



专题：车联网与安全

C-V2X 车联网城市级规模示范应用

刘玮, 张翼鹏, 关旭迎, 匡尚超, 李凤
(中国移动通信研究院, 北京 100053)

摘要: 中国移动通信集团有限公司联合产业各方在无锡市打造了全球首个 C-V2X 车联网城市级规模示范应用。介绍了该项目的总体情况、目标及端到端的技术方案, 包括系统总体架构、平台技术方案、V2X 通信网络技术方案、路侧系统与终端技术方案; 同时对该项目在示范效应、技术验证、产业推进等方面的成果进行了总结, 并提出下一步的规划。旨在为国内其他示范区的开展提供参考与借鉴, 推动车联网产业的快速发展。

关键词: 车联网; 示范应用; LTE-V2X; C-V2X

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020129

C-V2X city-scale demonstration application

LIU Wei, ZHANG Yipeng, GUAN Xuying, KUANG Shangchao, LI Feng
China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: China Mobile Communication Group Co., Ltd. and industry parties have created the world's first C-V2X city-scale demonstration application in Wuxi. The overall situation, goals and end-to-end technical solution of the project were introduced, including the overall system architecture, platform technical solution, V2X communication network technical solution, roadside system and terminal technical solution. At the same time, the project's achievements in demonstration effects, technical verification, and industrial advancement were summarized, and the next plan for the project was proposed. The purpose was to provide reference for the development of other domestic demonstration areas, and to promote the rapid development of the internet of vehicles industry.

Keywords: internet of vehicles, demonstration application, LTE-V2X, C-V2X

1 C-V2X 车联网城市级示范应用发展历程

近年来, 车联网 V2X (vehicle to everything) 无线通信技术的发展, 促进了车与车 (vehicle to vehicle, V2V)、车与人 (vehicle to pedestrian, V2P)、车与交通路侧基础设施 (vehicle to infrastructure) 以及车与云 (vehicle to cloud, V2C)

之间的互联互通, 通过收集车辆、道路、环境等信息, 使车和基础设施之间智能协同与配合, 可实现车路协同的自动驾驶、智能交通等新兴的车联网应用^[1]。它是信息通信行业与汽车、道路运输等传统行业融通发展的典范, 是当前全球创新热点和未来发展制高点之一, 对我国推进供给侧结构性改革、培育经济发展新动能、建设制造强



国和网络强国具有重要意义。从全球来看,车联网 V2X 无线通信技术主要存在两大阵营:美国 IEEE 主导的以短距离无线局域网(Wi-Fi)为基础的 IEEE 802.11p 技术和 3GPP 主导的以公众移动通信技术为基础的 C-V2X (cellular vehicle to everything) 技术,目前包含面向辅助驾驶的 LTE-V2X 和面向自动驾驶的 5G-V2X)^[2-4]。为了推动我国深度参与的 C-V2X 技术的快速发展,中国移动通信集团有限公司联合公安部交通管理科学研究所(以下简称“交科所”)、华为技术有限公司等产业合作伙伴,自 2017 年起在无锡市开展了全球首个 C-V2X 车联网城市级示范应用。

2017 年,中国移动通信集团、公安部交科所、华为技术有限公司、无锡市公安局交通警察支队(以下简称无锡交警支队)、一汽集团、奥迪公司 6 家单位联合建成了全球首个真实开放交通环境下的 C-V2X 开放道路示范样板,覆盖无锡太湖博览中心周边 3.7 km 开放道路,实现了与 V2I、V2V 相关的 12 个典型应用场景,充分验证了 C-V2X 的端到端关键技术与解决方案。

在 2018 年,由工业和信息化部(以下简称工信部)、公安部、江苏省政府和无锡市政府指导,中国移动通信集团、公安部交科所、华为技术有限公司、无锡交警支队、中国信息通信研究院、江苏天安智联科技股份有限公司 6 家单位发起,联合产业上下游 23 家企业,继续在无锡市共同打造全球首个 C-V2X 车联网城市级规模应用,覆盖无锡市主城区 240 个路口,共计 170 km²,实现 40 多项 V2X 应用场景,发展 2.2 万个用户。

2019 年,无锡市获批成为首个“国家级的车联网先导区”,同时,由中国移动通信集团牵头,联合公安部交科所、华为技术有限公司、无锡市智发建设咨询有限公司成功申报工信部“车联网应用先导性综合服务平台项目”。依托车联网先导区与应用先导性综合服务平台项目,完成无锡主城区 280 个路口的 V2X 智能化升级改造,在主城区形成连片的 V2X 服

务,发展各类车联网用户近 10 万户。

2 C-V2X 端到端技术方案

C-V2X 车联网城市级规模示范应用旨在通过推动智慧交通基础设施构建、联网和信息开放,发掘和示范基于基础设施信息开放的车联网应用价值,在提高车主等交通参与者对路况的预判和通行能力的同时,也丰富和提高交通监管部门对城市交通的管理手段和规划能力。总体而言,技术方案需要支撑 4 方面的需求:一是降低道路事故发生率,减少人员伤亡损失及相应的社会成本;二是提高通行效率,降低整个社会的交通运输成本和出行成本;三是车辆与道路基础设施的充分联网和信息交换使监管部门减少人力成本,同时提高管理能力和效率;四是通过建立车联网综合平台,为个性化的内容服务和信息消费打开更为广阔的空间^[5]。

2.1 系统架构

系统架构如图 1 所示,系统架构分为应用层、平台层、通信网络层、路侧基础设施和终端 5 层。

2.2 路侧基础设施

路侧基础设施主要包括路侧单元 (road side unit, RSU)、交通信号机、路侧智能感知系统(各类摄像头、激光雷达、毫米波雷达等)、动态交通标识牌、电子车牌 RFID (radio frequency identification, 射频识别) 读写器、车位检测器、高精度定位地基增强站以及路侧气象感知站等相关设备。下文重点介绍 RSU、交通信号机以及路侧智能感知系统。

2.2.1 RSU

RSU 是部署在路侧的通信网关,是连接路侧各类设备、传感器以及车辆,开展 C-V2X 车联网业务不可缺少的核心单元。它汇集道路智能感知设备、智能交通基础设施以及周边车辆的信息,通过有线或无线的方式上传至 V2X 平台,并可将周边交通信息下发至相关车辆。具体来说,RSU 将交通信号机输出的红绿灯相位与配时信息、车道拥堵排队与平均车速信息、临时交通事件信息

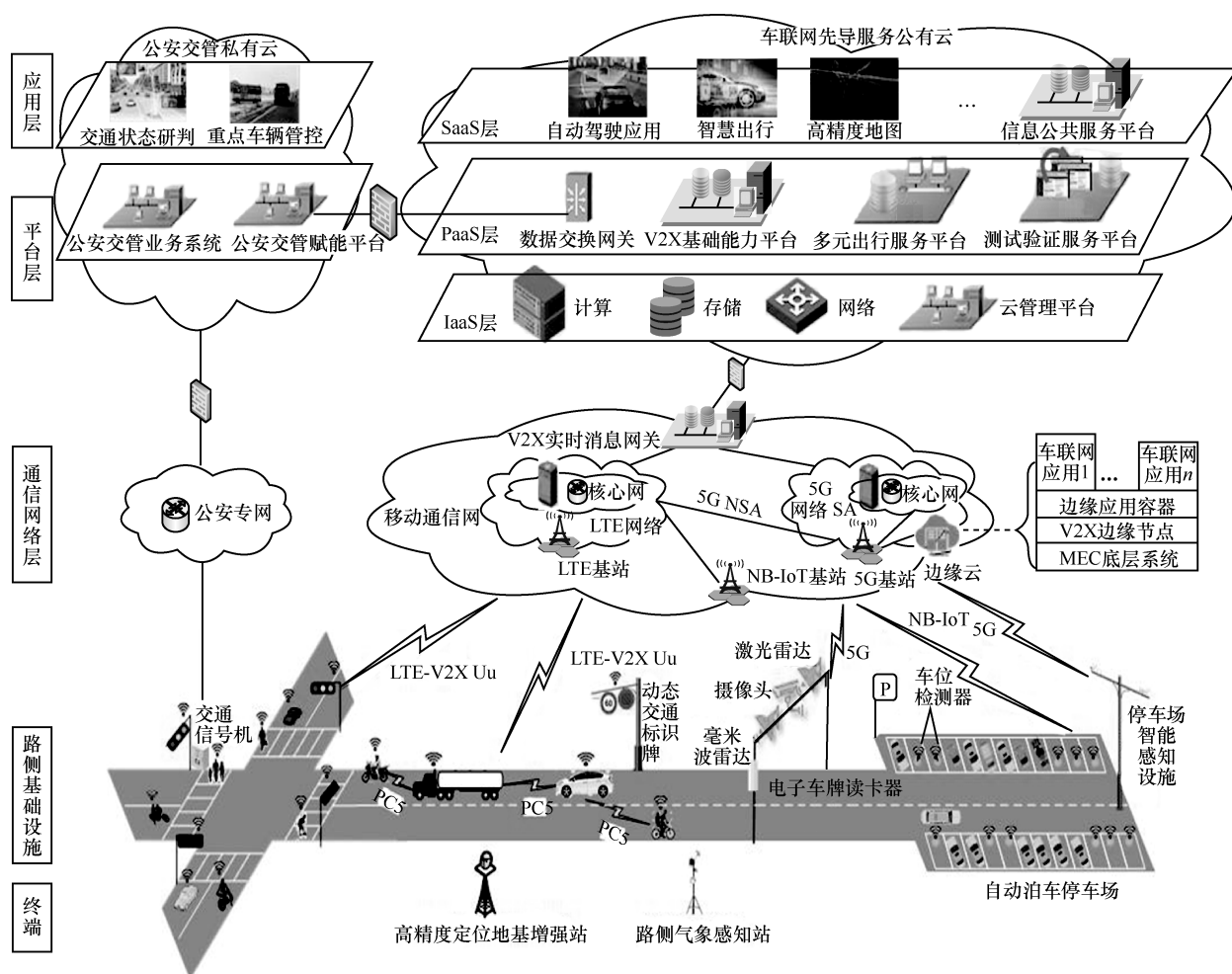


图1 系统架构

(交通管制、事故、道路维护、路面遗撒/积水/结冰等)以及动态交通标识牌信息等数据,以无线或有线的方式上传至V2X基础能力平台,同时以LTE-V2X PC5接口向周边车辆广播;此外,激光雷达、毫米波雷达、摄像头等所采集的路面交通实时数据经RSU传输至边缘计算云,由边缘计算云上的路侧感知单元进行实时计算后,转化为BSM(basic safety message,基本安全消息),再通过RSU的LTE-V2X PC5接口向周边车辆广播^[6]。

RSU需支持LTE-V2X Uu和PC5两种通信技术并发,且PC5口需要支持mode4功能,工作频率满足《车联网(智能网联汽车)直连通信使用5 905~5 925 MHz频段管理规定(暂行)》的管理要求,支持10 MHz与20 MHz带宽可调;支持多

种LTE频段,包括LTE FDD B3&B8频段、LTE TDD B39&B41频段;支持北斗、GPS的双星GNSS定位与授时;支持《合作式智能运输系统专用短程通信》系列国际标准^[7],并支持将交通信号机输出的信息转化为标准的V2X协议消息。

2.2.2 交通信号机

部署于路口的交通信号机是道路交通信号控制系统在路侧信号管控的末端节点,也是城市交通管控信息输出的节点,可以输出的信息主要有:实时路口红绿灯灯色与相位配时信息、信号控制策略信息、路口交通状态信息、可变车道控制信息、线路绿波速度信息、实时交管信息等多种V2I功能所需的信息数据。因此,交管系统交通信息的实时开放,是实现C-V2X城市规模部署的核心基础。



为了从路侧直接获取道路交通信号信息，需要对交通信号机进行升级改造，主要包括新增与RSU的通信能力、V2I信息汇总与数据交互能力等。交通信号机数据经RSU开放，配合V2X平台及OBU（on board unit，车载单元）终端，可以实现红绿灯提醒、绿波通行、特种车辆优先通行等多种V2I业务功能。

2.2.3 路侧智能感知系统

在C-V2X车联网业务发展初期，带有C-V2X通信能力的车辆渗透率低，绝大多数的存量车没有C-V2X通信能力。此外，受技术与产业成熟度的影响，短期内暂无针对行人、自行车等弱势交通参与者的专用C-V2X终端。因此，大量的存量车和弱势交通参与者无法通过C-V2X通信技术发送自身信息，并获取邻近交通参与者的信息。而V2X技术发挥其作用，需要V2X终端的渗透率达到60%以上。进而需要通过路侧智能感知技术对未配备C-V2X终端的车辆与弱势交通参与者进行识别，并将识别后的信息转化为相应交通参与者的V2X BSM，并通过RSU发送给邻近的车辆，其基本原理如图2所示。

2.3 终端

终端主要包括车载前装V2X OBU、前装V2X

智能车机、后装V2X智能后视镜、后装V2X智能行车记录仪以及各类智能手机App。各类前装车终端目前皆支持LTE-V2X的Uu和PC5接口，可通过PC5接口以实现V2V、V2I和V2P的应用功能，通过Uu接口实现V2N、V2N2I的应用功能；后装终端和手机App则主要通过Uu接口接收V2X平台下发的各类V2X消息，以实现V2N2X的功能，目前主要实现的功能为V2N、V2N2I的应用功能^[8]。

终端与车联网V2X平台交互消息主要有以下3类。

- 认证类消息：V2X终端在设备注册后，先向V2X平台发送的认证消息。
- 上报类消息：主要是车辆BSM。V2X终端以一定频率上报包含有车速、位置、行驶方向等信息的车辆BSM至V2X平台。
- 下发类消息：主要是交通信号灯消息（signal phase and timing message, SPAT）、地图消息（map data, MAP）、交通事件消息（roadside information, RSI）和路侧安全消息（road safety message, RSM）。V2X平台根据V2X终端的位置信息，向V2X

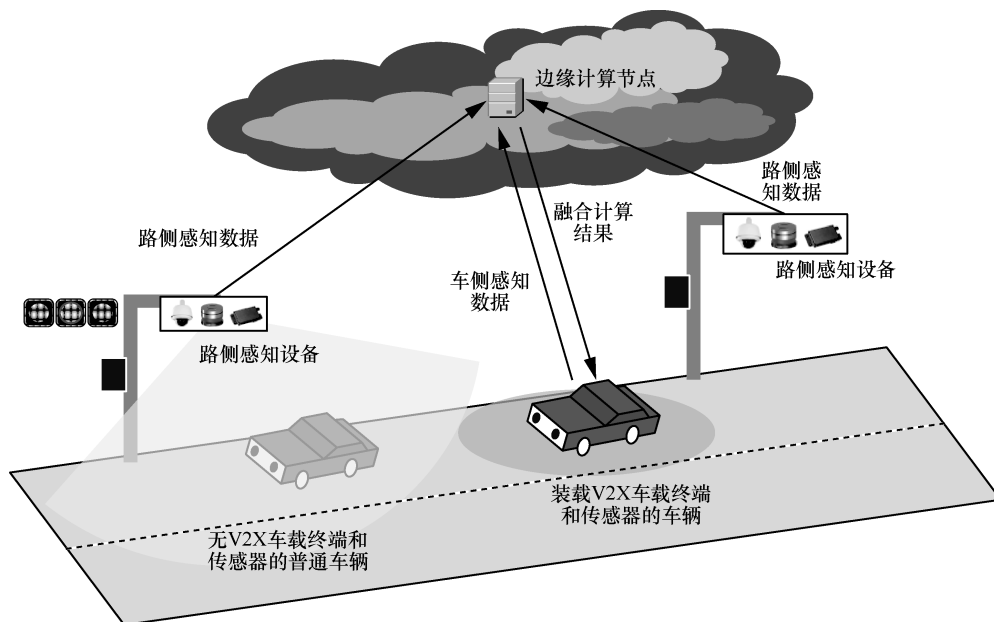


图2 路侧智能感知系统基本原理

终端下发信号灯消息、地图消息交通、交通事件消息和路侧安全消息,以支持各类应用场景的实现。

2.4 通信网络层

通信网络层包括 C-V2X 通信网络、NB-IoT (narrow band internet of things, 窄带物联网) 通信网络、边缘计算云、V2X 实时消息网关等。C-V2X 通信网络现阶段为 LTE-V2X 技术,除引入 LTE-V2X PC5 直连通信之外,主要对 LTE 网络优化了核心网传输路由,引入了新的 QCI 参数及上行预调度等特性,以降低 LTE-V2X Uu 口的端到端时延,满足现阶段辅助驾驶典型业务场景中 V2N2X 端到端时延小于 100 ms 的要求;同时,在 V2X 核心功能试验区域部署了 5G NR (3GPP R15) 网络,以支持特定区域自动驾驶验证和路侧感知信息回传至边缘计算云,边缘计算云为这些对低时延有较高要求的应用功能提供部署环境;后续随着 5G-V2X 技术标准与产业的日益成熟,将逐步升级 5G 网络以支持 5G-V2X 技术。NB-IoT 通信网络主要用于连接有低功耗需求、且对时延不敏感的设备,比如路侧设施中的环境监测传感、车位检测器以及一些非实时变化的交通标识、标线等。此外,为了减少 V2X 消息传输至部署在互联网上的 V2X 基础能力平台所引入的不可控的互联网传输时延,在运营商网络的核心网之后部署 V2X 实时消息网关,以实现时延敏感型的 V2X 消息的高速处理、交换、分发,并将非时延敏感型的 V2X 消息转发至 V2X 基础能力平台。

2.5 平台层

2.5.1 平台总体介绍

平台层主要包括部署于公安交管私有云上的公安交管业务系统、公安交管赋能平台以及部署于公有云的数据交换网关、V2X 基础能力平台、多元出行服务平台和测试验证服务平台等系统。

公安交管赋能平台主要是将来自公安交管各系统的道路交通信息、车辆信息、驾驶人员信息、

交管信息等各类信息进行汇聚、清洗、整合、去隐私等安全处理之后,以一个“出口”向外部系统提供不同层次、不同类型、不同形式的交通信息服务,以满足交通信息的一致性、完整性、动态性的要求。同时,它也从 V2X 平台等系统获取相关的数据和视频信息,扩大交管部门的信息来源。

V2X 基础能力平台与数据交换网关、V2X 实时消息网关、边缘计算云上的 V2X 边缘计算节点共同构成了多级的 V2X 平台,是平台层的核心,它汇聚来自车辆、路侧设备、公安交管系统以及各类应用平台的 V2X 相关信息,并实现各类信息数据的高速计算与实时分发、数据的存储与分析、应用的部署与托管等功能;V2X 平台通过数据交换网关对接多元出行服务平台、互联网地图服务平台、高精度定位平台以及上层应用平台,实现 V2X 数据与出行服务、定位地图导航等应用的深度结合。

多元出行服务平台主要是利用 V2X 基础能力平台所发送的各类信息,实现各类出行服务所需的交通安全与效率相关的基础功能;对接急救车、消防车、公交车等特种车辆运行调度平台,对急救车辆、消防车辆、公交车辆等特种车辆进行位置跟踪判别与信号优先,发送特种车辆相关信息至 V2X 基础能力平台通知附近车辆让行,以实现面向特种车辆、公交等行业车辆优先通行应用功能。

测试验证服务平台通过与 V2X 平台调用网络层数据与能力,获取 V2X 测试所需的各层的协议数据,支持 V2X 网络通信路测测试、V2X 终端应用功能仿真验证、路侧设施及应用场景测试验证等功能。

2.5.2 V2X 平台

车联网 V2X 平台作为车联网 V2X 业务的基础能力平台,需要满足 V2X 业务超高并发、超低时延、高速移动、数据异构等需求。以无锡这个中等城市为例,汽车保有量约 200 万辆,根据 3GPP



定义的辅助驾驶阶段每辆车每秒钟发送 10 条 V2X 消息，V2X 平台每秒需要处理千万级的数据，单条业务数据端到端处理时延要求在 20~100 ms。因而，需要如图 3 所示全新的多级平台架构以对应 V2X 业务在数据接入、数据计算、数据存储、数据推送、数据安全方面带来的极大挑战。

如图 3 所示，V2X 中心平台主要支撑全网业务，并提供全局管理功能，包括全网业务运营管理、全局数据的分析和数据、多级计算能力调度及多级平台系统管理等，可部署在业务网的机房中；V2X 区域平台提供区域管理功能，可根据业务量支撑省/市区域范围内业务，包括区域业务运营管理、区域平台管理及从属的 V2X 边缘节点管

理等，区域计算平台可部署在核心网机房中，服务对时延要求较高的业务场景；V2X 边缘节点主要支撑边缘范围内低时延、高吞吐 V2X 业务，可部署在接入网机房或者 MEC（mobile edge computing，移动边缘计算）服务器上，服务自动驾驶或辅助驾驶等高实时业务场景。

V2X 平台提供融合感知、实时计算、数据分析、能力开放等多种基础功能，具体架构如图 4 所示^[9]。

统一接入系统提供多种车联网终端、路侧单元、外部系统的统一接入、鉴权、协议适配等功能，并支持分布式部署，下沉至核心网或网络边缘，形成 V2X 实时消息网关。

感知系统包括异构数据汇聚和融合分析两大

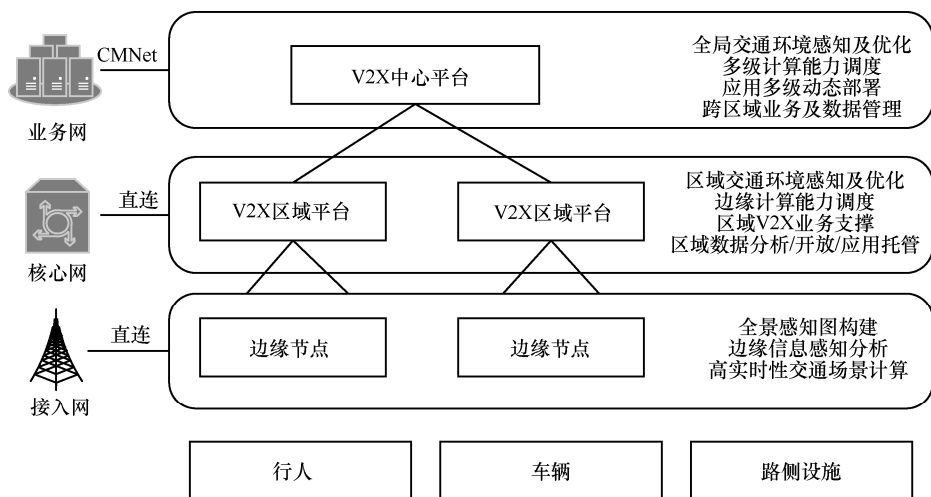


图 3 V2X 平台多级架构网络

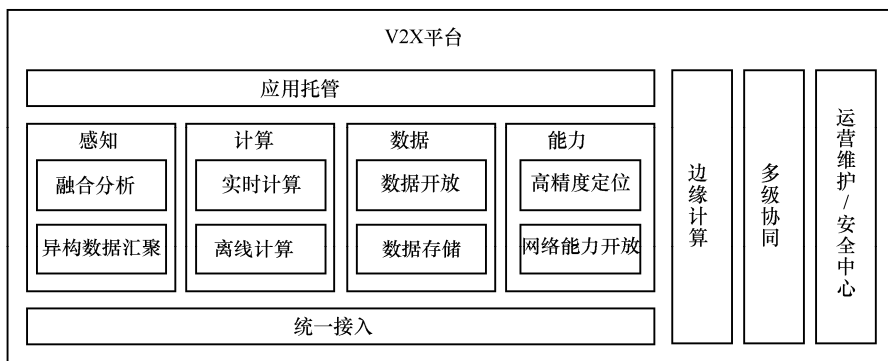


图 4 V2X 平台功能架构

功能模块。其中,异构数据汇聚功能模块提供车端、路侧设备、传感器以及政府或第三方交通信息平台的数据汇聚,并根据应用场景对处理时延、传输带宽的具体需求,支持分级、分类缓存及分析功能;融合分析模块作为数据分析基础服务平台,集成车联网基础智能算法、机器学习基础算法等,支撑融合分析能力,并支持第三方算法部署和大规模分布式计算。

计算系统提供车辆终端业务实时计算转发、离线计算能力,包括数据解析、实时计算、消息转发推送、离线计算等主要功能。

数据系统提供高实时、大并发数据存储能力,可提供数据脱敏、数据清洗、存储组建管理等主要功能;同时,面向第三方车联网应用,如车企、地图厂商平台、车联网应用服务公司等,提供大数据开放能力,具体包括数据的实时查询、历史查询、数据订阅与推送、流量监控等功能。

能力系统主要是对外开放 V2X 平台的能力,主要包括 V2X 网络能力、定位能力等。

应用托管系统主要面向第三方提供 V2X 应用托管部署的基础运行环境,包括应用入驻托管、租户隔离、资源调度等功能。

边缘计算系统主要支持在接入网部署边缘节点,提供 V2X 边缘侧服务,以支持有高实时、大带宽需求的路侧感知、高级辅助驾驶、自动驾驶等业务功能。

多级协同系统提供 V2X 多级平台各层级间协同管理、数据交互等能力,提供数据同步、协同计算、应用分级部署等功能。

2.6 应用层

应用层基于 V2X 基础能力平台和多元出行服务平台,实现红绿灯信息推送、车速引导等车路协同辅助驾驶应用以及部分车路协同自动驾驶应用,面向车企、互联网等厂商提供数据开放等服务,面向急救车、消防车、公交车等社会服务车辆,提供优先通行等服务。

3 示范应用成果与思考

作为全球首个 C-V2X 车联网城市级规模示范应用,通过近 3 年的努力,充分验证了 C-V2X 端到端技术方案在城市交通中应用的可行性,实现了交通管理、车辆、紧急救护系统数据的互联互通,相关系统已在无锡稳定运营两年以上,支撑了城市级规模的车联网应用服务,促进了端到端统一标准的建立与验证,聚集了车联网产业生态,推动了技术与产业的成熟,形成良好的示范作用与国际影响力。

一是部署了目前全球规模最大的 C-V2X 示范应用,彰显良好示范效应,带动多地示范项目开展。该示范应用在全球首次真正意义上构建了城市级 C-V2X 网络环境,打造了可复制的 C-V2X 示范项目的样板工程,受到了 5GAA、GSMA、IMT-2020 等国内外产业组织的重点关注,带动了北京、武汉等多地 C-V2X 示范应用的开展。

二是充分验证了 C-V2X 端到端关键技术,促进相关车联网产品成熟。该示范应用充分验证了 C-V2X 端到端关键技术与解决方案,依托于示范应用开展,开发部署了 V2X 多级平台,开发了多类型 V2X 终端产品,验证了 LTE-V2X 组网方案,测试了 LTE-V2X 关键技术和性能,促进 C-V2X 关键技术与产品的成熟。

三是促进多行业 V2X 数据互联互通,实现丰富的应用场景。该示范应用以 V2X 平台为中心,打通了交管信息开放平台、厂商 TSP (telematics service provider, 内容服务提供者) 平台、地图厂商平台等平台之间的通路,实现信息开放和共享。V2X 平台连接路侧单元与用户终端,汇聚路侧端和车载端数据,为用户提供 V2X 基础数据服务,支撑 V2X 应用。最终实现了 40 多项 V2X 应用场景,为政府提供智慧交通管理平台,为市民提供优质出行体验。

四是聚集各领域产业伙伴,深化通信与垂直



行业的融通发展,促进了中国移动产业生态构建。项目聚集了车企、地图厂商、通信企业、Tire 1 等 40 多家来自不同产业的合作伙伴,促进了多领域产业伙伴的深度合作,推动了跨行业的融通发展,构建了相对完整的产业生态环境。

虽然 C-V2X 车联网城市级规模示范应用取得了显著的成果,但目前还存在一些问题有待进一步研究完善。

一是需要推进异厂商之间互联互通。虽然目前 LTE-V2X 技术体系的标准化已经基本完成,但在利用标准指导产品研发、应用落地的过程中,依然会出现对标准理解不一致等异常情况。为了推动 C-V2X 技术应用更大规模落地,一方面要推动车企和解决方案厂商遵循统一的应用层及应用数据交互协议开发产品应用;另一方面需要推动组织不同车企、路侧设备厂商、网络基础设施厂商对已制定发布的标准进行规模化的测试验证,确保不同产品之间互联互通。

二是需要协调跨行业应用的数据接口规范。目前国内信息通信、交通、汽车等领域的行业及标准化组织均在积极开展 LTE-V2X 的技术标准制定,但较为分散,并存在国标(国家标准)、行标(行业标准)、团标(团体标准)多个等级,尚未形成统一、完整的车联网标准体系。需进一步加强通信、交管、汽车等不同行业标准组织间的沟通协调,打造跨行业协同的标准体系架构,简化车联网与智慧交通相关产品应用的开发与推广。

三是推动构建全面的 C-V2X 信息安全认证体系。车联网的信息交互关乎人、车、路的安全,需要更高的信息安全等级,但我国尚未建立完整车联网安全保障体系。需要加快推进与车联网相关的企业标准的跨行业研究对接,推动车联网信息安全解决方案的研发和部署,构建可靠的安全认证和保护体系。

四是需要进一步研究车联网商业模式。目前车联网商业模式仍处于设计阶段,尚待进行有效

性验证。需协同产业各方,选取典型应用、挖掘商用价值,形成可落地的商业模式建议,结合政府法规政策,形成可行的车联网运营模式。

4 结束语

基于 C-V2X 车联网城市级规模示范应用的结果与经验,依托于国家级车联网先导区的建设,未来中国移动将继续联合项目团队,进一步加强顶层设计与统筹协调,推进部省合作、产业协同,重点解决数据平台交互接口、信息安全认证等跨部门、跨行业的关键问题。持续推进标准研制和测试验证,加快产品研发和设施升级建设,促进多领域应用协同创新,营造良好的产业发展环境,持续推动类似的或更大规模的示范应用在各地区落地。

参考文献:

- [1] 汤立波, 康陈. 车联网产业融合发展趋势[J]. 电信科学, 2019, 35(11): 96-100.
TAGN L B, KANG C. Integration development trend of the internet of vehicles industry[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(11): 96-100.
- [2] 3GPP. Study on LTE support for vehicle to everything (V2X) services: TR22.885, v14.0.0[S]. 2017.
- [3] 3GPP. eV2X-study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services: TR22.886, v15.1.0 [S]. 2017.
- [4] 陈山枝, 胡金玲, 时岩, 等. LTE-V2X 车联网技术、标准与应用[J]. 电信科学, 2018, 34(4): 1-11.
CHEN S Z, HU J L, SHI Y, et al. Technologies, standards and applications of LTE-V2X for vehicular networks[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(4): 1-11.
- [5] 中国移动通信集团有限公司. 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.
China Mobile Group Communication Co., Ltd.. China mobile 5G innovation center report: innovation report of next generation internet of vehicles[R]. 2019.
- [6] 中国移动通信集团有限公司. LTE-V2X RSU 白皮书[R]. 2019.
China Mobile Group Communication Co., Ltd.. White paper of LTE-V2X RSU[R]. 2019.
- [7] 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]. 2017.
SAE-China. Cooperative intelligent transportation system; vehicular communication; application layer specification and data exchange standard: T/CSAE 53-2017[S]. 2017.
- [8] 中国移动通信集团有限公司. LTE-V2X OBU 白皮书[R]. 2019.
China Mobile Group Communication Co., Ltd.. White paper of LTE-V2X OBU[R]. 2019.
- [9] 中国移动通信集团有限公司. 中国移动车联网 V2X 平台

白皮书[R]. 2019.

China Mobile Group Communication Co., Ltd.. White paper of China Mobile V2X platform[R]. 2019.

[作者简介]



刘玮（1977—），男，博士，中国移动通信研究院物联网技术研究所副所长、教授级高级工程师，车联网与智能交通创新中心主任，北京邮电大学兼职教授，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通信集团 V2X 下一代车联网的研究开发工作，推动在无锡市建成了全球首个城市级的车联网 LTE-V2X 示范应用。



张翼鹏（1989—），男，中国移动通信研究院物联网技术研究所研究员，主要研究方向为车联网技术与标准。



关旭迎（1974—），女，中国移动通信研究院物联网技术研究所研究员，主要研究方向为车联网解决方案和车载终端等。



匡尚超（1982—），男，中国移动通信研究院物联网技术研究所技术经理，主要研究方向为车联网 V2X 平台系统、物联网终端与平台技术。



李凤（1978—），女，中国移动通信研究院物联网技术研究所主任研究员，主要研究方向为车联网技术和标准。