

高铁通信网的应用及设计优化

刘厚继

中铁十一局集团电务工程有限公司 湖北武汉 430074

摘要: 随着社会的技术进步和经济发展,人们对高速铁路的需求与日俱增。目前,我国高速铁路的建设稳步进行,设计技术方案越来越先进,建设质量更加精准,施工水平更加成熟,运营维护体量日趋庞大,这些对高铁的建设无论从设计还是施工、运维角度都提出了更高的要求。当前,铁路通信系统仍面临一些问题,存在着很大改进和提升的空间。为使我国铁路通信系统更快地走向智能化、信息化、网络化,结合下一代通信、5G 技术等,对铁路通信技术的发展趋势进行研究,根据建设经营、运维需求对设计进行优化,从而构建安全、高效、经济的高铁通信系统。铁路通信专业将聚焦全新业务场景,优化产业生态,共创数字经济的美好未来,为网络强国、数字中国和智慧铁路的建设贡献力量。

关键词: 高铁通信网; 通信网设计优化; 智慧铁路

Application and Design optimization of high-speed rail communication network

Houji Liu

China Railway 11 First Bureau Group Electrical Engineering Co., LTD., Wuhan, Hubei 430074, China

Abstract: With the technological progress of society and economic development, people's demand for high-speed railway is increasing day by day. At present, the construction of high-speed railway in China is progressing steadily, the design technology is more and more advanced, the construction quality is more accurate, the construction level is more mature, and the operation and maintenance volume is increasingly large. All these put forward higher requirements for the construction of high-speed railway from the perspective of design, construction, operation and maintenance. At present, railway communication system still faces some problems, there is a lot of room for improvement and improvement. In order to make the railway communication system move towards intelligentization, informationization and networking faster, combined with the next generation communication and 5G technology, the development trend of railway communication technology is studied, and the design is optimized according to the construction, operation and maintenance requirements, so as to build a safe, efficient and economical high-speed railway communication system. The major of railway communication will focus on new business scenarios, optimize industrial ecology, create a better future of digital economy, and contribute to the construction of cyber power, digital China and smart railway.

Keywords: High-speed rail communication network; Communication network design optimization; Smart railway

引言:

高铁通信网是专为高速铁路运营而设计的通信系统。随着高铁运营的普及,高铁通信网的重要性也日益凸显。如果把高速铁路比作一个人的话,通信系统就如同人体的神经系统,是高铁运行的关键技术。它主要包括高速铁路上的通信设备、终端设备、通信线路和网络系统。高铁通信网为高铁的安全运营、管理、监控和维护提供了重要的保障。高铁通信网的应用主要包括高铁安全运营、实时监测、维护管理和信息服务等。在高铁运营过程中,通信系统能够实时监测车辆状态、控制运营、协调维护活动等,从而保证高铁安全、高效、可靠的运营。此外,高铁通信网还为旅客提供了诸如实时列车信息、网络服务、娱乐信息等方便快捷的信息服务。

一、铁路通信系统的现状与应用

1. 铁路通信网的构成

铁路通信网在铁路运输中的作用主要表现在组织运输、生产调度、提高运输效率、保证行车安全、提高经营管理水平和管理效率等方面,是直接为铁路运输生产和信息化服务的通信设施。通信系统在提供语音、数据、图像、视频、环境监控等功能的同时,为列车运行的信号、电力、旅服、车辆系统提供各种业务通信,如 TDCS、CTC、灾害监测、电力 SCADA、客票、旅服集中管控平台、办公、货运信息管理、红外轴温探测等。

为了满足以上各种业务和信息的传递,铁路通信网分为承载网、业务网、支撑网三个部分。承载网包括传输网和数据网等;业务网主要包括数字调度通信、电话交换及接入网、GSM-R 移动通信、会议电视、综合视频监控、应急通信等系统;支撑网主要包括时钟及时间同步、信令、

通信综合网管及监测等系统。

2. 铁路通信网的现状

随着铁路建设和更新改造的进行,铁路通信网不断扩大规模、提升能力,为铁路运输生产和内部管理提供了专用通信业务,为铁路现代化和信息化应用提供了基础网络支撑,在我国普通、客运专线和高速铁路技术的发展过程中发挥了重要作用^[1]。

(1) 承载网初具规模,基础通信设施不断增加。通信光缆覆盖全国铁路线,以密集波分复用(DWDW)、同步数字系列(SDH)和多业务传送平台(MSTP)技术为主构建的光传输网基本覆盖铁路沿线车站,承载了铁路各类专用通信业务,为CTC系统、客票、公安等重要信息系统组网、铁路计算机网和数据通信网提供了传输通道,但传输系统能力已近饱和。铁路数据通信网承载着铁路办公、运输生产、统计、经营管理、旅客服务等信息系统和安全生产监测、监控系统以及视频监控、会议电视等专用通信系统。铁路数据通信网在规模和能力上均不能满足铁路信息化需要。

(2) 列车无线调度通信技术升级换代。随着我国公网移动通信网络的发展,GSM-R移动通信系统在铁路上广泛应用,显著提升了铁路无线通信的质量、业务能力和系统可靠性,促进了模拟制式无线通信技术向数字移动通信技术的升级换代。经过一个时期的建设,GSM-R核心网架构基本形成,无线网覆盖全部客运专线、高速铁路,既有普速铁路450MHz无线列调系统的数字化改造正在逐步展开。

(3) 铁路专用通信业务网络实现数字化,功能和质量不断提升。数字调度通信与GSM-R通信系统共同形成了铁路调度通信网,调度电话与手持终端大幅度提高了调度通信质量的效率。电视电话会议系统部署到站段,降低了会议成本,提高了各级会议的效率。铁路综合视频监控系统的运用,实现了多层次、多用户对铁路重点线路、重点区域的视频监控。应急通信系统功能不断完善,话音、静态图像的传送手段得到提升。

(4) 铁路通信维护体系基本建立,维护手段逐步改善。依托网管等远程监控设备,辅以人工检测巡视,确保了铁路通信网的稳定运行。光纤监测、漏缆监测、铁塔监测、GSM-R接口监测、车载无线通信检测、通信综合网管等技术开始应用,为通信设备的科学高效维护奠定了基础。

3. 铁路通信技术面临的问题

通信技术在高铁领域的应用非常广泛,也经历了一个演变的过程,传统的GSM-R移动通信系统已经难以满足高铁对于通信技术的要求。另外,随着高铁业务种类复杂、高带宽、网络化、信息化的需求,网络安全隐患也是不可忽视的问题。

(1) GSM-R技术在高铁领域已经成熟应用,积累了丰富的经验。然而,随着通信技术的不断发展以及对通信要求的不断提高,现有的GSM-R技术在发展的过程中遇到了瓶颈^[2]:①受限于GSM移动通信窄带频谱,上下行频谱的平均值只有4MHz左右,使得GSM-R系统数据传输速率

较低。②受限于GSM-R系统的通信制式,导致其延迟较高。③高铁运行的速度快、线路长,运行环境复杂,接通率、掉话率比较容易受到环境和速度变化的影响,致使其可靠性和稳定性不佳。

(2) 影响高铁通信网络安全的因素很多,其中主要有以下几个方面:①在通信系统建设时,由于网络结构建设不当,或者系统架构缺乏安全性、结构不健全而造成了整个铁路通信系统的不安全^[3]。②在通信网络硬件配置时,服务器、网卡等硬件设备的选择不当,会大大降低网络功能的性能,降低网络的可靠性。③在应用软件使用时,缺乏正确的管理维护流程,维护过程中方法不当,导致整个铁路通信网系统出现安全隐患。目前,根据这些危害安全的原因,高铁通信网络系统的安全技术标准应得到进一步的完善,以提高线路通信系统的稳定性与安全性。

因此,随着高铁的全面发展,通信技术在高铁方面也需要不断向前发展,寻找新的突破。

二、我国5G信号覆盖高铁场景面临的挑战

1. 投资及运维挑战

由于5G工作频段升高,宏站覆盖距离缩短,使得5G基站站址数量增加,建设投资将剧增。同时,由于5G基站能耗大,运营商的5G网络运营维护成本也相应提高。再者,运营商还存在重复建设的情况,共建共享至关重要。

2. 技术挑战

(1) 穿透损耗和传播损耗大

一方面,高铁列车是新型全封闭车厢体结构,信号在车内穿透损耗较大、掉线率升高、切换成功率和连接成功率降低,从而导致网络性能下降;另一方面,手机信号需要在各个基站之间切换才能发送,在350km/h公里的高速行驶中,手机信号要在不同基站之间不停地切换,从而导致信号延迟甚至中断。

(2) 多普勒效应带来频偏

列车高速行驶会导致接收端接收信号频率发生变化,这就是多普勒效应。高铁的速度越快,频偏越大,也将使基站接收信号的性能下降^[4]。多普勒效应是瞬时变化的,高速引起接收机的解调性能下降,这是一个非常大的挑战。

(3) 瞬间网络负荷大

高铁复兴号列车一般分为8辆编组600人和16辆编组1200人,在繁忙路段客座率能达到80%以上。当高铁过境时,覆盖高铁的基站用户数剧增,网络负荷瞬间飙升,导致瞬间的PRB利用率过高,基站负荷过高,用户感知下降。

(4) 频繁切换影响感知

由于高铁沿线基站单站覆盖范围有限,在高速行驶状态下,列车穿越单站覆盖所需的时间非常短^[6]。因此,用户在使用移动网络时会产生频繁的小区切换和重选,极易出现切换慢、切换失败、掉线等网络问题,影响用户感知。

三、高铁通信网设计优化及发展趋势

为了提高高铁通信网的效率和可靠性,必须进行网络架构优化、资源分配优化、系统性能优化等方面合理的设

计优化。

1. 传输组网

高铁传输系统设计组网,在保证既有有线铁路传输业务需求和安全的情况下,要充分利用既有传输网,提高传输网络的效率,防止网络“臃肿”、“拥塞”,发挥设备最大性能,从组网、容量、通道保护方面进行合理优化^[5]:

(1)为了保证业务的安全,铁路各系统的业务通道大都采用环型结构,因此,新建铁路传输网设计,应根据既有有线传输网的运用情况,使新建铁路和既有铁路实现不同径路、不同传输系统的互为保护,确保网络更加安全可靠。

(2)传输网容量设计,应统筹考虑工程的使用需求、维护管理、投资成本。应视线路等级、中长期规划、业务容量适当选择传输容量,提升传输容量不仅会导致投资成本增加,今后的维修成本、维修难度也同样增加。设备自身也有其使用寿命,使用一定年限后将进行更新换代。

(3)传输网的保护配置要做到合理有效,新建高铁的传输网设计 1+1 保护应是独立的 2 套设备,各站点业务通道落地在 2 套物理上独立的 SDH 传输设备上,主控板、光板等板卡应进行冗余设计,调试时进行保护倒换试验,提高传输系统安全性、可靠性。

2. 隧道内无线覆盖方案

高铁一般在隧道外设有基站,要将无线信号引入隧道内,只能是在隧道口产生一个信号源,然后通过漏泄同轴电缆将信号引入,从而达到覆盖需求。隧道外设基站设备加近端机,隧道如距离较长,在洞室采用远端机通过光缆方式连接近端机。另外,也可采用隧道外设 BBU,隧道内用 RRU 方式进行信号拉远,通过漏缆进行覆盖。对比近端机、远端机方式,BBU+RRU 更稳定,易于维护,便于网管统一管理。

3. 智能运维系统

现阶段,铁路通信运维智能化发展将是一个长期演进的过程,先期在既有运维支撑系统技术框架内强化数据治理,突出应用;中长期随 5G-R 和下一代承载网建设,逐步形成智能化的单域自治和跨域协同能力。在实施中,以立足现状、分步推进为原则,以多样化的智能运维场景为驱动力,标准规范先行,同步推动试点应用;不断优化完善技术方案,由点到面进行智能化运维系统的建设;配套

运维体系变革,逐步实现网络智能运维;立足传统网络,面向关键应用,实现单域数字化,服务关键场景^[6]。

高铁通信智能运维平台主要有通信综合网管系统和通信设备监测系统 2 大系统。综合网管系统涉及 GSM-R 系统网管、数据通信系统网管、传输系统网管、调度通信系统网管、数据网流量监测等。设备监测系统涉及 GSM-R 网络接口监测、光纤监测、动环监测、通信电源在线监测、铁塔监测等。

伴随 5G-R、下一代承载网的建设进程,逐步实现跨域智能化,扩展深化智能应用,最终实现铁路通信网全域智能化。通过铁路通信网络的新改建工程,全面完成网元设施智能改造,实现控制闭环自动化、感知泛在化、故障预测化和决策智能化。

四、结束语

总之,随着高铁在我国不断的发展和普及,高铁通信网络架构将会越来越庞大,设备数量会增多,业务需求还将不断增大,对通信技术将会不断提出更高的要求。高铁通信正逐渐告别模拟通信、窄带宽、低容量的时代,以高可靠、高性能、高效率为目标,朝着数字化、网络化、智能化方向发展。我们要从中不断总结经验,整合资源结构,优化设计方案,结合大数据、云结构、5G 通信技术,推动通信技术在高铁领域迈向新台阶。

参考文献:

- [1] 嵇静婵. 高铁无线通信系统稳定性研究 [J]. 无线互联科技, 2021, 18(18): 1-2.
- [2] 赵军. 通信技术在高铁方向的发展与演进 [J]. 中国新通信, 2014, (19): 5-6.
- [3] 王振华. 铁路通信网安全技术标准体系框架研究 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2018, 15(05): 18-23.
- [4] 王忠峰, 王富章, 孙华龙. 高铁动车组 WiFi 运营服务系统服务质量的测量与分析 [J]. 电子技术应用, 2018, 44(05): 77-81.
- [5] 陈水庆. 高铁通信组网运用方案优化设计探讨 [J]. 铁道通信信号, 2012, 048(001): 53-55.
- [6] 李岩. 综合网管在铁路通信网安全生产中的应用 [J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(S2): 51-56.