

基于物联网的重载铁路监控系统研究

郑文君

朔黄铁路原平公司 山西忻州 034100

【摘要】本文探讨了基于物联网的重载铁路监控系统的关键技术及其应用。首先,分析了传感器网络技术、无线通信技术、数据存储与处理技术以及数据分析与挖掘技术的关键作用。其次,阐述了物联网传感器集成与实时监测、智能预警与故障定位系统构建、远程控制与自动化维护流程实施以及数据整合与分析平台搭建的具体应用。研究表明,物联网技术能够显著提升重载铁路监控系统的智能化水平,实现高效的数据采集、传输、存储与分析,为铁路运营的安全性和可靠性提供有力支持。

【关键词】物联网;重载铁路;监控系统;传感器网络

Research on heavy-duty Railway Monitoring System based on the Internet of Things

Zheng Wenjun

Shuohuang Railway Yuanping Company, Xinzhou City, Shanxi Province 034100

【Abstract】This paper discusses the key technologies and applications of heavy-duty railway monitoring system based on the Internet of Things. Firstly, the key role of sensor network technology, wireless communication technology, data storage and processing technology and data analysis and mining. Secondly, the paper expounds the specific application of the sensor integration and real-time monitoring of the Internet of Things, intelligent early warning and fault positioning system construction, the implementation of remote control and automatic maintenance process, and the construction of data integration and analysis platform. The research shows that the Internet of Things technology can significantly improve the intelligence level of the heavy-duty railway monitoring system, realize efficient data collection, transmission, storage and analysis, and provide strong support for the safety and reliability of railway operation.

【Key words】Internet of Things; heavy railway; monitoring system; sensor network

引言

随着铁路运输需求的不断增长,重载铁路的安全性和可靠性成为关注焦点。传统的监控手段已难以满足复杂铁路环境下的实时监测与故障预警需求。物联网技术的快速发展为重载铁路监控系统提供了新的解决方案。通过传感器网络、无线通信、大数据分析等技术的综合应用,能够实现对轨道状态、环境参数及列车运行状态的实时监控与智能分析。本文旨在探讨基于物联网的重载铁路监控系统的关键技术及其应用,为铁路运营的智能化转型提供理论支持与实践参考。

1.基于物联网的重载铁路监控系统关键技术

1.1 传感器网络技术

传感器网络技术是达成数据采集传送的要点,得依据监控需求挑选恰当的传感单元类型,若进行轨道状态监测可采用加速度传感器、应变传感器和位移传感器;环境监测可采用温湿度、风速及雨量传感器;列车运行状态监测应采用振动传感器、温度及压力传感器等。传感器选型需顾及精度、可靠性、功耗和成本等各项因素,同时要适应铁路环境的特殊风采,就像抵抗电磁干扰、忍耐高低温变化、防尘防水等,谋划恰当的传感器网络拓扑格局,面对重载铁路存在的线路长、环境复杂特点,可采用分层分布结构,把传感器节点投放在轨道沿线、桥梁隧道、列车车身等关键位置,并采用无线自组网技术完成节点间数据通讯^[1]。

1.2 无线通信技术

实现重载铁路监控系统数据传输,无线通信技术起到关键作用,在铁路场景当中,顾及无线通信技术的选择需考虑覆盖范围、传输速率、抗干扰能力和功耗等因素,若碰到长距离、大范围的监控需求,可采用 LPWAN 低功耗广域网技术,仿若 LoRa 跟 NB - IoT。这些技术体现出覆盖广、功耗低的属性,适合敷设到铁路沿线,用来传输传感器采集的轨道状态及环境数据等,就列车运行状态监测等对实时性要求高的场景而言,可采用 5G 技术开展,5G 高速率、低延迟特性可实现列车高速运行时的数据传输需求,同时能支持多设备接入及大规模数据的传送。在实际实施阶段,得在铁路沿线竖设基站或网关设备,构建实现全线覆盖的无线通信网络,针对隧道、山区这类信号覆盖碰到难题的区域,能借助中继设备或漏缆技术增强信号强度,应设计一套高效的通信协议,健全数据传输手段,减少数据包丢包与滞后。

1.3 数据存储与处理技术

数据存储与处理技术作为重载铁路监控系统重要后盾,针对极大数据量的存储需求,可采用分布式存储体系架构,例如 Hadoop HDFS 加上云存储平台,这样的架构可实现数据高效存储扩展,同时赋予数据冗余与容灾的应变能力。对于实时性要求较高的数据,可把实时性要求较高的数据存于内存数据库(如 Redis)这个载体中,以实现读写速度提升;针对过去积累的历史数据,可采用时序数据库(以 InfluxDB 为例)存,便于后续开展相关分析查询。就数据处理工作而言,要构建数据清洗及预处理体系,因为传感器采集的数据也许存在噪声、缺失或异常,需采用滤波、插值、去重等办法筛选数据,规正数据质量,采用边缘计算手段,在数据采集端以及网关设备里面进行初步处理,诸如数据聚合、特征提取等项,减少数据传送总量和中心服务器运算压力^[9]。

1.4 数据分析与挖掘技术

数据分析与挖掘技术是达成重载铁路监控系统智能预

警的关键,需要构建数据挖掘模型,采用机器学习算法对采集的数据深度发掘,借助时间序列分析手段针对轨道状态数据开展趋势预估,迅速识别潜在故障;采用聚类算法对列车运行状态数据执行分类工作,判别异常模式;采用关联规则挖掘技术探寻环境数据与设备故障的关系,为故障诊断供给基础。搭建起故障预测与健康管理(PHM)系统,基于对历史数据跟实时数据的分析,构建起设备健康状态模型,预计设备的剩余寿命及故障风险,并规划出相应的维护策略,凭借支持向量机(SVM)或深度学习算法开展列车轴承振动数据分析,预判其故障发生时间,应当打造数据可视化工具,以图表、仪表盘等模样呈现分析结果,方便用户直观勘知系统状态。

2.基于物联网的重载铁路监控系统应用

2.1 物联网传感器集成与实时监测

根据重载铁路监控系统的需求,选择适合的物联网传感器,对于通信机房,需要选择能够监测电源设备状态、室内温湿度、空调运行状况等参数的传感器;对于隧道等关键区域,则需要选择能够监测漏缆状态、振动等参数的传感器。在选型时,要充分考虑传感器的精度、稳定性、耐用性以及与现有系统的兼容性。完成选型后,制定传感器的部署方案。对于通信机房,可以将传感器安装在机房的关键位置,如电源柜、空调出风口、室内环境中心等;对于隧道,可以将传感器安装在隧道壁或漏缆附近,确保能够准确监测到相关参数。在部署时,要遵循行业标准与规范,确保传感器的安装位置合理、固定可靠,并考虑到后续维护与更换的便利性。将传感器接入到重载铁路监控系统的网络中,是实现实时监测的关键步骤。可以采用有线或无线的方式将传感器与中央监控平台连接起来。如表 1 所示。

表 1 物联网传感器集成与实时监测数据

监测参数	传感器类型	量程	精度	安装位置
电源设备状态	电流传感器	0-100A	± 0.5%	电源柜、配电箱
电源设备状态	电压传感器	0-500V	± 0.2%	电源柜、配电箱
室内温湿度	温湿度传感器	温度: -20° C~60° C	温度: ± 0.5° C	室内环境中心、空调出风口附近
室内温湿度	温湿度传感器	湿度: 0%RH~100%RH	湿度: ± 3%RH	室内环境中心、空调出风口附近

2.2 智能预警与故障定位系统构建

对物联网传感器搜集的原始数据开展初步处理是关键一步,这涉及数据清洗,去除干扰与异常值,连同数据归一化,保障不同源头的的数据达成一致的量纲和范围,完成了预处理的数据用于特征提取,凭借机器学习算法挖掘出可体现重载铁路系统运行状态的关键特征。这些特征可充当预警模型训练的输入,按照新近提取的特征,选定恰当的机器学习算法组建预警模型,利用采集的历史故障数据作为训练集,采用监督学习优化模型参数,使模型可以精准判断未来一段时间内重载铁路系统是否会现故障,依照预警模型的输出结果,酌办合理的预警阈值。若预测结果超出了阈值,引发预警体系,给管理人员发送预警便笺,进而呈上详细的预警报告,涉及到预警产生时刻的时间、预警级别以及可能被波及的区域或设备等,在聚焦故障定位方面,开辟故障特征库,涵盖各类已知故障类型的特征说明,这些特征描述可自历史故障数据范围中提取,保障特征的全面性与准确性^[3]。

2.3 远程控制与自动化维护流程实施

铺建远程控制平台是实现远程操控的核心基础,该平台必须把视频监控、设备状态监测、远程控制指令发送等功能集成,凭借视频巡察,管理人员能实时对重载铁路沿线关键设备工作状态进行查看;设备状态监测功能实时采集并展现设备运行的各类参数,如热度、压强、震动等;远程控制指令发送功能准许管理人员在需要的时刻,经由平台给远端设备下达控制指令,如开启、休止、调控数值等。为实现自动维护作业,需开发一套依托物联网数据的自动化维护流程系统,该系统应具备数据分析、任务调度、维护执行及反馈等功能,数据分析模块担当处理从物联网传感器收集数据的工作,识别出设备维护需求与时段;任务调度模块借助数据分析得出的结果,自动产出维保任务,并安排恰当的维护时间

与人员;维护执行模块担当执行维护任务,如替换备用零件、调节设备参数值等;反馈模块可收集维护任务执行的结果,更新设备状态的数据,并为后续的维护工作提供借鉴。

2.4 数据整合与分析平台搭建

弄清楚数据整合与分析平台的目标功能,平台应可收集、整合来自物联网传感器、远程控制平台、自动化维护流程系统等多个数据源的数据,做到数据的集中管理及访问,平台应具备顶级的数据分析能力,可采用机器学习、数据挖掘类算法,从海量数据组成里提取有价值信息,为重载铁路的运营决策给予辅助。为实现数据的统一治理及访问,应当规划合理的数据架构,数据架构理应囊括数据源层、数据整合层、数据存储层以及数据访问层,数据源层担负采集各个系统原始数据的工作;数据整合层负责把原始数据转化为统一样式,并开展清洗、去重、归一等预处理工作;数据存储层承担起存储预处理后数据的工作,为数据分析铺就基石;数据访问层就是提供统一的接口,准许用户或应用程序去访问平台存储的数据,在实施数据整合与分析平台搭建时,需要挑选恰当的技术栈^[4]。

结语

基于物联网的重载铁路监控系统通过传感器网络、无线通信、数据存储与处理以及数据分析等技术的综合应用,实现了对铁路运营状态的全面监控与智能管理。该系统不仅能够提高数据采集与传输的效率,还能通过智能预警与故障定位功能显著提升铁路运营的安全性及可靠性。未来,随着物联网技术的进一步发展,重载铁路监控系统将朝着更加智能化、自动化的方向演进,为铁路运输的高效运营提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1]迟晓阳.重载铁路轨道机械维护大数据平台的设计[J].数字技术与应用, 2024, 42 (07): 11-13.
- [2]刘淼, 崔妍.基于数据中台的重载铁路智能化应用研究[J].铁路计算机应用, 2023, 32 (12): 67-72.
- [3]孙伟, 盛婕, 戴晋, 等.重载铁路接触网设备智能感知关键技术研究与应用[J].铁道运输与经济, 2023, 45 (11): 122-129.
- [4]刘朝晖.数仓平台在重载铁路监测系统中的应用[J].智慧轨道交通, 2023, 60 (02): 65-71.