



LTE-V2X 车联网技术、标准与应用

陈山枝¹, 胡金玲¹, 时岩², 赵丽¹

(1. 大唐电信科技产业集团(电信科学技术研究院有限公司), 北京 100191;

2. 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876)

摘要: V2X (vehicle to everything) 通信是车联网中实现环境感知、信息交互与协同控制的重要关键技术。大唐电信科技产业集团最早提出并由中国企业主导的 LTE-V2X 国际标准作为其中的主流技术之一, 能够在高速移动环境中提供低时延、高可靠、高速率、安全的通信能力, 并能够最大程度利用 TD-LTE 已部署网络及终端芯片平台等资源。首先介绍了 LTE-V2X 的关键技术, 并与 IEEE 802.11p 进行了比较; 进而介绍了 LTE-V2X 的标准研究及其演进以及相关的产业发展和示范应用; 最后展望了 LTE-V2X 的发展策略及其向 5G NR-V2X 的技术演进等, 并提出了相关政策建议。

关键词: 车联网; LTE-V2X; IEEE 802.11p; 标准; 示范应用

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018140

Technologies, standards and applications of LTE-V2X for vehicular networks

CHEN Shanzhi¹, HU Jinling¹, SHI Yan², ZHAO Li¹

1. Datang Telecom Technology & Industry Group (Telecommunication Science and
Technology Research Institute Co., Ltd.), Beijing 100191, China

2. State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and
Telecommunications, Beijing 100876, China

Abstract: V2X (vehicle to everything) communication is the critical technology to provide environment sensing, information exchange and cooperative control capabilities in vehicular networks. LTE-V2X, as one of the major V2X communication standards initiated and mainly driven by Datang Telecom, can enable low latency, high reliability, high data rate and security in communications, as well as scale economies by sharing the existing LTE network and terminal chipsets. LTE-V2X communication technology was introduced, and compared with IEEE 802.11p standards. Then, the progress of LTE-V2X standardization, industrial research and development and trials and field testing works were provided. Finally, the development strategy of LTE-V2X and technical evolution towards 5G was discussed.

Key words: vehicular network, LTE-V2X, IEEE 802.11p, standard, trial and application

收稿日期: 2018-02-01; 修回日期: 2018-04-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.61425012); 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2017ZX03001014)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (No.61425012), The National Science and Technology Major Project of China (No.2017ZX03001014)



1 引言

车联网指借助新一代信息通信技术,实现车内、车与人、车与车、车与路、车与服务平台的全方位网络连接,提升汽车智能化水平和自动驾驶能力,从而提高交通效率,改善汽车驾乘感受,构建汽车和交通服务新业态,为用户提供智能、舒适、安全、节能、高效的综合服务^[1]。车联网技术预期在避免交通事故、提升道路安全、缓解拥堵、提高交通效率、降低能耗、降低环境污染等方面取得显著效果。通信作为车联网中的重要技术,是信息交互的载体,为车联网提供全方面的网络连接。

车联网技术向着智能化、网联化方向演进^[1],通信技术将聚焦于智能网联汽车(intelligent and connected vehicle, ICV)、自动驾驶等不同阶段的应用中。V2X(vehicle to everything)通信技术作为智能网联汽车中的信息交互关键技术,主要用于实现车间信息共享与协同控制的通信保障^[2]。在未来的自动驾驶应用中,V2X 通信技术是实现环境感知的重要技术之一,与传统车载激光雷达、毫米波雷达、摄像头、超声波等车载感知设备优势互补,为自动驾驶汽车提供雷达无法实现的超视距和复杂环境感知能力。V2X 通信通过和周边车辆、道路、基础设施进行通信,从时间、空间维度扩大了车辆对交通与环境的感知范围,能够提前获知周边车辆操作信息、交通控制信息、拥堵预测信息、视觉盲区等周边环境信息。可见,V2X 的应用能够增强环境感知能力、降低车载传感器成本、使能多车信息融合决策。

目前,世界上用于 V2X 通信的主流技术包括专用短程通信(dedicated short range communication, DSRC)技术^[3]和基于蜂窝移动通信系统的 C-V2X(cellular vehicle to everything)技术(包括 LTE-V2X 和 5G NR-V2X)。美国、日本、欧洲等

发达国家和地区均积极开展了相关的技术研究和测试验证工作。

美国的 V2X 通信研究主要围绕 DSRC 展开。在美国交通部与密歇根大学的支持下,通过 SafetyPilot^[4]、MCity^[5]等项目验证了 DSRC 的有效性,并测试智能网联汽车技术。同时,美国积极推动立法,于 2016 年 12 月颁布了关于联邦机动车安全标准中 V2V 通信的 NPRM(notices of proposed rule making),对 V2V 通信设备的工作频段、通信能力、市场渗透等给出了建议。2017 年 6 月,SAE(Society of Automotive Engineers)筹备成立了 C-V2X 工作组^[6],开展增强应用、直通通信等研究。欧洲各国开展了 Drive C2X^[7]、C-ITS corridor^[8]、simTD^[9]等项目,对道路安全、交通管理与环境保护等应用进行了测试验证。日本于 2012 年 2 月发布了 700 MHz 频段的 10 MHz 用于车车/车路防碰撞安全应用的规范 ARIB STD-T109^[10];分别在广岛和东京进行了外场测试,并已开始规模测试。

DSRC 是美国主导的 V2X 通信协议,虽然产业链相关参与方包括许多车厂在 DSRC 系统上做了将近 10 年的研究和测试评估,但其商用进展一直不理想,针对自动驾驶等新应用也没有清晰的技术和标准演进路线。中国亦因缺乏核心知识产权及产业基础,在 DSRC 的技术与应用方面均不具有优势。

针对多样化的车联网应用场景和需求,考虑 LTE 系统向垂直行业新业务的延伸,2010 年大唐电信科技产业集团(以下简称大唐)率先开始面向智能交通应用的 LTE 车联网技术研究,笔者在 2013 年代表大唐首次公开提出基于 LTE 系统的 LTE-V 技术^[11,12],现已成为 3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)的 LTE-V2X 标准。LTE-V2X 作为面向车路协同的通信综合解决方案,能够在高速移动环境中提供低时延、高可靠、高速率、安全的通信能力,满足车联网多种应用

的需求,并且基于 TD-LTE 通信技术,从而能够最大程度利用 TD-LTE 已部署网络及终端芯片平台等资源,节省网络投资,降低芯片成本。为此,本文将介绍 LTE-V2X 车联网技术、标准研究及其演进以及相关的研发和示范应用。

2 LTE-V2X 车联网技术与标准

2.1 LTE-V2X 车联网技术

大唐在国内外最早提出基于 LTE 系统的 LTE-V 技术,包括蜂窝方式 (LTE-V-cell) 和直通方式 (LTE-V-direct) 两种工作模式^[11,12]。

(1) 蜂窝方式

利用基站作为集中式的控制中心和数据信息转发中心,由基站完成集中式调度、拥塞控制和干扰协调等,可以显著提高 LTE-V2X 的接入和组网效率,保证业务的连续性和可靠性。

(2) 直通方式

车与车间直接通信,针对道路安全业务的低时延高可靠传输要求、节点高速运动、隐藏终端等挑战,进行了资源分配机制增强。

在实际应用中, LTE-V-cell 技术可以为车辆提供高速数据的连续性传输, LTE-V-direct 技术可以实现车车之间的信息交互,避免车辆碰撞发生事故。图 1 为 LTE-V 技术的典型工作场景。图 1 (a) 中,车辆通过基站或路侧设备获得与远端 ITS (intelligent transportation system, 智能交通系统) 服务器的 IP 地址接入;图 1 (b) 中,车辆通过不同的基站或路侧设备,进而通过云平台,获得分发的远距离车辆的信息;图 1 (c) 中,车辆间直接交互与道路安全相关的低时延安全业务信息;图 1 (d) 为非视距 (not line of sight, NLOS) 场景,车辆在十字路口由于建筑物的遮挡不能直接交互低时延安全业务,此时可以通过基站或路侧设备的转发,获得车辆间的道路安全信息。在上述场景中,图 1 (c) 可采用 LTE-V-direct 模式进行通信,其他场景可采用 LTE-V-cell 模式进行通信。

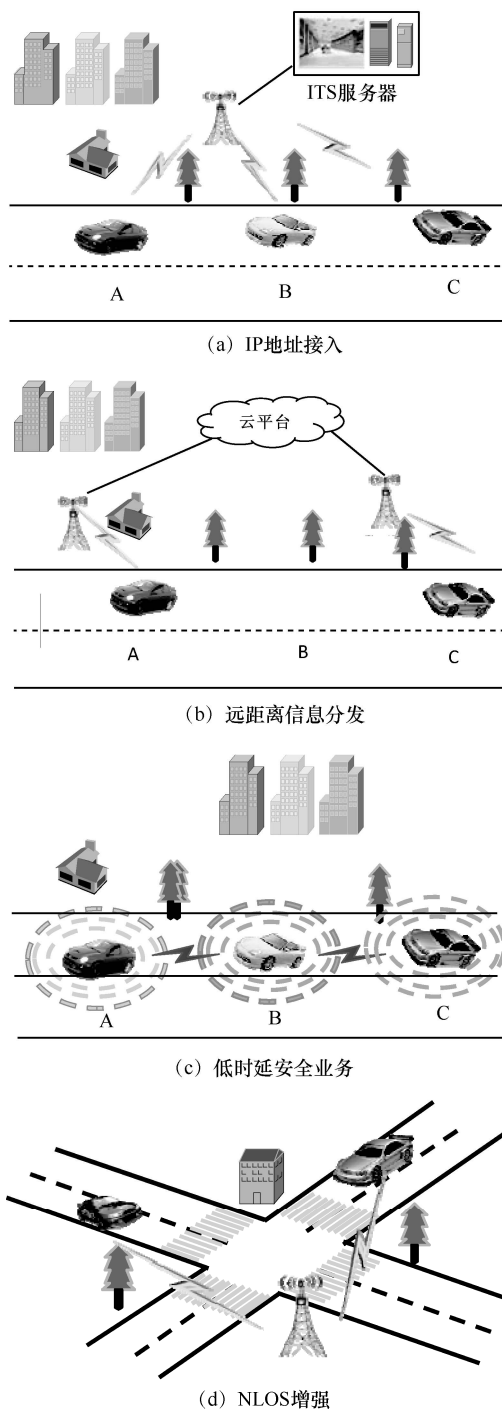


图 1 LTE-V 典型工作场景

3GPP 的 LTE-V2X 标准化过程中,为了加快进程,确定基于 LTE-D2D (device-to-device) 通信的物理层和高层进行增强,以支持多种 V2X 业务。LTE-D2D 系统主要为满足商业应用和公共安全的设备间通信,支持基站集中调度和分布式调



度两种方式。LTE-V2X 由于要支持道路安全应用,资源分配机制应满足低时延、高可靠、更高效等需求。与 LTE-D2D 类似, LTE-V2X 也支持集中式调度 (mode 3) 和分布式调度 (mode 4)。其中 mode 3 方式基于 LTE-Uu 接口进行集中调度, mode 4 方式基于 PC5 接口直通方式进行分布式调度。

针对 V2X 通信中节点高速移动、低时延高可靠传输需求等问题, 3GPP LTE-V2X 主要的技术增强包括以下方面^[13-15]。

(1) 子帧结构增强设计

LTE-D2D 的通信设备通常为静止设备或低速移动设备, 而 LTE-V2X 中, 车辆移动速度较高, 且可能工作在更高的频段。假设车辆相对移动速度为 280 km/h, 工作中心频点为 6 GHz, 信道的相干时间约为 0.277 ms。LTE-D2D 中 1 个子帧 1 ms 中有 2 列参考信号, 相隔为 0.5 ms。如果不对参考信号设计进行增强修改, 高速移动和高速导致的多普勒效应频率偏移会对信道估计产生严重影响。因此 LTE-V2X 中重用 LTE-D2D 的解调参考信号 (demodulation reference signal, DMRS) 列结构设计, 但是将 1 个子帧 1 ms 中的 2 列 DMRS 参考信号增加到 4 列, 使得导频密度在时域上有所增加, 这样 LTE-V2X 的 DMRS 参考信号时间间隔为 0.25 ms, 能够有效处理典型高速场景高频段的信道检测、估计与补偿。LTE-V2X PC5 接口的控制信道及数据信道的子帧结构如图 2 所示。

(2) 资源复用

考虑 V2X 业务分组大小可能发生变化, LTE-V2X 仍重用 LTE-D2D 中的控制信息 SA

(scheduling assignment, 调度分配) 来指示初传或重传的数据分组大小。LTE-V2X 的 PC5 口直通信中设计 SA 指示的数据资源在同一个子帧进行传输, 即同一子帧中的 SA 和数据的资源池进行 FDM (frequency division multiplexing, 频分复用) 方式的资源复用。同时, SA 和数据的资源池也可以采用 TDM (time division multiplexing, 时分复用) 方式进行复用。为进一步降低 SA 的信令开销, SA 指示的资源粒度在频域可以划分为相同大小的子信道, 数据传输可以使用一个或多个子信道。LTE-V2X 资源池配置的频域指示如图 3 所示。

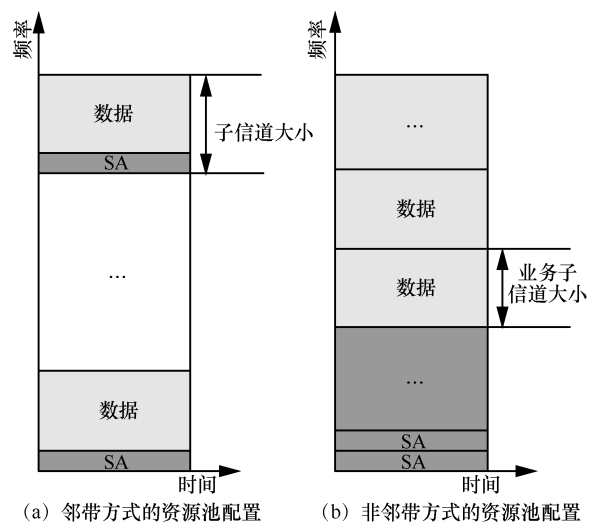


图 3 资源池配置的频域指示方法

(3) 资源分配机制

考虑到 V2X 业务的周期性, 为了减少空口信令开销, LTE-V2X 直通信的 PC5 接口采用了一种全新的分布式资源分配方案: 感知 (sensing) + 预约的半持续调度 (semi-persistent scheduling, SPS), 如图 4 所示。该方案充分利用 V2X 业务的周期性特点, 一方面通过发送节点预约周期性

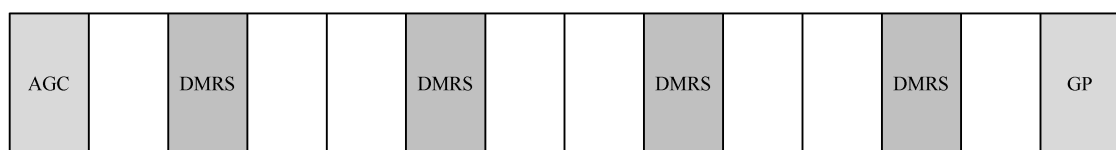


图 2 LTE-V2X PC5 接口的控制信道及数据信道的子帧结构

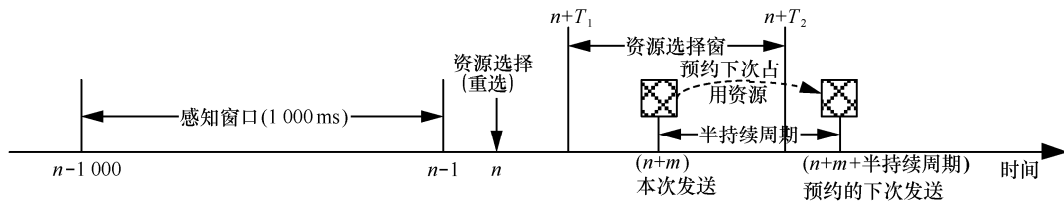


图 4 LTE-V2X PC5 接口的“感知+预约的半持续调度”机制时序

的传输资源来承载待发送的周期性 V2X 业务；另一方面由于发送节点预约资源的周期性重复，有助于接收节点进行资源状态感知和冲突避免，提高了资源利用率，提升了传输可靠性。

(4) 同步机制

LTE-D2D 系统中，基站作为同步源，蜂窝覆盖内节点与基站同步，部分覆盖节点可以收到蜂窝覆盖内节点转发的同步信号，因此部分覆盖节点将蜂窝覆盖内节点的同步信息向覆盖外节点转发。LTE-V2X 系统中，由于 LTE-V2X 通信节点支持 GNSS (global navigation satellite system, 全球导航卫星系统) 模块，可以直接获得可靠 GNSS 信号的节点，由于定时和频率精度较高，可直接作为同步源为周围节点提供同步信息。如果在 LTE-V2X 与 LTE 等蜂窝系统共享载波时，

LTE-V2X 直通通信的发送信号可能对蜂窝网络的上行造成干扰，在该场景下仍考虑以基站作为同步源，基站还可通过广播的方式将基站与 GNSS 的时间偏差通知给 UE (user equipment, 用户设备) 进行调整补偿。因此在 LTE-V2X 中有 GNSS、UE 自同步和 eNode B (evolved node B) 3 种同步源，由基站配置同步源和同步方式，覆盖外采用预配置方式确定同步源，以便实现全网统一的同步定时。

2.2 LTE-V2X 与 DSRC (IEEE 802.11p) 的比较

作为车联网的 V2X 无线通信技术，虽然 IEEE 802.11p 有先发优势，但是 LTE-V2X 与 IEEE 802.11p 相比，具有以下技术优势 (见表 1)。

除了表 1 所述的技术优势，LTE-V2X 还具有以下性能及网络部署方面的优势。

表 1 LTE-V2X 与 DSRC (IEEE 802.11p) 的技术比较^[3,13-16]

	DSRC		LTE-V2X	LTE-V2X 技术优势
物理层处理	信道编码	卷积码	Turbo 码	Turbo 码的编码增益可在相同传输距离下获得更高的可靠性，或在相同可靠性下传输距离更远
资源分配机制	重传	不考虑重传	通过 HARQ (hybrid automatic repeat request) 机制进行多次重传	重传合并增益可提高可靠性
	波形	OFDM (orthogonal frequency division multiplexing)	SC-FDMA (single-carrier frequency-division multiple access)	PAPR (peak to average power ratio) 影响更小，在相同功放情况下可有更大的发射功率
	信道估计	信道估计算法需改进以支持高速场景	4 列 DMRS	4 列 DMRS 参考信号有效支持高速场景
	接收分集	不是必须的	两个接收天线考虑接收分集处理	充分利用接收分集增益
	资源复用	TDM	TDM/FDM	采用 TDM 和 FDM，考虑了节点密度、业务量和低时延高可靠传输需求
同步	资源选择机制	CSMA/CA	感知+SPS	充分考虑业务周期性，可充分利用感知结果避免产生资源冲突
	资源感知	通过固定门限以及检测前导码来判断信道是否被占用	通过功率和能量测量感知资源占用情况	考虑业务优先级对资源选择的影响，并且功率和能量测量提供资源感知结果供资源选择使用
	同步方式	非同步方式	同步方式	采用同步方式降低信道接入开销，提高频谱利用率



(1) 更好的远距离数据传输可达性

IEEE 802.11p 网络采用多跳中继进行远距离数据传输,可能会受中继节点的影响,可靠性不高。而 LTE-V2X 可利用 LTE 基站与云端服务器连接,进行如高清影音等类型的高数据速率传输,具有更好的信息可达性。

(2) 更高的非视距 (NLOS) 传输可靠性

LTE-V2X 可利用蜂窝基站转发的方式支持 NLOS 场景,由于基站可高架,天线高度更高,可提高 NLOS 场景的信息传输可靠性。

(3) 网络建设和维护的优势

尽管 IEEE 802.11p 可利用现有的 Wi-Fi 基础进行产业布局,由于 Wi-Fi 接入点未达到蜂窝网络的广覆盖和高业务质量,不仅 IEEE 802.11p 的新建路侧设备 RSU (roadside unit) 需要大量投资进行部署,而且 IEEE 802.11p 的 V2X 通信安全相关设备、安全机制维护需要新投入资金。而 LTE-V2X 可以利用现有 LTE 网络中的基站设备和安全等设备进行升级扩展,支持 LTE-V2X 实现车路通信和安全机制,可以利用已有 LTE 商用网络,支持安全证书的更新以及路侧设备的日常维护。

另外, LTE-V2X 更有利于我国独立知识产权的自主创新。目前国内在 IEEE 802.11p 系列技术和产业方面缺乏核心知识产权、产业基础及优势。基于我国自主研发的 4G 移动通信标准 TD-LTE

技术,进行自主创新, LTE-V2X 技术拥有核心自主知识产权,可打破国外产业在 V2X 通信技术垄断,减少在知识产权方面的限制。

2.3 LTE-V2X 车联网标准及演进

基于 LTE-V2X 相关技术研究进展,国际、国内标准组织关于 LTE-V2X 标准研制进展迅速,并计划开展 5G NR V2X 的相关研究。

(1) 3GPP

3GPP 的 V2X 通信标准化分为 3 个阶段^[17,18],如图 5 所示,其中, Q1、Q2、Q3、Q4 分别表示第 1 季度、第 2 季度、第 3 季度、第 4 季度。支持 LTE-V2X 的 3GPP R14 版本标准 (Phase 1) 已在 2017 年正式发布,支持 LTE-V2X 增强的 LTE-eV2X 的 R15 版本标准 (Phase 2) 正在研究制定中,支持 5G NR-V2X 的标准只开始前期的评估研究,未正式开始标准立项研究。

① 3GPP LTE-V2X 标准进展

在大唐等中国企业的推动下,2015 年 2 月,3GPP 正式开始 LTE-V2X 技术标准化,各工作组主要从业务需求、系统架构、安全研究和空口技术 4 个方面开展工作。相关工作已经取得了里程碑式的进展, LTE-V2X 标准已于 2017 年 3 月完成,并作为 R14 的重要特性发布。

空口技术由 3GPP RAN 工作组负责,由大唐、华为技术有限公司 (以下简称华为) 和乐金电子 (LGE) 3 家公司联合牵头进行 V2X 标准研究第一

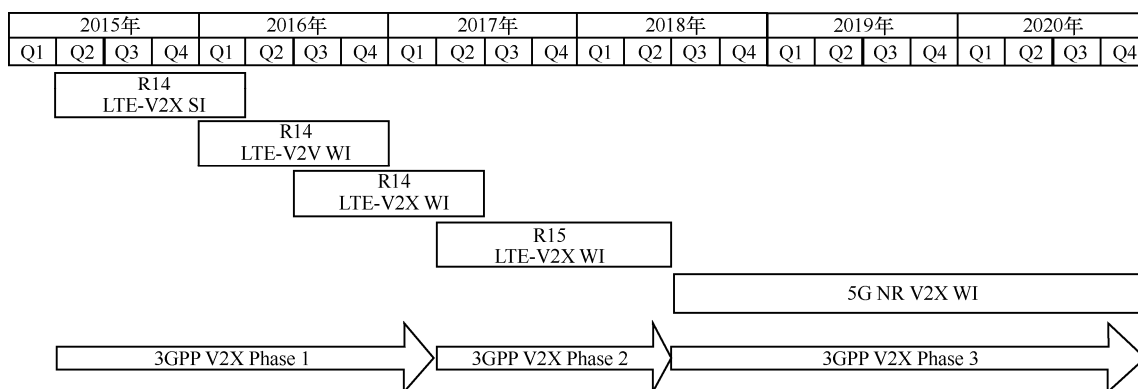


图5 3GPP LTE-V2X 及 5G NR V2X 标准研究进展

阶段工作,包括“基于LTE的V2X可行性研究”研究课题(study item, SI)、“基于LTE PC5接口的V2V”的标准立项(work item, WI)以及“基于LTE的V2X业务”的标准立项(WI)等,主要评估支持V2X业务增强技术的方法,研究基于PC5接口和Uu接口技术方案增强支持V2X业务,进行信道结构、同步过程、资源分配和相关的射频指标及性能要求等关键技术研究。

业务需求由3GPP SA1工作组负责,定义了LTE V2X支持的业务要求,包含车车、车路、车人以及车与网络通信的27个用例,给出7种典型场景的性能要求。

系统架构由3GPP SA2工作组负责,确定增强架构至少要支持采用PC5接口传输的V2X业务和采用LTE-Uu接口的V2X业务。

安全方面由3GPP SA3工作组负责,调研V2X安全威胁,研究V2X安全需求并调研和评估对现有的安全功能和架构的重用和增强以及支持V2X业务的LTE架构增强。

② 3GPP LTE-eV2X 标准进展

2016年6月,3GPP SA1进行“增强的V2X业务需求”的SI和WI标准研究工作^[17],在研究结果标准TS22.886^[19]中,定义了25个用例,共计五大类需求,包括自动车队驾驶、半/全自动驾驶、支持扩展传感、远程驾驶和基本需求。

2017年3月,由大唐、华为和LGE 3家公司联合牵头“3GPP V2X第二阶段标准研究”WI,主要包括载波聚合、发送分集、高阶调制、资源池共享及减少时延、shorten TTI(shorten transmission time interval,短传输时间间隔)的可行性及增益等,预计将于2018年6月结项。

③ 5G NR-V2X 标准进展

2017年3月,3GPP RAN开始进行V2X新型应用评估方法研究的SI^[18],根据3GPP TS22.886^[19]定义的增强业务需求进行评估研究,包括仿真场景、性能指标、频谱需求、信道模型和业务模型

等,预计将于2018年6月结项。关于5G NR V2X通信技术研究立项工作正在开展,预计将于2018年下半年开始相关标准研究工作。

(2) ITU (International Telecommunication Union)

ITU-R (ITU Radio Communications Sector)研究了与智能交通相关的频谱分配相关问题,将在2019年召开的WRC (World Radio communication Conference,世界无线电通信大会)上讨论WRC-19 1.12议题“A globally or locally common frequency to be used in ITS applications”^[20],将在现有移动业务划分下,尽可能考虑全球或区域统一频段。ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector)也在车联网标准方面积极展开工作,SG-17已开展协作智能交通安全标准研究工作。

(3) ISO (International Standardization Organization)

ISO TC204 WG#16工作组针对车联网和智能交通系统中的通信技术进行了标准研究。提出了CALM (communication access for land mobiles)的概念,支持蜂窝、短距等多种通信接入技术。已推动CALM系统架构对LTE-V2X技术的支持进程,在ISO TC204 WG#16工作组立项制定标准ISO/CD 17515-3 “Intelligent transport systems—evolved- universal terrestrial radio access network—part 3: LTE-V2X”^[21]。

(4) 国内LTE-V2X 标准进展

国内各行业协会和标准化组织高度重视LTE-V2X,如中国通信标准化协会(CCSA)、中国智能交通产业联盟(C-ITS)以及车载信息服务产业应用联盟(TIAA)都已积极开展LTE-V2X的相关研究及标准化工作。

CCSA在2014年开始进行LTE-V2X的关键技术可行性研究、行业标准的立项及研究,已于2017年通过了LTE-V2X多项行标,包括《基于LTE的车联网无线通信技术 总体技术要求》《基于



LTE 的车联网无线通信技术 空中接口技术要求》等, 计划于 2018 年重点推进《基于 LTE 的车联网通信安全技术要求》《基于 LTE 的车联网无线通信技术 路侧设备技术要求》和《基于 LTE 的车联网无线通信技术 终端设备技术要求》。

C-ITS 产业联盟与中国汽车工程学会联合, 积极开展制定 LTE-V2X 应用层及网络层相关标准, 以推进 LTE-V2X 技术在交通及汽车行业的应用。2017 年已完成了《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》《基于 LTE 车联网无线通信技术总体技术要求》《基于 ISO ITS 框架的 LTE-V2X 标准技术规范》等标准。计划于 2018 年重点推进《基于 LTE 的车联网无线通信技术空中接口技术要求》《合作式智能交通运输系统通信架构》《合作式智能交通运输系统增强应用集》等标准的制定。

TIAA 积极推动车联网频谱相关的研究和测试工作。2016 年根据工业和信息化部立项的“LTE-V2X 技术应用与频率需求研究”项目, 研究得出符合我国用车环境的 LTE-V2X 安全类应用场景和效率类应用场景, 建议我国 LTE-V2X 工作的目标频段为 5 850~5 925 MHz。

2016 年 11 月, 工业和信息化部立项 LTE-V2X 频率和兼容性验证研究项目。该项目完成以下测试标准:《LTE-V2X 终端射频技术要求和测试方法》《LTE-V2X 终端性能技术要求和实验室测试方法》《LTE-V2X 终端性能外场测试方法》《LTE-V2X 终端干扰技术要求和测试方法》和《LTE-V2X 终端干扰外场测试方法》。LTE-V2X 频率和兼容性项目的完成, 不仅能够验证 LTE-V2X 系统在 5.9 GHz 频段的可用性, 而且能够测试 LTE-V2X 系统与同频邻频在用无线通信系统之间的安全隔离。

总之, 目前国内各标准组织的 LTE-V2X 相关标准已进入快速发展阶段, 包括应用定义及需求、总体技术要求、关键技术、测试规范、频谱需求

和兼容性验证、信息安全等多方面, 国内标准仍需进行各行业协会和标准化组织间的统筹协调, 后续需要推进 LTE-V2X 的产业化和在开放道路进行试验。

3 LTE-V2X 研发与示范应用进展

随着 LTE-V2X 技术的成熟、国际国内标准工作的快速开展以及相关频谱研究的完善, 工业和信息化部快速响应 LTE-V2X 直连试验频谱的申请, 于 2016 年 11 月正式批复 5 905~5 925 MHz 共计 20 MHz 带宽用于 LTE-V2X 试验, 中国成为全球首个规划 LTE-V2X 直连专用测试频谱的国家^[22]。

2016 年 9 月, 由高通公司等通信公司和欧洲主要汽车企业, 发起成立 5GAA 联盟, 致力于 C-V2X 在欧洲乃至全球的推广, 目前已有涵盖汽车、零部件供应商、通信等领域的 70 余家成员。由于 C-V2X 发展势头强劲, 在美国, IEEE 802.11p 强制立法受阻, 高通公司、福特汽车公司已在美国联合开展 C-V2X 测试。

为了促进产业发展, 大唐凭借多年积累, 针对 V2X 应用已完成原型系统开发和技术验证。目前大唐基于自主研发的 LTE-V 芯片级解决方案, 已经完成 LTE-V 通信测试设备开发, 并于 2017 年 11 月发布了 LTE-V 预商用通信模组, 大唐和福特汽车公司开展了 LTE-V 实际道路联合测试。华为也已开发了 LTE-V 通信原型设备, 并对外宣布将于 2018 年提供 LTE-V 测试芯片。高通公司开发了 C-V2X 芯片组 9150, 商用芯片预计将于 2018 年下半年上市。

2017 年 9 月, 中国 IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X 工作组发布了 LTE-V2X 测试规范, 定义了实验室环境下对 LTE-V2X 终端设备的功能、性能的测试方法、过程和测试计划。2017 年 12 月, 中国信息通信研究院、大唐和华为共同合作, 参照 IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X 工作组制定的互操作测试规范, 开展了 LTE-V2X 终端直通互操

作测试,业界首次实现基于 3GPP R14 标准的不同厂商间的终端直通互操作测试。该测试在短时间内顺利完成,进一步验证了 LTE-V2X 技术标准和解决方案的成熟可靠。

结合“基于宽带移动互联网的智能汽车与智慧交通应用示范”项目,工业和信息化部在上海、重庆、杭州、北京、长春、武汉等城市推动开展示范应用,大唐和华为都参与了其中的试验。其中,上海示范区是工业和信息化部批准的全国首个智能网联汽车示范园区,目前已经进入基于公共道路的智能网联汽车应用示范阶段;重庆示范区依托中国汽研在整车及零部件测试认证方面的重要地位和独特的地质地貌、气候环境,将全工况测试评价作为重要特色,目前也已进入基于公共道路和公交车辆的智能网联汽车预商用示范阶段;长春示范区为极寒环境的智能网联测试基地;杭州云栖小镇和乌镇示范区重点展示 V2N (vehicle-to-network) 相关应用;无锡测试基地是江苏省、工业和信息化部、公安部联合建设的国家智能交通综合测试基地,致力于开展智能交通管理的综合测试;另外,京冀、武汉、南京、长沙、常州等示范区或测试基地也都在设计和推进中。

通过 LTE-V2X 研发与示范应用的快速推进,必将加速我国 LTE-V2X 的产业化进程,并推动中国智能网联汽车产业的快速发展。

4 发展展望与政策建议

4.1 技术与标准演进展望

未来, LTE-V2X 技术将向 5G V2X 演进。一方面,将面临更加丰富的应用场景及业务种类带来的通信更高可靠性(99.999%)、更低时延(3~10 ms)的性能需求及需求时变不确定的问题;同时,还需考虑 5G 新空口(5G new radio, 5G NR)的兼容性问题。研究车联网与移动边缘计算(mobile edge computing, MEC)的结合,以提供车联网环境中通信资源与计算资源的融合,满足更高速率、

更低时延的车联网新型应用需求。研究 V2X 通信的安全技术,构建基于端、管、云三级体系架构的可信体系,从终端安全、网络安全、数据安全 3 个层级上构建 V2X 安全防护体系。

国家自然科学基金委员会也部署了与车联网相关的项目群“面向 5G 应用的车联网基础理论与关键技术”,包括“车联网复杂移动环境感知与建模理论”“高速移动环境多址接入与低时延高可靠车辆通信”“车联网资源优化调度与车辆移动优化方法”3 个重点项目以及车联网相关的其他面上项目、海外合作研究基金项目等。

4.2 产业发展与应用展望

LTE-V2X 技术已进入发展的关键机遇期。国家层面高度重视车联网技术创新发展,2017 年 9 月国家制造强国建设领导小组成立车联网产业发展专项委员会,明确了“促进 LTE-V2X 车联网无线通信技术等新技术的部署和应用,推动 5G 与车联网融合发展”,强调统一布局、部门协同,统筹推进产业发展。相关部委相继出台了相关政策与法规,鼓励技术的开放创新。工业和信息化部从国家战略、专项项目支持、政策保障、标准推进、示范应用等方面大力推进。国家发展和改革委员会组织起草《智能汽车创新发展战略》^[23],强调国家层面的统一布局,明确三大战略愿景,即到 2020 年,智能汽车新车占比达到 50%,大城市、高速公路的车用无线通信网络(LTE-V2X)覆盖率达到 90%;到 2025 年,新车基本实现智能化,高级别智能汽车实现规模化应用,新一代车用无线通信网络(5G-V2X)基本满足智能汽车发展需要;到 2035 年,中国标准智能汽车享誉全球,率先建成智能汽车强国。

从技术创新角度看,目前信息产业、交通产业和汽车工业正在开展产业链协作创新,走向深度融合。车联网通信技术的研发紧密围绕汽车和交通产业的需求,紧扣 5G 中“低时延高可靠”场景与性能要求,开展技术与设备研发、标准化、



示范验证、产业化推进等工作,满足智能网联汽车、自动驾驶、智能交通等应用中的通信需求。

4.3 政策建议

1998年,大唐代表中国提出的TD-SCDMA被国际电信联盟(ITU)接纳成为三大3G国际标准之一,实现了中国通信历史上的百年突破。我国企业主导并拥有核心知识产权的TD-LTE成为全球两大4G主流标准之一。2017年底,全球TD-LTE商用网络总数达到107张,涉及57个国家的240多个地区;TD-LTE全球用户总数超过15.2亿,占4G全球总用户数的59.75%。TD-LTE在与美国企业主导的WiMAX的产业竞争中胜出,全球90%的WiMAX网络将升级到TD-LTE^[24]。移动通信实现了3G“追赶”、4G“并跑”,成为少数我国具有国际竞争力和行业话语权的高科技领域之一。目前我国正处在“5G引领”战略推进中。

回想2007年前后,我国主导的TD-LTE国际标准在与美国主导的WiMAX激烈竞争中还处劣势。今天面临的是LTE-V2X与IEEE 802.11p/DSRC的竞争,但我国的产业基础、全球的业界态势都已全面优于2007年,十分有利于LTE-V2X的胜出。

我国是全球最大的汽车生产国和销量国,且汽车行业正处在向新能源、智能网联和自动驾驶等转型升级的关键机遇期,未来汽车是5G中具有最大显示屏的终端。我国车企正处在“变道超车”的产业升级与变革机遇期,汽车工业经过多年与跨国公司的合资,我国已培育了相对完整的本土汽车产业供应链。而大唐、华为等中国企业在车联网技术标准、样机开发、产业合作、应用示范等方面已取得主导地位 and 领先优势。百度、腾讯等在自动驾驶上已有很强投入和积累。综上所述,我国已具备支撑汽车行业跨越发展的基础。建议国家在跨部委协调、产业合作、政策与法规健全、标准制定等方面给予大力支持,具体的政策建议如下。

- 5G应用规划之初就将车联网应用提升到战略高度,同步规划、同步布局、协同创新。
- 加强工业和信息化部与交通运输部、公安部等部委协作,协同推动车联网应用和运营模式,支持路侧设施部署,加速LTE-V2X产业落地和应用实施。
- 针对车联网应用特别是主动安全应用,需要确定专用频谱,建议尽快在5.9GHz频段分配20~30MHz带宽用于LTE-V2X直通模式,明确信号以加速产业成熟和发展。
- 加强LTE-V2X测试环境及示范应用建设,支持LTE-V2X规模测试和开放道路测试,协同推进示范应用开展。
- 出台产业政策和国家重大科研计划,进一步鼓励车企与通信企业在LTE-V2X产业化合作。

相信在“创新型国家”的战略指引和“政产学研用”共同推进下,LTE-V2X也能像TD-LTE一样代表中国创新力量走向全球市场,再一次体现中国的“科技自信”。

参考文献:

- [1] 中国信息通信研究院. 车联网白皮书[R]. 2017. CAICT. White paper of internet of vehicles[R]. 2017.
- [2] 李克强,戴一元,李升波,等. 智能网联汽车(ICV)技术的发展现状及趋势[J]. 汽车安全与节能学报,2017,8(1): 1-14. LI K Q, DAI Y Y, LI S B, et al. State-of-the-art and technical trends of intelligent and connected vehicles[J]. Journal of Automotive Safety and Energy, 2017, 8(1): 1-14.
- [3] IEEE. IEEE standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems-local and metropolitan area networks-specific requirements; part 11: wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications[S]. 2012.
- [4] Connected vehicles safety pilot[EB]. 2015.
- [5] Leading the transformation to connected and automated vehicles[EB]. 2018.
- [6] Cellular V2X Technical Committee[EB]. 2018.
- [7] Accelerate cooperative mobility[EB]. 2014.
- [8] Road works warning[EB]. 2018.
- [9] simTD: shaping the future of road safety and mobility via car-to-x communication[EB]. 2018.

- [10] 瑞萨电子宣布提供广泛的车联网(V2X)解决方案[EB]. 2016.
Renesas electronics announces availability of a wide range of V2X solutions[EB]. 2016.
- [11] 大唐电信副总裁陈山枝: 未来积极推动 LTE-V 标准[EB]. 2013.
Chen Shanzhi, vice president of Datang Telecom: actively promoting the LTE-V standard in the future[EB]. 2013.
- [12] 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.
- [13] 3GPP. Physical layer procedures: TS36.213, v.14.5.0[S]. 2018.
- [14] 3GPP. Physical layer procedures: TS36.321, v.14.5.0[S]. 2018.
- [15] 3GPP. Physical layer procedures: TS36.331, v.14.5.1[S]. 2018.
- [16] 5GAA. The case for cellular V2X for safety and cooperative driving[R]. 2016.
- [17] 3GPP. New WID on 3GPP V2X phase 2[EB]. 2017.
- [18] 3GPP. New SI proposal: study on evaluation methodology of new V2X use cases for LTE and NR[EB]. 2017
- [19] 3GPP. Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services: TR22.886, v.15.1.0[S]. 2017.
- [20] Resolution 237(WRC-15). Intelligent transport systems applications[EB]. 2018.
- [21] ISO/CD. Intelligent transport systems-communications access for land mobiles (CALM)-evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN)-part 3: LTE-V2X[EB]. 2018.
- [22] 工业和信息化部. 关于同意车载信息服务产业应用联盟开展智能交通无线电技术频率研究试验的批复[R]. 2016.
Ministry of Industry and Information Technology. Agreement on the approval of the application research alliance of the telematics industry for the implementation of intelligent traffic radio technology frequency research trials[R]. 2016.
- [23] 国家发展和改革委员会. 智能汽车创新发展战略[R]. 2018.
National Development and Reform Commission. Smart car innovation development strategy[R]. 2018.

- [24] WiMAX advanced to harmonize with TD-LTE in the 2.3, 2.5&3.5 GHz bands opportunities & challenges for WiMAX2[R]. 2013.

[作者简介]



陈山枝(1969-), 男, 博士, 大唐电信科技产业集团(电信科学技术研究院有限公司)副总裁、无线移动通信国家重点实验室主任, 工业和信息化部通信科学技术委员会常务委员, 主要研究方向为 5G 移动通信、车联网、物联网、网络架构。



胡金玲(1974-), 女, 大唐电信科技产业集团(电信科学技术研究院有限公司)无线移动通信创新中心副总工程师, 主要研究方向为 5G 移动通信、车联网技术。



时岩(1975-), 女, 博士, 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室讲师, 主要研究方向为网络架构演进、未来网络和移动计算的协议设计和性能优化、车联网及移动性管理。



赵丽(1978-), 女, 大唐电信科技产业集团(电信科学技术研究院有限公司)无线移动通信创新中心高级工程师, 主要研究方向为车联网技术和标准。