



车联网产业进展及关键技术分析

Industrial Progress and Key Technologies of Internet of Vehicles

Wai CHEN, 李源 /LI Yuan, 刘玮 /LIU Wei

(中国移动通信研究院, 北京 100032)
(China Mobile Research Institute, Beijing 100032, China)

摘要: 车联网正在从以车载信息服务为主向以支持辅助驾驶、自动驾驶和智慧交通的应用发展, 车联网的通信也从车到网络(V2N)向车到车(V2V)、车到基础设施(V2I)、车到行人(V2P)扩展。介绍了车联网的产业及标准进展, 分析了车联网典型场景及应用需求和关键技术。

关键词: 蜂窝车用无线通信(C-V2X); 自动驾驶; 智能交通系统; 车路协同

Abstract: The Internet of Vehicles (IoV) is developing from telematics to applications that support the assisted driving, autonomous driving and intelligent transportation. Meanwhile the communications for IoV is expanding from Vehicle to Network (V2N) to Vehicle to Vehicle (V2V), Vehicle to Infrastructure (V2I) and Vehicle to Pedestrian (V2P) communications. An overview of recent advances in standards, development of technology ecosystem, major application scenarios and requirement, as well as key technologies of IoV is introduced.

Keywords: Cellular-Vehicle to Everything (C-V2X); autonomous driving; intelligent transportation system; cooperative vehicle infrastructure system

DOI: 10.12142/ZTETJ.202001003

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200217.1748.004.html>

网络出版时间: 2020-02-18

收稿日期: 2019-12-27

随着车辆智能化的发展以及通信技术的快速演进, 车联网从以支持车载信息服务为主向以支持智能化和网联化为基础的辅助驾驶、自动驾驶和智慧交通的应用发展。在车载信息服务阶段, 车辆通过蜂窝网络与云端服务器通信, 实现娱乐、车载导航等应用; 在辅助驾驶阶段, 车辆通过与周围的车辆、路侧交通基础设施、人、云端服务通信, 获得周围车辆的状态、路侧的交通信号灯、交通标志等信息, 辅助提升车辆的安全行驶能力; 在自动驾驶和智慧交通阶段, 将实现车、路、人、云的全方位连接, 在进行智能感知信息的共享与交换同

时共享部分决策信息, 具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能, 从而实现最终的全天候无人驾驶和高度协同的智慧交通^[1]。

现阶段, 全球车联网界正在重点开展辅助驾驶的产业化推进及自动驾驶的技术研发, 并积极探索商业模式及典型应用。

1 车联网政策及产业情况

1.1 全球政策现状

从全球来看, 现阶段的车联网无线通信技术主要包括2种: 以电气和电子工程师协会标准(IEEE 802.11p)

为基础的专用短程通信(DSRC)技术和蜂窝车用无线通信(C-V2X)技术。美国、日本、欧洲等发达国家和地区普遍非常重视车联网发展, 均已开展了相关的技术研究和测试验证工作。

美国的车联网研发依托于智能交通系统(ITS)的整体发展, 由政府主导, 起步较早。美国交通部于2016年提案以立法形式推动2023年美国所有轻型车辆强制安装DSRC(基于IEEE 802.11p技术)车载设备; 但由于各州法律不同、产业意见不一致等问题被搁置。2019年3月, 福特表示计划于2021年在中国的车辆优先搭载C-V2X技术。目前C-V2X技术

已在圣迭戈和底特律进行初步试验。2019年12月,美国联邦通信委员会(FCC)发布消息,为C-V2X分配了20 MHz(5 905~5 925 MHz)频段,为C-V2X技术在美国应用带来了可能。

日本政府推进“自动驾驶系统研发计划”,设定短期(2014—2016年,开展车联网协同系统和终端设备研发以及市场战略部署)、中期(2017—2020年,完成驾驶安全支持系统研发和Level 1/2市场部署)以及远期(2021—2030年,完成Level 3/4系统研发和市场部署)的发展阶段和目标。日本内阁也于2019年通过《道路运输车辆法》修正案。除了现有的ITS频谱(760 MHz、5.8 GHz等)之外,日本正在开展为C-V2X分配其他频率的可行性研究。

欧洲在2008年已为智能交通系统分配5.9 GHz频段;欧盟委员会于2019年3月宣布通过“在欧洲道路上实施清洁的、连接和自动驾驶的法案”,车辆、交通标识牌和高速公路将于2019年安装网联设备。经过产业各界的反馈及讨论,最终该法案否决议支持IEEE 802.11p的提案,为C-V2X的商用部署保留机会。

中国政府高度重视车联网相关技术和产业发展,自从把加快车联网构建纳入国家“十三五”规划以来,工业和信息化部(简称为工信部)、交通部、科技部、发展和改革委员会(简称为发改委)等多部委联合出台一系列规划,从政策、法规、技术、标准、测试示范等多个维度支持中国车联网产业发展:2017年成立了“国家制造强国领导小组车联网产业发展专项委员会”,2018年确定5.9 GHz用于车联网直连通信,2019年启动车联网(智能网联汽车)和自动驾驶地图应用试点。同时,各部委自2016年开始积极与地方政府合作,推进了中国示范区

建设。

1.2 标准进展

当前支持车联网的无线通信技术主要有2种:一种是IEEE组织制定的802.11p技术,一种是第三代合作伙伴计划(3GPP)组织制定的C-V2X技术。其中,802.11p是IEEE于2003年以802.11a为基础制定并于2010年完成标准化,其后续演进版本802.11bd预计将于2021年10月完成。

C-V2X技术包含长期演进(LTE)-V2X和5G-V2X。LTE-V2X是5G-V2X的先导技术,5G-V2X的标准后向兼容LTE-V2X标准。3GPP于2017年6月完成基本版本(R14)的国际标准制定,于2018年6月完成增强版LTE-eV2X(R15)的制定。5G-V2X通信标准(R16)正在制定中。

在中国,中国通信标准化协会(CCSA)、中国智能交通产业联盟(C-ITS)、中国汽车工程学会(C-SAE)、国际移动通信系统(IMT)-2020 C-V2X工作组等组织积极推进LTE-V2X端到端标准体系的构建。目前已基本建设完成LTE-V2X标准体系和核心标准规范制定,包括总体技术、空中接口、安全以及网络层与应用消息层、车载终端和路侧设备等各个部分,初步形成了覆盖LTE-V2X标准协议栈各层次、各层面、设备的标准体系。

5G-V2X的标准正在推进中,CCSA及C-V2X工作组已开展C-V2X业务需求增强研究,已立项基于5G的车联网通信技术研究。此外,C-ITS/C-SAE等也开始启动应用层数据规范第2阶段研究。

1.3 产业进展

1.3.1 国际进展

下一代移动通信网(NGMN)、

5G汽车联盟(5GAA)积极推进C-V2X技术在国际上发展。NGMN于2016年成立了专门的V2X工作组,主要针对LTE-V2X的应用场景、性能分析、商业价值等内容进行研究。V2X工作组发布V2X白皮书,充分证明C-V2X的技术先进性,同时也促进了全球对通信企业支持C-V2X技术的车联网的统一认识,并对整个车联网的商用化部署提供了指导建议,开启全球加速促进车联网相关产品的成熟与应用工作。

5GAA于2016年9月由通信和汽车企业发起成立,旨在推动智能车联、智慧交通、自动驾驶等信息通信解决方案和应用,及端到端产业生态发展。5GAA自成立以来,充分吸引产业各方支持,积极与3GPP、欧洲电信标准化协会(ETSI)等标准组织进行技术交流,同时向欧盟委员会展示C-V2X技术的先进性,成功推动欧盟理事会否决议使用ITS-G5技术实现车联网应用的决议,为C-V2X的应用发展赢取空间。

1.3.2 中国进展

中国政府以及产业各方正大力推进C-V2X产业发展,加速建立完善的端到端产业体系。

(1) LTE-V2X。

目前中国的产品已覆盖芯片、模组、车载终端、路侧终端、平台、应用等端到端的全产业链。支持LTE-V2X的通信芯片有3家厂商,车规级通信模组有4家厂商,C-V2X车载终端有10余家厂商,路侧终端有8家厂商。在车联网V2X基础数据平台、车企业务平台、示范区测试数据平台、第三方应用平台等均有产品,并在各地车联网示范区开始部署验证。另外,各家车企也针对辅助驾驶业务开发相关应用,并在各地示范区进行联合测试。2019年4月,上海汽车、中国第

一汽车、东风、长安等 14 家车企共同发布 C-V2X 商用路标, 预计在 2020 年上半年到 2021 年下半年量产 C-V2X 汽车^[2]。

测试验证方面, 大唐电信、万集科技等 9 家终端设备厂商完成了 IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X 工作组组织的网络层应用层互操作、协议一致性测试。2018 年 11 月, 共有中外 11 家整车企业、8 家 LTE-V2X 终端提供商和 3 家通信模组厂商共同参与世界首例“跨芯片模组、跨终端、跨整车”的 LTE-V2X “三跨”互联互通应用示范。2019 年 10 月 22—24 日, 共有 26 家整车厂商、11 家通信模组厂商、28 家终端提供商、6 家安全厂商和位置服务提供商共同参与 C-V2X “四跨”(在“三跨”基础上增加了“跨安全平台”) 互联互通应用示范活动。

为了推进车联网产业和应用落地, 工信部、交通部、公安部设立 30 多个应用示范区, 一方面在北京、上海、重庆等地建立了多场景、多环境测试场, 验证 C-V2X 端到端的关键技术, 推进了车联网产品商用研发进程。另一方面开展车联网业务的规模示范应用, 探索车联网可行的商业模式。例如, 由中国移动作为牵头单位, 在工信部、公安部、江苏省无锡市政府的指导下, 联合公安部交通管理科学研究、无锡交警、中国信息通信研究院(简称信通院)等近 30 家单位, 在无锡持续开展了 C-V2X 应用示范: 2017 年建成了全球首个 LTE-V2X 开放道路示范样板, 2018 年打造全球首个 LTE-V2X 城市级规模应用; 2019 年获批成为工信部推选的中国首个车联网先导区, 后续将进一步推进完成无锡 C-V2X 服务覆盖, 实现 V2X 的持续运营。目前, 北京、上海、武汉等地也在逐步推进 C-V2X 城市级应用。

(2) 5G-V2X。

早在 2017 年, 中国移动等单位在上海实现首个 5G 远程遥控驾驶, 并在 2018 年世界移动通信大会 (MWC) 期间演示了 5G 远程自动编队驾驶, 对基于 5G 的车联网应用进行了概念验证; 随着中国 5G 商用, 基于 5G 新空口 (NR) 的增强移动宽带 (eMBB) 芯片已商用; 随着高通等 5G 芯片的陆续发布, 移远、LG 等纷纷发布 5G 车载模组。在网络方面, 中国从 2018 年底到 2019 年初陆续部署 5G NR eMBB 网络, 3 大运营商已于 2019 年 10 月 31 日正式推出 5G 商用套餐。中国移动计划 2020 年将为全国超过 340 个城市提供 5G 商用服务; 中国联通计划将在 7 个城市正式开通 5G 实验网, 在 33 个城市实现热点区域覆盖, 在 n 个城市定制了 5G 网中专网; 中国电信也计划在 2019 年年底建设 4 万个 5G 基站, 分布在约 50 个城市中。此外, 目前基于 5G NR (超可靠低时延车联网) 以及 PC5 (直连通信) 的研发工作尚未开始。

总体来看, 基于 LTE-V2X 的车联网端到端技术、产品、应用、测试

已成熟, 已具备预商用条件; 而基于 5G-V2X 的车联网技术、标准及产品仍在推进中, 有待后续进一步的技术验证及测试。

2 车联网典型应用场景及需求分析

借助于人、车、路、云平台之间的全方位连接和高效信息交互, C-V2X 目前正从信息服务类应用向交通安全和效率类应用发展, 并将逐步向支持实现自动驾驶的协同服务类应用演进。

2.1 辅助驾驶典型应用场景及需求

针对 C-V2X 辅助驾驶典型场景(具体如表 1 所示), 通过 C-V2X 工作组、C-SAE、C-ITS 等中国标准及产业组织共同研究, 面向辅助驾驶阶段定义了 17 个 C-V2X 的基础应用场景。这些应用场景基于 C-V2X 信息交互, 实现车辆、道路设施、行人等交通参与者之间的实时状态共享, 辅助驾驶员进行决策^[3]。

此外, 5GAA 也定义了辅助驾驶典型应用场景, 包括安全、效率、高级辅助驾驶、行人保护 4 大类共计 12

▼ 表 1 辅助驾驶典型应用场景

序号	类别	应用名称
1	安全	前向碰撞预警
2	安全	交叉路口碰撞预警
3	安全	左转辅助
4	安全	盲区预警 / 变道辅助
5	安全	逆向超车预警
6	安全	紧急制动预警
7	安全	异常车辆提醒
8	安全	车辆失控预警
9	安全	道路危险状况提示
10	安全	限速预警
11	安全	闯红灯预警
12	安全	弱势交通参与者碰撞预警
13	效率	绿波车速引导
14	效率	车内标牌
15	效率	前方拥堵提醒
16	效率	紧急车辆提醒
17	信息服务	汽车近场支付

个场景，具体场景与中国定义类似。

辅助驾驶典型应用场景的部署，对通信网络、数据处理、定位等方面提出了具体需求。在通信方面，时延要求小于 100 ms（在特殊情况下小于 20 ms），可靠性需满足 90% ~ 99%，典型数据包大小为 50 ~ 300 B，最大 1 200 B；在数据处理方面，据统计单车产生的数据每天约为 GB 级，对大量车辆、道路、交通等数据的汇聚，需要满足海量数据储存的需求，同时对这些数据提出实时共享、分析和开放的需求；在定位方面，定位精度需满足车道级定位，即米级定位，并且车辆需要获取道路拓扑结构。

2.2 自动驾驶典型应用场景及技术需求

5G 技术的更大数据吞吐量、更低时延、更高安全性和更海量连接等特性，极大地促进了智能驾驶和智慧交通发展。产业各方开始了面向自动驾驶的增强型应用场景的研究与制定，一方面从基础典型应用场景的实时状态共享过渡到车与车、车与路、车与

云的协同控制，增强了信息交互复杂程度，可实现协同自动驾驶与智慧交通的应用；另一方面基于通信与计算技术的提升，交通参与者之间可以实时传输高精度视频、传感器数据，甚至是局部动态高精度地图数据，提高了感知精度与数据丰富程度^{[2]、[4]}。

产业界正逐步提出并对表 2 中增强的业务场景进行定义、研究和探索。

3GPP 将增强的应用场景分为 4 类，包括车辆编队行驶、半 / 全自动驾驶、传感器信息交互和远程驾驶；5GAA 也针对面向自动驾驶的增强应用场景进行了定义，涉及安全、效率、自动驾驶、公共服务等方面。

面向自动驾驶的增强应用场景对数据交互技术、高精度定位技术、多传感器融合技术、高性能处理平台、高精度地图等提出了新的需求。在通信方面，单车上下行数据速率需求大于 10 Mbit/s，部分场景需求 50 Mbit/s，时延需求为 3 ~ 50 ms，可靠性需大于 99.999%；在信息交互方面，需实时交互车辆、道路、行人的全量数据，利

用多传感器融合技术获取实时动态交通高精度地图；在数据处理方面，单车每天将产生高达 PB 级的数据，对数据的存储、分析等计算能力提出了更高的要求；在定位方面，需达到亚米级甚至厘米级的定位精度。

3 车联网关键技术

3.1 整体架构

基于 C-V2X 通信技术的“人-车-路-网”多方协同的车联网不同于传统 Telematics 网络，它对数据传输的传输速率、时延、可靠性等方面提出了更高的要求。网络除了进行数据传输，还需要辅助实现协同计算；因此，运营商需要将传统通信网络升级为“通信+计算”的网络，以满足新的车联网应用场景需求。

图 1 所示为基于“通信+计算”网络的车联网体系架构。首先，运营商网络需在通信技术升级更新，引入直连通信，并随大网演进至 5G 及更高级网络；其次，引入计算能力，按需在网络中部署多级计算平台；再者，引入多形态智能车联网终端。在端到端的网络架构中，还要引入针对车联网的安全机制，以保证通信安全、可靠。

3.2 平台的关键技术

从整体架构的演进可以看出，为满足车联网新的需求，通信网络将逐步引入“计算”能力，辅助实现海量数据的实时计算；因此，V2X 平台应具备以下能力：

（1）提供海量终端管理、用户管理、计费管理、应用管理、安全管控、系统监测控制等运营、运维管理能力；

（2）提供海量终端数据统一接入、业务鉴权、交通数据汇聚及分析、应用托管、高性能数据存储、交通信息开放、边缘节点资源调度、路侧传感数据融合

▼ 表 2 面向自动驾驶的增强应用场景

序号	类别	应用名称
1	安全	协作式变道
2	安全	协作式匝道汇入
3	安全	协作式交叉口通行
4	安全	感知数据共享 / 车路协同感知
5	安全	道路障碍物提醒
6	安全	慢行交通轨迹识别及行为分析
7	效率	车辆编队
8	效率	协作式车队管理
9	效率	特殊车辆信号优先
10	效率	动态车道管理
11	效率	车辆路径引导
12	效率	场站进出服务
13	效率	基于实时网联数据的交通信号配时动态优化
14	效率	高速公路专用道柔性管理
15	效率	智能停车引导
16	信息服务	浮动车数据采集
17	信息服务	差分数据服务
18	信息服务	基于车路协同的主被动电子收费
19	信息服务	基于车路协同的远程软件升级

计算、业务连续性保持等业务支撑能力。V2X 平台参考架构见图 2^[5]。

由于车联网对海量数据高性能处理的需求,除增强平台自身能力之外,对于部署方案也应进行优化。相对传统的“中心平台-终端”架构,新的车联网需要更贴近用户、灵活性更高的部署方案。由此,引入 V2X 多级平台系统架构。平台各级能力可根据 V2X 业务对时延、数据计算量、部署

等方面的需求,分层提供不同的服务能力,如图 3 所示(初步考虑基于“中心-区域-边缘”三层架构满足车联网业务需求)。

3.3 通信网络的关键技术

C-V2X 通信技术包含 LTE-V2X 和 5G-V2X。LTE-V2X 主要是针对百毫秒时延的辅助驾驶场景,一方面引入直连通信,支持终端之间直接通

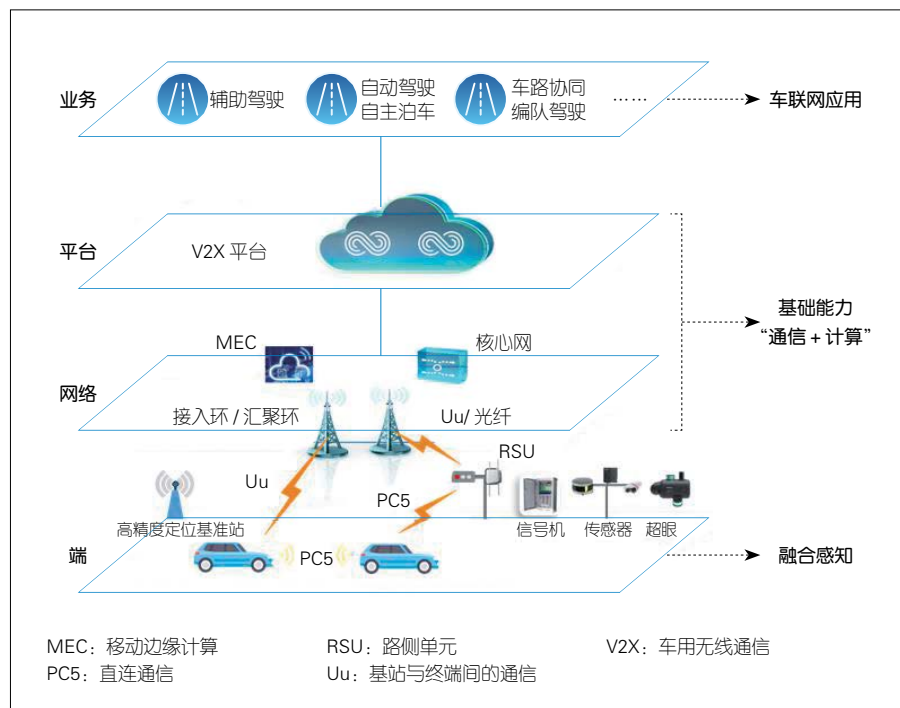
信,降低时延,增强终端在无网络覆盖时通信能力;另一方面对公众网 Uu (基站与终端间的通信)接口进行性能优化,定义应用于 V2X 的服务质量等级标识(QCI)、缩短多播控制信道(MCCH)周期等,降低时延,提升可靠性。5G-V2X 主要是针对毫秒级时延、单车百兆速率的自动驾驶场景,基于 5G NR Uu 技术引入 5G PC5。

为满足车联网低时延、高可靠性、大带宽等需求,5G Uu 网络引入了 V2X 通信切片、边缘计算、服务质量(QoS)预测等特性。

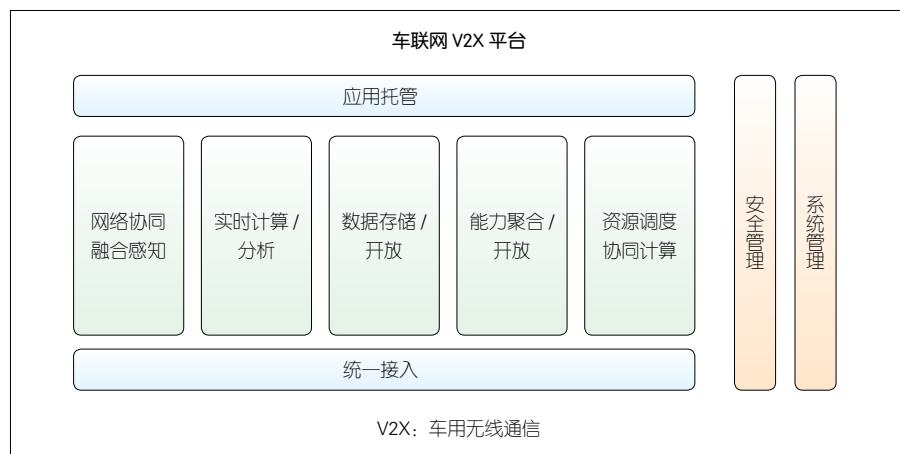
(1) 5G 切片技术。车联网的应用场景非常丰富,业务需求呈现出多样性的特征,既有大带宽、数据传输速率高的需求,又有对可靠性、时延等要求高的需求。对车联网可考虑 3 种类型切片:第 1 类为 eMBB 切片,支持车内娱乐、视频应用及在线游戏等业务需求;第 2 类是 V2X 通信切片,支持驾驶相关业务的网络需求;第 3 类是针对汽车厂商定制化的切片,可以由车厂单独运营,支持某品牌车辆特有服务,如远程问题诊断等。

(2) 边缘计算技术。移动边缘计算(MEC)技术将计算、存储、业务服务能力向靠近终端或数据源头的网络边缘迁移,具有本地化处理、分布式部署的特性。面向车联网的 MEC 一方面通过将业务部署在边缘节点,以降低 C-V2X 网络的端到端通信时延;另一方面作为本地服务托管环境,提供强大的计算、存储资源。

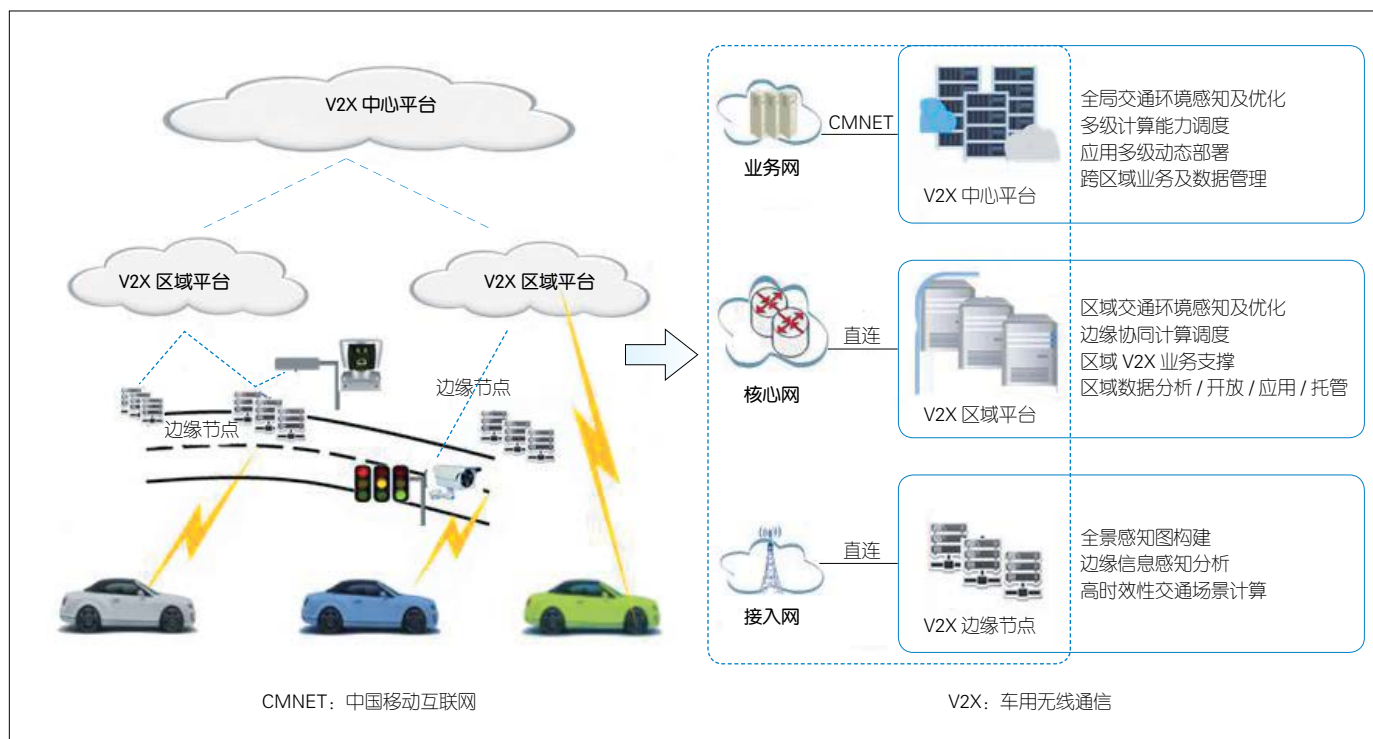
(3) QoS 预测。车联网业务有别于其他 5G 网络业务,对通信性能的改变十分敏感。面对这一需求,5G 网络引入了智能网元网络数据分析功能(NWDAF),通过采集分析数据,提前预判某车辆进入的小区是否能够满足 5G-V2X 业务的 QoS 需求,从而提前通知车辆。此外,5G-V2X 应用



▲ 图 1 基于“通信 + 计算”网络的车联网体系架构



▲ 图 2 V2X 平台参考架构



▲ 图3 V2X 多级平台部署架构

还将反馈给网络最高 QoS 需求和最低 QoS 需求，最大限度保障 5G-V2X 的业务。

（4）业务连续性。业务连续性指在终端移动状态下，通过不同网络侧会话管理机制来保障车辆快速移动状态下不同用户面功能（UPF）切换时的业务体验。目前 3GPP 标准中 R15 版本定义的保障业务连续性主要有 3 种模式。在 R16 版本中又增加了 1 种超可靠低时延的业务连续性方案，在涉及到切换的 2 个 UPF 之间建立转发通道，保障车辆在移动过程中会话不中断。

5G 在直连通信技术上也进行了增强，同 LTE-V2X 类似，NR PC5 也支持 2 种通信模式，即模式 1 和模式 2（类似于 LTE-V2X 中的模式 3 和模式 4）。3GPP 正在讨论新增资源调度 NR 模式 2 的子模式以优化通信性能。在低时延方面，NR V2X 支持 3 ms 端到端超低时延需求，引入 60 kHz 子载波间隔支持更短的子帧结构，NR

Sidelink 支持基于预配置资源的免调度传输方案。在高可靠方面，5G-V2X 支持单播及组播，并支持混合自动重传请求（HARQ）等重传技术，确保高于 99.999% 的超高可靠性。同时，5G-V2X PC5 既支持 ITS 频段，又可扩展到 IMT 频段，从而创造了更多的业务空间。

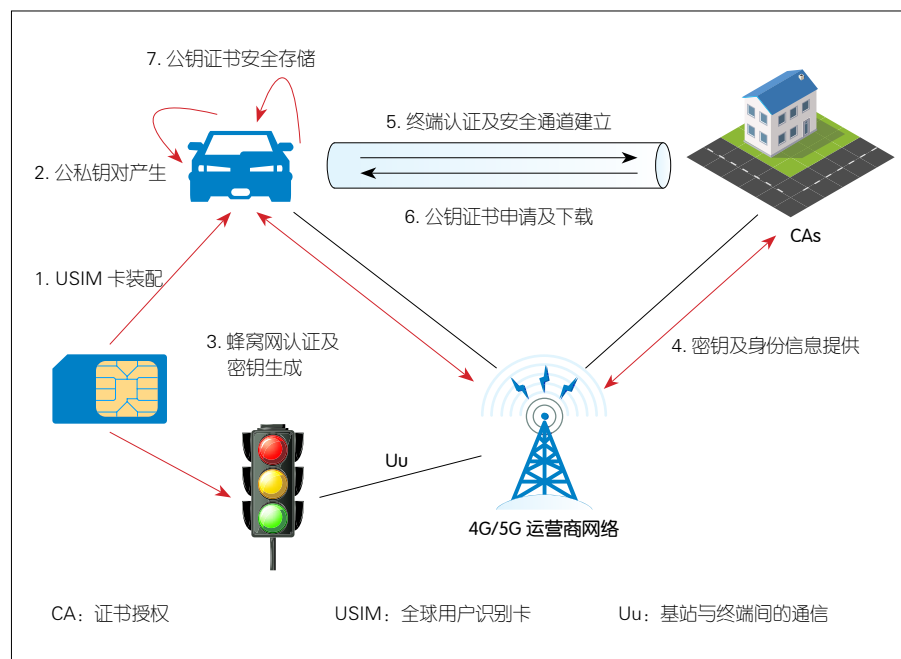
3.4 车联网安全关键技术

随着车联网的不断完善与逐步应用，产业界越来越意识到车联网信息安全问题的重要性^[6]。如何在降低系统运行效率，不增加额外开销的前提下，有效实现车路协同系统节点安全认证，确保车载终端、路侧设备、云平台等网元实体之间信息通信的安全性，是当前产业界面临的主要技术挑战；因此，在车联网安全方面需在两方面取得突破进展。

（1）安全认证技术。为了确保车联网业务中消息来源的真实性、内

容的完整性，并防止消息重放，中国 C-V2X 车联网系统采用数字证书通过数字签名/验签等密码技术对 V2X 业务消息进行保护，因此，需要车联网安全管理系统来实现证书颁发与撤销、终端安全信息收集、数据管理、异常分析等一系列功能。在此之前，车联网终端必须完成设备初始化，以安全的方式完成数字证书等敏感参数的初始配置。目前针对该问题，有 2 种解决方案：一种是车企自建证书管理体系，自己维护系统，确保系统的安全可靠；另一种方案则是基于通用认证机制（GBA）的终端认证服务，如图 4 所示。

对于安装 USIM 卡，支持 LTE-Uu 接口通信的 V2X 设备，可基于用户与运营商间的共享密钥 K 和蜂窝网基础认证及密钥协商能力简化设计，实现 CA 管理实体与 V2X 设备间的身份认证，并在两者之间建立初始信任关系，满足 ECA 证书及其他证书初始申请、



▲ 图 4 基于通用认证机制的车联网证书初始安全配置方案

安全传输的需要。该方案能够使车载单元（OBU）终端仅依靠自身安全硬件和网络 GBA 安全能力即可在线完成初始安全配置，避免了工厂复杂的密钥管理，降低了汽车企业生产线及管理系统安全改造的成本，提高了汽车工业自动化生产水平。未来该技术的演进还可为 5G 车联网的应用提供可靠的安全保障。

（2）车联网高性能安全芯片技术。C-V2X 车联网技术目前已确定采用通过数字签名/验签的方式对车联网消息进行保护。为了实现上述机制，车联网终端需要以芯片/硬件/固件安全为基础，以安全的方式生成随机数及密钥，实现密码运算，对密码公私钥对、数字证书等敏感参数进行安全存储。

根据 3GPP 提供业务模型估计，车联网终端设备的验签处理能力预计至少应达到 2 000 次/秒，这对安全芯片的处理性能提出了较高要求。除此之外，安全芯片应当符合车规级，满足测试标准。同时，在中国境内使用

的安全芯片产品还应符合《密码法》规定及要求，应支持采用商用密码（SM）2/SM3/SM4 算法实现密码相关处理及运算。然而，同时满足支持国密算法以及车规级性能要求的高性能安全芯片目前在中国是没有的。因此，研究高性能安全芯片技术是当前车联网产业面临的主要挑战。

4 结束语

车联网的发展是未来实现自动驾驶及智慧交通的关键，近年来在中国政府及产业各方的大力推动下，基于 C-V2X 的车联网已经在标准、核心技术和产业推进等方面取得长足的发展，具备产业化部署的能力。但目前仍存在运营方不确定、运营模式不清晰、频谱政策不明确等问题，导致车联网商业化应用动力不足。基于 C-V2X 的车联网需进一步探索优化政策环境，加强跨行业合作，推动形成深度融合、创新活跃、安全可信、竞争力强的车联网产业新业态。

致谢

本研究得到中国移动李凤高级工程师、郅雅坤工程师、张翼鹏工程师的帮助，谨致谢意！

参考文献

- [1] 中国移动通信有限公司. 中国移动 5G 联合创新中心创新研究报告：下一代车联网创新研究报告[R]. 2019
- [2] 中国智能网联汽车产业创新联盟. C-V2X 产业化路径和时间表研究白皮书[R]. 2019
- [3] 中国汽车工程学会. 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：T/CSAE 53-2017[S]. 中国汽车工程学会, 2019
- [4] IMT-2020（5G）推进组. C-V2X 业务演进白皮书[R]. 2019
- [5] 中国移动通信有限公司. 中国移动车联网 V2X 平台白皮书[R]. 2019
- [6] 中国移动通信有限公司. 车联网通信安全与基于 GBA 的证书配置白皮书[R]. 2019

作者简介



Wai CHEN, 国家特聘专家, 现任中国移动通信研究院首席科学家, 曾担任美国贝尔通信研究院 (Bellcore/Telcordia) 首席科学家、总监 20 余年; 主要研究领域为机器智能、边缘计算、下一代车联网、智慧养老等物联网智能化关键技术及应用体系, 研发了一批“面向全国、惠及民生”的创新型规模化物联网应用; 发表论文 100 余篇。



李源, 中国移动通信研究院车联网研究员; 主要研究方向为车联网业务方案设计、标准化制定、无线通信技术; 先后参与国家重大专项 2 项, 参与制定多项车联网相关全球标准。



刘玮, 教授级高工, 中国移动通信研究院物联网所副所长, 北京邮电大学兼职教授、研究生导师, 中国通信标准化协会物联网技术委员会 TC10 副主席; 长期从事物联网领域的科研工作, 目前主要负责中国移动 V2X 下一代车联网的研发工作; 发表论文 50 余篇, 出版专著 1 本。