

5G在智能高铁中的应用

陈 苏, 赵 晟

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要: 5G 具有大带宽、高可靠、低时延、海量连接等优势, 已成为智能高铁不可或缺的重要信息基础设施。分析 GSM-R 系统的应用现状, 指出 GSM-R 系统存在的问题。对 5G 在智能高铁中的应用需求进行分析, 并针对智能高铁的各种业务需求提出相应的应用模式。以 5G、云计算、大数据、人工智能、物联网为标志的新一代通信信息技术在铁路行业的融合应用, 将有效提高铁路运输服务质量、安全性和运营管理效率。

关键词: 5G; 智能高铁; 融合应用; 增强移动宽带; 海量机器类通信; 超高可靠低时延通信

中图分类号: U285.21⁺¹

文献标志码: A

文章编号: 1673-4440(2022)07-0046-05

Application of 5G in Intelligent High-speed Railways

Chen Su, Zhao Sheng

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: 5G has the advantages of large bandwidth, high reliability, low latency and massive connections, and has become an indispensable and important information infrastructure for intelligent high-speed railways. In this paper, the application status of GSM-R system is analyzed, and the existing problems of GSM-R system are pointed out. Then the paper analyzes the application requirements of 5G of intelligent high-speed railways, and puts forward the corresponding application mode according to the various business requirements of the intelligent high-speed railways. The fusion applications of a new generation of communication and information technology in the railway industry, marked by 5G, cloud computing, big data, artificial intelligence, and the Internet of Things, will effectively improve the quality, safety, reliability and operational management efficiency of railway transportation services.

Keywords: 5G; intelligent high-speed railway; fusion applications; enhanced mobile broadband; massive machine type communication; ultra-reliable and low-latency communication

1 概述

收稿日期: 2021-05-21; 修回日期: 2022-04-27

第一作者: 陈苏(1986—), 女, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向: 智能高铁及智慧交通枢纽通信信息工程, 邮箱: 625278737@qq.com。

随着云计算、大数据、人工智能、物联网、超高清视频等技术的快速发展, 移动通信需求呈爆炸式增长, 移动通信系统不再仅仅是为了满足“人与

人”之间的通信需求而存在，而更多是满足“人与物”和“物与物”之间的通信需求。现有移动通信系统难以满足层出不穷的新业务发展需求，第五代移动通信技术（5th Generation Wireless Systems, 5G）应运而生。

2016年12月，中华人民共和国国务院发布《“十三五”国家信息化规划》，提出统筹国内产学研用力量，推进5G关键技术研发、技术试验和标准制定，提升5G组网能力、业务应用创新能力。2020年3月，中华人民共和国工业和信息化部发布《工业和信息化部关于推动5G加快发展的通知》，明确提出加快5G网络建设部署、丰富5G技术应用场景、持续加大5G技术研发力度、着力构建5G安全保障体系和加强组织实施等五方面18项措施，全力推进5G网络建设、应用推广、技术发展和安全保障，充分发挥5G新型基础设施的规模效应和带动作用，支撑经济高质量发展。从国家密集出台的5G相关政策可知，加速5G发展已势在必行。

5G与云计算、大数据、人工智能、物联网、超高清视频、增强现实（Augmented Reality, AR）、虚拟现实（Virtual Reality, VR）、北斗导航等基础信息技术的融合应用，颠覆了传统的业务形态，催生出全新的服务和应用需求，推动传统行业进行转型升级，深刻改变社会生产和生活方式。

现有铁路数字移动通信系统（Global System for Mobile Communications-Railway, GSM-R）主要承载语音调度、列控、调度命令、无线车次号校核等窄带业务，已无法满足业务智能化发展的需求。2020年8月，中国国家铁路集团有限公司出台《新时代交通强国铁路先行规划纲要》，明确提出自主研发新型智能列控系统、智能综合调度指挥系统以及新一代铁路移动通信系统，加大5G通信网络、大数据、区块链、物联网等新型基础设施建设应用，构建泛在先进、安全高效的现代铁路信息基础设施体系。因此，作为智能高铁极其重要的信息基础设施，有必要对5G在智能高铁中的应用进行深入研究。

2 GSM-R系统应用现状及存在问题

2.1 GSM-R系统应用现状

GSM-R是为满足铁路应用需求而专门开发的“窄带”数字无线通信系统，主要提供以下功能。

语音调度通信：满足列车司机、调度员、车站值班员、运转车长等行车作业人员间的语音通信需求，并提供站内组呼、邻站组呼、紧急呼叫等功能。

列控信息传送：为列控系统地面设备和车载设备提供数据传输通道，实现超速防护、防列车溜逸、列车准确定位、应答器信息接收处理、轨道电路信息接收处理等功能。

调度命令信息传送：为调度系统地面设备和车载设备提供数据传输通道，传送调度命令、行车凭证、列车进路预告、调车作业通知单、调车请求等行车指挥信息。

无线车次号校核信息传送：为车载设备提供数据传输通道，将列车车次号信息上传至调度中心设备，供其进行校核。

区间维护作业通信：满足工务、电务、供电、水电等部门区间维护作业通信需求。

应急移动通信：满足公安、抢修、救援等多部门、多工种的应急移动通信需求。

2.2 存在问题

GSM-R网络采用频分双工工作方式，仅有 2×4 MHz带宽可供使用，上行工作频段为885～889 MHz，下行工作频段为930～934 MHz，频道间隔为200 kHz，扣除隔离保护频点后，实际可用频点只有19对。GSM-R网络每个载频有8个时隙，使用电路域传送数据时的峰值速率为9.6 kbit/s，使用通用无线分组业务（General Packet Radio Service, GPRS）网络传送数据时的峰值速率为171.2 kbit/s，无法满足下一代列控系统、超高清视频、乘客信息系统（Passenger Information System, PIS）、物联网等业务系统对于大带宽和海量连接的需求。同时，GSM-R网络采用核心网-基站控制器-基站三级架构，分组

业务需由 GPRS 网络单独处理，网络层级多，结构复杂，网元数量多，无法满足下一代列控系统对于高可靠和低时延的需求。

3 智能高铁5G应用需求

3GPP 为 5G 定义了增强移动宽带（enhanced

Mobile Broadband, eMBB)、海量机器类通信（massive Machine Type Communication, mMTC）和超高可靠低时延通信（ultra Reliable Low Latency Communication, uRLLC）三大应用场景，如图 1 所示。

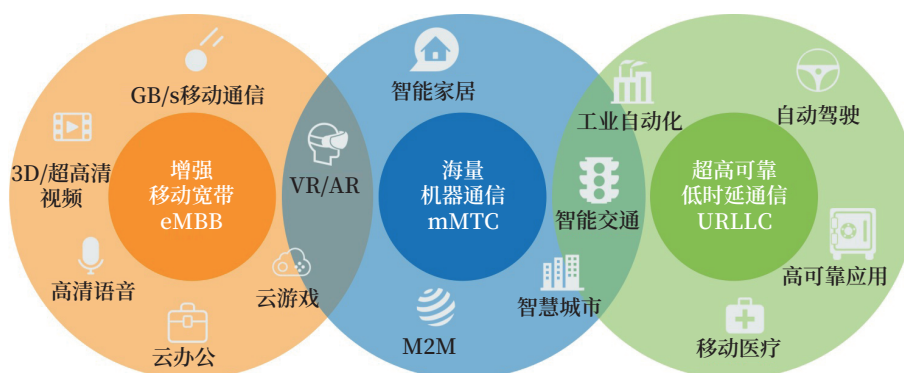


图1 5G三大应用场景示意

Fig.1 Schematic diagram of the three major application scenarios of 5G

随着国内高铁向智能化方向飞速发展，铁路运输生产的业务需求已发生巨大而深刻的变化，列车运行自主化、运营维护智能化、乘客出行人性化、应急防灾高效化，提升建设运营管理效率，改善乘客出行体验成为新的发展目标。

如图 2 所示，智能高铁在下一代列控系统、列车多媒体调度指挥、超视距灾害监控、列车运行状态监测、智能运维、智能运营、车载高清视频实时回传、车载 PIS、车载 Wi-Fi 等方面提出了全新的业务需求。

4 5G在智能高铁中的应用

4.1 下一代列控系统

目前，国内时速 350 km 高速铁路采用 CTCS-3 级列控系统，采用基于车 - 地通信以地面设备为主的控车模式。CTCS-3 级列控系统属于固定闭塞制式，列车安全间隔较大，线路利用效率较低。

高速铁路下一代列控系统是基于无线通信和卫星导航技术的列车运行控制系统，并融合应用基于卫星导航的列车定位技术、高速条件下的移动闭塞



图2 智能高铁5G应用需求

Fig.2 5G application requirements of intelligent high-speed railways

控制技术和自动驾驶技术。下一代列控系统将突破传统的基于车 - 地通信以地面设备为主的控车模式，向基于车 - 车通信以车载设备为主的控车模式发展。通过无线网络实现列车间的直接通信，后车可实时获取前车的位置信息、速度信息和运行状态信息，从而实现精确控车。基于车 - 车通信的列控系统赋予车载设备 RBC 功能，车载设备需要获取大量实

时数据,对无线通信网络的带宽、实时性和可靠性要求极高。5G 网络具有大带宽、高可靠、低时延的技术特点,可用于承载基于车-车通信的列控系统业务。通过 5G 网络实现车-车间大带宽高可靠实时通信,将闭塞制式从固定闭塞变为移动闭塞,实现列车安全间隔的实时精确控制,大大提高了铁路运输效率。同时,减少了大量地面设备,降低了系统全生命周期建设运维成本。

4.2 列车多媒体调度指挥

基于 5G 网络大带宽、高可靠、低时延的技术特点实现列车多媒体调度指挥,可以为各级调度员提供可视化调度、语音调度、视频监控、视频会议、数据会议、文本调度等全方位、多样化的调度手段。各级调度员与列车司机能够进行面对面般的交流,并了解列车实时运行状态,使调度工作更加人性化和精细化。

4.3 超视距灾害监控

超视距灾害监控可将列车司机视距外的路况高清视频实时传至列车驾驶室的监控屏,为司机提供“千里眼”,确保行车安全。目前,高铁沿线已实现视频全覆盖,受限于 GSM-R 网络的传输带宽,无法将地面实时视频上传至列车。通过 5G 网络将高铁沿线的视频实时上传到列车,让司机可以提前观察前方路况。同时,地面边缘计算节点对高铁沿线所有视频进行实时分析,通过人工智能技术自动判别滑坡、塌方、泥石流、人员入侵、异物侵限等危险情况,并将预警信息和相应的现场实时视频及时传送到列车,实现突发事件的车地协同预警与处置。

4.4 列车运行状态监测

利用 5G 网络低时延、广覆盖、海量连接的技术特点,综合采用智能感知、物联网、大数据分析、人工智能等技术,对列车整车、走行系统、牵引系统、制动系统、各类车载设备和车厢环境安全等状态信息进行实时采集和分析,实现对列车运行状态的实时监测、故障诊断、故障预警、故障分析、趋势预测和隐患挖掘,保证铁路运输安全。

4.5 智能运维

高速铁路沿线设施设备众多,维护工作量大;维护机构多,难以统筹协调;天窗时间短,人力资源严重不足。以 5G 网络为基础平台,综合利用物联网、联网无人机、AR/VR、云计算、大数据和人工智能技术,实现海量数据的采集、分析、处理和资源共享,满足高速铁路智能运维的需求。

利用各类传感器采集桥梁、隧道、路基、轨道等基础设施和通信、信号、信息、电力、电气化、机电等系统设备状态数据,通过 5G 网络实时回传运维管理云平台。

5G 网络赋予联网无人机超高清视频传输、低时延控制、远程联网协作和自主飞行等重要能力,可以实现对联网无人机的监视管理、航线规范、效率提升。5G 联网无人机使无人机群协同作业成为可能,运维单位可共享无人机资源,采用“5G 联网无人机+程序化操作”方式对铁路沿线各系统设施设备进行统一巡检,并将各类数据实时回传运维管理云平台。

通过对海量回传数据的大数据分析和人工智能深度学习,预测各系统变化趋势,变计划修为状态修,实现系统全生命周期智能监管,有效提高系统安全可靠性和运维效率。

利用 5G 网络大带宽、低时延的技术特点,现场维护人员与指挥中心可通过 AR、VR 设备进行远程交流,实现专家远程在线指导,节省人力和时间成本。

4.6 智能运营

以 5G 为基础网络平台,实现以智能旅服、智能环控和智慧能源为标志的智能运营。

1) 智能旅服

为旅客提供室内导航、定位、上网、服务预约、信息查询、信息推送等服务,通过客流分析动态调整售票窗口、进站及安检通道数量,为重点旅客提供帮助。

2) 智能环控

利用各类传感器采集室内各区域温度、湿度、照度、噪声、空气质量等实时数据，动态调整空调、供暖、新风、照明、广播等系统工作状态，提高旅客舒适度，延长设备使用寿命。

3) 智能能控

实时监测综合显示屏、空调、供暖、新风、照明、给排水、电扶梯等设备能耗，结合视频和客流分析结果，动态调整设备工作状态，有效降低能耗。

4.7 车载高清视频实时回传

通过 5G 网络将车载高清视频实时回传至综合视频监控中心，将地面视频监控网络与车载视频监控网络融为一体。公共安全部门可通过云计算 + 大数据 + 人工智能技术的深度融合，自动识别恐怖分子、犯罪分子和行为可疑人员，迅速制定抓捕方案，并自动启用图像追踪和多系统联动功能，为预防和打击犯罪以及防范恐怖袭击提供技术支撑。同时，当列车发生事故、火灾、机电设备故障等灾害事件时，应急指挥中心可观看现场实时图像，为制定应急抢险和防灾救援方案提供决策依据，为系统联动提供技术支撑，有效提高应急救援效率，保证人民生命财产安全。

4.8 车载PIS

5G 网络将地面 PIS 系统与车载 PIS 系统融为一体，地面维管人员可通过车载 PIS 为乘客提供列车时刻表、列车到站时间、乘车须知、各类公告等运营信息和新闻资讯、娱乐节目、影视节目、体育直播、广告等公共媒体信息；在紧急情况下，可发布动态提示信息，引导乘客快速应对各类突发事件，保证人民生命财产安全。

4.9 车载Wi-Fi

基于 5G 网络的车载 Wi-Fi 可为乘客提供高速移动上网服务，使得沉浸式视频、移动办公、无延迟云端游戏、超高清流媒体直播、VR 直播、全息视频会议、增强 AR 等成为可能，丰富了乘客的精神文化生活。

5 结语

随着新一代通信信息技术的创新突破和融合发展，引发新一轮科技革命和产业变革，推动整个铁路运输体系朝着数字化、智能化、网络化和综合化的方向发展。智能高铁是 5G、云计算、大数据、人工智能、物联网、超高清视频、AR/VR、北斗导航等新兴技术与铁路运输的深度融合，对提升运输组织效率、提高经营效益、优化服务品质、增强安全保障能力具有重要的意义。目前，智能高铁的建设还处于探索阶段，还未形成完善的技术体系，还有很多问题需要进一步研究。5G 作为重要的综合通信平台，是云计算、物联网、AR/VR、车 - 地通信、车 - 车通信等业务应用的基础。5G 已不再是传统意义上的移动通信系统，围绕 5G 可以衍生出很多新的应用和服务，对 5G 在智能高铁中的应用进行深入研究具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] 谢和欢. 基于 5G 技术的新一代列控通信系统研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(12): 38-45.
- Xie Hehuan. Research on New Generation of Train Control Communication System Based on 5G Technology[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(12): 38-45.
- [2] 佟哲. 5G 通信技术在货运站场自动驾驶中的应用[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(12): 67-71.
- Tong Zhe. Application of 5G Communication Technology in Automatic Driving of Freight Station[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(12): 67-71.
- [3] Ai Bo, Molisch A F, Rupp M, et al. 5G Key Technologies for Smart Railways[J]. Proceedings of the IEEE, 2020, 108(6): 856-893.
- [4] Nightingale J, Salva-Garcia P, Calero JM A, et

(下转 76页)

- Xu Jun. Application of Intermittent ATC System in Wenzhou Suburban Railway Line S1[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2018, 15(2): 51-55.
- [4] 肖兴, 徐效宁, 刘磊, 等. 装备ATO的车载设备站台侧信息提示功能探讨[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(7): 1-3.
- Xiao Xing, Xu Xiaoning, Liu Lei, et al. Discussion on Platform Side Information Prompt Function of On-board Equipment with ATO[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(7): 1-3.
- [5] 马妍. 城市轨道交通降级信号系统下的点式列车自动运行防护[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(S1): 49-51.
- Ma Yan. Automatic Operation Protection for Downgrade Intermittent Signaling Train in Urban Rail Transit Signal System[J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(S1): 49-51.
- [6] 赵斌山, 周吉荣. 中低速磁浮与轮轨交通信号系统的差异[J]. 铁道通信信号, 2016, 52(6): 97-99.
- Zhao Binshan, Zhou Jirong. Differences in Signal Systems for Medium and Low Speed Maglev from Rail Transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2016, 52(6): 97-99.
- [7] 张志鹏. 国外铁路闯红灯防护系统技术研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2016, 13(4): 95-97.
- Zhang Zhipeng. Technology of Automatic Train Stop at Danger System in Foreign Country[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2016, 13(4): 95-97.
- [8] 赵鑫, 蒋先进, 蒋淮申. 重庆市单轨交通三号线列车闯红灯防护技术简介[J]. 铁路通信信号工程技术, 2014, 11(5): 69-71.
- Zhao Xin, Jiang Xianjin, Jiang Huaishen. Protection Technology of Train Overrunning a Red Light in Chongqing Monorail Transit Line 3[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2014, 11(5): 69-71.
- [9] 沈成禄. 一种新型磁性停车系统的设计方案探讨[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(12): 62-66.
- Shen Chenglu. Discussion on Design Scheme of New-Type of Magnetic Stop System[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(12): 62-66.
- *****
- (上接50页)
- al. 5G-QoE:QoE Modelling for Ultra-HD Video Streaming in 5G Networks[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2018, 64(2): 621-634.
- [5] 李斌. 铁路5G专网应用需求研究及部署方案[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(11): 42-46.
- Li Bin. Application Requirement and Deployment Scheme of Railway 5G Private Network [J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(11): 42-46.
- [6] 中国铁路总公司. 高速铁路通信技术——铁路数字移动通信系统(GSM-R)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2014.
- [7] 熊杰. 我国铁路下一代移动通信系统制式及演进探讨[J]. 西南交通大学学报, 2018, 53(5): 879-885.
- Xiong Jie. Standardisation and Evolution of Next Generation Railway Mobile Communication Systems in China[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2018, 53(5): 879-885.
- [8] 铁道部工程设计鉴定中心, 北京全路通信信号研究设计院. 中国铁路GSM-R移动通信系统设计指南[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.