



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105453107 B

(45)授权公告日 2019.02.26

(21)申请号 201480029718.1

(72)发明人 松冈由纪 马克·马尔霍特拉

(22)申请日 2014.04.15

艾伦·J·米尼希

(65)同一申请的已公布的文献号

约瑟夫·A·拉夫

申请公布号 CN 105453107 A

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司 11219

(43)申请公布日 2016.03.30

代理人 夏东栋 陆锦华

(30)优先权数据

(51)Int.CI.

13/866,602 2013.04.19 US

G06G 7/66(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2015.11.23

US 2012/0125559 A1, 2012.05.24,

(86)PCT国际申请的申请数据

US 2012/0125559 A1, 2012.05.24,

PCT/US2014/034244 2014.04.15

US 2012/0065783 A1, 2012.03.15,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2012/0259469 A1, 2012.10.11,

W02014/172389 EN 2014.10.23

CN 102122337 A, 2011.07.13,

(73)专利权人 谷歌有限责任公司

审查员 谭碧云

地址 美国加利福尼亚州

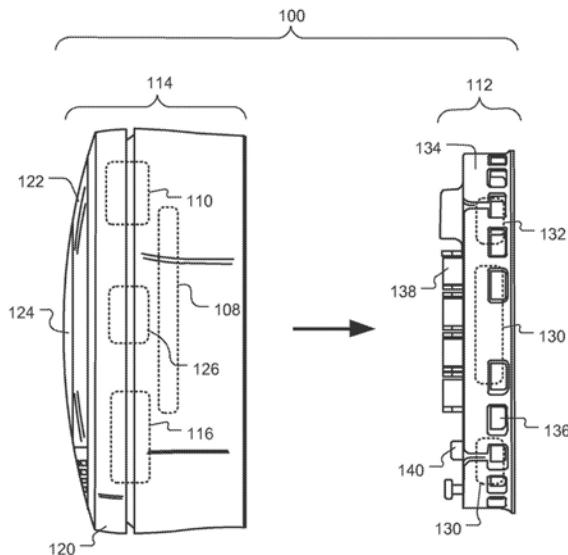
权利要求书3页 说明书26页 附图12页

(54)发明名称

生成并实现建筑物的热力学模型

(57)摘要

用于生成并且实现建筑物的热力学模型的装置、系统、方法以及相关的计算机程序产品。本文所公开的恒温器能够操作以控制HVAC系统。在控制HVAC系统的过程中，可能出现为设定点温度的特定排程确定预期的室内温度分布的需求。为作出这一确定，可以使用建筑物的热力学模型。可以通过将基函数组的权重因子拟合至包括时间信息、温度信息和HVAC启动状态信息的多种历史数据来生成热力学模型。基函数的组响应于HVAC启动状态的变化而表征建筑物的室内温度轨迹，并且包括表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留的惯性遗留分量。



1. 一种用于生成与采暖、通风以及空调HVAC系统相关联的建筑物的热动力学模型的方法,该方法包括:

接收对建筑物的热动力学模型的请求,所述建筑物的热动力学模型响应于HVAC启动状态的应用而预测所述建筑物的室内温度轨迹;

获取期间所述HVAC系统控制所述建筑物的热环境的时间段内的时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息;

确定对应于相应的多个预定基函数的多个权重因子,所述基函数的加权组合响应于所述HVAC启动状态的变化表征所述建筑物的室内温度轨迹,所述基函数包括惯性遗留分量,所述惯性遗留分量表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留,其中所述惯性遗留分量在当前周期的开始处起主导作用并最终消失,其中所述惯性遗留分量是:与周期开始处的初始温度变化率成正比例;并且与针对时间常数的指数衰减成反比例,所述时间常数表示自从HVAC周期开始以来流逝的时间与稳态活动开始压倒早先周期活动的HVAC周期内的估计时间之间的差;以及

响应于所述请求,返回包括对应于所述相应的多个预定基函数的所确定的多个权重因子的热动力学模型。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基函数进一步包括室外温度与室内温度的差异。

3. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基函数进一步包括建筑物温度与室内温度的差异。

4. 如权利要求3所述的方法,进一步包括:

估计所述建筑物温度,

其中,所述基函数包括所估计的建筑物温度与室内温度的差异。

5. 如权利要求4所述的方法,其中,估计所述建筑物温度包括:

将初始的建筑物温度设置为在某个时间的室内温度;以及

对于所述某个时间之后的多个连续时间的每一时间,将所估计的建筑物温度确定为前一室内温度与前一室外温度的加权组合。

6. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基函数进一步包括一日内时间的表示。

7. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基函数进一步包括代表不受环境因子影响的能量变化的常数。

8. 一种用于控制智能住家环境中的HVAC系统的操作的智能联网恒温器,该恒温器包括:

能够操作以启动所述HVAC系统的一个或多个元件的HVAC控制电路;

用于测量所述智能住家环境的特性的一个或多个传感器;以及

处理器,所述处理器耦合至所述HVAC控制电路以及所述一个或多个传感器,并且能够操作以使得所述恒温器执行操作,所执行的操作包括:

接收对响应于HVAC启动状态的应用而预测建筑物的室内温度轨迹的所述建筑物的热动力学模型的请求;

获取期间所述HVAC系统控制所述建筑物的热环境的时间段内的时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息;

确定对应于相应的多个预定基函数的多个权重因子，所述基函数的加权组合响应于所述HVAC启动状态的变化表征所述建筑物的室内温度轨迹，所述基函数包括惯性遗留分量，所述惯性遗留分量表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留，其中所述惯性遗留分量在当前周期的开始处起主导作用并最终消失，其中所述惯性遗留分量是：与周期开始处的初始温度变化率成正比例；并且与针对时间常数的指数衰减成反比例，所述时间常数表示自从HVAC周期开始以来流逝的时间与稳态活动开始压倒早先周期活动的HVAC周期内的估计时间之间的差；以及

响应于所述请求，返回包括对应于所述相应的多个预定基函数的所确定的多个权重因子的热动力学模型。

9. 如权利要求8所述的恒温器，其中，所述基函数进一步包括表征当前阶段对所述建筑物的所述室内温度轨迹具有的效应的当前阶段效应分量。

10. 如权利要求9所述的恒温器，其中，所述当前阶段效应分量始于零，在某一时间段之后达到最大，并且在其后逐渐减小。

11. 如权利要求8所述的恒温器，其中，所述多个权重因子除外部提供的天气预报以及外部提供的时钟信号之外，使用仅所述恒温器本地可得的信息而被确定。

12. 如权利要求8所述的恒温器，其中，所述HVAC启动状态包括由相对高的能量消耗所表征的第一状态以及由相对低的能量消耗所表征的第二状态。

13. 如权利要求8所述的恒温器，其中，每一基函数表征所述室内温度轨迹的一部分。

14. 一种有形的非暂时性计算机可读存储介质，包括当由计算机处理器执行时使得所述计算机处理器执行操作的指令，所执行的操作包括：

接收对建筑物的热动力学模型的请求，所述建筑物的热动力学模型响应于HVAC启动状态的应用而预测建筑物的室内温度轨迹；

获取期间HVAC系统控制所述建筑物的热环境的时间段内的时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息；

确定对应于相应的多个预定基函数的多个权重因子，所述基函数的加权组合响应于所述HVAC启动状态的变化表征所述建筑物的室内温度轨迹，所述基函数包括表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留的惯性遗留分量，其中所述惯性遗留分量在当前周期的开始处起主导作用并最终消失，其中所述惯性遗留分量是：与周期开始处的初始温度变化率成正比例；并且与针对时间常数的指数衰减成反比例，所述时间常数表示自从HVAC周期开始以来流逝的时间与稳态活动开始压倒早先周期活动的HVAC周期内的估计时间之间的差；以及

响应于所述请求，返回包括对应于所述相应的多个预定基函数的所确定的多个权重因子的热动力学模型。

15. 如权利要求14所述的存储介质，其中，所述对热动力学模型的请求指示对于所返回的热动力学模型期望的特异性水平。

16. 如权利要求15所述的存储介质，进一步包括当由所述计算机处理器执行时使得所述计算机处理器执行附加操作的指令，该附加操作包括：

在多个现有模型中搜索足以满足所述对热动力学模型的请求的一个或多个候选模型。

17. 如权利要求16所述的存储介质，进一步包括当由所述计算机处理器执行时使得所

述计算机处理器执行附加操作的指令,该附加操作包括:

当所述搜索未能定位任何候选模型时,生成新模型;并且
响应于所述请求,返回所生成的新模型。

18. 如权利要求17所述的存储介质,进一步包括当由所述计算机处理器执行时使得所述计算机处理器执行附加操作的指令,该附加操作包括:

在生成所述新模型之后,泛化所述新模型。

19. 如权利要求16所述的存储介质,进一步包括当由所述计算机处理器执行时使得所述计算机处理器执行附加操作的指令,该附加操作包括:

当所述搜索仅定位一个候选模型时,响应于所述请求返回所定位的模型。

20. 如权利要求16所述的存储介质,进一步包括当由所述计算机处理器执行时使得所述计算机处理器执行附加操作的指令,该附加操作包括:

当所述搜索定位多个候选模型时,响应于所述请求返回所述多个候选模型中的限制性最大的模型。

生成并实现建筑物的热力学模型

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本PCT申请要求提交于2013年4月19日的美国非临时申请第13/866,602号的优先权，其全部通过引用并入用于各种目的。

技术领域

[0003] 本专利说明书涉及用于控制采暖、通风以及空调(HVAC)系统的系统、装置、方法以及相关的计算机程序产品。更特别地，本专利说明书涉及用于在HVAC系统的管理中生成并实现控制建筑物的热环境的该建筑物的热力学模型。

背景技术

[0004] 为管理诸如住宅或者商业大厦的建筑物的热环境，通常使用一个或多个HVAC控制系统。HVAC控制系统需要作出关于如何适当处置围界的决定，其可能包括改变内部热度、湿度或者其他环境特性。由于围界具有需要被加热或冷却的相关热质量，因此如何以及何时执行加热或者冷却能够显著影响能量效率以及流程的成本。

[0005] 按照惯例，基于诸如建筑物尺寸、在建筑物中所包括的窗户的数目和特性等多种因素，来创建试图指定建筑物在HVAC系统的影响下将如何表现的模型。然后使用该模型来指定待安装的HVAC系统的类型和尺寸，并且/或者该模型在建筑的整个使用期中由HVAC控制系统所使用。例如，美国专利第7,072,727号论述了用于确定建筑的热损失以及用于正确为建筑制定HVAC装备的尺寸的方法。

[0006] 还已知在安装之后通过简单计算来进行模型升级，诸如添加热量以及测量时间和温度。例如，美国专利第5,555,927号论述了回调恒温器的适应恢复方法，该方法用于使用空间温度与恢复温度倾斜线的交点，所述恢复温度倾斜线近似在温控空间从回调温度恢复期间、温度依据时间的变化，以确定恢复到居住温度应当开始的时间。重新计算并且升级恢复线的斜率。

[0007] 美国专利申请公布第2005/0192915号论述了用于预报建筑的预测热负荷的系统，该系统包括基于神经网络的热负荷预测器。能够使用建筑数据、居住数据和实际的气象状况来训练神经网络。热状态预报器使用基于针对具体场合(locale)预报的高温和低温以及紧接在预测之前作出的测出的地区温度和湿度观测的简单回归模型。

[0008] 虽然这些系统已经发展了基于建筑物的热动力学模型的HVAC控制的技术领域，但仍有巨大空间来提高热动力学模型在表征建筑物的热环境由于相关HVAC系统的启动随时间的变化上的准确性。

发明内容

[0009] 公开用于生成与HVAC系统相关联的建筑物的热动力学模型的各种方法。根据一个实施例，用于生成热动力学模型的方法包括多种操作。这些操作包括：接收对建筑物的热动力学模型的请求，该热动力学模型响应于HVAC启动状态的应用来预测建筑物的室内温度轨

迹；获取期间所述HVAC系统控制所述建筑物的热环境的时间段内的时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息；以及确定对应于相应的多个预定基函数的多个权重因子，所述基函数的加权组合响应于所述HVAC启动状态的变化表征所述建筑物的室内温度轨迹，所述基函数包括惯性遗留分量，所述惯性遗留分量表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留。所述操作可以进一步包括：响应于所述请求，返回包括所确定的对应于所述相应的多个预定基函数的多个权重因子的热动力学模型。

[0010] 在一些实施例中，所述基函数可以包括多种函数中的一个或多个，诸如室外温度与室内温度的差异、建筑物温度与室内温度的差异、一日内时间的表示、代表不受环境因子影响的能量变化的常数、和/或表征当前阶段对所述建筑物的所述室内温度轨迹具有的效应的当前阶段效应分量。

[0011] 本文还公开多种恒温器。根据一些实施例，公开一种用于控制智能住家环境中的HVAC系统的操作的智能联网恒温器。所述恒温器可以包括多种组件。例如，所述恒温器可以包括能够操作以启动所述HVAC系统的一个或多个元件的HVAC控制电路、以及用于测量所述智能住家环境的特性的一个或多个传感器。所述恒温器还可以包括耦合至所述HVAC控制电路以及所述一个或多个传感器的处理器，其能够操作以使得所述恒温器执行多种操作。这些操作可以包括：例如，接收对响应于HVAC启动状态的应用而预测建筑物的室内温度轨迹的所述建筑物的热动力学模型的请求；获取期间所述HVAC系统控制所述建筑物的热环境的时间段内的时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息；以及确定对应于相应的多个预定基函数的多个权重因子，所述基函数的加权组合响应于所述HVAC启动状态的变化表征所述建筑物的室内温度轨迹，所述基函数包括表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留的惯性遗留分量。这些操作可以进一步包括：响应于所述请求，返回热动力学模型，该热动力学模型包括所确定的对应于所述相应的多个预定基函数的多个权重因子。

[0012] 在一些实施例中，所述多个权重因子可以除外部提供的天气预报以及外部提供的时钟信号之外仅使用所述恒温器本地可得的信息被确定。在一些实施例中，所述HVAC启动状态包括相对高的能量消耗的第一状态以及相对低的能量消耗的第二状态。在一些实施例中，每一基函数可以表征所述室内温度轨迹的一部分。

[0013] 本文还公开计算机可读存储介质。根据一些实施例，公开一种有形的非暂时性计算机可读存储介质，包括当由计算机处理器所执行时使得所述计算机处理器执行操作的指令。这些操作可以包括：接收对响应于HVAC启动状态的应用而预测建筑物的室内温度轨迹的所述建筑物的热动力学模型的请求；获取期间所述HVAC系统控制所述建筑物的热环境的时间段内的时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息；以及确定对应于相应的多个预定基函数的多个权重因子，所述基函数的加权组合响应于所述HVAC启动状态的变化表征所述建筑物的室内温度轨迹，所述基函数包括表征紧接在启动状态变化之前发生的室内温度变化率的遗留的惯性遗留分量。这些操作可以进一步包括：响应于所述请求，返回包括所确定的对应于所述相应的多个预定基函数的多个权重因子的热动力学模型。

[0014] 在一些实施例中，所述对热动力学模型的请求可以指示对返回的热动力学模型期望的特异性水平，并且所述指令可以使得所述计算机处理器执行附加操作。这些附加操作可以包括在多个现有模型中搜索足以满足所述对热动力学模型的请求的一个或多个候选模型。当所述搜索未能定位任何候选模型时，新模型可以被生成并且响应于所述请求而被

返回。当搜索仅定位一个候选模型时,所定位的模型可以响应于所述请求而被返回。当所述搜索定位多个候选模型时,所述多个候选模型中的限制性最大(most restrictive)模型可以响应于所述请求而被返回。

[0015] 为了更全面地理解本发明的实施例的本质和优势,应参考随后的详细说明和附图。本发明的其他方面、目的和优势从下文的附图以及详细说明将显而易见。然而,本发明的范围则完全从权利要求书的叙述而显现。

附图说明

[0016] 图1A图示根据实施例的能够被包括于智能联网设备中的通用设备组件的示例,其可以被用于实现本文所述的热动力学行为预测过程的一个或多个。

[0017] 图1B图示根据实施例的、具有可更换模块以及扩展站以便利安装、配置和升级的智能联网设备。

[0018] 图2图示根据实施例的智能住家环境的示例,在其内能够应用进一步在下文中所述的设备、方法、系统、服务和/或计算机程序产品中的一个或多个。

[0019] 图3图示根据实施例的可扩展设备以及服务平台的网络层视图,图1和/或2的智能住家能够与其集成。

[0020] 图4图示根据实施例的图3的可扩展设备以及服务平台的抽象功能视图。

[0021] 图5图示根据实施例的专用计算机系统的框图。

[0022] 图6图示根据实施例的实现热动力学行为建模的HVAC控制系统的组件。

[0023] 图7图示根据实施例的 $g(t^{cycle})$ 的示例。

[0024] 图8图示根据实施例的热动力学模型生成器。

[0025] 图9图示根据实施例的用于确定建筑物对相关HVAC系统的启动状态中的可能变化的预期环境响应的过程的通信序列。

[0026] 图10图示根据实施例的用于确定适当的热动力模型的过程。

[0027] 图11图示根据另一实施例的用于确定适当的热动力模型的过程。

具体实施方式

[0028] 在本文中所述的各种方法、装置、系统以及计算机可读介质涉及建筑物的热动力学行为建模的领域。在许多现代系统中,包括诸如包括管理建筑物中的环境特性的HVAC系统的系统,期望预测建筑物的热动力学行为。这种预测可以具有多种切实可行的有益使用。在现代的HVAC控制系统中,这种预测可以被日常用于准确启动HVAC系统达到或者保持期望的设定点温度。这种预测还可以被周期性使用,诸如在需求响应(DR)事件期间,以更准确地识别使从DR事件期向DR事件期之外的时期所转移的能源量最大化的设定点温度的排程,或者在某种附加或者替选意义上最优的排程。

[0029] 不论实现热动力学行为的预测的具体应用如何,在许多实施例中通过使用建筑物的热动力学模型便利这种预测。热动力学模型本身可以由一个或多个基函数来定义,其响应于诸如HVAC启动状态变化的、刺激的应用来表征诸如室内温度的、与建筑物相关联的环境状况的轨迹。在生成模型时,用于每一基函数的权重因子可以针对指示由HVAC启动状态的过去变化所导致的过去环境状况轨迹的数据历史进行拟合。一旦模型已被生成,其便可

以随即被使用于仿真建筑物的热动力学行为。

[0030] 应认识的是,术语“热动力学”可以包括能够被使用于表征物理系统的所有状态变量。热动力学变量的示例包括但不限于:压力、温度、气流、湿度以及微粒物质。另外,术语“模型”一般是指系统的说明或者表示。说明或者表示能够使用数学语言,诸如在数学模型的情况下。模型的类型和/或模型的特性的示例包括但不限于:查找表、线性、非线性、确定性、概率性、静态、动态以及具有集中参数和/或分布参数的模型。

[0031] 现转至附图,图1A图示根据实施例的能够被包括于可以被用于实现本文所述的热动力学行为预测过程中的一个或多个的、智能联网设备100(即“设备”)中的通用设备组件的示例。在设备的系统内的一个、多个或全部设备100的每一设备能够包括一个或多个传感器102、用户界面组件104、电源(例如包括电源连接件106和/或电池108)、通信组件110、模块化单元(例如包括扩展站112以及可更换模块114)以及智能组件116。特定的传感器102、用户界面组件104、电源配置、通信组件110、模块化单元和/或智能组件116能够在设备100之间相同或相似,或者能够基于设备类型或型号变化。

[0032] 本文所述的传感器102一般包括测量和/或记录物质、物理现象和/或物理量的设备或系统。传感器可以将测量转换成能够由观测者、仪器和/或系统所解释的信号。传感器可以被实现为专用设备并且/或者能够被实现为在通用计算机系统上运行的软件。通过示例方式并不通过限制方式,设备100中的一个或多个传感器102可以能够,例如检测加速度、温度、湿度、水分、供电、接近、外部运动、设备运动、声音信号、超声波信号、光信号、火、烟雾、一氧化碳、全球定位卫星(GPS)信号、或者射频(RF)或其他电磁信号或场。因此,例如,传感器102能够包括温度传感器、湿度传感器、危险相关传感器或者其他环境传感器、加速计、麦克风、光学传感器乃至包括相机(例如电荷耦合器件或者摄影机)、有源或无源辐射传感器、GPS接收器或者射频识别检测器。虽然图1A图示带有单一传感器的实施例,但许多实施例会包括多个传感器。在一些情况下,设备100包括一个或多个主传感器以及一个或多个辅传感器。主传感器能够感测设备的核心操作支配性的数据(例如在恒温器中感测温度或者在烟雾探测器中感测烟雾)。辅传感器能够感测其他类型的数据(例如运动、光线或者声音),其能够被用于能量节约目的或者智能操作目的。在一些情况下,普通用户甚至可能没有察觉到辅传感器的存在。

[0033] 设备100中的一个或多个用户界面组件104可以被配置成经由视觉显示器(例如薄膜晶体管显示器或者有机发光二极管显示器)和/或音频扬声器和/或一些其他通信介质向用户呈现信息。用户界面组件104还能够包括用于从用户接收信息的一个或多个用户输入组件,诸如触摸屏、按键、滚动组件(例如可移动或者虚拟环组件)、麦克风或者相机(例如用于检测手势)。在一个实施例中,用户输入组件104包括点击旋转式环状振铃组件,其中用户能够通过旋转按铃(例如用以调整设置)和/或通过向内点击按铃(例如用以选择所调整的设置或者用以选择选项)而与组件交互。在另一实施例中,用户输入组件104包括相机,以便能够检测手势(例如用以指示设备的电源或者警报状态将会被更改)。

[0034] 设备100中的供电组件可以包括电源连接件106和/或本地电池108。例如,电源连接件106能够将设备100连接至诸如线电压源的电源。在一些情况下,到交流电源的连接件106能够被用于反复充电(可再充电的)本地电池108,以便电池108能够以后在如果发生交流电源断开或者其他电力不足的情景时需要则被用于供电。

[0035] 设备100中的通信组件110能够包括使设备100能够与中央服务器或远程服务器、诸如本文所述的另一设备或者便携式用户设备通信的组件。通过非限制示例，通信组件110能够允许设备100经由诸如Wi-Fi、ZigBee、3G/4G无线、CAT6有线以太网、HomePlug或者其他电力线通信方法、电话或者光纤来通信。通信组件110能够包括无线网卡、以太网插头或者其他收发器连接件。在一些实施例中，通信组件110便利与中央服务器的通信，以在设备100、中央服务器与一些情况下的附加设备之间同步信息。用于在这些设备之间同步数据的技术进一步在于2012年9月22日提交的、共同转让的序列号13/624,892(参考号:NES0231-US)的美国申请中描述，其内容全部通过引用并入本文中用于所有目的。

[0036] 设备100中的模块化单元能够包括静态物理连接件以及可更换模块114。因此，模块化单元能够提供升级可更换模块114的能力，而无需完全重新安装设备100(例如用以保持布线)。静态物理连接件能够包括能够附连至建筑结构的扩展站112(其还可以被称为接口盒)。例如，扩展站312能够经由螺丝被安附连至墙壁或者经由粘合剂粘连至天花板上。扩展站112在一些情况下能够延伸通过建筑结构的一部分。例如，扩展站112能够经由穿过墙壁石膏板所制的孔眼连接至墙壁后的接线(例如连接至120V线电压线)。扩展站112能够包括诸如电源连接电路306和/或交流至直流的供电电路的电路，并且能防止用户被暴露于高压线。扩展站112可以此外或者替选地包括用于启动(即开启和关闭)诸如供暖单元(用于供暖建筑结构)、空调单元(用于冷却建筑结构)和/或通风单元(用于在整个建筑结构中循环空气)的HVAC系统的元件的控制电路。在一些情况下，扩展站112专用于设备的类型或型号，从而例如恒温器设备包括不同于烟雾检测器设备的扩展站。在一些情况下，扩展站112能够在设备300的多种类型和/或型号之间被共享。

[0037] 模块化单元的可更换模块114能够包括设备的一些或全部传感器102、处理器、用户界面组件104、电池108、通信组件110、智能组件116以及诸如此类。可更换模块114能够被配置成附连至(例如插入或者连接至)扩展站112。在一些情况下，一组可更换模块114被制成具有在可更换模块114之间各不相同的性能、硬件和/或软件。用户由此能够轻松升级或者更换其可更换模块114，而不必更换全部设备组件或者完全重新安装设备100。例如，用户能够开始于包括智能和软件性能有限的第一可更换模块的廉价设备。用户然后能够轻松将设备升级成包括更强能力的可更换模块。作为另一示例，如果用户具有在其地下室的型号#1设备、在其起居室的型号#2设备并且将其起居室设备升级成包括型号#3可更换模块，则用户能够将型号#2可更换模块移入地下室以连接至现有的扩展站。型号#2可更换模块然后可以例如开始初始化程序以便识别其新位置(例如通过经由用户界面从用户请求信息)。

[0038] 设备的智能组件116能够支持多种不同设备功能中的一个或多个功能。智能组件116通常包括被配置并且被编程成执行和/或引起被执行一个或多个本文所述的有利功能的一个或多个处理器。智能组件116能够被实现为执行在本地存储器(例如闪速存储器、硬盘驱动器、随机存取存储器)中所存储的计算机代码的通用处理器、专用处理器或者专用集成电路、其组合和/或使用其他类型的硬件/固件/软件的处理平台的形式。智能组件116能够另外被实现为由中央服务器或者云端系统所远程执行或者支配的算法的本地化版本或者副本(counterpart)，诸如借助运行Java虚拟机(JVM)，其使用异步Javascript和XML(AJAX)或者类似协议来执行从云服务器所提供的指令。通过示例，智能组件116能够被配置成检测何时位置(例如住房或房间)被居住，乃至包括是否其被特定人员所居住或者被特定

数目和/或群体的人员所居住(例如,相对于一个或多个阈值)。能够例如通过分析麦克风信号、检测用户活动(例如在设备前方)、检测门或车库门的开关、检测无线信号、检测所接收信号的IP地址或者检测在时窗内一个或多个设备的运行来进行这种检测。智能组件116可以包括用于识别特定的居住者或物体的图像识别技术。

[0039] 在一些情况下,智能组件116能够被配置成预测理想设置并且/或者实施那些设置。例如,基于存在检测,智能组件116能够将设备的设置调整成例如当无人在家时或者在特定房间内时节约用电或者符合用户偏好(例如普通的居家偏好或者用户特定偏好)。作为另一示例,基于对具体人员、动物或者物体(例如儿童、宠物或者失物)的检测,智能组件116能够启动人员、动物或者物体处于何处的可听或可视指示器,或者如果在特定条件下(例如在晚间或者当熄灯时)检测到未经认可的人员则能够启动警告或者安全特征。作为还一示例,智能组件116能够检测用户设置的按小时、按星期或者甚至按季节的趋势并且相应地调整设置。例如,智能组件116能够检测特定设备于每个工作日在上午6:30被打开或者设备设置在过去的三个小时里被逐步从高设置调整成低设置。智能组件116然后能够预测设备将于每个工作日在上午6:30被打开或者设置应在较长时期之内继续逐步降低其设置。

[0040] 在一些情况下,设备能够彼此交互,以致由第一设备所检测的事件影响第二设备的动作。例如,第一设备能够检测用户已驶入车库(例如,通过检测车库中的运动、检测车库中的光线变化或者检测车库门的打开)。第一设备能够将该信息传送至第二设备,以致第二设备能够例如调整住家温度设置、光线设置、音乐设置和/或安全警告设置。作为另一示例,第一设备能够检测用户接近前门(例如通过检测运动或者突然的光线模式变化)。第一设备能够例如使得普通可听或可视信号出现(例如,诸如门铃响起)或者使得位置特异性可听或可视信号出现(例如,通知在用户所居住的房间内访客的存在)。

[0041] 图1B图示根据实施例的具有可更换模块114(例如主单元)以及用于简易安装、配置和升级的扩展站112(例如背板)的智能联网设备100。如上文所述,设备100可以壁装式、具有圆形并且具有用于接收用户输入的外部可旋转式环120(其可以是例如用户界面104的一部分)。外部可旋转式环120允许用户作出调整,诸如选择新的目标温度。例如,通过顺时针旋转外部环120,目标设定点温度能够被提高,并且通过逆时针旋转外部环120,目标设定点温度能够被降低。反映将建筑物中的温度即刻变化为该设定点温度的期望的、对现有设定点温度的更改可以在本文中被称作对“即时设定点温度”或者“当前设定点温度”的更改。这与可以在按小时、按日、按周、按月或者其他排程中所提供的设定点温度形成对比,其中设定点温度可以反映对于建筑物中未来温度的期望。这种设定点温度可以在本文中被称作“排程的设定点温度”或者“设定点温度的排程”。

[0042] 设备100具有包括显示器124(其可以是例如用户界面104的一部分)的盖122。主单元114滑至背板112上。显示器124可以显示根据例如设备100的当前运行状态、经由环120与设备的直接用户交互、经由例如接近传感器102(诸如无源型红外式运动传感器)所感测的用户的存在、经由远程接入设备与设备的远程用户交互等各种信息。例如,显示器124可以显示代表当前设定点温度的中央数字。

[0043] 根据一些实施例,能够使用磁体、卡口、插销和搭扣、带有匹配凹口的凸片或肋、或者在主单元114和背板112的配合部上的简单摩擦,来完成主单元114到背板112的连接。根据一些实施例,主单元114包括电池108、通信组件110、智能组件116以及显示驱动器126(其

可以是例如用户界面104的一部分)。如果可用,电池108可以使用经由从HVAC系统控制电路或者从公共导线电力获取(也被称作窃电和/或电力共享)所获得的来自背板112的电力的充电电路(其可以是例如智能组件116的一部分并且/或者可以被包括于背板112中)而被再充电,诸如在均于2011年2月24日提交的序列号13/034,674(参考号:NES0006-US)和序列号13/034,678(参考号NES0007-US)的共同转让的共同待审美国申请以及于2011年10月6日提交的序列号13/267,871(参考号:NES0158-US)的共同转让的美国申请中进一步具体描述,其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的。根据一些实施例,电池108是可再充电的单体式锂离子或者锂聚合物电池。

[0044] 背板112包括在经由通风孔136所通气的外壳134中的电子器件130以及温度传感器132(其可以是例如传感器们102中的一个)。温度传感器132允许背板112即使当并未连接至主单元114时也操作作为全功能的恒温器。线连接器138被设置用于允许连接至HVAC系统的导线,诸如连接至用于启动HVAC系统的组件的导线、用于从HVAC系统接收电力的导线等。连接端子140是在主单元114与背板112之间提供电气连接的插头或插座式连接器。用于连接至并且控制HVAC系统的各种布置进一步于前述的序列号13/034,674和序列号13/034,678的美国专利申请中有所描述。

[0045] 在一些实施例中,背板电子器件130包括MCU处理器以及用于开和关HVAC控制电路的驱动电路,由此开启和关闭诸如供暖和冷却的一种或多种HVAC功能。电子器件130还包括闪速存储器,其被用于存储在一日的不同时间生效的一系列编程设置,以致即使当主单元114并未附连至背板112时,也能够执行编程的设定点(即期望温度)变化。根据一些实施例,电子器件130还包括电力获取电路(其可以是除在主单元114中所提供的附加或其替选),用于即使当HVAC公用电力线并不可用时也从HVAC控制电路获得电力。

[0046] 在一些特定实施例中的设备100是智能联网学习恒温器,其包括诸如主单元、背板、用户界面、通信组件、智能组件等各种组件。然而,本领域技术人员会理解的是,执行本文所述的各种操作的设备在使用比图1A和1B中所示设备更少或更多数目的组件的情况下能够运行同样良好。因此,应将图1A和1B中对设备100的描绘当作本质上说明性的,而并不限制本教导的范围。

[0047] 图2图示智能住家环境200的示例,在其内能够应用进一步在下文中所述的设备、方法、系统、服务和/或计算机程序产品中的一个或多个。所图示的智能住家环境包括建筑物250,其能够包括例如住房、办公楼、车库、活动房屋、或者对其可以预测热动力学行为的其他类型的围界。将认识到,设备也能够集成到智能住家环境中,其不包括整个建筑物250,诸如公寓、公寓套间、或办公室空间。此外,智能住家环境能够控制和/或耦合到实际建筑物250外部的设备。确切说来,智能住家环境中的若干设备根本无需物理地处于建筑物250内。例如,控制泳池加热器或灌溉系统的设备能够位于建筑物250外部。

[0048] 智能住家环境200包括经由墙壁254而彼此至少部分分离的多个房间252。墙壁254能够包括内墙或者外墙。每一房间均能够进一步包括地板256以及天花板258。设备能够被安装在墙壁254、地板256或者天花板258上、与其集成并且/或者由其支承。可以被包含在智能住家环境200内的各种设备包括智能多感测联网设备,其能够彼此和/或与基于云的服务器系统无缝集成,以提供多种有益智能住家目的中的任一目的。智能多感测联网恒温器202能够检测环境气候特性(例如温度和/或湿度)并且控制供暖、通风和空调(HVAC)系统203。

应认识的是,虽然在本文中描述了HVAC系统的控制,但相似原理同样能够被应用于控制其他的温度/湿度控制系统,诸如供暖系统、空调系统、湿度控制系统或者其任意组合。一个或多个智能联网多感测危险检测单元204能够检测在住家环境中危险物质和/或危险状况的存在(例如烟雾、火或者一氧化碳)。能够被称为“智能门铃”的一个或多个智能多感测联网入口界面设备能够检测人员进入或者离开地点、控制音响功能、经由可听或可视手段通知人员的进入或者离开、或者控制在安全系统上的设置(例如激活或者去激活安全系统)。

[0049] 在一些实施例中,智能住家可以包括至少一个能耗仪218,诸如智能电表。能耗仪218监视由建筑物250内部和周边的设备所消耗的一些或全部能量(电、气等)。能耗仪218可以在仪表218的表面上显示给定的时间段之内所消耗的能源量。给定时段可以是例如秒、分钟、小时、日、月、小于秒的时间跨度、大于月的时间跨度、或者一秒与一个月之间的时间跨度。在一些实施例中,能耗仪218可以包括使仪表218能够传达各种信息的通信性能(有线或无线),例如在一个或多个给定的时间段之内所消耗的能源量、在任何特定时间或者任何特定的时间段期间的能源价格等。通信性能还可以使仪表能够接收各种信息。例如,仪表可以接收用于控制智能住家中诸如HVAC系统203的一个或多个设备、在任何特定时间或者在任何特定的时间段中的能源价格等的指令。为了便利在建筑物250内部和周边的设备的控制,仪表218可以被有线或者无线地连接至这些设备。

[0050] 多个智能多感测联网壁灯开关208中的每一个都能够检测环境照明条件、检测房间居住状态并且控制一个或多个灯的电源和/或昏暗状态。在一些情况下,灯开关208能够进一步或者替选地控制诸如吊扇的风扇的电源状态或者速度。多个智能多感测联网壁式插口210的每一个能够检测房间或者围界的居住,并且控制向一个或多个壁式插座的供电(例如,这样如果无人在家则不向插座供电)。智能住家可以进一步包括多个智能多感测联网电器212,诸如冰箱、炉灶和/或烤箱、电视、洗衣机、烘干机、灯(在建筑物250之内和/或之外)、立体声音响、对讲机系统、车库开门器、落地扇、吊扇、全屋排风扇、壁式空调、泳池加热器214、灌溉系统216、安全系统等等。虽然图2的描述能够识别与具体的设备相关联的具体的传感器和功能,但应领会的是,多种传感器和功能(诸如本说明书中所述那些)中的任一种都能够被集成于设备内。

[0051] 除包含处理和感测能力之外,智能住家环境200内的每一设备还能够与智能住家环境200内的任何其他设备,以及对诸如接入设备266和/或远程服务器264的、在智能住家环境240之外的任何设备,数据通信以及信息共享。设备能够经由多种定制或者标准无线协议(Wi-Fi、ZigBee、6LoWPAN、IR、IEEE 802.11、IEEE 802.15.4等)中的任一种和/或多种定制或者标准有线协议(CAT6以太网、HomePlug等)中的任一种来发送以及接收通信。壁式插口210能够用作无线或者有线中继器,并且/或者能够在(i)插进交流电插座并且使用Homeplug或者其他电力线协议通信的设备与(ii)并未插进交流电插座的设备之间行使桥接器的作用。

[0052] 例如,第一设备能够经由无线路由器260与第二设备通信。设备能够进一步经由连接到诸如网络262的网络与远程设备通信。通过网络262,设备能够与中央(即远程)服务器或者云计算系统264通信。远程服务器或者云计算系统264能够与制造商、支持实体或者与设备相关联的服务提供方相关联。在一个实施例中,用户也许能够使用设备本身来联系客户支持,而无需使用其他通信装置,诸如电话或者互联网连接的计算机。

[0053] 设备的网络连接能够进一步允许用户与设备交互,即使用户并非邻近于设备。例如,用户能够使用计算机(例如桌面型计算机、膝上型计算机或者平板计算机)或者其他便携式电子设备(例如智能电话)266,与设备(例如恒温器202)通信。网页或者软件应用能够被配置成从用户接收通信,并且基于通信来控制设备并且/或者向用户呈现有关设备操作的信息。例如,当便携式电子设备266正被用于与恒温器202交互时,用户能够查看恒温器的当前设定点温度,并且使用便携式电子设备266来对其进行调整。用户能够在这种远程通信期间处于建筑物内或者在建筑物之外。便携式电子设备266与恒温器202之间的通信可以经由远程服务器264(例如当便携式电子设备266远离建筑物250时)被路由,或者在一些实施例中可以在不包括远程服务器264的情况下被路由。

[0054] 智能住家环境200还能够包括多种非通信的传统电器240,诸如老式常规洗衣机/烘干机、冰箱以及诸如此类,其能够借助壁式插口210来控制,尽管是以粗糙方式(ON(开)/OFF(关))。智能住家能够进一步包括多种部分通信的传统电器242,诸如红外控制的壁式空调或者其他红外控制的设备,其能够通过由危险检测单元204或者灯开关208所提供的红外信号,或者在一些实施例中通过使用诸如电力线的基于套接字的通信协议来经由壁式插口210通信,而被控制。

[0055] 智能住家200在一些实施例中是包括全部能够操作以彼此通信而且与诸如远程服务器264的智能住家200之外的设备或者系统通信的数个客户端设备和接入设备的环境。然而,本领域的技术人员会领会的是,这种环境在具有比在图2中所示更少或更多数目的组件的情况下同样能够运行良好。包括具有不同功能的各种元件的智能住家环境的一个特定示例在于2012年9月21日提交的美国临时申请第61/704,437号中有所描述,其针对各方面的全部内容通过引用并入本文中。因此,应将图2中对智能住家环境200的描绘当作本质上是说明性的,而并不限制本教导的范围。

[0056] 图3图示根据实施例的可扩展设备以及服务平台的网络层视图,图1和/或2的智能住家能够与其相集成。参照图2所述的每一智能联网设备能够与一个或多个远程服务器或者云计算系统264通信。通信能够通过直接地(例如,使用到无线运营商的3G/4G连接)、通过集中式网络(其能够是范围从简易式无线路由器例如乃至包括智能型全家专用控制节点的方案)、或者经由其任意组合地建立到互联网262的连接,而被启用。

[0057] 远程服务器或者云计算系统264能够从智能住家设备采集操作数据302。例如,设备能够例行传送操作数据或者能够在特定情况下传送操作数据(例如当请求客户支持时)。远程服务器或者云计算架构264能够进一步提供一种或多种服务304。服务304能够包括例如软件升级、客户支持、传感器数据采集/记录、远程接入、远程或分布式控制、或者使用建议(例如基于所采集的操作数据304用于提高性能、降低效用成本等)。与服务304相关联的数据能够被存储在远程服务器或者云计算系统264处,并且远程服务器或者云计算系统264能够在适当时间(例如以一定间隔、从用户接收请求后等)检索并传送数据。

[0058] 如图3所示,所述可扩展设备以及服务平台的一项显著特征是处理引擎306,其能够被集中在单个数据处理服务器307(其可以被包括于远程服务器264中或者与其分开)或者被分布于几个不同的计算实体中,但不限于此。处理引擎306能够包括配置成从一组设备(例如经由互联网或者集中式网络)接收数据、索引数据、分析数据并且/或者基于分析或作为分析的部分生成统计的引擎。分析后的数据能够被存储为派生数据308。分析或者统计的

结果此后能够被传送回提供用于推导结果的操作(ops)数据的设备、其他设备、向设备的用户提供网页的服务器、或者其他非设备实体。例如,使用统计、相对于使用其他设备的使用统计、使用模式、和/或统计汇总传感器读数能够被传送。结果或统计能够经由网络262而被提供。通过这种方式,处理引擎306能够被配置和编程成由从智能住家获得的操作数据派生多种有用信息。单个服务器能够包括一个或多个引擎。

[0059] 所派生的数据能够在出于多种有用目的的多种不同粒度非常有益,范围从基于每个住家、每社区或者每地区的设备的显式编程控制(例如,用于电力公共事业公司需求响应程序),到能够协助于基于每个住家的推论抽象的生成(例如,能够推理出房主已离开去度假,因此安全检测装备能够处于提高的灵敏度),直到能够被使用于政府或者慈善目的的统计和相关推理抽象的生成。例如,处理引擎306能够跨一群设备生成有关设备使用的统计并且将统计发送至设备用户、服务提供方或者其他实体(例如已经请求或者可能已经为统计提供货币性补偿的实体)。作为具体说明,统计能够被传送至慈善机构322、政府实体324(例如食品和药物管理局或者环境保护署)、学术机构326(例如高校科研人员)、营业所328(例如向相关装备提供设备维修或保养)或者公共事业公司330。这些实体能够使用数据来形成程序以减少能量使用、预先保养故障装备、为高端服务需求作好准备、追踪以往服务表现等,或者执行目前已知或以下发展的多种有益功能或任务中的任一种。

[0060] 图4图示根据实施例的、图3的可扩展设备以及服务平台的抽象功能视图,特别有关处理引擎306以及智能住家环境的设备。即使位于智能住家环境中的设备具有无限多种不同的独立能力和限制,但其全部都能够被认为分享共同特性,其每一项是数据消费者402(DC)、数据源404(DS)、服务消费者406(SC)和/或服务源408(SS)。有利地,除提供设备为获得其本地和即时目标所需要的必要控制信息之外,可扩展设备和服务平台还能够被配置成利用从这些设备流出的大量数据。除了加强或者优化设备本身关于其即刻功能的实际操作之外,可扩展设备和服务平台还能够针对以多种自动化、可扩展、灵活和/或可扩充的方式“再利用”该数据以达成多种有用目标。这些目标可以被预定义或者基于例如使用模式、设备效率和/或用户输入(例如请求特定功能)而适应性地被识别。

[0061] 例如,图4示出处理引擎306为包括数个范式410的。处理引擎306能够包括监视并且管理主要或辅助设备功能的管理服务范式410a。设备功能能够包括鉴于用户输入而确保设备的正确操作、估计(例如响应于)侵入者正处于或试图进入寓所、检测耦合至设备的装备的故障(例如灯泡已烧坏)、实现或以其他方式响应于能量需求响应事件、或者提醒用户当前或预测的未来事件或者特性。处理引擎306能够进一步包括广告/通信范式410b,其基于设备使用来估计用户感兴趣的特征(例如人口统计信息)、需求和/或产品。然后能够将服务、促销、产品或者升级提供或自动提供给用户。处理引擎306能够进一步包括社交范式410c,其使用来自社交网络的信息、将信息提供给社交网络(例如,基于设备使用)、和/或处理与社交网络平台的用户和/或设备交互相关联的数据。例如,诸如向用户在社交网络上的信任联系方报告的用户状态能够被更新为基于光线检测、安全系统去激活或者设备使用检测器而指示其何时在家。作为另一示例,用户也许能够与其他用户共享设备使用的统计。处理引擎306能够包括挑战/规则/规章/奖励范式410d,其通知用户挑战、规则、规章和/或奖励,和/或使用操作数据以确定是否已完成挑战、是否符合规则或规章、和/或是否已赢得奖励。挑战、规则或者规章能够涉及努力节能、安全生活(例如减少暴露于毒素或者致癌物

质)、省钱和/或延长装备寿命、改善健康等。

[0062] 处理引擎306能够整合或以其他方式利用来自外部源的外部信息416以改善一个或多个处理范式的功能。外部信息416能够被使用于解释从设备所接收的操作数据、确定设备附近环境的特性(例如将设备包围在内的建筑物之外)、确定用户可用的服务或者产品、识别社交网络或者社交网络信息、确定设备附近实体的联系信息(例如公共服务实体,诸如紧急救援队、警局或医院)等,以识别与住家或者社区相关联的统计或环境状况、趋势或者其他信息等等。

[0063] 范围和种类极为丰富的益处能够通过所述的可扩展设备和服务平台带来并适配在其范围内,从平常到深刻。因此,在一个“平常”的示例中,智能住家的每一卧室都能够设有包括居住传感器的烟/火/CO警告,其中居住传感器还能够推理(例如通过运动检测、面部识别、可听声音模式等)居住者是否入睡或者醒来。如果感测到严重的火灾事件,则远程安全/监视服务或者消防部门被告知在每一卧室中有多少居住者以及那些居住者是否仍在睡眠中(或者动弹不得)或者他们是否已经正常撤离卧室。虽然这无疑是由所述可扩展设备和服务平台所提供的非常有利的能力,但仍有能够真正说明可予利用的更“智能”的潜力的“深刻”得多的示例。通过可能更“深刻”的示例,与被用于消防安全的卧室居住数据相同的数据在社区儿童发展和教育的社交范式的情况下也能够由处理引擎306所“再利用”。因此,例如,在“平常”示例中所述的相同的卧室居住和运动数据能够被采集并且可供处理之用(适当匿名化),其中在特定邮政编码中的学龄儿童的睡眠模式能够被识别并且被追踪。学龄儿童的睡眠模式中的局部变化可以被识别并且例如被关联至本地学校的不同营养计划。

[0064] 图5是根据实施例所述的专用计算机系统500的框图。例如,客户端设备100、智能住家环境200的元件、远程服务器264、处理引擎306、数据处理服务器307、或者本文所述的其他电子组件中的一个或多个,可以被实现为专用的计算机系统500。本文所述的方法和流程可以类似地由有形的非暂时性计算机可读存储介质和/或引导计算机系统执行本文所述方法和流程的动作的计算机程序产品来实现。每一这种计算机程序产品可以包括在引导计算机系统的处理器执行对应操作的计算机可读介质上所实现的一组指令(例如代码)。指令可以被配置成按相继顺序、或者并行(诸如在不同的处理线程下)或者其组合的方式运行。

[0065] 专用的计算机系统500包括计算机502、耦合至计算机502的监视器504、耦合至计算机502的一个或多个附加的用户输出设备506(可选)、耦合至计算机502的一个或多个用户输入设备508(例如键盘、鼠标、跟踪球、触摸屏)、耦合至计算机502的可选的通信接口510、以及在计算机502之中或者可接入计算机502的包括有形计算机可读存储介质512的计算机程序产品。在计算机可读存储介质512上所存储的指令可以引导系统500执行本文所述的方法和流程。计算机502可以包括经由总线子系统516与数个外围设备通信的一个或多个处理器514。这些外围设备可以包括用户输出设备506、用户输入设备508、通信接口510以及有形计算机可读存储器形式的诸如随机存取存储器(RAM)518和非易失性存储驱动器520(例如磁盘驱动器、光盘驱动器、固态驱动器)的存储子系统。

[0066] 计算机可读介质512可以被加载到随机存取存储器518、存储于非易失性存储驱动器520、或者以其他方式接入计算机502的一个或多个组件。每一处理器514可以包括微处理器,诸如来自 Intel® 或 Advanced Micro Devices Inc.® 的微处理器或者诸如此类。为支持计算机可读介质512,计算机502运行操作系统,该操作系统处理计算机可读介质512与上述

组件之间的通信以及支持计算机可读介质512的上述组件之间的通信。示例操作系统包括来自微软公司(Microsoft Corporation)的Windows®或诸如此类、来自Sun Microsystems的Solaris®、LINUX、UNIX以及诸如此类。在许多实施例中并且如本文所述，计算机程序产品可以是包括计算机可读介质(例如磁盘、存储芯片等)的装置(例如包括盒、读/写头等的硬盘驱动器、包括盒的计算机磁盘、包括连接器、盒等的存储卡)。在其他实施例中，计算机程序产品可以本身包括指令集或者代码模块，并且可以被实现于计算机可读介质上。

[0067] 用户输入设备508包括用于将信息输入计算机系统502的所有可能类型的设备和机制。它们可以包括键盘、小型键盘、鼠标、扫描仪、数字绘图板、结合到显示器中的触摸屏、诸如语音识别系统的音频输入设备、麦克风以及其他类型的输入设备。在各种实施例中，用户输入设备508通常被实现为计算机鼠标、跟踪球、跟踪板、操纵杆、无线遥控器、绘图板、语音命令系统。用户输入设备508通常允许用户经由诸如点击按键或诸如此类的命令来选择在监视器504上出现的对象、图标、文字以及诸如此类。用户输出设备506包括用于将信息从计算机502输出的所有可能类型的设备和机制。它们可以包括显示器(例如监视器504)、打印机、诸如音频输出设备的非视觉显示器等。

[0068] 通信接口510提供到其他通信网络和设备的接口，并且可以作为用于经由有线或无线通信网络522从其他系统、WAN和/或互联网接收数据并向其传送数据的接口。通信接口510的实施例通常包括以太网卡、调制解调器(电话、卫星、电缆、ISDN)、(异步式)数字用户线路(DSL)单元、FireWire®接口、USB®接口、无线网络适配器以及诸如此类。例如，通信接口510可以被耦合至计算机网络、FireWire®总线或者诸如此类。在其他实施例中，通信接口510可以被物理集成于计算机502的母版上并且/或者可以是软件程序或者诸如此类。

[0069] RAM 518以及非易失性存储驱动器520是有形计算机可读介质的示例，其配置成存储诸如本发明的计算机程序产品实施例的数据，包括可执行计算机代码、人类可读代码或者诸如此类。其他类型的有形计算机可读介质包括软盘、可移动式硬盘、诸如CD-ROM的光存储介质、DVD、条形码、诸如快闪存储器的半导体存储器、只读存储器(ROM)、电池支持的易失性存储器、联网的存储设备以及诸如此类。RAM518以及非易失性存储驱动器520可以被配置成存储提供如上所述的本发明的各种实施例的功能的基本编程以及数据结构。

[0070] 提供本发明的功能的软件指令集可以被存储于计算机可读介质512、RAM518和/或非易失性存储驱动器520中。这些指令集或者代码可以由处理器514执行。计算机可读介质512、RAM518和/或非易失性存储驱动器520还可以提供用于存储根据本发明所使用的数据以及数据结构的存储库。RAM518以及非易失性存储驱动器520可以包括数个存储器，其包括用于在程序执行期间存储指令和数据的主随机存取存储器(RAM)以及其中存储固定指令的只读存储器(ROM)。RAM518以及非易失性存储驱动器520可以包括提供程序和/或数据文件的持久性(非易失性)存储的文件存储子系统。RAM518以及非易失性存储驱动器520还可以包括可移动式存储系统，诸如可移动式闪速存储器。

[0071] 总线子系统516提供用于允许计算机的各种组件和子系统按预期彼此通信的机制。尽管总线子系统516被示意性示为单总线，总线子系统的替换实施例可以在计算机502内利用多条总线或者通信路径。

[0072] 对于固件和/或软件的实施方式而言,方法(methodologies)可以利用执行本文所述功能的模块(例如程序、功能等)来实现。有形化体现指令的任何机器可读介质可以被使用于实现本文所述的方法。例如,软件代码可以被存储于存储器中。存储器可以被实现在处理器之内或者处理器之外。如本文所用,术语“存储器”是指任何类型的长期、短期、易失性、非易失性、或者其他存储介质,并且不限定为任何特定类型的存储器或者数个存储器、或者任何特定类型的存储器存于其上的介质。

[0073] 此外,如本文所公开,术语“存储介质”可以代表用于存储数据的一个或多个存储器,包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁性RAM、磁芯存储器、磁盘存储介质、光存储介质、闪存设备和/或其他用于存储信息的机器可读介质。术语“机器可读介质”包括但不限于便携式或固定存储设备、光存储设备、无线信道、和/或包含或传输指令和/或数据的有存储能力的各种其他存储介质。

[0074] 图6图示根据实施例的实现热力学行为建模的HVAC控制系统600的组件。为便于理解,参照图1A、1B、2和7描述系统600,然而应理解的是,系统600的实施例不限于参照图1A、1B、2和7所述的示例装置和系统。

[0075] 根据各种实施例的HVAC控制系统600能够操作以实现用于经由HVAC系统来智能控制建筑物的室内环境状况的多种HVAC控制算法。HVAC控制算法中的一个或多个可以直接或间接依赖于预测建筑物对相关HVAC系统的启动状态中的变化的环境响应的热力学预测。热力学预测,反过来,可以至少部分基于建筑物的热力学模型而被生成,在此热力学模型响应于HVAC启动状态的应用来表征建筑物的环境特性轨迹。所表征的环境特性轨迹可以是建筑物内部的多种环境状况的一个或多个的轨迹,包括但不限于室内温度以及室内湿度。

[0076] 根据一些实施例的HVAC控制系统600包括多种组件、诸如HVAC控制元件610、热力学行为预测元件620以及热力学模型生成器630。这些组件中的每一个都可以在物理上、逻辑上或者通信上彼此耦合,并且在一些实施例中,本文所述用于系统600的一个或多个组件的结构元件和/或其功能性可以被类似地实现于系统600的其他组件中。此外,系统600的组件能够被实现在硬件、软件或其任意组合中,并且虽然在一个实施例中系统600的组件可以被实现于设备100中,但其他实施例不限于此,因为一些或者全部组件都可以被实现于设备100以外的、电子设备(例如与智能住家环境200相关联的设备,诸如便携式电子设备266和/或远程服务器264)中。

[0077] HVAC控制元件610包括HVAC控制逻辑,出于多种原因中的一个或多个,其可能希望获得并且使用建筑物的热力学行为的预测。例如,由恒温器202实现的一个或多个HVAC控制算法可以依赖于建筑物250的热力学行为的预测来提高HVAC控制的精确度。HVAC元件610可以包括涵盖多种可能性的HVAC控制逻辑,并且可以包括并被实现于例如需求响应控制单元612、分时计价控制单元614、空气波(airwave)控制单元616以及分时定温控制单元618。

[0078] DR控制单元612可以被操作以针对DR事件而控制例如HVAC 203的HVAC系统。DR控制单元612可以包括用于便利这种控制的各种控制逻辑,并且在一些情况下这种控制逻辑可以控制HVAC系统以便将能量消耗从DR事件期之内(即期间期望缩减的能量消耗的一段时间)转移至DR事件期之外的一个或多个时期。在执行这种控制时,DR控制单元612可以至少

部分地依赖于建筑物的热力学行为的一个或多个预测。用于响应于DR事件来控制HVAC系统的各种技术在于2013年3月15日提交的共同受让的序列号13/842,213(参考号:NES0253-US)的美国申请;以及同时提交的题目为“Controlling An HVAC System In Association With a Demand-Response Event(控制与需求响应事件相关联的HVAC系统)”的序列号13/866,635(参考号:NES0340-US)的美国申请中进行描述,二者的全部内容均通过引用并入本文中用于所有目的。

[0079] 分时计价(TOU)控制单元614可以被操作以在能量动态定价的环境中控制HVAC系统。即,每单位能源的价格如消费者所见可以在一天的过程中变化。在该情况下的TOU控制单元可以包括各种控制逻辑,用于便利HVAC系统的控制,以便根据动态定价在一天的过程中达到居住者舒适的理想水平同时高效地消耗能量。在执行这种控制时,TOU控制单元614可以至少部分地依赖于建筑物的热力学行为的一个或多个预测。用于执行分时计价的HVAC系统控制的各种技术在共同受让且同时提交的题目为“Automated Adjustment Of An HVAC Schedule For Resource Conservation(用于资源保护的HVAC排程的自定调整)”的序列号13/866,578(参考号:NES0211-US)的美国申请,以及共同受让且同时提交的题目为“Controlling An HVAC System In Association With a Demand-Response Event(控制与需求响应事件相关联的HVAC系统)”的序列号13/866,635(参考号:NES0340-US)的美国申请中进行描述,二者的全部内容均通过引用并入本文中用于所有目的。

[0080] 空气波控制单元616可以被操作以独立控制HVAC系统的空调元件的空气压缩机和风扇。在冷却建筑物的内部温度以达到期望的设定点温度时,空气波控制单元616可以在达到期望的设定点温度之前,断开或以其他方式关闭压缩机,而在一定时间段内使风扇保持开启。在这一情况下,HVAC系统的能量消耗可以被缩减,而仍然到达期望的设定点温度。在执行这种控制时,空气波控制单元616可以至少部分地依赖于建筑物的热力学行为的一个或多个预测。用于独立控制HVAC系统的空调元件的空气压缩机和风扇的各种技术在于2012年3月29日提交且共同受让的序列号13/434,573(参考号:NES0208-US)的美国申请中进行描述,其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的。

[0081] 分时定温控制单元618可以被操作以计算HVAC系统使得建筑物的内部温度达到期望的设定点温度所需要的时间量,并且在一些实施例中将其传输给用户。这种计算的使用可以不限于传输给用户,而还能够由其他HVAC控制逻辑所使用,并且控制单元618可以不限于确定达到期望温度所需要的时间,而还能够包括用于确定达到诸如特定湿度水平的其他室内环境特性所需要的时间的逻辑。在确定达到室内环境特性所需要的时间时,分时定温控制单元618可以至少部分地依赖于建筑物的热力学行为的一个或多个预测。用于执行分时定温控制的各种技术在于2011年1月4日提交的序列号12/984,602(参考号:NES019-US)的美国申请以及在于2012年9月30日提交的序列号13/632,028(参考号:NES0124-US)的美国申请中进行描述,其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的。

[0082] 应认识到的是,实施例不限于包括本文所述的包括特定控制单元的HVAC控制元件610,而能够包括至少部分地依赖于建筑物的热力学行为的预测的多种控制单元中的一个或多个。为便于获取指示这一预测的信息,在一些实施例中,HVAC控制元件610或者其中所包括的一个或多个单元,可以向热力学行为预测元件620a传输对在预测时期之内建筑物的热力学行为的预测的请求。在一些具体实施例中,请求可以包括对预期的室内温度

分布、预期的室内湿度分布、或者表征一个或多个其他预期的室内环境特性的分布的请求。请求可以包括支持该请求的多种信息中的一些、全无或者全部。例如，请求可以包括表征在预测时期之内的HVAC系统的期望控制的期望HVAC控制轨迹。在一些实施例中的HVAC控制轨迹可以是例如预测时期内的设定点温度的排程。

[0083] 热动力学行为预测元件620包括能够操作以至少部分响应于期望的HVAC控制轨迹来预测建筑物的热动力学行为的计算逻辑。热动力学行为预测元件620可以包括多种用于生成这种预测的计算逻辑，诸如HVAC状态控制仿真器622以及室内温度预测器624。

[0084] HVAC状态控制仿真器622能够操作以基于期望的环境状况(例如期望的室内温度)以及当前的环境状况(例如当前的室内温度)来仿真HVAC系统的一个或多个阶段的启动。在仿真HVAC阶段的启动时，HVAC状态控制仿真器622可以接收指示期望的环境状况(例如期望的室内温度)的信息，以及指示对应的当前环境状况(例如当前的室内温度)的信息，并且应用一组HVAC阶段控制逻辑以确定并且输出指示一个或多个所仿真的HVAC启动状态的信息。例如，在温度控制仿真中，如果期望的室内温度高于当前的室内温度，则HVAC状态控制仿真器622可以输出指示一个或多个HVAC供暖阶段的启动的信息。类似地，如果期望的室内温度低于当前的室内温度，则HVAC状态控制仿真器622可以输出指示一个或多个HVAC冷却状态的启动的信息。应认识的是，实施例并不限于这些特定的示例。例如，HVAC系统可以包括多种阶段中的一个或多个，风扇阶段、第一和第二供暖阶段、紧急供暖阶段、第一和第二冷却阶段、加湿阶段等，在此这些阶段可以独立(或者相互依赖)地启动。

[0085] 室内温度预测器624能够操作以响应于所仿真的HVAC阶段的启动状态来确定当前环境状况中的预期变化(例如当前室内温度中的变化)。在确定当前环境状况中的预期变化时，室内温度预测器624可以依赖于指定建筑物在HVAC控制系统的影响下在热动力学上将如何表现的建筑物的热动力学模型。在一些相对简单的情况下，可以仅存在一个建筑物的热动力学模型，并且由此室内温度预测器624可以依赖于该单个模型来确定建筑物的环境状况中的预期变化。然而，在其他情况下，可以存在数个模型，在该情况下室内温度预测器624可以使用最适用的模型。例如，不同的模型可以与不同的HVAC启动状态相关联，诸如一模型与正启动第一供暖阶段(stage one heating)相关联，一不同模型与正启动第一冷却阶段(stage one cooling)相关联，并且还一不同模型与正启动第一供暖和风扇阶段(stage one heating and a fan)相关联。最适用的模型由此可以取决于哪些HVAC阶段被HVAC状态控制仿真器622所启动并且如由HVAC状态控制仿真器622所接收的指示一个或多个所仿真的HVAC启动状态的信息所定义。还应认识的是，在一些实施例中，热动力学模型可以随时间而被修正，以便例如确保所应用的模型准确地反映建筑物的最近行为特性。

[0086] 在确定当前环境状况中的预期变化时，除热动力学模型之外，室内温度预测器624还可以获取并且使用多种信息。例如，室内温度预测器624可以获取并且使用诸如预期的室外环境特性(例如预期的室外温度)、预期的建筑环境特性(例如预期的建筑物温度)、正为其确定环境特性的建筑物的本地时间等。在一些特定的实施例中，可以将一些或者全部这种信息与热动力学模型一起用于确定建筑物的预期热动力学行为。

[0087] 在一些特定的实施例中，热动力学行为预测元件620可以接收设定点温度的排程($T^{schedule}$)作为指示期望的环境状况的信息。排程 $T^{schedule}$ 可以被实现为离散时间元的矢量，在此每一元均由 $T^{schedule}(k)$ 来表示。热动力学行为预测元件620可以顺序地将由矢量

$T^{schedule}(k)$ 所定义的设定点温度应用到HVAC状态控制仿真器622。HVAC状态控制仿真器622 然后再针对每一设定点温度确定适当的HVAC启动状态。HVAC启动状态可以类似地被实现为离散时间元 $U(k)$ 的矢量(对于每一HVAC阶段),在此每一元响应于对应的排程元 $T^{schedule}(k)$ 的输入而由HVAC状态控制仿真器622顺序地输出。然后可以将每一离散时间元 $U(k)$ 应用到室内温度预测器624,其针对每一元 $U(k)$ 确定并且输出室内温度中的预期变化 $T^{indoor}(k+1)$ 。对于每一时间增量,室内温度的预期变化 $T^{indoor}(k+1)$ 可以被反馈至HVAC状态控制仿真器622,以便HVAC状态控制仿真器622可以确定预期的室内温度以与输入的设定点温度相比较。一旦全部时间步长均已被仿真以至整体预测时期已被仿真,可以将离散的HVAC启动状态元 $U(k)$ 聚合以生成预期的HVAC启动控制轨迹,并且可以将室内温度的预期变化 $T^{indoor}(k+1)$ 聚合以生成预期的室内温度分布。

[0088] 热动力学模型生成器630包括能够操作以识别并且在一些情况下生成热动力学模型以供热动力学行为预测元件620使用的计算逻辑。在一些实施例中,热动力学行为预测元件620可以被耦合至或以其他方式与热动力学模型生成器630通信。在热动力学行为预测元件620被请求确定建筑物的预期的热动力学行为的情况下,热动力学预期元件620可以从热动力学模型生成器630请求热动力学模型。在使用单一模型来表征建筑物的环境特性轨迹的情况下,请求可以简单请求该模型的当前版本。在可以使用数个不同模型的情况下,请求可以包括识别HVAC系统的启动状态以协助热动力学模型生成器630来识别或者生成最适用模型的信息。

[0089] 如前所述,室内温度预测器624可以获取用于表征建筑物的环境特性轨迹的建筑物的热动力学模型。在一些特定的实施例中,可以在预先选择的、预定多个基函数上来建立模型,该预先选择的、预定多个基函数表征多个基本因子响应于HVAC系统的启动状态对环境特性轨迹的贡献,所述基本因子中的一些基本因子具有直接的物理意义而其他基本因子仅具有连带的(associative)数学意义。基函数可以包括多种函数中的一个或多个,该多种函数指示例如来自给定HVAC阶段的效应、来自前一周期的效应、室外与室内温度的差异、建筑物与室内温度的差异、以及由除了环境因子以外的因子所导致的效应。在一些具体实施例中,基函数包括下列之中的一个或多个:

[0090] (a) 来自前一周期的初始率,其在当前周期开始起主导作用并最终消失,如由 $(1-g(t^{cycle})) \times r$ 所表示;

[0091] (b) 来自给定阶段的初级效应,其从零开始,在约 $2 \times t^{steady-state}$ 处达到最大,并且其后逐渐减小,如由 $g(t^{cycle}) \times \exp(-\sigma t^{cycle})$ 所表示;

[0092] (c) 室外温度与室内温度之间的差異效应,如由 $T^{out}-T^{in}$ 所表示;

[0093] (d) 建筑物温度与室内温度之间的差異效应,如由 $T^{structure}-T^{in}$ 所表示;

[0094] (e) 一日内时间(当地时间)的效应,其近似于阳光效应,如由 $\sin(2\pi \text{mod}(t, 1))$ 所表示;以及

[0095] (f) 代表不受环境因子所影响的能量变化的常数。

[0096] 在此, $g(t^{cycle}) = 1 / (1 + \exp(-\gamma \times (t^{cycle} - t^{steady-state})))$, r 是在周期开始的初始温度变化率,并且 σ 和 γ 为常数。简短转至图7,图7图示根据实施例的 $g(t^{cycle})$ 的示例。另外, t 是以当地时间计的一日内时间, t^{cycle} 是自当前周期开始以来的流逝时间, $t^{steady-state}$ 是稳态活动开始压倒早先周期活动的周期内的估计时间, T^{in} 是室内温度, T^{out} 是室外温度, $T^{structure}$

是建筑物温度，并且U是激活的HVAC阶段，诸如第一阶段供暖、第二阶段供暖、第二阶段冷却、辅助供暖、漂移/HVAC关闭。应认识的是，每一阶段均可以与特定状态相关联。状态可以包括相对高能耗的第一状态(例如“开”状态)以及相对低能耗的第二状态(例如“关”状态)，在此第一状态相对于第二状态为高能耗，并且第二状态相对于第一状态为低能耗。在一些实施例中，状态可以不必限定于“开”和“关”状态，但能够包括具有不同的控制信号振幅的状态。例如，HVAC启动状态可以包括“开”状态的梯度。

[0097] 可以通过多种方式将这些基函数中的一些或全部组合以形成热动力学模型。另外，能够使用附加或替选的基函数。在许多实施例中，每一基函数均被加权，在此能够通过例如拟合算法(稍后论述)来动态确定具体的权重。包括前述基函数的加权版本的一个特定的热动力学模型可以被表示为：

$$[0098] \Delta T_i^{in} = (1 - g(t_i^{cycle})) \times r + w_{j1} \times g(t_i^{cycle}) \times \exp(-\sigma t_i^{cycle}) + w_{j2} (T_i^{out} - T_i^{in}) + w_{j3} (T_i^{structure} - T_i^{in}) + w_{j4} \times \sin(2\pi \text{mod}(t_i, 1)) + w_{j5}$$

[0099] 其中， w_{j1} 、 w_{j2} 、 w_{j3} 、 w_{j4} 和 w_{j5} 是对应于每一基函数的权重因子，并且 $\Delta T_{i+1}^{in} = T_{i+1}^{in} - T_i^{in}$ 。

[0100] 在操作中，热动力学行为预测元件620可以在仿真建筑物的热动力学行为之前获取多种信息。例如，热动力学行为预测元件620可以从热动力学模型生成器630获取权重因子 w_{j1} 、 w_{j2} 、 w_{j3} 、 w_{j4} 和 w_{j5} 的值、从远程实体获取预测时期之内的预期室外温度 T_i^{out} 以及常数 σ 和 γ 的值。由于热动力学行为预测元件620行进通过所输入的期望环境状况的时序(time-wise sequence)，因此可以将在预测期的期间给定时间所预测的室内温度用作输入，诸如 T_i^{in} ，用于预测在预测中的后续时间的热动力学行为。

[0101] 在一些实施例中，建筑物的温度 $T^{structure}$ 可以使用能够操作以检测这种信息的一个或多个传感器(例如耦合至建筑物墙壁的温度传感器)而被确定。然而，在其他实施例中，可以并不直接获取而可以估计建筑物的温度。在估计建筑物温度的过程中，初始建筑温度可以被设定为一定时间的室内温度。可以将该时间选为建筑物之中或周围的环境特性之间的过渡时间。例如，可以将该时间选为一日中的炎热期向寒冷期过渡的时间。例如可以通过确定一定时期之内的最高和最低温度、确定该时期内的平均温度、并且然后确定达到平均温度的时间来确定这一时间。在许多环境中，该时间可以是大约晚间11点、子夜、凌晨1点、晚间11点与凌晨1点之间的时间、或者早于晚间11点或者晚于凌晨1点的时间。

[0102] 一旦过渡时间被确定时，初始建筑物温度可以被设定为在该时间的室内温度，然后对于其后多个连续时间中的每一时间，所估计的建筑温度可以被确定作为先前室内和室外温度的加权组合。权重可以彼此相等，以致室内温度和室外温度在估计建筑物温度的过程中被同等地考虑或者能够彼此不同。例如，可以通过首先令 $T_0^{structure} = T_{midnight}^{in}$ 并然后对于子夜之后的多个连续时间使用更新规则 $T_i^{structure} = (1 - \alpha - \beta) T_{i-1}^{structure} + \alpha T_i^{in} + \beta T_i^{out}$ 而在时间步n估计建筑物温度，其中 $T_0^{structure}$ 是建筑物的初始温度， $T_{midnight}^{in}$ 是子夜的室内温度， α 和 β 是0与1之间的常数。

[0103] 应认识的是，在周期开始的活动与周期中间和结束的活动之间可能得出区别，在此周期是HVAC系统根据特定的HVAC启动状态而被启动的时期。在周期开始(例如第一个5-10分钟)，早先周期活动发生，在此期间大部分的温度变化是从前一周期延续下来(carry over)的，并且HVAC开始斜坡上升。在周期开始之后(例如10分钟之后)，稳态活动发生，在此

期间随着温度移向设定点并且远离室外温度,HVAC作用逐步减小,并且室外温度、建筑物温度以及一日内时间中的变化大大地影响温度分布。如本文所用,“周期”是指期间特定的HVAC启动状态关于正考虑的模型所关注的能量消耗参数起作用(即启动阶段)的时期。例如,考虑关注参数仅为供暖是否“开”或者“关”的场景。在简单的单阶段HVAC系统中,HVAC为“开”并且然后“关”的时间代表两个不同的连续周期。然而,在具有诸如供暖阶段和风扇的多个阶段的更复杂的HVAC系统中,加热器开启(不论风扇状态)并且然后加热器关闭(不论风扇状态)的时间代表两个不同的连续周期。在该更复杂的系统中,由于特定模型关注的参数仅涉及加热器的状态,所以风扇的状态不影响周期的持续时间。

[0104] 为捕捉该行为, $g(t^{cycle})$ 可以设为等于 $1/(1+\exp(-\gamma \times (t^{cycle}-t^{steady-state})))$,其中, $t^{steady-state}$ 是稳态活动开始压倒早先周期活动的周期中的估计时间,如前所述。这是在周期开始之后平稳上升的单调不减逻辑函数,如图7所示。

[0105] 还应认识的是,在给定周期开始时的初始温度变化率可以在稳态活动开始之前确定其大部分形状。变量r由此可以被定义为在周期开始的初始温度变化率,使得 $r_j = T_{beginning of cycle j} - T_{end of cycle j-1}$ 。然后,对于每一时间步i,变量被定义为 $r_i = r_{j:i}$ 。即,在时间中任一点的r的值都可以是包含该点的周期的开始时的r的值。

[0106] 在一些特定实施例中的系统600实现热力学行为建模,并且根据各实施例包括多种组件,诸如HVAC控制元件610、热力学行为预测元件620、以及热力学模型生成器630。然而,本领域的技术人员会领会的是,执行本文所述的各种操作的系统在带有比在图6中所示更少或更多数目的组件的情况下同样能够运行良好。因此,应将在图6中对系统600的描绘当作本质上是说明性的并且不限制本教导的范围。

[0107] 现转至图8,图8图示根据实施例的热力学模型生成器630。热力学模型生成器630操作以识别,并且/或者,在一些情况下生成响应于HVAC启动状态的应用而表征建筑物的环境特性轨迹的热力学模型。热力学模型生成器630包括多种组件,诸如输入/输出逻辑632、模型返回控制器634、模型存储元件636以及耦合至传感器640、HVAC状态控制器642和时钟644的数据获取单元638。热力学模型生成器630可以进一步包括数据存储元件646、模型拟合单元648以及模型参数存储元件650。这些组件中的每一个都可以在物理上、逻辑上或者通信上彼此耦合,并且在一些实施例中,本文所述用于模型生成器630的一个或多个组件的结构元件和/或其功能性可以被类似地实现于模型生成器630的其他组件中。此外,模型生成器630的组件能够被实现在于硬件、软件或其任意组合中,并且虽然在一个实施例中模型生成器630的组件可以被实现于设备100中,但其他实施例不限于此,因为一些或者全部组件都可以被实现于除设备100以外的电子设备(例如与智能住家环境200相关联的设备,诸如便携式电子设备266和/或远程服务器264)中。

[0108] 热力学模型生成器630可以被操作以响应于对热力学模型的请求而识别并且/或者生成模型。一旦模型已被识别或以其他方式被生成时,热力学模型生成器630便可以返回模型和/或其组件。例如,响应于从热力学行为预测元件620所传输的对模型的请求,模型生成器630可以识别热模型并且将热模型传输至预测元件620,在此所传输的模型可以包括表征模型的一个或多个模型参数,诸如权重因子 $w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4}$ 和 w_{j5} 的值。在一些实施例中,在接收请求的时间可以已生成一个或多个模型,并且在一些情况下(例如如果那些模型仍有效,即基于相对于接收请求的时间相对近期获取的数据而被生成,诸如24小

时之内),可以将已生成的模型返回。在一些实施例中,请求可以指示模型期望的特异性水平。例如,模型可以已经基于当第一阶段和第二阶段加热器均被启动时所创建的数据而被生成。请求可以指示其要求模型是基于当第一阶段和第二阶段加热器均被启动而且风扇也被启动时所创建的数据而被生成。响应于请求,模型生成器630可以搜索已生成并且可以满足所请求的特异性水平的候选模型。如果并未查找到候选模型,则可以生成并且返回新模型。如果查找到一个候选者,则可以返回该模型。如果查找到多个候选者,则可以返回限制性最大的模型。在该特定示例中,现有的模型可能特异性不足以满足请求,在该情况下可以生成为请求定制的新模型。

[0109] 输入/输出逻辑632包括能够操作以使热动力学模型生成器630的组件与诸如热动力学行为预测元件620的其他组件通信地交互的逻辑。输入/输出逻辑632由此可以被操作以接收、解释、制订(formulate)并且传输对热模型的请求的响应。

[0110] 模型返回控制器634可以被操作以执行多种操作,包括分析对模型的请求,搜索现有模型,响应于请求而识别用于返回的特定模型,指令数据获取单元638获取数据以生成新模型,以及指令模型拟合单元648为新模型拟合权重因子。模型返回控制器634可以被耦合至输入/输出逻辑632、模型存储元件636、数据获取单元638以及模型拟合单元648。

[0111] 模型存储元件636可以存储一个或多个热动力学模型,包括其参数。例如,模型存储元件636可以包括指示特定模型中所使用的基函数、在模型中所使用的任何常数的值、以及在模型中所使用的任何权重因子的值的信息。对于每一模型,模型存储元件636还可以包括指示模型的特异性水平的信息,在此特异性水平可以指示被使用于生成模型的数据的类型。例如,特异性水平可以指示对于被使用于生成模型的数据激活的阶段的类型。

[0112] 数据获取单元638可以被操作以获取用于生成热动力学模型的多种数据。例如,数据获取单元638可以被耦合至一个或多个传感器640,用于接收诸如室内温度、室外温度、室内湿度、室外湿度、居住等感测信息。数据获取单元638还可以被耦合至HVAC状态控制器642,其指示一段时间内的HVAC启动状态(例如第一阶段供暖是否开启、第二阶段供暖是否开启、紧急供暖是否开启等)。数据获取单元638还可以被耦合至时钟644,其可以提供时序信号用于使由传感器640与HVAC状态控制器642所接收的信息相关联。在热动力学模型生成中可以使用的多种类型的信息进一步在于2010年9月14日提交的共同受让的、序列号12/881,430(参考号:NES002-US)的美国申请中进一步描述,其全部内容通过引用完全并入本文中用于所有目的。数据获取单元638还可以被耦合至数据存储元件646,其可以被操作以存储由数据获取单元638所获取的数据。

[0113] 模型拟合单元648可以被操作以将与一组基函数相关联的基函数权重因子拟合至所获取的数据中的一些或者全部。可以使用多种拟合技术中的一个或多个来拟合这些权重因子,包括但不限于最小二乘法拟合。可以使用任何适用的数据历史来拟合权重因子,包括1日、3日、5日、7日、10日、14日、在1日至14日的范围内的数日、或者小于1日或大于14日的数日。在拟合权重因子的过程中,模型拟合单元648可以首先识别一个或多个基函数,针对其的表示被存储于模型参数存储元件650中。例如,模型拟合单元648可以识别并且选择如前所述的基函数中的一个或多个。一旦用于构建模型的基函数被选择时,可以识别,诸如前述常数中的一个或多个的,与那些基函数相关联的任何适用的常数并且确定其值。模型拟合单元648然后可以确定存储于获取数据元件646中的待使用的适当历史数据(在此可以由模

型请求来定义适当数据)并且将权重因子拟合于该历史数据,以便经加权的基函数表征建筑物的历史热动力学响应,并且由此能够后续被使用于预测建筑物的未来热动力学响应。在一些实施例中,模型拟合单元648使用仅在一定时期期间所生成的数据,诸如从当地子夜到当地子夜的时期。在这一情况下,由于基于相同准则(criteria)但在相同的24小时时期内所创建的模型可能彼此相同,所以可以降低生成模型的频率。

[0114] 热动力学模型生成器630操作以识别并且/或者,在一些情况下生成热动力学模型,并且包括诸如输入/输出逻辑632、模型返回控制器634、模型存储元件636、数据获取单元638、数据存储元件646、模型拟合单元648以及模型参数存储单元650的多种组件。然而,本领域的技术人员会领会的是,执行本文所述的各种操作的系统在带有比在图8中所示更少或更多数目的组件的情况下同样能够运行良好。因此,应将在图8中对热动力学模型生成器630的描绘当作本质上是说明性的并且不限制本教导的范围。

[0115] 图9图示根据实施例的用于确定建筑物对相关HVAC系统的启动状态中的可能变化的预期环境响应的流程700的通信序列。为便于理解,参照图6至8描述流程700,然而应理解的是,流程700的实施例不限于参照图6至8所述的示例系统和装置。

[0116] 在操作702中,HVAC控制元件610将对建筑物的热动力学行为的预测的请求传输至热动力学行为预测元件620。在一些具体实施例中,请求可以包括对预期的室内温度分布、预期的室内湿度分布、或者表征一个或多个其他预期的室内环境特性的分布的请求。请求可以包括支持该请求的多种信息中的一些、全无或者全部。例如,请求可以包括表征在预测时期之内的HVAC系统的期望控制的期望HVAC控制轨迹,诸如对于预测时期内的设定点温度的排程。

[0117] 响应于接收请求,在操作704中,热动力学行为预测元件620可以从热动力学模型生成器630请求适用的热动力学模型。在一些实施例中,请求可以指示模型期望的特异性水平,诸如模型待适合于的HVAC系统的一个或多个阶段的启动状态的指示。在其他实施例中,请求可以另外或者替选地指示应被使用于生成模型的基函数。例如,在一些实施例中,由热动力学行为预测元件620所使用的基函数的数目或者选择可以改变,并且/或者热动力学模型生成器630可以存储数个不同的模型,在此不同的基函数被使用于不同的模型。因此,请求可以指示在给定时间哪些特定的基函数正由热动力学行为预测元件620所实现并且由此指示应通过其来生成模型的特定的基函数。

[0118] 响应于接收对热动力学模型的请求,在操作706中,热动力学模型生成器630可以确定满足请求的适用热动力学模型。这可以包括在预先存在的模型中搜索最适用的模型,并且/或者生成迎合请求的新模型。

[0119] 一旦适用的模型已被识别时,在操作708中,可以将模型返回到热动力学行为预测元件620。在返回模型时,可以传输多种信息,诸如指示任何基函数权重因子的值、与基函数结合使用的任何常数的值、以及在一些情况下由模型所使用的基函数的识别(identification)的信息。

[0120] 响应于接收模型,热动力学行为预测元件620可以基于模型以及诸如预测时期内的设定点温度的排程的、期望HVAC控制轨迹,来确定建筑物的预期热动力学行为。一旦建筑物的预期热动力学行为被确定时,在操作712中,可以将其返回至HVAC控制元件610。这可以包括例如返回预期的室内温度分布、预期的室内湿度分布、预期的HVAC启动轨迹或者诸如

此类中的一个或多个。

[0121] 应领会的是,在图9中所示的具体操作提供用于根据各实施例确定建筑物对相关HVAC系统的启动状态中的可能变化的预期环境响应的特定流程。还可以根据替选的实施例执行操作的其他序列。例如,本发明的替选实施例可以不同的顺序来执行上面概述的操作。此外,在图9中所示的各个操作可以包括可以合适于各个操作的各种次序所执行的多个子操作。另外,基于特定的应用,可以增加附加的操作或者去除现有的操作。本领域的一个普通技术人员会认识并领会许多变化、修改和替选。

[0122] 图10图示根据实施例的用于确定适当的热动力模型的流程。为便于理解,参照图6至9描述流程,然而应理解的是,流程的实施例不限于参照图6至9所述的示例系统和装置。在一些实施例中以及如本文所述,流程可以被实现为操作706。然而,应认识的是,由于能够在除操作706以外的操作中实现本文所述的流程,所以实施例不限于此。

[0123] 在操作706A中,接收对热动力学模型的请求。例如,热动力学模型生成器630可以接收从热动力学行为预测元件620所传输的对热动力学模型的请求。

[0124] 在操作706B中,为期间HVAC系统控制建筑物的环境特性(例如热环境)的时间段,获取时间信息、温度信息以及HVAC启动状态信息。例如,数据获取单元638可以获取诸如在当地时间的一日内时间、自当前周期流逝的时间、稳态活动开始压倒早先周期活动的周期中的估计时间、以及诸如此类的时间信息,其中,这些数据中的一些或全部可以从内部或外部时钟644来获取。数据获取单元638可以获取诸如室内温度、室外温度、建筑物温度以及诸如此类的温度信息,其中,该数据中的一些或全部可以从一个或多个传感器640来获取。数据获取单元638可以另外或者替选地获取HVAC启动状态信息,其可以指示在HVAC系统控制建筑物的热环境期间的时间段期间从例如HVAC状态控制器642启动HVAC系统的哪一或哪些阶段。

[0125] 在操作706C中,识别多个基函数,其中,那些基函数的加权组合响应于HVAC启动状态的变化而表征建筑物的室内温度轨迹。例如,可以识别指示来自前一周期的初始率、来自给定阶段的初级效应、室外温度与室内温度之间的差异的效应、建筑物温度与室内温度之间的差异的效应、一日内时间的效应、以及代表不受环境因子影响的能量变化的常数的基函数。

[0126] 在操作706D中,可以确定对应于基函数的多个权重因子。例如,可以通过将诸如前述的 w_{j1} 、 w_{j2} 、 w_{j3} 、 w_{j4} 和 w_{j5} 的权重因子拟合至所获取的数据来确定所述权重因子。

[0127] 在操作706E中,返回包括权重因子的热动力学模型。例如,可以将指示权重因子 w_{j1} 、 w_{j2} 、 w_{j3} 、 w_{j4} 和 w_{j5} 的值的信息从热动力学模型生成器630传输至热动力学行为预测元件620。

[0128] 应领会的是,在图10中所示的具体操作提供用于根据实施例确定适当的热动力学模型的特定流程。还可以根据替选的实施例执行操作的其他序列。例如,本发明的替选实施例可以不同的顺序来执行上面概述的操作。此外,在图10中所示的各个操作可以包括可以合适于各个操作的各种次序所执行的多个子操作。另外,基于特定的应用,可以增加附加的操作或者去除现有的操作。本领域的一个普通技术人员会认识并领会许多变化、修改和替选。

[0129] 如参照图8所述,数个模型可以被存储于模型存储元件636中以供热动力学行为预

测元件620所用。在许多实施例中，在特定(例如当地)某日首次需要模型，可以训练(即生成)模型并且将其参数存储于诸如模型存储元件363的模型缓存器中。虽然模型可以随后被使用于满足后续请求，但在一些实施例中，在模型存储元件636中所存储的模型可以在诸如24小时之后的一定时间段之后变过期(stale)。在一些情况下，可以将期间所存储的模型有效的时期与数据被使用于生成模型的时期相关联。一旦模型变过期时，即使模型可能适用于满足模型请求，也可以不返回该模型而可以生成新模型。

[0130] 此外如前所述，HVAC系统可以包括数个阶段，诸如风扇、第一阶段供暖、第二阶段供电等。对热动力学模型的请求可以指示期望的特异性水平。如果满足所请求准则的模型存在，则可以返回该模型。

[0131] 否则，可以生成并且返回为所请求的准则所特别定制的新模型。

[0132] 例如，在一些实施例中，可以通过阶段的二进制设置来定义HVAC启动状态，其中，每一阶段均可以具有二进制的“开”状态或者二进制的“关”状态。表1示出HVAC状态的示例序列。

[0133]

阶段	12:00am	7:35am	7:43am	7:50am	7:55am	8:10am	9:30am	9:50am
Fan (风扇)	关	开	关	开	开	关	开	关
StageOneHeat (第一阶段供暖)	关	开	关	开	开	关	开	关
StageTwoHeat (第二阶段供暖)	关	关	关	关	开	关	开	关
EmergencyHeat (紧急供暖)	关	关	关	关	关	关	关	关

[0134] 表1.HVAC状态的示例序列。

[0135] 在作出对模型的请求时，热动力学行为预测元件620可以作出诸如“请给我当StageOneHeat为开时有效的建筑物模型”的请求。然而，这一请求存在的问题在于，没有测到仅StageOneHeat开启时的数据，因为Fan在同一时间也总是开启。当然，热动力学行为预测元件620可能不会关注风扇是否开启。因此，请求确实应当更为具体，诸如“请给我当StageOneHeat为开时有效的建筑物模型并且我不关注其他阶段”。然而，该请求存在的问题在于，如表1所示，StageOneHeat开启时的数据的一些是在StageTwoHeat也开启的同时采集的，并且StageTwoHeat数据可能使模型失真。因此，当请求模型时，热动力学行为预测元件620应除那些开关的具体设置之外，还指定其关注哪些开关。例如，热动力学行为预测元件620可以作出诸如“请给我当StageOneHeat为开并且StageTwoHeat为关并且EmergencyHeat为关时有效的建筑物模型并且我不关注任何其他阶段的设置”的请求。鉴于这些复杂性，当作出对模型的请求时，热动力学行为预测元件620可以掩码的形式指定其关注的阶段的组(set)。

[0136] 在上述的最具体的示例请求之后,在模型存储元件636中将存在从下列生成的模型:

[0137] 掩码:Fan-不关注;StageOneHeat-关注;StageTwoHeat-关注;EmergencyHeat-关注

[0138] 启动状态:Fan-N/A;StageOneHeat-“开”;StageTwoHeat-“关”;EmergencyHeat-“关”

[0139] 对于“请给我当StageOneHeat为开并且StageTwoHeat为关并且EmergencyHeat为关时有效的建筑物模型并且我不关注任何其他阶段的设置”的任何后续请求会得到该相同模型并且能够将其重新使用。

[0140] 该相当严格的模型-匹配策略出现两种挑战。首先,任何对于“请给我当StageOneHeat为开时有效的建筑物模型并且我关注所有其他开关并且它们必须为关”的请求将不能够使用前述模型,因为该模型是在当风扇开启时所取得的一些数据上所训练的。新模型必须与数据的较小子集拟合。其次,任何对于“请给我当StageOneHeat为开时有效的建筑物模型并且我不关注任何其他开关的设置”的请求也将不能够重新使用该模型,因为该模型并未使用当StageTwoHeat开启时的数据。因此,模型并非在所有可用的数据上训练的,并且新模型必须与数据的更大子集拟合。

[0141] 在一些实施例中,在拟合期间可以扩展模型的定义。使用上述示例,对于“请给我当StageOneHeat为开并且StageTwoHeat为关时有效的建筑物模型但我不关注Fan或者EmergencyHeat”的请求将不能够重新使用同一模型,因为该模型是在EmergencyHeat关闭的数据上训练的。在该对模型的请求中,热力学行为预测元件620不关注EmergencyHeat的设置,因此预先拟合的模型不够通用。然而,如我们能从数据中所见,当模型拟合于EmergencyHeat关闭时,模型拟合单元648能够已经注意到不存在当EmergencyHeat开启时的数据。因此,言及“我不关注EmergencyHeat”的请求就会恰好取得与对模型更限制性的请求“当EmergencyHeat关闭时”相同的结果。因此,模型拟合单元648能够在不改变模型参数的情况下将即时请求从“EmergencyHeat必须为关”改为“我不关注EmergencyHeat”。此时,更通用的模型能够被重新用于上述第二个请求。当然,每次采集新数据并且重新拟合模型,可以再次作出相同的验证以确保例如由热力学行为预测元件620所使用的模型指定其仅需要当EmergencyHeat关闭时的数据就没有EmergencyHeat开启的任何数据潜入该模型。

[0142] 在一些实施例中,在拟合期间可以限制模型的定义。类似于上述示例,假定对模型已经作出请求“当StageOneHeat为开时并且我不关注加湿”。在拟合期间,模型拟合单元648可以注意到尽管请求不关注加湿,但事实上加湿始终关闭。如果拟合算法在模型中对该事实作出注解,则对于“当StageOneHeat为开时并且加湿必须为关”的第二个后续请求能够重新使用相同的模型。

[0143] 因此,在一些实施例中,如表2所示,模型可以针对每一HVAC阶段独立记录各位元。

[0144]

MaskEither	Both	On (开)	注解
1	1	N/A	在不考虑该开关状态的情况下请求模型。在拟合期间，使用来自该开关状态的两个值的数据：“开”和“关”
1	0	0	在不考虑该开关状态的情况下请求模型。在拟合期间，发现可获得的所有数据恰好使得该开关设定为“关”
1	0	1	在不考虑该开关状态的情况下请求模型。在拟合期间，发现可获得的所有数据恰好使得该开关设定为“开”
0	0	0	应请求使用仅将该开关设定为“关”的数据来训练模型。 (当该开关为“开”时是否存在数据尚属未知)
0	0	1	应请求使用仅将该开关设定为“开”的数据来训练模型。(当该开关为“关”时，是否存在数据尚属未知)
0	1	0/1	无效。

[0145] 表2. 用于识别模型状态的位

[0146] 在表2中, MaskEither的位元是到拟合算法的输入, 其中, 模型请求可以将其指定为掩码参数。

[0147] 若MaskEither=0(即假), “开”的位元则指示HVAC阶段的设置是要紧的(matters), 并且可以在模型请求中将“开”的位元指定作为到拟合算法的输入。

[0148] Both的位元是模型拟合完成之后从模型拟合单元648的输出, 并且可以被设定以反映被选来拟合模型的数据。

[0149] “开”位元, 若MaskEither=1(即真)并且Both位元=0(即全部数据非“开”即“关”), 则该位元也是从模型拟合单元648的输出, 用于反映被选来拟合模型的数据。

[0150] 现转至图11, 图11图示根据另一实施例的用于确定适当的热动力模型的流程。为便于理解, 参照图6至10描述流程, 然而应理解的是, 流程的实施例不限于参照图6至10所述的示例系统和装置。在一些实施例中以及如本文所述, 流程可以被实现为操作706。然而, 应认识的是, 由于能够在除操作706以外的操作中实现本文所述的流程, 所以实施例不限于此。

[0151] 在操作706AA中, 接收对热动力学模型的请求。例如, 热动力学模型生成器630可以从热动力学行为预测元件620接收这一请求。请求可以指示对于所返回的模型的期望特异性水平。例如, 请求可以包括指示想要为哪些HVAC阶段定制模型以及那些阶段中每一阶段的启动状态的掩码。

[0152] 在操作706BB中, 在现有的模型中搜索满足请求的任何候选模型。例如, 模型返回控制器634可以在模型存储元件636中搜索满足请求的一个或多个模型。这些模型若具有期望的特异性水平或者可接受的通用性水平则其可以满足请求。

[0153] 在操作706CC中, 确定搜索的结果是否定位任何候选模型。若否, 则处理可以继续

至操作706DD,在此生成新的热力学模型。例如可以通过如参照操作706B至706D所论述的模型拟合单元648来生成新的热力学模型。另外,可以基于在请求中所指示的特异性水平来生成新的热力学模型。

[0154] 一旦新模型被生成时,处理便可以继续至操作706EE,在此确定新模型是否被泛化或者限制。如果确定用于生成具有所请求的特异性水平的模型的数据也可以满足指示特异性水平限制较小的模型请求,则可以泛化或者扩展新模型。类似地,如果确定用于生成具有所请求的特异性水平的模型的数据也可以满足指示特异性水平限制较大的模型请求,则可以限制或者缩窄新模型。

[0155] 如果新模型可以被泛化或者限制,则处理可以继续至操作706FF,在此泛化或者限制新模型。在泛化/限制新模型时,可以将指示模型应用的不同特异性水平的信息与模型相关联并存储于模型存储元件636中。

[0156] 处理然后可以继续至操作706GG,在此返回新模型。例如,响应于传输至热力学模型生成器630的对模型的请求,热力学模型生成器630可以将新模型返回至热力学行为预测元件620。

[0157] 返回到操作706CC,如果确定可得到至少一个候选模型足以满足模型请求,则处理可以继续至操作706HH,在此确定是否有多个候选模型。如果仅有一个模型,则在操作706II中可以返回该模型。否则,处理可以继续至操作706JJ,在此返回候选模型之一。在一些实施例中,可以返回限制性最大的模型。

[0158] 应领会的是,在图11中所示的具体操作提供用于根据实施例确定适当的热力学模型的特定流程。还可以根据替选的实施例执行操作的其他序列。例如,本发明的替选实施例可以不同的顺序来执行上面概述的操作。此外,在图11中所示的各个操作可以包括可以合适于各个操作的各种次序所执行的多个子操作。另外,基于特定的应用,可以增加附加的操作或者去除现有的操作。本领域的一个普通技术人员会认识并领会许多变化、修改和替选。

[0159] 在以上描述中给出具体细节以提供实施例的透彻理解。然而,应理解的是,在没有这些具体细节的情况下也可以实践实施例。例如,电路可以在框图中示出,以防在非必要的细节中使实施例不清楚。在其他情况下,公知的电路、流程、算法、结构和技术可以在没有非必要细节的情况下示出,以免使实施例不清楚。另外,实施例可以包括在下列共同转让的申请的一个或多个申请中所述的系统、方法、装置等中的一些或全部,其中每一申请的全部内容通过引用并入本文中用于所有目的:前述序列号13/842,213的美国申请;于2012年9月30日提交的序列号13/632,118(参考号:NES0119-US)的美国申请;于2012年9月30日提交的序列号13/632,093(参考号:NES0122-US)的美国申请;前述的序列号13/632,028的美国申请;于2012年9月30日提交的序列号13/632,041(参考号:NES0162-US)的美国申请;于2012年9月30日提交的序列号13/632,070(参考号:NES0234-US)的美国申请;于前述序列号61/704,437(参考号:NES0254-US)的美国临时申请;于2012年1月3日提交的PCT申请第PCT/US12/20026号(参考号:NES0185-PCT);于2012年1月3日提交的PCT申请第PCT/US 12/00007号(参考号:NES0190-PCT);以及于2011年10月7日提交的序列号13/269,501(参考号:NES0120-US)的美国申请。

[0160] 以上所述的技术、框图、步骤和手段的实施方式可以通过各种方式来完成。例如,

可以硬件、软件或其组合来实现这些技术、框图、步骤和手段。对于硬件实施方式而言，可以在一个或多个专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理设备(DSPD)、可编程逻辑设备(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、处理器、控制器、微控制器、微处理器、设计成执行上述功能的其他电子单元、和/或其组合内实现处理单元。

[0161] 此外，应注意的是，实施例可以被描述为被绘作流程表、流程图、数据流程图、结构图或者框图的流程。尽管流程表可以将操作描述为顺序过程，但操作中的许多操作能够被并行或同时执行。此外，操作的顺序可以被重新布置。流程当其操作完成时终止，但能够具有并未被包括于附图中的附加步骤。流程可以对应于方法、功能、过程、子例程、子程序等。当流程对应于功能时，其终止对应于功能返回到调用功能或者主要功能。

[0162] 另外，可以通过硬件、软件、脚本语言、固件、中间件、微码、硬件描述语言和/或其任意组合来实现实施例。当以软件、固件、中间件、脚本语言和/或微码来实现时，用于执行必要任务的编程代码或者代码段可以被存储于诸如存储介质的机器可读介质中。代码段或者机器可执行指令可以代表过程、功能、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、脚本、类、或者指令、数据结构和/或程序语句的任意组合。代码段可以通过传输和/或接收信息、数据、变元、参数和/或存储内容而被耦合至另一代码段或者硬件电路。信息、变元、参数、数据等可以经由包括存储共享、消息传输、令牌传输、网络传输等任何适当方法而被传输、转送或者传送。

[0163] 虽然上文已结合具体的装置和方法来描述本公开的原理，但应明确理解的是，仅以示例方式进行该描述，而不作为对本教导的范围的限制。

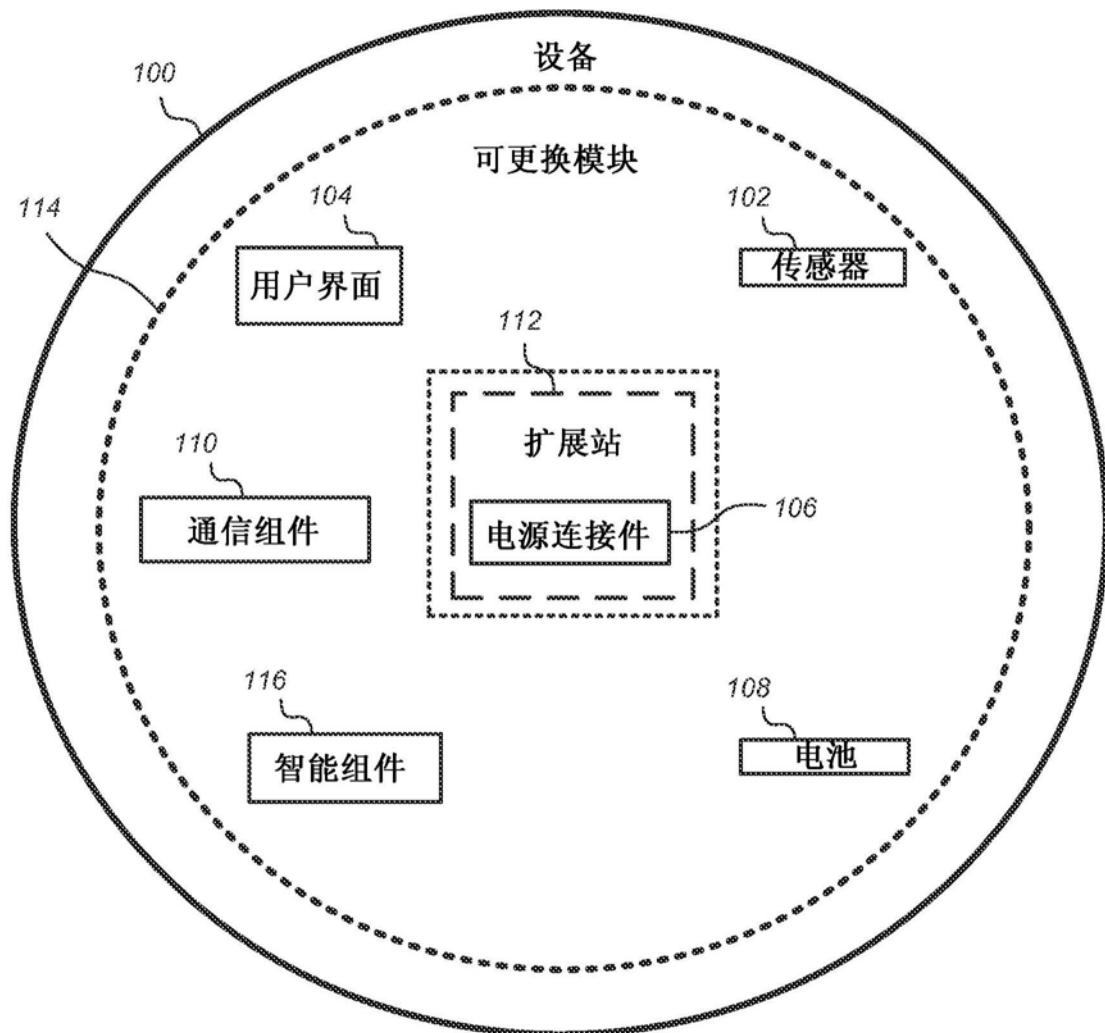


图1A

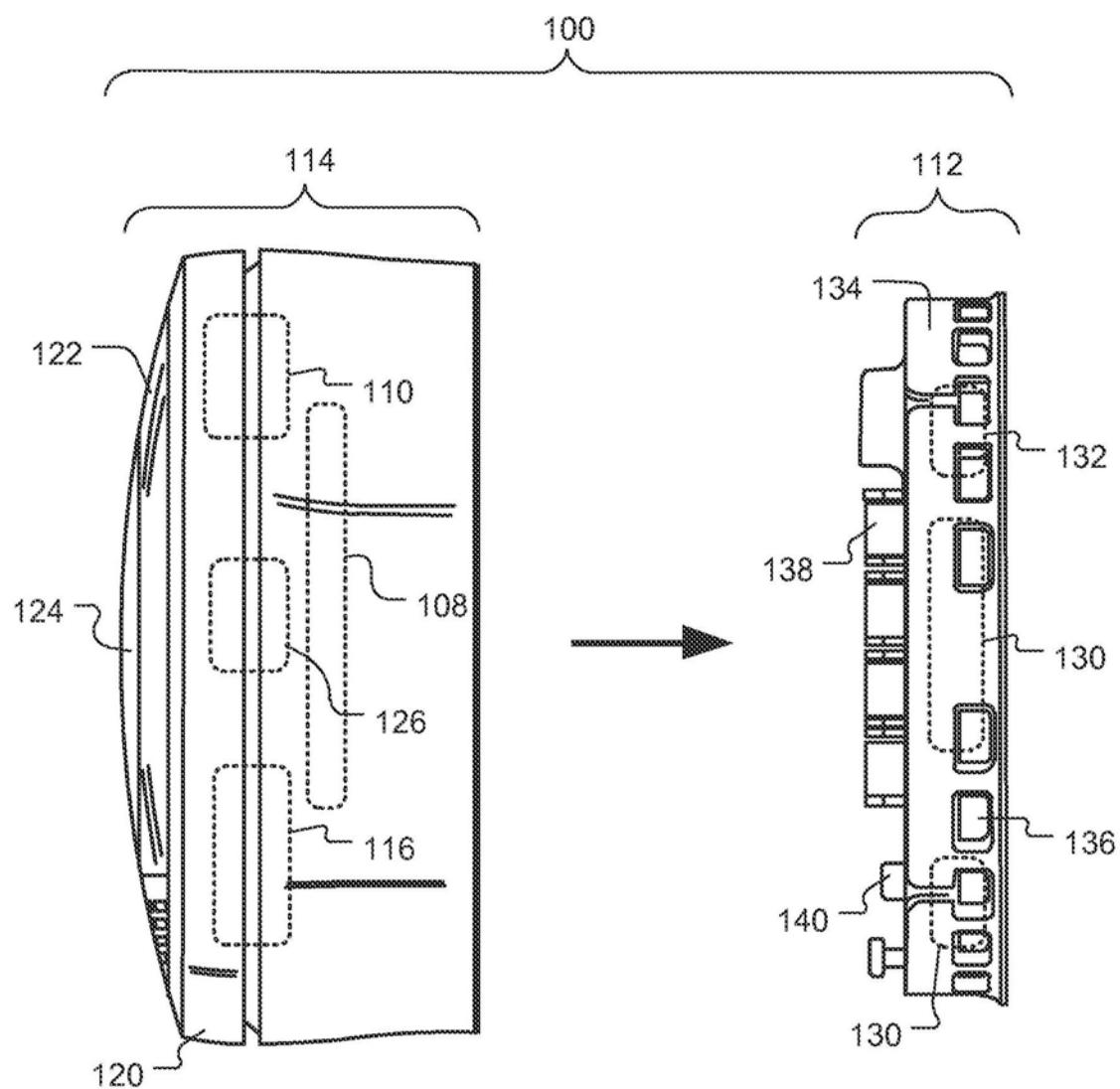


图1B

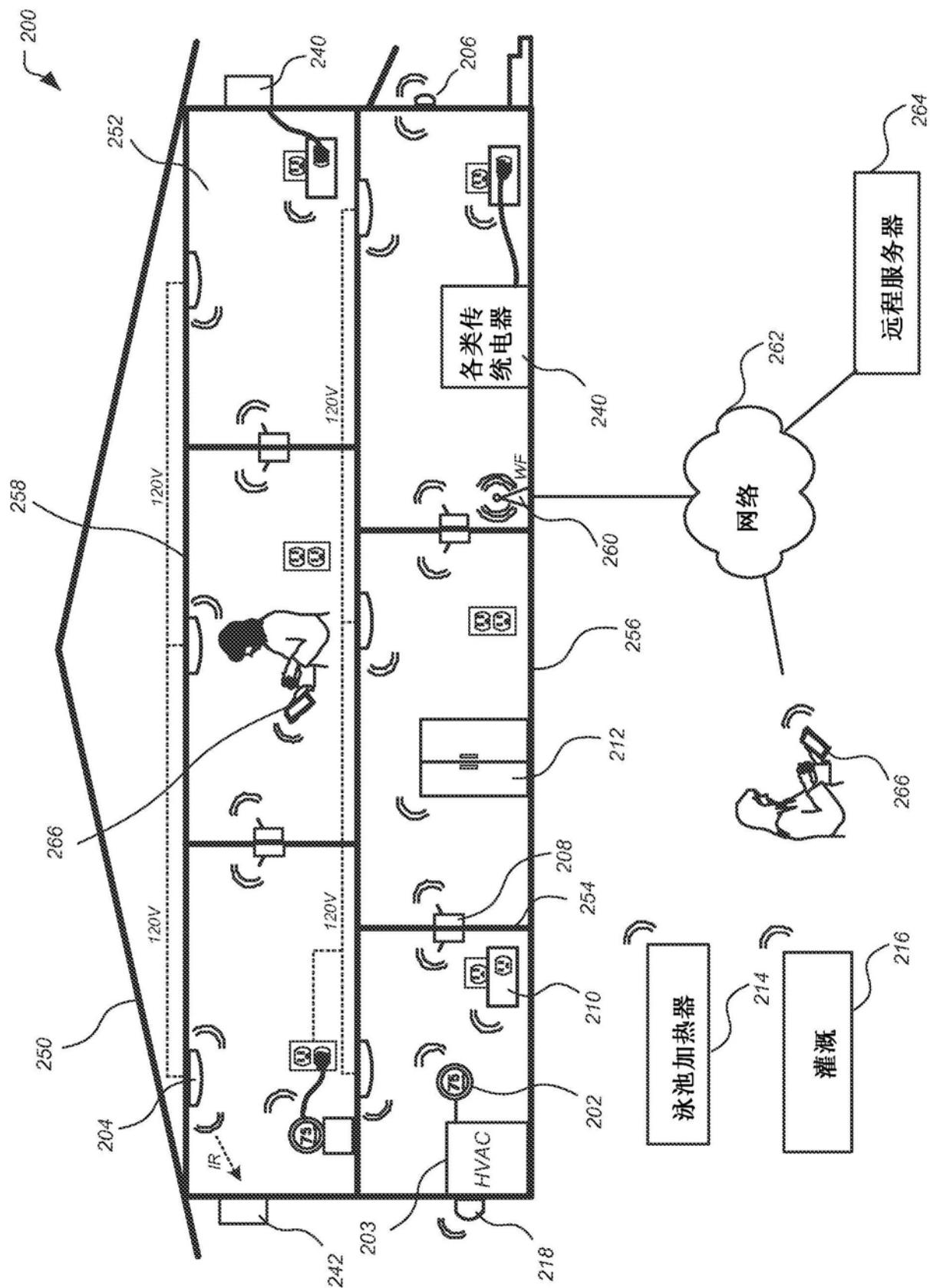


图2

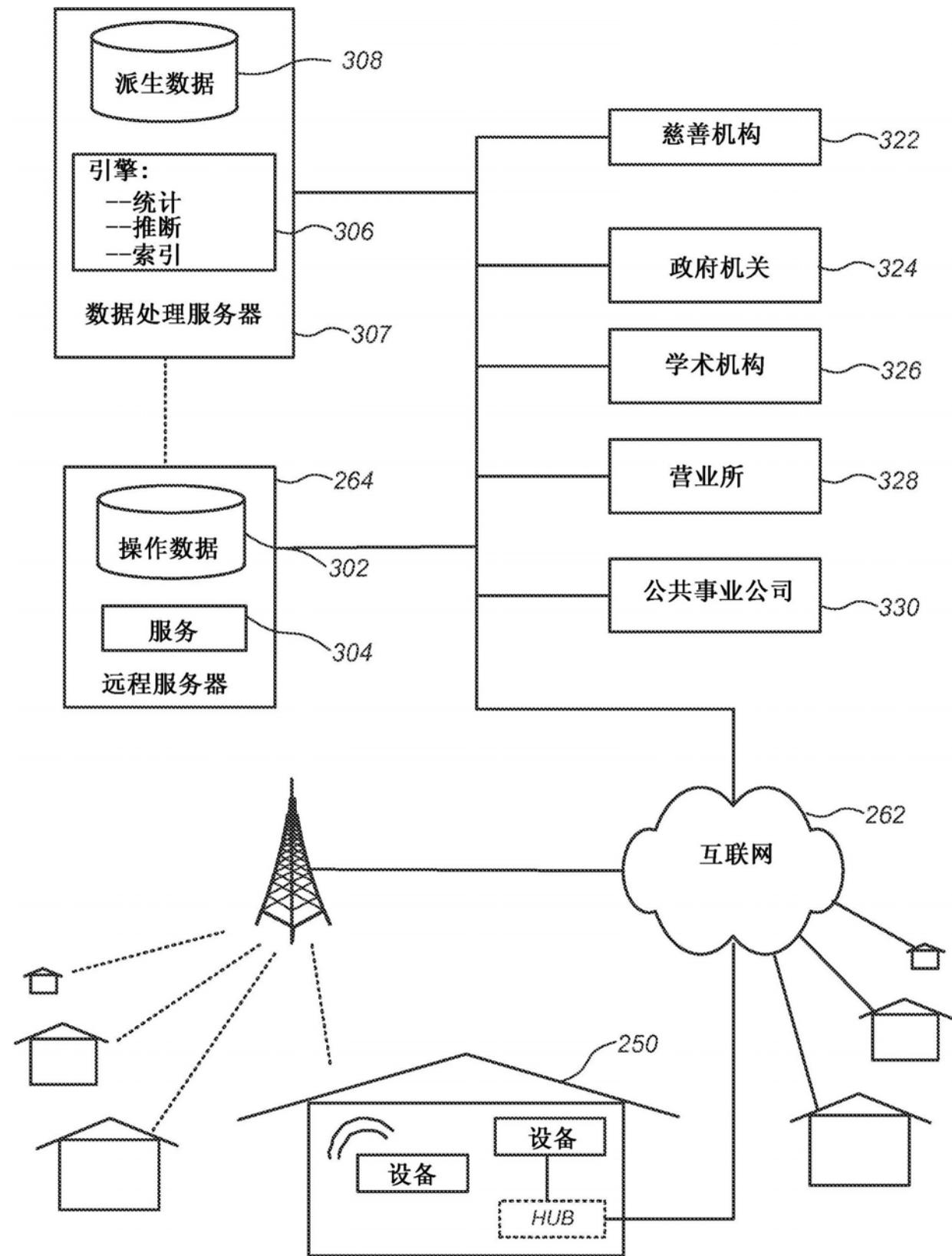


图3

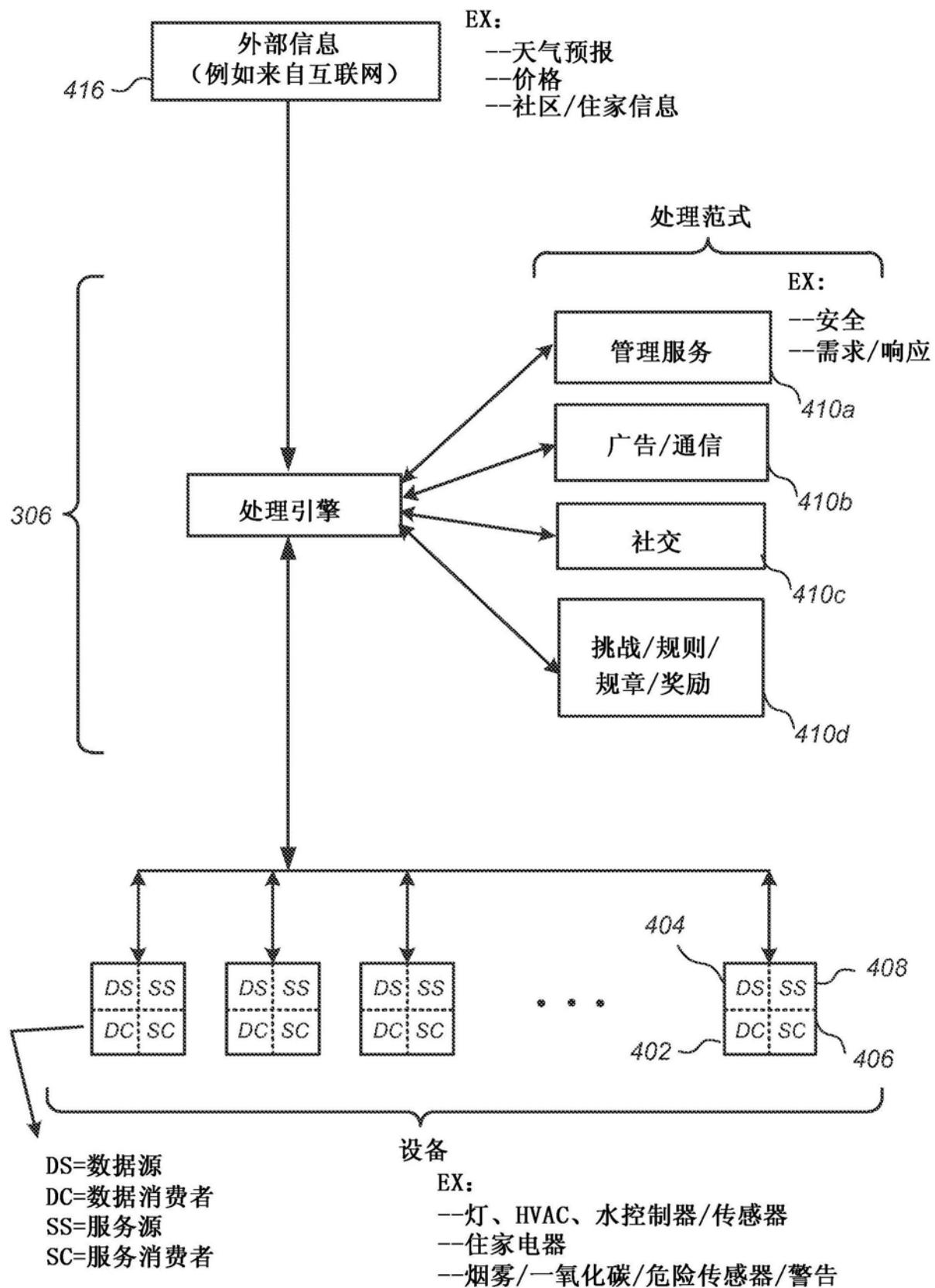


图4

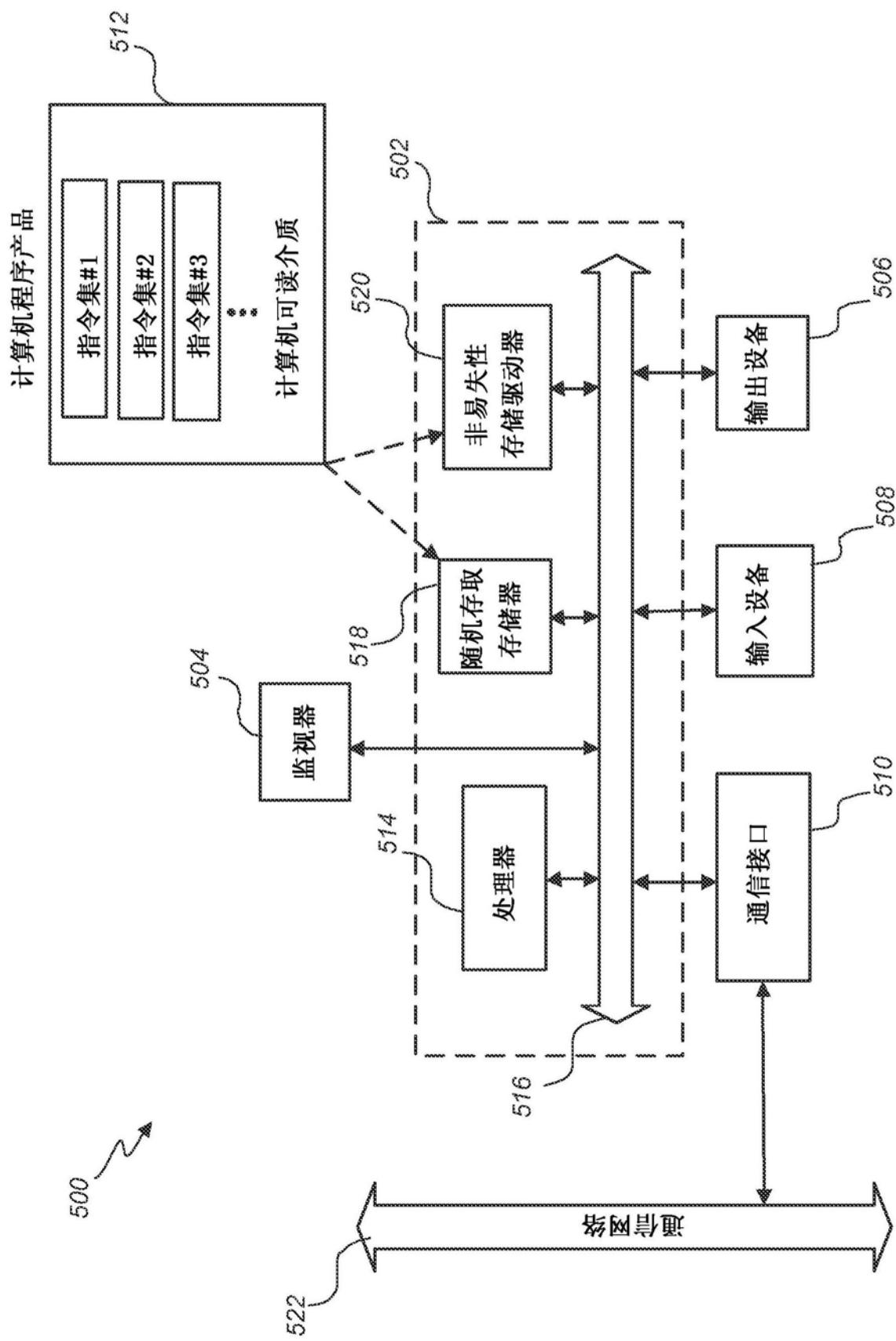


图5

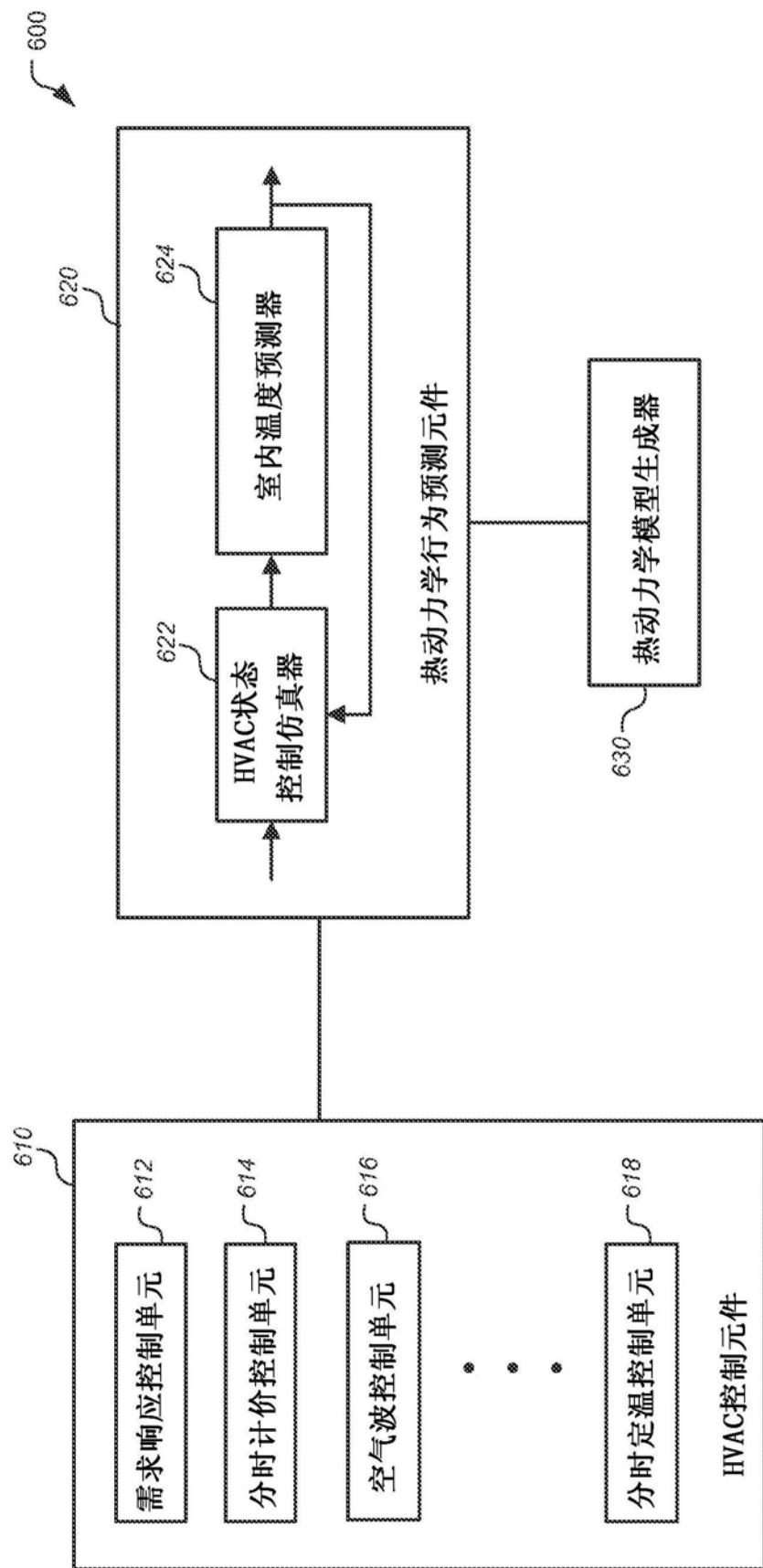


图6

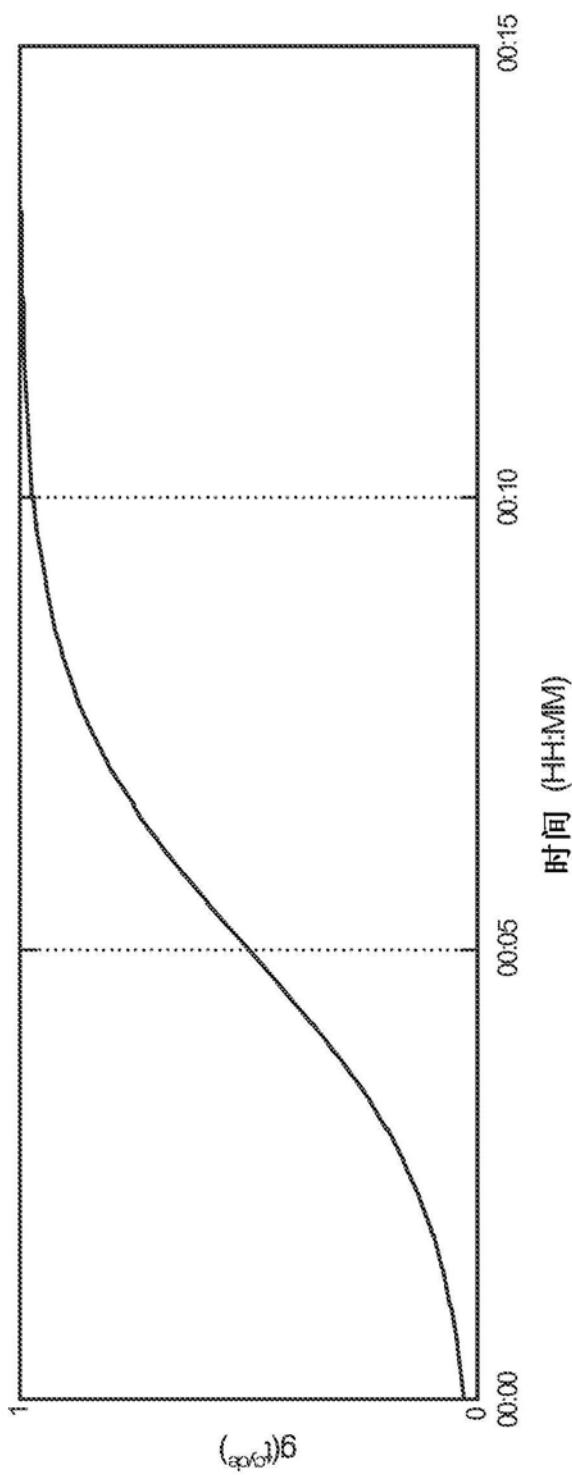


图7

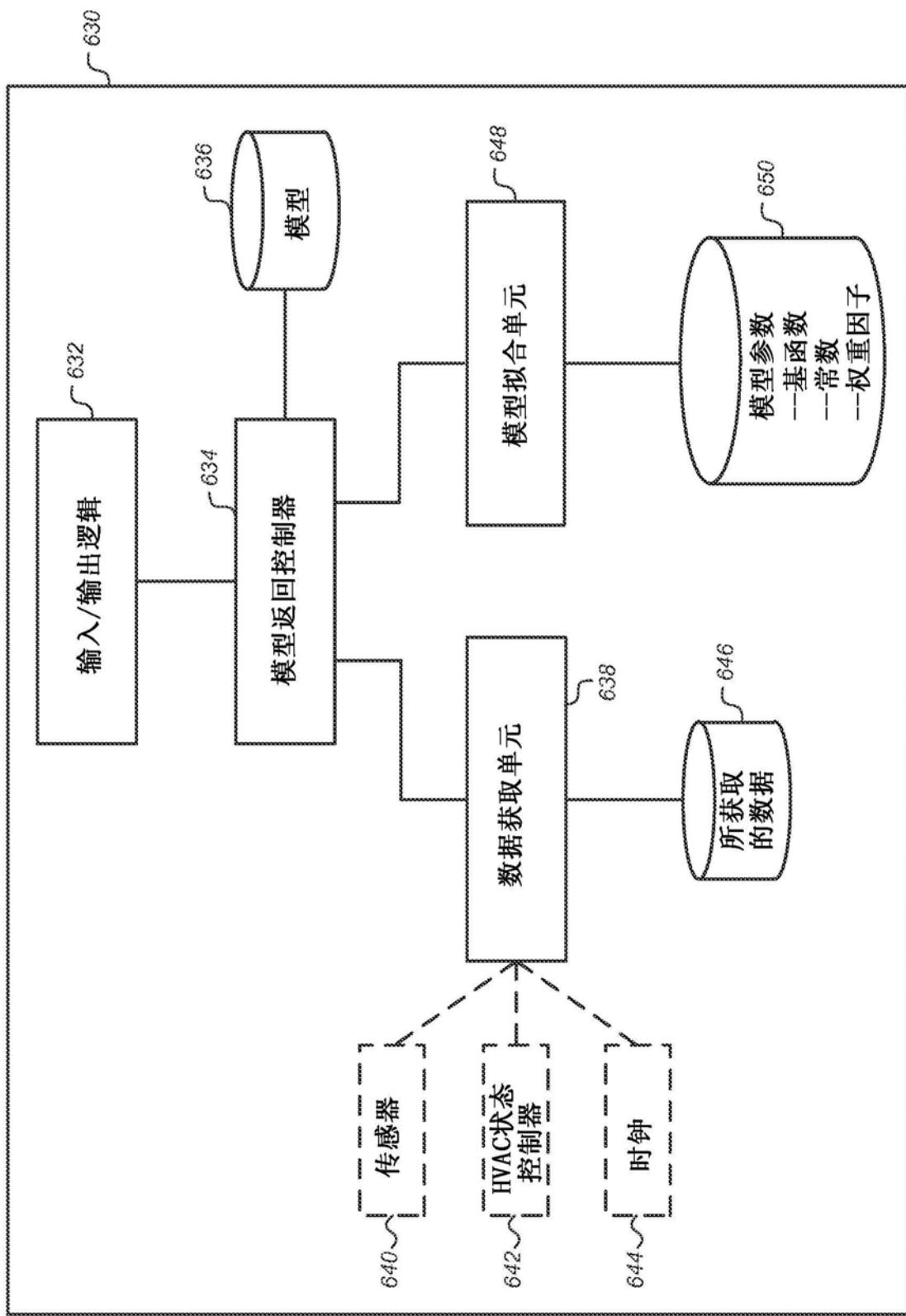


图8

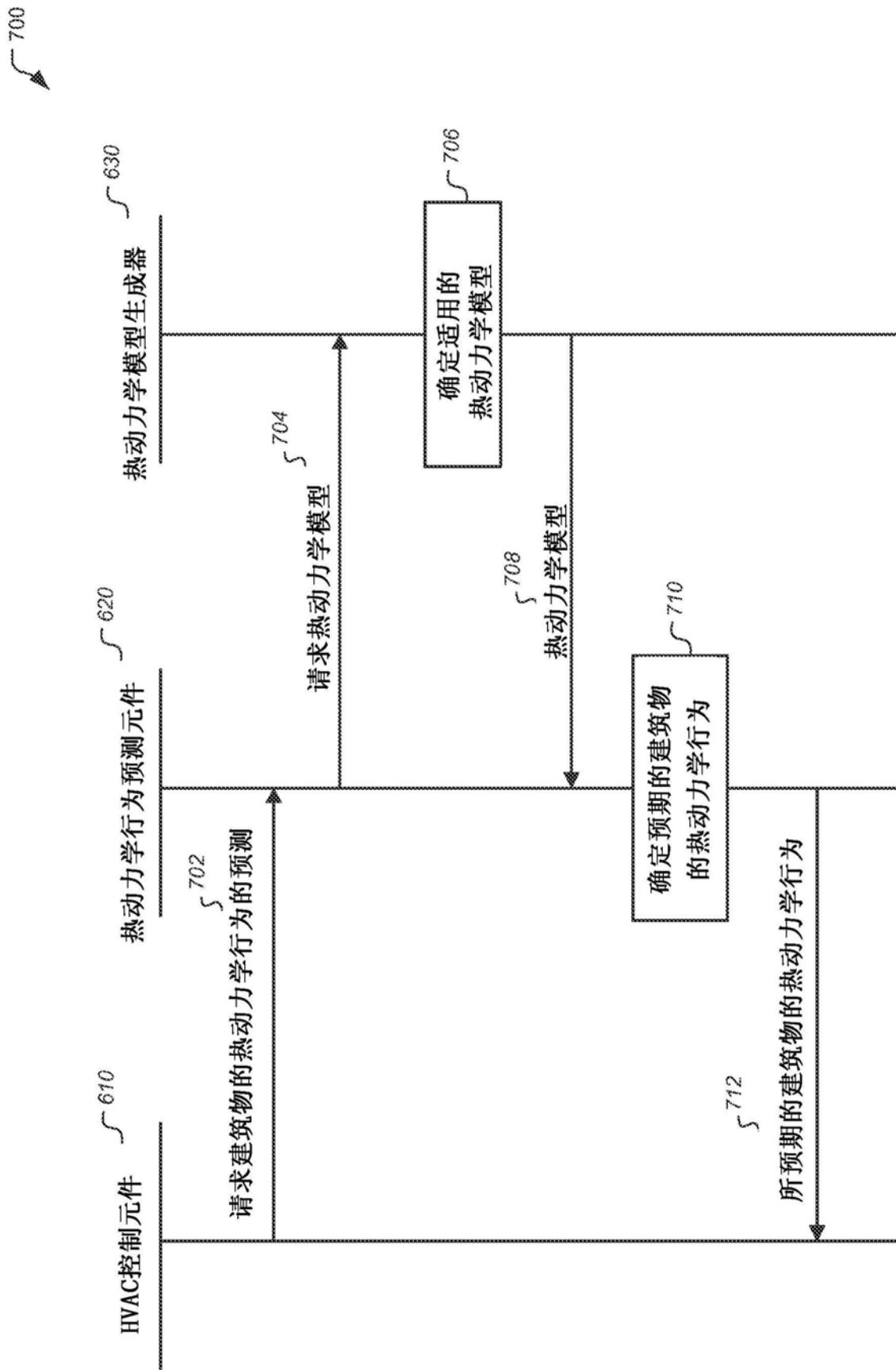


图9

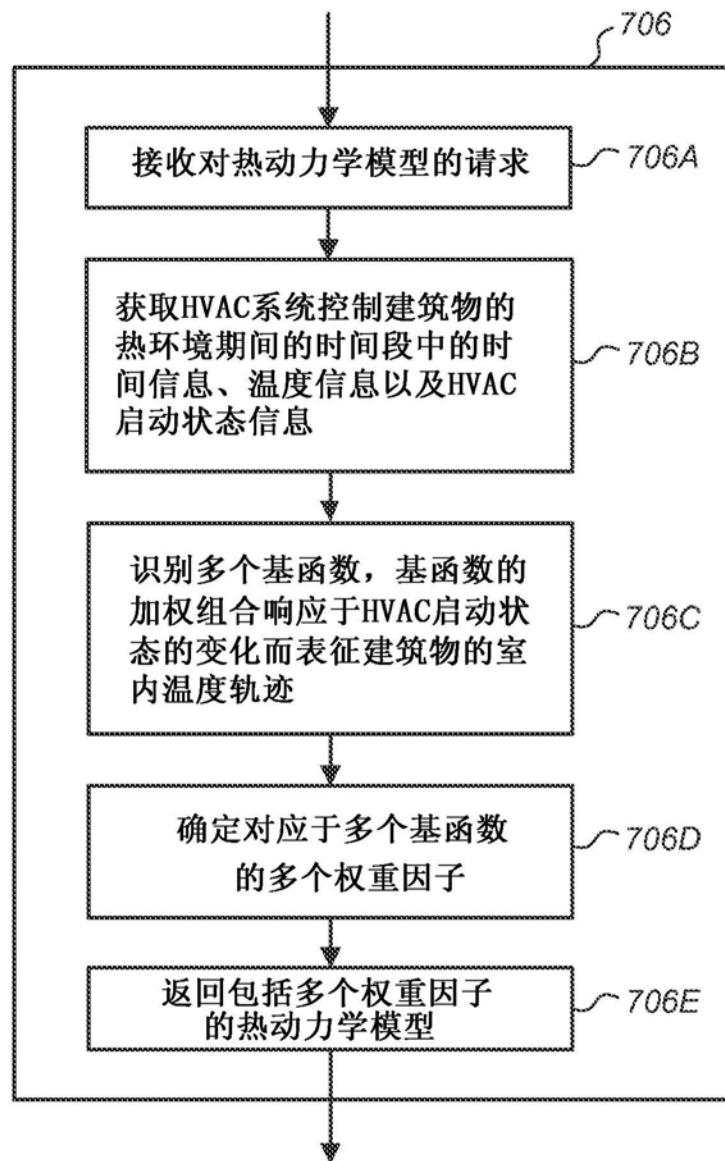


图10

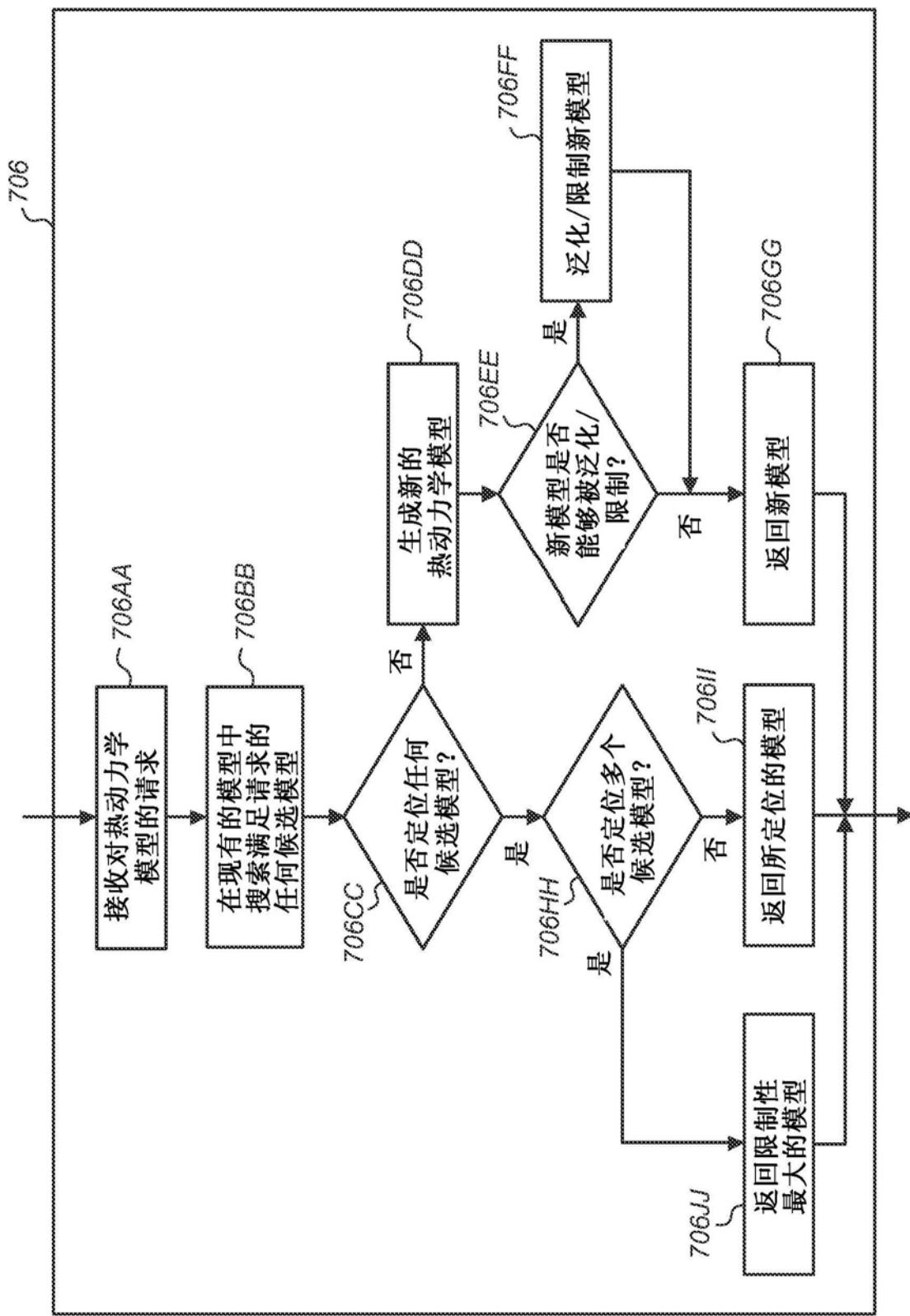


图11