



专题：智能网联汽车与车联网

车联网新型基础设施跨域协同部署研究

葛雨明^{1,2}, 毛祺琦^{1,2}

- (1. 中国信息通信研究院技术与标准研究所, 北京 100190;
2. 车联网技术创新与测试评价工业和信息化部重点实验室, 北京 100190)

摘要: 基础设施是实现车联网产业融合创新发展的必要支撑, 其可靠通信、精准感知和实时计算等能力可赋能智能网联汽车、智能交通、信息通信发展。在研究车联网新型基础设施的范畴与发展现状的基础上, 分析了车联网新型基础设施建设与服务在跨域协同方面的挑战。结合国内外发展趋势, 提出了“物理分立、逻辑协同”的车联网基础设施系统架构, 并提出了进一步的发展建议。

关键词: 车联网新型基础设施; 跨域协同; 系统架构

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023036

Research on cross-domain cooperation deployment of V2X infrastructure

GE Yuming^{1,2}, MAO Qiqi^{1,2}

1. Technology and Standards Research Institute, China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100190, China
2. Key Laboratory of Internet of Vehicle Technical Innovation and Testing, Ministry of Industry and Information Technology, Beijing 100190, China

Abstract: Infrastructure is the foundation of the integration and innovative development of the vehicle to everything (V2X) industry. With the capabilities of reliable communication, accurate perception, and real-time computing, it supports the improvement of intelligent-connected vehicles, intelligent transportation and information and communication. On the basis of studying the scope and current situation of the new type V2X infrastructure, the challenges in cross-domain cooperation of its construction and service capability were analyzed. The framework of “physical separation and logic coordination” infrastructure architecture was proposed. Finally, the cross-domain cooperation of the new type V2X infrastructure at home and abroad was discussed, with corresponding development suggestions.

Key words: V2X infrastructure, cross-domain cooperation, system architecture

收稿日期: 2023-02-23; 修回日期: 2023-03-06

通信作者: 毛祺琦, maoqiqi@caict.ac.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目 (No.2021YFB2501000)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2021YFB2501000)

0 引言

车联网 (vehicle to everything, V2X) 是通过新一代信息通信技术实现“人-车-路-云”全方位连接、信息高效交互与数据融合处理,而形成的贯通智能网联汽车、道路基础设施、交通运输与管理、应用与服务等多维度、多层次要素的信息物理融合系统。车联网新型基础设施为车联网新应用、新服务、新业态发展提供发展环境。国家“十四五”规划^[1]明确指出,要统筹推进传统基础设施和新型基础设施建设,积极稳妥发展车联网。近些年,以工业和信息化部、住房和城乡建设部为代表的国家部委协同推进,通过车联网先导区、示范区、“双智”城市等建设,显著扩大了车联网新型基础设施部署规模。随着车联网应用规模化发展,为保证服务连续性、提升用户体验,车联网应用对车联网新型基础设施的跨区域协同部署提出了迫切需求。实现这一目标需要基于通信网络支持人、车、路、云间的信息交互实现网络互联,需要制定标准化的数据格式、通信协议等实现数据互通,还需要细化应用服务业务流程和服务质量要求以实现跨区域的服务互通等。在此背景下,基础设施建设跨域协同的体系设计显得尤为必要,构建标准化、互联互通的基础设施环境,避免出现“烟囱式”建设,以支撑车联网产业稳步发展。

1 车联网新型基础设施发展概述

车联网新型基础设施主要包含路侧感知与计算设施、通信网络和车联网平台。其中路侧感知与计算设施具备对道路环境的实时感知和计算处理能力,可为车联网应用服务提供车辆状态、交通事件等高实时动态数据。通信网络支持“人-车-路-云”各实体之间的端到端数据交互,为车联网应用服务提供低时延、高可靠的数据传输渠道。车联网平台具备信息融合、

事件分析与处理等能力,可提供设备管理、网络管理服务,以及信息服务、驾驶安全与效率、交通治理等应用支撑和运维服务。随着感知、通信、大数据、人工智能等技术的不断发展,车联网新型基础设施的能力逐步升级,建设也逐渐加速。

(1) 路侧感知与计算设施向高实时高精度高可靠方向演进,同时出现功能分级的趋势

路侧感知与计算设施主要包含摄像机、毫米波雷达、激光雷达等感知设备,以及路侧计算设备。感知设备采集交通环境中的图像、视频、点云等原始数据,依托计算设备生成车辆密度、流量、车辆速度等实时信息。随着车联网产业的不断发展,路侧感知设备从一开始沿用传统的交通检测器逐步向智能摄像机、毫米波雷达、激光雷达等新型交通传感器演进升级,路侧计算设备从小型的计算芯片向算力增强、与算法深度适配的计算设备(如路侧工控机)升级演进,其能力已覆盖传统智能交通以及多种车路协同新型应用场景。与此同时,不同车路协同应用场景对路侧感知与计算设施的功能需求出现分级化差异。对于交通拥堵提醒等非实时业务,路侧感知与计算设施需要具备交通事件、交通流感知等基础能力;而对于碰撞预警类应用,则需要具备增强的感知与计算能力,对交通微观行为的感知精度、时延、可靠性等提出更高的要求。

(2) 通信网络面向车联网应用需求逐渐精细化其传输能力

网络是车联网各功能实体间信息交互的关键纽带,包含无线通信网络和固定网络两大部分,其中无线通信主要用于车辆与车辆、路侧设施、平台等其他实体之间的信息交互,固定网络则主要支持路-云、路-路、云-云之间的数据传输。在无线通信方面,我国已基本完成了基于4G设计的车联网无线通信(LTE-V2X)技



术系列核心标准规范的制定，基本实现其产业化与商用部署。此外，针对车联网不同应用类型对网络需求不同的问题，电信运营商和设备商积极推动行业虚拟专网、网络切片、服务质量（quality of service, QoS）监测等 5G 关键技术与解决方案的研究^[2-3]。针对有低时延、连续性等需求的安全驾驶类等业务，探索网络侧和应用侧之间的协同机制，加快和优化应用跨域切换处理。针对有低时延、大带宽和高可靠性等需求的远程遥控驾驶业务，探索虚拟专网或者基于 5G 公网的专有网络切片提升业务安全性，结合 QoS 监测等技术判断驾驶模式的切换。另外，路侧感知数据回传至平台、多级平台之间的信息交互等，都离不开固定网络的支持。在这一方面，城市场景和高速公路场景下的车路协同网络需求的研究也进行了同步开展，文献[4]和文献[5]通过分析系统网络架构，结合业务内容及部署场景，给出了车路协同承载网络的功能需求、性能需求、安全及运维等需求。

（3）车联网平台架构形成多层级协同联动的发展趋势

车联网平台依托路侧感知与计算设施、路侧通信设施等新型基础设施，提供车路协同、网联自动驾驶、基础设施监测、自动驾驶测试管理、车联网身份认证等多类车联网应用服务。当前车联网平台通常存在“边缘-区域-中心”3 个层级，分别提供路段级低时延服务、小区级中/微观交通服务、大区级宏观交通服务。在平台外部接口方面，各地平台与交通管理平台、交通业务平台、地图服务平台等其他已有平台打通，实现数据交互和业务联动。其中与交通管理平台的交互联动是实现绿波通行、公交优先等典型功能的重要基础；与交通业务平台交互联动，有利于充分利用车联网路侧感知系统采集到的精确实时的交通状态信息，赋能数字化交通治理。在平台功能模块方面，主要包括开放服务接口、车联网综合数

据底座、车路协同事件与消息服务等业务类功能，以及设备运维管理、用户管理、安全管理等管理类功能。

2 车联网新型基础设施建设跨域协同部署挑战

当前各地车联网新型基础设施建设面临跨区域业务的连续性难以保障、业务数据互通难度高、服务质量不一致、服务保障差异大等挑战，也出现了建设成本居高不下和应用场景规模化推广难等问题。经分析，产生这些问题与挑战的原因主要有 4 个方面。首先，当前各地车联网基础设施建设多以项目制推动，各地之间的应用场景部署尚未形成统一共识，面临应用场景分散的问题，解决方案和产品的定制化程度也比较高。从汽车产品研发、用户移动出行等多个视角来看，均希望各地能够提供普适的应用功能场景，当前的建设情况难以满足这一需求。其次，调研发现，即使针对同一应用场景，各地车联网基础设施的服务能力也有所差别，不同区域的业务类型、业务流程、服务质量有所不同，导致业务连续性难以保障。例如，在实现基于红绿灯信息的绿波通行引导、闯红灯预警等应用时，部分地区在路口通过信号灯学习机获取红绿灯信息后直接发送到路侧单元（road side unit, RSU），部分地区通过交警平台获取红绿灯信息再发送到 RSU，这两种方案下的红绿灯信息的准确性、时延等均有所不同，跨地域的业务一致性难以保障。再者，统一的语义体系的缺乏，使得难以面向多源数据提供完备、统一的数据对象表达、描述和操作模型，不同系统间数据互相“理解”的难度高。例如，不同地区车联网应用服务平台对交通事件的定义、交通事件存储数据内容及数据类型要求均有不同，平台之间的信息交互与理解较为困难，车辆在不同区域行驶时接收到的信息也有所不同，“车-路-云”协同感知、协同计算、

协同决策的信息流在面对区域切换时,将面临大量的协议对接和数据转换工作,以及数据不一致的挑战,增加了信息高效融合与使用的难度。最后,当前车联网新型基础设施的相关建设主体缺乏设备系统运维能力以及业务运营经验,会影响车联网业务的可靠性和稳定性,尤其是对于涉及闯红灯预警、弱势交通参与者提醒等安全类应用,会造成应用功能触发判断的不确定性,而这正是汽车厂商在产品研发过程中更加关注的重点问题。

3 车联网新型基础设施跨域协同的体系化设计

为提供跨区域连续稳定的车联网服务和一致用户体验,同时考虑当前我国车联网基础设施建设的已有基础,建议构建“物理分立、逻辑协同”的车联网基础设施系统架构,通过全要素互联的网络连接,实现车联网新型基础设施的跨域协同,车联网新型基础设施跨域协同的能力需求如图1所示。

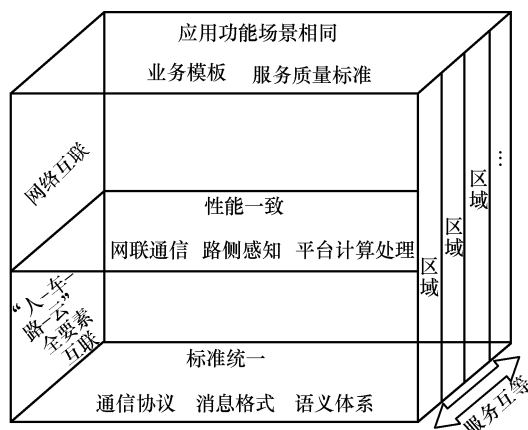


图1 车联网新型基础设施跨域协同的能力需求

在图1的体系架构中,物理分立是指在业务服务区域内部署完整的、标准化的车联网系统,保障业务服务的完整性。各区域依据其业务服务需求,部署标准化的路侧通信设施、能力分级的路侧感知与计算设施,以及具备标准接口、灵活开放的服务

能力的车联网平台。其中路侧通信设施满足通信协议的一致性,路侧感知与计算设施可以匹配业务范围内汽车、交通等不同行业应用对感知能力的差异化需求,实现服务能力的精准匹配。车联网平台具备数据底座和基础服务两部分核心功能,其中数据底座依托多源数据实时融合计算、交通大数据非实时挖掘、交通事件分析与处理等基础功能,提供海量数据共享、实时、弱实时和离线数据计算处理,以及静态与动态事件信息提取、多事件联合分析等能力,为各类车联网应用服务提供数据源支撑。基础服务纵向覆盖管理和业务两种服务类型,管理面满足基础设施运维管理、接入设备管理等多方面功能需求,业务面上各层级平台提供实时性不同、业务服务区域范围不同的应用服务。车联网新型基础设施区域内独立部署,跨区域互联互通概念示意图如图2所示。

全要素的网络连接是功能实体间进行数据流转的通道,是实现车联网系统信息融合的基础。为了提供广域覆盖、灵活适宜的通信能力,通信网络需要构建固移结合、公专互补、蜂窝网络与直连通信融合的网络部署方案,以满足不同类型业务的端到端的数据传输需求;为了保障网络的可用性和可靠性,需要支持自动化运维体系,面向网络拓扑、网络资源、网络运行状况、设备运行状况等对象进行运维管理,实现网络故障的精准研判和智能预警。

在此基础上,需要各地车联网新型基础设施的标准统一、性能一致,并提供相同的应用功能场景,从而实现逻辑协同,提供跨区域的连续稳定服务和一致的用户体验,达到服务能力互等的效果。标准统一是指数据的通信协议、数据格式、消息语义等是相同的。通过制定“人-车-路-云”之间标准化的数据格式和通信协议,形成跨行业、跨地域互联互通的基础。消息语义相同则是建立一套完善的语义体系,面向多源数据提供完备、统一的数据对象表达、描述和操作模型,实现不

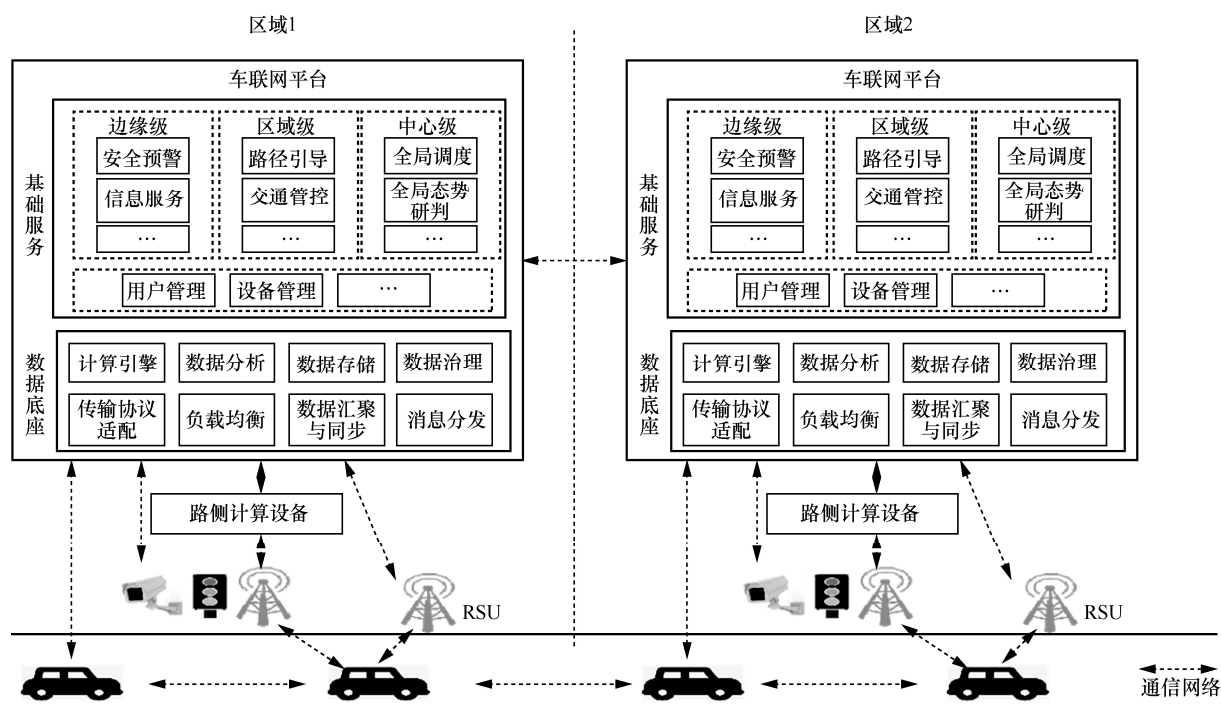


图2 车联网新型基础设施区域内独立部署，跨区域互联互通概念示意图

同系统间数据的互相“理解”，支撑数据有机融合，进而实现数据的正确、高效使用。性能一致是指网联通信、路侧感知、平台计算处理等所表现的性能指标是一致的。面向相同的应用场景，不同地区的车联网网联通信的时延、可靠性、多用户并发服务能力等性能，路侧感知与计算设施提供的交通参与者、交通事件、气象情况等识别和判断性能，以及车联网平台的计算处理能力需要保持稳定和一致，从而支撑统一的用户体验。提供相同的应用功能，则是指面向车联网各项业务，形成统一的业务模板、服务质量标准等。针对不同的车联网应用场景，通过统一的业务架构、业务交互流程、细化各类情况下的业务交互数据需求，形成相应的业务模板，才能保证各区域车-路、车-云之间的业务交互是一致的，在车辆跨区域移动后实现业务的顺利迁移。同时，统一的服务质量标准是支持业务服务的跨地域“无感切换”的必要条件，也是对通信、感知、计算处理等提出统一性能要求的依据。

4 车联网新型基础设施跨域协同的发展态势与发展建议

车联网新型基础设施作为支撑智能网联汽车、智慧交通等战略发展方向的坚实底座，国内外十分重视，并在顶层规划、技术研究、落地实践方面进行了积极推动，以期实现系统化的基础设施建设。

4.1 国际车联网基础设施跨域协同发展态势

美欧积极布局基于基础设施支撑自动驾驶的战略规划。美国通过持续出台智能交通系统（ITS）战略规划，促进交通运输系统可持续发展，2020年发布了最新5年的《智能交通系统战略2020—2025》，强调以自动控制的单车突破和智能网络的创建为整体创新途径。在相关战略支持下，美国积极推动基础设施建设，包括建设支持车路协同和车云协同应用的交通公共云平台（即卡马系统（CARMA）），推动研发协作式自动驾驶，实现自动驾驶汽车与道路基础

设施之间的协作,提高道路交通安全性和运营效率。欧洲方面,欧盟发布《网联、协作和自动化出行路线图》,提出面向2030年的车辆、网络、应用等发展目标,先后由“欧洲地平线”科技战略予以资金支持开展了物联网支持自动驾驶(AUTOMated driving progressed by Internet of things, AUTOPILOT)、网联自动化道路运输的ICT基础设施(ICT infrastructure for connected and automated road transport, ICT4CART)等试点示范项目。此外,欧洲还率先开展了面向汽车领域数据共享流通的数据空间Catena-X计划,旨在创建一个促进数据交换的基础设施,使用统一的数据和信息流标准,为整个汽车价值链的端到端数据链的构建、运营和协作使用提供环境。

欧洲电信标准组织(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)、5G汽车联盟(5G Automotive Association, 5GAA)等国际标准化机构积极制定与跨域协同相关标准。ETSI针对多接入边缘计算(multi-access edge computing, MEC)应用程序移动性服务进行了标准化接口定义^[6-7],通过在不同运营商之间部署/协定的公共控制平面功能,支持在不同运营商之间重新进行用户定位和应用程序上下文迁移。在此基础上,5GAA从蜂窝车联网(cellular-vehicle to everything, C-V2X)与MEC融合场景类型、部署架构等出发,围绕跨多移动网络运营商间的通信切换与服务迁移方式、互操作性和服务连续性解决方法等关键技术,进一步开展了技术研究和试验验证,为多移动网络运营商、多MEC和多主机厂环境中实现和管理C-V2X服务的互操作性提供指导^[8]。在技术试验验证方面,2022年6月欧盟5G-CARMEN项目宣布圆满完成。该项目在意大利、奥地利、德国均部署了服务平台,各国通过各自的平台支持协同驾驶、状态感知、流媒体服务、交通管理等多项功能,并成功实现了在意大利、奥

地利、德国之间的跨境业务迁移,为车辆提供连续的服务。

4.2 国内车联网基础设施跨域协同发展态势

我国在顶层规划方面强调基础设施建设的统筹部署、融合发展,同时在平台互通、数据开放共享方面也进行了积极的引导。2021年2月,中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》^[9],要求加强交通基础设施与信息基础设施统筹布局、协同建设,推动车联网部署和应用。2021年3月,国家发展和改革委员会、工业和信息化部等28个部门和单位印发《加快培育新型消费实施方案》^[10],提出协同发展智慧城市与智能网联汽车,打造智慧出行平台“车城网”。2021年10月,交通运输部印发《数字交通“十四五”发展规划》^[11],提出稳步推进5G等通信设施与交通基础设施融合发展,协同建设车联网、船联网,推动车用无线通信技术应用。2021年11月,工业和信息化部印发《“十四五”信息通信行业发展规划》^[12],提出推动C-V2X与5G网络、智慧交通、智慧城市等统筹建设,加快在主要城市道路的规模化部署,探索在部分高速公路路段试点应用。2021年12月,国务院办公厅印发《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》^[13],要求5G、物联网、大数据、云计算、人工智能等技术与交通运输深度融合,交通运输领域新型基础设施建设取得重要进展,交通基础设施数字化率显著提高,数据开放共享和平台整合优化取得实质性突破。

在标准技术研究方面,车联网平台架构统一化、基础功能规范化、接口标准化进程加速。中国智能网联汽车产业创新联盟发布《车路云一体化融合控制系统白皮书》,提出“边缘-区域-中心”多级平台架构,在苏州、南京等地的车联网基础设施建设项目中也体现出这一思想。与此同时,平台基础功能要求逐渐清晰,多源数据融合与智能计算、基础数据共享、静



态与动态事件信息提取分析等能力已成为各地车联网平台落地的先验条件。中国通信标准化协会、中国智能交通产业联盟等已制定面向平台各个方向互联互通需求的通信协议和数据接口规范，基本满足跨厂商设备接入适配和跨层级、跨行业平台间的信息交互。除此之外，车联网天然的跨行业属性，使其核心标准分散在信息通信、汽车、交通等各领域的标准化技术委员会中。为了推动标准的落地实施，跨行业组织联盟凝聚产业力量推动标准化的基础设施建设。中国信息通信研究院联合 30 余家集成商、供应商、服务商及运营主体共同编制《车联网基础设施参考技术指南 1.0》^[14]，对车联网基础设施建设中所需的信息通信、交通、汽车、交通管理等跨行业核心标准进行了综合索引，《车联网基础设施参考技术指南 1.0》内容架构如图 3 所示，并从功能、性能、接口、安全等多方面补充了参考指标以兼顾新需求演进，以标准化规范各地车联网基础设施建设，保障设系统互联、数据互通和服务能力互等。

在产业实践方面，IMT-2020（5G）推进组 C-V2X 工作组联合中国智能网联汽车产业创新联盟、中国智能交通产业联盟等组织了跨区域的 C-V2X “四跨” 互联互通（沪苏锡）应用实践活

动，首次实现跨地域的车联网应用场景验证。在该应用实践中验证了上海、苏州、无锡三地车联网路侧基础设施的标准符合性，首次实现了跨省域的“车-路-网-云”间协同，促进路侧基础设施等的标准化建设和统一应用。

4.3 下一步发展建议

规模化商用部署的车联网新型基础设施是实现智能网联汽车智能化、网联化融合发展的基础支撑。当前需要瞄准牵引带动产业链整体发展的目标，按照适度超前部署基础设施的原则，推动车联网新型基础设施系架构研究，并在部署方案方面达成统一共识，最后适时推进逻辑“一张网”的统一建设运营。一方面，建议形成统一的车联网新型基础设施体系架构。在车联网先导区标准化建设方案基础之上，以车路云一体化融合控制为发展目标，构建涵盖车联网网络、平台、数据全方位能力，支持全网连续、一致、稳定服务的统一基础设施体系架构。另一方面，需要适时推进全国逻辑“一张网”统一建设运营布局。强化跨区域基础设施互联互通和服务能力互等，支持相关企业建设统一运营平台，保障车辆跨域运行时服务的连续性，从而实现各地之间的“物理分立、逻辑协同”。以“最大凝聚各方共识”为原则指导各方共同构建统一运营框架，满足车联网数据在不同参与主体、跨区域之间

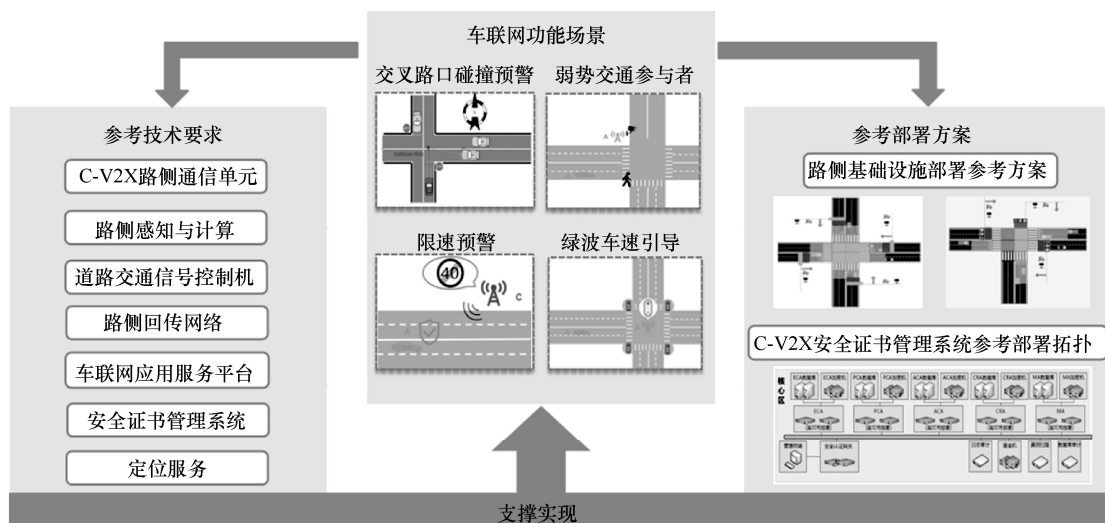


图 3 《车联网基础设施参考技术指南 1.0》内容架构

的流转处理,实现常态化运营。最后,需要同时加强车联网基础设施与5G网络、北斗卫星导航系统等基础设施协同,并引导各类社会资本参与车联网建设运营与应用。

5 结束语

本文分析了当前我国车联网新型基础设施在跨域协同方面面临的挑战,提出了跨区域“物理分立、逻辑协同”的车联网基础设施体系架构。通过在业务服务区域内部署完整的、标准化的车联网系统,保障业务服务的完整性体现物理分立,通过标准统一、性能一致,并提供相同的应用功能场景实现逻辑协同,最终支撑实现跨区域的连续稳定车联网服务和一致用户体验。最后,本文在开展统一架构研究、适时推进统一建设运营布局、加强基础设施协同3个方面提出了下一步发展建议,为我国车联网基础设施规模化商用部署提供参考。

参考文献:

- [1] 新华社. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[J]. 中国水利, 2021(6): 1-38.
Xinhua News Agency. The outline of the 14th five-year plan (2021—2025) for national economic and social development and the long-range objectives through the year 2035 of P. R. China[J]. China Water Resources, 2021(6): 1-38.
- [2] 中国联通, 中国移动研究院, 中国电信. 运营商赋能车联网能力白皮书[R]. 2022.
China Unicom, China Mobile Research Institute, China Telecom. White paper of telecom operators enabling V2X capability[R]. 2022.
- [3] 中国联通. 5G URLLC 技术白皮书 V3.0[R]. 2022.
China Unicom. White paper of 5G URLLC technology v3.0[R]. 2022.
- [4] 边缘计算产业联盟(ECC)的边缘计算网络基础架构工作组(ECNI)工作组, IMT-2020(5G)推进组蜂窝车联网(C-V2X)工作组. 城市场景车路协同网络需求研究[R]. 2022.
Edge Computing Consortium ECNI Working Group, IMT-2020(5G) Promotion Group C-V2X Working Group. Study on network demand of vehicle-infrastructure cooperative in city[R]. 2022.
- [5] 边缘计算产业联盟(ECC)的边缘计算网络基础架构工作组(ECNI)工作组, IMT-2020(5G)推进组蜂窝车联网(C-V2X)工作组. 高速公路车路协同网络需求研究[R]. 2022.
Edge Computing Consortium ECNI Working Group, IMT-2020(5G) Promotion Group C-V2X Working Group. Study on network demand of vehicle-road cooperative on highway[R]. 2022.
- [6] ETSI. Multi-access edge computing (MEC); application mobility service API, MEC 021, v2.1.1[S]. 2022.
- [7] ETSI. Multi-access edge computing (MEC); study on inter-MEC systems and MEC-cloud systems coordination, MEC 035, v3.1.1[S]. 2021.
- [8] 5GAA. MEC for automotive in multi-operator scenarios[R]. 2021.
- [9] 国家综合立体交通网规划纲要[J]. 山东交通科技, 2021(2): 115.
The outline of the national comprehensive three-dimensional transportation network plan[J]. Shandong Jiaotong Keji, 2021(2): 115.
- [10] 国家发展和改革委员会关于印发《加快培育新型消费实施方案》的通知[EB]. 2021.
Notice of the National Development and Reform Commission on the issuance of “the plan to encourage new types of consumption” [EB]. 2021.
- [11] 交通运输部印发《数字交通“十四五”发展规划》[EB]. 2021.
Ministry of Transport on the issuance of the “14th five-year plan” for the development of digital transportation[EB]. 2021.
- [12] 工业和信息化部关于印发“十四五”信息通信行业发展规划的通知[EB]. 2021.
Notice of the Ministry of Industry and Information Technology on the issuance of the “14th five-year plan” for the development of the information and communication industry[EB]. 2021.
- [13] 国务院印发《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》[J]. 交通财会, 2022(2): F0002.
CPC Central Committee and State Council on the issuance of “development plan for the modern comprehensive transport system during the 14th five-year plan period”[J]. Finance & Accounting for Communications, 2022(2): F0002.
- [14] IMT-2020(5G)推进组蜂窝车联网(C-V2X)工作组. 车联网基础设施参考技术指南1.0[R]. 2022.
IMT-2020(5G) Promotion Group C-V2X Working Group. Technical guide for V2X infrastructure 1.0[R]. 2022.

[作者简介]



葛雨明(1985—), 男, 博士, 中国信息通信研究院技术与标准研究所车联网与智慧交通研究部主任, 车联网技术创新与测试评价工业和信息化部重点实验室副主任, 正高级工程师, IMT-2020(5G)推进组C-V2X工作组组长、中国通信标准化协会车联网组组长。主要研究方向为车联网、智能网联汽车、智慧交通。



毛祺琦(1990—), 女, 中国信息通信研究院技术与标准研究所车联网与智慧交通研究部中级工程师, 主要研究方向为车联网、5G、边缘计算等。