(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105283817 B
(45)授权公告日 2019.03.15

(21)申请号 201480029063.8

(22)申请日 2014.04.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105283817 A

(43)申请公布日 2016.01.27

(30)优先权数据
13/866,635 2013.04.19 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.11.19

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/034213 2014.04.15

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/172374 EN 2014.10.23

(73)专利权人 谷歌有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 松冈由纪 马克·马尔霍特拉
艾伦·J·米尼希
马克·D·斯特凡斯基

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 夏东栋 陆锦华

(51)Int.Cl.
G05D 23/20(2006.01)

(56)对比文件
US 2013/0085614 A1,2013.04.04,
US 2012/0191257 A1,2012.05.24,
US 2013/0030590 A1,2013.01.31,
US 2011/0184565 A1,2011.07.28,
US 2012/0101648 A1,2012.04.26,
US 2012/0118989 A1,2012.05.17,

审查员 李江军

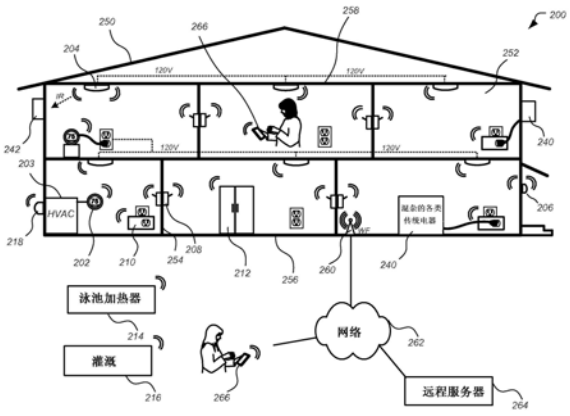
权利要求书4页 说明书29页 附图14页

(54)发明名称

在需求响应事件期间控制HVAC系统

(57)摘要

用于经由与建筑物相关联的智能联网恒温器来执行需求响应(DR)事件的装置、系统、方法以及相关的计算机程序产品。所公开的系统包括利用位于建筑物的智能联网恒温器操作的能量管理系统。恒温器能够操作以控制HVAC系统。在DR事件期期间的控制可以基于HVAC系统的最优控制轨迹而被执行,在此控制轨迹是最优的原因在于,其使包括代表DR事件期期间的总能量消耗的第一因子、代表居住者不适的度量的第二因子、以及代表在DR事件期内的能量消耗率的离差的第三因子的组合的成本函数最小化。



CN 105283817 B

1.一种用于通过与建筑物相关联的智能联网恒温器来执行需求响应DR事件的方法,该方法包括:

识别定义DR事件期的DR事件;

访问多个参数集;

在所述DR事件期间,针对所述多个参数集生成候选设定点排程;

使用所述建筑物如何响应采暖、通风和空调HVAC系统的热力学模型来仿真所述候选设定点排程中的每个;

针对所仿真的候选设定点排程中的每个,生成预测室内温度分布或HVAC占空比排程;

针对所述预测室内温度分布或HVAC占空比排程中的每个,评估成本函数,该成本函数包括下列因子的组合:

代表在所述DR事件期期间所述HVAC系统的总能量消耗的第一因子;

代表所述建筑物中的居住者不适的度量的第二因子;以及

第三因子,所述第三因子代表在所述DR事件期内所述HVAC系统的能量消耗率相对于所述HVAC系统的均衡能量消耗率的离差,使得在所述DR事件期间所述HVAC系统的所述能量消耗率能够大体上恒定;

选择使所述成本函数最小化的最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程;以及

根据所述最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程来在所述DR事件期间控制所述HVAC系统。

2.如权利要求1所述的方法,进一步包括:

确定在所述DR事件期内的设定点温度分布,包括:

基于所预期的室内温度轨迹来计算在所述DR事件期内的设定点温度分布,以及

识别所计算的设定点温度分布的峰和谷;以及

使得由所述设定点温度分布所定义的设定点温度被显示给所述HVAC系统的用户。

3.如权利要求1所述的方法,其中,每一参数集包括:

第一参数,所述第一参数指示从原始设定点排程的温度设定点在温度上的偏移;以及

第二参数,所述第二参数指示穿过从所述原始设定点排程的所述温度设定点在所述温度上的偏移处的点的、温度设定点的线性序列的斜率,

其中,所述在温度上的偏移以及所述温度设定点的线性序列的斜率被设计成协助减少所述DR事件期内的能量消耗率的离差。

4.如权利要求3所述的方法,其中,每一参数集进一步包括指示最大HVAC占空比周期的第三参数。

5.如权利要求3所述的方法,其中,每一参数集进一步包括指示DR事件前期的持续时间的第四参数。

6.如权利要求1所述的方法,其中,所述建筑物如何响应所述HVAC系统的所述热力学模型是持续更新的。

7.一种用于控制建筑物中的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;

用于测量所述建筑物的特性的一个或多个传感器;以及

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

器执行包括以下的操作的处理器：

识别定义DR事件期的DR事件；

访问多个参数集；

在所述DR事件期间，针对所述多个参数集生成候选设定点排程；

使用所述建筑物如何响应所述HVAC系统的热力学模型来仿真所述候选设定点排程中的每个；

针对所仿真的候选设定点排程中的每个，生成预测室内温度分布或HVAC占空比排程；

针对所述预测室内温度分布或HVAC占空比排程中的每个，评估成本函数，该成本函数包括下列因子的组合：

代表在所述DR事件期期间所述HVAC系统的总能量消耗的第一因子；

代表所述建筑物中的居住者不适的度量的第二因子；以及

第三因子，所述第三因子代表在所述DR事件期内所述HVAC系统的能量消耗率相对于所述HVAC系统的均衡能量消耗率的离差，使得在所述DR事件期间所述HVAC系统的能量消耗率能够大体上恒定；

选择使所述成本函数最小化的最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程；以及

根据所述最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程来在所述DR事件期间控制所述HVAC系统。

8.如权利要求7所述的恒温器，其中，所述处理器进一步能够操作成使得所述恒温器执行包括以下的操作：

确定是否应根据不同的预测室内温度分布或HVAC占空比排程来控制所述HVAC系统；以及

在确定应根据不同的预测室内温度分布或HVAC占空比排程来控制所述HVAC系统后：

识别新的预测室内温度分布或HVAC占空比排程；并且

根据所述新的预测室内温度分布或HVAC占空比排程来控制所述HVAC系统。

9.如权利要求8所述的恒温器，其中，在所述DR事件期期间周期性地执行确定是否应根据不同的预测室内温度分布或HVAC占空比排程来控制所述HVAC系统。

10.如权利要求8所述的恒温器，其中，确定是否应根据不同的预测室内温度分布或HVAC占空比排程来控制所述HVAC系统包括下列操作中的一个或多个：

监视所述建筑物的室内温度并且将所监视的所述建筑物的室内温度与预测的所述建筑物的室内温度进行比较；

监视所述HVAC系统的状态并且将所监视的所述HVAC系统的状态与预测的所述HVAC系统的状态进行比较；

监视所述建筑物的实时居住；以及

确定所述最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程是否失败。

11.如权利要求8所述的恒温器，其中，识别新的预测室内温度分布或HVAC占空比排程包括下列操作之一：

确定使所述成本函数最小化的重新优化的预测室内温度分布或HVAC占空比排程；

确定原始控制轨迹；以及

确定默认控制轨迹。

12.如权利要求7所述的恒温器，其中，所述处理器进一步能够操作成使得所述恒温器执行包括以下的操作：

监视所述建筑物的室内温度；

将所监视的所述建筑物的室内温度与预测的所述建筑物的室内温度进行比较；以及

在确定所监视的室内温度与预测的所述建筑物的室内温度相差至少一定量后：

确定默认控制轨迹；以及

根据所述默认控制轨迹来控制所述HVAC系统。

13.如权利要求7所述的恒温器，其中，所述处理器进一步能够操作成使得所述恒温器执行包括以下的操作：

监视所述HVAC系统的状态；

将所监视的所述HVAC系统的状态与预测的所述HVAC系统的状态进行比较；以及

在确定所监视的室内温度与预测的所述建筑物的室内温度相差至少一定量后：

确定使所述成本函数最小化的重新优化的控制轨迹；并且

根据重新优化的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

14.一种用于经由与建筑物相关联的智能联网恒温器来执行需求响应DR事件的系统，所述系统包括：

用于识别定义DR事件期的DR事件的装置；

用于访问多个参数集的装置；

用于在所述DR事件期间针对所述多个参数集生成候选设定点排程的装置；

用于使用所述建筑物如何响应采暖、通风和空调HVAC系统的热力学模型来仿真所述候选设定点排程中的每个的装置；

用于针对所仿真的候选设定点排程中的每个生成预测室内温度分布或HVAC占空比排程的装置；

用于针对所述预测室内温度分布或HVAC占空比排程中的每个评估成本函数装置，该成本函数包括下列因子的组合：

代表在所述DR事件期期间所述HVAC系统的总能量消耗的第一因子；

代表所述建筑物中的居住者不适的度量的第二因子；以及

第三因子，所述第三因子代表在所述DR事件期内所述HVAC系统的能量消耗率相对于所述HVAC系统的均衡能量消耗率的离差，使得在所述DR事件期间所述HVAC系统的能量消耗率能够大体上恒定；以及

用于选择使所述成本函数最小化的最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程的装置；以及

用于根据所述最优预测室内温度分布或HVAC占空比排程来在所述DR事件期间控制所述HVAC系统的装置。

15.如权利要求14所述的系统，进一步包括：

用于确定所述HVAC系统的原始控制轨迹的装置；

用于将所述最优的预测室内温度分布或HVAC占空比排程与所述原始控制轨迹进行比较的装置；以及

用于在确定所述最优的预测室内温度分布或HVAC占空比排程类似于处于所述原始控

制轨迹的阈值量之内后根据所述原始控制轨迹来控制所述HVAC系统的装置。

16.如权利要求14所述的系统，进一步包括：

用于接收指示对DR负载转移的用户顺从性的用户输入的装置；以及

用于基于所述用户输入来加权所述第一因子、第二因子以及第三因子中的一个或多个的装置。

17.如权利要求14所述的系统，进一步包括：

用于确定指示与所述HVAC系统相关联的建筑物在所述DR事件期期间正被居住的可能性的居住概率分布的装置，

其中，至少部分在所述居住概率分布上确定居住者不适的度量。

18.如权利要求14所述的系统，其中，用于确定优化的预测室内温度分布或HVAC占空比排程包括的装置：用于通过将所述相关的最优设定点排程应用于所述HVAC系统的模型识别多个候选参数集中的最优一个的装置，所述模型能够操作以针对给定的HVAC控制轨迹来预测室内温度轨迹。

在需求响应事件期间控制HVAC系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请请求于2013年4月19日提交的美国序列号13/866,635的优先权,其要求于2013年3月15日提交的美国序列号13/842,213的权益且是美国序列号13/842,213的部分继续,其全部内容出于所有目的通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本专利说明书涉及用于在需求响应事件期间控制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需求响应事件期间智能地选择并且/或者优化HVAC系统的控制轨迹的技术。

背景技术

[0004] 公共事业公司在始终满足电力的需求中面临持续的挑战。用于发电的设施通常适合于供应稳定量的电力。然而,消费者对电力的需求常常完全相反的原因在于,电力总需求在延迟过程中变化显著。日间变化导致其中对公共事业公司的需求最大的一个或多个“峰”需求时间或时期,以及其中对公共事业公司的需求降低的“非峰”需求时间或时期。

[0005] 在一日过程中的需求变化可以受到诸如天气和生活方式的若干因素的影响。例如,在夏季期间,需求一般倾向于在室外温度增加至被认为不适的水平时,因为消费者增加其对诸如空调系统的高耗能电器的使用而提高。需求还一般倾向于基于工作习惯而改变,在此需求当人们出门工作时并且再当人们结束工作回家时达到峰。在一年之中的一些点期间,诸如在酷热的日子中,需求可以达到极限峰。

[0006] 公共事业公司具有处理对能量的可变需求的多种选项。他们可以例如通过建立额外的发电厂来提高其对满足更高峰需求的能力。然而,这样做的成本通常过高并且建立这种发电厂通常效率不高,因为新增的产能在一整年中仅用于短的持续期间。他们可以从其他公共事业公司或者能源提供商购买附加产能,但这样做同样是高成本,因为这种公司可能收取额外费用并且从这些其他公司传输能量通常效率较低。替代增加供给,公共事业公司还可以通过经由减载(load shedding)减少需求而克服峰需求。

[0007] 减载是其中公共事业公司在峰需求时间段期间减少由其消费者所需的能源量的技术。当今使用多种减载技术,其中多数是基于公共事业公司直接控制其消费者的冷却系统。在这种峰需求时间段期间,公共事业公司控制冷却系统以减少其能量需求。这种事件最常发生在极热日子的中午到午后并且具有大体范围在二至六小时的持续时间,这种事件在文献中通过多种不同的名称而被引用,诸如减载事件、负载转移事件以及需求响应事件。公共事业公司在进行这种事件中的目标不一定必须减少一整天中所消耗能源的总量,而是减少该特定的二至六小时间隔中的峰需求,即在减载间隔或者需求响应间隔中的峰需求。典型地,随着加入住家的冷却系统工作以使其冷却器恢复正常的设定点温度,最终结果是应在减载间隔中所消耗的能量反而在继减载间隔之后的数小时内被消耗。这种控制当然经常对签约加入这一“需求响应计划”的消费者造成不便,因为其冷却系统可能未如预期般使其

住宅冷却。然而，作为这种不便的回报，消费者经常被给予一些好处，诸如对峰需求期之外所消耗的能量的更优惠的费率。

[0008] 一种常见的减载技术，常被称为直接负载控制，涉及于减载时间段期间在公共事业公司的直接控制下对每一加入的消费者的冷却系统供电的周期性开关循环。在这一方法中，可远程控制的开关被安装于每一消费者的冷却系统上并且能够操作以在公共事业公司的直接控制下对冷却系统断电。对冷却系统的供电则可以由公共事业公司来直接控制，以便使其在峰需求时间段期间的定期固定时间间隔中关闭。然而，由于直接的负载控制导致消费者对其冷却系统缺乏控制并且经常导致令消费者感到不适的室内温度，因此消费者可能会对这一技术表现出某种程度的厌恶。在公共事业公司与开关之间通信链路的缺乏能够使问题恶化，使得从公共事业公司到开关对冷却系统重新接电的命令丢失会导致冷却系统不理想地停留在断连状态。这些问题已造成一些消费者通过绕开远程控制的开关来试图消除在其冷却系统的控制而同时仍获得加入需求响应计划的好处。因此，虽然这种“舞弊者”可能获取其期望的个体的冷却系统控制，但整体需求响应计划的效力会受到破坏。

[0009] 另一种所知的减载技术涉及由公共事业公司对每一加入的消费者的恒温器的设定点温度的远程控制，其中公共事业公司将共同的回调(setback)值发送至加入消费者的恒温器。在减载时间段期间，加入的恒温器会将室内温度控制成比正常排程的温度设定点值高出回调量的温度设定点值。由公共事业公司的该控制通常会导致环境温度比消费者在其他情况下所感受的舒适度更低，但提供了兼顾能量和成本节约的益处。虽然在由公共事业公司对冷却系统供电的直接开/关循环中提供了增加舒适度和接受度的可能性，但该技术可能具有包括缺乏消费者的控制以及公共事业公司缺乏将回调值设为公共事业公司认为适当的任意值的能力的缺陷。此外，对全部消费者使用单个回调值无法识别舒适度感知中的差异、住宅热特性中的差异、冷却系统的冷却能力中的差异、以及在加入消费者的基础之间的其他差异。

[0010] Howard Ng的美国专利公布号2012/0053745号论述了一种用于在减载事件期间建立负载控制的系统和方法。具体地，Ng论述了一种允许消费者或者公共事业公司在直接负载控制计划下控制最高温升的技术。消费者可以在其恒温器上设置舒适的范围，该范围指示消费者感到舒适的从期望温度的温度范围。在减载事件期间，在炎热天气的示例中，激活在空间调节(space conditioning)负载上的开关以便空间调节负载经受直接负载控制(即固定宽度的工作循环)。空间调节负载经受直接负载控制，直至室内温度超出舒适范围的上限值，在该点将控制从直接负载控制转换成温度回调控制。有关每一上述减载方法出现的一个或多个问题至少部分被本文所述的一个或多个实施例所解决。通过示例，尽管直接负载控制、温度回调控制以及直接负载控制随后温度回调控制的上述方法一般会于减载事件期间横跨加入消费者的基础导致一些量的减少能源使用，这种对消费者基础的“一刀切”方法能够导致错失大量更有效的负载转移以及减少消费者不便的机会。通过示例且并非限制，这些问题和/或错失的机会能够出现在以下一个或多个方面：以更大的确定性预测特定的减载策略对加入消费者的特定群体或者子群的影响；提高减载计划的容忍度和接受度以便更多消费者会愿意加入；通过以下方式对消费者的特定群体或者子群优化减载策略：(i)降低每单位转移的能量需求的消费者不适的量，以及/或者(ii)增加那些群体或者子群的每“单位”消费者不适的所转移的能量需求量；更容易识别会是加入任何特定减载事件的最

佳候选的消费者群体或者子群;并且更容易评估对消费者的特定群体或者子群的前述减载事件措施的有效性以便更好地优化未来的减载转移事件。如同本领域技术人员在阅读本公开后将显而易见的,会出现其他一些问题。

发明内容

[0011] 公开用于执行需求响应(DR)事件的各种方法。根据一个实施例,一种用于经由与建筑物(structure)相关联的智能联网恒温器来执行DR事件的方法包括多种操作。这些操作包括识别定义DR事件期的DR事件,并且确定采暖、通风和空调(HVAC)系统的优化的控制轨迹,以在所述DR事件期期间奏效使成本函数最小化。所述成本函数可以是多种因子的组合,诸如代表所述DR事件期期间的总能量消耗的第一因子、代表居住者不适的度量的第二因子、以及代表所述DR事件期内的能量消耗率的离差的第三因子。所述操作可以进一步包括根据所确定的优化的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

[0012] 在一些实施例中,所公开的方法可以进一步包括诸如确定所述DR事件期内的设定点温度分布(profile)的操作。这一确定可以包括多种子操作,诸如基于所预期的室内温度轨迹来计算所述DR事件期内的设定点温度分布,以及识别所计算的设定点温度分布的峰和谷。在一些实施例中,所述方法还可以包括使得由所述设定点温度分布所定义的设定点温度被显示给所述HVAC系统的用户。

[0013] 在一些实施例中,确定优化的控制轨迹可以包括多种操作。例如,这一确定可以包括生成多个候选参数集,每一参数集表征所述DR事件的相关的候选设定点排程(schedule)。这一确定还可以包括识别所述多个候选参数集中的最优一个,所述最优参数集是最优的原因在于,当将所述相关的最优设定点排程应用作为所述HVAC系统的基于预测模型的仿真的输入时,其使成本函数最小化。

[0014] 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,识别定义DR事件期的DR事件,并且确定HVAC系统的优化的控制轨迹,以在所述DR事件期期间奏效使成本函数最小化。所述成本函数可以是因子的组合,诸如代表所述DR事件期期间的总能量消耗的第一因子、代表居住者不适的度量的第二因子、以及代表所述DR事件期期间的能量消耗率的离差的第三因子。所述操作可以还包括根据所确定的优化的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

[0015] 在一些实施例中,所述处理器可以进一步能够操作以使得所述恒温器执行附加的操作。这些操作可以包括确定是否应根据不同的控制轨迹来控制所述HVAC系统,并且在确定应根据不同的控制轨迹来控制所述HVAC系统后:识别后续的控制轨迹,并且根据所述后续的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

[0016] 这些操作可以还包括监视所述建筑物的室内温度,将所监视的所述建筑物的室内温度与预测的所述建筑物的室内温度进行比较,并且在确定所监视的室内温度与所述预测的所述建筑物的室内温度相差至少一定量时执行各种操作。这些操作可以包括例如确定默

认的控制轨迹并且根据所述默认的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

[0017] 这些操作可以还包括监视所述HVAC系统的状态，将所监视的所述HVAC系统的状态与预测的所述HVAC系统的状态进行比较，并且在确定所监视的室内温度与所预测的建筑物的室内温度相差至少一定量时执行各种操作。这些操作可以包括，例如，确定使所述成本函数最小化的重新优化的控制轨迹，并且根据所述重新优化的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

[0018] 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。这些操作可以包括识别定义DR事件期的DR事件，并且确定采暖、通风和空调(HVAC)系统的优化的控制轨迹，以在所述DR事件期期间奏效使成本函数最小化。所述成本函数可以包括，例如，代表所述DR事件期期间的总能量消耗的第一因子、代表居住者不适的度量的第二因子、以及代表所述DR事件期内的能量消耗率的离差的第三因子。所述操作可以还包括根据所确定的优化的控制轨迹来控制所述HVAC系统。

[0019] 在一些实施例中，所述指令还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：确定所述HVAC系统的原始控制轨迹，将优化的控制轨迹与原始控制轨迹进行比较，基于所述比较来识别所述优化的控制轨迹与所述原始控制轨迹之间的相似性，以及对于所述优化的控制轨迹中类似于所述原始控制轨迹的部分，使得由所述原始控制轨迹所定义的温度设定点被显示给所述HVAC系统的用户。

[0020] 为了更全面地理解本发明的实施例的本质和优势，应参考随后的详细描述和附图。本发明的其他方面、目的和优势从下文的附图以及详细描述将显而易见。然而，本发明的范围则完全从权利要求书的内容中显现。

附图说明

[0021] 图1图示根据实施例的用于实现需求响应计划以及事件管理的系统。

[0022] 图2图示根据实施例的智能住家环境的示例，在其中可以实现用于实施需求响应计划以及事件管理的系统的一部分。

[0023] 图3A图示根据实施例的通用设备组件的示例，其能够被包括于智能联网设备中。

[0024] 图3B图示根据实施例的具有可更换模块以及扩展站的智能联网设备。

[0025] 图3C图示根据实施例的智能联网设备的连接端口以及插线感应电路。

[0026] 图4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，用于实施需求响应计划以及事件管理的智能住家环境和系统能够与其集成。

[0027] 图5图示图4的可扩展设备以及服务平台的抽象功能视图。

[0028] 图6图示根据实施例的专用计算机系统的框图。

[0029] 图7图示根据实施例的用于在需求响应事件期间控制HVAC系统的流程。

[0030] 图8图示根据实施例的用于确定优化的控制轨迹的流程。

[0031] 图9A图示根据实施例的原始设定点温度的排程，该原始设定点温度是在确定优化的控制轨迹之前所定义的排程的设定点温度。

[0032] 图9B图示根据实施例的由参数集所表征的候选设定点温度的排程。

[0033] 图9C图示根据实施例的第一参数、第二参数与温度设定点的线性序列之间的关

系。

[0034] 图9D图示根据实施例的对应于候选设定点温度的排程的候选占空比(duty cycle)排程。

[0035] 图10A图示根据实施例的由最优设定点排程的实施而产生的预测的HVAC占空比。

[0036] 图10B图示根据实施例的由原始设定点排程的实施而产生的预测的HVAC占空比。

[0037] 图11A图示根据实施例的由最优排程的实施而产生的所预期的室内温度分布。

[0038] 图11B图示根据实施例的相对于所预期的室内温度分布的有效设定点温度。

[0039] 图12A和12B图示根据实施例的可以被呈现给能量消费者的简化式图形用户界面(GUI)。

具体实施方式

[0040] 本发明的实施例大体上涉及用于在需求响应事件期间控制HVAC系统的技术。在需求响应事件期间用于控制HVAC系统的系统中的实体,通常包括将电力或其他形式的能量从动力源(例如发生器)提供给个人的住家或营业所的公共事业提供方。个人通常定期支付他们消耗的能源量,例如按月支付。在许多实施例中,将能量管理系统布设于公共事业提供方与个人之间。能量管理系统操作以智能化并且有效地将个人的能量消耗从一个特定时期转移至其他时期。通常执行这种能量转移以使能量消耗从高能源成本期转移至低能源成本期。在DR事件的情况下,将能量从DR事件期转移至DR事件期之外的时期。在一些情况下,这种能量转移可以通过努力减少电网上的峰负载而被促动。在其他情况下,这种能量转移可以通过公共事业公司在特定(例如高成本)时期中想将能源供应售给其他公共事业公司而非售给该公共事业公司自己的消费者而被促动。

[0041] 在任一情况下,在许多实施例中,终端用户(即能量消费者)可以被提供有关于在DR事件期期间如何控制其能量消耗设备(例如其HVAC系统)的空前水平的控制。能量消费者可以选择对居住者不适感的最小干扰,这可能造成能量消耗的最小减少,或者可以选择能量消耗的最大减少,这可能造成对居住者不适感的较大干扰,或者可以选择二者之间的某种减少。这一选择可以在DR事件开始之前或者在DR事件期期间作出,并且在一些情况下可以在DR事件期间被修改。基于用户的选择,可以生成最适当的HVAC控制轨迹以达到该用户所定义的目标。另外,在许多实施例中,最适当的HVAC控制轨迹可以优化多种HVAC控制特性,诸如预冷期的持续时间、在整个DR事件期中可应用的温度回调的量、以及HVAC的最大占空比。这些HVAC控制特性的独立和联合控制在2013年3月15日提交的序列号13/842,213(参考号:NES0253-US)的美国申请中进一步描述,其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的,在此文中所述的实施例包括用于基于包括但不限于对能量消耗的减少与舒适度的用户偏好的大量数据来确定对这些HVAC控制特性的最佳选择的技术。

[0042] 根据许多实施例的能量管理系统包括位于个人的住家或营业所的智能联网恒温器。这种恒温器能够获得各种有关住宅的信息,诸如住宅的保暖特性、与住宅相关联的HVAC对制冷或加热住宅的能力(capacity)、住宅被居住的可能性(经由居住传感器经过一段时间后能够建立居住概率分布)、预测的天气、实时天气、实时居住等。此外,恒温器能够由其用户编程或者可以经过一段时间后了解其用户对设定排程的温度设定点的偏好和习惯。在示例实施例中,与个人住家和营业所的相应群体相关联的这种联网恒温器的群体被配置成

与由一个或多个云服务提供方所管理的一个或多个中央服务器通信。每一联网恒温器都与由云服务提供方所管理的一个或多个账号相关联，并且视需要在每一联网恒温器与中央服务器之间往复发送数据用于提供各种有利功能，诸如促进遥控、报告天气数据、报告HVAC控制数据和状态信息、以及提供有助于实现本文所述的DR相关、分时定价(TOU)相关、和/或实时定价功能的集中和/或局部集中的控制和数据通信。

[0043] 应领会的是，尽管本文中的一些实施例可能特别适合以及有利于商业场景，其中(i)与联网恒温器的群体相关联的云服务提供方也是所述能量管理系统的提供方，(ii)能量管理系统的提供方是独立且不同于公共事业本身的企业实体，并且(iii)能量管理系统作为增值服务被提供给公共事业公司，但本说明书的范围绝非限定于这类场景。在其他可应用的场景中，例如，能够由公共事业公司提供全部元件。在其他可应用的场景中，能够由公共事业公司提供一些元件，而能够由政府实体或者由完全不同的合作企业或联营企业的混杂联合提供其他元件。在DR事件之前，基于能量管理系统关于其正管理的住宅所具有的大量信息，能量管理系统能够有效预测住宅诸如在DR事件中的给定时期内有可能消耗多少能量。此外，鉴于有关住宅的大量信息，能量管理系统还可以对住宅的原始恒温器设定点产生变化，其能够在DR事件期间实现。能够作出这些变化，以便该住宅在DR事件期中消耗更少的能量。更进一步，由于能量管理系统关于住宅具有这种大量信息，能量管理系统还可以精确预测在DR事件期中可能被减少或者换言之从DR事件期被转移至DR事件期之外(例如峰肩(shouldering))的一个或多个时期的能源量。

[0044] 对于这种能量消耗预测和管理的前述措施带来许多进一步如下所述的优势。例如，所述措施不仅允许能量管理系统有效管理数个相联住宅的能量消耗，而且它们还允许能量管理系统智能化地从加入DR计划或者事件的大池中选择住宅的子集。住宅的物理特性、住宅的地理特性、以及那些住宅的居住者的习惯趋向跨地区差异巨大，因此潜在的能量节约/转移也大相径庭。在本文中所公开的能量管理系统可以智能化地选择能量节约计划中的加入者，使效率最大化并且使成本最小化。各种能量管理系统在前述共同转让的美国序列号13/842,213号中进一步描述。

[0045] 由于本文所公开的能量管理系统为各种住宅在个人和总体水平上的能量相关特性提供有利了解，因此能量管理系统还可以提供门户，以便诸如公共事业公司的其他有意方可以类似地访问这种信息。由于公共事业公司的普遍兴趣在于减少特定时期内的能量消耗，因此公共事业公司类似地对个体地和总体地访问各种住宅的该能量相关特性感兴趣，以便更高效并有效地生成和管理DR事件。因此，在一些实施例中，可以提供能够使公共事业提供方在细节和复杂度的各种级别上访问消费水平能量相关信息的公共事业门户，用于促进在资源规划和利用方面作出经济上明智以及环境上负责的决定。各种公共事业门户进一步在共同转让且同时提交的、名称为“用于管理需求响应事件的公共事业门户”的美国序列号_(参考号:NES0253-US)，其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的，以及之前美国序列号13/842,213号中，有所描述。

[0046] 还应领会的是，虽然本文所述的许多实施例涉及包括能够操作以在识别为“需求响应事件期”的时期期间减少(在一定时期中)或以其他方式转移(从一个时期到另一时期)能量消耗的智能联网恒温器的能量管理系统，但在“供给响应事件期”期间也可以应用类似的技术，在此供给响应事件期指示过剩能量供给的时期(与供给不足相对照)，期间期望增

加能量消耗(与减少能量消耗相对照)。在这一事件期期间,代替将控制轨迹优化以使能量消耗最小化,可以实现相反的情况,借此将控制轨迹优化以使能量消耗最大化。在一些实施例中,过剩能量供给可以包括由能量消费者通过诸如太阳能电池板、风力涡轮机、气动发电机或者其他电力源的一个或多个能量产生元件所供给的能量。在由能量消费者供给能量的情况下(例如在晴朗期间),这一时期可以被认为"供给响应事件期"。

[0047] 在本文中进一步公开这些以及其他实施例的细节,参照附图能够实现对其的进一步理解。现再转到附图,图1图示根据实施例的用于管理需求响应计划和事件的系统100。系统100包括多个电力发生器110A-110N、公共事业提供方的计算系统120、能量管理系统130、通信网络140、多个能量消费者住宅150A-150N、以及功率分配网络160。

[0048] 电力发生器110A-110N能够操作以使用现有技术中已知的各种技术中的一种或多种来发电或产生其他类型的能量(例如气体)。例如,电力发生器110A-110N可以包括水利发电系统、核电站、基于矿物燃料的发电站、太阳能发电站、风力发电站、气体处理厂等。在任意给定时间可能产生的电量可以限于由发生器110A-110N确定所供应的某一最大能量。另外,电力发生器110A-110N可以由实现公共事业提供方的计算系统120的公共事业提供方所拥有以及管理,或者可以由与公共事业提供方协议向公共事业提供方的消费者提供源能量的一个或多个第三方实体所拥有以及管理。

[0049] 公共事业提供方的计算系统120是能够操作以与电力发生器110A-110N、能量管理系统130以及在一些实施例中与住宅150A-150N中一个或多个住宅中的电子系统中的一个或多个通信的计算系统。与公共事业提供方的计算系统120相关联的公共事业提供方通常管理从电力发生器110A-110N到住宅150A-150N处的能量消费者的配电。这种管理包括确保电力成功从电力发生器110A-110N传输至住宅150A-150N、监视在住宅150A-150N的每一个处的能量消耗量、以及根据住宅150A-150N相应监视到的能量消耗量从住宅150A-150N的居住者收取费用。公共事业提供方的计算系统120可以执行本文所述的操作中的一个或多个,并且如本文进一步所述以及如促进所述操作所需,可以包括多种计算机处理器、存储元件、通信机制等。

[0050] 能量管理系统130是能够操作以智能化以及高效地管理在住宅150A-150N中的一个或多个处的能量消耗、同时可选择向公共事业提供方的计算系统120提供报告和控制机制的计算系统。能量管理系统130可以操作以参与经由网络140与同住宅150A-150N相关联的电子设备的实时双向通信,并且参与与公共事业提供方的计算系统120的实时双向通信。在一个特定的实施例中,能量管理系统130可以操作以减少在住宅150A-150N处所消耗的能量的总量,以便总体能量需求不超出电力发生器110A-110N的最大能量供应限制。可以在一天之中的任何适当时期期间达成这种减少。例如,可以在由公共事业提供方的计算系统120所通信的需求响应(DR)事件期间达成这种减少。能量管理系统130可以执行本文所述的操作中的一个或多个,并且如本文进一步所述以及如促进所述操作所需,可以包括多种计算机处理器、存储元件、通信机制等。

[0051] 网络140是使各种实体之间能够通信的任何适当的网络,诸如在能量管理系统130的一个或多个组件与住宅150A-150N中的一个或多个相关联的一个或多个电子设备之间。这种网络可以包括例如局域网、广域网、虚拟私人网络、因特网、内联网、外联网、公用交换电话网、红外网、无线网、无线数据网、蜂窝网或者任何其他这种有线或无线网络或其组合。

此外，网络140可以结合任何适当的网络拓扑结构。网络140可以利用任何适当的协议，并且在网络140上的通信可以通过有线或者无线连接及其组合而被启用。

[0052] 住宅150A-150N是与能量消耗相关联的各种建筑物或者围界。建筑物可以跨越多种建筑物类型，诸如私人住宅、住房、公寓、分户式公寓、学校、商用地产、单层或多层办公楼和/或制造工厂。本文所述的数个示例涉及作为住房形式的私人住宅的建筑物，但实施例不限于此，因为本领域的技术人员会理解本文所述的技术能够同样应用于其他类型的建筑物。应领会的是，虽然一些实施例可能对于居住生活情景而言特别有利，但本教导的范围不限于此并且可以同等有利于商务环境、学校环境、政府楼环境、运动或者娱乐场所等等。因此，虽然以下许多描述是设定在居住生活的环境中，但应领会的是，这是出于描述清楚起见而并非限制目的。

[0053] 住宅150A-150N通常包括一个或多个能量消耗设备，其能够是电能消耗设备，诸如电视、微波炉、家用音响器材、加热/制冷系统、洗衣机、洗碗机等。类似地，能量消耗设备能够包括一个或多个其他类型的能量消耗设备，诸如燃气设备。例如，住宅150A-150N可以包括天然气(空气/水/等)加热器、炉灶、壁炉等。在许多实施例中的住宅150A-150N包括控制上述能量消耗设备中的一个或多个的能量消耗的一个或多个控制设备。例如，它们可以包括能够操作以控制住宅的热环境的智能联网恒温器。恒温器可以被认为是能量管理系统130的一部分，原因在于，可以由能量管理系统130处的计算系统或者由恒温器本身来执行随后在本文中所述的许多处理。替选地，恒温器可以被认为与能量管理系统130分离，因为其相对于能量管理系统130的其他组件偏远的地理位置。在任一情况下，与住宅150A-150N相关联的电子设备可以执行本文所述的操作中的一个或多个，并且如本文进一步所述以及如促进所述操作所需，可以包括多种计算机处理器、存储元件、通信机制等。虽然大部分实施例在期望降低建筑物内部的温度(例如在炎热的夏季期间)的情境下描述，但相似原理应用(正好以相反的方式被应用)于期望提高建筑物内部温度的情况(例如在寒冷的冬季期间)。对于一些实施例而言，智能联网恒温器中的一些或全部可以在功能上等同或者类似于可从加利福尼亚州帕洛阿尔托的Nest Labs，Inc.购置的NEST LEARNING THERMOSTAT®。

[0054] 功率分配网络160是用于从电力发生器110A-110N中的一个或多个向住宅150A-150N中的一个或多个传输能量的任何适当网络。在配电网络中，功率分配网络160可以包括多种电力线、变电站、挂柱式变压器以及诸如在现有技术中所知的用于从电力发生器110A-110N向住宅150A-150N输电之类。在配气网络中，功率分配网络160可以包括多种压缩机站、存储元件、管道以及诸如用于从功率发生器110A-110N(在该实施例中，气井和/或处理厂)向住宅150A-150N输送天然或其他类型的产能气体等。

[0055] 在一些特定实施例中的系统100是分布式系统，用于利用经由使用一个或多个计算机网络或者直接连接的通信链路所互联的几个计算机系统和组件来管理需求响应计划和事件。然而，本领域的技术人员会领会的是，这一系统在具有比图1中所示系统更少或更多数目的组件的系统中同样能够运行良好。因此，应将图1中对系统100的图示当作说明性的而不限制本教导的范围。

[0056] 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、车库或者活动房屋。在一些实施例中，建筑物250可以对应于参照图1所述的建筑物150A-150N中之一。除建筑物250之外，智能住家环境200还包括网络262以及远程服务器264，在一个实施例中，其分别对应于网络140以及能量管理系统130(图1)。虽然所图示的建筑物250包括各种如下文进一步所述的组件和设备，但诸如泳池加热器214、灌溉系统216以及接入设备266的数个组件和设备，也可以在没有被物理附联或者布置在建筑物250之内或者之上的情况下与建筑物250相关联(在建筑物250处供电)。

[0057] 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、经由音频或可视装置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)。

[0058] 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。为了促进在建筑物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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 应认识的是，根据所述实施例，位于建筑物250内外的一些或全部组件可以被认为能量管理系统130的一部分。一般而言，促进其他能量消耗设备的控制的设备或者组件可以被认为是能量管理系统130的一部分。例如，恒温器202以及接入设备266可以是能量管理系统130的一部分，而诸如HVAC203、泳池加热器214以及传统电器240的能量消耗组件则可以认为在能量管理系统130之外，因为其包括可由恒温器202以及接入设备266控制的能耗元件。然而，在其他示例中，智能住家环境200的附加或者替选组件可以被认为是能量管理系统130的一部分，诸如危险检测单元204、入口界面设备206、灯开关208、插口210等，因为其可以提供监视(和/或控制)能量管理系统130的功能以协助系统130作出智能能量管理决策。在还有其他示例中，智能住家环境的设备没有一个(除远程服务器264之外)是能量管理系统130的一部分，而是，智能住家环境200的设备中的一个或多个可以是由能量管理系统130远程控制以执行监视和/或能耗任务的顺从(submissive)设备。

[0065] 智能住家200在一些特定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序列号61/704,437中详细描述，其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的。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。

[0066] 图3A图示能够被包括于智能联网设备300(即“设备”)中的通用设备组件的示例。设备300可以被实现为参照图2所述的各种设备中的一个或多个设备，诸如恒温器202、危险检测单元204、入口界面设备206、壁灯开关208、壁式插口210等。下述讨论多数将设备300呈现为恒温器200，但应认识的是，实施例不限于此。在设备系统内的一个、多个或全部设备300的每一设备能够包括一个或多个传感器302、用户界面组件304、电源(例如包括电源连接件306和/或电池308)、通信组件310、模块化单元(例如包括扩展站312以及可更换模块314)、智能组件316以及篡改检测电路318。特定的传感器302、用户界面组件304、电源配置、通信组件310、模块化单元、智能组件316和/或有线篡改检测电路318能够在设备300之间相同或相似，或者能够基于设备的类型或型号而变化。

[0067] 通过示例方式并不通过限制方式，设备300中的一个或多个传感器302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)或其他电磁信号或电磁场。因此，例如，传感器302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(例如电荷耦合设备或者摄影机)、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3A图示带有单个传感器的实施例，但许多实施例会包括多个传感器。在一些情况下，设备300包括一个或多个主传感器以及一个或多个次传感器。主传感器能够感测设备的核心操作中心的数据(例如感测在恒温器中的温度或者感测在烟雾探测器中的烟雾)。次传感器能够感测其他类型的数据(例如运动、光线或者声音)，其能够被用于能量效率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次传感器的存在。

[0068] 设备300中的一个或多个用户界面组件304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304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(例如动环或者虚拟环组件)、麦克风或者相机(例如用于检测手势)。在一个实施例中，用户界面组件304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，用户界面部件304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告状态将会被更改)。

[0069] 设备300中的供电组件可以包括电源连接件306和/或本地电池308。例如，电源连接件306能够将设备300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306能够被用于反复充电(可再充电的)本地电池308，以便电池308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。

[0070] 设备300中的通信组件310能够包括使设备300能够与诸如远程服务器的中央服务

器或者诸如本文所述的另一设备300或者便携式用户设备的远程设备通信的组件。通过非限制示例，通信组件310能够允许设备300使用一种或多种有线或者无线通信技术来同时或者依序进行通信，诸如Wi-Fi、ZigBee、3G/4G无线、IEEE 802.11、IEEE 802.15.4、6-LO-PAN、蓝牙、CAT6有线以太网、HomePlug或者其他电力线通信方法、电话或者光纤。通信组件310能够包括一个或多个无线网卡、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310便利与中央服务器的通信，以在设备300、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。

[0071] 设备300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314。因此，模块化单元能够提供升级可更换模块314的能力，而无需完全重新安装设备300(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312(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312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312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312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防止用户被暴露于高压线。扩展站312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312专用于设备的类型和型号，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312能够在设备300的多种类型和/或型号之间被共享。

[0072] 模块化单元的可更换模块314能够包括设备的一些或全部传感器302、处理器、用户界面组件304、电池308、通信组件310、智能组件316以及诸如此类。可更换模块314能够被配置成附连至(例如插入或者连接至)扩展站312。在一些情况下，一组可更换模块314被制成具有在可更换模块314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314，而不必更换全部设备组件或者完全重新安装设备300。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)。

[0073] 设备的智能组件316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316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316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316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316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316可以包括用于识别特定的居住者或物体的图像识别技术。

[0074] 在一些情况下,智能组件316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316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316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316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316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316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。

[0075] 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)。

[0076] 篡改检测电路318可以是智能组件316的一部分或者与智能组件316分离。篡改检测电路318可以包括能够操作以检测对设备300的篡改的软件和/或硬件。篡改可以包括例如指示用户在DR事件期间试图消除远程服务器的HVAC控制的、设备300与HVAC之间的断开,指示用户在DR事件期间试图消除远程服务器的HVAC控制的、HVAC的阻抗或者功耗中的变化等。

[0077] 图3B图示根据一些实施例的具有可更换模块314(例如主单元)以及用于简易安装、配置和升级的扩展站312(例如背板)的智能联网设备300。如上文所述,设备300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320(其可以是例如用户界面304的一部分)。外部可旋转式环320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320,目标设定点温度能够被提高,并且通过逆时针旋转外部环320,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”。

[0078] 设备300具有包括显示器324(其可以是例如用户界面304的一部分)的盖322。主单元314滑至背板312上。显示器324可以显示根据例如设备300的当前运行状态、经由环320与

设备的直接用户交互、经由例如接近传感器302(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324可以显示代表当前设定点温度的中央数字。

[0079] 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314和背板312的配合部上的简单摩擦,来完成主单元314到背板312的连接。根据一些实施例,主单元314包括电池308、通信组件310、智能组件316以及显示驱动器326(其可以是例如用户界面304的一部分)。如果可用,电池308可以使用经由从HVAC系统控制电路或者从公共导线电力采集(也被称作窃电和/或电力共享)所获得的来自背板312的电力的充电电路(其可以是例如智能组件316的一部分并且/或者可以被包括于背板312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308是可再充电的单体式锂离子或者锂聚合物电池。

[0080] 背板312包括在经由通风孔336所通气的外壳334中的电子器件330以及温度传感器332(其可以是例如传感器们302中的一个)。温度传感器332允许背板312即使当并未连接至主单元314时也操作作为全功能的恒温器。线连接器338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340是在主单元314与背板312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。

[0081] 在一些实施例中,背板电子器件330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330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314并未附连至背板312时,也能够执行编程的设定点(即所需温度)变化。根据一些实施例,电子器件330还包括电力采集电路(其可以是除在主单元314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。在各种实施例中,篡改检测电路318(图3A)还可以被结合在主单元314和背板312中的一个或多个内,以便无论主单元314是否被耦合至背板312都可以检测篡改。

[0082] 图3C图示特别有关线连接器338以及篡改检测电路318的设备300的概念图。将领会的是,在不脱离本教导的范围的情况下,线连接器338以及篡改检测电路318能够,整体或者部分地,与设备300的主体以可分或不可分的方式集成。因此,例如对于一个实施例而言,线连接器338以及篡改检测电路318能够以不可分的方式与设备300的主体集成,使得HVAC的导线在置于墙壁上作为单个整块单元之前被直接插入背板。在另一实施例中,线连接器338以及篡改检测电路318能够位于恒温器的主体所附连的墙板单元之中,应理解的是,在本文对将导线插入恒温器的引用包含其中将导线插入墙板并且将主体附连至墙板以形成完整设备300的实施例。

[0083] 如图3C所示,每一线连接器338都与预定的HVAC信号类型相关联。对于已发现在自己动手型的安装简易与相当大范围地改进大量房屋的实用性之间提供最佳平衡的实施例

而言，设置八个(8)线连接器338，其被相应专用于由加热调用电源(Rh)、加热调用(W1)、冷却调用(Y1)、风扇调用(G)、公用(C)、热泵(O/B)、辅助(AUS)以及加热调用电源(Rh)组成的、选择的一组HVAC信号类型。优选地，设备300是根据前述的共同转让的序列号13/034,674美国申请的“免跳线模式”类型，以致(i)在由HVAC系统提供单个的调用电源线并且一个或多个连接端口接收单个的调用电源线(基于特定的HVAC安装，其可能标记为R、V、Rh或者Rc)的情况下，Rh和Rc连接端口自动保持并在一起(shunted together)，并且(ii)在被插入的是由HVAC系统所提供的双调用电源线的情况下，Rh和Rc连接端口自动电气隔离。

[0084] 根据一个实施例，篡改检测电路318对于每一线连接器338，都包括在一对电引线344之上与背板电子器件330通信的端口感测电路342。尽管端口感测电路342能够在不脱离本教导的范围的情况下以多种方式运行，但在一个实施例中，控制端口感测电路342包括耦合至电引线344的双位开关(未示出)，当尚没有导线被插入相关线连接器338中时，将双位开关关闭以使电引线344一起短路，当导线被插入相关线连接器338中时，以机械方式将双位开关推至打开位置以使电引线344电气隔离。背板电子器件330由此能够容易借由电引线344的短路或者打开状态来感测导线何时被插入连接端口中。实现线连接器338以及端口感应电路342的组合功能的一个特别有利的配置在于2011年2月24日提交的序列号13/034,666(参考号:NESO035-US)的共同转让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。

[0085] 在一些特定实施例中的设备300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3A至3C中所示设备更少或更多数目的组件的情况下同样能够运行良好。例如，设备300可以被形成为单个单元而非多个模块，并且可以包括比参照图3A至3C所述的更多或更少的组件。例如，设备300可以被形成为如在于2012年9月21日提交的序列号13/624,878的美国申请以及/或者如在于2012年9月30日提交的序列号13/632,148的美国申请中所述，两者的全部内容通过引用并入本文中用于所有目的。因此，应将图3A至3C中对设备300的描绘当作说明性的，而并不限制本教导的范围。

[0086] 图4图示可扩展设备以及服务平台的网络层视图，图1和/或2的智能型住家和/或图3A至3C的设备能够与其集成。先前关于建筑物250所述的智能联网设备的每一个能够与一个或多个远程服务器或者云计算系统264通信。通信能够通过直接建立到网络262的连接(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，而被启用。

[0087] 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402。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404。服务404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402用于提高性能、降低效用成本等)。与服务404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。

[0088] 如图4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406，其能够被集中在单个数据处理服务器407(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406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408。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406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。

[0089] 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的需求响应程序)，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406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422、政府实体424(例如食品和药物管理局或者环境保护署)、学术机构426(例如高校科研人员)、营业所428(例如向相关装备提供设备维修或保养)或者公共事业公司430。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。

[0090] 图5图示根据实施例的、图4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406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502(DC)、数据源504(DS)、服务消费者506(SC)和/或服务源508(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。

[0091] 例如，图5示出处理引擎406为包括数个范式510的。处理引擎406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510a。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406能够进一步包括广告/通信范式510b，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406能够进一步包括社交范式510c，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406能够包括挑战/规则/规章/奖励范式510d，其通知用户任务、规则、规章和/或奖励，和/或使用操作数据以确定是否已完成任务、是否符合规则或规章、和/或是否已赢得奖励。任务、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。

[0092] 处理引擎406能够整合或以其他方式利用来自外部源的外部信息516以改善一个或多个处理范式的功能。外部信息516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)、确定适用于用户的服务或者产品、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。

[0093] 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”的潜力的更“深刻”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406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。

[0094] 图6是根据实施例所述的专用计算机系统600的框图。例如，公共事业提供方的计算系统120、能量管理系统130、智能住家环境200的元件、远程服务器264、客户端设备300、处理引擎406、数据处理服务器407、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600。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。

[0095] 专用的计算机系统600包括计算机602、耦合至计算机602的监视器604、耦合至计算机602的一个或多个附加的用户输出设备606(可选)、耦合至计算机602的一个或多个用户输入设备608(例如键盘、鼠标、跟踪球、触摸屏)、耦合至计算机602的可选的通信接口610、以及在计算机602之中或者可接入计算机602的包括有形计算机可读存储介质612的计算机程序产品。在计算机可读存储介质612上所存储的指令可以引导系统600执行本文所述的方法和流程。计算机602可以包括经由总线子系统616与数个外围设备通信的一个或多个处理器614。这些外围设备可以包括用户输出设备606、用户输入设备608、通信接口610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)618和非易失性存储驱动器620(例如磁盘驱动器、光盘驱动器、固态驱动器)的存储子系统。

[0096] 计算机可读介质612可以被加载到随机存取存储器618、存储于非易失性存储驱动器620或者以其他方式接入计算机602的一个或多个组件。每一处理器614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612，计算机602运行操作系统，该操作系统处理计算机可读介质612与上述组件之间的通信以及支持计算机可读介质612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。

[0097] 用户输入设备608包括用于将信息输入计算机系统602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608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608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604上出现的对象、图标、文字以及诸如此类。用户输出设备606包括用于将信息从计算机602输出的所有可能类型的设备和机制。他们可以包括显示器(例如监视器604)、打印机、诸如音频输出设备的非视觉显示器等。

[0098] 通信接口610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622从其他系统、WANs和/或互联网接收数据并向其传送数据的接口。通信接口610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610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610可以被物理集成于计算机602的母版上并且/或者可以是软件程序或者诸如此类。

[0099] RAM 618以及非易失性存储驱动器620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。RAM 618以及非易失性存储驱动器620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。

[0100] 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612、RAM 618和/或非易失性存储驱动器620中。这些指令集或者代码可以由处理器614执行。计算机可读介质612、RAM 618和/或非易失性存储驱动器620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。RAM 618以及非易失性存储驱动器620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)。RAM 618以及非易失性存储驱动器620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。RAM 618以及非易失性存储驱动器620还可以包括可移动式存储系统,诸如可移动式闪速存储器。

[0101] 总线子系统616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616被示意性示为单总线,总线子系统的替选实施例可以在计算机602内利用多条总线或者通信路径。

[0102] 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。

[0103] 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。

[0104] 图7图示根据实施例的用于在需求响应事件期间控制HVAC系统的流程700。为便于理解,参照图1、2、8、9A至9D、10A至10B和11A至11B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1、2、8、9A至9D、10A至10B和11A至11B所述的实施例。

[0105] 在操作702中,识别具有DR事件期的DR事件。DR事件是期间将积极加入能量减少机制的一段时期。DR事件是由DR事件分布所定义,该DR事件分布包括识别定义期间将积极加入能量减少机制的时期的DR事件期的信息。时期可以是数分钟、数十分钟、数小时、数十小时或者需要能量转移的其他适当时间段的数量级。在至少一个实施例中,DR事件期可以是几分钟的数量级并且被称作“瞬时DR事件”,其是针对总体能量需求中预期峰进行狭窄定制(tailored)的事件。在这种情况下,能量需求中的峰可以被识别为在预期的峰时间之前的几分钟(或者几小时),并且在一些实施例中,峰能量需求的持续时间(即期间预期需求超出供给的持续时间)可以仅持续几分钟。

[0106] 在一些实施例中,DR事件可以是DR计划的一部分。DR计划是试图在一般是当需求接近或者预期超出供给时的时间的一些关键时间期间,减少向能量消费者住宅150A-150N供电的电网上的负载的计划。DR计划经常允许能源消费者自愿加入计划之中,但在一些实施例中加入可能是强制性的。作为加入的交换,能量消费者经常获得金钱奖励刺激、基于奖励的刺激或者用以获得增加加入的其他类型的刺激,但在一些实施例中,可以不为能量消费者提供这种刺激。DR计划可以诸如在一定数目的月、日、年中的设置时期内运行,可以是季节性的(例如在诸如当预期能量需求大幅增加时的夏季的季节中被实施),可以是持久性的,并且/或者可以在任何适当的时间段中执行。其努力在具体定义的时期内减少能量消耗,DR计划可以定义一个或多个DR事件。

[0107] DR事件,除具有时期之外,还可以包括适于在DR事件期之内有效管理能量消耗的其他信息。例如,DR事件还可以包括识别定义所需的能量减少的量级(在逐个消费者的基础、群体的基础、总体的基础、或者其他基础上)的DR事件量级。另例如,DR事件可以包括识

别DR事件的地理范围的信息，其中，所述地理范围可以描述涉及需要自其减载的一个或多个电网的区域。该区域可以使用诸如国家、城市、邮政编码、地址或者诸如此类的任何适当参数来定义，或者可以识别可以随后自其推测这些住宅地址的一个或多个特定的电网。在一些实施例中，DR计划还可以包括识别在DR计划、DR事件等过程中的每单位能量的成本。在其他实施例中，消费者可以根据除了地理特性以外的特性而被分组。例如，消费者可以基于有关其建筑物(例如保暖性能)、其富裕度(例如绝对收入、年收入等)、其对加入DR事件和/或计划的倾向性、通过其加入DR事件和/或计划所可能达成的能量转移量等的相似(或者不同)特性来分组。

[0108] 特定的DR事件可以由诸如恒温器202的设备以多种方式中的任何一种或多种来识别。例如，识别DR事件的信息可以从远程服务器264、或者能量管理系统130的其他计算元件、和/或公共事业提供方的计算系统120，被通信至恒温器202。另例如，恒温器202可以基于所感测的信息来生成和/或定义DR事件。例如，恒温器202可以监视室外温度或以其他方式接收有关室外温度的信息，并且基于室外温度定义DR事件(例如，恒温器202可以当室外温度超出某值时生成DR事件)。另例如，恒温器202可以监视电网状况(例如经由配电网络160供应的电力中的变化或者其他特性)，并且基于那些电网状况来定义DR事件。还例如，恒温器202可以与布置于与恒温器202类似的地理区域内的相同或者不同建筑物中的其他恒温器进行通信，并且可以从那些其他恒温器中接收指示DR事件的信息。

[0109] 在操作704中，确定HVAC系统的优化的控制轨迹以在DR事件期期间奏效，在此，优化的控制轨迹使成本函数最小化。控制轨迹指示在诸如DR事件期的时间段内应如何控制HVAC系统。控制轨迹可以包括用于控制HVAC系统的多种有形控制序列中的一个或多个，诸如设定点温度的排程、HVAC占空比排程等。至少部分基于原始控制轨迹(例如，最初由用户定义以在DR事件期期间实施并且或许在规律的周期性间隔内实施的设定点温度的排程)，可以搜索可能的控制轨迹的空间以找到在某种程度上最优的最优控制轨迹。在许多实施例中，最优控制轨迹是最优的原因在于，其使成本函数最小化。

[0110] 成本函数，在确定特定控制轨迹的成本时，可以纳入多种因子中的一个或多个。例如，成本函数可以包括代表DR事件期期间的总能量消耗的因子。该因子可以指示，例如，如果根据特定控制轨迹控制HVAC系统，则在DR事件期期间可能由HVAC系统所消耗的总能量(kW)或者总能量的价值($)。在一些情况下，可以基于实时能源定价来确定总能量的价值。例如，在分时定价的环境中，其中能源的价格可以在一日过程中变化，代表总能量消耗的因子可以指示一日时期(例如DR事件期)之中所消耗的能量的价值，在此，基于在该时期之中的数个时间点(time instance)所消耗能量的量值以及在那些时间点的能量成本来确定所消耗能量的价值。

[0111] 成本函数可以另外或者替选地包括代表居住者不适的度量的因子。该因子可以指示，例如，如果根据特定的控制轨迹来控制HVAC系统则建筑物的居住者中的一个或多个可能体验到的不适的水平。在一些实施例中，这一因子可以指示建筑物的任何任意居住者的不适。在其他实施例中，可以具体识别在DR事件期期间可能在场的居住者，并且可以为那一/那些特定个体，特定地定制不适因子。

[0112] 成本函数可以另外或者替选地包括代表在DR事件期期间的能量消耗率的离差的因子。在DR事件期期间，HVAC系统可以在事件期的第一部分期间消耗大量能量，并且在事件

期的最后一部分期间消耗少量能量，或者反之亦然。在一些实施例中，可以使HVAC系统能量消耗分布或以其他方式均衡于DR时间期内，以便在DR事件期内的消耗率大体上恒定。

[0113] 在多种实施例中，由成本函数所使用的因子可以被相同或者不同地加权，以致在确定特定控制轨迹的成本时对所述因子全部给予平等考量，或者一个因子可以被给予比另一因子更多的权重。权重可以基于多种信息中的一种或多种而被确定，诸如指示对DR负载转移的用户顺从性的用户输入、居住者特性(例如年龄、收入、净资产、健康状况、消费习惯、能量管理习惯、生活方式、例如通过居住概率分布所定义的居住时间等)、建筑物特性(大小、房间/浴室/等的数目、窗户的类型、保温的类型、建筑物的电子设备的类型、窗和/或门是否开/闭等)、或者指示用户偏好节能多过舒适度或者反之的倾向性的其他特性。

[0114] 例如，居住概率分布可以被使用于确定建筑物在DR事件期期间被居住的可能性，在此更大的可能性导致可能不适的更大权重。另例如，如果用户已经拒绝加入前一DR事件，则这种信息可以导致可能不适的更大权重和/或能量消耗节约的更小权重。另例如，可以基于居住者的年龄来加权因子，在此，如果居住者包括儿童或者老年人，则这种信息可以导致可能不适的更大权重。另例如，可以基于居住者的健康状况来加权因子，在此，如果居住者近期曾就医，则这种信息可以导致可能不适的更大权重。还例如，可以基于建筑物中其他设备乃至建筑物本身的特性来加权因子，在此，如果其他设备是节能设备(例如Energy Star® 兼容)或者建筑物包括节能特征(例如包括空腔墙保温、多格窗等)，则这种信息可以对应于增加能量消耗节约上的权重。还例如，可以基于在DR事件期期间用户与控制轨迹的交互来加权因子，在此，如果用户将温度修改成消耗更少能量，则这种信息可以对应于增加能量消耗节约上的权重。

[0115] 暂转至图8，图8图示根据实施例的用于确定优化的控制轨迹的流程，根据一些实施例，该流程可以是根据操作704所述的用于确定优化的控制轨迹的流程。为便于理解，参照图1、2、9A至9D和10A至10B描述流程704，然而应理解的是，流程704的实施例不限于参照图1、2、9A至9D和10A至10B所述的那些实施例。

[0116] 在操作704A中，生成多个候选参数集，在此，每一参数集表征DR事件的相关候选设定点排程。每一参数集包括多个参数，每一参数具有参数值，在此，集内的参数以及其对应的参数值表征具体的设定点排程。例如，暂转至图9A，图9A图示根据实施例的原始设定点温度的排程800，其是在确定优化的控制轨迹之前所定义的、排程的设定点温度。原始排程可以已经通过多种方式中的一个或多个方式而被生成。例如，排程可以由恒温器202的用户来设定，并且经由恒温器202、接入设备266和/或智能住家环境200的另一计算设备的用户界面被输入用于存储在恒温器202中。排程可以由诸如恒温器202本身的、智能住家环境200的实体，通过学习与恒温器202相关联的建筑物的居住者的倾向性和偏好来生成。原始排程可以由除了智能住家环境200以外的系统100的实体，诸如远程服务器264、能量管理系统130、或者系统100的另一实体来生成，并且在恒温器202的安装之前在恒温器202中预先编程或者在安装之后传输到恒温器202。在一些实施例中，设定点温度的原始排程可以基于上述的一项或多项的组合被生成。例如，原始排程可以起初由能量消费者来定义并且随后经由学习而被定制。

[0117] 原始设定点温度的排程800被定义于一段时期内(在该示例中，从午前直至下午7点)，其包括在DR事件期开始时间802与DR事件期结束时间804之间延伸的DR事件期。在一些

实施例中，DR事件期还可以包括在事件前期开始时间806至DR事件期开始时间802之间延伸的事件前期。在一些实施例中，DR事件期还可以包括在DR事件期结束时间804与事件后期结束时间(未示出)之间延伸的事件后期，该事件后期结束时间是DR事件期结束时间之后的某一时间。在一些实施例中，DR事件期可以包括事件前期和事件后期中之一或二者。

[0118] 图9B图示根据实施例的由参数集所表征的候选设定点温度的排程808。在该特定实施例中的参数集包括第一参数810，该第一参数810指示与原始设定点温度的排程800的第一温度设定点(即在事件前期开始806时所定义的温度设定点)的温度上的偏移。在该特定示例中，偏移在增加能量消耗的方向上相对于对应的原始设定点是2°F。亦即，在该特定示例中，室外温度大于室内温度，并且空调系统被启动以根据原始和/或候选排程来降低室内温度。优化的设定点温度的排程应最终减少在DR事件期期间所消耗的能源量。为协助这一减少，在事件前期期间执行预冷。在该特定示例中，在事件前期的过程中(即从下午1点到下午2点)以由第一参数810所定义的温度偏移来执行预冷。

[0119] 参数集还包括第二参数812，其指示与原始设定点温度的排程800的最后温度设定点(即在DR事件期结束804时所定义的温度设定点)在温度上的偏移。在该特定示例中，偏移在减少能量消耗的方向上相对于对应的原始设定点是3°F。亦即，在该特定示例中，到DR事件期结束时，允许室内温度同原始设定点温度的排程相比升高3°F。

[0120] 第一参数810和第二参数812能够被使用于定义温度设定点的线性序列的斜率，其可以被用于确定候选排程。例如，转至图9C，图9C图示根据实施例的第一参数810、第二参数812与温度设定点的线性序列814之间的关系。第一参数810和第二参数812指示在时期内相对于任意参考温度的最大温度变化的量值。在该特定示例中，时期是DR事件期(即在DR事件开始时间802与DR事件结束时间804之间)，并且任意参考温度是73°F。线性序列814则是在DR事件期内从参考温度升高至第一和第二参数的组合量值的、温度设定点的线性序列，并且具有由DR事件期以及第一和第二参数的组合量值所定义的斜率。

[0121] 转回图9B，由DR事件期以及第二和第二参数的组合量值所定义的斜率可以被用于确定设定点温度的候选排程808，以便减小在DR事件期内的能量消耗率的离差。在该特定的示例中，候选的设定点温度808在从事件前期开始时间806至DR事件期开始时间802偏离由第一参数810所定义的量值之后，开始以由线性序列814的斜率所定义的变化率呈线性升高。在设定点温度的原始排程从一个温度转变至另一温度的情况下，诸如在下午5点从75°F至70°F的范围的温度变化，候选的设定点温度808从新转变后的设定点温度，以由线性序列814的斜率所定义的变化率，继续呈线性升高。换言之，在原始排程中的温度量值的变化(例如，在下午5点，原始排程808中下降5°F)类似地反映为候选排程808中温度的对应变化(例如，在下午5点，原始排程808中下降5°F)。

[0122] 虽然该特定实施例是根据指示从原始设定点温度的排程800的第一温度设定点在温度上的偏移的第一参数810以及指示从原始设定点温度的排程800的最后温度设定点在温度上的偏移的第二参数812来描述，但实施例并非限定于此。例如，在一些实施例中，第一参数可以指示从原始排程800的任一设定点的温度上的偏移。这可以是在事件前期开始时间806、DR事件期开始时间802、DR事件期结束时间804、那些时间的任何时间之间的某处、或者那些时间之外的某处的偏移。例如，参照图9B，这可以是从由原始排程800所定义的从下午4点的75°F温度设定点的0°F偏移。第二参数则可以指示穿过在从原始设定点排程的温度

设定点的温度上的偏移处的点的、温度设定点的线性序列的斜率。例如，第二参数可以指示穿过下午4点的75°F的设定点温度的、温度设定点的线性序列的斜率，在此斜率是每小时升高1°F的温度。这两个因子然后可以被使用于确定候选设定点温度的排程808，在此将原始排程800修改成在下午4点为0°F的、每小时1°F的斜率。

[0123] 应认识的是，如参照图9A和9B所述的原始排程800和经修改的排程808，仅被使用于解释目的并且实施例的范围并未旨在被限定于此。例如，前述的斜率可能大于或小于每小时1°F，可能是正数(如图所示)或者负数，并且可能在DR事件期内是恒量(如图所示)或者变量。经修改的排程808可以包括在事件前期内是恒量(如图所示)或者变量(例如其可以具有与前述斜率相同或者不同的斜率)的温度设定点，并且可以具有1小时(如图所示)的持续时间、或者大于或者小于1小时的持续时间。另外，斜率可以基于在DR事件期开始时间802与DR事件期结束时间804之间延伸(如前所述)、或者在其他时期之间(例如在事件前期开始时间806与DR事件期结束时间804之间)延伸的时期而被定义。更进一步，候选设定点温度的排程808可以从除与事件前期期间的温度偏移相关联的设定点温度之外的设定点温度，开始呈线性变化。例如，参照图9B，在下午2点，代替从73°F开始线性变化(该温度是针对下午1点与2点之间的事件前期所定义的同一温度)，排程在下午2点可以从74°F、75°F、76°F或者不同于针对事件前期所定义的温度的某一其他温度开始线性变化。

[0124] 在一些实施例中，并且参照图9B，第三参数816指示事件前期的持续时间。例如，第三参数816可以在事件前期开始时间806与DR事件期开始时间802之间延伸，由此定义事件前期的持续时间。第三参数可以此外或者替选地在其他时间段之间延伸，诸如在事件后期内延伸。亦即，第三参数可以此外或者替选地在DR事件期结束时间804与事件后期结束时间(未示出)之间延伸。

[0125] 暂转至图9D，图9D图示根据实施例的对应于候选设定点温度的排程808的候选占空比排程。亦即，候选占空比排程指示在实施候选排程808后预期HVAC系统被控制的“开”/“关”状态的序列。候选占空比排程包括数个HVAC系统开启期818，在此HVAC系统被控制成在那些时期期间处于“开”状态并且在那些时期之外处于“关”状态。在一些实施例中，第四参数820指示最长的HVAC占空比周期。例如，最长的HVAC占空比周期可以指示在每60分钟期间内45分钟的最大开启时间。第四参数820不必一定指示最大开启时间，但类似地能够也或者替选地指示给定期内的最小的HVAC关闭时间(例如每60分钟期内15分钟)。

[0126] 通过定义并且优化数个参数，诸如在DR事件期开始和结束时的回调温度、事件前期的持续时间(期间例如可以执行预冷)、最大占空比长度等，可以实现多达或者多于三种能量转移策略(回调、预冷以及占空比调制)的益处，同时可以在逐个住家的基础上减少这些策略相关的缺陷。另外，通过基于用户对能量消耗与舒适度的偏好来进行优化，可以实现控制轨迹对用户的特定偏好最优的最优控制轨迹。

[0127] 现返回图8，如所述，在操作804A中生成多个候选参数集。例如，第一参数集可以包括具有2°F值的第一参数810以及具有3°F值的第二参数812，在此，该特定参数集表征相关的候选设定点排程(例如在图9B中所示并且参照该图所述的候选设定点排程808)。第二参数集可以包括具有2.5°F值的第一参数810以及具有3.5°F值的第二参数812，在此，该特定参数集表征不同的候选设定点排程(未示出)。

[0128] 在操作704B中，识别参数集中的最优参数集，当相关的候选设定点排程作为输入

被应用于HVAC系统的基于预测模型的仿真时，该最优参数集导致成本函数的最小化。亦即，在操作704A中所生成的参数集之一可以被识别为关于成本函数是最优的。

[0129] 在执行这一识别时，对于每一候选参数集的候选设定点排程可以被应用于HVAC系统的基于预测模型的仿真。HVAC系统的基于预测模型的仿真可以包括，并且可以持续更新，能够操作以预测建筑物的热动力学行为的HVAC系统的模型，例如模型可以操作成预测对于设定点温度的排程的室内温度分布和/或HVAC占空比排程。模型可以使用多种信息中的一些或全部而被生成/更新，诸如室内温度的历史、室外温度的历史、建筑物温度的历史、HVAC系统的特性(例如在HVAC系统的启动状态变化紧前正发生的室内温度变化率的遗留)等。一些特定模型及其在HVAC系统的基于预测模型的仿真中的使用在共同转让且同时提交的名称为“Generating And Implementing Thermodynamic Models Of A Structure(生成并实现建筑物的热动力学模型”的序列号为__的美国申请(参考号:NES0339-US)中有所描述，其全部内容通过引用并入本文中用于所有目的。在一些实施例中，并非使用如所述基于数据历史所生成的训练模型，而是可以使用默认模型，据此默认模型提供建筑物的默认热动力学行为，例如给定的控制轨迹与室内温度分布之间的默认关系。

[0130] 响应于将候选设定点排程应用到HVAC系统的基于预测模型的仿真，可以生成用于候选设定点排程的预测的室内温度分布和/或HVAC占空比排程。用于候选设定点排程的预测的室内温度分布和/或HVAC占空比排程可以然后被用于成本函数，以确定与候选设定点排程相关联的成本。例如，预测的HVAC占空比排程可以被使用于确定对于候选设定点排程在DR事件期内的总HVAC使用量和/或所预期的HVAC使用的成本。另例如，预测的室内温度分布可以被使用于确定指示如果在DR事件期内实施候选设定点排程、居住者不适的度量。

[0131] 在一些特定的实施例中，在识别最优参数集时，可以搜索参数集空间，以识别使前述成本函数最小化的参数集。通过搜索其中每一参数集均包括有限数目的参数(例如偏移和斜率)的参数集的空间，而非由候选排程的每一温度设定点所定义的空间(其可能数目众多)，对最优排程的搜索可以有利地明显加速。这一搜索可以由此被诸如恒温器的功率较低的设备(或者具有较低计算复杂度的设备)所执行，并且可以在没有过分加重设备负担的情况下定期(例如每15分钟)被执行。

[0132] 在操作704C中，确定对最优参数集的识别是否失败。对最优参数集的识别可能出于多种原因中的任何一个或多个而失败。例如，最小化算法可能无法识别成本函数的局部或者全局最小值。如果识别失败，则处理可以继续至操作704D，在此将默认参数集选为最优参数集。默认参数集可以是与用户的原始排程相比、在DR期内导致至少一些能量减少的参数的集合。例如，第一参数810可以是在增加能量消耗的方向上的1°F温度偏移，而第二参数812可以是在减少能量消耗的方向上的1°F温度偏移。这一参数集可以导致在DR事件期内与原始排程相比的较少能量消耗，但在使能量消耗、居住者不适等最小化的方面可能并非最优。

[0133] 否则，如果对最优参数集的识别并未失败，则处理可以继续至操作704E。在操作704E中，确定最优参数集是否在基线集之内。基线参数集可以是对应于原始设定点排程的参数集。在确定最优参数集是否在基线集之内时，可以确定由最优参数集所表征的占空比排程是否等同于由原始设定点排程所表征的占空比排程或者在其一定公差范围内。换言之，可以确定最优排程是否预期将导致HVAC系统以如若根据原始排程来控制HVAC系统的类

似方式而被控制。为作出这一确定，可以将由最优参数集所表征的预测的占空比排程与原始设定点排程进行比较。如果占空比排程彼此相同或者相似，则可以确定最优参数集是处于基线集之内。否则，可以确定最优参数集并非处于基线集之内。

[0134] 例如，暂转至图10A和10B，图10A图示根据实施例的由最优设定点排程808的实施而产生的预测的HVAC占空比900。HVAC占空比900包括开始于约下午1点、下午3点、下午4点和下午5点的HVAC开启期，其中，开始于下午1点和下午5点的HVAC开启期各持续约50分钟，并且开始于下午3点和下午4点的HVAC开启期各持续约30分钟。图10B图示根据实施例的由原始设定点排程800的实施产生的预测的HVAC占空比902。HVAC占空比902包括开始于约下午1点、下午2点30和下午3点50的HVAC开启期，持续时间范围从30分钟到超过2小时。

[0135] 在该特定示例中，为便于操作704E，可以将HVAC占空比900与HVAC占空比902进行比较。如果占空比相同或者相似，则可以使用原始设定点排程800而非最优排程808。在比较中可以使用占空比的多种特性，诸如HVAC开启次数、HVAC开启时期、HVAC关闭次数以及HVAC关闭时期，其中，彼此相差5％之内(或者一些其他大于或者小于5％的阈值)的排程可以被认为相似。

[0136] 返回图8，如果确定最优参数集是处于基线集之内，则处理可以继续至操作704F，在此，可以将基线参数集选为最优参数集。亦即，代替使用由最优参数集所表征的设定点排程来随后控制HVAC系统，可以选择并且使用原始设定点排程。以这种方式，可以有利地如同用户所预期般精确控制HVAC系统，由此增加原始设定点排程的可能性，其在该特定情况下在DR事件期的持续时间内基本上最优、被采纳、或以其他方式不受用户的干扰。

[0137] 应领会的是，在图8中所示的特定操作提供用于说明根据实施例确定优化的控制轨迹的流程的具体流程。参照图8所述的各种操作可以在多种电子设备或者本文所述的组件中的一个或多个处实现并且由其执行。例如，它们可以在智能住家环境200(例如恒温器202)、能量管理系统130(例如远程服务器264)等中的一个或多个电子设备处实现并且由其执行。还可以根据替选的实施例来执行其他操作序列。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8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，基于具体的应用，可以增加附加的操作或者删除现有的操作。

[0138] 现返回图7，一旦优化的控制轨迹已被确定，DR事件期便可以始于操作706。一旦DR事件期开始，处理便可以继续至操作708，在此根据控制轨迹来控制HVAC系统。例如，在HVAC控制轨迹包括设定点温度的排程的情况下，恒温器202可以控制HVAC 203以试图达到那些温度和/或保持那些温度在特定的误差阈值内。另例如，在HVAC控制轨迹包括HVAC占空比排程的情况下，恒温器202可以根据占空比排程来控制HVAC 203的开启/关闭状态。所使用的特定控制轨迹可以是作为操作704的结果所确定的控制轨迹，并且由此可以是由成本函数的优化所产生的控制轨迹、默认控制轨迹、和/或原始控制轨迹。

[0139] 在操作710中，可以确定在DR事件期内的设定点温度分布。可以基于正使用的特定控制轨迹来确定设定点温度分布。例如，如果使用原始设定点排程，则设定点温度分布可以对应于由原始设定点排程所定义的设定点温度。类似地，如果使用默认或者最优的设定点排程，则设定点温度分布可以对应于由默认或者最优的设定点排程所定义的设定点温度。在所实施的设定点排程包括在DR事件期内高变化率的设定点温度的实施例中，例如每5、10

或15分钟变化的设定点温度(参见例如图9B中的候选排程808,在此设定点温度在DR事件期内持续变化),期望降低显示或以其他方式传输给用户的设定点温度的变化率。在一些实施例中,这可以通过禁止显示实际的设定点温度而换为有效的温度设定点(即这样的温度设定点,其如果被使用于控制HVAC系统,会预期使得HVAC系统被控制为如同其实际上正根据所选择的控制轨迹被控制)来完成。

[0140] 例如,暂转至图11A和11B,图11A图示根据实施例的由最优排程808的实施产生的预期的室内温度分布1002。可以通过将最优设定点排程808应用到基于预测模型的HVAC系统的模拟,来确定预期的室内温度分布1002。图11B图示根据实施例的相对于所预期的室内温度分布1002的有效设定点温度1004。可以通过识别所预期的室内温度分布1002的峰和谷,来确定有效设定点温度1004。例如,可以将有效温度设定点定义为在从前一谷(例如在下午2点)延伸至峰温度所在时刻(即在下午3点)的持续时间内的峰温度(即在下午3点)。类似地,可以将有效温度设定点定义为在从前一峰(例如在下午3点)延伸至谷温度所在时刻(即在下午3点30)的持续时间内的谷温度(即在下午3点30)。有效设定点温度1004的组合可以然后被用作设定点温度分布。亦即,代替使用由最优排程808作为设定点温度分布所定义的(持续变化的)设定点温度,而可以使用(相对静态的)有效设定点温度1004的序列。以这种方式,当显示给用户时,用户并未被呈现以出现持续变化的排程(例如排程808),而是被呈现以出现相对静态的排程(例如由有效温度设定点1004的组合所定义)。相对静态的排程的呈现可以有利地降低用户干扰最优排程的实施的可能性。

[0141] 返回图7,一旦设定点温度分布被确定,在操作712中,可以在DR事件期期间,将由设定点温度分布所定义的设定点温度显示或以其他方式传输至用户。例如,有效设定点温度1004可以在DR事件期的过程中作为当前设定点温度被依序显示于恒温器202上。

[0142] 虽然根据所确定的控制轨迹来控制HVAC系统,但处理可以继续至操作714,在此其确定是否需要重新确定控制轨迹。可能存在要重新确定控制轨迹的多种原因,诸如实际的HVAC状态和/或室内温度不同于所预期的HVAC状态/室内温度、建筑物的实时居住变化、室内温度越过一些安全阈值等。在一些特定实施例中,当下列情况时,可以重新确定控制轨迹:(1)在实施最优排程的情况下,实际的室内温度分布不同于预测的室内温度分布;(2)在由于原始排程被认为产生与最优排程相似的控制而实施原始排程的情况下,实际的室内温度分布越过一些安全阈值;(3)建筑物的实时居住改变;以及/或者(4)在实施最优或者原始排程的情况下,实际的HVAC状态不同于预测的HVAC状态。

[0143] 在作出这一确定时,可以监视多种信息。例如,可以在DR事件期期间监视建筑物的实际室内温度并且将其与所预期的室内温度分布进行比较。另例如,可以监视实际的HVAC状态,并且将其与由所预期的HVAC占空比排程定义的所预期的HVAC状态进行比较。还例如,可以监视建筑物的居住状态。

[0144] 如果确定控制轨迹需要被重新确定,则处理可以继续至操作716。在操作716中,确定控制轨迹是否应被重新优化。在一些情况下,控制轨迹可以按照如参照操作704所述而被重新优化,而在其他情况下,诸如由原始设定点排程或者默认设定点排程所表征的控制轨迹的替选控制轨迹,可以被使用以取代最优排程。例如,在建筑物的居住状态改变的情况下,则可以重新优化控制轨迹。另例如,在当前控制轨迹是由最优设定点排程或者原始设定点排程所表征并且实际的HVAC状态不同于所预期的HVAC状态的情况下,则可以重新优化控

制轨迹。另例如，在当前控制轨迹是由最优设定点排程所表征并且实际的室内温度分布不同于所预期的室内温度分布的情况下，则可以实施默认的控制轨迹。还例如，在当前控制轨迹是由原始设定点排程所表征并且超出一些安全阈值的情况下(例如HVAC开启期超出最大持续时间)，则可以实施默认的控制轨迹。

[0145] 如果确定控制轨迹应被重新优化，则处理可以继续至操作718，在此将控制轨迹重新优化。控制轨迹的重新优化可以类似于参照操作704所述的原始优化，由此不再赘述。在重新优化控制轨迹时，处理可以返回至操作708，在此则根据经重新优化的控制轨迹来控制HVAC系统。另一方面，如果确定不应重新优化控制轨迹而是应确定替选的控制轨迹，则处理可以继续至操作720，在此确定替选的控制轨迹，诸如由默认排程或者原始排程所表征的控制轨迹。处理可以然后返回至操作708，在该情况下，在此根据替选的控制轨迹来控制HVAC系统。

[0146] 返回至操作714，如果无需重新确定控制轨迹，则处理可以继续至操作722，在此确定DR事件期是否完成。若否，则处理可以返回至操作708，在此根据控制轨迹来控制HVAC系统。否则，处理可以继续至操作724，在此DR事件期完成。

[0147] 应领会的是，在图7中所示的特定操作提供根据实施例的用于在需求响应事件期间控制HVAC系统的特定流程。参照图7所述的各种操作可以在本文所述的多种电子设备或者组件中的一个或多个处实现并且由其执行。例如，它们可以在智能住家环境200(例如恒温器202)、能量管理系统130(例如远程服务器264)等中的一个或多个电子设备处实现并且由其执行。还可以根据替选的实施例来执行其他操作序列。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7中所示的各个操作可以包括可以合适于该各个操作的以各种次序执行的多个子操作。另外，基于特定的应用，可以增加附加的操作或者删除现有的操作。

[0148] DR事件期间的能量管理中所涉及的设备的用户可以用多种图形用户界面(GUI)中的一个或多个，被呈现在与能量管理系统相关联的它们的设备(例如恒温器202、接入设备266等)中的一个或多个上。GUI或者其他用户界面，可以通知用户DR事件正在进行中，并且在一些情况下可以通知用户其HVAC系统正被根据本文所述的流程中的一个或多个来控制。在一些特定情况下，如果在DR事件期期间，其HVAC系统不再根据前述流程被控制，则可以向用户通知这一状况。

[0149] 暂转至附图，图12A和12B图示根据实施例的可以被呈现给能量消费者的简化的GUI。虽然GUI是以可以被显示于诸如参照图3A至3C所论述的设备300的圆形设备上的界面的形式而被呈现，但实施例并不限于此，因为类似的GUI能够被呈现于其他形状的其他设备上。

[0150] 具体地，图12A图示GUI 1100，其可以例如是用户界面304(图3A)、输出设备606和/或输入设备608(图6)、或者与能量消费者相关联的电子设备的其他GUI。GUI 1100包括向用户显示即时设定点的当前设定点温度1102。GUI 1100还包括指示建筑物内部的当前温度的当前温度指示器1104，以及在一些情况下，包括指示即时设定点并且相对于当前温度指示器1104图形化显示的当前设定点温度指示器1106。

[0151] 转至图12B，在开始DR事件后，可以显示如参照图12A所述的相同信息。另外，GUI 1100可以还包括指示当前正进行DR事件的DR事件指示器1108。在该特定示例中，DR事件指

示器1108是“高峰时间”的文本显示，但在其他实施例中，DR事件指示器1108可以采取其他形式或者文本序列，诸如“DR事件”。这种指示器可以在DR事件期期间被显示，但也可以在与DR事件期相关联的其他时期期间被显示，诸如在事件前期和/或事件后期期间。GUI 1100还可以包括指示HVAC系统的当前状态(例如冷却、加热、第一阶段、第二阶段等)的HVAC状态指示器1110。

[0152] GUI 1100可以还包括指示HVAC系统正被根据DR事件优化过程控制(例如最优控制轨迹正被使用)的DR事件管理指示器1112。在该特定实施例中的DR事件管理指示器1112是齿轮中嵌入叶子的图像，但在其他实施例中可以采用不同图形的形式或者形状。DR事件管理指示器1112，在一些实施例中，可以指示恒温器正被根据DR事件优化过程成功控制(即没有用户设定点更改为由DR事件优化过程所定义的设定点)。在一些情况下，DR事件管理指示器1112可以在设定点未被更改的情况下而被显示。例如，如果能量消费者并未更改当前设定点，则指示器1112可以被显示，但如果能量消费者更改当前设定点(例如使温度升高2°F)，则指示器1112可以从显示中删除。在其他情况下，DR事件管理显示器1112，即便在设定点被更改但仅在变化并未造成从DR事件期到DR事件期之外的一个或多个时期的能量转移减少的情况下，也可以被显示。

[0153] 人们已经发现在与用户界面相关联的那些时间期间(即在发生本文所述的自动式排程调整过程期间)自动向用户显示图标符号特别有用并且有益，其中，图标符号被设计成同时实现多个目的，包括向用户再保证和/或通知用户正在进行自动化过程，以及该自动化过程旨在实现对环境有益的目的。人们已发现一种特别有用的图标指示器包括连同嵌入其中的叶子符号的齿轮的符号，齿轮被发现用于在用户意识里蕴含正在进行某种自动化过程，并且叶片被发现用于使用户意识里蕴含该过程对环境具有有益影响。除了具有叶子在齿轮中的符号并不需要翻译成外语的优势之外，叶子在齿轮中的符号的另一优势在于并不向用户发出警告或者凶兆并且具有褒义，以便温和巧妙地鼓励用户不采取任何会从用户显示器移除叶子在齿轮中的符号的行为。同时，由于借助齿轮的含义而与自动化关联，因此叶子在齿轮中的符号不太可能会促使用户与设备进行任何不必要的手动交互。

[0154] 应领会的是，在图12A和12B中所示的具体I/O界面描述根据一些特定实施例的特定I/O界面。参照图12A和12B所述的I/O界面可以被实现在与能量消费者相关联的多种电子设备中的一个或多个设备处。例如，它们可以被实现在恒温器202、危险检测单元204、入口界面设备206、壁灯开关208、壁式插口210、电器212、接入设备266或者与所识别的能量消费者相关联的其他电子设备中的一个或多个处并且由其执行。各种消息以及输入元件可能不一定在不同时间被显示，而是一些消息能够被同时呈现于同一显示器上。类似地，尽管一些消息和信息被解释为被同时呈现，但它们却可以在不同时间被呈现。能够使用其他通信机制来传输一些消息，并且能够使用其他通信机制来类似地接收响应。例如，能够使用可听式、触摸式或者其他输入/输出机制。另外，应认识的是，可以在实施排程优化过程之前、期间、和/或之后呈现附加或者替选信息，并且在图12A和12B中所示并且参照其所述的全部信息毋须被呈现。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。

[0155] 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；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；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/US12/00007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。

[0156] 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(ASICs)、数字信号处理器(DSPs)、数字信号处理设备(DSPDs)、可编程逻辑设备(PLDs)、现场可编程门阵列(FPGAs)、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。

[0157] 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。

[0158] 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。

[0159] 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。

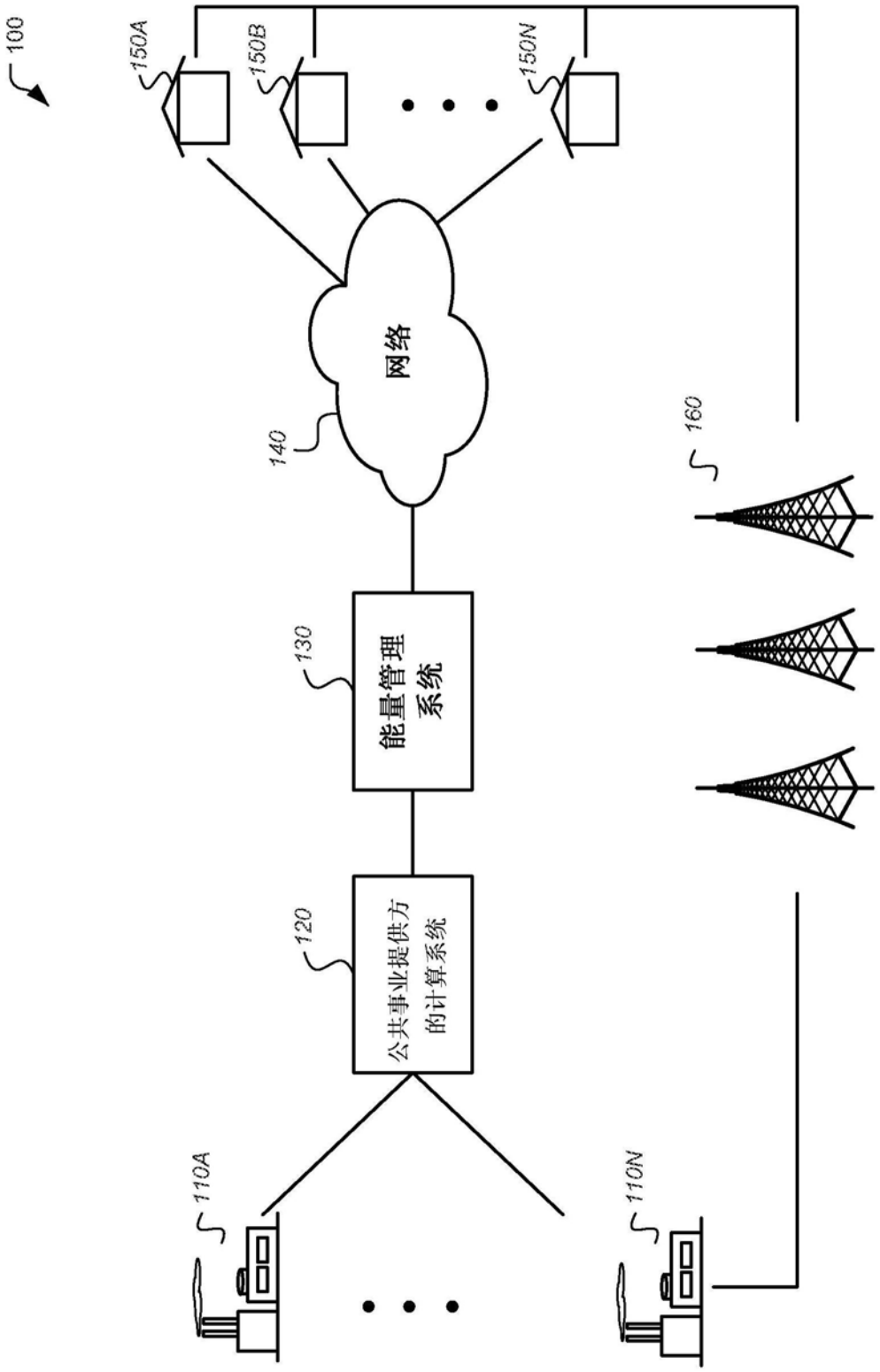

100
150A
150B
150N
网络
140
160
130
能量管理系统
120
公共事业提供方的计算系统
110A
110N

图1

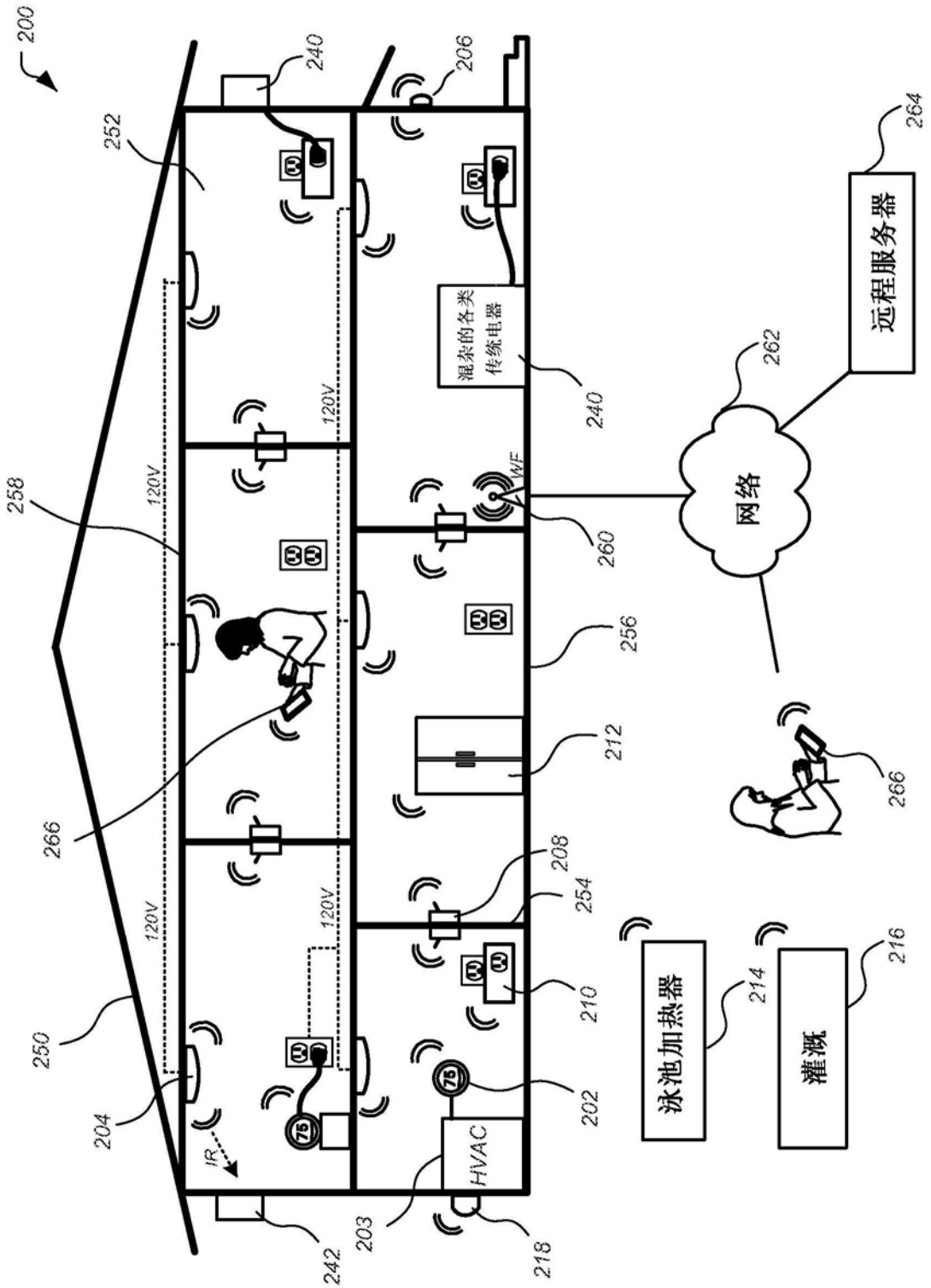

200
240
206
252
264
远程服务器
混杂的各类
传统电器
240
262
120V
120V
258
WF
260
网络
256
212
266
266
208
254
120V
120V
210
214
216
泳池加热器
灌溉
250
202
204
IR
HVAC
203
242
218

图2

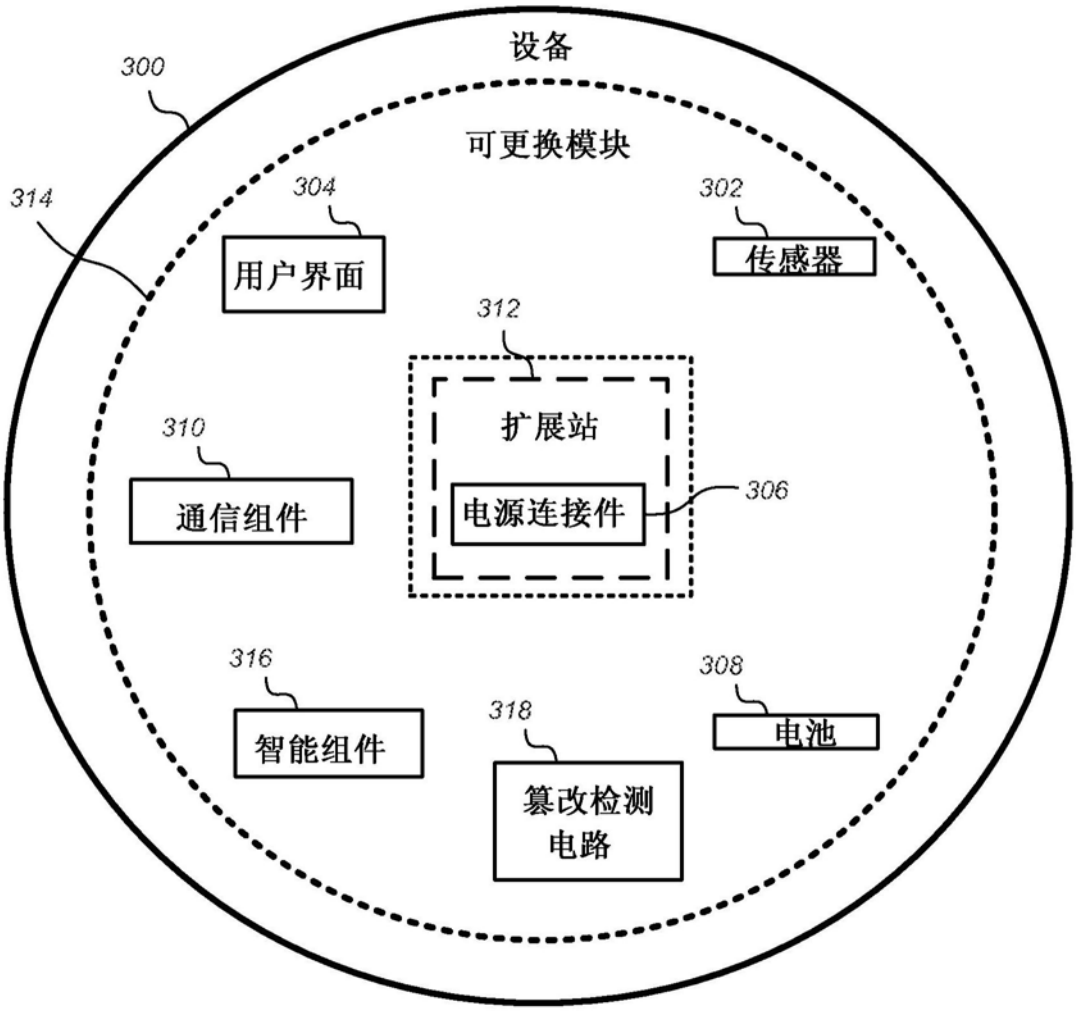

设备
300
可更换模块
314
304
用户界面
302
传感器
312
扩展站
310
通信组件
电源连接件
306
316
智能组件
308
电池
318
篡改检测
电路

图3A

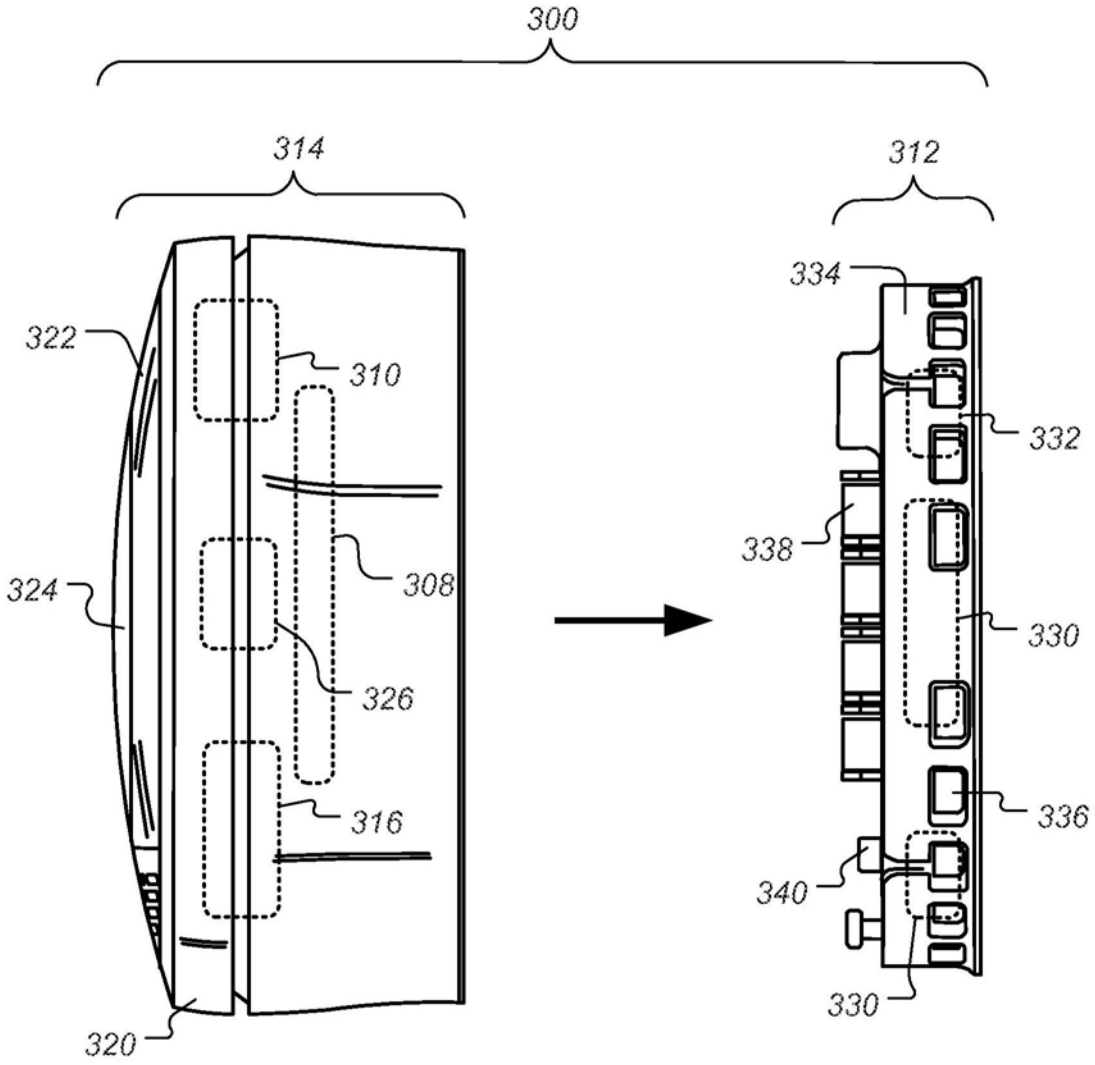

300
314
312
322
310
334
332
338
308
324
330
326
336
316
340
320
330

图3B

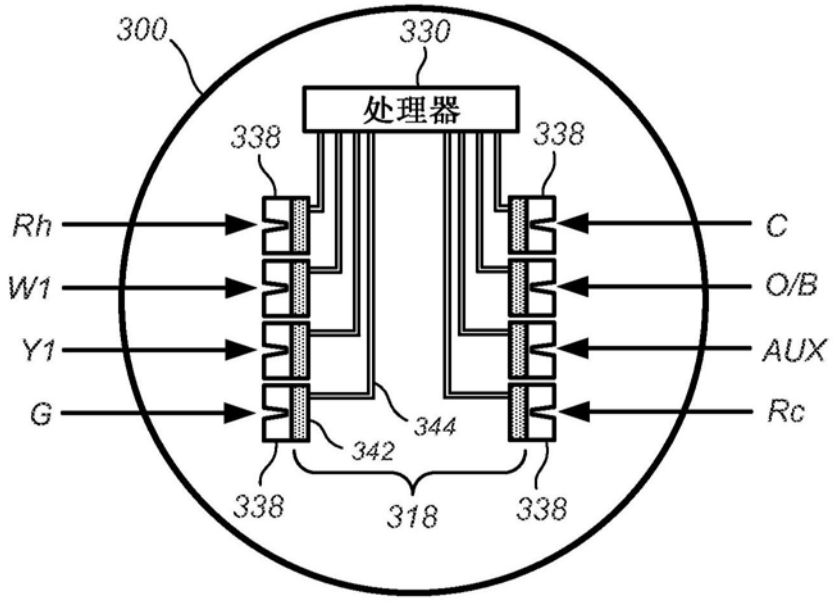


图3C

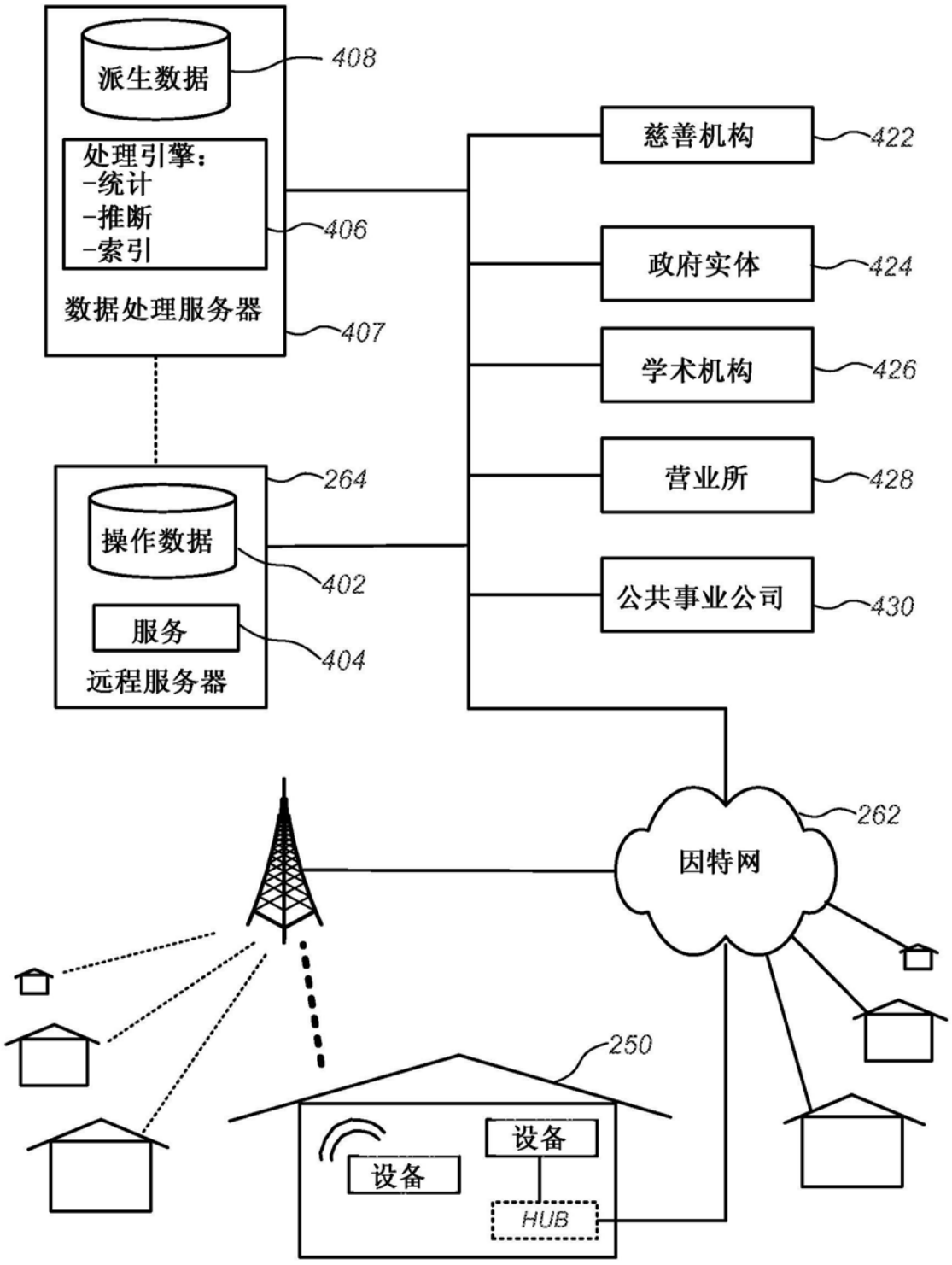

派生数据
408
处理引擎：
-统计
-推断
-索引
406
数据处理服务器
407
264
操作数据
402
服务
404
远程服务器
慈善机构
422
政府实体
424
学术机构
426
营业所
428
公共事业公司
430
因特网
262
250
设备
设备
HUB

图4

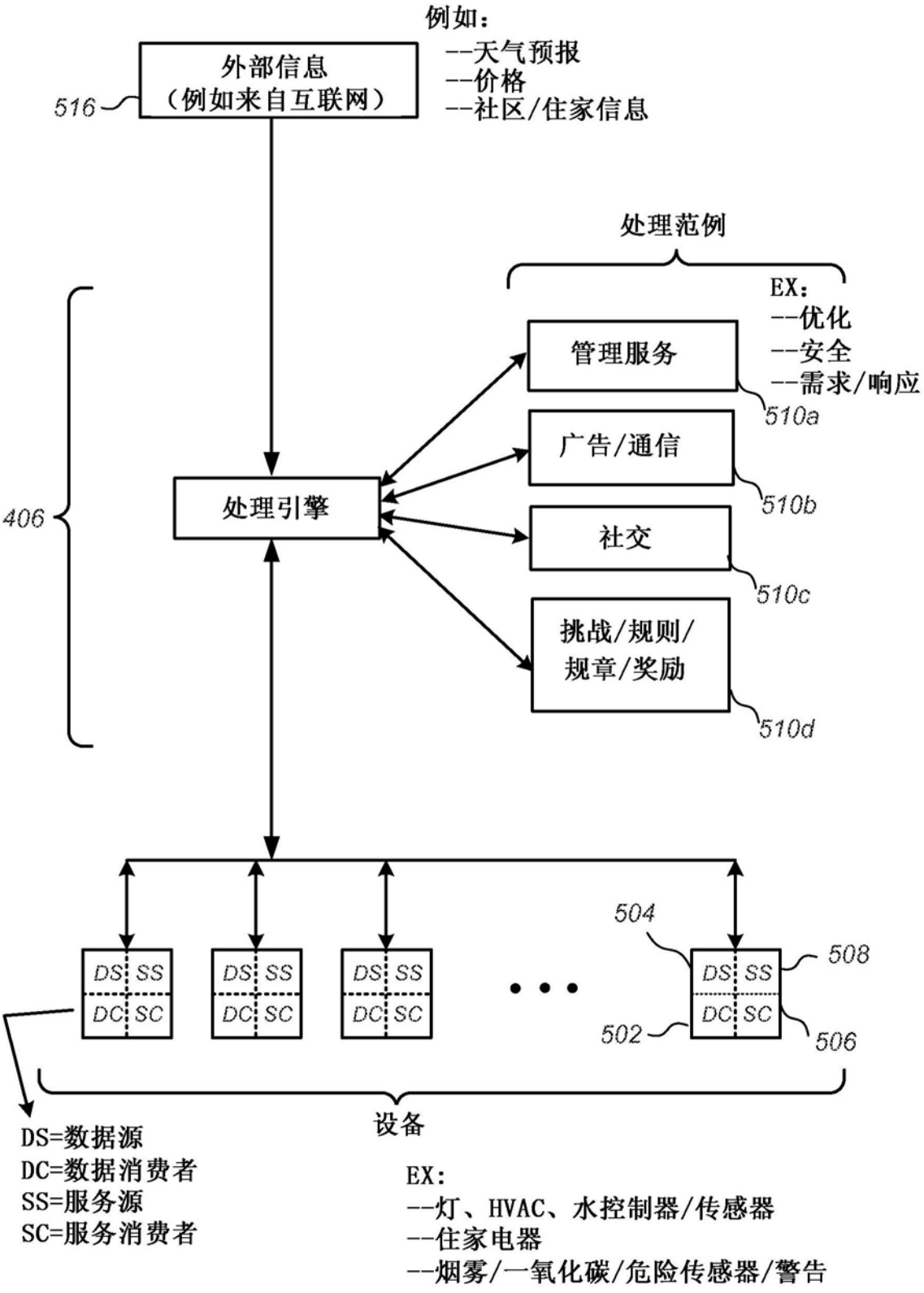

例如：
外部信息
（例如来自互联网）
516
--天气预报
--价格
--社区/住家信息
处理范例
EX：
--优化
--安全
--需求/响应
管理服务
510a
广告/通信
510b
社交
510c
挑战/规则/
规章/奖励
510d
406
处理引擎
DS SS
DC SC
504
508
502
506
设备
DS=数据源
DC=数据消费者
SS=服务源
SC=服务消费者
EX：
--灯、HVAC、水控制器/传感器
--住家电器
--烟雾/一氧化碳/危险传感器/警告

图5

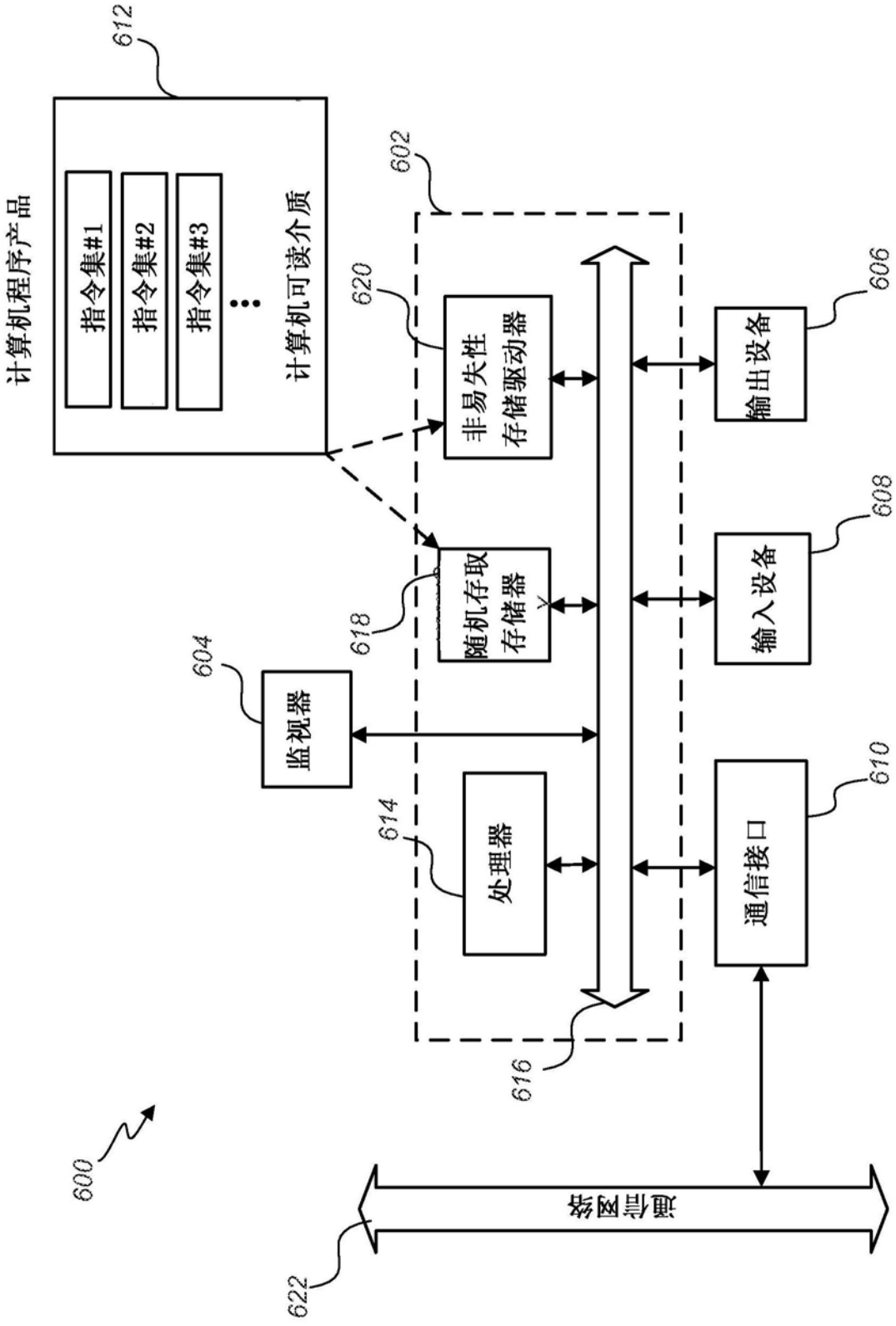

计算机程序产品
指令集#1
指令集#2
指令集#3
计算机可读介质
612
602
620
非易失性存储驱动器
606
输出设备
608
输入设备
618
随机存取存储器
604
监视器
614
处理器
610
通信接口
616
600
通信网络
622

图6

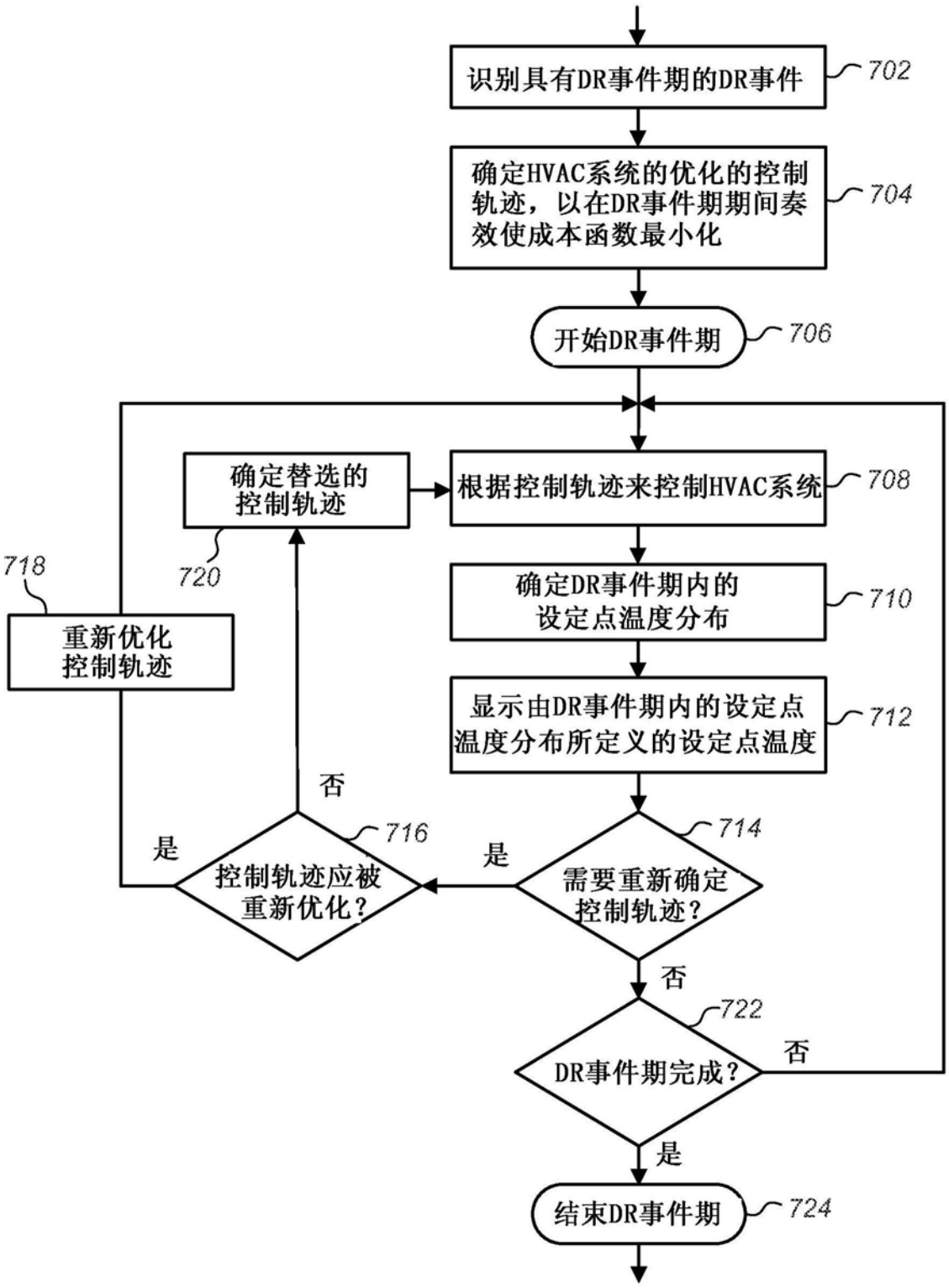

识别具有DR事件期的DR事件
702
确定HVAC系统的优化的控制轨迹，以在DR事件期期间奏效使成本函数最小化
704
开始DR事件期
706
确定替选的控制轨迹
720
根据控制轨迹来控制HVAC系统
708
确定DR事件期内的设定点温度分布
710
显示由DR事件期内的设定点温度分布所定义的设定点温度
712
718
重新优化控制轨迹
否
是
控制轨迹应被重新优化？
716
是
需要重新确定控制轨迹？
714
否
DR事件期完成？
722
否
是
结束DR事件期
724

图7

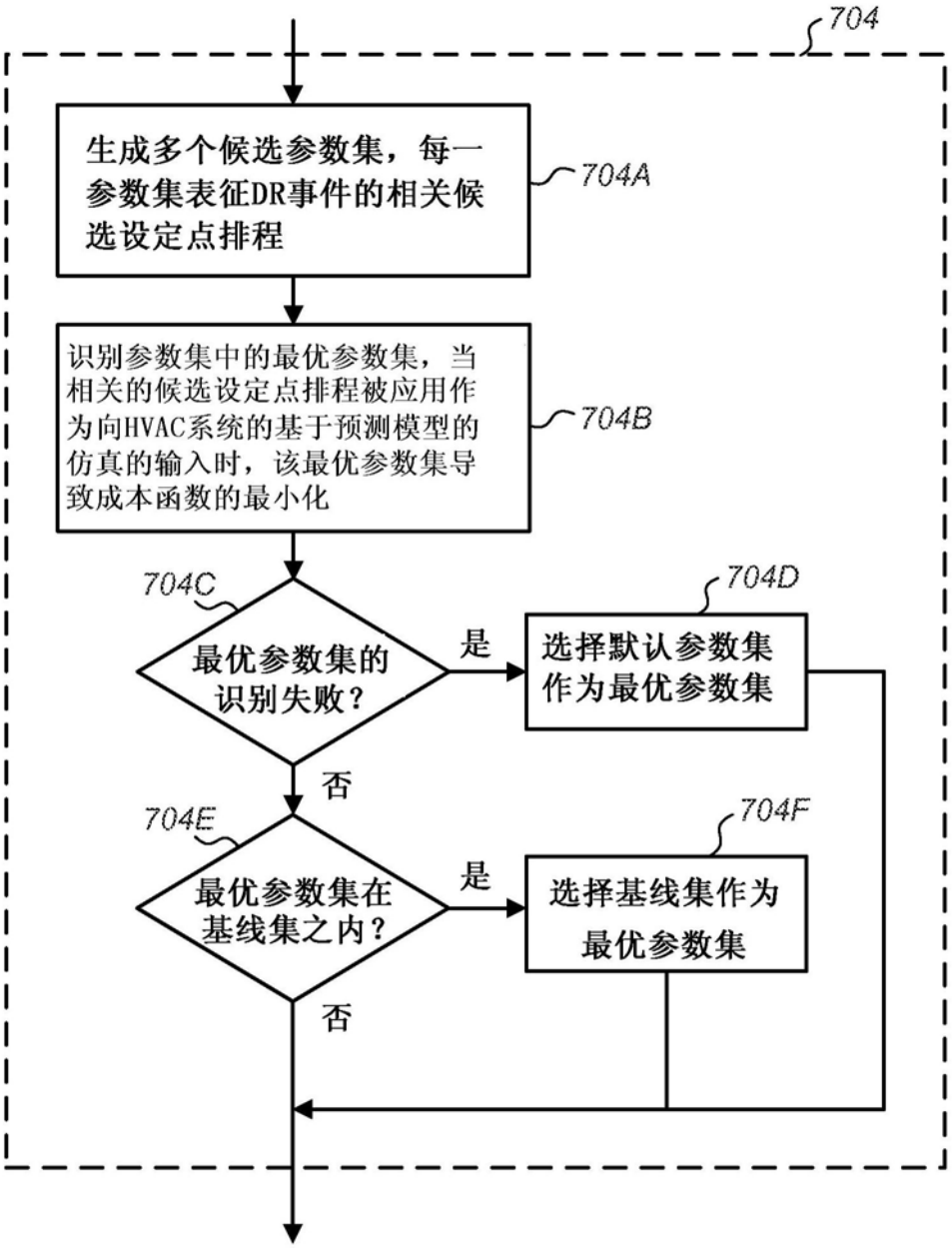

704
生成多个候选参数集，每一参数集表征DR事件的相关候选设定点排程
704A
识别参数集中的最优参数集，当相关的候选设定点排程被应用作为向HVAC系统的基于预测模型的仿真的输入时，该最优参数集导致成本函数的最小化
704B
704C
最优参数集的识别失败？
是
704D
选择默认参数集作为最优参数集
否
704E
最优参数集在基线集之内？
是
704F
选择基线集作为最优参数集
否

图8

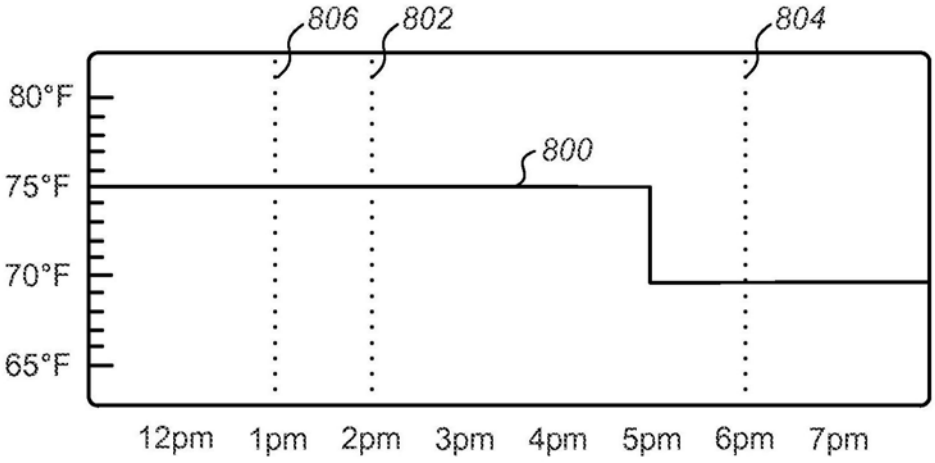

806
802
804
80°F
75°F
70°F
65°F
800
12pm
1pm
2pm
3pm
4pm
5pm
6pm
7pm

图9A

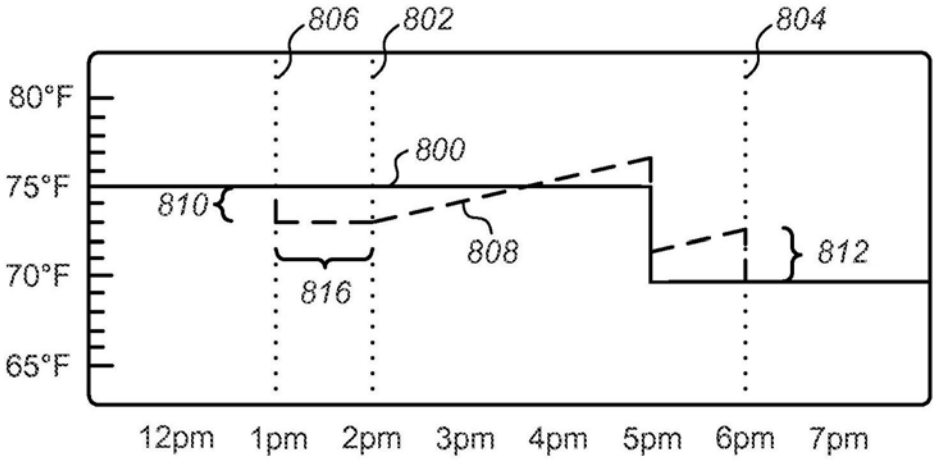

806
802
804
80°F
75°F
70°F
65°F
800
810
808
812
816
12pm
1pm
2pm
3pm
4pm
5pm
6pm
7pm

图9B

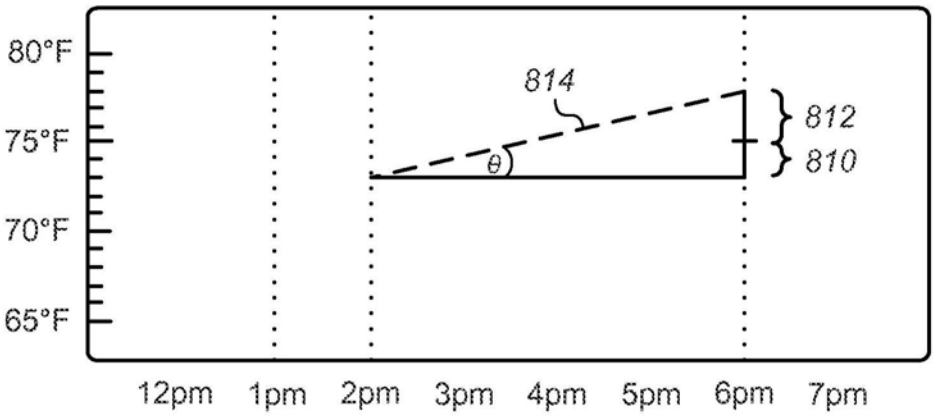

80°F
75°F
70°F
65°F
814
812
810
θ
12pm
1pm
2pm
3pm
4pm
5pm
6pm
7pm

图9C

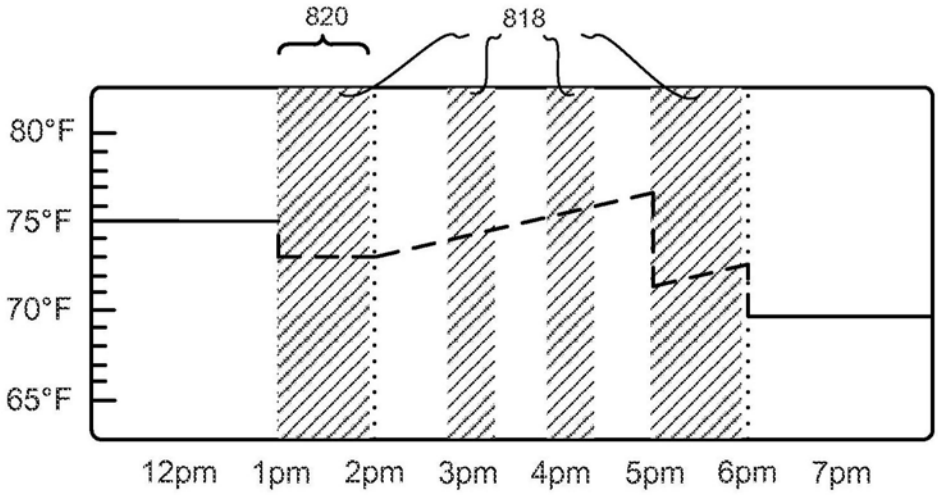

820
818
80°F
75°F
70°F
65°F
12pm
1pm
2pm
3pm
4pm
5pm
6pm
7pm

图9D

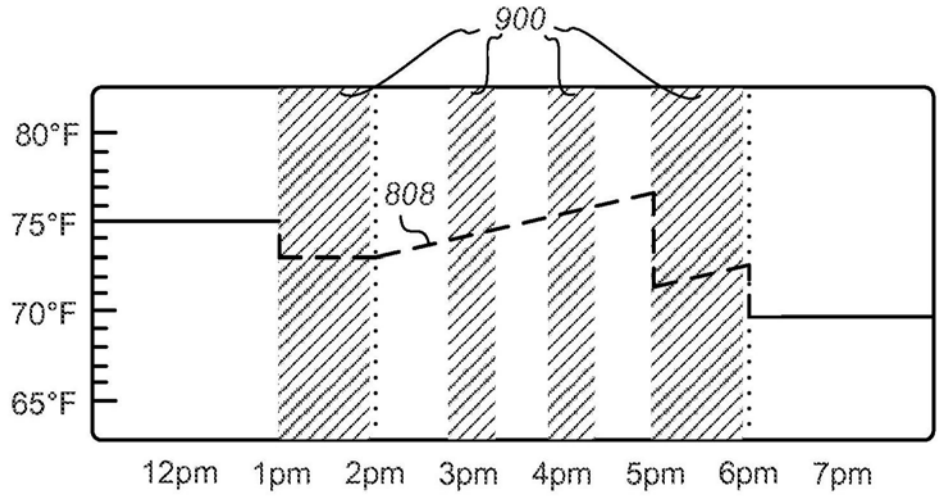

900
808
80°F
75°F
70°F
65°F
12pm
1pm
2pm
3pm
4pm
5pm
6pm
7pm

图10A

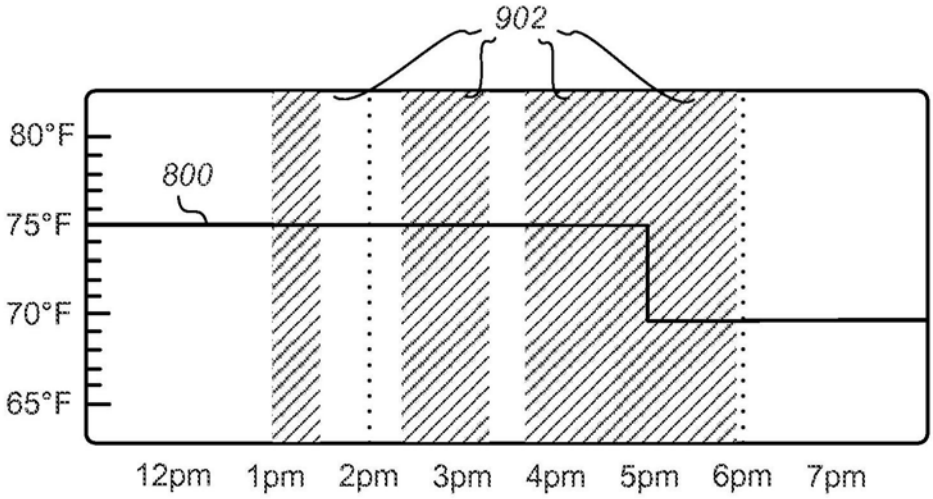


图10B

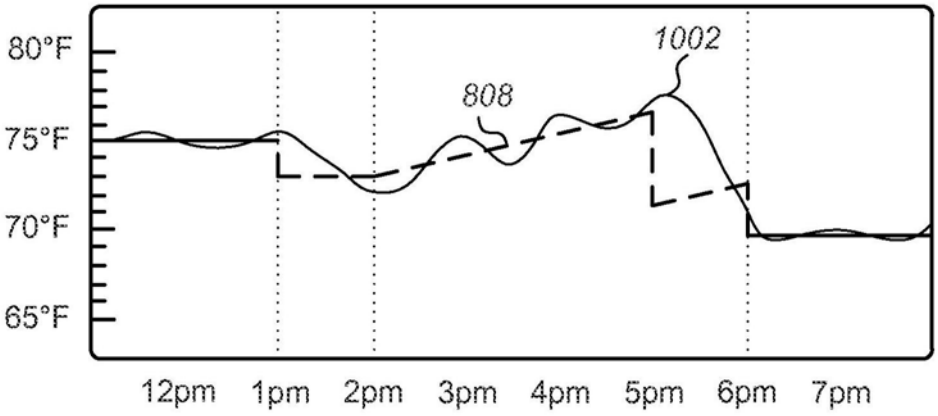


图11A

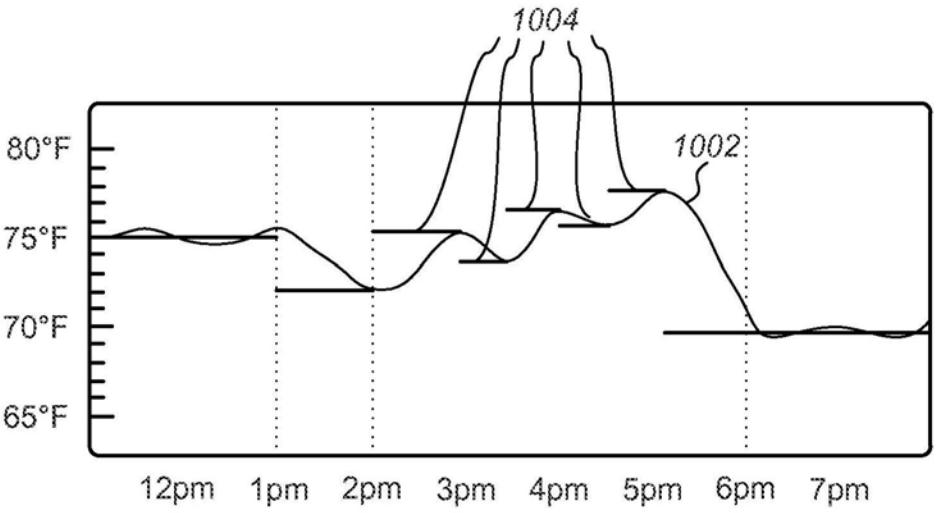


图11B

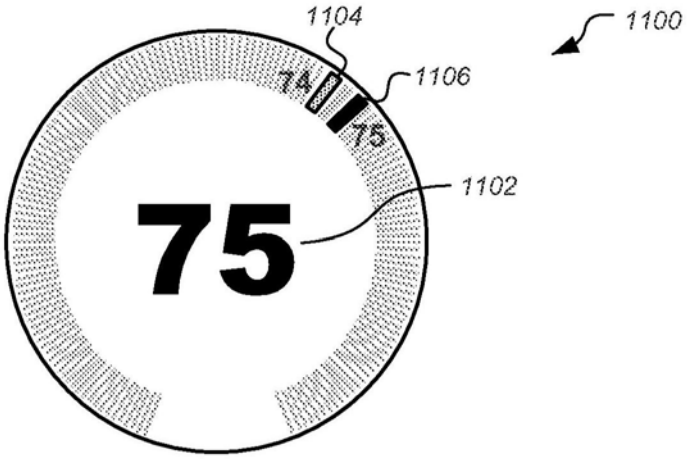

1104
1100
1106
74
75
1102
75

图12A

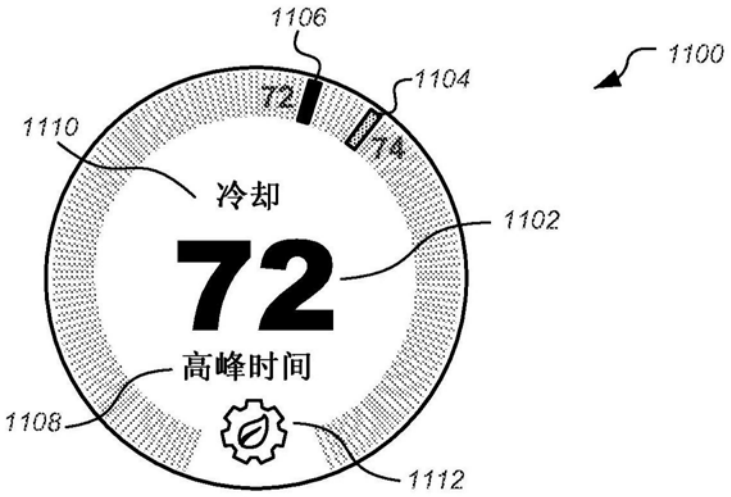

1106
1100
1104
72
74
1110
冷却
1102
72
高峰时间
1108
1112

图12B