

智慧城市轨道交通系统架构研究*

梁 瑜¹ 何世伟² 宋 瑞² 郝思嘉²(1. 中车工业研究院有限公司, 100160, 北京; 2. 北京交通大学综合交通运输大运输数据应用技术
交通运输行业重点实验室, 100044, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘 要 借鉴国内外既有研究方法, 基于智慧城市轨道交通系统的用户需求分析, 梳理了智慧城市轨道交通系统功能的层次划分, 阐述了服务框架、逻辑框架、物理框架及通用技术平台的建立, 探讨了各组成部分间的关系及信息流的内部流转。智慧城市轨道交通系统架构的建立有助于梳理协调各子系统的运作, 提高系统效率, 推动建立完善的城市轨道交通出行服务体系。

关键词 城市轨道交通; 智慧交通系统; 架构; 信息技术

中图分类号 F530.7; C931.6

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.04.021

Research on Architecture of Smart Urban Rail Transit System

LIANG Yu, HE Shiwei, SONG Rui, HAO Sijia

Abstract By referring to domestic and foreign existing research methods, based on analysis of user needs of smart urban rail transit system, the system functionality levels are sorted. The establishment of service framework, logic framework, physics framework and general technology platform is expounded. The relationship between each component and internal circulation of information flow are discussed. The establishment of a smart urban rail transit system architecture helps to sort out and to coordinate the operation of various subsystems, improving system efficiency, and promoting a comprehensive urban rail transit travel service system.

Key words urban rail transit; smart transportation system; architecture; information technology

First-author's address CRCC Industrial Research Institute Co., Ltd., 100160, Beijing, China

互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术的发展催生了诸多新理念、新应用。基于“智慧地球”“智慧城市”^[1]的发展理念, 智慧城市轨道交通成为当前轨道交通领域的发展热点和趋势。文献[2-4]将智慧城市轨道交通的内涵

概括为更立体的感知、更深入的智能和更全面的互联互通。

智慧城市轨道交通系统是由列车运行系统、通信系统、信号系统、自动售检票系统、乘客资讯系统、综合监控系统、综合安防系统等多个子系统构成的典型复杂系统。大量列车运行及乘客出行等时空数据信息在子系统中产生并在各子系统间传输。如何集成系统信息资源并对信息进行监控、分析和处理, 从而协调各子系统的有序运行, 保障城市轨道交通系统的安全、可靠、高效的运营, 为用户提供智慧化服务是运营管理者面临的巨大挑战。因此, 需要基于子系统和需求特征建立一个广泛适用的、可操作的、灵活的体系架构。

我国轨道交通起步较晚, 有关智能化或智慧化系统架构研究较少。文献[5]将智慧轨道交通系统划分为智慧管理、决策与智慧系统, 智慧轨道交通全联网, 轨道交通智能物理基础设施三层, 但并未研究系统内数据流向。文献[6]分析了交通大数据内涵并建立了大数据驱动的智能交通系统的体系框架。文献[7]从全球视角论述了智能交通的发展过程。文献[8]指出智慧交通是交通管理发展的第四阶段, 并论述了智慧交通的定义和构成。国外的运输系统架构体系相关研究多集中于铁路运输系统。欧洲为实现全欧洲范围内的互联互通, 于1989年开始开展欧洲铁路运输管理系统(ERTMS)的项目研究^[9]。日本于2000年提出CyberRail系统体系旨在提供实时的联运旅客信息服务和实现实时的智能列车控制^[10]。中国铁道科学研究院集团有限公司也于2003年启动中国铁路运输系统标准体系项目, 建立RITS(Railway Intelligent Transportation System)体系框架^[11]。由于铁路运输系统和城市轨道交通系统在运行服务及车辆信号等方面存在较

* 中国中车股份有限公司科技研究开发计划项目(CJIS18-KJ004)

大的差异,不能完全照搬,因此本文围绕城市轨道交通“智慧”这一主题建立城市轨道交通系统体系架构。

1 智慧城市轨道交通服务需求

1.1 需求主体

智慧城市轨道交通系统的用户主体可分为内部用户和外部用户两大类(如表 1 所示)。内部用户为内部管理部门,需要共享信息、进行决策管理。外部用户主要为乘客、系统设备服务供应商及其他交通方式的管理部门。智慧城市轨道交通系统的服务主体见表 2。

表 1 智慧城市轨道交通系统的用户主体表

Tab.1 User principal of smart urban rail transit system

用户组	用户
内部用户	客运管理部门
	车辆管理部门
	站务管理部门
	设施设备管理部门
	票务管理部门
	资产管理部门
	安全管理部门
外部用户	乘客
	供应商、信息服务商、合作伙伴等
	其他运输方式管理部门

服务主体分为七大类,详见表 2 服务主体表。

表 2 智慧城市轨道交通系统的服务主体表

Tab.2 Service principal of smart urban rail transit system

服务主体组	服务主体
客运管理	客运管理部门
车辆调度	车辆调度部门
站务管理	站务管理部门
设施设备管理	列车运行系统管理部门
	客运服务系统管理部门
	检修保障系统管理部门
资产管理	票务管理部门
	资产管理部门
信息服务	设备信息管理部门
	运营信息管理部门
安全管理	灾害与防护管理部门
	应急救援管理部门

1.2 用户需求

1.2.1 外部用户需求

乘客在出行前可通过客户端使用预约服务,获知车站服务公告、线网实时拥挤度示意图、实时客流控制信息、运营结束时间等日常运营信息,在乘车过程中能了解车速、到站时间等车辆运行情况信息,并能在旅途中享受个性化服务。

供应商、信息服务商及合作伙伴等其他外部用户的需求主要是设备状态信息显示。

1.2.2 内部用户需求

内部集成的需求:城市轨道交通各子系统应集成在统一平台上进行综合监控,实时监测轨道交通网络情况,方便运营维保管理工作,使得智慧城市轨道交通系统的操作可视化、透明化。

数据信息传输与共享的需求:既能实现建设期及运营期等不同时期信息的衔接处理,又能满足列车运行智能控制的要求。由于城市轨道交通系统列车运行高度依赖于信号及通信,故列车运行信息需实现快速采集,并在列车和调度管理等部门间高效传输,以作为列车控制及应急救援等的依据。

2 智慧城市轨道交通系统功能

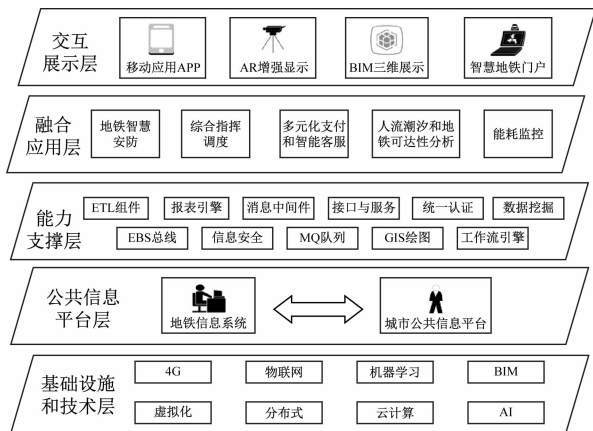
值得指出的是,“智慧”理念不同于“智能”。就整个智慧城市轨道交通系统而言,智能化主要是以车辆及信号等专业为主的设备智能,是智慧城市轨道交通系统的基础层面。为了实现与乘客更好地交互,智慧城市轨道交通系统还需要能够对各种信息进行处理并反馈,具有诱导及决策功能,提供个性化服务。这是管理层面的智慧。

智慧城市轨道交通系统功能的层次划分如图 1 所示。

第一层为基础设施和技术层,其功能是实现对于轨道交通信息的感知与采集,以及对数据的处理。随着网络技术及可视化技术的进步,城市轨道交通系统的综合感知力得到提升。

第二层为公共信息平台层。其功能是整合基础设施和技术层等各部分得到的分散数据。该层通过与城市公共信息平台的对接,支撑起融合应用层,成为交互展示层信息融合、发布的平台。

第三层为能力支撑层,与公共信息平台层属于同一层次,依靠一系列软件,实现城市轨道交通系统所需的功能,为融合应用层和交互展示层提供支撑。



注:AR——增强显示;BIM——建筑信息模型;ETL——数据仓库技术;EBS——企业服务总线;MQ——消息队列;GIS——地理信息系统;4G——第四代通信技术;AI——人工智能。

图1 智慧城市轨道交通系统功能的层次划分

Fig.1 Functionality levels of smart urban rail transit system

第四层为融合应用层,通过对下层收集信息的高度整合与分析,完成智慧城市轨道交通系统的配置优化。

第五层为交互展示层,利用可视化技术及交互技术,将所处理的信息通过各种形式,清晰地展示给用户。

3 智慧城市轨道交通系统架构

借鉴国内外相关经验,采用面向过程的方法,建立智慧城市轨道交通系统架构。从数据流的角度来刻画系统功能,用自上而下、逐步分解的方法对智慧城市轨道交通系统进行结构化分析,设计出与各类用户服务相应的、一系列结构相互独立、功能单一的功能模块。智慧城市轨道交通体系框架主要由服务框架、逻辑框架、物理框架和通用技术平台等部分组成。

3.1 服务框架

基于需求分析,以高效、可靠、安全为目标,从用户导航、运营管理、综合运输、资源管理4个方面将智慧轨道交通系统划分为7个服务子系统。具体服务框架如图2所示。智慧轨道交通系统的服务框架确定了满足用户需求所需的各类服务,是构建逻辑框架和物理框架的基础。

3.2 逻辑框架

智慧轨道交通系统的逻辑框架如图3所示,其是从逻辑角度来描述其内部结构的,针对服务框架确定的各类用户服务,从内部对输入数据流、输出

数据流及处理过程进行结构性组织。

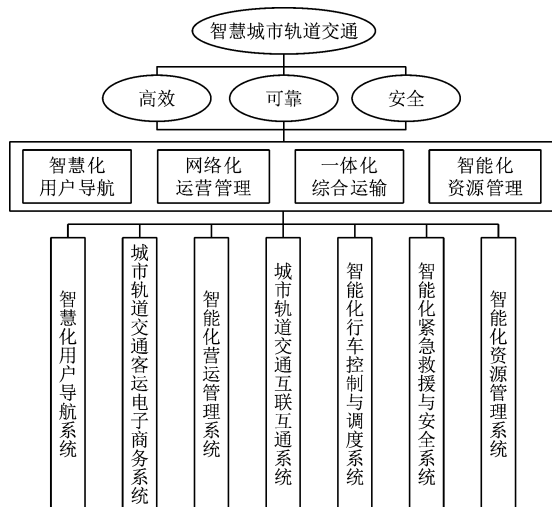


图2 智慧城市轨道交通服务框架

Fig.2 Framework of smart urban rail transit service

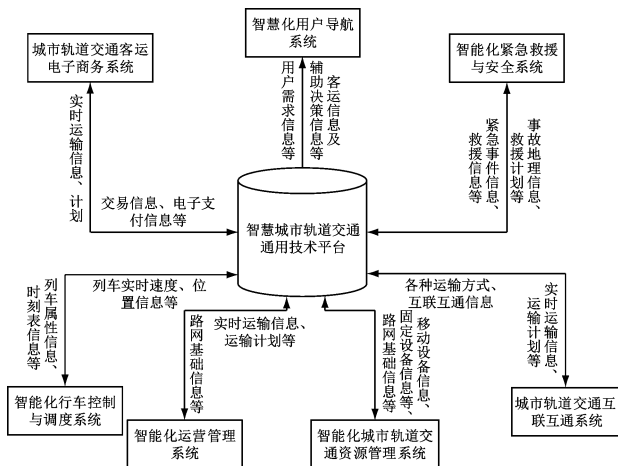


图3 智慧城市轨道交通系统的逻辑框架

Fig.3 Framework of smart urban rail transit system logic

智慧化用户导航系统包括旅客出行链上的全程导航服务功能。客运电子商务系统包括客运电子商务、电子商务平台功能。城市轨道交通互联互通系统包括多模式基础运输数据共享、多种交通运输方式的互联互通决策功能。智能化紧急救援与安全系统包括紧急事件救援、行车安全及维修决策支持、城市轨道交通综合防灾以及平交道口安全监控等功能。智能化城市轨道交通资源管理系统具有轨道交通运输资源管理、运输资源维修管理及财务资产管理功能。智能化运营管理系统具有客运管理、票务管理及智能化列车运行管理等功能。智能化行车控制与调度系统具有智能列车控制、综合调度控制及车站控制等功能。

3.3 物理框架

物理框架将逻辑框架中所定义的各类功能模块及数据流进行整合,进而定义能实现各类功能的物理子系统、子系统之间交互的框架,以及子系统间关系。

智慧城市轨道交通系统利用现代化智能设备代替人工操作,根据信息的传输和反馈进行列车运行组织和客流组织。所有自动化设备均由中央监控系统管理。具体物理框架如图 4 所示。

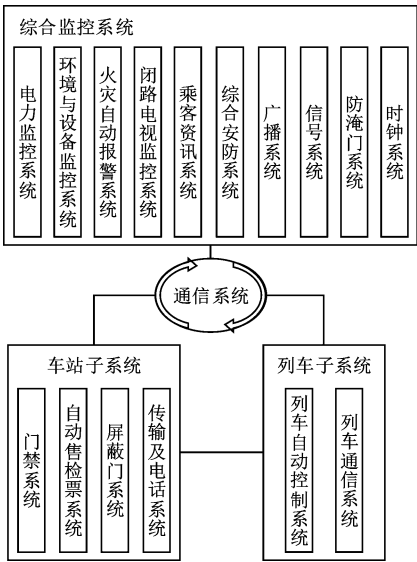


图 4 智慧城市轨道交通物理框架

Fig. 4 Framework of smart urban rail transit physics

3.4 通用技术平台

3.4.1 数据来源

智慧城市轨道交通系统的运作依赖于其系统内数据信息的高效传输,故需建立通用技术平台以实现海量信息的处理和共享。数据来源见图 5 所示。

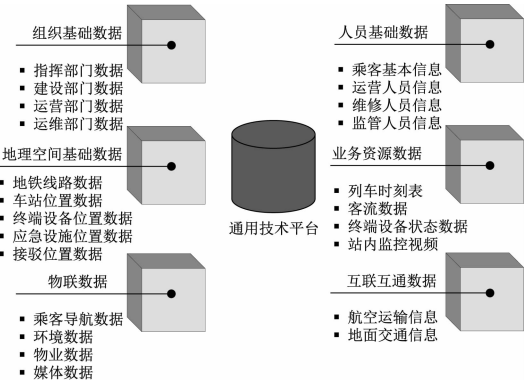


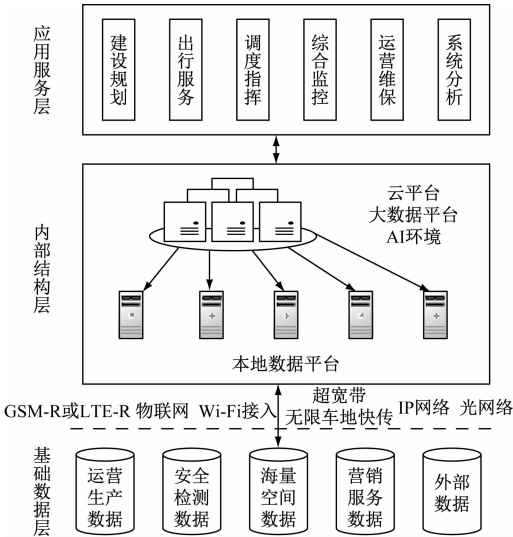
图 5 智慧城市轨道交通通用技术平台数据来源

Fig. 5 Data source of smart urban rail transit general technology platform

3.4.2 技术平台

基于信息流的流向,通用技术平台划分为数据

接入层、内部结构层和应用服务层,如图 6 所示。数据接入层提取现有业务系统中的共享信息资源、运营实时信息,以及其他运输模式及机构的相关信息,并传送到内部结构层;然后,内部结构层对原始数据进行规格化处理后存储,并发送到综合信息中心平台。应用服务层采用数据挖掘、智能决策等技术为用户提供信息及决策服务。用户通过应用服务层从内部结构层提取数据。



注:GSM-R 为数字移动通信系统;IP 为国际互连协议;LTE-R 为轨道交通长期演进技术。

图 6 智慧城市轨道交通系统架构通用技术平台

Fig. 6 Platform of smart urban rail transit system architecture general technology

3.4.3 前沿技术

1) 人工智能技术:包括大数据技术、计算机视觉技术、语音技术等,能够对城市轨道交通海量信息进行处理,探索人工系统运行规律,实现机器对人类的意识及思维过程的简单模拟,使智慧轨道交通系统具有自主决策能力。

2) 建筑信息化模型:能实现对计量数据、虚拟三维实景、图形和非图形信息的整合处理,将城市轨道交通工程地理位置等内容进行模型化三维处理。在城市轨道交通工程项目维护业务的信息化运作中,BIM 发挥了巨大的作用。

3) 5G(第五代移动通信)技术:5G 的数据传输速度很高,不仅方便视频的实时调看,实现系统的快捷监控,还能完成列车设备监测数据的自动高效传输,进而实现设备健康管理和状态及时分析。

4) 新一代信息技术还包括物联网、云计算、边缘计算、视频图像分析及信息融合等技术。网络互联的移动化和泛在化、信息处理的集中化和大数据化、信息服务的智能化和个性化,都将驱动城市轨

道交通的智慧化发展。

4 结语

本文分析了智慧城市轨道交通系统的需求和功能,并采用面向过程的方法建立了整体体系架构。服务框架、逻辑框架、物理框架的搭建梳理了智慧城市轨道交通系统的服务领域,体现了内部信息在各子系统间的流向。通用技术平台使得智慧城市轨道交通系统管理更加一体化和集成化。智慧城市轨道交通系统架构研究有助于提高其子系统协同运行效率,提供面向用户个性化需求的智慧化服务。

参考文献

- [1] 李德仁,姚远,邵振峰. 智慧城市的概念、支撑技术及应用[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2012(4): 5.
LI Deren, YAO Yuan, SHAO Zhenfeng. The concept, supporting technologies and applications of smart city[J]. Journal of Engineering Studies, 2012(4): 5.
- [2] 陈向东,杨斌. 智慧轨道交通——更透彻的感知[J]. 计算机应用, 2012(5):1196.
CHEN Xiangdong, YANG Bin. Smart rail transportation-in-depth sensing and perceiving[J]. Journal of Computer Applications, 2012(5):1196.
- [3] 窦军,曾华荣,谭献海,等. 智慧轨道交通全联网(SRT-IoT)——更广泛的互联互通[J]. 计算机应用, 2012(5):1199.
DOU Jun, ZENG Huashen, TAN Xianhai, et al. Internet of things for smart rail transportation: aiming for wider range of object-interconnection[J]. Journal of Computer Applications, 2012(5):1199.
- [4] 杨燕,朱焱,戴齐,等. 智慧轨道交通——实现更深入的智能化[J]. 计算机应用, 2012(5):1205.
YANG Yan, ZHU Yan, DAI Qi, et al. Smart rail transportation-an implementation of deeper intelligence[J]. Journal of Computer

Applications, 2012(5):1205.

- [5] 曾华荣,朱怀芳. 论智慧轨道交通及其系统架构[J]. 计算机应用, 2012(5):1191.
ZENG Huashen, ZHU Huaifang. Smart rail transportation and its system architecture[J]. Journal of Computer Applications, 2012(5):1191.
- [6] 陆化普,孙智源,屈闻聪. 大数据及其在城市智能交通系统中的应用综述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015(5):45.
LU Huapu, SUN Zhiyuan, QU Wencong. Big data and its applications in urban intelligent transportation system[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015(5):45.
- [7] 戈晶晶. 智慧交通,全球视角[J]. 中国信息界, 2017(5):68.
GE Jingjing. Intelligent transportation, global perspective[J]. Information China, 2017(5):68.
- [8] 王少飞,杨翠. 论智慧交通[J]. 中国交通信息化, 2015(6):18.
WANG Shaofei, YANG Cui. About intelligent transportation[J]. China ITS Journal, 2015(6):18.
- [9] 卢乃宽. 欧洲铁路运输管理系统——21 世纪的全球解决方案(上)[J]. 铁道通信信号, 2001(7):37.
LU Naikuan. European railway transport management system—global solutions for the 21st century (part I) [J]. Railway Signal & Communication, 2001(7):37.
- [10] 史天运,张洪宇,贾利民. 日本铁路智能运输系统(RITS)——CyberRail 框架及研究现状[J]. 中国铁道科学, 2003(6):83.
SHI Tianyun, ZHANG Hongyu, JIA Limin. Railway intelligent transport system in Japan—CyberRail framework and research status[J]. China Railway Science, 2003(6):83.
- [11] 李平,张莉艳,贾利民. 铁路智能运输系统的研究[J]. 中国铁道科学, 2004(1):63.
LI Ping, ZHANG Liyan, JIA Limin, et al. Research on railway intelligent transportation system [J]. China Railway Science, 2004(1):63.

(收稿日期:2020-04-27)

我国北斗在铁路行业的综合应用示范工程通过验收

记者3月19日从中铁第五勘察设计院集团有限公司(简称“铁五院”)获悉,中国北斗卫星导航系统重大专项——北斗铁路行业综合应用示范工程日前圆满完成各项任务,为中国建立铁路行业北斗“应用+标准”双重体系奠定了基础,有力促进了中国北斗和中国高铁两张“国家名片”的深度融合。

据介绍,北斗铁路行业综合应用示范工程是国家北斗重大专项面向铁路行业的首批综合应用示范项目——围绕建设1个大数据中心,构建1个时空信息云平台,融合大数据、GIS(地理信息系统)、物联网、5G、云计算、BIM(建筑信息模型)技术,面向铁路勘察设计、施工及运维三大阶段,在铁路工程测量、自动化监测系统、智慧工地系统、位置感知预警防护系统、铁路工务巡检、轨道测量及平顺性检测、“一带一路”中欧班列集装箱定位跟踪、高分遥感地质调查和高铁列控系统等等9大铁路业务板块推广了8000余台套北斗终端设备。

“该项目在‘北斗+5G’服务于综合立体交通数字化转型、交旅融合、铁路架梁定位跟踪及抢修等领域进行了延伸应用。”铁五院北斗铁路行业综合示范应用项目总设计师饶雄说。

据了解,该示范工程同步完成了71项北斗知识产权布局和专利预警,助力打造了产品系列化、技术标准化、应用规模化、服务产业化、市场全球化的“五位一体”北斗应用产业。

(摘自2022年3月19日新华网,记者赵旭、丁静报道)