

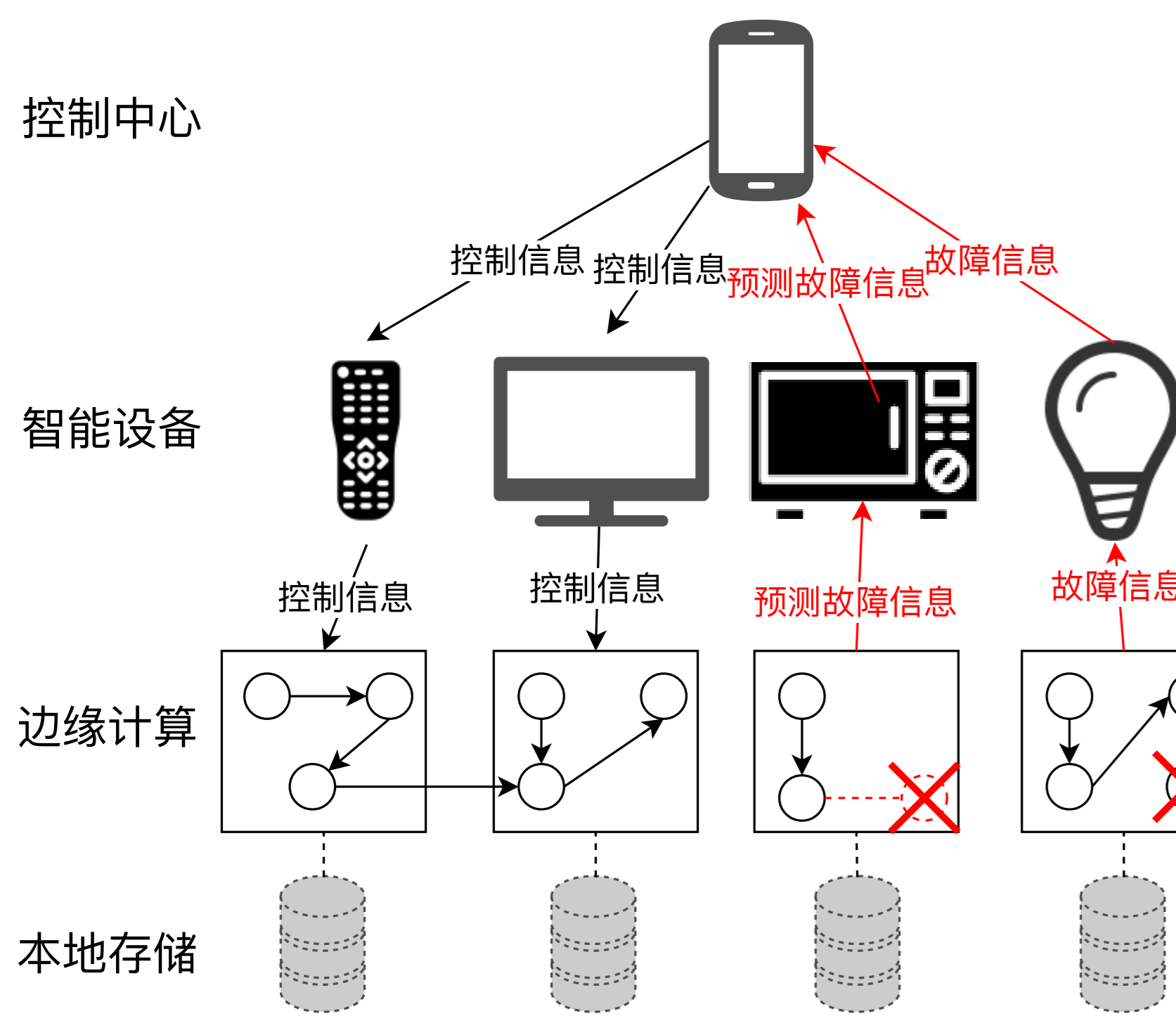
面向智能家居场景的故障检测诊断系统

胡家焯, 周芯宇, 许利杰, 王伟

软件工程技术研究开发中心

wangwei@otcaix.iscas.ac.cn xulijie@iscas.ac.cn

问题分析



如何对多种多样的智能家居设备进行统一数字建模?

利用传统方法根据每个智能设备进行仿真建模需要消耗大量的人力成本而且不具有通用性。

基于状态自动机的数字孪生建模方法

使用状态自动机来刻画设备的运行信息变化建立统一的设备数字孪生体。

如何解决智能家居计算存储资源有限?

传统方法根据大量历史数据进行复杂的迭代运算, 无法在设备端完成需要与云端进行交互

基于增量自学习的故障预测方法

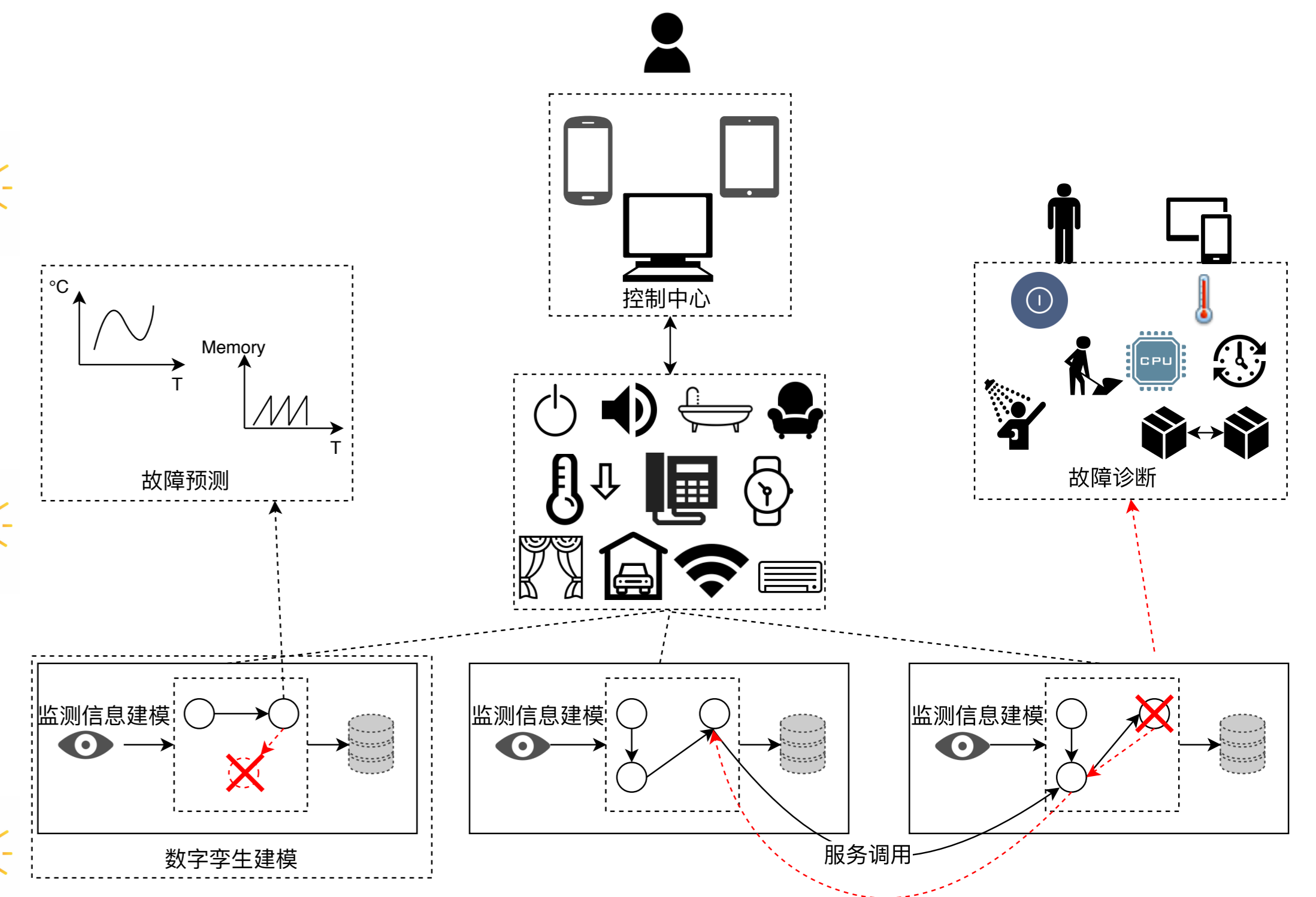
针对不断变化的设备状态信息建立在线机器学习模型, 实时预测设备软硬件指标的故障概率。

如何对复杂且相互关联的智能家居设备进行故障检测诊断?

传统方法无法诊断出由于服务协作所导致的设备故障问题。

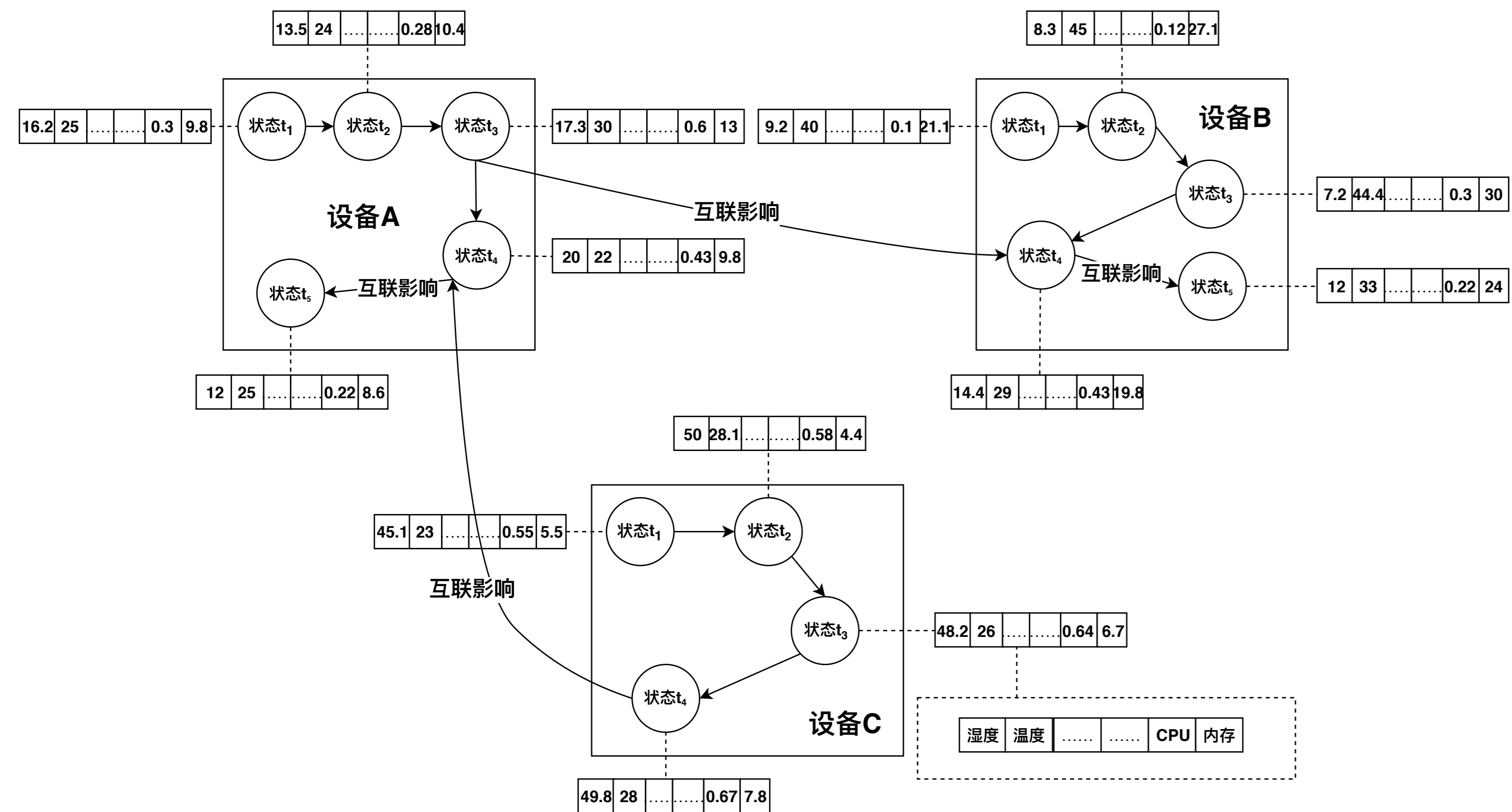
基于状态依赖图模型的故障诊断方法

根据设备状态的时序和操作依赖关系图回溯定位与故障相关的事件序列



智能设备建模

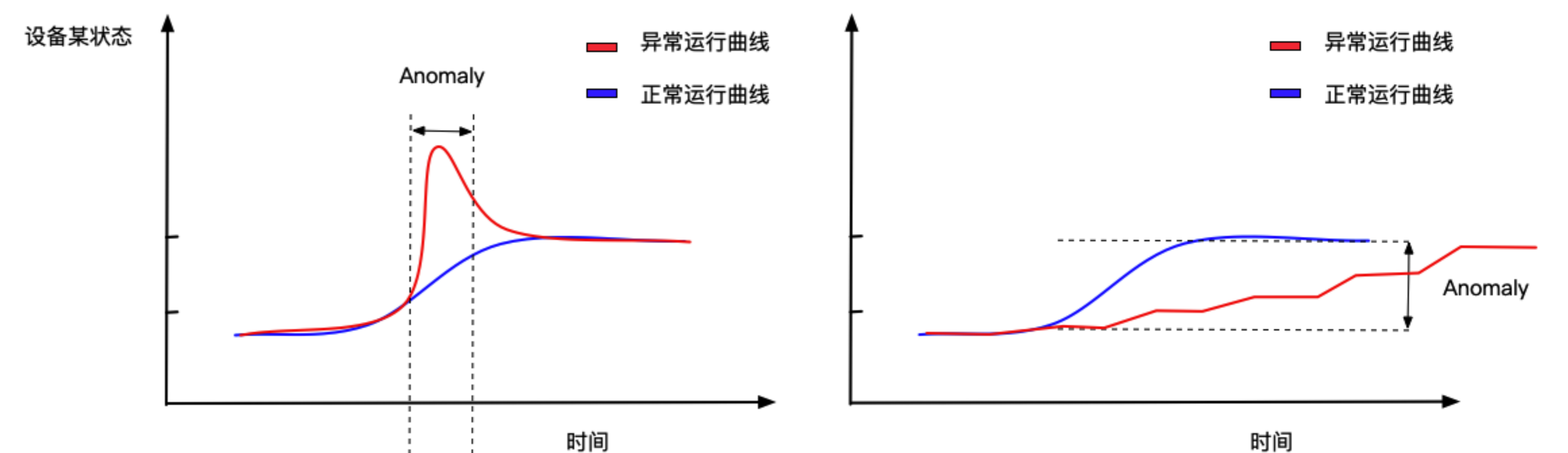
- 用户外部对智能终端进行操作, 此种情况与单设备状态的关联性相对应。
- 智能终端之间的互联互通, 此种情况与多设备状态的关联性相对应。比如, 智能终端A调用服务开启终端B等。
- 智能终端的本身状态突变, 此种情况与状态的突变性相对应。比如, 网络堵塞, 温度突然升高等。
- 如果在固定时间内不出现以上三种状况, 智能终端的状态也会自动更新。此种情况与状态的时间累积变化的性质相对应。



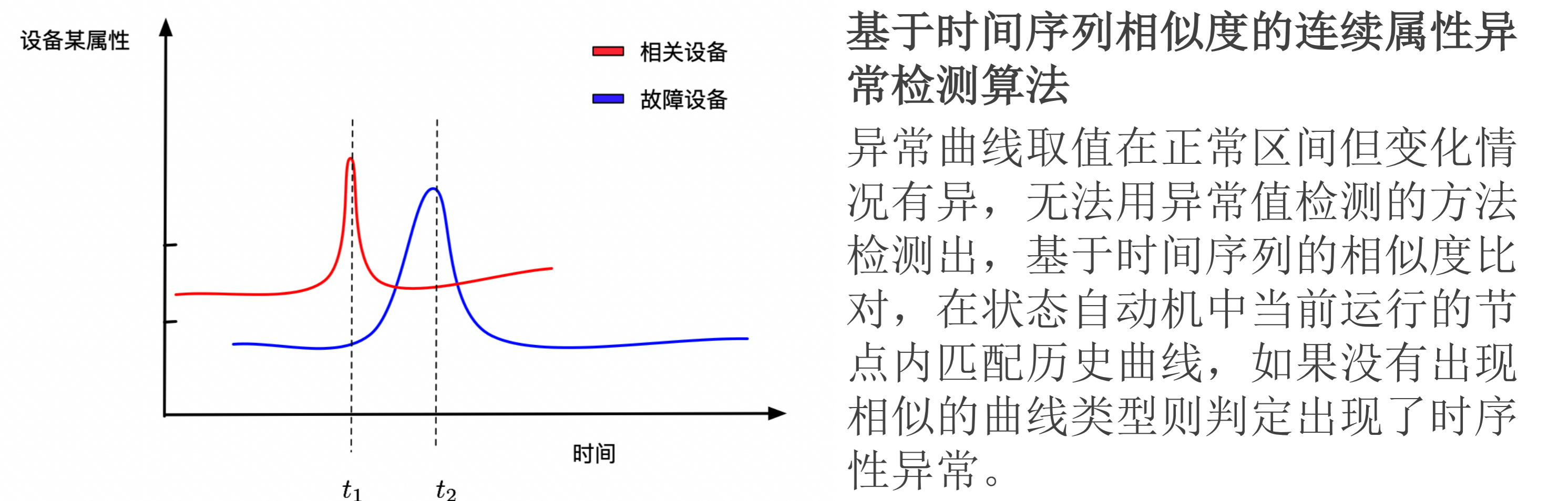
多个设备之间的互联互通通过构建关联图的方式进行建模, 即通过在状态机之间添加边的方式表达智能家居设备之间的交互。

异常检测算法

基于孤立森林的连续设备属性特征异常检测算法



孤立森林算法中, 异常被定义为容易被孤立的离群点, 可以理解为分布稀疏且离密度高的群体较远的点。输入设备的状态数据, 经过多次划分, 每次划分都随机选择一个特征以及该特征的划分值, 正常的点需要多次的分割才能被孤立, 而异常点需要较少的分割次数就能被孤立。



基于时间序列相似度的连续属性异常检测算法

异常曲线取值在正常区间但变化情况有异, 无法用异常值检测的方法检测出, 基于时间序列的相似度比对, 在状态自动机中当前运行的节点内匹配历史曲线, 如果没有出现相似的曲线类型则判定出现了时序性异常。

基于约束的异常检测方法

检测违背智能设备状态自动机约束的一些异常, 完善系统异常检测的功能。

系统架构

(1) 设备数据采集

实时采集各设备的状态数据、事件数据以及加载设备描述数据。

(2) 状态自动机建模模块

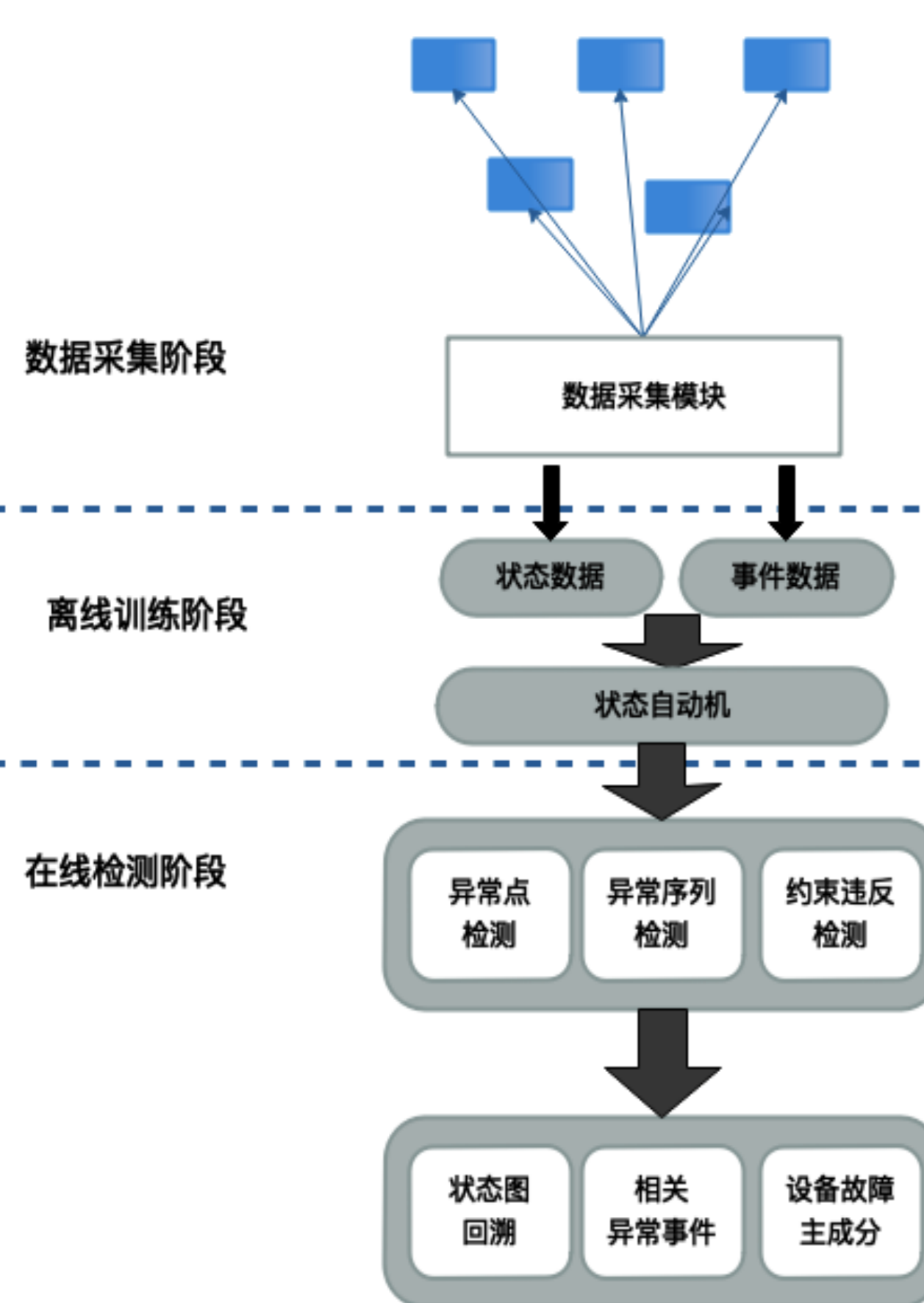
使用基于聚类思想的划分方法训练状态自动机的状态转义函数、确定状态集合、事件集合。状态自动机数以及相关数据持久化在数据库中, 系统重启后自动加载。

(3) 异常检测模块

首先判定该条数据是否符合状态自动机约束, 然后基于状态自动机训练孤立森林模型和时序异常检测算法判定输入数据的异常, 如果异常得分较高则判定该数据为异常数据。支持用户人工标注, 修正模型。

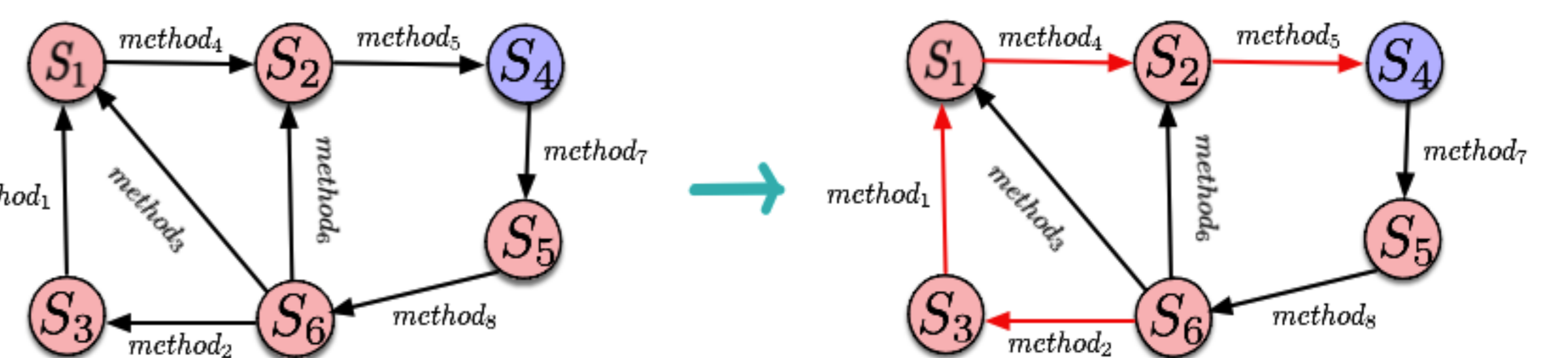
(4) 故障诊断模块

异常数据的根因分析, 该模块通过异常数据在状态自动机中所处的状态节点回溯状态迁移链条, 复盘引起故障的操作链条。



故障诊断方法

基于状态依赖图模型的故障诊断方法



- 对当前状态进行回溯, 若当前状态是经过其他设备的服务调用、互联操作等过程更新而来, 需要考虑设备内的更新链路以及其他设备的调用链路, 否则只考虑单链路。
- 在回溯的过程中, 通过对比链路中的相邻状态的向量属性信息, 基于一定的约束与规则, 可以得到各个操作过程导致故障的概率。
- 不断重复步骤 (1) 和步骤 (2), 概率减小到一定的阈值时, 回溯过程结束。
- 根据上述回溯过程, 得到一条故障概率链路, 将其中概率最高的一个或几个故障原因呈现给用户。