



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105075210 B

(45)授权公告日 2019.12.06

(21)申请号 201480015115.6

田敬薰

(22)申请日 2014.03.10

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(65)同一申请的已公布的文献号

11105

申请公布号 CN 105075210 A

代理人 邵亚丽

(43)申请公布日 2015.11.18

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H04L 27/34(2006.01)

10-2013-0026376 2013.03.12 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2015.09.14

Padovani,Roberto 等.coded phase/frequency modulation.《IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS》.IEEE,1986,第COM-34卷(第5期),第446-453页.

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2014/001925 2014.03.10

YANG,Woon Geun 等.Phase/Frequency Modulation Combined with Multilevel Block Codes.《IEICE TRANSACTIONS COMMUNICATIONS》.1994,第E77-B卷(第12期),第1642-1646页.

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/142481 EN 2014.09.18

(73)专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

审查员 李萍

(72)发明人 洪性男 司空敏 林治雨 柳炫圭

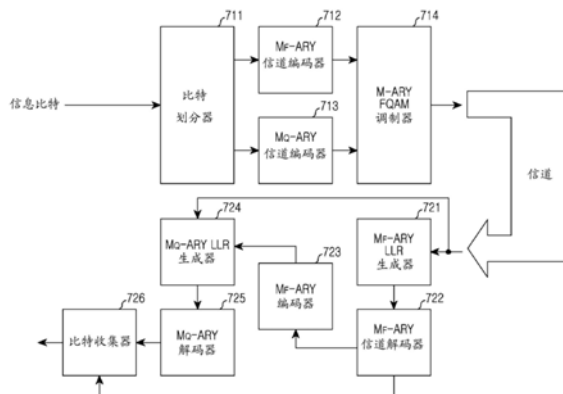
权利要求书2页 说明书12页 附图13页

(54)发明名称

无线通信系统中用于频率和正交幅度调制的编码和解码的方法和装置

(57)摘要

提供一种在支持频率和正交幅度调制(FQAM)的无线通信系统中操作发送端的装置和方法。该方法包括:将信息比特流划分为多个部分;使用不同的编码方案来编码所述多个部分中的每个;以及通过组合所述多个部分中的每个的编码的结果值来生成FQAM符号,其中,所述编码方案根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个而不同。



1. 一种在支持频率和正交幅度调制FQAM的无线通信系统中操作发送端的方法,该方法包括:

将信息比特流划分为多个部分;

使用不同的编码方案来编码所述多个部分中的每个;以及

通过组合所述多个部分中的每个的编码的结果值来生成FQAM符号,

其中,所述编码方案基于编码阶数而不同,

其中,所述编码阶数指示编码方案的字母大小,并且

其中,用于FQAM符号的频移键控FSK符号的编码方案的字母大小大于用于FQAM符号的正交幅度调制QAM符号的编码方案的字母大小。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述信息比特流被划分为第一部分和第二部分,

其中,所述第一部分包括被映射到所述FQAM符号的FSK符号的至少一个比特,并且

其中,所述第二部分包括被映射到所述FQAM符号的QAM符号的至少一个比特。

3. 如权利要求2所述的方法,其中所述FQAM符号的生成包括:

通过调制第一编码的结果值来生成所述FSK符号;

通过调制第二编码的结果值来生成所述QAM符号;以及

通过组合所述FSK符号和QAM符号来生成所述FQAM符号。

4. 如权利要求3所述的方法,其中所述FQAM符号的生成包括:

通过组合第一编码的结果值和第二编码的结果值来确定被映射到所述FQAM符号的发送比特流;以及

根据映射规则将所述发送比特流映射到所述FQAM符号。

5. 如权利要求4所述的方法,其中所述第一部分和第二部分的比特数目的比率为 $\log_2\{\text{第一编码的阶数}\}:\log_2\{\text{第二编码的阶数}\}$ 。

6. 如权利要求1所述的方法,其中所述FQAM符号的阶数与分别被应用于所述多个部分的编码阶数的乘积相同。

7. 如权利要求1所述的方法,其中所述信息比特流被划分为第一部分和第二部分。

8. 如权利要求3所述的方法,其中被应用到所述第一部分的第一编码的阶数与所述FQAM符号的FSK符号的阶数相同,并且

其中,被应用到所述第二部分的第二编码的阶数与所述FQAM符号的QAM符号的阶数相同。

9. 如权利要求5所述的方法,其中被应用到所述第一部分的第一编码的阶数为 $\{\text{FQAM符号的阶数}/2\}$,并且

其中,被应用到所述第二部分的第二编码的阶数为2。

10. 一种在支持频率和正交幅度调制FQAM的无线通信系统中操作接收端的方法,该方法包括:

接收从发送端发送的FQAM符号;

使用不同的解码方案来解码由所述发送端划分的信息比特流的多个部分中的每个;以及

通过组合所述多个部分的解码结果来确定信息比特流,

其中,所述解码方案基于解码阶数而不同,

其中,所述解码阶数指示解码方案的字母大小,并且

其中,用于FQAM符号的频移键控FSK符号的编码方案的字母大小大于用于FQAM符号的正交幅度调制QAM符号的编码方案的字母大小。

11.如权利要求10所述的方法,其中所述多个部分中的每个的解码包括:

根据第一解码方案,从接收到的FQAM符号解码在发送端处通过第一编码来编码的第一部分;以及

在第一编码的结果作为与所述第一部分的解码结果相对应的值的前提下,根据第二解码方案对在发送端处通过第二编码来编码的第二部分进行解码。

12.如权利要求10所述的方法,其中所述信息比特流被划分为第一部分和第二部分,并且

其中,所述第一部分的解码包括:

生成只考虑被应用到所述第一部分的第一编码的对数似然LL向量,以及

其中,所述LL向量的生成包括:

对在所述发送端处的第一编码结果值相同并且被应用到所述第二部分的第二编码结果值不同的符号候选的概率进行求和。

13.如权利要求10所述的方法,其中所述信息比特流被划分为第一部分和第二部分,并且

其中,所述第二部分的解码包括:

生成只考虑被应用到所述第二部分的第二编码的对数似然LL向量,以及

其中,所述LL向量的生成包括:

计算被应用到所述第一部分的第一编码结果值具有与第一解码结果相对应的值并且具有不同的第二编码结果值的符号候选的概率。

14.如权利要求13所述的方法,其中与所述第一解码结果相对应的值包括,根据所述第一编码对通过第一解码确定的第一部分再次编码所获得的值。

15.如权利要求13所述的方法,其中所述FQAM符号的阶数与分别被应用于所述多个部分的解码阶数的乘积相同。

16.如权利要求10所述的方法,其中所述信息比特流被划分为第一部分和第二部分。

17.如权利要求16所述的方法,其中被应用到所述第一部分的第一解码的阶数与所述FQAM符号的FSK符号的阶数相同,并且

其中,被应用到所述第二部分的第二解码的阶数与所述FQAM符号的QAM符号的阶数相同。

18.如权利要求16所述的方法,其中被应用到所述第一部分的第一解码的阶数为{FQAM符号的阶数/2},并且

其中,被应用到所述第二部分的第二解码的阶数为2。

19.一种其上记录有指令的非暂时性计算机可读存储介质,当所述指令被一个或多个处理器运行时使得所述一个或多个处理器执行权利要求1至18之一的方法。

无线通信系统中用于频率和正交幅度调制的编码和解码的方法和装置

技术领域

[0001] 本公开涉及无线通信系统中的编码和解码。

背景技术

[0002] 现有技术假设关于干扰信号的高斯分布,以便以低复杂度来执行解码。因此,为了使干扰信号的特性最大程度地接近高斯,主要使用基于正交幅度调制(QAM)的调制方案。然而,众所周知,非高斯信道的信道容量比高斯信道的信道容量要大。因此,当适当地执行编码时,在非高斯信道中可以获得比高斯信道更高的解码性能。

[0003] 因此,需要开发允许干扰信号遵循非高斯分布的调制方案,并且作为开发的结果提出的调制方案是频率和正交幅度调制(FQAM)。FQAM是结合了QAM和频移键控(FSK)的混合调制方案,并且FQAM同时具有QAM的高频谱效率的优点以及使FSK的干扰信号非高斯化的优点。

[0004] FQAM具有不适用于比特到符号(bit-to-symbol)方案的特性。因此,在应用FQAM的情况下,比特交织编码调制(BICM)信道容量比编码调制(CM)信道容量要低。一般地,由于在信道码的字母大小(alphabet size)很大时CM信道容量增加得更多,为了使用FQAM获得高性能,优选的是将FQAM与字母大小很大的非二进制信道码组合。字母大小指示编码输出值的候选的数目。在这一点上,非二进制信道码的复杂度随着字母大小增加而指数地增加。因此,为了使用FQAM的优点,需要复杂度非常高的信道编码和解码过程。

[0005] 为了改善解码性能,FQAM技术可以被考虑,但为了有效使用FQAM,需要复杂度很高的信道编码和解码过程。因此,需要提出在保持FQAM的优点的同时减少编码和解码的复杂度的替代方案。

[0006] 以上信息被提供作为背景信息,仅仅用于帮助理解本发明。关于上述任何内容就本公开而言是否可适用为现有技术,没有作出判定,也没有作出断言。

发明内容

[0007] 技术方案

[0008] 本公开的各方面要解决至少上述问题和/或缺点并提供至少下述优点。因此,本公开的一方面将提供一种在无线通信系统中对于频率和正交幅度调制(FQAM)执行低复杂度的编码和解码的装置和方法。

[0009] 本公开的另一方面将提供一种在使用FQAM的无线通信系统中执行接近编码调制(SM)信道容量的编码和解码的装置和方法。

[0010] 本公开的又一方面将提供一种在使用FQAM的无线通信系统中通过低复杂度来执行接近CM信道容量的编码和解码的装置和方法。

[0011] 本公开的又一方面将提供一种在使用FQAM的无线通信系统中执行多阶段编码和多阶段解码的装置和方法。

[0012] 根据本公开的一方面,提供一种在支持FQAM的无线通信系统中操作发送端的方法。该方法包括:将信息比特流划分为多个部分;使用不同的编码方案来编码所述多个部分中的每个;以及通过组合所述多个部分中的每个的编码的结果值来生成FQAM符号。其中,所述编码方案根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个而不同。

[0013] 根据本公开的另一方面,提供一种在支持FQAM的无线通信系统中操作接收端的方法。该方法包括:接收从发送端发送的FQAM符号;使用不同的解码方案和解码技术来解码由所述发送端划分的信息比特流的多个部分中的每个;以及通过组合多个部分的解码结果来确定信息比特流。其中,所述编码方案根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个而不同。

[0014] 根据本公开的又一方面,提供一种在支持FQAM的无线通信系统中的发送端的装置。该装置包括:调制解调器,被配置为,将信息比特流划分为多个部分,使用不同的编码方案来编码所述多个部分中的每个,以及通过组合所述多个部分中的每个的编码的结果值来生成FQAM符号;以及处理器,被配置为发送FQAM符号。其中,所述编码方案根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个而不同。

[0015] 根据本公开的又一方面,提供一种在支持FQAM的无线通信系统中的接收端的装置。该装置包括:处理器,被配置为,从发送端接收包括FQAM符号的信号;调制解调器,被配置为,分别地使用不同的解码方案来解码由所述发送端划分的信息比特流的多个部分中的每个,以及通过将所述多个部分的解码结果组合来确定信息比特流。其中,所述编码方案根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个而不同。

[0016] 对于本领域的技术人员来说,从以下结合附图进行的本公开的各种实施例的详细描述中本公开的其它方面、优点和显著特性将变得明显。

附图说明

[0017] 通过以下结合附图的描述,本公开的某些实施例的上述和其他方面、特征和优点将会更加清楚,附图中:

[0018] 图1A、图1B和图1C是示出根据本公开的实施例的频率和正交幅度调制(FQAM)技术的概念的视图;

[0019] 图2是示出根据本公开的实施例的、在无线通信系统中应用FQAM的情况下的信号配置的示例的图;

[0020] 图3是示出根据本公开的实施例的在系统中FQAM符号和比特流之间的映射的示例的视图;

[0021] 图4是示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构的概念视图;

[0022] 图5是示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构的概念视图;

[0023] 图6是示出根据本公开的实施例的在系统中FQAM符号和比特流之间的映射的示例的视图;

[0024] 图7是示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构的概念视图;

[0025] 图8是示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构的概念视图;

[0026] 图9是示出根据本公开的实施例的、在无线通信系统中的发送端的操作过程的流程图;

[0027] 图10是示出根据本公开的实施例的、在无线通信系统中的接收端的操作过程的流程图；

[0028] 图11是示出根据本公开的实施例的、在无线通信系统中的接收端和发送端的框图；以及

[0029] 图12和图13是示出根据本公开的实施例的、编码和解码技术的性能的视图。

具体实施方式

[0030] 提供以下参照附图的描述来帮助全面理解权利要求及其等效物所限定的本发明的各种实施例。以上描述包括各种具体细节来帮助理解,但这些具体细节应被看作仅仅是示例性的。因此,本领域普通技术人员将会认识到,在不脱离本公开的范围和精神的情况下,可以对本文描述的各种实施例进行各种改变和修改。另外,为了清楚和简洁,可能省略对公知功能和结构的描述。

[0031] 在以下描述和权利要求中使用的术语和字词不受限于字面含义,而只是被发明人用来使得能够对于本公开有清楚且一致的理解。从而,本领域技术人员应当清楚,提供以下对本公开的各种实施例的描述只是为了说明,而不是为了限制如所附权利要求及其等同物所限定的本公开。

[0032] 要理解,单数形式“一”、“一个”和“所述”包括复数所指物,除非上下文明确地另有规定。从而,例如,对“一组件表面”的提及包括对一个或多个这样的表面的提及。

[0033] 在下文中,本公开描述了在无线通信系统中对于频率和正交幅度调制(FQAM)执行低复杂度的编码和解码的技术。

[0034] 图1A、图1B和图1C是示出根据本公开的实施例的FQAM技术的概念的视图。

[0035] 参照图1A至图1C,示出了组合了4-正交幅度调制(QAM)和4-频移键控(FSK)的FQAM。如图1A至图1C中所示,图1A中所示的4-QAM可以通过在正交坐标系统中具有四个星座点来生成具有不同相位的四个复符号。图1B中所示的4-FSK可以通过使用四个频率值来生成具有不同频率的四个复符号。图1C中所示的FQAM是4-QAM和4-FSK的组合。如图1C中所示,FQAM符号可以同时具有四个不同频率值和四个相位值,从而总共可以生成16个符号。

[0036] 如上所述,FQAM通过频率的数目扩展了可仅使用QAM表达的比特流的数目。换言之,FQAM通过使用FSK符号的相位和大小的QAM符号的数目,扩展了可仅使用FSK表达的比特流的数目。也就是说,FQAM符号通过符号的相位和大小以及关于符号所映射的频率的位置的组合来标识。

[0037] 图2是示出根据本公开的实施例的、在无线通信系统中应用FQAM的情况下的信号配置的示例的图。

[0038] 参照图2,为将FQAM应用到正交频分复用(OFDM)/正交频分多址(OFDMA)无线通信系统的情况下的帧的部分。图2示例性地示出了图1A至图1C中所示的16-FQAM。

[0039] 如图2中所示,水平轴代表时间而垂直轴代表频率。时间轴的划分基准是符号,而频率轴的划分基准是子载波。此外,由一个符号和一个子载波形成的基准由音调(tone)来表示。

[0040] 参照图2,一个FQAM块包括占据一个符号和四个子载波的四个音调。图2中,一个FQAM块中包括的子载波被示出为相邻的。然而,这仅仅是示例,并且一个FQAM块中包括的子

载波可以是不相邻的,或换言之,可以不是物理上连续的。对第一块201的检查显示符号没有被映射到四个音调当中的第一音调、第二音调和第四音调,因此,表明符号被映射到第三音调。此外,被映射到第三音调的符号具有相位值“ $1+j$ ”。也就是说,FQAM符号可以通过符号被映射到的音调的频率轴上的位置以及符号自身的相位值来代表四个比特的信息。

[0041] 图3是示出根据本公开的实施例的在系统中FQAM符号和比特流之间的映射的示例的视图。

[0042] 参考图3,其示例性地示出了16-FQAM,在频率 f_1 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0000,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0001, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到0010,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到0011。此外,在频率 f_2 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0100,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0101, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到0110,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到0111。同样,在频率 f_3 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到1100,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到1101, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1110,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1111。同样,在频率 f_4 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到1000,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到1001, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1010,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1011。

[0043] 也就是说,在整个比特流中,QAM部分的比特和FSK部分的比特独立地存在。在图3的实施例中,两个最高有效比特(MSB)是FSK部分的比特,并且两个最低有效比特(LSB)是QAM部分的比特。一般地,由于每比特能量是固定的,所以FQAM符号的QAM符号比同阶的普通QAM符号具有更大的每符号能量。这是因为FQAM符号的FSK比特的能量被添加到QAM符号。因此,当从FQAM成功检测和/或解码FSK部分时,成功检测和/或解码QAM部分的可能性可以很高。考虑到FQAM的特性,本公开提出了图4中所示的编码和解码结构。

[0044] 图4概念地示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构。

[0045] 参照图4,发送端使用强码(strong code)对FQAM符号的FSK符号执行编码,并且使用解码过程简单的码来编码QAM符号。因此,解码性能被保持,并且可以降低解码复杂度。被应用到FSK符号的强码可以是以下各项中的至少一者:字母大小较大的信道码、帧大小较大的信道码、以及码率较低的信道码。也就是说,发送端划分整个信息比特流,并对每个部分执行不同阶的第一编码和第二编码。响应于此,接收端首先执行FSK部分的多阶段解码,然后使用已解码的信息来执行QAM部分的解码。

[0046] 具体而言,发送端包括 M_F -ary (M_F 元)信道编码器411、 M_F -ary FSK调制器412、 M_Q -ary (M_Q 元)信道编码器413、 M_Q -ary QAM调制器414、以及 M -ary (M 元)FQAM调制器415。发送比特被划分为FSK部分信息比特和QAM部分信息比特。此外,FSK部分信息比特被输入到 M_F -ary信道编码器411。 M_F -ary信道编码器411执行阶数为 M_F 的编码。此外, M_F -ary FSK调制器412执行FSK调制以生成FSK符号。QAM部分信息比特被输入到 M_Q -ary信道编码器413。 M_Q -ary信道编码器413执行阶数为 M_Q 的编码以生成QAM符号。此外, M_Q -ary QAM调制器414执行QAM调制。在那之后, M -ary FQAM调制器415通过组合FSK符号和QAM符号来生成 M -ary FQAM符号。也就是说, M -ary FQAM调制器415,通过将作为 M_F -ary编码的输出的 M -ary符号,以及作为 M_Q -ary编码的输出的 M_Q -ary符号组合来生成 M -ary FQAM符号。在此, M 与 M_F 和 M_Q 的乘积相同。

[0047] 接收端包括 M_F -ary对数似然比(LLR)生成器421、 M_F -ary信道解码器422、 M_F -ary编码器423、 M_Q -aryLLR生成器424、 M_Q -ary解码器425、以及比特收集器426。接收信号被输入到 M_F -aryLLR生成器421和 M_Q -aryLLR生成器424。 M_F -aryLLR生成器421从接收到的 M -aryFQAM符

号确定 M_F -ary符号的对数似然(Log-Likelihood,LL)向量。 M_F -ary信道解码器422执行 M_F -ary解码,并且将解码结果提供给 M_F -ary编码器423和比特收集器426。在这一点上,被提供给 M_F -ary编码器423的解码结果是用于生成 M_Q -aryLLR生成器424的LL向量的,并且可以遵照硬判定方法或软判定方法。 M_F -ary编码器423再次对 M_F -ary信道解码器422的解码结果执行 M_F -ary编码,并且将编码结果提供给 M_Q -aryLLR生成器424。 M_F -ary编码器423的输出仅代表 M_F -ary系统性(systematic)符号。因此, M_F -ary编码器423另外地生成 M_F -ary奇偶校验符号,并且将系统性符号和奇偶校验符号组合,并将其提供给 M_Q -aryLLR生成器424。然而,在能够从解码输出立即生成 M_F -ary奇偶校验符号的情况下,如在低密度奇偶校验码(LDPC)中那样, M_F -ary编码器423可以被省略。 M_Q -aryLLR生成器424使用再次编码的 M_F -ary码值以及接收到的FQAM符号来确定 M_Q -ary符号的LL向量。此外, M_Q -ary解码器425执行 M_Q -ary解码。在那之后,比特收集器426通过将 M_F -ary信道解码器422的输出与 M_Q -ary解码器425的输出组合来恢复信息比特流。

[0048] 在图4中所示的实施例中,编码和解码由两个阶段形成。根据本公开的另一实施例,编码和解码可以由三个或多个阶段形成。

[0049] 图5是示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构的概念视图。

[0050] 参照图5,发送端包括 N 个 M_N -ary (M_N 元)信道编码器511-1至511- N 。在此, N 为三或三以上。 N 个 M_N -ary信道编码器511-1至511- N 中的每个接收信息比特的相关部分,并根据相关阶数 M_n 来执行编码。 N 个 M_N -ary信道编码器511-1至511- N 向比特划分器513提供已编码的比特。比特划分器513将已编码的比特划分为用于FSK调制的比特和用于QAM调制的比特,并将已划分的比特提供给 M_F -aryFSK调制器514和 M_Q -aryQAM调制器515。 M_F -aryFSK调制器514执行FSK调制以生成FSK符号,并且 M_Q -aryQAM调制器515执行QAM调制。在那之后, M -aryFQAM调制器516通过组合FSK符号和QAM符号来生成 M -aryFQAM符号。在此, M 与 M_F 和 M_Q 的乘积相同。

[0051] 接收端包括 N 个 M_N -aryLLR生成器521-1至521- N , N 个 M_N -ary信道解码器522-1至522- N ,以及 $(N-1)$ 个 M_N -ary编码器523-1至523- $N-1$,其中, M_N -ary编码器523- $N-1$ 没有示出。在此, N 为三或三以上。接收信号被输入到 M_N -aryLLR生成器521-1至521- N 中的每个。 M_1 -ary (M_1 元)LLR生成器521-1从接收到的 M -aryFQAM符号确定 M_1 -ary符号的LL向量。 M_1 -ary信道解码器522-1执行 M_1 -ary解码,并且将解码结果提供给 M_1 -ary编码器523-1和比特收集器524。在这一点上, M_1 -ary编码器523-1再次对 M_1 -ary信道解码器522-1的解码结果进行编码,并且将编码结果提供给下一阶段的 M_2 -ary (M_2 元)LLR生成器521-2。在那之后,类似的过程在每个阶段被重复。比特收集器524通过组合 M_N -ary信道解码器522-1至522- N 的输出来恢复信息比特流。

[0052] 在图4和图5的实施例中,编码和解码由具有不同阶数的多个阶段形成。然而,根据本公开的实施例,编码和解码的每个阶段可以具有不同的码率,而不是具有不同阶数。此外,根据本公开的实施例,编码和解码的每个阶段可以具有不同的编码输入大小,而不是具有不同阶数。根据本公开的实施例,编码和解码的每个阶段可以使用不同的编码/解码技术,而不是具有不同阶数。例如,编码/解码之一可以使用turbo码,并且其他的可以使用LDPC。

[0053] 也就是说,根据本公开的实施例的发送端使用多个阶段来执行编码。编码的阶段可以被划分为以下各项中的至少一者:阶数、编码率、输入大小和编码技术。此外,根据本公

开的实施例的接收端使用多个阶段执行解码,并且解码的阶段可以被划分为以下各项中的至少一者:阶数、编码率、相应编码的输入大小、和解码技术。

[0054] 可以通过优化FQAM符号和比特流之间的映射规则来改善FQAM的性能。在图3中所示的映射规则中,没有优化符号间距离和改变比特(changing bit)之间的关系。因此,本公开进一步提出图6中所示的映射规则。

[0055] 图6是示出根据本公开的实施例的、在系统中的FQAM符号和比特流之间的映射的示例的视图。图6示例性地示出16-FQAM。

[0056] 参照图6,在频率 f_1 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0000,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0001, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1110,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1111。此外,在频率 f_2 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到1011,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0101, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1010,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到0100。同样,在频率 f_3 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到1100,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0010, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1101,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到0011。同样,在频率 f_4 中,值为 $\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0111,值为 $-\rho+j\rho$ 的QAM符号被映射到0110, $\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1001,并且 $-\rho-j\rho$ 的QAM符号被映射到1000。

[0057] 也就是说,即便在被映射到相同频率的情况下,两个MSB比特也可以是不同的。也就是说,整个比特流没有被划分为FSK部分和QAM部分。因此,在应用图6的映射规则的情况下,图4中所示的编码和解码结构不能被应用。因此,在使用图6的映射规则的情况下,本公开提出了图7的编码和解码结构。

[0058] 图7是示出根据本公开的实施例的、系统中的编码和解码结构的概念视图。

[0059] 在非二进制编码FQAM的情况下,解码性能随着字母大小增加而提升。然而,随着字母大小的增加,由字母大小的增加带来的性能改善程度逐步减少。使用这个特性,根据本公开的实施例的发送端将符号的比特划分为 $\log_2 M_F$ 比特的第一部分和 $\log_2 M_Q$ 比特的第二部分,然后使用 M_F -ary信道码来编码第一部分并使用 M_Q -ary信道码来编码第二部分,如图7中所示。也就是说,发送端划分整个信息比特流,并对每个部分执行不同阶的第一编码和第二编码。例如, M_F 可以为 $M/2$,并且 M_Q 可以是2。响应于此,接收端执行多阶段解码,首先解码通过第一编码来编码的第一部分,然后使用已解码的第一部分来执行第二部分的解码。

[0060] 具体而言,发送端包括比特划分器711、 M_F -ary信道编码器712、 M_Q -ary信道编码器713和 M -ary FQAM调制器714。比特划分器711以 $\log_2 M_F : \log_2 M_Q$ 的比率来划分输入的信息比特流。与 $\log_2 M_F$ 对应的第一比特部分比特流被输入到 M_F -ary信道编码器712,并且与 $\log_2 M_Q$ 相对应的第二比特部分比特流被输入到 M_Q -ary信道编码器713。 M_F -ary信道编码器712对第一部分比特流执行 M_F -ary编码,并且 M_Q -ary信道编码器713对第二部分比特流执行 M_Q -ary编码。此外, M -ary FQAM调制器714使用已编码的比特生成 M -ary FQAM符号。

[0061] 接收端包括 M_F -ary LLR生成器721、 M_F -ary信道解码器722、 M_F -ary编码器723、 M_Q -ary LLR生成器724、 M_Q -ary解码器725、以及比特收集器726。接收信号被输入到 M_F -ary LLR生成器721以及 M_Q -ary LLR生成器724。 M_F -ary LLR生成器721确定 M_F -ary符号的LL向量。 M_F -ary信道解码器722执行 M_Q -ary解码,并将解码结果提供给 M_F -ary编码器723和比特收集器726。在这一点上,被提供给 M_F -ary编码器723的解码结果是用于生成 M_Q -ary LLR生成器724的LL向量的,并且可以遵照硬判定方法或软判定方法。 M_F -ary编码器723再次对 M_F -ary信道解码器

722的解码结果执行 M_F -ary编码,并且将编码结果提供给 M_Q -ary LLR生成器724。 M_F -ary编码器723的输出仅代表 M_Q -ary系统性符号。因此, M_F -ary编码器723另外地生成 M_F -ary奇偶校验符号,并且将系统性符号和奇偶校验符号组合,并将其提供给 M_Q -aryLLR生成器724。然而,在能够从解码输出立即生成 M_F -ary奇偶校验符号的情况下,如在LDPC中那样, M_F -ary编码器723可以被省略。 M_Q -aryLLR生成器724使用再次编码的 M_F -ary码值以及接收到的FQAM符号来确定 M_F -ary符号的LL向量。此外, M_Q -ary解码器725执行 M_F -ary解码。在那之后,比特收集器726通过将 M_F -ary信道解码器722的输出与 M_Q -ary解码器725的输出组合来恢复信息比特流。

[0062] 在图7中所示的实施例中,编码和解码由两个阶段形成。根据本公开的实施例,编码和解码可以由三个或多个阶段形成。

[0063] 图8是示出根据本公开的实施例的系统中的编码和解码结构的概念视图。

[0064] 参照图8,发送端包括 N 个 M_N -ary信道编码器812-1至812- N 。在此, N 为三或三以上。 N 个 M_N -ary信道编码器812-1至812- N 中的每个接收信息比特的相关部分,并且根据相关阶数 M_n 来执行编码。此外, N 个 M_N -ary信道编码器812-1至812- N 向 M -元FQAM调制器813提供已编码的比特。在那之后, M -aryFQAM调制器813使用已编码的比特生成 M -aryFQAM符号。

[0065] 接收端包括 N 个 M_N -aryLLR生成器821-1至821- N , N 个 M_N -ary信道解码器822-1至822- N ,以及 $(N-1)$ 个 M_N -ary编码器823-1至823- $N-1$,其中, M_N -ary编码器823- $N-1$ 没有示出。在此, N 为三或三以上。接收信号被输入到 M_N -aryLLR生成器821-1至821- N 中的每个。 M_1 -aryLLR生成器821-1从接收到的 M -aryFQAM符号确定 M_1 -ary符号的LL向量。 M_1 -ary信道解码器822-1执行 M_1 -ary解码,并且将解码结果提供给 M_1 -ary信道编码器823-1和比特收集器824。在这一点上, M_1 -ary信道编码器823-1再次对 M_1 -ary信道解码器822-1的解码结果执行 M_1 -ary编码,并且将编码结果提供给下一阶段的 M_2 -aryLLR生成器821-2。在那之后,类似的过程在每个阶段被重复。比特收集器824通过组合编码器822-1至822- N 的输出来恢复信息比特流。

[0066] 在图7和图8的实施例中,编码和解码由具有不同阶数的多个阶段形成。然而,根据本公开的实施例,编码和解码的每个阶段可以具有不同的码率,而不是具有不同阶数。此外,根据本公开的实施例,编码和解码的每个阶段可以具有不同的编码输入大小,而不是具有不同阶数。根据本公开的实施例,编码和解码的每个阶段可以使用不同的编码/解码技术,而不是具有不同阶数。例如,编码/解码之一可以使用turbo码,并且其他的可以使用LDPC。

[0067] 也就是说,根据本公开的实施例的发送端,使用多个阶段来执行编码。编码的阶段可以被划分为以下各项中的至少一者:阶数、编码率、输入大小和编码技术。此外,根据本公开的实施例的接收端,使用多个阶段执行解码,并且解码的阶段可以被划分为以下各项中的至少一者:阶数、编码率、相应编码的输入大小、和解码技术。

[0068] 参照图4、5、7和8描述的接收端的解码过程包括LL向量确定过程。在此,LL向量可以按如下所述的来确定。在下文中,如图4和图7中所示的执行两阶段编码和解码的情况被描述。

[0069] 图4中的 M_F -aryLLR生成器421和图7中的 M_F -aryLLR生成器721,按以下等式(1)来生成LL向量。

[0070] $L_k^{M_F}(Y[k], H[k]) = (L_1 \quad L_2 \quad \dots \quad L_{M_F})$

[0071] 其中
$$\begin{cases} L_b = \ln \left\{ \sum_{l=1}^{M_Q} f_{Y[k]}(y[k]|H[k], x = \{m_b, s_l\}) \right\} \\ C_{M_F} = \{m_1, \dots, m_{M_F}\} \dots \dots \dots \text{等式 (1)} \\ C_{M_Q} = \{s_1, \dots, s_{M_Q}\} \end{cases}$$

[0072] 在等式(1)中, $L_k^{M_F}$ 是关于第k个FQAM符号的长度 M_F 的LL向量, M_F 是第一编码的阶数, $Y[k]$ 是关于第k个FQAM符号的接收信号, $H[k]$ 是关于第k个FQAM符号的信道系数向量, L_b 是关于第b个符号候选的LL值, M_Q 是第二编码的阶数, m_b 是第一编码的 M_F -ary符号集当中的第b个符号, s_1 是第二编码的 M_Q -ary符号集当中的第1符号, C_{M_F} 是第一编码的 M_F -ary符号集, 并且 C_{M_Q} 是第二编码的 M_Q -ary符号集。

[0073] 图4中的 M_Q -ary LLR生成器424和 M_Q -aryLLR生成器724, 按以下等式(2)来生成LL向量。

[0074] $L_k^{M_Q}(Y[k], H[k]) = (L_1 \quad L_2 \quad \dots \quad L_{M_Q})$

[0075] 其中 $L_b = \ln \{f_{Y[k]}(y[k]|H[k], x = \{m_k, s_b\})\} \dots \dots \dots \text{等式 (2)}$

[0076] 在等式(2)中, $L_k^{M_Q}$ 是关于第k个FQAM符号的长度 M_Q 的LL向量, M_Q 是第二编码的阶数, $Y[k]$ 是第k个FQAM符号的接收信号, $H[k]$ 是关于第k个FQAM符号的信道系数向量, L_b 是关于第b个符号候选的LL值, m_k 是通过再次编码第一解码的结果生成的、第一编码的结果值, 并且 s_b 是第二编码的 M_Q -ary符号集当中的第b符号。

[0077] 也就是说, 在生成LLR时, 接收端生成代表关于每个候选符号的概率的LL向量。此外, 接收端生成只考虑第一编码的LL向量, 以及只考虑第二编码的LL向量。例如, 接收端通过从接收信号值减去候选符号值来计算干扰和噪声的量值, 并且确定由于干扰和噪声的概率密度函数(pdf)计算的量值的、干扰和噪声产生的概率, 从而计算关于候选符号的概率。

[0078] 当生成只考虑第一编码的LL向量时, 接收端对关于具有相同的第一编码的结果值并且具有不同的第二编码的结果值的符号候选的概率进行求和。例如, 根据图3的映射规则, 当通过第一编码确定两个MSB时, 仅考虑第一编码的LL向量包括, 将发送符号“0000”的概率、将发送符号“0001”的概率、将发送符号“0010”的概率、将发送符号“0011”的概率的总和, 以作为第一编码的结果值为“00”的概率; 并且, 将发送符号“0100”的概率、将发送符号“0101”的概率、将发送符号“0110”的概率、将发送符号“0111”的概率的总和, 以作为第一编码的结果值为“01”的概率; 并且, 将发送符号“1100”的概率、将发送符号“1101”的概率、将

发送符号“1110”的概率、将发送符号“1110”的概率的总和,以作为第一编码的结果值为“11”的概率;并且,将发送符号“1000”的概率、将发送符号“1001”的概率、将发送符号“1010”的概率、将发送符号“1011”的概率的总和,以作为第一编码的结果值为“10”的概率。

[0079] 此外,当生成仅考虑第二编码的LL向量时,在经由第一部分的再次编码生成的结果值的前提下,接收端计算关于具有不同第二编码的结果值的符号候选的概率。例如,根据图3的映射规则,当第一编码的结果值被确定为“11”,只考虑第二编码的LL向量包括,将发送符号“1100”的概率、将发送符号“1101”的概率、将发送符号“1110”的概率、将发送符号“1111”的概率。

[0080] 在下文中,生成解码度量的接收端的操作和构造将参照附图来描述。

[0081] 图9是示出根据本公开的实施例的在无线通信系统中的发送端的操作过程的流程图。

[0082] 参照图9,在操作901中,发送端将信息比特流划分为N个部分。在此,N为等于或大于2的整数。根据本公开的实施例,发送端可以将信息比特流划分为通过FSK符号发送的第一部分和通过QAM符号发送的第二部分。根据本公开的另一实施例,信息可以按预定义的比率来划分,而不论FSK符号和QAM符号。

[0083] 发送端继续进行操作903以使用不同编码方法来编码已划分的部分,其为N个对应部分。在此,编码方法可以根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个来分类和/或区分。在信息比特流被划分为两个部分的情况下,根据本公开的实施例,发送端可以使用与FSK调制阶数相同阶数的第一编码方法来编码第一部分,并且可以使用与QAM调制阶数相同阶数的第二编码方法来编码第二部分。可替代地,根据本公开的实施例,发送端可以使用具有FQAM调制阶数的一半的阶数的第一编码方法来编码第一部分,并且可以使用具有阶数2的第二编码方法来编码第二部分。

[0084] 发送端可以继续进行操作905,以通过组合与每个编码方法相对应的编码的结果值来生成FQAM符号。例如,在信息比特流被划分为两个部分的情况下,发送端通过组合第一编码和第二编码的结果来确定将被映射到FQAM符号的发送比特流,并且根据预定义的映射规则将该发送比特流映射到FQAM符号。例如,映射规则可以按图3或图6中所示的来定义。

[0085] 发送端继续进行操作907以发送FQAM符号。也就是说,发送端将FQAM符号映射到被分配用于与接收端通信的资源、上转换FQAM符号为射频(RF)频带中的信号、然后通过至少一个天线发送该信号。在这一点上,发送端可以执行用于给予发送波束方向性的波束成形。

[0086] 图10是示出根据本公开的实施例的、在无线通信系统中接收端的操作过程的流程图。

[0087] 参照图10,在操作1001中,接收端从发送端接收包括FQAM符号的信号。也就是说,接收端通过至少一个天线接收RF信号、将RF信号下转换为基带信号、然后从被分配用于与发送端通信的资源提取该信号。在这一点上,接收端可以执行用于给予接收波束方向性的波束成形。

[0088] 接收端继续进行操作1003以执行对第n部分的解码。在此,当图10的过程开始时n被初始化为1。第n部分是信息比特流的一部分,并且是在发送端处按照第n编码方法来编码的部分。也就是说,接收端接收如下信号,其在发送端处被划分为N个部分并且使用不同编码方法对各个部分编码来生成。因此,接收端对N个部分应用不同的解码方法。在此,解码方

法可以根据解码阶数、编码率、相应编码的输入大小和解码技术中的至少一个来分类和/或区分。在操作1003中,接收端生成只用于第一部分的LL向量,或者,换言之,只考虑第一编码的LL向量,并且首先根据第一解码方法确定第一部分。为了生成只考虑第一编码的LL向量,接收端对关于第一编码的结果值相同的并且第二编码的结果值不同的符号候选的概率进行求和。例如,接收端可以按等式(1)来生成只考虑第一编码的LL向量。

[0089] 随后,接收端继续进行操作1005,以在第n部分的解码结果的前提下执行对第(n+1)部分的解码。也就是说,在第n编码的结果值作为对应于操作1003中的解码结果的值的前提下,接收端生成用于第(n+1)部分的LL向量,或者换言之,只考虑第(n+1)编码的LL向量,并且根据第(n+1)解码方法来确定第(n+1)部分。为了生成只考虑第(n+1)解码的LL向量,接收端计算关于第n编码的结果值具有与操作1003中的解码结果相对应的值并且具有不同的第(n+1)编码的结果值的符号候选的概率。例如,接收端可以按等式(2)来生成只考虑第二编码的LL向量。与操作1003中的解码结果相对应的值包括,根据第n编码对解码结果再次编码所生成的值。因此,接收端可以根据第一编码方法与第(n+1)解码结果相对应的解码的结果值再次编码。

[0090] 在执行第(n+1)解码之后,接收端继续进行操作1007以确定所有部分的解码是否已经完成。若在操作1007中确定存在没有解码的部分,则接收端继续进行操作1009,以对n加1,并返回操作1005。

[0091] 相比之下,当如操作1007中确定的,所有部分的解码已经完成时,接收端继续进行操作1011,以通过将N个部分的解码的解码结果组合来确定信息比特流。该信息比特流表示在发送端编码之前的比特流。也就是说,接收端通过反向地应用在发送端处的信息比特流划分的模式来恢复信息比特流。

[0092] 图11是示出根据本公开的实施例的、无线通信系统中接收端和发送端的框图。

[0093] 参照图11,发送端和接收端可以综合被称为“通信装置”。如图11中所示,通信装置包括RF处理器1110、调制解调器1120和控制器1130。

[0094] RF处理器1110执行用于通过无线信道发送和/或接收信号的至少一个功能,诸如频带转换、信号放大以及任何其他类似的和/或适用的用于通过无线信道发送和/或接收信号的功能。也就是说,RF处理器1110将从调制解调器1120提供的基带信号上转换为RF频带信号、然后通过天线发送上转换的信号、以及将通过天线接收的RF信号下转换为基带信号。例如,RF处理器1110可以包括放大器、混频器、振荡器、数模转换器(DAC)、模数转换器(ADC)等。虽然没有在图11中示出,但RF处理器1110还可以包括用于执行给予发送波束和/或接收波束方向性的波束成形的元件。用于执行波束成形的元件控制经由每个天线发送的信号相位。

[0095] 调制解调器1120根据系统的物理层标准来执行基带信号和比特流之间的转换功能。例如,在遵循正交频分复用(OFDM)方案的情况下,在数据发送期间,调制解调器1120通过编码和调制发送比特流来生成复符号、将复符号映射到子载波、然后通过快速傅立叶逆变换(IFFT)和循环前缀(CP)插入来配置OFDM符号。同样,在数据接收期间,调制解调器1120在OFDM符号的基础上划分从RF处理器1110提供的基带信号、通过快速傅立叶变换(FFT)恢复被映射到子载波的信号、然后通过解调制和解码来恢复接收比特流。

[0096] 控制器1130控制通信装置的总体操作。例如,控制器1130通过调制解调器1120和

RF处理器1110发送和/或接收信号。此外,控制器1130确定调制解调器1120执行解调制和解码所需的设定。控制器1130可以包括至少一个处理器,和/或任何其他类似的和/或适用的、被配置用于处理信息的硬件元件。

[0097] 具体地,根据本公开的实施例,调制解调器1120执行对于FQAM符号的编码或解码。以下描述用于发送和/或接收FQAM符号的调制解调器1120的具体操作。

[0098] 在通信节点作为发送端来操作的情况下,调制解调器1120如以下所述来操作。调制解调器1120将信息比特流划分为N个部分,并且使用不同编码方法来编码N个部分。在此,编码方法可以根据编码阶数、编码率、输入大小和编码技术中的至少一个来分类和/或区分。例如,调制解调器1120可以将信息比特流划分为两个部分。在这种情况下,根据本公开的实施例,第一部分可以包括通过FSK符号发送的比特,并且第二部分可以包括通过QAM符号发送的比特。根据本公开的实施例,信息比特流可以按预定义的比率来划分,不论FSK符号还是QAM符号。在那之后,调制解调器1120通过组合N个编码的结果确定将被映射到FQAM符号的发送比特流,并且根据预定义映射规则将该发送比特流映射到FQAM符号。例如,映射规则可以按图3或图6中所示的来定义。

[0099] 在通信节点作为接收端来操作的情况下,调制解调器1120如以下所述来操作。当从发送端接收到FQAM符号时,调制解调器1120顺序地、一步步地对N个部分执行解码。也就是说,调制解调器1120对开始的第一部分执行解码,并使用第一部分的解码结果对第二部分执行解码。该过程被重复,一直到第n部分。具体而言,调制解调器1120对第一部分执行解码。为了这个目的,调制解调器1120生成只用于第一部分的LL向量,或者换言之,只考虑第一编码的LL向量。具体而言,调制解调器对其中第一编码的结果值相同并且其余(N-1)部分的编码结果值不同的符号候选的概率进行求和。例如,在信息比特流被划分为两个部分的情况下,调制解调器1120可以按等式(1)来生成只考虑第一编码的LL向量。随后,调制解调器1120在第一部分的解码结果的前提下对第二部分执行解码。也就是说,在第1编码的结果值作为对应于操作1003中的解码结果的值的前提下,调制解调器1120生成只用于第二部分的LL向量,或者换言之,只考虑第二编码的LL向量,并且根据第二解码方法来确定第二部分。例如,调制解调器1120可以按等式(2)来生成只考虑第二编码的LL向量。此外,调制解调器1120可以根据第一编码方法与第一解码方法相对应的解码的结果值再次编码。在执行第二解码之后,调制解调器1120通过将第一解码和第二解码的结果组合来确定信息比特流。

[0100] 图12和图13示出根据本公开的实施例的编码和解码技术的性能。图12和图13示出了在传统技术和应用根据本公开的编码的情况下的模拟结果。在模拟中,组合了16-FSK和2-QAM的32-FQAM被使用,并且帧长度被定义为240比特。

[0101] 图12和图13是示出根据本公开的实施例的编码和解码技术的性能的视图。

[0102] 参照图12和图13,示出了根据信道的 E_b/N_0 的帧错误概率。如图12中所示,应用图3的映射规则的情况被示出,并且如图13中所示,应用图6的映射规则的情况被示出。

[0103] 按照现有技术,M-ary turbo码和二进制turbo码被应用,并且按照本公开,二进制码和16-ary (16元)码的多阶段编码被应用。

[0104] 如图12和图13中所示,本公开的编码技术表现了接近于M-ary码的性能,其为比二进制码优化的编码。

[0105] 本公开通过使用考虑了FQAM特性的编码和解码技术,可以在低复杂度上实现高解码性能。也就是说,在干扰严重的环境中,本公开通过使用FQAM替代QAM使得干扰信号的特性非高斯化,从而总体的系统吞吐量可以以低复杂度被增加。

[0106] 根据本申请的权利要求书和说明书中的本发明的实施例可以以硬件、软件或二者组合的形式实现。

[0107] 此种软件可以存储在计算机可读存储介质中。计算机可读存储介质存储一个或多个程序(软件模块),所述一个或多个程序包括指令,当电子设备中的一个或多个处理器执行所述指令时,所述指令使得电子设备执行本发明的方法。

[0108] 此种软件可以存储在易失性存储器或非易失性存储器中,比如如只读存储器(ROM)的存储设备,不论是可擦除的还是可重写的;或者存储为存储器的形式,例如,随机存取存储器(RAM)、存储芯片、设备或集成电路;或者被存储在光可读介质或磁可读介质上,比如,光盘(CD)、数字视频盘(DVD)、磁盘或磁带等等。应该意识到,存储设备和存储介质是适于存储一个程序或多个程序的机器可读存储器的实施例,所述一个程序或多个程序包括指令,当所述指令被执行时,实现本发明的实施例。实施例提供程序和存储这种程序的机器可读存储器,所述程序包括用于实现本说明书的任何一项权利要求所述的装置或方法。此外,可以经由任何介质(比如,经由有线连接或无线连接携带的通信信号)来以电方式传达这些程序,并且实施例适当地包括这些程序。

[0109] 虽然已参考本公开的各种实施例示出和描述了本公开,但本领域技术人员应理解,在不脱离如权利要求及其等同物所限定的本公开的精神和范围的情况下,可对本公开进行形式和细节上的各种改变。

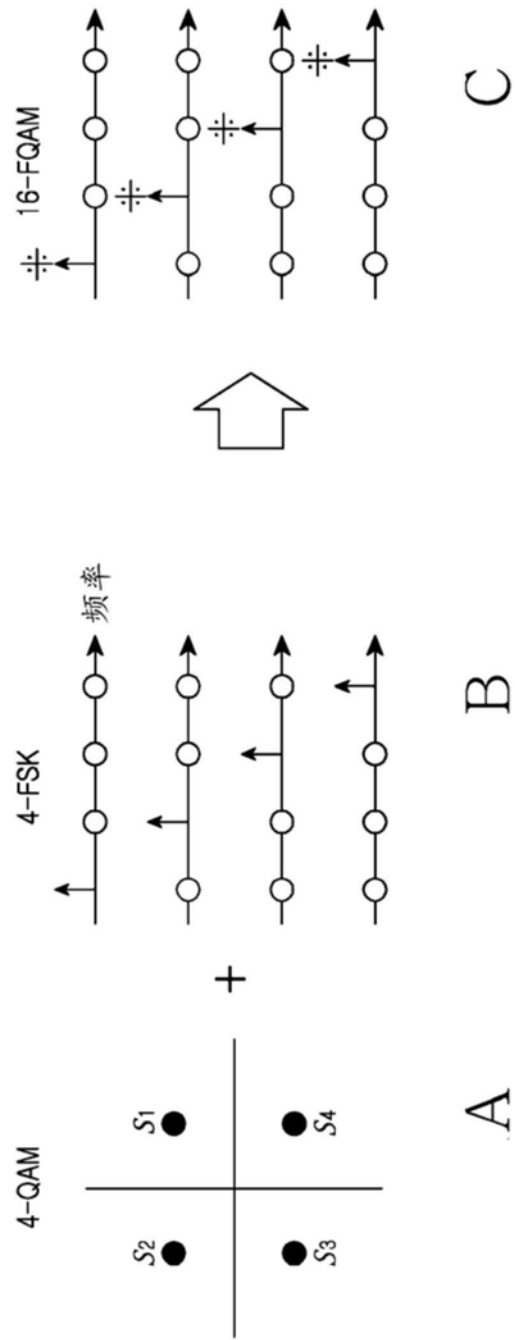


图1

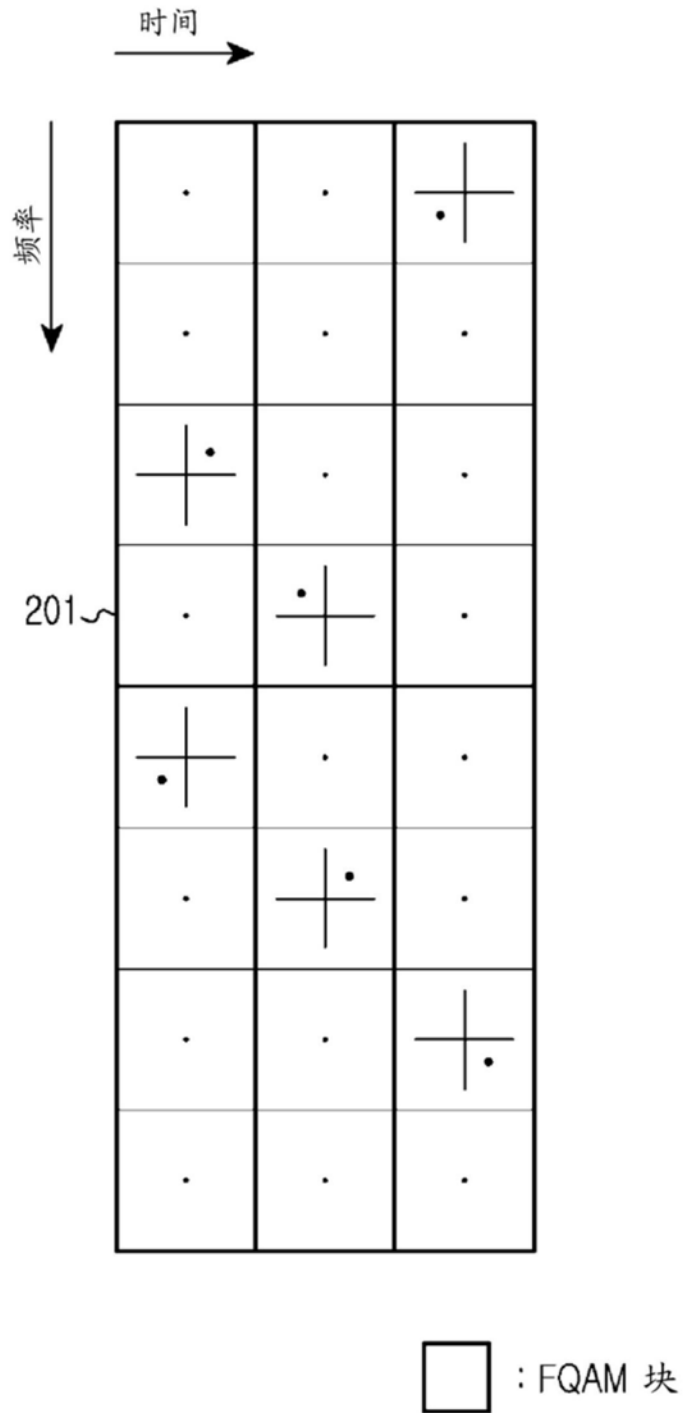


图2

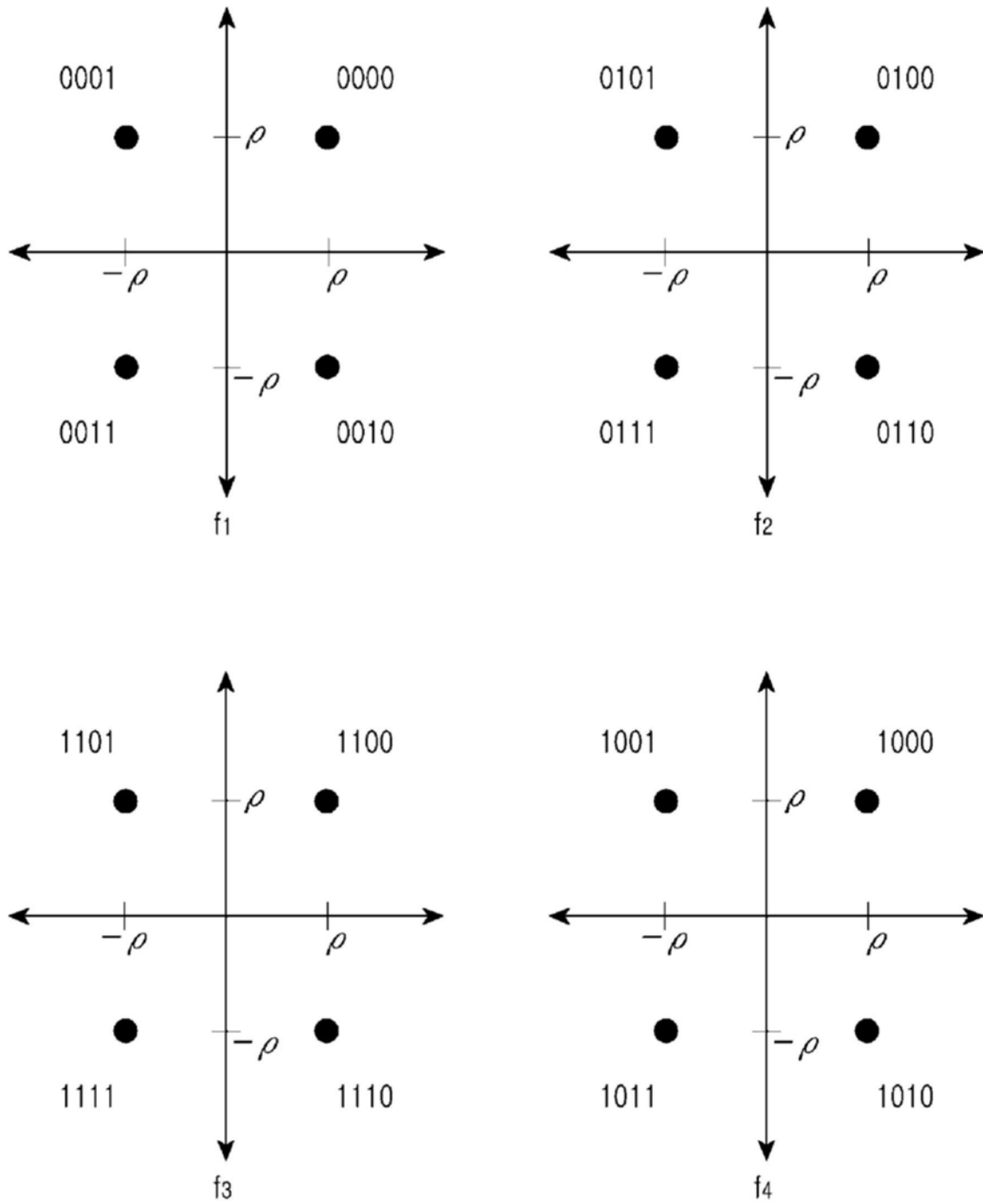


图3

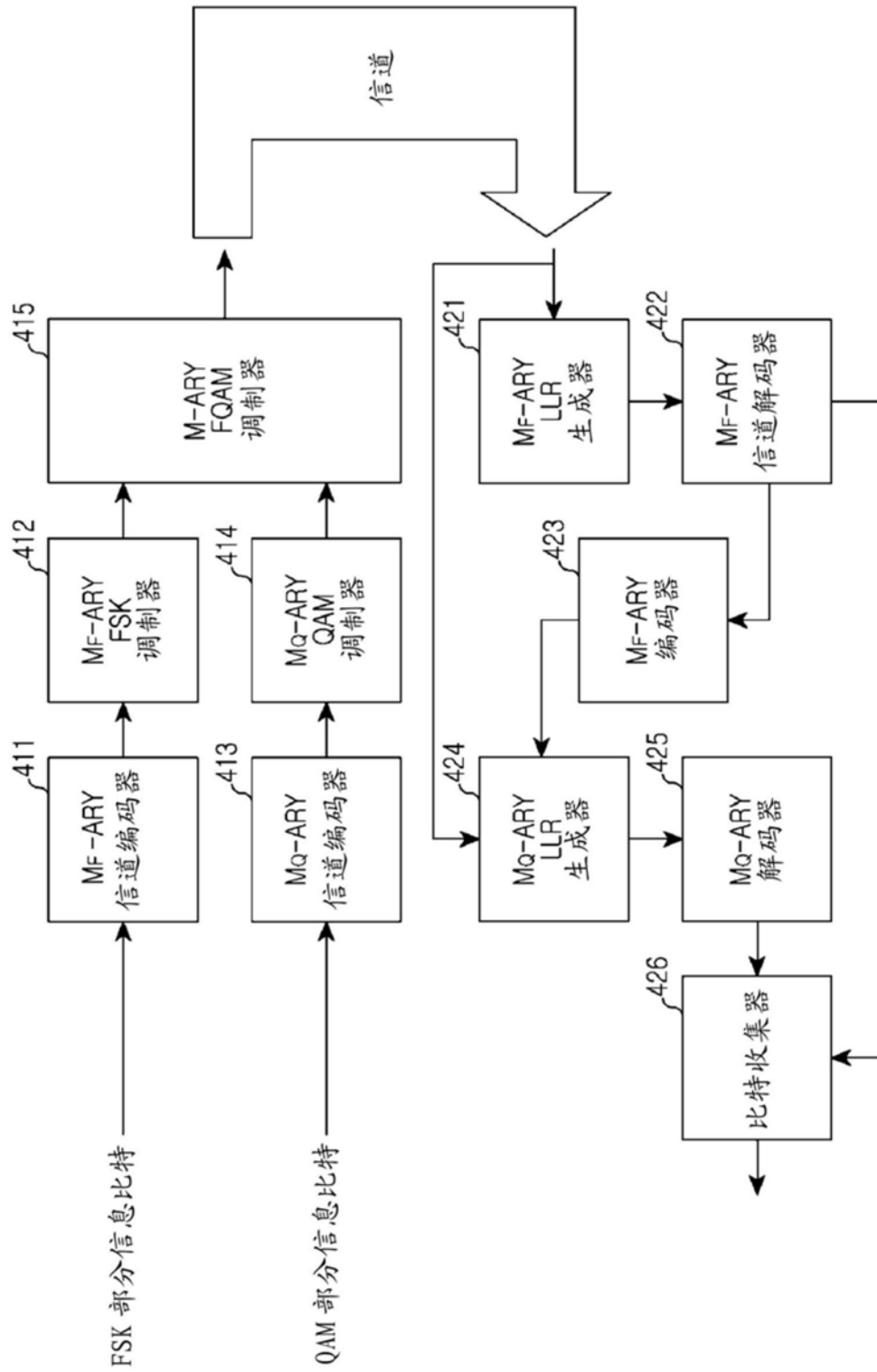


图4

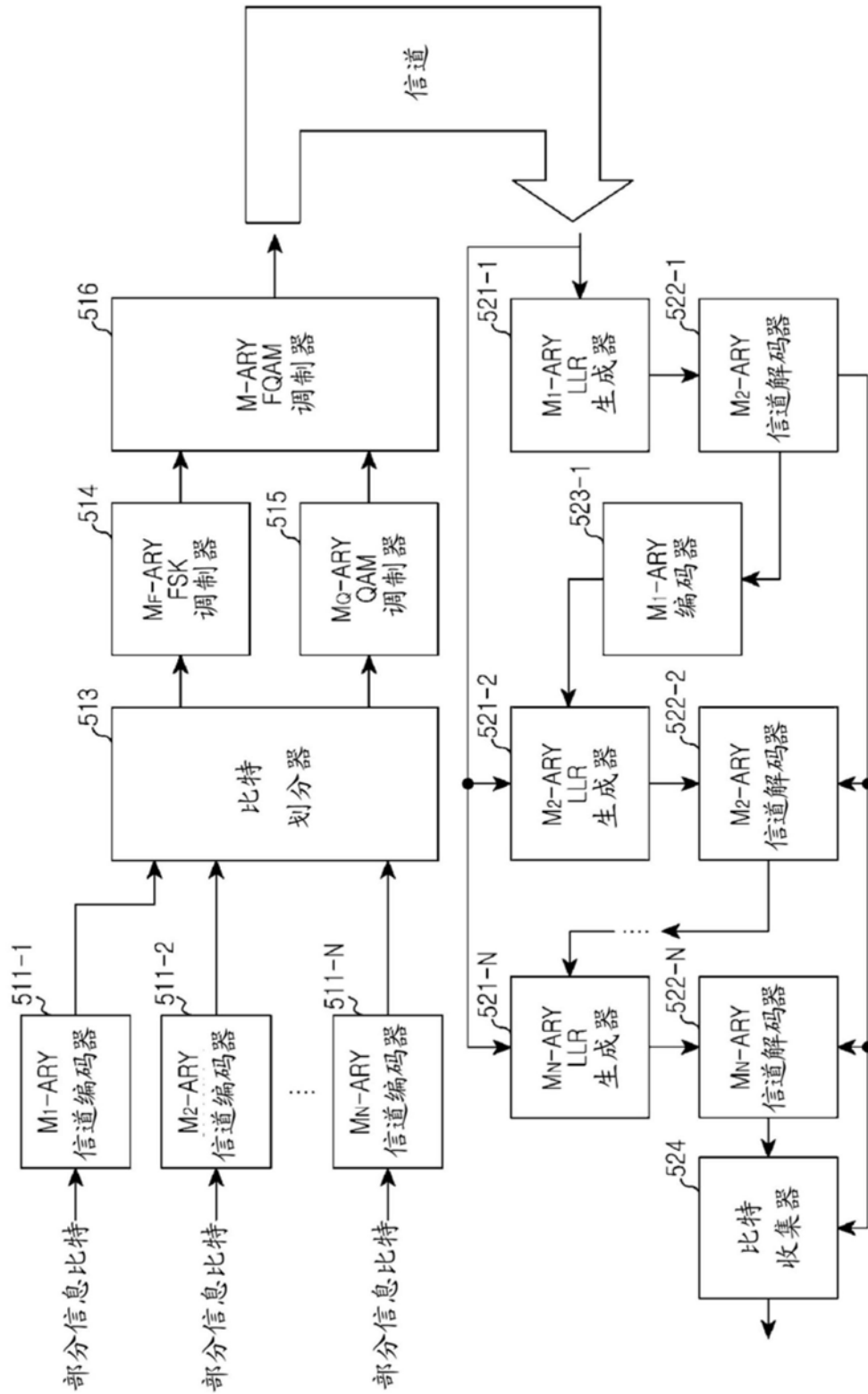


图5

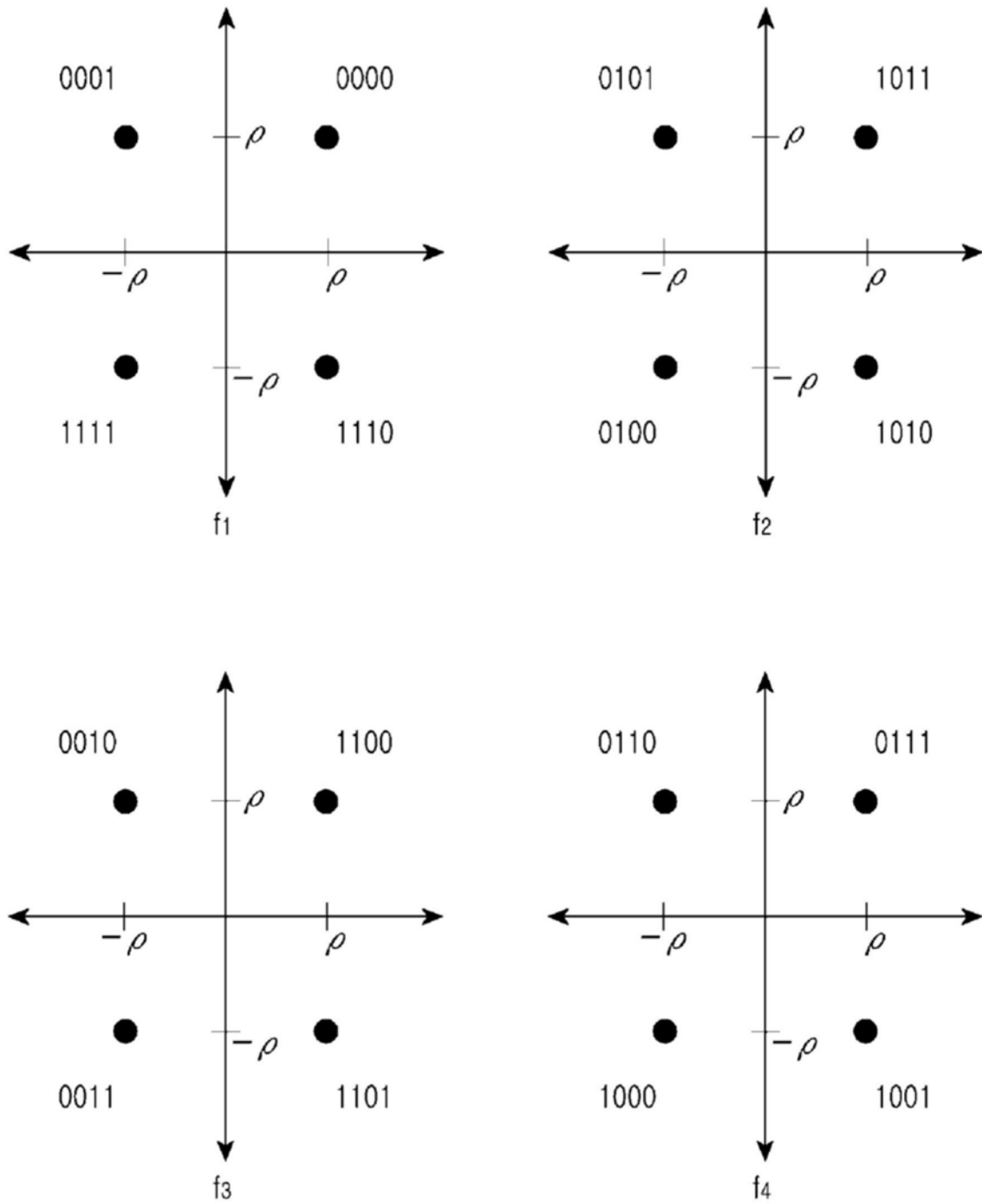


图6

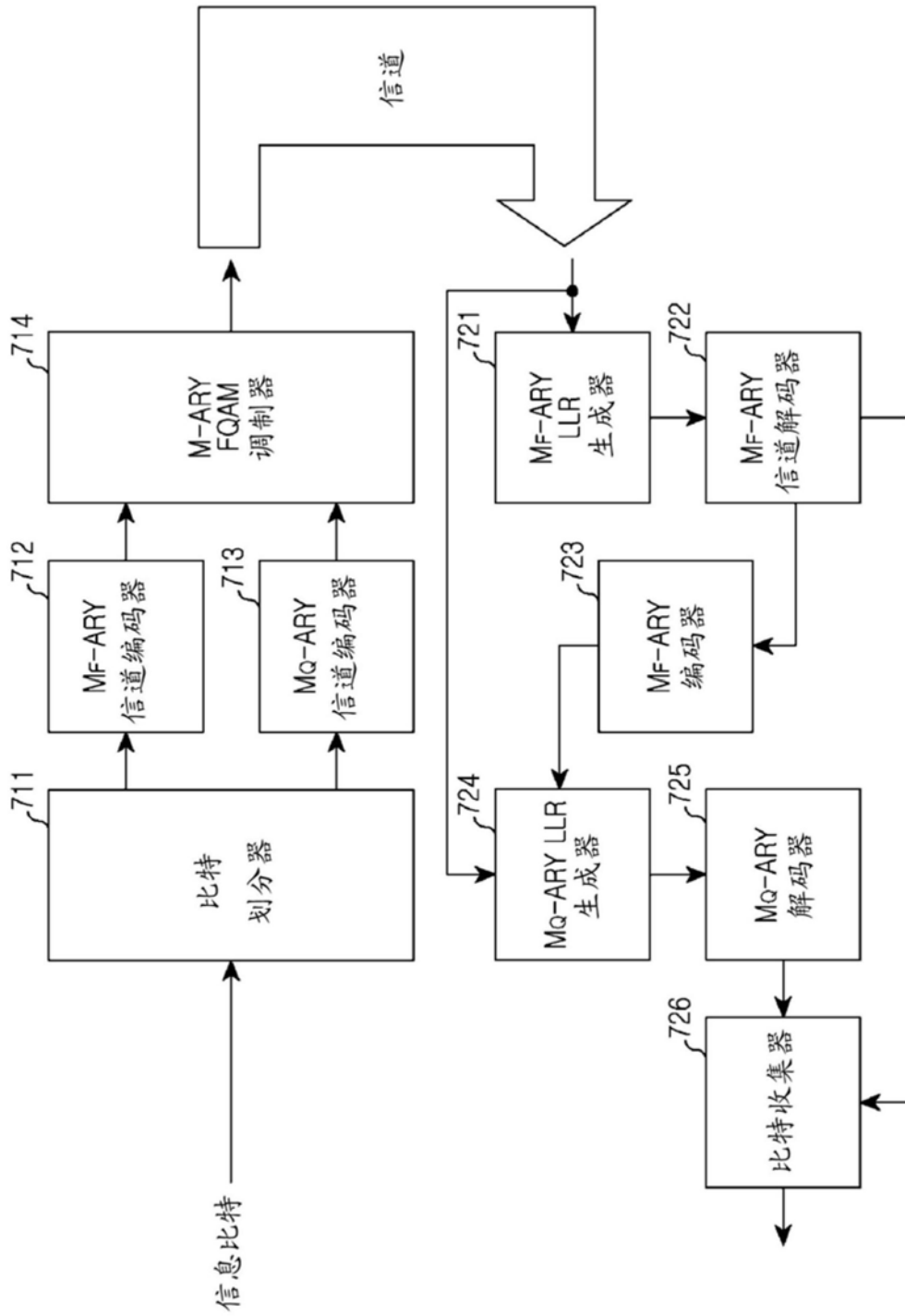


图7

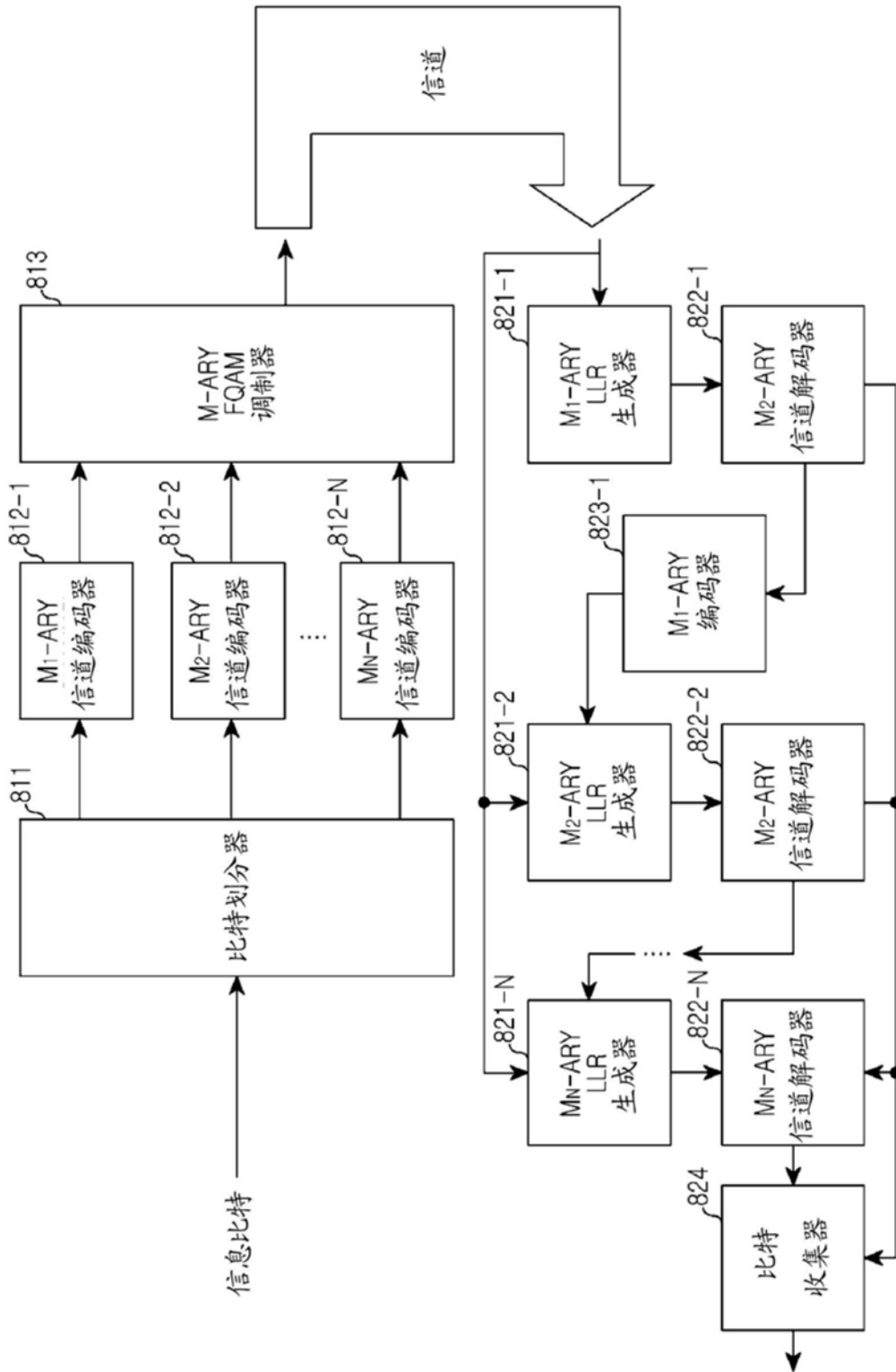


图8

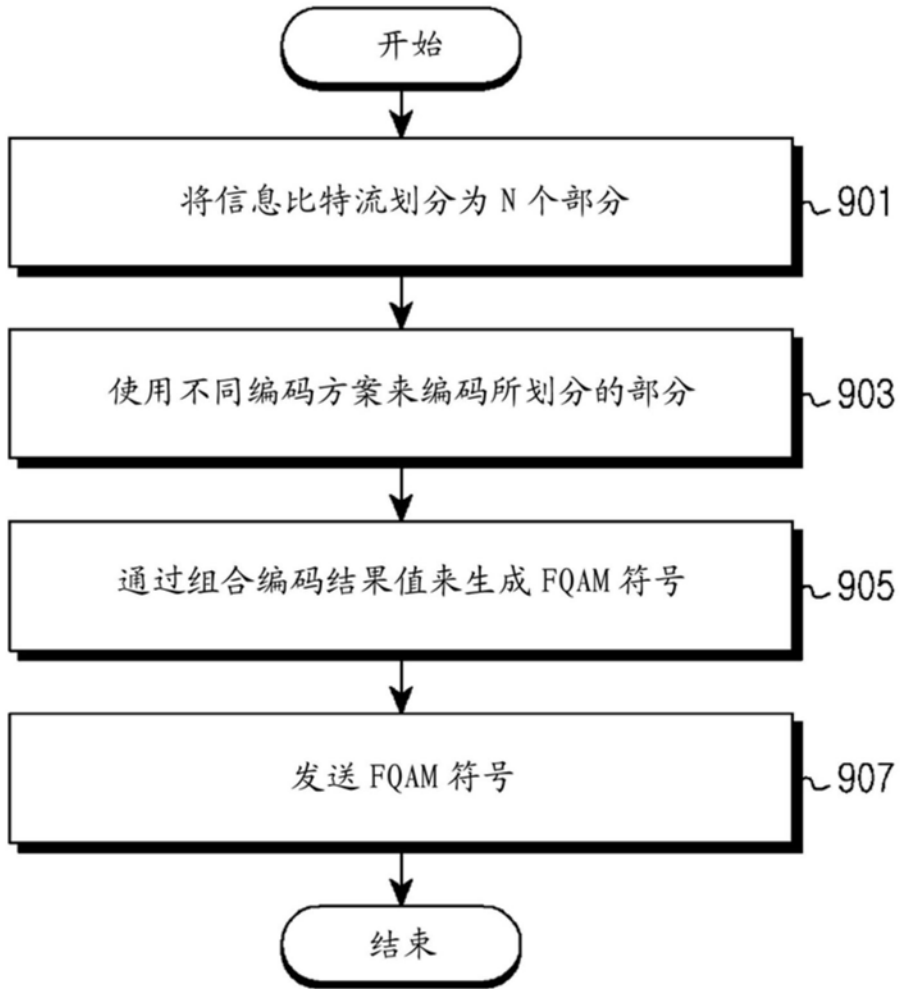


图9

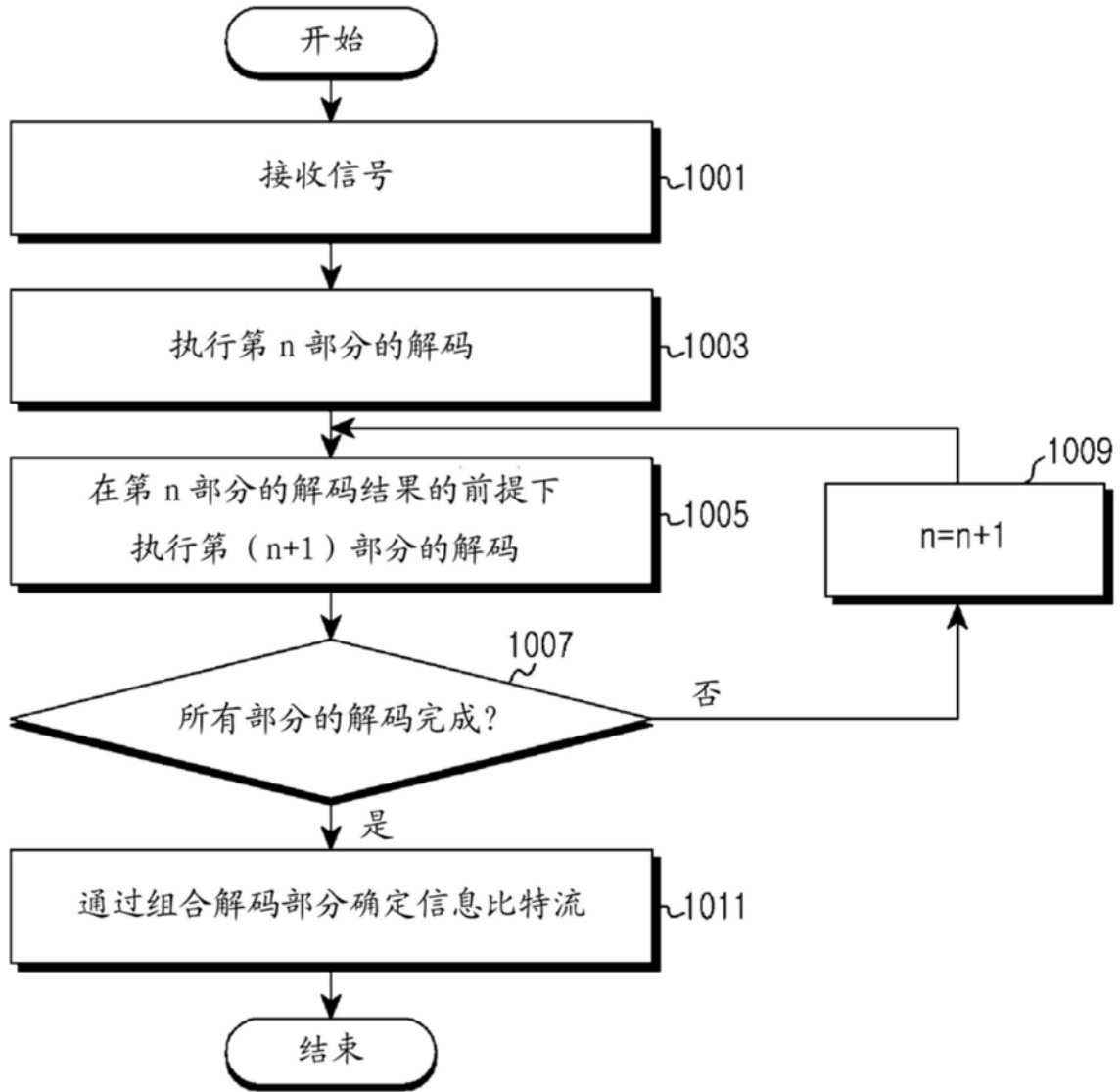


图10



图11

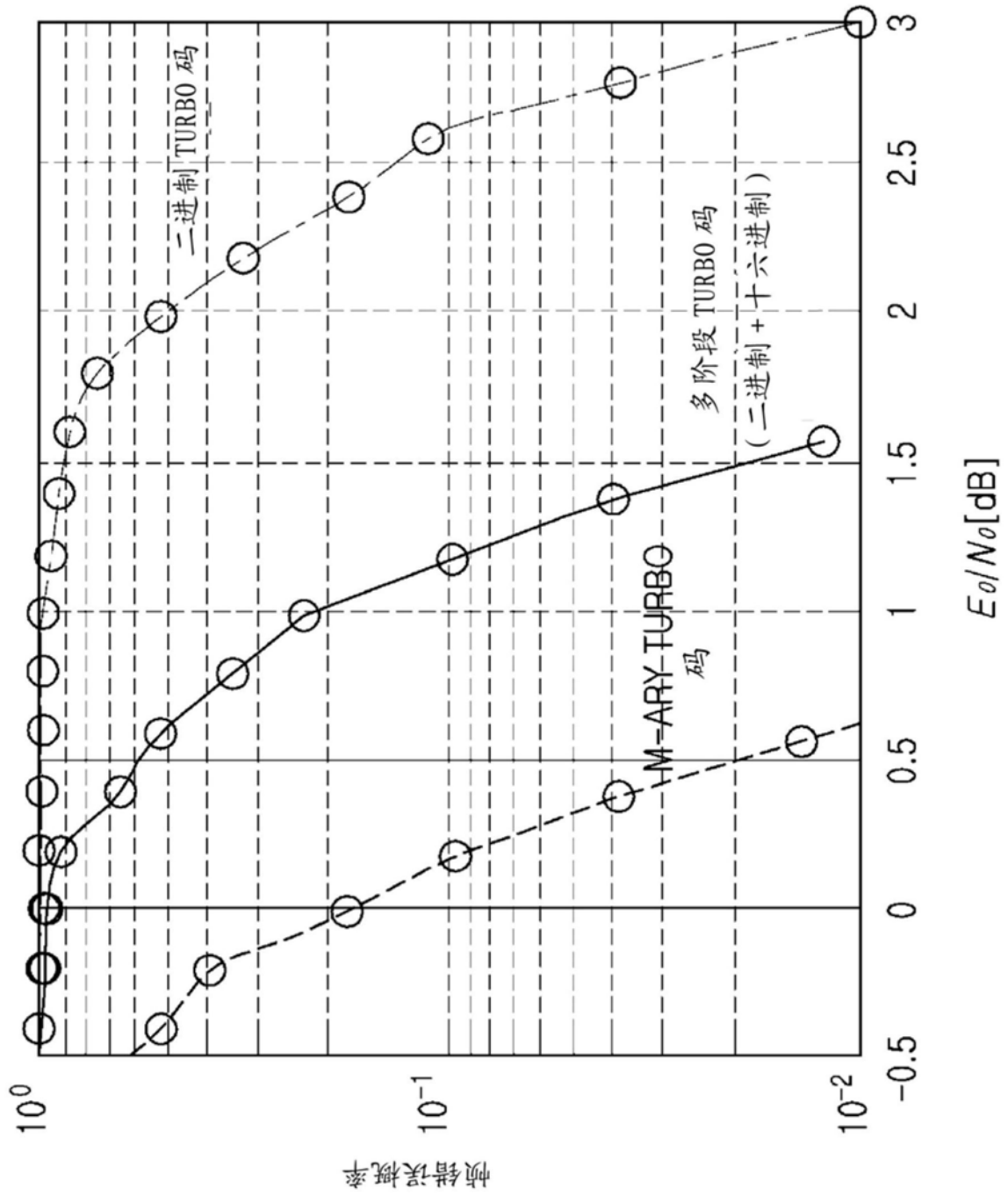


图12

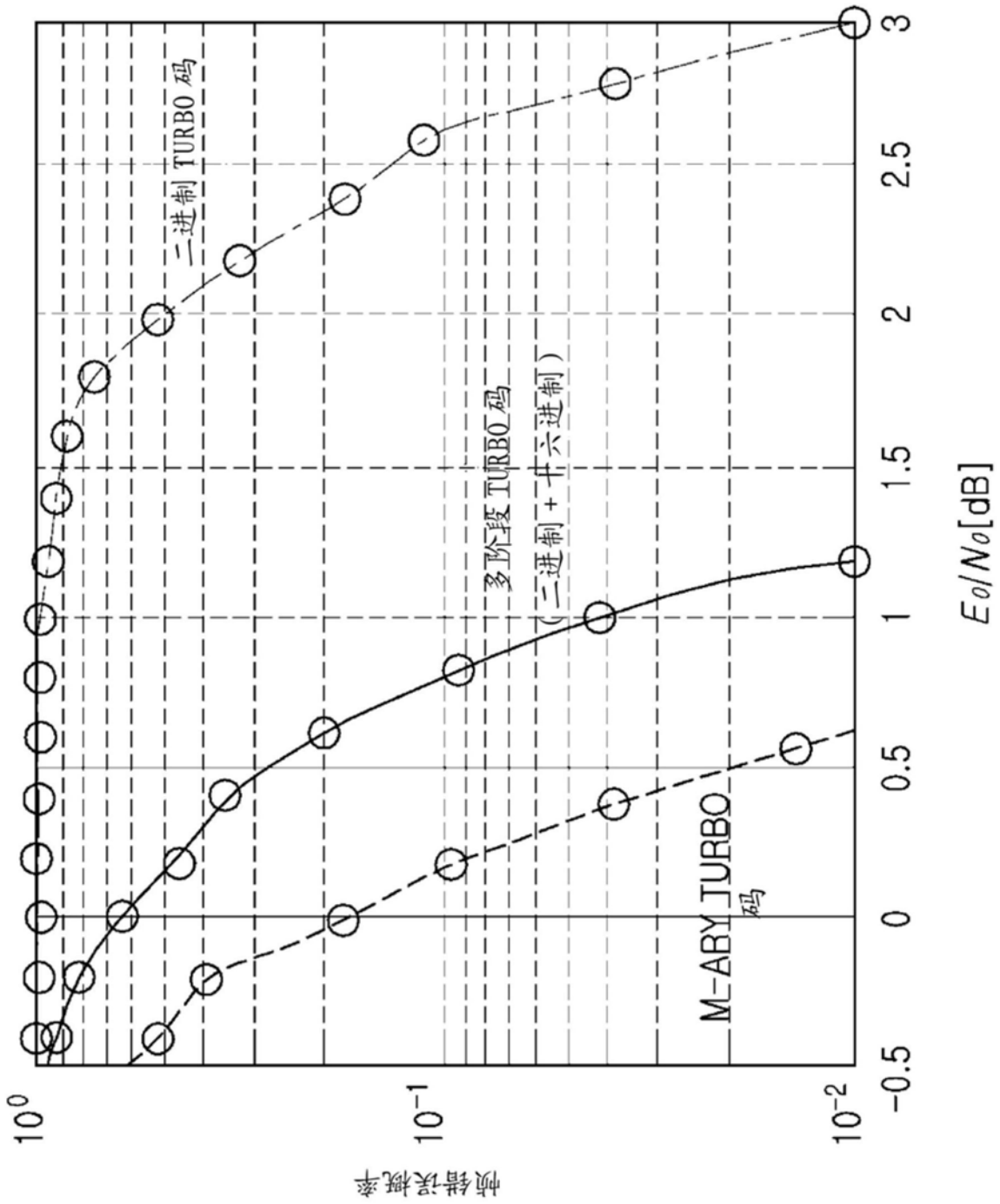


图13