

面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统方案研究^{*}

张兵建 裴加富 林 立

(卡斯柯信号有限公司, 200071, 上海//第一作者, 工程师)

摘 要 阐述了面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统的建设背景、现状及实现的必要性。重点介绍了建设面向乘客的城市轨道运营调度指挥系统所需要的数据支撑和系统结构设计。对该系统中的全息客流感知引导、客流预测分析、乘客体验智能化调整,以及应急调度指挥等核心功能设计进行了分析,介绍了基于工作流的智能化协同联动引擎系统的设计及其功能优势。对该系统在城市轨道交通领域的应用进行了总结和展望。

关键词 城市轨道交通; 运营调度指挥系统; 协同联动引擎系统

中图分类号 U292.4: U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.10.038

Research on Passenger-oriented Urban Rail Transit Operation Dispatching Command System

ZHANG Bingjian, PEI Jiafu, LIN Li

Abstract Firstly, the construction background, current situation and necessity of passenger-oriented urban rail transit dispatch and command system is introduced, the data required for the construction of the system and system structure design are emphasized. Then, the key functions such as holographic perception of passenger flow and guidance, passenger flow forecast and analysis, intelligent adjustment of passenger experience and emergency dispatching command are analyzed. The design of the intelligent coordinated linkage engine based on dataflow and its functional advantage are also introduced. Finally, application of the system in urban rail transit is summarized and prospected.

Key words urban rail transit; operation dispatching command system; collaborative linkage engine system

Author's address CASCO Signal Co., Ltd., 200071, Shanghai, China

1 城市轨道交通运营调度指挥系统的建设背景

以行车指挥为核心的运营调度指挥系统实现了传统综合监控和ATS(列车自动监控)设备与操控一体化集成,大幅提高了运营调度指挥系统的集成化、自动化水平,以及调度间协同指挥效率,降低了建设和运维成本。但目前的运营调度指挥系统还是以服务行车调度和设备调度为主,调度岗位设置上亦主要以总调、行调、电调、环调等为主,且全国各地调度设置上稍有不同,但大都未设置独立的乘客调。目前建设的运营调度指挥系统集成数据信息和功能设计还不足以支撑以乘客服务为中心的运营调度指挥功能。

从技术角度而言,以行车指挥为核心的运营调度指挥系统底层的软、硬件及通信技术已经构建一个高集成化、高自动化的监控调度平台。由于该平台连接了所有的弱电设备,且构建起了多专业的调度指挥能力,故运营调度指挥系统的功能定位可不必局限于设备监控或行车指挥的传统维度上。考虑到城市轨道交通最终还是为乘客服务,城市轨道交通运营单位的运营目标也逐步从追求列车准点率、满载率等列车运行指标向提升乘客安全、便捷和舒适度为主要指标的乘客满意度转变,以实现服务乘客、平衡客流及运能的运营调度指挥。

本文的研究目标是在既有运营调度指挥系统的基础上,完善乘客服务相关数据和功能设计,为调度人员提供面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统。该系统重点负责全方位动态、实时监控线路客流密度和动向,为线路运营调整、运能与客流匹配调整、乘客舒适度提升、应急指挥和智能化决策提供支持;实时监控与乘客密切相关的重大事件和故障,在突发情况下组织各专业子系统高效协

^{*} 上海市科学技术委员会科研计划项目(18DZ1205802)

同联动,及时安抚和疏导乘客,引导乘客有序疏散,保证乘客的人身安全,为城市轨道交通的安全运营提供保障和技术支撑。

2 面向乘客的运营调度指挥系统的数据支撑及结构设计

2.1 数据支撑

为了实现面向乘客的运营调度指挥系统的完整功能,该系统将城市轨道交通中与乘客出行密切相关的业务动态数据进行一体化集成融合显示和协同联动控制。该系统中主要涉及集成和互联的关键业务系统有 TCMS(列车控制与管理系统)、AFC(自动售检票)系统、ATS(列车自动监控)系统、正线及车载 PA(公共广播)系统、正线及车载 PIS(乘客信息系统)、正线及车载 CCTV(闭路电视)系统、EMCS(机电设备监控系统)、PSCADA(电力监控与数据采集)系统、PSD(站台屏蔽门)系统、无线对讲系统等。

除上述信息支撑外,为真实反映车站站厅层和站台层的乘客密度和流向,以及各运营车辆内的乘客情况,本系统还需监测与采集线路所有车站及运营车辆内的实时客流数据。车站和车辆内的实

时客流数据与 AFC 系统提供的进出站客流数据以及 TCMS 提供的车重数据相结合,共同为面向乘客的运营调度指挥及动态运营调整决策,如可为增减临时车等提供真实有效的数据支撑。

为了保证集成系统数据的实时性和完整性,本系统分别在控制中心和各车站设置主备冗余的 FEP(前端处理器)与各业务系统接口,收集各业务系统数据,并进行联动控制命令的转发;该系统同时也起到网络隔离的作用,避免系统间的相互干扰。

2.2 结构设计

面向乘客的运营调度指挥系统从结构上分为运行控制中心(OCC)、车站和车辆 3 层架构。其中,OCC 层主要由中央应用服务器、历史服务器、中心 FEP 设备,以及调度工作站等组成;车站层主要由视频识别分析服务器、车站实时服务器、车站 FEP 以及车站工作站等设备组成;车辆层主要由车辆视频识别分析服务器和车地无线网络设备组成。中心层和车站层主要通过通信骨干网互联通信,中心层和车辆层主要通过 LTE(长期演进)车地无线网络互联通信,以形成基于控制中心、车站和车辆的分布式运营调度指挥系统。系统总体架构如图 1 所示。

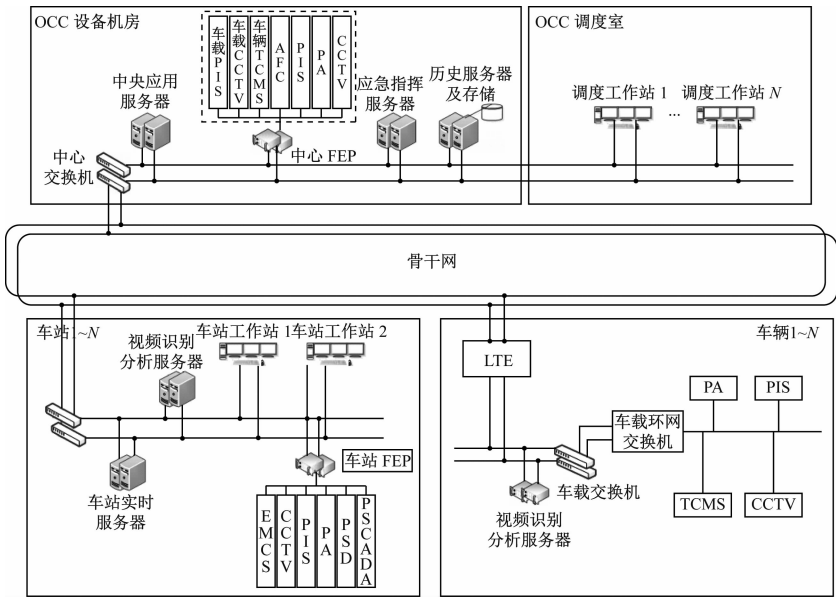


图 1 面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统架构图

Fig. 1 Architecture diagram of passenger-oriented urban rail transit operation dispatching command system

该系统架构设计上与传统运营调度指挥系统最主要的差异在于:该系统在车站和车辆上分别设置了视频智能化分析设备,用于实现实时客流的全

面感知和采集,以更好地进行客流的实时监控、预测分析,以及辅助运营智能化调整决策。

3 乘客调度指挥功能设计

基于从各业务系统获取的全息数据,本方案采用基于信号和综合监控一体化的智能监控平台,设计实现面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统。该系统将传统综合监控系统和信号 ATS 进行深度集成,构建运营、调度、指挥一体化融合显示和操控平台。系统典型界面如图 2 所示。

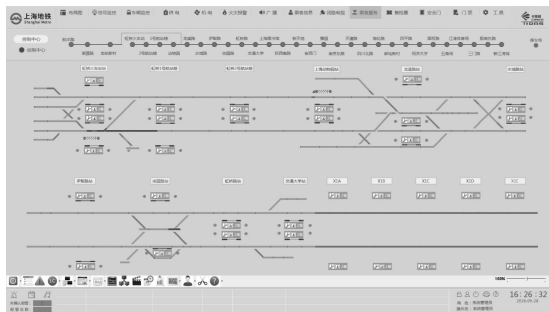


图 2 面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统典型界面
Fig. 2 Typical interface of passenger-oriented urban rail transit operation dispatching command system

在信号和综合监控一体化融合显示和操控的基础上,该系统面向乘客服务,新增设计了全息客流感知引导及预测分析、乘客体验智能化调整,以及应急调度指挥等核心功能模块。

3.1 全息客流感知引导及预测分析

3.1.1 全息客流感知引导

面向乘客的运营调度指挥系统基于 AFC 客流数据、车站和车辆视频识别分析数据,实现全线客流的全息感知和引导。主要感知信息如下:

1) 感知各车站出入口、进出闸机客流,以及各站厅/站台的客流分布及其拥挤度,并以客流热力图的方式进行实时展现;车站客流分布信息可共享给 PIS,以进行站内乘客引导。

2) 感知运营车辆各车厢内的乘客密度及其拥挤情况,引导车厢内乘客向相对空闲的车厢移动。同时可将车厢内识别分析的拥挤度信息通过车地无线发送到车站,并在车站站台 PIS 显示屏上显示预到站列车各车厢的拥挤度,引导候车乘客自主选择候车站位。

3) 基于视频识别分析技术,对车站和列车车厢内乘客的异常行为进行识别,重点关注乘客冲突、乘客突发疾病等异常情况。当识别到乘客有异常行为时,及时上报至中心运营调度指挥人员,以进行远程指挥处置。

4) 对车站因关键系统设备故障、线路临时运营调整、突发外部客流输入等大客流情况实施监控并及时预警或报警。在客流持续异常的情况下,计算投放备车的时机,并给出建议供运营调度决策,协同联动车站各业务系统执行车站限流预案,使备车投放效率最大化。

3.1.2 客流预测分析

面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统基于视频智能识别的车站和列车实时客流、AFC 5 min 实时客流,以及历史 OD(起讫点)客流、断面客流等数据,实现车站客流的常态预测分析。主要预测内容包括:进站客流、出站客流及断面客流的常态预测,以及进、出站客流的实时预测等。该系统采用的客流预测模型以及预测输出如图 3 所示。

通过对历史客流和实时客流进行统计分析,以及对基于时间段、车站的客流分布规律进行统计分析和趋势分析,可以对面向客流的智能化调度调整和调度指挥提供科学的决策依据和建议,从而更好地进行乘客运送和引导,以实现运能与客流的匹配,提高乘客出行舒适度和体验。

3.2 乘客体验智能化调整

为了给乘客提供舒适、便捷的出行体验,该运营调度指挥系统根据线路运营动态,可对运营设施设备自动进行智能化调整,主要如下:

1) 基于车辆照明及空调系统的远程监控功能,在特定场景下(如乘客投诉)对在线运行车辆客室内照明及空调温度模式等进行调节,或对设备开关进行控制,给乘客创造舒适的乘车环境。

2) 基于车载视频智能化识别,对车辆车厢的拥挤程度进行实时监控,并与车载和地面 PIS 联动,引导乘客分散候车或下车,提高乘客车站上、下车效率。

3) 基于站台视频智能化识别,对各站台候车区域进行排队情况监控,联动 PA 和 PIS 告知乘客调整候车区域;对车站换乘通道客流及其拥挤情况进行实时监控,联动 PA 和 PIS 通知乘客避开拥挤通道。

4) 基于对车站环境的感知,如季节、温湿度、客流等,自动调节车站温湿度及通风系统等,为乘客提供舒适环境。

通过与车辆 TCMS 接口共享数据的方式,实现对全线与车载乘客服务相关设备状态的实时监视功能,包括车载 CCTV、车载 PA、车载应急对讲电



图3 面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统客流预测模型

Fig. 3 Passenger flow forecast model of passenger-oriented urban rail transit operation dispatching command system

话、车载 PIS、车载照明、车载空调、逃生门等;实现车站电梯、自动扶梯、PA、PIS、CCTV 等乘客服务设施状态的实时监视功能,从而有效避免设施设备故障对乘客安全出行和舒适度的影响。

3.3 应急调度指挥

基于智能协同联动引擎建立车辆和车站应急场景处置预案。在突发事件产生时,面向乘客的城市轨道交通运营调度指挥系统协同集成或互联的各专业子系统进行应急联动操作和处置,可以大幅提高应急调度指挥效率。预案执行完成后,自动生成预案处置报告;也可将应急场景和处置过程保存,用于后续的应急指挥演练,提升运营调度指挥应急处置能力。以车辆严重故障时乘客区间紧急疏散为例,介绍该系统的应急调度指挥流程(见图4)。具体过程如下:

1) 监测到车辆严重故障后,该系统自动联动车载 PA 和 PIS 并发布乘客安抚信息,同时自动调取疏散车辆的视频监控;

2) 将联动信息推送到电调工作站,通过电调确认并对第三轨进行断电操作,确保疏散方向第三轨断电;

3) 将联动信息推送到行调工作站,对后续列车进行扣车,不允许其再进入区间;如果后续列车已进入区间,则远程控制后续列车触发紧急制动;

4) 将联动信息推送到环调工作站,开启疏散方向的区间照明设备;开启疏散方向的区间风机,为乘客提供新风;

5) 通过车载广播方式,指导乘客通过解锁开关解锁车门或打开逃生门;指导乘客沿正确的方向疏散;

6) 联动调阅乘客疏散方向的区间视频监控设备,实时监控乘客疏散路线,同时通过区间广播设备指导乘客有序疏散,避免相互踩踏;

7) 通过区间视频设备或移动通信提供的乘客接入数量,监控疏散区间是否有遗留乘客,确保所有乘客都已安全疏散撤离。

4 智能化协同联动引擎设计

面向乘客的运营调度指挥系统集成车辆 TC-MS、AFC、CCTV、PA、PIS、PSD、ECMS、ATS 等与调度指挥密切相关的业务子系统。为了更高效地进行多专业协同调度指挥和应急处置,本系统研究实现了基于工作流的智能化协同联动引擎。图5为智能化协同联动引擎架构。图5中,智能化协同联动引擎由联动服务器、联动管理客户端和联动数据库3部分组成,为面向乘客的运营调度指挥系统的场景联动提供流程性管理服务。智能化协同联动引擎依赖于参与运营联动场景的各专业子系统暴露的数据接口,进行联动预案触发和联动指令下发,从而将各个专业系统串联起来,实现协同联动。

智能化协同联动引擎采用自动化业务逻辑的可视化编排模式,赋予面向乘客的运营调度指挥系统一种灵活多样的跨专业联动能力。确定联动场景后,可通过事件或时间维度的条件触发,以数据

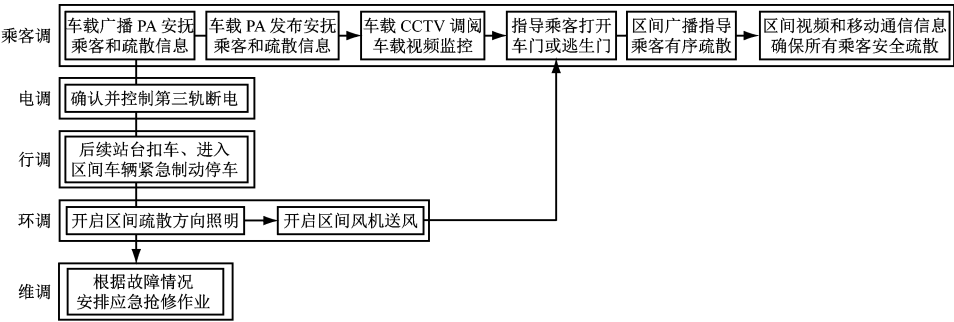
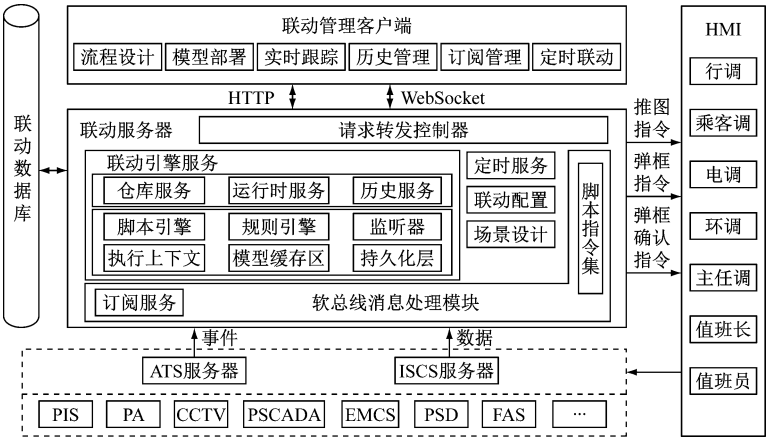


图 4 面向乘客的运营调度指挥系统应急疏散处置流程图

Fig. 4 Eemergency evacuation disposal flow chart of passenger-oriented urban rail transit operation dispatching command system



注:HTTP 为超文本传输协议;WebScoket 为网络套接字;ISCS 为综合监控系统;HMI 为人机界面接口。

图 5 智能化协同联动引擎架构

Fig. 5 Intelligent coordinated linkage engine architecture

驱动联动业务模型自动执行,从而大幅提升面向乘客的运营调度指挥效率。

5 结语

面向乘客的运营调度指挥系统基于信号和综合监控一体化智能监控平台,围绕以乘客服务为核心,面向城市轨道交通运营调度指挥,实现了对车辆、AFC、CCTV、PA、PIS、PSD、ATS 等与乘客调度指挥密切相关的核心业务系统融合集成和协同。依托智能化协同联动引擎系统自动化和可视化的业务逻辑设计功能,可以灵活、方便、高效地进行应急联动场景的自定义设计,从而实现高度集成化、自动化和智能化的运营调度指挥。随着新技术的快速发展和安全技术的日益成熟,全自动无人驾驶系统建设热潮逐步开启。该系统高度集成化、自动化和智能化的特性将更好地辅助运营控制中心的调度指挥人员进行乘客服务,尤其是无人驾驶车辆的乘客服务和应急指挥。

参考文献

[1] 钱江. 以行车指挥为核心的城轨交通多业务联动研究及应用[J]. 铁道通信信号, 2015(7): 78.
QIAN Jiang. Study and application of traffic control centered multi-service cooperation of urban rail transit[J]. Railway Signaling & Communication, 2015(7): 78.
[2] 胡恩华, 裴加富, 林立, 等. 视频智能识别技术在信号设备自动巡检中的应用研究[J]. 铁道通信信号, 2019(3): 64.
HU Enhua, PEI Jiafu, LIN Li, et al. Research of application of intelligent video identification technology in automatic inspection of signal equipment[J]. Railway Signaling & Communication, 2019(3): 64.
[3] 林立, 裴加富, 巩林玉, 等. 北京地铁 6 号线行车综合自动化系统的实现[J]. 城市轨道交通研究, 2014(10): 110.
LIN Li, PEI Jiafu, GONG Linyu, et al. Implementation of integrated traffic control automation system for Beijing metro Line 6[J]. Urban Mass Transit, 2014(10): 110.

(收稿日期: 2019 - 11 - 29)