



综述

C-V2X 车联网产业发展综述与展望

金博¹, 胡延明²

(1. 大唐网络有限公司, 北京 100094;

2. 中国信息通信科技集团有限公司, 湖北 武汉 430014)

摘要: C-V2X 车联网技术作为 5G 重要的垂直应用之一, 正在成为交通、汽车等产业创新发展的重要驱动力。分析了车联网演进发展过程, 对车联网产业发展趋势、关键技术、运营模式进行了探析, 指出了产业演进过程中面临的挑战, 对产业融合发展方向提出了建议。

关键词: 车联网; C-V2X; DSRC; 运营模式; 产业融合

中图分类号: TV929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020064

Overview and prospect for the development of C-V2X internet of vehicles industry

JIN Bo¹, HU Yanming²

1. Datang Network Co., Ltd., Beijing 100094, China

2. China Information Communication Technologies Group Co., Ltd., Wuhan 430014, China

Abstract: As one of the important vertical industry applications in 5G area, new generation information technology C-V2X vehicle networking drives the innovation and development of transportation, automobile and other industries as well. Current situation of the internet of vehicles industry was analyzed. Then the challenges China facing to were pointed out. The development trend, and the key technologies and operation modes of the internet of vehicles industry were analyzed. Finally suggestions for the direction of industrial integration were put forward.

Key words: internet of vehicles, C-V2X, DSRC, operation mode, integration

1 引言

早期的车联网(internet of vehicles)通过蜂窝网络将车机连接到网络, 为用户提供语音导航、诊断救援以及车载信息娱乐服务^[1]。伴随着从 2G 到 3G 的蜂窝网络演进, 传统车联网为用户提供了丰富的信息交互通道。但受限于网络拓扑结构与

数据传输瓶颈, 信息传输主要发生在车机到网络的通信链路上^[2]。蜂窝网络演进到 4G 以来, LTE 与 LTE-Advanced 网络的传输速率有了较大的提升, 传输时延明显降低, 为车载信息与外部交通要素间的信息交互提供了技术支撑。我国学者提出了基于 TD-LTE 的 V2X(vehicle to everything)技术^[3], 包括蜂窝方式(LTE-V-cell)和直通方式



(LTE-V-direct) 两种工作模式, 能支撑车间通信与简单车路协同的智能化交通需求。

随着信息通信技术在汽车行业中的应用不断深入, 车联网技术受到越来越多人的关注。经过学术界与产业界的持续努力, 基于蜂窝网络的车联网 C-V2X (cellular-vehicle to everything, C-V2X) 成为了当前与未来车联网的主要技术标准和产业化方向, 迎来了高速发展的新阶段^[4]。C-V2X 车联网支持车与车之间(vehicle to vehicle, V2V)、车与路之间(vehicle to infrastructure, V2I)、车与人之间(vehicle to pedestrian, V2P)、车与网络之间(vehicle to network, V2N)的高效信息交互, 具体如图 1 所示^[5]。C-V2X 车联网实现了车辆与其他交通要素直接通信、充分融合于智能化交通体系的目标, 直接提升了交通效率和交通安全。北美、欧洲、亚洲各国和地区政府高度重视车联网产业发展, 纷纷制定政策法规, 从国家战略高度推动车联网产业发展^[6]。5G 商用网络成功部署之后, C-V2X 车联网作为 5G 最大单体垂直应用加速向更高效、智能、便捷的方向持续演进, 技术标准层面也从 LTE-V2X 向 NR-V2X 演进。

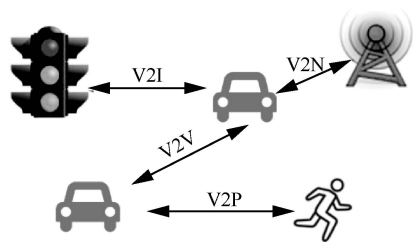


图 1 V2X 通信链路示意图

2 车联网技术发展概况

车联网标准体系主要包括无线和应用两大部分, 以底层的无线通信技术区分, 目前主流的两条技术路线是 C-V2X 和 DSRC, 上层的应用标准与部署地域耦合性较大, 由各国和地区根据区域应用特点进行制定。

2.1 DSRC 技术特点

DSRC 技术在物理层主要采用了 IEEE 802.11p 协议, 并将其作为专用短程通信标准体系的基础标准之一。在网络层, DSRC 采用了 IEEE1609 标准, 在这两层标准的基础上加入了美国汽车工程师协会 (Society of Automotive Engineers, SAE) 发布的 SAEJ7235 和 SAEJ2945 两个标准, 这两个标准规范了 DSRC 的信息内容和结构。DSRC 技术支持车辆在 5.9 GHz 专用频段进行 V2V、V2I 的直连通信^[7]。

DSRC 系统在装置上可以分为两个部分, 分别是车载单元 (on board unit, OBU) 与路侧单元 (road site unit, RSU)。这两个单元之间可以互相进行信息的传递, 并且路侧单元可以将所得信息再传递给服务平台。由于车间与车路通信应用情境复杂度, 汽车数量多寡、距离与道路气候等都会影响无线网络的通信, 通信速度与质量将对行人安全造成极大影响, 因此 IEEE 将安全应用通信时延容许范围固定在 50 ms 内, 最多不超过 100 ms, 允许接收信息后有足够的反应时间。

尽管 DSRC 技术已历经数十年的研究和展, 得到了验证和应用, 但由于其使用的技术原理的原因, 还存在一定的局限。第一, DSRC 属于视距传输技术, 在障碍物较多的场景中将会对其造成影响; 第二, DSRC 需要复杂、完善的基础设施部署; 第三, 自动驾驶对通信范围、可靠性、稳健性有更高的要求, DSRC 缺乏未来的技术演进路线。正因如此, 虽然 DSRC 技术曾在美国得到了大力的支持和推广, 但其商业化进展已经停滞了多年, 美国联邦通信委员会 (Federal Communications Commission, FCC) 近期通过提案, 将重新分配 5.9 GHz 频段的 75 MHz 频谱, 其中一部分将用于 C-V2X 技术。

2.2 C-V2X 技术特点

C-V2X 由 3GPP 主导, 以全球应用最广的蜂窝通信网络为基础, 融合车辆通信特色需求, 在

4G、5G 系统上演进形成了 C-V2X 技术,可实现长距离和更大范围的通信,在技术先进性、覆盖范围、系统性能及后续演进方面,比 DSRC 技术更有优势^[9]。

3GPP在R14中规范了基于LTE的V2X标准,该标准面向基本的道路安全业务通信需求,侧重于V2V通信并逐渐增强对其他V2X操作场景的支持。LTE-V2X引入了工作在5.9 GHz频段的PC5接口通信方式,该接口支持车间直接通信。同时,LTE-V2X也对终端和基站之间的Uu通信接口进行了优化,支持利用基站进行集中控制并进行数据转发,可以实现更长距离和范围的通信。LTE-V2X的标准协议架构由物理层、数据链路层、应用层3部分组成。其中,物理层主要负责帧传输控制和信道的激活、失效服务;数据链路层主要负责信息的可靠传输,提供差错和流量控制;应用层主要实现通信初始化和释放程序、广播服务等相关任务^[10]。3GPP在R15继续对LTE-V2X标准进行完善,在PC5接口中引入了载波聚合(carrier aggregation, CA)、高阶调制技术。LTE-V2X能支持基本道路安全业务及更高级的V2X业务,如半自动驾驶。

进入5G时代,3GPP在R16对NR-V2X标准的研制也取得阶段性成果,不仅支持毫米波,还引入了边缘计算、通信切片等特性,提供更低时延的网络通信链路支撑^[11]。C-V2X技术在蜂窝通信体系下平滑演进,对未来车辆通信的支撑完善且高效。NR-V2X将通过CPE(collective perception of environment)支持车辆在相邻区域交换实时信息,这种信息交换可以实现车辆网络对周边环境的集体感知,从而避免事故发生。在应用场景上,基于NR-V2X的远程驾驶场景为那些不能自己驾驶的乘客或处于危险环境中的远程车辆操控提供了便利,而编队行驶允许车队成员动态变化,车队中的跟随车辆实时接收头车的相关操作信息指示,能够操控车辆保持极小的间距跟随行驶,既

保证了安全也能有效降低风阻从而降低能耗。图2为一个基于NR-V2X的远程驾驶场景。基于5G新空口的NR-V2X将通过更先进的技术支持更多的应用场景,满足自动驾驶及未来车联网的发展需求^[12]。

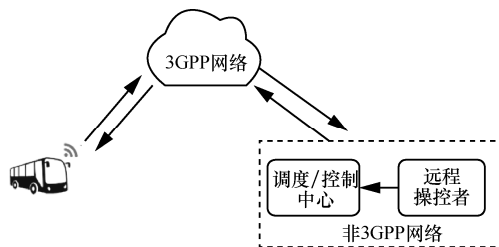


图2 5G NR-V2X 中的远程驾驶场景

3 车联网产业发展概况

3.1 产业政策与战略规划

我国在汽车制造、相关通信与信息技术以及现代道路基础设施建设等方面发展迅猛,已具备推动车联网产业发展的基础环境,能够推动自主知识产权的C-V2X车联网通信技术的产业化发展和应用示范。我国政府高度重视车联网产业发展,从国家战略高度强力推动,成立了国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专项委员会,将车联网产业化发展作为核心技术突破、多重点领域协同创新、传统产业结构转型升级的重要抓手。工业和信息化部、交通运输部、科学技术部、国家发展和改革委员会、公安部等部委出台一系列规划及政策推动我国车联网发展^[13]。目前,我国在与车联网相关的政策规划、标准制定、技术研发、产业落地方面均已进行全方位布局和推进,并取得阶段性成果。

2018年11月,工业和信息化部无线电管理局正式发布《车联网(智能网联汽车)直连通信使用5 905~5 925 MHz频段的管理规定(暂行)》,规划5 905~5 925 MHz频段作为基于LTE-V2X技术的车联网直连通信的工作频段,标志着我国V2X技术正式进入产业化阶段。



3.2 道路测试与应用示范

车联网技术最终要应用于实际道路、普通车辆,随着车联网技术标准与应用方案的日渐成熟,各国纷纷加速推动车联网产业化进程。道路测试区、运营示范区等示范基地不断涌现,较好地促进了技术验证和商业模式探索,为后续产业化和商业化奠定基础。

我国积极推进智能网联汽车测试示范区建设工作,初步形成了“5+2+1”的建设格局。各地区结合智能网联汽车发展状况,依托地区优势、特色资源,积极探索和建设示范区。北京、河北、上海、重庆、浙江、长春、武汉、郑州、厦门、无锡、长沙等地已开始建设智能网联汽车测试示范区并探索市场化应用,积极推动半封闭、开放道路的测试验证^[14]。工业和信息化部支持江苏无锡、天津西青区相继创建了车联网先导区,海南与天津无线电管理部门已向当地相关企业颁发了车联网试验频率使用许可,我国车联网应用与运营探索工作正快步向前迈进^[15]。

3.3 核心设备与产业生态

车联网核心产业链主要包括通信芯片与模组、终端设备、系统设备、智能车辆制造、认证检测以及运营服务等部分。我国在 C-V2X 芯片模组领域走在全球前列,并已涌现出多个设备商,能够提供较为成熟的安全类车联网应用集成化方案,这也得益于我国测试验证的规模和应用示范场景的完备。随着车联网应用场景的日渐丰富与完善,车联网产业正迸发出越来越大的向心力,产业链上下游企业及关联企业纷纷进入,逐渐构筑起充满活力的产业生态。从全球来看,北美地区集中了大量拥有领先核心技术的初创企业,在应用场景探索方面也走在全球前列;欧洲地区的 IT、汽车领域老牌企业技术实力突出,正凭借车联网契机加速转型;亚洲地区在市场应用方面优势明显,车企的创新力度也十分突出,商业模式探索方面尤以我国为佳。可以说在全

球范围内已经形成较为完整、充满活力的车联网产业链。

4 面临的挑战

我国车联网产业已呈现快速发展的态势,但在未来产业化落地过程中仍将面临车联网系统性建设方案推广、车联网商业模式探索的挑战,需要业界在产业探索发展的同时就着重同步考虑。

4.1 车联网的系统性建设

车联网的建设是一个系统工程,V2X 技术打通了车辆与外界高速可靠通信的瓶颈,要实现信息的及时响应处理还需要车内的行车控制改装与路侧基础设施的改造。相对于 V2X 通信模组、设备的标准化,目前对车辆控制部分的改装仍面临较多的适配性与适应性问题,包括线控刹车、CAN 总线适配等方面在不同类别车辆、不同车型中的改装适配,尚未形成标准化的改装适配方案。

车联网路侧通信机制的建立离不开交通信号机的控制响应,不同道路属性、不同交通属性的道路在信号机的改造、施工、管理等方面涉及多个管理主体,相互之间的协调、协同对路侧通信机制的有效工作极为重要。车联网路侧单元的部署也面临站址资源的协调、主体建设的问题,各种类型道路、场地的通信覆盖尚无标准化的建设方案。

4.2 车联网的商业模式

车联网基础设施建设与运营收入之间存在较大的错位。随着车联网的发展,特别是辅助驾驶的逐渐应用,已经出现较为丰富的应用场景,但尚未发展出具有规模收益的商业模式,各种场景下车联网应用的运营主体尚不清晰。车联网在复杂城市路况、高速公路、机场、矿场、港口等不同类型的应用场景下对基础设施的改造投入较高,客观上不具备全部由政府投资建设条件,引入社会资本参与车联网产业发展是较好的发展思路。建设施工与资金来源对于早期车联网环境构建极为重要,对于后期收益实现没有清晰路径

将抑制投入方的建设动力。

不同场景下不同类型车辆的改装存在较大差别。对乘用车来说,车联网设备的装配对于车辆价格的提升在用户侧的影响较大,对车联网车辆的普及带来一定影响。经过业界的持续努力,目前的 V2X 车载设备价格较为适中,但在前装车厂需进行相应车辆控制部分的适配改造,整体成本依然偏高,反映在车辆价格上,用户较为敏感。对于商用车来说,单车价格提升影响相对较小,但整体车队的综合成本提升较为显著,商用车所有方对于支持车联网车型投入的收益要求在实现上仍有瓶颈。要充分发挥 V2X 车联网的系统性优势,对 V2X 设备的装配率有较高要求。对于数目庞大的存量车,后期改装的成本投入较大,也对不同场景商业模式的运营收益提出很高的要求。

4.3 车联网的安全

车联网快速创新发展了很多应用场景的同时,也引入了新的安全问题。车联网的安全包括网络层面的安全和数据层面的安全^[16]。在网络层面,车辆更高效地与网络连接可能遭受非法的网络攻击,进而引发车辆群体受控、交通系统混乱或瘫痪等公共安全问题。现有的技术已经在网络安全层面进行了一些网络安全应用探索与尝试,但从技术规范的角度来管理车联网的网络安全仍有很多工作需要探究。在数据层面,用户数据隐私问题已经引起各界重视,正在从平台建设之初就考虑数据存储与访问的安全性问题。然而,车联网使用的大量传感、探测、定位设备会随时采集车辆周边的地理位置信息,如不能有效管控这些环境感知数据,将可能泄露敏感地区的山川形貌、气候特征,进而威胁到国家安全,在这方面车联网规模建设部署时应尽早着重考虑。

5 技术与产业发展趋势

5.1 技术发展趋势

移动边缘计算 (mobile edge computing,

MEC) 作为增强网络覆盖、提高网络节点响应速度的分布式结构,在无线通信领域将发挥越来越大的作用。通过将计算能力下沉到分布式基站,在无线网络侧增加计算、存储、处理等功能,将传统的无线基站升级为智能化基站,可显著降低数据通信时延,如图 3 所示。车联网对时延要求敏感,许多重要的驾驶安全应用都对通信时延和通信安全提出更高要求,如辅助驾驶要求 20~100 ms,而充分自动驾驶则要求时延最低至 3 ms^[17]。MEC 在蜂窝网络中的部署将是开展车联网高级应用的必要条件,不仅能显著降低通信时延,还能由 MEC 强大的本地算力提供附加的信息处理转发功能,在信号机控制、车辆实时调度、域内路况分析以及域内高精度地图加载等需要大量计算处理与存储传输的复杂场景下发挥重要作用。

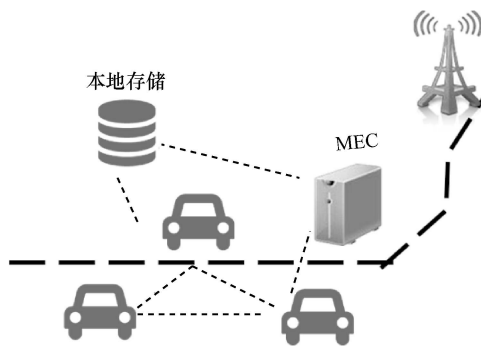


图 3 MEC 与 NR-V2X 的融合应用场景

随着 5G 商用网络的部署,5G 系统的新技术,如软件定义网络 (software defined network, SDN)、网络功能虚拟化 (network function virtualization, NFV)、网络切片等将在车联网应用中发挥重要作用^[18]。未来车联网在更大范围车辆中的部署将显著增加 V2X 通信业务量,充分进行自动驾驶所需的海量、实时的数据交互,需要更高的网络带宽和更低的网络时延。高精度定位方面,目前普遍采用的 RTK (基准站差分定位)、视觉、雷达、惯性导航等高精度定位技术存在易受遮挡、气候、环境变化的影响,未来基于 5G 网络的多定位技术可信融合可满足自动驾驶的需要。此外,雷达与



通信的融合将在车联网应用中起到重要作用,多车雷达的探测结果共享与联合处理将逐渐突破大带宽低时延通信传输、收发双方坐标系转换、通信波束与波束对准方向选择等技术挑战,成为车辆融合感知的主要手段。5G 网络与传感网络、计算网络的融合将成为充分自动驾驶发展的较佳路径。

5.2 产业发展趋势

源于无线蜂窝网络的 C-V2X 技术保障了车联网通信充分复用现有的无线蜂窝通信网。历经了 1G 到 5G 的发展,无线蜂窝网络在全球拥有非常广泛的覆盖区域,服务海量的人群,这既是车联网发展的先天优势,也是开展丰富车联网应用的基础。基于 C-V2X 的车联网应用普及将显著快于其他需要专门部署的车联网系统,并已经呈现快速部署、快速应用的特点。广泛的移动网络覆盖意味着良好的基础设施建设条件,在光纤、供电、站址选择等方面车联网部署都将较为便利且具有较好的经济性。C-V2X 与无线蜂窝通信的同源,也便于开展丰富的信息增值服务,对车联网产业的发展极为有利。

从交互的角度来看,车联网的通信交互主要体现在车辆与移动的其他车辆或人的交互、车辆与固定的路侧设备的交互。现有的技术和网络在车与移动方交互方面基础已较为坚实。在车与固定路侧设备交互方面还需较多的发展,车和路的协同发展是车联网充分发挥价值的关键所在。提升 RSU 覆盖率和 OBU 渗透率是保证车联网用户体验的重要方面。产业将从车、路两个角度协同发力,促进 V2V、V2I、V2P 的发展,加快提升车联网设备渗透率,充分发挥车联网在驾驶安全与目标感知方面的作用,实现交通安全和效率的提升。同时,车联网的实用性与效益也与数据获取、数据计算处理紧密相关。获取数据的感知设备(包括激光雷达、超声波雷达、视觉传感器、定位传感器等)在不同位置信息、不同距离范围

与不同天气、不同路况的场景下对 C-V2X 的辅助作用极为重要,呈现高度融合的态势。在数据存储与计算处理方面,不仅 MEC 发挥重要作用,车内主机的 AI 处理算法也对智能驾驶的实时策略与车辆控制表现有显著的影响。多门类技术的融合已成为车联网产业化进程中的显著特点。

6 结束语

展望车联网产业的未来,可以预见随着全球 5G 商用的铺开,车联网产业发展将进入一个新的快车道。产业应用将呈现出核心芯片模组集中化、应用场景多元化、运营服务规模化、产业生态聚合化等新特征。工业和信息化部印发的《车联网(智能网联汽车)产业发展行动计划》提出,2020 年后,将实现车联网产业关键技术的群体突破,5G-V2X 将逐步实现规模化商用。我国充满活力的车联网产业生态届时更趋完善,车联网的发展将充分惠及大众出行,“人—车—路—云”实现高度协同。

参考文献:

- [1] BHOI S K, KHILAR P M. Vehicular communication: a survey[J]. IET Networks, 2014, 3(3): 204-217.
- [2] 5GAA. The case for cellular V2X for safety and cooperative driving[R]. 2016.
- [3] CHEN S Z, HU J L, SHI Y, et al. LTE-V: a TD-LTE based V2X solution for future vehicular network[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2016, 3(6): 997-1005.
- [4] 3GPP. Study on LTE -based V2X services: TR36.885[S]. 2019.
- [5] 3GPP. Architecture enhancements for V2X services: TS23.285[S]. 2018.
- [6] 5G 自动驾驶联盟. 5G 自动驾驶白皮书[R]. 2018. 5G Automated Driving Alliance. 5G automated driving white paper[R]. 2018.
- [7] 范庆彬, 孙健淞, 牟红光. DSRC 技术及其通信机制的研究[J]. 电信科学, 2010, 26(8): 99-101. FAN Q B, SUN J S, MOU H G. Study on the DSRC technology and communication mechanism[J]. Telecommunications Science, 2010, 26(8): 99-101.
- [8] NHTSA. Commercial connected vehicle test procedure development and test results-forward collision warning[Z]. 2016.
- [9] 3GPP. Study on architecture enhancements for LTE support of

- V2X services: TR23.785[R]. 2016 .
- [10] 3GPP. Study on LTE support for vehicle to everything (V2X) services: TR22.885[S]. 2019.
- [11] COLL-PERALES B, GOZALVEZ J, GRUTESER M. Sub-6GHz assisted MAC for millimeter wave vehicular communications[J]. IEEE Communications Magazine, 2019, 57(3): 125-131.
- [12] 3GPP. Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services: TR22.886[S]. 2018.
- [13] IMT-2020 (5G) 推进组. C-V2X 白皮书[R]. 2018.
IMT-2020(5G) Promotion Group. C-V2X white paper[R]. 2018.
- [14] IMT-2020(5G) 推进组. MEC 与 C-V2X 融合白皮书[R]. 2019.
IMT-2020(5G) Promotion Group. MEC C-V2X white paper[R]. 2019.
- [15] 中国智能网联汽车产业创新联盟, IMT-2020(5G)推进组, 中国智能交通产业联盟. C-V2X 产业化路径和时间表研究白皮书[R]. 2019.
China Industry Innovation Alliance for the Intelligent and Connected Vehicles, IMT-2020 (5G) Promotion Group, China Intelligent Transportation Industry Alliance. Research on path and schedule of C-V2X industrialization white paper[R]. 2019 .
- [16] KATHIRESH M, NEELAVENI R, VISMITHA S R. An integrated approach for data security in vehicle diagnostics over internet protocol and software update over the air[J]. Computers and Electrical Engineering, 2018: 578-593.

- [17] 3GPP E-UTRA physical layer procedures V15.2.0: TS36.213[S]. 2018.
- [18] 杨旭, 肖子玉, 邵永平, 等. 面向 5G 的核心网演进规划[J]. 电信科学, 2018, 34(7): 162-170.
YANG X, XIAO Z Y, SHAO Y P, et al. Core network evolution planning oriented 5G[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(7): 162-170.

[作者简介]



金博 (1978-), 男, 大唐网络有限公司工程师, 长期从事无线通信标准化、核心芯片研发以及通信产业研究与集团战略规划工作, 主要研究方向为 B5G 网络无线资源管理与 NR-V2X 安全。



胡延明 (1968-), 男, 中国信息通信科技集团有限公司高级工程师, 主要从事通信科学技术管理和标准化工作。