



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106537443 B

(45) 授权公告日 2020.10.16

(21) 申请号 201580038774.6

(72) 发明人 布赖恩·E·布鲁克斯 陆扬

(22) 申请日 2015.07.14

安德鲁·T·蒂奥

(65) 同一申请的已公布的文献号

吉勒·J·伯努瓦

申请公布号 CN 106537443 A

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

(43) 申请公布日 2017.03.22

代理人 顾丽波 李荣胜

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

62/025,617 2014.07.17 US

G06F 17/18 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G06Q 50/06 (2012.01)

2017.01.17

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 102016511 A, 2011.04.13

PCT/US2015/040359 2015.07.14

CN 102016511 A, 2011.04.13

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2008106425 A1, 2008.05.08

W02016/011014 EN 2016.01.21

CN 101258513 A, 2008.09.03

(73) 专利权人 3M创新有限公司

CN 101213421 A, 2008.07.02

地址 美国明尼苏达州

审查员 李慧

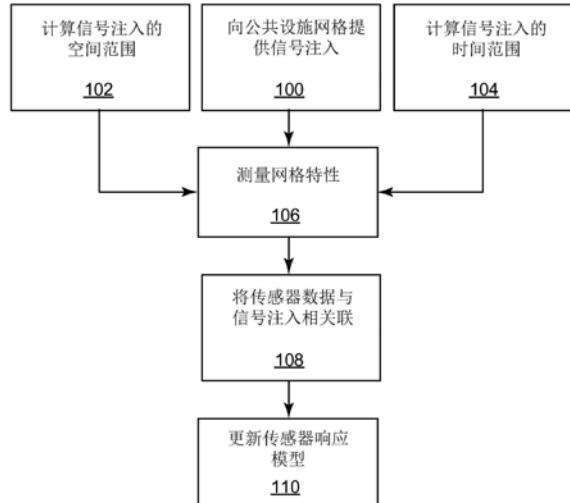
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

用于对表示网格异常状态严重性的原位传感器响应数据模式分类的系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及用于表征传感器和开发用于公共设施网格上传感器响应的分类器的方法和系统。通过选择性地变化公共设施网格参数和观察公共设施网格对该变化的响应来进行实验。然后本发明的方法和系统基于其中网格参数中的变化可影响传感器响应的空间区域和时间周期的知识将公共设施网格传感器的特定响应与网格参数中的具体变化相关联。然后将该相关联的数据用于更新网格响应模型。



1. 一种用于确定信号注入对传感器响应的效应的方法,所述方法包括:

在公共设施网格上实施信号注入,其中所述信号注入为网格控制装置的状态上的改变;

接收传感器数据;

接收所述信号注入的空间范围,其中所述空间范围为传感器将显示对该信号注入的响应的区域,通过对于预定置信区间预测将对所述信号注入显示响应的最远的传感器并且在当前试验的空间不可靠周期期间在有可能在空间不可靠区域中产生响应的条件下防止进行任何其它试验,来计算所述空间范围;

接收所述信号注入的时间范围,其中所述时间范围为将观察到所述响应的周期;

使用处理器将所述空间范围内和所述时间范围内的所述传感器数据与所述信号注入相关联;以及

基于相关联的传感器数据和所述信号注入来更新传感器响应模型,其中该模型将该传感器数据映射到特定状态、状况或在所述传感器处出现的事件,以便在所述公共设施网格的操作期间解译来自所述传感器的输出。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中更新传感器响应模型包括:

使用传感器响应模型预测对所述信号注入的所述传感器响应;

将所述相关联的传感器数据与所述预测的传感器响应进行比较;以及

对其中所述预测的传感器响应偏离所述相关联的传感器数据的传感器响应模型证伪。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中更新传感器响应模型包括:

用所述相关联的传感器数据更新对信号注入的传感器响应的数据库;以及

基于对信号注入的传感器响应的所述更新的数据库来计算传感器响应与受所述信号注入影响的网格参数之间的关系。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中更新传感器响应模型包括基于数据的使用期和包含周期从所述模型中移除所述数据。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述传感器响应模型为警报阈值。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述传感器响应模型为分类器。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述传感器数据为电测量值。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述传感器数据为甲烷浓度测量值。

9. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:

在所述公共设施网格上实施第二信号注入;

接收所述第二信号注入的第二空间范围;

接收所述第二信号注入的第二时间范围;以及

将所述第二空间范围内和所述第二时间范围内的传感器数据与所述第二信号注入相关联。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述信号注入和所述第二信号注入同时实施。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述空间范围是基于对先前信号注入的网格响应的数据库来计算的。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述时间范围是基于对先前信号注入的网格响应的数据库来计算的。

13. 一种用于将传感器数据与到公共设施网格中的特定信号注入相关联的系统,所述系统包括:

多个公共设施网格控制装置;

多个传感器;

传感器数据存储器,所述传感器数据存储器被配置成接收和存储传感器数据;

空间范围存储器,所述空间范围存储器被配置成接收和存储信号注入的空间范围,其中所述空间范围为传感器将显示对该信号注入的响应的区域,通过对于预定置信区间预测将对所述信号注入显示响应的最远的传感器并且在当前试验的空间不可靠周期期间在有可能在空间不可靠区域中产生响应的条件下防止进行任何其它试验,来计算所述空间范围;

时间范围存储器,所述时间范围存储器被配置成接收和存储所述信号注入的时间范围,其中所述时间范围为将观察到所述响应的周期;

相关联处理器,所述相关联处理器被配置成基于所述信号注入的所述空间范围和所述时间范围将所述传感器数据与所述信号注入相关联,其中所述信号注入为所述网格控制装置的状态上的改变;

存储器,所述存储器被配置成存储传感器响应模型;以及

处理器,所述处理器被配置成使用相关联的传感器数据来更新所述传感器响应模型,其中该模型将该传感器数据映射到特定状态、状况或在所述传感器处出现的事件,以便在所述公共设施网格的操作期间解译来自所述传感器的输出。

14. 根据权利要求13所述的系统,所述系统还包括:

存储器,所述存储器被配置成存储对信号注入的先前网格响应的数据库;

空间范围处理器,所述空间范围处理器被配置成基于对信号注入的先前网格响应的所述数据库来计算信号注入的所述空间范围;以及

时间范围处理器,所述时间范围处理器被配置成基于对信号注入的先前网格响应的所述数据库来计算信号注入的所述时间范围。

15. 根据权利要求13所述的系统,其中所述处理器被配置成通过将传感器响应模型的输出和与信号注入相关联的传感器数据进行比较并且对所述传感器响应模型中的至少一些证伪,来更新传感器响应模型。

16. 根据权利要求13所述的系统,其中所述传感器沿着所述公共设施网格定位。

17. 根据权利要求13所述的系统,其中所述相关联处理器被配置成将所述传感器数据的时间和位置元数据与所述信号注入的所述空间范围和时间范围进行比较。

## 用于对表示网格异常状态严重性的原位传感器响应数据模式 分类的系统及方法

### 背景技术

[0001] 公共设施网格的性能——它们的可靠性、安全性和效率——可通过感测关键参数并且使用那些结果以通过识别故障、引导适当的响应和实现主动管理诸如将可再生源并入到电网中同时维持电力质量以引导网格的操作和维修来彻底改善。

[0002] 传感器网络常常用于监测公共设施网格。这些传感器网络可包括位于网格末端处的智能仪表、位于网格节点处的传感器以及在公共设施线路上或周围的传感器，这些传感器测量网格参数诸如水网中的流速、电网中的电力质量或公共设施网格中的压力。这些传感器为通常输出表示所测量的特性的模拟信号的换能器。这些输出需要被表征以映射到那些特性的具体值，并且/或者被分类以便它们可表示世界的特定状态诸如需要调查的潜在泄露，或当将可再生源并入到电网中时对相位差的识别。通常通过台架测试做出传感器的表征，同时传感器可具有在围绕它们的环境中的各种干扰；对公共设施网格监测网络上的传感器的原位表征将为优选的，但对于用于监测公共设施网格的大量传感器是困难的。

[0003] 分析传感器数据和引导响应上的趋势为“大数据”，其使用大量的网格历史数据来建立用于分类和引导响应的模型。然而，这些大数据模型局限于相关性，因为它们开采历史数据以建立模型，从而限制了其主动引导处理或做出微调的有效性。另外，这些大数据模型通常需要防止对在特定网格节点或位置处的网格状况的高度颗粒化理解或可在长时间操作之后仅仅实现此类颗粒度的大量数据；一些已经应用了机器学习技术并且改善了模型以提高速度和颗粒度，但即使这些途径仍旧依赖于来自被动采集的历史数据的相关性。

[0004] 信号注入已用于突出网格故障，诸如发现其中从AC电网中非法提取电力的节点；这些技术依赖于已经表征的高质量传感器诸如“智能仪表”并且为偶然的、全网格的单独动作，不被协调为同时或顺序进行。信号注入也已用于测试在高等级网格中诸如在HVDC分配等级下的大变化的全网格响应。那些信号注入为大的、单独的和人介入的，不易受自动操作、较小范围的本地测试或者同时或顺序实施测试的影响。偶然的全网格的且几乎必须人引导的信号注入不太适合于表征在各种背景中沿着网格放置的各种不同的传感器的扩展网络，因为它们仅仅可生成小的样本大小并且不可足够广泛地变化以被定制成传感器位置的单独状况和特质。

[0005] 公共设施网格管理将极大地受益于对传感器响应的实时因果理解以克服大数据智能网格途径的问题，并且允许实时颗粒化精调网格监测和管理以更充分利用智能网格的潜能，从而通过在这些高度变化的系统的更本地等级处启用此类优化来优化网格参数和响应。

### 发明内容

[0006] 本发明针对通过实施对网格参数的改变、计算网格参数的那些改变的空间范围和时间范围、观察网格传感器处的响应、基于响应的时间和位置将网格传感器处的响应与对网格参数所实施的改变相关联，并且基于所实施的改变及其相关联的响应更新网格响应模

型来表征传感器和开发用于公共设施网格上传感器响应的分类器。

[0007] 本发明的系统包括信号注入引向器、信号注入控制器、多个采集网格数据的传感器、相关联模块、分析模块和模型存储器。

## 附图说明

[0008] 图1为本发明的方法的步骤的流程图。

[0009] 图2为关于本发明的实施例的公共设施网格、其相关联的传感器网络以及信号注入的空间范围的标测图。

[0010] 图3为本发明的系统的系统图。

[0011] 图4为本发明的系统的各种组件间的信息流的数据流图。

[0012] 图5为用于将传感器响应与信号注入相关联的实施例方法的流程图。

[0013] 图6为用于更新传感器响应模型的实施例方法的流程图。

[0014] 图7为示出系统实施方案的架构以及它们与公共设施网格的交互作用的图表。

## 具体实施方式

[0015] 自动测试对特定输入的传感器响应以及所得的基于因果知识的传感器的表征需要将传感器数据与同时和顺序做出并且在空间上彼此靠近的特定信号注入相关联的自动装置，尤其是在其中期望增加潜在样本大小并且迅速学习传感器和网格对注入信号的响应的大网络上。对信号注入的这些响应可表示可用于管理公共设施网格、自动操作网格对特定状况的响应、改善效率、识别和补救网格故障或最佳安排所需维修和重调动作的网格事件。对于正确使用响应于信号注入而采集的传感器数据以改善用于将原始传感器输出转换成物理变量等级或传感器处潜在情况的分类并因此改善公共设施网格传感器的灵敏性和可辨性，以及基于传感器响应的高度时间和空间颗粒化模型和网格行为来提供传感器输出的原位分类或表征，该相关联是必需的。

[0016] 图1为示出本发明的方法的实施例的流程图。在步骤100向网格提供一个或多个信号注入。信号注入各自具有在步骤102所计算的空间范围和在步骤104所计算的时间范围。在步骤106做出网格特征的测量。可彼此独立地采取这些步骤中的一些或者连续地执行这些步骤中的一些，诸如步骤106的测量。在步骤108，使用在步骤102和步骤104中计算的空间范围和时间范围将来自步骤106的传感器数据与特定信号注入相关联。在步骤108与信号注入相关联的数据可用于表征传感器响应或者可用于表征用于实施到网格中的信号注入的控制装置的效应。在表征传感器响应的实施方案中，然后在步骤110，来自步骤108的相关联的数据用于更新传感器响应的一种或多种模型。更新的传感器响应模型可用于基于它们的原始读数来检测传感器处的事件并且对传感器处的事件分类，从而引起更准确地感测和校准传感器以对照本领域中其正常读数的基线来检测网格操作者感兴趣的事件。可反复地进行这些方法以改进和定期更新传感器响应模型，从而允许定期原位校准网格传感器并且说明基线状况或传感器响应特性的改变。

[0017] 信号注入100为作用在网格组件上以将特定状况引入到公共设施网格诸如配水网、电网或配气网中的改变。这可通过操纵现有的网格控制装置以及选择并且实施在该网格控制装置的容许状态范围内的一个特定状态，例如选择有载抽头变换器在变压器处的特

定位置或电容器组在配电网络中的开关状态来进行。该信号注入100可为简单的、操纵一个位置处的变量或者复杂的并且涉及多个变量并且/或者在多个位置处实施。在水网中简单的信号注入100的示例可为增加通过在一个位置处的阀的流量。在气网中步骤100的复杂的信号注入的示例可为增加一个点处的压力同时关闭紧随该点之后的阀以引导大部分压力沿着一个特定路径增加。在电网中步骤100的复杂的信号注入的示例可为以特定次序和具体定时使多种可再生源上线，诸如连接用于分布式光伏发电电源和数分钟之后调节附近变电站处的有载抽头变换器。

[0018] 步骤100的信号注入可通过自动装置或人介入的装置来实施。信号注入为网格参数的受控改变，例如，电网中的电信号注入，诸如通过致动网格控制装置引起的电流、电压或功率因数的增大或减小。信号注入可被协调成在它们空间范围和时间范围上隔开。在气网中，可通过例如改变通过管道的气体的路线以增大或减小某些点处的压力来注入。对这些信号的响应可为在由围绕网格管道的传感器网络检测的泄漏的数量和/或严重性上的增大或减小，或者在连接到被驱动为高压或低压的区域的下游压力上的改变。在人介入的情况下可通过在分配给执行这些调节的维修人员的计划表的引导下手动调节各种阀和开关来实现这些信号注入；这些计划表可采取各种形式，诸如维修队列、附加任务，并且可通过各种电子方法诸如电子邮件、文本消息、在计算机、平板计算机、智能电话或其它便携式计算设备上的日历提醒来分配。在这些人介入的情况下，可通过使用联网设备使维修人员登记以记录实际实施改变的时间来决算这些调节的时间，以供在处理由于这些信号注入而生成的后续数据中使用。在气网上信号注入的完全机器到机器实施的实施方案中，开关和阀由通过有线或无线通信网络耦合到系统的致动器来操作，并且对由系统发送的信号做出响应或根据由系统分配给那些致动器的控制器的指令或计划表来动作。因为在具体实施的时间上将有更小的变化，所以机器到机器具体实施允许更密集的协调测试，并且经改善的定时允许进行更成熟的试验。在这些具体实施中，可不断地使对传感器状况的监测与致动器状态关联以创建对空间上分配的影响和时间上分配的影响之间的关系的实时理解，从而使得检测到并且例如通过所检测到的改变的因子隔离来表征关系的改变以及本地传感器状态。

[0019] 在电网中，人介入的方法涉及手动切换功率通量、激活或停用连接到网格的电源、改变有载抽头变换器位置、接通和断开电容器组、激活或停用重工业设备（诸如电弧炉）或网格上其它主要手动控制的功率负载。在这些实施例中，通过分配给维修人员的计划表的引导下由维修人员做出改变；这些计划表可采取各种形式，诸如维修队列、附加任务，并且可通过各种电子方法诸如在计算机、平板计算机、智能电话或其它便携式计算设备上的电子邮件、文本消息、日历提醒来分配。在这些人介入的情况下，可通过使用联网设备使维修人员登记以记录实际实施改变的时间来决算这些调节的时间，以供在处理由于这些信号注入而生成的后续数据中使用。这些人介入的方法可改变可测量因素，诸如电力质量、线路温度、线路垂度、可用功率级和可由观察那些可测量网格因素的传感器网络捕获的其它因素。

[0020] 在电网中，机器到机器方法提供更大的控制措施，并且可通过各种自动装置注入信号。这包括可用于人介入的实施例诸如改变有载抽头变换器的位置或切换电容器组的切换和维修行为类型的自动操作，并且附加地信号注入的M2M方法可利用更大的精密度和控制的宽度以包括动作诸如设备诸如在末端位置处的家用电器的协调使用来创建客户位置

处的协调需求和加载,或者实施多种类型的影响网格的动作的组合的复杂协调以生成更复杂的状况,或者将改变引入到自动功率因数补偿单元中。这些组合学可能性非常难于通过大数据途径解决,因为即使大量数据也可仅仅具有反映特定组合的有限的样本大小,并且组合学可能性的绝对数量使得大数据对于这些问题几乎难以处理。这些可通过对相关联的网格组件和联网设备以及易受系统的远程控制的其它网格组件的自动控制来发起,相关联的网格组件和联网设备包括发电设备、开关、稳压器、智能仪表和从网格接收电力的智能家用电器。这些可利用毫秒级的控制能力以操纵电力质量变量诸如新源的整合或对新负载的立即响应或自动功率因数校正单元的具体操作,以及进一步增加测试涉及那些时间高度敏感变量的网格动作或状况的组合学的能力。

[0021] 注入信号可为简单的、在水网或气网中引导一个单独网格动作诸如打开阀,或者在电网实施例中使一种特定可再生源上线或改变来自一个分站的输出电压以改变网格状况,或者它们可为复杂的、由多个被协调成使得其单独空间范围和时间范围重叠的网格动作组成以在重叠范围内的区域处产生多因素处理。复杂网格动作的一个实施例可为在电网中同时变化有载抽头变换器位置和电容器组两者切换以提供对无功功率的更精细的控制。该多因素处理可包括多种不同网格参数的变化,例如探索那些参数的组合学效应,或者可用于产生特定网格参数的类似变化的多个实例,例如使用加性效应增加网格上一个或多个具体位置处网格参数的特定变化的量值,同时通过将网格的更敏感邻近部件暴露于全部信号注入的仅仅一个分量使它们保持在较窄的或不同的操作范围内来保护网格的更敏感邻近部件;例如,在更稳健节点周围的敏感节点处的功率级可各自被赋予增长,该增长具有包括更稳健节点而非其它敏感节点的预测空间范围,并且这些多个敏感节点可各自提供在其较窄的操作范围内的功率增加以在稳健节点处产生超过在每个敏感节点处的单独增加的功率的组合增加。

[0022] 对于复杂信号,时间范围和空间范围基于处理复杂信号对作为整体的复杂组的系统的效应来预测。对于那些复杂信号,虽然单独网格动作将具有重叠的空间范围和时间范围,但组成复杂信号的定义组的网格动作反而被作为一个信号注入来处理,其中定义组的网格动作的组合的全部空间范围和时间范围用于确定其中可不将其它信号注入到网格中的空间区域和时间周期,以维持复杂信号注入与其它网格信号注入的正交性。

[0023] 在由其它系统推导出或由网格人员选择出之后,复杂信号可被输入到已经被定义为待一起做出的网格动作的组和这些网格动作的时间与位置的系统中,或者可由从如由例如部分可观察马尔可夫决策过程(POMDP)模型所指的网格动作的组推导出,部分可观察马尔可夫决策过程(POMDP)模型探索组合学或在对横跨网格的从位置到位置变化的操作状况的限制内操作。

[0024] 探索网格响应的信号注入可由通过例如主成分分析或傅里叶分析搜索具有带有任何受控网格活动的空间-时间规律性的波形来组成,受控网格活动以立即的方式或规律延迟的方式一起发生。这些波形或分量波形(例如,频率、电压和/或电流)的统计学规律将网格动作与网格状况的改变联系在一起以提供用于基于对网格动作的主动控制来操纵网格状况的可用选项组,并且关于观察时间的数据和这些波形分量相对于网格动作的位置可用于确定对于特定信号注入的空间范围和时间范围。

[0025] 处理器用于在步骤102计算信号注入的空间范围和在步骤104计算信号注入的时

间范围。空间范围为传感器将基于该注入信号的位置和实质来显示对该信号的响应的区域。可通过对于高置信区间预测将对注入信号显示响应的最远的传感器并且在当前试验的空间不可靠周期期间在有可能在空间不可靠区域中产生响应的条件下防止进行任何其它试验,来计算空间范围。时间范围为传感器网络将观察与注入信号有关的事件的周期。这包括信号自身的持续时间和所预期的传感器对信号的响应的持续时间,例如基于将波形分量与实施信号注入的特定网格动作相关联的历史数据的预测。可通过使用在完成传感器响应的高置信区间的预期时间并且使用该预期时间作为有关数据的持续时间和从中排除其它具有公共空间范围的试验的周期来确定该时间范围。这些注入信号的空间范围和时间范围可基于网格的当前模型、组件和连接部和/或关于对扰动的网格响应的当前数据,网格的当前模型基于注入信号的实质和量值。例如,对于通过切换分配网络上的电容器组做出的信号注入,空间范围可为分配网络的下游部分,并且时间范围的实施例可为通过切换电容器组至稳定而引入的瞬态所花费的时间。用于计算这些范围的一种特定方法为贝叶斯因果网络,该贝叶斯因果网络通过数据挖掘发现相关性来开始然后直接测试那些所识别的相关性内的因果关系和方向性。在气网中,例如,压力增加的空间范围可基于网格组件的标测图诸如管道的分支和管道的体积以及气体在压力下的行为来确定,尤其是来自增加的压力下游的网格段和压力增加的量值;时间范围可为增加的压力所维持的持续时间加上在最靠外的点处压力增加到衰减的效应的时间滞差,在该最靠外的点处预期压力具有可观察的效应,再次依赖于公共设施和网格的已知特性,诸如管道的分支和体积以及气网的压力特性。空间范围和时间范围的历史数据可通过进行连贯的信号注入同时变化时间范围和空间范围并且找到在没有增长到大得变混杂的情况下捕获信号注入的最大程度来主动生成,数据通过该时间范围和空间范围与信号注入相关联;这可通过找到产生对信号注入的峰值测量响应的空间范围值和时间范围值来确定。

[0026] 在分配在公共设施网格106上的多个传感器处进行测量。传感器测量通常为连续的。例如,对于水网传感器可为流量计,其响应基于通过管道的水流的速度,对于气网传感器可为其响应基于甲烷浓度的甲烷检测器,并且对于电网传感器可为提供终端处的电压波形和电流波形的电缆传感器终端。传感器数据也包括采集数据时的时间的元数据或其它指示以及采集数据处的具体传感器或位置。

[0027] 然后在步骤108将在步骤106在网格上进行的测量与信号注入相关联。在步骤108进行的相关联基于在步骤102和步骤104计算的空间范围和时间范围,空间范围和时间范围描述了信号注入有可能具有被传感器捕获的效应的时间和空间。使用伴随着传感器数据的元数据通过传感器测量的时间和传感器或数据的位置对在步骤106采集的传感器数据进行解析以提供时间信息和位置信息。该解析将传感器数据分派给在特定时间和位置处可影响读数的具体信号注入;可收集一些位于到网格的信号注入的时间范围和空间范围之外的传感器数据;该数据不与特定信号注入相关联。这允许沿着网格同时做出多信号注入同时仍将特定传感器响应归于具体信号注入,从而改善了用于表征网格传感器的自动信号注入方法的效率。

[0028] 用于步骤108的信号注入和传感器数据的相关联的实施例方法详细说明于图5中。在步骤500选择信号注入,在步骤502接收该信号注入的范围数据,在步骤504通过时间解析传感器数据,然后在步骤506通过位置解析传感器数据,在步骤508将在解析步骤中识别的

传感器数据与信号注入相关联,以及在步骤510检查附加信号注入并且对于那些信号注入重复该过程。

[0029] 在步骤500选择信号注入。信号注入选自还未具有与其相关联的网格传感器数据的信号注入的组。然后,在步骤502接收该信号注入的范围数据。范围数据为所选择的信号注入的特定空间范围和时间范围,该范围数据是基于信号注入的实质来计算的并且存储在存储器中。该数据与信号注入的实际时间和位置组合定义了其中信号注入很可能对公共设施网格有被网格上或附近的传感器检测到的效应的空间区域和时间周期。

[0030] 在步骤504通过时间解析传感器数据。传感器数据具有与样本或开始进行连续测量的时间的范围相关联的时间戳。对于单独的时间戳样本,通过时间解析为基于信号注入的时间和信号注入的时间范围的开始进行采样的时间与传感器数据可与信号注入相关联的时间的范围的比较,从而创建了开始于信号注入时间并且具有时间范围的持续时间的跨度,在该跨度期间数据可与信号注入相关联。

[0031] 在步骤506通位置解析传感器数据。传感器数据也包括传感器的位置,或者直接为坐标或者间接地,诸如具有已知位置的采集数据的传感器的标识符。通过使用信号注入的空间范围和该信号注入的位置确定传感器数据与信号注入相关联的区域来通过位置解析数据。将坐标或传感器位置与该区域进行比较并且可将该区域内的传感器数据与信号注入相关联。在该实施例中,对于已经通过时间解析并且被确定为可能与信号注入相关联的数据进行通过位置的解析,意指在该步骤之后可仍与信号注入相关联的数据将在步骤508与信号注入相关联。虽然该实施例具有首先通过时间然后通过位置解析的数据,但解析步骤可以以相反的次序进行或者同时进行并且结果被组合;在这些实施例中,数据将与信号注入相关联,其中数据是在信号注入的空间范围内的传感器处和信号注入的时间范围内的时间采集的。

[0032] 然后在步骤508将解析的数据与信号注入相关联。将在解析步骤中识别的在信号注入的时间和位置的空间范围和时间范围内的数据与信号注入相关联。可通过将相关联添加到传感器数据作为元数据、标签、数据自身的一段或识别数据与特定信号注入相关联的其它方法来进行该相关联。任选地,在该相关联阶段,在混杂的数据已经与另一个信号注入相关联但基于通过时间和位置解析被识别为与当前信号注入相关联的情况下,该混杂的数据可被识别。在这些情况下,由于不确定影响该数据点的一个信号注入或多个信号注入,所述数据点可被标记、废弃,或者其相关联可被清除以便其不与任何数据点相关联。

[0033] 在步骤510检查还未具有与其相关联的数据的附加的信号注入,并且对于还未具有与其相关联的数据的任何信号注入,可例如通过使每个信号注入包括指示其是否已经与数据相关联的元数据的类别并且在相关联步骤期间将元数据从0改变为1来重复这些步骤。在该实施例中,检查信号注入的元数据,从而确定任何信号注入是否仍具有表示它们与传感器数据的相关联的0。当所有当前信号注入都与传感器数据相关联时,相关联过程结束。

[0034] 返回到图1,在步骤110基于来自步骤108的相关联的传感器数据和关于信号注入与传感器的数据以及传感器响应的现有模型来进行更新传感器响应模型。传感器响应模型可为将传感器输出映射到变量等级或传感器处特定网格状况的存在或可能性的各种模型中的一种;其也可为将传感器输出与传感器周围的变量或状态的特定值联系在一起的多种备选模型。特定更新过程取决于被选择用于将意图分派给传感器输出的特定模型或多种特

定模型。

[0035] 更新模型可用于改善对传感器响应的表征。在这些实施方案中，在部分可观察马尔可夫决策过程(Partially Observable Markov Decision Process)或类似的技术中，传感器响应数据可用于对信任状态证伪，其中信任状态为许多表征传感器数据的备选模型；对信任状态证伪剔除了不良模型，从而集中在使用最佳模型作为将传感器响应映射到所测量变量的等级或在传感器处或附近感兴趣的状况的存在，并且通过使用基于来自到达该传感器的信号注入的数据更新的模型来改善传感器的灵敏性和准确性的方法。

[0036] 传感器响应模型的更新可为分类器或用于识别何时传感器输出指示特定状况的概率估计的改进。分类器确定世界或事件的状态是否由特定传感器输出来指示，因为它们将该传感器输出数据映射到类别。概率估计类似地将传感器输出映射到世界或事件的状态，但这样做作为对于给定传感器输出为可能的状态或事件的概率范围。对于气网状况，分类器的实施例可为例如，来自传感器网络上3个相邻传感器的指示升高至基线含量两倍的甲烷含量的信号为高优先权潜在泄露事件。对于电网状况，分类器的实施例为发现特定电源或负载与例如通过傅里叶转换分析或小波转换分析找到的对电力质量的具体可观察影响之间的相关联。在网格实施例中，更新分类器的一个具体实施例可为通过对与使太阳能上线相关联的波形数据的傅里叶分析来在将太阳能整合到网格中的冲击内识别使电力质量降级的信号，并且将该分量识别为该可再生源整合的结果。

[0037] 传感器响应模型可基于来自特定时间窗的数据，当更新模型时可调节该特定时间窗并且该特定时间窗可为预定义周期或动态确定的周期。对于预定义周期的实施例，传感器响应模型可基于仅仅来自过去30天的数据，在这种情况下，更新过程包括除了整合新采集的数据之外移除比来自过去的30天的数据更旧的数据。也可动态地调整在传感器响应模型中开始使用该数据的周期。例如，触发器可被设定成使得在添加当前传感器数据引起信号注入与传感器输出之间的已确立的关系的平均值或置信区间偏移的情况下，该偏移大于指示系统响应行为上的改变的某一阈值，历史数据可被废弃并且重新开始用于确定信号注入与传感器输出之间的关系的数据采集，以准确地发现和反映系统响应行为上的这一改变。

[0038] 用于使用与特定信号注入相关联的传感器数据来更新传感器响应模型的一个特定实施例方法详细说明于图6中。在该实施例中，相关联的传感器数据用于更新关于信号注入的效应的知识的数据库600。该过程包括接收与信号注入相关联的数据602、更新信号注入响应数据604和更新信号注入响应数据的平均数和置信区间606。在600中更新的知识数据库用于验证传感器响应模型608。该过程包括选择传感器响应模型610、使用传感器响应模型计算对信号注入的预测响应612、将信号注入效应的对平均数的预测与置信区间进行比较614以及如果预测响应位于置信区间之外则废弃无效模型616。对于附加的传感器响应模型重复该过程直到将所有传感器模型都已经对比更新的信号注入效应的知识来测试为止618，并且当已经测试过模型时，过程结束620。

[0039] 在步骤602接收与信号注入相关联的数据。数据为传感器数据，该传感器数据已经与注入到公共设施网格中的信号注入相关联，并且基于数据采集的时间和位置以及信号注入的时间、位置与空间范围和时间范围相关联。

[0040] 在步骤604，在步骤602接收的数据用于更新信号注入响应数据。信号注入响应数

据可被存储为关于信号注入对传感器响应的效应的推断统计学表格。该表格描述特定信号注入与其对传感器响应的效应之间的关系。选择与表格中所述的信号注入相关联的传感器数据并且将其添加到数据库。在步骤606，然后该更新的数据库用于对信号注入与传感器响应之间的关系计算更新的平均数和更新的置信区间。

[0041] 信号注入与传感器响应之间的关系的现更新的知识用于测试和验证传感器响应模型608。首先，从传感器响应模型的组中选择传感器响应模型610。该选择可为随机的或通过组列表进行或基于例如在传感器响应模型为信任状态的情况下通过贝叶斯因果网络对其有效性的估计来选择。所选择的传感器响应模型用于计算对信号注入的预期响应612。该计算使用信号注入的时间、位置和实质以及传感器响应模型以创建对该特定信号注入的传感器响应的估计。在步骤614将该预期响应与当前平均数和置信区间进行比较。在该步骤，将根据传感器响应模型的预期响应和与信号注入相关联的传感器响应数据进行比较。如果预期响应在当前信号注入响应数据的置信区间内，则模型保持有效。如果预期响应落入传感器对信号注入的响应的置信区间之外，则模型被确定为无效并且废弃模型616。无效模型用于评估进来的传感器数据。

[0042] 在步骤618，通过检查传感器响应模型来重复该过程，该传感器响应模型还未针对对信号注入的传感器响应的当前数据库进行测试。这可例如通过对于最后一次更新数据库和最后一次更新模型两者具有时间戳并且对比数据库更新时间戳检查模型更新时间戳来确定。当所有模型都为当前的时，过程结束620。

[0043] 然后一个或多个更新的传感器模型可用于解译传感器结果，从而通过对一个或多个传感器响应模型的不正确方面证伪来改善传感器检测和报告世界或事件的各种状态的能力。该更新的传感器模型可用于触发响应，诸如对气网上特定泄漏严重性的警报或者电网上需要补救动作的电力质量上的偏差或电压降。随着传感器已经被放置在现场中生成了更新的传感器模型，从而允许自动校准传感器并且调节其本地环境和基线状况、改善传感器读数的准确性和可靠性并且改进其将特定网格状况通知网格操作者的能力。

[0044] 图2示出了公共设施网格、其相关联的传感器以及在接近于同时做出的若干信号注入的范围的一个特定实施例，以示出来自不同传感器的数据与网格上不同信号注入的相关联，在网格中存在无需由于来自在时间和空间上重叠的信号注入的混杂而放弃特定校准的准确性来使此类原位自动校准的效率最大化的多个同时发生的信号注入。公共设施网格200为连接具有各种公共设施消费者的公共设施源(例如，电、气或水)的线路组。传感器网络包括坐落于位置202、位置204、位置206、位置208和位置210处的传感器。在位置212、位置214和位置216处做出信号注入。在212处的信号注入具有由范围区域218表示的空间范围。在214处的信号注入具有由范围区域220表示的空间范围。在216处的信号注入具有由范围区域222表示的空间范围。空间范围区域218、空间范围区域220和空间范围区域222不重叠，保证了尽管在相同时间期间部署但信号注入彼此不混杂。空间范围区域218、空间范围区域220和空间范围区域222在大小上全部不同；这可由信号注入的实质(例如在电网中使源在线对比载波线路的切换选择)或者信号注入的量值的差异(例如到气网的信号注入的以psi为单位的压力增加)，或者基于信号注入的特定位置周围的网格上的差异的效应的预测范围的差异(例如在水网中从其中增加流量的特定节点处分支的水线路的体积)或而引起。在位于空间范围区域218中的传感器位置202处的传感器具有其与信号注入212相关联的在信

号注入212的时间范围期间采集的传感器数据。在位于空间范围区域220中的传感器位置204和传感器位置206处的传感器具有与该信号注入214相关联的在信号注入214的时间范围期间在那些传感器处采集的传感器数据。在位于空间范围区域222中位于传感器位置208处的传感器具有其与信号注入216相关联的在信号注入216的时间范围期间采集的传感器数据。位于在该周期期间处于所有空间范围区域之外的传感器位置210处的传感器不具有与信号注入212、信号注入214和信号注入216中任一个相关联的数据。然后这些数据的相关联可用于根据方法的步骤110更新传感器响应模型和网格状况,从而使得传感器在其在网格上的位置中被自动校准并且改进那些传感器检测和报告事件或世界状态的能力。

[0045] 图3为作为协调的公共设施网格系统的本发明的实施方案的图示。存储器可为已知的计算机存储装置诸如快闪式存储器、使用磁介质的硬盘驱动器或用于可存储数据并且被频繁和定期存取的数据存储的其它方法。处理器可被配置成通过软件指令进行计算。组件之间的连接部可为硬连接的、使用用于多个步骤的公共处理器或通过有线装置或无线装置诸如各种802.11协议、ZigBee或蓝牙标准、以太网或其它已知的用于在分开的传感器、处理器、存储器和模块之间传输数据的装置联网的。传感器、存储器、处理器和模块可被分布在包括传感器自身处的位置上或共同位于中间或中央位置处。

[0046] 信号注入存储器300为被配置成存储信号注入特性的存储器,该信号注入特性包括在网格上做出的信号注入的时间、位置和实质。信号注入的实质为对网格状况做出的影响信号注入的改变,例如,诸如在水网或气网中被致动的特定阀。在动作可具有可变量值的情况下,诸如通过涡轮供应到电网的电力的量,该量值也包括在存储于存储器中的数据中。时间和位置为在注入的实质中识别的特定动作的时间和位置。

[0047] 网格特性存储器302存储关于网格组件和它们的布局与连接部以及传感器沿着公共设施网格的位置的数据。该数据可以以许多形式来存储,诸如包括网格组件行为的图解、随机或马儿可夫链模型的网格模型或组件的数据库、它们的位置、连接部和/或它们的基本响应特性。

[0048] 范围处理器304为被配置成使用信号注入和网格特性数据来计算空间范围和时间范围,并且任选地也可使用关于过去的信号注入的历史数据,通过预测其中信号注入有可能影响传感器读数的空间和时间,通过处理关于信号注入诸如其实质、量值和位置的变量以及网格特性和过去的响应来计算这些范围。范围处理器304优选地应用贝叶斯因果网络来计算来自信号注入的范围以及被接收为输入的公共设施网格特性。

[0049] 传感器网络306为多个传感器,网络传感器314、网络传感器316和网络传感器318,这些传感器坐落于沿着公共设施网格的各种位置处。这些传感器可在它们监测的公共设施网格上、中或附近,并且可监测网格的特性、网格自身或公共设施网格对周围状况的效应。例如,在气网上,传感器网络可包括在气线路内部的压力传感器和坐落在气线路附近的甲烷传感器。在水网上,传感器可为例如在线路上的管道内部的流量传感器。在电网上,传感器可为例如传感器化电缆终端、智能仪表、位于分站处的电压计、线路垂度仪和/或线路温度传感器。传感器基于它们的对所感测的变量的转换来输出电波形。这些传感器可彼此联网,并且与系统的其它组件联网;这可通过各种已知的用于在设备之中信号通信的有线和/或无线装置。

[0050] 相关联处理器308通过传感器输出的时间和位置以及信号注入的时间范围和空间

范围来解析传感器数据。处理器接收关于到网格中的信号注入的时间和位置以及信号注入的时间范围和空间范围。该数据创建了时间和空间的周期，该周期用于通过传感器读数的时间和位置来解析传感器输出数据，以确保在特定时间和位置处的传感器网络306的输出与合适的信号注入相关联，以确保可使用关于对已知信号注入的响应的非混杂数据准确地和有效地更新传感器响应模型。

[0051] 模型存储器310为存储当前由网格使用以评估传感器输出的表征和/或分类模型。这些模型可为可用于处理传感器输出的分类器、概率估计或函数。对于来自网络上传感器的数据的每个表征或分类可存储多个此类模型，因为系统测试各种模型并且对各种模型证伪以集中于用于通过信号注入的系统具体实施来理解传感器输出的一个或多个最佳模型来测试这些模型。这些模型也可被存取并且用于解译传感器数据以检测公共设施网格上的事件或表征状况，例如通过将传感器输出分类为指示或不指示特定事件或者使用模型将传感器输出转换成感测度量的测量。

[0052] 模型更新处理器312为被配置成接收表征和或分类模型的当前组并且基于所接收的传感器输出和与那些输出相关联的状况来计算和实施对那些模型的更新。模型更新处理器312的功能的一个实施例为接收与信号注入相关联的传感器输出、接收信号注入的实质和量值以及传感器响应的当前模型、使用传感器响应模型来预测对信号注入的传感器响应并且将预测的响应与来自信号注入的实际传感器数据进行比较，以及使用部分可观察马尔可夫决策过程例如通过排除其预测偏离实际测量值多于误差阈值量的模型来调节信任状态。更新的模型可被发送回模型存储器310，在模型存储器310中它们可用于解译传感器输出以沿着公共设施网格检测事件或表征状况。

[0053] 图4为示出了在作为协调的公共设施网格系统的本发明实施方案的组件间交换信息的数据流程图。信号注入特性400为量值、实质以及将信号注入引入到公共设施网格中的时间和位置。该数据被存储在信号注入存储器402中。数据从信号注入存储器402被转移到范围处理器404以用于计算范围数据412，并且从信号注入存储器402被转移到模型更新处理器406，在模型更新存储器406中数据用于生成当前模型中的预测，该预测随后用于对那些模型中的一些证伪。信号注入特性400可任选地被提供给关联处理器408，关联处理器408可使用该数据来解析传感器数据418并且将其与特定信号注入相关联。

[0054] 网格信息410为网格及其组件的布局，并且可任选地包括关于网格状态的历史数据和对之前信号注入的响应。网格信息410被存储在网格存储器412中。网格信息410从网格存储器412被转移到范围处理器404，在范围处理器404中网格信息用于预测信号注入的空间范围和时间范围414。网格信息410也可被提供给相关联处理器408以将传感器与其位置匹配从而能够解析传感器数据418。网格信息410也可任选地被提供给模型更新处理器以用于预测对信号注入的响应以对比所采集的传感器数据418使模型生效。

[0055] 范围数据414为被预测受特定信号注入影响的空间和时间的区。范围数据414通过范围处理器404使用信号注入特性400和网格信息410来计算以预测受信号注入影响的时间和空间的区；范围数据可只是为时间和空间的区的大小，或者也可结合信号注入的时间和位置以包含受信号注入影响的空间的具体区域和时间的持续时间。范围数据414通过相关联处理器408被传输用于确立可与信号注入相关联的采集传感器数据418的时间周期和位置，相关联处理器基于将采集传感器数据的时间和地点与信号注入及其范围数据414进行

比较来解析传感器数据418以生成相关联的传感器数据422。

[0056] 传感器数据418为来自传感器420自身的原始输出,通常为来自换能器的电波形输出;该数据通常由传感器420连续生成。另选地,传感器数据418可在离散采样周期取得,或者可本地存储在传感器处或传感器集群附近的存储器处并且在特定时间从传感器中提取出。传感器数据418被相关联处理器408使用以产生相关联的传感器数据422。

[0057] 相关联传感器数据422从相关联处理器408输出,该相关联处理器408通过依据范围因素412解析传感器数据418以将传感器数据418与特定的信号注入相关联来生成相关联的传感器数据422。由相关联处理器408输出的相关联的传感器数据422被转移到模型更新处理器424,在模型更新处理器424中相关联的传感器数据422用于更新关于可表征传感器数据或对传感器数据分类的传感器响应模型426的信任状态。

[0058] 传感器响应模型426为将传感器数据418映射到特定状态或在传感器420处出现的事件的各种模型418。这些模型可采取将传感器输出转换成所测量变量的等级的模型的形式,或者可为分类器或将传感器输出或输出的组合映射到在网格上发生的特定事件的概率估计,该特定事件指示此类事件的存在或可能性。这些模型被存储在传感器响应模型存储器428中或存储在本发明的系统中,传感器响应模型426从模型存储器428被转移到模型更新处理器406,在模型更新处理器406中基于可归因于特定信号注入的相关联的传感器数据422来更新响应模型或对响应模型证伪;更新的传感器响应模型430从模型更新处理器406被转移回到传感器响应模型存储器428。更新传感器响应模型允许对传感器原位校准并且改善了对传感器输出的理解,从而改善了由传感器网络的传感器通过反复对不正确的对公共设施操作者感兴趣的世界事件的传感器响应的不正确模型证伪来提供的事件检测和世界状态监测,诸如对各种状况诸如泄漏和降低电压的警报,或者从数据中移除噪声,诸如用于过程优化工作诸如调节流速或控制无功功率级以支持传输同时最小化浪费的数据。

[0059] 涉及本发明示例性实施方案的总体架构的简单实施例呈现于图7中。控制决策层700做出关于一些或所有网格控制装置的状态的决策。网格控制决策是根据确保对控制装置的操纵创建彼此不影响的样本,并且任选地选择控制决策以提供高学习值或改善特定网格参数诸如确保电网中的一定的电压电平或气网或水网中的流速的方法来做出的。来自控制决策层700的控制决策由控制装置702、控制装置704和控制装置706执行。具体控制装置的示例包括电容器组开关、有载抽头变换器、电网上的开关和存储设备或水网和气网上的阀和源。控制装置可例如通过致动开关、移动有载抽头变换器位置和收窄或放宽阀来执行控制决策。控制装置的动作改变了网格参数,并且那些改变通过网格708传播。例如,打开气网上的阀可引起在距阀一定距离内压力随着时间在下游增加,或者在电网中,电力质量和无功功率级可基于电容器组的接通或断开改变。沿着网格放置的传感器714、传感器716和传感器718测量网格参数并且检测信号注入通过网格708的传播。信号注入被限制在它们通过网格708传播的程度中,网格708被定义为该信号注入的空间范围,诸如描画受由控制装置702注入的信号的影响的区的轮廓,并且包括传感器714到网格708的连接的空间范围710,以及描画受由控制装置706注入的信号的影响的区的轮廓,并且包括传感器718到网格708的连接的空间范围712。数据处理层720将来自传感器714、传感器716和传感器718的数据与信号注入相关联,该信号注入的空间范围和时间范围包括例如基于空间范围710将来自传感器714的数据与来自控制装置702实施的信号注入的数据相关联,以及基于空间范

围712将来自传感器718的数据与由控制装置706实施的信号注入相关联的传感器数据。然后由数据分析层722分析来自数据处理层720的相关联的传感器数据以确定关于网格行为和传感器响应的理解。例如,对由数据分析层722生成的网格行为的该理解可采取例如传感器响应模型的形式,该传感器响应模型用于在普通操作期间解译来自网格传感器714、网格传感器716和网格传感器718的输出,例如以对电线中电压下降时降低电压状况设定阈值或警报,或者设定对超过正常操作阈值的甲烷含量的警报。数据分析层722可与控制决策层700进行交互以反复协调和实施到网格中的信号注入,并且提供例如通过预测信号注入对网格的效应或计算特定信号注入可改进学习的程度来改善对要实施的信号注入的选择的信息。

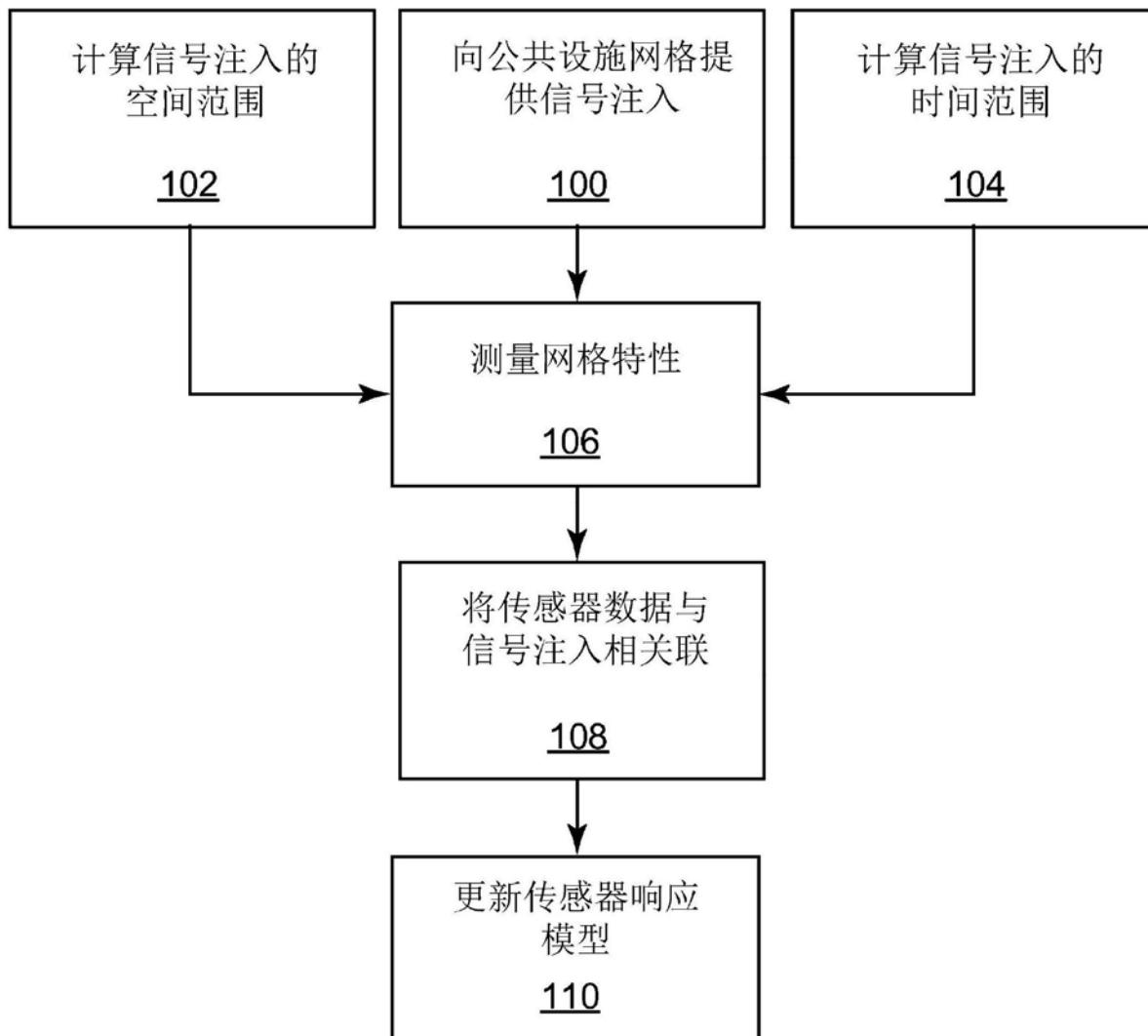


图1

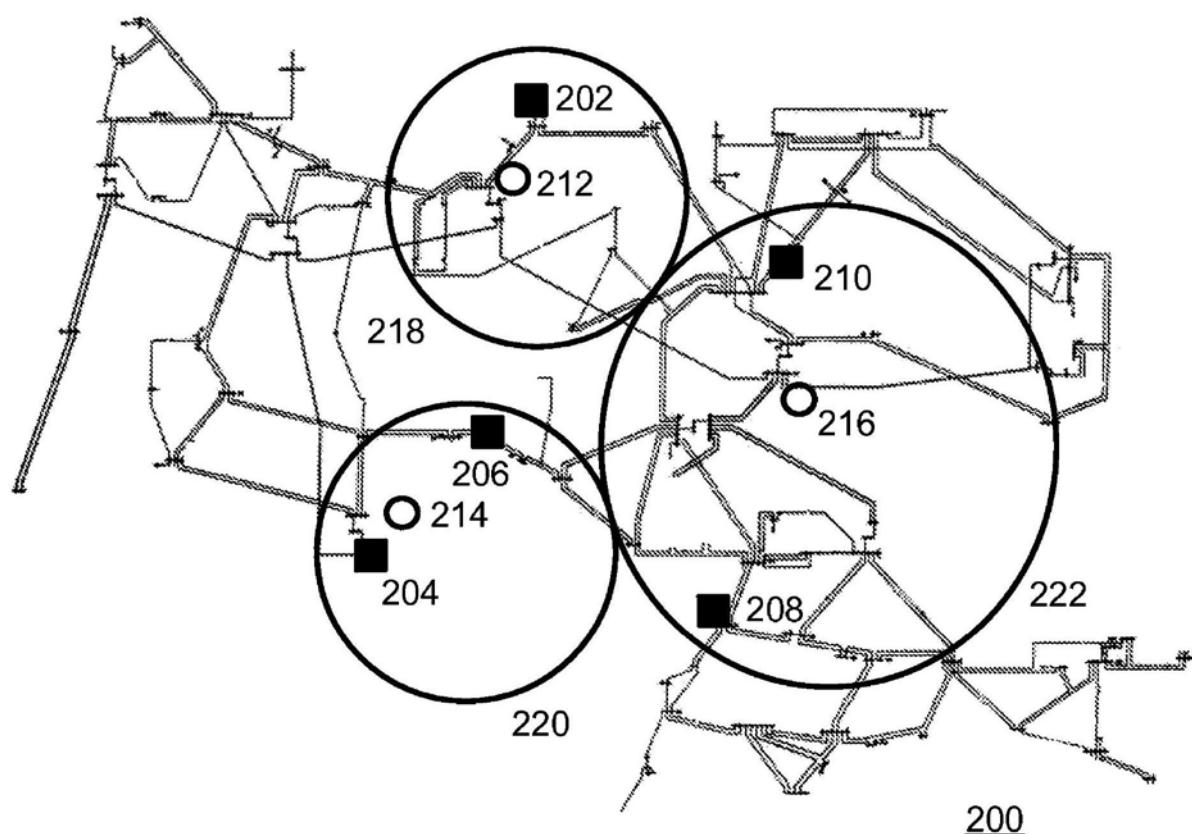


图2

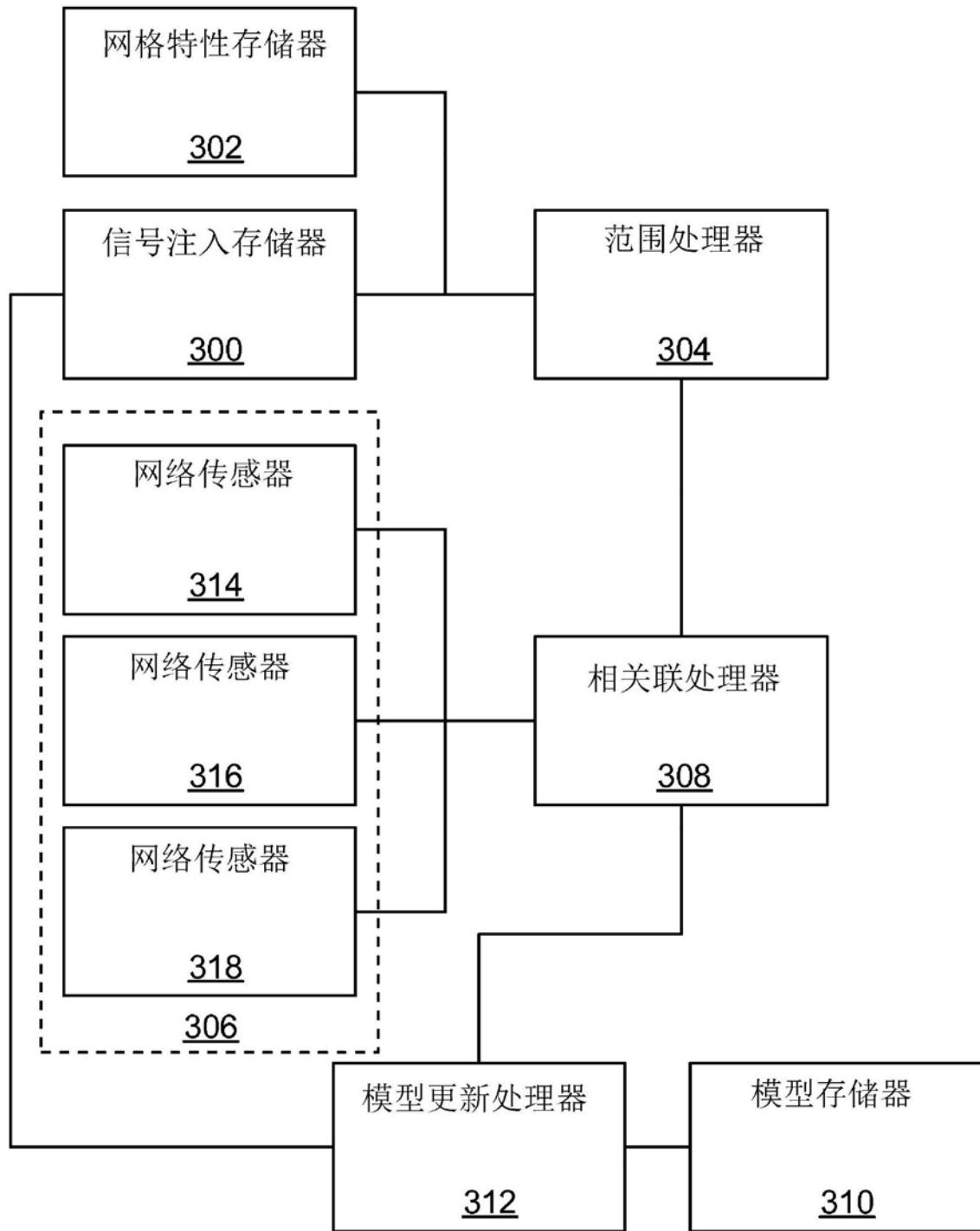


图3

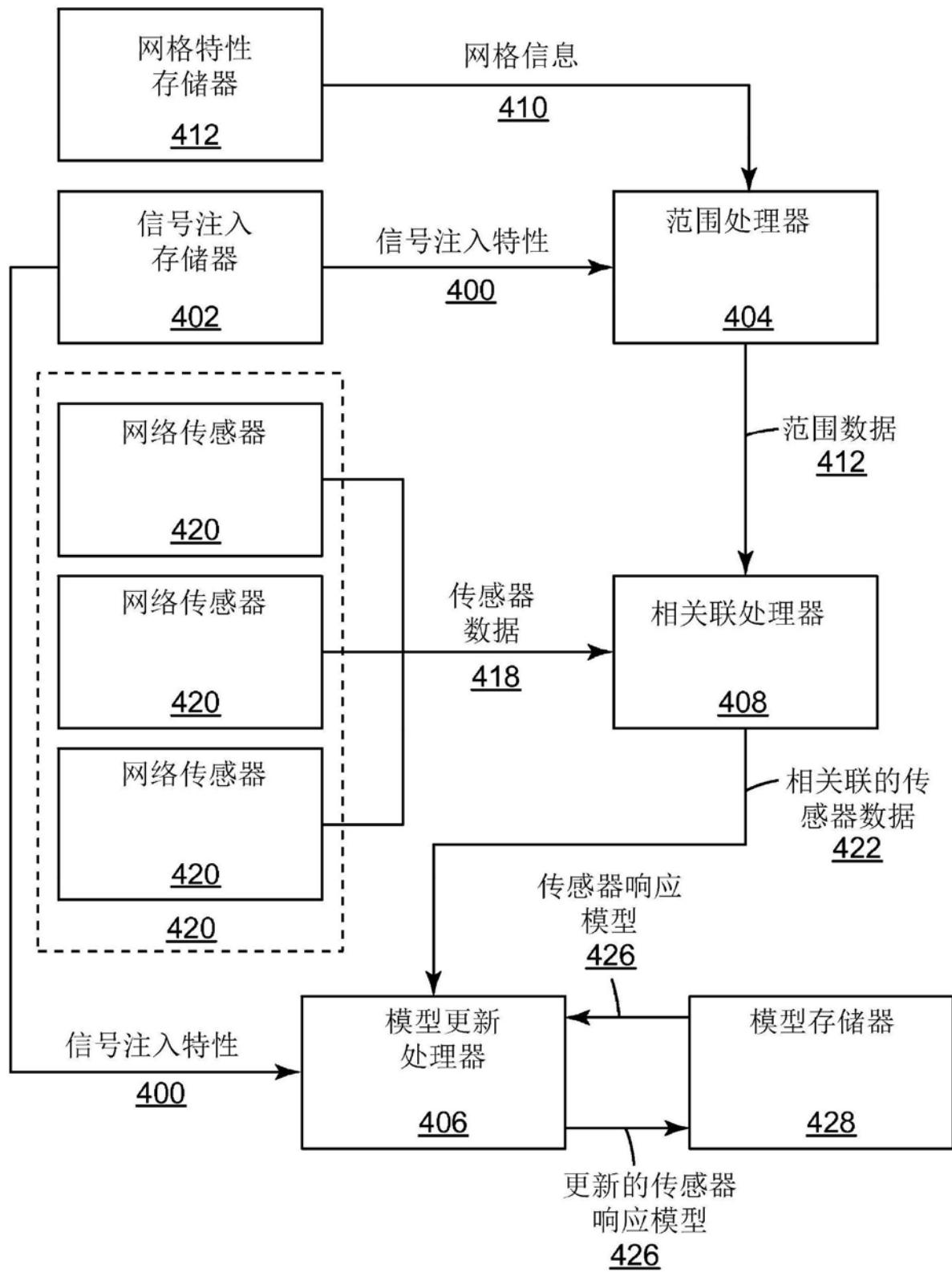


图4

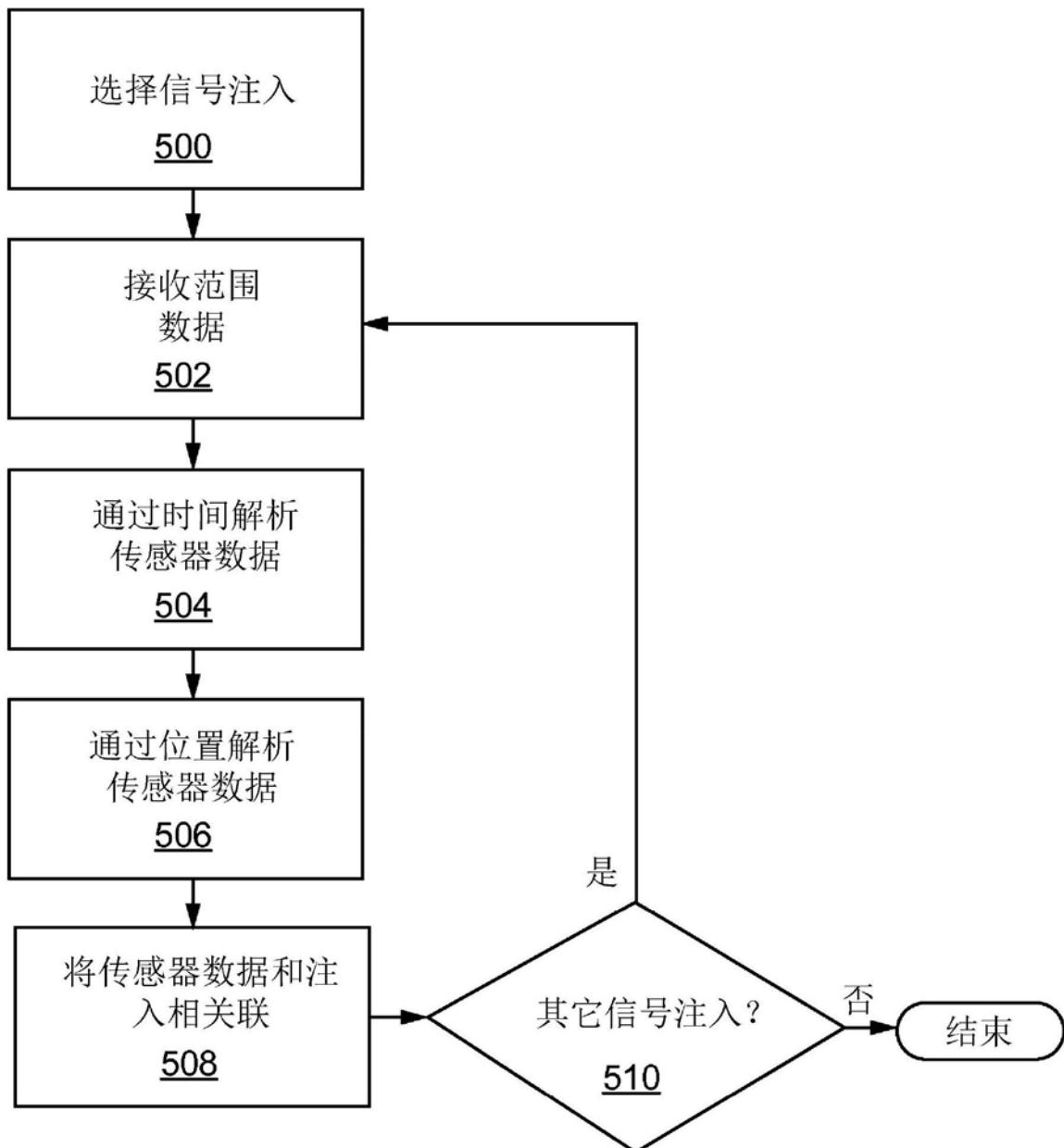


图5

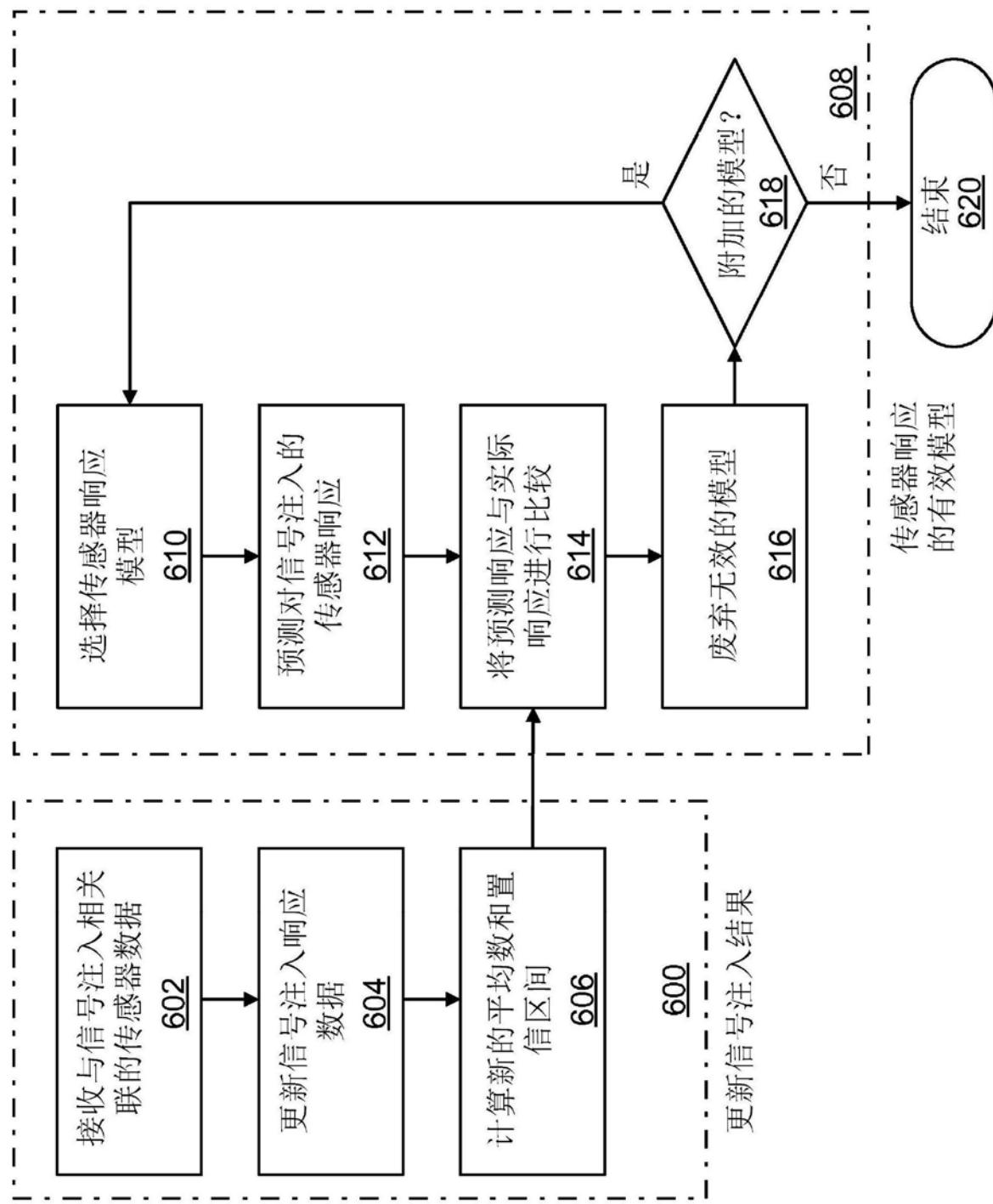


图6

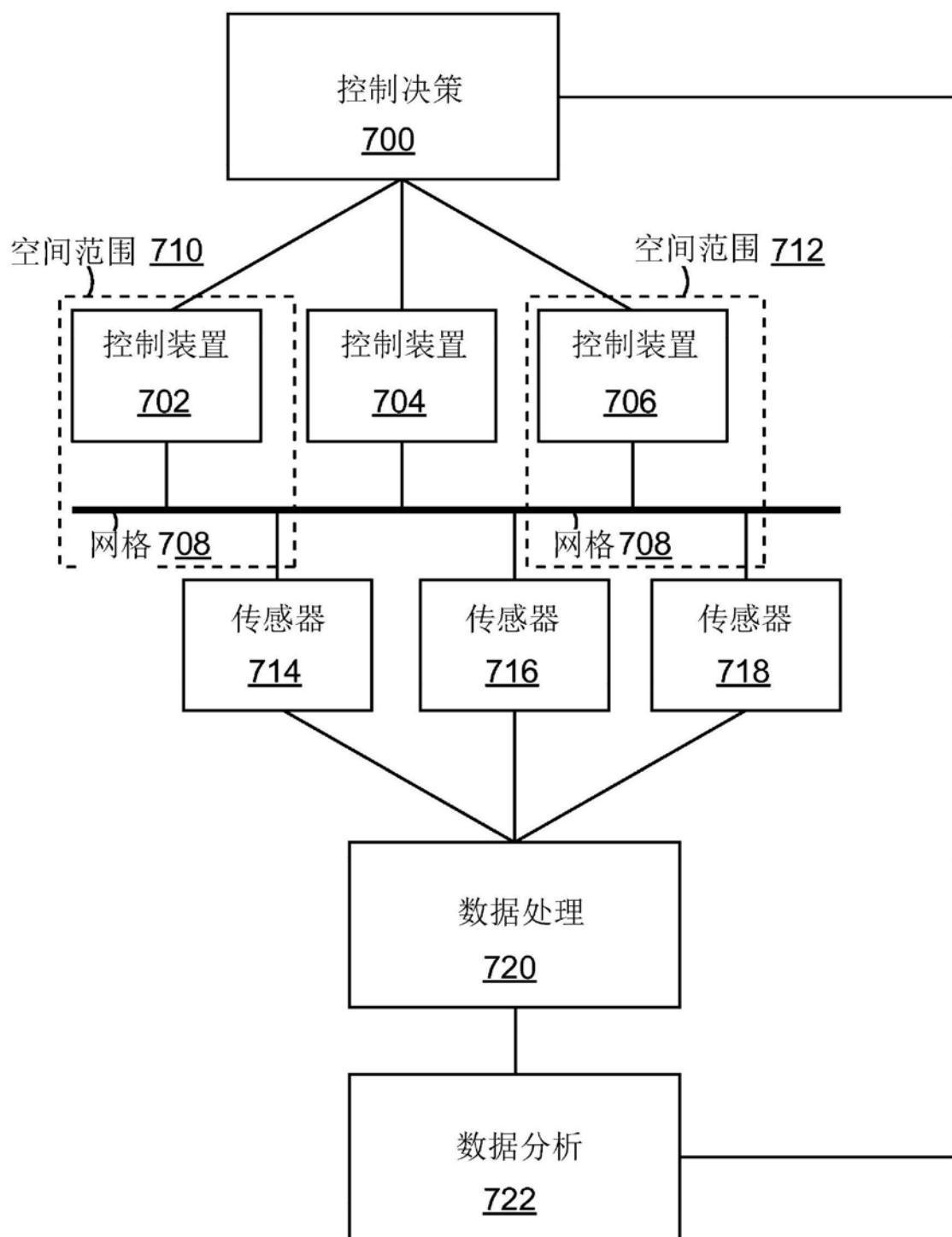


图7