



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104272692 B

(45)授权公告日 2017.09.26

(21)申请号 201380021985.X

(22)申请日 2013.04.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104272692 A

(43)申请公布日 2015.01.07

(30)优先权数据

2012-099167 2012.04.24 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.10.24

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/061881 2013.04.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/161801 JA 2013.10.31

(73)专利权人 日本电气株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 神谷典史 佐佐木英作

(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 鲁山 孙志湧

(51)Int.Cl.

H04L 27/38(2006.01)

(56)对比文件

CN 101361307 A,2009.02.04,

CN 101361307 A,2009.02.04,

CN 101449502 A,2009.06.03,

US 2004008618 A1,2004.01.15,

WO 2009/069876 A1,2009.06.04,

K.Choi.Pilot overhead reduction in
turbo coded OFDM systems employing an
iterative channel estimation under low
signal-to-noise ratio environments.《IET
Communication》.2010,第4节,图3.

审查员 刘文静

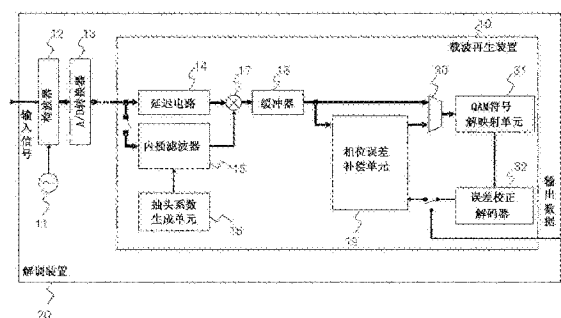
权利要求书2页 说明书18页 附图15页

(54)发明名称

载波再生装置和载波再生方法

(57)摘要

本发明提供一种载波再生装置,其中,在不降低传输容量的情况下,提高误码特性。该载波再生装置配备有:内插滤波器,其在包括在接收符号中的导频符号的基础上,估算接收符号的相位误差;第一相位旋转机,其响应由内插滤波器估算的相位误差,旋转接收符号的相位,然后,将所旋转的符号输出为第一输出符号;相位误差补偿单元,其补偿仍然在第一输出符号中的相位误差,然后将补偿结果输出为第二输出符号;QAM符号解映射单元,其计算对应于第一输出符号的第一比特串和对应于第二输出符号的第二比特串;以及误差校正解码器,其对第一比特串中的误码执行误差校正并且输出结果。相位误差补偿单元参考已经对其执行误差校正后的第一比特串,然后补偿仍然在第一输出符号中的相位误差。



1. 一种载波再生装置,包括:

内插滤波器,所述内插滤波器基于包括在接收符号中的导频符号,估算所述接收符号的相位误差,

第一相位旋转器,所述第一相位旋转器根据由所述内插滤波器估算的所述相位误差,旋转所述接收符号的相位,并且将所述接收符号输出为第一输出符号,

相位误差补偿单元,所述相位误差补偿单元补偿仍然在所述第一输出符号中的所述相位误差,并且将所述第一输出符号输出为第二输出符号,

QAM符号解映射单元,所述QAM符号解映射单元计算对应于所述第一输出符号的第一比特串,并且计算对应于所述第二输出符号的第二比特串,以及

误差校正解码器,所述误差校正解码器执行所述第一比特串中的误码的误差校正,并且其中,所述相位误差补偿单元通过参考误差校正后的所述第一比特串,补偿仍然在所述第一输出符号中的所述相位误差,其中

所述载波再生装置包括缓冲器,所述缓冲器临时保存从所述第一相位旋转器输出的所述第一输出符号;并且

所述相位误差补偿单元包括第二相位旋转器,所述第二相位旋转器旋转从所述缓冲器输出的所述第一输出符号的相位,并且生成所述第二输出符号,其中

所述相位误差补偿单元包括QAM符号映射单元,所述QAM符号映射单元将与误差校正后的比特串对应的符号生成为第三输出符号。

2. 根据权利要求1所述的载波再生装置,其中,所述相位误差补偿单元检测至少所述第一输出符号或所述第二输出符号与所述第三输出符号之间的相位差,并且补偿仍然在所述第一输出符号中的所述相位误差。

3. 根据权利要求2所述的载波再生装置,其中,所述相位误差补偿单元包括:

相位误差检测器,所述相位误差检测器检测所述第二输出符号与所述第三输出符号之间的所述相位差,以及

数值控制振荡器,所述数值控制振荡器基于去除了包括在所述相位差中的高频分量的所述相位差,计算相位旋转量,并且所述第二相位旋转器根据所述相位旋转量,旋转从所述缓冲器输出的所述第一输出符号的相位,并且生成所述第二输出符号。

4. 根据权利要求3所述的载波再生装置,其中,所述相位误差补偿单元包括环路滤波器,所述环路滤波器去除包括在所述相位差中的所述高频分量并且将所述相位差输出到所述数值控制振荡器。

5. 根据权利要求2所述的载波再生装置,其中,所述相位误差补偿单元包括:

相位误差检测器,所述相位误差检测器检测所述第一输出符号和所述第三输出符号之间的所述相位差,以及

低通滤波器,所述低通滤波器执行所述相位差的求平均值,并且计算所述相位旋转量,以及

第二相位旋转器,所述第二相位旋转器根据所述相位旋转量,旋转从所述缓冲器输出的所述第一输出符号的相位,并且生成所述第二输出符号。

6. 根据权利要求1所述的载波再生装置,其中,所述内插滤波器是有限脉冲响应型滤波器,包括:

多个寄存器,所述多个寄存器保存所述导频符号,

多个乘法器,所述多个乘法器的数量等于所述多个寄存器的数量,以及

多个加法器,所述多个加法器的数量等于所述多个寄存器的数量。

7. 根据权利要求6所述的载波再生装置,其中,所述内插滤波器根据相位噪声电平和载波噪声比确定抽头系数的初始值和当更新所述抽头系数时使用的步长,并且以等于包括在所述接收符号中的所述导频符号之间的间隔数的次数更新所述抽头系数。

8. 一种基于准同步检波方法的解调装置,包括根据在权利要求1至7中的任何一项中所述的载波再生装置。

9. 一种载波再生方法,包括:

基于包括在接收符号中的导频符号,估算所述接收符号的相位误差的步骤,

根据所估算的相位误差,旋转所述接收符号的相位,并且将所述接收符号输出为第一输出符号的步骤,

计算对应于所述第一输出符号的第一比特串的步骤,

在所述第一比特串中,执行误码的误差校正的步骤,

通过参考误差校正后的所述第一比特串,补偿仍然在所述第一输出符号中的所述相位误差,并且将相位误差补偿后的所述第一输出符号输出为第二输出符号的步骤,

计算对应于所述第二输出符号的第二比特串的步骤,以及

在所述第二比特串中,执行误码的误差校正的步骤,

其中,

所述方法包括在缓冲器中临时保存所述第一输出符号的步骤,

补偿所述相位误差并且输出所述第一输出符号的步骤包括:旋转从所述缓冲器输出的所述第一输出符号的相位并且生成所述第二输出符号的步骤,并且

补偿所述相位误差的步骤包括QAM符号映射,所述QAM符号映射将与误差校正后的比特串对应的符号生成成为第三输出符号。

10. 根据权利要求9所述的载波再生方法,其中,

重复:

通过参考误差校正后的第 n 比特串(n 为自然数),补偿仍然在第 n 输出符号中的相位误差,并且将所述符号输出为第 $(n+1)$ 输出符号的步骤,

计算与所述第 $(n+1)$ 输出符号对应的第 $(n+1)$ 比特串的步骤,以及

在所述第 $(n+1)$ 比特串中执行误码的误差校正的步骤,

直到在递增 n 的同时 n 等于预定数,或在所述误差校正中校正所有误差为止。

载波再生装置和载波再生方法

技术领域

[0001] [有关相关申请的描述]

[0002] 本申请要求基于日本专利申请No. 2012-099167 (2012年4月24日提交) 的优先权, 其全部内容在此引入以供参考。

[0003] 本申请涉及载波再生装置和载波再生方法, 更具体地说, 涉及能适于应用于包括误差校正的多电平传输的解调装置的载波再生装置和载波再生方法。

背景技术

[0004] 在数字通信中, 作为用于有效传输和接收数据的调制和解调方法, 已知将相位信息和振幅信息用于数据识别的正交振幅调制 (QAM) 方法。目前, 随着大容量无线通信系统的需要增加, 要求增加调制多电平数。

[0005] 然而, 当增加调制多电平数时, 发生由于噪声的传输误差率增加和抗扰度减小的问题。具体地, 由在发送装置或接收装置中提供的基准振荡器 (本地振荡器: LO) 产生的相位噪声增加相位信息的不确定性并且劣化误码率 (BER) 特性。因此, 例如, 为了通过应用使用 256 以上信号点的多电平 QAM 方法, 执行高可靠数据通信, 需要高精度地补偿由相位噪声产生的相位误差。此外, 同时, 需要提高由于其他因素, 诸如热噪声等等引起的误差抗扰性。

[0006] 图 14 是示出在数字无线设备系统的接收装置中, 根据相关技术的解调装置的构造的框图。参考图 14, 解调装置包括基准振荡器 121; 检波器 122; 模/数 (A/D) 转换器 123; 环状连接相位旋转器 124、相位误差检测器 125、环路滤波器 126 和数值控制振荡器 127 的载波再生锁相环 (锁相环: PLL); 将所接收的符号转换成比特串的 QAM 符号解映射单元 128; 和误差校正解码器 129。

[0007] 基准振荡器 121 输出具有预定固定频率的基准信号。检波器 122 通过使用基准信号, 执行输入信号的正交检波, 并且生成 Ich (同相信道) 基带信号和 Qch (正交相位信道) 基带信号。将所生成的基带信号通过 A/D 转换器 123 转换成数字信号。

[0008] 相位旋转器 124 根据数值控制振荡器 127 的输出信号, 通过旋转对应于 Ich 数字基带信号和 Qch 数字基带信号的接收符号的相位, 校正相位误差。将相位旋转器 124 的输出信号输入到相位误差检测器 125。相位误差检测器 125 检测仍然在所接收的符号中的相位误差并且将其输出到环路滤波器 126。环路滤波器 126 去除包括在相位误差中的不必要的高频分量并且将其输出到数值控制振荡器 127。数值控制振荡器 127 由环路滤波器 126 的输出, 生成指定相位旋转器 124 中的相位旋转量的相位误差信息并且将其输出。

[0009] 如上所述, 通过操作环状连接相位旋转器 124、相位误差检测器 125、环路滤波器 126 和数值控制振荡器 127 的载波再生 PLL, 能实现稳定的锁相状态。由此, 能补偿相位误差。

[0010] 由相位旋转器 124 执行相位噪声校正的所接收的符号被输入到相位误差检测器 125, 还被输入到 QAM 符号解映射单元 128。QAM 符号解映射单元 128 由所接收的符号, 计算对应于所接收的符号的接收比特串, 并且误差校正解码器 129 执行误差校正处理并且输出所接收的比特串。当接收表示每一接收比特的可信度的似然信息并且执行校正处理的软判定

解码器用于误差校正解码器129时,QAM符号解映射单元128输出反映似然信息的比特串。例如,在专利文献1中描述了输出反映似然信息的比特串的QAM符号解映射单元128。

[0011] 如上所述,根据相关技术的解调装置通过载波再生PLL,补偿相位误差,并且通过后级中执行的误差校正处理实现容错性提高。然而,存在当相位误差检测器125的精度由于包括在由检波器122输出的基带信号中的相位噪声、热噪声等等而减小,不能获得满意的BER性能。在这种情况下,在专利文献2、专利文献3和专利文献4中公开了通过自适应调整载波再生PLL中的环路滤波器126的带宽,提高相位误差补偿精度的技术。然而,存在即使当使用这些技术时,仍然不能获得足够效果的情形。

[0012] 作为除使用载波再生PLL的方法外的方法,存在在传输信号中插入已知信号(导频信号),并且通过使用该已知信号补偿相位误差的方法。图15是示出使用该方法的解调装置的构造的框图。参考图15,解调装置包括基准振荡器131、检波器132、A/D转换器133、QAM符号解映射单元137和误差校正解码器138,与图14所示的解调装置类似。此外,该解调装置包括:由对应于导频信号的所接收的导频符号估算所接收的导频符号之间的相位误差的内插滤波器135;使信号延迟对应于由内插处理导致的延迟的符号数的延迟电路134;以及校正所估算的相位误差的相位旋转器136。

[0013] 图15所示的解调装置通过使用具有由基准振荡器131输出的固定频率的基准信号,在检波器132中执行输入信号的正交检波,并且如在图14所示的解调装置中生成Ich(同相信道)基带信号和Qch(正交相位信道)基带信号。通过A/D转换器133,将所生成的基带信号转换成数字信号。

[0014] 将对应于Ich数字化的基带信号和Qch数字化的基带信号的接收符号输入到延迟电路134。在此,仅当接收符号是对应于已知导频信号的导频符号时,还将接收符号输入到内插滤波器135。内插滤波器135通过内插处理,由多个导频符号,估算导频符号之间的接收符号的相位误差。相位旋转器136基于由内插滤波器输出的相位误差信息,旋转接收符号的相位并且校正接收符号中的相位误差。

[0015] 类似由图14所示的解调装置执行的解调方法,由内插滤波器135对其补偿相位误差的接收符号被输入到QAM符号解映射单元137并且被转换成(软判定)接收比特串。在该处理后,在误差校正解码器138中执行误差校正处理并且将其输出为输出数据。

[0016] 例如,在非专利文献1和非专利文献2中描述了利用使用导频符号的内插滤波器的解调方法。

[0017] 引用清单

[0018] 专利文献

[0019] 专利文献1:国际公开2011/068119

[0020] 专利文献2:日本专利申请公开No 2000-101666

[0021] 专利文献3:日本未审专利申请公开No 2003-531523

[0022] 专利文献4:日本专利申请公开No 2011-101177

[0023] 非专利文献

[0024] 非专利文献1:Arnaldo Spalvieri, Luca Barletta, "Pilot-Aided Carrier Recovery in the Presence of Phase Noise", IEEE Transactions on Communications, 2011年7月1日,第1966to 1974页

[0025] 非专利文献2:Volker Simon,Andreas Senst,Michael Speth,Heinrich Meyr,“Phase Noise Estimation via Adapted Interpolation”,IEEE Global Telecommunications Conference,2011年11月25日,第3297 to 3301页

发明内容

[0026] 技术问题

[0027] 本发明的发明人进行了下述分析。

[0028] 大容量无线通信系统的需求正大大地增加,并且要求增加调制多电平数。然而,当减少对传输特性具有大的影响的L0信号的相位噪声时,成本大大地增加。此外,为了提高误差校正功能的性能,要求解调器即使当载波噪声比(C/N)低时,也能稳定地操作。针对该问题,根据相关技术的载波再生PLL的相位噪声补偿的效果有限。例如,当与QAM方法的信号多电平数相比,包括在由检波器输出的基带信号中的相位噪声的电平大时,不能获得满意的BER性能并且难以执行大容量和高质量数据通信。

[0029] 另一方面,将插入的导频信号用作线索并且通过经过内插滤波器补偿相位误差的解调方法基本上用于诸如QPSK等等的其中信号点的数量小的调制方法。因此,仅基于该解调方法,难以获得多电平调制方法所需的特性。此外,当导频信号的插入比增加时,发生传输容量减小并且多电平调制的效果降低的问题。

[0030] 因此,期望在不减小传输容量的情况下,提高误码率特性。

[0031] 本发明的目的是提供一种有助于该需求的载波再生装置和载波再生方法。

[0032] 问题的解决方案

[0033] 根据本发明的第一方面的载波再生装置包括:

[0034] 内插滤波器,其基于包括在接收符号中的导频符号,估算接收符号的相位误差,

[0035] 第一相位旋转器,其根据由内插滤波器估算的相位误差,旋转接收符号的相位并且将该符号输出为第一输出符号,

[0036] 相位误差补偿单元,其补偿仍然在第一输出符号中的相位误差并且将该符号输出为第二输出符号,

[0037] QAM符号解映射单元,其计算对应于第一输出符号的第一比特串并且计算对应于第二输出符号的第二比特串,以及

[0038] 误差校正解码器,其执行第一比特串中的误码的误差校正并且在误差校正后输出第一比特串。其中,相位误差补偿单元通过参考误差校正后的第一比特串,补偿仍然在第一输出符号中的相位误差。

[0039] 根据本发明的第二方面的载波再生方法包括:

[0040] 基于包括在接收符号中的导频符号,估算接收符号的相位误差的步骤,

[0041] 根据所估算的相位误差,旋转接收符号的相位并且将该符号输出为第一输出符号的步骤,

[0042] 计算对应于第一输出符号的第一比特串的步骤,

[0043] 在第一比特串中执行误码的误差校正的步骤,

[0044] 通过参考误差校正后的第一比特串,补偿仍然在第一输出符号中的相位误差并且将该符号输出为第二输出符号的步骤。

- [0045] 计算对应于第二输出符号的第二比特串的步骤,以及
- [0046] 在第二比特串中执行误码的误差校正的步骤。
- [0047] 本发明的有益效果
- [0048] 通过使用根据本发明的载波再生装置和载波再生方法,能在不降低传输容量的情况下,提高误码率特性。

附图说明

- [0049] 图1是作为例子,示出根据第一示例性实施例的载波再生装置的构造的框图。
- [0050] 图2是作为例子,示出根据第一示例性实施例的载波再生装置中的内插滤波器的构造的框图。
- [0051] 图3是作为例子,示出根据第一示例性实施例的载波再生装置中的抽头系数生成单元的构造的框图。
- [0052] 图4是作为例子,示出在第一示例性实施例中的导频符号和有效载荷符号的结构图。
- [0053] 图5是作为例子,示出根据第一示例性实施例的载波再生装置的操作的流程图。
- [0054] 图6是作为例子,示出在根据第一示例性实施例的载波再生装置中的内插滤波器的操作的流程图。
- [0055] 图7是作为例子,示出根据第二示例性实施例的载波再生装置的构造的框图。
- [0056] 图8是作为例子,示出根据第二示例性实施例的载波再生装置中环路滤波器的构造的框图。
- [0057] 图9是作为例子,示出根据第二示例性实施例的载波再生装置中的数值控制振荡器的构造的框图。
- [0058] 图10是作为例子,示出根据第二示例性实施例的载波再生装置的操作的流程图。
- [0059] 图11是作为例子,示出根据第三示例性实施例的载波再生装置的构造的框图。
- [0060] 图12是作为例子,示出根据第三示例性实施例的载波再生装置中的低通滤波器的构造的框图。
- [0061] 图13是作为例子,示出根据第二示例性实施例的载波再生装置的操作的流程图。
- [0062] 图14是示出根据相关技术的载波再生装置的构造的框图。
- [0063] 图15是示出根据相关技术的载波再生装置的构造的框图。

具体实施方式

- [0064] 首先,将描述示例性实施例的概述。此外,图中所述的附图参考码示为例子,以便帮助理解,而不打算将本发明限定到图中所示的实施例。
- [0065] 图1是示出配备有作为例子,根据一个示例性实施例的载波再生装置的解调装置的构造的框图。
- [0066] 参考图1,载波再生装置(10)包括:内插滤波器(15),其基于包括在接收符号中的导频符号,估算接收符号的相位误差;第一相位旋转器(17),其根据由内插滤波器(15)估算的相位误差,旋转接收符号的相位,并且将该符号输出为第一输出符号;相位误差补偿单元(19),其补偿仍然在第一输出符号中的相位误差并且将该符号输出为第二输出符号;QAM符

号解映射单元 (31), 其计算对应于第一输出符号的第一比特串, 并且计算对应于第二输出符号的第二比特串; 以及误差校正解码器 (32), 其在第一比特串中执行误码的误差校正, 并且输出比特串。相位误差补偿单元 (19) 通过参考误差校正后的第一比特串, 补偿仍然在第一输出符号中的相位误差。

[0067] 图7和图11是作为例子, 示出图1中所示的相位误差补偿单元 (19) 的详细构造的框图。参考图7和图11, 载波再生装置 (图7中所示的载波再生装置10a, 图11中所示的载波再生装置10b) 包括缓冲器 (18), 其临时保存从第一相位旋转器 (17) 输出的第一输出符号, 并且相位误差补偿单元 (图7中所示的相位误差补偿单元19a, 图11中所示的相位误差补偿单元19b) 可以包括第二相位旋转器 (图7中所示的第二相位旋转器55, 图11中所示的第二相位旋转器61), 其旋转从缓冲器 (18) 输出的第一输出符号的相位并且生成第二输出符号。

[0068] 参考图7和图11, 相位误差补偿单元 (图7中所示的相位误差补偿单元19a, 图11中所示的相位误差补偿单元19b) 可以包括QAM符号映射单元 (图7中所示的QAM符号映射单元51, 图11中所示的QAM符号映射单元62), 其根据误差校正后的比特串, 将符号生成为第三输出符号。

[0069] 参考图7和图11, 相位误差补偿单元 (图7中所示的相位误差补偿单元19a, 图11中所示的相位误差补偿单元19b) 可以通过检测至少第一输出符号或第二输出符号与第三输出符号之间的相位差, 补偿仍然在第一输出符号中的相位误差。

[0070] 参考图7, 相位误差补偿单元 (19a) 包括: 相位误差检测器 (52), 其检测第二输出符号和第三输出符号之间的相位差; 以及数值控制振荡器 (54), 其基于将包括在相位差中的高频分量从其去除的相位差, 计算相位旋转量, 并且第二相位旋转器 (55) 可以根据相位旋转量, 通过旋转从缓冲器 (18) 输出的第一输出符号的相位, 生成第二输出符号。

[0071] 参考图7, 相位误差补偿单元 (19a) 可以包括环路滤波器 (53), 去除包括在相位差中的高频分量并且将去除高频分量后的相位差输出到数值控制振荡器 (54)。

[0072] 参考图11, 相位误差补偿单元 (19b) 可以包括: 相位误差检测器 (63), 其检测第一输出符号和第三输出符号之间的相位差; 以及低通滤波器 (64), 其执行相位差的求平均值并且计算相位旋转量。第二相位旋转器 (61) 可以根据相位旋转量, 旋转从缓冲器 (18) 输出的第一输出符号的相位并且生成第二输出符号。

[0073] 如上所述, 在根据一个示例性实施例的载波再生装置 (10) 中, 内插滤波器 (15) 通过内插处理, 由接收的导频信号, 校正接收符号中的相位误差, 并且相位误差补偿单元 (19) 进一步校正在校正后仍然接收符号中的相位误差。其中, 相位误差补偿单元 (19) 通过解映射处理, 执行对由内插滤波器 (15) 执行的第一阶段校正的结果的误差校正并且通过将该结果用作参考数据, 高精度地估算相位误差。通过重复地执行一系列处理: 解映射处理、误差校正处理和相位误差补偿处理, 能实现在不增加导频符号的情况下, 高精度地估算相位误差并且具有良好的误码率特性的载波再生装置。

[0074] 即使在由相位噪声、热噪声等等产生的恶劣噪声环境下, 根据一个示例性实施例的载波再生装置也具有优良的误码率特性, 并且能提供大容量和高质量数据通信服务。通过使用这种载波再生装置, 即使当与调制电平数相比, 相位噪声电平大时, 在不显著地降低传输容量的情况下, 也能提高接收装置的误码率特性。

[0075] 此外, 在本发明中, 能实现下述实施例。

[0076] [实施例1]

[0077] 载波再生装置与根据上述第一方面的载波再生装置相同。

[0078] [实施例2]

[0079] 载波再生装置可以包括缓冲器,其临时保存从第一相位旋转器输出的第一输出符号,并且相位误差补偿单元可以包括第二相位旋转器,其旋转从缓冲器输出的第一输出符号的相位并且生成第二输出符号。

[0080] [实施例3]

[0081] 相位误差补偿单元可以包括QAM符号映射单元,其能将误差校正后的比特串对应的符号生成第三输出符号。

[0082] [实施例4]

[0083] 相位误差补偿单元可以通过检测至少第一输出符号或第二输出符号与第三输出符号之间的相位差,补偿仍然在第一输出符号中的相位误差。

[0084] [实施例5]

[0085] 相位误差补偿单元可以包括:相位误差检测器,其检测第二输出符号和第三输出符号之间的相位差;以及数值控制振荡器,其基于去除了包括在该相位差中的高频分量的该相位差,计算相位旋转量,并且第二相位旋转器可以根据相位旋转量,通过旋转从缓冲器输出的第一输出符号的相位,生成第二输出符号。

[0086] [实施例6]

[0087] 相位误差补偿单元可以包括环路滤波器,其去除包括在相位差中的高频分量并且将去除高频分量后的相位差输出到数值控制振荡器。

[0088] [实施例7]

[0089] 相位误差补偿单元可以包括:相位误差检测器,其检测第一输出符号和第三输出符号之间的相位差;以及低通滤波器,其执行相位差的求平均值并且计算相位旋转量。第二相位旋转器可以根据相位旋转量,旋转从缓冲器输出的第一输出符号的相位并且生成第二输出符号。

[0090] [实施例8]

[0091] 内插滤波器可以是有限脉冲响应型滤波器,其包括保存导频符号的多个寄存器、其数量等于寄存器的数量的多个乘法器,以及其数量等于寄存器的数量的多个加法器。

[0092] [实施例9]

[0093] 内插滤波器可以根据相位噪声电平和载波噪声比确定抽头系数的初始值和当更新抽头系数时使用的步长,并且可以以等于包括在接收符号中的导频符号之间的间隔数的次数更新抽头系数。

[0094] [实施例10]

[0095] 基于准同步检波方法的解调装置可以包括上述载波再生装置。

[0096] [实施例11]

[0097] 载波再生方法与根据上述第二方面的载波再生方法相同。

[0098] [实施例12]

[0099] 载波再生方法可以重复:

[0100] 通过参考误差校正后的第 n 比特串(n 为自然数),补偿仍然在第 n 输出符号中的相

位误差并且将该符号输出为第 (n+1) 输出符号的步骤,

[0101] 计算对应于第 (n+1) 输出符号的第 (n+1) 比特串的步骤, 以及

[0102] 执行第 (n+1) 比特串中的误码的误差校正的步骤, 直到在递增n的同时n等于预定数, 或在误差校正中校正了所有误差为止。

[0103] [实施例13]

[0104] 基于解调包括已知导频信号的数据信号的准同步检波解调方法的载波再生装置可以包括:

[0105] 内插滤波器, 其由所接收的导频符号, 估算包括所接收的导频符号的所有接收符号的相位误差,

[0106] 第一相位旋转器, 其通过使接收符号的相位旋转由内插滤波器估算的相位旋转量, 校正相位误差,

[0107] 相位误差补偿单元, 其补偿仍然在第一相位旋转器的输出符号中的剩余相位误差,

[0108] 误差校正解码器, 其将输出到相位误差补偿单元的数据生成为基准, 以及

[0109] QAM符号解映射单元, 其将相位误差补偿单元的输出和第一相位旋转器的输出符号转换成输入到误差校正解码器的输入比特串。相位误差补偿可以执行两次: 由内插滤波器执行的相位误差补偿, 和由相位误差补偿单元执行的相位误差补偿。

[0110] [实施例14]

[0111] 载波再生装置可以包括缓冲器, 其临时保存第一相位旋转器的输出。

[0112] [实施例15]

[0113] 相位误差补偿单元可以包括:

[0114] 第二相位旋转器, 其旋转缓冲器的输出符号的相位,

[0115] QAM符号映射单元, 其由误差校正解码器的输出数据, 生成对应于该输出数据的发送符号序列的副本,

[0116] 相位误差检测器, 其检测第二相位旋转器的输出符号和该副本之间的相位差,

[0117] 环路滤波器, 其去除包括在相位误差检测器的输出中的高频分量, 以及

[0118] 数值控制振荡器, 其由环路滤波器的输出计算相位旋转量, 并且通过与相位误差检测器、环路滤波器和数值控制振荡器连接以便形成环路的第二相位旋转器, 执行第二阶段相位误差补偿。

[0119] [实施例16]

[0120] 相位误差补偿单元可以包括:

[0121] 第二相位旋转器, 其旋转缓冲器的输出符号的相位,

[0122] QAM符号映射单元, 其由误差校正解码器的输出数据, 生成对应于该输出数据的发送符号序列的副本,

[0123] 相位误差检测器, 其检测缓冲器的输出符号与副本之间的相位差, 以及

[0124] 低通滤波器, 其执行相位误差检测器的输出值的求平均值, 并且可以通过使用低通滤波器的输出, 由第二相位旋转器旋转缓冲器的输出符号的相位, 执行第二阶段相位误差补偿。

[0125] [实施例17]

[0126] 内插滤波器可以是有限脉冲响应 (FIR) 型滤波器,包括:仅接收导频符号并且保存固定数量的所接收的导频符号的寄存器、数量等于寄存器的数量的乘法器和数量等于寄存器的数量的累加装置,并且可以以等于所接收的导频符号之间的间隔数的次数更新内插滤波器的抽头系数。

[0127] [实施例18]

[0128] 用于解调包括已知导频信号的数据信号的准同步检波解调系统的载波再生方法可以包括:

[0129] 内插处理步骤,其中,执行由所接收的导频符号,通过内插,估算包括所接收的导频符号的所有接收符号的相位误差的内插处理,

[0130] 第一次相位误差补偿步骤,在其中校正估算的相位误差,

[0131] 解映射处理步骤,其中,执行补偿相位误差的所接收的符号的解映射来获得比特串,

[0132] 误差校正处理步骤,其中,对由解映射获得的比特串执行误差校正,以及

[0133] 当相位误差补偿次数小于预先设定的次数时,执行第二次相位误差补偿和后续次相位误差补偿。

[0134] 在第二次和后续次相位误差补偿处理中,可以将执行了误差校正处理的数据用作基准,以及

[0135] 可以重复地执行第二次和后续次相位误差补偿处理步骤、解映射处理步骤和误差校正处理步骤,直到相位误差补偿次数等于预先设定的次数或通过误差校正处理校正所有误差为止。

[0136] [实施例19]

[0137] 第二次和后续次相位误差补偿处理步骤可以包括:

[0138] 通过将执行了误差校正处理的数据映射到QAM符号,生成发送符号序列的副本的步骤,

[0139] 通过使用该副本作为基准检测相位误差的步骤,

[0140] 去除包括在相位误差中的高频分量的步骤,

[0141] 通过转换去除了高频分量的相位误差信息,生成相位旋转信息的步骤,以及

[0142] 通过相位旋转信息,执行相位误差补偿的步骤,以及

[0143] 通过将执行了相位误差补偿的接收符号再输送回检测相位误差的步骤,检测相位误差。

[0144] [实施例20]

[0145] 第二次和后续次相位误差补偿处理步骤可以包括:

[0146] 通过将执行了误差校正处理的数据映射到QAM符号,生成发送符号副本的步骤,

[0147] 通过将发送符号副本作为基准,检测相位误差的步骤,以及

[0148] 通过经过低通滤波器执行所检测的相位误差的求平均值,并且生成相位旋转信号的步骤,以及

[0149] 可以基于相位旋转信号,执行相位误差补偿。

[0150] [实施例21]

[0151] 内插处理步骤可以包括:

[0152] 设定抽头系数的初始值的步骤,

[0153] 执行积和运算处理的步骤,以及

[0154] 通过累加,更新抽头系数的两种抽头系数更新步骤,以及

[0155] 可以将积和运算处理步骤和抽头系数更新步骤重复等于所接收的导频信号之间的间隔数的次数。

[0156] 接着,将参考附图,详细地描述示例性实施例。在下述示例性实施例中,使用将相位信息用于数据识别的调制方法。在下述示例性实施例中,将QAM调制方法用作例子。然而,当使用将相位信息用于数据识别的另一调制方法时,该示例性实施例能应用于该另一调制方法。在该示例性实施例中,作为解调方法的检波方法,使用准同步检波方法,其中,通过使用具有由解调装置本身产生的固定频率的周期信号执行检波,并且在检波后去除相位误差。当使用该方法时,不必生成与载波完全同步的信号。

[0157] (示例性实施例1)

[0158] 将参考附图,描述根据第一示例性实施例的载波再生装置。图1是示出配备有作为例子,根据示例性实施例的载波再生装置10的解调装置20的构造的框图。

[0159] 解调装置20是解调包括已知导频信号的数据信号的装置。参考图1,解调装置20包括基准振荡器11、检波器12、A/D转换器13和载波再生装置10。载波再生装置10包括延迟电路14、内插滤波器15、与内插滤波器15有关的抽头系数生成单元16、相位旋转器17、相位误差补偿单元19、QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32。

[0160] 基准振荡器11将具有固定频率的基准信号输出到检波器12。检波器12执行IF(中间频率)输入信号的正交检波并且生成Ich基带信号和Qch基带信号。通过A/D转换器13,将所生成的基带信号转换成数字信号。

[0161] 当作为调制和解调手段的QAM方法的信号点数为 $2m$ (m 为正整数)时,在发送侧,将所发送的比特串划分成段,每一段由 m 比特构成,并且将 m 比特的每一个映射到 $2m$ 个信号点中的一个信号点上。所映射的信号点能由复数值表示并且称为发送符号。通过A/D转换器13获得的Ich数字化基带信号和Qch数字化基带信号是对应于发送符号的接收符号。能由其实部对应于Ich基带信号以及虚部对应于Qch基带信号的复数值,表示接收符号。在下文中,该复数值称为“接收符号”并且被输入到载波再生装置10。另一方面,载波再生装置10的输出由对应于由接收符号估算的发送符号的比特串构成。

[0162] 延迟电路14接收该接收符号,根据由下述内插滤波器15要求的处理时间,使其延迟固定时间间隔,并且将其输出到相位旋转器。

[0163] 内插滤波器15仅接收在由Ich数字化基带信号和Qch数字化基带信号构成的接收符号中在发送侧插入的已知导频符号,相对于各个导频符号之间的接收符号,由多个导频符号,计算包括在接收符号中的相位误差的估算值,并且将其输出到相位旋转器。

[0164] 抽头系数生成单元16由有关相位噪声和热噪声的统计信息,生成用于在内插滤波器15中估算相位误差的处理的数据,并且将其供给内插滤波器15。

[0165] 相位旋转器17接收延迟电路14的输出和内插滤波器15的输出,基于内插滤波器15的输出数据旋转作为延迟电路14的输出的接收符号的相位,并且将接收符号输出到缓冲器18。

[0166] 相位误差补偿单元19经缓冲器18,接收相位旋转器17的输出符号,估算仍然在相

位旋转器17的输出符号中的相位误差,并且执行校正。为估算仍然在输出符号中的相位误差,相位误差补偿单元19使用误差校正解码器32的输出数据。

[0167] QAM符号解映射单元31经选择器30,接收缓冲器18的输出符号和相位误差补偿单元19的输出符号,由选择器30的输出符号,计算对应于输出符号的比特串,并且将该比特串输出到稍后所述的误差校正解码器32。

[0168] 此外,在该示例性实施例中,作为示例,将描述将接收每一发送比特的似然信息并且执行校正处理的软判定解码器用于误差校正解码器32的情形。在这种情况下,QAM符号解映射单元31输出反映表示所接收的比特的可信度的似然信息的比特串。例如,专利文献1中所述的单元可以用于QAM符号解映射单元31。

[0169] 误差校正解码器32接收QAM符号解映射单元31的输出数据,估算包括在缓冲器18或相位误差补偿单元19的输出符号中的误码,并且执行校正。

[0170] 图2是作为例子,示出根据示例性实施例的载波再生装置10中的内插滤波器15的构造的框图。参考图2,内插滤波器15是有限脉冲响应(FIR)型滤波器并且包括寄存器41和44、选择器42和45、乘法器43和加法器46和47。

[0171] 图3是作为例子,示出抽头系数生成单元16的构造的框图。参考图3,抽头系数生成单元16包括生成抽头系数 h_j 的初始值的ROM表38,和生成当更新抽头系数 h_j 时使用的步长 Δ_j 的ROM表39。ROM表38接收相位噪声电平(PNL)和载波噪声比(CNR),并且根据这些值输出抽头系数 h_j 的初始值。另一方面,ROM表39接收PNL和CNR,并且输出当根据这些值更新抽头系数 h_j 时使用的步长 Δ_j 。

[0172] 接着,将描述载波再生装置10的操作。载波再生装置10接收对应于通过经过A/D转换器13获得的I_{ch}数字化基带信号和Q_{ch}数字化基带信号的接收符号,补偿包括在接收符号中的相位误差,并且通过解码误差校正码的处理,校正由于干扰,诸如残余相位噪声、热噪声等等引起的误码。载波再生装置10通过执行上述处理,估算发送比特串并且输出它。

[0173] 图4是作为例子,示出载波再生装置10的输入符号串的结构图。

[0174] 参考图4,输入符号串由传输数据主体(有效载荷)和预先确定的已知导频符号构成。在下述说明中,为了说明方便,假定以固定间隔,对每M输入符号,插入一个导频符号。其中,M是正整数并且表示导频符号间隔。

[0175] 将对载波再生装置10的输入符号串输入到延迟电路14。同时,仅将与对每M符号插入的导频符号对应的接收导频符号输入到内插滤波器15。即,每M次,内插滤波器15的输入事件发生一次。因为导频符号是预先确定的已知符号,因此,通过将所接收的导频符号与预先确定的符号相比较,能提取包括在接收导频中的相位误差。另一方面,相对于有效载荷符号,因为发送符号未知,因此,当提取相位误差时,发生错误。

[0176] 内插滤波器15是具有 $(2t+1)$ 抽头(t 为正整数)的FIR滤波器并且由 $(2t+1)$ 个输入导频符号,估算包括在 $(M-1)$ 个有效载荷符号和一个导频符号中的相位误差。在下文中,将详细地描述估算相位误差的输入导频符号和有效载荷符号之间的关系。

[0177] 假定输入到载波再生装置10的符号的数量为每单位时间一个符号,由 $S_0, S_1, S_2, \dots$,和 S_{2tM} 表示 $(2tM+1)$ 个输入符号,具体地,由 $S_0, S_M, S_{2M}, S_{3M}, \dots$,和 S_{2tM} 表示对每M符号插入的导频符号。将 $(2t+1)$ 个导频符号接连地输入到内插滤波器15中,内插滤波器15接连地估算包括在由下述等式1表示的 $(M-1)$ 个有效载荷符号和M个单位时间中的导频符号 S_{tM} 中的

相位误差,直到在输入最后一个导频符号 S_{2tM} 后,输入下一导频符号 $S_{(2t+1)M}$ 为止。

[0178] [等式1]

[0179] $S_{tM-\lceil(M-1)/2\rceil}, \dots, S_{tM-2}, S_{tM-1}, S_{tM+1}, S_{tM+2}, \dots, S_{tM+\lceil M/2\rceil}$

[0180] 此外,在等式1中, $\lceil M/2 \rceil$ 表示等于或小于 $M/2$ 的整数中的最大整数。因此,当 M 为偶数时, $\lceil M/2 \rceil$ 等于 $M/2$,并且当 M 为奇数时, $\lceil M/2 \rceil$ 等于 $(M-1)/2$ 。这类似地适用于 $\lceil (M-1)/2 \rceil$ 。

[0181] 内插滤波器15通过顺序地更新滤波器的抽头系数,估算包括在 $(M-1)$ 个有效载荷符号中的相位误差。从抽头系数生成单元16提供更新抽头系数所需的信息,因此,延迟电路14的延迟量等于或大于 $(tM + \lceil (M-1)/2 \rceil)$ 单位时间。

[0182] 相位旋转器17基于内插滤波器15的输出数据,旋转作为延迟电路14的输出的接收符号的相位,并且输出接收符号。由其实部对应于 I_{ch} 基带信号以及虚部对应于 Q_{ch} 基带信号的复数值,表示接收符号,并且类似地,还由该复数值表示内插滤波器的输出数据。因此,例如,通过复数值乘法器,实现相位旋转器17。然而,相位旋转器17不限于此。

[0183] 相位旋转器17的输出符号是接收符号串,其中,由内插滤波器15校正相位噪声。然而,当相位噪声电平高时或当导频符号间隔 M 大时,残余相位误差的问题发生。因此,通过相位误差补偿单元19和误差校正解码器32,补偿相位旋转器17的输出符号。

[0184] 相位误差补偿单元19经缓冲器18,接收相位旋转器17的输出符号,估算仍然在该输出符号中的相位误差,并且校正它。

[0185] 通过使用误差校正解码器32,生成当相位误差补偿单元19估算仍然在输出符号中的相位误差时用作基准的符号。首先,由QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32,执行用于校正包括在相位旋转器17的输出符号中的误码的处理。

[0186] QAM符号解映射单元31经缓冲器18和选择器30,接收相位旋转器17的输出符号,生成将似然信息反映到构成输出符号的每一比特的比特串,并且将其输出到误差校正解码器32。

[0187] 误差校正解码器32接收比特串,执行首次误差校正解码处理,估算发送比特串,并且将所估算的发送比特串输出到相位误差补偿单元19。

[0188] 相位误差补偿单元19使用所接收的估算发送比特串来估算包括在相位旋转器17的输出符号中的残余相位误差,并且执行第二次相位误差补偿。

[0189] 经选择器30和QAM符号解映射单元31,将在相位误差补偿单元19中将第二次相位误差补偿应用到的接收符号输入到误差校正解码器32。误差校正解码器32执行第二次误差校正解码处理并且估算发送比特串。

[0190] 接着,以类似的方式,执行第三次相位误差补偿处理和第三次误差校正处理。此外,能重复第四次相位误差补偿处理、第四次误差校正处理、第五次相位误差补偿处理和第五次误差校正处理。在重复相位误差补偿处理和误差校正处理预定次数后,载波再生装置10将误差校正解码器32的输出数据输出为载波再生装置10的输出数据。

[0191] 期望当相位误差补偿处理和误差校正处理重复多次后,能逐渐地提高由误差校正解码器32估算的发送比特的可信度和由相位误差补偿单元19估算的相位误差的精度。

[0192] 图5是作为例子,示出载波再生装置10的操作的流程图。即,示出了在输入接收符号后,到生成输出数据为止执行的操作。

[0193] 参考图5,载波再生装置10接收从A/D转换器输出的接收符号(步骤S1)。

[0194] 内插滤波器15仅使用接收符号串中的导频符号,并且通过内插处理,估算包括在导频信号之间的有效载荷符号中的相位误差(步骤A2)。

[0195] 接着,相位旋转器17执行第一次相位误差补偿(步骤A3)。

[0196] QAM符号解映射单元31执行对比特串执行相位误差补偿的接收符号的解映射(步骤A4),并且误差校正解码器32使用误差校正码,执行误差校正(步骤A5)。

[0197] 当相位误差补偿次数k等于或大于预先设定的次数T时(k和T均是正整数),或当通过误差校正(步骤A5)已经成功地校正所有误差时,将对其执行误差校正(步骤A5)的数据用作载波再生装置10的输出(步骤A6)。

[0198] 另一方面,当相位误差补偿次数k小于预先设定的次数T时,执行第(k+1)次相位误差补偿(步骤A7)。此外,在相位误差补偿中(步骤A7),将通过误差校正解码获得的输出(步骤A5)用作基准数据。因此,相位误差补偿(步骤A7)不同于基于导频之间的内插(步骤A2),由相位旋转器17执行的相位误差补偿(步骤A3)。

[0199] 将通过使用图6所示的流程图,描述图2所示的内插滤波器15的操作。

[0200] 如图4所示,假定输入符号串由有效载荷符号和导频符号构成,并且以固定间隔,对每M输入符号插入一个导频符号。此时,每M次,发生到内插滤波器15的输入事件一次。

[0201] 参考图6,所接收的导频符号被输入到内插滤波器15(步骤B1)并设定到图2的上侧所示的寄存器41中的最左寄存器。

[0202] 此外,将初始值设定到保存抽头系数的每一寄存器44(步骤B2)。

[0203] 当由 S_{nM} (n为整数)表示所输入的接收导频符号时,按从最左寄存器到最右寄存器的顺序,由 $S_{nM}, S_{(n-1)M}, \dots$,和 $S_{(n-2t)M}$ 表示在寄存器41中保存的接收导频符号串。通过乘法器43,将所接收的导频符号分别乘以抽头系数 $h_0, h_1, \dots$,和 h_{2t} ,并且由加法器47计算总和(步骤B3)。

[0204] 内插滤波器15将所计算的和输出为内插数据(步骤B4)。由下述等式2表示内插数据。

[0205] [等式2]

$$[0206] \quad \sum_{i=0}^{2t} h_i \cdot S_{(n-i)M}$$

[0207] 内插滤波器15重复等式2所示的上述积和运算M次,同时更新抽头系数 $h_0, h_1, \dots$,和 h_{2t} 。由图6所示的更新抽头系数(步骤B5)的方法和更新抽头系数(步骤B6)的方法,执行抽头系数的更新。当在步骤B5和B6中更新抽头系数时,作为预先设定的值的步长(Δ_j, Δ_{j+1})与最新抽头系数相加。然而,用在步骤B5中的步长不同于用在步骤B6中的步长。

[0208] 在执行第k次积和运算后,如果 $k \leq [(M-1)/2]$,则内插滤波器15执行步骤B5的抽头系数更新处理,并且如果 $k > [(M-1)/2]$,则内插滤波器15执行步骤B6的抽头系数更新处理。内插滤波器15通过使用图2所示的寄存器44、加法器46和连接到加法器46的选择器45,更新抽头系数。选择器45选择步骤B5的抽头系数更新处理和步骤B6的抽头系数更新处理中的一个。

[0209] 此外,基于从抽头系数生成单元16提供的并且由于热噪声的载波噪声比(CNR)以及相位噪声电平(PNL),确定在步骤B2中设定的抽头系数 h_j 的初始值和当步骤B5和B6中更新抽头系数时使用的步长 Δ_j 。

[0210] (示例性实施例2)

[0211] 将参考附图,描述根据第二示例性实施例的载波再生装置。图7是示出配备有作为例子,根据示例性实施例的载波再生装置10a的解调装置20a的构造的框图。

[0212] 用于根据第一示例性实施例的解调装置20(图1)的基准振荡器11、检波器12和A/D转换器13也用于解调装置20a。此外,用于根据第一示例性实施例的载波再生装置10(图1)的延迟电路14、内插滤波器15、抽头系数生成单元16、相位旋转器17、缓冲器18、选择器30、QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32也用于载波再生装置10a。

[0213] 参考图7,相位误差补偿单元19a包括QAM符号映射单元51、相位误差检测器52、环路滤波器53、数值控制振荡器54和相位旋转器55。

[0214] QAM符号映射单元51由误差校正解码器52的输出数据,生成对应于该输出数据的发送符号序列的副本,并且将其输出到相位误差检测器52。

[0215] 相位误差检测器52检测相位旋转器55的输出符号与QAM符号映射单元51的输出符号之间的相位差并且将其输出到环路滤波器53。

[0216] 环路滤波器53去除包括在相位误差检测器52的输出中的高频噪声并且将其输出到数值控制振荡器54。

[0217] 数值控制振荡器54由环路滤波器53的输出计算相位旋转量,并且将其输出到相位旋转器55。

[0218] 其中,连接相位误差检测器52、环路滤波器53、数值控制振荡器54和相位旋转器55以便形成环路。

[0219] 接着,将描述图7中所示的载波再生装置10a的操作。其中,用于根据第一示例性实施例的载波再生装置10(图1)的延迟电路14、内插滤波器15、抽头系数生成单元16、相位旋转器17、缓冲器18、选择器30、QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32也用于载波再生装置10a。因此,将接收符号输入到载波再生装置10a的操作、延迟电路14a、内插滤波器15、抽头系数生成单元16和相位旋转器17的操作以及QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32的操作与根据第一示例性实施例的载波再生装置10(图1)相同。因此,省略这些操作的说明。

[0220] QAM符号映射单元51通过将误差校正解码器32的输出数据映射到QAM方法的信号点,生成发送符号的副本。

[0221] 当将 2^m -QAM方法用作调制方法时,由QAM符号映射单元51输出的发送符号的每一副本对应于表示QAM方法的 2^m 个信号点的复数值的一个。

[0222] 此外,当误差校正解码器32是与校正后的数据一起,输出表示校正后的数据的可信度的似然信息的软输出解码器时,由QAM符号映射单元51输出的符号是通过求和经使用似然信息加权的发送符号获得的值。在这种情况下,QAM符号映射单元51的输出不一定对应于表示QAM方法的 2^m 个信号点的复数值中的一个。

[0223] 相位误差检测器52接收由QAM符号映射单元51生成的发送符号的副本。此外,相位误差检测器52接收通过经相位旋转器55,内插滤波器处理补偿其相位误差的接收符号。由复数 α 表示接收符号并且由复数 β 表示由QAM符号映射单元51生成的发送符号的副本。当复数 x 的实部由 $\text{Re}(x)$ 表示并且复数 x 的虚部由 $\text{Im}(x)$ 表示时,由等式3表示相位误差的输出值。

[0224] [等式3]

$$[0225] \quad \frac{1}{|\alpha|} \{ \text{Im}(\alpha) \cdot \text{Re}(\beta) - \text{Re}(\alpha) \cdot \text{Im}(\beta) \}$$

[0226] 当由 θ_a 表示复数 α 的自变量,以及由 θ_b 表示复数 β 的自变量时,将等式3重写成等式4。

[0227] [等式4]

$$[0228] \quad |\beta| \sin(\theta_a - \theta_b)$$

[0229] 因此,由等式3计算的相位误差检测器52的输出值是对应于两个输入符号之间的相位差。相位误差检测器52将输出值输出到环路滤波器53。

[0230] 图8是作为例子,示出环路滤波器53的构造的图。参考图8,环路滤波器53包括乘法器91。环路滤波器53将由等式3表示的输入值乘以常数 γ 并且输出计算结果。根据导频符号和有效载荷符号之间的区别、相位误差补偿次数等等,自适应地改变常数 γ 。环路滤波器53将输出值输出到数值控制振荡器54。

[0231] 图9是作为例子,示出数值控制振荡器54的构造的框图。参考图9,数值控制振荡器54包括由加法器34和寄存器35构成的累加加法器以及将累加加法结果 θ 转换成 $\cos(\theta)$ 的值和 $\sin(\theta)$ 的值的ROM表36。

[0232] 数值控制振荡器54将在寄存器35中保存的数据与输入数据相加并且通过加法结果,更新在寄存器35中保存的数据。通过ROM表36,将加法结果转换成余弦函数值和正弦函数值,并且将这些值输出到相位旋转器55。

[0233] 相位旋转器55基于缓冲器18的输出符号 α' 和数值控制振荡器54的输出值($\cos(\theta)$ 和 $\sin(\theta)$),根据等式5,输出使符号 α' 的相位旋转 $-\theta$ 角获得的符号 α 。

[0234] [等式5]

$$[0235] \quad \text{Re}(\alpha) = \cos(\theta) \cdot \text{Re}(\alpha') + \sin(\theta) \cdot \text{Im}(\alpha')$$

$$[0236] \quad \text{Im}(\alpha) = \cos(\theta) \cdot \text{Im}(\alpha') - \sin(\theta) \cdot \text{Re}(\alpha')$$

[0237] 连接相位旋转器55、相位误差检测器52、环路滤波器53和数值控制振荡器54以便形成如图7所示的环路。

[0238] 将通过相位旋转器55,应用第二次相位误差补偿的接收符号经选择器30和QAM符号解映射单元31输入到误差校正解码器32。

[0239] 误差校正解码器32执行第二次误差校正解码处理并且估算发送比特串。以先前所使用的类似的方式,将发送比特串通过QAM符号映射单元51,供应给相位误差检测器52。经相位旋转器55,将缓冲器18的输出符号供应给相位误差检测器52,作为另一输入。不仅提供输出符号的方式而且从缓冲器18提供的符号值均与前一次相同。

[0240] 期望包括在通过QAM符号映射单元51供应的发送符号的副本中的误差数小于包括在最后一次的发送符号的副本中的误差数。通过该效果,与第二次相位误差补偿相比,能高精度地执行相位误差补偿。接着,执行相同的处理。因此,通过重复地更新发送符号的副本,能更高精度地补偿相位噪声。

[0241] 图10是作为例子,示出配备有相位误差补偿单元19a的根据示例性实施例的载波再生装置10a的操作的流程图。即,示出了在输入接收符号后,获得输出数据为止执行的操作。

[0242] 参考图10,载波再生装置10a接收从A/D转换器13输出的接收符号(步骤C1)。

[0243] 内插滤波器15仅使用接收符号串中的导频符号并且通过内插处理,估算包括在导频符号之间的有效载荷符号中的相位误差(步骤C2)。

[0244] 接着,相位旋转器17执行第一次相位误差补偿(步骤C3)。

[0245] QAM符号解映射单元31执行将对其执行相位误差补偿的接收符号解映射到比特串(步骤C4)并且误差校正解码器32使用误差校正码,执行误差校正(步骤C5)。

[0246] 当相位误差补偿次数 k 等于或大于预先设定的次数 T 时(k 和 T 均是正整数)或当通过误差校正(步骤C5),成功地校正所有误差时,将对其执行误差校正(步骤C5)的数据用作载波再生装置10a的输出(步骤C6)。

[0247] 另一方面,当相位误差补偿次数 k 小于预先设定的次数 T 时,QAM符号映射单元51通过将对其执行误差校正(步骤C5)的数据映射到QAM符号(步骤C7),创建发送符号的副本。

[0248] 接着,相位误差检测器52将发送符号的副本用作基准符号并且检测相位误差(步骤C8)。

[0249] 接着,环路滤波器53去除所检测的相位误差的高频分量(步骤C9)。

[0250] 接着,数值控制振荡器54转换去除高频分量的相位误差信息并且生成相位旋转信息(步骤C10)。

[0251] 接着,相位旋转器55根据相位旋转信息,执行第 $(k+1)$ 次相位误差补偿(步骤C11)。

[0252] 此外,如图7所示,在第 $(k+1)$ 次相位误差补偿中,当以符号单位查看操作时,对由相位误差检测器52执行的相位误差检测,执行反馈。

[0253] (示例性实施例3)

[0254] 将参考图,描述根据第三示例性实施例的载波再生装置。图11是配备有作为例子,根据示例性实施例的载波再生装置10b的解调装置20b的构造的框图。

[0255] 参考图11,用于根据第一示例性实施例的解调装置20(图1)的基准振荡器11、检波器12和A/D转换器13也用于解调装置20b。

[0256] 用于根据第一示例性实施例的载波再生装置10(图1)的延迟电路14、内插滤波器15、抽头系数生成装置16、相位旋转器17、缓冲器18、选择器30、QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32也用于载波再生装置10b。

[0257] 参考图11,相位误差补偿单元19b包括相位旋转器61、QAM符号映射单元62、相位误差检测器63和低通滤波器64。

[0258] 相位旋转器61经缓冲器18接收相位旋转器17的输出并且通过使用稍后所述的低通滤波器64的输出,旋转其相位。

[0259] 相位旋转器61的输出经选择器30,被输入到QAM符号解映射单元31。

[0260] QAM符号映射单元62由误差校正解码器32的输出数据,生成对应于该输出数据的发送符号序列的副本并且将其输出到相位误差检测器63。

[0261] 相位误差检测器63检测缓冲器18的输出符号与QAM符号映射单元62的输出符号之间的相位差并且将其输出到低通滤波器64。

[0262] 低通滤波器64执行相位误差检测器63的输出的求平均值并且将其输出到相位旋转器61。

[0263] 接着,将描述载波再生装置10b的操作。用于根据第一示例性实施例的载波再生装置10(图1)的延迟电路14、内插滤波器15、抽头系数生成装置16、相位旋转器17、缓冲器18、

选择器30、QAM符号解映射单元31和误差校正解码器32也用于载波再生装置10b。因此,将接收符号输入到载波再生装置10b的操作、延迟电路14、内插滤波器15、抽头系数生成单元16和相位旋转器17的操作以及QAM符号映射单元62和误差校正解码器32的操作与根据第一示例性实施例的载波再生装置10(图1)相同。因此,省略这些操作的说明。

[0264] QAM符号映射单元62通过将误差校正解码器32的输出数据映射到QAM方法中的信号点,生成发送符号的副本。

[0265] QAM符号映射单元62与在根据第二示例性实施例的载波再生装置10a(图7)的相位误差补偿单元19中提供的QAM符号映射单元51相同。

[0266] 如在根据第二示例性实施例的载波再生装置10a(图7)中提供的相位误差检测器52,相位误差检测器63将由QAM符号映射单元62生成的发送符号的副本接收为两个输入中的一个。在第二示例性实施例中,相位误差检测器52将相位旋转器55的输出符号接收为另一输入。在该示例性实施例中,相位误差检测器63将保存由内插滤波器15校正的接收符号的缓冲器18的输出符号接收为另一输入。

[0267] 当由复数 α 表示缓冲器18的输出符号并且由复数 β 表示由QAM符号映射单元62输出的发送符号的副本时,如第二示例性实施例,由等式3表示相位误差检测器63的输出值。

[0268] 图12是作为例子,示出低通滤波器64的构造的框图。参考图12,低通滤波器64包括执行相位误差检测器63的输出的求平均值的求平均值滤波器65和将求平均值滤波器65的输出值 θ 转换成余弦函数值和正弦函数值($\cos(\theta)$ 和 $\sin(\theta)$)的集合并且输出它的ROM表66。

[0269] ROM表的输出数据用于相位旋转器61中,缓冲器18的输出符号的相位旋转。当由 α' 表示缓冲器18的输出符号并且由 θ 表示求平均值滤波器65的输出时,相位旋转器61根据等式4,旋转相位并且输出符号 α 。

[0270] 如图7所示的载波再生装置10a,经选择器30和QAM符号解映射单元31,将通过相位旋转器61,对其应用第二次相位误差补偿的接收符号输入到误差校正解码器32。

[0271] 误差校正解码器32执行第二次误差校正解码并且估算发送比特串。以与先前使用的类似的方式,通过QAM符号映射单元62,将发送比特串供应给相位误差检测器63。将缓冲器18的输出符号供应给相位误差检测器63,作为另一输入。不仅供应输出符号的方式而且从缓冲器18供应的符号值均与前一次相同。

[0272] 期望包括在通过QAM符号映射单元62供应的发送符号的副本中的误差数小于包括在最后一轮的发送符号的副本中的误差数。通过该效果,与第二次相位误差补偿相比较,能高精度地执行相位误差补偿。接着,执行相同的处理。因此,通过重复地更新发送符号的副本,能更高精度地补偿相位噪声。

[0273] 图13是作为例子,配备有相位误差补偿单元19b的、根据示例性实施例的载波再生装置10b的操作的流程图。即,示出在输入接收符号后,获得输出数据为止执行的操作。

[0274] 参考图13,载波再生装置10b接收从A/D转换器13输出的接收符号(步骤D1)。

[0275] 内插滤波器15仅使用接收符号串中的导频符号并且通过内插处理,估算包括在导频符号之间的有效载荷符号中的相位误差(步骤D2)。

[0276] 接着,相位旋转器17执行第一次相位误差补偿(步骤D3)。

[0277] QAM符号解映射单元31执行将对其执行相位误差补偿的接收符号解映射到比特串(步骤D4)并且误差校正解码器32使用误差校正码,执行误差校正(步骤D5)。

[0278] 当相位误差补偿次数 k 等于或大于预先设定的次数 T 时 (k 和 T 均是正整数) 或当通过误差校正 (步骤D5), 成功地校正所有误差时, 将执行误差校正 (步骤D5) 的数据用作载波再生装置10b的输出 (步骤D6)。

[0279] 另一方面, 当相位误差补偿次数 k 小于预先设定的次数 T 时, QAM符号映射单元51通过将其执行误差校正 (步骤D5) 的数据映射到QAM符号 (步骤D7), 创建发送符号的副本。

[0280] 接着, 相位误差检测器63将发送符号的副本用作基准符号并且检测相位误差 (步骤D8)。

[0281] 接着, 低通滤波器64执行所检测的相位误差的求平均值并且生成相位旋转信号 (步骤D9)。

[0282] 接着, 相位旋转器61通过使用相位旋转信号, 执行第 $(k+1)$ 次相位误差补偿 (步骤D10)。

[0283] 上面, 已经参考附图, 说明了本发明的示例性实施例。在附图中所述的构造示为例子。因此, 本发明不限于在图中所述的构造。

[0284] 根据本发明的载波再生装置能适当地应用于包括便携终端装置和基于无线装置的数字无线通信装置。

[0285] 此外, 现有技术文献, 诸如上述专利文献等等的公开内容在此包含以供参考。在本发明的全部公开内容 (包括权利要求书) 的范围内, 并且基于本发明的基本技术原理, 能进行示例性实施例的改进和调整。此外, 在本发明的权利要求的范围内, 各种公开的要素 (包括每一权利要求的每一要素、每一示例性实施例的每一要素和每一图的每一要素等等) 的各种组合或选择是可能的。即, 在包括本发明的权利要求书的整个公开内容的范围内, 并且基于本发明的基本技术原理, 本领域的技术人员能想到改进和调整。关于在本文献中描述的数值的范围, 解释为即使当不具体地描述包括在该范围中的任意值或小范围时, 其也被具体描述。

[0286] 10, 10a和10b 载波再生装置

[0287] 11, 121和131 基准振荡器

[0288] 12, 122和132 检波器

[0289] 13, 123和133 A/D转换器

[0290] 14和134 延迟电路

[0291] 15和135 内插滤波器

[0292] 16 抽头系数生成单元

[0293] 17, 55, 61, 124和136 相位旋转器

[0294] 18 缓冲器

[0295] 19, 19a和19b 相位误差补偿单元

[0296] 20, 20a和20b 解调装置

[0297] 30, 42和45 选择器

[0298] 31, 128和137 QAM符号解映射单元

[0299] 32, 129和138 误差校正解码器

[0300] 34, 46和47 加法器

[0301] 35, 41和44 寄存器

-
- [0302] 36,38,39和66 ROM(只读存储器) 表
 - [0303] 43和91 乘法器
 - [0304] 51和62 QAM符号映射单元
 - [0305] 52和63 相位误差检测器(具有基准信号输入)
 - [0306] 53和126 环路滤波器
 - [0307] 54和127 数值控制振荡器
 - [0308] 64 低通滤波器
 - [0309] 65 求平均值滤波器
 - [0310] 125 相位误差检测器

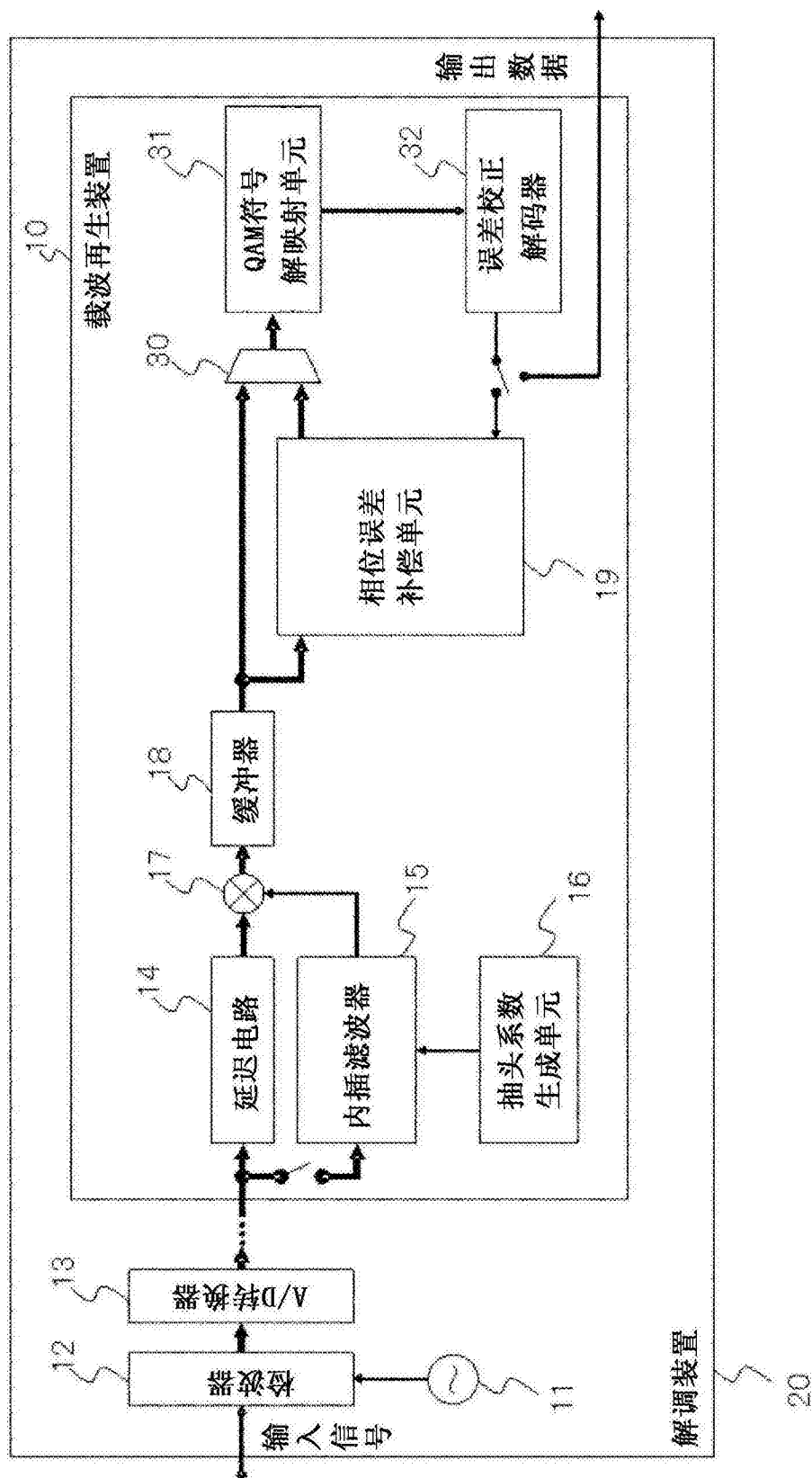


图1

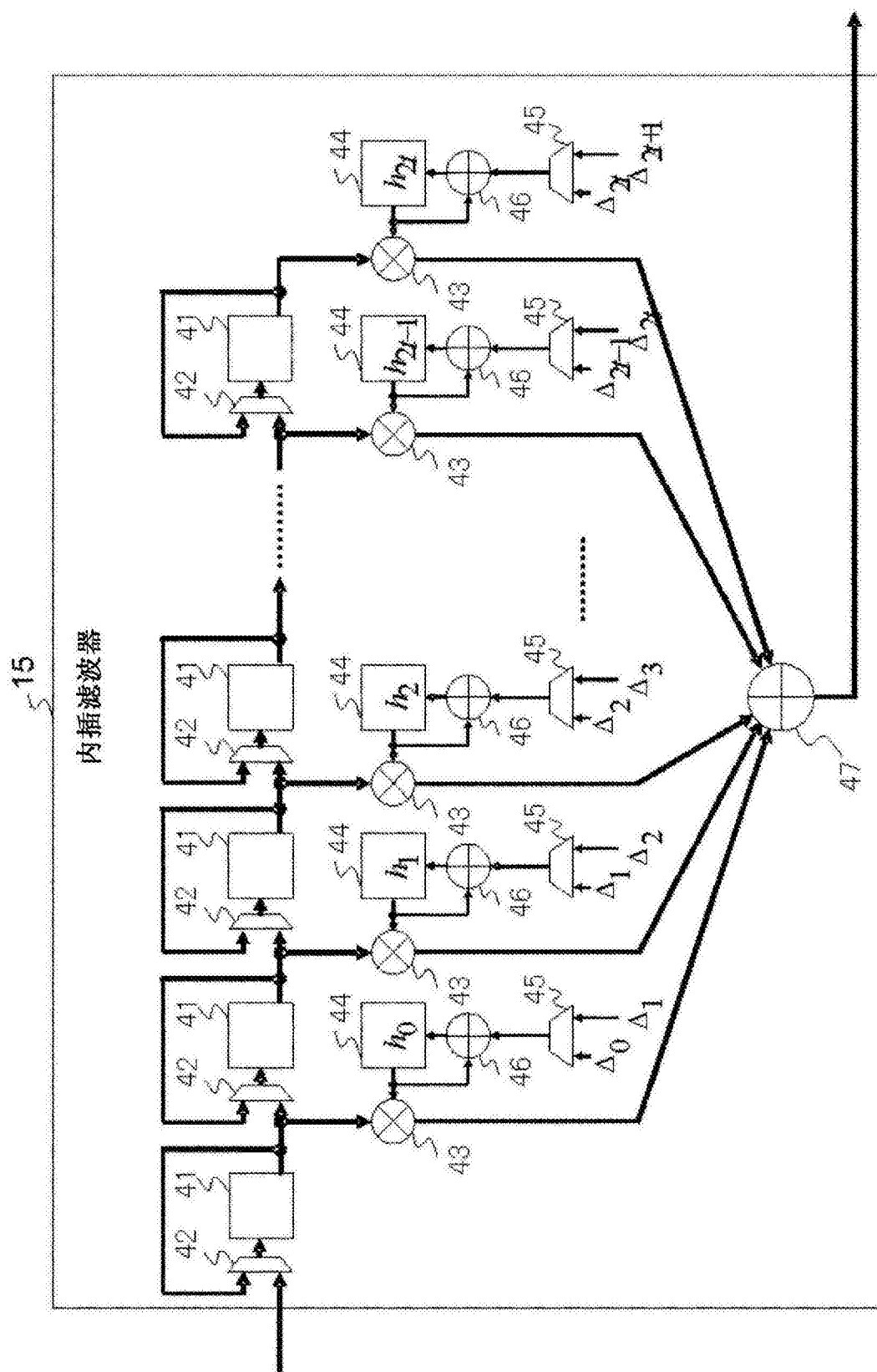


图2

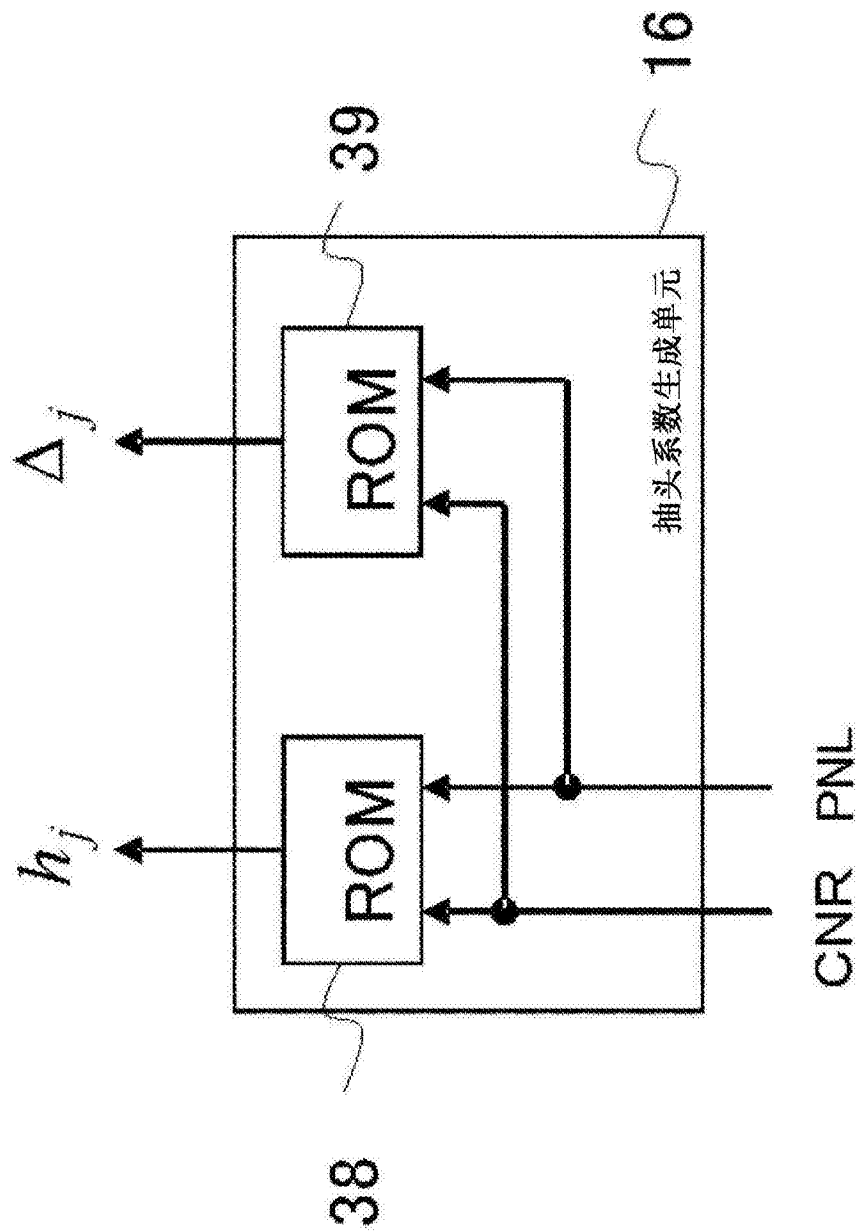


图3

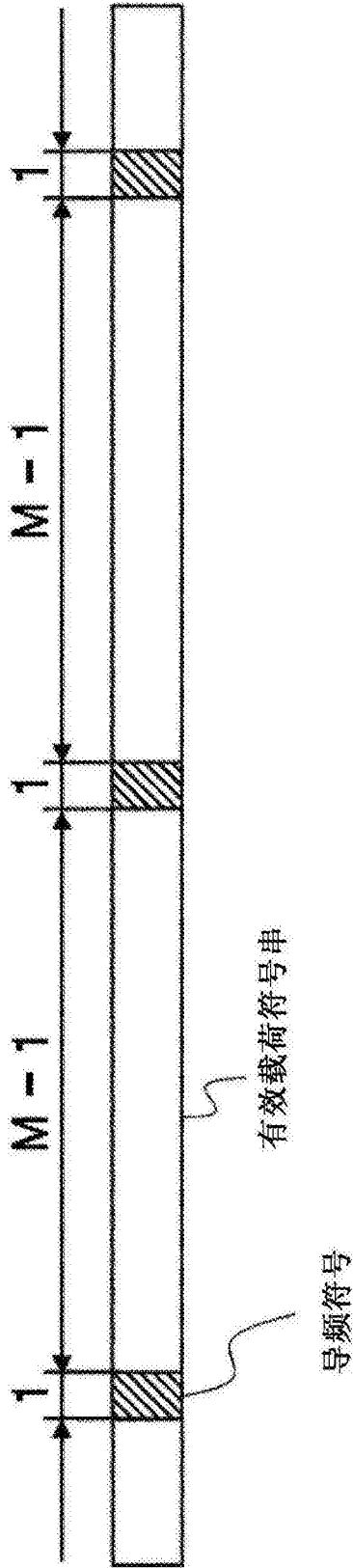


图4

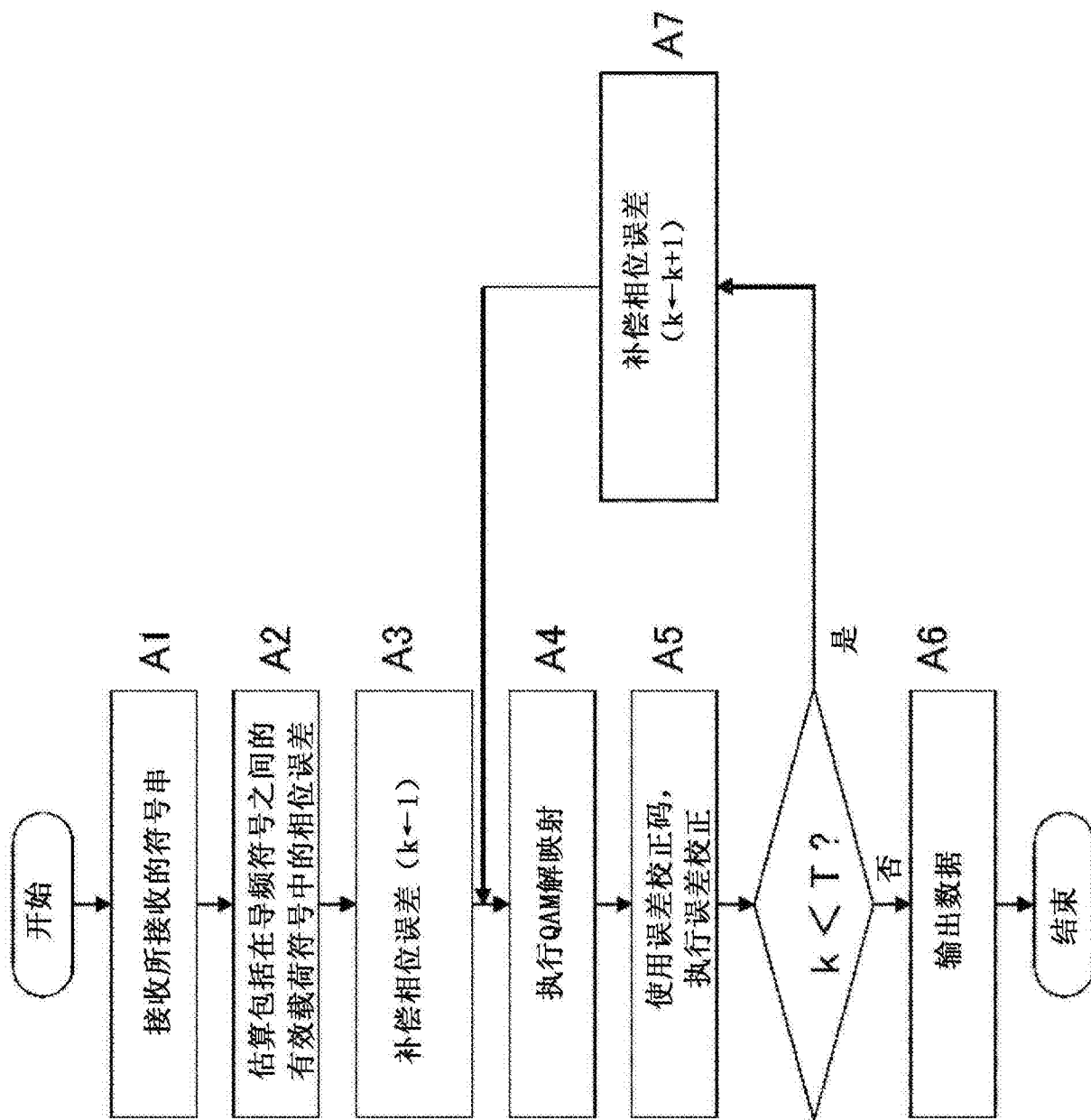


图5

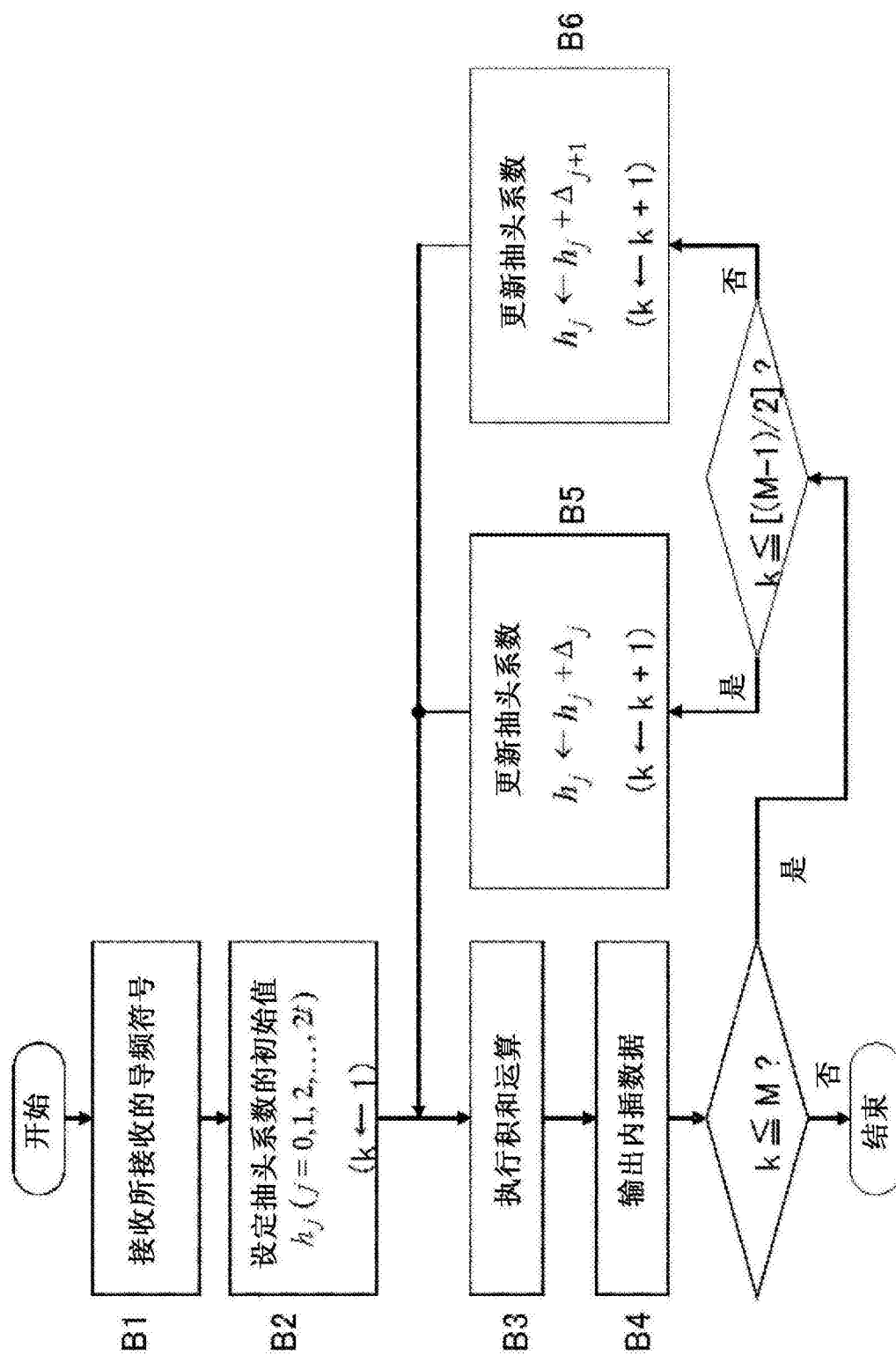


图6

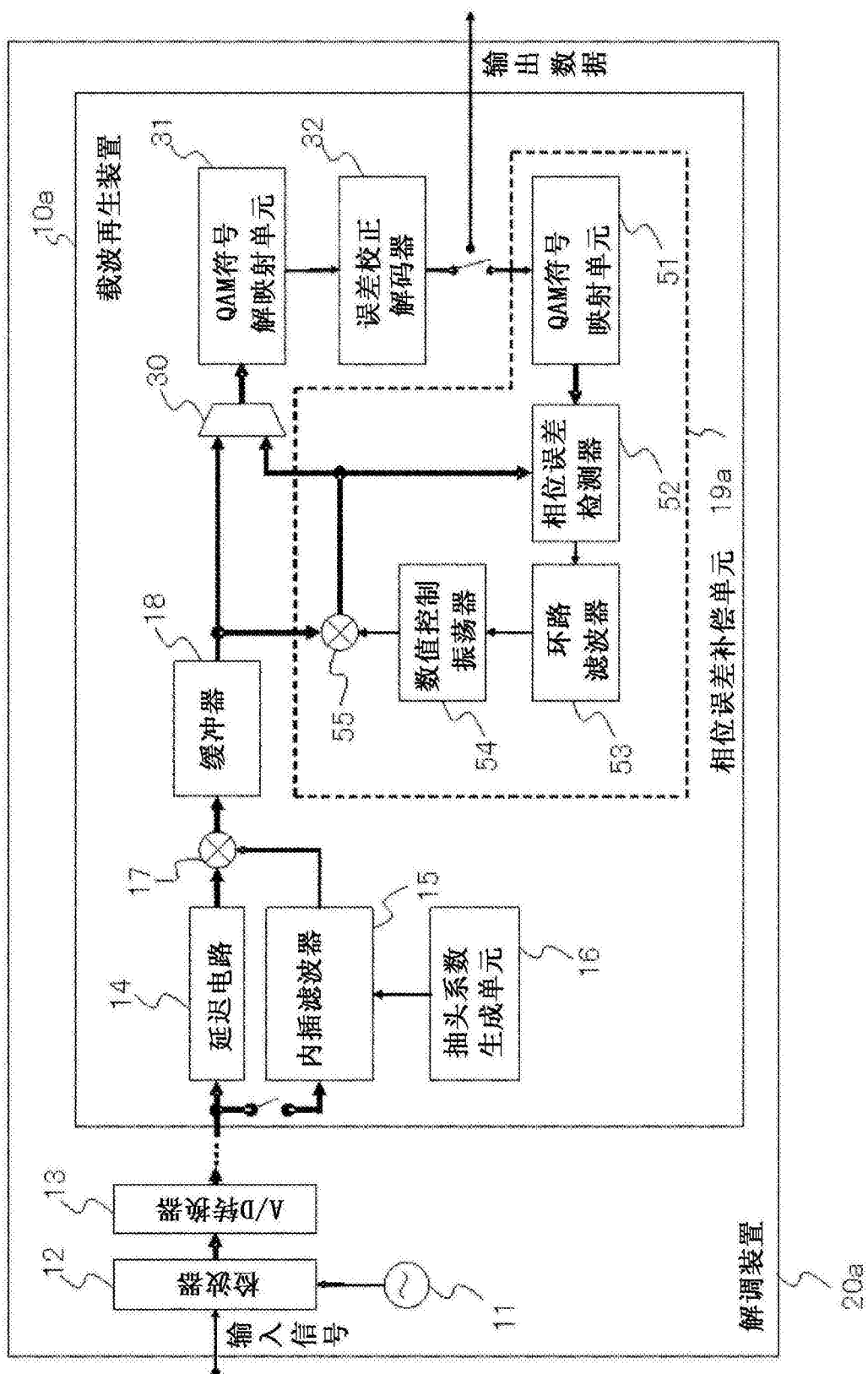


图7

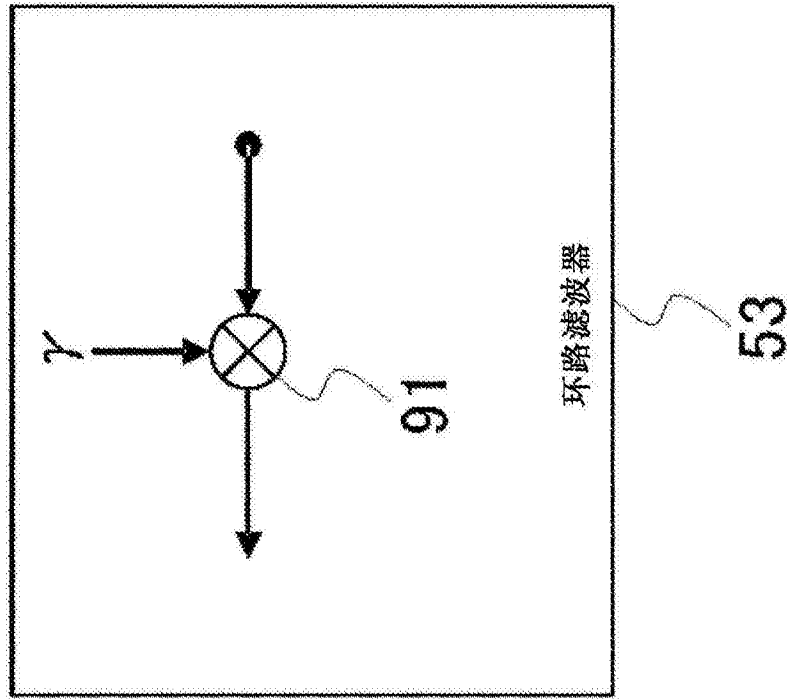


图8

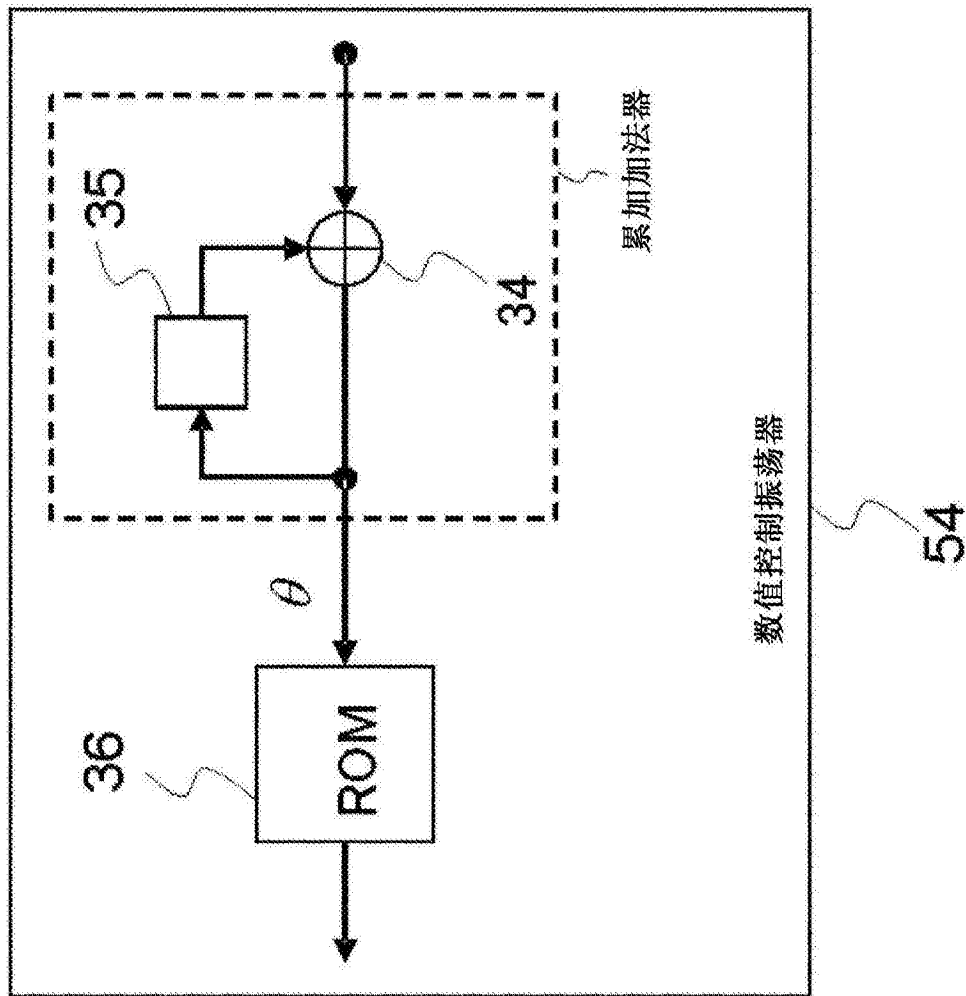


图9

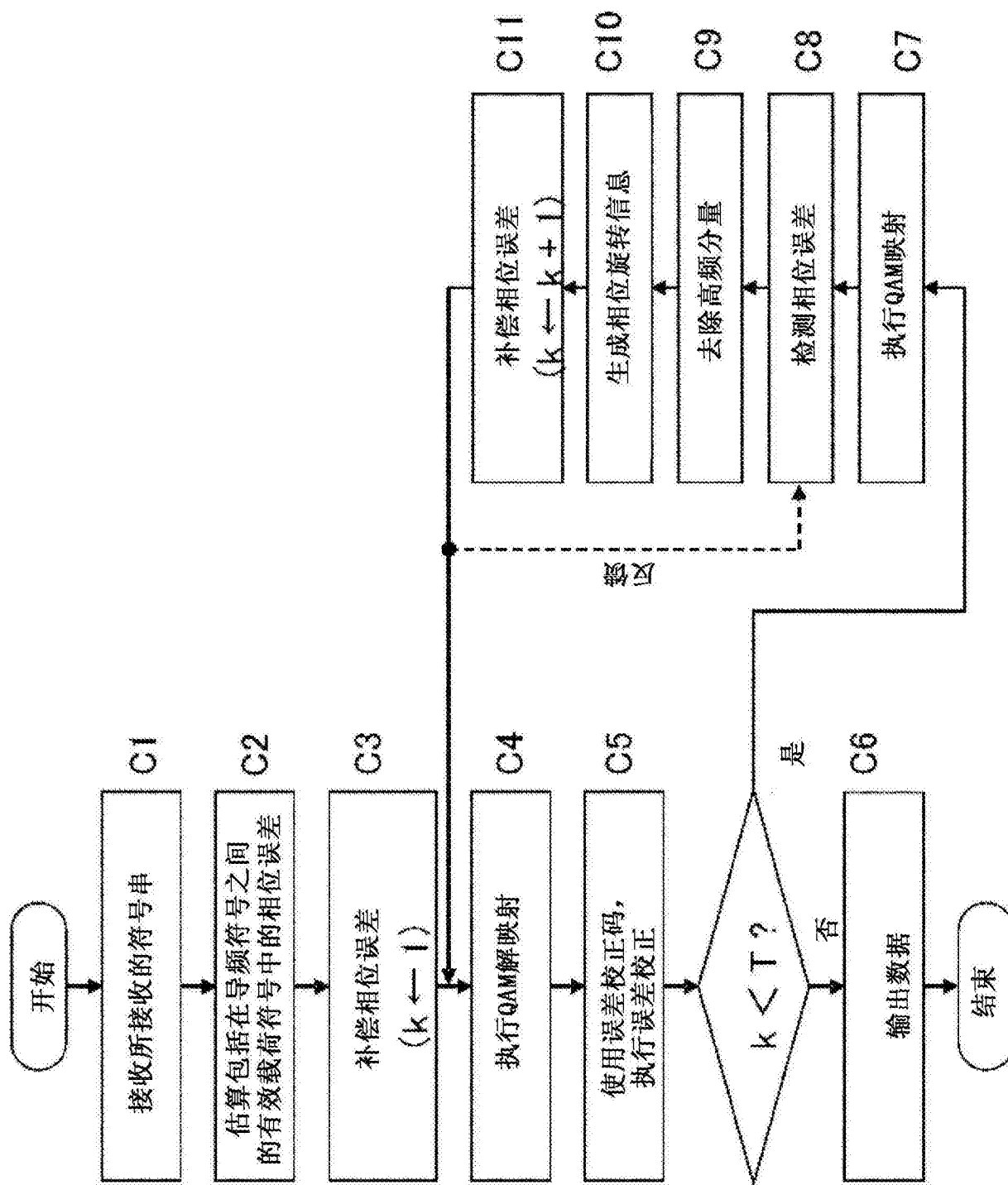


图10

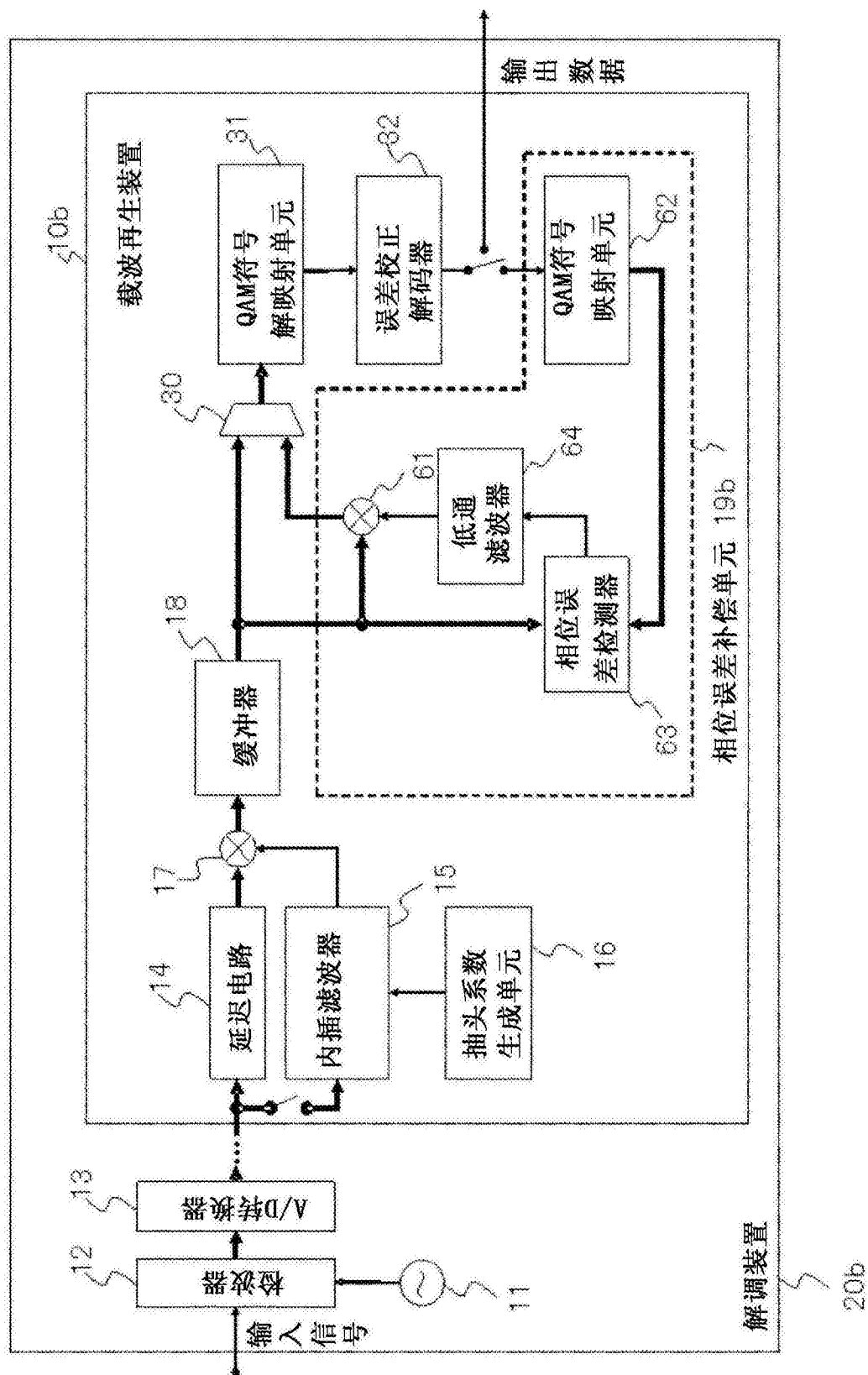


图11

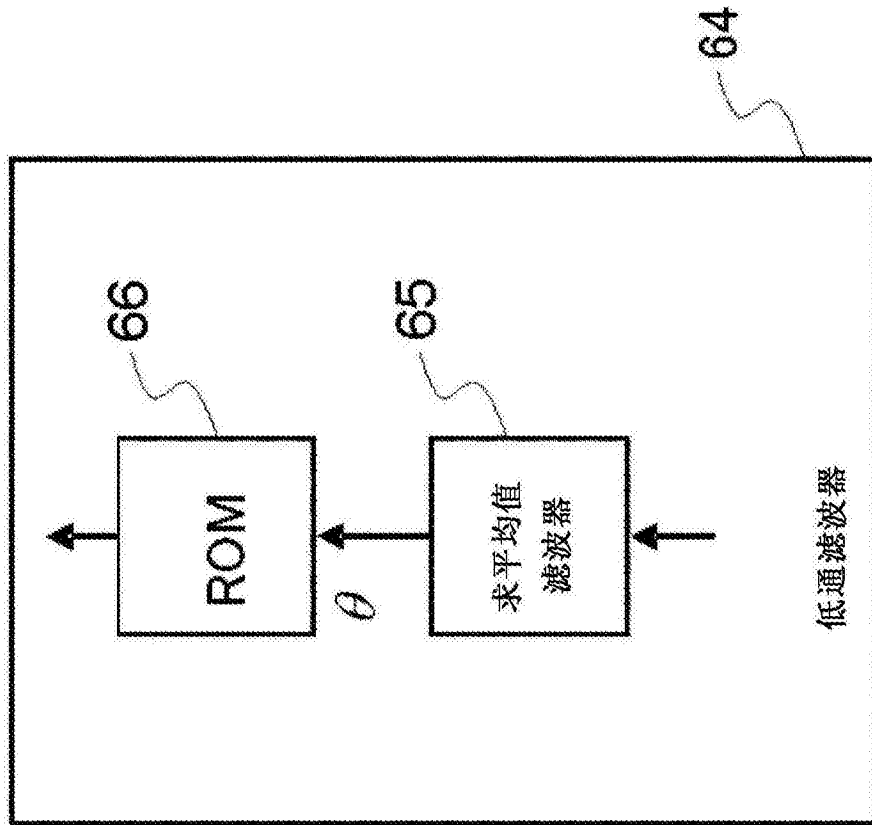


图12

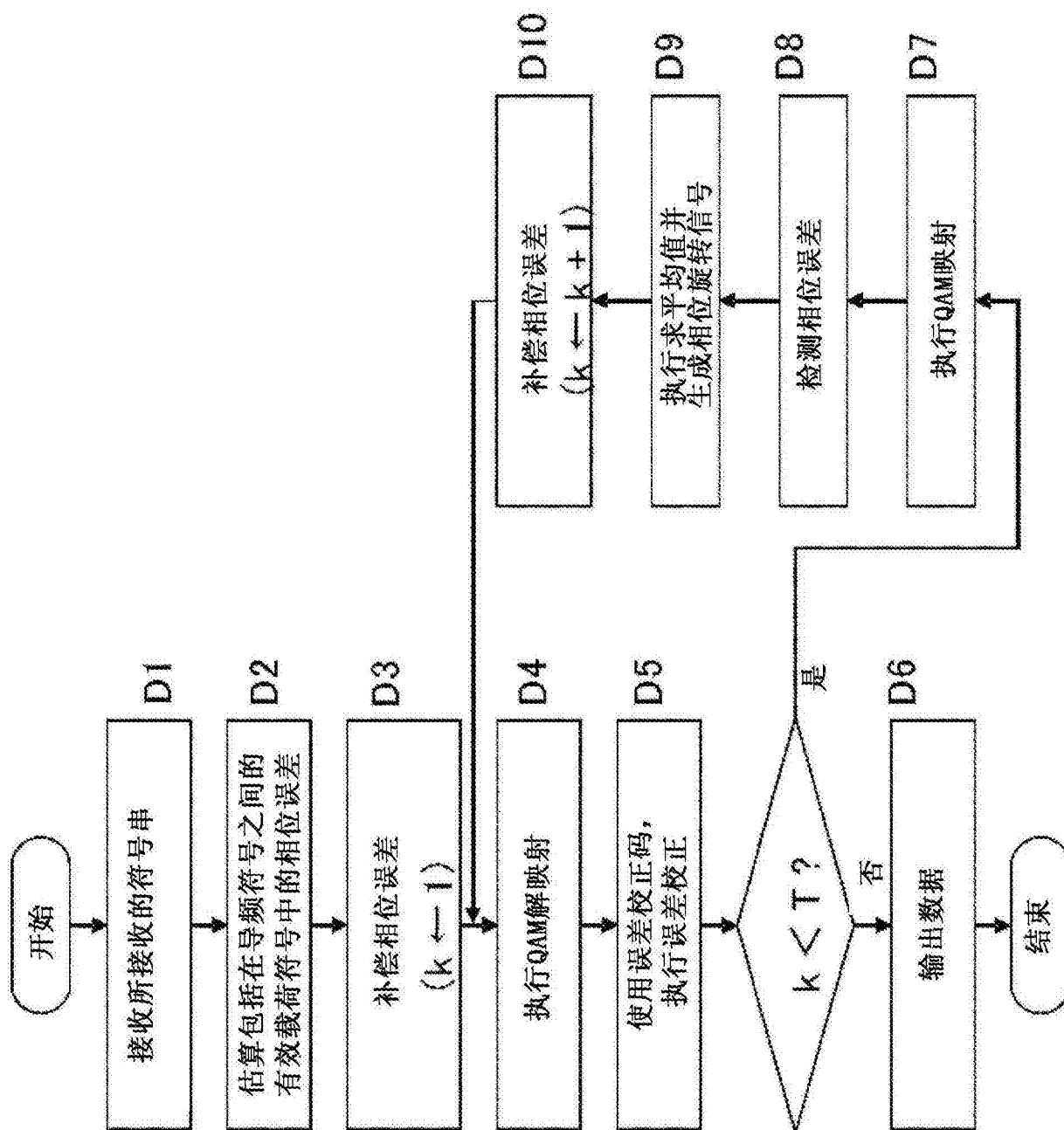


图13

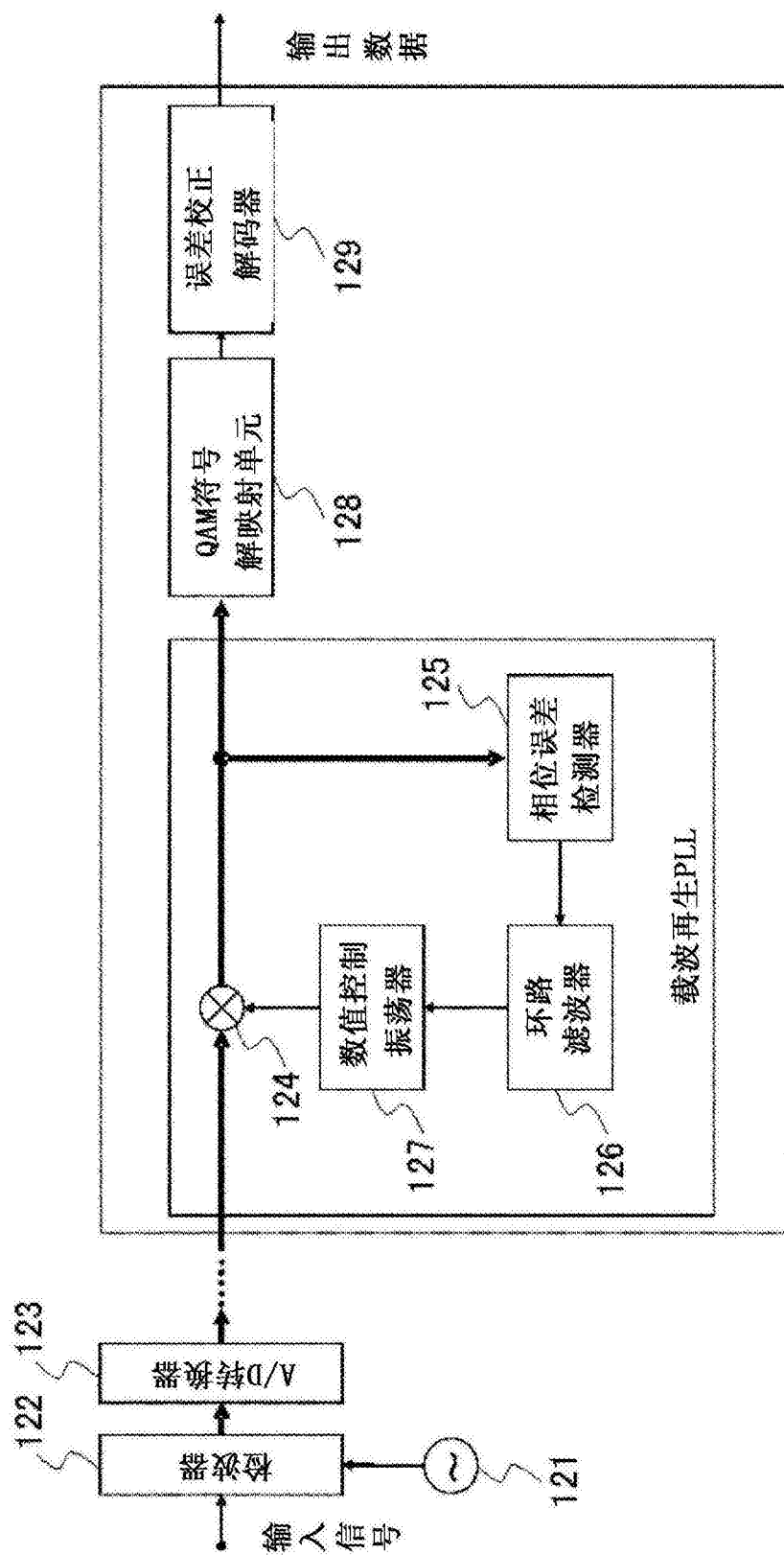


图14

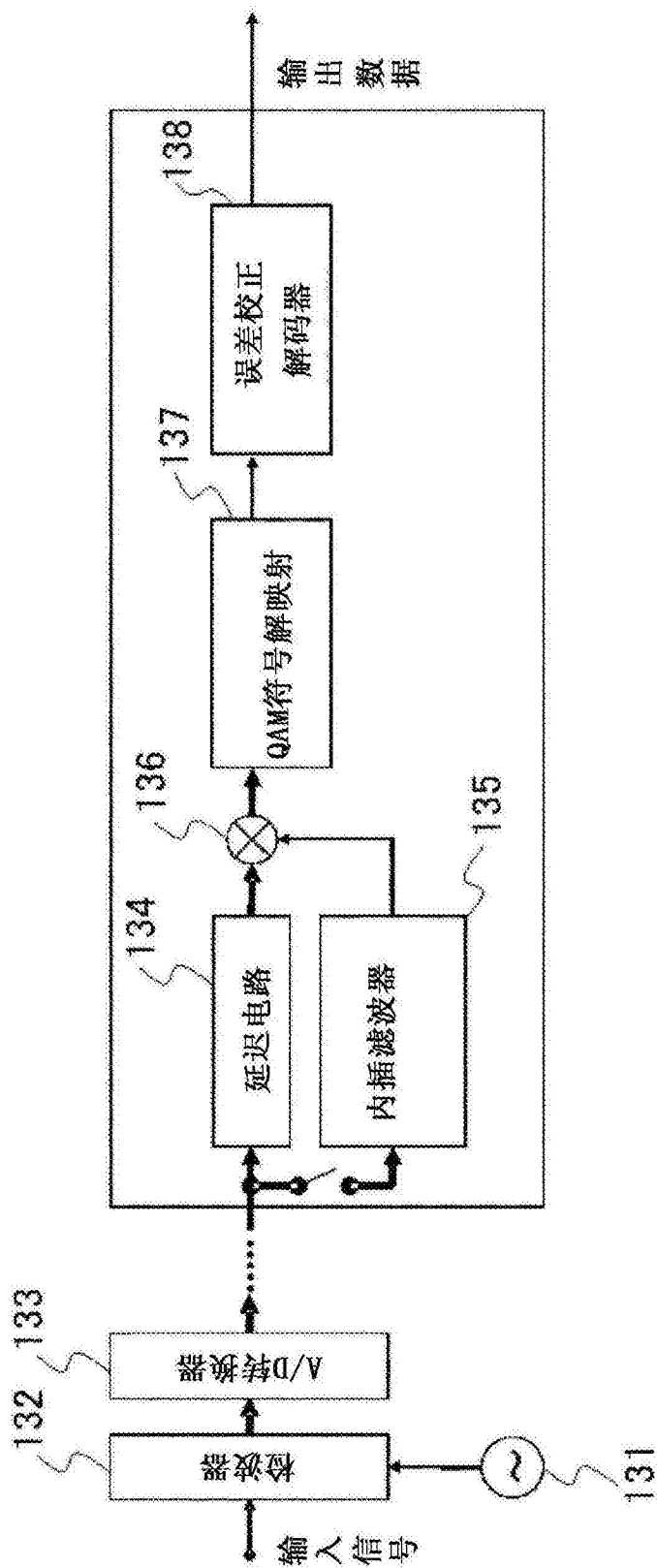


图15