



ASAP课题组研究介绍

Autonomous, Sustainable Automotive Protection

曹越

武汉大学，国家网络安全学院

湖北省智能网联汽车信息安全与控制国际科技合作基地

成员介绍

研究方向

人才培养

国际合作

社会服务

PI简介



曹越

学术资历

- 英国工程技术学会-会士
- 英国皇家特许工程师
- 英国皇家学会工艺院-会士
- 英国计算机学会-会士
- 英国高等教育学-会士
- IEEE-高级会员

个人荣誉

- 国家海外高层次青年人才
- 日本JSPS特别研究员 (短期)
- SAE汽车安全优秀个人
- 湖北省科技厅“科技专员”
- 湖北省经济和信息化厅“科技副总”
- 武汉英才-产业领军人才
- 南太湖精英计划-领军型创业团队负责人

教育经历

- 武汉工程大学, 通信工程专业, 本科
- 英国萨里大学, 移动通信系统专业, 硕士
- 英国萨里大学, 电子工程专业, 博士

工作经历

- 英国萨里大学, 5G创新研究中心, 博士后
- 英国诺森比亚大学, 计算机与信息科学系, 讲师/高级讲师
- 英国兰卡斯特大学, 计算机与通信系统学院, 国际讲师
- 北京航空航天大学, 交通科学与工程学院, 教授
- 武汉大学, 国家网络安全学院, 教授

职务任职

- 武汉大学, 国家网络安全学院, 网络空间安全系主任
- 武汉大学, 信息中心, 副主任 (2024-2025, 挂职)
- 武汉大学, 国家网络安全学院, 系统安全与可信计算所长

成员介绍

研究方向

人才培养

国际合作

社会服务

团队研究主题



团队研究主题

成员介绍

研究方向

人才培养

国际合作

社会服务

网络通信

组网、计算、感知

交通决策

充/换电、泊车、低空物流

信息

交通&能源

网络安全

信任、IDS、加密、认证

能源决策

关基储能优化

- 在读博士生：13人
- 在读硕士生：16人
- 已毕业：博士7人、硕士15人



“网络空间安全” + “低空经济”
“双碳”国家战略



主持2023国家网安周-汽车数据安全分论坛的圆桌会议

人才培养、科创实践

培养硕士、博士毕业生

- 1人入选国家优秀自费留学生奖学金
- 1人入选泰山学者-青年专家
- 5人次入选国家留学基金委联合培养计划
- 3人入选中国科协托举博士专项
- 1人入选宝钢优秀学生奖学金
- 6人次入选国家奖学金
- 1人入选滴滴未来精英



科创竞赛

- 2025-2026, 中国网络空间安全协会-网络安全学院学生创新资助计划-基于溯源图的APT攻击检测方法研究
- 2025-2026, 中国网络空间安全协会-网络安全学院学生创新资助计划-基于大模型对网络告警进行研判
- 2024-2025, 中国网络空间安全协会-网络安全学院学生创新资助计划-基于深度学习神经网络技术的DDOS检测方法研究
- 2025, 第十一届全国青年科普创新实验暨作品大赛 (湖北赛区) - 创意作品二等奖 (优秀指导教师奖) / 全国总决赛-创意作品三等奖
- 2025, 国家级创新训练项目-基于过滤模型和深度学习模型的CAN总线入侵检测系统
- 2024, 国家级创新训练项目-重点培育项目-基于混合异构模式的能源共享优化方法研究
- 2022, 国家级创新训练项目-基于地理信息融合的车联网信息系统研究
- 2021, 第七届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛-产业命题赛道湖北省铜奖)
- 2021, 第四届“东风梦想车”中国青年汽车创意设计大赛-华中赛区优秀奖、最佳人气奖

成员介绍

研究方向

人才培养

国际合作

社会服务

教学改革获奖

1. 2025, “全链贯通·三位一体·协同创新·国际视野”：网络安全人才培养体系创新与实践，武汉大学高等教育（研究生）教学成果特等奖
2. 2025, “三驱动·三促进·三协同”网络安全拔尖人才贯通式培养体系创新与实践，电子学会电子信息教学成果大赛三等奖
3. 2025, 全国高校计算机网络教学暨网络工程专业建设研讨会- 优秀论文一等奖
4. 2025, 中国高校计算机教育大会-优秀论文二等奖
5. 2024, 第六届全国高校混合式教学设计创新大赛优胜奖
6. 2024, 中国计算机教育大会-计算机类教学和实验案例一等奖
7. 2024, 全国高校计算机网络教学案例大赛-三等奖
8. 2024, 全国高校计算机网络教学暨网络工程专业建设研讨会- 优秀论文二等奖
9. 2024, 中国高校计算机教育大会-优秀论文一等奖
10. 2023, 湖北省高校教师教学创新大赛三等奖

武汉大学高等教育（研究生）教学成果奖

获奖证书

获奖成果：“全链贯通·三位一体·协同创新·国际视野”：网络安全人才培养体系创新与实践

获奖者：曹越、王骞、何德彪、彭国军、刘丹、姬东鸿、吴黎兵、夏正伟

获奖等级：特等奖

证书编号：20251048604-1



中国电子学会教学成果大赛

获奖证书

为表彰中国电子学会 2025
电子信息教学成果大赛获得者，
特颁发此证书。

证书号：JX-03-2025-004

成果名称：“三驱动·三促进·三协同”网络安全拔尖人才贯通式培养体系创新与实践

获奖等级：三等奖

完成人：曹越、赵波、林海、李津、
滕冲、刘嘉梅、夏正伟

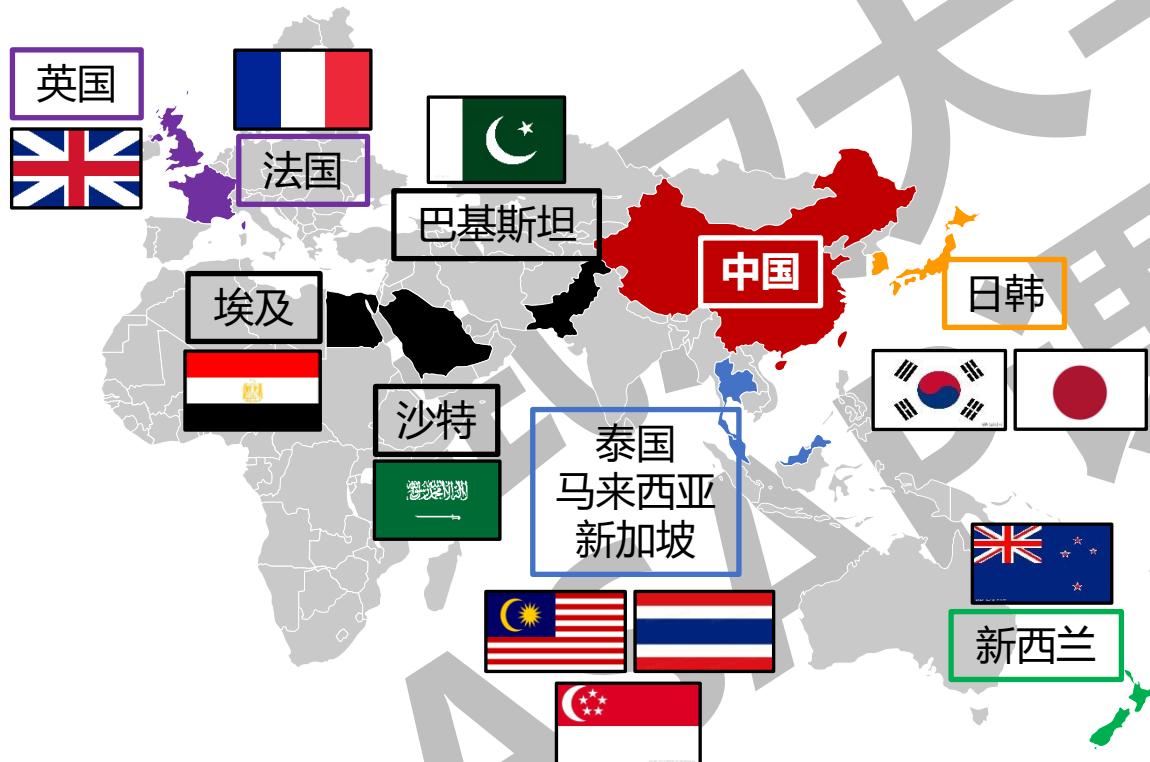
完成单位：武汉大学



国际合作网络

以“中国-欧洲”为合作桥梁

以中东为合作辐射地，覆盖欧亚地区



1. 2026-2028, 国家留学基金委-创新型人才国际合作培养项目, 智能网络与信息化创新型人才培养合作项目
2. 2023-2025, 科技部-国家重点研发计划-政府间国际科技创新合作项目, 面向数字化转型的多机自主定位导航关键技术与应用示范
3. 2024-2027, 欧盟-HORIZON “玛丽居里学者计划”创新人才交流项目, TRACE-V2X: Smart and Proactive Multi-RAT Traffic Steering for V2X
4. 2025-2027, 湖北省-国际科技合作项目, 空地协同自动驾驶目标感知与任务跟踪研究
5. 2024-2026, 湖北省-国际科技合作项目, 工业物联网入侵检测技术研究
6. 2023-2025, 湖北省-国际科技合作项目, 面向无人机辅助的智慧农业物联网监测技术研发
7. 2022-2024, 湖北省-国际科技合作项目, 智能网联安全泊车管理技术研发
8. 2021-2023, 湖北省-国际科技合作项目, 车联网信息安全检测技术及仿真系统研发
9. 2025, 人社部-中国国际人才交流基金会-国际青年人才来华交流项目, 武汉大学-苏尔坦亲王大学网络安全人才暑期研修团
10. 2024-2025, 人社部-国家外国专家个人类项目(H类), 面向星地融合车联网互联关键技术的“一带一路”外国专家交流与联合创新
11. 2024, 日本-科学技术振兴机构-亚洲青少年科技交流项目(樱花科技计划), 共同研究活动类(B类)
12. 2024-2025, 湖北省-高端外国专家项目, 面向星地融合车联网信息安全技术的外国高端人才交流与创新
13. 2024, 日本-学术振兴会-外籍研究员(短期)项目, I-GREEN: towards Ict Geared transpoRtation Electrification sErvice optimization under uncertainty
14. 2023-2024, 科技部-高端外国专家引进计划项目, 面向空天地一体化应急网络关键技术的高端外国专家引进与联合创新
15. 2022-2023, 科技部-“一带一路”创新人才交流外国专家项目, 面向智能网联汽车信息安全技术的“一带一路”国际人才交流与联合创新
16. 2016-2018, 欧盟-伊拉斯谟世界计划Action 2, Sustainable Green Economies through Learning, Innovation, Networking and Knowledge Exchange (gLINK)

科学普及活动



2022-2023, 大众 (中国) &中国教育发展基金会公益科普课程



2024, 中国科协青少年高校科学营 (武汉大学) 分营公益科普



2023, 受东湖论坛-智能网联汽车科技创新与科学普及论坛邀请, 开展公益科普活动



2024, 湖北国家网安周特邀报告



2024, 受邀参加武汉“名家论坛”, 开展国家安全教育日专题讲座活动



2024, 受邀参加IEEE VTS活动, 开展智能交通信息安全专题科普活动

成员介绍

研究方向

人才培养

国际合作

社会服务

教育信息化建设

1. 2025, 《智启未来·四维驱动：5G专网重构校园超算云脑与精准教学创新范式》，中国通信企业协会ICT中国一等案例
2. 2025, 《数智珞珈·超算云启：共绘教育与科研数字化创新应用》，教育部教育信息技术应用创新优秀案例
3. 2025, 《面向信创生态的珞珈云平台创新实践案例》，教育部教育信息技术应用创新优秀案例
4. **2025, 《数智珞珈·超算云启：共绘教育与科研数字化创新应用》，工业和信息化部2024年信息技术应用创新解决方案**
5. 2024, 《面向信创生态的珞珈云平台创新实践案例》，教育信息技术应用创新大赛“基于信创环境的创新实践”赛项全国二等奖
6. 2024, YD/T 3758 13-2024, 电信数据服务平台 第13部分：高校校园管理应用技术要求



成员介绍

研究方向

人才培养

国际合作

社会服务

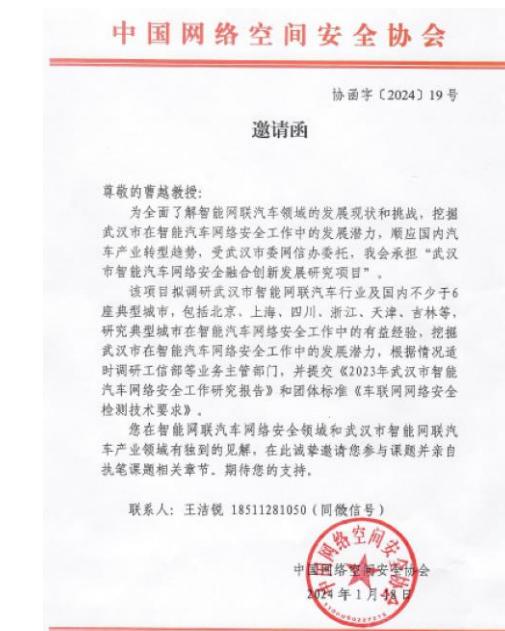
行业及政策调研

新闻报刊

- 教育信息化：武汉大学数智珞珈：信创升级热潮下的高校典型示范（2025）
- 光明网-理论版：加快推进网络安全创新发展（2024）
- 新华网：应对数据要素交易于经济发展的挑战，加强权属界定与监管，彰显关键作用（2024）
- 光明网-理论版：网络空间命运共同体：参与全球网络治理的中国方案（2023）

政策调研

- 受中共湖北省委政策研究室委托，针对湖北省“双智”建设情况进行了调研与梳理，形成了就本省“双智”网络安全领域建设的发展及相关政策建议（2023）
- 受中国网络空间安全协会邀请，调研武汉市智能网联汽车行业及国内不少于6座典型城市（2024）
- 围绕国家网络安全能力现代化建设、人才培养等核心议题开展专业研判，相关建议被新华社参考报道并采纳致谢（2024）





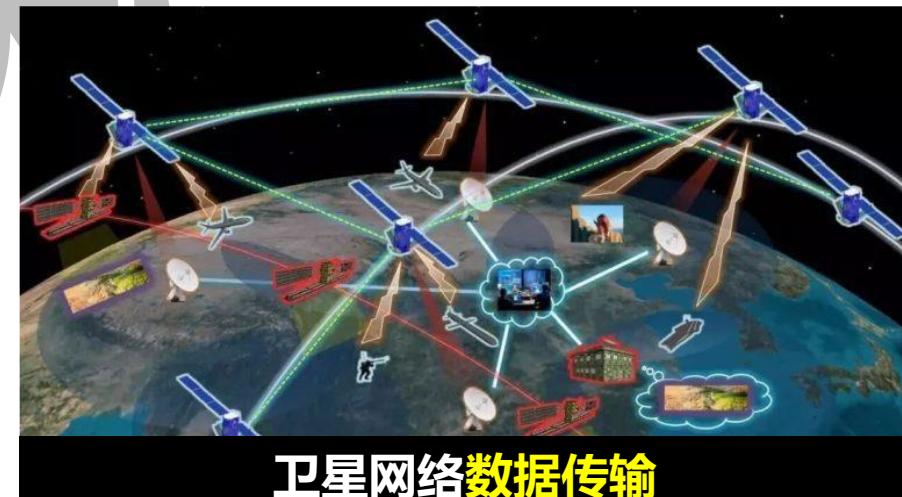
车联网数据传输、智能计算、环境感知



铁路网络智能计算



无人机网络数据传输、环境感知



卫星网络数据传输

课题方向：高速移动网络数据传输

数据传输

智能计算

环境感知

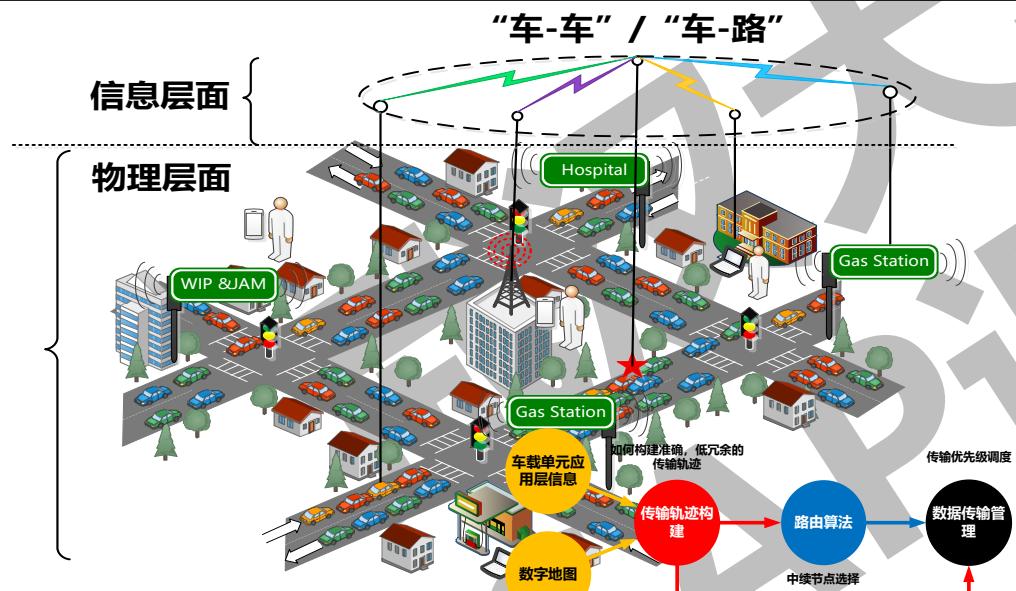
问题

- 移动网络数据交互不确定、易间断
- 移动网络拓扑不稳定，消息优先级差异大

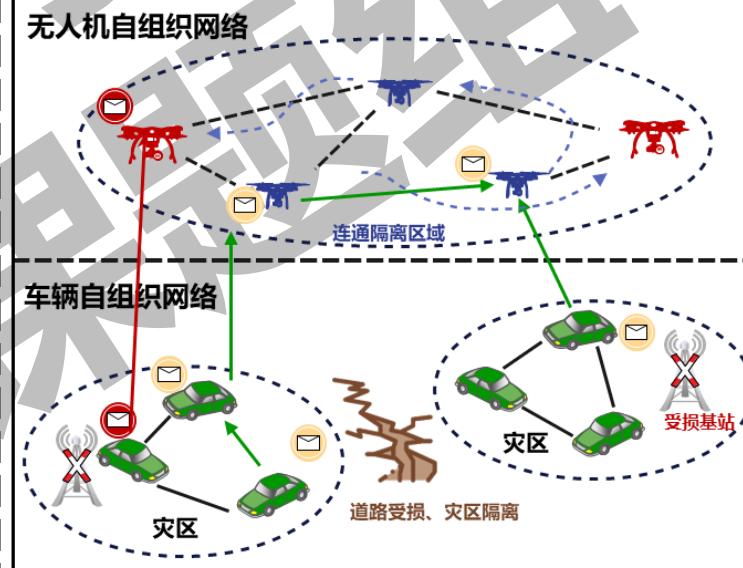
思路

- 网络实体移动性预测，基于空间关系的交互预测
- 引入动态优先级进行自适应路由与转发决策

基于轨迹预测的机会网络路由方法



基于动态优先级的应急网络路由方法



地理及网络信息融合的传输轨迹构建

基于轨迹临近度判定的路由

基于多模式路由决策的数据传输调度

高可靠低开销的车联网数据传输

无人机-车辆应急网络动态态势感知

基于多属性决策算法的候选节点传输能力评估

基于动态优先级的自适应数据传输决策

高可靠低开销的空地一体化应急网络数据传输

论文1: A Trajectory-Driven Opportunistic Routing Protocol for VCPS. IEEE TAES 2018

论文2: A Novel UAV-assisted VANET Routing Protocol for Post-Disaster Emergency Communications. IEEE TNSE 2025

课题方向：“双智”网络融合数据传输

数据传输

问题

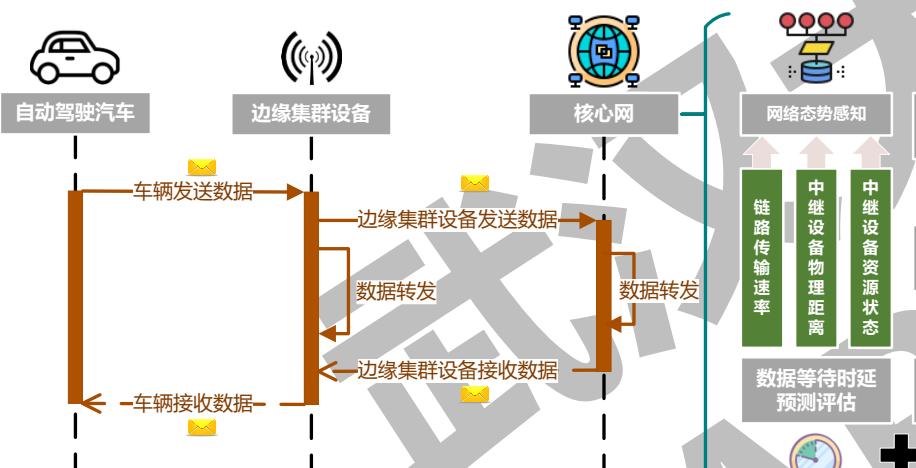
- 车网间路由独立、组网策略不互补
- 车网间状态不共享、资源互利用差

思路

- 网络时空态势感知，动态负载均衡
- 数据多维优先级评估，车路协同网络自适应决策

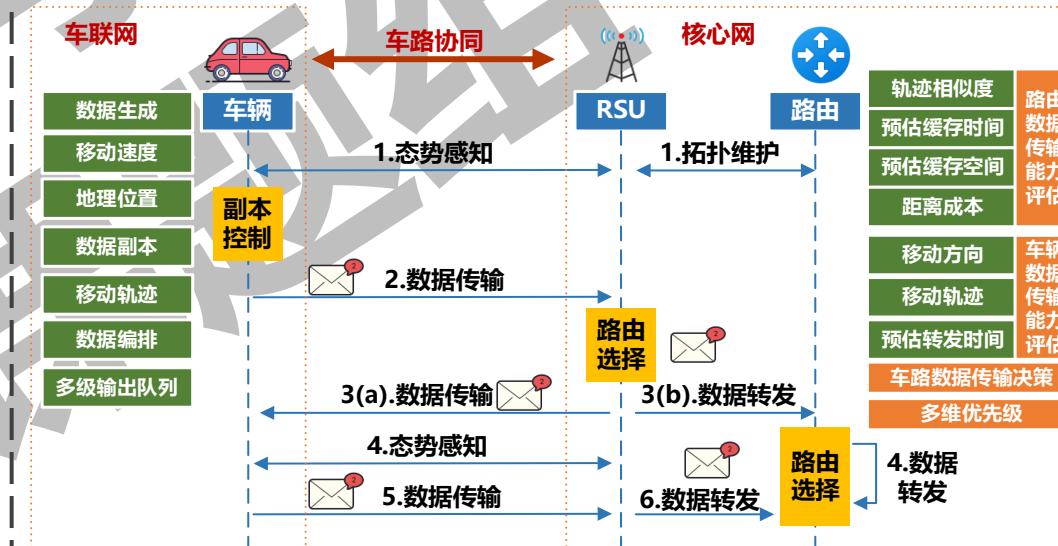
智能计算

环境感知

时空耦合网络
态势动态感知地基网络数据
延迟动态估计空间邻近数据
传输动态耦合

高可靠低延迟的轻量化网络融合

基于多维优先级的车路协同路由协议

多维特征
数据能力
聚合评估跨域数据
投递延迟
时序预测车路协同
网络自适
动态决策

高可靠低延迟的拥塞避免车路协同

论文1: STALB: A Spatio-Temporal Domain Autonomous Load Balancing Routing Protocol. IEEE TNSM 2023

论文2: MP-VRCR: A Multi-dimension and Priority-based Vehicle-Road Collaborative Routing Protocol. IEEE TVT 2023

课题方向：星地网络融合数据传输

数据传输

智能计算

环境感知

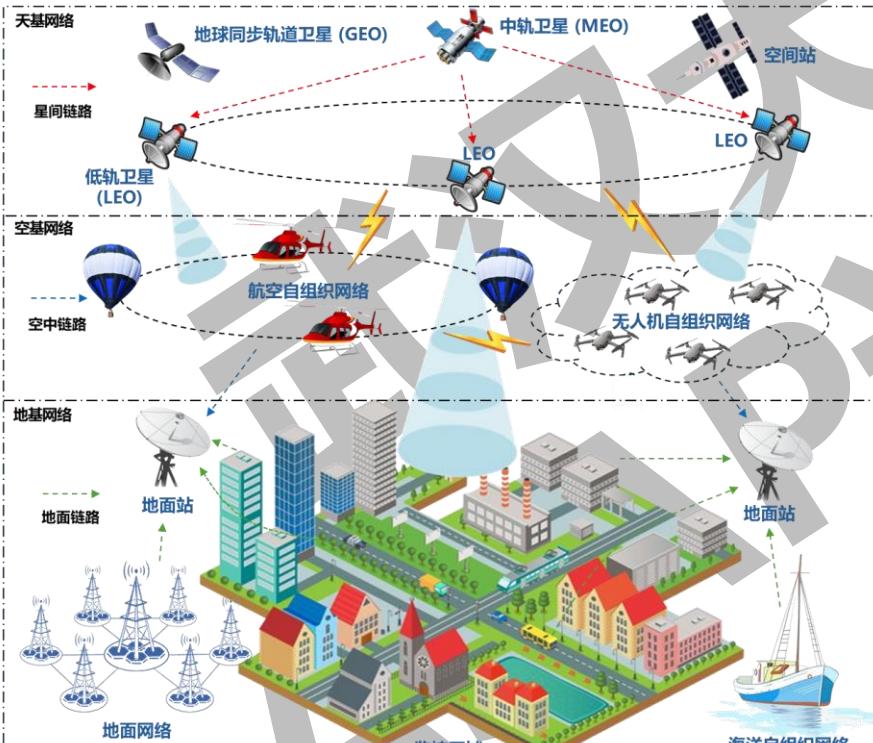
问题

- 前期研究侧重聚焦物理层通信技术
- 针对卫星互联网场景的技术梳理较为欠缺

思路

- 拓扑管理，星间路由，星座管理技术梳理
- 应用场景，仿真平台，数据集资源梳理

依据网络服务流的星地融合网络核心技术多关键维度归类分析



回顾和总结现有研究，确定未来研究的潜在方向，探索与其他领域结合的机会

课题方向：星地网络融合数据传输

数据传输

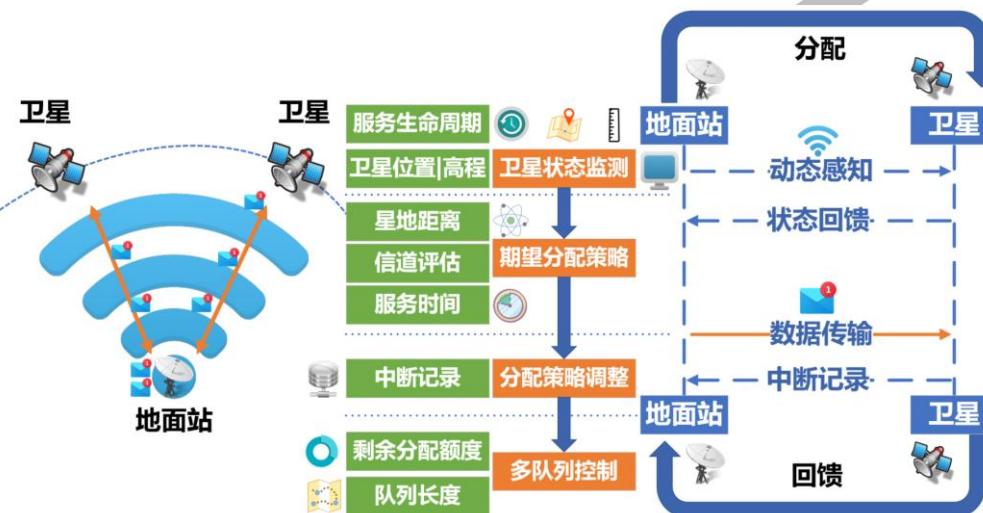
问题

- 星地拓扑频变、链路切换不稳定
- 星地相互状态不共享、信息不对称

思路

- 星地态势感知服务能力预测与数据动态分配
- 面向服务区分的QoE约束优化决策

基于信道感知的星地无缝链路切换技术



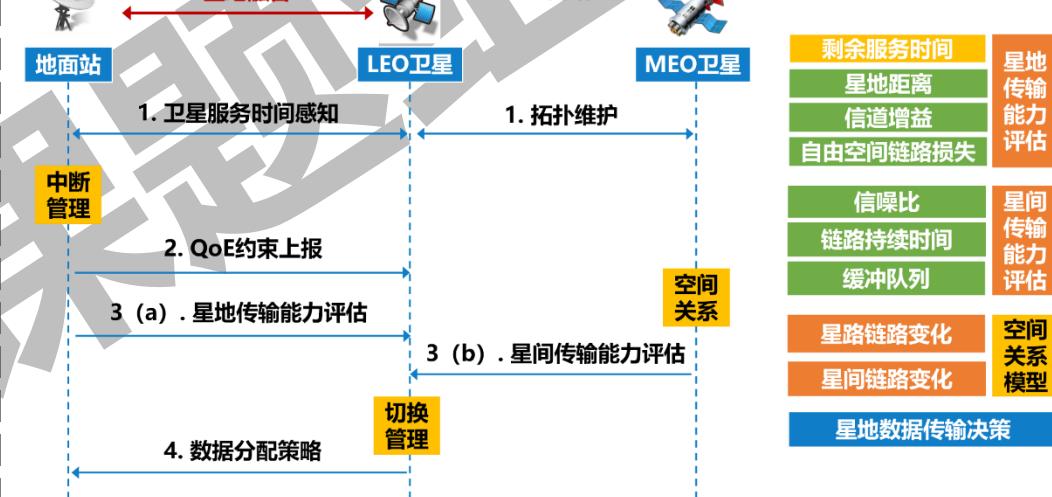
态势感知星地 信道动态估计

时空耦合服务能力可信预测

信誉闭环星地 链路无缝切换

高可靠、低延迟、低中断率的数据投递

高可靠、低延迟的卫星切换与数据分配



车路协同
网络自适
动态决策

论文1: A Channel Perceiving-based Seamless Handover in Space-ground Integrated Information Network. **IEEE TNSM 2024**

论文2：基于信道建模的多层次星地融合数据分配策略. 通信学报 2024 湖北省科协优秀科技论文

课题方向：车载边缘智能计算

数据传输

智能计算

环境感知

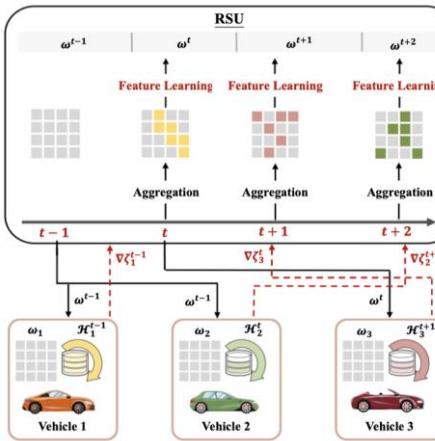
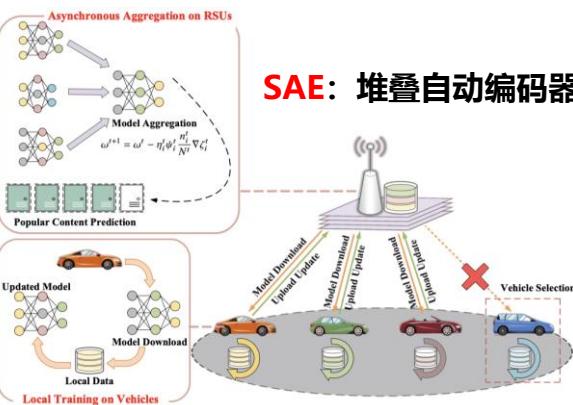
问题

- 内容流行度不定、车辆移动性影响模型同步
- 高维时变特征导致决策优化效率低

思路

- 基于联邦学习的内容预测，适应内容需求变化
- 强化学习驱动的边缘缓存，提升缓存管理效率

基于异步联邦和强化学习的移动感知边缘缓存



提升热门内容预测精度，促进边缘缓存效率

训练及优化异步
联邦学习框架

构建用于内容预测
的混合滤波模型

制定强化学习驱
动的缓存策略

论文1: Asynchronous Federated and Reinforcement Learning for Mobility-Aware Edge Caching in IoVs. **IEEE IoTJ 2024**

论文2: 车联网边缘智能: 概念、架构、问题、实施和展望. **物联网学报 2023 《物联网学报》优秀论文奖**

课题方向：视频边缘智能处理

数据传输

智能计算

环境感知

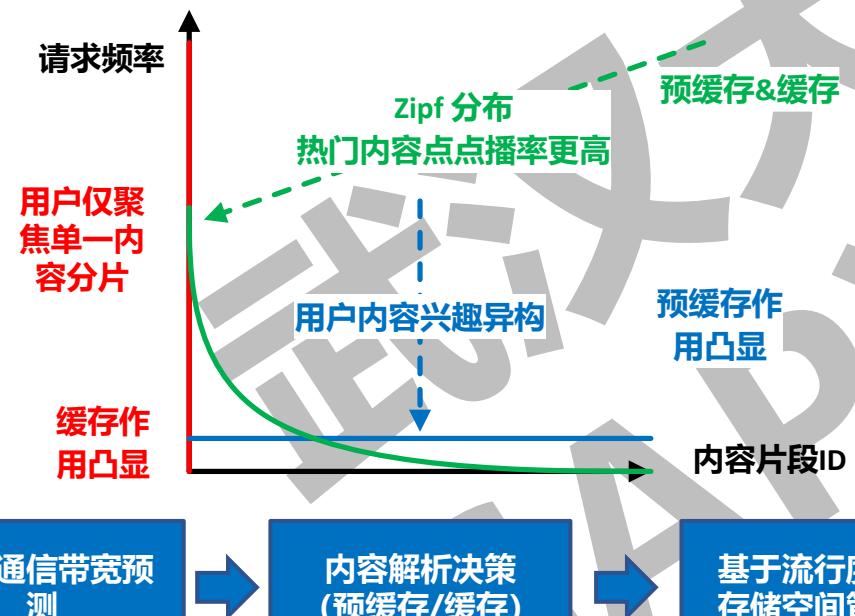
问题

- 移动环境下视频流媒体体验不佳
- 高移动场景下通信带宽时变、不稳定

思路

- 无线通信宽带预测，适应内容管理需求
- 针对视频内容的预缓存、缓存决策的协同

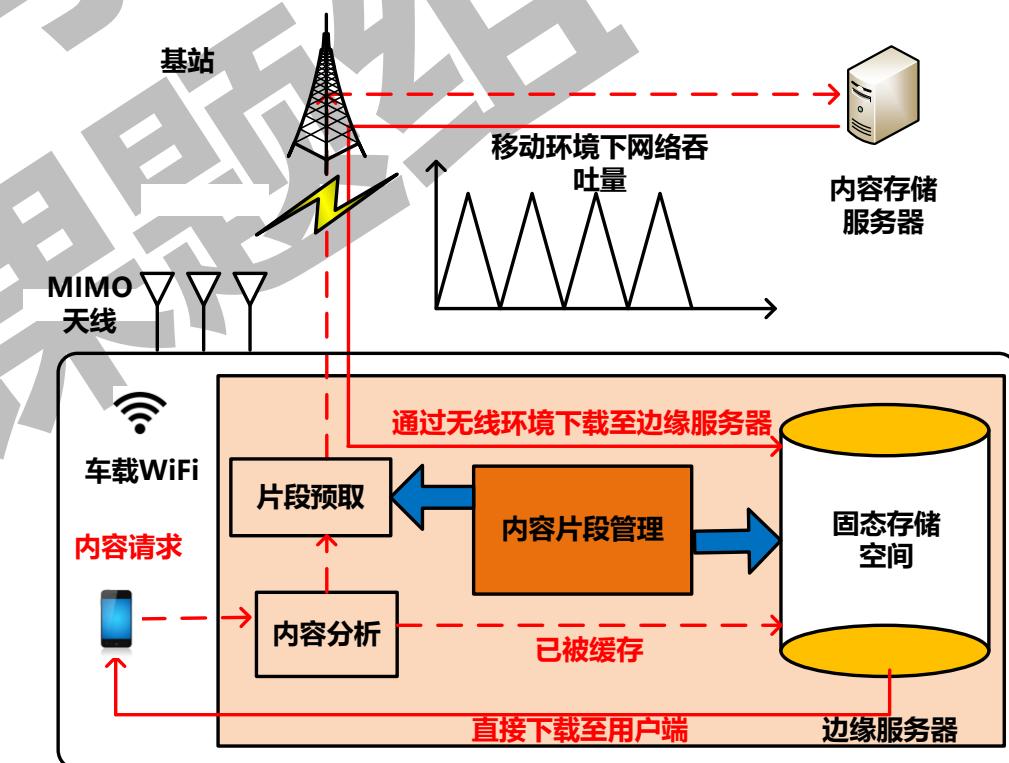
基于移动边缘的内容缓存及预取综合优化



无线通信带宽预测

内容解析决策
(预缓存/缓存)基于流行度的
存储空间管理

提升热门内容预测精度，促进边缘缓存效率



论文1: Enhancing Video QoE Over High-speed Train Using Segment-based Prefetching and Caching. **IEEE Multimedia** 2019年度IEEE计算机学会最佳论文奖 (全球11+7篇)

论文2: Online Scheduling Unbiased Distributed Learning over Wireless Edge Networks. **IEEE ICPADS 2021 IEEE ICPADS最佳论文奖 (大会唯一)**

课题方向：智能交通运力共享

数据传输

智能计算

环境感知

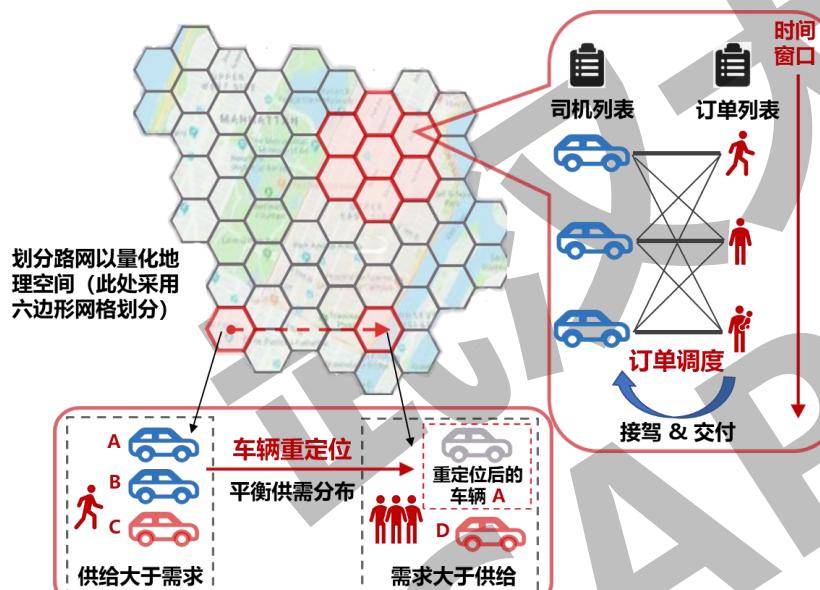
问题

- 拼车环境高度随机，订单响应慢
- 模型训练复杂，决策适应性及鲁棒性差

思路

- 基于近似动态规划的拼车订单匹配
- 基于双向剪枝及强化学习的车辆调度

基于近似动态规划的拼车订单匹配



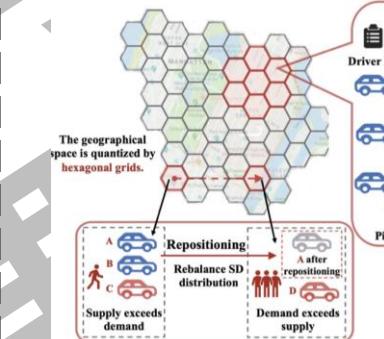
基于图论的可行行程生成

基于神经网络的参数逼近，实现订单匹配

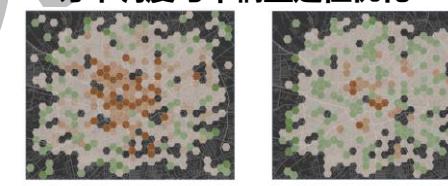
闲置车辆的重定位

设计自适应的订单匹配系统，优化车辆重定位

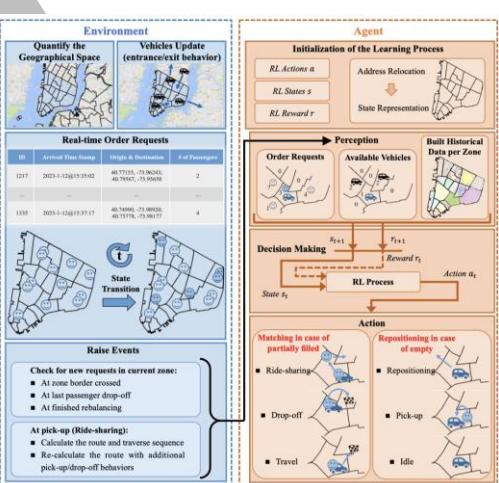
基于双向剪枝和强化学习的拼车车辆调度



订单调度与车辆重定位优化



重定位策略缓解需求与供给不匹配情况



基于MDP模型的近似动态规划框架

基于车辆剪枝求取潜在调度对

强化学习框架实现调度决策优化

基于潜在调度需求，设计实时车辆调度框架

论文 1: Adaptive Dynamic Programming for Multi-Driver Order Dispatching at Large-Scale. IEEE TCCN 2024

论文 2: Deep Reinforcement Learning for Dual-Side Pruning-based Ride-sharing Vehicle Dispatching. Prepared for Submission

课题方向：车载边缘智能计算

数据传输

智能计算

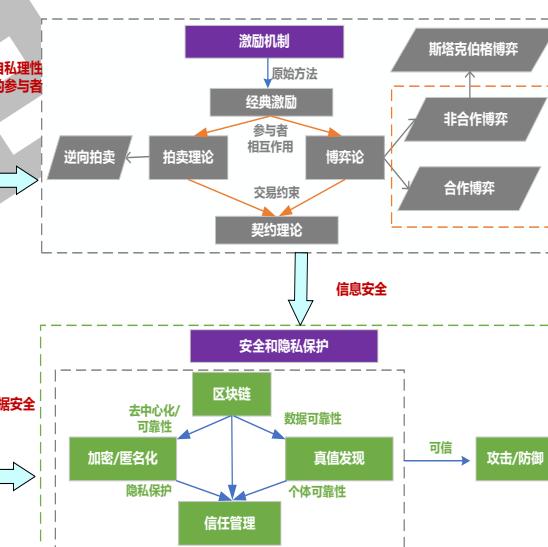
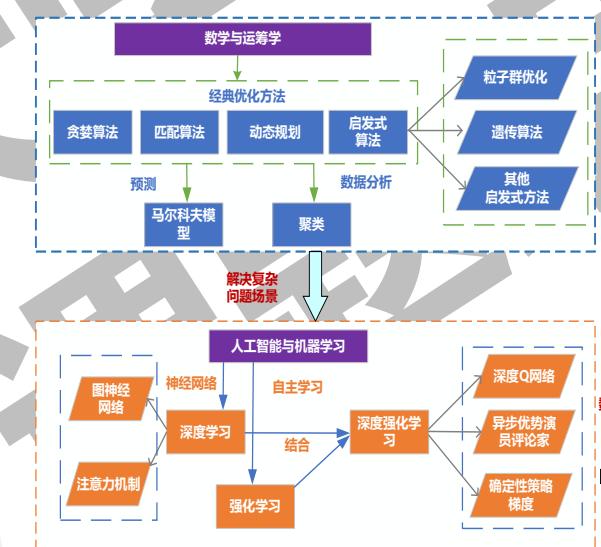
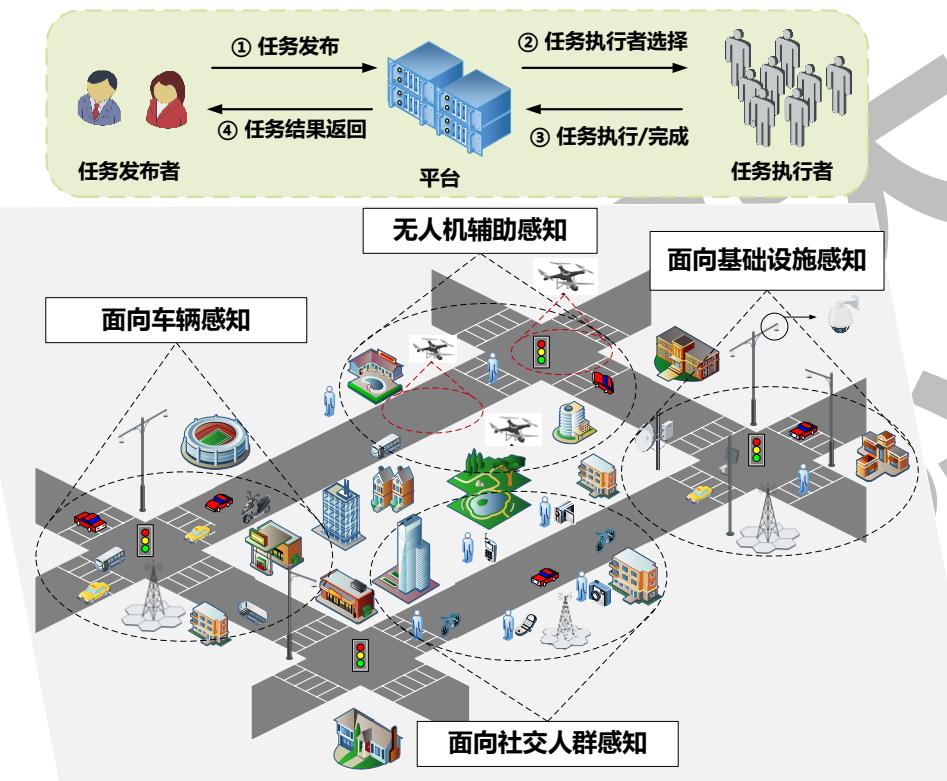
环境感知

问题

- 群智感知在智慧城市中应用广泛，缺乏系统性梳理
- 构建高效协同的城市感知体系缺乏系统性指导

思路

- 从城市中不同类型感知实体视角进行分类和归纳
- 基于四大技术角度对现有研究进行总结与分析



面向三大感知实体分类

四大技术类型归类总结

城市应用场景分析

未来潜在研究方向



回顾和总结现有研究，确定未来研究的潜在方向，探索与其他领域结合的机会。

课题方向：智能交通群智感知

数据传输

智能计算

环境感知

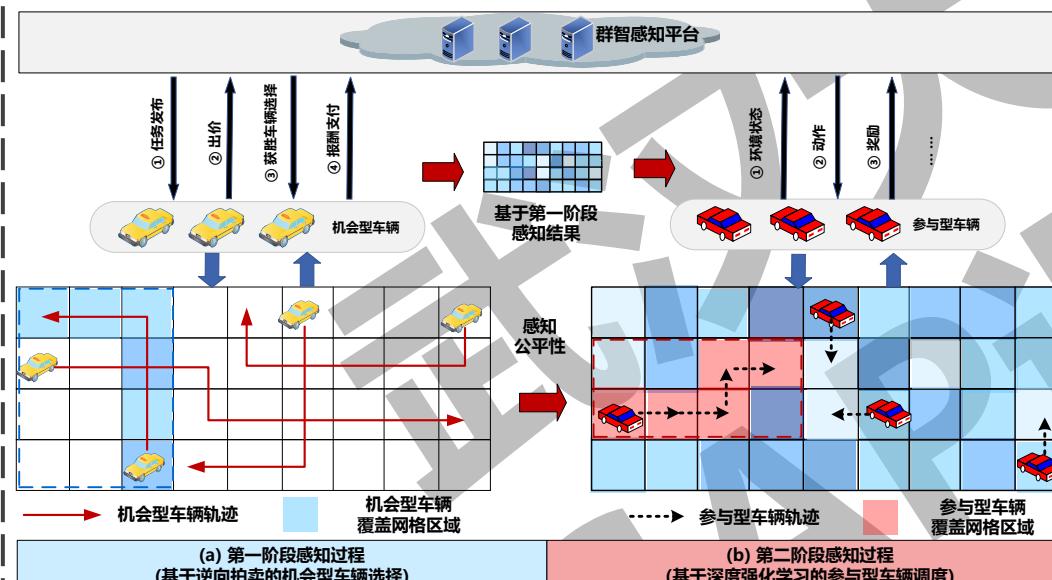
问题

- 难以利用不同类型感知车辆的特点
- 无法保证不同区域感知任务完成状况

思路

- 基于反向拍卖的机会型车辆选择，降低感知成本
- 激励驱动的参与型车辆轨迹调度，保证感知公平性

基于感知公平性的两阶段混合感知方法

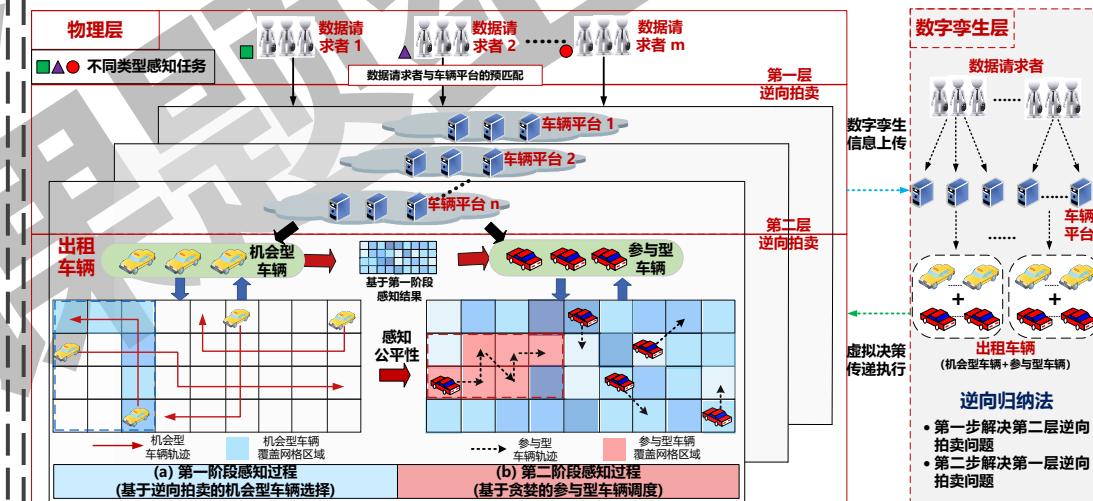


基于反向拍卖的机会型车辆选择

基于深度强化学习的参与型车辆轨迹调度

提升感知公平性，最小化车辆平台开销

面向多感知平台的数字孪生驱动的双层反向拍卖方法



请求者/异构平台匹配

三者间双层反向拍卖

两阶段混合车辆感知

数字孪生驱动逆向归纳

保证感知公平性同时，最小化参与个体开销

论文1: Fairness-aware Two-stage Hybrid Sensing Method in Vehicular Crowdsensing. IEEE TMC 2024

论文2: DRAM: Digital Twin-Driven Double-Layer Reverse Auction Method for Multi-Platform Vehicular Crowdsensing. IEEE TMC 2025

课题方向：智能交通目标检测

数据传输

智能计算

环境感知

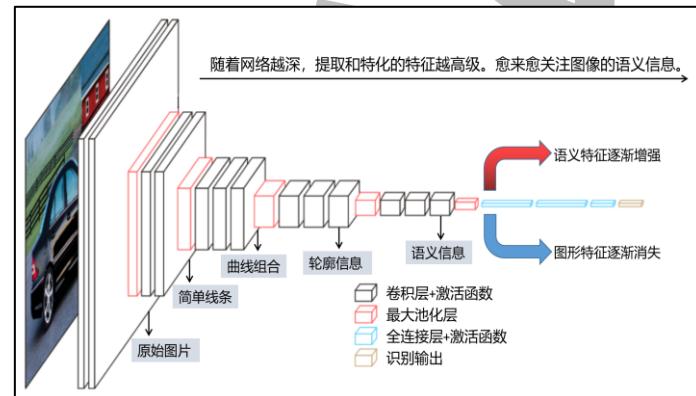
问题

- 无人机视角道路场景检测困难
- 驾驶场景交通标识识别效果不佳

思路

- 融合深度卷积模块与损失函数，构建目标检测系统
- 引入注意力机制，建立空中动态目标特征提取网络

基于Transformer的自动驾驶目标检测系统

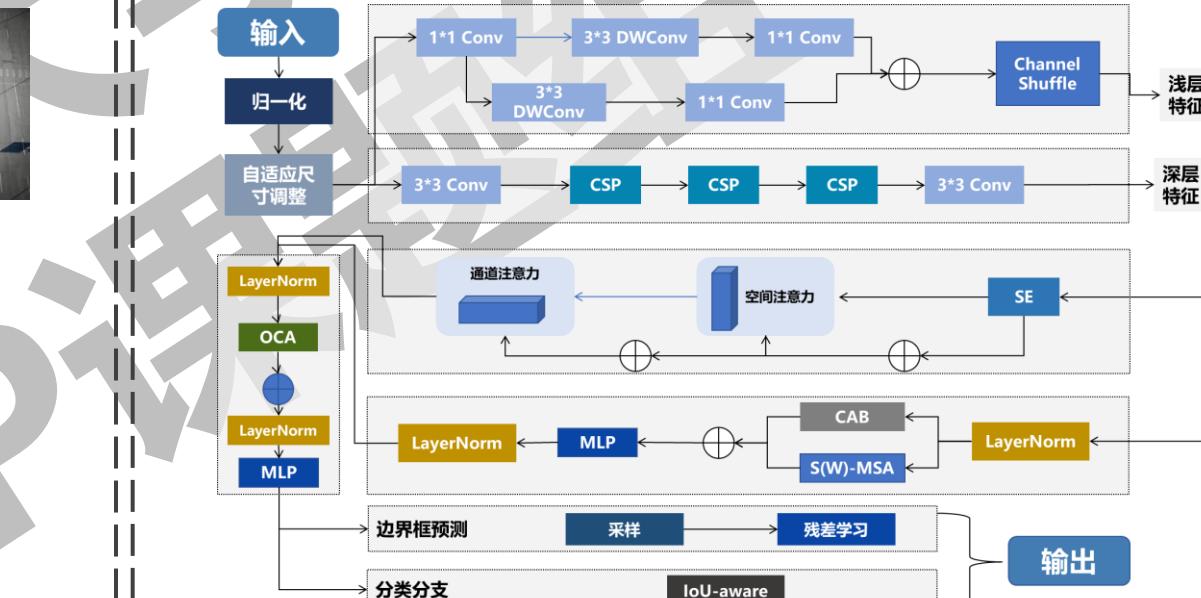


高效准确
空中图像
特征提取

边缘计算
轻量卷积
实时处理

设计轻量化特征提取模块，提升处理效率

基于YOLO网络的无人机目标检测系统



双向路径
特征解耦
检测框架

混合注意
力的特征
增强机制

轻量化与
高效推理
优化策略

复杂无人
机场景验
证与解析

基于混合注意力与高效优化策略设计双路径轻量化框架

网络通信相关支撑成果

荣誉奖项

1. 2025, 中国商业联合会-全国服务业科技创新奖 (一等奖) “面向分布式能源优化运行的云边端协同方法与应用”
2. 2023, 中国商业联合会-全国服务业科技创新奖 (一等奖) “面向人机物三元融合的云边协同资源调度关键技术及其应用”
3. 2022, 中国通信企业协会-ICT中国创新奖 “基于多维可控的智能交通网联化管控运维创新技术与应用”



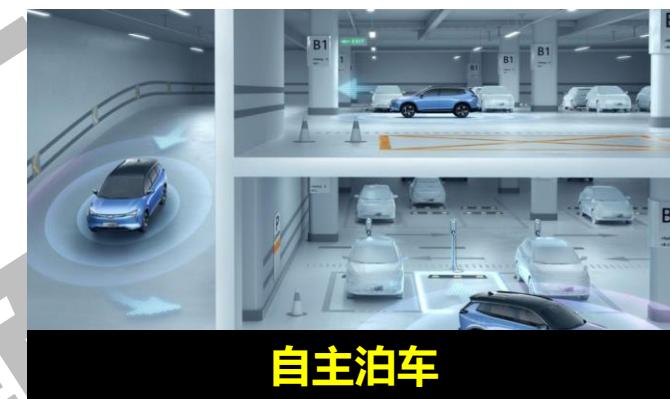
学术专著

1. Tiancheng Li, Junkun Yan, **Yue Cao** and Javier Bajo. “Intelligent Sensors for Positioning, Tracking, Monitoring, Navigation and Smart Sensing in Smart Cities” . **MDPI Book**, March, 2021.
2. 赵俊涅, 温森文, 赵楠, 王朝伟, **曹越**, 徐乐西. “新质生产力-数字经济发展新动能” . **人民邮电出版社**, April, 2024.
3. Yongdong Zhu, **Yue Cao***, Wei Hua and Lexi Xu. “Communication, Computation and Perception Technologies for Internet of Vehicles” . **Springer**, December, 2023.



学术专著

1. YD/T 3758.12-2024, 电信数据服务平台 第12部分: 预警救灾应用技术要求 (2024)
2. YD/T 3758.13-2024, 电信数据服务平台 第13部分: 高校校园管理应用技术要求 (2024)
3. YD/T 3758.11-2023, 电信数据服务平台 第11部分: 区域规划洞察应用技术要求 (2023)



武汉大学

课题方向：信息化智能充电服务管理

智能充电

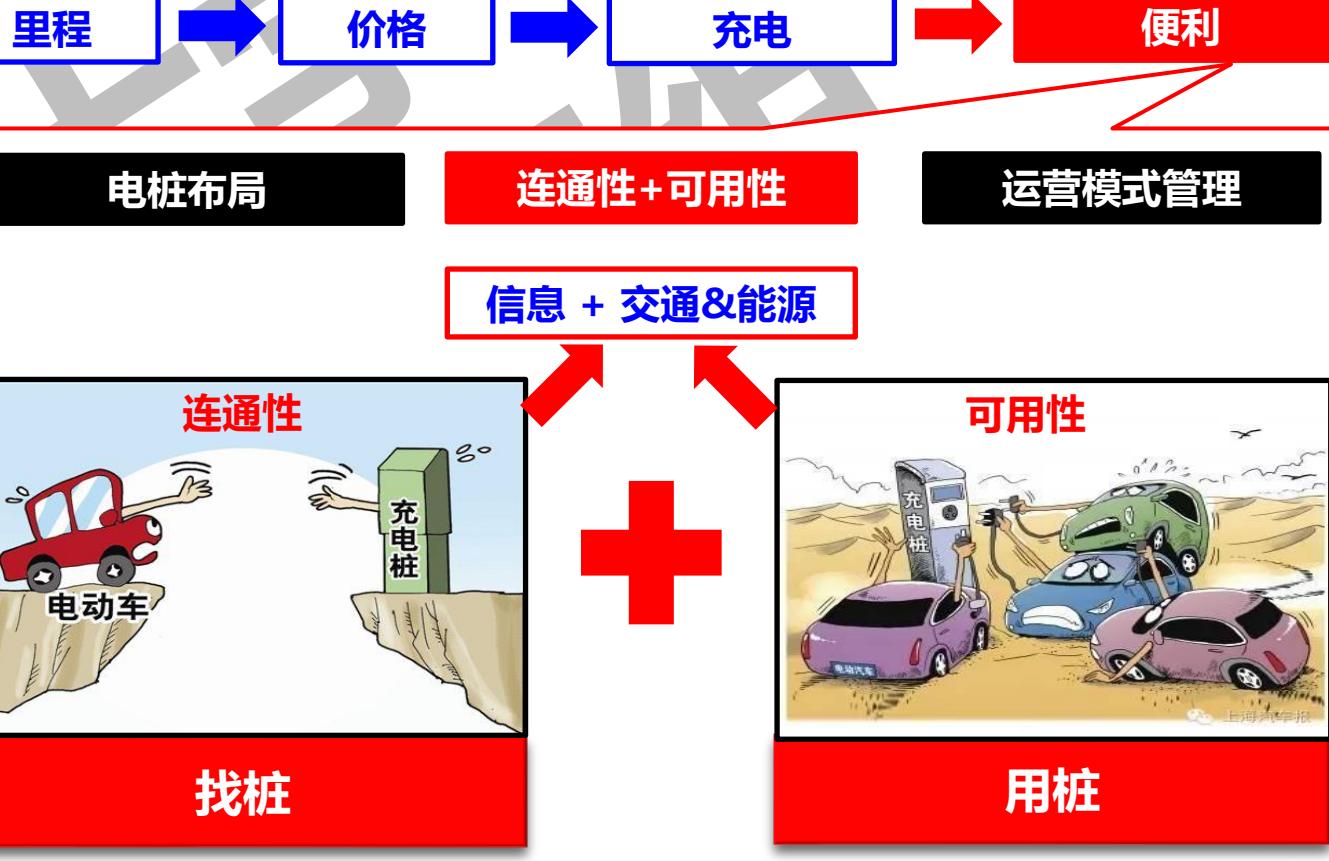
智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

新能源汽车产业需求及发展历程



课题方向：信息化智能充电服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

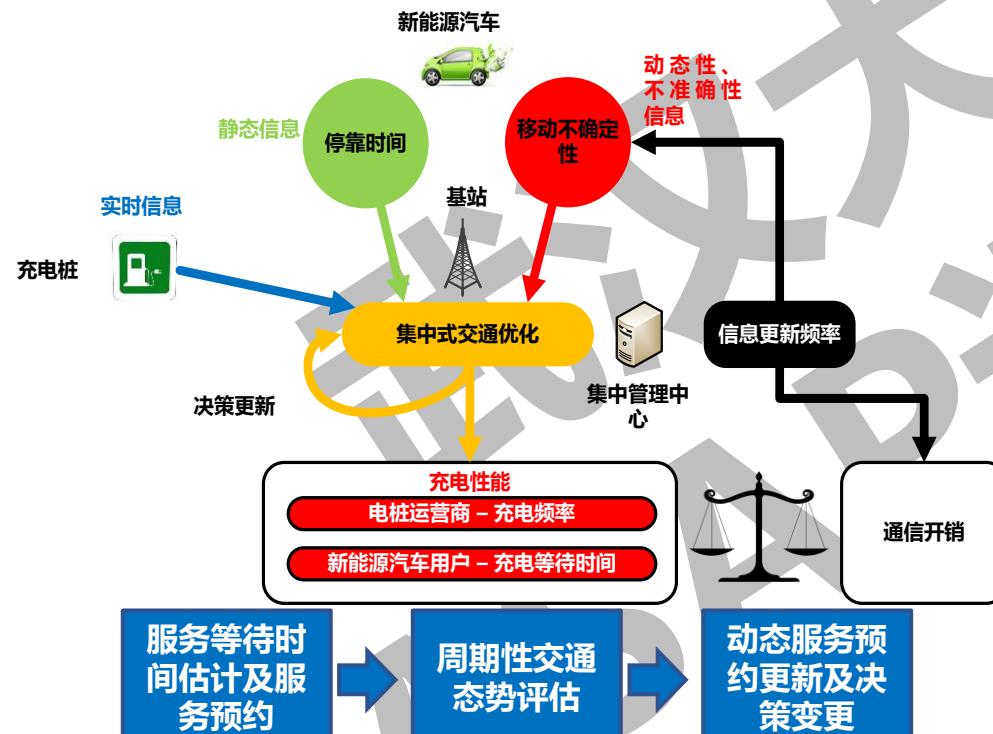
问题

- 充电需求时空并发、设施服务能力有限
- 交通态势随机，导致车辆移动不确定性

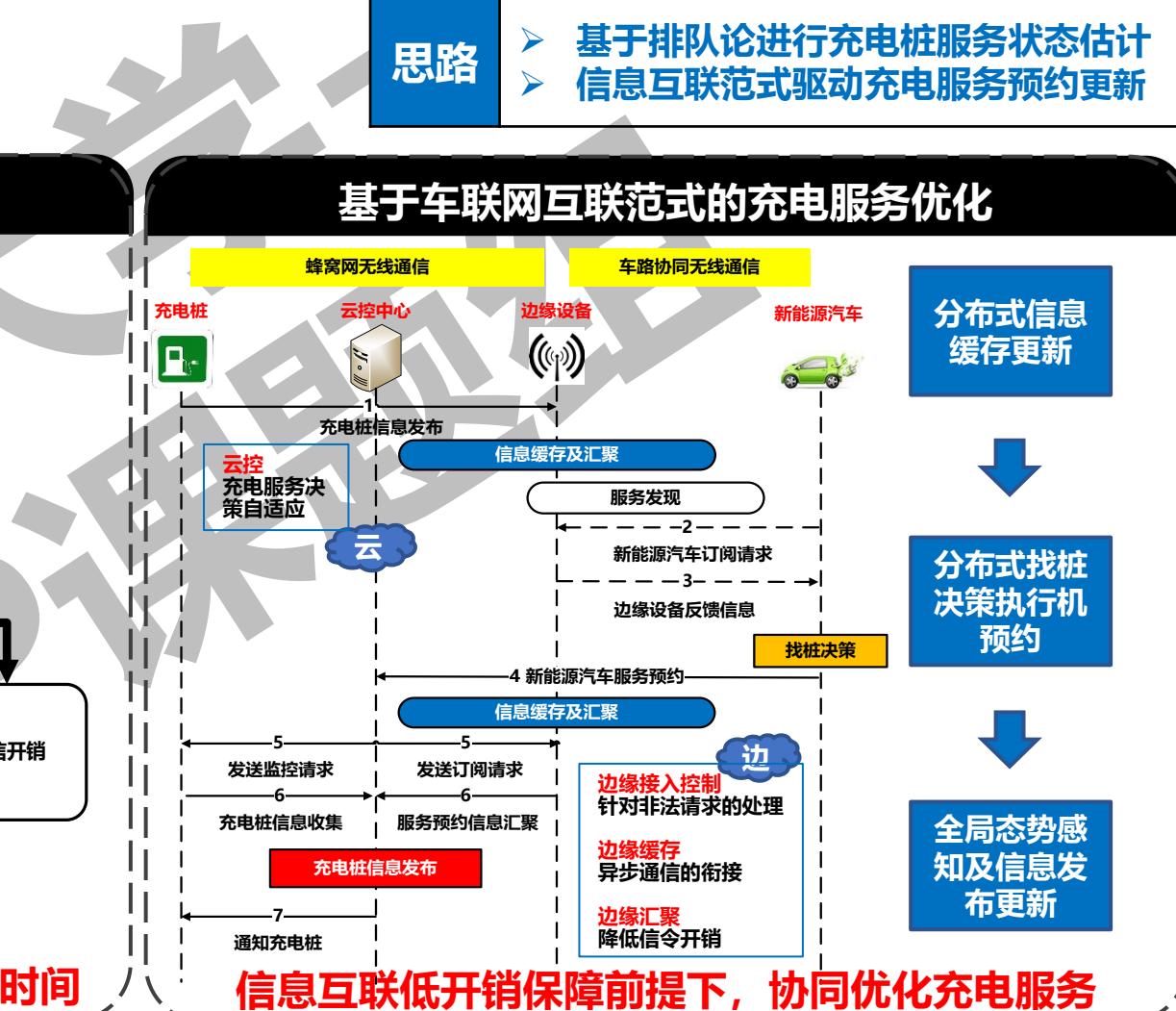
思路

- 基于排队论进行充电桩服务状态估计
- 信息互联范式驱动充电服务预约更新

基于交通态势解析的动态充电服务预约更新



基于车联网互联范式的充电服务优化



交通拥堵导致通行不确定条件下，降低充电等待时间

信息互联低开销保障前提下，协同优化充电服务

论文1: Towards User-friendly Energy Supplement Service Considering Battery Degradation Cost. IEEE TSMC: Systems 2018

论文2: A Coordinated Battery Swapping Service Management Scheme Based on Battery Heterogeneity. IEEE TVT 2017

课题方向：信息化智能换电服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流



- 建站成本低，短期更为可行
- 慢充等待时间长
- 快充电池损害高

- 前期投入成本高
- 极大地缩短服务等待时间
- 电池统一维护，延长使用寿命
- 根据电网负载，动态调整电池充电，实现削峰填谷

中国工程院院士 孙逢春：换电将来会是能量补充主要的技术路线之一

课题方向：信息化智能换电服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

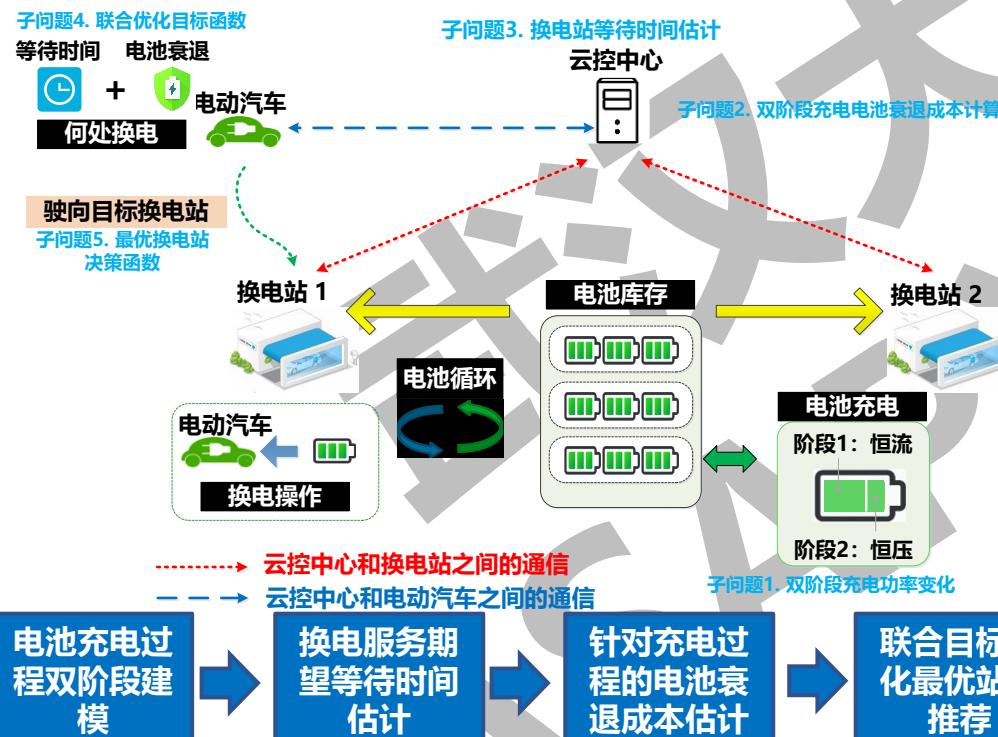
问题

- 电池衰退成本建模少、刻画难
- 换电需求不统一、管理复杂

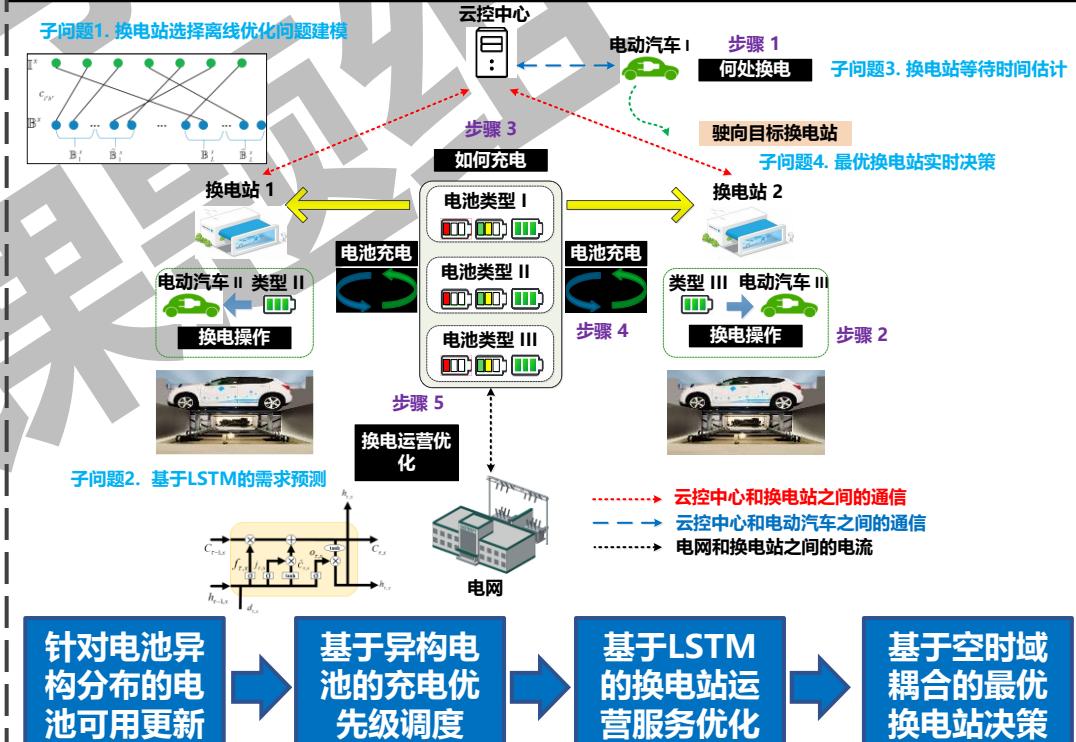
思路

- 基于电池衰退成本的多队列动态更新
- 基于空时域协同的实时多目标联合优化决策

基于电池退化成本估计的换电服务优化



基于电池异构分布的换电服务协同优化



用户服务满意度保证前提下，降低电池退化成本

平衡电池充电优先级，协同优化空时域服务需求

论文1: Towards User-friendly Energy Supplement Service Considering Battery Degradation Cost. Elsevier Energy 2022

论文2: A Coordinated Battery Swapping Service Management Scheme Based on Battery Heterogeneity. IEEE TTE 2023

课题方向：“车-车”互充电能交互服务管理

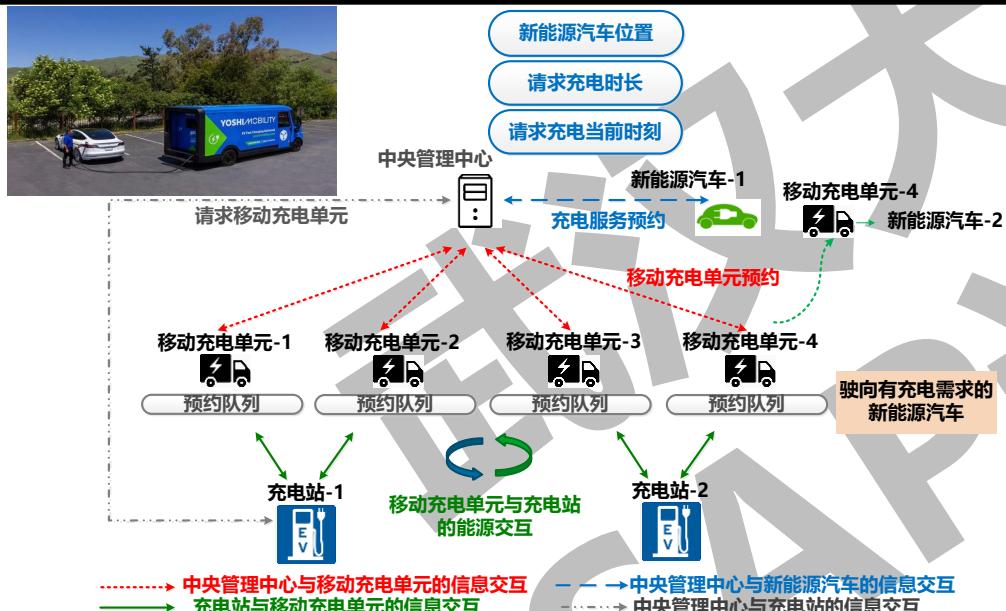
问题

- 汽车补能需求时空分布不均
- 移动补能车辆时空匹配时效差

思路

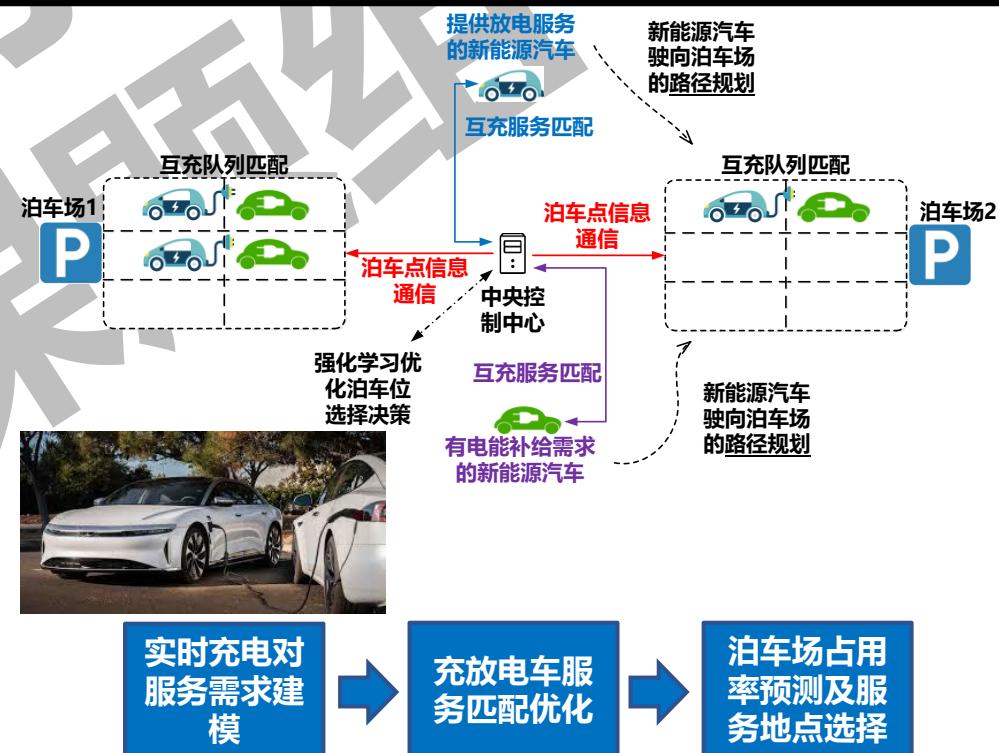
- 基于优化约束的充电路径规划
- 基于“车-车”时空分布的共享匹配

基于充电预约的移动充电最优任务分配



充电最晚延迟约束下，降低移动充电车部署及寻路

基于停车约束的P2P能源共享服务优化



车辆停车时长约束下，最大化能源共享效率

论文1：Mobile Charging as a Service: A Reservation-Based Approach. IEEE TASE 2020

论文2：A Reservation-Based Vehicle-to-Vehicle Charging Service under Constraint of Parking Duration. IEEE SJ 2023

课题方向：“车-车”互充电能交互服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

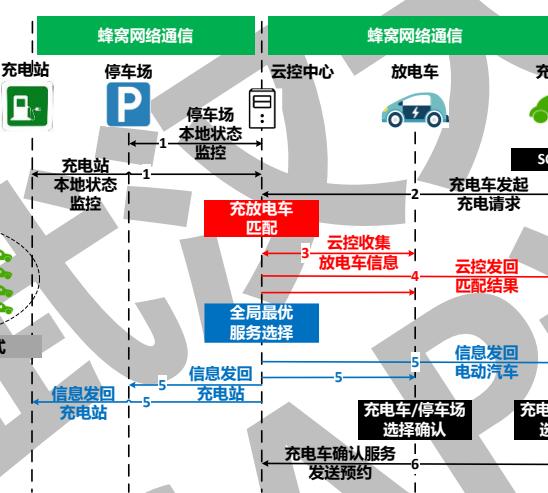
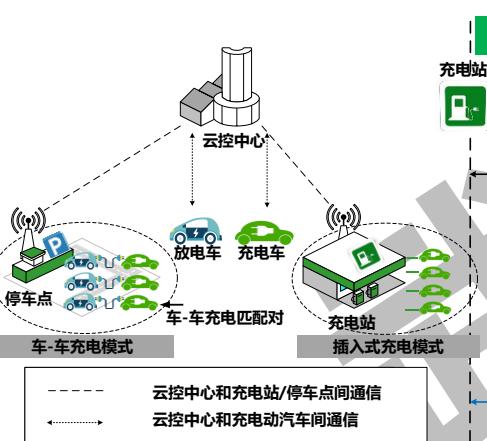
问题

- 传统充电模式难以满足差异性
- 停车充电受固定设施位置限制

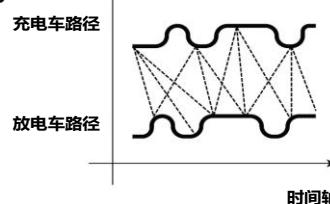
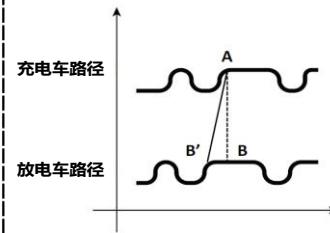
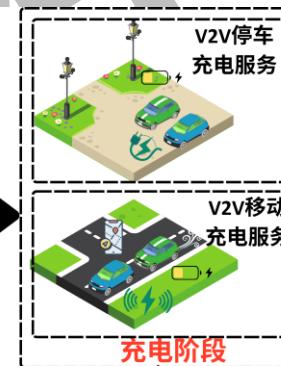
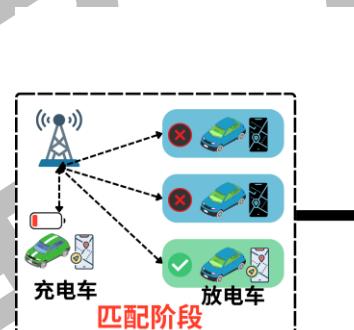
思路

- 多维层次分析评估下的多模式充电间互补
- 混合与移动服务框架下的充电路径匹配

基于层次分析法的最优混合充电服务推荐



基于动态规整路径相似度匹配的混合车车互充框架



车车互充与
插入式充电
服务建模

基于AHP的
充电损失估
计

混合模式下
最低充电损
失决策检索

全局最佳服
务决策推及
预约

停车和移动
车车互充
服务建模

动态时间规
整的路径相
似度匹配

全局最优车
车互充服务
选择

路径调整最
大化充电服
务时长占比

优化充电服务选择灵活度，降低充电成本

增加移动充电服务时长占比，提升服务灵活性

论文1: Towards Reservation-based E-Mobility Service via Hybrid of V2V and G2V Charging Modes. Elsevier Energy 2023

论文2: 面向智能交通场景的V2V充电服务优化研究综述. 物联网学报 2024

课题方向：长程自主泊车服务管理

问题

- 高级自动化共享出行服务场景复杂
- 端到端全程出行优化问题建模缺乏

思路

- 泊车场、卸/载客点布署优化
- 卸/载客点选择决策优化、泊车位管控优化

基于L4级自动驾驶场景的长程自主泊车管理

- 侧重Level-4a场景, 依靠路侧边缘计算能力, 驱动关键路口的协同性
- 卸客/载客点的选择优化, 需满足用户出行便利性
- 泊车点选择优化的经济性



自主代客泊车经历系列的发展：

- 1b级, 用户需要完全监督泊车行为;
- 2级与3级, 用户可以通过智能设备监控整个泊车过程;
- 4级, 用户在泊车场入口处离开车辆;

进一步地, 根据用户对下车地点与泊车地点之间的要求, 自主代客泊车可以分为短程自主代客泊车与长程自主代客泊车。



自主代客泊车的发展阶段

论文1: From Smart Parking Towards Autonomous Valet Parking: A Survey, Challenges and Future Works. Elsevier JCNA 2021

论文2: Reservation Enhanced Autonomous Valet Parking Concerning Practicality Issues IEEE SJ 2022

课题方向：长程自主泊车服务管理

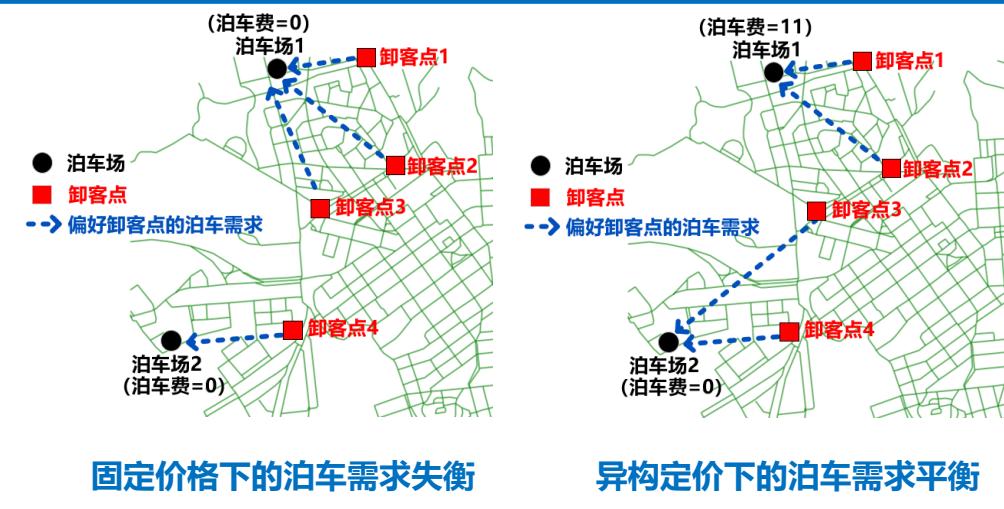
问题

- 泊车请求时空并发、旅途衔接难
- 需求受制地理拓扑、分布不均衡

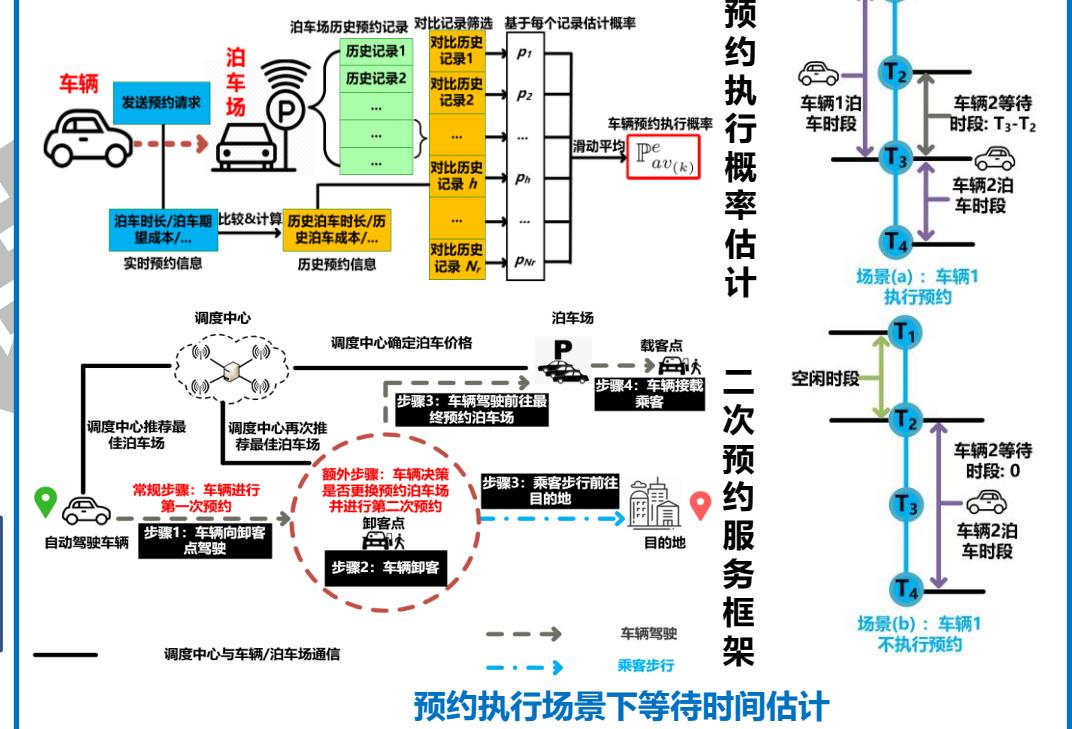
思路

- 基于预约执行概率与二次预约框架的泊车推荐
- 基于偏好卸客点数量迭代平衡的异构初始定价

基于二次预约与异构定价的长程自主泊车服务优化



提高泊车成本估计精度，平衡车辆泊车需求



课题方向：虚假数据注入攻击鲁棒的换电泊车服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

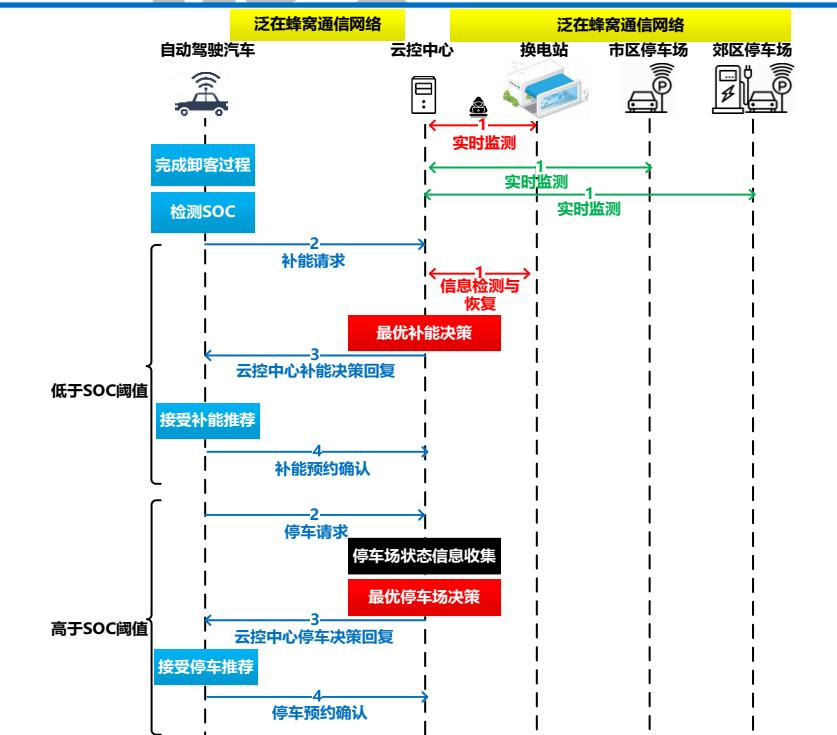
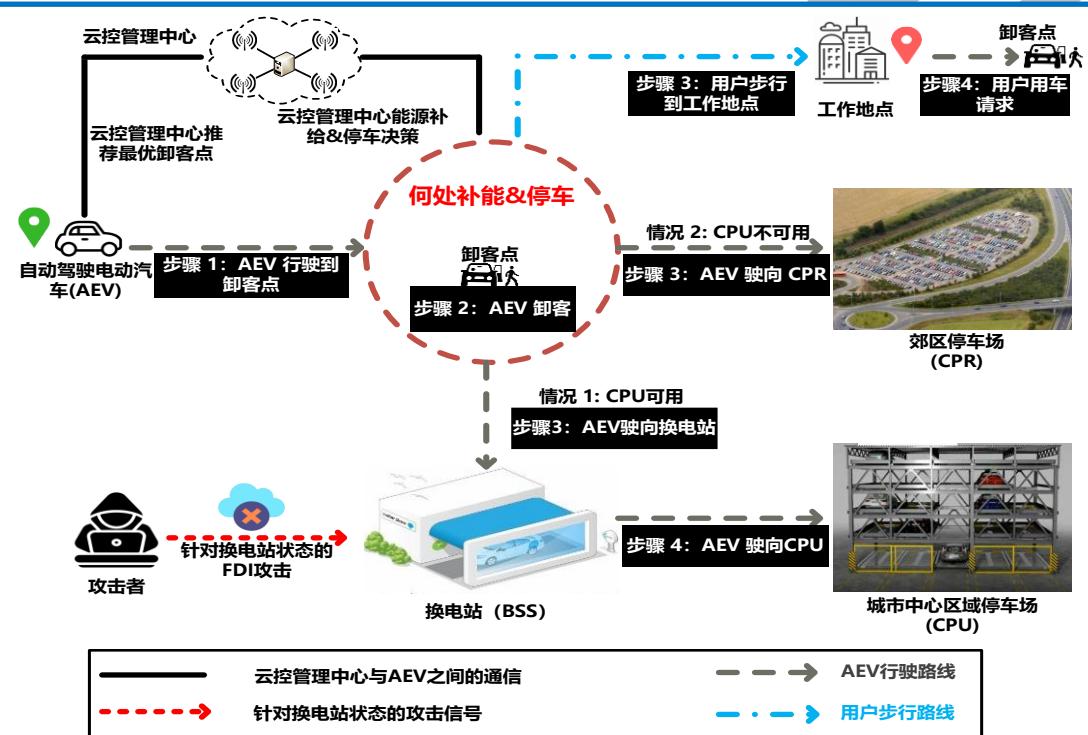
问题

- 泊车补能需求多样、模型难泛化
- 抗攻击能力差、需求响应能力不足

思路

- 基于充电与换电混合补能方式的泊车协同决策
- 基于多阶段的换电站状态信息攻击检测与恢复

考虑恶意攻击的自动驾驶电动汽车泊车补能一体化服务



实现用户用车需求及时响应，缓解补能服务拥塞，完成攻击检测与信息恢复

论文1: A Battery Swapping Service Management System Reliability-Based Design Concerning Station Information Delay. IEEE TCE 2025

论文2: An Integrated Framework on Autonomous Valet Parking and Battery Swapping Service Considering Malicious Attack. IEEE TTE 2025

课题方向：空地协同物流服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

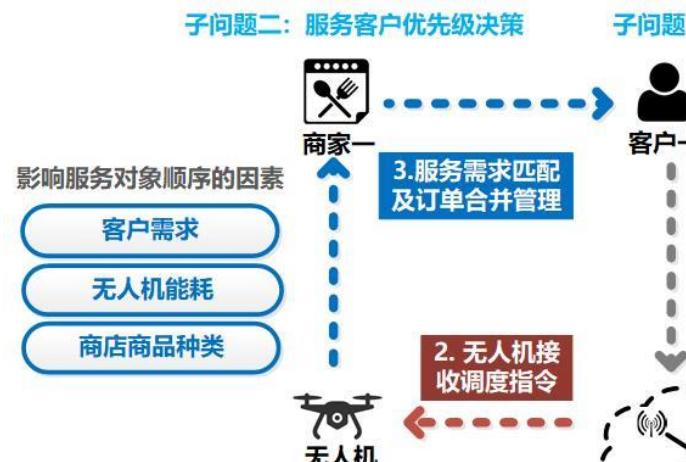
问题

- 配送需求异构、服务顺序不定
- 区域联合配送调度复杂、效率低

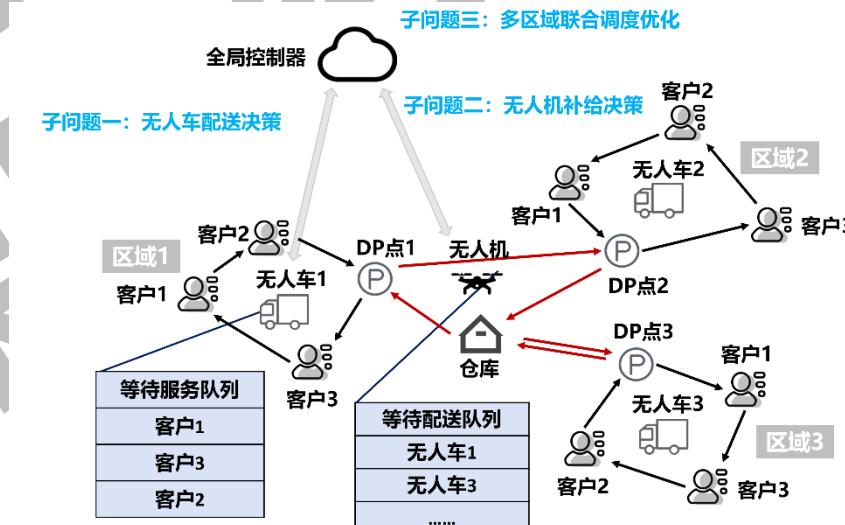
思路

- 基于服务特征的订单合并配送调度优化
- 基于空地协同的联合区域配送服务优化

基于订单服务特征的配送调度优化



基于空地协同配送的服务调度优化



基于无人机配送的服务模式设计

基于可用时间预测的无人机调度

基于配送需求解析的优先级判定

基于订单特征的配送合并

降低无人机配送成本，满足客户服务需求

基于空地协同配送的服务模式设计

基于需求的无人车配送优先级判定

基于需求的无人机补给优先级判定

基于区域联合的服务优化调度

减少无人车配送延迟，提供客户服务

论文1：An Efficient Scheduling Scheme for Unmanned Aerial Vehicle Instant Delivery. IEEE ICC 2023

论文2：An Air-Ground Cooperative Real-Time Delivery Scheme Based on Joint Scheduling. IEEE SMC 2024

课题方向：空地协同物流服务管理

智能充电

智能换电

电能共享

自主泊车

低空物流

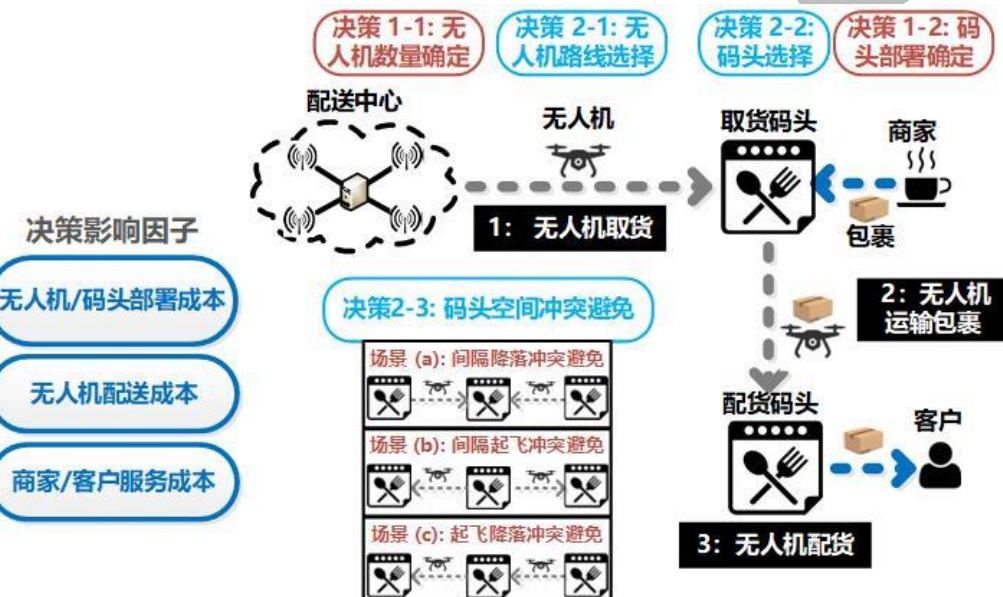
问题

- 无人机起降空间冲突存在垂直空间冲突
- 无人机配送时间窗灵活性缺失

思路

- 结合蚁群算法的配送调度优化
- 结合客户特征的价格时间调整

结合码头选择的配送调度优化



结合价格调整的配送调度优化

按需无人机配送服务	
输入 1	取货/送货节点选择
取货节点列表	节点 1 节点 2(P) ...
送货节点列表	节点 3 节点 4(P) ...
输入 2	配送信息输入
时间偏好	立即配送
时间窗限制	30分钟
包裹价值	20¥
输出	提供服务信息
预期配送时间	9~9:30am
配送费	2¥
输入 3	服务确认
是否接受提供的配送服务?	是@ 否



基于双层规划的无人机 / 码头部署

基于任务需求的无人机路线选择

基于蚁群算法的配送码头选择

基于Q值学习的码头冲突避免决策

基于实时配送需求的客户服务设计

基于A2C算法的价格/时间窗调整

基于BBO算法的无人机任务分配

基于近似动态规划的任务顺序调度

降低无人机飞行时间，避免码头空间冲突

减少无人机配送成本，提供客户满意价格与时间窗

论文1: A real-time UAV delivery system considering dock selection and spatial conflict. Elsevier ESWA 2025

论文2: A Reinforcement Learning Method for UAV Delivery Scheduling under Dynamic Pricing. IEEE TCCN 2025

决策优化相关支撑成果

荣誉奖项

1. 2024, 新绿杯”信息通信行业赋能碳达峰碳中和创新大赛-北部区域赛（二等奖）“**绿色低碳交通安全与共享出行创新应用平台**”
2. 2024, 中国通信工业协会-人工智能优秀案例 “**AI赋能空地立体交通数字化协同服务与安全管控创新应用**”
3. 2023, 中国国际大数据产业博览会-领先科技成果 “**面向车城数据融合的智能服务与应用**”
4. 2023, 武汉市江岸区-**<人工智能赋能智慧城市>最具价值奖 “智能网联静态泊车技术研发”**
5. 2023, 中国静态交通行业创新大赛-提名奖 “**数字孪生智慧网联泊车云管理平台**”

学术专著

1. Max Eiza, **Yue Cao** and Lexi Xu. “Towards Sustainable and Economic Smart Mobility: Shaping the Future of Smart Cities” . **World Scientific**, June, 2020.
2. **Yue Cao**, Yuanjian Zhang and Chenghong Gu. “Automated and Electric Vehicle: Design, Informatics and Sustainability” . **Springer**, October, 2022.
3. Tiancheng Li, Junkun Yan, **Yue Cao** and Javier Bajo. “Intelligent Sensors for Positioning, Tracking, Monitoring, Navigation and Smart Sensing in Smart Cities” . **MDPI Book**, March, 2021.
4. Max Eiza, **Yue Cao** and Lexi Xu. “Towards Sustainable and Economic Smart Mobility: Shaping the Future of Smart Cities” . **World Scientific**, June, 2020.





智能网联汽车网络安全



车内网络安全



Drones And
Cyber Security

无人机网络安全



工业控制网络安全

AP 課程

课题方向：车联网通信签密

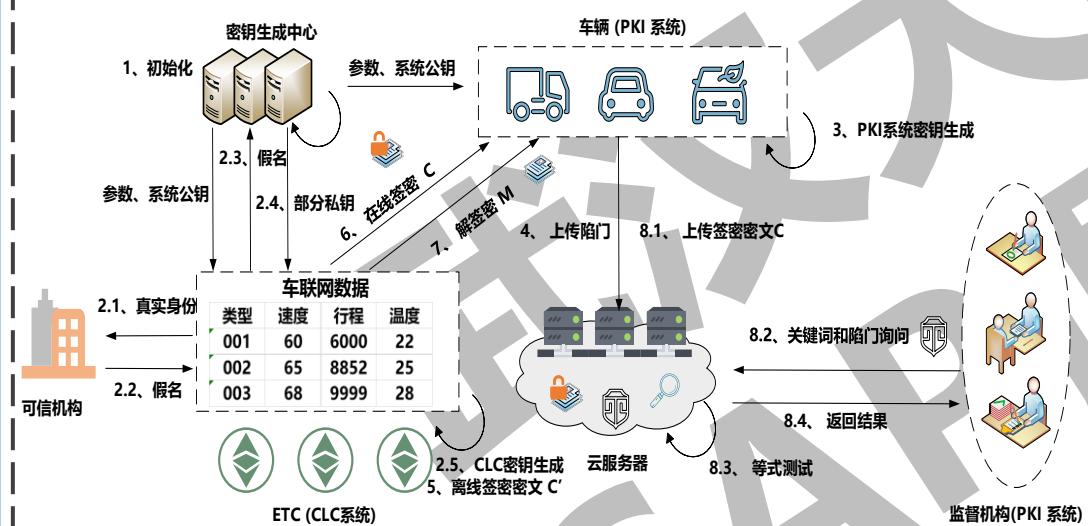
问题

- 异构签密时间开销较高
- 动态车辆密钥更新困难

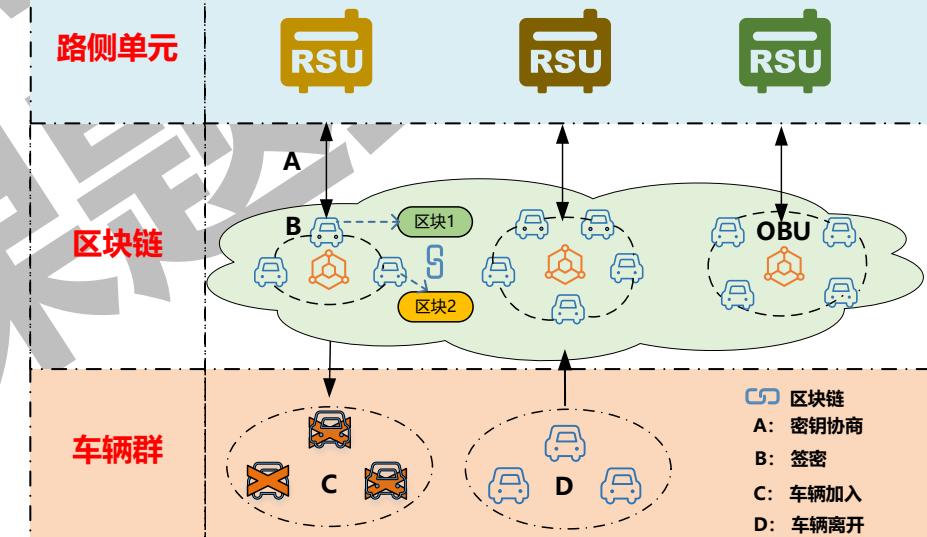
思路

- 引入在线/离线异构签密机制
- 基于中国剩余定理的密钥协商

基于在线/离线异构签密的安全通信优化



基于中国剩余定理的签密密钥协商通信技术



异构设备密码
系统评估

在线/离线机
制安全研究

在线/离线异
构签密构造

保证异构签密前提下，降低签密计算开销

域内车辆密钥
更新

链外密钥协商
链上签密通信

基于区块链的
签密密钥协商
动态优化

域内车辆动态更新密钥，协同优化车联网服务需求

论文1: An Efficient Online/Offline Heterogeneous Signcryption Scheme with Equality Test for IoVs. IEEE TVT 2023

论文2: CASKA-CRT: Chinese Remainder Theorem Empowered Certificateless Aggregate Signcryption Scheme with Key Agreement in IoVs. IEEE TIV 2024

课题方向：车联网通信签密

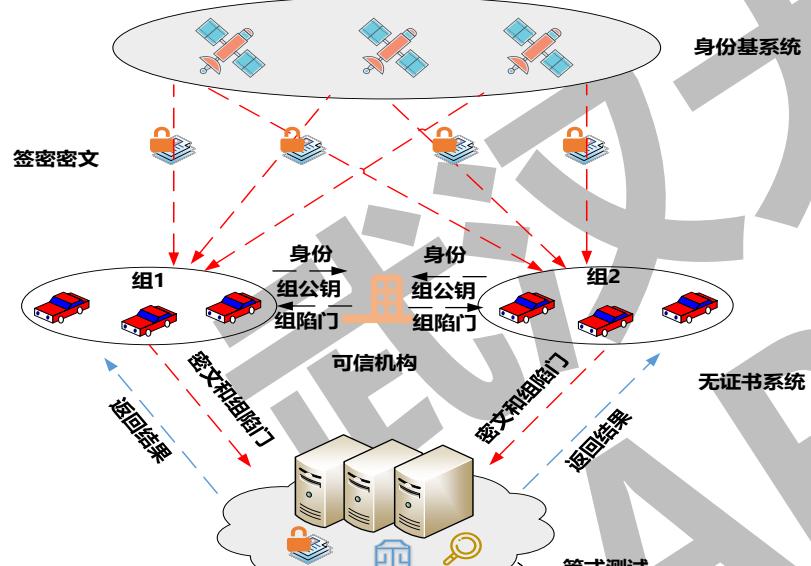
问题

- 密文传输可用性低
- 群组传输密文检索困难

思路

- 构建群组等式测试与异构签密机制
- 融合等式测试与异构广播签密方法

考虑群组等式测试的异构签密技术



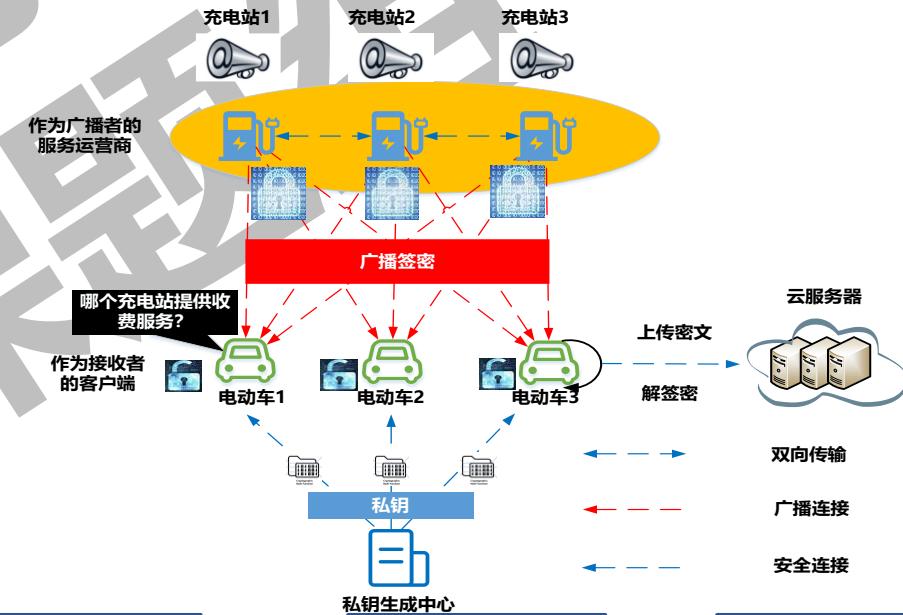
接收方车辆密
码系统分析

群组等式测
试机制评估

群组等式测试
异构签密构造

高密文可用性的群组数据检索机制

基于等式测试的异构广播签密技术



交互设备安全
需求分析

异构广播签密
机制融合

基于等式测试
的异构广播签
密安全证明

高效率数据广播传输机制

论文1: Group Heterogeneous Signcryption Scheme with Equality Test for Satellite-enabled IoVs. IEEE IoTJ 2023

论文2: Heterogeneous Broadcast Signcryption Scheme with Equality Test for IoVs. IEEE TVT 2024

课题方向：换电服务异构签密及激励机制

数据安全

信任管理

入侵检测

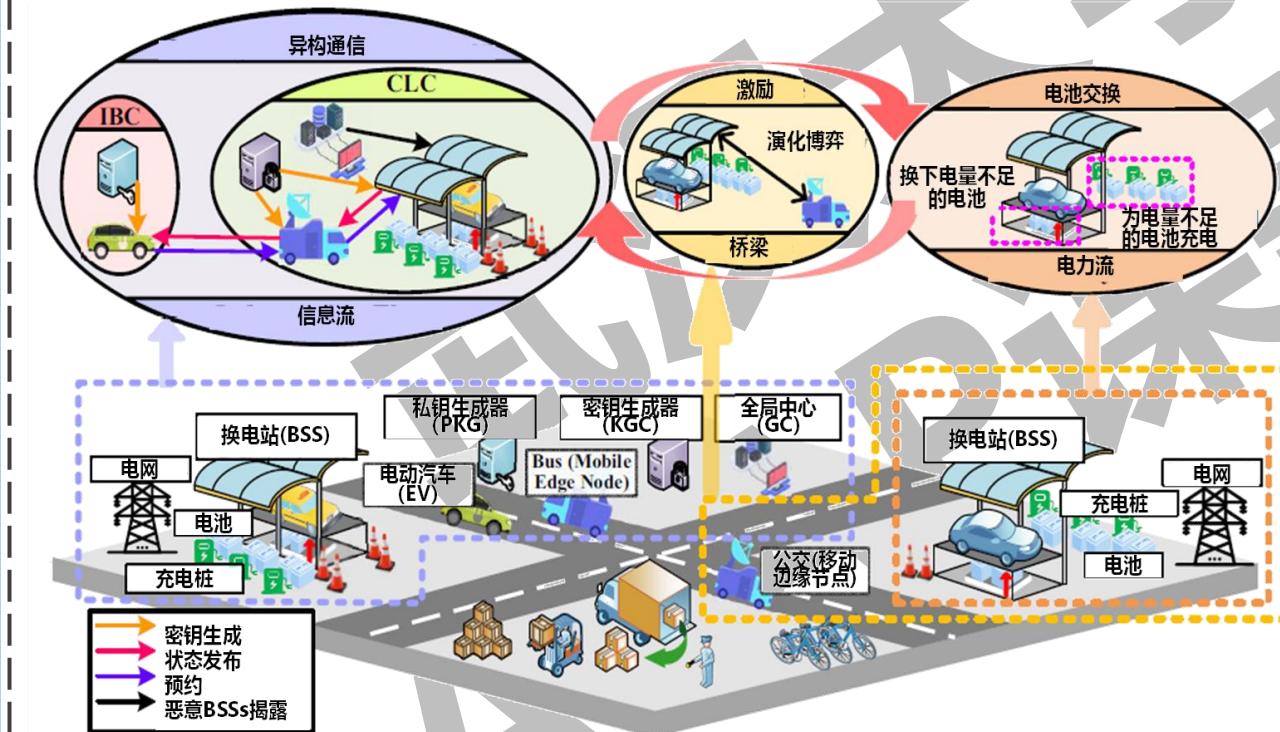
问题

- 多源、异构安全通信受阻，海量消息验证效率低
- 车网融合场景跨层管理实体演化趋势不同

思路

- 基于签密、聚合、批量验证，实现安全高效异构签密
- 基于跨层实体的行为策略和演化趋势，设计激励机制

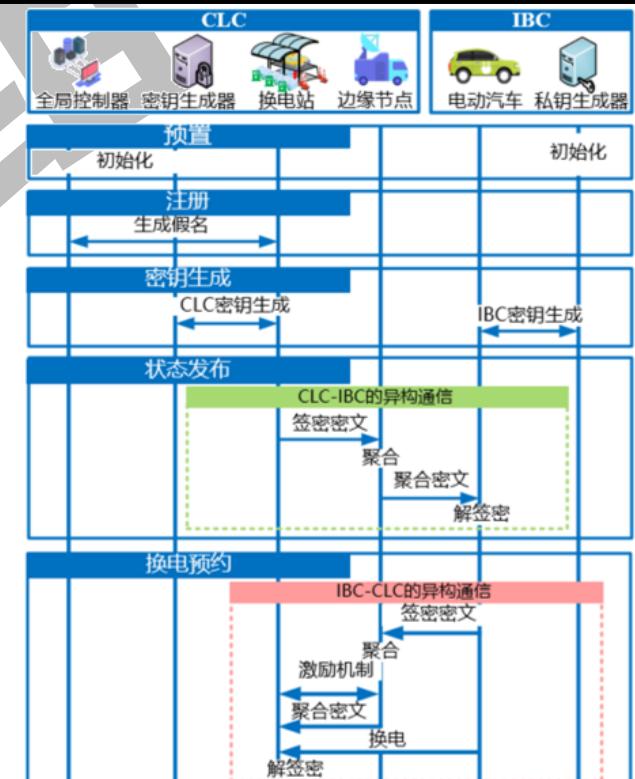
面向换电预约服务的安全异构签密和激励机制



异构签密研究

聚合签密和批验证研究

演化博弈研究



实现支持条件隐私保护的双向异构聚合签密，推动跨层实体数据共享的激励机制

论文：Secure Battery Swapping: A Reservation Scheme with Conditional Privacy-Preserving Bidirectional Heterogeneous Aggregate Signcryption and Incentive Mechanism. IEEE TVT 2023

课题方向：车联网密钥管理与认证

数据安全

信任管理

入侵检测

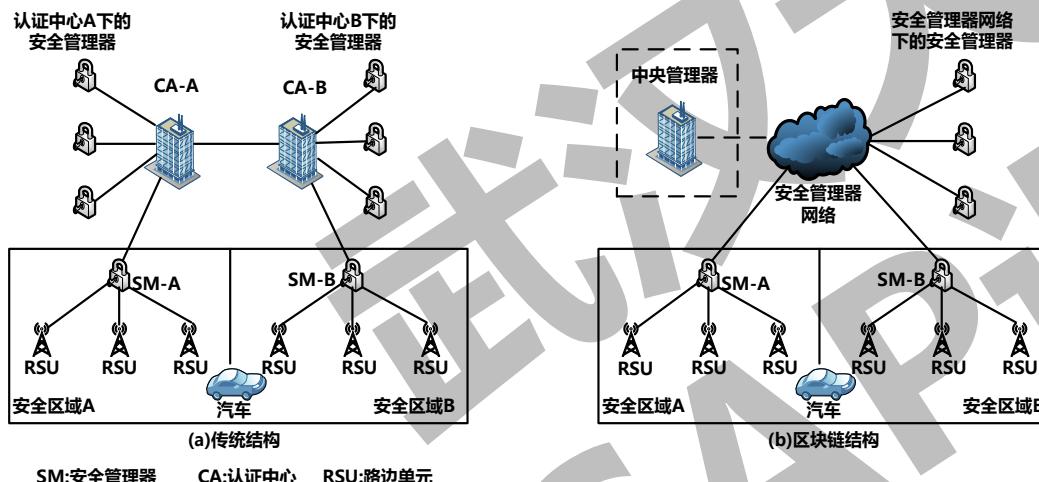
问题

- 车辆跨异构安全域信息传递签密开销较高
- 车-桩充电身份不可信，计费标准不一致

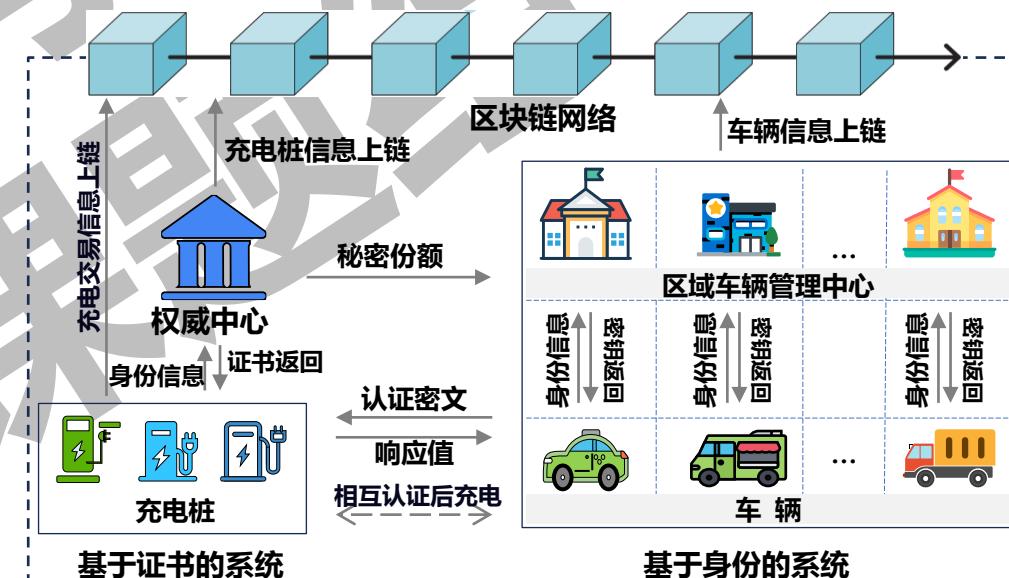
思路

- 引入DLT简化异构安全架构
- 融合签密机制与智能合约，保证认证与透明计费

基于DLT的异构安全域间信息传递



基于区块链的异构体系安全认证共享

域间信息传递
机制评估基于共识机
制的签密开
销优化基于DLT的域
间交互签密开
销机制设计分布式密钥管
理与异构双向
认证机制基于智能合约的
自动化计费与抗
身份关联轻量化签密与
链上低开销性
能验证

保证安全等级前提下，降低跨域签密计算开销

域内车-桩分散注册，相互认证与计费标准一致性需求

论文1: Blockchain-Based Dynamic Key Management for Heterogeneous Intelligent Transportation Systems. *IEEE IoTJ* 2018论文2: A Blockchain-Enabled Secure Authentication and Fair Trading Scheme for Shared Charging Systems. *IEEE TNSE* 2025

课题方向：车联网并行密钥隔离异构一对多签密

数据安全

信任管理

入侵检测

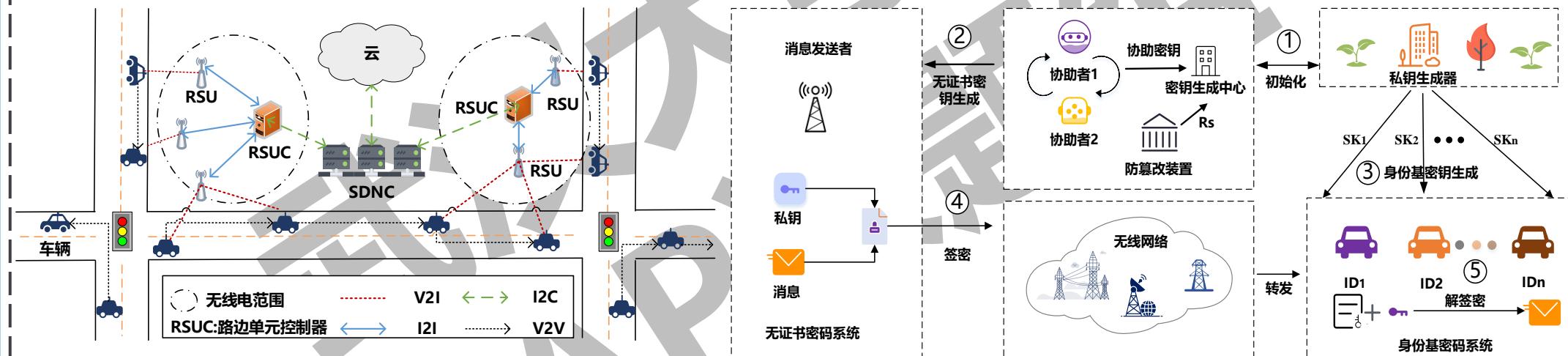
问题

- 车联网跨域信息传输存在密钥泄露风险
- 固有一对一车辆传输导致传输开销较高

思路

- 引入并行密钥隔离思想
- 基于拉格朗日插值定理确定一对多签密机制

基于并行密钥隔离的异构一对多签密机制



异构设备安全评估

基于异构签密的思想构造

基于并行密钥隔离的安全优化

设置协助者密钥和更新方式

基于拉格朗日插值多项式的一对多解密设计

借助Omnnet的密文传输模拟

保证车联网异构签密安全传输路径

借助拉格朗日插值多项式，促进一对多解密公平

课题方向：自主泊车服务安全认证

数据安全

信任管理

入侵检测

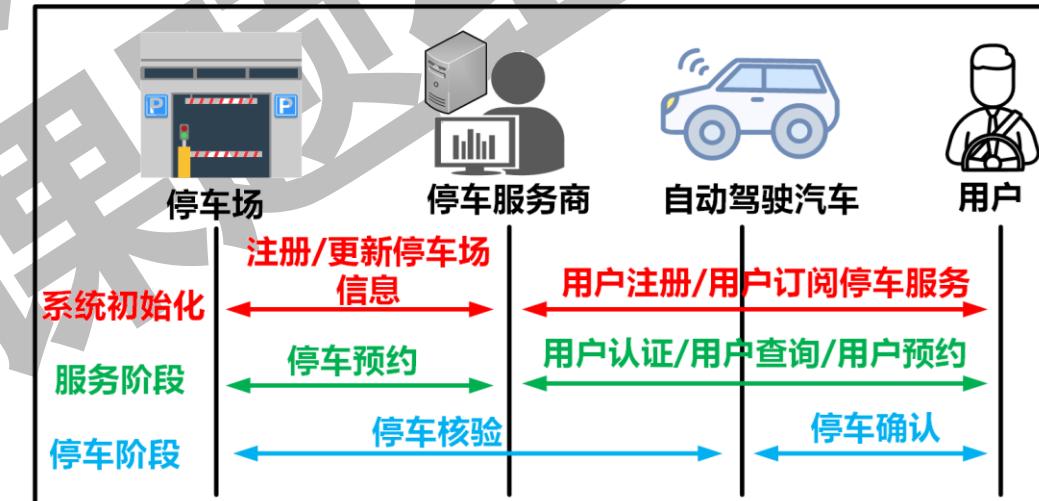
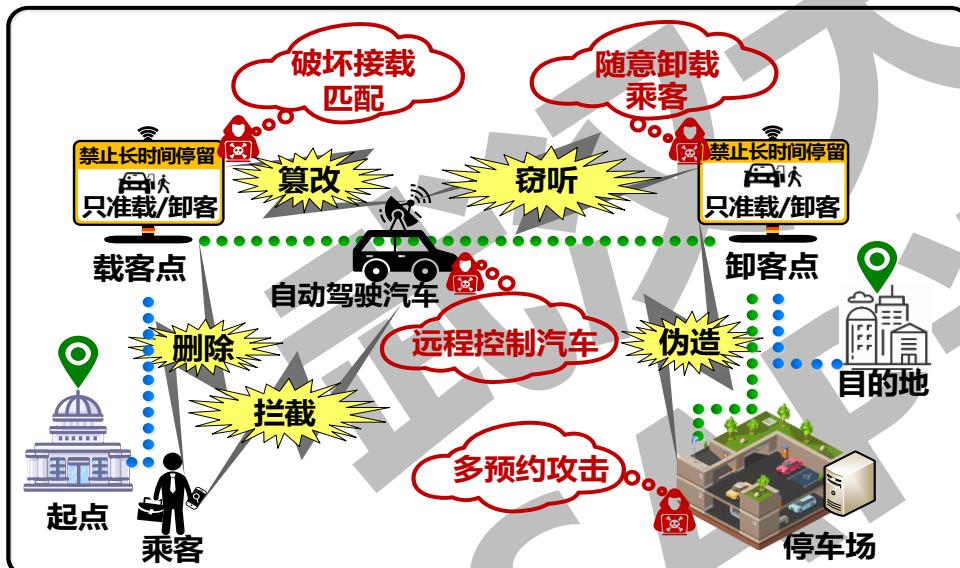
问题

- 非法访问泊车系统
- 身份泄露、停车场多重预约攻击

思路

- 基于口令、智能卡、生物特征，设计认证与密钥协商协议，实现身份合法性验证
- 基于假名机制和停车核验，实现条件隐私保护和抗停车场多重预约攻击

面向长程自主泊车预约服务的三因素认证与密钥协商协议

泊车服务安
全威胁分析基于三因素安
全协议设计安全协议优化 (支持
隐私保护和停车核验)

实现载客、卸客、泊车全生命周期安全防护

论文: Secure Long-range Autonomous Valet Parking: A Reservation Scheme with Three-factor Authentication and Key Agreement. IEEE TVT 2022

课题方向：无人机网络安全认证

数据安全

信任管理

入侵检测

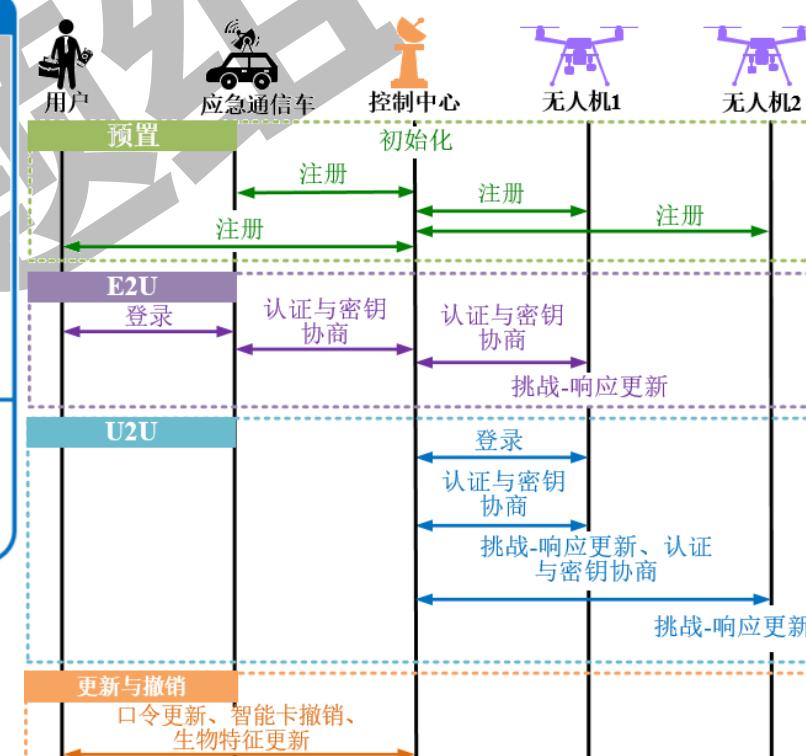
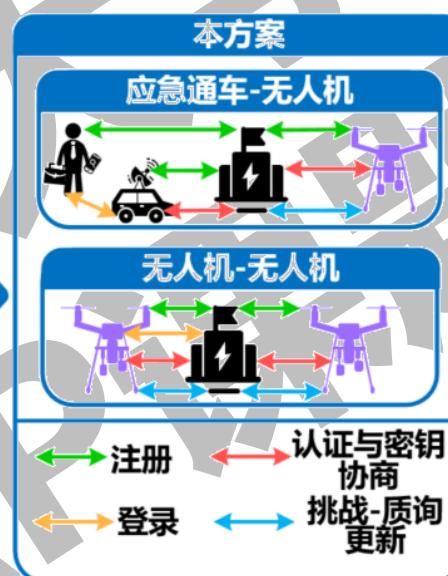
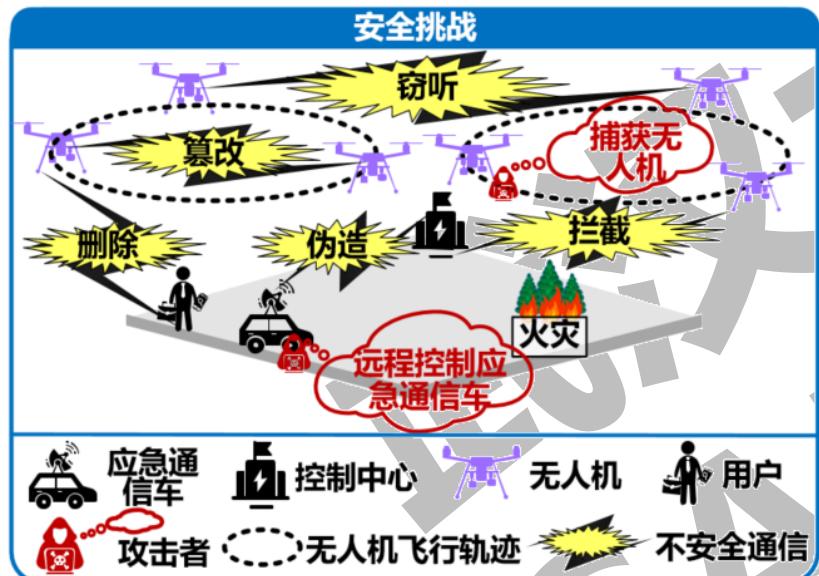
问题

- 物理攻击导致UAV隐私参数泄露
- 智能卡丢失、口令猜测、生物特征泄露

思路

- 基于物理不可克隆函数处理无人机隐私参数，防止物理攻击导致无人机隐私参数泄露
- 设计认证与密钥协商协议，实现智能卡撤销、口令更新和生物特征更新

无人机灾后应急场景的安全认证与密钥协商



物理不可克隆函数研究

融合三因素和物理不可克隆函数的安全协议设计

安全协议优化（支持智能卡撤销、口令更新和生物特征更新）

实现无人机隐私参数保护、用户安全性增强和网络实体的安全通信

课题方向：多式联运隐私保护与安全数据流通

数据安全

信任管理

入侵检测

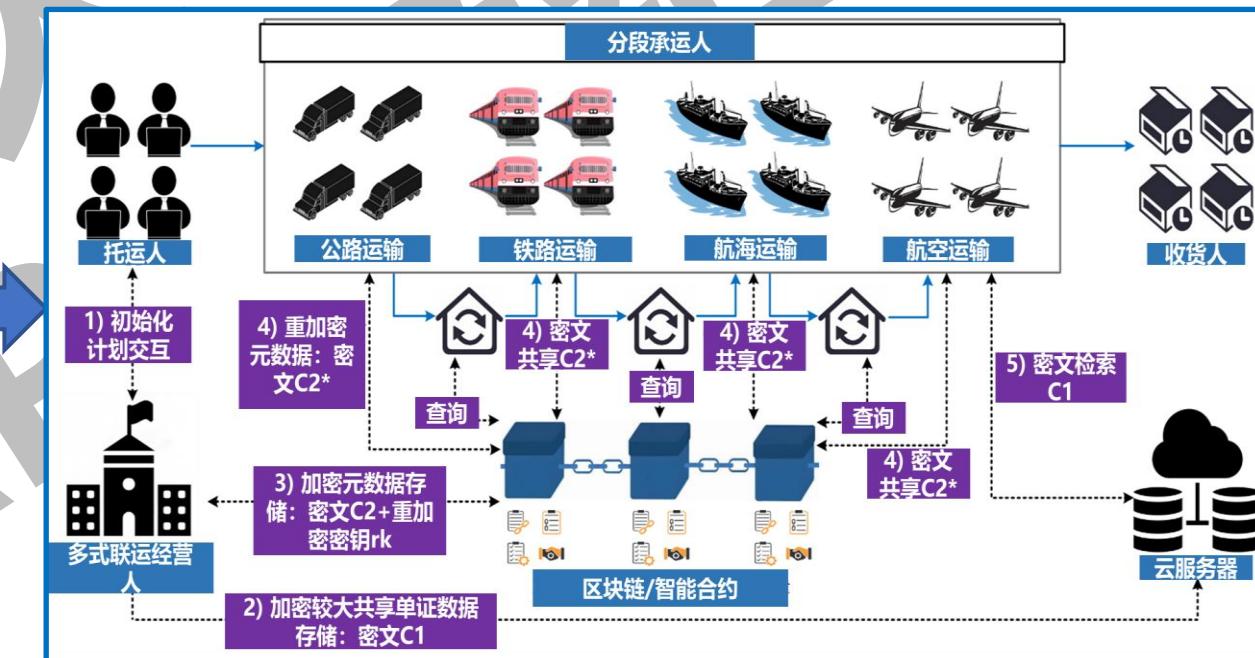
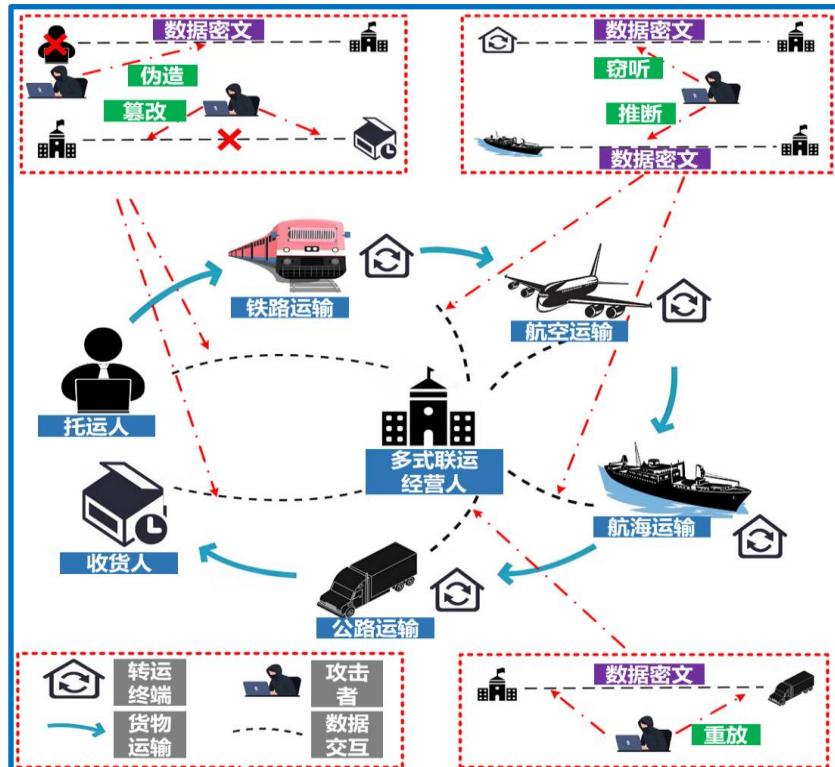
问题

- 多式联运信息碎片化、缺乏标准化电子文档
- 数据隐私保护及抗攻击能力弱、多种实体间缺乏信任

思路

- 基于区块链的分布式、不可篡改、透明特征及自动化合约机制增强实体信任、加强数据监管
- 探索适配于多式联运的数据加密及签名认证技术

考虑外部攻击和内部攻击的数据流通隐私加密及实体认证技术



满足货运安全需求，保护用户隐私，构建安全、可扩展、互联互通的多式联运体系

论文1: Towards Privacy-Preserving and Secure Data Flow for Multimodal Transport: Overview, Limitations, Solutions and Directions. CJE 2025

课题方向：车联网信任管理

数据安全

信任管理

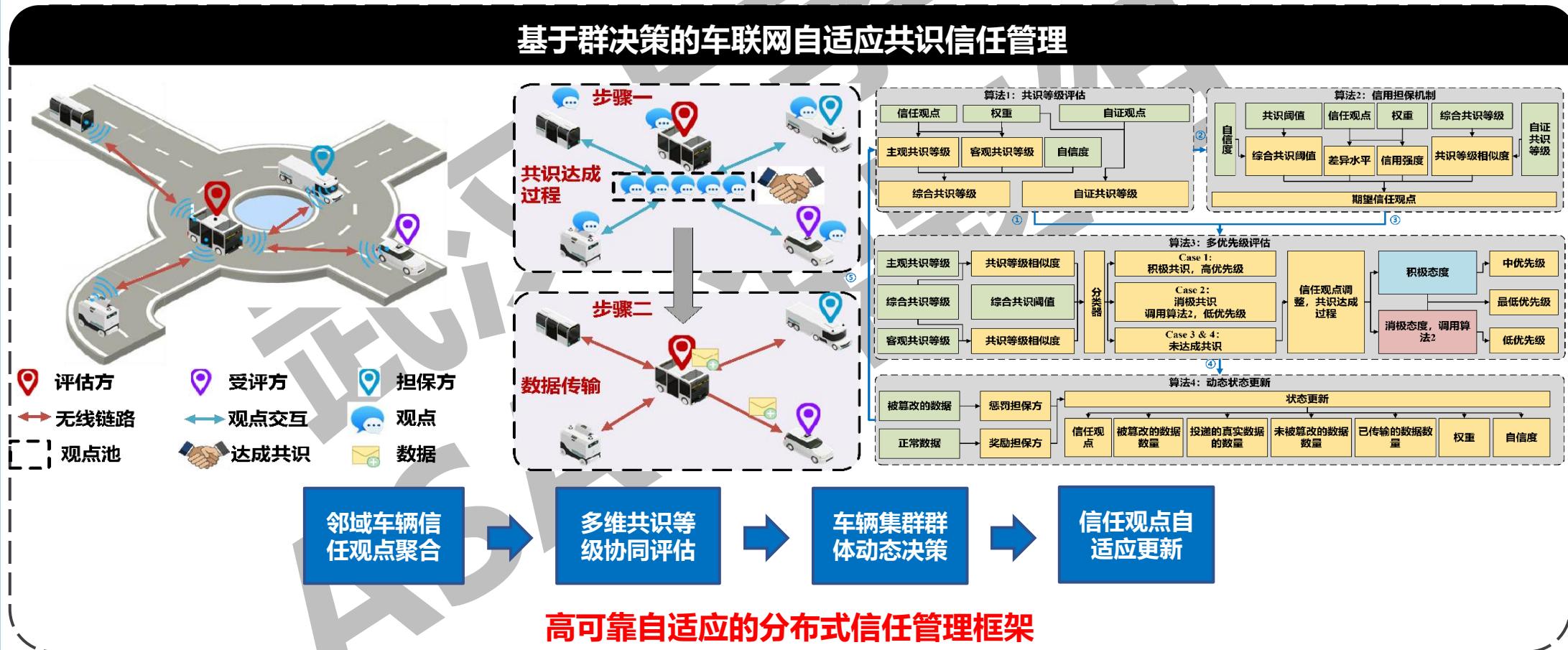
入侵检测

问题

- 车联网车辆不互信、信任不互通
- 分布式信任评估不准确、不高效

思路

多维共识等级与相似度评估，量化共识可信度
车辆信任观点动态更新，优化信任评估准确性



课题方向：车联网信任管理

数据安全

信任管理

入侵检测

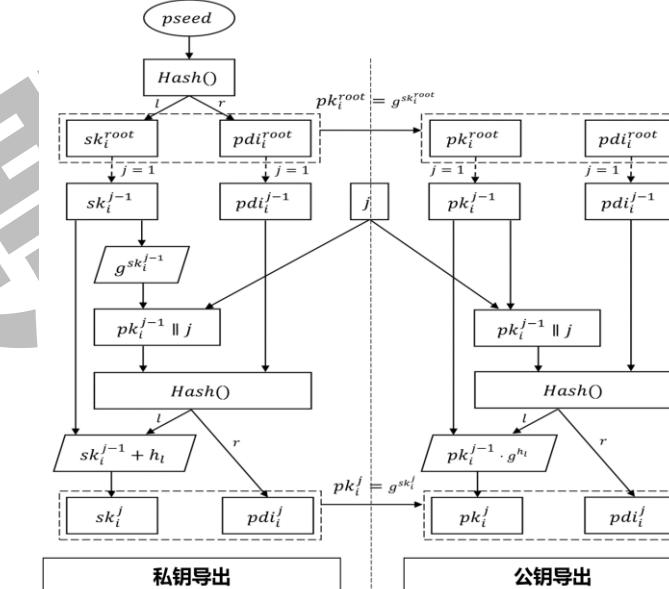
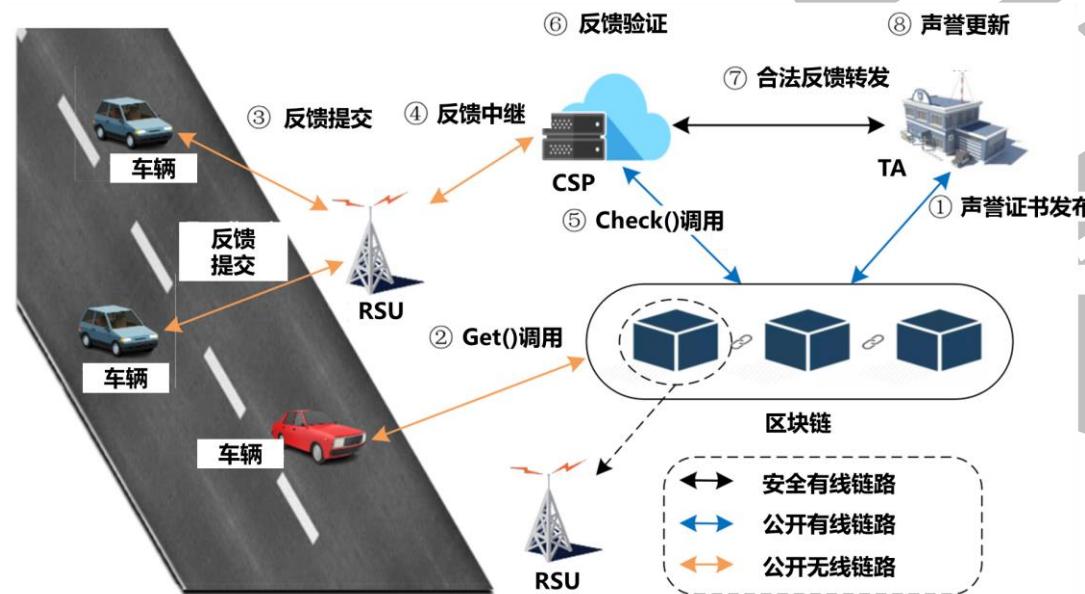
问题

- 车联网环境开放、恶意反馈与虚假信任难以识别
- 车辆隐私与信任冲突、现有机制复杂且效率不足

思路

- 独立密钥导出算法，轻量级反馈密文加权聚合
- 区块链协同可信管理，Bloom过滤器重复检测

基于隐私保护与区块链协同的车联网声誉自适应更新机制



车辆身份合法注册

车辆声誉证书发布

车辆隐私反馈提交

反馈密文批量验证

三方辅助密文聚合

加权动态声誉更新

轻量、高隐私、可追溯的云辅助车联网声誉更新框架

独立的密钥导出算法（免密钥预加载）

课题方向：无人机网络信任管理

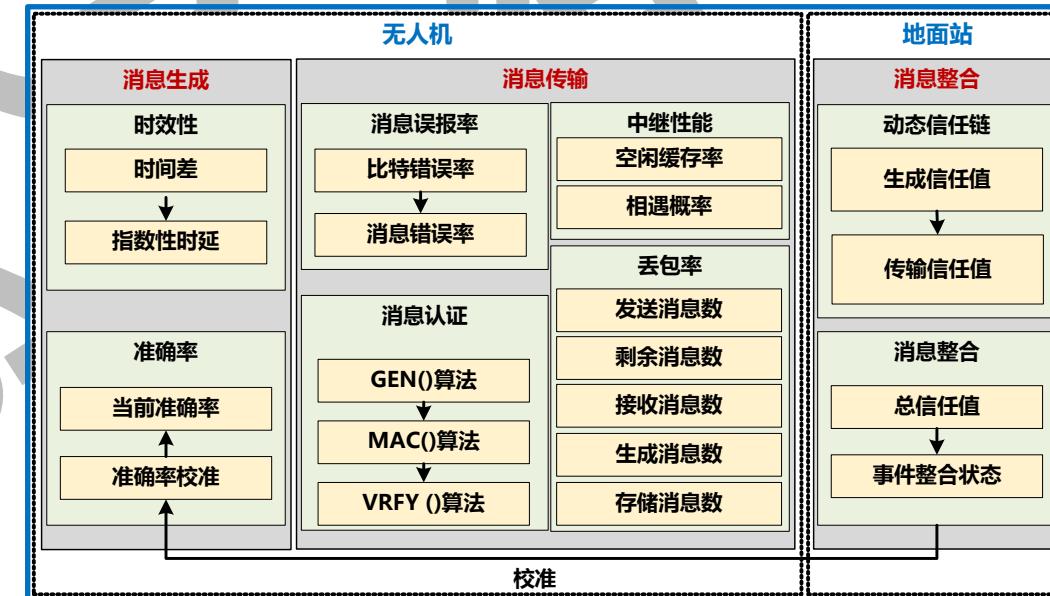
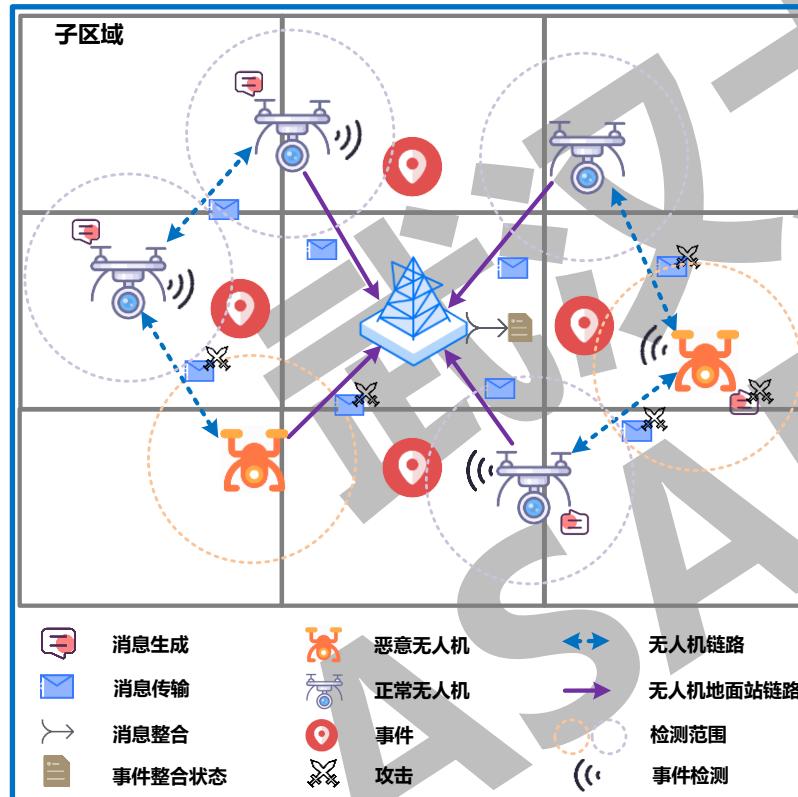
问题

- 网络拓扑变化快、通信链路不稳定、终端资源受限
- 现有方案多侧重无人机自身特征，忽略数据层面

思路

- 基于消息“生成-传输-接收”三阶段的信任模型
- 分析潜在攻击情况，低计算成本检测因素量化

基于消息“生成-传输-接收”三阶段的无人机网络信任管理



消息生成时效性、
准确性判定

通信低开销情况下，消息评估有效性及时间评估准确率

误报率、丢包
率、认证及中
继性能判定

信任链生成
及信任聚合

论文1: A Tri-Phases Message Oriented Trust Model in FANET. IEEE TNSE 2024

论文2: A Dual Detection System of Common Anomalies in FANETs. IEEE ICA3PP 2024

课题方向：车联网恶意行为检测

数据安全

信任管理

入侵检测

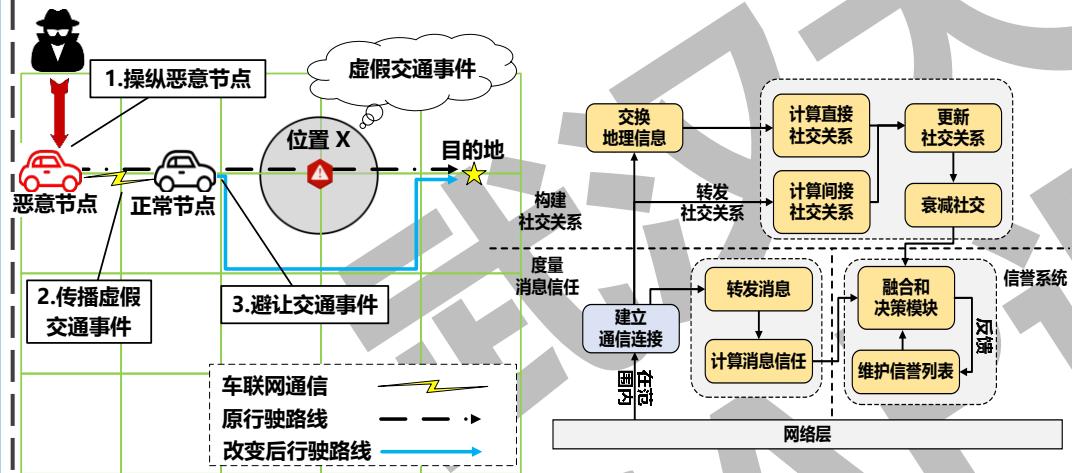
问题

- 本地检测难映射全局网络态势
- 交通环境多样、网络拓扑变化快

思路

基于轨迹地理信息及交通信息，设计结合车辆社交关系、消息时空属性、交通异常、消息聚类的多维恶意车辆检测机制

基于事件驱动的的社交网络恶意行为检测技术



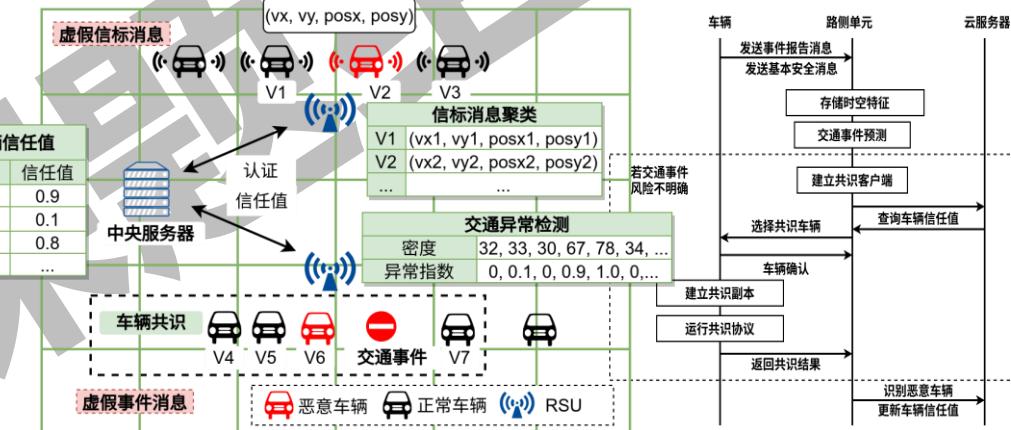
基于时空属性的消息信任度计算

基于轨迹相似度的车辆社交关系评估

消息信任组合值计算

结合车辆社交关系，反映全局评估信息

面向车联网的虚假消息检测技术



针对交通异常进行车辆共识

车联网信标消息聚类

基于贝叶斯的车辆信任模型构建

保障车联网应用数据安全，维护交通正常运行

论文1: Misbehavior Detection Mechanism Based on Geographic Information in VANETs. IEEE TCE 2024

论文2: False Message Detection in Internet of Vehicle Through Machine Learning and Vehicle Consensus. IEEE IPM 2024

课题方向：物联网入侵检测

问题

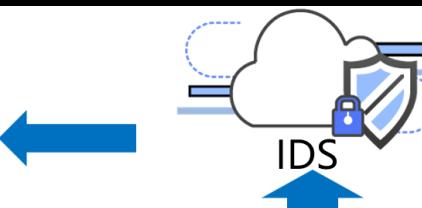
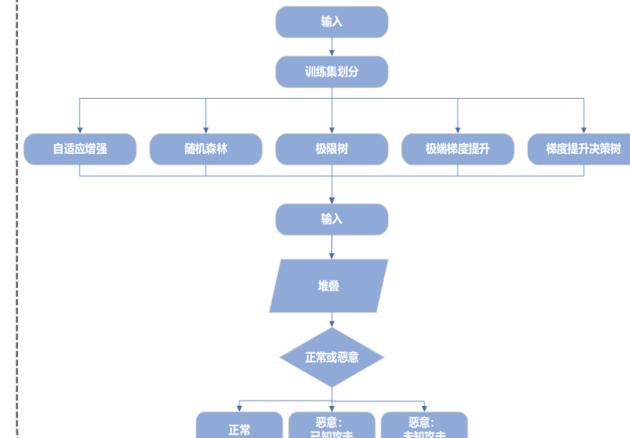
- 物联网数据量大、检测困难
- 针对零日攻击的检测效率低

思路

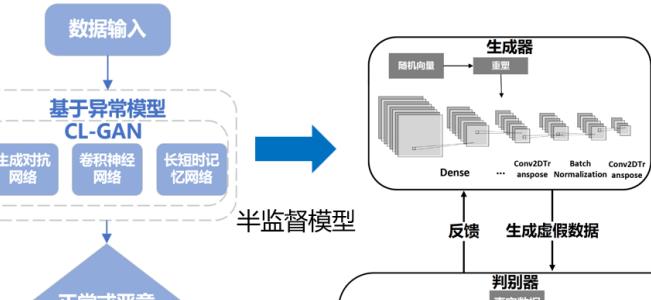
- 基于签名/特征的入侵检测
- 基于异常的入侵检测

基于特征和异常结合的半监督物联网入侵检测

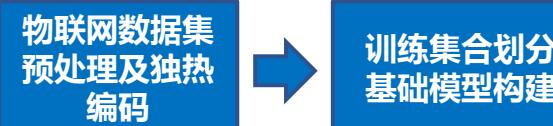
基于特征的入侵检测



基于异常的入侵检测



半监督模型



基于基础模型
输出进行堆叠

结合CNN及
的LSTM网络
时空特征提取

基于GAN网络
的数据增强

基于半监督
模型的模型
训练

高效的物联网已知攻击检测和分类

高准确性的物联网未知攻击识别

论文：HDA-IDS: A Hybrid DoS Attacks Intrusion Detection System for IoT by Using Semi-supervised CL-GAN" . Elsevier ESWA 2024

论文：智能电网的安全威胁及其防护. 工业信息安全

课题方向：枢纽通航关基设施安全防护

数据安全

信任管理

入侵检测

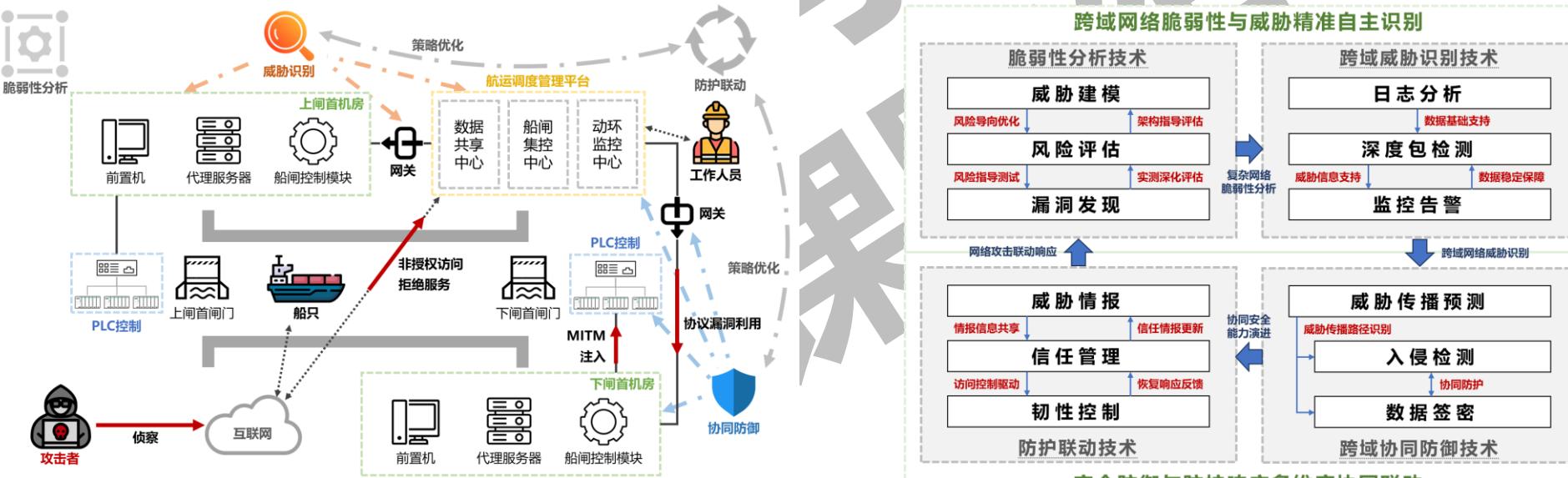
问题

- 复杂跨域传播网络漏洞与威胁隐蔽性高
- 安全检测与防护机制相互孤立

思路

面向枢纽通航关基设施的跨域联动安全防护技术体系构建

面向枢纽通航关基设施的跨域联动安全防护技术体系



全方位跨域联动防御机制闭环

论文1：面向枢纽通航关基设施业务场景的安全防护技术研究综述. *物联网学报* (返修)

论文2：A Critical Analysis of Research Potential, Challenges and Future Directives in Industrial Wireless Sensor Networks. *IEEE COMST 2018*

课题方向：无人机网络入侵检测

数据安全

信任管理

入侵检测

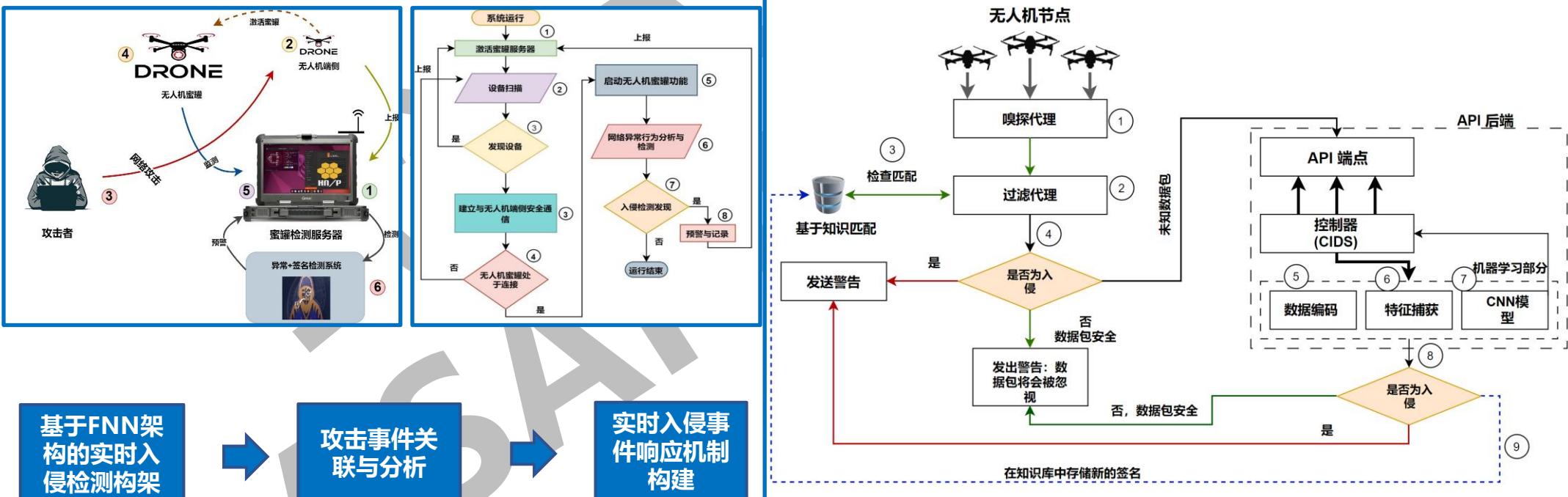
问题

- 检测无人机网络实时攻击和零日攻击困难
- 误报率高、缺乏响应机制

思路

基于FNN架构的实时入侵检测构架设计与验证平台研发

基于深度学习的无人机网络协同入侵检测



保障无人机设备及网络侧安全，维护正常运行

论文1: Critical Analysis of Security Protocol and Vulnerability Challenges for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Network: A Survey. Elsevier JCNA 2023

论文2: Real-Time Collaborative Intrusion Detection System in UAV Networks Using Deep Learning. IEEE IoTJ 2024

课题方向：车载CAN网络入侵检测

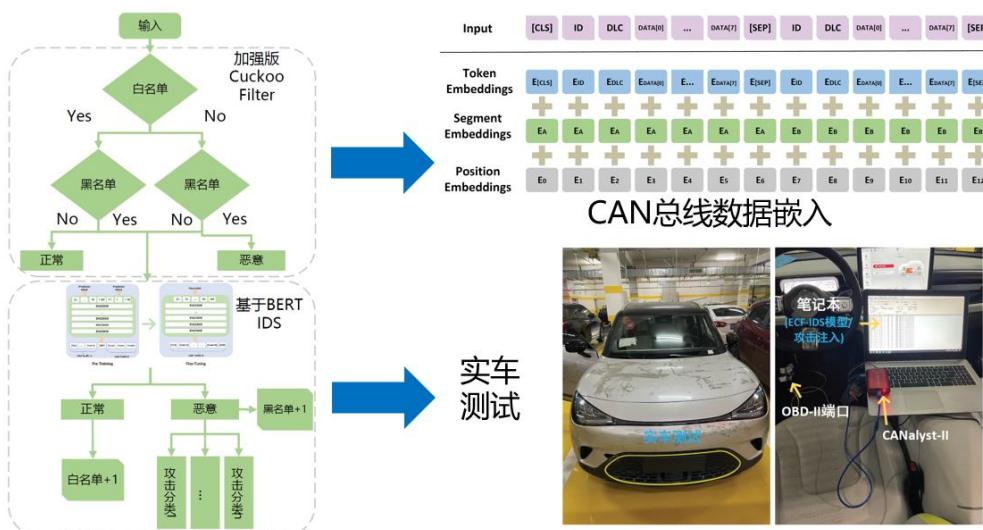
问题

- 检测模型体量大，计算任务繁重
- 检测模型只关注单一尺度的特征

思路

- 基于过滤模型和BERT融合的检测
- 基于多尺度特征融合的检测

基于过滤模型和BERT融合的入侵检测



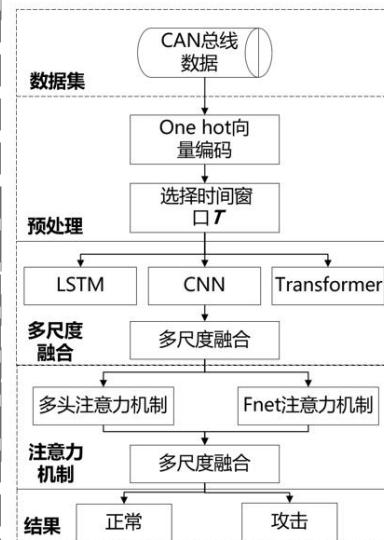
将布谷过滤器
进行加强及改
进

CAN总线数据
嵌入及Token
转换

基于BERT模
型进行异常检
测

降低模型开销，实现检测轻量化

基于多尺度特征融合的入侵检测



CAN网络数
据转换为图像

将图像分别送入
LSTM, CNN及
Transformer

多尺度融合
深度学习模
型输出

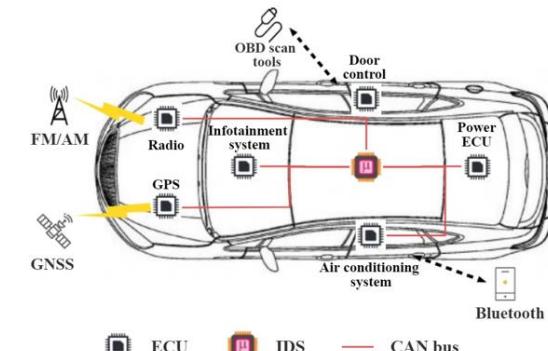
多尺度特征融合，提高检测准确性

论文1：ECF-IDS: An Enhanced Cuckoo Filter-based Intrusion Detection System for In-vehicle Network. IEEE TNSM 2024

论文2：Robust Intrusion Detection System in CAN Bus through Multi-Scale Feature Fusion. IEEE ICC 2024



CAN总线数据帧构成



ECU IDS CAN bus

课题方向：云车协同入侵检测

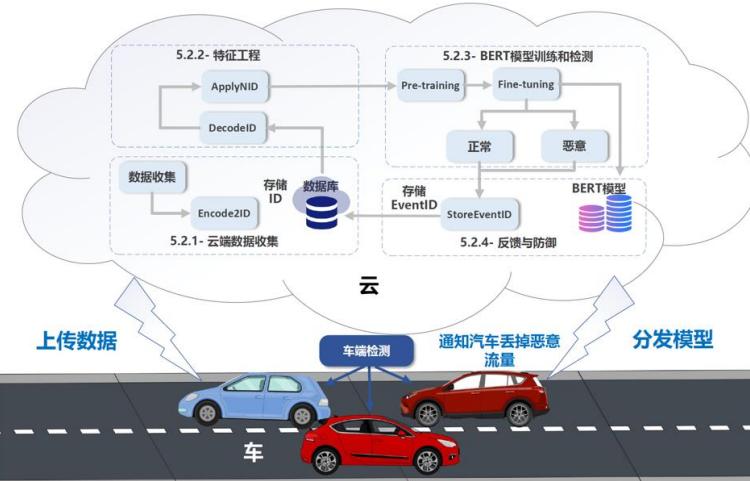
问题

- 车内资源有限无法训练复杂模型
- 模型无法实时更新检测新型攻击

思路

- 基于云车协同训练及模型聚合的入侵检测防御系统构建

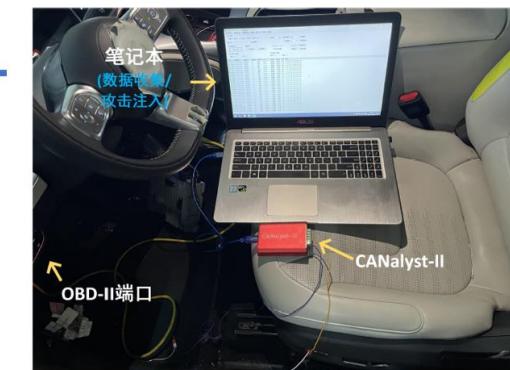
基于云车协同的入侵检测防御系统



训练
初始
模型

类型	数量
正常流量	2542535
DoS 攻击	587521
模糊攻击	590531
重放攻击	96357
Gear 欺骗攻击	597252
RPM 欺骗攻击	654897
故障攻击	15974
总共	5085067

实车+仿真
数据收集



收集车辆内部网络
数据上传至云端

借助云端资源训练
入侵检测模型

分发加载模型至车辆，
并定期更新模型

提高模型训练效率，驱动模型更新检测新型攻击



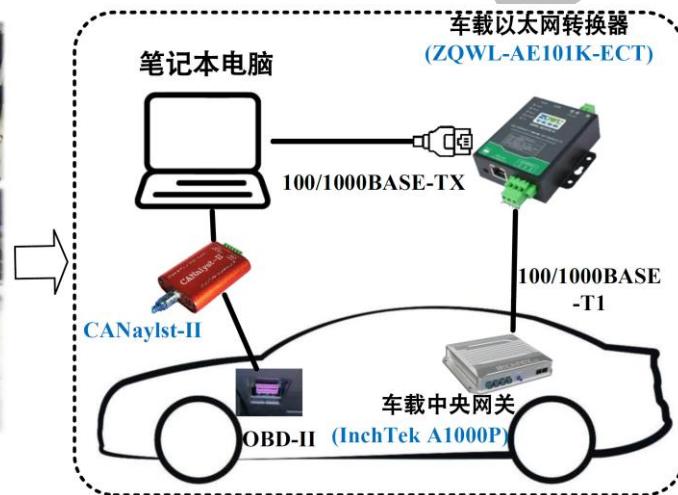
课题方向：车载网络通用型入侵检测

问题

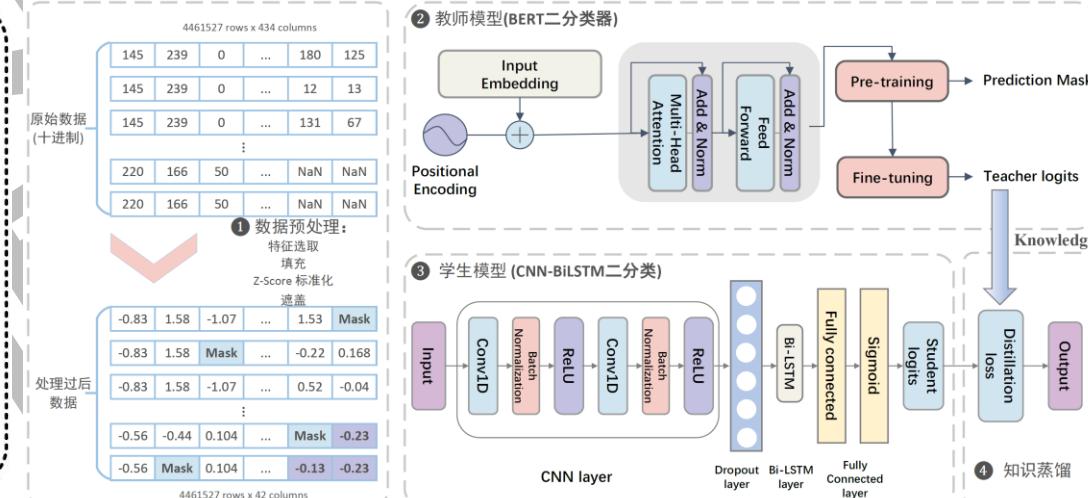
- 车载网络多种协议并存检测困难
- 入侵检测模型实时性差

思路

基于知识蒸馏的教师-学生范式的入侵检测系统构建



基于知识蒸馏的车载网络通用检测模型



基于BERT的教师模型

基于CNN-BiLSTM的学生模型

模型知识蒸馏
(通用型检测模型)

高效识别多协议复杂或隐蔽的异常攻击流量，强化对攻击行为的时序感知能力

论文: Efficient Intrusion Detection for In-Vehicle Networks Using Knowledge Distillation from BERT to CNN-BiLSTM IEEE TIFS 2025

网络安全相关支撑成果

荣誉奖项

1. 2025, 中国互联网协会“金灵光杯”中国互联网创新大赛-优秀奖 “**城市级低空安全运营保障方案**”
2. **2025, SAE汽车安全优秀个人**
3. 2025, 中国创造学会创造成果奖 (科学技术二等奖) “**基于安全虚拟信任根的可信云关键技术及应用**”
4. **2025, 中国智能交通协会科技进步奖 (二等奖) “智慧公路多源信息融合与安全管控技术及应用”**
5. 2024, 中国国际大数据产业博览会-领先科技成果 (二等奖) “**大数据驱动的车路协同安全可信防护技术与创新应用**”
6. 2022, 中国发明协会-发明创业奖二等奖 “**面向ICT赋能的车联网资源管控和安全防护关键技术及其应用**”
7. **2021-2024年度, 中国高被引学者 (网络空间安全学科), 爱思唯尔&软科发布**

学术专著

1. Yulin Hu, Xiaopeng Yuan, **Yue Cao** and Kaitao Meng. “Reliable and Efficient Trajectory Design in UAV-Aided Wireless Networks” . **Springer**, 2025.
2. **Yue Cao**, Omprakash Kaiwartya and Tiancheng Li. “Secure and Digitalized Future Mobility: Shaping the Ground and Air Vehicles Cooperation” . **CRC Press**, December, 2022.

标准规范

1. **TCSAC 019-2025/TWHCSA 008-2025, 智能网联汽车网络安全检测技术要求 (2025)**
2. YD/T 6304-2024, 网络深度包检测 (DPI) 数据密码应用技术要求 (2024)
3. **2025, 《低空经济网络与信息安全白皮书》**
4. **2023, 《面向车路云一体化的数据安全研究报告》**



2024 Most Cited Chinese Researchers
爱思唯尔2024中国高被引学者
Awarded to:

曹越
武汉大学

For exceptional research performance in the field of
网络安全
SHANGHAI RANKING



谢谢！
请各位专家领导批评指正

ASIAN
yue.cao@whu.edu.cn