

# 基于 5G 技术的城市轨道交通车地数据转储方案研究

陈 琦

(郑州地铁集团有限公司, 450047, 郑州//高级工程师)

**摘 要** 郑州地铁从两个方面对 5G 技术的应用进行科研攻关:一是搭建基于 5G 的车载日志回传系统,二是建立基于 5G 的 CCTV(视频监控)车地转储系统。从城市轨道交通 5G 传输业务需求角度开展分析,研究了 5G 应用的切入点和必要性。介绍了信号系统接入 5G 网络的车载日志回传系统和 CCTV 车地转储系统的方案设计,进行了相关测试试验,并给出了基于 5G 网络的部署方案。

**关键词** 城市轨道交通;车地通信;5G;数据转储

**中图分类号** U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.01.005

## Research on Vehicle-wayside Data Dump Scheme of Urban Rail Transit Based on 5G Technology

CHEN Qi

**Abstract** Zhengzhou Metro has carried out scientific research on the application of 5G technology from two aspects: one is to build a 5G-based on-board log transmission system; the other is to establish a 5G-based CCTV (video surveillance) vehicle-wayside dump system. By analyzing from the perspective of urban rail transit 5G transmission business demand, entry point and necessity of 5G application are studied. Scheme design of on-board log transmission system and CCTV vehicle-wayside dump system with signaling system accessing 5G network is introduced. Relevant tests are carried out, and deployment scheme based on 5G network is given.

**Key words** urban rail transit; vehicle-wayside communication; 5G; data dump

**Author's address** Zhengzhou Metro Group Co., Ltd., 450047, Zhengzhou, China

随着无线通信技术的飞速发展,基于 TD-LTE(分时长演进)技术的综合承载无线通信网络(4G(第 4 代移动通信技术))在地铁通信系统中的运用日臻成熟。LTE(长期演进)系统具有高带宽、高移动性、长区间覆盖和高扩展性等特点,解决了既有无线系统存在的不稳定和移动性差等问题,满

足了地铁车地无线网络系统的高带宽和无缝漫游的需求。因现有 LTE 综合承载无线覆盖及带宽无法满足日志远程下载的技术要求,维护人员在日志读取时仍需沿用传统的使用 U 盘人工现场复制的方式,车地数据的转储瓶颈日益凸显。

目前,信号、通信和车辆等各子系统日志智能化分析系统已日渐成型,亟需打通车地信息转储的最后一公里。因此郑州地铁联合华为、卡斯柯信号系统等设备厂商利用 5G(第 5 代移动通信技术)开展了车地各类系统数据的转储研究。经过试验,实现 100 m 范围内的传输速率可高达 1.7 Gbit/s,有效解决了日志下载存在的耗时久、设备存在安全风险和耗费人力问题。

## 1 5G 传输业务需求分析

1) 列车视频数据转存:铁总建设[2016]18 号《中国铁路总公司关于发布设计时速 200 km 及以上铁路区间线路视频监控设置有关补充标准的通知》要求采用高清化监控,《中华人民共和国反恐怖主义法》规定车载视频录像存储需由 30 天增加到 90 天,而目前列车实际存储不能达到以上要求。目前每列列车的车载摄像机有 42 个,每路的传输速率为 2 Mbit/s,需硬盘的存储容量为 11×6 T。在列车的震动环境下,机械硬盘容易损坏,且人工拷取耗时耗力。采用 5G 无线通信技术可将视频数据转储到地面,读取便捷;存储设备大部分设置在机房内,减少了车载存储设备的数量;机房环境比车载环境稳定,因此机械硬盘使用寿命更长,不易损坏。

2) 车辆运行状态数据转存:每天每列列车的监测数据量大约为 2.3 GB,含受电弓网监测数据和车辆相关记录数据。信号系统车载设备每天每列列车的运行数据大约为 500 MB。目前均无技术手段实现无线传输,需人工上车复制。

3) 智能维修移动终端 APP 数据传输:每台移动终端的传输速率需求为 1 Mbit/s。

## 2 基于 5G 的 AirFlash 车地通信方案

### 2.1 基于 5G 的 AirFlash 车地通信总体方案

AirFlash 车地通信方案是华为成熟的轨道交通 5G 通信解决方案,系统结构如图 1 所示。车载数据及车载摄像机数据缓存在车载存储设备,再经过 5G 车载终端(TAU)以 60 GHz 的微波信号通道高速传输到地面无线基站;地面无线基站通过高速交换机接入各专业的传输通道;CCTV(视频监控)系统还需在轨旁部署大容量存储设备以实现车载视频数据的转存和传输。

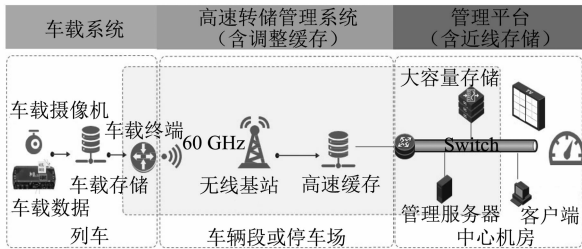


图 1 5G AirFlash 车地通信方案系统结构

Fig. 1 System structure of 5G AirFlash vehicle-wayside communication scheme

该方案的 5G 技术使用 59 G~64 GHz 企业免授权无线电频段,可实现 100 m 范围内 1.7 Gbit/s 的传输速率。5G 为高频段,电磁波频率越高,波长越短,衰减也越快,更容易被障碍物屏蔽。在传输距离大于 100 m(300 m 以上较明显)或者接收角度过偏的情形下,与 WLAN(无线局域网)技术(传输速率 100 Mbit/s)相比,无线数据通信技术的传输速率并不高。但在传输距离较短的情形下,传输速率差别很大。

### 2.2 地面基站部署方案

地面基站部署有运用库内部署和正线部署两种方案。

1) 运用库内基站部署方案:车辆段停车场运用库内布署基站的方案为:在 A 道和 B 道采用鱼骨覆盖法,每 3 个股道建设 1 个基站,每个基站能覆盖 3 个股道,覆盖距离为 100~200 m。该基站部署方案优点是网络覆盖范围广,缺点是设备量和所需费用较高。该方案适用于正线无基站建设条件的线路,用于列车结束运营回库后的数据回传。

2) 正线基站部署方案:车站站台端门外部署基站的方案为:在站台上下行区域的端门外各部署 1 个基站(仅在运营正方向部署),实现列车进出站过

程中 5G 数据传输。选取折返站及其前后几个车站部署基站。5G 传输速率高,列车经过 1~3 个有基站的车站即可完成数据传输。该基站部署方案的优点是实现了正线运营列车的数据回传,设备所需费用少;缺点为传输设备均需具备断点续传、丢包补传等功能,确保数据不丢失,且需获得正线部署基站的安全授权。

## 3 5G 在信号系统的应用研究

目前地铁信号系统 4G 传输网络采用的是 TD-LTE 技术,带宽为 5 M~20 Mbit/s,承载 CBTC(基于通信的列车控制)、列车状态监测、车载 PIS(乘客信息系统)、车载 CCTV、列车状态监测、紧急文本和乘客紧急呼叫等业务。在运营时段,为保证运营质量不可用于下载数据。在非运营时段,列车回库后,运用库内停放的 20~50 列车各业务之间因争抢资源,导致数据下载速率衰减很快;加上信号系统日志出口的安全限速,实际测试的车载数据下载速率仅为 20 kB/s,不及人工下载的速率。因此有必要开展 5G 的应用研究,以拓展车地无线通信带宽。

### 3.1 基于 5G 的车载日志回传系统架构

基于华为的 5G AirFlash 车地通信方案搭建的车载日志回传系统如图 2 所示。车载日志经车载网关连接至 5G 传输设备,地面基站连接地面高速交换机再接至信号系统的应用服务器内。具体接口设计为:因车载 CC(车载控制器)使用 Netbox 做为车载网关对外发送轨旁的通信数据包,因此在

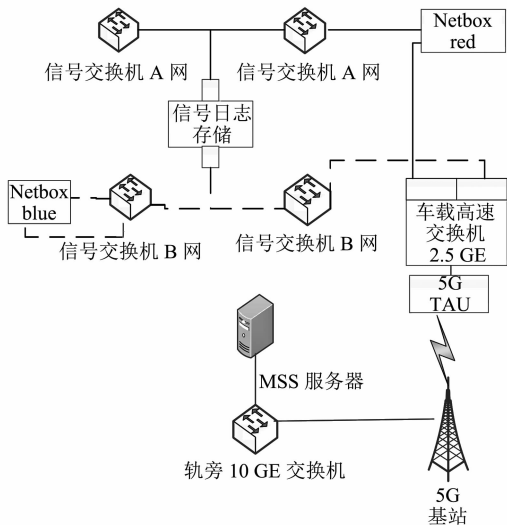


图 2 基于 5G 的车载日志远程下载系统

Fig. 2 On-board log remote download system based on 5G

Netbox 上设置路由,将 CC 的日志数据从 Netbox 传送至车载高速交换机,再通过 5G 设备传输至地面。

### 3.2 测试用例及测试结果

1) AirFlash 无线链路性能:主要测试上下行 AirFlash 无线链路的吞吐量及极限性能。经测试,车地基站相距 5 m 时,AirFlash 无线链路的上下行数据传输速率可达到 1.65 Gbit/s,时延为 0.49 ms,丢包率和吞吐量都在理想范围内。

2) 日志下载功能验证:MSS 应用软件通过 Air-Flash 下载日志功能验证日志下载功能及下载速度。经测试,日志下载功能正常实现,文件下载无损坏,软件长时间运行无问题。测试中的下载速率为 807 kB/s,这是因为信号系统日志出口均进行安全限速。设备限制仅能采用百兆网口(传统网络设备多为百兆网口,不支持千兆网口),接入 5G 系统会造成百兆的传输瓶颈,所以测试系统实际下载速率在百兆内,而 5G 无线链路传输效率最高为 1.7 Gbit/s。后期将考虑通过增加转储设备的方式解决传输瓶颈问题。

### 3.3 网络安全风险评估

1) 对既有无线通信系统是否会造成干扰:5G 网络处于 59 G~64 GHz 的高频频段,既有 LTE 系统采用 1.8 GHz 频段,因处于不同频段且频段差距大,故对既有无线通信不会造成干扰。且使用 60 GHz 高频段系统和设备少之又少。另外 5G 网络没有互联网接口,是一个轨道交通系统专用的无线网络,在其系统的入网认证和鉴权机制完善、系统控制信令和数业务都采用通用标准加密算法的前提下条件下,可认为安全风险可控。

2) 能否提供信号安全隔离措施:在安全性方面,信号系统在数据接口做 VLAN(虚拟局域网)隔离和端口限制,另外在车载高速交换机上也做好 VLAN 隔离和访问控制,限定其它的 IP 地址不能进入信号车载日志网段。此外,在设备主机上做好防护,关闭不必要的服务和端口,从技术层做好网络隔离,保证生产网络的安全性。

## 4 5G 在 CCTV 系统的应用研究

### 4.1 基于 5G 的 CCTV 车地转储系统架构

传统的车载 CCTV 系统的视频读取不便,常需人工上车拷贝。基于上文 5G 的车载方案进行适当调整搭建 CCTV 车地转储系统的结构图如图 3 所示。

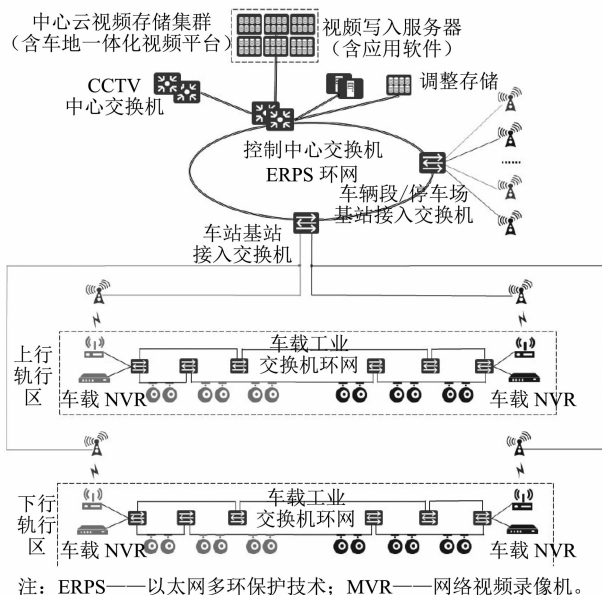


图3 基于 5G 的 CCTV 车地转储系统

Fig. 3 CCTV vehicle-wayside dump system based on 5G

控制中心、轨旁和列车的设备布署如下:

1) 控制中心设备布署:视频管理平台+视频转储管理系统。车载 CCTV 视频直接通过高速 IP 骨干环网(通过 ERPS 组网技术实现)至控制中心高速缓存后,以符合 GB/T 28181—2016《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》中规定的标准协议低速备份至中心云视频存储集群(含视频管理平台)。

2) 站、段(场)设备布署:高带宽 IP 环网接入。配置万兆交换机,一方面接入 5G 基站,一方面直接通过 ERPS 技术组 40 GHz/100 GHz IP 环网,可考虑链路聚合。

3) 列车上设备布署:车载视频监控系统。针对既有车载方案需要做如下调整,新增高性能 NVR(网络视频录像机)存储设备,该设备应支持 2.5GE(千兆以太网口)接口,直接从车载 NVR 取得存储视频流并进行存储及高速回传;双端 NVR 热备,每端回传一半车载视频;高性能 NVR 通过 2.5 GE(PoE++)电接口直接与 5G 车载终端(TAU)相接。

### 4.2 基于 5G 的 CCTV 车地转储系统功能需求分析

经分析,该系统应具备的软件功能如下:

1) 视频备份功能:当列车进入 5G 网络覆盖区域时,自动进行视频回传,直至除当前被写入的视频文件外的全部视频文件回传完毕。

2) 断点续传:视频回传尚未完成时,如果列车离开网络覆盖区域,系统应记录视频传输中断的位

置,列车再次进入网络覆盖区域时,应从上次中断的位置开始继续传输视频直到传输完毕。传输完成百分比在客户端上应有显示。

3) 视频备份管理:在列车两端均配置 NVR 及无线车地通信设备的情况下,系统应满足两台车载 NVR 互相同步发送状态和热备冗余,支持每台车载 NVR 工作状态、回传速率的实时显示和告警。

4) 无线链路管理:支持探测列车与地面无线链路建立连接,自动检查待传数据。

5) 视频检索及回放:支持按车组号、车厢号、摄像头编号、日期和时间检索视频。支持视频回放,支持 1×1、2×2、3×3 和 4×4 视频回放布局。

6) 与既有视频监控系统对接:与既有视频监控系统对接,通过既有视频监控系统调看回传到地面存储的车载视频。

7) 系统监视:自动检测地面视频管理系统故障,并给出告警。

#### 4.3 基于 5G 的 CCTV 车地转储系统测试

该测试主要对无线链路性能、回传功能及上文所述软件功能进行测试,主要测试项如下:

1) 无线网络性能测试:所有设备按测试组网图连接完成后,通过 FTP 从车载 NVR 向视频管理服务发送数据,同时通过 Ping 工具测试网络时延。验证结果证明:基于 5G 技术的车地数据传输项目技术上可行,华为提供的 AirFlash 硬件设备与卡斯柯信号设备及软件经验证可互通,华为的 AirFlash 无线链路性能能满足信号系统日志上传的业务需求,链路传输速率能达到 1.56 Gbit/s,传输余量可为其他专业预留使用。

2) 视频回传及断点续传测试:测试端到端视频回传功能,检验入网时间、传输速率是否达到要求;测试断点续传功能,检查回传后的视频是否完整。

分别传输 3 个大小为 10 GB~20 GB 的视频文件,测试结果表明:视频回传功能正常,测试断点续传功能正常,千兆以太网口下平均传输速率达到 971 Mbit/s 左右;实验结果符合预期。

## 5 结语

本文提出了城市轨道交通的车地数据 5G 传输业务需求,简要说明了 5G AirFlash 车地通信建设方案,基于该方案提出了信号系统接入 5G 传输系统的车载日志回传系统和 CCTV 车地转储系统方案,完成了信号系统接入 5G 传输系统的测试,并对信号系统接入 5G 系统的网络安全风险进行了评估。

## 参考文献

- [1] 黄霖. 5G 无线通信技术在城市轨道交通中的应用探讨[J]. 都市快轨交通,2019(5):33.  
HUANG Ji. Application of the fifth-generation (5G) wireless communications technology in urban rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit,2019(5):33.
- [2] 陈涛. 地铁列车监控录像云存储方案探讨[J]. 现代城市轨道交通,2018(1):68.  
CHEN Tao. Discussion on cloud storage scheme for surveillance video on metro train[J]. Modern Urban Rail Transit,2018(1):68.
- [3] 凌力. 5G 与物联网融合在城市轨道交通运维中的探究[J]. 铁道建筑技术,2018(6):18.  
LING Li. A primary research into the integration of 5G and IOT in urban rail transit operation and maintenance[J]. Railway Construction Technology,2018(6):18.
- [4] 高翔. 5G 移动通信技术在城市轨道交通车地无线通信系统中的应用[J]. 城市轨道交通研究,2018(增刊2):60.  
GAO Xiang. Application of 5G mobile communication technology in urban rail transit vehicle-ground wireless communication system[J]. Urban Mass Transit,2018(S2):60.

(收稿日期:2020-01-16)

(上接第 22 页)

- [8] 陈波. 地铁车站大客流组织措施[J]. 都市快轨交通,2015(3):20.  
CHEN Bo. Organizational measures for large passenger flow in subway station[J]. Urban Rapid Rail Transit,2015(3):20.
- [9] 翟长旭,周涛,刘海洲. 区域轨道交通与城市交通衔接模式研究[C]//江苏省科学技术协会,上海市科学技术协会,台北市交通安全促进会. 第十六届海峡两岸都市交通学术研讨会论文集. 南京:江苏省科学技术协会,2008:421.

ZHAI Changxu,ZHOU Tao,LIU Haizhou. Research on regional rail transit and urban rail transit connection model[C]//Jiangsu Association for Science and Technology, Shanghai Association for Science and Technology, Taipei Society for Traffic Safety. Collection of the 16<sup>th</sup> Cross-strait Urban Transport Academic Seminar. Nanjing: Jiangsu Association for Science and Technology,2008:421.

(收稿日期:2021-06-16)