

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2019.01.020

引用格式:刘宗巍,匡旭,赵福全.V2X 关键技术应用与发展综述[J].电讯技术,2019,59(1):117-124. [LIU Zongwei, KUANG Xu, ZHAO Fuquan. A survey on applications and development of V2X key technologies[J]. Telecommunication Engineering, 2019, 59(1):117-124.]

## V2X 关键技术应用与发展综述\*

刘宗巍<sup>a,b</sup>, 匡旭<sup>a,b</sup>, 赵福全<sup>\*\*a,b</sup>

(清华大学 a. 汽车产业与技术战略研究院; b. 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

**摘要:** V2X (Vehicle-to-Everything) 通信技术是智能交通和智能汽车的支撑技术之一,但目前仍然面临技术路线不明确、政策发展滞后等问题,尚未得到有效推广。系统阐述了 V2X 技术的内涵和重要作用,重点解析了专用短程通信 (Dedicated Short Range Communication, DSRC) 和基于蜂窝网络的车辆对外通信 (Cellular-V2X, C-V2X) 两类 V2X 主要技术路线的特点和当前问题,总结了国内外相关政策法规、技术标准和产业化活动的最新进展,在此基础上分析了未来 V2X 技术发展的关键趋势,从而为国家制定 V2X 相关政策法规、企业明确技术战略方向提供参考。

**关键词:** 车联网; 智能交通; V2X 通信; 技术路线

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



中图分类号: TN915 文献标志码: A 文章编号: 1001-893X(2019)01-0117-08

## A Survey on Applications and Development of V2X Key Technologies

LIU Zongwei<sup>a,b</sup>, KUANG Xu<sup>a,b</sup>, ZHAO Fuquan<sup>a,b</sup>

(a. Automotive Strategy Research Institute; b. State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Vehicle-to-everything (V2X) communication technology is one of the enablers for intelligent transportation and intelligent vehicles. However, considering the problems such as unspecific technology paths and policy-making lags, it has not been deployed effectively. To clear up the existing confusion, this paper clarifies benefits and significance of V2X applications, and focuses on illustrating the characteristics and current problems of two major V2X technology solutions, dedicated short range communication (DSRC) and cellular-V2X (C-V2X). Based on a summary of the latest progress in relevant policies, laws, standards and industrialization, the future trend of V2X is analyzed to provide reference for Chinese government to formulate related policies and regulations, as well as for enterprises to define their strategic direction.

**Key words:** Internet of vehicles; intelligent transportation; V2X communication; technology path

### 1 引言

当前,各国政府和产业界正在着力发展智能汽车,其中车辆与外界的通信是实现辅助驾驶乃至自动驾驶、信息娱乐、出行管理等智能汽车重要功能的

基础,汽车专用的 V2X (Vehicle-to-Everything) 通信将成为未来智能交通系统信息网络的关键组成部分<sup>[1]</sup>。V2X 技术从 20 世纪 90 年代起已经得到了广泛和深入的研究,但由于技术、政策、商业模式等

\* 收稿日期:2018-04-03;修回日期:2018-07-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(U1764265);北京市自然科学基金项目(9162008)

\*\* 通信作者: zhaofuquan@tsinghua.edu.cn

方面的挑战仍然未能实现有效推广。本文总结了当前 V2X 技术的路线特点、发展现状和应用挑战,指出了符合中国特点的 V2X 技术方向,为研究机构、政府部门和有关企业提供战略支持和决策参考。

## 2 V2X 技术发展路线

### 2.1 V2X 技术的作用

V2X 技术全面涵盖车辆与车辆 (Vehicle-to-Vehicle, V2V)、车辆与基础设施 (Vehicle-to-Infrastructure, V2I)、车辆与行人 (Vehicle-to-Pedestrian, V2P)、车辆与外部网络 (Vehicle-to-Network, V2N) 等各种通信应用场景<sup>[2]</sup>。目前而言,基于 V2V 通信,车辆能够实现前方碰撞预警、紧急电子制动灯、变道辅助、左转辅助、反向行驶预警、协同式自适应巡航控制等驾驶辅助功能;基于 V2I 通信,可以实现交通优先权和速度建议、交叉路口盲区预警、路况预警、闯红灯预警、现场天气影响预警、减速地带和施工地段预警、停车位和充电桩寻位等应用;基于 V2P 通信,能够实现弱势道路使用者的预警和防护;基于 V2N 通信,可以开展实时交通路径规划、地图更新等云服务。

通过以上应用,V2X 技术能够显著提升驾驶安全和交通效率。美国交通部研究显示,一旦全国所有车辆装备基于 V2V 的交叉口移动辅助和左转辅助功能,每年将可以减少 40 万~60 万的碰撞事故和 19 万~27 万的伤亡人数,挽救 780~1 080 条生命,如果再加上其他 V2V 和 V2I 应用,V2X 系统最高能够减少 80% 的非酒精类汽车交通事故<sup>[3]</sup>。此外,V2X 技术将使自适应协同驾驶成为可能,从而减少二氧化碳和污染物的排放。欧洲 eCoMove 项目研究成果表明,基于 V2X 的驾驶支持功能可以减少 4%~25% 的油耗和二氧化碳排放<sup>[4]</sup>。同时,V2X 技术是实现自动驾驶的重要手段,能够弥补摄像头、雷达等车载传感器视距不足的缺陷,并拓展车辆在盲点交叉口、恶劣天气环境等特殊条件下的感知能力,也有助于相关系统的冗余设计<sup>[5]</sup>。

### 2.2 V2X 技术的功能要求

利用 V2X 技术搭建的车辆网络属于车载自组织网络 (Vehicular ad-hoc Network, VANET),具有以下典型特征<sup>[6-10]</sup>:网络由车辆自主创建,不断进行自我配置,即使缺少基础设施的参与也能够工作;由于车辆处于高速运动状态,网络属于高度动态拓扑结构,具有不可预测性,而且时间要求严格;自组织网

络信息交换频繁;网络没有长期的通信交换中心,需要分布式操作机制;需要适应多种通信环境,既包括相对简单的高速公路交通场景,也包括具有建筑物、树木等障碍物的复杂城市环境;车辆密度低时,网络经常断开链接。

由于具有上述特征,VANET 面临一系列的技术挑战<sup>[8-11]</sup>:网络具有安全隐患,任何欺诈节点对网络信息的更改都可能造成严重破坏后果;要求高可靠性和低延迟性;车辆密度高时,可能出现频道拥塞现象;难以部署依赖于集中式控制器的媒介存取控制 (Media Access Control, MAC) 方案;要求可扩展性协议设计,在非常轻的负载或高度过载的网络中均可正常操作;需要解决网络高多普勒频散以及多径延迟扩展的问题,并且需要实现非视距感知;必要时应该在道路预先部署接入点,以保持网络连接。

### 2.3 V2X 技术路线

针对 VANET 的特殊要求,国际上主要采用专用短程通信 (Dedicated Short Range Communication, DSRC) 和基于蜂窝网络的车辆对外通信 (Cellular-V2X, C-V2X) 两条技术路线。DSRC 技术发展时间较长,已经被美国、日本等国家广泛认同,形成了完善的标准体系和产业布局;而 C-V2X 技术依托于蜂窝移动网络兴起,正处于快速发展阶段,受到了中国、欧盟等国家 and 地区的高度重视。

#### 2.3.1 DSRC 技术的特点

DSRC 是一种双向半双工中短距离无线通信技术,可以实现高速数据传输,带宽可达 3~27 Mb/s。DSRC 具有一系列优点可以满足 VANET 的要求<sup>[11-12]</sup>:指定授权带宽,能够用于安全可靠的通信;快速获取网络,便于立即建立通信,实现主动安全应用的高频更新;毫秒级的低延迟,使主动安全应用能够及时识别彼此并传输信息;高可靠性,可以在车辆高速行驶条件下工作,且性能免受诸如雨、雾、雪等极端天气条件的影响;安全应用比非安全应用的优先级更高;确保互操作性,支持 V2V 和 V2I 通信,有利于普遍部署应用;使用公钥基础设施 (Public Key Infrastructure, PKI) 实现安全信息认证和隐私保护<sup>[13]</sup>。

美国将 DSRC 视为 V2X 系统的主要实现手段,依托 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 和 SAE (Society of Automotive Engineers) 两大协会制定了完整的标准协议框架<sup>[14]</sup>,如图 1 所示。在此基础上欧盟采用了不同的应用层标准,用 ETSI TS 102 637 系列替代了 SAE J2735 和 J2945 标准;日本也采用了不同的数据字典、信息集和协议。

而在频谱分配方面,美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)将 5 850 ~ 5 925 MHz 作为 V2V 和 V2I 通信的专用频谱,包括 5 MHz 的防护频段以及 7 个 10 MHz 的控制信道和业务信道<sup>[14]</sup>;欧洲电信标准协会在 5.9 GHz 频段内分配 30 MHz 的频谱用于智能交通系统,未来将扩展到整个 5 855 ~ 5 925 MHz 频段<sup>[15]</sup>;日本将 5 770 ~ 5 850 MHz 频段用于 DSRC 电子收费和 V2V 通信的同时,将 755.5 ~ 764.5 MHz 也用于智能交通系统以避免频谱拥塞<sup>[16]</sup>;韩国和澳大利亚也跟随欧美将 5 855 ~ 5 925 MHz 频段分配给智能交通系统;而中国对于 DSRC 的频谱分配尚无正式规定,但也在研究 5.9 GHz 频段通信在 V2X 主动安全及未来自动驾驶中的应用。

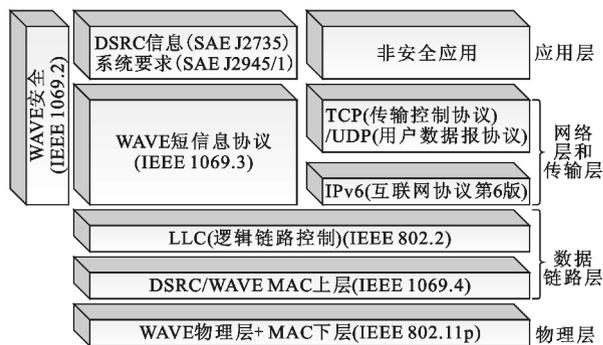


图 1 美国 DSRC 协议栈示意图

尽管 DSRC 技术已经得到了广泛的实际验证和应用,但其也存在一定的局限性<sup>[17,24]</sup>。第一,DSRC 采用的载波侦听多路访问 (Carrier Sense Multiple Access-Collision Avoidance, CSMA-CA) 协议在高度密集的交通情况下可能会产生数据包译码失败<sup>[18]</sup>;第二,DSRC 物理层的正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 技术限制了最大传输功率以及传输范围,不适用于需要长通信距离或合理反应时间的应用场景<sup>[19]</sup>;第三,DSRC 属于视距传输技术,障碍物较多的城市工况将对其构成挑战;第四,基于 DSRC 的 V2I 系统需要完善的基础设施部署,其安全性也需要通过路侧单元分发和管理车辆数字证书实现,因此对专用基础设施的依赖性大;第五,自动驾驶对通信范围、鲁棒性和可靠性具有更高要求,而目前的 DSRC 标准缺乏相关应用研究,未来的技术演进路线仍不明确。

### 2.3.2 C-V2X 技术的特点

针对 DSRC 技术可能存在的问题,通信产业提出了 C-V2X 解决方案。C-V2X 是一项利用和提高

现有的长期演进技术 (Long Term Evolution, LTE) 特点及网络要素的新兴技术,作为第三代合作伙伴计划 (The 3rd Generation Partnership Project, 3GPP) Release 14 规范的一部分,该初始标准侧重于 V2V 通信,并逐渐增强对其他 V2X 操作场景的支持。C-V2X 为实现邻近通信服务,引入了新的设备到设备 (Device-to-Device, D2D) 通信接口 PC5,并且已针对高速度 (可达 250 km/h) 和高密度 (数千个节点) 的车辆应用情景进行了改善。在此基础上,C-V2X 能够针对“覆盖范围内”和“覆盖范围外”两种情景提供通信服务<sup>[20,22]</sup> (如图 2 所示),前者基于资源调度模式 (mode 3),由基站安排传输资源,基站与车载设备通过 Uu 接口通信;而对于车辆处于基站覆盖范围以外的场景,也可以基于自动资源选择模式 (mode 4) 实现分布式调度,车辆之间可以直接通过 PC5 接口通信<sup>[20]</sup>。目前 3GPP 组织已经完成了 LTE-V2X 的业务需求、网络架构、无线接入技术和 V2V/V2X 业务方面的研究与标准化,并将 LTE-V2X 标准立项申请提交到国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO),2018 年 11 月针对智能交通系统中 LTE-V2X 应用的 ISO/DIS 17515-3 标准已进入最终国际标准草案阶段<sup>[21]</sup>。

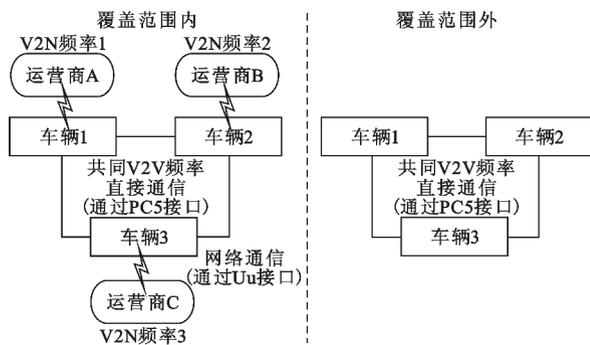


图 2 C-V2X 通信的两种情景

相比于 DSRC 技术,C-V2X 具有独有的优势和特点<sup>[22-24]</sup>,如表 1 所示。首先,利用移动网络供应商的基础设施,C-V2X 能够提供稳健的通信平台,增强数据安全性和保密性,并通过边缘计算保证时间要求;其次,C-V2X 物理层采用频分复用技术和更长传输时间,提高了链路预算增益,能够比 DSRC 提供更长的预警时间和 2 倍的通信范围;最后,C-V2X 基站节点往往位于高处,因此具有更好的非视距感知能力。除了技术层面的优势,C-V2X 也得到了更多通信企业的重视和投入。一方面,5G 技术的导入以及移动生态系统的完善将为 C-V2X 制定清

晰的技术演变路线提供支持<sup>[27]</sup>;另一方面,利用移动产业对蜂窝技术的研究和部署以及蜂窝运营商对 C-V2X 服务的积极推广,能够快速实现 C-V2X 系统的商业化,并且与车载远程信息处理服务相结合,进一步提高效率、降低成本并创造出具有网络效应的巨大收益。

表 1 DSRC 与 C-V2X 的特点比较

特点	DSRC	C-V2X
带宽容量	中	高
覆盖能力	中	高
移动性	中	高
非视距感知能力	低	高
安全性	高	中
技术成熟度	高	中
标准化程度	高	中
专用基础设施投入	高	中
商业应用潜力	低	高

然而 C-V2X 的基础技术 LTE 同样存在一定局限性<sup>[22,24]</sup>。第一,目前的蜂窝网络无法提供足够的带宽以及满足要求的低延迟,而 D2D 仅能在紧急情况下运行、设备发现协议极慢,因此难以支持时间要求严格的应用场景;第二,LTE 采用增强型多媒体广播多播(Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service, eMBMS)等技术进行单点到多点的接口管理,但主要支持静态场景,对于大量车辆拥挤的情况可能无法提供所需的效能;第三,LTE 涉及移动网络运营商之间的移交和应用服务供应商之间的合作,针对 V2X 应用如何构建新的合作模式尚不明确;第四,LTE 或邻近通信服务的安全机制并不适用于 V2V 通信,因为其仅提供安全信息的加密,但对信息真实性并无保障。

### 2.3.3 5G 技术的特点

由于 LTE 自身的局限性,未来 5G 技术将充分考虑车辆安全应用的特殊场景,提供可扩展的连接以支持极端的需求变化。针对汽车场景,5G V2X 技术将具备以下特点<sup>[25-29]</sup>:

(1)采用毫米波频段提升频谱带宽,实现超高速无线数据传输;

(2)吞吐量达到 1 Gb/s 以上,具有更好的网络覆盖均匀性;

(3)使用多跳模式以拓宽覆盖范围,将车辆作为网络节点,直接实现 D2D 通信;

(4)具有高可靠性,可以通过增信删余码对正常的流量进行时分复用;

(5)采用非正交资源扩展型多址接入(non-orthogonal Resource Spread Multiple Access, RSMA)、协同冲突避免机制等手段,实现毫秒级的端对端延迟;

(6)同时提供多条连接链路,满足容错性和移动性要求;

(7)可以实现穿透式增强现实,查看前方车辆反馈的视频,并发现弱势道路使用者。

因此,5G 能够协助解决车辆感知、协同驾驶、远程控制等问题,将是实现完全自动驾驶的关键通信技术。但要使 5G 技术能够适应汽车用例的严格要求,还需要从频谱管理机制、近邻服务(Proximity-based Services, ProSe)的直接发现程序和中继功能、Uu 和 PC5 接口选择等方面进一步优化和提升现有 LTE 技术<sup>[28]</sup>。目前全球正在加紧制定 5G 国际技术标准,中国已于 2017 年展开 5G 第二阶段测试,并在 2018 年进行大规模组网试验,最快将在 2020 年正式实现 5G 网络的商用化<sup>[21]</sup>。由于 LTE 网络未来将平滑演进到 5G 网络,基于 LTE 的 C-V2X 技术能够与未来 5G 网络进行复用,因此高通等公司正在加快研发基于 5G 新空口的 C-V2X 产品及功能。

## 3 V2X 技术应用进展

### 3.1 DSRC 应用进展

美国是推动 DSRC 应用的主要国家,美国交通部长期致力于 DSRC 的试点部署工作,早在 1999 年便将 DSRC 选定为 V2V 通信方案,迄今为止已投入了约 10 亿美元进行开发测试。2011 年 8 月启动的“轻型车辆驾驶员接受度诊所”项目,在美国 6 个地方设立不同的应用环境,用以评估用户对 V2V 安全应用的接受程度,得到了奔驰、通用、福特、丰田等车企的参与,结果表明 58% 的受访者愿意以 200 美元以下的价格购买 V2V 相关安全功能<sup>[30]</sup>。2012 年 8 月到 2014 年 2 月密歇根大学交通研究所在安娜堡市进行了“安全试点:模拟部署”测试,共计投入超过 2 800 辆测试车辆以及 25 个基础设施站点,对 V2X 在真实环境下的运行情况以及安全效益进行评估。2016 年,美国交通部还进一步在怀俄明州、纽约市和坦帕市启动了“网联车辆试点部署”项目,投资超过 4 500 万美元进行网联系统的设计、建设和测试<sup>[31]</sup>,如表 2 所示。基于以上研究,美国高速公路安全管理局在 2016 年 12 月发布了 V2V 通信法规提案,计划从 2021 年起实施新的法规,要求所有新增轻型车辆必须搭载基于 DSRC 的 V2V 技术<sup>[32]</sup>。

表 2 美国交通部“网联车辆试点部署”项目

地点	应用侧重点	内容和目标
怀俄明州	商业物流	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 怀俄明州是重要的货运走廊,在全美以及美国与加拿大和墨西哥之间的货物流通过中发挥关键作用</li> <li>· 专注于商用车运营商的需求,并将开发使用 V2I 和 V2V 的应用程序,以支持包含路边警报、停车通知和动态出行引导在内的一系列预警服务</li> </ul>
纽约市	出行安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 旨在通过部署 V2V 和 V2I 技术提高该市出行者和行人的安全</li> <li>· 与该市的零伤亡愿景配合,以减少由碰撞引起的伤亡</li> <li>· 在密集的城市交通系统中非常典型的、交叉口间隔紧密的情景下评估互联汽车技术和应用,预计将成为迄今为止最大的互联汽车技术部署</li> </ul>
坦帕市	交通拥堵	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 坦帕希尔斯伯勒高速公路管理局拥有/运营 Selmon 可逆快车道 (Reversible Express Lanes, REL), 这是第一个用于解决城市拥堵问题的此类型设施</li> <li>· 将部署各种 V2V 及 V2I 应用,以缓解交通拥堵、减少碰撞并防止误入 REL 出口</li> <li>· 加强行人安全、加快公交运行,减少在具有大量混合交通地点的电车、行人和乘用车之间的冲突</li> </ul>

### 3.2 C-V2X 应用进展

欧洲和亚洲是 C-V2X 技术的积极倡导者,近期结成了各种旨在开发、测试和推进 C-V2X 技术的伙伴关系,包括 5G 汽车联盟<sup>[27]</sup>、德国“汽车连接未来一切”(Connected Vehicle to Everything of Tomorrow, ConVex) 联盟<sup>[33]</sup>、法国“驶向 5G”战略合作<sup>[34]</sup>、香港智能交通联盟<sup>[35]</sup>、韩国 5G 汽车应用测试<sup>[36]</sup>等。而中国将 V2X 技术作为智能网联汽车和智能交通系统的一部分,纳入“中国制造 2025”“互联网+”等国家战略。DSRC 和 C-V2X 技术分别得到政府的不同部委、基础设施供应商和汽车制造商等不同利益相关方的支持,各个政府部门和行业组织正在积极协调技术标准的制定,如图 3 所示。目前由通用汽车、长安汽车和清华大学共同制定的《合作式智能运输系统 车用通信系统应用层及应用数据交互标准》已经正式发布,该标准将与底层通信技术无关的 V2X 信息格式标准化,有利于实现不同品牌车辆及 V2X 系统的互联互通。而在上海嘉定智能网联汽车试点示范区规划中,也将同时测试 DSRC 与 C-V2X 两种技术。

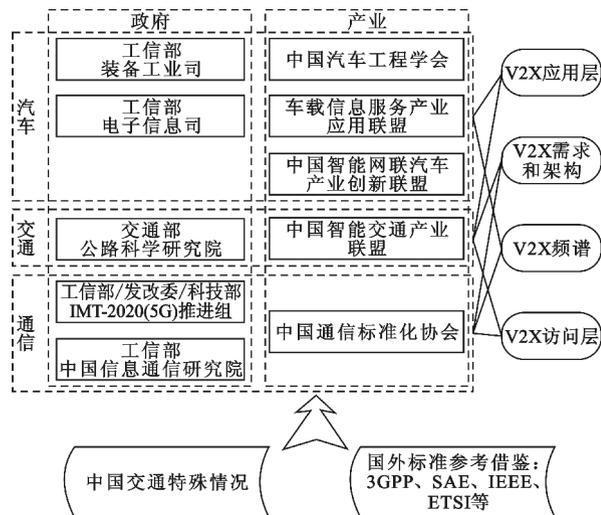


图 3 中国 V2X 技术标准的制定分工

### 3.3 V2X 技术应用存在的问题

尽管 V2X 技术已经取得了长足的进步,但与大规模普及应用仍然存在相当大的距离,其中涉及技术、商业模式、法律法规等多方面挑战。除了上述提到的技术局限性,V2X 技术应用还存在以下的问题:

#### (1) 技术成熟度问题

DSRC 已经解决了最具挑战性的车辆安全问题,可以用于部署 V2V 系统,但 V2I 系统依赖于广泛覆盖的全新 DSRC 专用基础设施,需要大量投资,因此可能并不适合成为最后进行大规模部署的 V2X 系统。而 C-V2X 目前仅适用于涉及云端交互的非安全相关应用场景,现在的基础设施尚不足以支持在高速移动或拥塞情况下要求低延迟的 V2X 安全应用情景<sup>[24]</sup>。因此一些专家提出两种技术共存互补的解决方案,即允许 C-V2X 的 V2V 直接通信共享 DSRC 专用频谱,C-V2X 既可以在 5.9 GHz 频谱中工作,也可以在相邻信道共存<sup>[17,24]</sup>。但是共享频谱的方案受到 DSRC 支持者的质疑,同时车辆网络的特点对频谱共享后的移动出行管理、网络选择机制和切换策略等均构成相当的技术挑战。

#### (2) 资源紧张性问题

移动互联网时代各类通信技术对于频谱资源的争夺异常激烈。由于 V2X 技术尚未实现大规模的商业应用,FCC 正在考虑允许未授权的国家信息基础设施设备共享 DSRC 频谱<sup>[37]</sup>。思科提出未授权设备可以监视 DSRC 信道,如果检测到正在发送的信号则避免使用整个频段,否则可以借用信道。高通则提出了重新信道化的方案,要求将关键的控制信道和公共安全信道移动到专用频段,而将其余的

DSRC 服务信道重新配置,允许未授权设备和非安全类 DSRC 应用共享该部分频谱。但是频谱共享的建议遭到了汽车产业的普遍反对,都认为频谱共享违背了利用 V2X 技术改善道路安全的初衷,明确表态不支持重新分配频段<sup>[38]</sup>。可以看出在通信资源日益紧张的今天,汽车产业必须加快 V2X 的普及应用,以确保在物联网时代占据一席之地。

### (3) 立法客观性问题

美国是世界上第一个考虑将 V2X 系统的强制安装纳入法律法规的国家。由于美国政府之前在 DSRC 技术上的大量投入,美国交通部的立法明确要求车辆必须搭载基于 DSRC 的 V2V 技术。而随着蜂窝技术的迅猛发展,各利益相关方对于 20 年前适合于 V2V 通信的 DSRC 是否仍然是最佳技术路线产生了巨大分歧。美国和日本车企及其供应商已经在 DSRC 技术开发上投入了十余年的精力,普遍支持美国交通部的提议。通用汽车甚至在 2017 年 3 月推出的 2017 款凯迪拉克 CTS 车型上率先搭载了基于 DSRC 的 V2V 系统。但是电信产业以及多数欧洲汽车制造商并不完全支持此项提议,而是支持 C-V2X 方案或要求法规中立、由市场决定技术路线。包括 5G 汽车联盟、思科、高通等企业在内的反对方均认为将 DSRC 作为法定技术的提议将严重阻碍美国 V2X 技术的创新,难以为消费者提供最好、最先进的解决方案<sup>[39]</sup>。正是由于技术路线的不确定性,各国政府对于 V2X 应用的法规制定和普及建设仍然保持谨慎态度。

## 4 结论和建议

V2X 通信技术能够实现更加安全、高效、便捷的驾驶体验,同时也是未来高度自动驾驶的基础支撑,是汽车产业融入万物互联时代的重要途径。当前,实现 V2X 的 DSRC 与 C-V2X 两种技术路线引发了各界的激烈讨论,由于各有优劣,最佳路线尚无定论,而 V2X 系统的大规模应用也仍需时日。中国作为智能汽车和智能交通的后发国家,应当从国际 V2X 技术的发展历程中充分吸取经验,更好地进行顶层的统筹规划和基础建设工作。为此,本文总结提出以下结论:

### (1) V2X 技术最终将向 5G 发展

DSRC 技术经过近 20 年的研发已经较为成熟,凭借其低延迟和高安全性的特点使得 V2V 系统的部署成为可能,然而其通信范围受限、基础设施依赖

性强、缺乏技术演进路线等问题促使业界将目光投向了蜂窝技术的应用。而 C-V2X 技术目前尚处于起步阶段,初始标准刚刚完成,还不能满足严格的车辆通信安全要求,仅适用于非安全相关的应用。但是未来 5G 技术将充分考虑车辆应用需求,有潜力提供高吞吐量、宽带载波支撑、超低延迟和高可靠性的通信服务,从而真正满足智能网联汽车的核心诉求。因此,国家在制定相关法规政策以及推动项目建设时,应当充分考虑当前技术与未来 5G 通信的过渡衔接,避免战略误判和低效投入。从这个角度看,发展与 5G 技术兼容性更佳的 C-V2X 技术将更加符合长远利益。

### (2) V2X 系统的推广应该积极利用现有通信资源

无论采用 DSRC 还是 C-V2X 方案,V2X 系统的应用均需要对现有车载设备、网络基础设施和交通管理设施等进行升级改造。目前,DSRC 在中国主要应用于基于 5.8 GHz 频段的电子不停车收费 (Electronic Toll Collection, ETC) 系统,但其路侧单元主要集中在高速公路收费站、机场停车场、城市停车场等,设施数量较少,功能相对单一<sup>[40]</sup>,难以达到未来中高级自动驾驶的通信需求。相比而言,蜂窝移动通信资源更为丰富,据工信部《2017 年通信业统计公报》统计,2017 年底,国内移动通信基站数量已达到 619 万个,其中包括 328 万个 4G 基站,到 2020 年将实现全国行政村 4G 覆盖率超过 98%。因此从网络覆盖率、基础设施改造成本、用户使用成本等各个角度综合考虑,采用 C-V2X 方案将更有利于推动 V2X 系统的大规模普及应用。

### (3) V2X 标准法规的制定需要充分考虑国家安全

V2X 系统是未来智慧城市和智能交通的核心组成部分之一,其技术标准决定了未来交通的安全性和产业的主导权。目前美国率先启动了 V2X 系统的技术标准和应用法规的制定工作,极有可能将 DSRC 作为法定技术,然而这是建立在其多年研究基础上的结果。美国 DSRC 的相关协议标准以及频谱划分已经引领了世界的技术趋势,通用、德尔福等公司均具有雄厚的 DSRC 技术积累,因此美国希望通过推广 DSRC 技术掌握 V2X 产业甚至智能汽车以及智能交通产业的话语权。而中国目前并未确立 DSRC 技术的主导地位,在国内通信企业掌握 4G 技术并且正在积极参与 5G 标准制定的情况下,更应当充分利用自身优势,积极参与 C-V2X 技术和产品的基础研发和应用建设,实现产业的自主发展,确保汽车、信息两大产业安全受控<sup>[41]</sup>。

(4) V2X 系统的完善需要汽车产业与通信产业的通力合作

目前国内 V2X 技术的主要推动方是各大通信企业,出于拓展业务、构建生态等考虑积极参与汽车产业,而很多国内汽车企业对于 V2X 的发展趋势、应用场景和实际需求都不明确,相关开发和测试进展相对缓慢。相比之下,国外往往是整车企业和零部件供应商根据驾驶功能进行需求定义,再由专业团队进行开发,进而与电信运营商进行测试运营方面的合作。国内汽车产业应当提高该领域的战略认识,依托于智能网联汽车产业创新联盟、国家智能网联汽车试点示范区等组织和项目,尽快形成统一的需求定义以及技术路线,从而更好地与通信产业分工协作,打造一流的车联网解决方案。

#### 参考文献:

- [1] 赵福全,刘宗巍. 中国发展智能汽车的战略价值与优劣势分析[J]. 现代经济探讨,2016(4):49-53.
- [2] The 3rd Generation Partnership Project. Service requirements for V2X services:3GPP TS 22.185[S/OL]. [2018-06-04]. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2989>.
- [3] National Highway Traffic Safety Administration. NHTSA issues advance notice of proposed rule making and research report on ground-breaking crash avoidance technology:“vehicle-to-vehicle communications:readiness of V2V technology for application”[EB/OL]. (2014-10-14)[2017-10-13]. [https://www.safercar.gov/static-files/safercar/v2v/V2V\\_Fact\\_Sheet\\_101414\\_v2a.pdf](https://www.safercar.gov/static-files/safercar/v2v/V2V_Fact_Sheet_101414_v2a.pdf).
- [4] VREESWIJK J, WILMINK I, GILKA P, et al. eCoMove: integration of results and conclusions[C]//Proceedings of 10th ITS European Congress. Helsinki:ERTICO,2014:1-5.
- [5] CHOI J, VA V, GONZALEZ-PRELCIC N, et al. Millimeter-wave vehicular communication to support massive automotive sensing[J]. IEEE Communications Magazine, 2016,54(12):160-167.
- [6] YOUSEFI S, MOUSAVI M S, FATHY M. Vehicular ad hoc networks (VANETs): challenges and perspectives[C]//Proceedings of 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings. Chengdu: IEEE, 2006: 761-766.
- [7] 常促宇,向勇,史美林. 车载自组网的现状与发展[J]. 通信学报,2007(11):116-126.
- [8] HARTENSTEIN H, LABERTEAUX L P. A tutorial survey on vehicular ad hoc networks[J]. IEEE Communications Magazine,2008,46(6):164-171.
- [9] TOOR Y, MUHLETHALER P, LAOUI A. Vehicle ad hoc networks: applications and related technical issues[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials,2008,10(3):74-88.
- [10] AL-SULTAN S, AL-DOORI MM, AL-BAYATTI A H, et al. A comprehensive survey on vehicular ad hoc network[J]. Journal of Network and Computer Applications,2014,37(1):380-392.
- [11] LI Y J. An overview of the DSRC/WAVE technology[C]//Proceedings of 2010 International Conference on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness. Berlin:Springer,2010:544-558.
- [12] U. S. Department of Transportation. DSRC:the future of safer driving[EB/OL]. [2017-10-13]. [https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO-034\\_DSRC.pdf](https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO-034_DSRC.pdf).
- [13] MANVI S S, TANGADE S. A survey on authentication schemes in VANETs for secured communication[J]. Vehicular Communications,2017(9):19-30.
- [14] KENNEY J B. Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States[J]. Proceedings of the IEEE,2011,99(7):1162-1182.
- [15] Electronic Communications Committee. The European table of frequency allocations and applications in the frequency range 8.3 kHz to 3000 GHz(ECA table)[C]//Proceedings of the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations. Copenhagen: Electronic Communications Committee,2013:1-6.
- [16] Ministry of Internal Affairs and Communications. Frequency allocation table[EB/OL]. [2018-06-04]. <http://www.tele.soumu.go.jp/e/adm/freq/search/share/plan.htm>.
- [17] ABOUD K, OMAR H A, ZHUANG W. Interworking of DSRC and cellular network technologies for V2X communications:a survey[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology,2016,65(12):9457-9470.
- [18] LOU P, GONG M, LEI X, et al. Study on a method to improve the efficiency of vehicular networks[C]//Proceedings of 2017 IEEE 9th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN). Guangzhou:IEEE,2017:584-588.
- [19] ARSLAN S, SARITAS M. The effects of OFDM design parameters on the V2X communication performance:a survey[J]. Vehicular Communications,2017(7):1-6.
- [20] KOUSARIDAS A, MEDINA D, AYAZ S, et al. Recent advances in 3GPP networks for vehicular communications[C]//Proceedings of 2017 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking(CSCN). Helsinki:IEEE,2017:91-97.
- [21] 中国信息通信研究院. 车联网白皮书[R/OL]. (2017-09-28)[2017-10-13]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201804/P020170928592209280350.pdf>.
- [22] CHEN S, HU J, 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.
- [23] NGUYEN T V, SHAILESH P, SUDHIR B, et al. A comparison of cellular vehicle-to-everything and dedicated short range communication [C]//Proceedings of 2017 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC). Torino; IEEE, 2017:101-108.
- [24] MACHARDY Z, KHAN A, OBANA K, et al. V2X access technologies: regulation, research, and remaining challenges [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018,20(3):1858-1877.
- [25] ANDREWS J G, BUZZI S, CHOI W, et al. What will 5G be? [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2014,32(6):1065-1082.
- [26] Qualcomm Technologies, Inc. Leading the world to 5G [EB/OL]. [2017-10-13]. <https://www.qualcomm.com/documents/qualcomm-5g-vision-presentation>.
- [27] 5G Automotive Association. The case for cellular V2X for safety and cooperative driving [R/OL]. (2016-11-23) [2018-06-04]. <http://5gaa.org/wp-content/uploads/2017/10/5GAA-whitepaper-23-Nov-2016.pdf>.
- [28] 5G Infrastructure Public Private Partnership. 5G automotive vision [R/OL]. (2015-10-20) [2018-06-04]. <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf>.
- [29] 李芃芃, 郑娜, 仇沛川, 等. 全球 5G 频谱研究概述及启迪 [J]. 电讯技术, 2017,57(6):734-740.
- [30] LUKUC M. Lightvehicle driver acceptance clinics preliminary results [R]. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration, 2012.
- [31] U. S. Department of Transportation. Connected vehicle pilot deployment program [EB/OL]. [2017-10-13]. [https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO\\_CVPilot.pdf](https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO_CVPilot.pdf).
- [32] National Highway Traffic Safety Administration. Federal motor vehicle safety standards; V2V communications [EB/OL]. (2016-12-13) [2017-10-13]. [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/v2v\\_nprm\\_web\\_version.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/v2v_nprm_web_version.pdf).
- [33] Qualcomm Technologies, Inc. Consortium of leading automotive and telecom companies host 3GPP Release 14 cellular-V2X technology field trial in Germany [EB/OL]. (2017-01-03) [2018-06-04]. <https://www.qualcomm.com/news/releases/2017/01/03/consortium-leading-automotive-and-telecom-companies-host-3gpp-release-14>.
- [34] ORANGE S A. Towards 5G initiative welcomes Qualcomm, shows fast results [EB/OL]. (2017-02-27) [2018-06-04]. <https://www.orange.com/en/Press-Room/press-releases/press-releases-2017/Towards-5G-Initiative-Welcomes-Qualcomm-Shows-Fast-Results>.
- [35] HongKong ASTRI. ASTRI, HKT, Huawei and Qualcomm technologies work together to build a smart mobility system for Hong Kong using cellular-V2X technologies [EB/OL]. (2017-03-15) [2018-06-04]. <https://www.astri.org/news-detail/astri-hkt-huawei-and-qualcomm-technologies-work-together-to-build-a-smart-mobility-system-for-hong-kong-using-cellular-v2x-technologies/>.
- [36] LG Electronics, Inc. LG and Qualcomm to jointly research and develop next-gen connectivity solutions for cars [EB/OL]. (2017-10-19) [2018-06-04]. <http://www.lg.com/sg/press-release/www.lg.com-1-for-immediate-release-lg-and-qualcomm-to-jointly-research-and-develop-next-gen-connectivity-solutions-for-cars>.
- [37] Federal Communications Commission. The commission seeks to update and refresh the record in the “unlicensed national information infrastructure (U-NII) devices in the 5GHz band” proceeding [EB/OL]. (2016-06-01) [2017-10-13]. [https://apps.fcc.gov/edocs\\_public/attachmatch/FCC-16-68A1.pdf](https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-68A1.pdf).
- [38] The Association of Global Automakers, Inc. Petition for partial reconsideration in the matter of ET docket No. 13-49 [R/OL]. (2014-05-01) [2018-06-04]. <https://www.globalautomakers.org/OldSiteContentAssets/agency-comments/Global-Automakers-Submits-Petition-for-Partial-Reconsideration-to-FCC-assets/Global-Automakers-Petition-for-Partial-Reconsideration-FCC-pdf>.
- [39] 5G Automotive Association. Comments of the 5G automotive association in the matter of ET Docket No. NHTSA-2016-0126 [R/OL]. (2017-04-12) [2018-06-04]. [http://5gaa.org/wp-content/uploads/2017/10/5GAA\\_V2V\\_Comments\\_-\\_FINAL\\_4-12-2017.pdf](http://5gaa.org/wp-content/uploads/2017/10/5GAA_V2V_Comments_-_FINAL_4-12-2017.pdf).
- [40] 何培舟. ETC 存在的问题及解决方案浅析 [J]. 中国交通信息化, 2016(7):87-89.
- [41] 刘宗巍, 匡旭, 赵福全. 中国车联网产业发展现状、瓶颈及应对策略 [J]. 科技管理研究, 2016,36(4):121-127.

### 作者简介:



**刘宗巍** 男, 1978 年生于辽宁朝阳, 博士, 副研究员。主要研究方向为研发体系、产品开发与项目管理、企业技术路线。

**匡旭** 男, 1992 年生于湖南邵阳, 博士研究生。主要研究方向为车联网、智能汽车、商业模式。

**赵福全** 男, 1963 年生于辽宁铁岭, 博士, 教授。主要研究方向为汽车产业、企业运营管理、研发体系建设及技术路线战略。