(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119605077 A
(43)申请公布日 2025.03.11

(21)申请号 202280098638.6
(22)申请日 2022.08.09
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.01.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/030351 2022.08.09
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/033993 JA 2024.02.15
(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京都
(72)发明人 山下青 神裕翔 中沟英之
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 马建军 欧阳柳青
(51)Int.Cl.
H03F 1/32(2006.01)

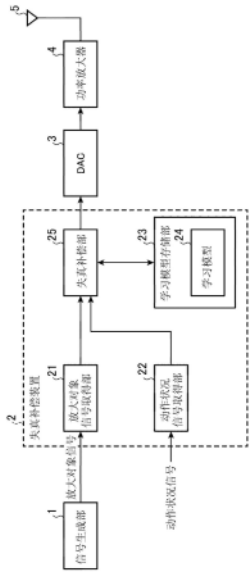
权利要求书2页 说明书11页 附图9页

(54)发明名称

失真补偿装置、失真补偿方法以及发送装置

(57)摘要

将失真补偿装置(2)构成为具有:放大对象信号取得部(21),其取得作为功率放大器(4)的功率放大对象的信号即放大对象信号;以及动作状况信号取得部(22),其取得表示功率放大器(4)的动作状况的动作状况信号。此外,失真补偿装置(2)具有失真补偿部(25),该失真补偿部(25)根据由放大对象信号取得部(21)取得的放大对象信号和由动作状况信号取得部(22)取得的动作状况信号,估计对由放大对象信号取得部(21)取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由功率放大器(4)进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号,将预失真信号输出到功率放大器(4)。



CN 119605077 A

1.一种失真补偿装置,其中,该失真补偿装置具有:

放大对象信号取得部,其取得作为功率放大器的功率放大对象的信号即放大对象信号;

动作状况信号取得部,其取得表示所述功率放大器的动作状况的动作状况信号;以及

失真补偿部,其根据由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号和由所述动作状况信号取得部取得的动作状况信号,估计对由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由所述功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号,将所述预失真信号输出到所述功率放大器。

2.根据权利要求1所述的失真补偿装置,其特征在于,

所述失真补偿部将由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号和由所述动作状况信号取得部取得的动作状况信号赋予给学习模型,从所述学习模型取得对由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由所述功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号。

3.根据权利要求2所述的失真补偿装置,其特征在于,

所述失真补偿装置具有学习处理部,该学习处理部取得由所述功率放大器进行功率放大后的放大对象信号、由所述动作状况信号取得部取得的动作状况信号和从所述失真补偿部输出的预失真信号作为学习数据,将所述学习数据赋予给所述学习模型,使所述学习模型进行所述预失真信号的学习。

4.根据权利要求1所述的失真补偿装置,其特征在于,

所述失真补偿装置具有信号值调整部,该信号值调整部以使由所述动作状况信号取得部取得的动作状况信号的信号变化幅度与由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号的信号变化幅度一致的方式,调整所述动作状况信号的信号值,将信号值调整后的动作状况信号输出到所述失真补偿部。

5.根据权利要求1所述的失真补偿装置,其特征在于,

所述动作状况信号取得部取得表示所述功率放大器的周边温度的温度信息、表示由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号的载波频率的频率信息、表示所述功率放大器的偏置电压的偏置电压信息或表示所述功率放大器的回退的回退信息,作为所述动作状况信号。

6.一种失真补偿方法,其中,

放大对象信号取得部取得作为功率放大器的功率放大对象的信号即放大对象信号,

动作状况信号取得部取得表示所述功率放大器的动作状况的动作状况信号,

失真补偿部根据由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号和由所述动作状况信号取得部取得的动作状况信号,估计对由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由所述功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号,将所述预失真信号输出到所述功率放大器。

7.一种发送装置,其特征在于,该发送装置具有:

功率放大器,其对作为功率放大对象的信号即放大对象信号的功率进行放大;以及

失真补偿装置,其补偿由所述功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真,

所述失真补偿装置具有：

放大对象信号取得部，其取得作为所述功率放大器的功率放大对象的信号即放大对象信号；

动作状况信号取得部，其取得表示所述功率放大器的动作状况的动作状况信号；以及

失真补偿部，其根据由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号和由所述动作状况信号取得部取得的动作状况信号，估计对由所述放大对象信号取得部取得的放大对象信号赋予了失真的信号，作为用于补偿由所述功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号，将所述预失真信号输出到所述功率放大器。

失真补偿装置、失真补偿方法以及发送装置

技术领域

[0001] 本公开涉及失真补偿装置、失真补偿方法以及发送装置。

背景技术

[0002] 存在具有对发送信号的功率进行放大的功率放大器的发送装置。由于功率放大器的非线性特性,有时在由功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生失真。例如,在非专利文献1中,公开有用于补偿由功率放大器进行功率放大后的发送信号中产生的失真的失真补偿装置。该失真补偿装置具有失真补偿部,该失真补偿部将作为功率放大对象的发送信号赋予给神经网络(以下称作“学习模型”),从学习模型取得用于补偿由功率放大器进行功率放大后的发送信号中产生的失真的预失真信号。失真补偿部将预失真信号作为发送信号输出到功率放大器。

[0003] 现有技术文献

[0004] 非专利文献

[0005] 非专利文献1:Slim Boumaiza,and Farouk Mkadem,“Wideband RF Power Amplifier Predistortion using Real-Valued Time-Delay Neural Networks”,European Microwave Conference(EuMC),2009.

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 由于功率放大器的动作状况发生变化,由功率放大器进行功率放大后的发送信号中产生的失真发生变化。作为功率放大器的动作状况,例如有功率放大器的周边温度、发送信号的载波频率或功率放大器的偏置电压。

[0008] 在非专利文献1公开的失真补偿装置中,学习模型学习时的功率放大器的动作状况与失真补偿部从学习模型取得预失真信号时的功率放大器的动作状况有时不同。这样,在功率放大器的动作状况不同的情况下,由功率放大器进行功率放大后的发送信号中产生的失真不同。因此,存在如下课题:即使失真补偿部将从学习模型取得的预失真信号作为发送信号输出到功率放大器,有时也不能补偿由功率放大器进行功率放大后的发送信号中产生的失真。

[0009] 本公开正是为了解决如上所述的课题而完成的,其目的在于,得到一种失真补偿装置,即使功率放大器的动作状况发生变化,也能够补偿由功率放大器进行功率放大后的信号中产生的失真。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 本公开的失真补偿装置具有:放大对象信号取得部,其取得作为功率放大器的功率放大对象的信号即放大对象信号;以及动作状况信号取得部,其取得表示功率放大器的动作状况的动作状况信号。此外,失真补偿装置具有失真补偿部,该失真补偿部根据由放大对象信号取得部取得的放大对象信号和由动作状况信号取得部取得的动作状况信号,估计

对由放大对象信号取得部取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由功率放大器进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号,将预失真信号输出到功率放大器。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本公开,即使功率放大器的动作状况发生变化,也能够补偿由功率放大器进行功率放大后的信号中产生的失真。

附图说明

[0014] 图1是示出包含实施方式1的失真补偿装置2的发送装置的结构图。

[0015] 图2是示出实施方式1的失真补偿装置2的硬件的硬件结构图。

[0016] 图3是失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的情况下的计算机的硬件结构图。

[0017] 图4是示出失真补偿装置2的处理过程即失真补偿方法的流程图。

[0018] 图5是示出失真补偿部25和学习模型24中的各个结构例的说明图。

[0019] 图6是示出包含实施方式2的失真补偿装置2的发送装置的结构图。

[0020] 图7是示出实施方式2的失真补偿装置2的硬件的硬件结构图。

[0021] 图8是示出包含实施方式3的失真补偿装置2的发送装置的结构图。

[0022] 图9是示出实施方式3的失真补偿装置2的硬件的硬件结构图。

[0023] 图10是示出信号值调整部27对信号值的调整内容的说明图。

[0024] 图11是示出包含失真补偿装置2的发送装置的一例的结构图。

具体实施方式

[0025] 以下,为了更详细地说明本公开,根据附图说明用于实施本公开的方式。

[0026] 实施方式1.

[0027] 图1是示出包含实施方式1的失真补偿装置2的发送装置的结构图。

[0028] 图2是示出实施方式1的失真补偿装置2的硬件的硬件结构图。

[0029] 图1所示的发送装置具有信号生成部1、失真补偿装置2、数字模拟转换器(以下称作“DAC”)3、功率放大器4和发送天线5。

[0030] 信号生成部1生成作为功率放大器4的功率放大对象的信号即放大对象信号。放大对象信号例如是无线频率(RF:Radio Frequency)的发送信号。

[0031] 如果在功率放大器4的前级设置有将中间频率(IF:Intermediate Frequency)的基带信号转换成RF的发送信号的频率转换器,则放大对象信号也可以是IF的基带信号。

[0032] 信号生成部1将放大对象信号输出到失真补偿装置2。

[0033] 失真补偿装置2具有放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、学习模型存储部23和失真补偿部25。

[0034] 失真补偿装置2从信号生成部1取得放大对象信号。

[0035] 失真补偿装置2将能够补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的失真赋予给放大对象信号。

[0036] 失真补偿装置2将失真赋予后的放大对象信号即预失真信号经由DAC 3输出到功率放大器4。

[0037] DAC 3将从失真补偿装置2输出的预失真信号从数字信号转换成模拟信号。

[0038] DAC 3将模拟的预失真信号输出到功率放大器4。

[0039] 功率放大器4对从失真补偿装置2输出的模拟的预失真信号的功率进行放大。

[0040] 功率放大器4将功率放大后的预失真信号作为发送信号输出到发送天线5。

[0041] 发送天线5向空间辐射与从功率放大器4输出的发送信号相关的电波。

[0042] 放大对象信号取得部21例如通过图2所示的放大对象信号取得电路31来实现。

[0043] 放大对象信号取得部21从信号生成部1取得放大对象信号。

[0044] 放大对象信号取得部21将放大对象信号输出到失真补偿部25。

[0045] 动作状况信号取得部22例如通过图2所示的动作状况信号取得电路32来实现。

[0046] 动作状况信号取得部22取得表示功率放大器4的动作状况的动作状况信号。

[0047] 动作状况信号取得部22将动作状况信号输出到失真补偿部25。动作状况信号是与放大对象信号相比信号值的时间上的变化更小的稳定的信号。

[0048] 动作状况信号例如是表示功率放大器4的周边温度的温度信息、表示由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号的载波频率的频率信息、表示功率放大器4的偏置电压的偏置电压信息或表示功率放大器4的回退的回退信息。

[0049] 如果功率放大器4的周边温度发生变化,则由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真发生变化。如果放大对象信号的载波频率发生变化,则由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真发生变化。如果功率放大器4的偏置电压发生变化,则由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真发生变化。如果功率放大器4的回退发生变化,则由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真发生变化。

[0050] 学习模型存储部23例如通过图2所示的学习模型存储电路33来实现。

[0051] 学习模型存储部23存储有学习模型24。

[0052] 图1所示的失真补偿装置2具有学习模型存储部23。但是,这仅为一例,学习模型存储部23也可以设置于失真补偿装置2的外部。

[0053] 学习模型24例如通过神经网络来实现。

[0054] 学习模型24在学习时被赋予由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号、由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号和能够补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号,作为学习数据。

[0055] 学习模型24是学习数据中包含的预失真信号的学习已完成的已学习模型。

[0056] 失真补偿部25例如通过图2所示的失真补偿电路35来实现。

[0057] 失真补偿部25根据由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号和由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号,估计对由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号。

[0058] 具体而言,失真补偿部25将由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号和由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号赋予给学习模型24。

[0059] 失真补偿部25从学习模型24取得对由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产

生的失真的预失真信号。

[0060] 失真补偿部25将预失真信号经由DAC 3输出到功率放大器4。

[0061] 在图1所示的失真补偿装置2中,失真补偿部25使用学习模型24,估计出用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号。但是,这仅为一例,失真补偿部25例如也可以使用规则库,估计用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号。在规则库中,描述有用于决定与由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号和由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号对应的预失真信号的规则。

[0062] 在图1中,假定作为失真补偿装置2的结构要素的放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、学习模型存储部23和失真补偿部25分别通过如图2所示的专用硬件来实现。即,假定失真补偿装置2通过放大对象信号取得电路31、动作状况信号取得电路32、学习模型存储电路33和失真补偿电路35来实现。

[0063] 学习模型存储电路33例如是RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、ROM(Read Only Memory:只读存储器)、闪存、EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory:可擦除可编程只读存储器)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory:电可擦除可编程只读存储器)等非易失性或易失性的半导体存储器、磁盘、软盘、光盘、压缩盘、迷你盘或DVD(Digital Versatile Disc:数字多功能盘)。

[0064] 放大对象信号取得电路31、动作状况信号取得电路32和失真补偿电路35例如分别是单一电路、复合电路、程序化的处理器、并行程序化的处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit;专用集成电路)、FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)或将它们组合而成的部件。

[0065] 失真补偿装置2的结构要素不限于通过专用硬件来实现,也可以是,失真补偿装置2通过软件、固件或者软件和固件的组合来实现。

[0066] 软件或固件作为程序存储于计算机的存储器。计算机是指执行程序的硬件,例如是CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)、中央处理装置、处理装置、运算装置、微处理器、微计算机、处理器或DSP(Digital Signal Processor:数字信号处理器)。

[0067] 图3是失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的情况下的计算机的硬件结构图。

[0068] 在失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的情况下,学习模型存储部23构成在计算机的存储器41上。用于使计算机执行放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22和失真补偿部25中的各个处理过程的程序存储于存储器41。而且,计算机的处理器42执行存储器41中存储的程序。

[0069] 此外,在图2中,示出失真补偿装置2的结构要素分别通过专用硬件来实现的例子,在图3中,示出失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的例子。但是,这仅为一例,也可以是,失真补偿装置2中的一部分结构要素通过专用硬件来实现,剩余的结构要素通过软件或固件等来实现。

[0070] 接着,对图1所示的失真补偿装置2的动作进行说明。

[0071] 信号生成部1生成作为功率放大对象的信号即放大对象信号S。放大对象信号S例如包含作为同相信号的I信号和作为正交信号的Q信号。

[0072] 以下,设由$I_{IN}(t)$表示由信号生成部1生成的时刻(t)的I信号,由$Q_{IN}(t)$表示时

刻(t)的Q信号。

[0073] 信号生成部1将放大对象信号S输出到失真补偿装置2。

[0074] 在图1所示的失真补偿装置2中,信号生成部1生成包含I信号和Q信号的放大对象信号S。但是,放大对象信号S只要是能够由功率放大器4放大的信号即可,也可以不包含I信号和Q信号。

[0075] 图4是示出失真补偿装置2的处理过程即失真补偿方法的流程图。

[0076] 失真补偿装置2的放大对象信号取得部21从信号生成部1取得放大对象信号S(图4的步骤ST1)。

[0077] 放大对象信号取得部21将放大对象信号S输出到失真补偿部25。

[0078] 动作状况信号取得部22取得表示功率放大器4的动作状况的动作状况信号OC(图4的步骤ST2)。

[0079] 动作状况信号取得部22将动作状况信号OC输出到失真补偿部25。

[0080] 如果动作状况信号OC例如是表示功率放大器4的周边温度的温度信息,则动作状况信号取得部22从观测功率放大器4的周边温度的温度传感器取得动作状况信号OC。

[0081] 如果动作状况信号OC例如是表示放大对象信号的载波频率的频率信息,则动作状况信号取得部22从控制发送装置的控制装置取得动作状况信号OC。

[0082] 在图1所示的失真补偿装置2中,动作状况信号取得部22取得1个动作状况信号OC,将1个动作状况信号OC输出到失真补偿部25。但是,这仅为一例,也可以是,动作状况信号取得部22取得2个以上的动作状况信号OC,将2个以上的动作状况信号OC输出到失真补偿部25。

[0083] 失真补偿部25从放大对象信号取得部21取得放大对象信号S,从动作状况信号取得部22取得动作状况信号OC。在图1所示的失真补偿装置2中,放大对象信号S包含$I_{IN}(t)$和$Q_{IN}(t)$。

[0084] 失真补偿部25将$I_{IN}(t)$、$Q_{IN}(t)$和动作状况信号OC分别赋予给学习模型24。

[0085] 失真补偿部25从学习模型24取得用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号S'中产生的失真的预失真信号(图4的步骤ST3)。

[0086] 预失真信号是为了消除由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号S'中产生的失真而对放大对象信号S赋予了失真的信号。一般来说,对放大对象信号S赋予的失真是与由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号S'中产生的失真相反特性的失真。

[0087] 从学习模型24输出的预失真信号包含$I_{OUT}(t)$和$Q_{OUT}(t)$。

[0088] 失真补偿部25将包含$I_{OUT}(t)$和$Q_{OUT}(t)$的预失真信号经由DAC 3输出到功率放大器4(图4的步骤ST4)。

[0089] 图5是示出失真补偿部25和学习模型24中的各个结构例的说明图。

[0090] 在图5中,失真补偿部25包含M个第1延迟器25a-m和M个第2延迟器25b-m。$m=1,\cdots,M$,M为2以上的整数。在图5中,第1延迟器25a-m和第2延迟器25b-m分别如"D"那样记述。在此,设失真补偿部25的采样间隔为Δt。

[0091] 时刻(t)的$I_{IN}(t)$被赋予给学习模型24的多个输入层中的任意1个输入层。第1延迟器25a-1使时刻(t)的$I_{IN}(t)$延迟1个采样时间Δt。

[0092] 作为第1延迟器25a-1的输出信号的$I_{IN}(t-\Delta t)$是使在1个采样时间前被赋予的信

号延迟Δt而得到的,被赋予给多个输入层中的任意1个输入层。此外,$I_{IN}(t-\Delta t)$被赋予给第1延迟器25a-2。

[0093] 第1延迟器25a-m(m=2,…,M)使作为第1延迟器25a-(m-1)的输出信号的$I_{IN}(t-(m-1)\cdot\Delta t)$延迟1个采样时间Δt。

[0094] 作为第1延迟器25a-m的输出信号的$I_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$是使在1个采样时间前被赋予的信号延迟Δt而得到的,被赋予给多个输入层中的任意1个输入层。此外,$I_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$被赋予给第1延迟器25a-(m+1)。但是,如果m=M,则$I_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$不被赋予给第1延迟器25a-(m+1)。

[0095] 时刻(t)的$Q_{IN}(t)$被赋予给学习模型24的多个输入层中的任意1个输入层。第2延迟器25b-1使时刻(t)的$Q_{IN}(t)$延迟1个采样时间Δt。

[0096] 作为第2延迟器25b-1的输出信号的$Q_{IN}(t-\Delta t)$是使在1个采样时间前被赋予的信号延迟Δt而得到的,被赋予给多个输入层中的任意1个输入层。此外,$Q_{IN}(t-\Delta t)$被赋予给第2延迟器25b-2。

[0097] 第2延迟器25b-m(m=2,…,M)使作为第2延迟器25b-(m-1)的输出信号的$Q_{IN}(t-(m-1)\cdot\Delta t)$延迟1个采样时间Δt。

[0098] 作为第2延迟器25b-m的输出信号的$Q_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$是使在1个采样时间前被赋予的信号延迟Δt而得到的,被赋予给多个输入层中的任意1个输入层。此外,$Q_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$被赋予给第2延迟器25b-(m+1)。但是,如果m=M,则$Q_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$不被赋予给第2延迟器25b-(m+1)。

[0099] 对学习模型24的多个输入层中的、除了被赋予$I_{IN}(t)$、$I_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$、$Q_{IN}(t)$、$Q_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$的输入层以外的输入层赋予动作状况信号OC。例如,表示温度信息的动作状况信号OC、表示频率信息的动作状况信号OC、表示偏置信息的动作状况信号OC或表示回退信息的动作状况信号OC被赋予给输入层,作为动作状况信号OC。

[0100] 对学习模型24的输入层赋予的信号分别传送到学习模型24中的多个中间层。根据通过学习数据中包含的预失真信号的学习而决定的权重系数,进行被传送到各个中间层的多个信号的加权相加。

[0101] 在各个中间层中进行加权相加而得到的信号分别传送到2个输出层。根据通过学习数据中包含的预失真信号的学习而决定的权重系数,进行被传送到各个输出层的多个信号的加权相加。

[0102] 在各个输出层中进行加权相加而得到的信号是失真赋予后的放大对象信号。失真赋予后的放大对象信号是包含$I_{OUT}(t)$和$Q_{OUT}(t)$的预失真信号。

[0103] 对图5所示的学习模型24的输入层不仅赋予有当前时刻t的$I_{IN}(t)$、$Q_{IN}(t)$,还赋予有$I_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$、$Q_{IN}(t-m\cdot\Delta t)$(m=1,…,M)。因此,考虑包含当前信号和过去信号的时间序列信号的变化而进行预失真信号的学习。因此,失真补偿部25能够从学习模型24取得与放大对象信号S的时间变化对应的预失真信号。

[0104] 其中,不限于对学习模型24的输入层赋予时间序列信号,也可以仅赋予$I_{IN}(t)$、$Q_{IN}(t)$。

[0105] DAC 3从失真补偿装置2取得失真赋予后的放大对象信号即预失真信号。

[0106] DAC 3将预失真信号从数字信号转换成模拟信号。

[0107] DAC 3将模拟的预失真信号输出到功率放大器4。

[0108] 功率放大器4从失真补偿装置2取得模拟的预失真信号。

[0109] 功率放大器4对模拟的预失真信号的功率进行放大,将功率放大后的预失真信号输出到发送天线5。

[0110] 预失真信号是为了补偿由功率放大器4进行功率放大后的信号中产生的失真而被赋予了失真的放大对象信号。因此,作为由功率放大器4进行功率放大后的信号的发送信号是几乎不产生失真的信号。

[0111] 功率放大器4将功率放大后的发送信号输出到发送天线5。

[0112] 发送天线5向空间辐射与从功率放大器4输出的发送信号相关的电波。

[0113] 在以上的实施方式1中,将失真补偿装置2构成为具有:放大对象信号取得部21,其取得作为功率放大器4的功率放大对象的信号即放大对象信号;以及动作状况信号取得部22,其取得表示功率放大器4的动作状况的动作状况信号。此外,失真补偿装置2具有失真补偿部25,该失真补偿部25根据由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号和由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号,估计对由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号赋予了失真的信号,作为用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号中产生的失真的预失真信号,将预失真信号输出到功率放大器4。因此,即使功率放大器4的动作状况发生变化,失真补偿装置2也能够补偿由功率放大器4进行功率放大后的信号中产生的失真。

[0114] 实施方式2.

[0115] 在实施方式2中,对失真补偿装置2进行说明,该失真补偿装置2具有学习处理部26,该学习处理部26将学习数据赋予给学习模型24而使学习模型24进行学习数据中包含的预失真信号的学习。

[0116] 图6是示出包含实施方式2的失真补偿装置2的发送装置的结构图。在图6中,与图1相同的标号表示相同或相应的部分,因此,省略说明。

[0117] 图7是示出实施方式2的失真补偿装置2的硬件的硬件结构图。在图7中,与图2相同的标号表示相同或相应的部分,因此,省略说明。

[0118] 图6所示的发送装置具有信号生成部1、失真补偿装置2、DAC 3、功率放大器4、发送天线5和模拟数字转换器(以下称作“ADC”)6。

[0119] ADC 6将由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号从模拟信号转换成数字信号。

[0120] ADC 6将数字的放大对象信号输出到失真补偿装置2。

[0121] 图6所示的失真补偿装置2具有放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、学习模型存储部23、失真补偿部25和学习处理部26。

[0122] 学习处理部26例如通过图7所示的学习处理电路36来实现。

[0123] 学习处理部26取得对学习模型24赋予的学习数据。

[0124] 由学习处理部26取得的学习数据包含从ADC 6输出的数字的放大对象信号、由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号和从失真补偿部25输出的预失真信号。从ADC 6输出的数字的放大对象信号相当于由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号。学习数据中包含的预失真信号是用作监督信号的信号。

[0125] 学习处理部26将学习数据赋予给学习模型24而使学习模型24进行学习数据中包含的预失真信号的学习。

[0126] 在图6中,假定作为失真补偿装置2的结构要素的放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、学习模型存储部23、失真补偿部25和学习处理部26分别通过如图7所示的专用硬件来实现。即,假定失真补偿装置2通过放大对象信号取得电路31、动作状况信号取得电路32、学习模型存储电路33、失真补偿电路35和学习处理电路36来实现。

[0127] 放大对象信号取得电路31、动作状况信号取得电路32、失真补偿电路35和学习处理电路36例如分别是单一电路、复合电路、程序化的处理器、并行程序化的处理器、ASIC、FPGA或将它们组合而成的部件。

[0128] 失真补偿装置2的结构要素不限于通过专用硬件来实现,也可以是,失真补偿装置2通过软件、固件或者软件和固件的组合来实现。

[0129] 在失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的情况下,学习模型存储部23构成在图3所示的存储器41上。用于使计算机执行放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、失真补偿部25和学习处理部26中的各个处理过程的程序存储于存储器41。而且,图3所示的处理器42执行存储器41中存储的程序。

[0130] 此外,在图7中,示出失真补偿装置2的结构要素分别通过专用硬件来实现的例子,在图3中,示出失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的例子。但是,这仅为一例,也可以是,失真补偿装置2中的一部分结构要素通过专用硬件来实现,剩余的结构要素通过软件或固件等来实现。

[0131] 接着,对图6所示的失真补偿装置2的动作进行说明。除了学习处理部26以外,都与图1所示的失真补偿装置2相同,因此,在此主要说明学习处理部26的动作。

[0132] 由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号的大部分功率输出到发送天线5,放大对象信号的一部分功率输出到ADC 6。

[0133] ADC 6将由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号从模拟信号转换成数字信号。

[0134] ADC 6将数字的放大对象信号输出到失真补偿装置2。

[0135] 学习处理部26取得对学习模型24赋予的学习数据。

[0136] 即,学习处理部26取得从ADC 6输出的数字的放大对象信号、从动作状况信号取得部22输出的动作状况信号OC和从失真补偿部25输出的预失真信号,作为学习数据。

[0137] 学习处理部26将学习数据赋予给学习模型24,使学习模型24进行学习数据中包含的预失真信号的学习。

[0138] 已学习的学习模型24在被赋予由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号S和由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号OC时,输出与放大对象信号S和动作状况信号OC分别对应的预失真信号。

[0139] 失真补偿部25从放大对象信号取得部21取得放大对象信号S,从动作状况信号取得部22取得动作状况信号OC。放大对象信号S包含$I_{IN}(t)$和$Q_{IN}(t)$。

[0140] 失真补偿部25将$I_{IN}(t)$、$Q_{IN}(t)$和动作状况信号OC分别赋予给已学习的学习模型24。

[0141] 失真补偿部25从学习模型24取得用于补偿由功率放大器4进行功率放大后的放大

对象信号S'中产生的失真的预失真信号。

[0142] 在以上的实施方式2中,将失真补偿装置2构成为具有学习处理部26,该学习处理部26取得由功率放大器4进行功率放大后的放大对象信号、由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号和从失真补偿部25输出的预失真信号作为学习数据,将学习数据赋予给学习模型24而使学习模型24进行预失真信号的学习。因此,失真补偿装置2除了即使功率放大器4的动作状况发生变化也能够补偿由功率放大器4进行功率放大后的信号中产生的失真以外,还能够使学习模型24进行预失真信号的学习。

[0143] 实施方式3.

[0144] 在实施方式3中,对具有调整动作状况信号OC的信号值的信号值调整部27的失真补偿装置2进行说明。

[0145] 图8是示出包含实施方式3的失真补偿装置2的发送装置的结构图。在图8中,与图1和图6相同的标号表示相同或相应的部分,因此,省略说明。

[0146] 图9是示出实施方式3的失真补偿装置2的硬件的硬件结构图。在图9中,与图2和图7相同的标号表示相同或相应的部分,因此,省略说明。

[0147] 信号值调整部27例如通过图9所示的信号值调整电路37来实现。

[0148] 信号值调整部27以使由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号OC的信号变化幅度与由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号S的信号变化幅度一致的方式,调整动作状况信号OC的信号值。

[0149] 信号值调整部27将信号值调整后的动作状况信号OC'输出到失真补偿部25。

[0150] 在图8所示的失真补偿装置2中,信号值调整部27应用于图1所示的失真补偿装置2。但是,这仅为一例,也可以是,信号值调整部27应用于图6所示的失真补偿装置2。

[0151] 在图8中,假定作为失真补偿装置2的结构要素的放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、学习模型存储部23、信号值调整部27和失真补偿部25分别通过如图9所示的专用硬件来实现。即,假定失真补偿装置2通过放大对象信号取得电路31、动作状况信号取得电路32、学习模型存储电路33、信号值调整电路37和失真补偿电路35来实现。

[0152] 放大对象信号取得电路31、动作状况信号取得电路32、信号值调整电路37和失真补偿电路35例如分别是单一电路、复合电路、程序化的处理器、并行程序化的处理器、ASIC、FPGA或将它们组合而成的部件。

[0153] 失真补偿装置2的结构要素不限于通过专用硬件来实现,也可以是,失真补偿装置2通过软件、固件或者软件和固件的组合来实现。

[0154] 在失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的情况下,学习模型存储部23构成在图3所示的存储器41上。用于使计算机执行放大对象信号取得部21、动作状况信号取得部22、信号值调整部27和失真补偿部25中的各个处理过程的程序存储于存储器41。而且,图3所示的处理器42执行存储器41中存储的程序。

[0155] 此外,在图9中,示出失真补偿装置2的结构要素分别通过专用硬件来实现的例子,在图3中,示出失真补偿装置2通过软件或固件等来实现的例子。但是,这仅为一例,也可以是,失真补偿装置2中的一部分结构要素通过专用硬件来实现,剩余的结构要素通过软件或固件等来实现。

[0156] 接着,对图8所示的失真补偿装置2的动作进行说明。除了信号值调整部27以外,都

与图1所示的失真补偿装置2相同,因此,在此主要说明信号值调整部27的动作。

[0157] 信号值调整部27从放大对象信号取得部21取得放大对象信号S,从动作状况信号取得部22取得动作状况信号OC。

[0158] 信号值调整部27以使动作状况信号OC的信号变化幅度与放大对象信号S的信号变化幅度一致的方式,调整动作状况信号OC的信号值。

[0159] 例如,动作状况信号OC是表示放大对象信号S的载波频率的频率信息,并且在载波频率的信号变化幅度如图10所示为1.0[GHz]～3.0[GHz]时,如果放大对象信号S的信号值的上限值为“1”,放大对象信号S的信号值的下限值为“-1”,则信号值调整部27如下所述调整动作状况信号OC的信号值。

[0160] 图10是示出信号值调整部27对信号值的调整内容的说明图。

[0161] 如果从动作状况信号取得部22取得的动作状况信号OC的信号值例如为上限值的“3.0”,则信号值调整部27将动作状况信号OC的信号值调整成“1”,使得该信号值与放大对象信号S的信号值的上限值“1”一致。

[0162] 如果从动作状况信号取得部22取得的动作状况信号OC的信号值例如为下限值的“1.0”,则信号值调整部27将动作状况信号OC的信号值调整成“-1”,使得该信号值与放大对象信号S的信号值的下限值“-1”一致。

[0163] 如果从动作状况信号取得部22取得的动作状况信号OC的信号值例如为中央值的“2.0”,则信号值调整部27将动作状况信号OC的信号值调整成“0”,使得该信号值与放大对象信号S的信号值的中央值“0”一致。

[0164] 信号值调整部27将信号值调整后的动作状况信号OC’输出到失真补偿部25。

[0165] 在此,示出动作状况信号OC为表示放大对象信号的载波频率的频率信息的例子。但是,这仅为一例,动作状况信号OC也可以是表示功率放大器4的周边温度的温度信息、表示功率放大器4的偏置电压的偏置电压信息或表示功率放大器4的回退的回退信息。在该情况下,信号值调整部27也与表示载波频率的频率信息同样地调整动作状况信号OC的信号值。

[0166] 失真补偿部25从放大对象信号取得部21取得放大对象信号S,从信号值调整部27取得信号值调整后的动作状况信号OC’。放大对象信号包含$I_{IN}(t)$和$Q_{IN}(t)$。

[0167] 失真补偿部25将$I_{IN}(t)$、$Q_{IN}(t)$和动作状况信号OC’分别赋予给已学习的学习模型24。

[0168] 学习模型24在学习时被赋予信号值调整后的动作状况信号OC’,由此,相对于神经网络中的放大对象信号S的权重的上限与相对于神经网络中的动作状况信号OC’的权重的上限相同。因此,防止比动作状况信号OC更重视放大对象信号S的偏颇的学习。此外,防止比放大对象信号S更重视动作状况信号OC的偏颇的学习。即,以相同的权重进行放大对象信号S和动作状况信号OC’的学习。其结果是,学习模型24对预失真信号的学习精度提高。

[0169] 此外,即使在失真补偿部25从学习模型24取得预失真信号时,也能够取得失真补偿精度较高的预失真信号。

[0170] 在以上的实施方式3中,将图8所示的失真补偿装置2构成为具有信号值调整部27,该信号值调整部27以使由动作状况信号取得部22取得的动作状况信号的信号变化幅度与由放大对象信号取得部21取得的放大对象信号的信号变化幅度一致的方式,调整动作状况

信号的信号值,将信号值调整后的动作状况信号输出到失真补偿部25。因此,图8所示的失真补偿装置2除了即使功率放大器4的动作状况发生变化也能够补偿由功率放大器4进行功率放大后的信号中产生的失真以外,与图1所示的失真补偿装置2相比,还能够更高精度地补偿失真。

[0171] 图1所示的发送装置和图8所示的发送装置分别具有信号生成部1、失真补偿装置2、DAC 3、功率放大器4和发送天线5。此外,图6所示的发送装置具有信号生成部1、失真补偿装置2、DAC 3、功率放大器4、发送天线5和ADC 6。

[0172] 但是,这些仅为一例,如图11所示,发送装置也可以具有信号生成部1、失真补偿装置2、正交调制器51、DAC 3、频率转换器52、功率放大器4、定向耦合器53、发送天线5、频率转换器54、自动增益控制器55、ADC 6和正交解调器56。

[0173] 图11是示出包含失真补偿装置2的发送装置的一例的结构图。

[0174] 在图11中,为了方便说明,设信号生成部1生成IF的基带信号,作为放大对象信号。

[0175] 正交调制器51使用载波信号,对从失真补偿装置2输出的预失真信号即失真赋予后的基带信号进行正交调制。

[0176] 正交调制器51将作为正交调制后的基带信号的发送信号输出到DAC 3。

[0177] 频率转换器52将从DAC 3输出的模拟的发送信号的频率例如转换成RF。

[0178] 频率转换器52将频率为RF的发送信号输出到功率放大器4。

[0179] 定向耦合器53将由功率放大器4进行功率放大后的发送信号分配成2个。

[0180] 定向耦合器53将分配后的2个发送信号中的一个发送信号输出到发送天线5,将另一个发送信号输出到频率转换器54。

[0181] 频率转换器54将从定向耦合器53输出的发送信号的频率例如转换成IF。

[0182] 频率转换器54将频率为IF的发送信号输出到自动增益控制器55。

[0183] 自动增益控制器55控制从频率转换器54输出的发送信号的增益。

[0184] 自动增益控制器55将增益控制后的发送信号输出到ADC 6。

[0185] 正交解调器56使用载波信号,对从ADC 6输出的数字的发送信号进行正交解调。

[0186] 正交解调器56将作为正交解调后的发送信号的基带信号输出到失真补偿装置2。

[0187] 另外,本公开能够实现各实施方式的自由组合、或各实施方式的任意结构要素的变形、或各实施方式中的任意结构要素的省略。

[0188] 产业上的可利用性

[0189] 本公开适用于失真补偿装置、失真补偿方法以及发送装置。

[0190] 标号说明

[0191] 1:信号生成部;2:失真补偿装置;3:DAC;4:功率放大器;5:发送天线;6:ADC;21:放大对象信号取得部;22:动作状况信号取得部;23:学习模型存储部;24:学习模型;25:失真补偿部;25a-1～25a-M:第1延迟器;25b-1～25b-M:第2延迟器;26:学习处理部;27:信号值调整部;31:放大对象信号取得电路;32:动作状况信号取得电路;33:学习模型存储电路;35:失真补偿电路;36:学习处理电路;37:信号值调整电路;41:存储器;42:处理器;51:正交调制器;52:频率转换器;53:定向耦合器;54:频率转换器;55:自动增益控制器;56:正交解调器。

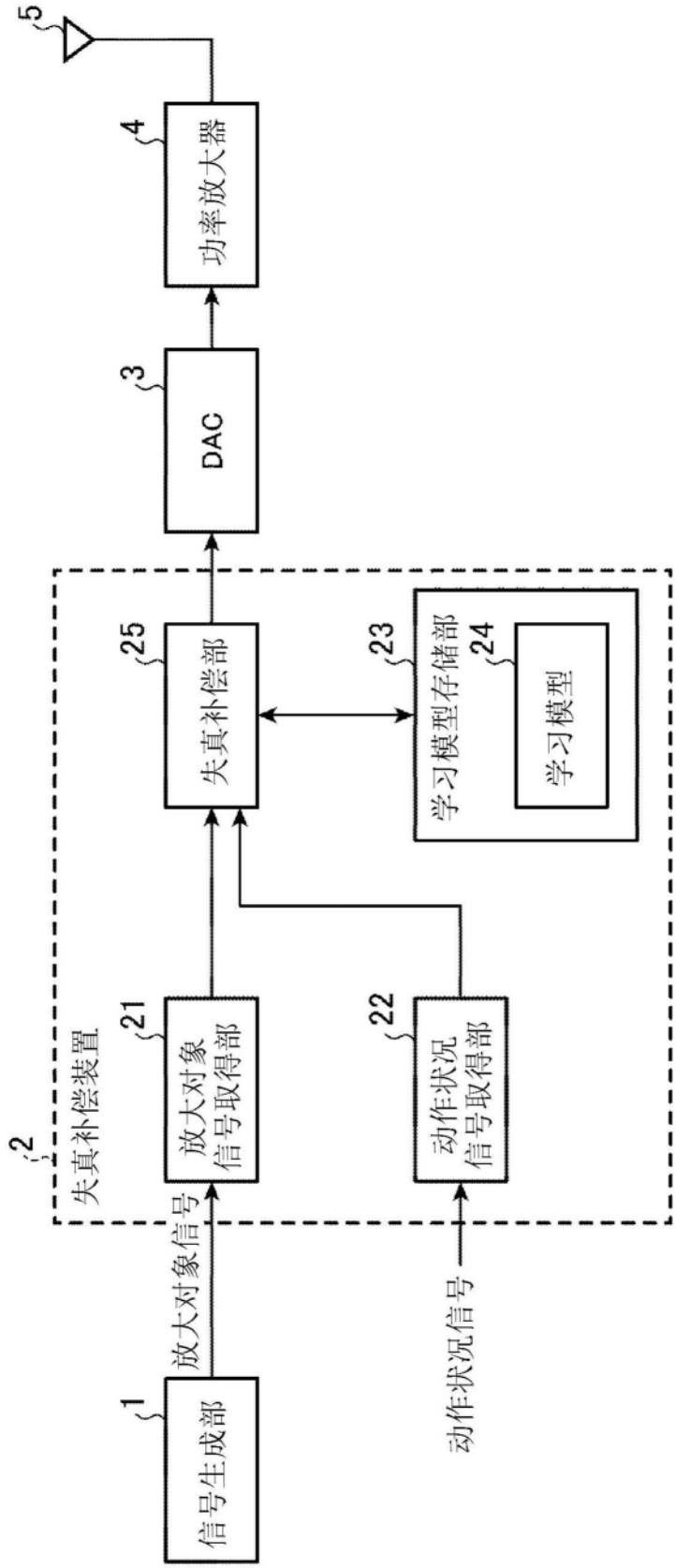

5
4
功率放大器
3
DAC
25
失真补偿部
23
学习模型存储部
24
学习模型
失真补偿装置
2
21
放大对象信号取得部
22
动作状况信号取得部
1
信号生成部
放大对象信号
动作状况信号

图1

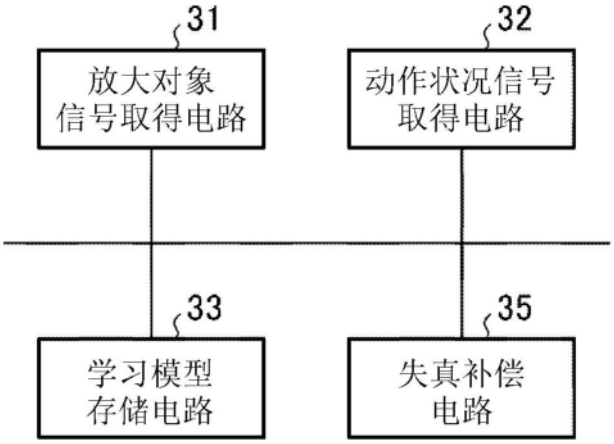

31
放大对象
信号取得电路
32
动作状况信号
取得电路
33
学习模型
存储电路
35
失真补偿
电路

图2

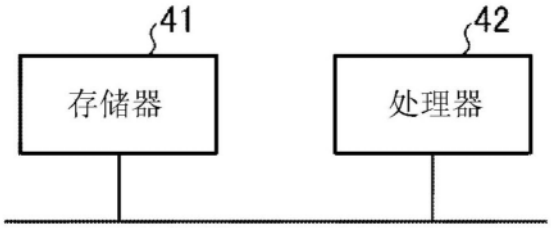

41
存储器
42
处理器

图3

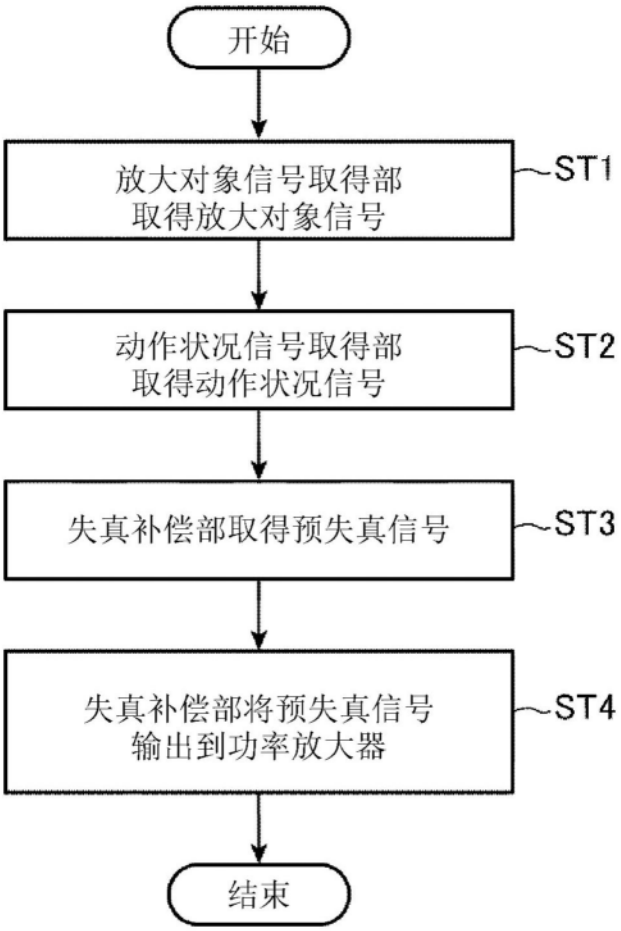

开始
放大对象信号取得部
取得放大对象信号
ST1
动作状况信号取得部
取得动作状况信号
ST2
失真补偿部取得预失真信号
ST3
失真补偿部将预失真信号
输出到功率放大器
ST4
结束

图4

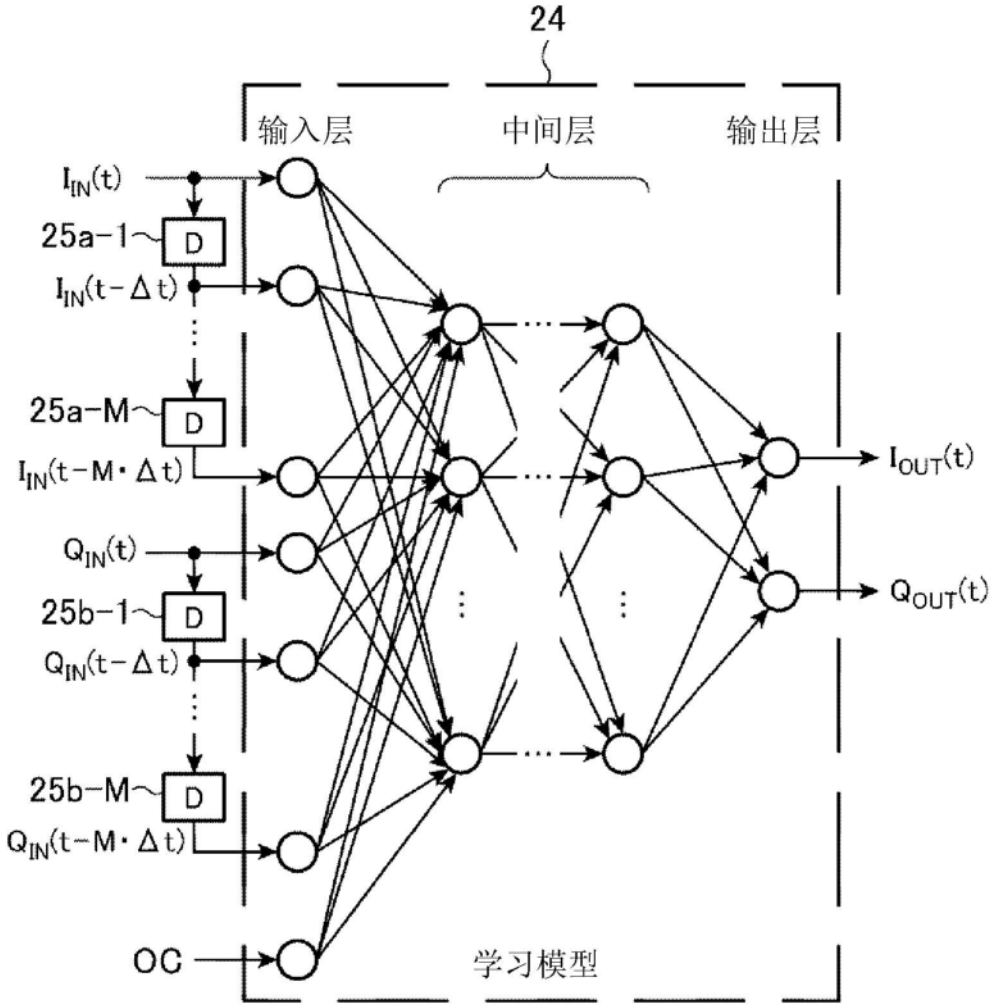

24
输入层
中间层
输出层
$I_{IN}(t)$
25a-1
D
$I_{IN}(t-\Delta t)$
25a-M
D
$I_{IN}(t-M\cdot\Delta t)$
$Q_{IN}(t)$
25b-1
D
$Q_{IN}(t-\Delta t)$
25b-M
D
$Q_{IN}(t-M\cdot\Delta t)$
OC
$I_{OUT}(t)$
$Q_{OUT}(t)$
学习模型

图5

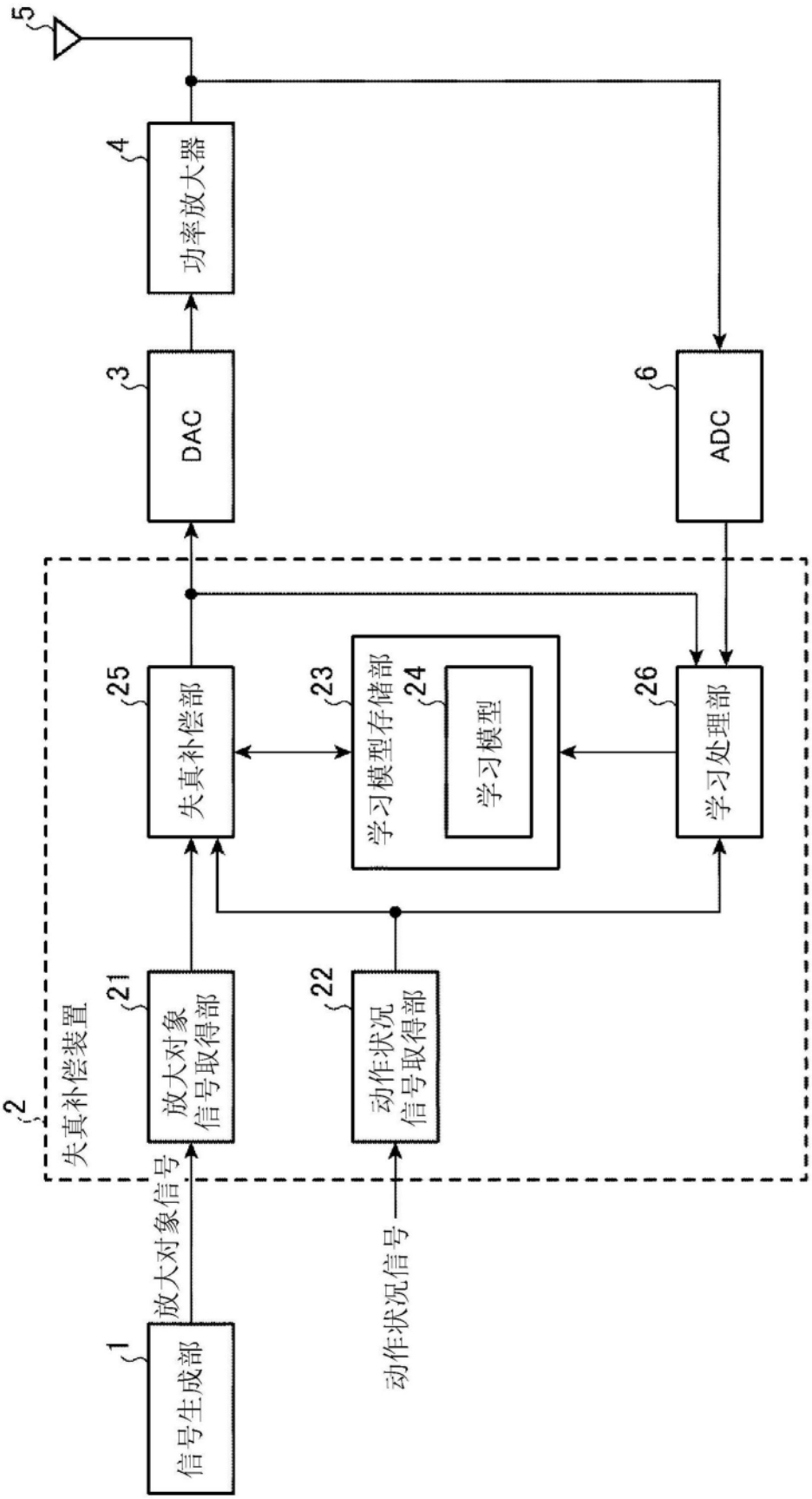

5
4
功率放大器
3
DAC
6
ADC
2
失真补偿装置
25
失真补偿部
23
学习模型存储部
24
学习模型
26
学习处理部
21
放大对象信号取得部
22
动作状况信号取得部
放大对象信号
动作状况信号
1
信号生成部

图6

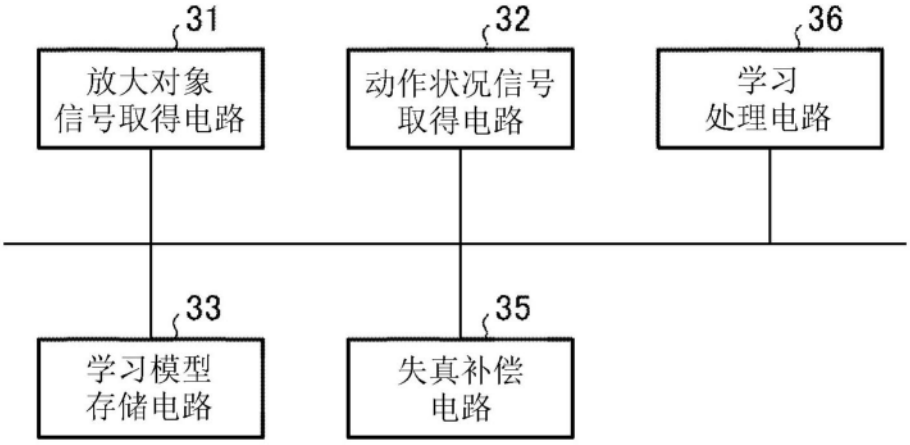

31
放大对象
信号取得电路
32
动作状况信号
取得电路
36
学习
处理电路
33
学习模型
存储电路
35
失真补偿
电路

图7

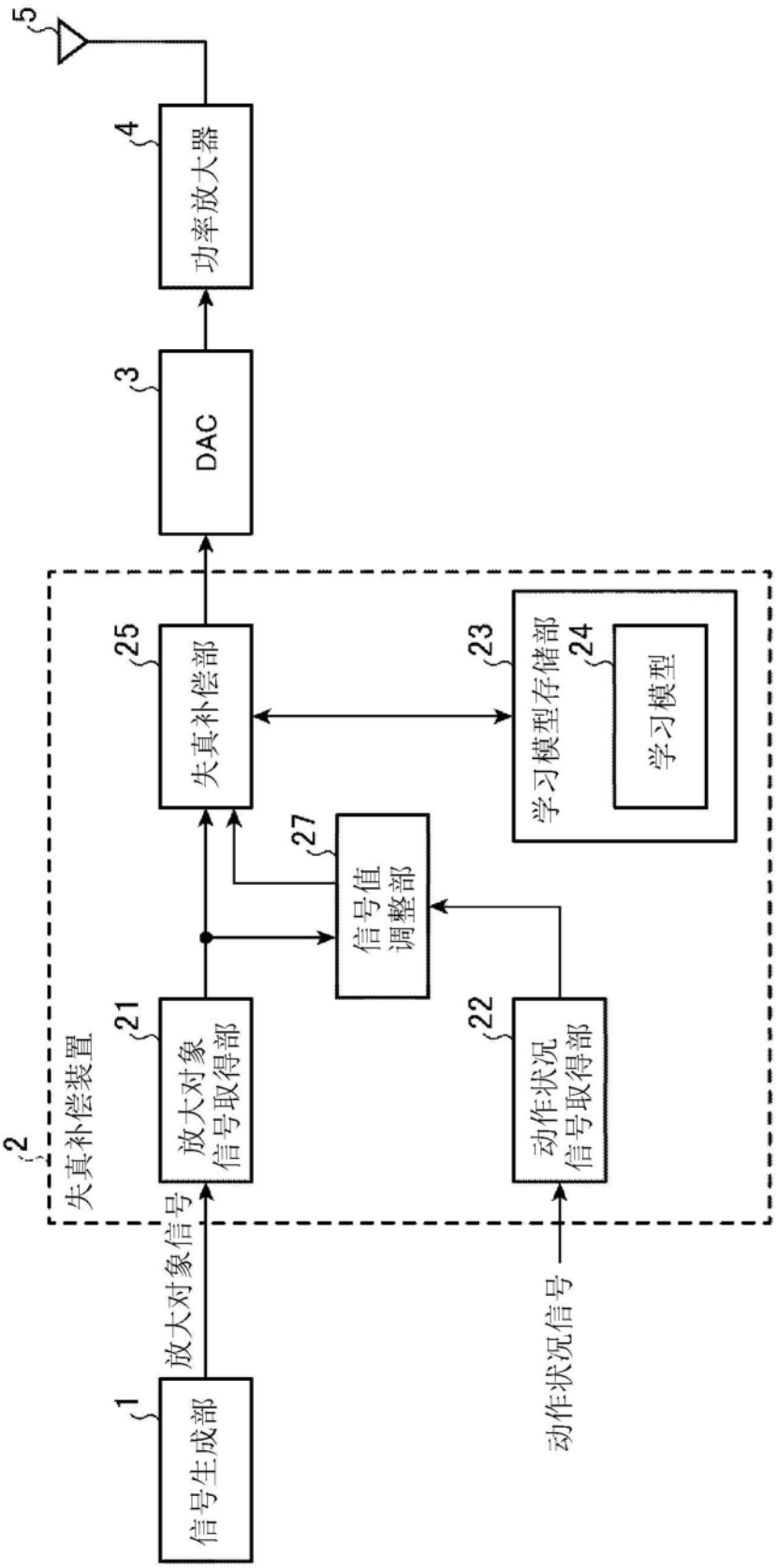

5
4
功率放大器
3
DAC
25
失真补偿部
23
学习模型存储部
24
学习模型
27
信号值
调整部
21
放大对象
信号取得部
22
动作状况
信号取得部
2
失真补偿装置
1
信号生成部
放大对象信号
动作状况信号

图8

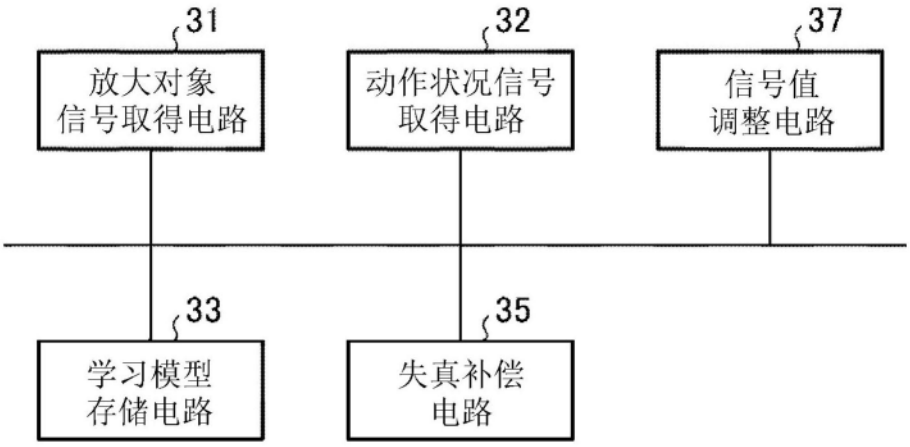


图9

载波频率 (GHz)	信号值调整部 的输出
1.0	-1
2.0	0
3.0	1

图10

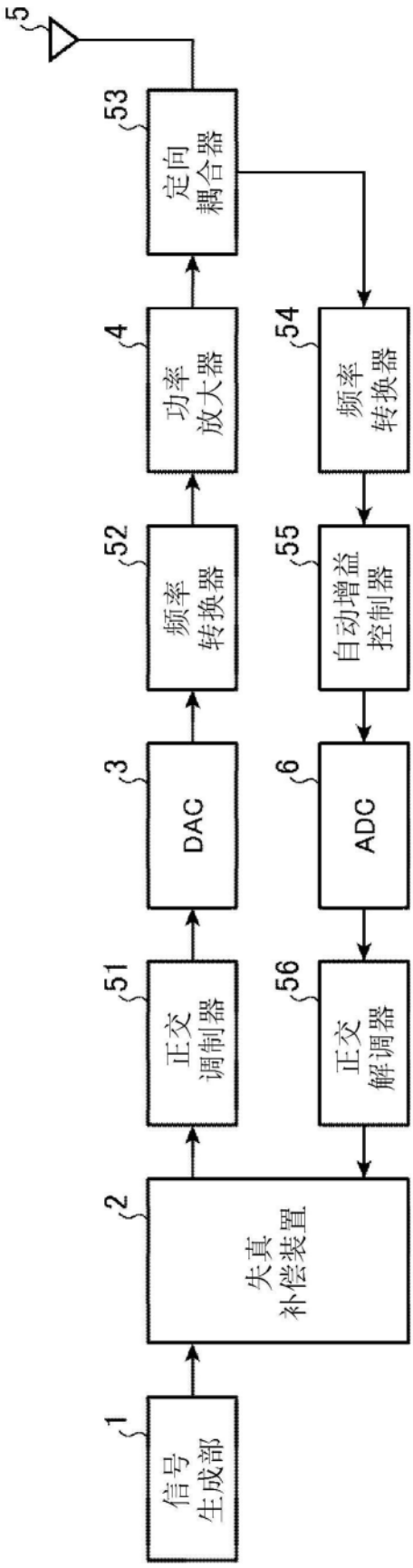

5
53
定向
耦合器
4
功率
放大器
54
频率
转换器
52
频率
转换器
55
自动增益
控制器
3
DAC
6
ADC
51
正交
调制器
56
正交
解调器
2
失真
补偿装置
1
信号
生成部

图11