



综述

基于 5G 技术的智能车联网研究与展望

杨荣悦, 张鹏洲, 宋卿

(中国传媒大学新媒体研究院, 北京 100024)

摘要: 5G 通信技术迅速发展, 未来车联网将以 5G 通信技术为基点, 集成 5G 车载单元、5G 基站、5G 移动终端、5G 云服务器等先进设备, 为多类型用户提供全方位的优质服务。首先概述了车联网 V2X 关键技术及其向 5G 时代的演化进程, 5G 正与车联网深度融合, 具有部署成本相对较低、演进路线明确的技术优势; 介绍了车际网、车内网、车载移动互联网三网融合方式及 5G 车联网的体系结构; 然后, 着重阐述了移动边缘计算 (MEC) 和网络切片等 5G 新兴关键技术在车联网场景中的应用和研究现状。最后提出了 5G 车联网在网络切换、网络安全与隐私保护、通信干扰等方面存在的问题, 并指出了研究方向。

关键词: 5G V2X; 移动边缘计算; 网络切片

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020058

Research and prospect of intelligent internet of vehicles based on 5G technology

YANG Rongyue, ZHANG Pengzhou, SONG Qing

New Media Institute, Communication University of China, Beijing 100024, China

Abstract: With the rapid development of 5G communication technology, in the future, V2X will take 5G communication technology as the starting point, integrate 5G vehicle unit, 5G base station, 5G mobile terminal, 5G cloud server and other advanced equipment, to provide comprehensive and high-quality services for multi-type users. Firstly, the key technologies of V2X and its evolution to 5G era were outlined. 5G is deeply integrated with the internet of vehicles, which has the technical advantages of relatively low deployment cost and clear evolution route. Then, the application and research status of 5G emerging key technologies such as mobile edge computing (MEC) and network slicing in typical application scenarios of the Internet of vehicles was focused on. Finally, the problems of 5G internet of vehicles in communication interference, network security and privacy protection, communication interference were put forward, and the research direction was pointed out.

Key words: 5G V2X, mobile edge computing, network slicing

1 引言

每一代新兴技术都是在一定的技术基础上,

因特定业务和用户的迫切需求而诞生的。汽车在给生活带来便利的同时, 也引发了一系列的问题, 诸如交通事故、交通拥堵、环境污染、出行效率

收稿日期: 2019-12-06; 修回日期: 2020-02-28

等^[1-2]。智慧交通系统（intelligent transportation system, ITS）结合通信、互联网等先进技术，构建起综合交通体系，解决当前及未来要面临的交通安全与运输效率等问题，目前被认为是解决交通系统问题最有效的解决方案。近年来，我国汽车产业迅猛发展，智能汽车在 2020 年占比将达到 50%；同时在通信领域，车联网无线通信网络覆盖率将达到 90%，智能汽车联网渗透率将达到 22%，将为智慧交通的发展提供坚实基础^[3]。

对于汽车制造业来说，机械性能指标的提升已经处于暂时的瓶颈期。为实现车辆智能化、交通智能化，应大力发展依托于现代通信、互联网等新兴技术的智能车联网技术。2018 年 1 月，国家发展和改革委员会发布《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》；2019 年 9 月，中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》，提出未来我国要致力于发展信息化、网络化、智能化的交通系统。与传统智能汽车依赖于车载传感系统和信息终端相比，车联网更强调“融合现代通信与网络技术”的概念，能够实现超视距范围的即时信息传递，与传统技术形成良好的互补作用。5G 移动通信技术体系结构更加灵活，能解决车联网低时延、高带宽、高可靠性等多样化应用场景中因性能差异带来的问题，使车辆和车载终端在高速移动场景下依然能获得高质量、高性能的服务^[4]。在车联网领域，高传输速率使得车内增强现实（AR）/虚拟现实（VR）、超高清流媒体等业务有望得到应用；在智能驾驶领域，低时延高可靠的连接是智能汽车实现 L4/L5 自动驾驶的关键。可见，高带宽、低时延、高可靠性的特点决定了它是目前实现车联网最有利的通信手段，同时车联网也将是 5G 通信领域确定性最强的应用场景，5G 技术与标准制定的持续推进将推动车联网技术的腾飞。随着 R15 标准冻结，R16 标准开始制定，5G 车联网研究与应用正进入冲刺阶段，但是在技术上仍存在一定挑战，网络通信能力仍需进一步

提升。本文就针对未来 5G 技术在车联网中的应用和发展前景相关问题进行探究。

2 车联网关键通信技术及演化进程

车联网是按照既定通信协议和数据交互标准，实现车辆以一种智能的方式动态地与周围的车、路、行人及通信网络之间进行信息共享交换的智能车辆互联网络^[5]，如图 1 所示。其主要包含车内网、车际网、车载移动互联网 3 个部分，V2X（vehicle to everything）车联网通过时间、空间维度提高车辆对超视距环境的感知能力，推动通信技术在物联网方面的落地应用，同时也推动了 D2D（device to device，设备到设备）技术不断发展进步，实现设备与设备之间实时全方位的感知、信息的实时互通，最终实现万物实时互联的目标^[6]。

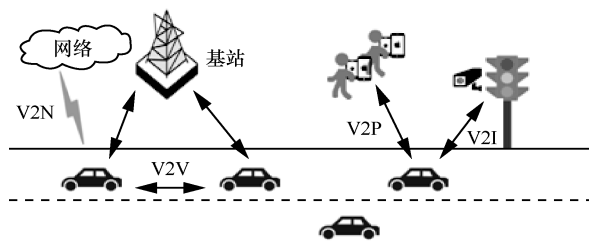


图 1 V2X 通信场景示意图

网联化是智能车联网的必然发展，车联网的最终目标是实现自动驾驶。“云—管—端”是车联网整体系统架构，“管”是网络层，即车联网的通信技术，是车联网系统架构演进过程中技术标准的必争之地。如图 2 所示，目前国际上主流的通信技术路线有两种：专用短程通信（dedicated short range communication, DSRC）和基于蜂窝网络的车对外（cellular-V2X, C-V2X）通信^[7-8]。DSRC 技术能支持 V2V 和 V2I 场景，最早被美国、日本等国家广泛认同，发展时间较长，形成了完善的标准体系和产业布局。随着车联网进程的不断加深，由于缺少充裕的频谱资源和足够的路边基础设施，DSRC 技术已经不能满足 V2X 越发严



格的性能要求,暴露出明显的局限性,包括扩展性能有限、传输范围小、用户服务质量无法保证、未来技术演进路线不明确等问题。针对 DSRC 面临的技术问题,研究者提出了基于蜂窝移动通信的 C-V2X 解决方案。C-V2X 技术是 LTE-V2X 向 5G V2X 平滑演进的可行技术,可以支持现有的 LTE-V2X 以及未来 5G V2X 的全新应用^[9]。

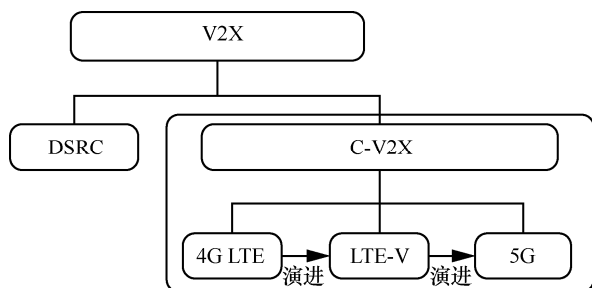


图2 车联网通信技术分类与演进计划

基于 3GPP TS22.886 文件,5G V2X 车联网将支持共计 4 个主要领域(编队驾驶、先进行驶、远程驾驶、传感器共享),同时细分为 22 个场景,还将为 L1~L5 级别的自动驾驶提供全方位信息^[10]。对通信网络的要求主要体现在时延、带宽及可靠性 3 个方面,车联网一些特殊的应用场景要求时延在 5~10 ms,能提供稳定的 10~100 MHz 带宽,可靠性要大于 99.999%。5G 网络数据传输速率理论上能达到 5 Gbit/s 甚至 100 Gbit/s,将会是 4G 网络的 50~100 倍,而时延均值也将降至 10 ms 以内,单小区可提供万级连接数,且 5G 传输网络可采用网络切片技术,实现对不同优先级的网络数据进行灵活的切片管理,5G 技术相对于目前的 DSRC,有更大的传输距离,最远可达 1 000 m,是 DSRC 技术支持范围的 3 倍;可支持的最高移动速度为 500 km/h,远高于 DSRC 的 200 km/h;同时,与 5G 技术相关的关键技术参数的突破性发展都会使得车联网的高密度集群通信、高速通信以及低时延等要求得到更好的保障。因此 5G 高带宽、低时延、切片网络等关键技术完全满足未来车联网的需求,这无疑将加快未来自动驾驶的进程^[11]。

除此之外,5G 还将有以下优势。

(1) 部署成本相对降低

由于 C-V2X 可基于强大的 3GPP 生态系统和连续完善的蜂窝网络覆盖,可充分利用 LTE 和 5G 的生态系统,集成 LTE、V2X,我国具有世界上最大的 4G 商用网络,未来 5G 基站的部署规模预计跟目前 4G 网络差不多,可很大程度上降低车联网的部署成本。

(2) 有明确的演进路径

2017 年 3GPP 发布的 R14 明确了 C-V2X 的技术规范,2018 年 6 月发布的 R15 以及正在制定的 R16 中,在 5G 框架下规范了 C-V2X 向 5G V2X 的演进路线,未来规划的 R17 将深化 5G V2X 技术向成熟发展。基于以上优点,C-V2X 被认为是实现 5G 场景下车联网的关键推动因素之一。随着超密集组网、全双工通信、边缘计算、网络切片等 5G 新技术的不断完善,5G 移动通信技术将与汽车行业深入融合,推动未来交通系统向智能化迈进。

3 基于 5G 的车联网通信体系结构

随着通信技术的快速发展,业务发展和用户需求越来越大,为了满足多元化多功能体验效果,车联网体系结构将不断变化以适应各项需求。未来 5G 技术将改变传统车联网通信模式,智能车联网体系结构更加灵活,系统元素更加多样^[5]。5G 时代,车联网中将存在无线局域网、4G 蜂窝通信、卫星通信等多种不同的通信模式,因此 5G 车联网必将是一个互联互通的大型异构网络,5G 车载单元等系统元素可通过多网络接入与融合,多渠道接入互联网,如图 3 所示,LTE-V 为基于 LTE 技术的车联网。其中,D2D 通信是其重要通信模式,图 4 展示了基于 D2D 通信的 5G 车联网体系结构。按照基站对资源的分配方式以及对起始、目的和中继终端节点的控制情况,可具体将 D2D 通信方式分为 4 类,包括基站辅助的终端直连、基站辅助的车队通信、基站辅助的中继通信及终端间的

直接通信^[12]。基于此,在未来 5G 技术的应用场景下,车联网技术将实现车内网、车际网和车载移动互联网的“三网融合”。在车内网中,车辆和 5G 车载单元实现自行控制链路,进行短距离信息传输,从而降低通信时延;车际网中,当车辆处于通信网络边缘或信号阻塞地带时,各终端间的通信难以保证,车辆可基于单跳或多跳的 D2D 通信模式建立 Ad Hoc 网络,实现相邻车辆间自组网来保障实时信息交换^[13-14];在车载移动互联网中,车辆可通过 5G 基站或中继快速接入互联网,实现 V2N 的信息交互^[13]。

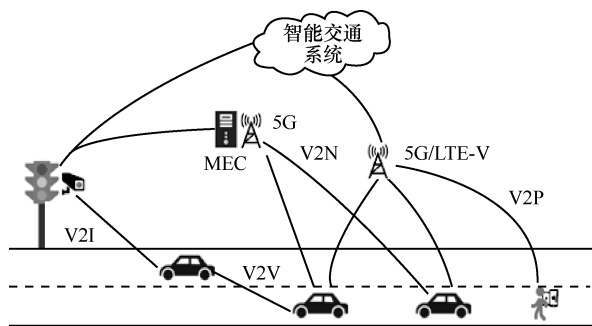


图3 5G网络下异构车联网示意图

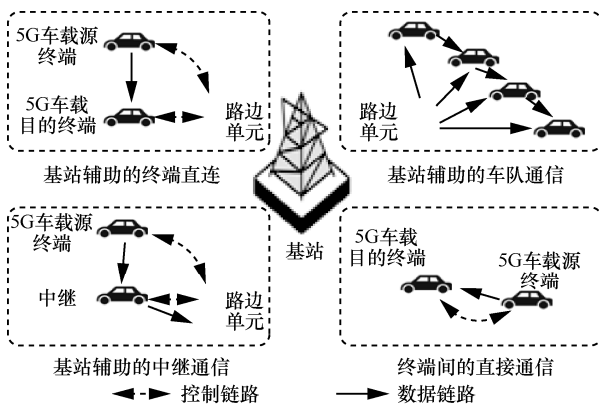


图4 基于D2D通信的5G车联网体系结构

4 5G 新兴技术助力车联网发展

当前 5G 技术发展了大规模天线阵列、超密集组网、新型多址、全频谱接入和新型网络架构等一组关键技术,为满足未来车联网严苛要求奠定了坚实基础^[15]。未来车联网是人、车、路和互联网云平台的全方位连接和高速信息交互的智能协同互联系统,基于 5G 技术的典型车联网应用场景主要分为 3 类:信息服务类场景、交通安全类场景、交通效率类场景^[5]。不同应用类场景对通信要求的性能指标表现出显著的差异化特性,具体见表 1^[16-17]。随着边缘计算、网络功能虚拟化(NFV)、软件定义网络(SDN)和网络切片等 5G 新兴技术的不断发展完善,车联网体系结构更加安全灵活,未来差异化性能指标带来的技术需求难题也将不断得到攻克^[18]。

4.1 边缘计算技术

近年来云计算和边缘计算的发展如火如荼,将算力要求很高的计算任务转移至云计算服务中心完成,解决移动终端算力有限的问题,但也增加了时延,加重了网络负荷,提高了对带宽的要求。对此国际标准组织(ETSI)在 2014 年提出了移动边缘计算技术,在网络边缘部署一定数量的智能单元,分担一部分云计算服务压力,能更好地服务低时延、高带宽的业务。这也就形成了集中式云计算与分布式边缘计算相辅相成、互相补充的网络架构。

典型应用场景对 V2X 的通信需求见表 1,车联网要满足各种业务场景的需求,对时延、可靠

表 1 典型应用场景对 V2X 的通信需求

类型	业务场景	时延	数据分组	覆盖
交通安全	车载视频监控、驾驶实时监测、车辆防盗、自动驾驶、碰撞预警、行人防碰撞	短(5~100 ms)	小	小(<300 m)
交通效率	实况直播、全景合成、运行监控、车位共享、编队行驶、协同导航等能力	中(500 ms)	小	大(1 000 m~全覆盖)
信息服务	车载视频、车载 AR/VR、车载视频通话、车载智慧家庭、汽车分时租赁、导航、动态地图	长(1 s)	大(可至兆级)	大(全覆盖)

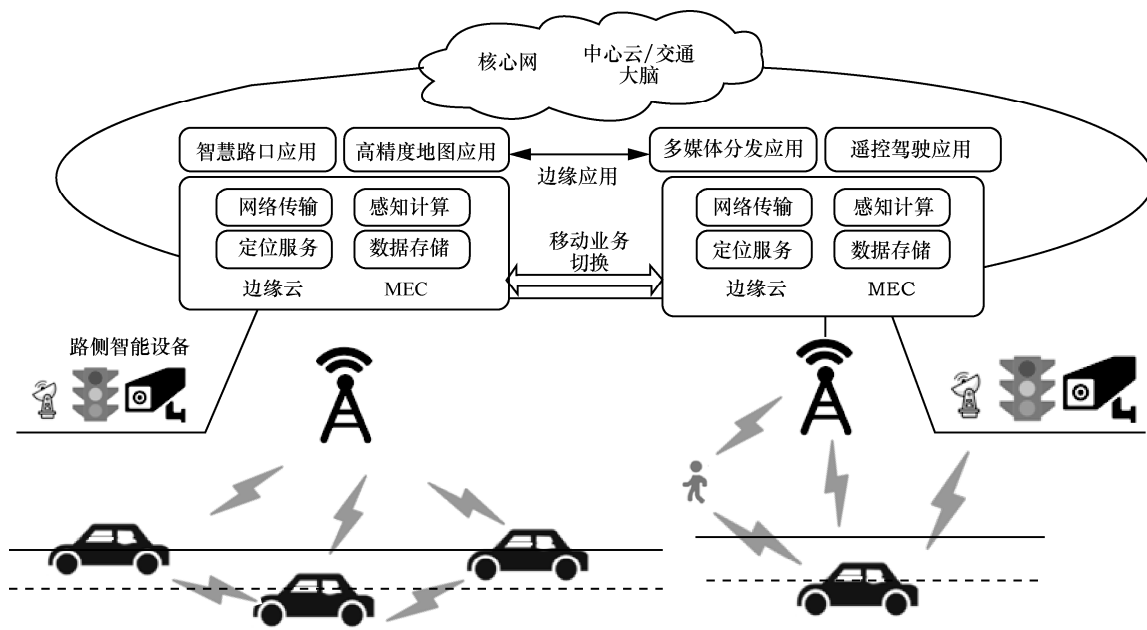


图5 移动边缘计算与车联网结合提供高质量服务

性等方面要求严格,未来车联网实现数据互通互联,数据交换量巨大,一些高级应用功能往往需要密集的计算,超出了单车的计算能力。显然仅依赖云计算满足不了未来车联网所面临的业务需求,从而实现车联网数据在边缘侧的分析、处理和存储的需求显得尤为重要。5G 核心网控制面与数据面彻底分离,NFV 令网络部署更加灵活,从而能进行分布式的边缘计算部署。超低时延网络是 5G 技术正在寻找的,而边缘计算提供了相关技术的可能性。

移动边缘计算(MEC)与车联网结合,能提供具备本地特色的高质量服务,如图5所示。优点可总结如下:MEC 服务器完成决策,降低网络传输时延,有效满足时延敏感性业务需求;MEC 服务器进行数据压缩,降低网络数据传输量,减小了网络拥塞的可能性;MEC 服务器支持本地数据加密,提升数据传输的安全性;网络发生故障时,不影响基本功能运行,提高了网络的可靠性^[19-20]。

MEC 与 5G V2X 融合的应用场景分类如图6所示,高精度地图导航下载、行车与停车引导、

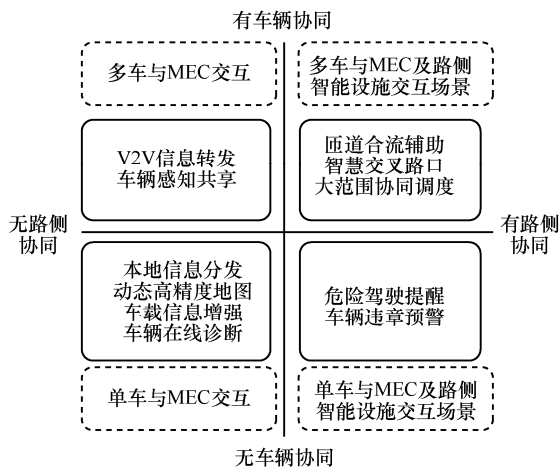


图6 MEC 与 5G V2X 融合的应用场景分类

安全辅助信息推送和多媒体应用等车联网服务功能,都将在蜂窝网络与 MEC 车联网平台的本地计算的技术基础上得以实现。2019 年,IMT-2020(5G)推进组 C-V2X 工作组发布了《MEC 与 C-V2X 融合应用场景》白皮书,详细描述了 MEC 与 C-V2X 融合的 11 个应用场景,可推演 C-V2X 按照现有演进路线发展成未来 5G V2X,MEC 与 5G V2X 融合交互示意图如图7所示。

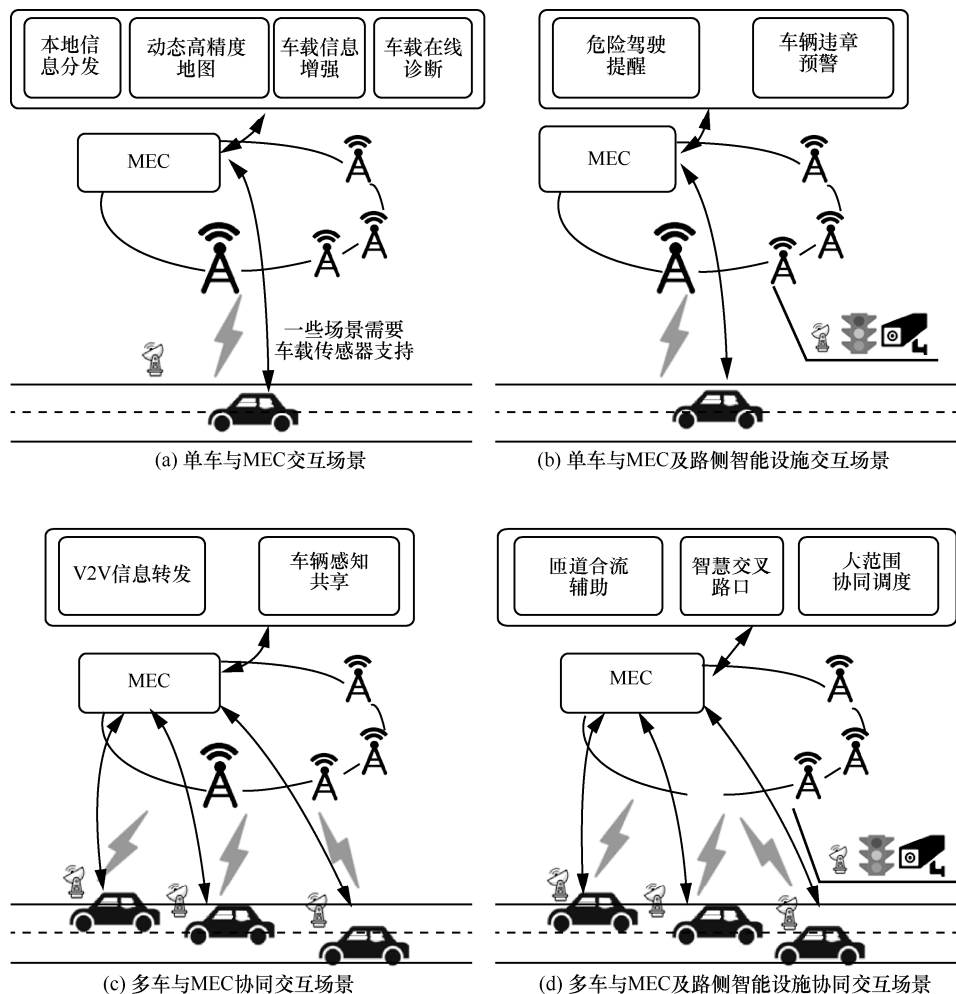


图7 MEC与5G V2X融合交互示意图

4.2 网络切片技术

网络切片技术能够实现按需组网,通过SDN和NFV完成部署,以向用户提供多样化和个性化的优质网络服务。网络切片技术统一分割出多个虚拟的端到端的网络,各网络切片能实现无线接入网→承载网→核心网的逻辑隔离,能满足各种业务类型的不同需求。一方面,网络切片实现了安全隔离、资源隔离、操作维护隔离,一个切片出现故障不会影响到其他切片的正常工作,更加安全可靠;另一方面,网络切片能实现按需定制,即按需提供网络服务、按需提供网络容量、按需提供切片生命周期、按需分布式部署,更加灵活便捷^[21]。在车联网中,网络切片将各逻辑子网络隔离,能够实现车辆、基础设施和通信参与者之

间通信的每个部分的单独管理。例如,自动驾驶或者安全应急服务需要超高可靠低时延(uRLLC)网络切片;一些个人移动服务如流媒体信息和娱乐视频需要提供高带宽(eMBB)网络切片;当交通堵塞或者路过大型赛事现场时,需要满足海量连接数(mMTC)的网络切片^[22]。

参考文献[23]阐述了在无线接入网、核心网络和终端设备上,5G V2X网络切片的应用、挑战和困难。V2X中一些网络切片主要功能包括:通过使用具有超低时延的特殊配置和参数的切片来提高交通安全和效率,并用于发送周期性和事件驱动的消息,以实现各种碰撞或拥挤警告,使车辆能够在特殊条件下安全行驶,如遇见危险和不可接近的环境等。不同类型的通信被分成不同的部



分,并且根据单个通信的需求和要求,每个部分都被分配了适当的资源,能满足与高带宽、低时延和高可靠性相关的业务需求。参考文献[24]提出了一种基于网络切片的车载网络通信模型。通过多车道高速公路场景与车辆异构交通需求建模,自动驾驶切片(交换安全消息)和信息娱乐切片(提供视频资源)是在公共基础设施上创建的两个逻辑切片。此外,采用中继方式提高了低信噪比(SNR)的视频需求车辆的性能。这些低信噪比的车辆由其他信息娱乐车辆提供服务,具有高质量的V2V和V2I链路,不作为自动驾驶切片接入点。

结合边缘计算和网络切片,还可研究基于边缘计算的接入网络切片技术。在核心网切片中,各类业务的数据都会聚到云计算服务器进行计算处理,同样会产生网络负担大、时延长、宽带要求高的问题。因此,与核心网到相应终端的垂直结构切片相比,如部分业务对计算能力要求较低,用户分布范围较小,则更适用于端到端的水平结构切片。因此,结合网络边缘MEC服务器的计算、存储和通信能力,构建相应网络切片,可实现业务本地化处理,减轻核心网的压力,降低传输时延,提升用户体验。

腾讯、百度、华为等企业正积极联合电信运营商布局边缘计算方面的技术开发,基于5G切片和边缘计算部署V2X案例也在2019年世界移动通信大会上正式亮相。尽管边缘计算和网络切片技术的应用前景广阔,也已经取得了不少关键技术突破,但是仍有很多问题亟待解决。首先,边缘计算中的缓存资源与无线资源有很大不同,资源部署与管理对MEC性能的影响和优化技术还有待深入研究;其次,MEC虽然具有较好的低时延性能,但是计算能力和缓存空间有限,决策依据也会因具体应用场景各有差异,因此MEC的快速卸载决策也尤为重要。网络切片通过NFV和SDN关键技术实现,实例化更加便捷,资源共享更加灵活,能实现业务快速开发部署。然而,在

安全性、计算性能、与传统无线网络的兼容运营和管理等方面的难题依然存在,NFV和SDN的网络切片的实现仍面临巨大挑战。由于无线信道的随机与时变特性,切片间良好的隔离也受到影响,统一的切片隔离机制仍需突破。在不同接入方式下,空口、频谱利用和协议等资源配置也不同,完成网络切片入网后的性能优化问题还需继续研究。

5 结束语

当今,5G通信技术的突破不断推动着车联网向智能化、网络化方向快速发展,车联网必将是未来5G技术一展宏图的关键领域。为响应国家政策,实现新一代车用无线通信网络(5G V2X)到2025年能基本满足智能汽车发展需要等相关要求。各地区积极推动5G车联网快速落地,在北京房山、江苏无锡、湖北武汉等地建设了5G车联网示范区,配套建设5G V2X测试平台,具备全覆盖5G网络、5G边缘计算、5G精准定位等功能。但是,要真正实现5G车联网仍面临不少技术局限,比如网络切换频繁、网络安全与隐私保护、通信干扰等问题,这些问题有待进一步的研究。

(1) 网络切换频繁

5G技术频率更高、覆盖范围更小,未来城市的每一个灯柱、交通灯或者汽车就是一个小基站,必然带来基站间的频繁切换问题,进而影响自动驾驶能力。因此,需要提出更为科学的路由方案,提升网络切换的效率。

(2) 网络安全与隐私保护

基于车联网的V2X架构,5G车联网安全威胁可分为6类:通信链路安全、数据合规性安全、访问控制安全、隐私安全、设备安全、标识及责任安全。车联网应用依赖数据传输和数据传输的源路端,无论哪一个环节受到攻击或者影响都会严重影响5G车联网的安全。因此,需要加强车联

网关键安全防护技术产品和解决方案的研发。

(3) 通信干扰

5G 通信依旧面临着有限频率资源的限制,信道在高速移动条件下会恶化,依托高频段信道的高传输速率将会受到影响,信道信息的获取会造成导频污染。为解决 5G 车联网中的干扰问题,网络增强技术、室内外信号分离技术、大规模天线技术等仍需深入研究以提高频谱效率,减少对 5G 通信的污染。

参考文献:

- [1] 邱佳慧, 陈祎, 刘琪. 车联网标准化及其演进策略[J]. 移动通信, 2018, 42(4): 41-47.
QIU J H, CHEN W, LIU Q. Research on V2X standardization and evolution strategy[J]. Mobile Communications, 2018, 42(4): 41-47.
- [2] 郝铁亮, 叶平, 郝成龙, 等. 车联网技术研究[J]. 汽车实用技术, 2017(20): 141-143.
HAO T L, YE P, HAO C L, et al. Research on vehicle networking technology[J]. Automobile Applied Technology, 2017(20): 141-143.
- [3] 2019-2025 年中车联网行业市场供需预测及发展前景预测报告[Z]. 2018.
Market supply and demand forecast and development prospect forecast report of China internet of vehicles industry in 2019-2025[Z]. 2018.
- [4] ROST P, MANNWEILER C, MICHALOPOULOS D S, et al. Network slicing to enable scalability and flexibility in 5G mobile networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(5): 72-79.
- [5] 陆平, 李建华, 赵维铎. 5G 在垂直行业中的应用[J]. 中兴通讯技术, 2019, 25(1): 67-74.
LU P, LI J H, ZHAO W D. Applications of 5G in vertical industry[J]. ZTE Technology Journal, 2019, 25(1): 67-74.
- [6] GALLO L, HAERRI J. Unsupervised long-term evolution device-to-device: a case study for safety-critical V2X communications[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2017, 12(2): 69-77.
- [7] KENNEY J B. Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the united states[J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(7): 1162-1182.
- [8] KOUSARIDAS A, MEDINA D, AYAZ S, et al. Recent advances in 3GPP networks for vehicular communications[C]//2017 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN). Piscataway: IEEE Press, 2017.
- [9] BACKFRIEDER C, OSTERMAYER G, MECKLENBRÄ UKER C F. Increased traffic flow through node-based bottleneck prediction and V2X communication[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2017, 18(2): 349-363.
- [10] 丁启枫, 杜昊, 吕玉琦. 5G-V2X 应用场景和通信需求研究[J]. 数字通信世界, 2019(2): 24-25.
DING Q F, DU H, LV Y Q. Research on application scenarios and communication requirements of 5G-V2X[J]. Digital Communication World, 2019(2): 24-25.
- [11] WAN S, LI X, XUE Y, et al. Efficient computation offloading for internet of vehicles in edge computing-assisted 5G networks[J]. The Journal of Supercomputing, 2019: 1-30.
- [12] 王良民, 刘晓龙, 李春晓, 等. 5G 车联网展望[J]. 网络与信息安全学报, 2016, 2(6): 1-12.
WANG L M, LIU X L, LI C X, et al. Overview of internet of vehicles for 5G[J]. Chinese Journal of Network and Information Security, 2016, 2(6): 1-12.
- [13] HUANG H, MIAO W, MIN G, et al. Mobile edge computing for the 5G internet of things[J]. 5G-Enabled Internet of Things, 2019: 143.
- [14] SUN W, YUAN D, STRÖM E G, et al. Cluster-based radio resource management for D2D-supported safety-critical V2X communications[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2015, 15(4): 2756-2769.
- [15] AGARWAL A, AGARWAL K, AGARWAL S, et al. Evolution of mobile communication technology towards 5G networks and challenges[J]. American Journal of Electrical and Electronic Engineering, 2019, 7(2): 34-37.
- [16] HUANG L, JIANG H, ZHANG Z, et al. Efficient data traffic forwarding for infrastructure-to-infrastructure communications in VANETs[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2017: 1-15.
- [17] REN M, ZHANG J, KHOUKHI L, et al. A study of the impact of merging schemes on cluster stability in VANETs[C]//IEEE International Symposium on Personal. Piscataway: IEEE Press, 2017.
- [18] YOUSAF F Z, BREDEL M, SCHALLER S, et al. NFV and SDN-key technology enablers for 5G networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2017, 35(11): 2468-2478.
- [19] 项弘禹, 肖扬文, 张贤, 等. 5G 边缘计算和网络切片技术[J]. 电信科学, 2017, 33(6): 54-63.
XIANG H Y, XIAO Y W, ZHANG X, et al. Edge computing and network slicing technology in 5G[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(6): 54-63.
- [20] PING D, NAKAO A. Application specific mobile edge computing through network softwarization[C]//IEEE International Conference on Cloud Networking. Piscataway: IEEE Press, 2015.
- [21] CAMPOLO C, MOLINARO A, IERA A, et al. 5G network slicing for vehicle-to-everything services[J]. IEEE Wireless Communications, 2017, 24(6): 38-45.
- [22] ŠEREMET I, ČAUŠEVIĆ S. Benefits of using 5G network slicing to implement vehicle-to-everything (V2X) technology[C]//



Proceedings of 2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH). Piscataway: IEEE Press, 2019: 1-6.

[23] MEI J, WANG X, ZHENG K. Intelligent network slicing for V2X services toward 5G[J]. IEEE Network, 2019.

[24] KHAN H, LUOTO P, BENNIS M, et al. On the application of network slicing for 5G-V2X[J]. arXiv:1805.07829, 2018: 1-6.

[作者简介]



杨荣悦（1995—），女，中国传媒大学新媒体研究院硕士生，主要研究方向为 5G 技术及其应用。



张鹏洲（1969—），男，博士，中国传媒大学新媒体研究院研究员、博士生导师，主要研究方向为 5G 技术及其应用、网络新媒体技术、媒体资产管理。



宋卿（1982—），男，博士，中国传媒大学新媒体研究院助理研究员，主要研究方向为 5G 技术及其应用、网络新媒体技术。