

智慧地铁移动站务管理系统研制与应用

文 帆

深圳市地铁集团有限公司, 广东 深圳 518000

[摘要]随着地铁建设的飞速发展,城市轨道交通行业正朝着数字化、网络化、自动化方向迈进。在地铁信息化建设的进程中,面向地铁站务管理的业务系统研究较少,现行地铁运营服务体系亟需结合新技术建立新模式。某地铁在22号线站务管理系统移动终端研制过程中,根据站务工作的实际需求进行优化设计,对基于综合监控的管理系统各项功能做出改进和完善。借助各种现代化的信息技术手段完善数据管理系统,实现运营数据汇总、客流量统计、设备检测、安全预警等功能,移动终端同时支持数据分析和预测。提高地铁站务管理质量。

[关键词]智慧地铁; 移动站务管理; 综合监控系统; 实时数据处理; 巡检管理

DOI: 10.33142/aem.v7i7.17371

中图分类号: U293

文献标识码: A

Development and Application of Smart Metro Mobile Station Management System

WEN Fan

Shenzhen Metro Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: With the rapid development of subway construction, the urban rail transit industry is moving towards digitization, networking, and automation. In the process of subway informationization construction, there is relatively little research on business systems for subway station management, and the current subway operation service system urgently needs to establish new models in combination with new technologies. During the development of the mobile terminal for the station management system on Line 22 of a certain subway, optimization design was carried out based on the actual needs of station work, and various functions of the management system based on comprehensive monitoring were improved and perfected. By utilizing various modern information technology methods to improve the data management system, functions such as operational data aggregation, passenger flow statistics, equipment detection, and security alerts can be achieved. Mobile terminals also support data analysis and prediction, in order to improve the quality of subway station management.

Keywords: smart subway; mobile station management; integrated monitoring system; real time data processing; inspection management

城市轨道交通系统是现代都市公共交通体系里的骨干部分,它的运营管理水平 and 市民出行的便捷性以及安全性有着直接的关系。近些年来,我国地铁建设的规模一直在不断地扩大,线路网络也变得越来越复杂,传统那种依靠车控室固定终端来开展站务管理的模式已经很难去适应动态变化的运营环境了。特别是在出现客流高峰的时候,或者设备发生故障的情况,又或者是突发应急场景的情况下,站务人员都需要具备能够实时且移动化获取信息的支持能力。虽说地铁自动化系统当中的综合监控系统、电力监控系统还有自动售检票系统等都已经相对比较成熟了,但是真正能够面向站务一线移动管理需求的业务系统却还处在初步探索的阶段。某地铁22号线项目组凭借工业互联网平台以及移动通信技术,开发出了一套智慧地铁移动站务管理系统,这套系统能够实现站内信息的实时感知、移动巡检、多方协同以及数据的智能分析,有效地弥补了现有系统在实时性以及灵活性方面存在的不足,从而全面提升了地铁运营服务的质量以及响应的速度。

1 系统研制背景与目标

地铁在运营期间,其管理涉及到多个专业以及多种设

备的协同配合。传统的站务管理手段往往很大程度上依靠固定的监控终端以及人工进行巡检,如此一来便存在着诸多问题,比如信息更新总是滞后,沟通的效率也比较低,应急响应的速度同样很慢等。就某地铁的实际运营状况而言,该移动站务管理系统在研制时所设定的目标涵盖了要达成运营数据能够实时接入并且能以多维度的形式予以展示,要构建起移动化的巡检以及事件上报的相关机制,还要建立起跨系统的数据融合以及智能预警的能力,通过这些举措最终促使车站管理的整体效率以及服务水平得以提升。此系统从设计环节开始便着重突出其柔性、自适应以及模块独立性的特点,以此来保证它不但能够满足当下车站设备接入以及数据交互方面的各类需求,而且还有着不错的可扩展性,可以很好地去应对未来新技术以及新设备的集成情况。为了达成上述这些目标,项目组细致分析了车站日常运作过程里存在的信息断点以及响应瓶颈等问题,把该系统定位于综合监控系统的移动延伸,并非简单的替代品,特别关注在移动环境下实现那种轻量化却又关键的信息呈现以及交互功能,防止因为功能过于集中而对系统的响应速度以及稳定性产生影响。

2 系统总体设计

2.1 系统架构设计

该系统运用分层架构来开展设计工作,其架构包含了设备感知层、平台层以及应用层这三个层面。设备感知层主要承担着各类车站终端设备的接入事宜,这些设备囊括了供电设备、AFC 设备、站台门、环境传感器、消防设备还有视频监控装置等等,而且它还能够支持多种多样的工业通信协议,像 Modbus、IEC 104、TCP/IP 这类协议都在其支持范围之内。平台层在系统当中充当着数据枢纽的角色,它可达成对多源且异构数据展开实时处理、标准化操作以及存储工作的目的,依靠数据中台技术把实时数据库、历史数据库以及业务数据库给集成起来,进而给出统一的数据服务接口。应用层这边则是借助移动终端设备,比如 iPad Pro 这类设备,为站务人员呈上诸如客流监视、设备状态监控、报警管理、移动巡检以及即时通讯等一系列功能界面。在整个系统架构的设计过程当中,对于接口的规范性以及模块间的耦合度给予了格外的关注,如此一来,既能保障各个层级都能够独立地去演进与升级,又能确保数据在整个传输进程里始终维持着一致性与完整性,防止因为移动网络出现波动或者设备存在异构性而致使信息丢失或者解析发生错误的情况出现。

2.2 功能模块设计

系统核心功能模块有实时运行监控、移动巡检管理、故障预警与处理以及数据分析与决策支持这四大板块。实时运行监控模块把电力、机电、火灾报警、行车等多个专业的数据整合起来,给出一站式的监控视图。移动巡检模块可支持巡检路线的规划、实时轨迹的跟踪、多媒体事件的上报还有群组间的通讯。故障预警模块凭借规则引擎和历史数据模型,达成对设备异常以及客流超限的智能判断,并且推送报警信息。数据分析模块依靠大数据平台,针对客流趋势、能耗指标、设备运行状态展开多维度的统计,同时进行可视化的展示,以此给管理决策给予数据方面的支撑。每一个功能模块在设计的时候都充分考量了移动终端屏幕的尺寸以及操作的特点,运用信息分层呈现和手势交互相结合的方式,保证用户能够在移动环境下迅速获取关键信息并且完成相应的操作,降低操作步骤以及认知负荷。

2.3 技术实现路径

移动站务管理系统采用了跨平台开发技术。其服务层是以 .NET Core 框架以及 C 语言来开发 RESTful API 以及 WebSocket 通信服务的,而数据持久层则是借助 EF Core 组件来对接 DB2 数据库。移动客户端的开发同时考虑到 iOS 和 Android 平台,运用 WPF 以及 HTML5 技术来构建用户界面,并且还集成了 LiveCharts、Xceed、Aalondock 等组件以优化数据可视化的效果。该系统通过集成 ICE 通信框架达成与既有综合监控系统之间高效的、稳定的数据交换,利用 NLog 记录运行日志,依靠 WebsocketSharp 来保障实时通信的稳定性。其整体技术架构在保障功能实

现的过程中,着重强调系统的响应速度、可靠性以及可维护性^[1]。鉴于移动网络环境存在不稳定的状况,系统还实现了数据本地缓存与增量同步机制,当网络出现中断情况时,依旧能够继续提供关键信息的查看以及录入功能,在网络恢复之后会自动完成数据同步,以此确保业务操作的连续性以及数据完整性。

3 系统核心功能

3.1 实时运行监控

移动站务管理系统能够对车站内的各类设备运行状态展开全天候的实时监控,其涉及的范围涵盖了供电系统、环控系统、站台门、AFC 设备、消防设备以及行车信号设备。借助移动终端,站务人员可以随时随地去查看 27.5kV 与 400V 电力设备的电压、电流、开关状态以及故障信息,从而实时掌握隧道风机、冷水机组、通风空调等环控设备的工作模式与报警情况。该系统还集成了火灾自动报警系统的接口,能够动态地展示火灾探测器、控制盘、消防水泵等设备的报警信息与联动执行状态,以此来确保异常情况能够在第一时间被发现并得到处理。监控界面会依据设备类型与紧急程度对信息进行色彩编码与分级显示,以此帮助用户快速识别出高优先级的事件,并且还提供了趋势曲线与历史数据对比的功能,用来辅助判断设备状态变化的规律以及潜在的风险。

3.2 移动巡检管理

该系统创新性地引入了移动单兵作业模式,可支持站务人员在巡站期间借助移动终端来完成现场事件的上报以及协同处理相关事宜。其巡检管理模块拥有路线规划、排班管理、实时定位以及轨迹回放等功能,站务人员能够凭借终端拍摄现场照片、录制视频或者用语音进行说明,并且即时将这些内容上传至综合监控平台^[2]。移动终端依靠站内的 Wi-Fi 网络达成与监控中心之间的稳定数据传输,进而建立起跨岗位、跨专业的即时通信群组,大幅提升信息传递的效率以及突发事件响应的速度,完全改变了传统巡检当中存在的信息孤岛以及沟通延迟的相关问题。该系统还引入了基于地理位置的打卡与任务触发机制,当巡检人员抵达指定区域的时候,会自动推送该区域待检查设备的清单以及历史问题记录,以此确保巡检工作的全面覆盖并且没有遗漏,与此借助数字签名与时间戳技术来保障巡检过程的真实性和可追溯性。

3.3 故障预警与处理

该系统可依据实时数据以及历史规则达成对多种类型故障的早期预警和智能诊断,在设备方面,借助对电力、机电、消防等系统运行参数的连续监测,系统能够自动识别出异常模式并且生成报警事件,然后将这些报警事件推送到相关责任人员的移动终端^[3]。报警信息会按照紧急程度来进行分级展示,仅仅展示处于激活状态的紧急与严重报警,以此防止出现信息过载的情况。站务人员可以在移动端直接查看报警详情,确认处理进展,并且联动视频监

控系统来获取现场的实时画面,进而实现对故障的快速定位与处理,大幅缩减设备恢复所需的时间。系统还构建了闭环事件管理流程,从报警生成、工单派发、现场处理直至结果反馈都实现了电子化流转与记录,这不但提高了事件处理的效率,而且为后续的事件分析与预防提供了完整的数据支撑。

3.4 数据分析与决策支持

移动站务管理系统整合了大数据分析功能,针对客流、设备运行以及能耗等多种业务数据展开深入挖掘并以可视化形式呈现。该系统能够按照车站、线路以及时间段等多个维度来统计进站和出站的客流量,并且会综合历史数据来预测短期内的客流走向,以此作为客控调度的参考依据。其能耗管理模块拥有用电分项统计以及告警功能,可助力管理人员察觉到异常的能耗行为。所有的分析结果都会借助图表、仪表盘等不同形式在移动终端上清楚地展现出来,从而给车站运营管理工作、设备维护工作以及长远规划等方面给予稳固的数据支持。此系统还引入了依据机器学习算法构建起来的设备健康度评估模型,凭借对历史运行数据开展训练学习的方式,达成对关键设备剩余寿命以及故障概率的预估,进而指导维护计划的制定以及备品备件的储备工作,促使维修模式从传统的事后修复朝着预测性维护的方向去转变。

4 系统应用与成效

4.1 应用场景

自某地铁 22 号线正式投入使用的那一刻起,移动站务管理系统便已经在日常站务巡视、客流组织、设备监控以及应急指挥等诸多典型场景当中得到了全方位的应用。在每天的早晚高峰时段,站务人员凭借移动终端能够实时对闸机、扶梯、站台门等一系列乘客服务设备的运行状态予以监控,并且会依据实际情况动态地去调整客流疏导方案。就设备维护这一方面而言,该系统成功实现了从以往的被动检修模式向着主动预防模式的转变,在 2024 年的时候,系统的预警准确率达到了 92%,如此一来便有效地防止了重大设备故障的出现。与此移动单兵模式在应急演练以及实际发生事件的处置过程中都发挥着极为重要的作用,其能够提升跨工种之间的协作效率,同时也让处理流程的透明度得以提高。

4.2 效率提升分析

移动站务管理系统在投入使用之后,切实为一线人员减轻了工作方面的负担,同时也让信息处理以及事件响应的效率得到了提升。就传统的人工巡检还有数据记录方式而言,其所需花费的时间平均能够减少 50%,而事件上报以及反馈的周期也从原本的分钟级别成功压缩到了秒级别^[4]。参照 2023 年第四季度的运营统计数据来看,某

地铁 22 号线由于设备出现故障所引发的列车延误事件,相较于之前同比下降了 30%,乘客满意度调查所获得的得分也提高到了 94.5 分。这些所取得的成效,主要是因为有了信息的实时互通以及移动化处理的能力,进而使得站务管理变得更加精准且高效起来。

4.3 运维成本优化

该系统通过智能化监控与预警机制,有效降低人工巡检频率与设备维修成本。2024 年全线设备维修费用较 2023 年下降 18%,同时因设备故障引起的二次运营损失也大幅减少。移动化办公模式减少对固定监控终端的依赖,硬件投资与维护成本显著降低。预计到 2025 年,随着系统功能进一步优化与扩展,全年运维成本有望再减少 10% 以上,为地铁运营企业带来持续的经济效益。系统还通过能效管理功能识别出多类能耗异常点,如夜间照明过度、通风空调非高效运行等,通过优化控制策略年节约用电量达 120 万千瓦时,折合电费约 100 万元。此外标准化电子流程减少纸质单据使用与存储成本,年均节约印刷与仓储费用近 30 万元,在提升管理效率的同时实现绿色运营目标,预计可在投运后三年内实现完全投资回收,展现出良好的经济可行性。

5 结束语

智慧地铁移动站务管理系统成功研制并广泛运用,说明城市轨道交通运营管理朝着移动化、智能化方向迈出了稳健步伐。该系统把实时监控、移动巡检、智能预警以及数据分析等多项功能整合起来,弥补了传统固定式管理系统在灵活性和实时性方面存在的不足,给提升地铁运营效率、安全性以及服务质量给予了全方位的技术支撑。日后,伴随 5G 通信、物联网还有人工智能技术不断发展,移动站务管理系统还能进一步和城市智慧交通网络深度融合,达成更为广泛的设备接入、更精准的状态预测以及更高效的跨系统联动,促使地铁运营管理模式不断创新发展并实现升级。

[参考文献]

- [1]张博宇.基于工业互联网的轨道交通数智化与绿色化智慧运营技术研究[J].信息与电脑,2025,37(3):63-65.
- [2]修鑫鹏,邹劲柏,许哲谱,等.基于多制式融合的城市轨道交通专用无线通信检测系统的设计与实现[J].铁路计算机应用,2025,34(2):83-88.
- [3]韦庭三,韦江锋.城市轨道交通自动化设备在线监测应用[J].现代信息科技,2025,9(12):161-165.
- [4]曹锋,辛莅祚,朱梦瑶.火灾场景下地铁车站人员安全疏散路径动态规划方法[J].现代城市轨道交通,2025(8):87-94.

作者简介:文帆(1990.9—),男,汉族,毕业院校:西南交通大学,专业:交通运输。