

基于物联网技术的停车架边缘服务监测系统

邵志峰¹, 张 力¹, 张桂扬¹, 范益群¹, 蒋理华²

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2. 上海续知空智能科技有限公司, 上海市 200131]

摘 要: 针对市政停车架钢结构健康状态的信息化智能化监测, 以及进入车架二层停放电瓶车的人员的智能引导需求, 研究提出了一种基于物联网技术的二层停车架边缘服务监测系统。利用所研发的边缘服务器和智慧停车综合管理平台, 实现对停车架钢结构的倾斜角度、振动速度以及二层车辆进出情况等事件的监测, 联动现场视频图像采集终端和报警装置, 通过平台能快速查询车架钢结构健康实时状态和报警信息, 并对进入二层停放电瓶车的人员进行智能引导。通过试点应用, 二层停车架边缘服务监测系统能够迅速检测停车架的结构健康状况, 并在异常情况发生时立即发出警报, 确保管理人员能在第一时间采取措施, 提升城市管理部门对市政设施的精细化管理水平。

关键词: 传感器; 物联网; NB-IoT; 停车架边缘服务监测

中图分类号: U491.7

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0353-05

Parking Frame Edge Service Monitoring System Based on IoT Technology

SHAO Zhifeng¹, ZHANG Li¹, ZHANG Guiyang¹, FAN Yiqun¹, JIANG Lihua²

[1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Xuzhikong Intelligent Technology Co., Ltd., Shanghai 200131, China]

Abstract: Aiming at the informational intelligent monitoring of the health state of municipal parking frame steel structure, and the intelligent guidance requirements for people entering the second floor of the vehicle frame to park electric bikes, an edge service monitoring system for second-floor parking frame based on Internet of Things technology is studied and proposed. The comprehensive management platform of the edge server and smart parking is used to achieve the monitoring of incidents such as the tilt angle, vibration speed, and second-floor vehicle entry and exit of parking frame steel structures, and to link the on-site video image acquisition terminal and the alarm device. The real-time health status and alarm information of the vehicle frame steel structure can be quickly queried through the platform. And the intelligent guidance is provided to the people who enter the second floor to park the electric bikes. Through pilot applications, the edge service monitoring system of the second-floor parking frame can quickly detect the structural health status of the parking frame, and immediately issue an alarm when abnormal situations occur to ensure that management personnel can take measures in the first instance to enhance the refined management level of municipal facilities by urban management departments.

Keywords: sensor; Internet of Things; NB-IoT; parking frame edge service monitoring

0 引言

自“十三五”以来, 上海的城市精细化管理工作不断推进, 已初步形成了安全、整洁、有序的市容市貌和城市管理格局^[1]。目前, 城市市政设施日益增多, 许多大型市政设施的设计和建造结构也日趋复杂。由上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司

主导的“城市重大市政基础设施智能化运维管控平台的构建及应用示范”项目, 是国家重点研发计划——“物联网与智慧城市关键技术与示范”专项。该项目旨在构建一个全面覆盖、全天候的综合智能系统, 具备智能分析和提前预警功能, 以解决市政设施在投入使用期间的运行安全问题^[2]。

二层停车架作为新型的市政设施, 为市民提供停车充电服务。在实际应用中, 电动自行车停车架自主运行, 未进行智能化运维管理, 若其建筑结构出现安全问题, 相关部门将得不到实时信息, 无法在第一时间处理, 同时对于停车数量也未能进行全天候

收稿日期: 2024-12-17

基金项目: 上海市科学技术委员会项目(22dz1203501)

作者简介: 邵志峰(2001—), 男, 学士, 工程师, 从事计算机硬件工作。

实时监控^[3-4]。针对上述现状,本文提出一种基于物联网技术的二层停车架边缘服务监测系统^[5-7],综合利用物联网、人工智能、5G未来网络等先进技术^[8-9],以及智慧边缘服务器、自主研发的智能网关等智能设备^[10],通过管理平台智能分析传感器实时监测数据及停车架二层电动自行车的停放数量^[11],结合结构健康监测安全风险数据阈值,对停车架结构安全进行监测预警,并对进入停车架二层停放电动自行车的人员进行智能引导^[12-13]。

1 监测系统介绍

基于物联网技术的二层停车架边缘服务监测系统监测对象如图1所示^[14]。该二层停车架占地为 $33.36\text{ m}\times 10.50\text{ m}\times 6.60\text{ m}$,主体结构为钢结构,二层顶棚铺设光伏板,由西向东有A、B、C、D、E五个主柱,起到支撑整个结构的核心作用,每个主柱在每层顶端向四周散开数根承重臂,承受整个顶棚和停车位的重量负荷。针对该停车架,该系统通过监测结构倾斜、振动异常、停车记录、安全警报等几个方面,来确保其安全性和可靠性^[15]。其中,结构倾斜由安装于主柱顶部的倾斜传感器监测,振动异常由安装于主梁承重臂中部的振动传感器监测,停车记录由安装于二层停车区出入口的电瓶车AI摄像头记录,安全警报由安装于一层停车区出入口的声光报警器发出^[16-17]。传感器将所收集到的数据,经由无线传输以HTTP协议方式发送至位于一层C柱横梁上的边缘服务器,由边缘服务器进行综合分析,若出现风险数据情况,则进行预警。所有传感器采样频率为0~200 Hz,收集数据后传输至边缘服务器,可以实现60 s内完成收集、分析、处理、预警过程,达到毫秒级的健康监控。同时,结合无线传感技术,利用智慧停车综合管理平台,可实时掌握平台监测范围内传感器的分布、状态及感知数据,从而实现对停车架钢结构的集中式、智能化管理^[18-19]。



图1 二层停车架实物图

整个系统层次划分为信息感知层、网络传输层和平台应用层,层次由下而上排列(见图2)。

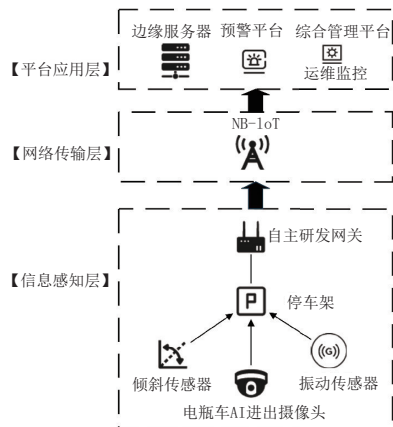


图2 系统架构示意图

系统的核心部分包括边缘服务器采集系统和智慧停车综合管理平台^[20-21]。边缘服务器采集系统集成了多种传感器和监控报警设备^[22],能够实时监测停车架钢结构的主承重柱倾斜、承重臂振动以及二楼停车层电瓶车的进出情况等日常运行状态。该系统对监测数据进行分析,并参考相关标准,如《工业建筑振动控制设计标准》(GB 50190—2020)^[23]、《建筑工程容许振动标准》(GB 50868—2013)^[24]和《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)^[25],设定各项阈值^[26]:振动X、Y、Z轴速度为1 mm/s,倾斜X、Y轴角度为 0.2° ,电瓶车停车位为60个。一旦监测到异常数据,例如梁柱倾斜、振动幅度过大或二楼电瓶车车位已满,综合管理平台将发出预警反馈^[27]。

2 硬件设计

2.1 设备选型及安装

振动传感器、倾角传感器采用的是上海牧坤电子科技有限公司的设备。M63型三轴加速度计(振动),安装在C柱顶棚的梁臂上。该传感器量程为 $\pm 2g$,采样率0~200 Hz,精度1mg,分辨率为0.1mg,稳定性为0.2mg,AD分辨率20 bit,同步精度0.1 ms,三轴通道设计,采用4G传输方式,协议为TCP,冲击极限1 000 g。M25型无线倾角传感器,竖直安装在C柱顶部。该传感器基于802.15.4协议,量程为 $\pm 15^\circ$,采样率1 Hz,精度高达 $\pm 0.005^\circ$,分辨率为 0.001° ,双轴通道设计,支持4G和RS485传输方式。

视觉传感器采用的是海康威视的DS-2CD3526FWDA3-ITS/DT型电瓶车进出AI摄像头,安装在二层出入口的横梁上。该摄像头采用RS485传输方式,120 dB的宽动态性能,视频采用H265 Main Profile

编码,音频采样率 8 kHz/16 kHz/32 kHz/44.1 kHz/48 kHz,最多支持 32 个用户管理。

预警设备采用的是广州悦欣电子科技有限公司的 YX75R-RYG(三色灯款)声光报警器,安装在一层出入口的横梁上。该报警器提供多种报警方式(频闪、爆闪、常亮),声响高达 100 dB,4 M 内存可播放 16 min 音频,文件格式 MP3(比特率≤192 kbps),IP65 防护级别,采用 RS485/RS232 传输方式。

边缘服务器采用的是上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司与上海顶逸信息科技有限公司共同研发的服务器,内置可移动式部署的精简版“智慧停车综合管理平台”,包含现场安全事件管理、结构健康安全信息管理、车位动态导向管理、环境监测、设备管理、播报管理等功能模块。服务器配有双千兆网口,2 个 485 串口,8 个 USB 传输,支持高清双显(HDMI+VGA),支持 WIFI 模式,支持 4G 模块,全封闭防尘,保护内部元件。

智能网关采用的是中国科学院上海微系统与信息技术研究所自主研发的泛在接入智能网关,支持各类型设备接入,按照传输标准支持无线传输(4/5G、LoRa、ZigBee、NB-IoT)及有线传输(RS232、RS485)。

传感和报警设备安装位置如图 3、图 4 所示。

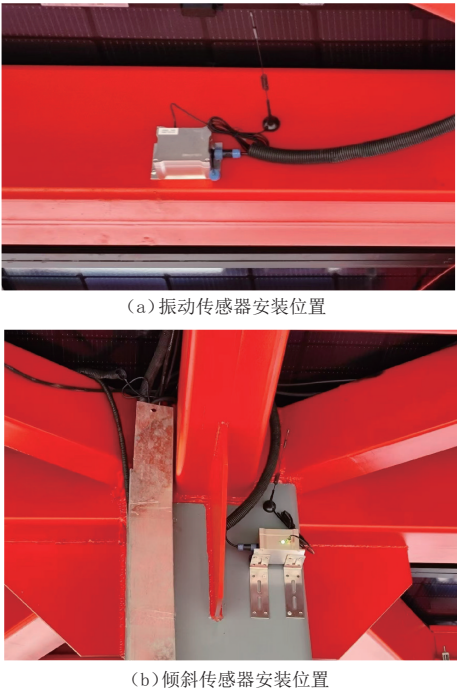


图 3 传感器设备安装示意图

2.2 设备数据传输格式

监测系统在数据的通信传输格式上严格按照物联网与管理平台之间的通信协议,充分考虑了



图 4 监控、预警设备安装示意图

传输的可靠性和高效性,并针对数据采集的实际信息进行了优化。数据模型使用 HTTP 协议进行数据的请求和回复。服务器通过 json 格式对回复报文进行封装,客户端需要按照 json 标准格式进行解析。

3 软件设计

3.1 系统管理平台

系统管理平台采用模块化设计,并基于 B/S 架构构建,主要由安全管理、动态导向和视频管理三个功能模块组成^[28-29]。该平台实现了二层停车架的边缘服务监测,具备设备位置分布、监测数据查询及统计分析、预警信息记录等功能^[30]。

整个系统的核心功能是对上传的数据进行融合分析,建立智慧停车综合管理平台,一站式集成所有分系统数据,同时实现所有数据的采集接口及向其他单位上传数据的推送接口的统一集成管理,方便维护,功能具有可拓展性^[31]。

3.2 软件流程

智慧停车综合管理平台的软件处理流程如图 5 所示。系统初始化后,进行数据采集,边缘服务器程序启动,收集传感器的数据并将其转发到综合管理平台。根据平台设定的风险预警阈值,对采集到的数据进行分析处理。当检测到风险数据时,预警管理功能模块会发出报警,同时启动声光报警器,在 1~5 min 的间隔内进行现场预警播报,以提醒市民注意安全,并通知相关管理部门进行现场勘察。

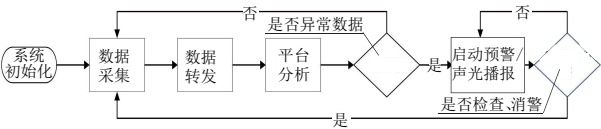


图5 软件处理流程图

4 测试结果与分析

该项目作为试点应用,源于国家重点研发计划“物联网与智慧城市关键技术及示范”专项中的“城市重大市政设施智能化运维与管控平台构建及应用示范”。针对上海闵行区的一座二层停车架,开展了边缘服务监测系统的应用,安装了感知设备并部署了边缘服务器,通过智慧停车综合管理平台实现了实时监测与管理。

在停车架开放运营期间,综合管理平台系统运行情况正常,各项监测历史数据可查询。平台界面显示直观清晰,操作简便,分区显示感知设备的测点

布置、实时状态以及监测数据曲线,并能通过屏幕点选快速查询到任一日期停车架实时状态数据。

2024年9月16日7时30分左右,台风“贝碧嘉”在上海浦东临港新城沿海登陆,台风中心附近最大风力达到14级(42 m/s,强台风级);同月19日21时45分左右,台风“普拉桑”在上海奉贤沿海再次登陆,台风中心附近最大风力为9级(23 m/s,热带风暴级)。台风期间强大的风压可能导致车架结构受力不均,从而引发倾斜,连接部位和支撑梁处可能出现剧烈振动,存在损伤风险,停放的车辆和设备也可能受到损坏,造成财产损失。因此,该系统对这两次台风期间的停车架监测数据进行了测试。经查询,综合管理平台准确记录了结构梁臂的振动数据、主柱的倾斜数据以及车辆的实时进出情况,直观展示了台风对停车架钢结构的影响。监测数据如图6至图8所示。

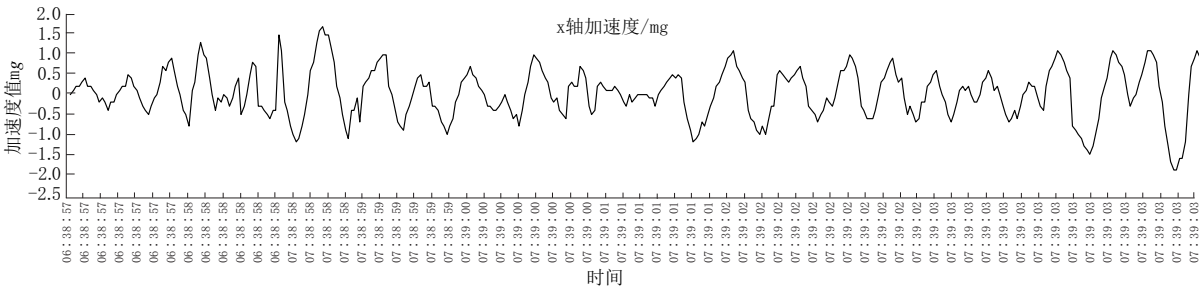


图6 9月16日台风“贝碧嘉”期间停车架振动传感器监测数据

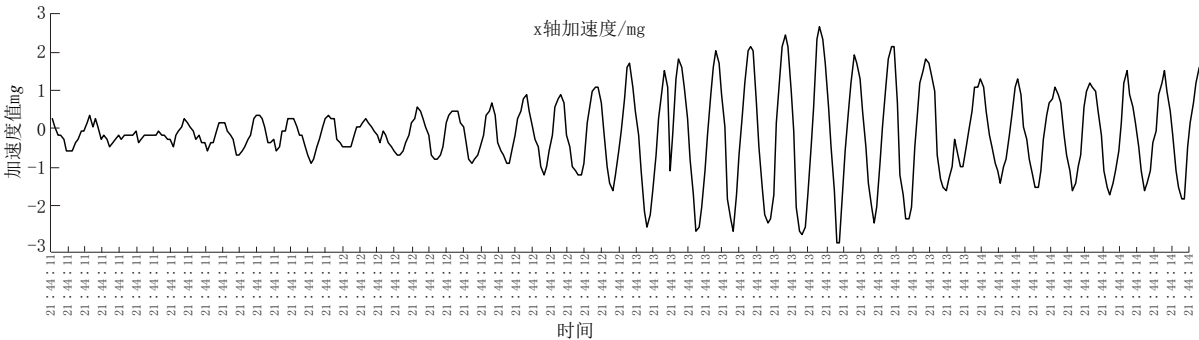


图7 9月19日台风“普拉桑”期间停车架振动传感器监测数据

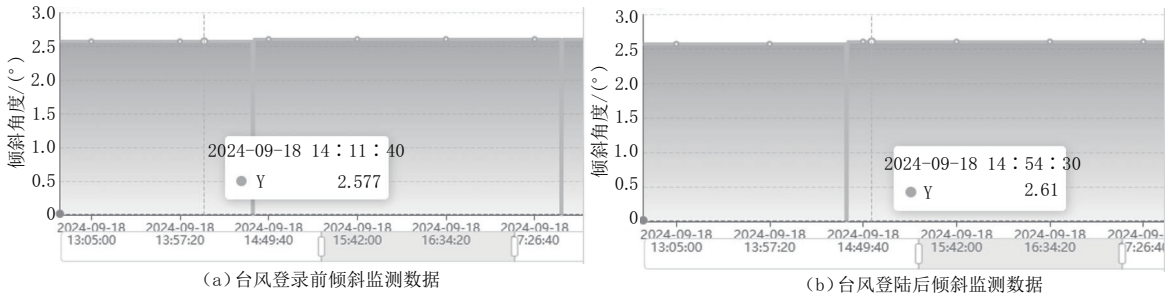


图8 倾斜监测数据

据分析对比:台风期间停车架梁臂振动数据幅度比平常大了7~10倍,但未超过风险阈值;主柱倾斜数据超过了风险阈值 0.2° ,通过平台预警管理进行了预警播报,并存有记录。

本次测试证明:该系统通过感知设备能够实时监测停车架的结构情况,确保管理人员能够及时获取关键信息;当监测出异常数据,预警设备能够立即发出警报,快速响应潜在问题,减少安全隐患,提升应急管理效率;通过物联网技术将传感器数据集中到管理平台,提供全面的数据分析和可视化界面,方便管理人员进行决策和资源调配;通过高效的监测和预警机制,提升停车架的安全性和可靠性,增强用户的安全性和满意度,呈现良好的社会形象,实现可持续运营。

5 结 语

本文提出的二层停车架边缘服务监测系统,严格遵循国家标准,解决了二层停车架的结构监测问题,确保了其安全性和可靠性。结合物联网技术,实现了数据的实时传输和集中管理,优化了资源的配置和管理效率,显著提升了停车架的精细化管理水平,为城市管理部门提供了更为科学、有效的管理方案。

参考文献:

- [1] 上海市人民政府办公厅.上海市人民政府办公厅关于印发《上海市城市管理精细化“十四五”规划》的通知[J].上海市人民政府公报,2021(20):41-51.
- [2] 周骥.物联网技术在智慧城市建设中的实践分析[J].未来城市设计与运营,2022(11):51-53.
- [3] 熊海贝,李志强.结构健康监测的研究现状[J].结构工程师,2006(5):86-90.
- [4] 肖菊,段鹏飞.面向楼宇结构健康的光纤传感网络监测系统研究[J].红外与激光工程,2021,50(8):288-294.
- [5] 宗跃然,左永辉,程勋煜.长大桥群结构健康监测系统设计[J].城市道桥与防洪,2024(5):15-17.
- [6] 杨海斌,姜长泓.基于WSN的建筑物结构健康监测系统设计[J].吉林农业科技学院学报,2014,23(1):38-41.
- [7] 张玉.向家坝升船机关键部件健康状态监测系统的研究[D].大连:大连海事大学,2022.
- [8] 李君.智能传感技术在桥梁结构健康监测中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(11):167-169.
- [9] 李宏伟,欧进萍.无线传感器网络在土木工程应用中的试验研究[J].计算机工程与应用,2005(15):207-210.
- [10] 王忠祥,王国庆,吴轶凡,等.基于OPC的边缘服务器采集系统软件设计[J].工业控制计算机,2023,36(11):27-29.
- [11] 李佳钰,朱嘉钰,王瀚霄.物联网技术在智慧交通中的应用[J].智慧中国,2024(6):87-88.
- [12] 宋文海.基于物联网技术的城市停车诱导系统研究[J].信息通信,2016(12):176-177.
- [13] 宋媚琳.浅谈物联网技术在停车诱导系统中的作用[J].智能建筑,2013(2):62-64.
- [14] 蒋勇,李顺飞,敖智,等.基于智能感知技术的地下停车场结构安全监测方法研究[J].中国储运,2024(8):192-193.
- [15] 周凯.钢结构施工过程健康监测技术应用方法研究[J].新城建科技,2024,33(11):60-62.
- [16] 黄文波,戚萱.桥梁智能健康监测技术及应用分析[J].高科技与产业化,2024,30(11):34-35.
- [17] 钱晟.徐浦大桥结构健康监测传感器布点方案设计[J].上海船舶运输科学研究所学报,2024,47(4):59-71.
- [18] 张其林,李哈,杨晖柱,等.钢结构健康监测技术的发展和研究[J].施工技术,2012,41(14):13-19.
- [19] 张立志.桥梁结构健康监测与智能预警平台建设分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(23):160-162.
- [20] 胥远超,李昊坤.土木工程结构健康监测技术创新与应用研究[J].新城建科技,2024,33(10):57-59.
- [21] 祝庭,白杰,杨叶,等.既有城镇建筑结构的健康监测技术及方案[J].工程建设,2019,51(8):64-67.
- [22] 顾颖程,魏柳,姜宁,等.边缘场景下面向分布式交互应用的服务器分配[J].计算机工程与科学,2024,46(10):1748-1756.
- [23] GB 50190—2020,工业建筑振动控制设计标准[S].
- [24] GB 50868—2013,建筑工程容许振动标准[S].
- [25] GB 50009—2012,建筑结构荷载规范[S].
- [26] 李宏男,李东升.土木工程结构安全性评估、健康监测及诊断述评[J].地震工程与工程振动,2002(3):82-90.
- [27] 吴薇薇.基于5G网络的边缘计算与人工智能协同分析[J].集成电路应用,2024,41(6):196-197.
- [28] 陈果,杨益.基于无线传感器网络的桥梁结构健康监测设计研究[J].工程技术研究,2020,5(3):226-227.
- [29] 杨松.无线传感器支持下桥梁结构健康监测研究[J].科技创新与应用,2018(30):58-59.
- [30] 朱俊明,郝万君,李泽,等.基于ZigBee无线传感器网络的建筑结构健康监测系统设计及实现[J].电子设计工程,2016,24(7):83-86.
- [31] 张颖,孙桂玲,李维祥.基于结构健康监测的无线传感器网络传输协议的设计和应用[J].无线通信技术,2010,19(1):31-35.