

面向 6G 的车联网关键技术

Key Technologies of Internet of Vehicles System Towards 6G



郎平 / LANG Ping, 田大新 / TIAN Daxin

(北京航空航天大学, 中国 北京 102206)
(Beihang University, Beijing 102206, China)

摘要: 从场景定义、性能指标等多个方面介绍了 6G 技术的研究情况, 分析了 6G 赋能下智能车联网系统的发展方向。6G 车联网系统的关键技术覆盖全域感知决策、空天地一体化通信、多层级边缘智能、数字孪生交通、边缘服务安全五大方面。6G 新技术赋能的车联网系统, 将进一步推动出行智能化、服务泛在化、管控全局化的新时代智能交通愿景的实现。

关键词: 6G; 智能交通; 车联网系统; 关键技术

Abstract: The research advancement of 6G technology from aspects of scenario and performance is introduced, and the development direction of intelligent Internet of Vehicles (IoV) system enabled by 6G is analyzed. 6G key technologies for the IoV system cover five aspects: large-scale sensing and decision, space-air-ground integrated communication, multi-layer edge intelligence, digital twin traffic, and edge service security. The 6G empowered IoV system will promote the realization of intelligent travel, ubiquitous service, and global control of the novel intelligent transportation system.

Keywords: 6G; intelligent transportation system; Internet of Vehicles system; key technology

DOI: 10.12142/ZTETJ.202102004

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20210402.0900.002.html>

网络出版日期: 2021-04-02

收稿日期: 2021-02-23

随着技术的进步, 移动通信的发展经历了 1G 时代的模拟语音通话、2G 时代的数字语音和文本消息、3G 时代的多媒体传输以及 4G 时代的网络移动互联。2019 年 10 月 31 日, 中国 5G 正式商用, 将移动通信从人与人之间的连接演进到人与物、物与物的全场景连接, 并将服务对象由个人 / 公众拓展到了垂直行业。按照移动通信技术“使用一代、建设一代、研发一代”的规律, 在 5G 应用之初, 6G 相关研

发也已开始。在 5G 全场景连接的基础上, 6G 将进一步实现万物互联, 并建立多层次、全覆盖的无缝连接。作为通信、交通、汽车等多个行业融合交叉的关键领域, 车联网系统正借助于新一代信息通信技术发展、部署^[1]。中国在 2019 年发布的《交通强国建设纲要》中明确提出, 要在 2035 年实现“现代化综合交通体系基本形成”“城市交通拥堵基本缓解”“无障碍出行服务体系基本完善”“基本实现交通治理体系和治理能力现代化”的远景目标。在 5G 的部署与 6G 的使能下, 车联网技术势必会推动大数据、人工智能、区块链、数字孪生、超级计算

等新技术与交通、汽车等行业的深度融合, 让智能交通与自动驾驶产业迸发新的活力。面向 6G 的应用愿景, 本文中我们将重点探讨与展望车联网相关领域的关键技术趋势。

1 6G 与车联网

2019 年 6 月, 中国工业和信息化部组织成立了 6G 研究组 (后更名为 IMT-2030 推进组), 推动 6G 的相关研究。同年 11 月, 科技部等 6 部门召开了 6G 技术研发工作启动会, 宣布成立国家 6G 技术研发推进工作组和总体专家组, 正式开启中国 6G 研究工作。2020 年 2 月, 国际电信联盟 (ITU)

基金项目: 国家自然科学基金 (61822101、62061130221、U20A20155); 北京市自然科学基金 (L191001)

无线电部门正式启动面向 2030 及 6G 的研究工作,初步形成 6G 研究时间表。截至目前,6G 仍处于探索阶段,相关应用场景、性能指标与关键技术还未有统一、明确的定义。本文中,我们结合现有的各项研究内容,探讨 6G 技术及其与车联网的关系。

5G 时代,ITU 确定了增强型移动宽带(eMBB)、超可靠低时延通信(URLLC)与海量机器类通信(mMTC)三大应用场景。6G 时代,这些应用场景将得到极大的增强和扩展^[2-3]。在场景的增强上,6G 将在 5G 的基础上进一步增大带宽、拓展连接,支撑智慧城市、高清传输、自动驾驶等应用的不断部署。同时,在场景的扩展上,6G 将进一步实现全覆盖的移动宽带场景与智能跨领域场景,包括空天地全覆盖的网络通信、增强扩展现实与全息通信、数字孪生与智能移动平台等。为支撑这些增强与扩展的应用场景,6G 网络将在 5G 基础上显著提升网络性能。综合现有的研究,6G 的预期性能指标与 5G 指标对比的信息如表 1 所示^[2,4,5]。

作为 5G 重要的应用场景之一,车联网建立了车与车、车与路、车与人以及车与云平台之间广泛、稳定的连接,实现了一系列车载信息娱乐、交通安全保障与交通效率提升的典型应用场景。未来,车联网还将进一步促进自动驾驶技术的发展与进步,推

动多种复杂场景下自动驾驶技术的早日落地^[6]。当前,应用于 5G 车联网的新空口车用无线通信(NR V2X)标准已经基本完成。这些标准的实施将有效促进车辆编队、高级驾驶、远程驾驶等高等级驾驶技术的实现。6G 时代,借助于通信性能的提升,智能车联网技术将会得到进一步的发展:在全连接的车-路-云智能感知与协同决策下,交通系统的安全性及效率将进一步提升;在空天地一体化通信的支持下,全场景下的无人驾驶技术有望得到实现;网络边缘智能水平的提高将推动低成本轻量级智能汽车的大规模应用;城市级全域覆盖的数字孪生系统将实现数据驱动的交通智能决策与管理;高性能网络下的区块链部署将有效增加全链路的安全保障与协同能力,让公众能够更放心地使用新技术,感受出行的安全与便利。最后,基于车联网的智能交通系统将为社会主义现代化强国建设提供全面的服务和保障,让人民享有更加美好的交通服务。

2 面向 6G 的车联网关键技术展望

2.1 人工智能使能的全域多维感知决策技术

目前,车联网技术的应用已从最初的信息娱乐演进到车车、车路信息交互条件下的安全保障与效率提升。

“聪明的车”与“智慧的路”相结合

的车联网部署模式的建立,使得汽车不再是交通环境下的孤立个体。但这种简单交互层面的协调连接在中国高度动态混杂的交通运行环境下,仍难以以为自动驾驶汽车提供足够的感知与决策扩展。因此,未来 6G 全场景自动驾驶汽车的智能化和安全性的提升,不仅仅依赖于单个车辆的智能感知水平和主动安全技术的提升,还需要从全局角度协同增强车-路-云多个维度上的感知决策能力。

随着 6G 人工智能技术的进一步发展,车联网将在深度学习、多传感器融合等方法的使能下形成车辆、路侧、云端的全场景一体化感知决策架构。同时,结合 6G 车-路-云高性能通信能力,车联网形成多视角、全方位目标协同感知体系。对于多场景的目标特征信息,利用深度学习重识别技术进行多视角特征的深度关联与匹配,能够实现不同场景目标的跨境追踪,以掌握目标运动状态、轨迹等信息。进一步地,利用 6G 车联网通信建立车-路-云全时空、跨区域数据共享和信息交互机制,能够实现车-路-云一体化协同感知;结合全局多维数据,能够完成协同化的车路行为决策,增强智能汽车的驾驶安全,有效降低自动驾驶汽车部署成本,提高交通运行效率。

2.2 空天地一体化高性能网联通信技术

借助于网联通信技术,车联网系统实现了车-路-云的广泛连接,使智能车辆不仅可以“眼观六路”,还可以“耳听八方”。目前,在中国相关部门与企业的大力推广下,蜂窝车用通信(C-V2X)技术已成为国际上广泛采纳的车联网通信技术。美国也已收回原本分配给传统专用短程通信(DSRC)技术的频谱,转而分配给 C-V2X 技术。C-V2X 技术具体包括

▼表 1 6G 与 5G 的关键性能指标对比

性能指标	5G	6G	性能提升
峰值速率	20 Gbit/s	≥ 1 Tbit/s	≥ 50 倍
用户体验速率	0.1 Gbit/s	1 Gbit/s	10 倍
时延	1 ms	0.1 ms	10 倍
移动性	500 km/h	1 000 km/h	2 倍
连接密度	100 万个/km ²	≥ 1 000 万个/km ²	≥ 10 倍
流量密度	10 Mbit/(s·m ²)	1 Gbit/(s·m ²)	100 倍
能量效率	1 倍	100 倍	100 倍
频谱效率	1 倍	≥ 3 倍	≥ 3 倍

当前正在应用的基于 4G 的长期演进 (LTE)-V2X 和 2020 年已基本完成标准化的基于 5G 的 NR-V2X 技术。这些技术虽然极大地促进了车与车、车与路之间的高效连接,但仍较强烈地依赖于基础设施的部署。在没有车联网基础设施部署的偏远地区,车辆只能基于车与车间的自组织网络进行通信,难以享受一体化网络所提供的全方位应用服务。

基于天基多层次网(包括高轨卫星、中低轨卫星以及临空平台等)、地面蜂窝多层次网(包括宏蜂窝、微蜂窝等)以及气球和无人飞行器的设施,6G 将组成多重形态立体异构空地融合的通信网络^[5,7]。借助于这种网络架构,车联网通信将进一步实现包含统一空口传输协议和组网协议的服务化网络,满足车辆在不同部署和多样化环境下的全场景、高性能网联通信需求,实现车联网应用服务的无缝漫游与无感知切换。此外,未来 6G C-V2X 还可能实现毫米波波段、可见光通信(VLC)以及太赫兹通信下的大规模多输入多输出(MIMO)技术^[2],进而支持海量实时交通数据环境下的全交通场景系统级协同。这些新技术不仅提高了传输性能,还提供了定位、传感和 3D 成像能力,为 C-V2X 引入了丰富的新频谱资源,进一步满足自动驾驶的高性能通信需求。

2.3 海量数据下的多层级边缘智能技术

目前,在创建车联网先导区和建设交通强国等政策的推动下,各类车路智能化技术正扩大部署。在未来大规模部署的环境下,智能交通系统的局部车路终端每天都将产生吉字节甚至太字节级的数据,并汇聚形成海量的实时数据。受限于成本与空间,自动驾驶汽车等智能车辆难以在本地部署大量资源来处理这些数据,而云计

算又面临着通信传输延迟高、数据处理实时性低等问题。通过将传统网络中心的部分计算与存储资源迁移到靠近车辆与路侧终端的网络边缘,边缘计算技术能够为各类终端提供低延迟、高实时的计算存储服务^[8-9]。但面对车联网环境下的海量数据处理需求,现阶段的边缘计算技术仍难以实现异构设备间的智能化处理与协同式服务。

在未来的发展中,云计算与边缘计算不是相互竞争而是相互依存的关系^[2]。两者的相辅相成,将形成一种“边缘-区域-中心”体系下的多层级服务连续体。其中,边缘计算保证了数据生成时的预处理、态势分析和实时决策,进而在区域级节点的协同下实现异构信息的融合与优化,最终在云计算支撑下实现跨领域数据分析、城市级交通运行态势识别和行为预测,满足不同车联网场景的应用需求。此外,6G 的人工智能技术将进一步与边缘计算相整合,形成多层级环境下的边缘智能技术,实现边缘预训练数据处理、分布式人工智能、实时模型训练以及学习驱动下的通信管理等^[10],支撑车路动态分布式的协同计算服务,助力全天候、全场景的交通控制与自动驾驶部署。

2.4 数字孪生驱动的交通决策与管理技术

利用数字化手段,数字孪生技术将物理世界中的独立真实客体映射到虚拟世界中,形成数字世界中模拟、重构的虚拟实体。这种映射能够在各类垂直应用场景下,实现智能体在虚实空间的实时互动。在这一环境下,我们能够不受时空限制地探索、监测控制虚拟世界中的现实状态,并通过数字孪生体的动态表征来观察变化或检测问题,从而在虚拟环境下动态模拟真实世界中系统性难题的求解过程。

中国交通运输部在 2019 年发布的《数字交通发展规划纲要》中明确指出:

“数字交通是数字经济发展的重要领域,是以数据为关键要素和核心驱动,促进物理和虚拟空间的交通运输活动不断融合、交互作用的现代交通运输体系。”因此,在发展理念上,数字孪生技术与中国的数字化交通发展高度吻合。作为智能交通的前沿技术,目前交通系统的数字孪生实践,仍聚焦于数字孪生概念下的交通管理和交通服务,与同步可视决策、全局智能管理的数字孪生交通系统仍存在着一定的差距。

基于 6G 系统的实时精确感知、多模态终端、泛在通用计算、实时预测控制以及多源数据融合等特性^[7],数字孪生驱动下的智能交通系统将在新一代信息技术、地理信息技术、仿真建模技术与交通运输的深度融合下迎来新的发展,即利用真实城市交通所构建的全局映射模型,持续推动数字化交通设施、可视化交通运行与智能化交通管理建设。首先,在系统感知层面,车联网与自动驾驶的大规模应用将推动车载和路侧摄像头、毫米波雷达以及激光雷达等传感设备的广泛部署,实现交通系统全域覆盖的感知体系。同时,在信息传输上,6G 车联网将有能力承载系统级的海量数据传输与交互,形成网络化的传输体系。进一步地,“边缘-区域-中心”的多层级智能计算体系将使能城市级的交通大脑平台。依托于虚实系统间的实时交互与同步运行,这一平台将完成复杂模型推演与数据分析,持续优化交通运行状态,实现孪生数据驱动的智能交通决策与控制,助力建成数字交通新形态。

2.5 区块链保障的边缘可信与协同技术

在海量交通数据下,随着多层级

边缘智能服务的不断部署与应用,车联网系统下的车载和路侧终端设备将自身的复杂计算任务迁移至边缘侧进行智能处理,以提高任务执行效率,降低终端自身的成本,实现敏捷部署与快速应用。但在这种终端与边缘间或边缘相互间的底层海量数据交互过程中,往往涉及各类用户的隐私与敏感数据,因此系统必须要保障数据传输与处理的安全可信,促进边缘及区域间的高效协同运行。随着接入设备需求的不断增长以及认证流程的日益频繁,传统的集中式认证结构面临着巨大的风险和压力^[2]。

作为一种新兴的去中心化安全防护与数据共享技术,区块链技术恰好能够整合多层次边缘智能的强大计算能力,建立车联网边缘的内生安全保障机制。但区块链引入的全网共识机制将极大地增加网络的传输开销。当前的车联网网络条件还难以满足其大规模部署要求,并限制了技术的应用。面向 6G,车联网系统的网络性能将得到大幅提高,网络传输能力将不再是区块链技术部署与实施的瓶颈。通过区块链技术和车联网边缘智能系统的整合,区块链的安全保障能力将与边缘环境下的先进性能相互补充,进一步提高车联网系统的安全性与隐私保护能力,促进区域资源充分利用,有效防范恶意节点攻击,提供安全可信的边缘协同服务,从而实现多层次边缘智能下的安全传输、高效认证与共享协同。

3 结束语

作为车联网系统中连接车辆、路侧设施、行人以及云平台的重要桥梁,通信技术在 4G 时代支撑了 C-V2X 车联网技术的初步应用,并将在 5G 时代稳步推进车联网的大规模应用。6G 技术将进一步与人工智能、大数据、区块链等技术融合,形成全域覆盖下的大规模场景互联,进一步推动通信与汽车、交通等行业的融合交叉发展。作为这一多行业交叉融合下的焦点领域,车联网必将在 6G 的赋能下迅速发展,持续推动中国智能交通的创新发展,助力出行智能化、服务泛在化、管控全局化的新时代智能交通愿景的形成。

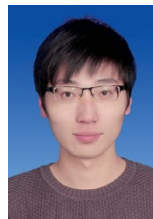
参考文献

- [1] TIAN D X, ZHOU J S, WANG Y P, et al. Channel access optimization with adaptive congestion pricing for cognitive vehicular networks: an evolutionary game approach [J]. IEEE transactions on mobile computing, 2020, 19(4): 803-820. DOI: 10.1109/TMC.2019.2901471
- [2] YOU X H, WANG C X, HUANG J, et al. Towards 6G wireless communication networks: vision, enabling technologies, and new paradigm shifts [J]. Science China information sciences, 2020, 64(1): 1-74. DOI: 10.1007/s11432-020-2955-6
- [3] 6G Flagship. Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence [EB/OL]. (2020-02-16)[2021-02-18]. <https://www.6gchannel.com/items/key-drivers-and-research-challenges-for-6g-ubiquitous-wireless-intelligence/>
- [4] 赛迪智库无线电管理研究所. 6G 概念及愿景白皮书 [R/OL]. (2020-06-05)[2021-02-17]. <http://www.ccidwise.com/plus/view.php?aid=16087&tyid=3>
- [5] ALSHARIF M H, KELECHI A H, ALBREEM M A, et al. Sixth generation (6G) wireless networks: vision, research activities, challenges and potential solutions [J]. Symmetry, 2020, 12(4):

676. DOI: 10.3390/sym12040676

- [6] IMT-2020(5G) 推进组. C-V2X 白皮书 [R/OL]. (2018-06-22) [2021-02-17]. <http://www.imt-2020.cn/zh/documents/download/82>
- [7] 大唐移动通信设备有限公司. 6G 愿景与技术趋势白皮书 [R/OL]. (2020-12-29) [2021-02-18]. <http://www.datangmobile.cn/>
- [8] ETSI. Multi-access edge computing (MEC) [EB/OL]. (2020-07-10)[2021-02-14]. <https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>
- [9] ZHOU J S, TIAN D X, WANG Y P, et al. Reliability-optimal cooperative communication and computing in connected vehicle systems [J]. IEEE transactions on mobile computing, 2020, 19(5): 1216-1232. DOI: 10.1109/TMC.2019.2907491
- [10] 6G Flagship. 6G White paper on edge intelligence [EB/OL]. (2020-05-10)[2021-02-18]. <https://www.6gchannel.com/items/6g-white-paper-edge-intelligence>

作者简介



郎平, 北京航空航天大学在读博士研究生; 主要研究方向为车联网与边缘计算; 已发表论文 3 篇。



田大新, 北京航空航天大学交通科学与工程学院副院长、教授、博士生导师; 主要研究方向为智能交通、车联网、边缘计算与群体智能; 主持国家自然科学基金、国家重点研发计划等纵向科研项目 10 余项; 获“青年长江学者”称号, 获国家自然科学基金优秀青年科学基金资助, 获国家科学技术进步奖二等奖 2 项; 发表论文 110 余篇, 出版专著 4 本、译著 1 本, 获授权发明专利 20 余项。