

基于华为MH5000模组的5G车载通信板设计与实现

覃 旺

(广州铁科智控有限公司, 广州 510380)

摘要: 5G 通信技术具备大带宽、低时延、高可靠特性, 可有效解决 Wi-Fi、LTE-M、毫米波、EUHT 等各种车地通信技术的缺陷, 提高传输带宽, 增强通信稳定性。通过利用现成的运营商网络, 可有效降低通信成本。针对车地通信场景, 给出一种基于运营商 5G 网络车载通信板解决方案。通信板搭载华为 5G 车载模组 MH5000, 通过运营商 5G SA 通道实现与后台服务器通信; 通信板通过以太网接口获取车载数据, 服务器采用 FTP 协议读取数据, 最终实现车载数据自动下载。

关键词: 5G; 通信板; MH5000 模组; 车地通信; FTP

中图分类号: U285.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-4440(2022)10-0046-06

Design and Implementation of 5G Onboard Communication Board Based on Huawei MH5000 Module

Qin Wang

(Guangzhou Railway Sciences Intelligent Controls Co., Ltd., Guangzhou 510380, China)

Abstract: 5G communication technology has the characteristics of large bandwidth, low delay and high reliability, which can effectively fix the flaws in various vehicle-ground communication technologies, such as Wi-Fi, LTE-M (LTE-Machine to Machine), millimeter wave, EUHT (Enhanced Ultra High Throughput), etc., and can expand the transmission bandwidth and enhance the communication stability. At the same time, by using the existing network of ISP (Internet Service Provider), communication costs can be effectively reduced. Aiming at the vehicle-ground communication scenario, this paper presents a solution of onboard communication board based on the 5G network of an ISP. The communication board is equipped with Huawei 5G onboard module MH5000, which can communicate with the back-end server through the 5G SA channel of the ISP. The communication board acquires the onboard data through the Ethernet interface and the server uses the FTP protocol to read the data, finally realizing the automatic downloading of onboard data.

Keywords: 5G; communication board; MH5000 module; vehicle-ground communication; FTP

收稿日期: 2021-09-27; 修回日期: 2022-07-11

基金项目: 广州铁科智控有限公司科研项目(铁科智控研发[2020]1号)

作者简介: 覃旺(1990—), 男, 本科, 高级工程师, 主要研究方向: 轨道交通通信技术, 邮箱: 329284200@qq.com.

地铁列车车载检修人员需在每日地铁运营结束后登乘列车，利用电脑读取车载单元当日的运行数据，并进行分析、诊断，确保车载单元的一切指标在规定范围内，保证列车的次日正常运行。由于列车登乘高度高、列车数量多、车载数据量大、车载数据读取和解析复杂，检修人员每晚的工作危险性大、劳动强度高、工作压力大，且面对日间列车运行出现的问题，往往不能及时找到问题原因，导致次日运行重复出现，影响运营服务质量。

为降低检修员工的检修风险，减轻检修压力，提高车载数据分析处理效率，快速定位列车故障点，控制运营维护成本，列车数据自动回传是必然的选择。要解决数据自动回传的问题，必须先打通车地通信传输通道。

1 现有车地通信技术现状缺陷

目前，在轨道交通领域，车地通信主要采用 Wi-Fi、LTE-M (LTE-Machine to Machine)，以及毫米波、EUHT (Enhanced Ultra High Throughput) 等手段。各通信方式的部署方式、优缺点分析如下。

1.1 Wi-Fi

部署方式：一般车头、车尾各部署一套或几套车载无线访问节点 (AP)，分为两套互相独立的 A 网、B 网，车载 AP 之间通过车载交换网络互连，实现冗余；轨旁每隔一定距离部署轨旁 AP，AP 覆盖区有一定重叠，无线控制器 (AC) 通过地面骨干网络将轨旁 AP 统一管理、统一配置，整条线路实现一张网全覆盖^[1-3]。

缺点：成本高，要实现全线路覆盖，需在轨旁每隔几百米部署接收 AP，加上后台 AC，其固定投资费用较大；小区切换过程中链路不稳定，存在丢包；易受到外界电磁干扰。

1.2 LTE-M

部署方式：车头、车尾部部署专用车载通信终端 (TAU)，通过车载网络实现冗余；轨旁每隔一定距离部署无线基站 (RRU)，通过漏缆实现信号覆盖，

最终汇聚到核心网，实现 CBTC 数据可靠传输^[4-6]。

缺点：部署成本高，需单独部署一套 LTE 网络，无法利用运营商网络，成本高昂；信道带宽小，一般不超过 20 Mbit/s，只能保证关键业务，无法保证车载监控等大容量数据传输。

1.3 毫米波

部署方式：以华为 Airflash 转储设备为例，其车头、车尾部部署专用 TAU，轨旁部署基站 (RBS)，采用 60 GHz 公有频段通信。数据首先通过车载网关汇聚，通过 TAU 发到 RBS，再通过轨旁网络发送到后台服务器^[7]。

缺点：部署成本高，RBS、TAU 价格昂贵，且需要部署专用轨旁网络进行数据汇聚，投资巨大，无法全线路部署，仅能部署在折返线、停车场等少数几个地点，在有限的通信时间内进行数据落地操作；通用性差，TAU 只支持 POE 供电，无法直接接入业务系统，需定制专用网关进行适配，增加成本。

1.4 EUHT

部署方式：部署方式类似 Wi-Fi^[8-11]，在此不详细阐述。

缺点：部署成本高，部署设备数量与 Wi-Fi 相当，但 EUHT 相比成熟的 Wi-Fi 技术，在全线路部署成本更大；抗干扰性差，与 Wi-Fi 存在同频干扰，在地铁复杂的电磁环境中，可能造成通信链路不稳定。

2 5G车载通信板硬件设计

2.1 设计目的

针对上述 4 种通信方式的弊端，为提高地铁运营效率，降低设备部署成本，采用运营商 5G SA 通道是一个性价比较高的选择。本文基于华为 MH5000 模组，针对性开发一款 5G 车载通信板，利用运营商 5G SA 通道，解决车载数据自动下载问题。其应用示意如图 1 所示。

由安装于车载机柜的 5G 车载通信板定时读取车载系统的日常运行数据。5G 车载通信板获取数据后，再通过运营商网络发送到云端的数据服务器，最终通过服务器的数据解析软件对车载运行数据进

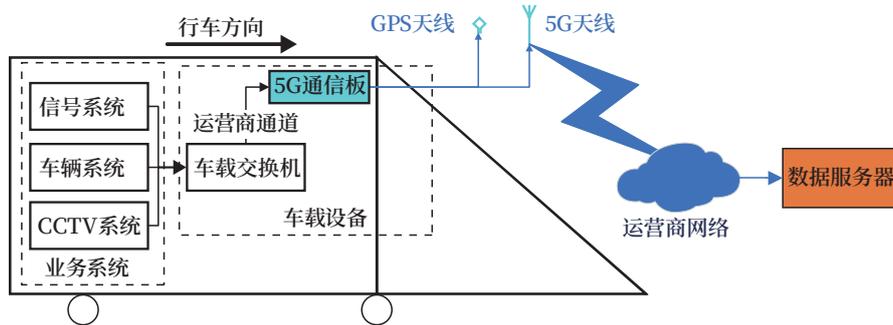


图1 车载数据读取及传输示意
Fig.1 Schematic diagram of the reading and transmission of onboard data

行计算和分析。

2.2 设计指标

考虑 5G 通道上下行带宽配比，以及车载业务视频数据量大、其他业务数据量较小的特点，对通信性能指标的要求是：静止状态下，按每路 1 080P 摄像头码流速率为 8 Mbit/s 计算，至少覆盖 8 路高清视频流上传；运动状态下，按每路 720P 摄像头码流速率为 2 Mbit/s 计算，至少覆盖 8 路标清视频流上传。

由于列车可通过轨旁应答器精确定位，通信板定位功能仅作为列车定位的辅助功能，要求其指标满足北斗规定的民用定位精度即可。具体相关指标分配如下。

1) 通信性能

静止状态：下行速率 ≥ 400 Mbit/s，上行速率 ≥ 75 Mbit/s，端到端时延 ≤ 25 ms；

运动状态：在不超过 160 km/h 速度条件下，下行速率 ≥ 200 Mbit/s，上行速率 ≥ 50 Mbit/s，

端到端时延 ≤ 100 ms。

2) 定位精度：定位精度 < 10 m，支持北斗、GPS。

2.3 硬件总体架构

硬件结构如图 2 所示，系统采用 Qualcomm IPQ4029+ 华为 MH5000-31 模块为最小系统搭建而成，采用单板机结构。板载硬件结构主要包括：CPU 核心模块、5G 模组、PHY 芯片和 GPS 模块。其中 5G 模组主要负责数据的无线传输；GPS 模块负责获取、输出定位信息；PHY 芯片工作在物理层，是板卡对外的以太网通信接口；CPU 核心模块通过 PHY 芯片对车载数据进行读取，通过 5G 模组与基站进行无线通信，读取定位芯片的位置信息，监控电源、5G 模组、GPS 芯片、PHY 芯片等状态，以及工作指示灯控制、串口调试等。

2.4 天线设计

地铁列车车载环境较为拥挤，设备繁多，要求

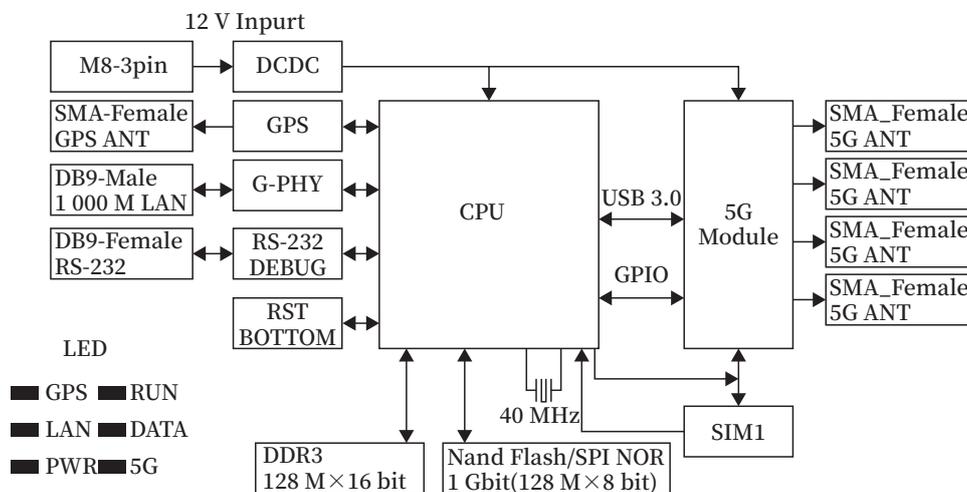


图2 硬件架构
Fig.2 Hardware architecture

天线安装结构必须体积小、防震动,易维护。为适应车载安装环境,将4根5G天线、1根GPS天线整合在一个安装结构中,形成一个帽状天线盒。天线盒底部固定3M胶防震,同时配以固定螺栓,固定到司机驾驶台上。

天线盒采用高透波率的材料,以及合理的罩内天线布局,可保证5G车载通信板在5G网络覆盖范围内,接收到的信号符合MH5000模组的信噪比要求^[12-13]。天线盒示意如图3所示。

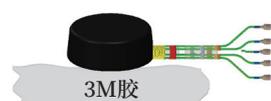


图3 天线样式
Fig.3 Antenna style

3 主要电路模块

本文给出电源模块、CPU核心模块、5G模块、以太网接口模块、GPS模块等主要功能部分的电路设计参考,并做简单介绍。

3.1 电源模块

电源模块是通信板正常运行的基础。列车车载供电电压一般采用DC110V,为保证操作安全,以及消除直接将强电引到电路板上可能产生的EMC风险,通信板从机箱电源转接板接入DC12V电压,额定电流3A,额定功耗36W。电源功耗预留23.3%作为安全冗余,其电源分配拓扑如图4所示。

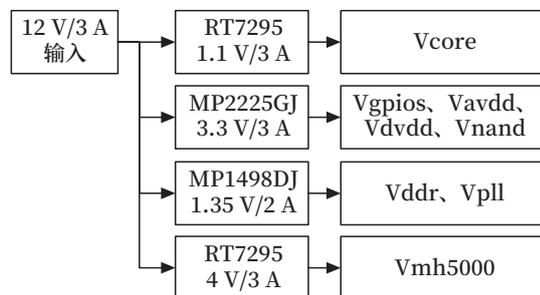


图4 电源分配拓扑
Fig.4 Power distribution topology

3.2 CPU核心模块

如图5所示,CPU核心模块主要包括CPU、DDR、Flash以及必要的外围电路。CPU作为整

个板卡的控制核心,对各个子系统进行监控、管理;同时,由于以太网接口模块和5G模块无法进行直接通信,需要通过CPU进行接口适配,要求CPU具备较高的性能。本方案选择IPQ4029四核A7,主频可达717MHz;内存芯片采用台湾南亚NT5CC128M16I,提供2GB的存储容量;Flash芯片采用镁光MT29F1G08ABAEAWP,提供1GB的存储空间。

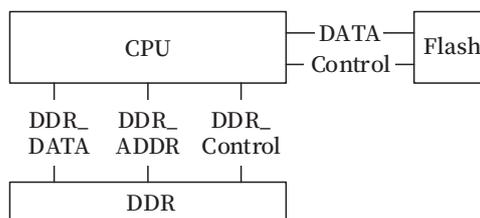


图5 CPU核心模块原理
Fig.5 Principle of core CPU module

3.3 5G模块

如图6所示,5G模块主要包括MH5000-31模组、SIM卡和天线阵列接口。MH5000-31模组通过USB3.0接口与CPU互联,USB3.0作为高达5Gbit/s的高速数据接口,能覆盖1路千兆以太网业务容量,实现有线网口侧和无线空口侧的数据中转。

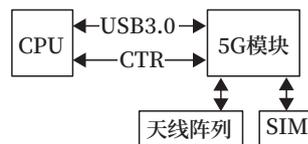


图6 5G模块原理
Fig.6 Principle of 5G module

3.4 以太网接口模块

如图7所示,以太网接口模块主要包括PHY芯片、变压器、M12端子。PHY芯片采用QCA8075,支持1000BASE-T、100BASE-TX、10BASE-Te,对外提供10/100/1000自适应网络接口;PHY芯片与CPU通过SGMII接口互联,提供1.25Gbit/s高速传输通道,将业务数据通过CPU传输到5G模组。

3.5 GPS模块

如图8所示,GPS芯片选用SL871GPS模块,支持北斗、GPS、GLONASS、QZSS协议标准。CPU

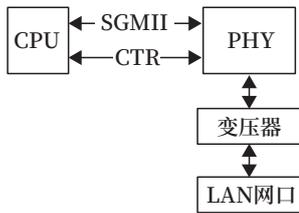


图7 以太网接口模块原理
Fig.7 Principle of Ethernet interface module

通过串口与 SL871GPS 互联，实现定位数据读取以及控制指令下发。

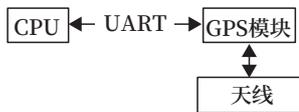


图8 GPS模块原理
Fig.8 Principle of GPS module

4 实地测试

为验证 5G 车载通信板在实际条件下是否满足车载数据传输要求，2020 年夏，在广州地铁某试车线，选择某台车部署 5G 车载通信板以及天线，成功将车载信号数据上传至云服务器，实现车载信号数据的自动下载，并成功地获取列车定位信息。其装车效果如图 9 所示。

4.1 测试内容

本次测试，利用 5G 车载通信板作为数据采集

表1 5G车载通信板试车线通信性能（SA制式）测试记录

Tab.1 Test records on the performance of communication (SA mode) of the 5G board on the test line

| 行车速度 / (km/h) | 上行速率 / (Mbit/s) | 下行速率 / (Mbit/s) | 通信时延 /ms | 丢包率 /% | 抖动 /ms | 5G 信号强度 /dBm |
|---------------|-----------------|-----------------|----------|--------|--------|--------------|
| 0 | 80 ~ 106 | 419 ~ 484 | 18 | 0 | 7 | -83 |
| 40 | 45 ~ 90 | 200 ~ 473 | 35 | 0 | 10 | -84 |

表2 5G车载通信板试车线GPS性能测试记录

Tab.2 Test records on the GPS performance of the 5G board on the test line

| 车辆位置 | 行车速度 / (km/h) | 经纬度定位误差 /s | 模式 |
|------|---------------|------------|----|
| 停车库 | 0 | 0.1 | 北斗 |
| 试车线 | 40 | 0.1 | 北斗 |

4.3 实验结论

根据试车线测试结果，可以看到 5G 车载通信板打通了车地通道，实现列车信号日志自动上传到云服务器的功能。在静止、运动时，上下行速率，

数据先通过运营商网络发送到云端的中转服务器，再通过中转服务器发送到轨旁的测试电脑。测试步骤如下。



图9 车载天线安装示意
Fig.9 Installation of onboard antennas

1) 利用 5G 车载通信板获取业务系统的信号数据并上传至云服务器，并通过测试电脑测出 5G 车载通信板在行车条件下的通信带宽以及链路稳定性；

2) 利用测试电脑的网络测试软件，测试 5G 车载通信板上下行极限带宽、时延和抖动；

3) 测试 5G 车载通信板在行车环境下的定位精度。

4.2 实测结果

在试车线正常行车环境下，云服务器通过 5G 车载通信板能正常接收到车载信号数据。测试记录如表 1、2 所示。

时延，丢包率和抖动均达到设计指标，明显优于当前地铁的 LTE-M 网络（LTE-M 网络速率在 5 ~ 20 Mbit/s 之间）。

5 结束语

本文针对广州地铁当前的痛点问题所设计开发的 5G 车载通信板，利用 5G 运营商 SA 通道实现车载信号数据自动下载，基本达到设计要求。下一步

的优化方向是将5G车载通信板与运营商的边缘计算相结合,即利用运营商部署的边缘服务器代替云服务器,使数据处理过程更贴近前端,进一步提高车地通道的安全性以及数据解析的实时性。

参考文献

- [1] 吴建华. 城市轨道交通WiFi系统建设方案研究[J]. 信息通信, 2014, 27(10): 255.
- [2] 梁国鸿. 东莞市轨道交通2号线地铁WiFi覆盖方案探讨[J]. 中国新通信, 2019, 21(14): 67-68.
Liang Guohong. Discussion on WiFi Coverage Scheme of Dongguan Metro Line 2[J]. China New Telecommunications, 2019, 21(14): 67-68.
- [3] 李玉斌. 南京地铁2号线无线Wi-Fi覆盖方案探讨[J]. 移动信息, 2016(9): 27-28.
Li Yubin. Discussion on Wireless WiFi Coverage of Nanjing Metro Line[J]. Mobile Information, 2016(9): 27-28.
- [4] 赵红礼, 曹源, 朱焯. LTE-M综合承载系统互联互通方案设计和性能测试[J]. 交通运输工程学报, 2019, 19(1): 161-171.
Zhao Hongli, Cao Yuan, Zhu Ye. Interoperation Programme Design and Performance Test on LTE-M Integrated Bearing System[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2019, 19(1): 161-171.
- [5] 李洋. LTE-M车地通信接口监测软件设计开发[D]. 北京: 北京交通大学, 2015: 1-22.
- [6] 郑国莘, 林苏燕, 武艺鸣, 等. 采用双漏缆覆盖的轨道交通LTE-M系统信道的测量研究[J]. 电波科学学报, 2016, 31(5): 906-911.
Zheng Guoxin, Lin Suyan, Wu Yiming, et al. Channel Measurement and Research on LTE-M Rail Transit System Using Deployment of Double Leaky Coaxial Cables[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2016, 31(5): 906-911.
- [7] 王永军. 基于5G技术的机车大容量无线转储系统研究[J]. 控制与信息技术, 2020(4): 39-43.
Wang Yongjun. Research on Large-Capacity Wireless Dump System for Locomotive Based on 5G Technology[J]. Control and Information Technology, 2020(4): 39-43.
- [8] 郭敏. 浅析EUHT在地铁无线中的应用[J]. 科技创新与应用, 2016(28): 23.
- [9] 岳磊, 梁嘉, 王骞. 首都机场线EUHT综合承载研发试验线(示范线)工程实践与应用[J]. 城市轨道交通, 2020(9): 20-23.
- [10] 葛淑云, 谢衡元, 李晓喻, 等. 基于EUHT技术的首都机场线车地通信综合承载方案研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(8): 67-72.
Ge Shuyun, Xie Hengyuan, Li Xiaoyu, et al. Research on Train-Ground Communication Comprehensive Carrying Scheme of Capital Airport Line Based on EUHT Technology[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(8): 67-72.
- [11] 姜博, 李辉, 梁轶群. 基于EUHT的铁路站车WiFi车-地通信系统测试方案设计[J]. 铁道通信信号, 2017, 53(2): 70-73.
Jiang Bo, Li Hui, Liang Yiqun. Design of Test Plan of Train-Ground Wireless Communication System Based on EUHT[J]. Railway Signalling & Communication, 2017, 53(2): 70-73.
- [12] 陈叶茹, 温原, 邓正勇, 等. 高透波率滚塑天线罩材料的研制[J]. 舰船电子对抗, 2020, 43(5): 91-94.
Chen Yeru, Wen Yuan, Deng Zhengyong, et al. Development of Rotational Molding Radome Material with High Transmissivity[J]. Shipboard Electronic Countermeasure, 2020, 43(5): 91-94.
- [13] 梁斌, 陈志刚. 某机载雷达天线罩结构设计[J]. 电讯技术, 2011, 51(1): 104-108.
Liang Bin, Chen Zhigang. Structure Design of an Airborne Radome[J]. Telecommunication Engineering, 2011, 51(1): 104-108.