

前　　言

随着人工智能、5G 网络等技术的发展，智能车联网作为物联网和移动互联网发展的代表性产物，将车内网、车际网、车云网进行融合，构建出车与人、车与车、车与路、车与云的多层次系统，成为现代智能交通的重要组成部分。智能车联网在提高交通运行效率和减少环境污染的同时，能够提供智能调度和实时交通信息服务等措施来保障行车安全和出行便利。尽管我国的车联网研究起步稍晚，但近年来得到了政府、企业和研究机构的大力支持和高度重视。2022 年，工业和信息化部办公厅出台《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》；2023 年，工业和信息化部、国家标准化管理委员会联合修订形成《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》；同年，工信部支持湖北（襄阳）、浙江（德清）、广西（柳州）等地区创建了国家级车联网先导区，按照《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》部署，促进车联网应用和产业发展。在学术界，智能车联网已经成为一个备受关注的新兴研究领域，对其关键技术的研究有利于推动智慧交通建设。

为促进技术交流、分享研究成果，《计算机研究与发展》推出了智能车联网前沿技术专题，分别在多个研究方向上阐述了智能车联网领域中的研究进展，展示该领域近期的研究热点及发展现状。本期专题共计收录 8 篇论文，分别涵盖汽车软件在线升级优化、车辆群智感知、位置隐私保护、面向车联网的联邦学习、车车通信无线资源分配算法、车联网数据共享方案等研究内容，在一定程度上反映了当前国内研究单位在车联网领域的研究方向。

在线升级技术借助于无线网络实现自动驾驶功能更新、车载软件更新和车载安全系统升级等场景下的系统固件和软件的远程升级，但是如何保障在线升级的安全和高效实现是汽车行业亟待解决的关键问题。*Uptane* 开源框架是汽车软件在线升级的行业参考规范，但该框架仍存在安全性不足和系统资源开销过大等问题。谢勇等作者在论文“基于 *Uptane* 的汽车软件在线升级优化框架”中，分别从加密算法选择和引入基于联盟链的验证机制两个方面对 *Uptane* 框架进行优化，以降低实现开销和提升安全性。

现有的电动汽车 API 平台使用访问控制机制来保护用户的隐私，存在较高的位置隐私泄露风险。为了在启用不可信位置服务功能的同时保护位置隐私，位置隐私保护机制（LPPM）根据用户的真实位置生成一个随机的伪位置作为报告位置。现有技术通过在离散网格上解决一个最优化问题构建一个最佳的 LPPM，以实现在最低可容忍效用限制下的最高隐私，但由于 LPPM 的时间开销和最佳性问题，很难直接应用于电动汽车等实时场景。董恺等作者在论文“面向实时位置的隐私保护优化与加速求解算法”中揭示了现有最佳 LPPM 的隐私-效用异常现象，引入了粒度独立性作为有效解决方法，提出了一个名为 Divide-and-Coin 的最佳 LPPM，将输入的位置区域递归地划分为子区域，计算出这些子区域的最佳报告概率，并根据这些概率随机选择一个子区域作为新的输入区域，若选择的区域符合用户设置的大小约束要求，即

作为计算出的报告位置,将生成最佳报告位置的运行时间大幅缩短。

车联网在智慧城市建设中扮演着不可或缺的角色,汽车不仅是交通工具,更是大数据时代信息采集和传输的重要载体。随着车辆采集的数据量飞速增长和人们隐私保护意识的增强,如何在车联网环境中确保用户数据安全、防止数据泄露,成为亟待解决的难题。针对传统联邦学习算法在非独立同分布数据环境中模型收敛速度较慢的问题,唐晓岚等作者在论文“面向非独立同分布数据的车联网多阶段联邦学习机制”中提出了3阶段联邦学习机制,包括联邦平均多方计算、联邦加权多方计算和个性化计算,充分考虑了收集过程中数据从无到有且各车辆数据分布不同的特点,具有更高的模型准确度,同时降低了传输开销。针对实际联邦学习系统中,存在恶意用户通过伪造本地模型骗取服务器奖励的搭便车攻击,洪榛等作者在论文“基于梯度回溯的联邦学习搭便车攻击检测”中,通过在正常的联邦学习中随机引入测试轮,对比单个用户在测试轮和基准轮模型梯度的相似度,解决了多个恶意搭便车用户场景中防御失效的问题。针对车联网数据采集低效、数据动态更新导致的灾难性遗忘、模型训练参数导致的隐私泄露等问题,乐俊青等作者在论文“面向车联网数据持续共享的安全高效联邦学习”中基于全局模型进行高效的样本采集,设计了一种基于双重知识蒸馏的训练算法,确保模型学习到每个样本的知识,提出了自适应的差分隐私策略来实现客户端级的强隐私保护,同时最大限度地减少差分隐私噪声对全局模型准确度的负面影响。

车辆群智感知旨在利用智能车辆配备的车载传感器和计算资源,收集一系列区域的感知数据。如何选择合适的机会型车辆完成感知任务,以及如何规划参与型车辆的轨迹是一项挑战性研究问题。王振宁等作者在论文“车辆群智感知中激励驱动的车辆选择与调度方法”中,通过群智感知平台管理两种类型的车辆。针对机会型车辆,提出一种基于反向拍卖的激励机制以选择开销最小的车辆集合完成感知任务,包括获胜车辆选择和报酬支付阶段,验证了所提方法可保证机会型车辆的个体合理性和真实性;针对参与型车辆,提出一种基于深度强化学习的方法以调度车辆行驶轨迹,为车辆分配不同的感知任务。此外,在最小化开销的同时,还考虑感知任务执行的公平性问题,引入感知公平指数以确保不同子区域感知任务完成的均衡性。

针对车联网动态不确定特性、业务类型多元化以及无线通信资源稀缺性的特点,研究蜂窝车联网车与网络(V2N)和车与车(V2V)链路资源协同以保证C-V2X车联网业务的多指标需求和无线资源的有效利用,是当前车联网资源分配亟需解决的问题。李可等作者在论文“基于多目标深度强化学习的车车通信无线资源分配算法”中建立了多目标优化问题模型来表示蜂窝车联网信道选择和功率控制的决策过程,考虑网络环境动态变化的影响,旨在实现优化目标V2V链路的性能和V2N链路传输速率之间的权衡,并提出了基于多目标深度强化学习的V2V无线资源分配算法进行神经网络训练和问题求解,通过训练好的网络模型可以得到多目标优化问题的帕累托前沿。

高效安全的数据共享对于智能车联网的深度应用至关重要,区块链技术以其防篡改、可追溯等特点,成为支撑智能车联网数据共享的主要途径之一。现有基于区块链的车联网数据

共享方案,存在吞吐量小、安全性低等不足。陈晓等作者在论文“基于分片区块链的车联网数据共享方案”中引入区块链分片方法,提出基于机器学习的分片算法,将地理位置相近的路侧单元(RSU)划分到同一分片,并迭代单个分片的数据共享最优负载,降低了片内通信延迟进而提高了吞吐量,平衡了不同分片之间的数据共享负载。为避免单个分片的贿赂攻击,提出了基于声誉的片内共识协议与监督人机制,监督人可定期对不同分片产生的区块进行合法性验证。通过性能评估和安全性分析,证明了方案的有效性和安全性。

承蒙各位作者、审稿专家和编辑部等多方大力支持,本专题得以顺利出版。由于专题篇幅有限、时间紧等原因,本专题无法全面体现智能车联网领域所有最新的研究工作,敬请各位读者包容和谅解,本专题的出版希望能给广大读者的研究工作带来启发和帮助,其中难免会存在一些不足之处,希望车联网同行不吝批评指正。最后,衷心感谢各位作者、审稿专家和编辑部的辛勤工作!

吴黎兵(武汉大学)

汪建平(香港城市大学)

刘凯(重庆大学)

2024年6月22日