

车路协同网络实现方案

Network Implementation Scheme of Vehicle Road Cooperation

史春磊¹,蔡超¹,邱佳慧¹,张勍¹,邢建兵²(1. 中国联通智网创新中心,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)

Shi Chunlei¹,Cai Chao¹,Qiu Jiahui¹,Zhang Qing¹,Xing Jianbing²(1. Intelligent Network & Innovation Center of China Unicom, Beijing 100048, China;2. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033, China)

摘要:

在5G技术的赋能下,车路协同的每一个场景都有其专属性和独特性。主要对车路协同远控驾驶场景所使用的5G技术进行分析与研究,从5G灵活的网络定制能力入手,分析了车路协同场景对网络性能的需求。基于典型的车路协同系统架构,论述车联网业务的5G网络解决方案及实现流程,并在数字交通实验室完成应用场景的测试与验证。实验结果显示,5G技术可以满足远控驾驶应用场景的技术指标。

关键词:

5G;车路协同;5G增强能力;5G网络方案
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.06.008
文章编号:1007-3043(2023)06-0041-06
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

Under the empowerment of 5G technology, each scene of vehicle road collaboration has its own specificity and uniqueness. It mainly analyzes and researches the 5G technology used in the application of remote control driver vehicle road coordination. Starting from the flexible network customization capability of 5G, it analyzes the requirements for network performance in vehicle road collaboration scenario. Based on the typical vehicle road collaboration system architecture, it discusses the 5G network solution and implementation process of the Internet of Vehicles business, and completes the test and verification of the application scenario in the digital transportation laboratory. The test results show that 5G technology can meet the technical indicators of remote control driving application scenarios.

Keywords:

5G; Vehicle road coordination; 5G Enhancement; 5G network scheme

引用格式:史春磊,蔡超,邱佳慧,等. 车路协同网络实现方案[J]. 邮电设计技术,2023(6):41-46.

1 概述

5G车联网发展的终极目标是实现自动驾驶和自

主交通。单车智能感知技术和智能网联车技术是实现自动驾驶的2个研究方向。要实现自动驾驶L4/L5,还存在仅仅依靠单车智能无法解决的场景,如前方大车遮挡住红绿灯、大车遮挡探头、前方几千米外交通事故无法预知等场景。目前5GC-V2X正在标准化的过程中,未来会随着汽车智能互联的落地同步到来。

随着单车智能感知技术提升出现瓶颈和交通环境复杂性的增加,特别是自动驾驶业务,越来越依靠智能道路设施的进步。同时,5G的高可靠、低时延、大带宽和切片技术,使5G相对于4G更适合远控驾驶等应用场景。5G车路协同成为通往未来城市智慧交通

基金项目:2020产业技术基础公共服务平台——面向行业5G网络标准验证公共服务平台(2020-0105-2-1);2019年工业互联网创新发展工程-工业互联网标识解析二级节点(综合型应用服务平台)(TC190A3X8-2-1);面向雄安新区数字城市的异构系统安全策略推演及安全协同防护技术及示范应用(2022XAGG0115)

收稿日期:2023-03-29

和自动驾驶的必由之路。

智能网联汽车业务在安全告警和交通信息通知类业务的基础上,也逐步向“车-路-边-云”协同感知发展,通过车路协同的强大智能提升智能网联汽车的整体感知、决策和控制能力,最终实现降低自动驾驶成本和提升自动驾驶安全性等目标。在众多车联网的应用场景中,远控驾驶场景在人收到前方传来的信号后,通过直接控制或者远程指示下达车辆控制指令,经5G传输给远程驾驶车辆,进而实时进行机械控制。

5G专网与移动边缘计算两大核心技术与车联网深度融合,将为C-V2X提供灵活性高、可靠性强的网络能力。研究如何使用5G技术实现车侧与控制侧的互连互通以及控制数据的交互,如何分析应用场景对网络的需求,以及网络架构中无线、承载、核心网的端到端的组网方案具有很强的现实意义。

2 车联网对5G专网的需求

车联网有低时延、大带宽、高可靠要求,承载远控驾驶应用的车侧系统的带宽需求为70~100 Mbit/s, RTT(往返时延)≤20 ms,要求与其他公网数据流量实现隔离,保证在大网业务拥塞时也不影响业务(见表1)。

3 车路协同的网络实现方案

3.1 车路协同应用的架构

车路协同包括多级云系统、智能路侧系统、人/车

表1 远控驾驶对网络性能要求

应用场景	带宽/(Mbit/s)	传输时延/ms	可靠性	隔离度
远控驾驶	70~100	≤20	高	高

侧系统(见图1)。

3.2 远控驾驶5G专网网络解决方案

5G远程驾驶系统是由无人车、5G/MEC网络、远程驾驶云平台、远控驾驶舱等组成的人车协同共驾系统。依托低时延、大带宽、高可靠性的5G/MEC网络,结合云网一体化技术,通过远程驾驶舱实现对车辆的实时监控和远程操控,提高无人车运行的安全性(见图2)。

3.3 网络实现方案概述

本项目在数字交通实验室附近的露天区域,为这些区域提供5G无线信号连续覆盖,根据现场勘察及5G应用需求进行5G基站方案设计,在数字交通实验室范围内部署5G网络;核心机房部署5G核心网用户面以及边缘云MEC,使数据流不经骨干承载网,在本地中转和卸载;新建1套5G通信终端即远控驾驶无人车,同时新建1套远程驾驶舱。利用5G网络高可靠低时延(uRLLC)、超大带宽(eMBB)的特性,为远控驾驶构建5G虚拟专网承载业务,采用5G SA模式,分配专用的DNN,同时结合切片技术,在5G无线网侧采用RB资源预留、专用FlexE通道(传输通道带宽≥200 M)的硬切片,采用共享UPF,实现全网范围的网络隔离,充分保证业务数据的安全性和隔离性。

3.4 网络组网

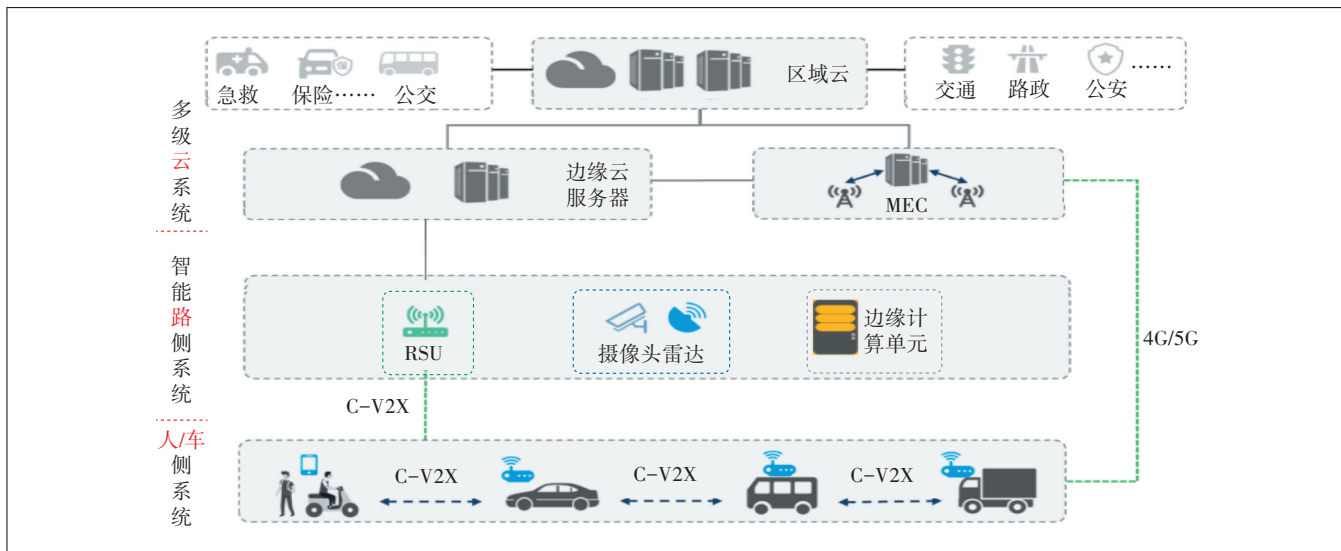


图1 车路协同应用的架构

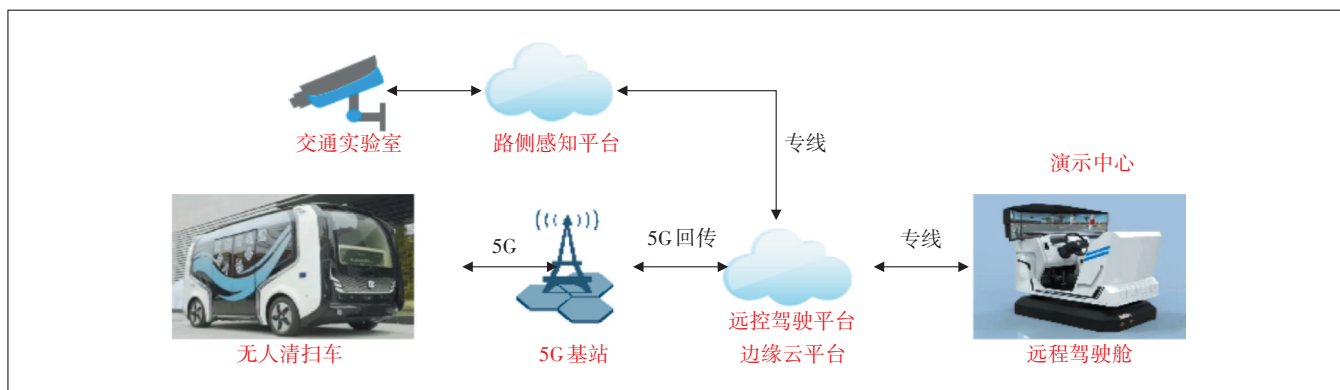


图2 远控驾驶网络示意

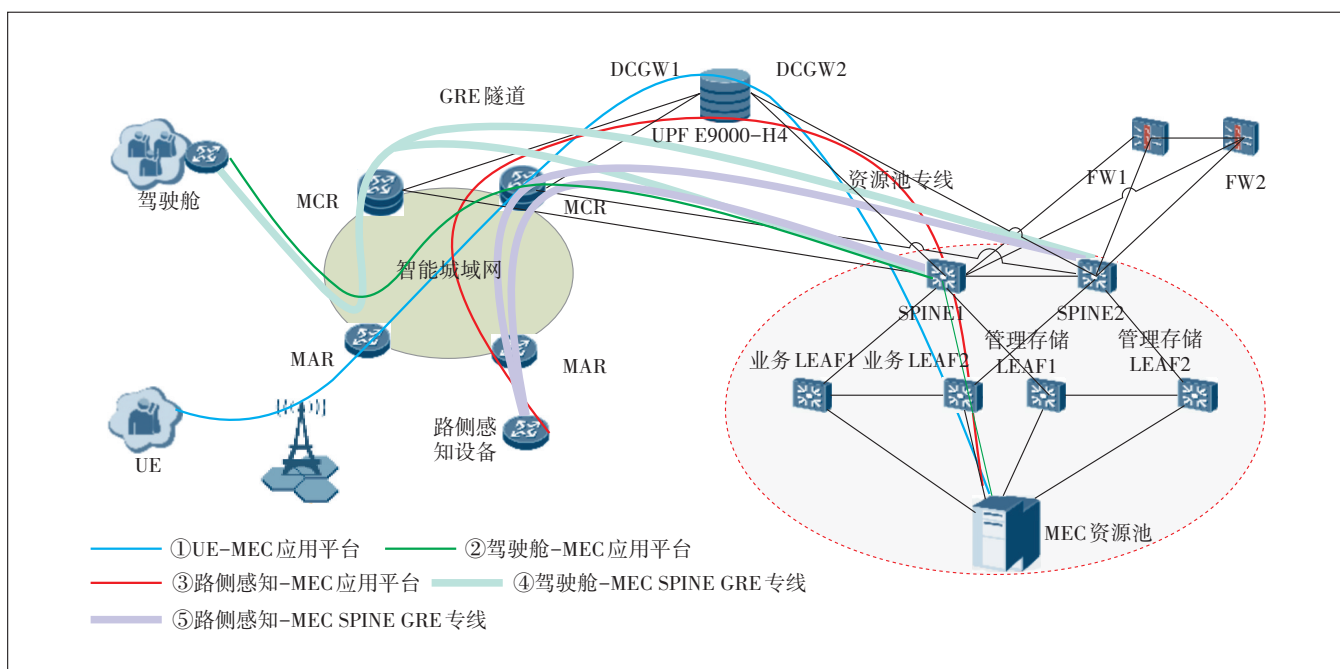


图3 远控驾驶端到端网络组网

远控驾驶端到端网络组网如图3所示。

a) 应用端。5G MEC系统是面向第三方应用的边缘计算平台,MEC边缘云平台具有强大的计算能力和虚拟化能力,部署在UPF之后,通过SPINE1和SPINE2与UPF的EOR和智能城域网的MCR对接。5G MEC系统服从5G网络架构的统一业务管理和资源调度。核心机房节点部署MEC服务器设备,按需配置配套组网设备、GPU加速卡。服务器上部署MEC系统、MEC边缘云业务平台(含软硬件、能力开放、测试验证等)。MEC系统上部署虚机并承载远控驾驶平台、车路协同平台等,实现对V2X数据进行本地化处理。

b) 网端。网端主要包含5G无线网系统、5G承载网系统、5G核心网系统。

(a) 5G无线网系统。5G基站系统采用室外站,提供5G无线信号连续覆盖、大容量、高速率、低时延的数据传输网络,并通过Uu口实现无线空口接入。

(b) 5G承载网系统。5G承载网系统是5G无线网、5G核心网、5G MEC以及驾驶舱的承载系统,采用智能城域网架构,主要由MCR、MER、MAR组成,满足各系统的接入需求以及数据可靠传输需求。根据业务安全性需求,承载网络需提供丰富的、基于不同层次的保护,如设备级保护、网络侧节点保护和链路保护、VPN业务保护。核心层至汇聚层采用设备及网络侧节点保护,汇聚层至接入层采用链路保护,业务级采用双GRE VPN保护。实现策略控制、流控、增强服务的可维护性、扩充接入点等服务保障需求。承载网

络汇聚接入层采用100G环网,通过FlexE切片技术实现车路协同系统与公众业务的硬隔离。

(c) 5G核心网系统。5G核心网系统为整个系统提供UE的鉴权接入和加密、无线信道资源配置、移动性管理和切换管理等功能,实现5G基站的接入和数据交换。5G核心网分为控制面和用户面,核心网用户面UPF下沉到地(市)侧,实现业务流量在本地卸载,满足车路协同业务的低时延要求。

(c) 用户终端。用户终端为UE端,为无人清扫车,采用支持5G SA的模组,配置5G SA物联网卡,采用专用DNN,实现与远控驾驶系统的信息传送,并接受驾驶舱对无人清扫车的远程控制。

(d) 路侧感知设备。路侧感知设备侧包含路侧毫米波雷达、新增智能摄像头、OBU(On board Unit)车载单元以及RSU(Road Side Unit)。OBU与RSU连接,路侧感知设备侧部署路侧感知平台,通过承载网与MEC计算平台有线连接。实现路侧视频、图像、速率等信息的采集与传输。

3.5 业务路由方案

终端前端采集用户面数据,通过5G无线接入系统、5G承载网系统、共享UPF,传输至车路协同平台、远控驾驶平台;驾驶舱端和路侧设备侧通过5G+智能城域网专线方案与车路协同平台和远控驾驶平台进行数据交互;驾驶舱端通过MEC智能城域网专线与平台进行数据互通,通过上层应用程序实现对终端的控制。

a) UE到UPF转发面路由描述。给UE分配固定的IP地址,UE附着到5G无线基站;基站通过N3口对接智能城域网回传到UPF(智能城域网核心环和接入环有保护)。

b) UPF至MEC资源池路由描述。UPF与DC-GW建立GRE隧道,打通UE到资源池部署的APP(控制平台)的虚拟机IP,实现UE和资源池VPC的互访。

(c) 驾驶舱至UE路由描述。驾驶舱端CPE通过规划的智能城域网VPN实现与DC-GW互通,通过UPF接入路由器DC-GW的GRE隧道,实现设备与服务器的互通,再通过智能城域网承载驾驶舱N6口专线,实现驾驶舱和车端UE互访。

(d) 路侧感知设备至MEC资源池路由描述。路侧感知设备端CPE通过规划的智能城域网VPN实现与DC-GW互通,进而与5G MEC资源池互通,与平台进行数据交互。

4 关键技术和方法

4.1 低时延特性

为了满足低时延特性,主要采用了基于QCI的智能上行预调度、GRANT Free免调度、UPF节点下沉等技术。

a) 基于QCI的智能上行预调度。预调度是指不论UE是否向gNodeB发送SRI,每隔一段时间gNodeB都会主动调度一次UE,以减少从UE发送SRI到获得上行调度授权的时间,相比正常SR调度节省15 ms时间,同时带来终端待机时间的缩短和上行空口资源的浪费。智能预调度与基本预调度的主要区别为:上行预调度在终端即使没有上线发送数据的时刻,基站也会按周期一直为终端分配上行授权,而智能预调度只有在收到下行数据时,才会为终端上行授权,并且具有一定的时效性,因此可以有效减少PDCCH开销和其他用户的上行干扰。进一步,基于业务类型QCI识别,只对时延敏感的业务进行上行预调度,从而延长终端待机时间,节省空口资源。

b) GRANT Free免调度。3GPP R15协议对于PUSCH信道支持免授权调度,通过基站周期性地给用户分配免授权上行资源来减少上行的传输时延。基站可以通过RRC信令配置PUSCH资源,通过RRC信令或DCI激活分配的GRANT Free资源;当资源激活后,终端就自动在GRANT Free的资源上直接发送PUSCH数据,而无需先上报SR/BSR,然后等获得gNB调度UL Grant后,才能发送PUSCH数据,从而缩短时延。空口时延相比正常SR调度节省15 ms。

(c) UPF节点下沉。UPF节点下沉能显著降低业务时延,可以按照业务场景和应用需求选择合适的MEC下沉位置。本方案采用UPF下沉至地(市)共享节点,与使用广域UPF(例如省会UPF)相比,根据骨干传输路径的不同,平均时延降低2~16 ms。如果UPF下沉至园区,还会再降低2 ms左右。

4.2 5G MEC

5G MEC与5G-V2X融合具有网络信息开放、低时延高性能、本地服务等特性。5G MEC系统是靠近人、物或数据源头的网络边缘侧的开放平台,融合网络、计算、存储、应用核心能力,就近提供边缘智能服务,满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、应用智能、数据优化、安全与隐私保护等方面的关键需求。

MEC是CT连接和IT计算融合的产物,MEC是通

过CT连接和IT计算承载的业务。MEC平台是网络与业务融合的桥梁,是应对5G大带宽、低时延、本地化垂直行业应用的关键。

4.3 切片技术

车路协同网络切片技术根据应用、场景需求等对网络资源进行管理编排,根据行业客户需求,按需定制虚拟网络,可以满足差异化服务等级协议(Service Level Agreement, SLA)的QoS需求,通过切片平台,为车路协同场景提供5G端到端的大带宽的灵活定制化服务。

无线网切片技术:无线5QI预调度或RB资源预留。本方案采用RB资源预留。

承载网切片技术:基于VPN+QoS和FlexE切片。智能城域综合承载2C/2B/2H业务,技术方案为EVPN+SRv6+FlexE。其中EVPN为业务承载方案,SRv6为隧道承载方案,FlexE为网络切片方案(见图4)。

5 5G 远控驾驶综合测试验证

按照第4章所述方法,对某城市数字交通实验室区域进行了远控驾驶综合测试实验。

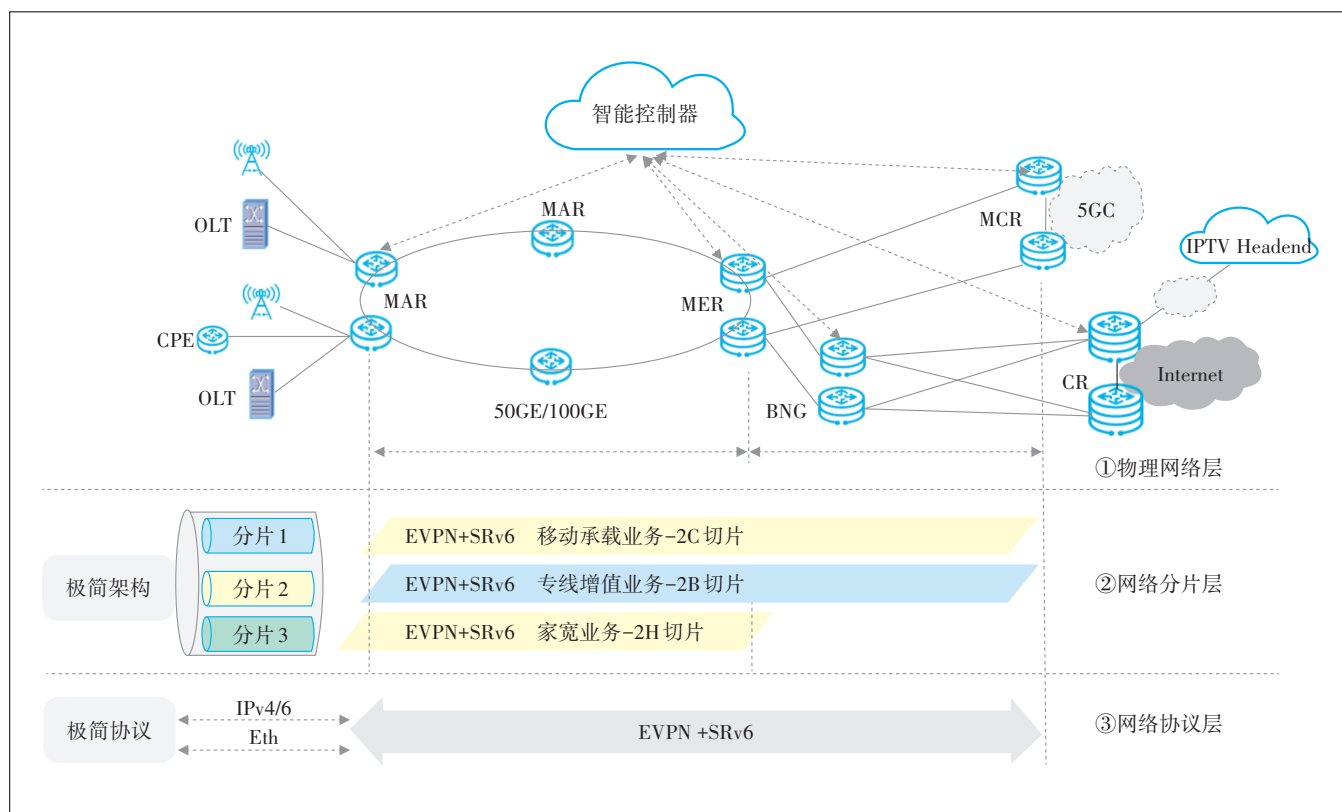


图4 承载网FlexE切片方案

5.1 5G无线基站覆盖指标参数测试

SS-RSRP的测试结果如表2所示,SS-SINR的测试结果如表3所示。

从表2和表3可以看出,参考信号电平SS-RSRP>105 dBm,SS-SINR≥10 dB,初步满足车路协同远控驾

表2 SS-RSRP的测试结果

SS-RSRP 区间/dBm	百分比/%
[-85,31]	11.79
[-95,-85)	59.44
[-105,-95)	28.77

表3 SS-SINR的测试结果

SS-SINR 区间/dB	百分比/%
[25,40]	33.02
[16,25)	26.26
[10,16)	40.72

驶应用场景的无线覆盖需求。

5.2 连通性测试

经测试,在该网络规划与配置条件下,可以实现UE与远控驾驶平台互访,平均时延为9.37 ms,无丢包。同时可以实现UE与MEC驾驶舱互访,可以实现

路侧感知平台与车路协同平台互访,可以实现驾驶舱与远控驾驶平台互访。

5.3 切片带宽测试

设置该切片使用的最大RB数和最小RB数均为全带RB数的80%场景下进行测试,测试结果如表4所示。从表4可以看出,在设置切片情况下,切片用户下载速率略低于未设置切片时速率,切片用户上传速率不受普通用户影响,普通用户体验略低于开启之前。

表4 切片带宽测试(单位:Mbit/s)

切片设置	UE1(普通用户)下载	UE2(切片用户)下载	UE1(普通用户)上传	UE2(切片用户)上传
未设置切片	359.58	848.72	113.69	121.50
设置切片	216.32	727.53	48.48	171.13

5.4 切片时延性能对比

设置该切片使用的最大RB数和最小RB数均为全带RB数的80%场景下进行测试,测试结果如表5所示。从表5可以看出,在设置切片的情况下,切片用户PING测试不受普通用户影响,普通用户体验会略低于开启之前。

表5 切片时延测试对比(单位:ms)

切片设置	UE2(切片用户)	UE1(普通用户)
未设置切片	10.24	19.85
设置切片	8.56	22.60

5.5 小结

从测试结果来看,5G技术可以满足远控驾驶应用场景的技术指标。同时,具有安全、带宽、时延等方面的保障。

a) 安全保障。在该项目中,X市建设了端到端5G SA专网,包括5G终端、5G无线系统、5G承载系统及对应的5G核心网系统,实现了切片专用的端到端5G链路,可以保障数据的隔离,并进行安全保障。

b) 稳定的带宽保障。把切片业务与公网用户进行了端到端隔离,通过5G网络的切片业务和带宽保证手段以及FlexE传输技术,保障了切片业务的带宽不被抢占,即用即有。

c) 稳定的时延保障。在5G网络把切片业务与公网用户进行了端到端隔离,可以为切片业务提供时延保障。

6 结束语

5G垂直行业典型应用场景车联网已成为业界研

究人员重点关注的热点之一。本文从5G专网及定制化等能力入手,分析了车路协同远控驾驶场景对网络性能的需求,并基于车路协同系统架构,论述远控驾驶场景的网络解决方案以及典型业务的5G网络实现流程等主要内容,提供了5G专网赋能垂直行业的应用场景的网络方案分析思路。

参考文献:

- [1] 张航,陈于强,向芸,等. 5G+时代基于车路协同的典型应用场景研究[J]. 长江信息通信,2022(035-001).
- [2] 吴冬升. 5G车联网发展之道 人车路网云五维协同[J]. 通信世界,2019(26):4.
- [3] 任大凯,廖振松. 5G车路协同自动驾驶应用研究[J]. 电信工程技术与标准化,2020,33(9):7.
- [4] 张纪元. 5G确定性网络业务商业模式探讨[J]. 中国电信业,2021(10):3.
- [5] 方琰,陈亚权,李立平,等. 5G网络切片解决方案和关键技术[J]. 邮电设计技术,2020(3):5.
- [6] 李灿. 面向5G的降低时延关键技术研究[D]. 北京:北京邮电大学,2018.
- [7] 赵琛. 基于PDMA的5G NR低功耗大连接免调度算法[J]. 电子设计工程,2018,26(11):10-13.
- [8] 王飞龙. 面向5G免调度的稀疏码分多址检测算法研究[D]. 北京:北京邮电大学,2019.
- [9] 范彬,郝树良,张振风,等. 基于免调度非正交多址系统的稀疏多用户检测方法[J]. 广东通信技术,2018,38(1):29-34.
- [10] 张诗壮,袁志峰,李卫敏. 面向5G mMTC的data-only竞争式免调度接入[J]. 电信科学,2019,35(7):37-46.
- [11] 张勃,秦小飞,冯毅,等. 5G专网无线能力提升技术研究[J]. 邮电设计技术,2021(10):4.
- [12] 丁焱. 面向5G网络切片的无线资源调度算法研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2018.
- [13] 彭登,姚光韬. 5G网络切片技术研究及应用[J]. 信息技术与信息化,2021(1):4.
- [14] 张化,李鹏,鲁娜,等. 5G基站节能技术性能评估研究[J]. 电子技术应用,2020,46(10):20-24.
- [15] 毛翊翔,陆敏,陈国军. 利用软中断功能的5G智能节能方法的研究与应用[J]. 通信世界,2020(26):32-34.

作者简介:

史春磊,毕业于天津大学,高级工程师,硕士,主要负责中国联通5G网络的创新产品研发工作;蔡超,毕业于西安电子科技大学,高级工程师,硕士,主要负责中国联通面向5G网络的创新产品研发工作;邱佳慧,毕业于北京交通大学,高级工程师,博士,主要研究方向为车联网、5G通信、高精度定位等;张勃,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事移动网络新技术研究和产品研发工作;邢建兵,高级工程师,博士,主要从事智能终端、网络与应用相关技术研究工作。