

智能网联汽车的技术现状及发展趋势研究

Research on Technical Status and Development Trends of Intelligent Connected Vehicles

续宇洁,周光涛,温 桂,程军峰(联通智网科技股份有限公司,北京 101520)

Xu Yujie,Zhou Guangtao,Wen Gui,Cheng Junfeng(China Unicom Smart Connection Technology Co.,Ltd.,Beijing 101520,China)

摘 要:

探讨了智能网联汽车作为具身智能在交通领域具体应用的技术现状及发展趋势,分析了基于具身智能的智能网联汽车的特点和典型应用场景。进而阐述了智能网联汽车技术架构的演进过程,提出了车路云一体化的解决方案,为智能网联技术赋能具身智能产业发展提供了可能的路径表述。最后,全面分析了车辆群体智能的发展演进以及智能网联技术向具身智能行业赋能的具体方式,以云端智能为核心,构建“车—路—云—网—图”深度融合的智能体网络。

关键词:

具身智能;智能网联汽车;车路云一体化;群体智能

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.07.005

文章编号:1007-3043(2025)07-0029-06

中图分类号:TP18

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

It delves into the current technological status and development trends of intelligent connected vehicles as embodied intelligence in the field of transportation. The characteristics and typical application scenarios of intelligent connected vehicles based on embodied intelligence are analyzed in detail. Furthermore, the evolution process of intelligent connected vehicle technology architecture is elaborated, and a solution for vehicle road cloud integration is proposed, providing a possible path for empowering the development of specific intelligent industries with intelligent connected technology. Finally, a comprehensive analysis is conducted on the development and evolution of vehicle swarm intelligence, as well as the specific ways in which intelligent networking technology empowers the embodied intelligence industry. With cloud intelligence as the core, an intelligent agent network that deeply integrates "vehicle-road-cloud-network-graph" is constructed.

Keywords:

Embodied intelligence; Intelligent connected vehicles; Vehicle road cloud integration; Swarm intelligence

引用格式:续宇洁,周光涛,温桂,等. 智能网联汽车的技术现状及发展趋势研究[J]. 邮电设计技术,2025(7):29-34.

1 概述

在当今数字化与智能化飞速发展的时代,人工智能(Artificial intelligence, AI)技术正以前所未有的速度渗透到各领域,推动着人类社会的深刻变革。其中,“具身智能”(Embodied intelligence, EI)作为一种新兴的、具有广泛影响力的智能形态,被广泛认为是新一波 AI 浪潮的核心方向^[1]。2025 年的政府工作报告首

次将“具身智能”纳入国家重点发展方向,提出要加快突破人形机器人^[2]、具身智能等关键技术。从行业来看,OpenAI 对 Figure AI 的战略投资、特斯拉 Optimus 的持续迭代升级、英伟达积极构建具身智能与人形机器人生态,种种迹象表明,具身智能正处于快速发展的风口。

智能网联汽车,作为现代交通领域重要发展方向之一,正是具身智能在交通领域的重点体现。随着传感器技术、通信技术、人工智能算法的发展以及大数据处理能力的不断提升,依托智能网联系列技术,汽

收稿日期:2025-05-16

车已从传统交通工具转变为具有高度智能化和自主性的移动智能体^[3]。它们通过车辆内部多种传感器感知周围环境,并利用先进的通信技术与其他车辆、路端基础设施以及云端进行实时数据交互,实现对交通环境的实时感知和动态响应,并借助强大的云端计算平台进行复杂决策和控制,从而优化交通流量、减少拥堵、降低事故风险^[4-5]。在此过程中,云端计算平台是中心智能体,每一辆智能网联汽车为智能节点,共同构成了“车一路一云一网一图”深度融合的智能体网络,进而才能不断学习和适应复杂交通场景,优化自身决策和控制策略。这种基于大规模智能体协同的交通系统,正是具身智能在交通领域的重点发展方向,为解决交通领域诸多挑战提供全新思路与方法。

然而,该方案也面临诸多挑战和问题。例如,如何确保大规模智能体网络间高效通信和数据共享,如何保障系统安全性、可靠性和隐私性,如何设计合理的控制策略以实现最优交通管理效果,以及如何应对复杂多变的交通环境和人类驾驶行为等。这些问题不仅需从技术层面进行深入研究和探索,还需从政策、法规等多角度进行综合考虑与统筹^[6]。

基于此,本文将从基于具身智能的智能网联汽车的特点、典型场景、技术架构演进以及群体智能的发展演进入手,探讨其行业优势、面临挑战和未来发展趋势,也探讨了智能网联领域技术能力积累向具身智能行业赋能的可能途径,希望为具身智能研究者和从业者提供有益的参考和启示。

2 基于具身智能的智能网联汽车特点及应用

汽车的发展先后经历人工控制阶段、半自动化阶段和全自动化阶段,当前正处于后2个阶段的过渡期。智能网联汽车通过云端、路端系统的赋能,结合车辆自身功能,具备以下全新特点。

2.1 执行端的全自动化

执行端的全自动化主要包括以下几个方面。

a) 高度自主性。基于具身智能的智能网联汽车具备高度自主性,且能根据复杂的交通环境和多变的道路状况,独立做出合理的决策并执行相应的操作。车辆可以自主判断加速、减速、变道、转弯等,无需人类驾驶员频繁干预。

b) 精准控制能力。基于具身智能的智能网联车辆控制精度极高,能够精确地控制车辆的行驶参数。在速度控制方面,可以根据道路限速、交通流量等因素,精准地维持在合适的车速;在转向控制上,能够精确地调整车辆的行驶轨迹,实现精准的车道保持和转弯操作。

c) 快速反应能力。当车辆的传感器检测到前方有障碍物或突发危险时,执行端可以在极短的时间内做出反应,如紧急制动、紧急避让等,其反应速度远远超过人类驾驶员,能够有效避免碰撞事故的发生。

d) 多模态融合控制。基于具身智能的智能网联车辆,能结合云端智能网联综合能力平台,将多种感知信息进行融合处理,综合考虑车辆及周边视觉、雷达、等多种传感器数据以及车辆自身动力学状态等信息,做出更加全面、准确的控制决策。

典型场景如智慧泊车,通过协同感知、协同定位、协同规划和协同控制等技术实现高效、智能的停车管理和服(见图1)。智慧泊车的技术核心是根据多源传感器异构算法联合感知的异步动态协同感知系统,基于场侧的无线通信技术和车辆即时定位与地图构建技术的协同定位系统,同时基于先验地图和实时路况的全局路径调度和车辆感知的局部轨迹规划的协同系统,以及场端原始感知数据及预测与车辆实时规划轨迹的实时干涉控制系统,实现车路云一体化的泊车服务。

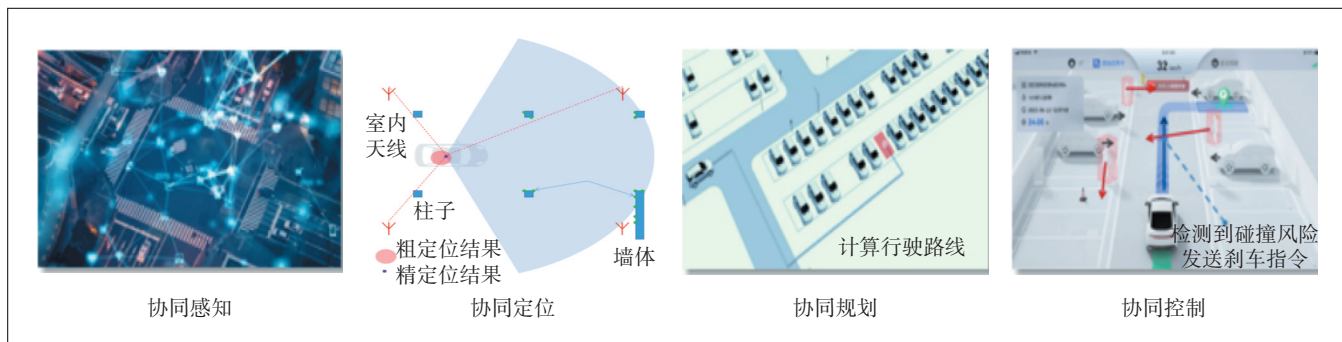


图1 智慧泊车技术核心

2.2 交互端的高智能化

交互端的高智能化主要包括以下几个方面。

a) 深层次语义解析。基于具身智能的智能网联车辆,能对人类语言进行深层次语义解析,不仅理解语言的字面意思,还能解读语言背后人的意图、情感和上下文信息。

b) 自然语言交互能力。具备强大的自然语言交互能力,能与人类进行流畅、自然的对话,能理解各种不同的语言表达方式。

c) 上下文理解与记忆能力。能够理解语言的上下文信息,并具有一定记忆能力。车辆能够根据之前对话内容和语境,理解当前指令或问题的具体含义。

d) 多意图理解与处理。能够同时理解并处理多个意图。车辆能准确地识别并按照优先级顺序执行相应操作。

典型场景如智慧座舱(见图2),通过融合多种先进技术,如大语言模型、多模态感知、计算机视觉等,为用户提供更加便捷、舒适和安全的驾乘体验。



图2 智慧座舱技术核心

2.3 服务端的自主化

服务端的自动化主要包括如下几个方面。

a) 全方位车辆状态监测。系统能实现对车辆各关键部件和系统运行状态的全面、实时监测,包括发动机、变速箱等关键部件的性能参数,车辆的行驶里程、油耗等运行数据以及智能网联驾驶相关数据。通过分析监测数据,可及时发现潜在故障隐患,提前预警并采取相应措施,确保车辆安全可靠运行。

b) 智能环境感知与风险预警。主动监测系统能实时感知车辆周围环境的变化,并对潜在的风险进行预警。例如,通过传感器监测到前方道路出现结冰、积水、塌方等危险情况时,及时向驾驶员发出警报,并建议驾驶员减速慢行或改变行驶路线。

c) 个性化主动服务。基于对车辆状态和用户习惯的监测与分析,能为用户提供个性化的主动服务。例如在用户到达目的地后,主动向用户提供附近停车场、充电桩等信息。

典型场景如“人—车—家”全场景智慧互联(见图

3),该场景依托智能网联汽车,可实现跨行业交叉融合创新,打造以车主为中心、跨场景一体化的服务体验,并打通不同系统数据互通,实现能力聚合。

3 技术架构演进

智能网联汽车的技术演进历程一般分为3个阶段(见图4)。第1阶段是单模块控制阶段,车辆各个关键部件如动力系统、制动系统等都各自配备独立的控制模块,模块之间协同性较差,只能实现基础、相对简单的功能,例如简单的定速巡航,车辆无法自主应对复杂路况;第2阶段是半自动控制阶段,部分驾驶任务可以由车辆自动完成,例如记忆泊车功能,车辆能够自动识别停车位并精准控制转向、速度等完成泊车动作,但仍需要驾驶员参与;第3阶段是全自动控制阶段,车辆已达成真正意义上的高度智能化与自主化。车辆依托自身及周边环境多传感器融合技术构建起全方位、高精度的环境感知体系,并基于云端智能网联平台的强大赋能,具备强大的驾驶决策能力,可实

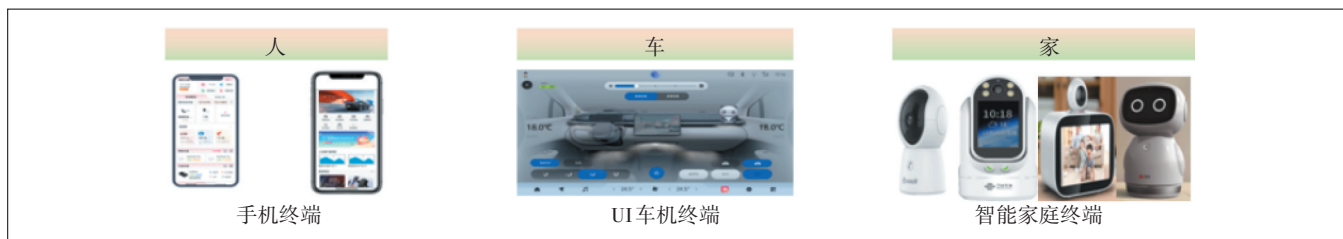


图3 “人—车—家”全场景智慧互联技术核心



图4 智能网联车辆技术架构演进历程

时调整行驶策略以应对复杂多变交通场景,全程无需驾驶员任何干预。

随着车辆智能化水平的不断提高,车载计算设备的算力逐渐难以满足复杂路况下实时处理大量数据的需求,既是成本瓶颈,也是能力瓶颈。为解决这一问题,行业研究出车路云一体化的技术演进路线(见图5)。此方案体系下,车辆通过高速稳定的通信网络与云端服务器、道路感知设备进行实时数据交互。云端强大的计算能力既可对车辆上传的大量传感器数据进行快速处理和分析,也可处理道路感知设备上报的实时道路信息和交通状况。平台综合分析后将决策指令及时反馈给车辆,从而辅助车辆做出更精准的决策。车路云一体化的技术方案可有效弥补车辆自

身算力不足,进一步提升智能网联车辆的运行效率 and 安全性,并为降低智能驾驶成本推动智能网联汽车快速普及,助力智能交通发展提供坚实基础。

4 群体智能的发展与演进

4.1 群体智能与车辆群体智能的演进

群体智能(Swarm intelligence),早期多用于描述细胞机器人去中心化的自组织智能行为^[9],核心在于通过个体的分布式决策与协作,涌现出超越个体智慧的群体智慧。目前,群体智能已被广泛应用于环境监测^[10]、空间搜索^[11]、紧急救援^[12]以及军事作战^[13]等领域。在智能网联汽车领域,车辆群体智能(Vehicle Group Intelligence, VGI)的演进,将主要经历如下3个

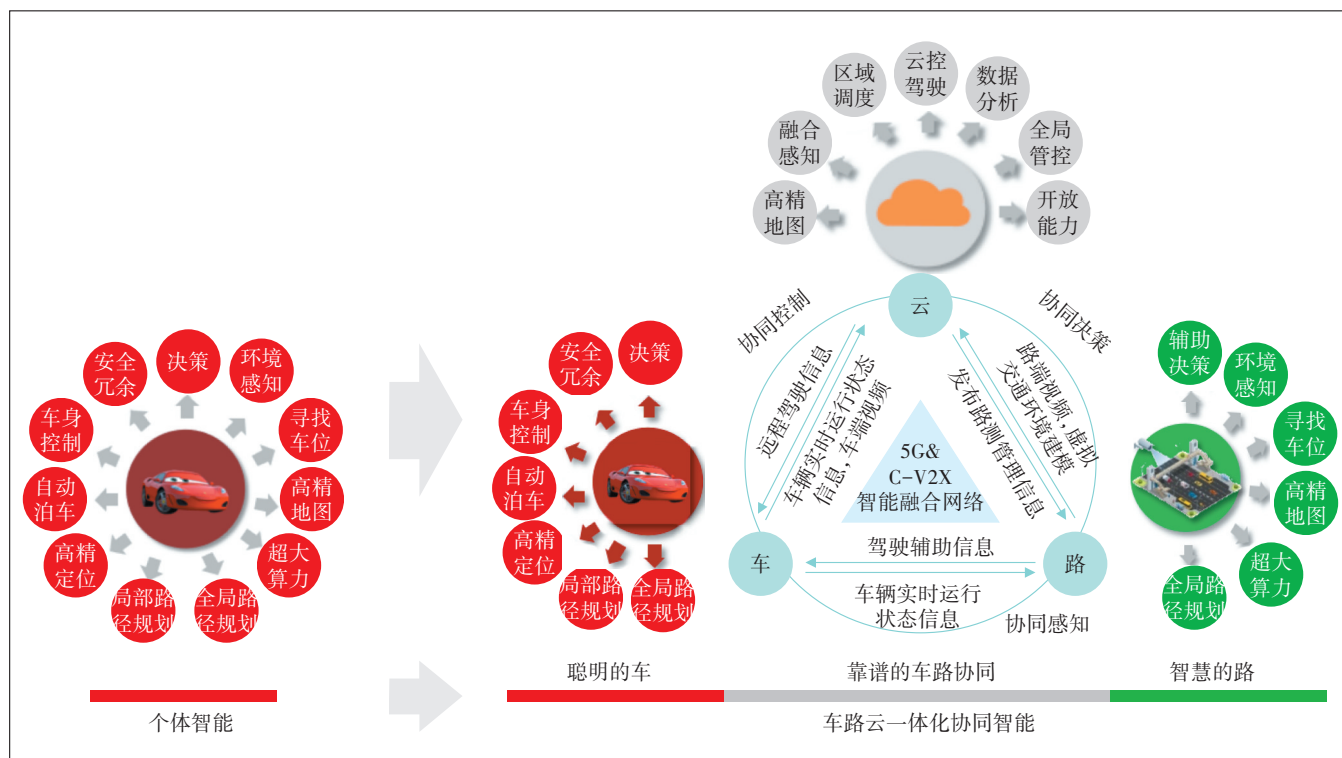


图5 车路云一体化技术方案

阶段。

a) 单车智能阶段。以单车自主决策为核心,依赖车载传感器和规则驱动算法实现基础环境感知与局部路径规划。此阶段信息孤岛效应显著,协同能力弱,难以应对复杂动态场景。

b) 局部协同阶段。通过 V2X (Vehicle-to-Everything) 通信技术实现车—车 (Vehicle to Vehicle, V2V)、车—路 (Vehicle-to-Infrastructure, V2I) 之间信息共享,实现多交通主体的局部协同。

c) 全局群体智能阶段。基于“车—路—云”协同框架,多智能体通过分布式通信与协作,实现交通自组织和自适应优化,并支持城市级大规模交通流优化、动态路权分配等复杂任务。

4.2 车辆群体智能架构与关键技术

智能网联汽车领域的群体智能系统引入,一般采用“感知—认知—通信—决策—控制—反馈”分层架构。

a) 感知层。主要通过多模态融合感知(如激光雷达、视觉、毫米波雷达等),构建动态的环境感知模型,支持对多个交通智能体群体行为的预测和决策。

b) 认知层。包含对多智能体的协同意图的挖掘以及其协同资源需求的剖析,多智能体协同需求主动认知。

c) 通信层。支持多种通信协议,进行多智能体间的实时数据传输与同步,实现环境感知信息共享,提供超可靠低时延通信保障。

d) 决策层。负责分析感知与认知层的信息,结合任务目标与约束条件,依赖以机器学习、大模型等为核心的机器智能决策算法,完成任务规划、推理分析和协同决策,生成相应的控制指令。

e) 协同控制层。负责执行具体的控制指令。

f) 反馈层。主要实现多交通智能体的自主学习演进,通过与环境的交互与反馈,不断优化,提升智能体自组织、自适应能力。

4.3 车辆群体智能典型应用场景

智能网联汽车的群体智能的典型场景应用举例如下。

a) 多车协同紧急避险^[14]。在突发危险(如障碍物突现、前车急刹、行人闯入等)情况下,通过车辆群智协同实时共享环境信息,协同决策,同步调整速度、方向或路径,实现事故风险或损失最小化的智能化应急响应模式。

b) 城市交通流全局优化。车路云协同框架下,通过车辆和路侧实时采集车流数据,云端实现车辆优先级控制、信号灯动态调整与速度引导,并通过车—车、车—路、车—云广播请求,优化城市交通。当前,正处于技术概念走向产业化落地的阶段,核心是重构“感知—通信—决策—控制—反馈”闭环的交通系统新范式,有望推动交通系统从单体智能向群体智能的跃迁^[15]。

5 智能网联技术赋能具身智能行业

通过近10年来的技术积累,智能网联行业已储备了可向具身智能行业赋能的雄厚基础,这里以中国联通智网科技为例进行简要介绍。联通智网作为联通汽车信息化专业子公司,已在智能网联方向拥有近10年的研发积累,形成了相关核心技术、能力体系和生态协同的优势,包括全域覆盖的5G专网、感知融合、云控平台及跨行业生态整合能力等方面,可面向具身机器人实现能力输出,提供“通信—感知—决策”闭环赋能,其赋能路径可概括为:通信为脉→算力为核→AI为脑→演进为能。

5.1 通信网络:构建具身机器人的“神经传导系统”

中国联通构建了覆盖30多个城市的5G/V2X融合网络,端到端时延小于20 ms,支持10万以上终端的并发连接。该网络可无缝迁移至具身机器人领域,为机器人“小脑”提供毫秒级指令传输,满足快反应场景需求。多机协同技术通过R2R通信协议,实现机器人集群的任务调度,如仓储物流中的编队运输与协同分拣。此外,通信连接管理平台支持5G、V2X、Wi-Fi、卫星通信等多制式通信融合接入,解决具身机器人因场景切换导致的网络中断问题。

5.2 算力基础设施:支撑端—边—云协同智能

“中心—区域—边缘”三级算网架构,整合了全国270+骨干云池与300+MEC边缘节点,实现算力资源的动态分配。行业首个算网调度平台支持全国270多个骨干云池按需使用,具备算力感知、调度、多云对接、网络监控等功能。对于具身机器人的快反应场景,本地MEC节点可提供1~20 TOPS算力,支持机器人关节控制;针对复杂决策场景,云端智能体可调用超算资源(100+ TOPS),完成AGV路径全局优化或群体任务调度。

5.3 感知与决策:强化机器人的“大脑—小脑”协同

依托“5G+MEC”分布式智能融合感知系统,协助

机器人实现周边环境感知,融合北斗三代+5G基站定位(精度 ≤ 10 cm),并结合触觉、嗅觉传感器技术,为机器人提供厘米级空间定位及多维环境感知能力。数据驱动训练依托高质量多模态数据集构建,支撑机器人运动轨迹优化训练。此外,结合10年积累的汽车行业数据以及具体场景,训练出运营大模型、座舱大模型、交通大模型等,为车企提质增效,提升车主出行体验。

5.4 未来方向:从“单机智能”到“群体智能”

在从“单机智能”到“群体智能”的演进中,智网科技牵头开展面向智能网联的5G-A通感算一体能力验证,并探索面向6G的空天地一体化网络演进,同时联合产业相关方,结合低轨卫星通信,实现野外勘探机器人的全域覆盖。此外,探索构建Robot-to-Everything通信枢纽,支持机器人—基础设施—人—网络的实时交互(R2X),推动家庭、工业场景的群体智能协同。

6 总结

本文探讨了智能网联车辆作为具身智能在交通领域的技术现状与发展趋势。智能网联车辆正从单车智能向车路云协同转变,其技术架构不断演进,以满足车载算力集中、车路云多源算力分配等需求。然而该领域仍面临诸多挑战,在技术层面,异构通信和动态资源调度等难题亟待突破;在安全与可靠性方面,保障系统安全性、可靠性和隐私性是广泛应用的关键瓶颈,需从技术、政策、法规等多角度综合考虑;在实际应用中,复杂交通环境增加了决策和控制的难度。

展望未来,智能网联车辆的发展前景广阔。车路云一体化技术将更加成熟,群体智能的应用将推动交通系统从单体智能向群体智能跃迁。通过“感知—通信—决策—控制—反馈”闭环重构交通系统范式,有望实现城市级交通流全局优化和动态路权分配。未来的研究将聚焦于突破关键技术难题,构建“车—路—云—网—图”深度融合的智能体网络,加速产业化进程。同时,需加强跨学科研究,推动技术全面发展。

我国智能网联汽车正处于快速发展和落地实施阶段,为具身智能的发展提供了重要场景。历经近10年的技术攻关、应用场景、标准规范、商业模式探索与积累,行业培育出众多优秀企业,为具身智能的发展提供了技术能力支撑。

参考文献:

- [1] 刘馨竹,王亚坤,石晓军,等. 2024年具身智能技术发展分析[J]. 无人系统技术,2025,8(2):108-122.
- [2] 陶永,万嘉昊,王田苗,等. 构建具身智能新范式:人形机器人技术现状及发展趋势综述[J/OL]. 机械工程学报,2025:1-27[2025-05-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2187.TH.20250508.1039.002.html>.
- [3] 白入文,张蔚敏,石霖,等. 基于具身智能的智能制造创新体系与应用模式研究[J]. 数字化转型,2025,2(5):4-14.
- [4] 张新钰,卢毅果,高鑫,等. 向智能网联汽车的车路协同感知技术及发展趋势[J]. 自动化学报,2025,51(2):233-248.
- [5] 丁飞,张楠,李升波,等. 智能网联车路云协同系统架构与关键技术研究综述[J]. 自动化学报,2022,48(12):2863-2885.
- [6] 刘飞,吴辉. 具身智能的内在意蕴、现实梗阻与纾解理路[J/OL]. 西南交通大学学报(社会科学版),2025:1-11[2025-05-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1586.C.20250409.1514.002.html>.
- [7] 李孟远. 汽车智能化驾驶系统的发展趋势[J]. 汽车维修技师,2023(9):115-116.
- [8] 李克强,常雪阳,李家文,等. 智能网联汽车云控系统及其实现[J]. 汽车工程,2020,42(12):1595-1605.
- [9] BENI G, WANG J. Swarm intelligence in cellular robotic systems [C]//Robots and Biological Systems: Towards a New Bionics?. Berlin: Springer, 1993: 703-712.
- [10] DUARTE M, GOMES J, COSTA V, et al. Application of swarm robotics systems to Marine environmental monitoring [C]//OCEANS 2016 - Shanghai. Shanghai: IEEE, 2016: 1-8.
- [11] TAK M H, JOO Y H. Behavior control algorithm for space search based on swarm robots [J]. The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 2011, 60(11): 2152-2156.
- [12] CARRILLO-ZAPATA D, MILNER E, HIRD J, et al. Mutual shaping in swarm robotics: user studies in fire and rescue, storage organization, and bridge inspection [J]. Frontiers in Robotics and AI, 2020, 7: 53.
- [13] 李磊,王彤,胡勤莲,等. DARPA拒止环境中协同作战项目白军网络研究[J]. 航天电子对抗,2018,34(6):54-59.
- [14] 刘雨桐. 车车通信环境下考虑驾驶意图共享的车辆集群避撞预警算法[D]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [15] 雷鸣, 郭小鲁. 基于云计算的一体化车路云协同系统方法研究[J]. 信息记录材料, 2024, 25(11): 189-192.

作者简介:

续宇洁,毕业于长安大学,工程师,硕士,主要从事车联网和自动驾驶标准制定工作;周光涛,毕业于北京邮电大学,教授级高级工程师,博士,主要从事车联网和人工智能研发工作;温桂,毕业于德国伊尔梅瑙工业大学,工程师,硕士,主要从事车联网和自动驾驶研发工作;程军峰,毕业于中国科学技术大学,高级工程师,博士,主要从事车联网开发和生态建设工作。