

# 铁路5G专网应用需求研究及部署方案

李 斌

(佳讯飞鸿(北京)智能科技研究院有限公司, 北京 100044)

**摘要:**通过对既有铁路移动通信专网现状的阐述, 以及对于铁路移动通信应用需求的研究, 重点提出3类铁路典型应用需求。结合铁路运用实际, 提出铁路5G专网的概念, 着重讲解铁路5G专网的功能架构, 在此基础上, 提出3种符合当前铁路移动通信专网建设要求的铁路5G专网部署方案, 通过比较各自方案的优劣势, 为未来铁路移动通信网络建设提供一定的理论依据, 也为“5G+铁路”的快速落地和铁路智能化发展提供了基础支撑。

**关键词:**铁路专网; 移动通信应用需求; 5G通信技术; 铁路5G专网部署

中图分类号: U285.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-4440(2021)11-0042-05

## Application Requirement and Deployment Scheme of Railway 5G Private Network

Li Bin

(Jiaxun Feihong Intelligent Technology Institute Co., Ltd., Beijing 100044, China)

**Abstract:** Through elaborating the current status of the existing railway mobile communication private network and researching the requirements of railway mobile communication applications, three typical railway application requirements are highlighted. Combined with the practical application of railway, the concept of railway 5G private network is proposed, and the functional architecture of railway 5G private network is focused on. Based on this, three deployment plans of railway 5G private network that meet the requirements of current railway mobile private network construction are proposed. The advantages and disadvantages of the respective solution provide a certain theoretical basis for the future construction of railway mobile communication networks, and also provide the basic support for the rapid landing of "5G + Railways" and the intelligent development of railways.

**Keywords:** railway private network; mobile communication application requirements; 5G communication technology; railway 5G private network deployment

### 1 铁路移动通信专网发展现状

目前我国铁路传统的150 MHz无线列调系统基本已经退出国铁干线和支线铁路无线通信市场, 但是在部分地方铁路和铁路专用线上仍有应用。现有的铁路无线通信系统基本以窄带通信为主, 主要

为450 MHz无线列调通信系统和GSM-R铁路移动通信系统。我国铁路经过高速发展的20年, 尤其是高速铁路的黄金10年, GSM-R铁路数字移动通信系统已成为铁路系统组织运输生产的核心部分, 在一定程度上保障了列车的运行控制、检测监测、运输组织、调度指挥等信息及时、可靠

的传输。但面对乘客日益膨胀的带宽需求，铁路行业自身发展的需要，交通强国发展战略的要求，GSM-R 铁路数字移动通信系统快速向超高速、大带宽、移动性强的方向演进，已经成为目前铁路行业的主流发展思路和演进趋势。

## 2 铁路移动通信应用需求研究

### 2.1 移动通信应用需求概述

铁路行业对网络的需求分为以下几个层次：一是基础通信需求，传输数据可以通过有线方式提供，例如铁路沿线车站和轨旁设备设施大多数都通过有线接入；二是无线通讯需求，主要针对可移动的装备和设备，例如线路上运行的高速列车、重载列车、大型养路机械和人员的手持移动终端设备等；三是高性能无线需求，例如列车运行控制系统对车地传输、信号控制的实时控制、实时响应等方面的需求。

结合铁路运输组织实际及铁路特殊应用场景，对铁路未来的移动通信应用需求进行梳理，包括：行车应用、运营及维护应用、旅客服务信息传送应用等 3 大类。

其中，行车类应用细分为：铁路紧急呼叫、行车相关调度语音、其他调度语音、行车安全数据、行车信息数据、行车调度视频；运营及维护类应用细分为：运营及维护语音、运营及维护列车数据、运营及维护车地数据、运营及维护地面数据、运营及维护列车视频、运营及维护车地视频、运营及维护地面视频、应急语音、应急数据、应急视频、公众紧急呼叫。

### 2.2 行车类典型应用需求

#### 2.2.1 CTCS-3 和 CTCS-4 列控信息传送

CTCS-3 列控系统地面设备与车载设备之间传送行车许可、线路参数、临时限速、列车位置、列车数据等信息。CTCS-3 列控信息传送主要包括下列使用场景：在采用 CTCS-3 列控系统的铁路区段，列控系统地面设备产生行车许可传送给车载设备，车载设备将列车位置等信息上传至当

前局地面设备；在地面设备交权区，一台车载设备与相邻的两套地面设备同时通信。CTCS-3 列控信息传送主要包括下列用户：列控系统车载设备、列控系统地面设备。CTCS-3 列控信息传送业务通信模式主要为点对点数据传输。

CTCS-4 列控系统车载设备与地面设备之间传送移动闭塞所需要的数据信息。CTCS-4 列控信息传送主要包括下列使用场景：在采用下一代列控系统的铁路区段，列控系统地面设备产生行车许可传送给车载设备，车载设备将列车位置等信息上传至当前局地面设备；同一列车的车头和车尾的车载设备同时与地面设备通信；相邻列车之间传送列车位置、运行速度等信息；在地面设备交权区，一台车载设备与相邻的两套地面设备同时通信。CTCS-4 列控信息传送主要包括下列用户：列控系统车载设备、列控系统地面设备。CTCS-4 列控信息传送业务通信模式主要为点对点数据传输。

#### 2.2.2 列车安全防护预警信息传送

列车安全防护预警信息传送主要包括下列使用场景：机车周期性发送位置和接近信息，地面设备将接近预警信息发送给邻近列车、道口值班人员、维护作业人员及安全防护人员；列车接近铁路道口或临时施工地段时，自动接收和显示道口报警信息和施工防护报警信息；当无线接入网与核心网之间的通信中断，或者核心网发生故障时，列车与相关列车及地面人员所持终端之间仍能进行信息传送；当基站故障时，列车与相关列车及地面人员所持终端之间仍能进行信息传送。

列车安全防护预警信息传送主要包括下列用户：列车、道口值班人员、施工作业人员、安全防护人员、列车安全防护预警地面设备。列车安全防护预警信息传送业务通信模式主要有以下两种方式：点对点数据传输、点对多点数据传输。

### 2.3 运营及维护类典型应用需求

#### 2.3.1 机车远程监测与诊断（CMD）信息传送

在铁路沿线及机务段（含折返段和机车检修

整备场所)，将车载信息传回中国国家铁路集团有限公司（以下简称“国铁集团”）及机务段（含折返段和机车检修整备场所）地面设备，实现对机车信息的动态监测。

CMD 信息传送主要包括下列使用场景：列车运行监控记录装置（LKJ）信息传送、机车车载安全防护系统（6A/ABDR、AFDR、AGDR）信息传送、机车自动视频监控（6A/AVDR）信息传送、列车司机室局域网信息传送、机车微机网络控制系统（TCMS）信息传送。

CMD 信息传送主要包括下列用户：6A 系统、TCMS 系统、CMD 车载监测检测装置、车载无线局域网、CMD 地面设备、LKJ 装置。CMD 信息传送业务通信模式主要为点对点数据传输。

### 2.3.2 应急通信

应急通信是指在铁路发生自然灾害、铁路交通事故或其他突发事件时，为确保救援指挥需要，在国铁集团、铁路局、车务站段应急救援指挥中心与突发事件现场之间以及突发事件现场内部建立的语音、数据、视频通信，同时包括与其他相关系统之间的通信。应急通信包括应急通信响应和应急通信保障。

应急现场移动终端与国铁集团、铁路局、车务站段应急救援指挥中心之间进行的语音、数据、视频通信，语音通信包括组呼。应急通信主要包括下列用户：国铁集团、铁路局、车务站段应急救援指挥中心指挥台、操作台、值班台、其他音视频终端；应急现场移动终端。应急通信业务通信模式主要有以下几种方式：语音个呼、语音组呼、点对点数据传输、点对点视频传输。

## 3 铁路5G专网部署方案

### 3.1 铁路5G专网概述

铁路 5G 专网（Railway 5G Private Network, 5G-R），指专用于铁路行业的移动通信网络。专网的概念并不陌生，早在 2G/3G/4G 时代就有了，比如铁路专网、公共安全专网、军用专网等。

5G 通信技术在业务特性、接入网、核心网等多个方面将发生显著变化，其中在业务特性方面，增强型移动宽带（eMBB）、超可靠低时延通信（uRLLC）、大规模机器类通信（mMTC）等典型业务场景将分阶段、分步骤的逐步引入铁路行业；在铁路核心网方面将趋向采用云化分布式部署架构，核心网信令网元将主要在国铁集团和各铁路局机房部署，数据面网元根据不同业务性能差异拟采用分层部署方案。随着物联网（IoT）等垂直行业的业务发展，5G 控制平面也将呈现跨区域、跨领域部署的趋势。铁路 5G 专网功能架构如图 1 所示。

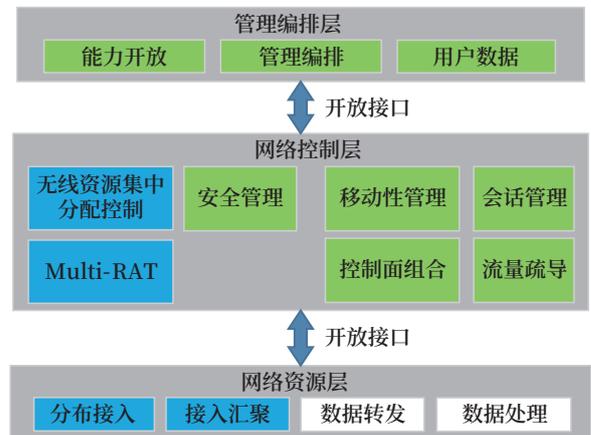


图1 铁路5G专网功能架构  
Fig.1 Functional architecture of railway 5G private network

### 3.2 铁路5G专网部署方案

#### 3.2.1 基于铁路专网频段或公网频段独立建设物理隔离的网络

铁路 5G 专网与公网 5G 部署及组网关键组成部分，包括以下几个方面：UDM、5GC CP、UPF、MEC 和 gNB。

铁路 5G 专网部署方式是，基于工信部颁发的铁路 5G 专网频段或者运营商的 5G 公网频段，自建一张包括 UDM、5GC CP、UPF、MEC 和 gNB 的 5G 移动专网，并与 5G 公网完全隔离。

基于铁路专网频段或公网频段独立建设隔离的网络如图 2 所示。

#### 3.2.2 铁路5G专网与公网之间RAN和控制面共享

铁路 5G 专网依然部署 UPF 和 MEC，但 UDM、

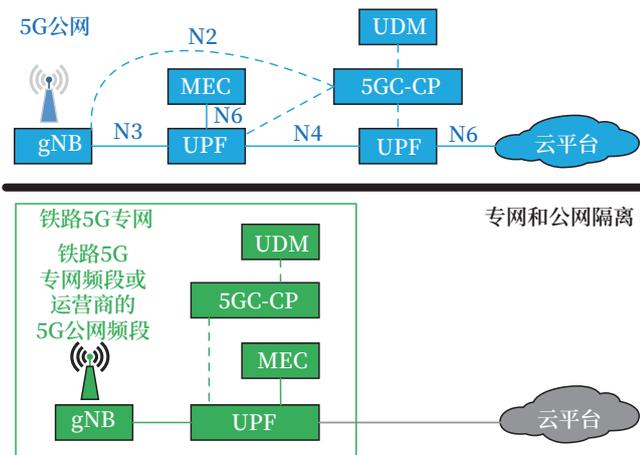


图2 基于铁路专网频段或公网频段独立建设隔离的网络  
Fig.2 Independent construction of isolated networks based on frequency bands of railway private networks or public networks

5GC CP、5G 基站 (gNB) 与公网共享。

在这种部署方式下，铁路 5G 专网的 gNB 和 UPF 分别由 N2 和 N4 接口连接 5G 公网的 5GC CP，铁路 5G 专网里的设备用户信息也存储在运营商的 5G 公网里，而不是存储在铁路企业内部。因此，在数据安全性和隐私保护方面可能会差一点。但由于 MEC 和 UPF 仍然部署于铁路专网内部，仍然可以保障网络低时延。

铁路 5G 专网与公网 RAN 和控制面共享，如图 3 所示。

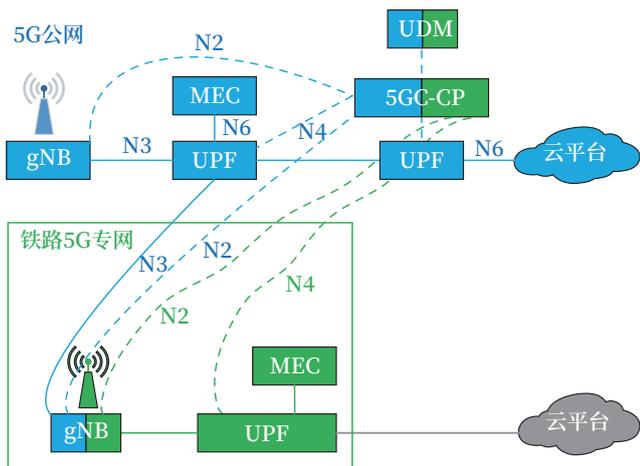


图3 铁路5G专网与公网RAN和控制面共享  
Fig.3 Railway 5G private network shared with public network RAN and control plane

### 3.2.3 铁路5G专网与公网端到端共享

从 UDM、5GC CP、UPF、MEC 到 5G 基站，

包括控制面和用户面，5G 专网与公网端到端共享。在这种部署方式下，铁路行业用户信息和数据流量的安全性取决于公网网络切片能力。而低时延保障取决于运营商的边缘云 (UPF 和 MEC) 的部署位置。如果运营商的边缘云位置离铁路企业、车站、线路较近，那么网络时延就相对较低。

铁路 5G 专网与公网端到端共享，如图 4 所示。

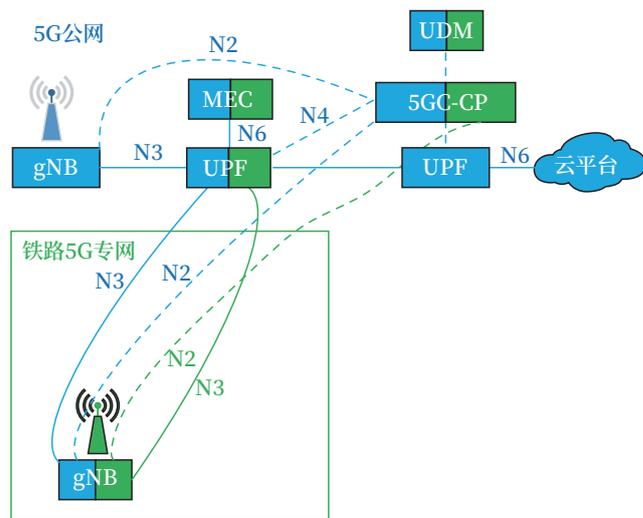


图4 铁路5G专网与公网端到端共享  
Fig.4 End-to-end sharing of railway 5G private network and public network

## 4 结束语

通过对铁路运输组织、运行控制、运维养护、客运服务等典型应用需求场景的分析与研究，提出符合铁路现状的铁路 5G 专网概念，在重点讲解铁路 5G 专网功能及框架结构的基础上，提出 3 种符合铁路移动通信专网建设要求的铁路 5G 专网部署方案。5G 专网部署只是铁路移动通信网络中的一部分，后续的研究工作中，还需要在 4G/5G 的互操作领域，5G+ 人工智能领域以及 5G 通信技术与铁路其他专业如何高效融合方向加大研究力度，共同推动铁路信息基础设施向智能化方向发展。

### 参考文献

[1] 郎保真. 5G 技术及 WRC-19 铁路交通新议题 [J]. 中国铁路, 2015 (12): 74-76.  
Lang Baozhen. 5G Technology and WRC-19

- Railway Transport Topics [J]. China Railway, 2015(12): 74-76.
- [2] 刘志英. 5G 技术及其在铁路通信中的应用 [J]. 通信技术, 2018, 51(2): 394-398.  
Liu Zhiying. 5G Technology and Its Application in Railway Communication[J]. Communications Technology, 2018, 51(2): 394-398.
- [3] 王建敏. 兼容 GSM-R 和 5G-R 互联互通的列控系统无线通信方案研究 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2021(5): 42-46.  
Wang Jianmin. Research on Wireless Communication Scheme of Train Control System Compatible with 5G-R and GSM-R Interoperability[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021(5): 42-46.
- [4] 王敏, 陆晓东, 沈少艾. 5G 组网与部署探讨 [J]. 移动通信, 2019, 43(1): 7-14.  
Wang Min, Lu Xiaodong, Shen Shaoai. Discussion on 5G Networking and Deployment[J]. Mobile Communications, 2019, 43(1): 7-14.
- [5] 余莉, 张治中, 程方, 等. 第五代移动通信网  
络体系架构及其关键技术 [J]. 重庆邮电大学学报 (自然科学版), 2014, 26(4): 427-433.  
Yu Li, Zhang Zhizhong, Cheng Fang, et al. Cellular Architecture and Key Technologies for 5G Mobile Communication Networks[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2014, 26(4):427-433.
- [6] 张建敏, 谢伟良, 杨峰义. 5G 超密集组网网络架构及实现 [J]. 电信科学, 2016, 32(6): 36-43.  
Zhang Jianmin, Xie Weiliang, Yang Fengyi. Architecture and Solutions of 5G Ultra Dense Network[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(6): 36-43.
- [7] 迟梁, 蒋俊杰. 5G 通信场景与技术分析 [J]. 移动通信, 2015, 39(15): 88-93.  
Chi Liang, Jiang Junjie. A Survey on 5G Communication Scenarios and Techniques[J]. Mobile Communications, 2015, 39(15): 88-93.
- (收稿日期: 2020-02-24)  
(修回日期: 2021-09-14)

\*\*\*\*\*

- (上接 37页)
- 术, 2012, 9(3): 59-61.  
Li Ming, Zhao Ye. Prevention Measures Against Track Circuit Defective Shunting by “Released by Checking Three Sections” Logic[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2012, 9(3): 59-61.
- [8] 岳朝鹏, 崔俊锋. 中国高铁列控定位技术及对北斗卫星定位应用需求 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2019, 16(3): 1-4.  
Yue Chaopeng, Cui Junfeng. Chinese High Speed Railway Train Positioning Technology and Application Requirements for Beidou Satellite Positioning[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2019, 16(3): 1-4.
- [9] 杨韬. 枢纽地区 RBC 设置方案探讨 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2013, 10(S1): 43-49.  
(收稿日期: 2020-09-15)  
(修回日期: 2021-08-20)