

AIoT 技术在智能建筑楼宇自控系统中的应用研究

严文彬

(迈进建筑工程设计(深圳)有限公司)

【摘要】文章针对传统楼宇自控系统存在的痛点,聚焦AIoT“感知—互联—智能”的核心特性,构建“三层架构—场景适配—闭环优化”的融合应用体系。解析AIoT与楼宇自控的技术耦合逻辑,提出HVAC、照明、安防等全场景智能调控方案。实践表明,该体系可提升能源利用效率,提高运维响应速度,为智能建筑数字化升级提供实操路径。

【关键词】AIoT技术;智能建筑;楼宇自控系统;场景适配;节能调控

中图分类号:TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.02.041

Research on the Application of AIoT Technology in the Building Automation System of Intelligent Buildings

YAN Wen-bin

(Meinhardt)

【Abstract】Aiming at the pain points of fragmented information, this paper focuses on the core characteristics of AIoT "perception-interconnection-intelligence" and constructs an integrated application system of "three-layer architecture-scenario adaptation-closed-loop optimization". It analyzes the technical coupling logic between AIoT and building automation, and proposes full-scenario intelligent regulation schemes for HVAC, lighting, security, etc. Practice shows that the system can improve energy utilization efficiency, improve operation and maintenance response speed, and provide a practical path for the digital upgrading of intelligent buildings.

【Keywords】AIoT technology; intelligent buildings; building automation system; scenario adaptation; energy-saving regulation

1 引言

智能建筑作为城市数字化转型的核心载体,其楼宇自控系统(BAS)承担着环境调节、设备运维、安全保障等关键职能,直接影响建筑的节能水平、人居舒适度与运行效率。传统楼宇自控系统多采用分散式控制模式,依赖单一传感器数据与固定控制逻辑,存在着信息孤岛严重、跨系统协同不畅、调控决策滞后、能源浪费突出等问题。例如,HVAC系统(heating, ventilation and air conditioning,暖通空调系统)常因缺乏实时负荷感知导致过度运行,照明系统难以根据自然光强动态调整,设备运维依赖人工巡检易遗漏潜在故障等。

随着人工智能(AI)与物联网(IoT)技术的深度融合,AIoT技术凭借“全域感知、万物互联、智能决策”的核心优势,为破解传统楼宇自控存在的痛点提供了全新路径。AIoT技术通过部署泛在感知网络采集全维度数据,依托5G、LoRa等通信技术实现数据实时互联,借助机器学习、深度学习算法完成智能

分析与决策优化,可推动楼宇自控系统从“被动响应”向“主动预判”、从“分散控制”向“全局协同”转型^[1]。

2 AIoT与楼宇自控系统的融合基础

2.1 AIoT技术核心构成与特性

AIoT技术是人工智能与物联网的深度融合,通过“感知层采集数据—网络层传输互联—应用层智能决策”的闭环链路,实现物理世界与数字世界的精准映射与智能交互,其核心构成包括三大模块。感知层作为数据采集终端,集成了温湿度、光照度、CO₂浓度、能耗计量、设备状态等多类型智能传感器,具备低功耗、高精度、广覆盖的特性,可实现楼宇环境、设备运行、人员流动等全维度数据的实时采集;网络层承担数据传输功能,融合5G、LoRa、Wi-Fi、ZigBee等多协议通信技术,其中5G满足高带宽、低时延的实时控制需求,LoRa适配低功耗、远距离的海量传感器接入,Wi-Fi与ZigBee适用于室内短距离设备互联,形成灵活适配的通信网络;应用层是智能决策核

心,整合机器学习、深度学习、强化学习等AI算法,通过对海量数据的挖掘分析,实现状态预判、动态调控、故障诊断等智能功能,具备自学习、自优化、自适应的特性。

2.2 楼宇自控系统核心需求与痛点

智能建筑楼宇自控系统的核心需求聚焦于节能性、舒适性、安全性与运维高效性四大维度。节能性要求系统通过精准调控降低建筑能耗,尤其是HVAC与照明系统的能耗占比,须实现能源利用效率最大化;舒适性要求维持室内温度、湿度、光照、空气质量等环境参数在人体适宜范围(温度 $22^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $40\%\sim 60\%$ 、 CO_2 浓度 $<1000\text{ppm}$);安全性需实时监测火灾、燃气泄漏、非法入侵等风险,快速触发报警与应急处置;运维高效性要求实现设备全生命周期管理,减少人工干预,降低运维成本与故障停机时间。

当前,传统楼宇自控系统难以满足上述需求,核心痛点主要包括:一是感知能力薄弱,传感器部署稀疏,数据采集精度低、覆盖面窄,无法精准反映实际运行状态;二是信息互联不畅,各子系统(HVAC、照明、安防等)独立运行,数据标准不统一,形成信息孤岛,难以实现全局协同调控;三是决策逻辑僵化,依赖固定控制策略,缺乏对环境变化、人员流动等动态因素的适配能力,调控滞后且精度不足;四是运维模式落后,以人工巡检为主,故障发现不及时,维护成本高,设备使用寿命缩短。

2.3 二者融合的技术逻辑与价值

AIoT与楼宇自控系统的融合并非简单的技术叠加,而是基于“数据驱动—智能赋能—协同优化”的深度耦合逻辑。数据层耦合方面,AIoT感知层提供的全维度、高精度数据,弥补了传统系统数据采集的短板,为楼宇自控提供了坚实的数据基础;网络层通过统一通信协议与数据接口,打破子系统间的信息壁垒,实现数据实时共享与跨系统联动;应用层AI算法对数据进行深度挖掘,将数据转化为智能决策指令,驱动自控系统动态优化运行。

功能层耦合方面,AIoT技术为楼宇自控系统赋予三大核心价值:一是实现“精准感知—智能预判”,通过AI算法分析历史数据与实时数据,预判环境变化趋势与设备运行状态,提前调整控制策略,变被动响应为主动防控;二是实现“全局协同—优化调控”,

基于全局数据统筹各子系统运行,避免单一系统过度运行导致的能耗浪费,提升整体运行效率;三是实现“智能运维—降本增效”,通过设备状态实时监测与AI故障诊断,缩短故障排查时间,降低维护成本,延长设备使用寿命。二者的深度融合,可推动楼宇自控系统从传统的“自动化”向高阶的“智能化”转型,全面提升智能建筑的综合性能^[2]。

3 AIoT技术在楼宇自控系统中的全场景应用路径与优化策略

3.1 核心子系统智能调控应用

3.1.1 HVAC系统智能优化调控

HVAC系统是楼宇能耗占比最高的子系统,AIoT技术通过“感知—分析—调控”闭环实现精准节能控制。感知层部署温湿度、 CO_2 浓度、能耗计量等传感器,实时采集室内环境参数、人员密度、设备运行等数据;网络层通过5G+LoRa混合通信网络,将数据实时传输至AIoT云平台;应用层采用基于强化学习的优化算法,结合建筑热工模型与历史能耗数据,动态调整空调运行参数。例如,当传感器检测到室内人员密度降低时,系统自动减小送风量与制冷/制热功率;通过分析天气预测数据,提前调整空调启停时间,避开用电高峰;针对不同区域的环境需求差异,实现分区精准调控,避免“一刀切”式运行。

3.1.2 照明与遮阳联动智能控制

AIoT技术实现照明系统与遮阳系统的协同联动,兼顾节能与舒适度。感知层部署光照度传感器、人体感应传感器、窗帘位置传感器,实时采集室外自然光强、室内人员分布、窗帘开合状态;应用层通过机器学习算法分析自然光变化规律与人员活动轨迹,动态调整照明亮度与遮阳角度。当室外自然光强充足时,系统自动调暗室内照明或关闭部分灯具,同时调整遮阳窗帘角度避免眩光;当人员离开某区域后,传感器检测到无人状态,自动关闭该区域照明;根据不同场景(办公、会议、休息)预设照明模式,通过AI算法优化光环境参数,提升视觉舒适度。该方案可降低照明系统能耗,同时减少眩光与视觉疲劳。

3.1.3 安防与环境安全智能监测

AIoT构建“全域覆盖—智能预警—快速响应”的

安防与环境安全监测体系。感知层集成烟感传感器、燃气传感器、红外入侵探测器、视频监控摄像头、应急广播设备等,实现火灾、燃气泄漏、非法入侵等风险的全方位监测;应用层融合计算机视觉与AI识别算法,对视频监控画面进行实时分析,精准识别异常行为、火灾烟雾、燃气泄漏浓度超标等风险;当监测到安全隐患时,系统立即触发多级报警,同时联动相关设备启动应急处置,如火灾时自动关闭燃气阀门、启动排烟系统、打开疏散通道照明。该体系可将安全隐患响应时间从传统的分钟级缩短至秒级,显著提升建筑安全保障能力^[3]。

3.2 全生命周期运维与能耗优化

3.2.1 设备智能运维管理

AIoT技术推动设备运维从“人工巡检”向“预测性维护”转型。感知层通过部署振动传感器、温度传感器、电流电压传感器等,实时采集水泵、风机、空调压缩机等关键设备的运行参数;应用层采用基于深度学习的故障诊断算法,分析设备运行数据与历史故障记录,建立设备健康状态评估模型,精准识别设备潜在故障,并预测故障发生时间;系统根据设备健康状态自动生成维护计划,推送至运维人员的移动端,明确维护内容、时间与所需工具;同时,通过AIoT云平台实现设备维护记录的数字化管理,跟踪维护效果,优化维护策略。

3.2.2 能耗监测与智能优化

构建全维度能耗监测与优化体系,实现能源消费的精细化管理。感知层部署智能电表、水表、燃气表等能耗计量设备,实时采集建筑总能耗与各子系统、各区域的分项能耗数据;应用层通过大数据分析 with AI算法,挖掘能耗变化规律,识别能耗异常,并分析异常原因;基于能耗数据与环境参数,建立能耗优化模型,提出针对性节能建议,如调整HVAC运行时段、优化照明控制策略、更换高能耗设备等;同时,将能耗数据可视化展示,方便管理人员实时掌握能源使用情况,制定科学的节能方案。

3.3 技术落地实施保障策略

3.3.1 统一AIoT管控平台建设

搭建一体化AIoT楼宇自控管控平台,作为技术融合的核心载体。平台需具备数据采集、实时监测、

智能决策、设备控制、报表分析等核心功能,支持多协议接入(如5G、LoRa、Wi-Fi等)与多类型设备兼容;建立统一的数据标准与接口规范,实现HVAC、照明、安防、能耗监测等子系统的数据互通与协同控制;采用边缘计算+云计算混合架构,边缘节点负责实时数据处理与本地快速控制,云端负责大数据分析、模型训练与全局优化,兼顾响应速度与决策精度;加强平台安全防护,部署数据加密、访问控制、入侵检测等安全技术,保障数据传输与存储安全,防止设备被非法控制。

3.3.2 标准体系与人才保障

完善AIoT在楼宇自控中的应用标准体系,制定技术应用规范、数据采集标准、设备兼容标准、安全防护标准等,明确各环节技术要求与验收指标,避免技术应用的无序性与不兼容性问题。加强复合型人才培育,通过校企合作、专业培训、技术交流等方式,培养既掌握楼宇自控系统专业知识,又熟悉AIoT技术的复合型人才;建立人才激励机制,鼓励技术人员参与技术创新与实践应用,提升从业人员的技术水平与实操能力。

4 结语

AIoT技术与智能建筑楼宇自控系统的深度融合,是推动智能建筑从“自动化”向“智能化”升级的核心路径,为破解传统系统存在的信息割裂、调控滞后、能耗偏高、运维低效等痛点提供了系统性解决方案。本文构建了“技术融合基础—全场景应用—实施保障”的完整研究框架,系统解析了AIoT技术的核心构成与融合逻辑,详细阐述了其在HVAC、照明、安防等核心子系统的智能调控应用,以及在设备运维、能耗优化中的实践路径,提出了平台建设、标准完善、分阶段实施等保障策略,形成了覆盖“感知—互联—决策—控制—运维”全流程的应用体系。

参考文献

- [1] 夏九林. AIoT技术在绿色智能建筑楼宇自控系统中的应用研究[J]. 智能城市, 2024, 10(11): 114-116.
- [2] 李家红, 夏波. 基于AIoT技术的智慧社区深度融合场景的研究与应用[J]. 数码设计, 2024(20): 167-169.
- [3] 林山驰, 刘林, 李相国. 基于AIoT的智慧城市关键技术概述[J]. 绿色建造与智能建筑, 2023(11): 100-105.