 1440		
25.	1440 1800		
26.	1800 2160		
27.	2160 2520		
28.	2520 2880		

图66

553 742 901 1327 1544 2179 2519 3131 3280 3603 3789 3792 4253 5340 5934 5962 6004 6698 7793 8001 8038 8126 8276 8559
 503 590 598 1185 1266 1336 1806 2473 3021 3356 3490 3680 3936 4501 4659 5891 6132 6340 6602 7447 8007 8045 8059 8249
 795 831 947 1330 1502 2041 2328 2513 2814 2829 4048 4802 6044 6109 6461 6777 6800 7099 7126 8095 8428 8519 8556 8610
 601 787 899 1757 2259 2518 2783 2816 2823 2949 3396 4330 4494 4684 4700 4837 4881 4975 5130 5464 6554 6912 7094 8297
 4229 5628 7917 7992
 1506 3374 4174 5547
 4275 5650 8208 8533
 1504 1747 3433 6345
 3659 6955 7575 7852
 607 3002 4913 6453
 3533 6860 7895 8048
 4094 6366 8314
 2206 4513 5411
 32 3882 5149
 389 3121 4626
 1308 4419 6520
 2092 2373 6849
 1815 3679 7152
 3582 3979 6948
 1049 2135 3754
 2276 4442 6591

图67

(a)		(b)	
0	30 931 1094 1710 1884 2349 2577 2965 3512 3773 4247 4663 4733 5051 5686 6362		
1	435 947 1250 1748 1815 2417 2757 3132 3579 3856 4356 4870 5199 5522 6190 6458		
2	322 408 1408 1676 2055 2252 2613 2907 3255 3932 3978 4509 4889 5373 6052 6423		
3	241 897 1099 2070 3129 3619 4254 4918 5759 5931		
4	271 536 1715 2172 2853 3586 4387 5354 5437 5973		
5	481 1079 1625 2245 2908 3609 4046 4803 6344		
6	182 814 1688 2130 3080 3760 4560 5079 5811		
7	650 1316 2113 2621 3328 4127 5004 5542 6182		
8	1439 5099 5827		
9	2441 4657 5408		
10	2026 4257 5060		
11	307 2677 5004		
12	661 1282 3688		
13	777 2237 3475		
14	2526 3634 5520		
15	817 4336 6466		
16	182 1377 2311		
17	1798 4039 5739		
18	2075 5436 6146		
19	3279 4919 5822		
20	601 3061 5409		
21	425 5316 6388		
22	88 925 5401		
23	596 4153 4476		
24	2255 4133 5894		
25	1072 2646 5773		
26	6 3335 4235		
27	0 360		
28	360 720		
29	720 1080		
30	1080 1440		

图68

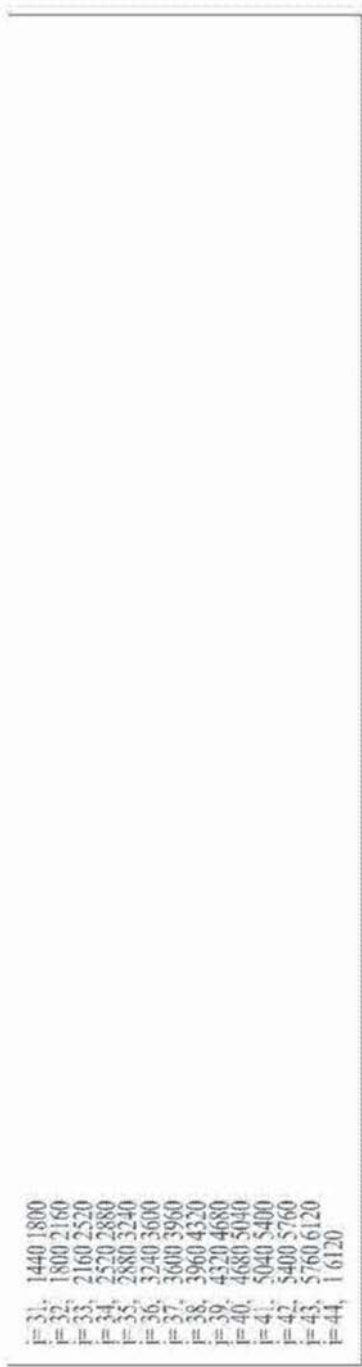


图69

212 255 540 967 1033 1517 1538 3124 3408 3800 4373 4864 4905 5163 5177 6186
 275 660 1351 2211 2876 3063 3433 4088 4273 4544 4618 4632 5548 6101 6111 6136
 279 335 494 865 1662 1681 3414 3775 4252 4595 5272 5471 5796 5907 5986 6008
 345 352 3094 3188 4297 4338 4490 4865 5303 6477
 222 681 1218 3169 3850 4878 4954 5666 6001 6237
 172 512 1536 1559 2179 2227 3334 4049 6464
 716 934 1694 2890 3276 3608 4332 4468 5945
 1133 1593 1825 2571 3017 4251 5221 5639 5845
 1076 1222 6465
 159 5064 6078
 374 4073 5357
 2833 5526 5845
 1594 3639 5419
 1028 1392 4239
 115 622 2175
 300 1748 6245
 2724 3276 5349
 1433 6117 6448
 485 663 4955
 711 1132 4315
 177 3266 4339
 1171 4841 4982
 33 1584 3692
 2820 3485 4249
 1716 2428 3125
 250 2275 6338
 108 1719 4961

图70

(a)												(b)											
i= 0,	295	364	786	1428	1505	2039	2338	2769	2960	3463	3847	4019											
i= 1,	176	661	751	1252	1791	1823	2329	2626	2902	3525	3919	4277											
i= 2,	150	631	737	1439	1508	1960	2219	2804	3060	3470	3833	4138											
i= 3,	221	653	725	1093	1691	1850	2464	2662	3004	3582	3613	4238											
i= 4,	228	421	813	1110	1745	2146	2519	2805	3221	3457	3771	4221											
i= 5,	347	536	976	1383	1476	1975	2513	2839	2993	3244	3611	4041											
i= 6,	101	515	799	1432	1617	2049	2232	2745	3210	3316	3910	4291											
i= 7,	1815	3103	4231																				
i= 8,	2689	3482	4136																				
i= 9,	545	2093	2593																				
i= 10,	112	1784	3387																				
i= 11,	1024	2196	3864																				
i= 12,	63	1125	2656																				
i= 13,	448	2401	3434																				
i= 14,	1094	2127	3874																				
i= 15,	2295	3126	4251																				
i= 16,	974	1480	4236																				
i= 17,	709	1270	3074																				
i= 18,	1784	3107	3959																				
i= 19,	2091	2714	3258																				
i= 20,	50	907	2381																				
i= 21,	1543	2392	3131																				
i= 22,	385	1891	4254																				
i= 23,	936	2625	3701																				
i= 24,	167	1380	2993																				
i= 25,	815	3338	4138																				
i= 26,	47	1925	3773																				

图71

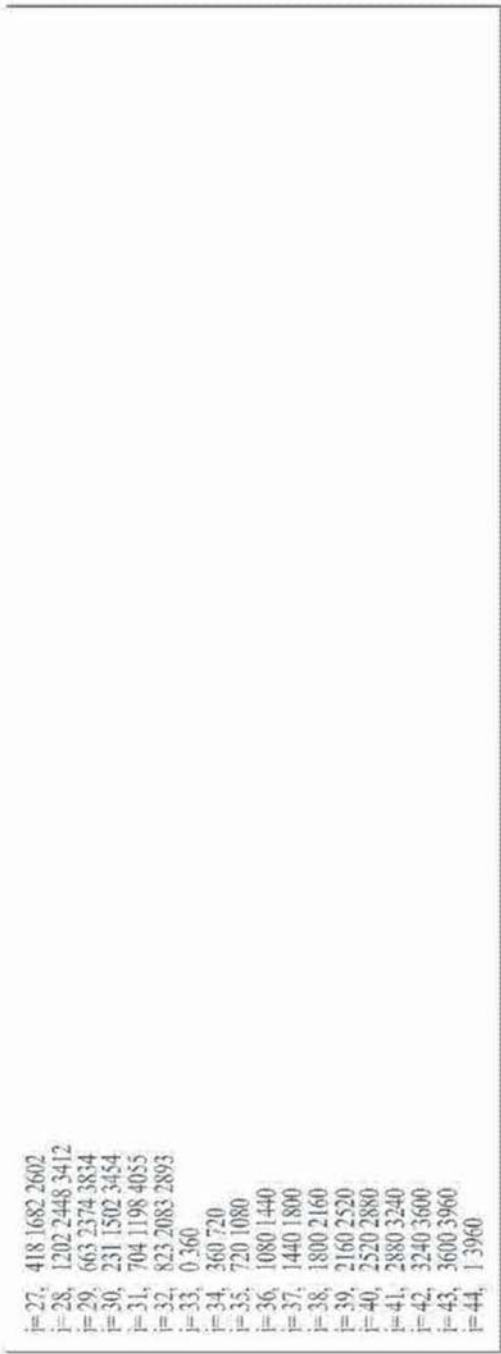


图72

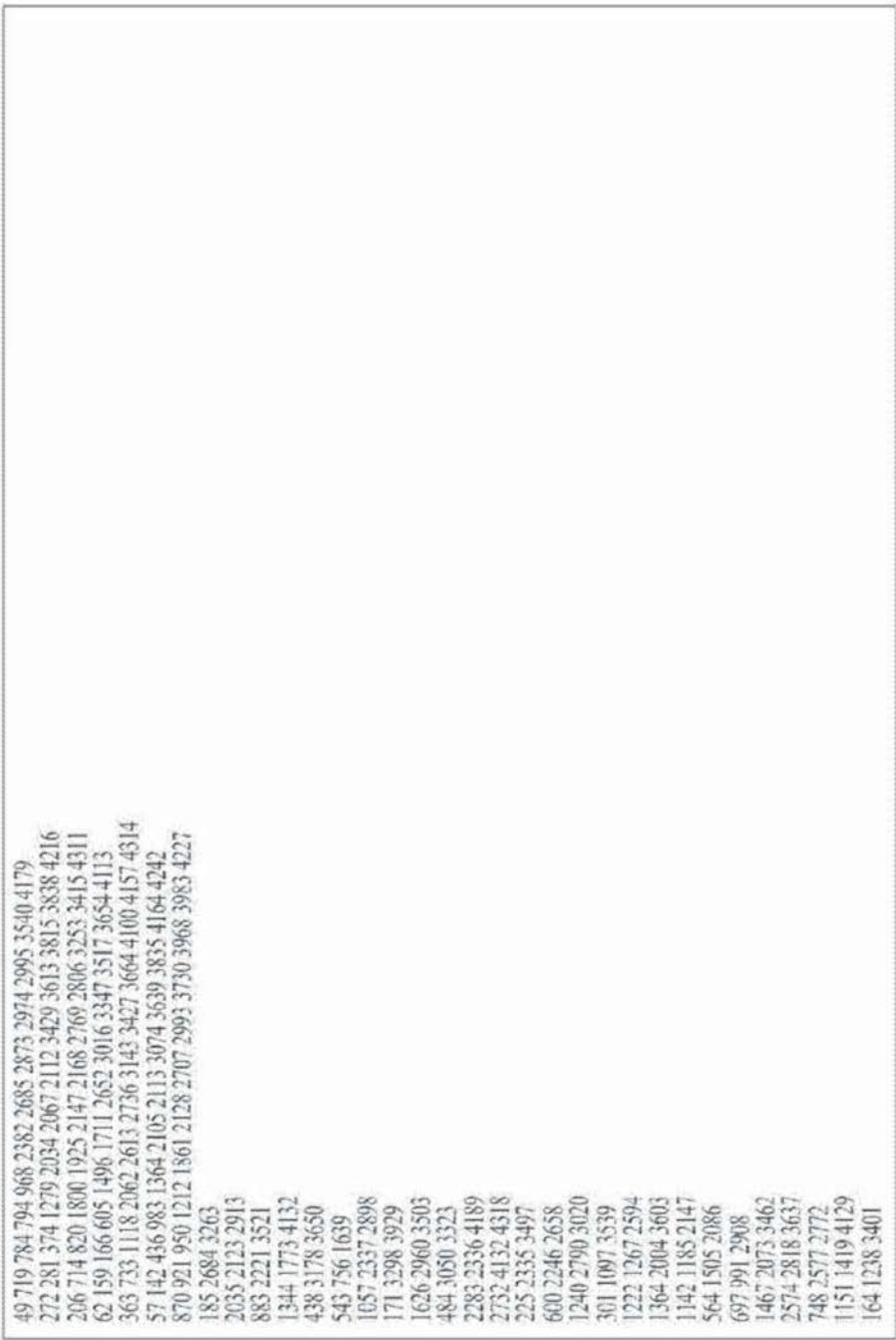


图73

(a)	0	116 381 739 1436 1514 1911 2226 2879 3156 3550 3743 4040 4389 5001 5387 5413 5885 6328 6771 6922 7359 7593 8010 8602 8901 9336 9383 9807 10084 10739
	1	266 618 880 1327 1447 1976 2435 2852 3097 3444 3739 4064 4566 4907 5237 5335 5932 6209 6645 7182 7463 7527 8082 8508 8935 9007 9456 9778 10297 10674
	2	303 610 983 1169 1486 1844 2197 2386 3230 3550 3655 4163 4569 4901 5098 5456 5939 6175 6606 7039 7461 7883 8230 8425 8842 9121 9611 10062 10283 10505
	3	3148 4813 6045 8723
	4	773 3291 5373 8265
	5	2496 5465 7291 9637
	6	1959 3044 6027 10363
	7	250 1519 2921 8048
	8	4146 7279 8760 10482
	9	393 4365 5607 9463
	10	305 5260 7042 10060
	11	974 5696 8519
	12	2109 4782 7891
	13	3755 6569 10553
	14	1364 4008 9117
	15	0 360
	16	360 720
	17	720 1080
	18	1080 1440
	19	1440 1800
	20	1800 2160
	21	2160 2520
	22	2520 2880
	23	2880 3240
	24	3240 3600
	25	3600 3960
	26	3960 4320
	27	4320 4680
	28	4680 5040
	29	5040 5400
	30	5400 5760
	31	5760 6120
	32	6120 6480
(b)		

图74

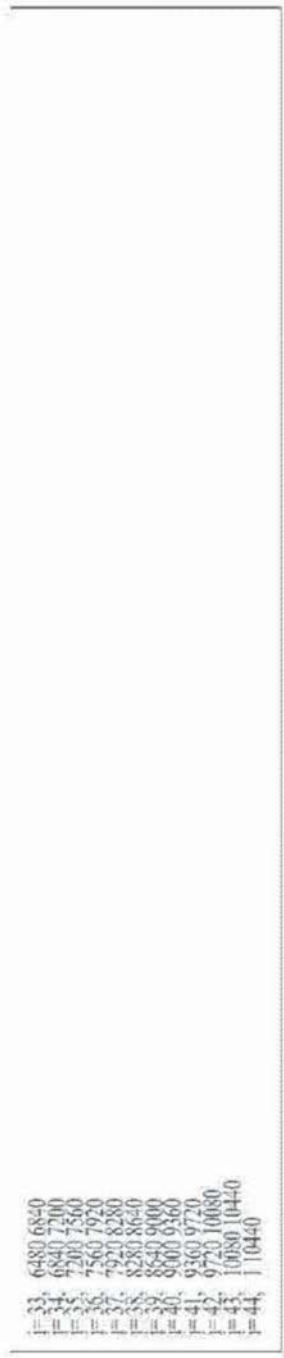


图75



图76

i= 0, 1 303 579 1054 1160 1429 1530 2133 2139 2707 2949 3099 3245 3557 4071 4921 5143 5269
i= 1, 1 412 808 1399 1659 1879 2338 2422 2599 2703 3209 3538 3901 3911 3982 4373 4789 5175
i= 2, 1 360 1073 1120 1548 1858 2079 2196 2753 3089 3410 3974 4189 4380 4627 4668 4804 5150
i= 3, 243 427 465 1045 1076 1197 1780 2504 2544 2807 2907 3200 3372 3721 4722 4806 5259 5281
i= 4, 1 38 690 969 1368 1489 1815 1918 2318 2351 2572 2893 3526 3764 3944 3973 4200 5299
i= 5, 3559 3752 4649 4841
i= 6, 1232 3251 4358 4821
i= 7, 128 1619 2330 3971
i= 8, 1003 3023 4399 5221
i= 9, 2142 2722 3950 4645
i= 10, 411 851 2715 4805
i= 11, 1734 2082 2888 3553
i= 12, 717 2354 4036 5356
i= 13, 83 1382 3838
i= 14, 146 396 1338
i= 15, 1706 3323 5206
i= 16, 803 3831 4622
i= 17, 1405 2994 4728
i= 18, 1879 2514 4367
i= 19, 2392 2801 5347
i= 20, 887 1761 4332
i= 21, 103 1425 3803
i= 22, 476 1612 3164
i= 23, 3408 4145 4955
i= 24, 1647 2058 2925
i= 25, 814 2699 3957
i= 26, 1286 3245 3967
i= 27, 666 2185 4372
i= 28, 1 2029 2844
i= 29, 4130 4711 5040
i= 30, 0 360
i= 31, 360 720
i= 32, 720 1080
i= 33, 1080 1440
i= 34, 1440 1800
i= 35, 1800 2160
i= 36, 2160 2520
i= 37, 2520 2880
i= 38, 2880 3240
i= 39, 3240 3600
i= 40, 3600 3960
i= 41, 3960 4320
i= 42, 4320 4680
i= 43, 4680 5040
i= 44, 1 5040

图77

15 84 1043 1203 1354 1559 1676 2812 3286 3293 3449 3628 4545 4764 5000 5012 5090 5238
15 341 781 807 1190 1192 1322 1648 2039 2676 2752 3289 3936 4479 4525 4675 4788 4943
1 15 221 546 603 875 912 1624 1664 1873 2559 3143 3446 3502 4190 4617 5232 5297
367 413 643 1006 1576 1758 1825 1903 1989 3299 3629 3645 4312 4808 4877 5104 5166 5342
15 203 206 230 570 739 787 1775 2376 2470 2871 3611 3737 3899 4299 4323 4951 5170
2290 2428 4794 4947
174 582 2128 2283
176 1920 2556 2689
1197 2153 2729 4247
3037 4887 5135 5260
766 1888 1967 2932
128 4235 4414 4704
1151 2916 4754 5356
1245 3580 4533
541 2190 3873
1254 2504 3994
1247 3475 4542
733 1718 4878
717 1190 5316
3486 4222 4619
192 2507 4819
1545 3055 5178
1741 2584 4268
2529 2786 4138
683 3109 3875
1412 2692 5365
84 116 3093
381 792 4591
15 3440 4867
14 478 2561

图78

```
i= 0, 1 107 392 613 802 1094 1380 1497 1527 2007 2329 2496 2693 2898 3070
i= 1, 1 347 679 698 1016 1068 1427 1589 1986 2011 2393 2409 2863 3109 3238
i= 2, 1 566 898 1026 1105 1241 1327 1658 1678 1894 2066 2458 2556 2869 3055
i= 3, 1 160 577 620 844 1324 1540 1654 2093 2410 2451 2702 2723 3005 3053
i= 4, 1 465 740 984 1175 1618 1625 1926 1935 2039 2235 2330 2852 2905 3067
i= 5, 6 350 626 673 801 822 1115 1325 1514 1777 1964 2418 2746 2862 3131
i= 6, 1264 1821 2529 2890
i= 7, 1 391 1013 2640
i= 8, 631 1989 2445 3169
i= 9, 221 559 1434 2421
i= 10, 334 1275 2304 2921
i= 11, 881 1537 1938 2766
i= 12, 407 928 1236 2191
i= 13, 1656 2041 2631
i= 14, 1165 2463 3010
i= 15, 269 1924 2604
i= 16, 625 830 1573
i= 17, 236 1274 3015
i= 18, 436 766 2644
i= 19, 32 1555 2295
i= 20, 500 1292 1595
i= 21, 1637 2508 3035
i= 22, 998 2083 2620
i= 23, 238 2815 2969
i= 24, 69 853 1601
i= 25, 469 1947 3119
i= 26, 95 1884 2179
i= 27, 1324 1554 2302
i= 28, 1930 2632 3066
i= 29, 897 1005 1187
i= 30, 591 2013 3004
i= 31, 1687 2380 2877
i= 32, 127 1660 2041
i= 33, 728 1149 2204
i= 34, 197 537 2736
i= 35, 463 1414 2880
i= 36, 0 360
i= 37, 360 720
i= 38, 720 1080
i= 39, 1080 1440
i= 40, 1440 1800
i= 41, 1800 2160
i= 42, 2160 2520
i= 43, 2520 2880
i= 44, 1 2880
```

图79

9 129 170 289 517 740 787 963 1527 1564 1718 1868 2278 2703 3030
9 1345 1679 1904 2069 2103 2247 2666 2872 3043 3094 3123 3126 3134 3230
9 228 331 851 1452 1583 1604 1855 1966 2146 2226 2399 2688 2756 3148
9 904 1118 1133 1440 1565 1645 1834 1930 1954 2199 2256 2341 2625 2642
9 182 233 681 858 946 1139 1220 1536 1606 1669 1691 2156 2378 2995
54 318 670 731 920 1481 2041 2208 2267 2328 2395 2818 3037 3085 3150
88 98 194 1659
9 280 1087 2639
1706 2440 2571 2609
1792 1989 2355 3189
377 1302 1758 3006
877 1247 1451 2221
285 424 1407 1874
1006 1948 2174
768 1178 2733
763 1121 2421
992 1201 2386
1223 1749 2124
416 685 1123
288 1039 1221
1261 1399 1911
1403 1777 3138
907 2504 2552
809 2142 2662
621 1199 1453
982 1328 2159
177 761 855
1030 1284 2199
1015 1175 1682
966 1595 2567
1124 1922 2080
1986 2227 3220
1143 1984 2174
74 402 624
1594 1773 1951
8 928 3009

图80

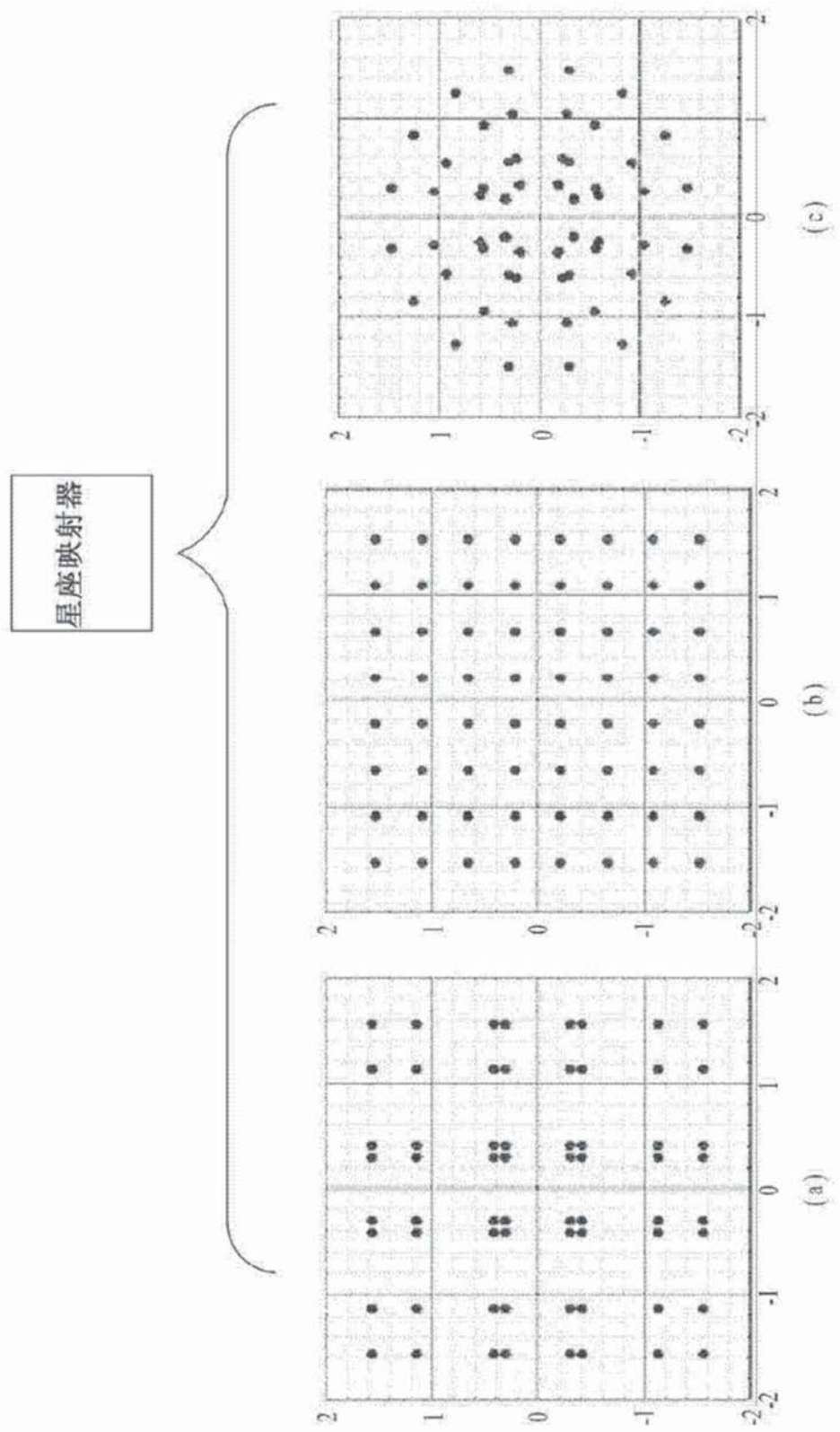


图81

$$s_{0,j} + s_{0,j} = a \dots (1)$$

$$s_{0,i}^2 + s_{0,i}^2 = b \dots (2)$$

$$\hat{s}_{0,i} = s_{0,i,x} + js_{0,i,y}, \hat{a} = a_x + ja_y \dots (3)$$

$$\left(s_{0,i,x} - \frac{a_x}{2}\right)^2 + \left(s_{0,i,y} - \frac{a_y}{2}\right)^2 = \frac{b}{2} - \frac{|a|^2}{4} \dots (4)$$

$$s_{0,i} = \frac{a}{2} + re^{j\theta}, s_{0,i} = \frac{a}{2} - re^{j\theta} \quad r = \sqrt{\frac{b}{2} - \frac{|a|^2}{4}}, \theta \in \{0, \dots, 2\pi\} \dots (5)$$

$$s_{1,i} = s_{0,i} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}}, s_{1,j} = s_{0,j} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \quad s_{2,i} = s_{0,i} \cdot e^{j\frac{2\pi}{2}}, s_{2,j} = s_{0,j} \cdot e^{j\frac{2\pi}{2}} \quad s_{3,i} = s_{0,i} \cdot e^{j\frac{3\pi}{2}}, s_{3,j} = s_{0,j} \cdot e^{j\frac{3\pi}{2}} \dots (6)$$

图82

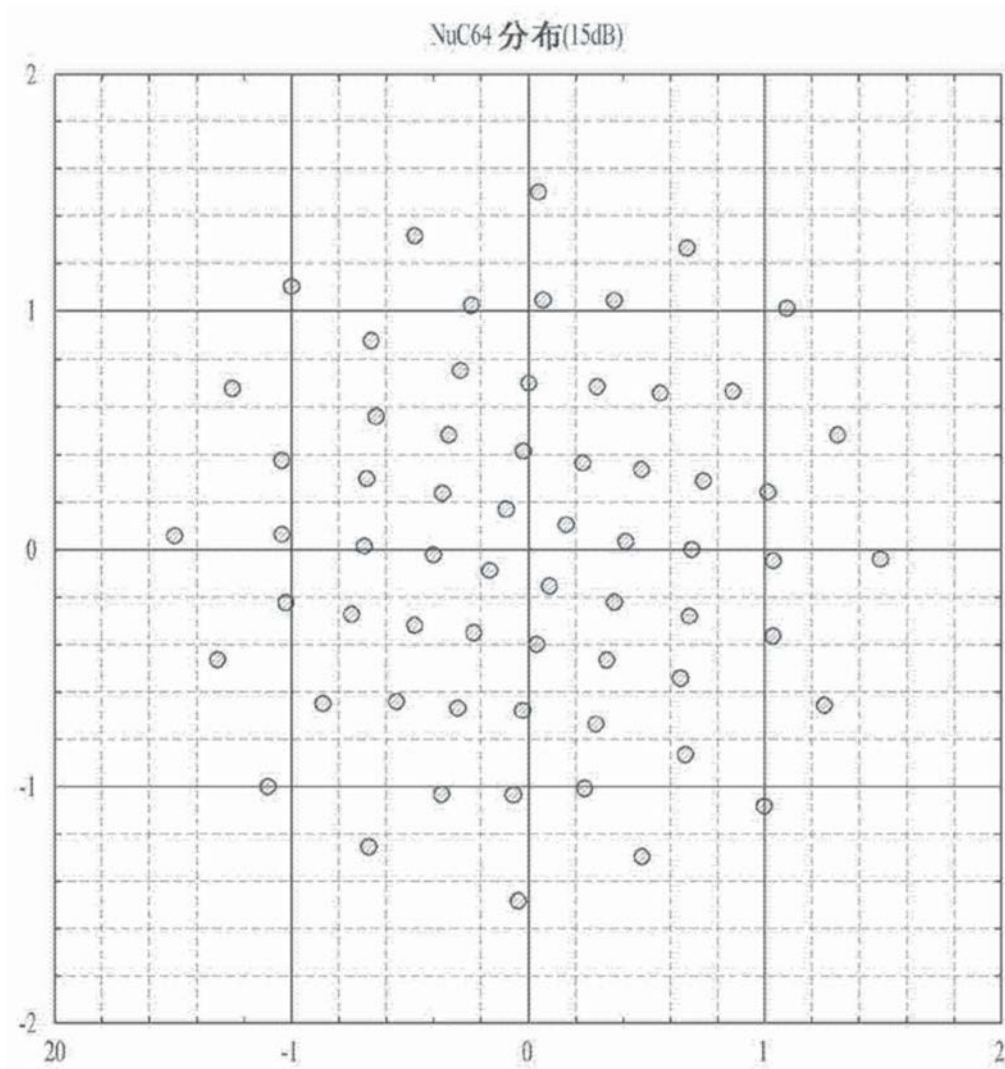


图83



图84

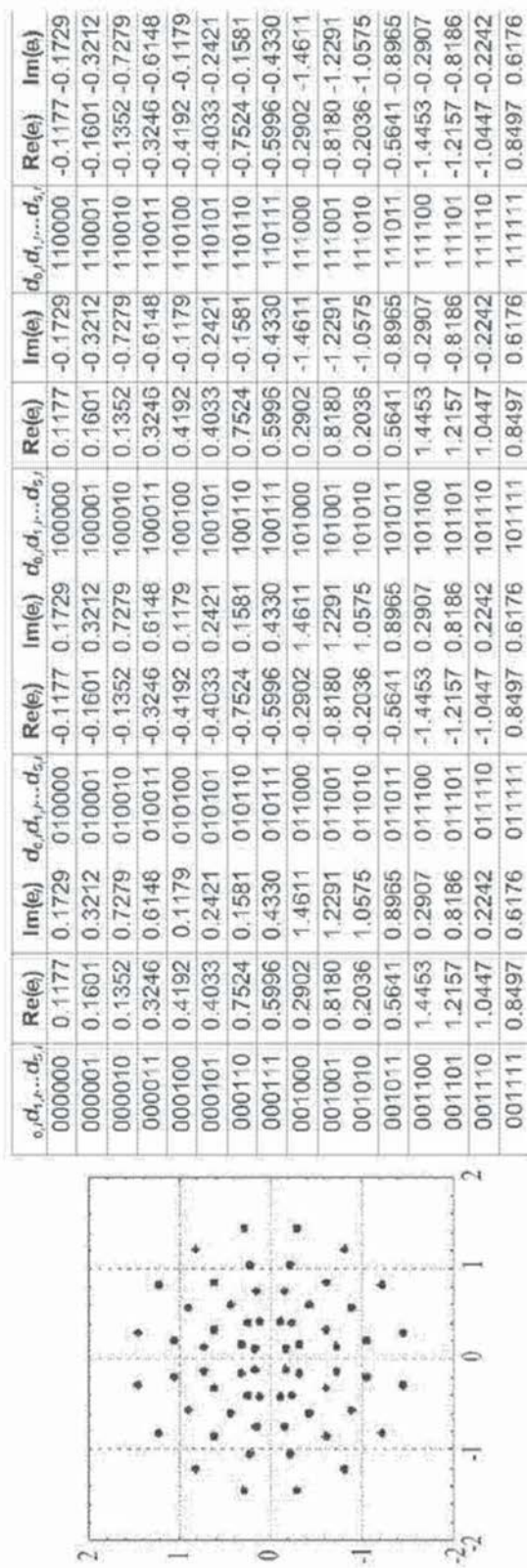


图85

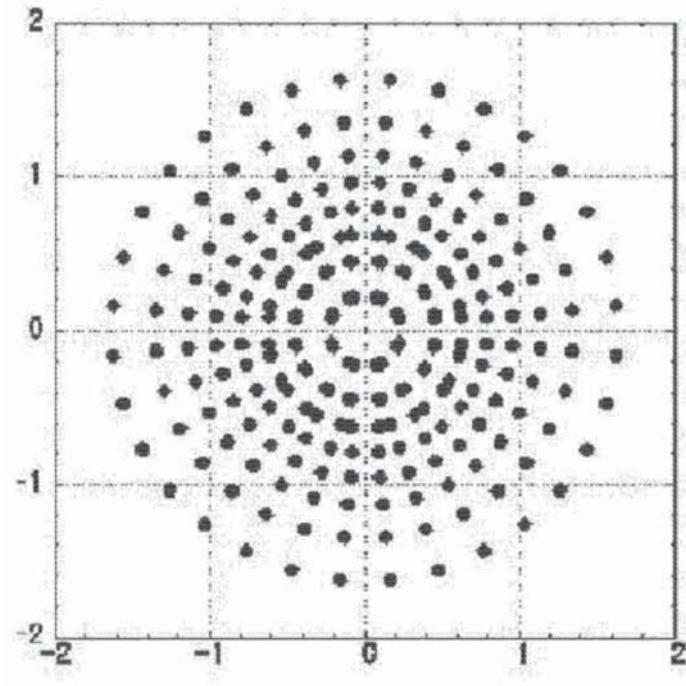


图86

$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$
0000000	0.0759	0.2200	0100000	-0.0759	0.2200	1000000	0.0759	-0.2200	1100000	-0.0759	-0.2200
0000001	0.0761	0.2199	0100001	-0.0761	0.2199	1000001	0.0761	-0.2199	1100001	-0.0761	-0.2199
0000010	0.0853	0.4476	0100010	-0.0853	0.4476	1000010	0.0853	-0.4476	1100010	-0.0853	-0.4476
0000011	0.1028	0.4439	0100011	-0.1028	0.4439	1000011	0.1028	-0.4439	1100011	-0.1028	-0.4439
0000100	0.1049	0.2077	0100100	-0.1049	0.2077	1000100	0.1049	-0.2077	1100100	-0.1049	-0.2077
0000101	0.1047	0.2078	0100101	-0.1047	0.2078	1000101	0.1047	-0.2078	1100101	-0.1047	-0.2078
0000110	0.2562	0.3768	0100110	-0.2562	0.3768	1000110	0.2562	-0.3768	1100110	-0.2562	-0.3768
0000111	0.2412	0.3865	0100111	-0.2412	0.3865	1000111	0.2412	-0.3865	1100111	-0.2412	-0.3865
0001000	0.0862	0.7899	01001000	-0.0862	0.7899	10001000	0.0862	-0.7899	11001000	-0.0862	-0.7899
0001001	0.2230	0.7627	01001001	-0.2230	0.7627	10001001	0.2230	-0.7627	11001001	-0.2230	-0.7627
0001010	0.0869	0.6236	01001010	-0.0869	0.6236	10001010	0.0869	-0.6236	11001010	-0.0869	-0.6236
0001011	0.1587	0.6093	01001011	-0.1587	0.6093	10001011	0.1587	-0.6093	11001011	-0.1587	-0.6093
0001100	0.4978	0.6194	01001100	-0.4978	0.6194	10001100	0.4978	-0.6194	11001100	-0.4978	-0.6194
0001101	0.3817	0.6969	01001101	-0.3817	0.6969	10001101	0.3817	-0.6969	11001101	-0.3817	-0.6969
0001110	0.3797	0.5023	01001110	-0.3797	0.5023	10001110	0.3797	-0.5023	11001110	-0.3797	-0.5023
0001111	0.3188	0.5430	01001111	-0.3188	0.5430	10001111	0.3188	-0.5430	11001111	-0.3188	-0.5430
00010000	0.2200	0.0759	01010000	-0.2200	0.0759	10010000	0.2200	-0.0759	11010000	-0.2200	-0.0759
00010001	0.2199	0.0761	01010001	-0.2199	0.0761	10010001	0.2199	-0.0761	11010001	-0.2199	-0.0761
00010010	0.4476	0.0853	01010010	-0.4476	0.0853	10010010	0.4476	-0.0853	11010010	-0.4476	-0.0853

图87

$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0 d_1 \dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$
00010011	0.4439	0.1028	01010011	-0.4439	0.1028	10010011	0.4439	-0.1028	11010011	-0.4439	-0.1028			
00010100	0.2077	0.1049	01010100	-0.2077	0.1049	10010100	0.2077	-0.1049	11010100	-0.2077	-0.1049			
00010101	0.2078	0.1047	01010101	-0.2078	0.1047	10010101	0.2078	-0.1047	11010101	-0.2078	-0.1047			
00010110	0.3768	0.2562	01010110	-0.3768	0.2562	10010110	0.3768	-0.2562	11010110	-0.3768	-0.2562			
00010111	0.3865	0.2412	01010111	-0.3865	0.2412	10010111	0.3865	-0.2412	11010111	-0.3865	-0.2412			
00011000	0.7899	0.0862	01011000	-0.7899	0.0862	10011000	0.7899	-0.0862	11011000	-0.7899	-0.0862			
00011001	0.7627	0.2230	01011001	-0.7627	0.2230	10011001	0.7627	-0.2230	11011001	-0.7627	-0.2230			
00011010	0.6236	0.0869	01011010	-0.6236	0.0869	10011010	0.6236	-0.0869	11011010	-0.6236	-0.0869			
00011011	0.6093	0.1587	01011011	-0.6093	0.1587	10011011	0.6093	-0.1587	11011011	-0.6093	-0.1587			
00011100	0.6194	0.4978	01011100	-0.6194	0.4978	10011100	0.6194	-0.4978	11011100	-0.6194	-0.4978			
00011101	0.6969	0.3817	01011101	-0.6969	0.3817	10011101	0.6969	-0.3817	11011101	-0.6969	-0.3817			
00011110	0.5023	0.3797	01011110	-0.5023	0.3797	10011110	0.5023	-0.3797	11011110	-0.5023	-0.3797			
00011111	0.5430	0.3188	01011111	-0.5430	0.3188	10011111	0.5430	-0.3188	11011111	-0.5430	-0.3188			
00100000	0.1604	1.6238	01100000	-0.1604	1.6238	10100000	0.1604	-1.6238	11100000	-0.1604	-1.6238			
00100001	0.4738	1.5614	01100001	-0.4738	1.5614	10100001	0.4738	-1.5614	11100001	-0.4738	-1.5614			
00100010	0.1330	1.3468	01100010	-0.1330	1.3468	10100010	0.1330	-1.3468	11100010	-0.1330	-1.3468			
00100011	0.3930	1.2951	01100011	-0.3930	1.2951	10100011	0.3930	-1.2951	11100011	-0.3930	-1.2951			
00100100	1.0350	1.2614	01100100	-1.0350	1.2614	10100100	1.0350	-1.2614	11100100	-1.0350	-1.2614			
00100101	0.7693	1.4390	01100101	-0.7693	1.4390	10100101	0.7693	-1.4390	11100101	-0.7693	-1.4390			
00100110	0.8585	1.0462	01100110	-0.8585	1.0462	10100110	0.8585	-1.0462	11100110	-0.8585	-1.0462			
00100111	0.6381	1.1935	01100111	-0.6381	1.1935	10100111	0.6381	-1.1935	11100111	-0.6381	-1.1935			
00101000	0.0945	0.9550	01101000	-0.0945	0.9550	10101000	0.0945	-0.9550	11101000	-0.0945	-0.9550			

图88

$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$
00101001	0.2785	0.9184	01101001	-0.2785	0.9184	10101001	0.2785	-0.9184	11101001	-0.2785	-0.9184
00101010	0.1119	1.1326	01101010	-0.1119	1.1326	10101010	0.1119	-1.1326	11101010	-0.1119	-1.1326
00101011	0.3305	1.0891	01101011	-0.3305	1.0891	10101011	0.3305	-1.0891	11101011	-0.3305	-1.0891
00101100	0.6086	0.7420	01101100	-0.6086	0.7420	10101100	0.6086	-0.7420	11101100	-0.6086	-0.7420
00101101	0.4526	0.8462	01101101	-0.4526	0.8462	10101101	0.4526	-0.8462	11101101	-0.4526	-0.8462
00101110	0.7219	0.8799	01101110	-0.7219	0.8799	10101110	0.7219	-0.8799	11101110	-0.7219	-0.8799
00101111	0.5366	1.0037	01101111	-0.5366	1.0037	10101111	0.5366	-1.0037	11101111	-0.5366	-1.0037
00110000	1.6238	0.1604	01110000	-1.6238	0.1604	10110000	1.6238	-0.1604	11110000	-1.6238	-0.1604
00110001	1.5614	0.4738	01110001	-1.5614	0.4738	10110001	1.5614	-0.4738	11110001	-1.5614	-0.4738
00110010	1.3468	0.1330	01110010	-1.3468	0.1330	10110010	1.3468	-0.1330	11110010	-1.3468	-0.1330
00110011	1.2951	0.3930	01110011	-1.2951	0.3930	10110011	1.2951	-0.3930	11110011	-1.2951	-0.3930
00110100	1.2614	1.0350	01110100	-1.2614	1.0350	10110100	1.2614	-1.0350	11110100	-1.2614	-1.0350
00110101	1.4390	0.7693	01110101	-1.4390	0.7693	10110101	1.4390	-0.7693	11110101	-1.4390	-0.7693
00110110	1.0462	0.8585	01110110	-1.0462	0.8585	10110110	1.0462	-0.8585	11110110	-1.0462	-0.8585
00110111	1.1935	0.6381	01110111	-1.1935	0.6381	10110111	1.1935	-0.6381	11110111	-1.1935	-0.6381
00111000	0.9550	0.0945	01111000	-0.9550	0.0945	10111000	0.9550	-0.0945	11111000	-0.9550	-0.0945
00111001	0.9184	0.2785	01111001	-0.9184	0.2785	10111001	0.9184	-0.2785	11111001	-0.9184	-0.2785
00111010	1.1326	0.1119	01111010	-1.1326	0.1119	10111010	1.1326	-0.1119	11111010	-1.1326	-0.1119
00111011	1.0891	0.3305	01111011	-1.0891	0.3305	10111011	1.0891	-0.3305	11111011	-1.0891	-0.3305
00111100	0.7420	0.6086	01111100	-0.7420	0.6086	10111100	0.7420	-0.6086	11111100	-0.7420	-0.6086
00111101	0.8462	0.4526	01111101	-0.8462	0.4526	10111101	0.8462	-0.4526	11111101	-0.8462	-0.4526
00111110	0.8799	0.7219	01111110	-0.8799	0.7219	10111110	0.8799	-0.7219	11111110	-0.8799	-0.7219
00111111	1.0037	0.5366	01111111	-1.0037	0.5366	10111111	1.0037	-0.5366	11111111	-1.0037	-0.5366

图89

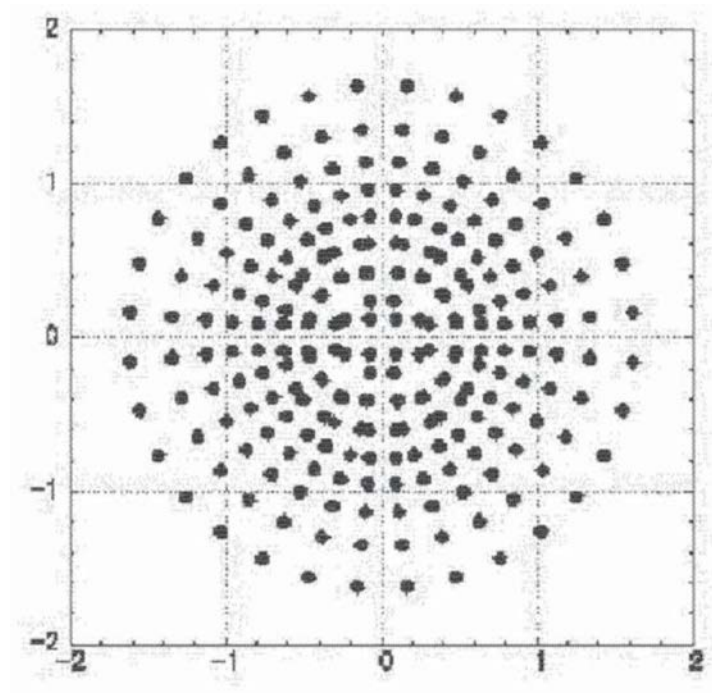


图90

$d_0d_1\dots d_{11}$	$\text{Re}(e_i)$	$\text{Im}(e_i)$	$d_0d_1\dots d_{11}$	$\text{Re}(e_i)$	$\text{Im}(e_i)$	$d_0d_1\dots d_{11}$	$\text{Re}(e_i)$	$\text{Im}(e_i)$	$d_0d_1\dots d_{11}$	$\text{Re}(e_i)$	$\text{Im}(e_i)$
0000000	0.0754	0.2310	0100000	-0.0754	0.2310	1000000	0.0754	-0.2310	1100000	-0.0754	-0.2310
0000001	0.0768	0.2305	0100001	-0.0768	0.2305	1000001	0.0768	-0.2305	1100001	-0.0768	-0.2305
0000010	0.0924	0.4136	0100010	-0.0924	0.4136	1000010	0.0924	-0.4136	1100010	-0.0924	-0.4136
0000011	0.1043	0.4125	0100011	-0.1043	0.4125	1000011	0.1043	-0.4125	1100011	-0.1043	-0.4125
0000100	0.0829	0.1135	0100100	-0.0829	0.1135	1000100	0.0829	-0.1135	1100100	-0.0829	-0.1135
0000101	0.0836	0.1149	0100101	-0.0836	0.1149	1000101	0.0836	-0.1149	1100101	-0.0836	-0.1149
0000110	0.2682	0.3856	0100110	-0.2682	0.3856	1000110	0.2682	-0.3856	1100110	-0.2682	-0.3856
0000111	0.2531	0.3906	0100111	-0.2531	0.3906	1000111	0.2531	-0.3906	1100111	-0.2531	-0.3906
0001000	0.0836	0.7817	0101000	-0.0836	0.7817	1001000	0.0836	-0.7817	1101000	-0.0836	-0.7817
0001001	0.2052	0.7608	0101001	-0.2052	0.7608	1001001	0.2052	-0.7608	1101001	-0.2052	-0.7608
0001010	0.0838	0.6034	0101010	-0.0838	0.6034	1001010	0.0838	-0.6034	1101010	-0.0838	-0.6034
0001011	0.1394	0.5961	0101011	-0.1394	0.5961	1001011	0.1394	-0.5961	1101011	-0.1394	-0.5961
0001100	0.4861	0.6331	0101100	-0.4861	0.6331	1001100	0.4861	-0.6331	1101100	-0.4861	-0.6331
0001101	0.3661	0.7034	0101101	-0.3661	0.7034	1001101	0.3661	-0.7034	1101101	-0.3661	-0.7034
0001110	0.3732	0.5159	0101110	-0.3732	0.5159	1001110	0.3732	-0.5159	1101110	-0.3732	-0.5159
0001111	0.3095	0.5511	0101111	-0.3095	0.5511	1001111	0.3095	-0.5511	1101111	-0.3095	-0.5511
0010000	0.3030	0.0811	0101000	-0.3030	0.0811	1001000	0.3030	-0.0811	1101000	-0.3030	-0.0811
0010001	0.3017	0.0853	0101001	-0.3017	0.0853	1001001	0.3017	-0.0853	1101001	-0.3017	-0.0853
0010010	0.4758	0.0932	0101010	-0.4758	0.0932	1001010	0.4758	-0.0932	1101010	-0.4758	-0.0932

图91

$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e_l)$	$\text{Im}(e_l)$
00010011	0.4676	0.1242	01010011	-0.4676	0.1242	10010011	0.4676	-0.1242	11010011	-0.4676	-0.1242
00010100	0.2425	0.1081	01010100	-0.2425	0.1081	10010100	0.2425	-0.1081	11010100	-0.2425	-0.1081
00010101	0.2447	0.1115	01010101	-0.2447	0.1115	10010101	0.2447	-0.1115	11010101	-0.2447	-0.1115
00010110	0.3837	0.2813	01010110	-0.3837	0.2813	10010110	0.3837	-0.2813	11010110	-0.3837	-0.2813
00010111	0.3959	0.2642	01010111	-0.3959	0.2642	10010111	0.3959	-0.2642	11010111	-0.3959	-0.2642
00011000	0.7929	0.0859	01011000	-0.7929	0.0859	10011000	0.7929	-0.0859	11011000	-0.7929	-0.0859
00011001	0.7652	0.2324	01011001	-0.7652	0.2324	10011001	0.7652	-0.2324	11011001	-0.7652	-0.2324
00011010	0.6365	0.0872	01011010	-0.6365	0.0872	10011010	0.6365	-0.0872	11011010	-0.6365	-0.0872
00011011	0.6207	0.1757	01011011	-0.6207	0.1757	10011011	0.6207	-0.1757	11011011	-0.6207	-0.1757
00011100	0.6149	0.5145	01011100	-0.6149	0.5145	10011100	0.6149	-0.5145	11011100	-0.6149	-0.5145
00011101	0.6987	0.3934	01011101	-0.6987	0.3934	10011101	0.6987	-0.3934	11011101	-0.6987	-0.3934
00011110	0.5063	0.4029	01011110	-0.5063	0.4029	10011110	0.5063	-0.4029	11011110	-0.5063	-0.4029
00011111	0.5526	0.3356	01011111	-0.5526	0.3356	10011111	0.5526	-0.3356	11011111	-0.5526	-0.3356
00100000	0.1598	1.6262	01100000	-0.1598	1.6262	10100000	0.1598	-1.6262	11100000	-0.1598	-1.6262
00100001	0.4733	1.5637	01100001	-0.4733	1.5637	10100001	0.4733	-1.5637	11100001	-0.4733	-1.5637
00100010	0.1307	1.3502	01100010	-0.1307	1.3502	10100010	0.1307	-1.3502	11100010	-0.1307	-1.3502
00100011	0.3877	1.2983	01100011	-0.3877	1.2983	10100011	0.3877	-1.2983	11100011	-0.3877	-1.2983
00100100	1.0328	1.2617	01100100	-1.0328	1.2617	10100100	1.0328	-1.2617	11100100	-1.0328	-1.2617
00100101	0.7675	1.4398	01100101	-0.7675	1.4398	10100101	0.7675	-1.4398	11100101	-0.7675	-1.4398
00100110	0.8496	1.0508	01100110	-0.8496	1.0508	10100110	0.8496	-1.0508	11100110	-0.8496	-1.0508
00100111	0.6297	1.1967	01100111	-0.6297	1.1967	10100111	0.6297	-1.1967	11100111	-0.6297	-1.1967
00101000	0.0910	0.9531	01101000	-0.0910	0.9531	10101000	0.0910	-0.9531	11101000	-0.0910	-0.9531

图92

$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$	$d_0d_1\dots d_7$	$\text{Re}(e)$	$\text{Im}(e)$
00101001	0.2649	0.9198	01101001	-0.2649	0.9198	10101001	0.2649	-0.9198	11101001	-0.2649	-0.9198
00101010	0.1080	1.1340	01101010	-0.1080	1.1340	10101010	0.1080	-1.1340	11101010	-0.1080	-1.1340
00101011	0.3214	1.0926	01101011	-0.3214	1.0926	10101011	0.3214	-1.0926	11101011	-0.3214	-1.0926
00101100	0.5941	0.7527	01101100	-0.5941	0.7527	10101100	0.5941	-0.7527	11101100	-0.5941	-0.7527
00101101	0.4371	0.8528	01101101	-0.4371	0.8528	10101101	0.4371	-0.8528	11101101	-0.4371	-0.8528
00101110	0.7093	0.8880	01101110	-0.7093	0.8880	10101110	0.7093	-0.8880	11101110	-0.7093	-0.8880
00101111	0.5235	1.0090	01101111	-0.5235	1.0090	10101111	0.5235	-1.0090	11101111	-0.5235	-1.0090
00110000	1.6180	0.1602	01110000	-1.6180	0.1602	10110000	1.6180	-0.1602	11110000	-1.6180	-0.1602
00110001	1.5540	0.4734	01110001	-1.5540	0.4734	10110001	1.5540	-0.4734	11110001	-1.5540	-0.4734
00110010	1.3411	0.1336	01110010	-1.3411	0.1336	10110010	1.3411	-0.1336	11110010	-1.3411	-0.1336
00110011	1.2883	0.3955	01110011	-1.2883	0.3955	10110011	1.2883	-0.3955	11110011	-1.2883	-0.3955
00110100	1.2561	1.0337	01110100	-1.2561	1.0337	10110100	1.2561	-1.0337	11110100	-1.2561	-1.0337
00110101	1.4311	0.7676	01110101	-1.4311	0.7676	10110101	1.4311	-0.7676	11110101	-1.4311	-0.7676
00110110	1.0362	0.8626	01110110	-1.0362	0.8626	10110110	1.0362	-0.8626	11110110	-1.0362	-0.8626
00110111	1.1845	0.6419	01110111	-1.1845	0.6419	10110111	1.1845	-0.6419	11110111	-1.1845	-0.6419
00111000	0.9546	0.0957	01111000	-0.9546	0.0957	10111000	0.9546	-0.0957	11111000	-0.9546	-0.0957
00111001	0.9163	0.2834	01111001	-0.9163	0.2834	10111001	0.9163	-0.2834	11111001	-0.9163	-0.2834
00111010	1.1282	0.1128	01111010	-1.1282	0.1128	10111010	1.1282	-0.1128	11111010	-1.1282	-0.1128
00111011	1.0838	0.3340	01111011	-1.0838	0.3340	10111011	1.0838	-0.3340	11111011	-1.0838	-0.3340
00111100	0.7329	0.6204	01111100	-0.7329	0.6204	10111100	0.7329	-0.6204	11111100	-0.7329	-0.6204
00111101	0.8428	0.4615	01111101	-0.8428	0.4615	10111101	0.8428	-0.4615	11111101	-0.8428	-0.4615
00111110	0.8680	0.7295	01111110	-0.8680	0.7295	10111110	0.8680	-0.7295	11111110	-0.8680	-0.7295
00111111	0.9959	0.5426	01111111	-0.9959	0.5426	10111111	0.9959	-0.5426	11111111	-0.9959	-0.5426

图93

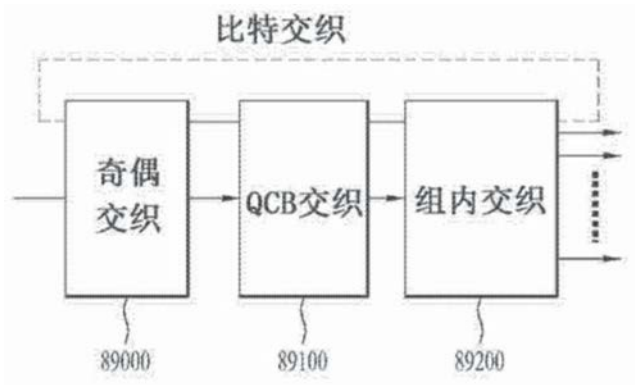


图94

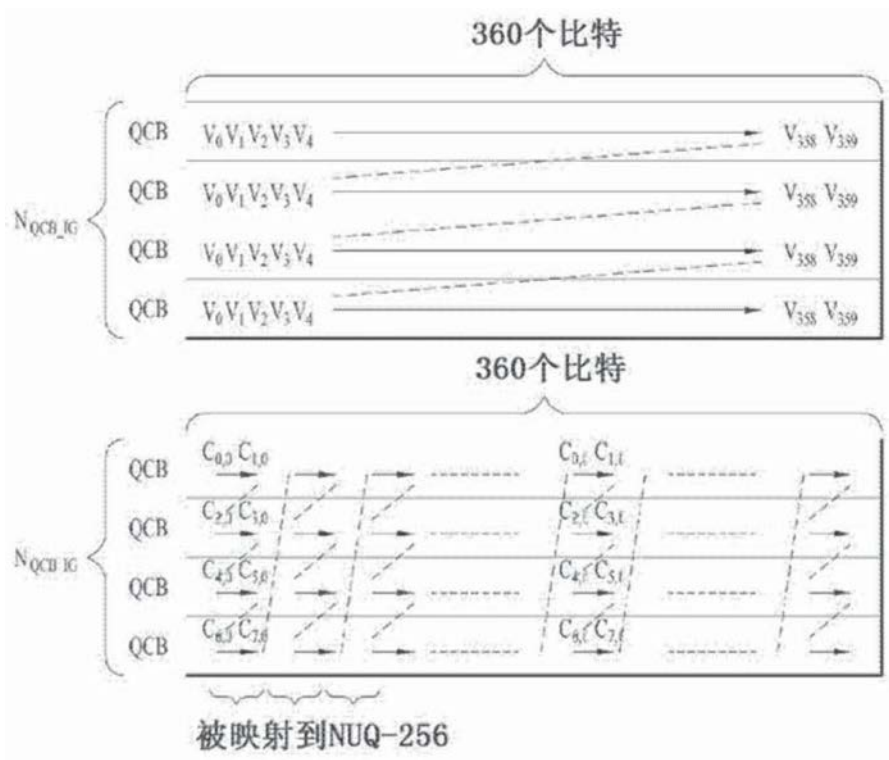


图95

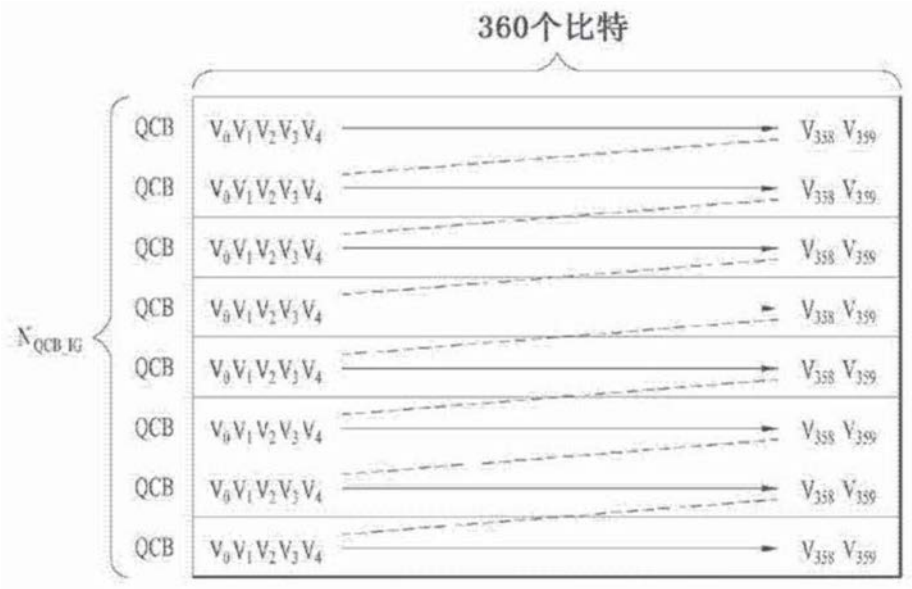


图96

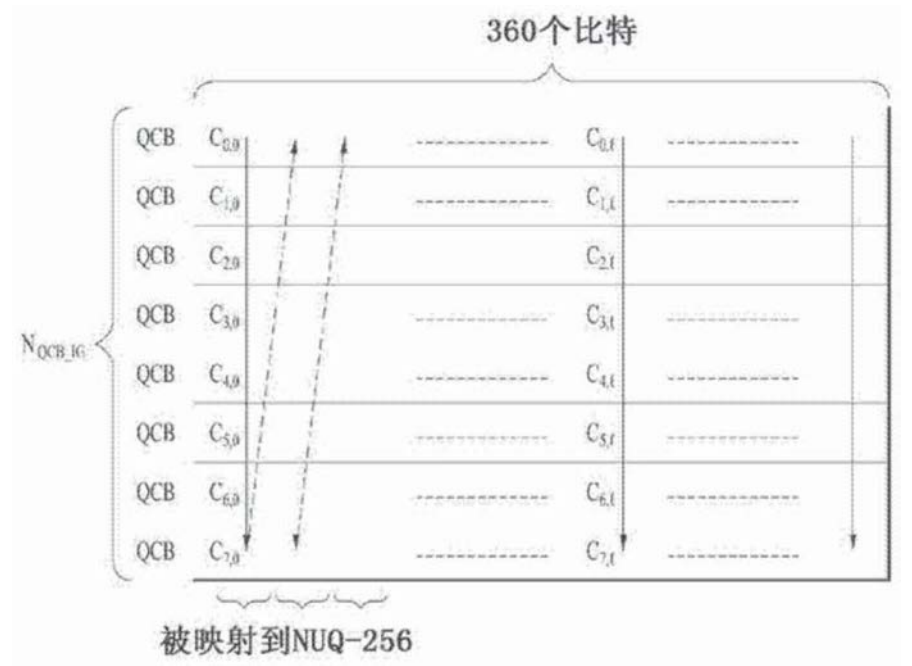


图97

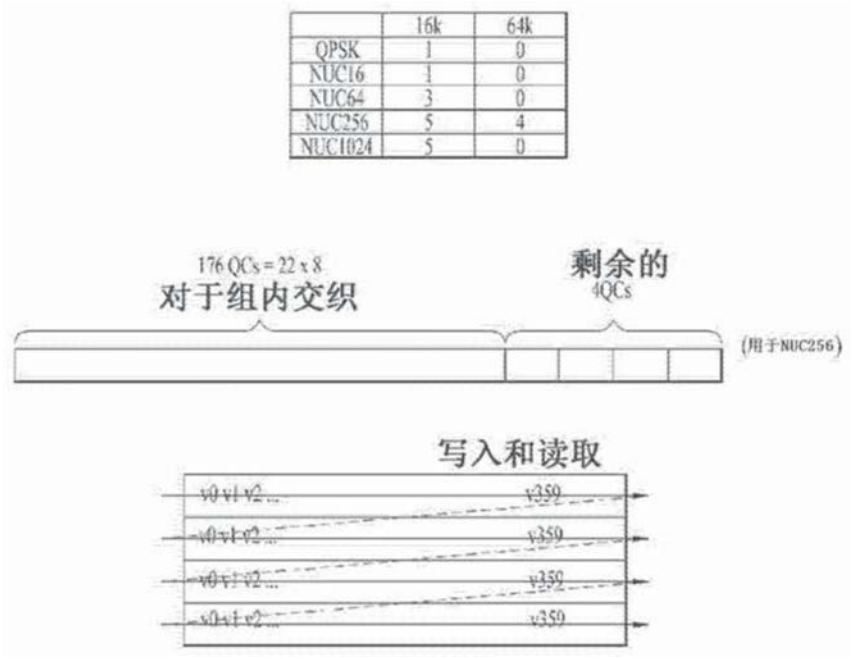


图98

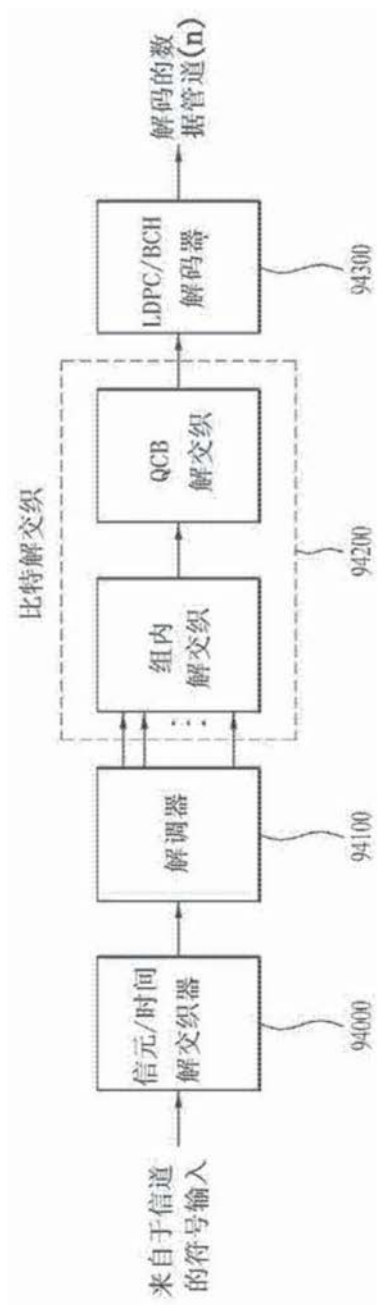


图99

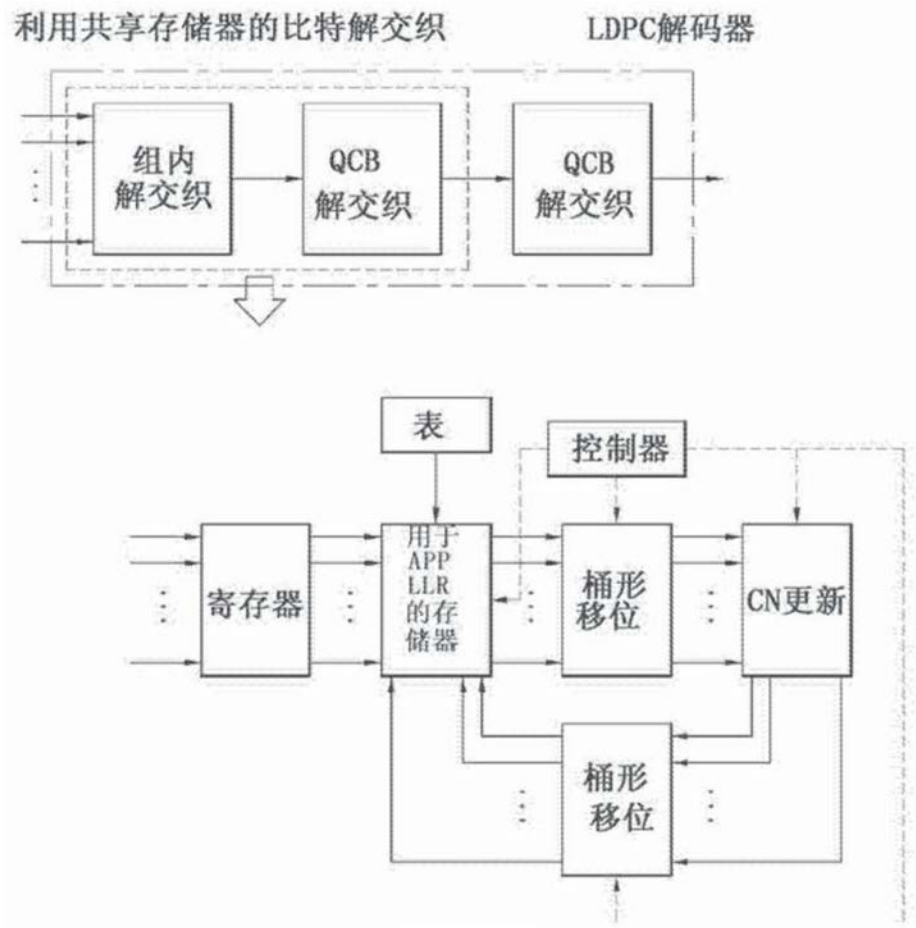


图100

调制类型	η_{mod}	$N_{QCB\ 行}$
QAM-16	4	2
NUC-16, QAM-16	4	4
NUQ-64	6	3
NUC-64, NUQ-64	6	6
NUQ-256	8	4
NUC-256, NUQ-256	8	8
NUQ-1024	10	5
NUC-1024, NUQ-1024	10	10

图101

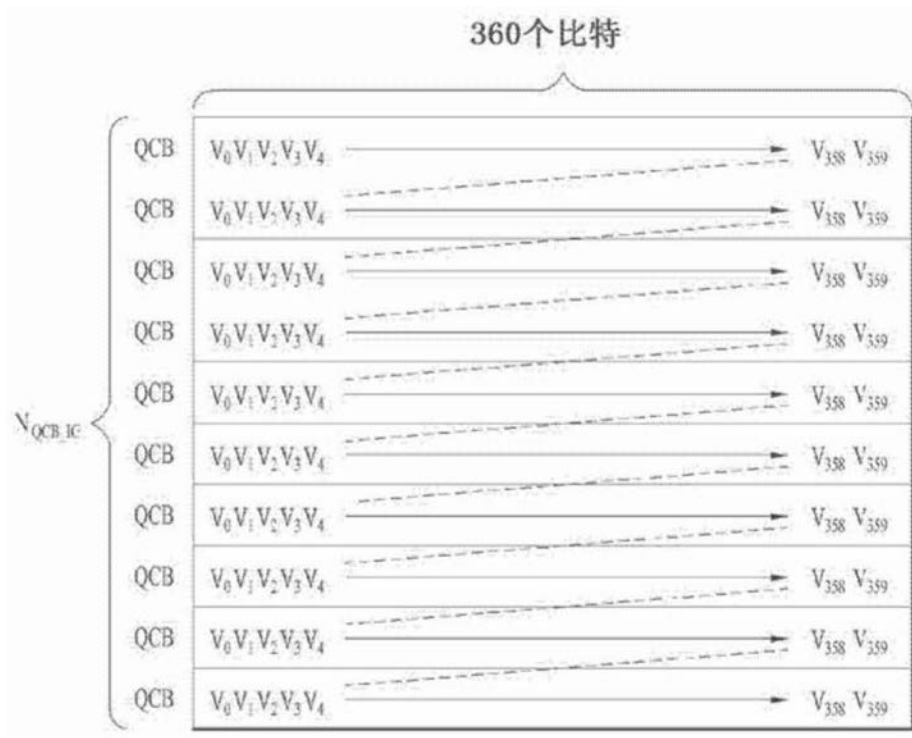


图102

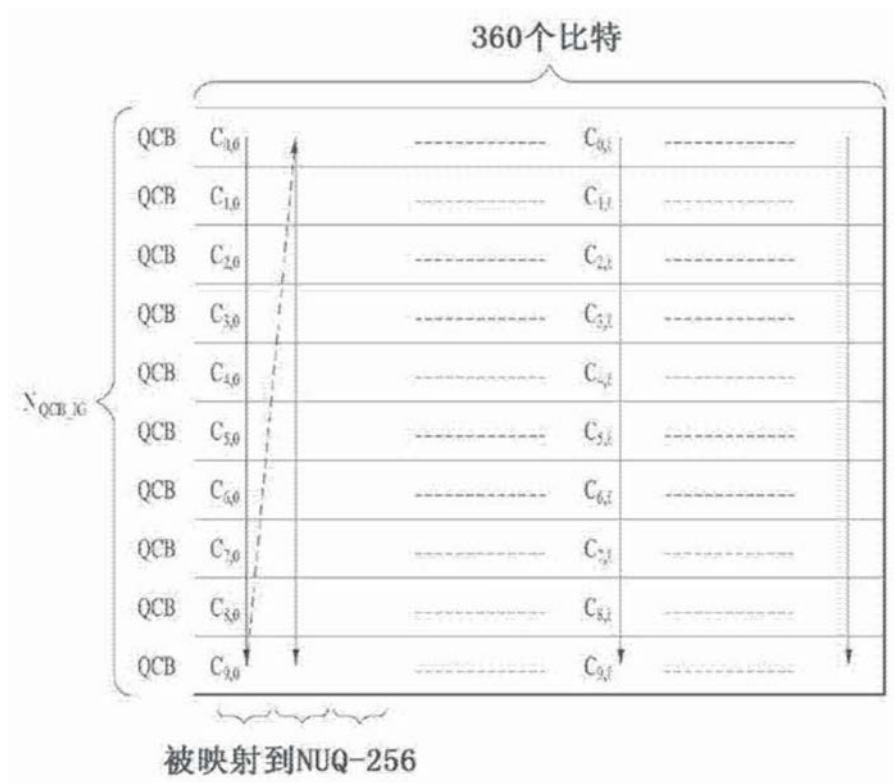


图103

调制类型	η_{mod}	$N_{QCB,IG}$
QPSK	2	2
QAM-16	4	2
NUC-16, QAM-16	4	4
NUQ-64	6	3
NUC-64, NUQ-64	6	6
NUQ-256	8	4
NUC-256, NUQ-256	8	8
NUQ-1024	10	5
NUC-1024, NUQ-1024	10	10

图104

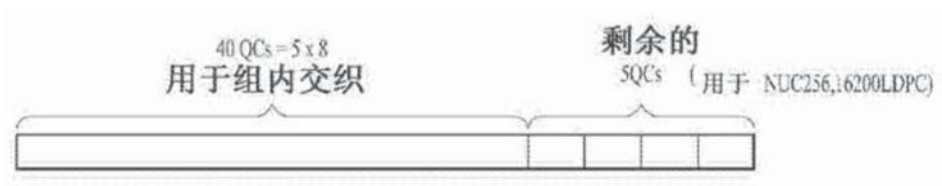


图105

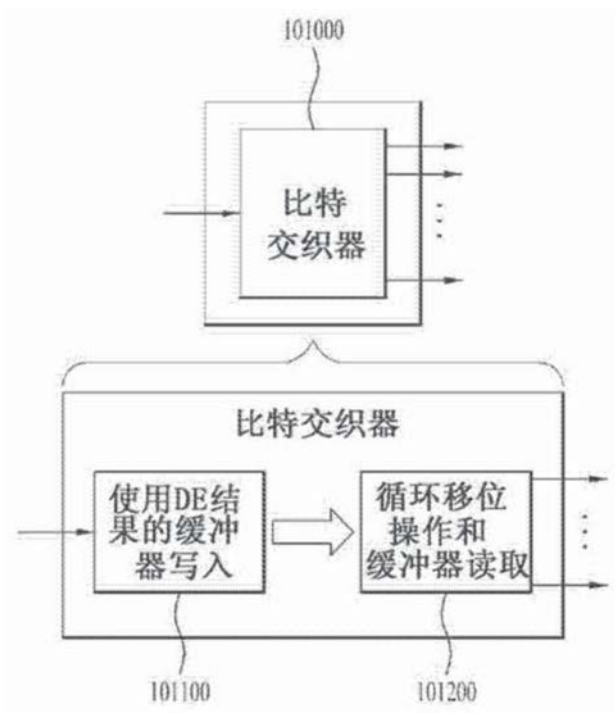


图106

$$C_{BICM}(B;Y,E_s/N_0)=1-E_{b,y}\left[\log_2\frac{\sum_{\hat{x}\in\mathcal{X}}p(y|\hat{x})}{\sum_{\hat{x}\in\mathcal{X}'}p(y|\hat{x})}\right]$$

$$\sigma_j^2=\left[J^{-1}(I(b_k;Y|\sigma^2))\right]^2, j=1,\dots,m$$

$$I_{E,VND}(I_A,\sigma_{ch,j}^2,L(x))=\sum_{i=1}^M\sum_{l=dy,\min}^{dy,\max}L_{j,i}\cdot\lambda_i\cdot I_{E,VND}(I_A,i,\sigma_{ch,i}^2)$$

$$I_{E,CND}(I_E)=\sum_{l=dy,\min}^{dy,\max}\rho_l\cdot I_{A,CND}(I_E,l)$$

j: 调制比特索引
 i: VN节点度索引
 L_{ij} = 分布

具有限制

$$\begin{cases} 0\leq L_{ji}\leq 1 \\ \sum_i L_{ji}=1/m, \quad j=1,\dots,m \\ \sum_j L_{ji}=\lambda_i \quad i=1,\dots,VN_{\max} \end{cases}$$

图107

$$\mathbf{L}=\begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & \cdots & L_{1i} \\ L_{21} & L_{22} & & \vdots \\ \vdots & & & \\ L_{ji} & \cdots & & L_{ji} \end{bmatrix}$$

j: 调制比特索引
 i: VN节点度索引

$$\Rightarrow \begin{cases} 0\leq L_{ji}\leq 1 \\ \sum_i L_{ji}=1/m, \quad j=1,\dots,m \\ \sum_j L_{ji}=\lambda_i \quad i=1,\dots,VN_{\max} \end{cases}$$

图108

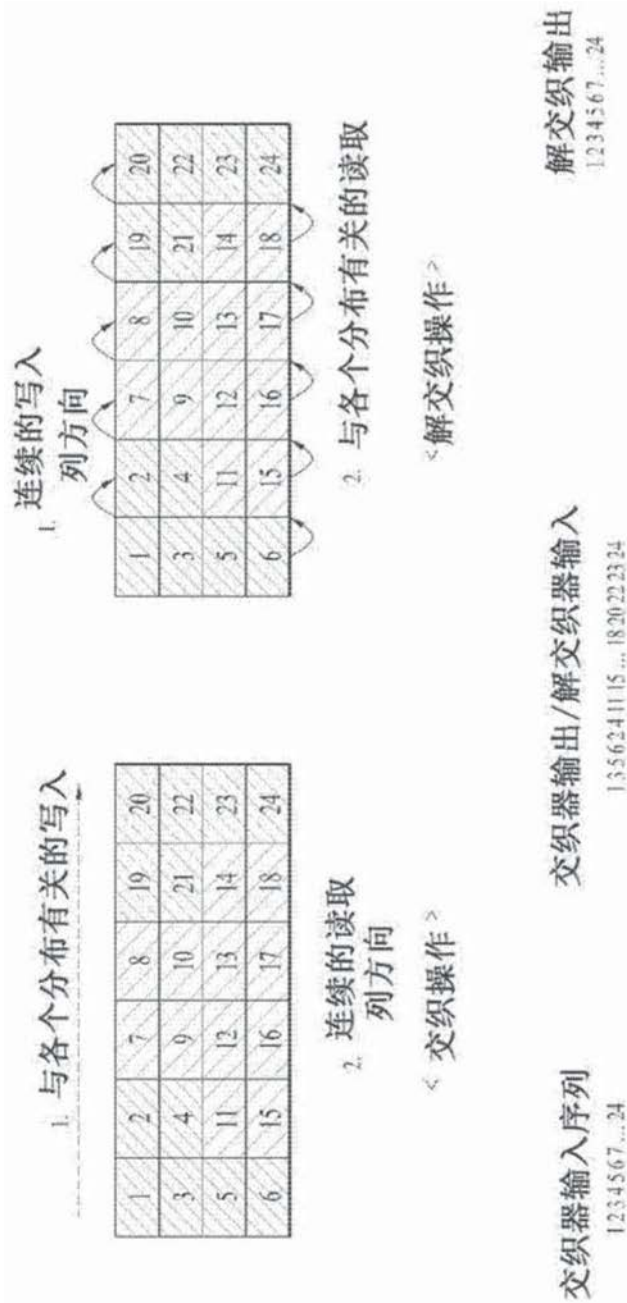


图109



图110

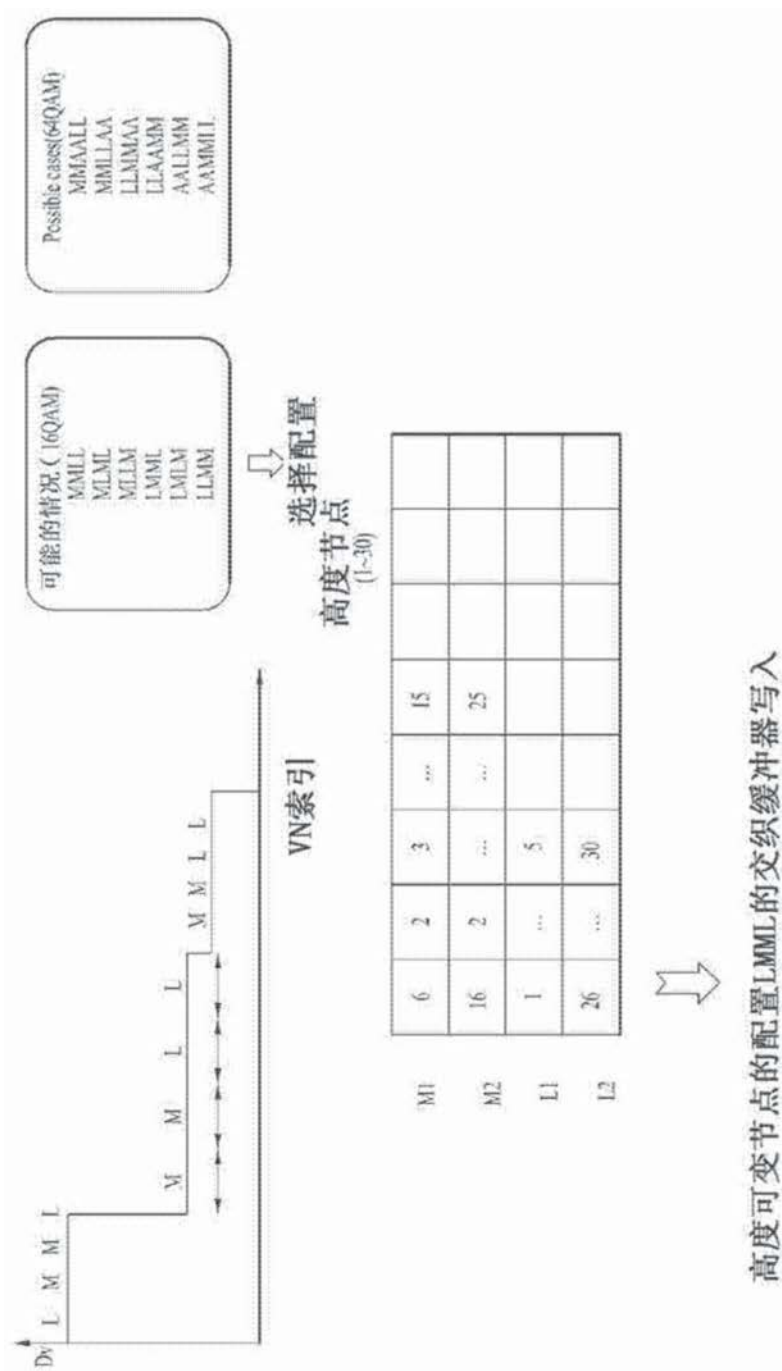


图111

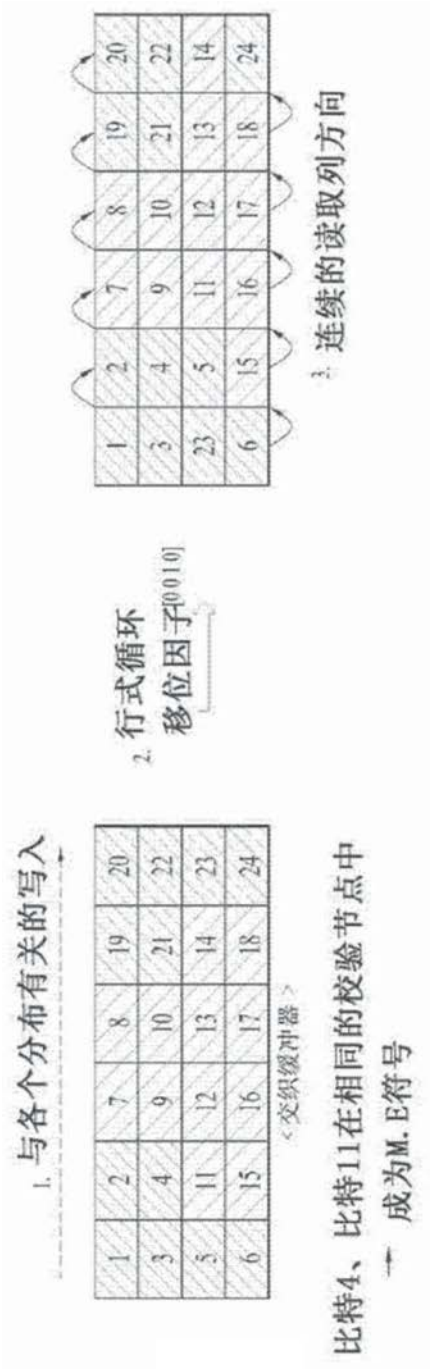


图112

3QC	4QC	7QC	8QC	19QC	20QC
13QC	14QC	23QC	24QC	1QC	2QC
9QC	21QC	5QC	10QC	11QC	12QC
22QC	6QC	15QC	16QC	17QC	18QC

图113

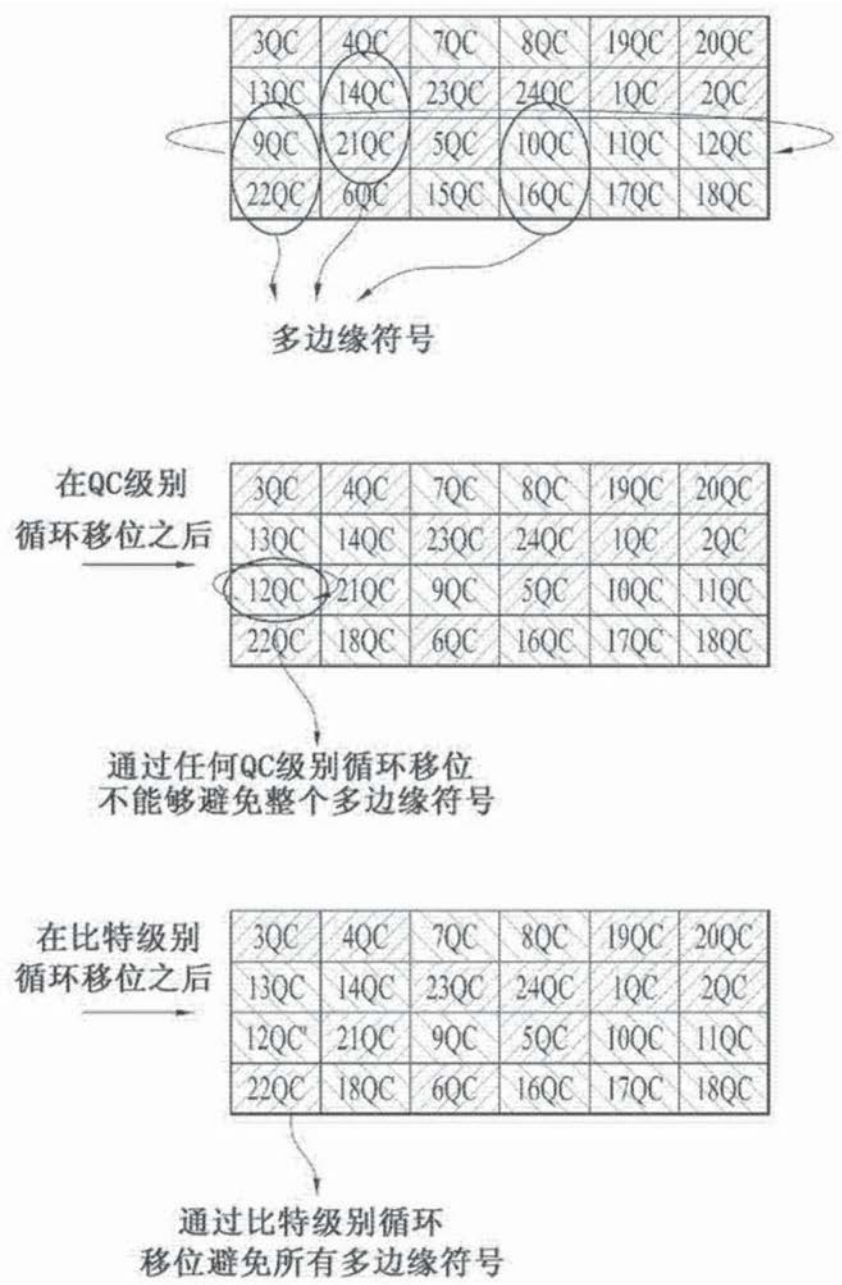


图114

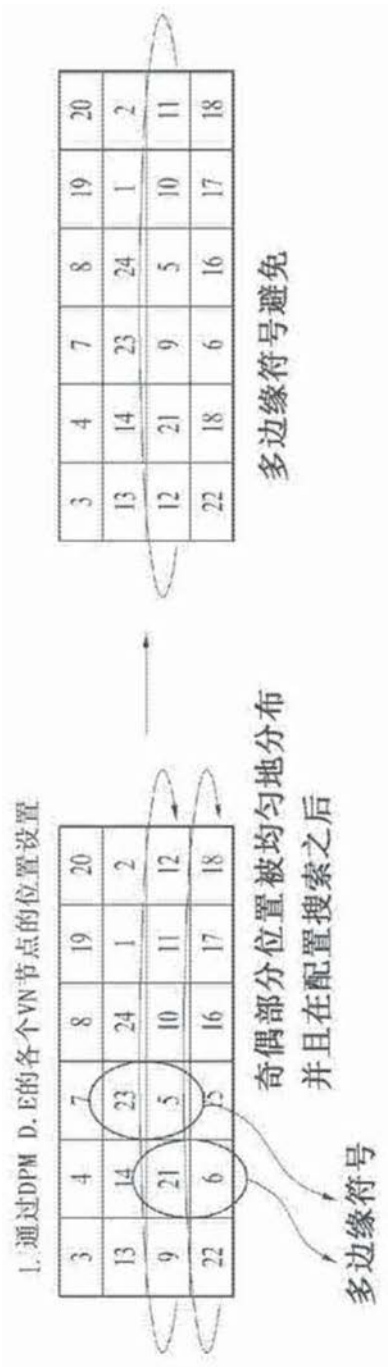


图115

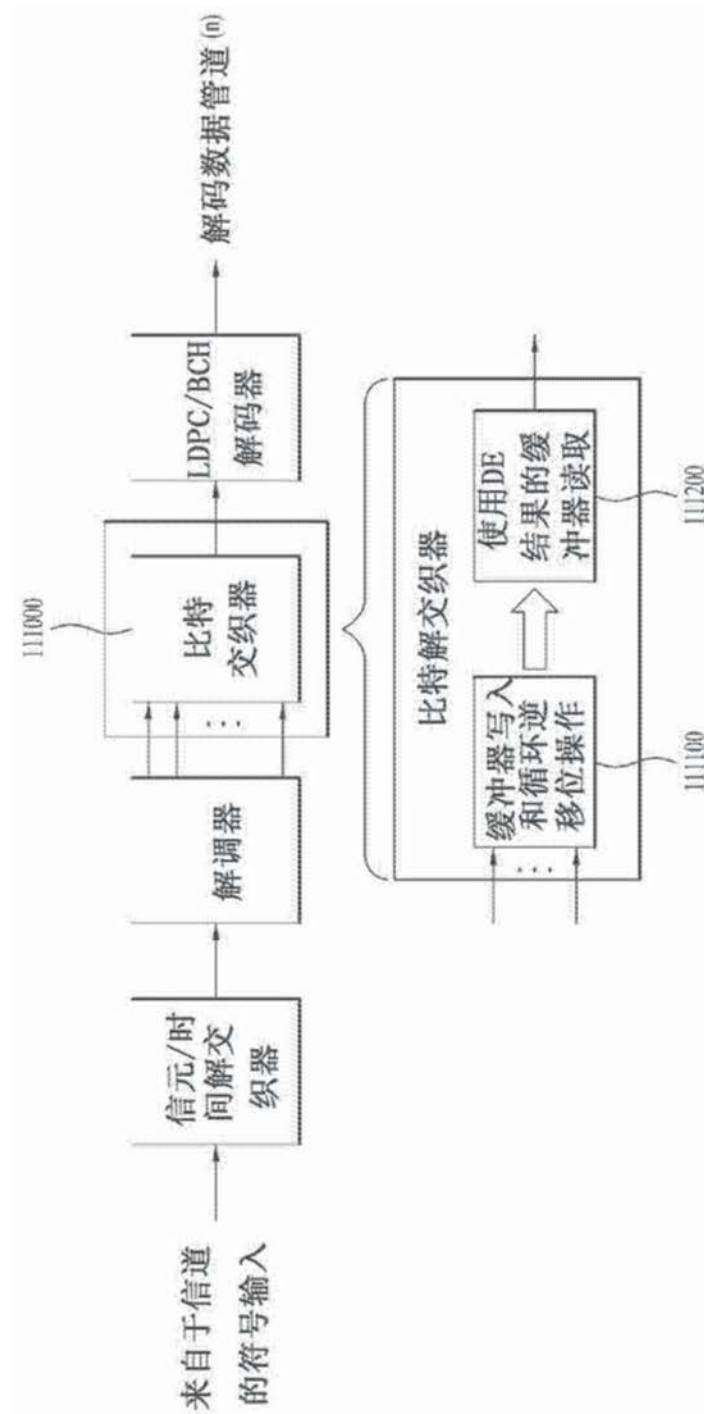


图116

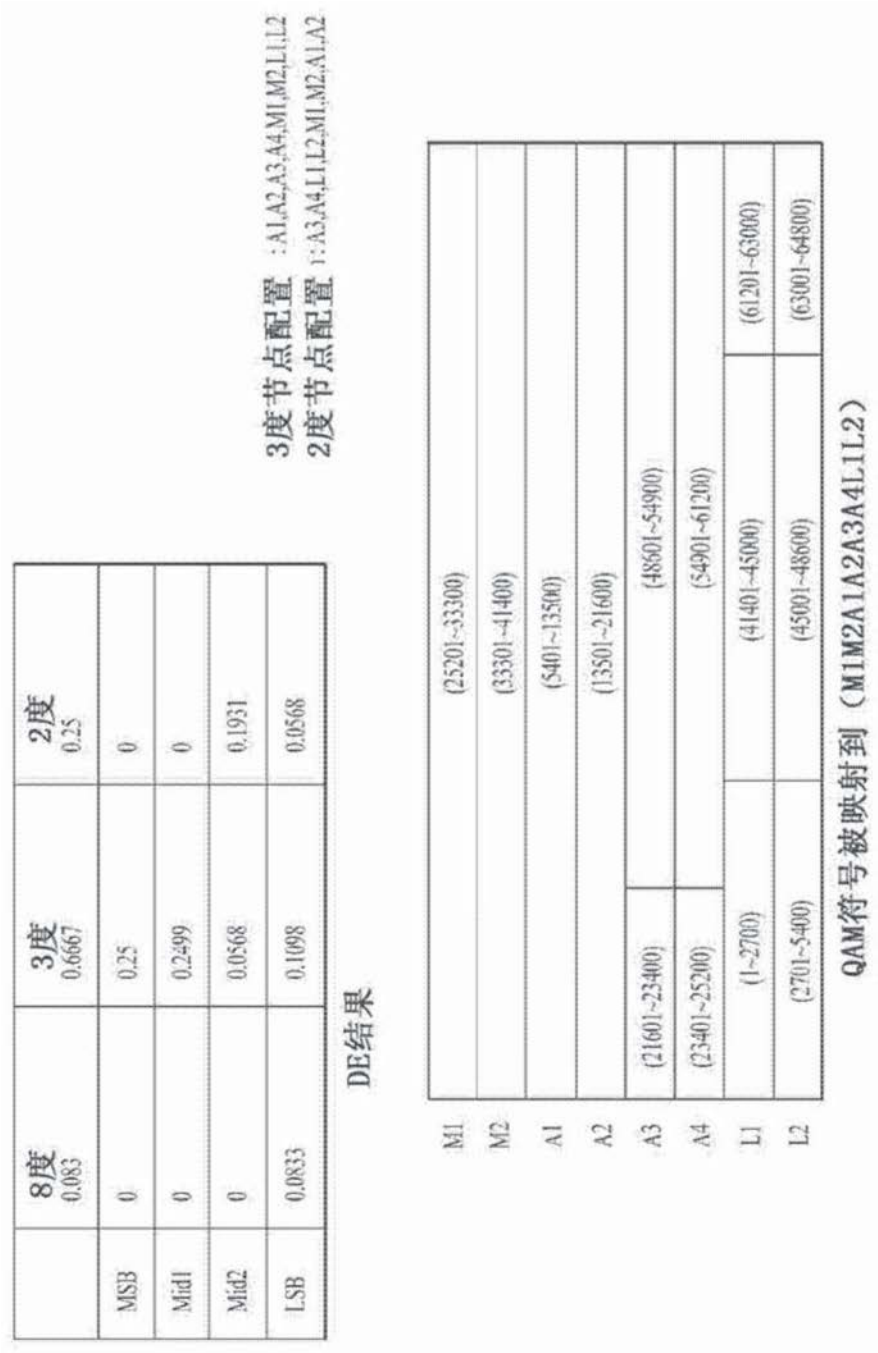


图117

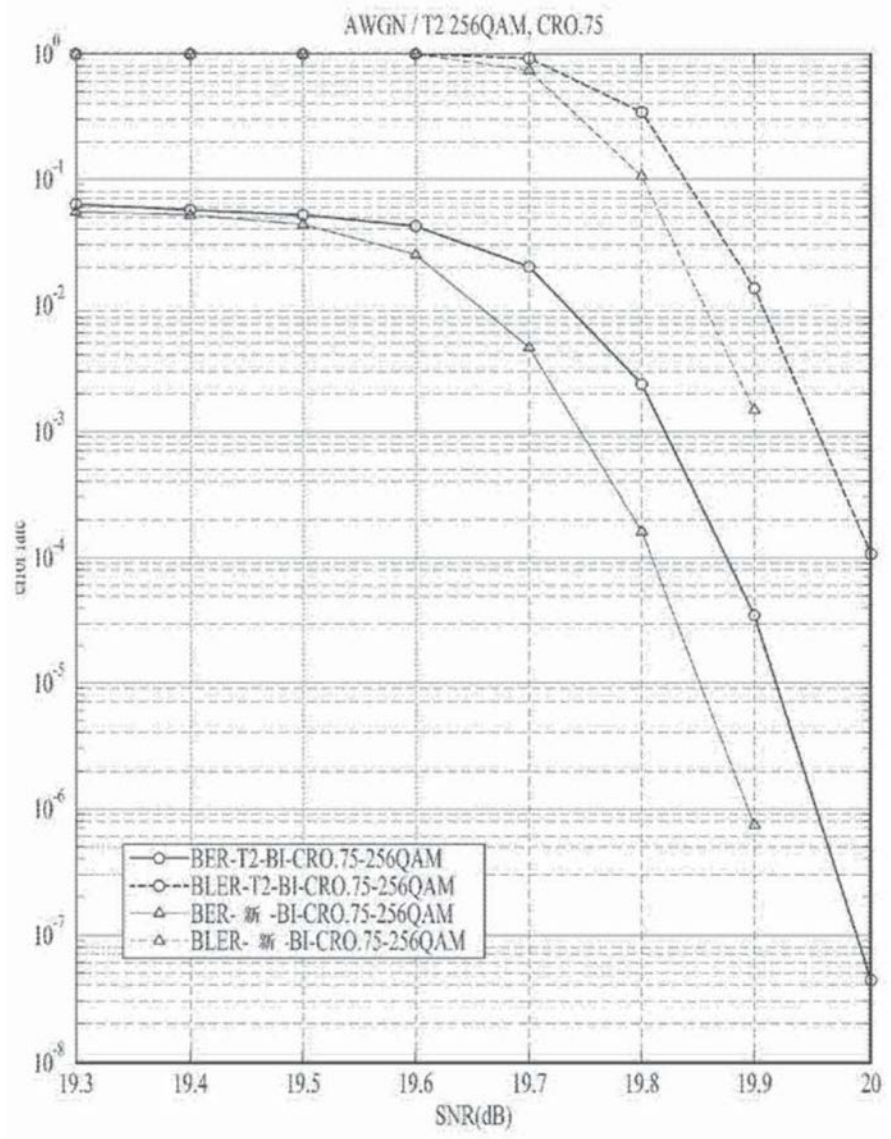


图118

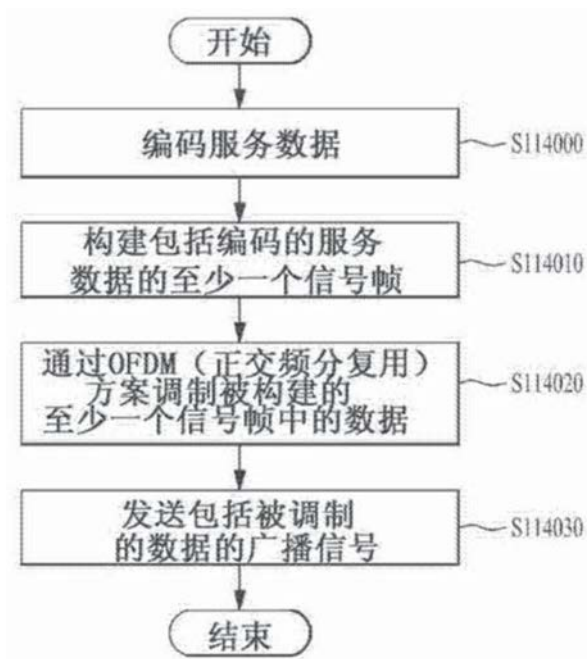


图119

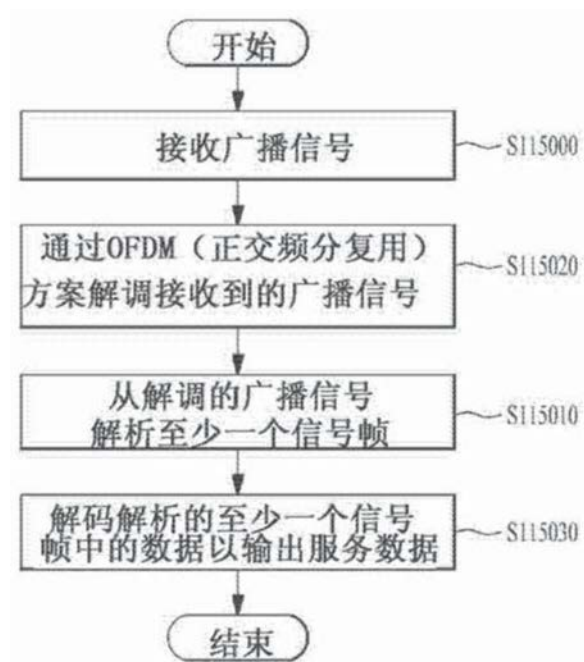


图120