



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110073640 A

(43)申请公布日 2019.07.30

(21)申请号 201780072924.4

(22)申请日 2017.11.23

(30)优先权数据

16200537.5 2016.11.24 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.05.24

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/080198 2017.11.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/096031 EN 2018.05.31

(71)申请人 慕尼黑工业大学

地址 德国慕尼黑市

(72)发明人 乔治·博齐莱 帕特里克·舒尔特

富宾恩·斯坦纳

(74)专利代理机构 北京汇思诚业知识产权代理

有限公司 11444

代理人 王刚 龚敏

(51)Int.Cl.

H04L 27/34(2006.01)

H04B 10/516(2006.01)

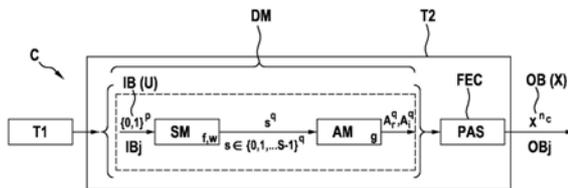
权利要求书3页 说明书13页 附图11页

(54)发明名称

用于转换或重新转换数据信号的方法以及用于数据传输和/或数据接收的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及用于转换数据信号(U)的方法(C)。该方法包括以下过程:(i)提供输入符号(Bj)的输入符号流(IB),所述输入符号流(IB)代表要转换的数据信号(U),和(ii)对覆盖所述输入符号流(IB)的p个连续输入符号(IBj)的连续分离部分输入符号序列(IB^p)应用分布匹配过程(DM)以生成并输出最终输出符号流(OB)或其预形式,其中p是固定自然数,所述分布匹配过程(DM)由先前的壳映射过程(SM)和后续的幅值映射过程(AM)形成,所述壳映射过程(SM)配置为以便为每个所述连续部分输入符号序列(IB^p)形成q个壳索引(s)的序列(s^q),并输出到所述幅值映射过程(AM),其中q是固定的自然数,并且其中所述幅值映射过程(AM)配置为向每个壳索引(s)分配幅值元组。



1. 一种用于转换数据信号 (U) 的方法 (C), 包括如下过程:

-提供输入符号 (B<sub>j</sub>) 的输入符号流 (IB), 所述输入符号流 (IB) 代表要转换的所述数据信号 (U), 和

-对覆盖所述输入符号流 (IB) 的 p 个连续输入符号 (IB<sub>j</sub>) 的连续分离部分输入符号序列 (IB<sup>p</sup>) 应用分布匹配过程 (DM), 以生成并输出最终输出符号流 (OB) 或其预形式, 其中 p 是固定自然数,

其中,

-所述分布匹配过程 (DM) 由先前的壳映射过程 (SM) 和后续的幅值映射过程 (AM) 形成,

-所述壳映射过程 (SM) 配置为以便为每个所述连续部分输入符号序列 (IB<sup>p</sup>) 形成 q 个壳索引 (s) 的序列 (s<sup>q</sup>), 并输出到所述幅值映射过程 (AM), 其中 q 是固定的自然数, 并且

-所述幅值映射过程 (AM) 配置为向每个壳索引 (s) 分配幅值元组。

2. 根据权利要求 1 所述的方法 (C),

-其中, 所述壳映射过程 (SM), 每个壳索引 (s) 的值, 壳映射函数 (f) 和/或壳加权函数 (w) 是相对于所述壳映射过程 (SM) 下的指定的索引集 (S) 而定义的,

-特别是, 其中,

-对于  $M=2^{2m}$  的 M-QAM 星座, 其中 m 是固定的自然数, 所述索引集 (S) 满足以下关系 (1)

$$S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\}, \quad (1)$$

S 表示所述索引集, 且  $s_{\max} = M/4$ , 并且

-对于四维 M-QAM 星座, 例如使用双极化 QAM 方案, 对于索引集 S, 满足  $s_{\max} = M/16$ 。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法 (C),

-其中, 所述幅值映射过程 (AM) 和每个幅值由指定的幅值映射函数 (g) 定义, 所述函数 (g) 配置成将各壳索引 (s) 映射到幅值的元组, 其中, 所述幅值特别地根据  $2^m$ -ASK 星座选择,

-其中, 特别地, 对于  $M=2^{2m}$  的 M-QAM 星座, 其中 m 是固定自然数, 所述 M-QAM 星座的星座点幅值由所述部分输入符号序列 (IB<sup>p</sup>) 索引,

-其中, 特别地, 通过使用额外输入符号或位作为标记符号或位来实现所述星座点的索引, 以用于定义用于索引所述星座点的所述幅值的标记, 其中, 特别地, 针对 q 个壳索引 (s) 和 t 维度的所述元组, 对应于  $t \cdot q$  个幅值实现  $t \cdot q$  个标记符号或标记位。

4. 根据权利要求 3 所述的方法 (C),

-其中, 所述壳加权函数 (w) 配置为, 特别是通过所述壳映射函数 (f) 和所述幅值映射函数 (g), 选择要由所述部分输入符号序列 (IB<sup>p</sup>) 索引的星座点幅值, 其具有最小权重值或者对于其而言各幅值具有最小权重值, 特别是低于给定的预定阈值 (wth),

-其中, 特别地, 将所述幅值或其序列提供至概率幅值整形过程 (PAS), 以便由此分别生成并输出星座点或其序列, 作为代表所述转换信号 (X) 的最终输出符号流 (OB), 特别是以前向纠错形式和/或通过基于二进制串方案来标记所述幅值 (A<sub>r</sub>, A<sub>i</sub>)。

5. 一种用于重新转换数据信号 (Y), 特别是用于转换转换后的数据信号 (Y) 的方法 (RC), 包括如下过程:

-提供输入符号 (B<sub>j</sub>') 的输入符号流 (IB'), 所述输入符号流 (IB) 直接或间接地代表要重新转换的数据信号 (Y) 或其导数, 特别是转换后的数据信号 (Y) 或其导数的幅值序列, 和

-向所述输入符号流 (IB') 或其导数应用逆向分布匹配过程 (DM<sup>-1</sup>) 以便生成并输出最终

输出符号流 (OB') ,

其中,

-所述逆向分布匹配过程 (DM<sup>-1</sup>) 由先前的逆向幅值映射过程 (AM<sup>-1</sup>) 和后续的逆向壳映射过程 (SM<sup>-1</sup>) 形成,

-所述逆向幅值映射过程 (AM<sup>-1</sup>) 配置为由所述输入符号流 (IB') 传送或从所述输入符号流 (IB') 导出的幅值的元组来分配壳索引 (s), 从而将壳索引 (s) 的序列输出到所述逆向壳映射过程 (SM<sup>-1</sup>), 并且

-所述逆向壳映射过程 (SM<sup>-1</sup>) 配置为以为覆盖所述壳索引 (s) 序列的 q 个连续壳索引 (s) 的分离连续部分序列 (s<sup>q</sup>) 的每一个形成并输出 p 个最终输出符号 (OB<sub>j</sub>') 的部分输出符号序列 (OB<sup>p</sup>'), 从而形成并输出转换后或重新转换后的信号 (V), 其中 q 是固定的自然数, p 是固定的自然数。

6. 根据权利要求 5 所述的方法 (RC),

-其中, 所述逆向壳映射过程 (SM<sup>-1</sup>) 和每个壳索引 (s) 的值由所述逆向壳映射过程 (SM<sup>-1</sup>), 且特别是壳映射过程 (SM) 下的指定的索引集 (S) 定义,

-特别是, 其中,

-对于  $M=2^{2m}$  的 M-QAM 星座, 其中 m 是固定的自然数, 所述索引集 S 满足以下关系 (1')

$$S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\}, \quad (1')$$

S 表示索引集, 且  $s_{\max} = M/4$ , 并且

-对于四维 M-QAM 星座, 例如使用双极化 QAM 方案, 对于索引集 S, 满足  $s_{\max} = M/16$ 。

7. 根据权利要求 5 和 6 中任一项所述的方法 (RC),

-其中, 所述逆向幅值映射过程 (AM<sup>-1</sup>) 和每个壳索引值由分配的幅值映射过程 (AM) 定义, 并且特别是与其幅值映射函数 (g) 相关联, 函数 (g) 配置为逆向地将各壳索引 (s) 映射至幅值元组, 其中, 所述幅值尤其根据  $2^m$ -ASK 星座来选择,

-其中, 特别是, 对于  $M=2^{2m}$  的 M-QAM 星座, 其中 m 是固定自然数, 所述 M-QAM 星座的星座点幅值的索引由 p 个连续最终输出符号 (OB<sub>j</sub>') 的分离连续部分输出符号序列 (OB<sup>p</sup>') 重新实现, 其中 p 是固定的自然数,

-其中, 进一步特别地, 通过使用符号或位作为用于定义所述幅值的标记的标记符号或位, 并且通过使用用于索引所述星座点幅值的每个所述部分输出符号序列 (OB<sup>p</sup>') 的剩余符号或位, 来实现所述星座点的索引。

8. 根据权利要求 7 所述的方法 (RC),

-其中, 特别是, 所述壳映射函数 (f), 所述幅值映射函数 (g) 和/或壳加权函数 (w) 配置为以传递要被所述部分输出符号序列 (OB<sup>p</sup>') 索引的星座点幅值的选择, 其具有最小权重值或者对于其而言各幅值具有最小权重值, 特别是低于给定的预定阈值 (wth),

-其中, 所述幅值或其序列分别从评估输入星座点幅值或其序列的先前的逆向概率幅值整形过程 (PAS<sup>-1</sup>) 获得, 由于所述输入符号流 (IB') 代表要被重新转换的信号 (Y), 特别是以前向纠错形式。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法 (C, RC),

其中, 提供所述输入符号流 (IB, IB') 的过程包括以下中的至少一个:

-从存储介质中或从符号生成过程中回调所述输入符号流 (IB, IB'), 和

-接收、解调和/或解码代表或传递所述输入符号流 (IB, IB') 的信号。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法 (C, RC),

其中, 所述分布匹配过程 (DM), 所述逆向分布匹配过程 (DM<sup>-1</sup>), 所述壳映射过程 (SM), 所述逆向壳映射过程 (SM<sup>-1</sup>), 所述幅值映射过程 (AM), 所述逆向幅值映射过程 (AM<sup>-1</sup>), 所述概率幅值整形过程 (PAS), 所述逆向概率幅值整形过程 (PAS<sup>-1</sup>), 所述壳映射函数 (f), 所述壳加权函数 (w), 所述幅值映射函数 (g), 所述逆向壳映射函数 (f<sup>-1</sup>) 和所述逆向幅值映射函数 (g<sup>-1</sup>) 中的至少一个至少是基于以下之一和选择于:

(a) 根据要为输出所实现的预定义分布, 特别是基于高斯分布, 和

(b) 为了通过相应地从各整个候选集合中索引各输出序列来实现所述最终输出符号序列 (OB, OB') 到各分布的经验分布的方法。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的方法 (C, RC),

其中, 所述输入符号流 (IB, IB'), 所述壳索引 (s), 所述幅值至少部分地由二进制位形成和/或由二进制位表示。

12. 一种用于数据传输和数据接收的方法 (T),

-其中, 数据传输部分包括根据权利要求1至4和基于权利要求1至4中任一项的权利要求9至11中任一项所述的方法,

-其中, 数据接收部分包括根据权利要求5至8和基于权利要求5至8中任一项的权利要求9至11中任一项所述的方法。

13. 根据权利要求12所述的方法 (T), 其中,

-所述分布匹配过程 (DM) 和所述逆向分布匹配过程 (DM<sup>-1</sup>) 彼此逆向, 和/或

-所述概率幅值整形过程 (PAS) 和所述逆向概率幅值整形过程 (PAS<sup>-1</sup>) 彼此逆向。

14. 一种数据传输和数据接收系统 (T), 包括:

处理单元, 其配置为执行根据权利要求1至13中任一项所述的方法。

## 用于转换或重新转换数据信号的方法以及用于数据传输和/或数据接收的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于转换或重新转换数据信号的方法,以及用于数据传输和/或数据接收的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 在通过特定类型的信道上转换、发送和/或接收数据信号以便通信传输符号序列的领域中,一定程度的功耗伴随着基础 (underlying) 过程。

[0003] 公开“带宽有效和速率匹配的低密度奇偶校验编码调制”(IEEE通信会报,第63卷,第12期,第4651至4665页)公开了一种编码调制方案,其中在发射机侧,串联的分布匹配器和系统二进制编码器执行概率信号整形和信道编码。

[0004] 公开“通过星座整形降低使用QAM的OFDM系统的峰值和平均功率”(欧洲电信会报,第21卷,第35至49页,2010)涉及通过星座整形使用正交幅值调制来降低正交频分复用信号的峰值和平均功率的方案。

[0005] 公开“用于V.Fast的高级调制技术”(欧洲电信和相关技术会报,第4卷,第3期,第243至255页)教导了一种调制技术,包括用于自动选择传输频带的自适应带宽操作,用于更高编码增益的多维网格编码调制,用于更高整形增益的星座整形,高级均衡的预编码和预加重,以及用于抵抗信号依赖缺陷的翘曲 (warping)。

### 发明内容

[0006] 本发明的一个目的是提供转换或重新转换数据信号的方法以及用于数据传输和/或数据接收的方法和系统,其具有在降低的功耗或至少提高的功率效率下的基础过程的增加的可靠性。

[0007] 本发明的目的是通过根据独立权利要求1的用于转换数据信号的方法或者通过根据独立权利要求5的方法,通过根据独立权利要求12的数据传输和数据接收的方法以及数据,根据独立权利要求14的发送和接收系统来实现的。优选实施例在相应的从属权利要求中限定。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于转换数据信号的方法,该方法包括:

[0009] -提供输入符号的输入符号流,输入符号流代表要转换的数据信号;

[0010] -将分布匹配过程应用于覆盖所述输入符号流的 $p$ 个连续输入符号的连续分离部分输入符号序列,以便生成并输出最终输出符号流或其预形式,其中 $p$ 是固定自然数。

[0011] 根据本发明,分布匹配过程由先前的壳映射过程和后续的幅值映射过程形成。所述壳映射过程配置为以便为所述连续的部分输入符号序的每一个列形成 $q$ 个壳索引的序列,并输出到所述幅值映射过程,其中 $q$ 是固定的自然数。所述幅值映射过程被配置为向每个壳索引分配幅值元组。

[0012] 在本发明的意义上,符号可以称为位序列。但是,这不是强制性的,可以使用替代

符号表示。

[0013] 因此,本发明的一个关键方面是在分布匹配过程中结合壳映射过程,随后是幅值映射过程,以便首先从输入符号流导出壳索引流并从中导出幅值流。通过这样的结合过程,一方面可以以某种方式设计壳索引以便满足一定的效率和功率要求,其中提供幅值对的流允许与向前纠错过程的简单且有效的结合。

[0014] 可以配置壳映射过程以便从分配的索引集输出壳索引。换句话说,可以相对于壳映射过程下的分配的索引集来定义壳映射过程、每个壳索引的值、基础壳映射函数和/或基础壳加权函数。

[0015] 在根据本发明的用于转换 $M=2^{2m}$ 的M-QAM星座的数据信号的方法的优选实施例中,m是固定自然数,所述索引集可以满足以下关系(1)

[0016]  $S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max} - 1\}$ , (1)

[0017] S表示索引集, $s_{\max} = M/4$ 。

[0018] 在四维M-QAM星座中,例如使用双极化QAM方案,对于基础索引集S,将具有 $s_{\max} = M/16$ 。

[0019] 根据用于转换数据信号的方法的另一有利实施例,所述幅值映射过程和每个幅值可以由指定的幅值映射函数定义,该幅值映射函数被配置为将相应的壳索引s映射到幅值的元组,其中幅值特别是根据 $2^m$ -ASK星座选择的。这允许实现发送/接收过程的某些效率和/或功率要求的定义和选择。

[0020] 在这种情况下,特别有利的是,对于 $M=2^{2m}$ 的基础M-QAM星座,其中m是固定自然数,所述M-QAM星座的星座点幅值对由所述部分输入符号序列索引。

[0021] 此外,星座点索引可以通过使用额外输入来实现,例如,以特别是两个符号或位的形式,作为用于定义所述幅值的符号的标记符号或位,用于索引星座点。当使用概率幅值整形(在下文中也缩写为PAS)时,标记符号或位可以从源的符号或位流和/或编码后的奇偶校验符号或位导出。对于q个壳索引s和元组的维度t,对应于 $t \cdot q$ 个幅值实现 $t \cdot q$ 个标记符号或标记位。

[0022] 为了定义某些效率和功率要求,可以相应地设计基础壳加权函数。例如并且根据用于转换数据信号的方法的优选实施例,可以配置所述壳加权函数以便,特别是通过所述壳映射函数作为分布匹配函数,选择要由所述部分输入符号序列索引的星座点幅值,所述部分输入符号序列具有最小权重值或者对于其元而言各自的幅值具有最小权重值,特别是低于给定的预定阈值。

[0023] 本发明的特殊优势在于,根据本发明的用于转换数据信号的方法可以用于幅值整形,并与利用概率幅值整形或PAS方案与前向纠错相结合。

[0024] 因此,可以将所述幅值或其序列提供给概率幅值整形或PAS过程,从而分别产生和输出星座点或其序列,作为代表转换信号的最终输出符号流,特别是以前向纠错形式和/或通过基于二进制串方案标记所述幅值。

[0025] 在这方面并且根据本发明的另外或替代观点,一个关键方面是壳映射过程与概率幅值整形方法的结合,其中壳映射过程实现所需的分布匹配器(DM)。这与用于转换数据信号的现有技术方法形成鲜明对比,例如上述公开“带宽有效和速率匹配的低密度奇偶校验编码调制”使用所谓的恒定组成分布匹配器(CCDM),其中算术编码作为分布匹配器。然而,

对如何结合壳映射过程和概率幅值整形方法的本发明的方面没有任何说明,其中壳映射过程实现所需的分布匹配器(DM),并且所述组合可以通过以下方式实现:用原始V.34规范中引入的环来识别幅值。

[0026] 另外,上述公开“通过星座整形降低使用QAM的OFDM系统的峰值和平均功率”的方法提供了未编码形式的性能,即没有任何前向纠错(FEC)。

[0027] 在下文中,进一步阐明了本发明的附加或替代观点:

[0028] 这种方法的主要目的是概率幅值整形(PAS)与壳映射的新的结合。特别地,根据本发明的该观点,基础壳映射算法形成用于概率幅值整形(PAS)的分布匹配器(DM),其允许与前向纠错(FEC)方法的直接结合。后者可以设计成例如作为低密度奇偶校验(LDPC)或在极性代码意义上设计。

[0029] 尽管已知方法也试图在数据转换/重新转换和/或传输方法中降低峰值和/或平均功率,但必须观察到这些已知方法,例如,根据公开“通过星座整形降低使用QAM的OFDM系统的峰值和平均功率”,不使用任何FEC码,即它们最多只考虑未编码的传输场景。在这种情况下,信令方案变得非常容易,并且不需要像PAS那样复杂的方案。所有现代标准化通信系统,如UMTS,LTE,Wifi,5G,DVB-S2,DVB-T2等,都使用FEC来提高系统性能。

[0030] 尚未呈现用于将壳映射与现代FEC组合的方法,并且本发明的实施例填补了这一空白。

[0031] 在所提出的方案中,通过将表示壳索引的符号或位放在系统编码的信息部分中来实现上述结合,而在FEC编码之后生成的奇偶校验符号或位然后选择壳上的点。在实际码字中复制信息部分的系统编码对于避免破坏所进行的整形分布是很重要的。

[0032] 根据本发明的另一或替代方面,提出了一种用于重新转换,特别是重新转换已转换的数据信号的方法,其包括以下过程:

[0033] -提供输入符号的输入符号流,输入符号流直接或间接地代表待转换的基础数据信号或其导数的,特别是转换后的基础数据信号或其导数的幅值序列,以及

[0034] -向所述输入符号流或其导数应用逆向分布匹配过程以便生成并输出最终输出符号流。

[0035] 逆向分布匹配过程由先前的逆向幅值映射过程和后续的逆向壳映射过程形成。所述逆向幅值映射过程被配置为由所述输入符号流传达或从所述输入符号流导出的幅值的元组来分配壳索引,从而向逆向壳映射过程输出壳索引的序列。所述逆向壳映射过程配置为对覆盖所述壳索引序列的 $q$ 个连续壳索引的分离连续部分序列的每一个形成并输出 $p$ 个最终输出符号的部分输出符号序列,从而形成并输出(重新)转换的信号,其中 $q$ 是固定自然数,其中 $p$ 是固定的自然数。

[0036] 所述逆向壳映射过程和每个壳索引的值可以由逆向壳映射过程下的分配的索引集定义,并且特别是基础壳映射过程。

[0037] 在这种情况下,对于 $M=2^{2m}$ 的基础M-QAM星座,其中 $m$ 是固定的自然数,所述索引集可以满足以下关系(1')

[0038]  $S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\}$ , (1')

[0039] 用 $S$ 表示所述索引集并用 $s_{\max} = M/4$ 表示。

[0040] 在四维M-QAM星座中,例如使用双极化QAM方案,对于基础索引集 $S$ ,将具有 $s_{\max} =$

M/16。

[0041] 所述逆向幅值映射过程和每个壳索引值可以由分配的基础幅值映射过程来定义，特别是与其基础幅值映射函数相关联，其被配置为逆向地将各壳索引映射至幅值元组，其中幅值尤其根据 $2^m$ -ASK星座来选择。

[0042] 同样，对于 $M=2^{2m}$ 的基础M-QAM星座，其中m是固定自然数，所述M-QAM星座的星座点幅值的基础索引由p个连续最终输出符号的分离连续部分输出符号序列重新实现，其中p是固定的自然数。

[0043] 可以通过使用特别是两个符号或位作为用于定义所述幅值的符号的标记符号或位，并且通过使用用于索引星座点幅值的每个所述部分输出符号序列的剩余符号或位，从而实现星座点索引，特别是使用M-QAM方案。这尤其可以用格雷码标记的形式和/或作为两个相同的 $\sqrt{M}$ -ASK方案的笛卡尔积来完成。标记符号或位可以在使用PAS时从源的符号或位流和/或在编码之后从奇偶校验符号或位导出。

[0044] 附加地或替代地，所述基础壳映射函数作为分布函数和/或基础壳加权函数，其可以配置为以便传递要被所述部分输出符号序列索引的星座点幅值的选择，其具有最小权重值或者对于其而言各幅值具有最小权重值，特别是低于给定的预定阈值。

[0045] 所述幅值或其序列可以优选地分别从先前的逆向概率幅值整形或PAS过程获得，其分别评估输入星座点或其序列，因为所述输入符号流代表要重新转换的信号，特别是在前向纠错形式和/或通过基于二进制串方案对所述幅值进行去标签。

[0046] 在下文中，参考用于转换的方法以及用于重新转换数据信号的方法来讨论本发明的其他方面。

[0047] 所述分布匹配过程，所述逆向分布匹配过程，所述壳映射过程，所述逆向壳映射过程，所述幅值映射过程，所述逆向幅值映射过程，所述概率幅值整形过程和/或所述逆向概率幅值整形过程可分别为被配置为逆向的，特别是相对于彼此可逆。这有助于提高基础过程的效率，因为每个相应过程的可逆向特性确保了各个符号序列的一对一映射。

[0048] 并不明显的是，对于所有输入存在逆向并且恢复相应操作不会导致后续步骤的缺陷。例如，在通常的方法中，FEC编码器位于整形设备之前，PAS反转该顺序并防止错误传播到解码器。

[0049] 提供输入符号流的过程可以包括以下至少一个过程：从存储介质或符号生成过程中调用回调(recall)符号流，以及接收、解调和/或解码代表或传送输入符号流的信号。

[0050] 为了更可靠地实现一定的效率和功率要求，在用于转换或重新转换数据信号的方法的优选实施例中，所述分布匹配过程，所述逆向分布匹配过程，所述壳映射过程，所述逆向壳映射过程，设置幅值映射过程，所述逆向幅值映射过程，所述概率幅值整形过程，所述逆向概率幅值整形过程，所述基础壳映射函数f，所述壳加权函数w，所述幅值映射函数g，所述逆向壳映射函数 $f^{-1}$ 和/或所述逆向幅值映射函数 $g^{-1}$ 可以分别是基于以下之一并选择于：(a) 根据要为输出实现的预定义分布中的至少一个，并且特别是基于高斯分布；和(b) 为了通过相应地从各整个候选集合中索引各输出序列来实现最终输出符号序列到各基础分布的经验分布的方法。

[0051] 本发明可以结合形成要转换或重新转换的相应信号的一般符号来应用，并且任何中间信号也可以由一般符号表示。特别地，根据本发明的用于转换或重新转换数据信号的

方法的优选实施例,所述输入符号流、所述壳索引、所述幅值可以至少部分地由二进制位形成和/或由二进制位表示。

[0052] 本发明可以应用于更具体的符号形式。

[0053] 因此,在一些实际应用中,本发明的方法可以聚焦于二进制数字形式的符号,即位。因此,根据本发明并且在其某些实施例中,术语输入符号流、部分符号序列、符号分布匹配过程、最终输出符号流等可以以位的形式聚焦在符号上,分别通过输入位流、部分位序列、位分布匹配过程、最终输出位流等各自的专用技术术语从而替换这些提到的常规术语。

[0054] 根据本发明的过程的每个阶段甚至中间阶段可以将位和位组合称为符号。

[0055] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于数据传输和/或数据接收的方法。

[0056] 本发明的方法包括数据传输部分和数据接收部分中的至少一个。数据传输部分和/或数据接收部分可以包括创新的用于转换数据信号或用于重新转换数据信号的方法中的至少一个,如上所述。

[0057] 在用于数据传输和/或数据接收的本发明方法的优选实施例中,分布匹配过程和逆向分布匹配过程可以彼此逆向。

[0058] 具体地,所涉及的壳映射和幅值映射过程以及逆向壳映射和逆向幅值映射过程(分别形成分布和逆向分布匹配过程)可以分别相对于彼此逆向。

[0059] 附加地或替代地,概率幅值整形过程和逆向概率幅值整形过程可以相对于彼此是逆向的。

[0060] 本发明还提出了一种数据传输和/或数据接收系统。本发明的系统包括处理单元,该处理单元被配置为执行根据本发明的任何方法,并且包括用于执行这些方法的相应装置。

[0061] 在传输过程/单元和接收过程/单元的组合的情况下,这些过程或单元可以被配置为交换和/或协商数据,以便定义和固定壳映射的具体形式、幅值映射和/或概率幅值整形特性。具体地,协商输入和输出长度 $p$ 和 $q$ ,基础壳映射函数 $f$ 和壳加权函数 $w$ 和/或指定的索引集 $S$ 。

[0062] 此外,如上所述的本发明方法可以通过计算机或数字信号处理装置可接受和可执行的代码来实现。

[0063] 同样在本发明的范围内,提供了一种计算机程序产品,包括计算机代码,当该代码在计算机和/或数字信号处理装置上运行时,适于使计算机和/或数字信号处理装置分别执行根据本发明的任一方法。

## 附图说明

[0064] 将基于本发明的实施例并参考附图来描述本发明的这些和其他方面、细节、优势和特征。

[0065] 图1示出了用于阐明根据本发明的数据传输和/或数据接收系统的实施例以及嵌入其中的用于转换/重新转换数据信号的方法的框图。

[0066] 图2至4示出了阐明根据本发明的用于转换数据信号的方法的一般方面的框图。

[0067] 图5和6示出了阐明根据本发明的用于重新转换数据信号的方法的一般方面的框图。

[0068] 图7至14举例说明了根据本发明的用于转换数据信号的方法的具体实施例的各方面。

### 具体实施方式

[0069] 在下面的实施例中,通过参考附图1至14详细地给出了本发明的技术背景。相同或等同的元件以及相同或等同地起作用的元件用相同的附图标记表示。而不会在它们出现的每种情况下都重复对元件和组件的详细描述。

[0070] 在不脱离本发明的主旨的情况下,可以对所描绘和描述的特征以及本发明实施例的其他特性进行任意地分离和重新组合。

[0071] 在详细描述用于转换/重新转换数据信号的方法和用于数据发送/接收的方法之前,参考图1及其关于用于数据转换/重新转换和/或数据传输/接收的系统和方法的一般观察。

[0072] 因此,图1示出了用于阐明根据本发明的数据传输和/或数据接收系统的实施例以及嵌入其中的用于转换/重新转换数据信号的方法的框图。

[0073] 根据图1的方案通常遵循Massey在1974年提出的数字通信中的编码和调制的概念。

[0074] 图1的方案公开了系统T,其为硬件结构,方法或处理单元的配置或其结合包括(i)信息源单元T1,其被配置为提供要转换和发送的信号U,(ii)编码单元T2,被配置为接收和编码信号U并输出编码信号X,(iii)调制器单元T3,被配置为接收和调制编码信号X并输出调制信号 $s(t)$ 用于在(iv)发送/接收波形信道单元T4上发送,(v)解调器单元T5,其被配置为以可能由传输信道单元T4导致失真的形式 $r(t)$ 接收调制信号 $s(t)$ 并解调所述信号用于输出解调信号Y,(vi)解码器单元T6,用于接收和解码解调信号Y并输出解码信号V,以及(vii)信息宿(sink)单元T7,被配置为用于接收解码信号V。

[0075] 根据本发明,信息源T1和信息宿T7可以分别是任何种类的信息或信号宿或源。可以使用任何种类的存储介质。或者,可以涉及任何其他任何发送/接收信道。

[0076] 如上所述,根据本发明,提供了一种用于转换数据信号U的方法C,并且替代地或另外地,提供了用于重新转换数据信号Y的方法RC。根据本发明的这些方法C和RC可以分别包含信息编码单元T2和解码单元T6或者是信息编码单元T2和解码单元T6的一部分。附加地或替代地,也可以实现信息源单元T1和/或调制器单元T3的一部分以及解调器单元T5和/或信息宿单元T7的一部分。

[0077] 图2至4借助于框图阐明了根据本发明的用于转换数据信号U的方法C的一般方面。

[0078] 在图1至4所示的情况下从信息源单元T1获得的数据信号U由输入符号流IB表示或与其相同,输入符号流IB不一定是但可以为二进制输入数字流或输入位 $IB_j$ 。输入符号流IB可以具有有限长度或者可以表示为连续的符号流。

[0079] 图2借助于示意性框图阐明了实现本发明一个方面的编码过程或单元T2的优选实施例。

[0080] 表示要转换的信号或数据信号U并包括该输入符号流或输入位 $IB_j$ 的输入符号或位流IB被提供给编码过程或单元T2。编码过程或单元T2被配置为处理输入符号或位 $IB_j$ ,以便生成并输出输出符号流OB,其表示图1中所示的转换信号X并且包括输出符号流或输出位

OB<sub>j</sub>。

[0081] 在图2所示的QAM实施例中,编码过程或单元T2由第一或先前的分布匹配过程或单元DM形成,其被配置为从所述输入符号或位IB<sub>j</sub>生成幅值对A<sub>r</sub>,A<sub>i</sub>的序列,和第二或后续前向纠错过程FEC。分布匹配过程或单元DM被配置为以适合于后续前向纠错过程或单元FEC的方式生成幅值。

[0082] 这是本发明的一个关键优势,并且尤其可以通过使用如图3所示的分布匹配过程或单元DM的配置来实现。

[0083] 图3示出了示意性框图,示出了用于图2的编码过程或单元T2的配置的实施例。

[0084] 同样,源T1提供代表要转换的数据信号U的输入符号或位流IB。具有单独输入符号或位IB<sub>j</sub>的输入符号或位流IB进入分布匹配过程或单元DM,分布匹配过程或单元DM由先前的壳(shell)映射过程或单元SM和随后的幅值映射过程或单元AM形成。

[0085] 壳映射过程或单元SM被配置为从输入符号流IB从长度为p的其各个输入符号IB<sub>j</sub>的分离和连续部分序列IB<sub>p</sub>来生成壳索引集S中获得的壳索引s的序列,其中p是固定自然数。

[0086] 对于 $M=2^{2m}$ 且m是固定自然数的M-QAM配置,壳索引集S可以采用 $S=\{0,1,2,\dots,s_{\max}-1\}$ 的形式,其中 $s_{\max}=M/4$ 。

[0087] 壳索引s的序列被提供给随后的幅值映射过程或单元AM,其特别地基于幅值映射函数g,该函数g被配置为从壳索引s的序列导出所述幅值对A<sub>r</sub>和A<sub>i</sub>的序列,然后送入前向纠错过程或单元FEC。

[0088] 在图3所示的情况下,前向纠错过程或单元FEC由所谓的概率幅值整形过程或单元PAS形成,并且被配置为基于幅值的序列生成并输出输出符号或位流OB的输出符号或位OB<sub>j</sub>的序列,其也在图3中由 $X^{n_c}$ 表示。

[0089] 图4更详细地阐述了概率幅值整形过程或单元PAS的误差校正分支,如下面更详细描述。

[0090] 图5和6阐明了通过由解码器过程或单元T6执行的逆向过程来重新转换数据信号Y的方法,如图1所示。

[0091] 在这种情况下,各个输入符号或位IB<sub>j</sub>'的输入符号或位流IB' (也在图6中用 $X^{n_c'}$ 表示并且代表要转换的数据信号Y) 被馈送到先前的逆向概率幅值整形过程或单元PAS<sup>-1</sup>,用于执行前向纠错并将幅值的序列输出到逆向分布匹配器DM<sup>-1</sup>中。

[0092] 在逆向分布匹配器DM<sup>-1</sup>中,逆向幅值映射过程或单元AM<sup>-1</sup>接收幅值序列并从中生成壳索引s的序列,将其馈送到随后的逆向壳映射过程或单元SM<sup>-1</sup>中,从而产生并输出各个输出符号或位OB<sub>j</sub>'的序列OB',其代表重新转换的信号V并且可能被馈送到宿T7中。

[0093] 如下面更详细描述,图7展示了具有索引s=0,1,2,3的三个壳的用于16-QAM配置的壳配置,其中框中所示的值代表壳加权函数w的相应值,其在这种情况下对应于,与原点相比,图7的图中所示的各个星座点的(平方)欧几里德度量或范数。

[0094] 图8至13描述了如下所述的本发明实施例的更多细节。

[0095] 在下文中,将进一步阐明本发明的这些和另外的方面、特征和/或性质:

[0096] 本发明一般涉及通信方法和系统,更具体地说,涉及用于以期望的分布产生符号序列的技术,例如,从中发送构成信号。因此,可以在降低的功率要求下以更高的效率实现

数据发送和接收。

[0097] 为了实现功率有效的通信,例如在噪声信道上,在信号内传输的符号应遵循一定的分布。为了实现这一点,需要将数据位或更多通用数据符号映射到具有期望分布的符号序列。映射应该是可逆的,以便可以从符号序列中恢复原始数据符号或位,例如在接收侧的发送和接收之后。

[0098] 被配置为实现原始均匀分布的符号或位到期望的符号或位分布的映射的设备被称为分布匹配器。

[0099] 本发明特别聚焦于频谱有效的信号传输。

[0100] 为了在有噪声的信道上实现频谱有效的通信,星座整形技术对发送的符号进行一定的分布。星座整形最近引起了业界的极大兴趣,特别是对于光纤通信。

[0101] 本发明特别描述了概率幅值整形或PAS可以与壳映射结合为分布匹配器DM或作为分布匹配器DM的一部分,以便提高传输效率。

[0102] 在下文中,这也可以称为壳映射分布匹配或SMDM。SMDM允许流水线操作,适用于小块长度。

[0103] 因此,它适用于在芯片等之上实现非常高的吞吐量。

[0104] 概率幅值整形可以使用恒定组成分布匹配,以便创建其幅值遵循成形(即,非均匀)分布的信令集。为此目的,CCDM采用算术编码来索引具有所需符号分布的序列的排列。

[0105] 这种方法有两个缺点:

[0106] -CCDM仅适用于长输出序列。

[0107] -算术编码是一种顺序方法,不允许以直接的方式进行并行化。

[0108] 壳映射是一种配置为获得比先前已知的网格整形更高的整形增益的方法。因此,它可以应用于V.34调制解调器标准,其中它可以与网格编码调制或TCM组合。这里,通过卷积编码器发送一部分信息位,以获得壳映射设备SM的输入位。

[0109] 壳映射器SM输出壳或壳索引的序列,它们都携带相同数量的星座点,例如基础M-QAM星座。剩余的信息位以未编码方式传递,并选择相应壳上的点,实现集合分区的TCM范例。

[0110] 本发明尤其建议使用壳映射过程或单元SM作为分布匹配器SMDM或作为其一部分,特别是用于概率幅值整形或PAS。

[0111] 所建议的方法具有以下优点:

[0112] -SMDM继承了壳映射算法SM的所有优点:

[0113] -它是高度可并行化的,因此与DM相比,允许可并行化和可管理的分布匹配DM,而CCDM是一种顺序算法。

[0114] -它设计适用于小到中等输出长度,而CCDM需要长输出长度才能正常工作。

[0115] -SMDM继承了PAS过程的所有优点:

[0116] -它可以与任何二进制FEC方案一起使用(例如使用LDPC,Turbo和Polar代码)并且不限于1/(1+1)卷积码。简单的一维解映射器就足够并且可以利用逐位度量来执行解码,其中通过非均匀位的先验向解码器通知外部代码(由壳映射进行)。因此,整形和FEC编码的这种逆向串联(concatenation)避免了在解码之前使用去整形操作。

[0117] -它允许精细粒度的速率适配。

[0118] 概率幅值整形 (PAS)

[0119] 概率幅值整形或PAS允许将概率整形与前向纠错或FEC相结合。

[0120] PAS概念如图4所示,以供参考。

[0121] PAS过程将从具有基数 $\text{card}(A)$ 的幅值的离散组A中选择的 $n_c$ 幅值 $A_j, j=1, \dots, n_c$ 或其对作为输入。

[0122] 然后使用 $\log_2(\text{card}(A))$ -位二进制串标记这些幅值 $A_j$ ,并使用所需速率和块长度 $n_c \cdot \log_2(\text{card}(A)) + 1$ 位的二进制系统FEC编码器进行编码,以便将幅值 $A_j$ 的二进制表示复制到系统码字的信息部分中。

[0123] 相应的校验位被映射成标记,然后这些标记与幅值相乘,从而获得最终的星座点 $X_j$ 。

[0124] 根据本发明的壳映射过程或单元SM被配置为构成将均匀(uniform)输入位串映射到幅值序列的设备。

[0125] 壳映射作为分布匹配器 (SMDM)

[0126] 在下文中,我们考虑 $M=2^{2m}$ 的二维M-QAM星座。由于这些可以构造为两个相同的 $\sqrt{M}$ -ASK星座的笛卡尔积,因此前面解释仍然有效。

[0127] 唯一的区别在于,对于每个QAM星座点,需要在集合 $\{1, 3, \dots, \sqrt{M}-1\}$ 内的两个幅值 $A_r, A_i$ 来分别表示实部和虚部 $A_r$ 和 $A_i$ 的幅值。因此,还需要两个标记位,并且剩余的 $m-2$ 位可以用于幅值的二进制标签。

[0128] 考虑到它们的平方和 $A_r^2 + A_i^2$ 引出了壳的概念。

[0129] 显然,我们得到了一些 $s_{\max} = (\sqrt{M}/2)^2 = M/4 = 2^{2m-2}$ 这样的壳,它们可能是重合的。

[0130] 这尤其在图7中示出,其中我们示出了 $M=16$ 的情景。

[0131] 我们观察到,索引为 $s=0, 1, 2, 3$ 的四个壳中的每一个都有四个点,并且 $s=1$ 和 $s=2$ 个壳彼此叠加。

[0132] 我们将集合 $\{0, 1, \dots, s_{\max}-1\}$ 中的每个壳索引 $s$ 与特定权重 $w_s$ 相关联,该权重 $w_s$ 分别等于实部和虚部的幅值 $A_r$ 和 $A_i$ 的平方和。

[0133] 幅值的二进制表示,例如可以遵循如图10和11所示的4-ASK示例的标签分配,其中位 $B_2$ 表示幅值,位 $B_1$ 区分了标记。

[0134] 与PAS的组合(例如被称为黑匣子)例如在图3中描述:

[0135] (1) 壳映射器SM取 $p$ 个均匀输入位 $IB_j$ ,并在集合 $\{0, 1, \dots, s_{\max}-1\}$ 中输出长度为 $q$ 的壳索引序列 $s^q$ 。

[0136] 作为参数,仅需要知道输入和输出大小 $p, q$ ,壳加权函数 $w$ 和分配的索引集 $S$ ,并且特别是将其交换到接收站点。对于QAM情况,匹配操作的速率给出为 $p/(2q)$ 。它具有单位位/幅值。

[0137] (2) 使用表1中所示形式的预先计算的查找表,每个壳索引被映射到星座点的实部和虚部的一对星座点幅值。

[0138] (3) 这两个幅值现在用作PAS编码操作的输入。对于每个幅值对 $(A_r, A_i)$ ,它提供两个标记位,其选择二维星座的象限,例如,图7中第一象限的无阴影区域。

[0139] 关于所达到的优势,我们观察到以下内容:

[0140] -对于长度为 $n$ 位且 $M=2^{2m}$ -QAM星座的块码,我们需要 $n/m$ 个信道使用和符号。因此,

使用具有SMDM的PAS和 $q$ 个壳索引的输出大小,我们可以得到最大并行因子 $n/(2 \cdot m \cdot q)$ 。

[0141] -未来技术(物联网,工业4.0)需要低延迟设计。对于通信系统,延迟主要由所采用代码的长度决定,因此短代码(因此短匹配器输出序列)是优选的。如图8所示,与CCDM相比,对于固定速率和小输出长度,壳映射SM显然是有利的:虽然壳映射在16个壳索引的输出长度上实现了1,375位/幅值的速率,但CCDM需要200个输出符号。

[0142] -由于FEC是PAS的一部分,并且在编码之前执行壳映射,因此FEC的选择无关紧要,从而产生通用的、低复杂性的整形方案仅需要一维逐位解映射和二进制解码。为了从当前信道观测 $y$ 导出对第 $i$ 个发送位的估计,二进制解码器可以仅使用以下位度量:

$$L_i = \underbrace{\log \left( \frac{p_{Y|B_i}(y|0)}{p_{Y|B_i}(y|1)} \right)}_{\text{信道似然}} + \underbrace{\log \left( \frac{P_{B_i}(0)}{P_{B_i}(1)} \right)}_{\text{先前}}$$

[0144] 由于第二个加数,考虑了每个位级的整形位的不等分布,从而使其估计得到改善。图14中所示的图10和11的标签以及表3中的第三种情况的分布在每个位级上进行二进制边际分布,如图13的表2所示。

[0145] -匹配率由 $p/(2q)$ 位/幅值给出作为自然数,并且 $p$ 和 $q$ 都可以任意选择,只要 $2^p < smax^q$ ,使得速率可以以精细粒度调整。对于固定的输出长度 $q$ ,改变输入位的数量导致选择具有不同权重的壳序列,例如,对于较小的 $p$ ,优选具有较低权重的序列,这随而影响星座点的边际概率,如图14的表3所示。

[0146] 为了便于揭露,我们描述了二维星座的过程。然而,我们注意到创新的SMDM还允许通过使用不同的壳加权函数来制定用于多维星座和虚拟壳的引入。

[0147] 在这种情况下,可以将超过四个点与该虚拟壳相关联,从而允许利用额外的自由度。这种更通用的SMDM与PAS的集成非常简单。

[0148] 进一步的观察:

[0149] 图4给出了用于单个实际维度的创新的PAS编码过程的图示。函数 $\beta_A$ 实现幅值和 $\log_2(\text{card}(A))$ -位二进制标签记之间的映射,其可以由二进制反射格雷码给出。矩阵 $P$ 是系统生成矩阵 $G = [I \ P]$ 的奇偶校验矩阵,以创建奇偶校验位。函数 $\beta$ 实现奇偶校验位以进行标记转换,即 $\beta_s(0) = 1$ 且 $\beta_s(1) = -1$ 。

[0150] 图8给出了创新的SMDM和传统CCDM的匹配率的对比。考虑具有 $p = 44$ 个输入位和 $q = 16$ 个输出壳索引的64-QAM星座的示例,产生SMDM速率 $p(2q) = 1,375$ 位/幅值(虚线)。该选择意味着星座符号上的特定分布,并且用作CCDM比较的参考。可以观察到,CCDM匹配器实现需要200个幅值的输出长度以实现相同的目标速率。对于较短的输出序列,可以观察到速率损失,例如,对于16个壳索引的输出长度,为0,13位。

[0151] 图9展示了对图8中描绘的场景的编码系统性能的分析。在8-ASK上使用速率 $3/4$ DVB-S2LDPC码以每信道使用1,625位的频谱效率进行发送。SMDM和CCDM都具有32个幅值的输出长度。仿真结果表明CCDM性能因其较小的输出长度而降低,甚至大于简单的包络后计算所提出的,即1,08dB对比 $0,13 \cdot 6\text{dB} = 0.78\text{dB}$ 。

[0152] 壳映射(SM)规范

[0153] 此外,关于壳映射或SM规范,以下观察也很重要:

[0154] -输入:p位。

[0155] -输出:q壳索引。

[0156] -给定索引集S上的壳映射函数f和壳加权函数w给出:

[0157]  $f: \{0,1\}^p \rightarrow S^q$  和  $\omega: S \rightarrow R$

$$[0158] \quad \omega^q: S^q \rightarrow R, \quad \omega^q(s^q) = \sum_{i=1}^q \omega(s_i)$$

[0159] - $S^q$ 中的图像 $f(\{1,0\}^p)$ 是 $S^q$ 中最小权重的 $2^p$ 序列的集合。这不一定是唯一的,可以通过壳映射算法确定性地选择。

[0160] -在壳映射器输出中,壳索引s发生在S上的边际分布 $P_S$ ,定义为

$$[0161] \quad P_S(s) = \frac{\text{索引s在 } f(\{0,1\}^p) \text{ 中出现的次数}}{\text{在 } f(\{0,1\}^p) \text{ 中索引的总数}}$$

$$= \frac{\text{索引s在 } f(\{0,1\}^p) \text{ 中出现的次数}}{2^p \cdot q}。$$

[0162] 幅值映射 (AM) 规范

[0163] - $2^m$ -ASK星座的幅值集A为

$$[0164] \quad A = \{1, 3, 5, \dots, 2^m - 1\},$$

[0165] 且  $\text{card}(A) = |A| = 2^{m-1}$ 。

[0166] -t维星座的幅值元组在如下中取幅值集A的折叠笛卡尔积 $A^t$ ,即

[0167] 在 $A^t = A \times \dots \times A$ 中取得,

[0168] 其中 $\times$ 表示笛卡尔积。

[0169] -t维幅值映射过程AM将每个壳索引s映射到ASK幅值的t元组。

[0170] -因此给出了壳索引的集合S:

$$[0171] \quad S = \{0, 1, 2, \dots, |S| - 1\},$$

[0172] 且

$$[0173] \quad |S| = \text{card}(S) = 2^{t \cdot m} / 2^t。$$

[0174] -幅值映射器AM由幅值映射函数g定义

$$[0175] \quad g: S \rightarrow A^t。$$

[0176] -示例:对于 $t=2$ ,即二维壳映射,壳索引s被映射到 $A^2 = A \times A$ 中的幅值对 $(A_r, A_i)$ 。这对应于 $2^{2m}$ -QAM星座的实部和虚部幅值对。在这种情况下,壳索引的集合S为

$$[0177] \quad |S_{\text{QAM}}| = \{0, 1, 2, \dots, |S| - 1\},$$

[0178] 且

$$[0179] \quad |S_{\text{QAM}}| = \text{card}(S_{\text{QAM}}) = 2^{t \cdot m} / 2^2 = M/4,$$

[0180] 其中 $M = 2^{2m}$ 。

[0181] 分布匹配 (DM) 规范

[0182] -分布匹配过程DM由定义为壳映射函数f的连续动作或应用的函数h以及壳映射过程SM和幅值映射过程AM下的幅值映射函数g给出:

$$[0183] \quad h = g \circ f: \{0, 1\}^p \rightarrow A^{q \cdot t}$$

[0184] 且

[0185]  $h(x) = (g \circ f)(x) = g(f(x))$ 。

[0186] -逆向分布匹配过程 $DM^{-1}$ 由函数 $h^{-1}$ 给出,函数 $h^{-1}$ 被分别定义为逆向幅值映射过程 $AM^{-1}$ 和逆向壳映射过程 $SM^{-1}$ 下的逆向幅值映射函数 $g^{-1}$ 和逆向壳映射函数 $f^{-1}$ 的连续动作或应用:

[0187]  $h^{-1} = f^{-1} \circ g^{-1}: A^{q \cdot t} \supseteq h(\{0, 1\}^p) \rightarrow \{0, 1\}^p$ 。

[0188] -注意,通常满足关系 $h(\{0, 1\}^p) \neq A^{q \cdot t}$ ,即 $h$ 下的 $\{0, 1\}^p$ 的图像 $h(\{0, 1\}^p)$ 不等于共域 $A^{q \cdot t}$ 并且 $h$ 仅在其图像上是可逆的,即 $h^{-1}$ 仅在 $h(\{0, 1\}^p)$ 上定义,而不是在整个集合 $A^{q \cdot t}$ 上定义。

[0189] 标记位的来源

[0190] 用于形成最终星座点的标记位可以源自三个不同的源,即

[0191] -直接来自图1中未编码情况下的源T1,

[0192] -从FEC编码后的奇偶校验位(这由PAS完成)或

[0193] -来自源T1和FEC编码后的奇偶校验位。

[0194] 示例

[0195] 结合图12中所示的表1示出了一个示例。对于所考虑的16-QAM示例,示出了壳索引 $s$ 到实部和虚部的幅值 $A_r, A_i$ 的映射。

[0196] 16-QAM示例的幅值边际分布

[0197] -根据壳索引边际分布,可以计算幅值边际分布。

[0198] 在 $p=1, q=16$ 的16-QAM例子中,我们得到边际 $P_{A_r}(1) = 1; P_{A_r}(3) = 0$ ,因为只发生壳索引0;1,其都对应于等于1的实际幅值。

[0199] 假设幅值具有边际 $P_{A_i}(3) = P_S(1) = 1/32$ 和 $P_{A_i}(1) = 31/32$ ,因为当壳索引为 $S=1$ 时,虚部幅值为 $A_i=3$ ,并且当壳索引为 $s=0$ 时为 $A_i=1$ 。

[0200] -更精确的索引边际可以通过逐项边际化来计算,即通过定义 $i=1, 2, \dots, q$ 来计算

[0201] 
$$P_{S_i}(j) = \frac{\text{序列 } s \text{ 的数量} \in f(\{0, 1\}^p) \text{ 且 } s_i = j}{\text{序列总数} (= 2^p)}。$$

[0202] 然后,入口索引边际 $PS_i$ 可用于计算实部和虚部幅值的更精确的入口边际。

[0203] -通过在两个维度上使用实部和虚部幅值边际的平均值,可以使用不太精确的幅值边际。

[0204] -根据图12中根据表1中列出的标签,根据幅值边际计算解码所需的位标签边际。

[0205] 除了本发明的前述描述之外,对于另外的公开,明确地参考图1至图13的图形表示。

[0206] 附图标记列表

[0207]  $A_i$  幅值,虚部或正交部分

[0208]  $A_r$  幅值,实部或同相部分

[0209]  $AM$  幅值映射过程/单元

[0210]  $AM^{-1}$  幅值映射过程/单元

[0211]  $IB_j$  输入符号/位

[0212]  $IB_j'$  输入符号/位

[0213]  $DM$  分布匹配过程/单元

[0214]  $DM^{-1}$  逆向/反向分布匹配过程/单元

[0215]	$f$	用于壳映射过程SM的壳映射函数
[0216]	$f^{-1}$	逆向编码/解码函数
[0217]	$g$	用于幅值映射过程AM的幅值映射函数
[0218]	$g^{-1}$	逆向幅值映射函数
[0219]	$h$	分布匹配函数
[0220]	$h^{-1}$	逆向分布匹配函数
[0221]	IB	输入符号/位流
[0222]	IB'	输入符号/位流
[0223]	OB	输出符号/位流
[0224]	OB'	输出符号/位流
[0225]	OB <sub>j</sub>	输出符号/位, $j=1, \dots, m$
[0226]	OB' <sub>j</sub>	输出符号/位, $j=1, \dots, m$
[0227]	$r(t)$	在信道T4之后和解调器T5之前发送的信号
[0228]	$s(t)$	在调制器T3之后和信道T4之前待发送的信号
[0229]	$s$	壳索引
[0230]	$S$	壳索引集
[0231]	SM	壳映射过程/单元
[0232]	$SM^{-1}$	壳映射过程/单元
[0233]	$s_{\max}$	最大壳索引
[0234]	T	传输/接收系统
[0235]	T1	信息源单元
[0236]	T2	编码单元
[0237]	T3	调制器单元
[0238]	T4	发送/接收(波形)信道单元
[0239]	T5	解调器单元
[0240]	T6	解码器单元
[0241]	T7	信息宿单元
[0242]	U	来自源T1的信号,在编码器T2之前
[0243]	V	在解码器T6之后,到达宿T7信号
[0244]	$w$	壳加权函数
[0245]	$w_{th}$	权重的阈值
[0246]	X	信号,在编码器T2之后和调制器T3之前
[0247]	Y	信号,在解调器T5之后和解码器T6之前



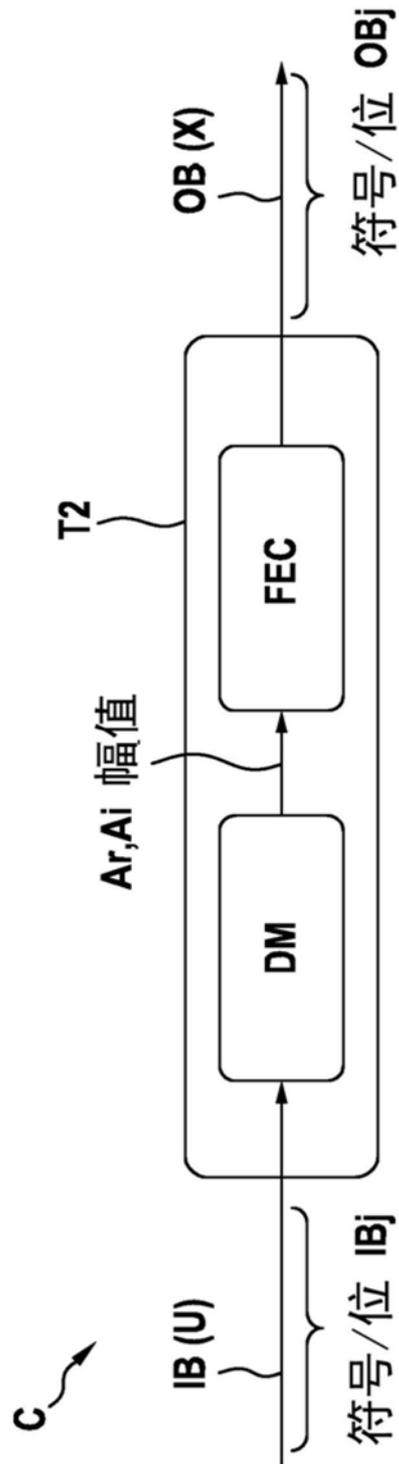


图2

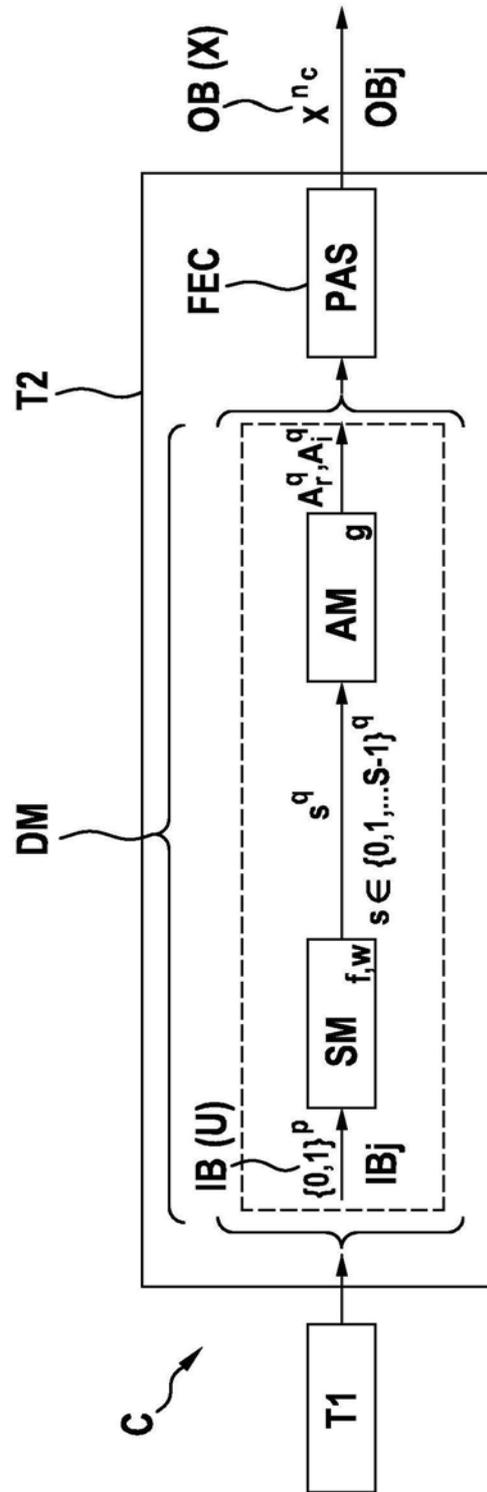


图3

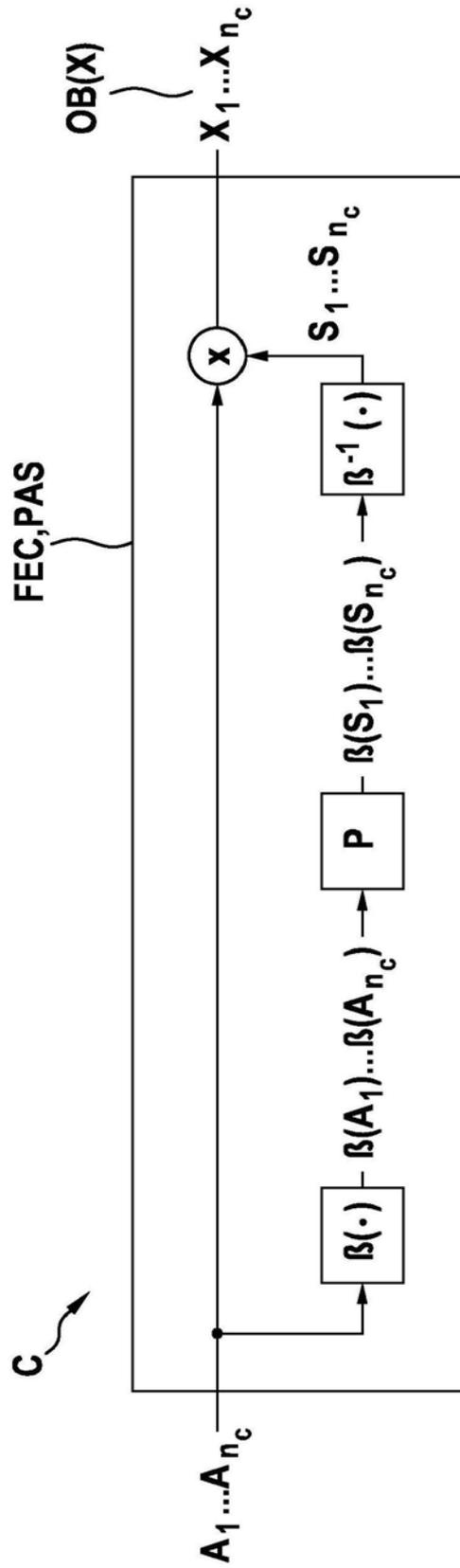


图4

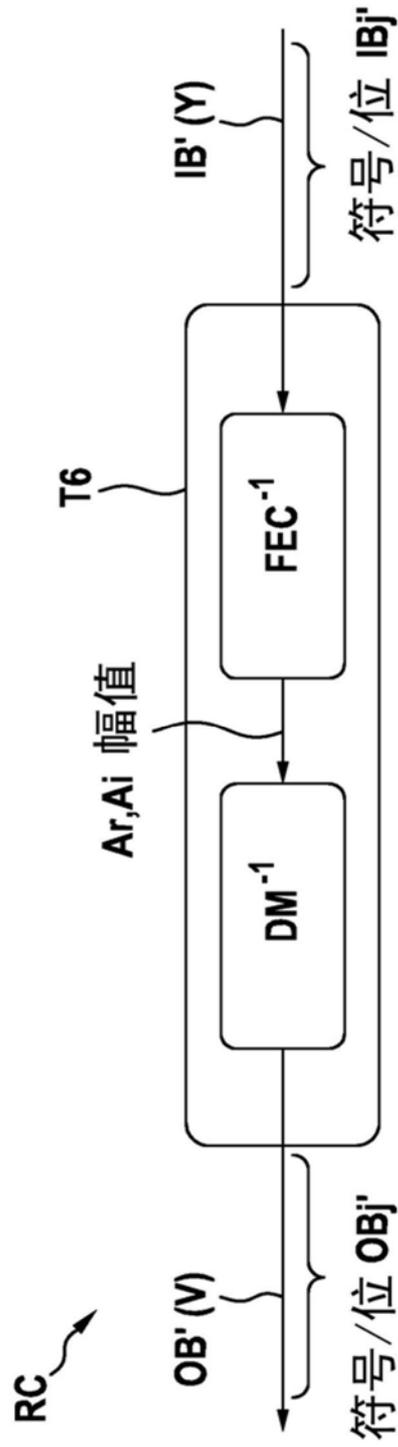


图5

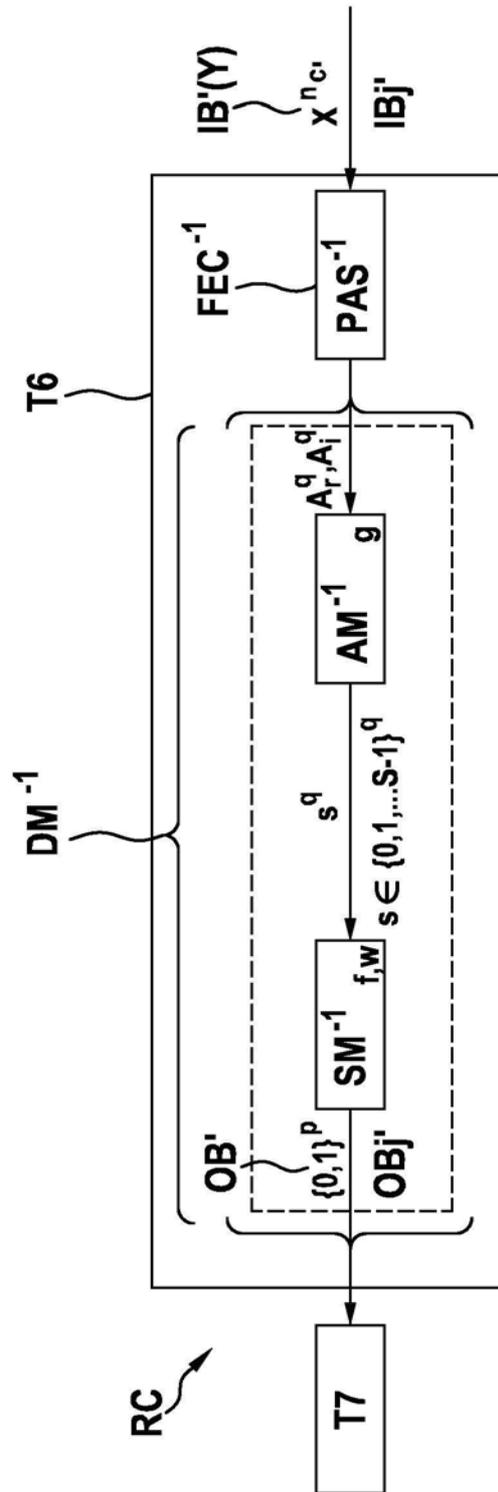


图6

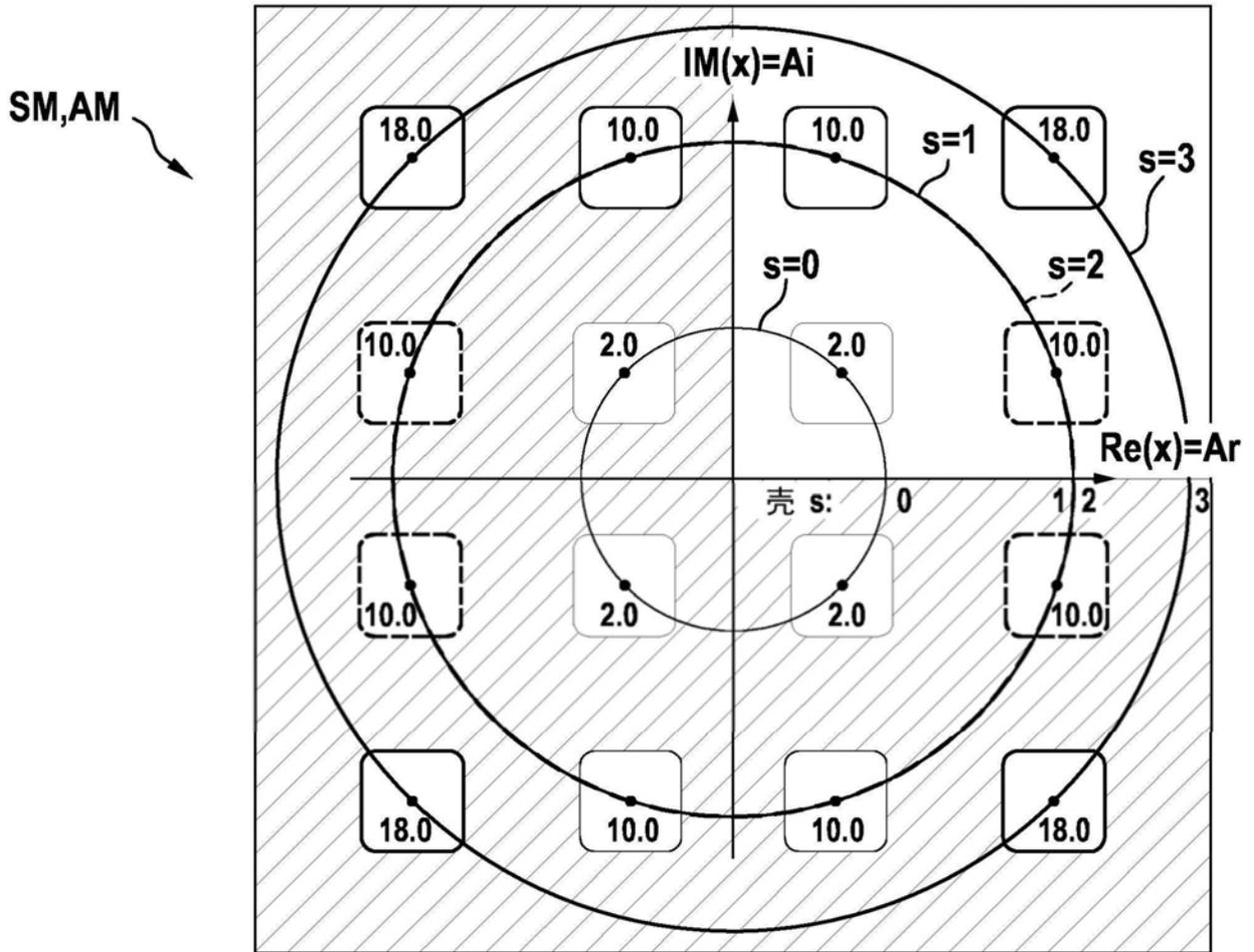


图7

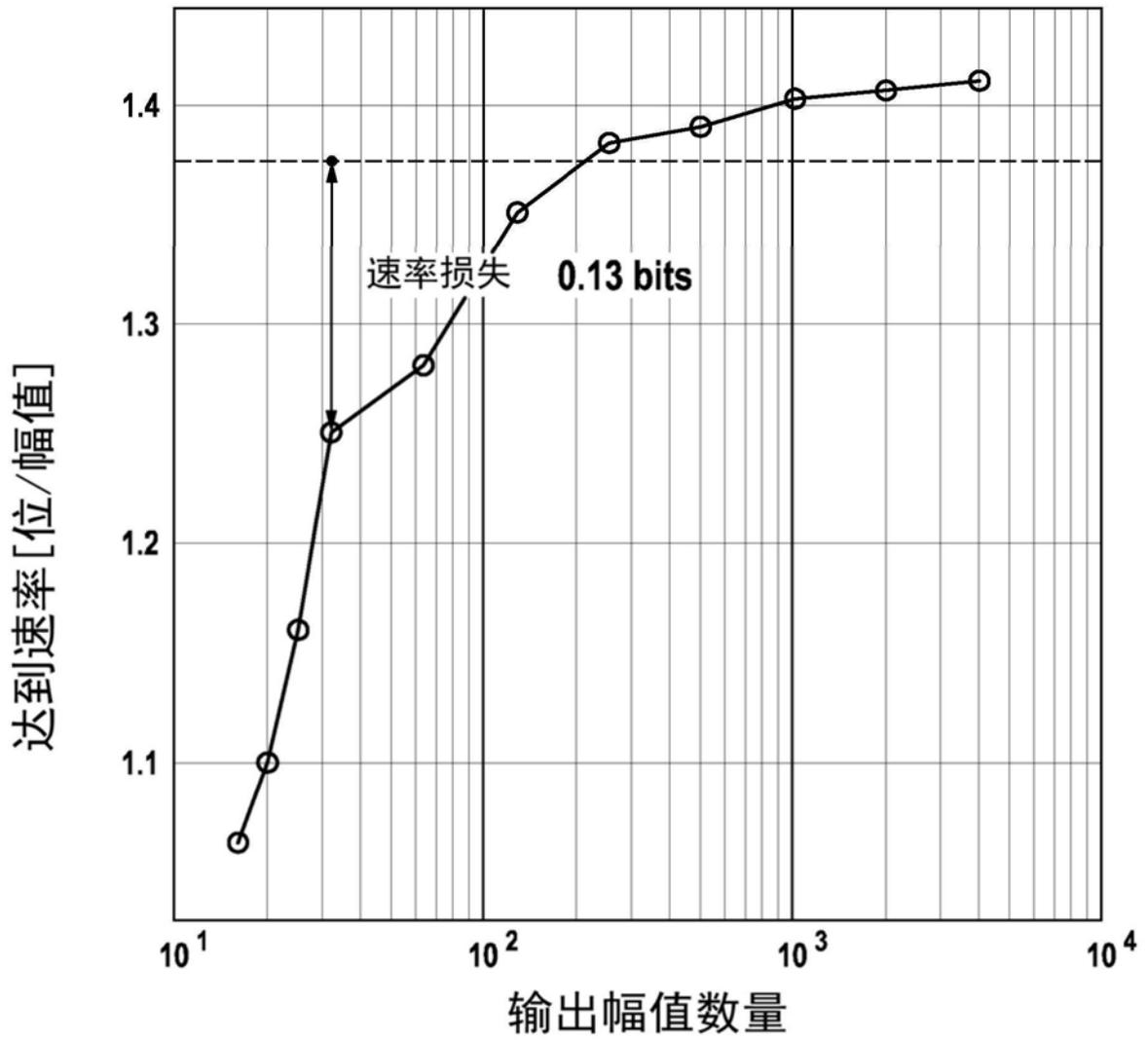


图8

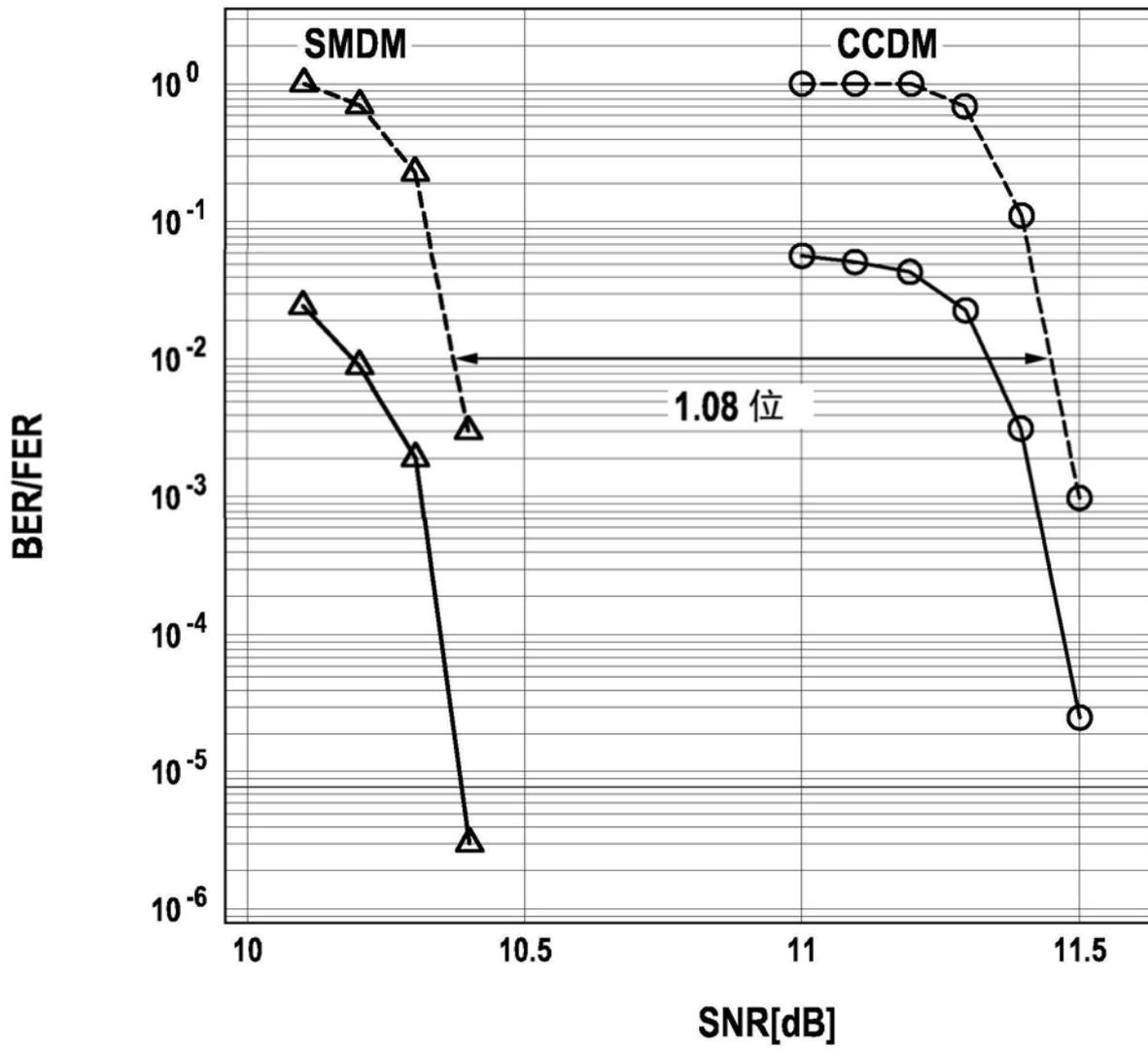


图9

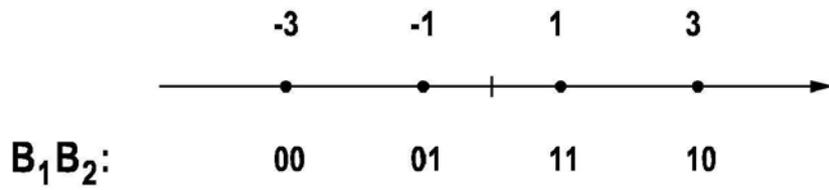


图10

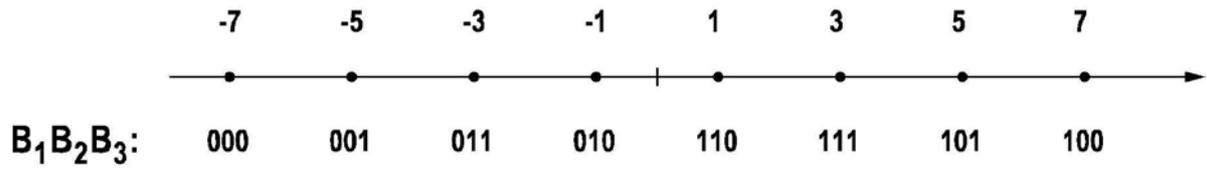


图11

表 1

壳索引 $s$	$A_r$	$A_i$	标签 $A_r$	标签 $A_i$	$w_s$
0	1	1	1	1	2
1	1	3	1	0	10
2	3	1	0	1	10
3	3	3	0	0	18

图12

表 2

	$b=0$	$b=1$
$P_{B_1}(b)$	0.5000	0.5000
$P_{B_2}(b)$	0.0248	0.9752
$P_{B_3}(b)$	0.7224	0.2776

图13

表 3

q	q 速率 p/q	序列集	边际壳索引分布 $P_S$
16	0 0	所有索引0序列	$P_S(0) = 1$
16	1 1/16	所有索引0序列且 一个序列有一个索引1	$P_S(1) = \frac{1}{2^1 \cdot 16} = \frac{1}{32}$ , $P_S(0) = \frac{31}{32}$
16	5 5/16	所有索引0序列, 16个序列有一个索引1, 15个序列有一个索引2	$P_S(2) = \frac{15}{2^5 \cdot 16} = \frac{15}{512}$ , $P_S(1) = \frac{16}{512}$ , $P_S(0) = \frac{512-15-16}{512} = \frac{481}{512}$

图14