



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116635674 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 22

(21) 申请号 202180085758.8

(22) 申请日 2021.12.27

(30) 优先权数据

2020-219762 2020.12.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.06.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/048556 2021.12.27

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2022/145417 JA 2022.07.07

(71) 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 池田孟

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理人 马建军 邓毅

(51) Int.Cl.

F24F 11/46 (2006.01)

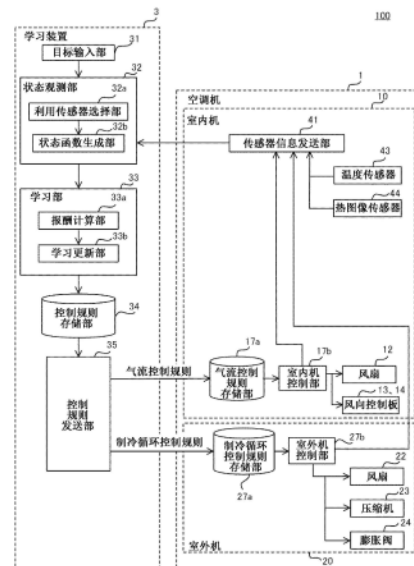
权利要求书2页 说明书22页 附图23页

(54) 发明名称

学习装置、空调机、通信终端、空调系统和空调机的控制的学习方法

(57) 摘要

学习装置(3)具有:状态观测部(32),其被输入空调机(1)具有的传感器的传感器信息和运转目标,所述状态观测部(32)具有根据运转目标选择为了进行空调机(1)的控制而利用的传感器的利用传感器选择部(32a)、以及根据由利用传感器选择部(32a)选择出的传感器的传感器信息生成状态函数的状态函数生成部(32b);以及学习部(33),其使用由状态函数生成部(32b)生成的状态函数,生成作为用于对空调机(1)的控制方法进行推理的已学习模型的控制规则。由此,能够得到能够进行与各种传感器对应的通用学习的学习装置。



1. 一种学习装置,该学习装置具有:

状态观测部,其被输入空调机具有的传感器的传感器信息和运转目标,所述状态观测部具有根据所述空调机的运转目标选择为了进行所述空调机的控制而利用的传感器的利用传感器选择部、以及根据由所述利用传感器选择部选择出的传感器的传感器信息生成状态函数的状态函数生成部;以及

学习部,其使用由所述状态函数生成部生成的所述状态函数,生成作为用于对空调机的控制方法进行推理的已学习模型的控制规则。

2. 根据权利要求1所述的学习装置,其特征在于,

所述控制规则是用于对所述空调机的送风温度进行控制的制冷循环控制规则以及用于对所述空调机的送风的风量和风向进行控制的气流控制规则。

3. 根据权利要求1或2所述的学习装置,其特征在于,

所述利用传感器选择部还被输入与所述空调机分开设置的传感器信息,根据所述空调机的传感器信息、与所述空调机分开设置的传感器信息和所述运转目标来选择利用传感器。

4. 根据权利要求1~3中的任意一项所述的学习装置,其特征在于,

所述利用传感器选择部在选择热图像传感器作为利用传感器的情况下,选择至少2点以上的测定点作为观测数据。

5. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的学习装置,其特征在于,

所述状态函数是包含状态和行动的选择项的Q-Table。

6. 根据权利要求5所述的学习装置,其特征在于,

所述状态观测部还具有对设置有所述空调机的室内的用户的人数进行计数的室内人数计数部,

所述状态函数生成部生成至少2种以上的Q-Table,

所述室内人数计数部根据计数出的用户的人数选择所述2种以上的Q-Table。

7. 一种空调机,该空调机具有:

权利要求1~6中的任意一项所述的学习装置;以及

室内机和室外机,它们使用从所述学习装置输入的控制规则进行控制。

8. 一种通信终端,其中,

所述通信终端具有权利要求1~6中的任意一项所述的学习装置,

所述通信终端被设置成能够与所述空调机进行通信。

9. 一种空调系统,该空调系统具有:

权利要求1~6中的任意一项所述的学习装置;以及

空调机,其被设置成能够与所述学习装置进行通信,

所述学习装置还具有存储由所述学习部生成的控制规则的第1存储部、以及将所述第1存储部中存储的控制规则发送到空调机的控制规则发送部,

所述空调机具有存储从所述学习装置的所述控制规则发送部发送的控制规则的第2存储部、以及使用所述第2存储部中存储的控制规则进行空调机的控制的控制部。

10. 根据权利要求9所述的空调系统,其特征在于,

所述学习装置设置于能够与所述空调机进行通信的网络上的服务器。

11. 根据权利要求9或10所述的空调系统,其特征在于,  
所述空调系统还具有被设置成能够与所述学习装置进行通信的周边装置,  
所述周边装置具有将所述周边装置的运转信息发送到所述学习装置的运转信息发送部、以及使用从所述控制规则发送部发送的控制规则进行控制的运转控制部。

12. 根据权利要求9~11中的任意所述的空调系统,其特征在于,  
所述空调系统具有传感器测定值插值部,该传感器测定值插值部根据所述传感器的测定值估计状态估计值,对所述传感器的测定值进行插值。

13. 一种空调机的控制的学习方法,该空调机的控制的学习方法包含以下步骤:  
被输入空调机的运转目标和传感器信息而选择为了进行所述空调机的控制而利用的传感器;

根据作为利用传感器而选择出的传感器信息生成状态函数;以及  
使用所生成的所述状态函数生成作为用于对空调机的控制方法进行推理的已学习模型的控制规则。

## 学习装置、空调机、通信终端、空调系统和空调机的控制的学习方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及学习装置、具有学习装置的空调机、具有学习装置的通信终端、空调系统和空调机的控制的学习方法。

### 背景技术

[0002] 以往,存在通过机器学习对空调机的控制进行学习的技术。在这种现有的空调系统中,具有用于决定空调机的控制的多个学习模型,根据机械的设置状况、工作状况来切换学习模型,由此能够进行与状况对应的控制的学习(例如参照专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2019-66135号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 但是,在现有的学习装置中,存在无法进行与设置于空调机及其外部的各种传感器对应的通用学习这样的课题。

[0008] 本发明正是为了解决上述的课题而完成的,其目的在于,得到能够进行与各种传感器对应的通用学习的空调机的学习装置。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的学习装置具有:状态观测部,其被输入空调机具有的传感器的传感器信息和运转目标,该状态观测部具有根据空调机的运转目标选择为了进行空调机的控制而利用的传感器的利用传感器选择部、以及根据由利用传感器选择部选择出的传感器的传感器信息生成状态函数的状态函数生成部;以及学习部,其使用由状态函数生成部生成的状态函数,生成作为用于对空调机的控制方法进行推理的已学习模型的控制规则。

[0011] 发明效果

[0012] 本发明的学习装置具有能够进行与各种传感器对应的通用学习这样的效果。

### 附图说明

[0013] 图1是示出实施方式1的空调系统的功能框图。

[0014] 图2是示出实施方式1的空调系统的硬件结构的概略图。

[0015] 图3是示出实施方式1的空调机的制冷循环的概略图。

[0016] 图4是示出实施方式1的空调机的室内机的剖视图。

[0017] 图5是示出设置于实施方式1的空调机的室内机的热交换器的剖视图。

[0018] 图6是示出实施方式1的空调机的室内机设置于室内的状态的概略图。

[0019] 图7是示出利用实施方式1的空调机进行了制热运转的情况下的室内气流的例子

的概略图。

- [0020] 图8是用于说明实施方式1的空调机的气流控制的概略图。
- [0021] 图9是示出实施方式1的空调机的室内机具有的传感器的概略图。
- [0022] 图10是示出设置有实施方式1的空调机的室内机的室内的概略图。
- [0023] 图11是示出实施方式1的空调机的吹出风的风向控制的例子的概略图。
- [0024] 图12是实施方式1的学习装置的学习中使用的传感器项目表的一例。
- [0025] 图13是用于说明实施方式1的学习装置的学习方法的流程图。
- [0026] 图14是示出实施方式1的空调系统中使用的温度的测定点的概略图。
- [0027] 图15是示出实施方式1的空调系统中使用的风向的角度的概略图。
- [0028] 图16是示出由实施方式1的学习装置定义的‘状态’的一例的表。
- [0029] 图17是由实施方式1的学习装置生成的Q-Table的一例。
- [0030] 图18是示出实施方式1的空调系统中使用的温度的测定点的概略图。
- [0031] 图19是示出实施方式2的空调系统的功能框图。
- [0032] 图20是示出实施方式3的空调系统的功能框图。
- [0033] 图21是由实施方式3的学习装置生成的传感器项目表的一例。
- [0034] 图22是由实施方式3的学习装置生成的Q-Table的一例。
- [0035] 图23是用于说明实施方式3的空调系统的变形例的概略图。
- [0036] 图24是示出实施方式4的空调系统的功能框图。
- [0037] 图25是用于说明实施方式4的学习装置的学习方法的流程图。
- [0038] 图26是实施方式4的学习装置的学习中使用的Q-Table的一例。
- [0039] 图27是示出实施方式6的空调系统的功能框图。
- [0040] 图28是示出实施方式6的空调系统中使用的温度的测定点的概略图。
- [0041] 图29是示出实施方式6的空调系统中使用的温度的重采样点的概略图。
- [0042] 图30是示出实施方式6的空调系统中使用的状态估计值的概略图。

## 具体实施方式

[0043] 下面,根据附图对实施方式进行说明。另外,在以下的附图中,对相同或相当的部分标注相同的标号并省略其说明。

### [0044] 实施方式1

[0045] 使用图1~图18对实施方式1的学习装置、具有学习装置的空调系统和空调机的控制的学习方法进行说明。另外,在实施方式1中,说明使用具有温度传感器和热图像传感器的空调机对减小室内的上下温度差的温度均匀控制进行学习的例子,但是不限于此。

[0046] 首先,使用图1和图2对实施方式1的空调系统的整体结构进行说明。图1是示出本实施方式的空调系统100的功能框图。图2是示出空调系统100的硬件结构的概略图。

[0047] 如图1所示,本实施方式的空调系统100具有空调机1和学习装置3。如图1和图2所示,空调机1具有室内机10和室外机20。此外,学习装置3根据空调机1具有的传感器等的信息对空调机1的控制方法进行学习。另外,学习装置3的详细情况在后面叙述,但是,在图2所示的硬件结构中,学习装置3安装于通信终端5。

[0048] 首先,使用图3~图5对空调机1的结构进行说明。

[0049] 图3是示出空调机1的制冷循环的概略图。如图3所示,空调机1具有1台室内机10和1台室外机20。室内机10具有热交换器11和风扇12。室外机20具有热交换器21、风扇22、压缩机23和膨胀阀24。通过这种结构,空调机1整体构成制冷循环。

[0050] 通过室内机10的风扇12和室外机20的风扇22的转速、压缩机23的旋转频率以及膨胀阀24的开度对制冷剂的温度进行调节,由此能够变更热交换器11和热交换器21的温度。下面,将这种通过风扇的转速、压缩机的旋转频率和膨胀阀的开度的调节而进行的热交换器的温度控制称作“制冷循环控制”。

[0051] 在制冷循环中,设置于室内机10的热交换器11和设置于室外机20的热交换器21中的任意一方构成蒸发器,另一方构成冷凝器。如图2所示,空调机1具有对构成蒸发器的热交换器和构成冷凝器的热交换器的运转进行切换的四通阀25(图3中未图示),由此能够切换制热运转和制冷运转。

[0052] 图4是示出空调机1的室内机10的剖视图。另外,在本实施方式中,作为例子示出壁挂式的室内空调机。如图4所示,室内机10除了具有热交换器11和风扇12以外,还具有对送风方向进行控制的风向控制板13、14。风向控制板13在上下方向上控制风向。此外,风向控制板14在左右方向上控制风向。即,室内机10具有风向控制板(上下)13和风向控制板(左右)14这2种。

[0053] 图4的(a)是通过风向控制板(上下)13的角度调节进行控制以使从吹出口送出的吹出风B1成为下方向的图。另一方面,图4的(b)是通过风向控制板(上下)13的角度调节进行控制以使从吹出口送出的吹出风B2成为水平方向的图。这样,能够通过风向控制板13、14的角度调节对吹出口处的吹出风的风向进行控制。此外,在此基础上,在室内机10中,通过调节风扇12的转速,能够控制吹出风的风量。下面,将这种吹出风的风向和风量的控制称作“气流控制”。

[0054] 图5是示出设置于室内机10的热交换器11的剖视图。热交换器11具有配管11a和翅片11b,制冷剂在配管11a内流动。由风扇12取入到室内机10内的空气从吸入口到达热交换器11,在热交换器11的翅片11b之间通过。经由热交换器11在空气与制冷剂之间产生热交换,空气流动中的温度变化。

[0055] 更详细地讲,在制热运转时,制冷剂的温度比取入到热交换器11的的空气的温度高,从吹出口送出暖风。另一方面,在制冷运转时,制冷剂的温度比取入到热交换器11的的空气的温度低,从吹出口送出冷风。

[0056] 如上所述,在图3所示的制冷循环中,通过室内机10的风扇12和室外机20的风扇22的转速、压缩机23的旋转频率以及膨胀阀24的开度对制冷剂的温度进行调节,由此能够调节室内机10的热交换器11和室外机20的热交换器21的温度。即,通过基于“制冷循环控制”的热交换器11的温度调节,能够控制室内机10中的吹出风的温度。

[0057] 如上所述可以说,在空调机1中,能够通过“气流控制”对吹出风的风向和风量进行控制,能够通过“制冷循环控制”对吹出风的温度进行控制。即,设置有空调机1的室内机10的室内的温热环境与“气流控制”和“制冷循环控制”这2个控制有关。

[0058] 这里,使用图6和图7对“气流控制”进行详细说明。

[0059] 图6是示出空调机1的室内机10设置于室内的状态的概略图。另外,这里以室内空调机为例进行说明,示出在16张草席(宽度7.2m×进深7.2m×高度2.4m)的面积的内壁在墙

壁设置有1个室内机10的例子。

[0060] 图7是示出利用图6所示的空调机1进行了制热运转的情况下的室内气流的例子的概略图。另外,在图7的(a)~(c)中,分别示意性地图示出向室内送出的暖风即吹出风B3、B4、B5的气流。此外,在制热运转时,吹出风的温度比室内的平均温度高。由此,在室内,图7的(a)~(c)中的暖风的区域即吹出风B3、B4、B5所示的区域成为温度比其他区域高的区域。

[0061] 在图7的(a)中,吹出风B3的上下方向的风向通过风向控制板(上下)13控制成水平方向,左右方向的风向通过风向控制板(左右)14控制成正面方向。吹出风B3在室内直射到设置有室内机10的对面侧的墙壁。

[0062] 在图7的(b)中,吹出风B4的上下方向的风向通过风向控制板(上下)13控制成下方向,左右方向的风向通过风向控制板(左右)14控制成正面方向。此外,在图7的(c)中,吹出风B5的上下方向的风向通过风向控制板(上下)13控制成下方向,左右方向的风向通过风向控制板(左右)14控制成朝向纸面的右方向。

[0063] 这样,能够通过风向控制板13、14的角度对从吹出口送出的吹出风的风向进行控制,能够对室内的温度分布和风速分布进行各种控制。即,通过如上所述控制风向控制板13、14,并且控制室内机10的风扇12,能够实现“气流控制”。另外,即使空调机1为落地式或顶棚嵌入式等其他形式,从吹出口送出对温度进行调节后的空气这样的结构也不变,因此,同样地通过控制风向和风量,能够实现“气流控制”。

[0064] 接着,对“气流控制”的作用进行说明。“气流控制”具有以下大致分开说明的2个作用。

[0065] “气流控制”的第1个作用是调节体感温度。人的体感温度很大程度上取决于人体的热收支(参考文献1:“建筑热环境(坂本雄三)、东京大学出版社、2011年”)。人体的热收支能够通过人体周围的空气的温度以及基于人体和空气流动的热传递率来计算。该热传递根据在人体表面通风的风速值而变化。

[0066] 在经常用作体感温度的林克(Linke)的式子中,使用空气的温度 $t$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]和风速 $v$ [ $\text{m/s}$ ],如以下的式1那样对温度校正基于风速的热传递的效果,计算体感温度 $T$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]。

[0067] 【数学式1】

$$T = t - 4 \times \sqrt{v}$$

[0069] 在利用基于风速的热传递的促进时,对期望制热的用户吹出风速大的暖风,由此能够体感到更高的温度。因此,在通过“制冷循环控制”对吹出风的温度进行控制后,通过“气流控制”对吹出风的风向和风量进行控制,调节用户的附近的温度 $t$ 和风速 $v$ ,由此,能够有助于提高用户的舒适性。

[0070] 此外,温热感根据人体的部位而不同,例如,可知通过向脚边集中送出暖风,能够感觉到更暖和的温热环境(参考文献2:“舒适的温热环境的机理(空气调节/卫生学会)、丸善出版、2006年”)。

[0071] 因此,为了实现这种基于体感温度的舒适性提高,在“气流控制”中,优选按照人体的部位调节送风。为了根据手边、头部等部位控制气流,需要以20cm左右的精度调节送风位置。为了实现这种细致的“气流控制”,优选使用搭载有高分辨率的热图像传感器、图像传感器等的空调机。

[0072] “气流控制”的第2个作用是减少消耗电力。图8的(a)是示出设置有空调机1的室内

机10的室内的冷气C1从门侵入的概略图。在实际的室内,与图7所示的从室外封闭的空间不同,如图8所示,存在与窗户、门开闭时的换气相伴的热侵入、热泄漏。

[0073] 在图8的(b)中,与图7的(b)同样控制风向,朝向室内的中央送出作为暖风的吹出风B4。该情况下,能够抑制作为暖风的吹出风B4从打开的门流出,使室内的温度上升。另一方面,在图8的(c)中,与图7的(c)同样控制风向,朝向打开的门所在的方向送出作为暖风的吹出风B5。该情况下,吹出风B5从门向室外流出,因此,妨碍室内的温度上升。这样,通过“气流控制”指定适当的送风区域,由此,能够抑制难以实现室内的温度调节的送风,能够有助于减少消耗电力。

[0074] 如上所述,可以说“气流控制”有助于提高用户的舒适性和减少空调机的消耗电力。具体而言,为了进行考虑到提高用户的舒适性和减少空调机的消耗电力双方的运转,例如,不向没有用户的区域送出作为暖风或冷风的吹出风等送风区域的选择是有效的。而且,为了将这种控制安装于空调机,需要计测室内的温度分布、风速分布,收集测定数据,进行使用测定数据的吹出风的风向、风量、温度的协调作业。如上所述,室内的温热环境与基于空调机的“气流控制”、来自室外的热侵入以及朝向室外的热泄漏有关,由它们形成室内的温度分布、风速分布。

[0075] 接着,使用图9对空调机1的室内机10具有的传感器进行说明。

[0076] 图9的(a)示出在室内机10的热交换器11的附近具有温度传感器43的室内机10。如上所述,用户的舒适性由用户的附近的空气的温度 $t$ 和风速 $v$ 决定,通过计测室内的温度分布、风速分布,能够掌握这些温度 $t$ 和风速 $v$ 。此外,空调机的节能性能即消耗电力减少的性能由室内的空气的温度分布、风速分布决定。但是,仅利用热交换器11具有的温度传感器43,只能测定室内机10内的空气的吸入温度,无法计测用户的附近的温度和风速、室内的整体的温度分布、风速分布。由此,在仅具有温度传感器43的室内机10的情况下,对计测出的吸入温度施加某种校正,估计用户的附近温度、室内的温度分布等,由此能够进行考虑到用户的舒适性和消耗电力减少的控制。

[0077] 图9的(b)示出具有热图像传感器44的室内机10。通过将热图像传感器44设置于室内机10的下部,能够计测室内的地面的温度分布。因此,通过具有这种热图像传感器44,能够通过地面或壁面的温度分布检测室内的热泄漏。此外,能够根据拍摄到的热图像检测人体的位置、温度。

[0078] 图9的(c)示出具有图像传感器45的室内机10。通过使用分辨率高的图像传感器45,能够计测用户或窗户的位置、房间的形状等这样的三维信息。此外,能够检测室内的用户的位置。

[0079] 即,如上所述,为了通过“制冷循环控制”和“气流控制”进行实现提高用户的舒适性和减少消耗电力的运转控制,优选能够测定用户的位置、房间的形状等的热图像传感器44或图像传感器45搭载于空调机10。在本实施方式中,如图1所示,下面,以空调机1的室内机10具有温度传感器43和热图像传感器44的情况为例进行说明。

[0080] 图10示出设置有具有热图像传感器44的室内机10的室内。另外,在图10的(a)中,热图像传感器44省略图示。空调机1的室内机10正在进行制热运转,如图10的(a)所示,使吹出风B6向下吹,向地面送风。在如吹出风B6那样向下吹来送风的情况下,暖风被送出到地面,由此,地面附近的温度变高。另一方面,未向顶棚面送出暖风,因此,顶棚面的温度变低。

这样,在室内存在上下方向的温度分布,由此,在用户的头部和脚边,有时温度差变大,由此,用户有时产生不舒适感。在温热环境的国际标准规格(ISO7730)中,记载有室内的上下温度差引起的不满意者率的数据,上下温度差3℃以内被设为推荐范围。

[0081] 图10的(b)示出由热图像传感器44拍摄到的地面温度,使图10的(a)的地面的吹出风的温度分布可视化。热图像传感器44例如是红外线的阵列传感器,这里,由32×32个摄像元件构成,对室内的地面、壁面等这样的物体表面的温度进行摄像,通过安装于红外线传感器的控制元件的边缘检测,能够提取地面、从室内机观察的左右侧面和对面侧的壁面、顶棚面的温度分布。图10的(b)所示的高温区域44a是由吹出风B6加热的区域。这样,通过使用热图像传感器44,能够使室内的温度分布可视化。

[0082] 图11是示出使吹出风B7的风向在上下方向上变化的状况的概略图。如上所述在室内存在上下温度差的情况下,如图10的(a)所示,在将吹出风B6的风向固定为向下的状态持续时,上下温度差不缩小。因此,如图11所示,通过使吹出风B7的上下方向上的风向角度变化,吹出风B7的送风部位不固定为1处,能够使室内的上下温度差变得均匀。更具体而言,通过控制风向控制板(上下)13的动作,能够使吹出风B7的风向在上下方向上变化,由此,能够使室内的上下温度差均匀化。

[0083] 接着,使用所述的图1、图2和图12~图18对使用学习装置3的空调机1的的学习方法和与空调机1的控制有关的结构进行说明。

[0084] 如图1所示,学习装置3具有:目标输入部31,其被输入空调机1的运转目标;状态观测部32,其接收传感器信息,观测空调机的设置室内的温热环境的状态,并且选择利用传感器,生成状态函数;学习部33,其安装有机器学习算法,该机器学习算法对用于根据温热环境的状态实现提供给空调机的运转目标的最佳的“气流控制”和“制冷循环控制”的控制规则进行学习;控制规则存储部34,其存储由学习部33学习的“气流控制规则”和“制冷循环控制规则”;以及控制规则发送部35,其将控制规则发送到空调机1的气流控制规则存储部17a和制冷循环控制规则存储部27a。学习装置3是如下的装置:从空调机1接收传感器信息,定义设置有空调机1的室内的温热环境的‘状态’,对与‘状态’对应的适当的控制进行学习,该学习装置3安装有基于强化学习算法的学习控制。

[0085] 空调机1的室内机10具有的气流控制规则存储部17a从控制规则发送部35接收“气流控制规则”并存储。室内机控制部17b根据气流控制规则存储部17a中存储的“气流控制规则”对室内机10的风扇12的转速和风向控制板13、14的角度进行控制。即,通过从学习装置3的控制规则发送部35向气流控制规则存储部17a输入新的“气流控制规则”并存储,能够变更室内机控制部17b对室内机10的风扇12和风向控制板13、14的控制规则。

[0086] 室内机控制部17b根据“气流控制规则”决定控制后,将室内机10的风扇12的转速和风向控制板13、14的角度的信息输出到传感器信息发送部41。传感器信息发送部41向学习装置3的状态观测部32发送风扇12的转速和风向控制板13、14的角度的信息。

[0087] 空调机1的室外机20具有的制冷循环控制规则存储部27a从学习装置3的控制规则发送部35接收“制冷循环控制规则”并存储。室外机控制部27b对风扇22的转速、压缩机23的转速和膨胀阀24的开度进行控制。即,通过从学习装置的控制规则发送部35向制冷循环控制规则存储部27a输入新的“制冷循环控制规则”并存储,能够变更室外机控制部27b对室外机20的风扇22的转速、压缩机23的转速和膨胀阀24的开度的控制规则。

[0088] 室外机控制部27b根据“制冷循环控制规则”决定控制后,将室外机20的风扇22的转速、压缩机23的转速和膨胀阀24的开度的信息输出到室内机10的传感器信息发送部41。传感器信息发送部41向学习装置3的状态观测部32发送风扇22的转速、压缩机23的转速和膨胀阀24的开度的信息。

[0089] 这里,如图2所示,空调系统100具有设置于空调机1的室内机10的微机17和设置于室外机20的微机27。此外,空调系统100具有作为输入输出终端(I/O终端)的通信终端5,作为独立于空调机1的结构即外部终端,通信终端5具有微机52。在空调系统100中,作为硬件资源,通过这些微机17、微机27和微机52进行控制。

[0090] 另外,本发明中的“微机”是微型计算机的简称,意味着其内部结构具有CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)和存储器的计算机。但是,微机17、微机27和微机52不需要必须由“微机”构成,只要是具有CPU等处理器和存储器的硬件即可。

[0091] 如图2所示,设置于室内机10的微机17对室内机10的风扇12和风向控制板13、14的动作进行控制。即,图1所示的气流控制规则存储部17a具有的功能能够通过微机17的存储器实现,室内机控制部17b具有的功能能够通过微机17的CPU实现。此外,图1所示的传感器信息发送部41也安装于图2所示的室内机10的微机17。

[0092] 此外,如图2所示,设置于室外机20的微机27对风扇22、用于驱动压缩机23的逆变器23a和马达23b、膨胀阀24以及四通阀25进行控制。此外,从测定热交换器21的温度的温度传感器26向微机27输入测定数据,该微机27根据测定数据对风扇22、压缩机23和膨胀阀24的控制的控制值进行调节。图1所示的制冷循环控制规则存储部27a具有的功能能够通过微机27的存储器实现,室外机控制部27b具有的功能能够通过微机27的CPU实现。另外,与图2所示的压缩机23的逆变器23a电连接的电源71未包含在空调机1的结构中。

[0093] 对以上进行总结时,在室内机10的微机17中预先存储有用于进行“气流控制”的控制逻辑即“气流控制规则”,在室外机20的微机27中预先存储有用于进行“制冷循环控制”的控制逻辑即“制冷循环控制规则”。而且,在通过学习装置3的学习而新生成或更新“气流控制规则”和“制冷循环控制规则”时,在微机17和微机27中追加新的控制规则,或者改写为新的控制规则。

[0094] 在图2所示的通信终端5安装有学习装置3。更具体而言,图1所示的学习装置3的目标输入部31具有的功能能够通过通信终端5的输入输出部即I/O51实现。此外,图1所示的学习装置3的状态观测部32和学习部33具有的功能能够通过微机52的CPU实现,控制规则存储部34具有的功能能够通过微机52的存储器实现。通信终端5具有足够执行学习装置3的运算的运算能力,例如是智能手机、平板终端等高运算能力设备,构成为能够通过Wi-Fi等如图2所示与室内机10的微机17进行通信。另外,如图2所示,通信终端5与室外机20的微机27之间的输入输出实际上经由室内机10的微机17来进行,但是,在图1中,示意性地示出从学习装置3的控制规则发送部35直接输入到室外机20的制冷循环控制规则存储部27a。

[0095] 这里,对学习装置3的各结构进行详细说明。另外,在本实施方式中,对在学习装置3的学习算法中使用强化学习算法的Q-learning法的情况进行说明。强化学习是指,每隔一定时间观测空调机的状态,执行(1)行动的选择、(2)报酬的计算、(3)状态函数的更新这3个学习过程,对成为控制逻辑的状态函数进行改写。下面,将时间t的状态设为 $s_t$ ,将行动设为 $a_t$ ,将报酬值设为 $r_t$ ,状态函数设为 $s_t$ 和 $a_t$ 的函数 $Q(s_t, a_t)$ 。

[0096] 目标输入部31安装于图2所示的通信终端5的I/O51,通过使用通信终端5的用户的操作等输入运转目标。另外,通常,空调机1除了具有室内机10和室外机20以外,还具有对空调机1的运转进行操作的专用终端即遥控器(未图示),因此,目标输入部31也可以接收输入到该遥控器的运转目标。遥控器构成为能够通过红外线传感器等与空调机1进行信号的发送接收。

[0097] 空调机1的运转目标例如是“温度均匀控制”等,通过用户的操作等来选择。更具体而言,例如,在通信终端5或遥控器的显示部生成“温度均匀控制(无不均)”、“消耗电力减少(节能)”这样的选择菜单,使得用户能够进行选择。在选择任意一个运转目标并向目标输入部31输入运转目标的信息后,如图1所示,目标输入部31将输入的运转目标输出到学习装置3的状态观测部32。

[0098] 状态观测部32根据传感器信息观测放置有空调机1的室内的状态,在定义了‘状态’后,向学习部33输出状态函数。为了在学习装置3的学习中使用,需要将由传感器观测到的观测数据转换为‘状态’,状态观测部32以根据传感器的观测数据唯一地确定‘状态’的方式构成状态的定义方法。状态观测部32具有利用传感器选择部32a和状态函数生成部32b。

[0099] 利用传感器选择部32a具有调查搭载于空调机1的温度传感器43和热图像传感器44等从传感器信息发送部41被输入传感器信息的各种传感器的种类和分辨率的功能,具有吸收空调机1的传感器规格差异的功能。

[0100] 图12是在状态观测部32中在利用传感器选择部32a的功能中使用的传感器项目表。在图12中,作为一例,将温度传感器、湿度传感器、热图像传感器、图像传感器、门传感器、加湿器、除湿器、换气扇和循环器作为传感器项目,能够针对各传感器项目记录搭载规格(有无传感器、传感器的搭载数、传感器分辨率)。另外,这里记录的传感器是以能够直接或间接地与学习装置3进行通信的方式设置的传感器。

[0101] 在本实施方式中,如图12所示,记录存在设置于空调机1的室内机10的1个温度传感器43和1个热图像传感器44的可利用传感器,记录不存在其他的可利用传感器。此外,关于热图像传感器44,一并记录分辨率为 $32 \times 32$ 元件(分辨率/中)。

[0102] 对传感器项目表的生成方法进行详细说明。作为1个方法,如图2所示,使用作为空调机1的输入输出终端(I/O终端)发挥功能的通信终端5,用户输入存在于室内的传感器的种类、个数和分辨率等规格,由此能够生成传感器项目表。

[0103] 或者,用户不输入规格等也能够生成传感器项目表。在近年来的家庭自动化(Home Automation)的标准(OpenHAB、HomeAssistant等)中,能够进行住宅内的各种设备的连接。作为能够通过家庭自动化来连接的设备,例如可举出空调机、空气净化器、照明、摄像头、电视机、扬声器、温度传感器、湿度传感器、门传感器等各种家电、传感器。这样能够进行多种家电、传感器的连接,但是,其中,能够在温热环境的观测中活用的传感器和对空调机的运转造成影响的周边设备(家电)的种类有限。

[0104] 在本实施方式的利用传感器选择部32a中,作为能够在温热环境的观测中活用的传感器,登记温度传感器、湿度传感器、热图像传感器、图像传感器和门传感器,作为对空调机的运转造成影响的周边设备,登记加湿器、除湿器、循环器和换气扇。这是由于,如果考虑这些传感器和周边设备,则认为即使空调机的规格或设置室内的环境变化,也能够充分应对传感器规格的差异。另外,这里的传感器和周边设备的选择是一例,选择能够在温热环境

的观测中活用的传感器和对空调机的运转造成影响的周边设备即可,也可以包含其他传感器项目,或者,还可以将上述的项目的一部分排除。

[0105] 如上所述,如果是与家庭自动化的标准对应的传感器和周边设备,则用户能够使用Bluetooth、Wi-Fi等将位于室内的传感器和周边设备与空调机1连接。这样与空调机1连接的传感器和周边设备的相关信息被发送到学习装置3的状态观测部32。在状态观测部32中,对利用传感器选择项目依次追记新的传感器信息。通过这样在传感器选择项目中记载传感器的信息,用户不生成利用传感器的项目表,也能够生成图12所示的传感器项目表。

[0106] 更详细地讲,例如关于热图像传感器的分辨率等传感器的详细规格,能够预先在传感器侧保存信息,以在家庭自动化的通信协议上发送到学习装置3的方式确定标准。这样,能够根据包含各传感器的规格的信息生成传感器项目表。

[0107] 状态函数生成部32b具有根据由利用传感器选择部32a判断为能够利用的传感器的信息生成成为控制逻辑的状态函数 $Q(s_t, a_t)$ 的功能。在强化学习中,需要能够唯一地定义时间 $t$ 的环境的状态 $s_t$ 。因此,状态函数生成部32b构建使用判断为能够利用的传感器的信息定义状态 $s_t$ 的方法。此外,在强化学习中,需要时间 $t$ 的行動的选择项 $a_t$ 。因此,状态函数生成部32b构建定义行動的选择项 $a_t$ 的方法。

[0108] 这样,状态函数生成部32b根据从目标输入部31输入的运转目标和由利用传感器选择部32a判断为能够利用的传感器项目生成状态函数 $Q(s_t, a_t)$ 。另外,在本实施方式中,作为状态函数 $Q(s_t, a_t)$ ,以使用记录数值的表Q-Table的情况为例进行说明,但是,只要能够记录行動和状态的价值即可,例如也可以使用高斯过程的函数、深度学习的神经网络等。

[0109] 学习部33具有报酬计算部33a和学习更新部33b。学习部33使用从状态观测部32输入的状态函数 $Q(s_t, a_t)$ 的Q-Table,学习“气流控制规则”和“制冷循环控制规则”的控制规则并进行更新。

[0110] 报酬计算部33a计算报酬值。在强化学习中,需要用于评价目标的完成度的报酬值。此外,学习更新部33b计算状态函数 $Q(s_t, a_t)$ ,将计算出的值记入Q-Table,由此对控制规则进行更新。即,学习部33使用由状态观测部32的状态函数生成部32b生成的状态函数 $Q(s_t, a_t)$ ,生成作为用于对空调机1的控制方法进行推理的已学习模型的控制规则。另外,学习部33中的学习方法的具体情况在后面叙述。

[0111] 控制规则存储部34被输入到由学习部33更新后的控制规则,分别存储“气流控制规则”和“制冷循环控制规则”。

[0112] 控制规则发送部35安装于图2所示的通信终端5的微机52。另外,控制规则发送部35也可以安装于作为独立于通信终端5的微机52的结构而设置的通信部(未图示)或I/O51。如图1所示,控制规则发送部35被输入作为学习装置3的控制规则存储部34中存储的控制规则的状态函数,将其分成“气流控制规则”和“制冷循环控制规则”后,输出到气流控制规则存储部17a和制冷循环控制规则存储部27a,对微机17和微机27的存储器中存储的控制逻辑进行改写。

[0113] 图13是用于说明本实施方式的空调系统100的控制方法的流程图。下面,使用图13对控制方法进行说明。另外,下面,说明对目标输入部31输入“温度均匀控制”作为运转目标且通过强化学习对“气流控制”中的减小室内的上下温度差的风向控制进行学习的例子,但是不限于此。

[0114] 首先,对目标输入部31输入“温度均匀控制”作为空调机1的运转目标(步骤S101)。目标输入部31将作为输入的运转目标的“温度均匀控制”输出到学习装置3的状态观测部32。

[0115] 在从目标输入部31输入运转目标后,状态观测部32的利用传感器选择部32a通过来自空调机1的室内机10的传感器信息发送部41的输入而取得传感器信息(步骤S102)。此时,从传感器信息发送部41发送以能够与空调机1进行通信的方式设置的传感器信息。

[0116] 利用传感器选择部32a对取得的传感器信息和利用传感器选择部32a具有的传感器项目表中记入的传感器项目进行比较,判定可利用传感器是否存在变更(步骤S103)。

[0117] 然后,在取得的传感器信息和传感器项目表的内容存在差异的情况下,利用传感器选择部32a判定为可利用传感器存在变更(步骤S103:是),生成传感器项目表(步骤S104)。在本实施方式中,在步骤S104中生成图12所示的传感器项目表,作为可利用传感器,将空调机1具有的温度传感器43和热图像传感器44的信息记入传感器项目表中。

[0118] 另外,在本实施方式中,在步骤S103中判定可利用传感器是否存在变更,但是不限于此,例如也可以使用图像传感器一并判定空调机的设置室的面积是否存在变更,如果存在变更,则同样进入步骤S104。由此,在由于搬家等而使设置环境大幅变化的情况下,也能够进行适当的传感器的选择,对状态函数进行更新。

[0119] 在完成传感器项目表的生成(步骤S104)后,利用传感器选择部32a根据生成的传感器项目表的信息和从目标输入部31输入的运转目标的信息(在本实施方式中为“温度均匀控制”),选择实际上在学习中的利用传感器(步骤S105)。在本实施方式中,图12所示的传感器项目表中记入的可利用传感器即温度传感器和热图像传感器均是“温度均匀控制”所需要的传感器,因此,判断为在利用传感器中包含温度传感器和热图像传感器。然后,利用传感器选择部32a将作为利用传感器而选择出的温度传感器和热图像传感器的信息输出到状态函数生成部32b。

[0120] 这里,对利用传感器的选择方法进行详细说明。如上所述,在从目标输入部31向状态观测部32输入运转目标后,如果输入的运转目标为“温度均匀控制”,则要求进行以温度的均匀化为目的的控制。此外,这里,关于“温度均匀控制”,只要能够使温度均匀化即可,湿度不是控制项目。由此,假设空调机1具有湿度传感器,关于传感器项目表的湿度传感器的项目,即使记入为搭载规格“1个”,在“温度均匀控制”中也不需要利用湿度传感器。因此,该情况下,利用传感器选择部32a在利用传感器的选择中将湿度传感器排除。

[0121] 此外,作为与运转目标对应的利用传感器的选择,如上所述在将“温度均匀控制”设为运转目标的情况下,应该选择有助于温度的均匀化的传感器作为利用传感器。另一方面,在将“消耗电力减少”设为运转目标的情况下,还考虑将门传感器等加入利用传感器中。这样,在利用传感器选择部32a中,选择用于实现输入到目标输入部31的运转目标的控制所需要的传感器,将选择出的传感器的信息输出到状态函数生成部32b。

[0122] 返回图13的说明。在从利用传感器选择部32a输入利用传感器的信息后,状态函数生成部32b生成状态函数(步骤S106)。下面,使用图14~图17对本实施方式中的状态函数的生成的例子进行详细说明。

[0123] 如上所述,在强化学习中,需要能够唯一地定义时间 $t$ 的环境状态 $s_t$ 。因此,首先,状态函数生成部32b使用判断为能够利用的传感器的信息定义状态 $s_t$ 。

[0124] 图14是示出设置有空调机1的室内机10的室内的测定点的剖视图。在图14中,示出作为由热图像传感器44测定的数据的一部分的温度的测定点 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 。此外,图15是示出空调机1的室内机10的吹出风在上下方向上的风向角度 $\theta$ 的剖视图。通过在室内机10的微机17中记录对风向控制板13的动作进行控制的步进马达的角度,吹出角度 $\theta$ 能够作为传感器信息进行存储。在本实施方式中,选择“温度均匀控制”,如后所述在状态观测部32中使用由热图像传感器44测定出的壁面的测定点的温度值。

[0125] 在本实施方式中,状态函数生成部32b使用选择了由热图像传感器44测定出的数据中的一部分的温度的代表性的测定点 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 和吹出风的吹出角度 $\theta$ 定义‘状态’。另外,‘状态’的定义能够进行扩展。例如,通过将温度的测定点数设为4点以上,能够更加详细地定义‘状态’。此外,通过将吹出角度 $\theta$ 的判别扩展为3种以上,能够更加细致地定义‘状态’。在本实施方式中,示出通过强化学习对“气流控制”中的减小室内的上下温度差的风向控制进行学习,因此,如果是上下方向的风向控制的学习,则图14所示的3点的测定是充分必要的。另一方面,例如在对图7的(b)(c)所示的左右方向的风向控制进行学习的情况下,进深方向3点 $\times$ 宽度方向3点=9点的测定是充分必要的。因此,搭载或选择与学习对应的分辨率的传感器,例如选择3点或9点这样的充分必要的测定点,由此能够进行学习。

[0126] 将图14所示的测定点 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 处的测定温度分别设为 $T_{P1}$ 、 $T_{P2}$ 、 $T_{P3}$ 。在按照温度从高到低的顺序将 $T_{P1}$ 、 $T_{P2}$ 、 $T_{P3}$ 排列为(1<sup>st</sup>、2<sup>nd</sup>、3<sup>rd</sup>)时,该顺位的序列成为 $3! = 6$ 种。此外,将图15所示的吹出风的吹出角度 $\theta$ 分成 $\theta < 45^\circ$ 的向上吹的情况和 $\theta \geq 45^\circ$ 的向下吹的情况这2种。这样,室内的任意的状态 $s_t$ 成为 $T_{P1}$ 、 $T_{P2}$ 、 $T_{P3}$ 的温度的顺位的序列的6种和向上吹或向下吹的吹出角度 $\theta$ 的2种的组合,因此,能够对应于 $6 \times 2 = 12$ 种状态中的任意一种状态 $s_1 \sim s_{12}$ 。

[0127] 此时,12种状态 $s_1 \sim s_{12}$ 的定义如图16和以下所示。

[0128]  $s_1: T_{P1} > T_{P2} > T_{P3}$  and  $\theta < 45^\circ$

[0129]  $s_2: T_{P1} > T_{P2} > T_{P3}$  and  $\theta \geq 45^\circ$

[0130]  $s_3: T_{P1} > T_{P3} > T_{P2}$  and  $\theta < 45^\circ$

[0131]  $s_4: T_{P1} > T_{P3} > T_{P2}$  and  $\theta \geq 45^\circ$

[0132]  $s_5: T_{P2} > T_{P1} > T_{P3}$  and  $\theta < 45^\circ$

[0133]  $s_6: T_{P2} > T_{P1} > T_{P3}$  and  $\theta \geq 45^\circ$

[0134]  $s_7: T_{P2} > T_{P3} > T_{P1}$  and  $\theta < 45^\circ$

[0135]  $s_8: T_{P2} > T_{P3} > T_{P1}$  and  $\theta \geq 45^\circ$

[0136]  $s_9: T_{P3} > T_{P1} > T_{P2}$  and  $\theta < 45^\circ$

[0137]  $s_{10}: T_{P3} > T_{P1} > T_{P2}$  and  $\theta \geq 45^\circ$

[0138]  $s_{11}: T_{P3} > T_{P2} > T_{P1}$  and  $\theta < 45^\circ$

[0139]  $s_{12}: T_{P3} > T_{P2} > T_{P1}$  and  $\theta \geq 45^\circ$

[0140] 此外,在强化学习中,需要时间 $t$ 的行動的选择项 $a_t$ 。因此,状态函数生成部32b定义行動的选择项 $a_t$ 。

[0141] 在本实施方式中,将“温度均匀控制”设为运转目标,上下温度差的均匀化所需要的是吹出风的风向控制和温度控制。关于吹出风的风向控制,从提高风向角度、降低风向角度和不变更风向角度这3种中进行选择,关于吹出风的温度控制,从提高温度、降低温度和不变更温度这3种中进行选择。然后,在将状态 $s_t$ 下的吹出角度设为 $\theta_t$ ,将压缩机的频率设为

$f_t$ , 将膨胀阀的开度设为  $\Phi_t$  时, 认为行动的选择项  $a_{t+1}$  为以下的  $a_1 \sim a_6$  这6种。

[0142]  $a_{1(\text{Up})}$  (提高吹出角度  $\theta$ ):  $\theta_{t+1} = \theta_t + \Delta \theta$

[0143]  $a_{2(\text{Down})}$  (降低吹出角度  $\theta$ ):  $\theta_{t+1} = \theta_t - \Delta \theta$

[0144]  $a_{3(\text{Stay})}$  (不变更吹出角度  $\theta$ ):  $\theta_{t+1} = \theta_t$

[0145]  $a_{4(\text{Increment})}$  (提高吹出温度):  $f_{t+1} = f_t + \Delta f$ 、 $\Phi_{t+1} = \Phi_t - \Delta \Phi$

[0146]  $a_{5(\text{Decrement})}$  (降低吹出温度):  $f_{t+1} = f_t - \Delta f$ 、 $\Phi_{t+1} = \Phi_t + \Delta \Phi$

[0147]  $a_{6(\text{Keep})}$  (不变更吹出温度):  $f_{t+1} = f_t$ 、 $\Phi_{t+1} = \Phi_t$

[0148]  $a_1 \sim a_3$  是风向控制即“气流控制”中的一种。这里,  $\Delta \theta$  是吹出角度的上下方向上的调节角度, 设为  $\Delta \theta = 5^\circ$ 。状态函数生成部32b生成记录在状态  $s_i$  时选择了行动  $a_i$  的情况下的价值的状态函数。

[0149]  $a_4 \sim a_6$  是温度控制即“制冷循环控制”中的一种。在如  $a_4$  那样提高吹出风的温度的情况下, 提高压缩机的频率  $f$ , 降低膨胀阀的开度  $\Phi$ 。另一方面, 在如  $a_5$  那样降低吹出风的温度的情况下, 降低压缩机的频率  $f$ , 提高膨胀阀的开度  $\Phi$ 。此外,  $\Delta f$  是压缩机的频率的调节用的常数,  $\Delta \Phi$  是膨胀阀的开度的调节用的常数。

[0150] 图17是本实施方式的状态函数  $Q(s_t, a_t)$ 。在本实施方式中, 利用  $6 \times 12$  的表函数  $Q$ -Table 安装记录针对状态  $s_i$  ( $i = 1 \sim 12$ ) 的行动  $a_j$  ( $j = 1 \sim 6$ ) 的价值的状态函数  $Q(s_i, a_j)$ 。表示该状态函数  $Q(s_t, a_t)$  的式子如以下的式2那样。

[0151] 【数学式2】

[0152]  $a_{t+1} = \operatorname{argmax}_j Q(s_{t,i}, a_{t,j})$

[0153] 然后, 状态函数生成部32b将这样生成的状态函数输出到学习部33(步骤S107)。

[0154] 在从状态函数生成部32b输入了状态函数的情况下(步骤S107)、或判定为不存在传感器规格的变更的情况下(步骤S103: 否), 状态观测部32进行状态的观测(步骤S108)。

[0155] 图18是示出设置有空调机1的室内机10的室内的测定点的剖视图。图18所示的测定点  $Q_1$ 、 $Q_2$  是报酬计算部33a在报酬值的计算中使用的温度的目标设定地点。即, 在本实施方式的例子中, 状态观测部32通过从传感器信息发送部41输入热图像传感器44的测定值, 观测地面温度  $T_{Q1}$  和顶棚面温度  $T_{Q2}$ 。

[0156] 这样, 状态观测部32观测到的‘状态’被输出到学习部33, 学习部33的报酬计算部33a根据输入的‘状态’计算报酬值(步骤S109)。具体而言, 报酬计算部33a使用以下的式3和式4计算报酬值  $r_t$ 。

[0157] 【数学式3】

[0158]  $ratio_T = \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}}$

[0159] 【数学式4】

[0160]  $r_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(ratio_T - 1.0)^2}{2} \right) \right)$

[0161] 接着, 学习更新部33b使用以下的式5计算状态函数  $Q(s_t, a_t)$ , 将计算出的值记入  $Q$ -Table 中, 由此对控制规则进行更新(步骤S110)。另外, 在本实施方式中, 式5示出基于  $Q$ -learning 法的更新。在以下的式5中,  $\alpha$  是学习率 ( $0 \sim 1$ ),  $\gamma$  是折扣率 ( $0 \sim 1$ )。

[0162] 【数学式5】

$$[0163] \quad Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha(r_t + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t))$$

[0164] 在这样对控制规则进行更新后,学习部33判定是否结束学习(步骤S111)。具体而言,在制造空调机1时,能够预先设定为在经过预先设定的学习期间后结束学习。该情况下,例如将学习期间设定为5日,在从学习开始时的日期起经过5日以上的天数时,判定为结束学习。此外,进而也可以在状态函数 $Q(s, a)$ 的变动变小时判定为结束学习。该情况下,设定状态函数的学习的变动值 $\epsilon$ ,在全部 $s_i, a_j$ 中成为状态函数 $Q(s_i, a_j) < \epsilon$ 的情况下,即使在预先设定的学习期间内,也设为学习完成,判定为结束学习。在不结束学习的情况下(步骤S111:否),返回步骤S108,继续进行状态的观测。

[0165] 另一方面,在结束学习的情况下(步骤S111:是),学习部33将更新后的控制规则输出到控制规则存储部34,在控制规则存储部34中存储控制规则(步骤S112)。另外,在本实施方式中,设控制规则包含“气流控制规则”和“制冷循环控制规则”。

[0166] 然后,控制规则发送部35将“气流控制规则”输出到空调机1的室内机10的气流控制规则存储部17a,将“制冷循环控制规则”输出到空调机1的室外机20的制冷循环控制规则存储部27a(步骤S113)。如上所述,控制规则的更新结束。

[0167] 另外,在本实施方式中,构成为每当学习结束时将控制规则发送到空调机1,但是不限于此,也可以是,只要Q-Table没有大幅变动,则不将控制规则发送到空调机1。是否发送控制规则的基准能够预先确定。

[0168] 对这样构成的本实施方式的学习装置3、使用学习装置3的空调系统100和使用学习装置3的空调机1的控制的学习方法的效果进行说明。

[0169] 如上所述,空调机的控制能够分成“气流控制”和“制冷循环控制”这2种。在提高用户的舒适性、减少消耗电力成为运转目标的室内空调机、组合式空调机这样的空调机中,具有体感温度的调节作用的“气流控制”成为重要的控制。

[0170] 在从“气流控制”这样的观点考虑空气调节时,优选在空调机中,除了搭载温度传感器以外,还搭载能够观测吹出风的温度分布、冷气侵入的热图像传感器和能够检测室内的布局、形状的图像传感器等。在现有技术中,用于进行气流控制的、对热图像传感器、图像传感器这样的传感器进行处理的机器学习的接口不足。

[0171] 此外,在空调机的市场中,销售着各种空调设备,空调机具有的传感器的种类、数量、温度分辨率、时间分辨率这样的传感器规格并不统一。在现有技术中,用于应对搭载于空调机的多种传感器的机器学习的接口不足。

[0172] 因此,本实施方式的空调系统100和学习装置3在状态观测部32中具有利用传感器选择部32a和状态函数生成部32b,能够选择利用传感器而生成状态函数。因此,能够进行用于进行气流控制的、追加了热图像传感器、图像传感器这样的传感器的学习。此外,发挥即使空调机的规格不同也能够进行通用学习的效果。

[0173] 此外,使用热图像传感器、图像传感器也无法直接测定用户的附近的空气、房间整体的空气的温度分布、风速分布,但是,与只能计测空气的吸入温度的状况不同,能够活用壁面、地面的温度分布、用户的位置、房间的形状这样的信息,因此,用户的舒适性、室内的温热环境的推测精度提高。由此,优选能够在学习中使用热图像传感器、图像传感器。

[0174] 但是,热图像传感器、图像传感器为高价,使空调机的价格上升。此外,关于热图像传感器、图像传感器,如果分辨率高,则成本高。进而,即使是具有热图像传感器、图像传感器的机型,传感器规格也并不统一,传感器的分辨率存在差异。

[0175] 如上所述,近年来,通过家庭自动化等结构,能够通过Bluetooth、Wi-Fi等无线LAN网络将空调机与位于外部的传感器连接。因此,即使是未搭载热图像传感器、图像传感器的空调机,如果使用家庭自动化等网络装置,则也能够与具有独立于空调机的热图像传感器、图像传感器的摄像头等周边装置连接,能够扩展传感器规格。这种情况下,如果是本实施方式的空调系统100和学习装置3,则也能够应对通用的学习。

[0176] 此外,在本实施方式中,作为学习中使用的测定点,如上所述选择充分必要的测定点数(在本实施方式的例子中为3点),因此,发挥能够进行强化学习而不使其以必要以上的程度复杂化的效果。由此,搭载于通信终端5的微机52也能够执行处理,此外,还能够利用搭载于空调机1的微机执行处理。

[0177] 另外,在本实施方式中,如图1所示,说明了作为独立于空调机1的结构而设置有学习装置3的空调系统100,但是不限于此,也可以具有学习装置3作为空调机1的一部分。该情况下,例如也可以在图2所示的室内机10的微机17或室外机20的微机27等安装学习装置3。或者,作为独立于室内机10和室外机20的结构,也可以具备具有构成学习装置3的微机等的专用终端(例如作为空调机附属品的遥控器),由室内机10、室外机20和专用终端构成空调机。

[0178] 实施方式2

[0179] 使用图19对实施方式2的学习装置和空调系统进行说明。图19是示出本实施方式的空调系统200的功能框图。本实施方式的空调系统200与实施方式1的空调系统100的不同之处在于,还具有湿度传感器46。本实施方式的其他结构与实施方式1相同,因此,下面以不同之处为中心进行说明。

[0180] 本实施方式的空调机1还具有湿度传感器46作为室内机10的结构,能够在制冷、制热时进行湿度的控制。湿度传感器46构成为能够经由传感器信息发送部41向学习装置3的状态观测部32输出传感器信息。

[0181] 这样,在空调机1具有湿度传感器46的情况下,学习装置3的状态观测部32的利用传感器选择部32a在图13所示的传感器项目表的生成(步骤S104)中,在图12所示的传感器项目表中如“1个”等那样记入湿度传感器。然后,利用传感器选择部32a在从目标输入部31输入了与湿度控制有关的运转目标的情况下,选择湿度传感器作为利用传感器(步骤S105)。由此,状态函数生成部32b能够生成包含湿度传感器作为利用传感器的作为状态函数的Q-Table(步骤S106)。

[0182] 这样在利用传感器包含湿度传感器的情况下,在学习部33中,如以下的式6那样,使用用户设定的目标相对湿度 $RH_{ref}[\%]$ 和由湿度传感器测定出的相对湿度 $RH_{sensor}[\%]$ 定义目标湿度与测定湿度之间的差异的比率 $ratio_{RH}$ 。

[0183] 【数学式6】

$$[0184] \quad ratio_{RH} = \frac{RH_{ref} - RH_{sensor}}{100}$$

[0185] 然后,能够使用通过式6求出的 $ratio_{RH}$ 计算针对湿度目标的报酬值,能够在式4的

报酬值的计算式中加上湿度的报酬,如以下的式7那样计算报酬值。

[0186] 【数学式7】

$$[0187] \quad r_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(\text{ratio}_T - 1.0)^2}{2} \right) \right) + \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(\text{ratio}_{RH} - 1.0)^2}{2} \right) \right)$$

[0188] 在这样构成的空调系统200中,学习装置3具有状态观测部32,由此,能够对应于湿度传感器46的追加而进行调节湿度的学习。即,发挥能够通过学习装置3进行通用学习的效果。

[0189] 另外,在本实施方式中,说明了具有湿度传感器46作为空调机1的室内机10的结构的空调系统200,但是不限于此,也可以具有湿度传感器作为独立于空调机的结构。在具有湿度传感器等各种传感器作为独立于空调机的结构的情况下,通过设置成能够与学习装置3进行通信,也能够进行通用的学习。

[0190] 实施方式3

[0191] 使用图20~图23对实施方式3的学习装置和空调系统进行说明。图20是示出本实施方式的空调系统300的功能框图。本实施方式的空调系统300与实施方式1的空调系统100的不同之处在于,具有设置成能够与学习装置3进行通信的作为周边装置的循环器61和换气扇62。本实施方式的其他结构与实施方式1相同,因此,下面以不同之处为中心进行说明。

[0192] 下面,在本实施方式中,如图20所示,与实施方式1同样,对使用具有温度传感器43和热图像传感器44的空调机1对减小室内的上下温度差的“温度均匀控制”进行学习的例子进行说明。与实施方式1的控制上的主要不同之处在于,不仅简单地减小室内的温度的上下温度差,还利用温度传感器43测定室内的温度,进行“制冷循环控制”以使测定出的温度成为空调机1的目标温度 $T_r$ 。另外,用户能够使用通信终端5、遥控器等设定空调机1的目标温度。

[0193] 如图20所示,空调系统300具有独立于学习装置3和空调机1的周边装置6。具体而言,周边装置6是循环器61和换气扇62。另外,在本实施方式中,作为例子示出具有循环器61和换气扇62作为周边装置的空调系统300,但是不限于此,也可以将加湿器、除湿器等设为周边装置。

[0194] 周边装置6的循环器61和换气扇62分别具有能够与学习装置3进行通信的运转信息发送部61a、62a,能够经由运转信息发送部61a、62a向学习装置3发送风扇转速等运转信息。此外,循环器61和换气扇62分别具有风扇61b、62b,风扇61b、62b由运转控制部61c、62c来控制。运转控制部61c、62c从学习装置3的控制规则发送部35接收控制信号,并且将风扇61b、62b的控制信息即运转信息输出到运转信息发送部61a、62a。

[0195] 图21示出记入了由本实施方式的利用传感器选择部32a判断为能够利用的传感器项目的传感器项目表。在本实施方式中,与图13所示的流程图同样,学习装置3的状态观测部32的利用传感器选择部32a在图21所示的传感器项目表中进一步将换气扇记入为“1个”,将循环器记入为“1个”(步骤S104)。即,在本实施方式中,登记了能够利用1个换气扇和1个循环器作为周边装置。

[0196] 循环器61吸入室内的空气并将其排出到室内,由此产生气流。因此,可能成为空调机1的气流的辅助,相反也可能成为气流的妨碍。这里,以循环器61成为空调机1的气流的辅助为前提进行说明。

[0197] 换气扇62吸入室内的空气并将其排出到室外。换气扇62不会妨碍空调机1的气流，但是，通过换气扇62的工作而排出室内的暖气、冷气，因此，对于空调机1来说，导致热负荷的增大。即，在换气扇62的工作时和非工作时，空调机1所需要的运转能力不同，因此，需要通过“制冷循环控制”对热交换器的温度进行调节，对吹出风的温度进行控制。

[0198] 因此，这种情况下，学习装置3的利用传感器选择部32a为了对“温度均匀控制”进行学习，选择循环器61和换气扇62作为在学习中的利用的周边装置(步骤S105)。由此，状态函数生成部32b能够生成包含循环器61和换气扇62作为控制对象的作为状态函数的Q-Table(步骤S106)。

[0199] 图21示出由本实施方式的学习装置3的状态函数生成部32b生成的Q-Table。在实施方式1中，根据3点的测定点处的温度的顺位的6种和吹出角度 $\theta$ 的2种定义了12种状态 $s_1 \sim s_{12}$ 。在本实施方式中，也定义与实施方式1相同的状态 $s_1 \sim s_{12}$ 而在学习中使用。

[0200] 此外，在本实施方式中，与实施方式1、2进行比较，能够活用的周边装置增加，因此，将行动的选择项扩大成以下的 $a_1 \sim a_{12}$ 这12种。

[0201]  $a_{1(\text{Up})}$  (提高吹出角度 $\theta$ ):  $\theta_{t+1} = \theta_t + \Delta \theta$

[0202]  $a_{2(\text{Down})}$  (降低吹出角度 $\theta$ ):  $\theta_{t+1} = \theta_t - \Delta \theta$

[0203]  $a_{3(\text{Stay})}$  (不变更吹出角度 $\theta$ ):  $\theta_{t+1} = \theta_t$

[0204]  $a_{4(\text{Increment})}$  (提高吹出温度):  $f_{t+1} = f_t + \Delta f$ 、 $\Phi_{t+1} = \Phi_t - \Delta \Phi$

[0205]  $a_{5(\text{Decrement})}$  (降低吹出温度):  $f_{t+1} = f_t - \Delta f$ 、 $\Phi_{t+1} = \Phi_t + \Delta \Phi$

[0206]  $a_{6(\text{Keep})}$  (不变更吹出温度):  $f_{t+1} = f_t$ 、 $\Phi_{t+1} = \Phi_t$

[0207]  $a_{7(\text{Increment})}$  (提高循环器的风扇转速):  $U_{t+1} = U_t + \Delta U$

[0208]  $a_{8(\text{Decrement})}$  (降低循环器的风扇转速):  $U_{t+1} = U_t - \Delta U$

[0209]  $a_{9(\text{Keep})}$  (不变更循环器的风扇转速):  $U_{t+1} = U_t$

[0210]  $a_{10(\text{Increment})}$  (提高换气扇的风扇转速):  $V_{t+1} = V_t + \Delta V$

[0211]  $a_{11(\text{Decrement})}$  (降低换气扇的风扇转速):  $V_{t+1} = V_t - \Delta V$

[0212]  $a_{12(\text{Keep})}$  (不变更换气扇的风扇转速):  $V_{t+1} = V_t$

[0213] 与实施方式1同样，上述的行动的选择项中的 $a_1 \sim a_3$ 是风向控制即“气流控制”中的一种。此外，与实施方式1同样， $a_4 \sim a_6$ 是温度控制即“制冷循环控制”中的一种。即， $a_1 \sim a_6$ 是与空调机1有关的控制。

[0214]  $a_7 \sim a_9$ 是循环器61的风扇61b的转速 $U$ 的控制。在 $a_7$ 中提高风扇61b的转速，在 $a_8$ 中降低风扇61b的转速。此外，在 $a_9$ 中不变更风扇61b的转速。另外， $\Delta U$ 是循环器61的风扇61b的马达转速的调节用的常数。

[0215]  $a_{10} \sim a_{12}$ 是换气扇62的风扇62b的转速 $V$ 的控制。在 $a_{10}$ 中提高风扇62b的转速，在 $a_{11}$ 中降低风扇62b的转速。此外，在 $a_{12}$ 中不变更风扇62b的转速。另外， $\Delta V$ 是换气扇62的风扇62b的马达转速的调节用的常数。

[0216] 如上所述，状态函数生成部32b在生成状态函数后，向学习部33输出状态函数(步骤S107)。

[0217] 此外，在学习部33中，与实施方式1同样，通过热图像传感器44观测图18所示的地面温度 $T_{Q1}$ 和顶棚面温度 $T_{Q2}$ 的温度，使用以下的式8和式9计算报酬值。这里， $T_m$ 是由温度传感器43测定的吸入温度。此外， $\gamma$ 是取0~1的值的加权系数，是上下温度差和吸入温度 $T_m$ 与目

标温度 $T_r$ 的温度差的评价加权的常数。

[0218] 【数学式8】

$$[0219] \quad \mathit{ratio}_T = \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}}$$

[0220] 【数学式9】

$$[0221] \quad r_t = \gamma \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \exp \left( -\frac{(\mathit{ratio}_T - 1.0)^2}{2} \right) + (1 - \gamma)(T_m - T_r) \right)$$

[0222] 在这样构成的空调系统300中,与实施方式1同样,通过对学习进行更新,能够对考虑到作为周边装置的循环器61和换气扇62等的空调机1的控制进行学习。由此,发挥能够通过学习装置3进行通用学习的效果。

[0223] 近年来普及的家庭自动化的结构使传感器规格的扩展变得容易。该结构不仅搭载了有温度传感器、热图像传感器和图像传感器等,还搭载了有换气扇、循环器、加湿器、除湿器、检测门的开闭的门传感器这样的与室内进行通信的通信装置。如果具有该结构,则即使是未搭载热图像传感器、图像传感器等传感器的空调机,也能够容易地进行传感器规格的功能扩展。

[0224] 如果能够与这种周边设备协作来控制空调机,则与单独使用空调机相比,在提高用户的舒适性、减少消耗电力的方面,存在高效运转的可能性。此时,在学习装置中需要接口,该接口与空调机相同地控制这些周边设备,用于根据室内环境对空调机的控制方法进行学习。

[0225] 这里,为了根据传感器、周边设备的差异制作具有与通用的空调机之间的接口的学习装置,考虑多种可能性,认为需要准备规模非常大且复杂的接口。但是,实际上,能够在气流控制和制冷循环控制的调节中活用的传感器以及对空调机的运转造成影响的周边装置的种类有限。关于能够在气流控制和制冷循环控制的调节中活用的传感器,可举出温度传感器、热图像传感器、图像传感器、湿度传感器、门传感器,例如仅考虑这些传感器的个数和分辨率即可。此外,关于对空调机的运转造成影响的周边装置,存在循环器、换气扇、加湿器、除湿器,仅考虑这些即可。

[0226] 特别地,用户根据换气扇、循环器这样的周边装置的运转而手动地调节空调机的风向和温度等的设定是非常花费劳力和时间的作业,但是,根据该方法,能够自动地使空调机的控制成为最佳的控制。

[0227] 图23示出循环器61的气流和空调机1的室内机10的吹出风的气流发生干涉的状况。通过循环器61的送风对空调机1的送风进行辅助,由此,与本来以空调机1单体进行运转相比,能够向更宽范围送出气流。但是,在循环器61的送风方向与空调机1的送风方向发生干涉的情况下,有时循环器61妨碍空调机1的送风。

[0228] 因此,在通过学习装置3对循环器61的运转进行控制的情况下,能够如以下的 $a_{13} \sim a_{15}$ 那样在行动的选择项中进一步追加循环器61的送风角度 $\beta$ 。由此,能够对不与循环器61的气流发生干涉的吹出风的风向进行学习。

[0229]  $a_{13(\text{Up})}$  (提高风扇61b的送风角度 $\beta$ ):  $\beta_{t+1} = \beta_t + \Delta \beta$

[0230]  $a_{14(\text{Down})}$  (降低风扇61b的送风角度 $\beta$ ):  $\beta_{t+1} = \beta_t - \Delta \beta$

[0231]  $a_{15(\text{Stay})}$  (不变更风扇61b的送风角度 $\beta$ ):  $\beta_{t+1} = \beta_t$

[0232] 另外,在本实施方式中,说明了定义与实施方式1相同的状态 $s_1 \sim s_{12}$ 而在学习中使用情况,但是,例如,也可以进一步在状态的定义中增加循环器61的电源的接通和断开这2种以及换气扇62的电源的接通和断开这2种的合计4种,作为状态定义 $6 \times 2 \times 2 \times 2 = 48$ 种状态 $s_1 \sim s_{48}$ 等。

[0233] 实施方式4

[0234] 使用图24~图26对实施方式4的空调系统进行说明。图24是示出本实施方式的空调系统400的功能框图。本实施方式的空调系统400与实施方式1~3的空调系统的不同之处在于,能够进行考虑室内人数而区分使用Q-Table的学习。本实施方式的其他结构与实施方式1或3相同,因此,下面以不同之处为中心进行说明。

[0235] 另外,在以下的说明中,空调机1是设置于面积为10张草席( $18\text{m}^2$ )左右的房间的室内空调机,以具有2000W左右的热负荷能力的空调机为例进行说明,但是不限于此。

[0236] 如图24所示,空调系统400在空调机1的室内机10具有图9的(c)中说明的图像传感器45。图像传感器45的传感器信息经由传感器信息发送部41发送到学习装置3的状态观测部32。此外,本实施方式的学习装置3在状态观测部32具有室内人数计数部32c。室内人数计数部32c根据图像传感器45的传感器信息对设置有空调机1的室内机10的室内的用户的人数进行计数。

[0237] 在空调机1具有高分辨率的图像传感器45的情况下,能够通过图像处理来判定位于室内的用户的人数。关于人体的发热量,每1人为100W左右,成为空调机1的热负荷。通过在空调机1的状态的定义中包含用户的人数,能够进行空调机1的运转能力的调节。如果是住宅用的室内空调机,则10张草席( $18\text{m}^2$ )用的室内空调机具有2000W以上的热负荷能力。

[0238] 在实施方式1中,在学习中没有考虑室内的人数,在由状态观测部定义的状态 $s_1 \sim s_{12}$ 中不包含室内的人数的信息。这假设室内的人数为1~2人左右等,如果是具有2000W以上的热负荷能力的空调机,则不会对控制方法造成较大影响。但是,即使是10张草席( $18\text{m}^2$ )左右的室内,有时也经常同时滞留3人以上的人数。

[0239] 下面,说明在这种情况下根据位于室内的人数对强化学习的方法进行调节的方法。更具体而言,在本实施方式中,保持室内的用户的人数为2人以下的情况和室内的用户的人数为3人以上的情况这2种Q-Table,根据用户的人数而区分使用要使用的Q-Table。

[0240] 图25示出本实施方式中使用的Q-Table的例子。图25的(a)是室内的用户的人数为2人以下的情况下使用的Q-Table,与实施方式1中说明的Q-Table相同。在室内的用户的人数为2人以下的情况下,热负荷小,因此,能够仅利用空调机进行控制而不使用室内的换气扇、循环器的辅助。

[0241] 另一方面,图25的(b)是室内的用户的人数为3人以上的情况下使用的Q-Table,如实施方式3中说明的那样在控制项目中包含循环器61和换气扇62。在室内的用户的人数为3人以上的情况下,热负荷大,因此,优选使用室内的循环器61和换气扇62的辅助。

[0242] 这样,具有大小不同的至少2个Q-Table,根据状况对要使用的Q-Table进行变更,由此,不用以必要以上的程度增大Q-Table,能够进行细致的控制。另外,本实施方式的空调系统400的特征在于,具有多个Q-Table且进行分区使用,因此,Q-Table的个数不限于2个,也可以是3个以上。此外,区分使用多个Q-Table的基准也可以是用户人数以外。

[0243] 图26是用于说明实施方式4的学习方法的流程图。如图25所示,本实施方式的流程图在实施方式1所示的图13的流程图中追加了室内人数的计数(步骤S121)和状态函数的选择(步骤S122)的处理。

[0244] 与实施方式1、3同样,状态函数生成部32b生成状态函数(步骤S107)。但是,在本实施方式中,状态函数生成部32b生成图25所示的2种Q-Table。

[0245] 然后,在状态函数生成部32b向学习部33输出了状态函数的情况下(步骤S107)、或者判定为不存在传感器规格的变更的情况下(步骤S103:否),状态观测部32的室内人数计数部32c使用从传感器信息发送部41输入的图像传感器45的传感器信息对室内的用户的人数进行计数(步骤S121)。

[0246] 然后,室内人数计数部32c根据室内人数的计数结果选择适当的状态函数(步骤S122)。选择哪个状态函数的信息从状态观测部32输出到学习部33。

[0247] 然后,与实施方式1同样,状态观测部32进行状态的观测(步骤S108)。此后的流程与实施方式1相同,但是,判定是否结束学习(步骤S111),在判定为不结束学习的情况下(步骤S111:否),再次由室内人数计测部32c进行室内人数的计数(步骤S121)。

[0248] 在这样构成的空调系统400中,在空调机的状态的定义中包含存在于室内的用户的人数,由此能够进行空调机的运转能力的调节,发挥如下的效果:不会以必要以上的程度增大Q-Table,能够进行细致的控制。

[0249] 实施方式5

[0250] 对实施方式5的空调系统进行说明。本实施方式的空调系统与实施方式1~4的空调系统的不同之处在于,学习装置3设置于服务器上。本实施方式的空调系统的其他结构与实施方式1~4相同,因此,下面以不同之处为中心进行说明。

[0251] 学习装置3不需要限定成设置于用户使用的通信终端5、空调机1的一部分(例如遥控器),也可以设置于经由互联网的服务器上。该情况下,服务器上的学习装置3能够进行2台以上的空调机1的运转学习。

[0252] 这里,在实施方式1中,说明了学习装置3的目标输入部31安装于通信终端5的I/O51且由用户输入目标的例子。但是,在本实施方式中,包含目标输入部31的学习装置3整体设置于服务器上。即,本实施方式中的学习装置3的目标输入部31具有如下功能:在通过用户使用的能够与空调机1进行通信的通信终端或空调机1的遥控器等输入运转目标后,接收该输入的信息。

[0253] 与实施方式4同样,在空调机1具有高分辨率的图像传感器45的情况下,通过对由图像传感器45拍摄到的图像进行处理,能够调查空调机1的设置室内的形状。即,发挥如下的效果:使用图像传感器45检测室内的布局,作为状态定义室内的布局,对多个空调机的运转进行学习,由此能够建立基于布局的最佳的气流控制和制冷循环控制。

[0254] 实施方式6

[0255] 图27示出实施方式6的空调系统。实施方式6的空调系统与实施方式1~5的空调系统的不同之处在于,具有传感器测定值插值部47,该传感器测定值插值部47根据传感器的测定值估计状态估计值,对传感器的测定值进行插值。本实施方式的空调系统的其他结构与实施方式1~5相同,因此,下面以不同之处为中心进行说明。

[0256] 温度传感器、湿度传感器这样的传感器类的精度、分辨率和采样率这样的性能根

据传感器的种类而不同。例如,精度根据传感器的品质而不同,如低价的温度传感器的精度低,包含 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的误差,高价的温度传感器的精度高,包含 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的误差等。此外,分辨率根据传感器的品质而不同,如低价的温度传感器的分辨率为 $1.0^{\circ}\text{C}$ ,高价的温度传感器的分辨率为 $0.1^{\circ}\text{C}$ 等。此外,采样率根据传感器的品质而不同,如低价的温度传感器的采样率为5.0秒周期,高价的温度传感器的采样率为1.0秒周期等。

[0257] 为了将强化学习等控制方法应用于空调机,当传感器的精度、分辨率和采样率高时,能够高精度地观测状态,因此是优选的。因此,本来优选使用高性能的传感器。但是,即使是低价且性能低的传感器,通过利用卡尔曼滤波器等状态估计方法对测定数据进行插值,也能够补充精度、分辨率和采样率,得到与性能高的传感器相同的测定值。

[0258] 本实施方式6的空调系统具有传感器测定值插值部47。传感器测定值插值部47通过使用状态估计方法,根据各传感器的实际的测定值计算状态估计值,对传感器的测定值进行插值。传感器测定值插值部47也可以设置于传感器信息发送部41,但是,配置不限于此。此外,传感器测定值插值部47也可以收集传感器的精度、分辨率和采样率的规格,在这些规格值的性能比基准低的情况下,进行传感器测定值的插值。

[0259] 下面,对传感器测定值插值部47的动作进行说明。传感器测定值插值部47的动作包含下述的系统辨识步骤和状态估计步骤。

[0260] <系统辨识步骤>

[0261] 首先,对系统辨识步骤进行说明。房间的温度 $x(t)$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]能够如式10那样写作外部气体温度 $x_0$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]、基于空调机的热输入 $Q$  [ $\text{W}$ ]、房间的隔热系数 $L$  [ $\text{W}/^{\circ}\text{C}$ ]。

[0262] 【数学式10】

$$[0263] \quad \frac{dx(t)}{dt} = L(x(t) - \theta_0) + Q(k)$$

[0264] 图28是示出利用最小分辨率 $\Delta T$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]、采样率 $\Delta t$  [秒]的温度传感器观测这种房间的温度 $y(t)$ 的情况下的温度值的图。

[0265] 式10是温度 $x(t)$ 的线性一阶常微分方程式,通过进行差分化,如式11那样,能够利用线性的状态空间模型来描述。这里, $k$ 是离散时间( $k=0,1,\dots$ ),示出时间 $t=k\Delta t$  [秒]。 $x(k)$ 是状态(温度), $Q(k)$ 是空调机的热输入, $y(k)$ 是由传感器计测出的房间的温度值。

[0266] 【数学式11】

$$[0267] \quad x(k+1) = Ax(k) + bQ(k)$$

$$[0268] \quad y(k) = cx(k)$$

[0269] 在式11中, $A$ 、 $b$ 、 $c$ 是状态空间模型的参数。以采样率 $\Delta t$ 收集一定期间的数据 $y(k)$ 、 $Q(k)$ ,进行最小二乘法、N4SID法等系统辨识,由此能够估计参数( $A$ 、 $b$ 、 $c$ )。

[0270] 传感器测定值插值部47根据式11和一定期间的数据 $y(k)$ 、 $Q(k)$ 进行系统辨识,估计状态空间模型的参数( $A$ 、 $b$ 、 $c$ )。在估计参数( $A$ 、 $b$ 、 $c$ )后,转移到状态估计步骤。

[0271] <状态估计步骤>

[0272] 在状态估计部步骤中,作为房间的温度值,使用以比 $\Delta t$ 小的采样率 $\Delta t_{\text{up}}$ 对由采样率 $\Delta t$ 的温度传感器观测到的传感器温度值进行重采样(上采样)而得到的数据。图29示出以 $\Delta t_{\text{up}}$ 对图28中测定出的传感器温度值进行重采样(上采样)而得到的温度值。这里,上采样进行将追加图1的传感器的温度计测时间 $t$ 的 $\pm \Delta t/2$ 秒的区间的温度设为与传感器温度

计测值相同的值的简单插值。

[0273] 传感器值设为对真实的温度值 $x(k)$ 附加白噪声 $w(k)$ 而得到的值的观测值,以对式11的状态空间模型附加了白噪声 $w(k)$ 的形式,如式12那样模型化。以后,处理以 $\Delta t_{up}$ 对传感器温度值进行上采样而得到的数据。式12和式11处理的温度数据的采样率不同,因此,离散时间不是 $k$ 而是 $l$ 。

[0274] 【数学式12】

$$[0275] \quad x(l+1) = A x(l) + b Q(l)$$

$$[0276] \quad y(l) = c x(l) + w(l)$$

[0277] 在使用线性卡尔曼滤波器时,能够根据观测值 $y(l)$ 逐次地估计真实的温度值 $x(l)$ 。

[0278] 具体而言,在时间 $t=1$ 计算下述的预测步骤和滤波步骤,在进行这2个计算后,将时间增加为 $t=l+1$ ,反复进行同样的运算。

[0279] 预测步骤

[0280] 使用下述的式13求出先验状态估计值 $\hat{x}^-(l)$ 、先验误差协方差矩阵 $P^-(l)$ 。

[0281] 【数学式13】

$$[0282] \quad \hat{x}^-(l) = A \hat{x}^-(l-1) + b Q(l-1)$$

$$[0283] \quad P^-(l) = A P^-(l-1) A^T$$

[0284] 滤波步骤

[0285] 使用下述的式14求出卡尔曼增益 $g(l)$ 、状态估计值 $\hat{x}(l)$ 、后验误差协方差矩阵 $P(l)$ 。

[0286] 【数学式14】

$$[0287] \quad g(l) = \frac{P^-(l)c}{c^T P^-(l)c}$$

$$[0288] \quad \hat{x}(l) = \hat{x}^-(l) + g(l)(y(l) - c^T \hat{x}^-(l))$$

$$[0289] \quad P(l) = (I - g(l)c^T) P^-(l)$$

[0290] 如果逐次地反复进行这种运算,则能够根据观测值得到状态估计值 $\hat{x}(l)$ 。图30是示出根据图29通过卡尔曼滤波器估计出的状态估计值的图。通过使用得到的状态估计值对传感器测定值进行插值,能够补充传感器的分辨率和采样率而提高状态的观测精度。

[0291] 传感器测定值插值部47使用以比 $\Delta t$ 小的采样率 $\Delta t_{up}$ 对由采样率 $\Delta t$ 的温度传感器观测到的传感器温度值进行重采样而得到的数据,根据式12进行状态估计,计算状态估计值,使用该状态估计值对传感器测定值进行插值。然后,数据学习装置3使用通过状态估计值对传感器测定值进行插值而得到的数据进行学习。通过使用通过状态估计值对传感器测定值进行插值而得到的数据,补充传感器的分辨率和采样率,能够提高状态的观测精度。此外,通过提高状态的观测精度,能够提高学习的精度。

[0292] 如上所述,根据本实施方式6的空调系统,具有传感器测定值插值部,该传感器测定值插值部根据传感器的测定值估计状态估计值,对传感器的测定值进行插值,由此,能够补充传感器的分辨率和采样率而高精度地观测状态,能够提高学习的精度。

[0293] 另外,将各实施方式适当组合、变形、省略也包含在本发明的范围内。

[0294] 标号说明

[0295] 1:空调机;3:学习装置;5:通信终端;6:周边装置;10:室内机;11:热交换器;11a:配管;11b:翅片;12:风扇;13:风向控制板(上下);14:风向控制板(左右);17:微机;17a:气流控制规则存储部;17b:室内机控制部;20:室外机;21:热交换器;22:风扇;23:压缩机;24:膨胀阀;25:四通阀;26:温度传感器;27:微机;27a:制冷循环控制规则存储部;27b:室外机控制部;31:目标输入部;32:状态观测部;32a:利用传感器选择部;32b:状态函数生成部;32c:室内人数计数部;33:学习部;34:控制规则存储部;35:控制规则发送部;41:传感器信息发送部;43:温度传感器;44:热图像传感器;45:图像传感器;46:湿度传感器;47:传感器测定值插值部;51:I/O;52:微机;61:循环器;61a:运转信息发送部;61b:风扇;61c:运转控制部;62:换气扇;62a:运转信息发送部;62b:风扇;62c:运转控制部;100、200、300、400:空调系统。

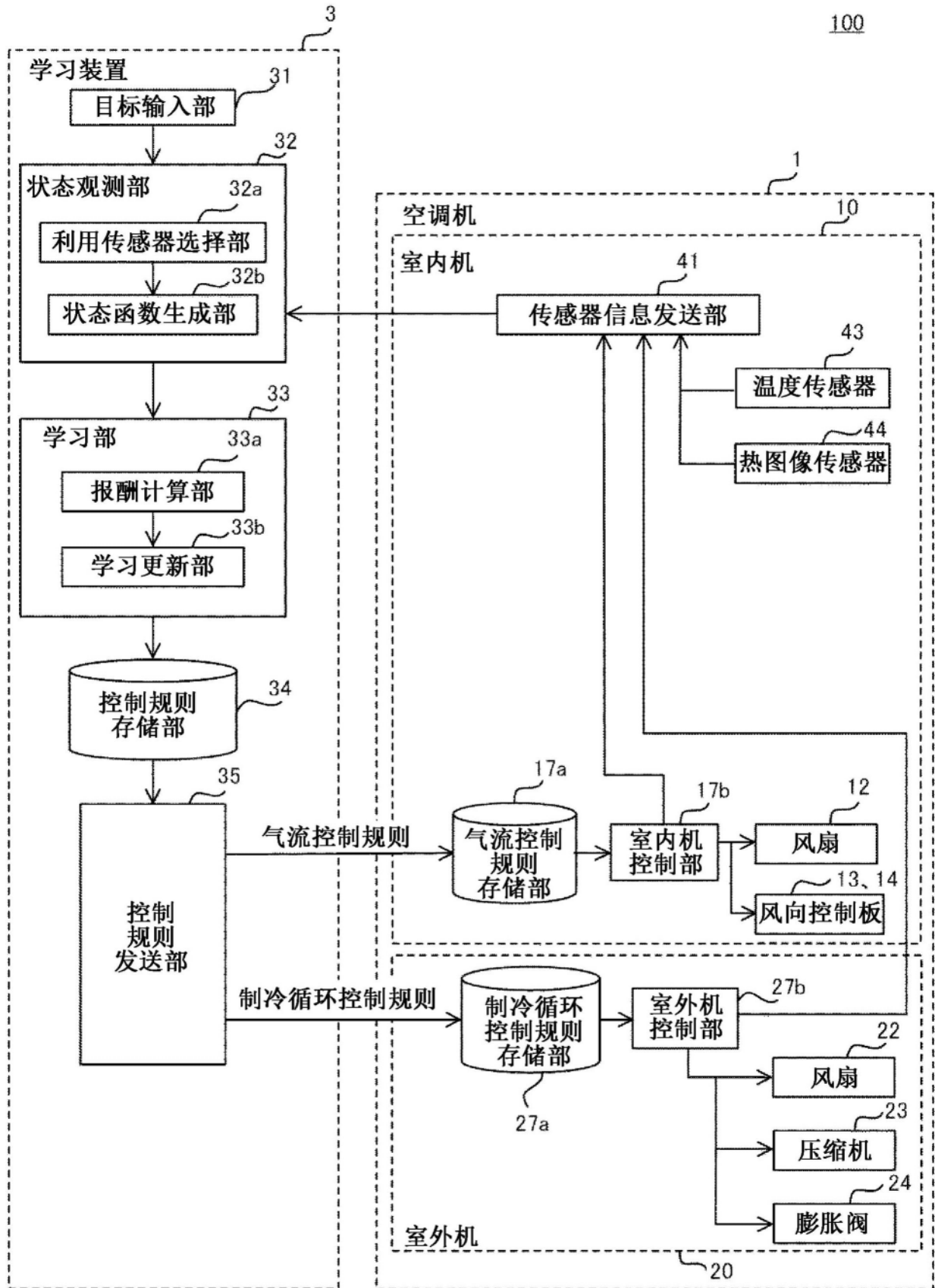


图1

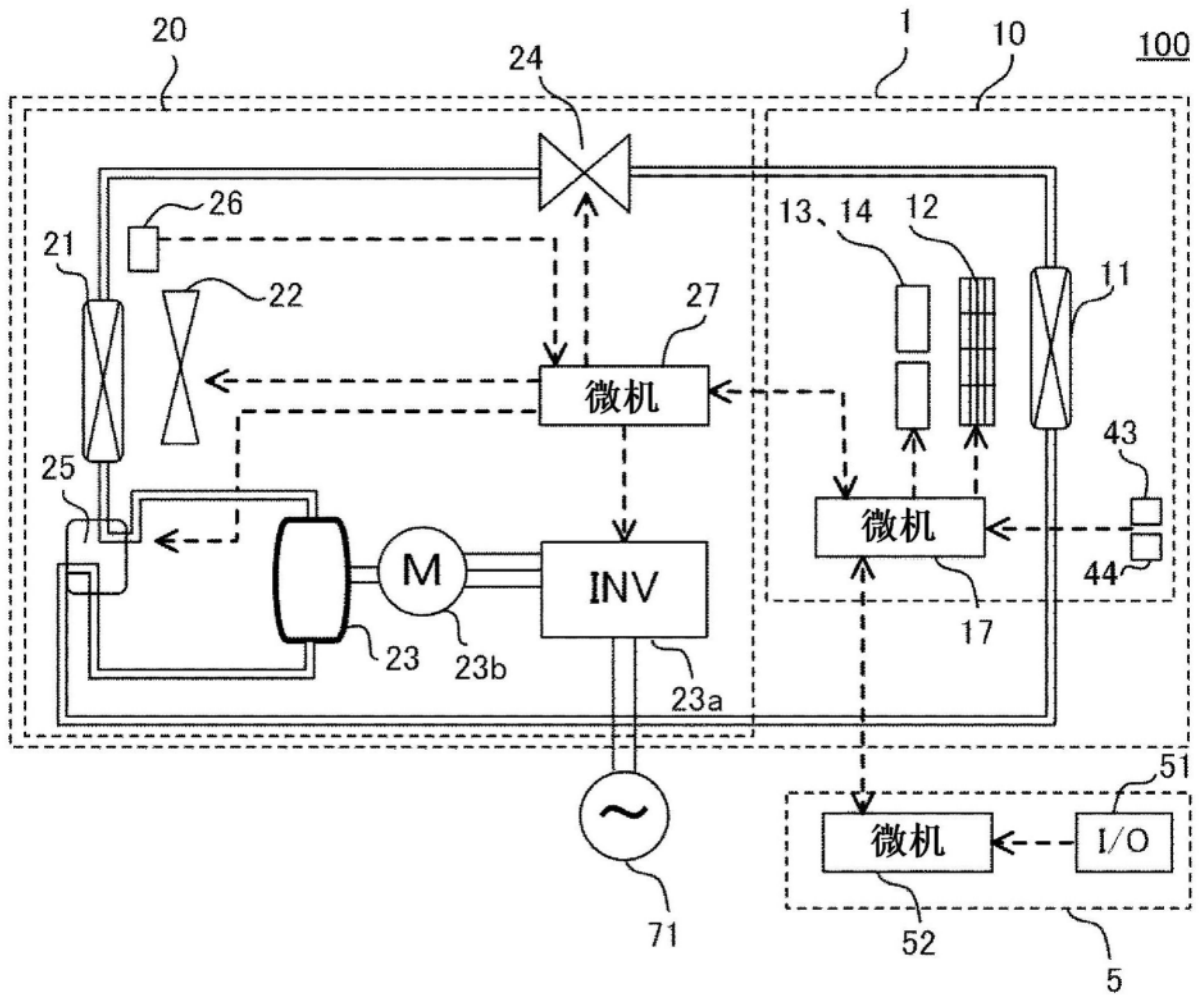


图2

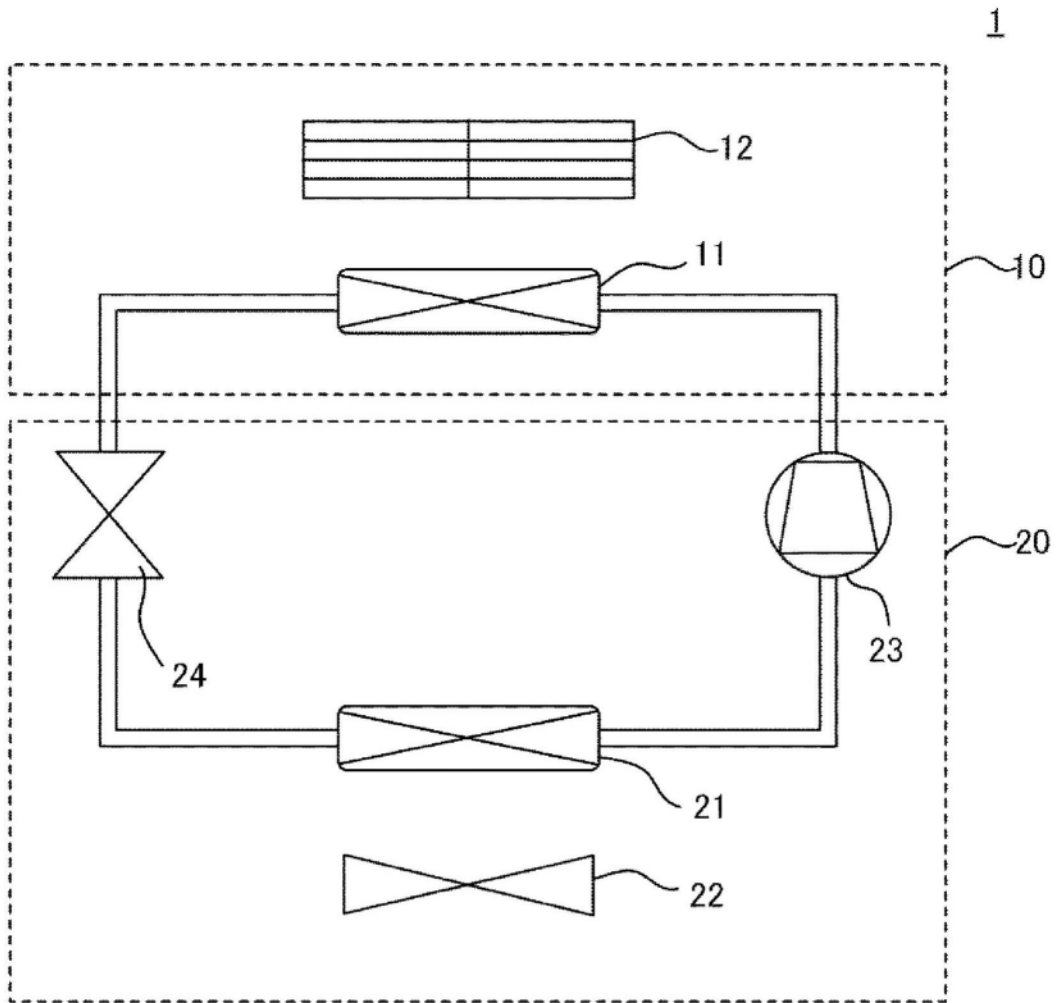


图3

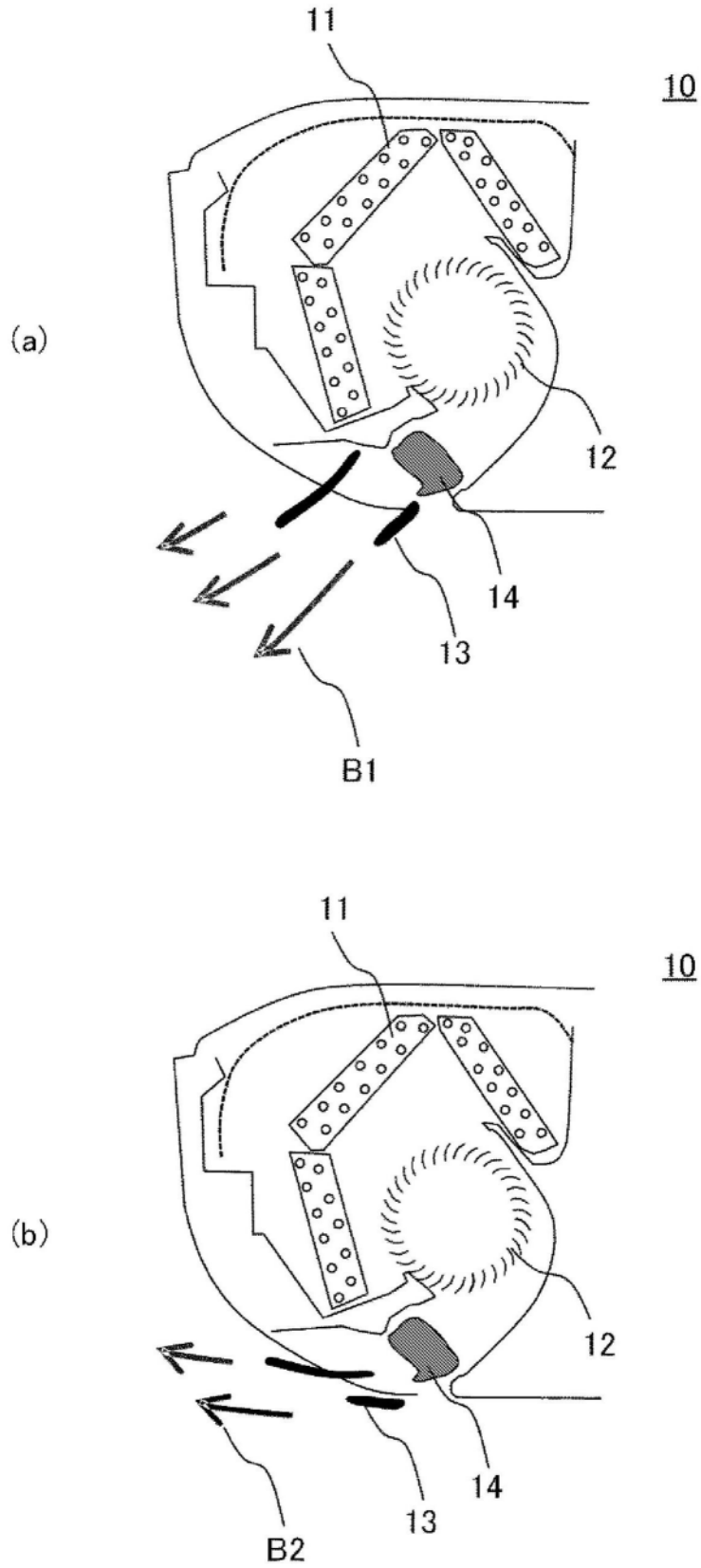


图4

11

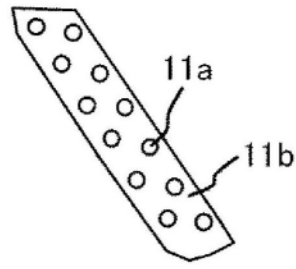


图5

10

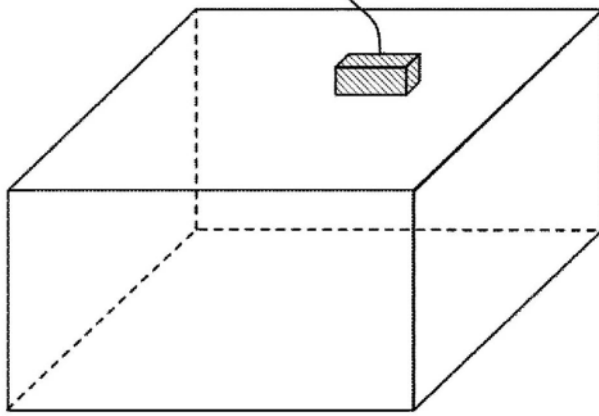


图6

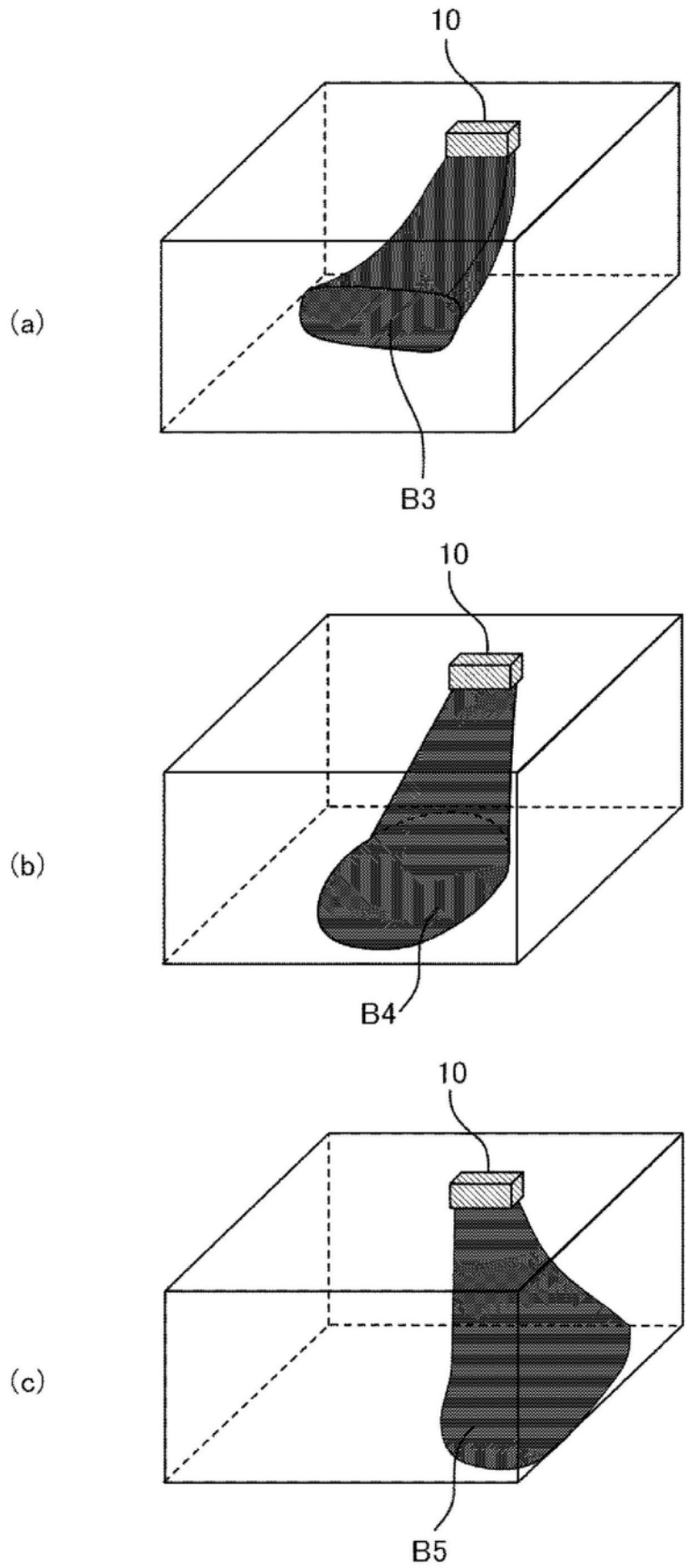


图7

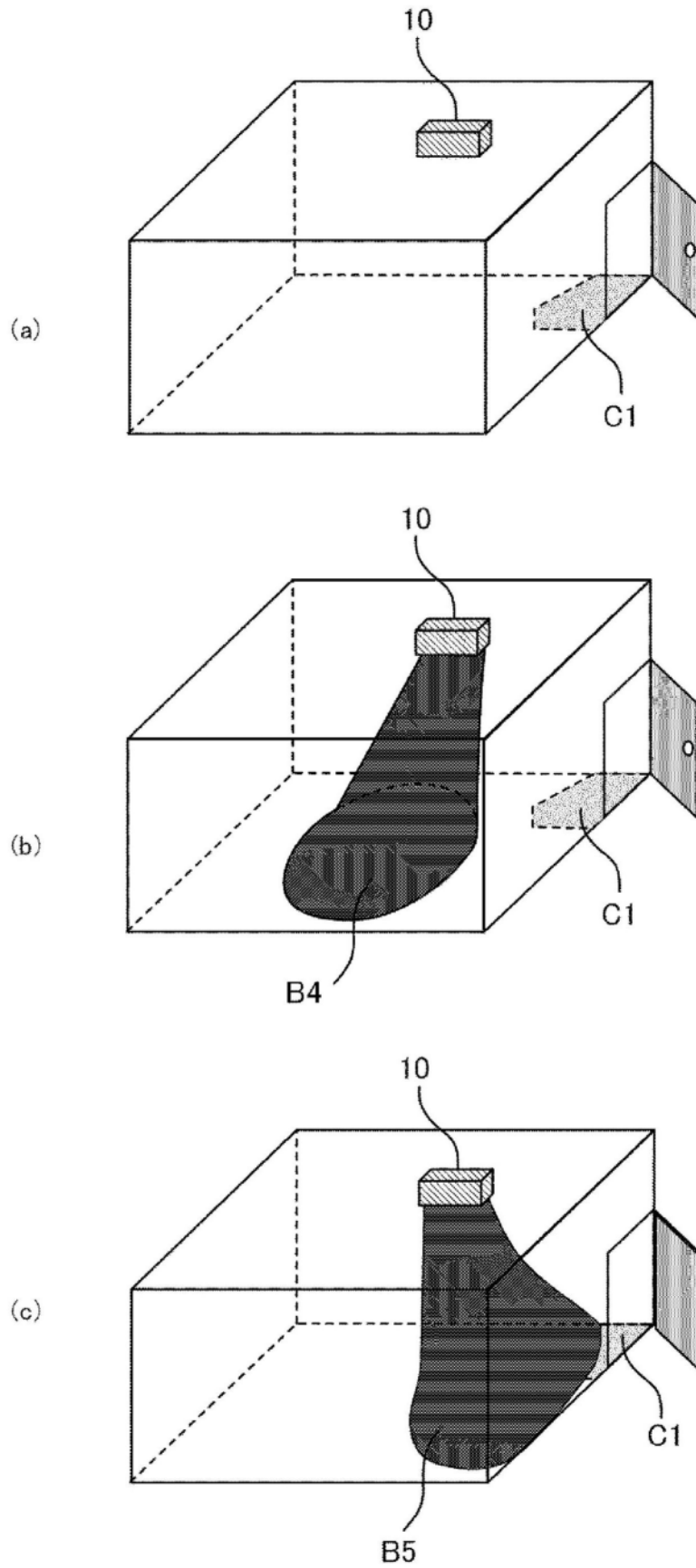


图8

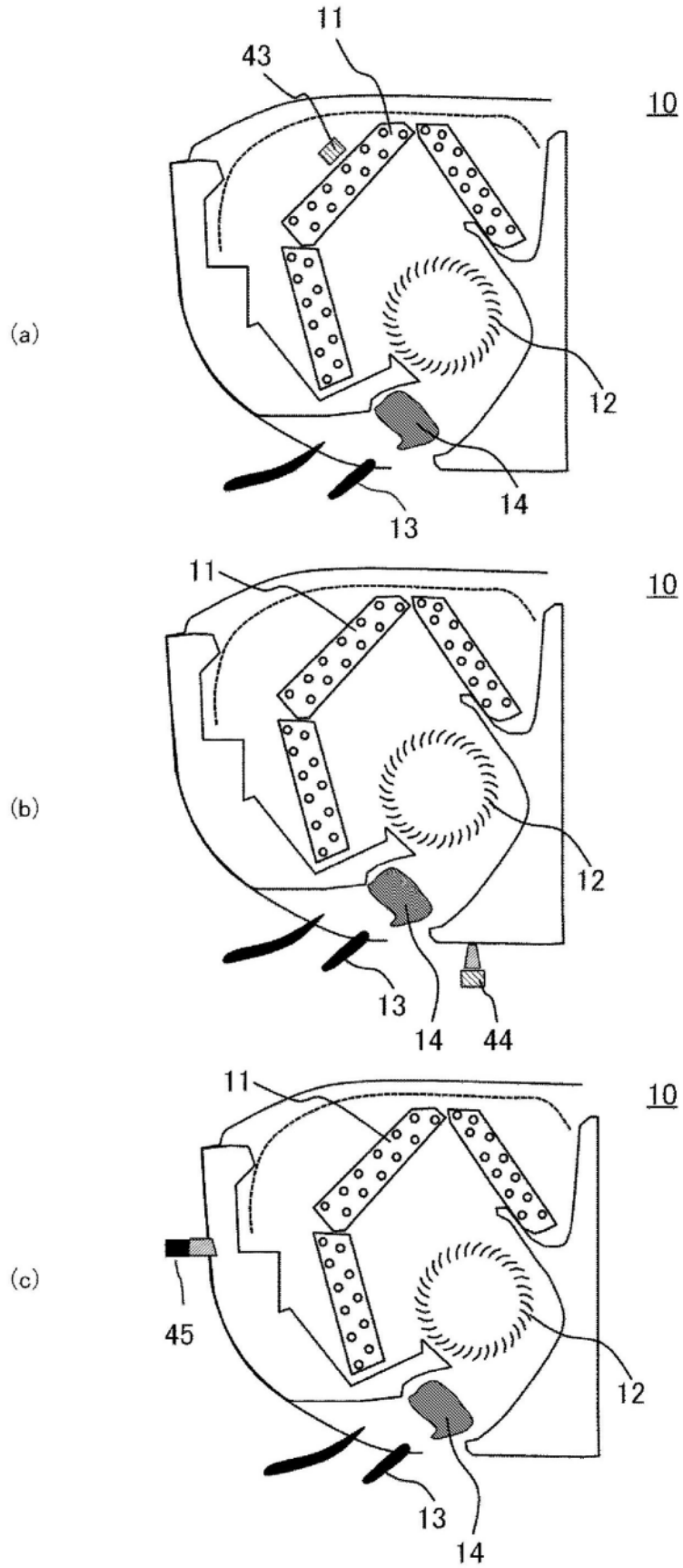


图9

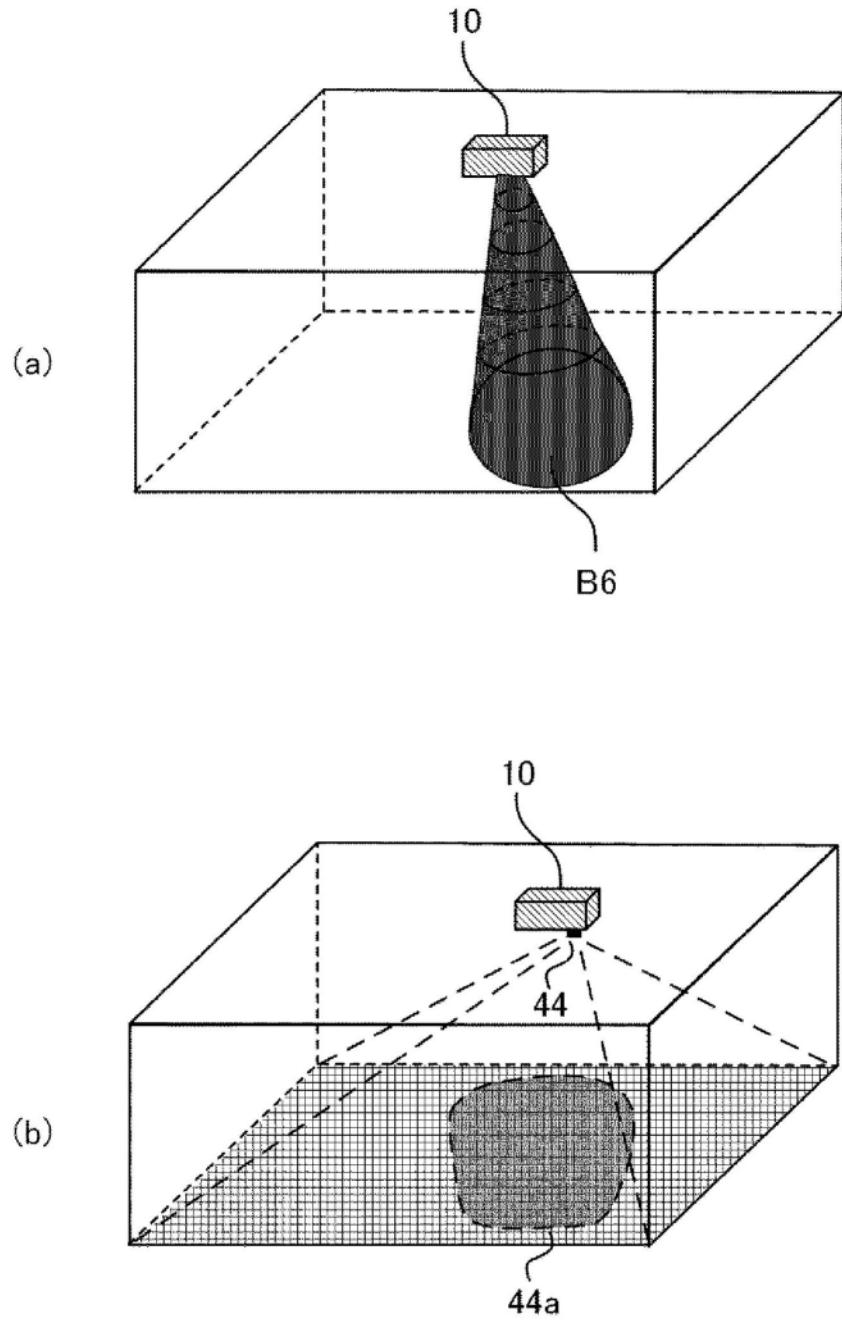


图10

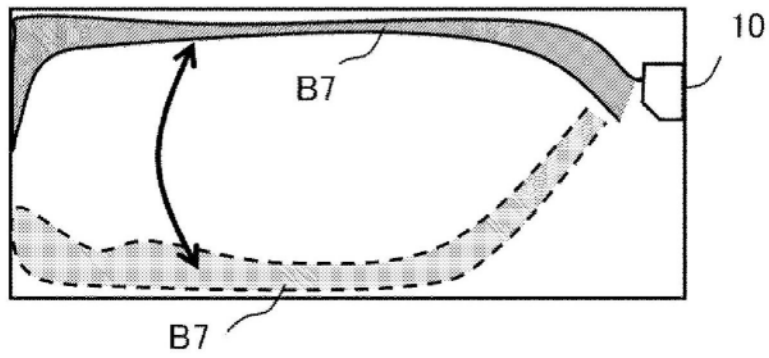


图11

传感器项目	搭载规格
温度传感器	1个
湿度传感器	无
热图像传感器	1个（分辨率/中）
图像传感器	无
门传感器	无
加湿器	无
除湿器	无
换气扇	无
循环器	无

图12

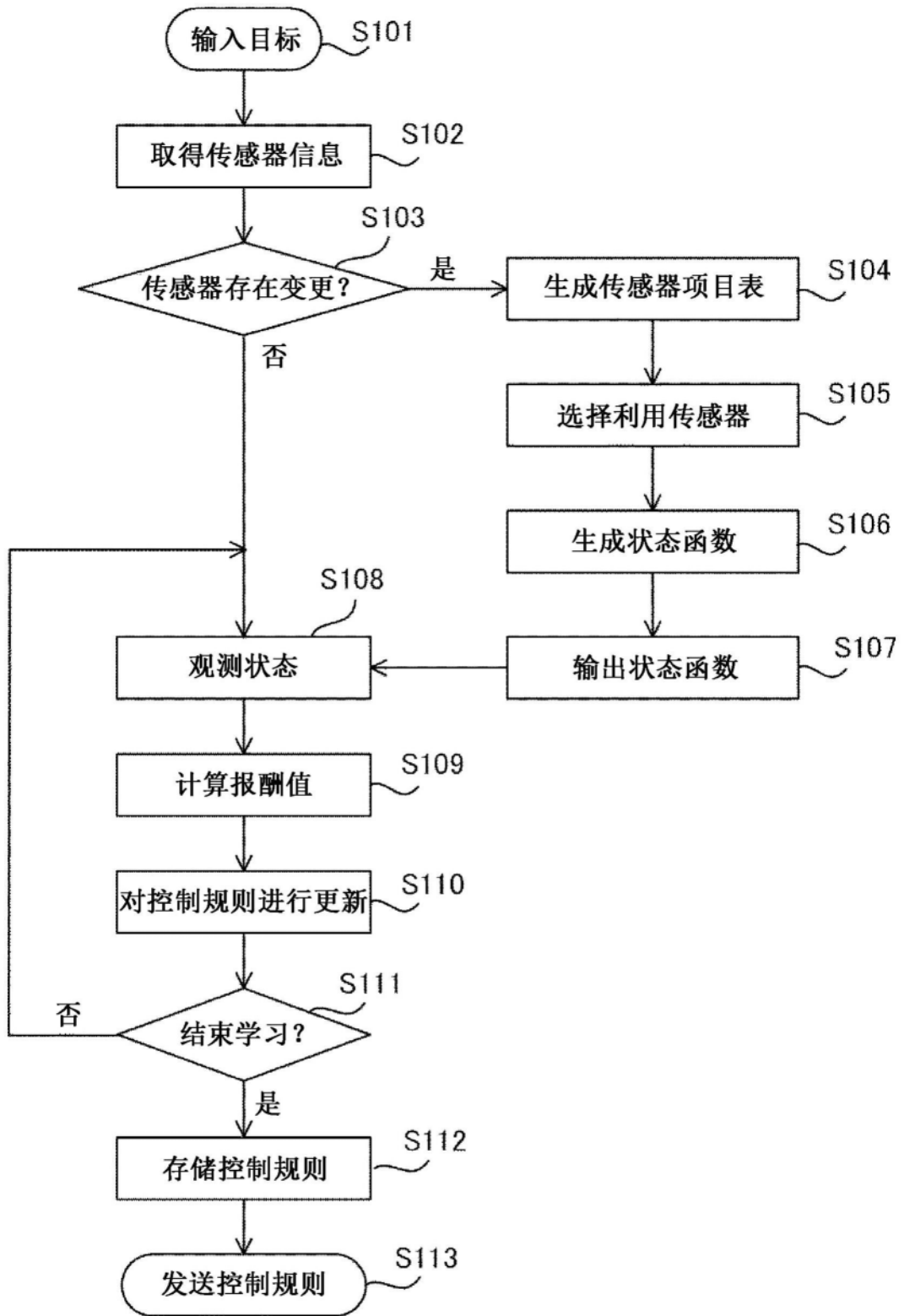


图13

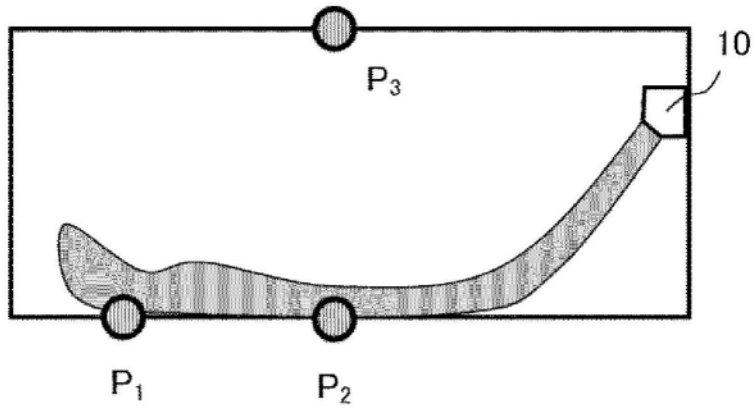


图14

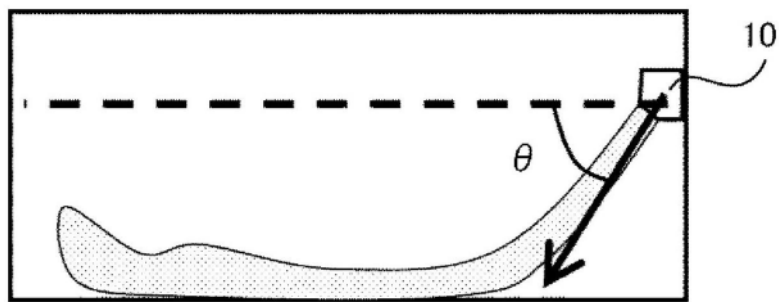


图15

State	$T_{P1}$	$T_{P2}$	$T_{P3}$	$\theta$
$s_1$	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	$\theta < 45^\circ$
$s_2$	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	$\theta \geq 45^\circ$
$s_3$	1 <sup>st</sup>	3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup>	$\theta < 45^\circ$
:	:	:	:	:
$s_{12}$	3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	$\theta \geq 45^\circ$

图16

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	...	$s_{12}$
$a_1$ (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
$a_2$ (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
$a_3$ (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
$a_4$ (Increment)	:				:
$a_5$ (Decrement)	:				:
$a_6$ (Keep)	:			...	:

图17

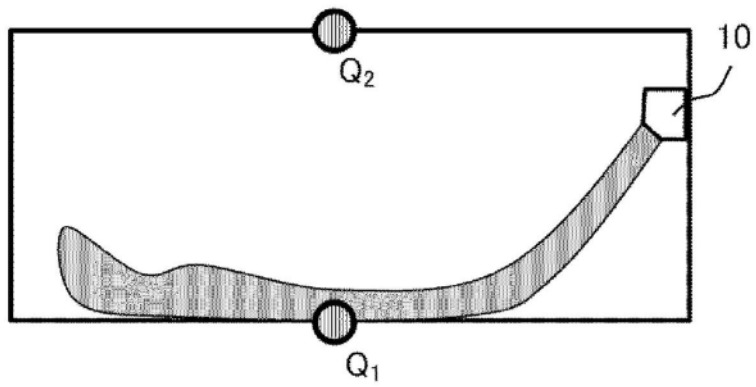


图18

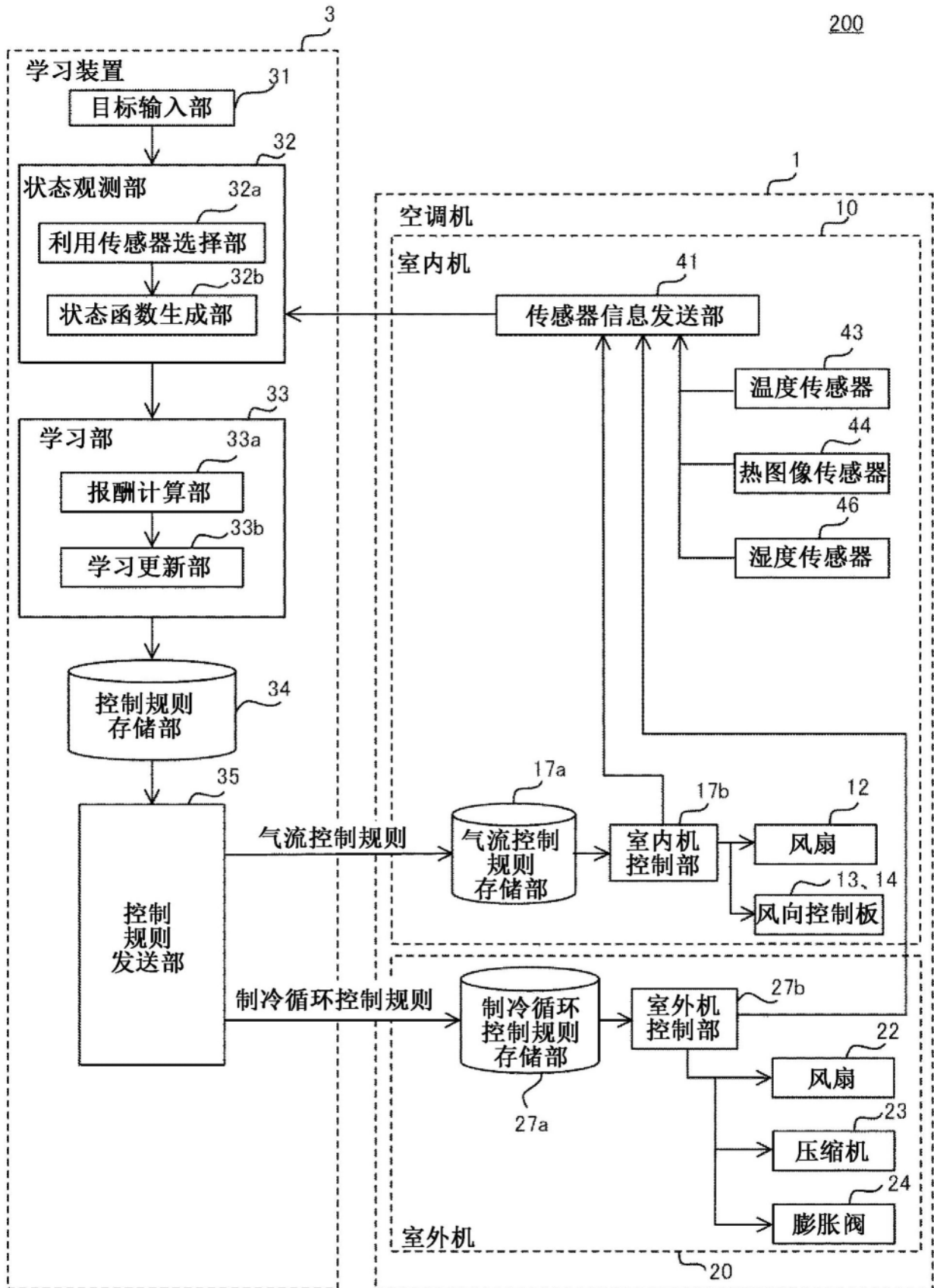


图19

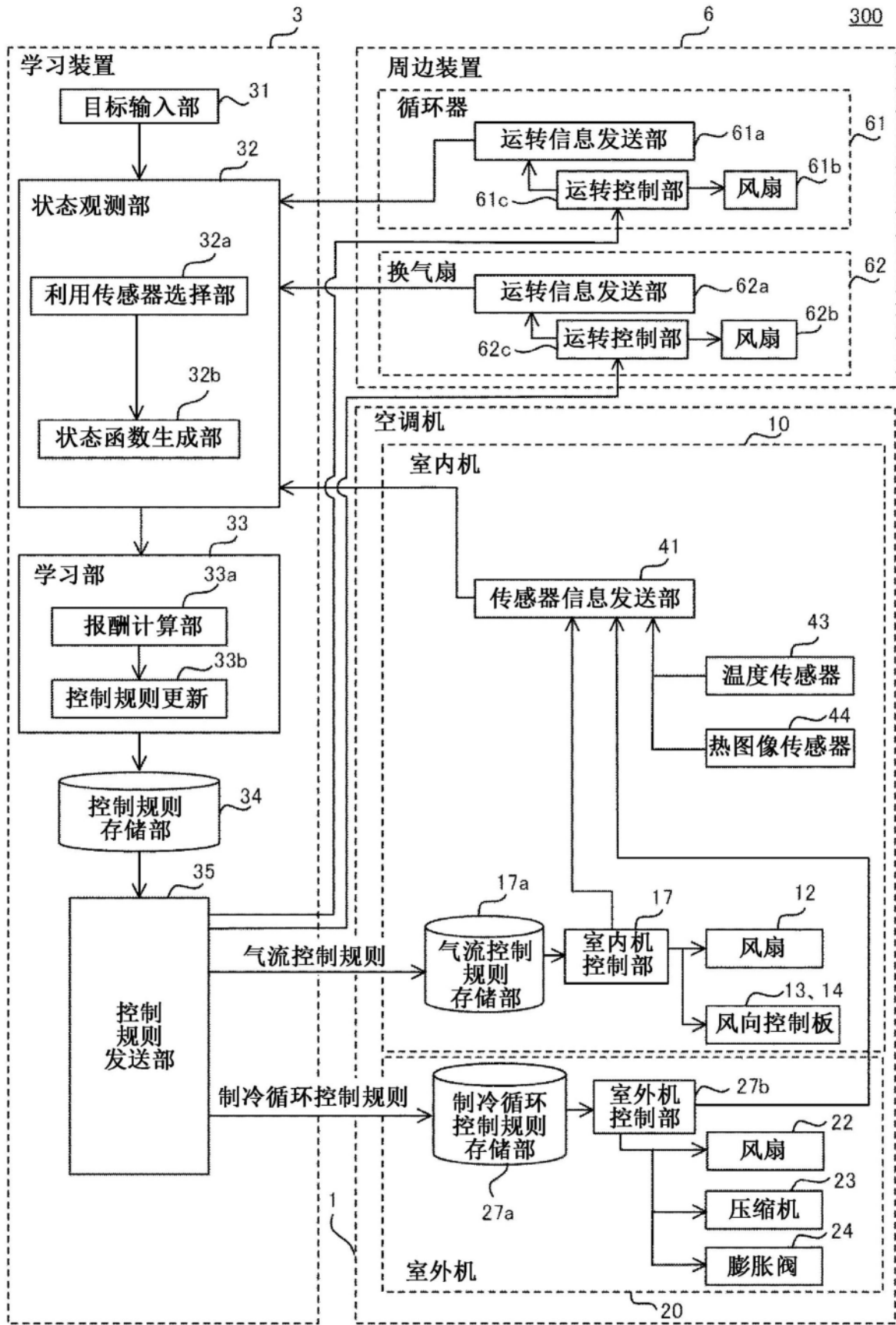


图20

传感器项目	搭载规格
温度传感器	1个
湿度传感器	无
热图像传感器	1个(分辨率/中)
图像传感器	无
门传感器	无
加湿器	无
除湿器	无
换气扇	1个
循环器	1个

图21

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	...	$s_{12}$
$a_1$ (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
$a_2$ (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
$a_3$ (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
$a_4$ (Increment)	:				:
$a_5$ (Decrement)	:				:
$a_6$ (Keep)	:			...	:
:					:
:					:
$a_{12}$ (Keep)					:

图22

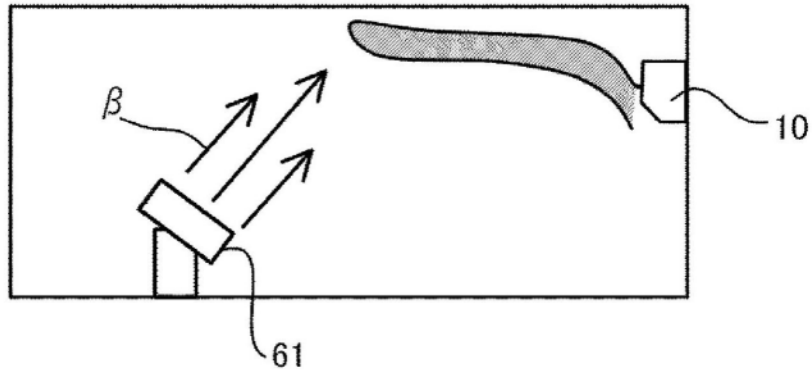


图23

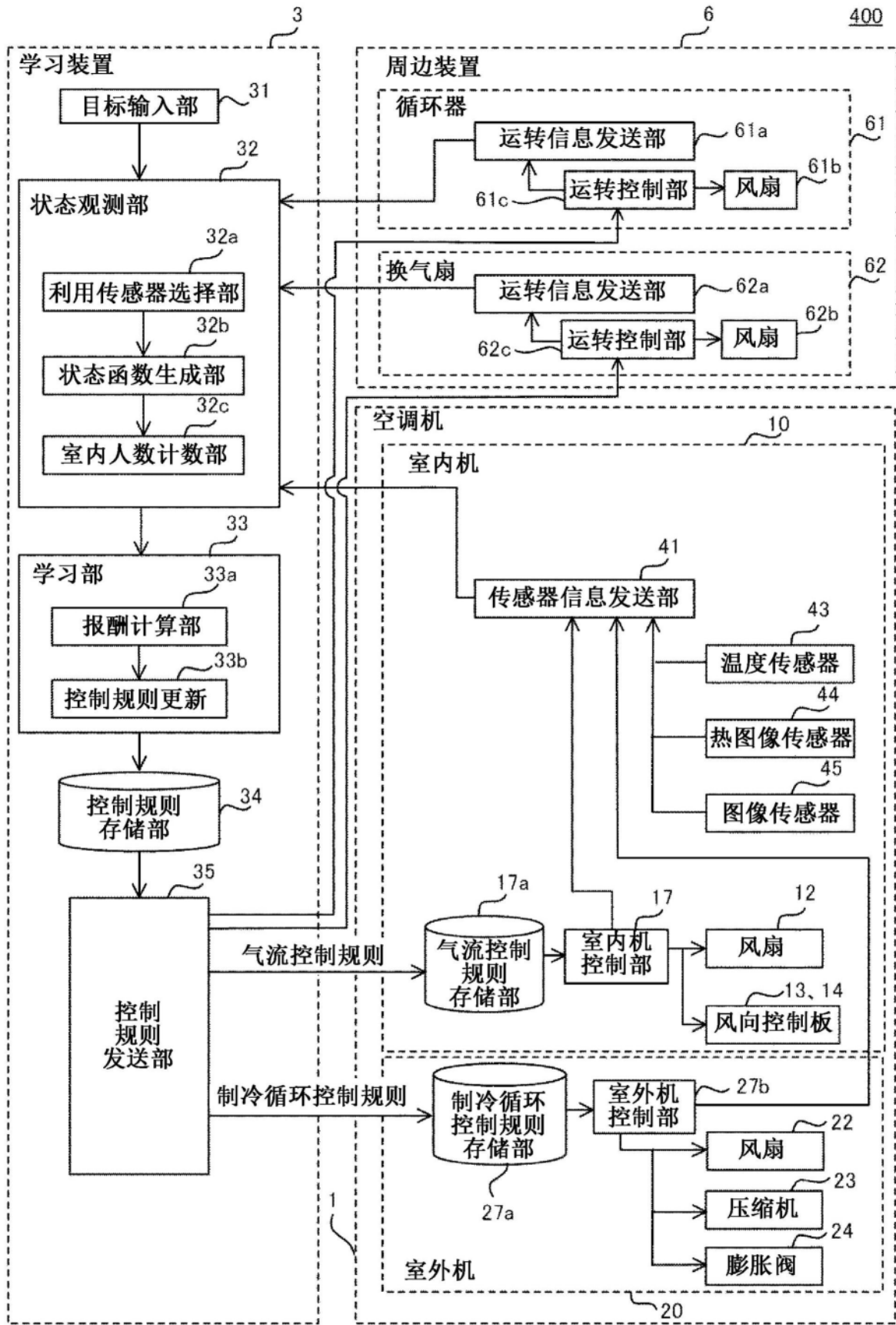


图24

(a)

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	...	$s_{12}$
$a_1$ (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
$a_2$ (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
$a_3$ (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
$a_4$ (Increment)	:				:
$a_5$ (Decrement)	:				:
$a_6$ (Keep)	:			...	0.3

(b)

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	...	$s_{48}$
$a_1$ (UP)	0.2	0.5	0.8	...	0.2
$a_2$ (Down)	0.1	0.2	0.2	...	0.1
$a_3$ (Stay)	0.3	0.6	0.1	...	0.3
$a_4$ (Increment)	:				:
$a_5$ (Decrement)	:				:
$a_6$ (Keep)	:			...	:
:					:
:					:
$a_{12}$ (Keep)					:

图25

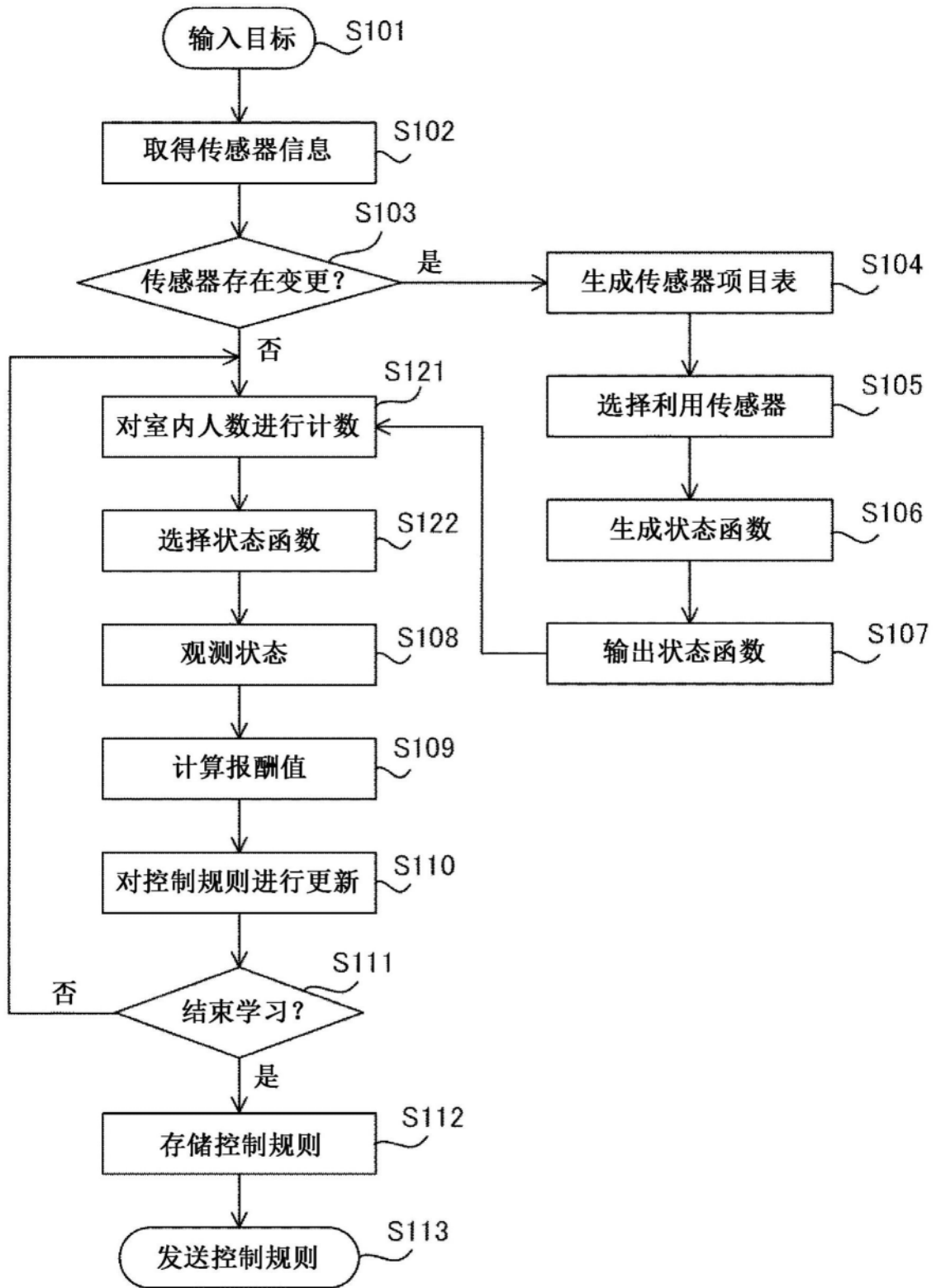


图26

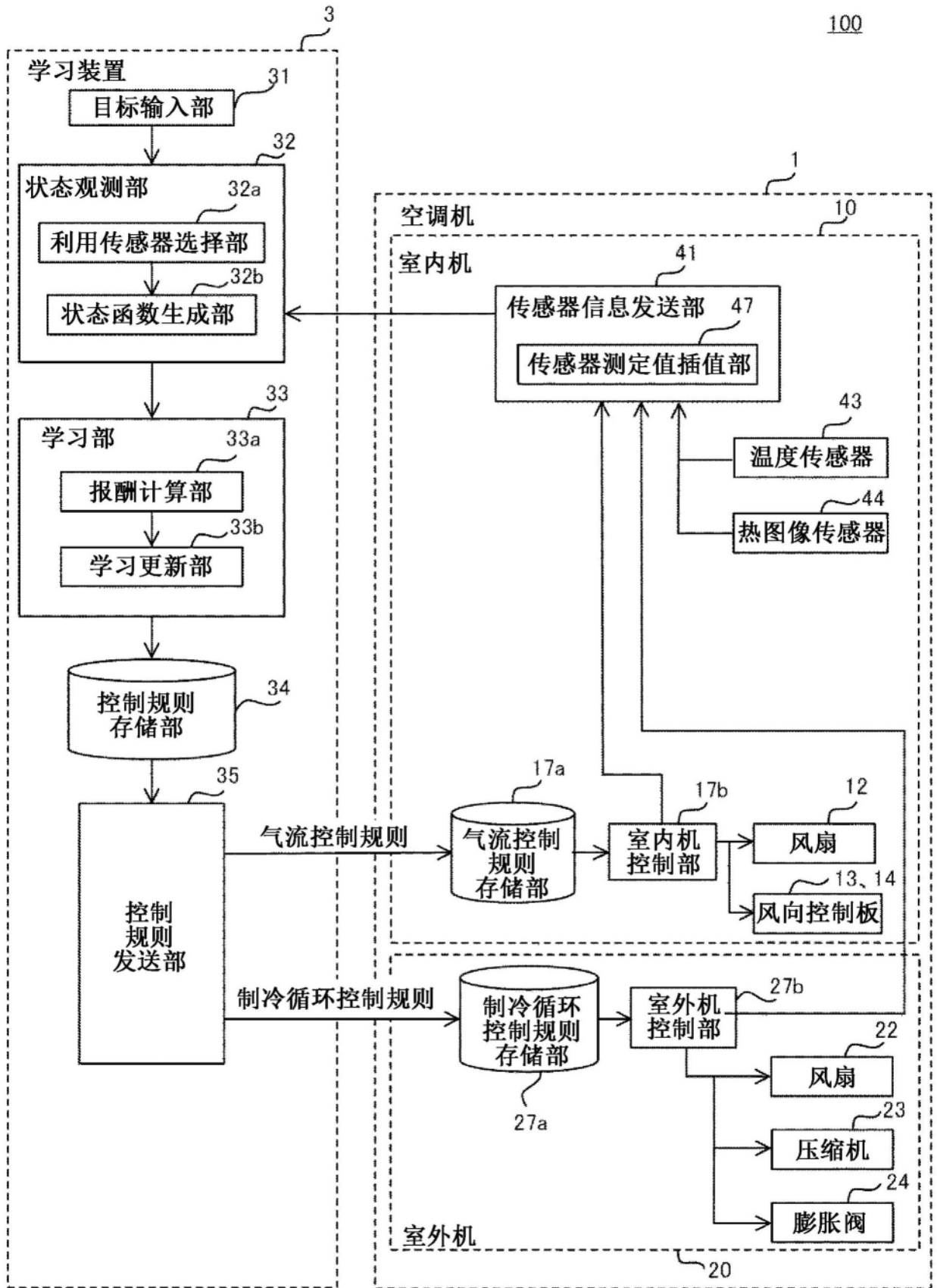


图27

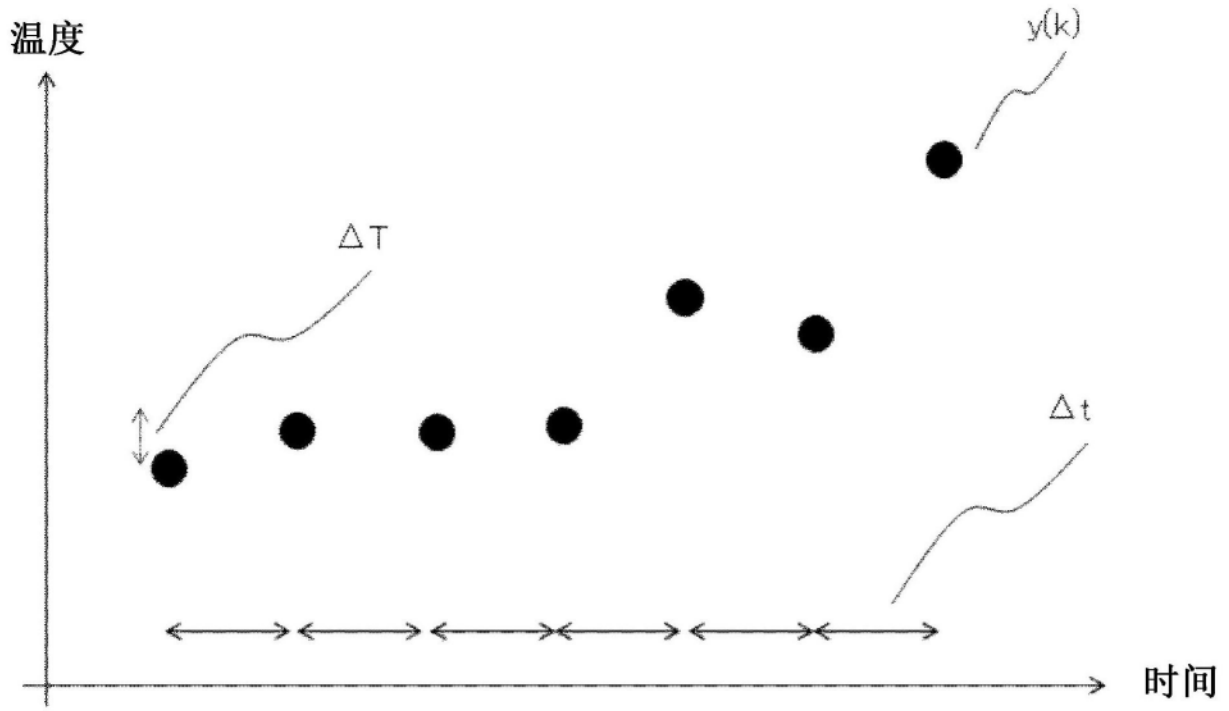


图28

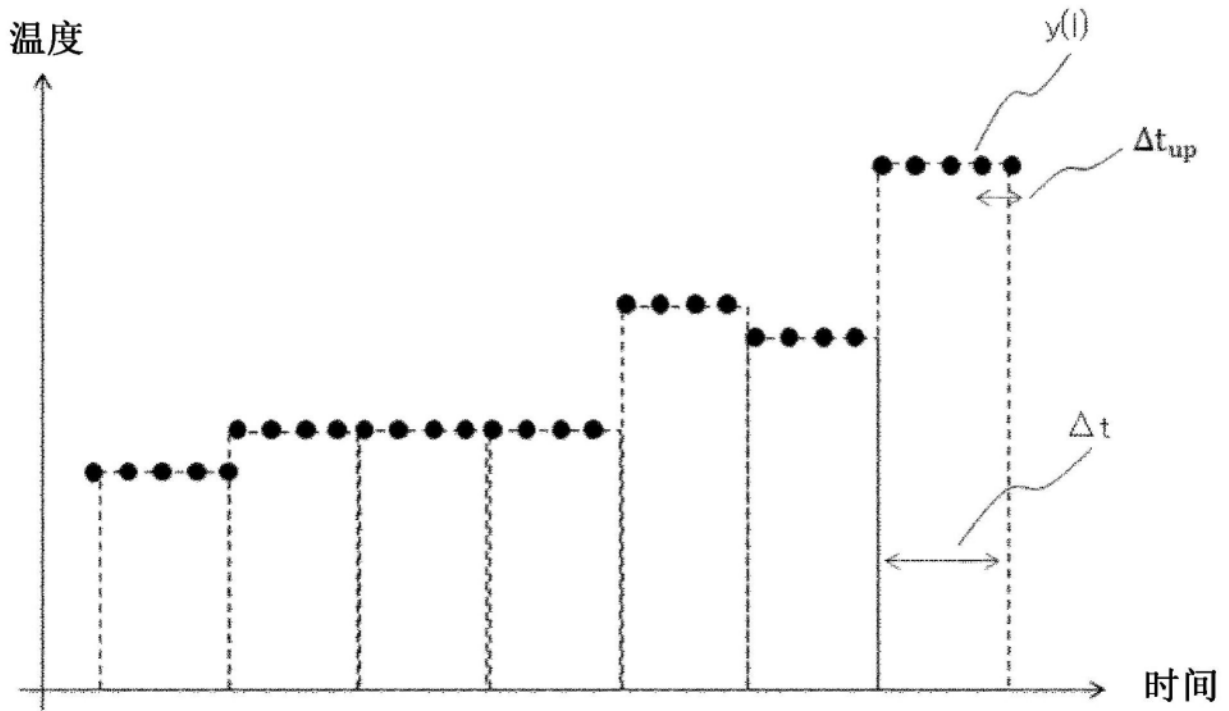


图29

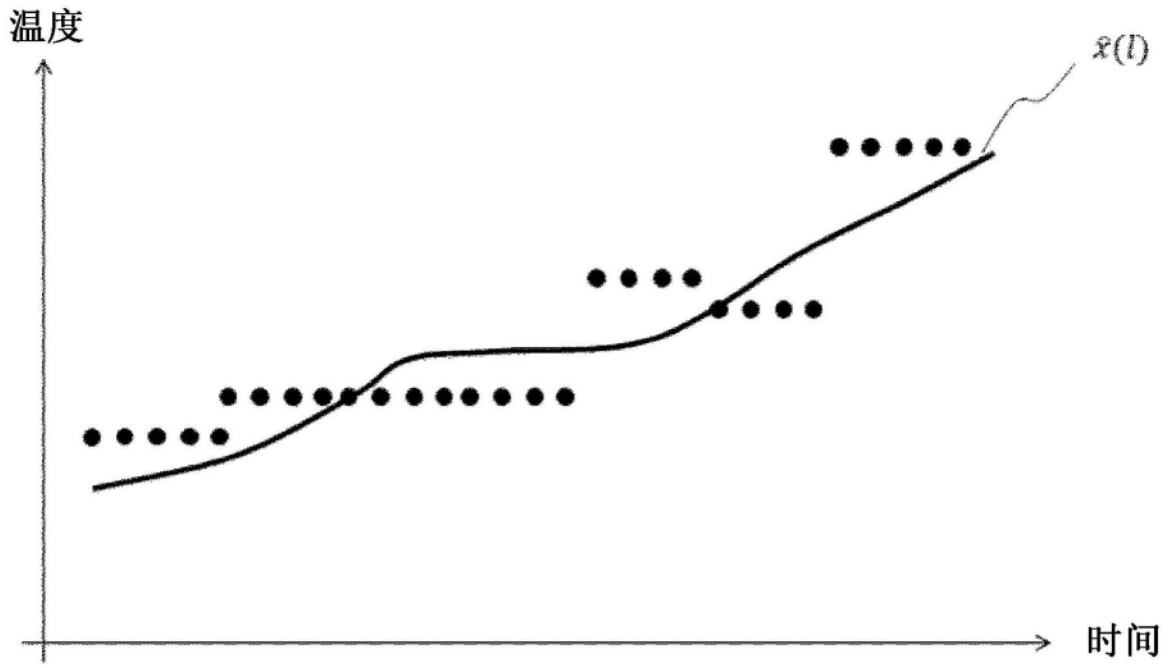


图30