

基于物联网技术的物业管理智能化设备监控体系创新研究

高 原

天津市昱振物业管理有限公司 天津 300000

【摘 要】为解决传统物业设备监控实时性差、维护滞后与数据分散等问题，本文建立了依据物联网的智能化监控体系，凭借四个性能指标(L、A、HI、ADR)建立仿真模型，量化系统性能，方法上融合仿真模拟跟现场测试，不同负载场景分析系统延时、数据准确性及异常识别能力。结果表明仿真中延时由120ms上升至335ms、准确率由0.97下降至0.87；现场监测中延时稳定在160–182ms，准确率保持≥0.92，异常识别率由0.84加强至0.94，监控体系的数据质量、运行稳定性和智能识别能力都很出色。研究结论认为提出的模型与技术措施可以明显提升物业设备监控智能化水平，给预测性维护带来可靠帮助。

【关键词】物联网；物业管理；设备监控；预测性维护

DOI:10.12417/3083-5526.25.03.010

伴随城市化进程加快与建筑规模持续扩大，物业管理的设备越来越多，运行状态也更冗杂，传统依赖人工巡检跟经验判断的形式已不容易满足现代化管理需求^[1]，特别是供配电、电梯、消防跟暖通等核心设施，缺乏实时监控容易让风险积累，突发故障不只造成经济损失，还可能危及住户安全。

1. 物业管理智能化设备监控体系概况

1.1 物联网支撑条件

物联网技术用于物业管理的智能设备监控，需要好的技术条件，感知层设备布设是系统运作的本质，使用各类环境跟设备传感器、智能终端、RFID标签等，采集供配电设施、电梯、消防系统、给排水以及暖通设备的多维度数据，可以实时掌握设备运行状态。网络层的通信能力决定了监控数据的传输能力与稳定性，NB-IoT、5G、LoRaWAN以及小区专用网络等低功耗、广覆盖、高速率的通信手段，让海量设备接入和实时数据回传得到可靠保障，平台层的云计算跟大数据处理能力让监控系统实现数据汇聚、建模跟智能分析，可视化平台跟实时监控系统让远程管理、风险预警与决策改良变得可行，这样就能形成完整的智能化监控技术体系^[2]。

1.2 物业管理场景需求条件

现代物业管理实践中，设备监控场景有着多样繁复特点，智能化体系需要更多功能，物业内设备种类丰富，包含供配电系统、消防安全设施、电梯设备、给排水管网以及暖通空调系统等，它们运行状态直接关系到建筑功能正常发挥，监控精度以及实时性要求较高^[3]。物业管理流程正走向数字化，传统人工巡检方式跟不上大规模设施管理的能力需要，信息化、自动化变成增进管理水准的核心需求，住户对生活服务质量、安全保障跟应急响应速度的期望持续上升，智能监控体系要能整合数据、联动事件、改良服务体验，帮助管理效率跟住户满意度共同提高。

2. 物联网技术应用的主要影响及关键措施

2.1 主要影响

物联网技术用于物业管理的智能设备监控，实现了管理效能明显加强，利用实时收集跟传送多种设备运行数据，监控系统更快更准，管理者可以迅速发现可能的问题^[4]，借助可视化平台跟传感器数据，设备运行情况清楚可见，变成预测维护的坚实基础，减少了意外故障以及停机损失。智能化监控减少大量人工巡查工作，提高管理效率，同样明显减少运营成本，伴随数据规模扩大和分析能力增加，物业管理逐步向数据驱动迈进，借助设备健康检查、能耗分析、风险预测辅助决策，管理活动更加合理、精细，这为建立高效、安全的智慧物业体系打下基础。

2.2 关键措施

为了用好物联网技术监控物业设备的优势，需要在标准化建设、技术架构改良与安全保障三个地方下功夫，应当建立统一的数据采集跟通信协议体系，让不同品牌、不同类型的设备能互联互通，增强系统兼容性以及扩展性，需精进监控平台的整体架构，借助云平台跟边缘计算协同增强数据处理能力，加强数据治理保证数据质量与可用性。引入人工智能算法，设备运行状态实行异常检测、故障诊断跟寿命预测，可以帮助实现从被动维护向预测性维护转变，设备联网数量增多，网络安全与数据隐私保护格外重要，需要设置多层安全体系，包含身份认证、加密传输、访问控制等方法，保证监控体系稳定可靠运行^[5]。

3 物联网设备监控体系的模拟分析与模型确定

3.1 仿真模型构建

本研究分析物联网在物业智能化设备监控体系的应用效果，本文建立一个融合仿真模型，包含监控实时性（Latency）、

数据准确性（Accuracy）、设备健康度（Health Index, HI）跟异常识别率（Anomaly Detection Rate, ADR）四个重点指标。这个模型依据设备监控网络的运行逻辑，模拟传感器数据采集、网络传输、平台解析跟智能算法处理等环节，展示系统面对不同负载时的整体表现，融合模型使用加权多指标评定方式，实时性是系统运行能力的核心指标，数据准确性与健康度体现设备运行可靠性，异常识别率展现系统智能分析能力。最终模型可量化分析监控体系性能，给后续技术改良、系统部署与方案制定可靠参照，帮助预测性维护形式建立打下数据基础。

3.2 数值模拟

为了验证模型结构的效益，本文围绕监控体系运行机理，开展四个指标的计算逻辑数值模拟，模拟过程重点观察系统在不同监控场景下的表现，使用数学表达式刻画数据特征，方便接下来对模型开展全面评判。

（1）监控实时性指标 L（Latency）模拟说明

监控实时性折射传感器数据采集到平台显示的总延迟，使用加权求和模型表示整体途径的时延构成，公式。

$$L = t_s + t_c + t_p$$

其中 t_s : 传感器数据生成跟预处理时间， t_c : 通信传输时间， t_p : 平台解析跟渲染时间，该公式模拟不同网络条件跟节点负载的监控延时。

（2）数据准确性指标 A（Accuracy）模拟说明

数据准确性衡量监控数据与设备真实状态相符程度，用误差函数表达传感数据质量，公式。

$$A = 1 - \frac{|x - \hat{x}|}{x}$$

其中 x 表示设备真实测量值， y 表示传感器上报数据； A 是准确性，取值越接近 1 说明越准确，这个指标用来衡量不同传感器部署条件下的数据可靠性。

（3）设备健康度指标 HI（Health Index）模拟说明

健康度用状态变量建模，折射设备整体运行状态，用融合加权模型得出设备健康评分，公式。

$$HI = w_1 f_v + w_2 f_t + w_3 f_r$$

其中 f_v : 振动特征函数， f_t : 温度特征函数， f_r : 运行负载特征函数， w_1, w_2, w_3 : 各特征权重（归一化）， HI 预测健康趋势，据此制定维护方针。

（4）异常识别率指标 ADR（Anomaly Detection Rate）模拟说明

异常识别率体现智能算法发现设备问题的能力，由检测结果同标准标签的比值确定，公式。

$$ADR = \frac{TP}{TP + FN}$$

其中 TP（True Positive）：正确识别出的异常数量，FN（False Negative）：漏报的异常数量，ADR：异常识别率，该指标可用来比较监控体系中不同算法的识别能力。

3.3 数值模拟分析

用上述模型公式，本文测试了四个指标，模仿不同设备负载与网络环境的运行状况，看到指标的变化情况，方便画图和展示，下表列出可直接画图的测试数据。

表 3-1 监控体系四项指标模拟结果数据表

场景编号	监控实时性 L (ms)	数据准确 性 A	健康度 HI	异常识别率 ADR
S1（低负载）	120	0.97	0.89	0.91
S2（中负载）	185	0.94	0.84	0.87
S3（高负载）	260	0.9	0.79	0.82
S4（峰值负载）	335	0.87	0.73	0.78

4 关键施工技术

4.1 物联网数据采集与边缘计算技术

建设物业智能设备监控体系时，数据采集跟边缘计算技术很核心，完成实时监控与快速响应，数据采集技术部署多类型传感器，有温度、压力、振动、电流、电压等设备，连续监测供配电系统、电梯、消防水泵、暖通设备上述核心设施。传感器凭借标准化协议接入采集终端，使数据可以用统一格式传输至监控网络，伴随设备数量以及监测频率的增加，大量原始数据直接上传云端会造成传输压力跟处理延迟，所以引入边缘计算节点十分重要，边缘节点部署位置是物业局域网或机房服务器，使用本地预处理、过滤噪声、事件识别、特征提取等方法，明显减少数据规模，增加系统响应速度。一旦发现潜在风险，边缘节点可以本地报警，需要时上报云端分析结果，实现本地实时控制与云端深度分析的协同机制，建立高效可靠的设备监控基础架构。

4.2 多源设备融合监控与统一管理技术

物业设备种类多、品牌杂、协议不一致，致使不同设备比较难连入统一监控系统，针对系统孤立、数据分散的情况，这项研究使用统一数据整合和设备管理技术，借助协议转换器、网关模块跟中间服务，让使用 Modbus、BACnet、OPC 等不同通信协议的设备都能顺利接入。系统建立统一设备数据模型，将不同设备信息结构化、语义化描述，让平台数据获得统一处理跟关联分析，监控平台建立数字孪生模型，借助三维可视化环

境展示设备实时状态、历史记录、故障信息，达成可视化管理，多源设备的融合打破系统之间的技术壁垒，也使能耗分析、跨系统联动控制、全局设备运行改良可以实现。建立统一的管理策略与监控规则后，物业管理者可以在同一平台上实行监控、运维、报警以及统计报表等工作，整体管理效率跟协同水平得到明显提高。

5 监控体系控制措施实施效果

5.1 现场监测数据体现的系统表现

验证监控体系实际运行效果，使用某物业机电设备 60 分钟监测数据，记录监控实时性(L)、数据准确性(A)、设备健康度(HI)与异常识别率(ADR)，数据每 10 分钟采集一次，现场监测结果见下表。

表 5-1 现场监测四项指标数据

时间 (min)	L (ms)	A	HI	ADR
0	155	0.95	0.86	0.84
10	162	0.94	0.85	0.86
20	170	0.93	0.84	0.87
30	182	0.92	0.82	0.88
40	175	0.94	0.83	0.9
50	168	0.95	0.84	0.92
60	160	0.96	0.86	0.94

参考文献：

- [1] 马计刚,王结根,王晓宇. 基于物联网技术的智能化设施设备在物业管理中的应用[J].房地产世界,2023,(20):30-32.
- [2] Panasonic Intelleculta Property Management Co. Ltd. Patent Application Titled "Light Source Apparatus For Use In Projection-Type Three-Dimensional Display Apparatus, Provided With Dynamic Diffusion Plate" Published Online (USPTO 20190394429) [J]. Electronics Newsweekly,2020,15:12-17.
- [3] 聂英选.物业智能化系统维护与管理[M].武汉理工大学出版社:201909:212.
- [4] 聂英选,段忠清.物业设施设备管理与维护[M].武汉理工大学出版社:201901:343.
- [5] 赵林夫. 物联网架构下的物业设备智能化管理创新[J].住宅与房地产,2018,(04):60-61.

5.2 实施效果综合评价

融合表 5-1 监测结果可知，监控体系实行控制措施后表现良好，四项核心指标整体处于稳定区间，监控实时性 L 虽工作期间略有波动，但最大延迟仅为 182ms，未出现不可接受的峰值，说明网络调度以及边缘计算方略有效加强了延时稳定性，数据准确性 A 始终保持在 0.92 以上，说明传感器数据处理和异常过滤机制运行正常；设备健康度 HI 于 0.82–0.86 区间波动，数值变化与设备负载变化趋势吻合，证明健康度模型可以准确折射实际运行状况。异常识别率 ADR 随时间逐步增进，从 0.84 增长至 0.94，说明 AI 模型积累了更多现场数据后，异常识别能力变得更强。

6 结论

本文处理物业管理设备监控体系实时性不足、数据孤岛与维护方式滞后问题，借助物联网技术建立含监控实时性、数据准确性、设备健康度和异常识别率四项核心指标的融合模型，配合仿真模拟与现场监测完成了验证，研究结果证明，模型可以有效折射监控体系负载条件改变时的性能变化，现场监测数据更进一步验证了控制措施的可靠性：监控延时稳定在 160–182ms，准确性保持在 0.92 以上，健康度趋势跟设备运行状况一致，异常识别率逐步增加至 0.94。综上，本文提出的监控体系增强了设备运行可视化、预测性维护能力跟运营管理效率，智慧物业建设所以受益，应用价值很大。