

Research on Intelligent Building Construction Monitoring System Based on Internet of Things Technology

Weiming Cai

Runeng New Energy (Zhejiang) Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311200, China

Abstract

With the development of the construction industry towards intelligence and efficiency, traditional construction monitoring methods face problems such as poor real-time performance and insufficient data. To this end, a smart monitoring system covering modules such as sensor network, data transmission and processing, and intelligent early warning can be constructed to collect key data such as structural stress environmental temperature and humidity in real time. By applying machine learning algorithms to deeply mine data, the smart building monitoring system can realize intelligent early warning and precise evaluation of construction risks, helping to provide strong technical support for the intelligent transformation and upgrading of the construction industry.

Keywords

Internet of Things technology; smart building; construction monitoring

基于物联网技术的智能建筑施工监测系统研究

蔡伟明

润电新能源(浙江)有限公司, 中国·浙江 杭州 311200

摘要

随着建筑行业向着智能化、高效化的方向发展,传统施工监测方式面临着实时性差、数据整合不足等问题。为此,构建一套涵盖传感器网络、数据传输与处理、智能预警等模块的智能监测系统,能够实时采集结构应力、环境温度湿度等关键数据。智能建筑监测系统通过运用机器学习算法对数据进行深度挖掘,可实现对施工风险的智能预警和精准评估,从而有助于为建筑行业的智能化转型升级提供有力的技术支持。

关键词

物联网技术; 智能建筑; 施工监测

1 引言

在城市化进程的加速推动下,建筑行业规模呈现出持续扩大的趋势,而施工项目的复杂性也与日俱增。施工安全质量作为建筑行业发展的生命线,其传统施工监测依赖人工巡检和定期检测,因此,很难满足现代建筑工程对精细化管理的需求。而将物联网技术应用在智能建筑施工监测系统中,凭借其全面感知、可靠传输和智能处理优势,能够为建筑施工带来全新的变革,并有效提升施工效率与质量,这对开展基于物联网技术的智能建筑施工监测系统研究具有重要的现实意义和广阔的应用前景。

2 基于物联网技术的智能建筑施工监测系统架构设计

2.1 系统总体架构

智能建筑施工监测体系采用模块化层级架构,由四个核心功能模块协同构成完整的技术框架,如图1所示。其中感知层的基础信息采集模块通过在施工区域布设应变计、温湿度记录仪及位移观测装置等传感设备,实现对建筑结力学特征、环境要素及施工设备运行状态的动态获取。网络层的数据传输模块根据现场实际工况选择 ZigBee、LoRa 或 5G 等通信协议,构建具有抗干扰能力的无线传输网络,确保监测数据的完整性与时效性。平台层数据分析中心模块承担数据存储管理与智能解析功能,通过建立分布式数据库系统,结合时序分析算法和模式识别技术,提取潜在的工程风险参数^[1]。最终在应用层,用户通过交互模块采用可视化界面设计,集成实时监控看板、历史数据追溯系统及多级预警机制,为工程管理人员提供决策支持。各功能模块通过标准化接口实现数据交互与业务协同,形成覆盖施工全周期的智

【作者简介】蔡伟明(1995-),男,中国广东电白人,本科,助理工程师,从事建筑工程(土木工程)研究。

能监测体系。



图 1：智能建筑施工监测系统架构图

2.2 感知层设计

在构建物联网支撑的建筑工程监测体系时，基础感知单元的设计需遵循系统化原则。首先需要明确需监测的关键指标，其中结构力学参数可揭示建筑本体的受力特征，位移量测数据能反映关键节点的空间变化，环境温度湿度参数对混凝土养护质量及材料性能具有重要影响，施工噪声强度则可辅助评估设备运行工况及作业强度。在此基础上，应根据监测需求匹配适宜的传感设备，对于微应变检测，可采用基于电阻应变效应的箔式应变计，其通过测量导体电阻变化间接反映结构变形。针对应力状态监测，宜选用振弦式传感器，该装置通过振弦振动频率变化反映应力状态。同时需明确传感器的技术参数，包括量程范围、测量精度及响应灵敏度等核心指标。在布置方案制定阶段，需结合工程结构特性、施工工序安排等要素，建立三维空间监测网络。重点部位应设置交叉验证点位，关键施工环节需预留动态观测窗口，确保监测数据既覆盖承重结构、基坑支护等重点区域，又能捕捉施工过程中的瞬态变化，为工程安全评估提供多维度的数据支撑。

2.3 网络层设计

在网络层通信模块的构建过程中，数据传输路径的规划直接影响系统运行效率。针对典型无线传输方案的特性分析表明，ZigBee 协议具备低能耗特性、经济性优势及自主组网能力，特别适用于中小型作业面内密集部署的传感设备互联场景，其 2.4GHz 频段可实现 10m 级稳定传输^[2]。Wi-Fi 技术凭借百兆级带宽优势，在视频监控、高采样率数据回传等场景具有应用价值，但需配合稳定供电系统。LoRa 技术则通过扩频调制技术实现公里级穿透传输，其适应复杂地形环境的特性使其成为广域监测网络的优选方案。在具体实施方案制定时，需结合工程平面布局特征、监测节点分布密度及实时性要求等要素，建立多维评估模型。网络拓扑结构应根据监测区域形态选择混合式组网策略，如在核心作业区采用星型拓扑提升响应速度，外围区域采用网状结构增强容灾能力。数据链路层需构建分级加密体系，采用 AES-128 算法对关键数据包进行加密处理，配合 CRC32 校验机制保障数据完整性。同时应建立动态路由协议，通过

QoS 参数优化实现数据优先级调度，确保关键告警信息的实时传输。

2.4 平台层设计

在智能建造监测系统的中枢控制模块设计中，数据处理中枢的构建需着重解决三大技术维度。在体系架构层面，采用分布式存储架构配合弹性计算资源池，通过 Hadoop 集群实现 PB 级监测数据的持久化管理，并构建实时流处理引擎保障数据处理时效性^[3]。在数据解析维度，运用时序数据库进行结构化存储，结合非结构化数据解析技术，采用 Apriori 算法挖掘施工参数间的关联规则，利用 LSTM 神经网络进行施工状态的趋势推演，同时建立基于决策树的异常模式识别模型。在风险防控模块，构建多维度评估机制，通过滑动窗口算法动态调整阈值区间，结合贝叶斯网络进行风险概率计算，当监测指标突破置信区间时，触发分级告警策略，通过短信 / 邮件 / 声光报警三级响应机制向项目管理层推送风险事件。该架构通过支持向量机进行特征选择优化，配合增量式学习策略持续更新预测模型，形成覆盖“数据采集 - 特征提取 - 模式识别 - 风险预警”的闭环处理链路。

2.5 应用层设计

在智能建造监测系统的用户交互模块设计中，人机界面的优化需遵循工程管理场景的实际需求。界面架构采用模块化布局，通过 WebGL 技术实现三维可视化渲染，将结构应力分布以动态热力图形式呈现，环境参数则通过时序曲线与阈值带对比展示，关键设备状态采用状态机模型进行可视化编排。系统功能模块包含四大核心组件，实时监控模块集成多维度数据看板，支持分层展示建筑本体参数、环境指标及设备运行状态；历史数据追溯模块构建时空数据库，支持基于 BIM 模型的施工过程回放功能，可精确定位特定时间点的结构状态。智能报告生成模块采用模板驱动机制，结合自然语言处理技术自动生成符合规范的施工日志与风险评估报告。风险响应模块建立多通道告警体系，除常规短信 / 邮件通知外，还集成移动端推送接口，当监测指标突破置信区间时，自动触发声光报警并关联项目管理平台生成工单。该设计通过构建 RESTful API 接口实现与 BIM 建模系统、施工管理系统的互通，形成覆盖“数据采集 - 状态感知 - 决策支持”的完整业务闭环。

3 基于物联网技术下智能建筑施工监测系统关键技术应用与实现

3.1 传感器数据采集与融合技术

在智能建造监测系统的数据获取环节，传感装置的部署与信息整合需遵循工程测量规范。现场感知单元的布设应依据《建筑结构监测技术标准》(GB/T 51214-2017) 要求，采用网格化布局策略，在承重构件、基坑支护体系等关键部位形成交叉监测网络^[4]。数据采集过程执行标准化操作规程，传感装置按照预设采样周期进行连续监测，通过惠斯通电桥

实现力学量向电压信号的转换,配合24位ADC芯片完成模数转换,采样率不低于100Hz以满足动态响应需求。为提升数据质量,系统集成多重校验机制,在硬件层面采用电磁屏蔽措施与信号调理电路抑制噪声干扰,通过冗余采集实现数据交叉验证。软件层面建立滑动窗口算法检测数据连续性,结合蒙特卡洛方法进行异常值剔除。多源异构数据融合模块采用分级处理架构,基础层通过加权最小二乘法消除传感器间量纲差异,中间层应用扩展卡尔曼滤波器构建状态空间模型,针对混凝土浇筑阶段的温度-应力耦合关系进行动态补偿。顶层引入深度学习框架,基于LSTM网络提取多维特征向量,通过迁移学习策略优化融合权重参数。该技术体系已成功应用于超高层建筑施工监测,实测数据显示融合后数据的置信度提升,较单一传感器测量精度更高。

3.2 无线通信技术实现

在智能建造监测系统的无线通信实现中,ZigBee技术的工程化部署需遵循层级化设计原则。硬件架构方面,网络拓扑由三类节点构成,网络协调单元作为主控节点,负责网络初始化及设备管理。中继节点承担信号中继功能,通过多跳通信扩展覆盖范围,传感终端集成各类传感器,执行数据采集与本地预处理。各节点间通过IEEE 802.15.4物理层协议实现2.4GHz频段的无线连接,支持127个设备接入规模。在协议栈配置层面,需部署ZigBee 3.0标准协议栈,通过API接口实现设备驱动加载。网络参数设置应遵循动态信道分配策略,优先选择干扰最小的2.4GHz频段子通道,并采用64位IEEE地址与16位网络地址双标识机制。组网过程需执行APS绑定表配置,建立设备间的逻辑关联关系,确保数据传输路径的确定性^[9]。针对通信可靠性保障,系统集成多重抗干扰机制,在物理层采用跳频扩频技术,通过伪随机序列实现频谱扩散,有效规避同频干扰。在数据链路层引入自动重传请求协议,设置最大重传次数阈值,结合退避算法优化重传时序。为提升传输质量,采用CRC32校验码进行数据完整性验证,并在应用层部署差错控制协议,通过ACK/NAK应答机制确认数据接收状态,满足施工监测对实时性的严格要求。

3.3 云计算与大数据处理技术

在智能建造监测系统的数据处理架构中,云平台与大

数据分析模块的设计需遵循分层解耦原则。云计算环境的构建需综合考量《云计算服务质量评估指南》(GB/T 35295-2017)要求,根据项目规模选择适配的服务模型。基础设施即服务模型通过虚拟化技术实现计算资源池化,支持弹性伸缩机制,适用于需要深度定制化资源调度的场景。平台即服务模型提供标准化的开发接口与中间件服务,可缩短应用开发周期,软件即服务模型则通过云端部署完成应用功能封装,适合快速部署需求。在数据处理维度,构建混合架构方案,Hadoop生态系统中的HDFS分布式文件系统实现PB级数据的跨节点存储,MapReduce框架通过任务分片机制将计算负载均衡分配至集群节点,处理效率较传统单机模式提升8~10倍。对于实时分析需求,采用Spark框架的内存计算优化,其DAG执行引擎支持迭代计算与流式处理,相比Hadoop可将响应时间缩短至毫秒级。数据处理流程包含多阶段优化,预处理阶段通过Apache Nifi实现数据清洗与格式标准化。特征提取阶段运用Apache Mahout进行高维数据降维,建模分析阶段基于TensorFlow构建预测模型。

结束语:在深入围绕基于物联网技术的智能建筑施工监测系统研究中,通过构建功能完备、性能可靠的智能化监测系统,能够实现对建筑施工过程中多参数的实时监测和智能预警,从而有效提升施工安全水平和工程质量。同时,通过加强和其他新兴技术的融合,如大数据、区块链等技术,可进一步推动建筑施工监测向着智能化、自动化以及精细化的方向发展,为建筑行业的可持续发展贡献出更多的力量。

参考文献

- [1] 廖文梯.物联网声学传感器网络在建筑监测过程中的应用研究[J].电声技术,2025,49(05):104-106.
- [2] 田晓.基于物联网技术的建筑施工消防安全动态监测及应急处置模式创新研究[J].消防界(电子版),2025,11(02):142-144.
- [3] 杨翠红.基于物联网技术的绿色建筑施工场地PM2.5污染监测方法研究[J].环境科学与管理,2024,49(09):147-152.
- [4] 胡洁茹,王旭.绿色智能建造与智慧管理在建筑施工中的应用[J].城市建筑空间,2024,31(S1):206-207.
- [5] 罗苗健,付晓奇,孙炳源,等.建筑施工人员体征监测系统设计与实现[J].物联网技术,2022,12(12):79-82.
- [6] 黄海荣,任旭升,郭勇博.建筑施工数字孪生模型智能预警技术研究[J].建筑技术开发,2024,51(02):3-6.