



南京大學

NANJING UNIVERSITY

智能交通

殷亚凤

智能软件与工程学院

苏州校区南雍楼东区225

yafeng@nju.edu.cn , <https://yafengnju.github.io/>



智能交通

- 智能交通概述
- 基于车联网的智能交通应用
- 智能交通的发展与展望





物联网丰富的应用

实践出真知，应用是决定技术成败的关键

快速增长期，具有多样化、规模化、行业化等特点

丰富的外延应用，包括智能交通、智慧建筑、智慧供应链、智慧工业等





智能交通概述

交通是国家的战略基础之一

- 贯穿政治、经济、军事、环境等
- 影响每一个人的日常生活

交通是描述一座城市的语言

- 智能交通专家、美国麻省理工学院赵锦华教授

道路网络是城市的经络

- 四通八达的道路维持着城市的活力





面临的问题

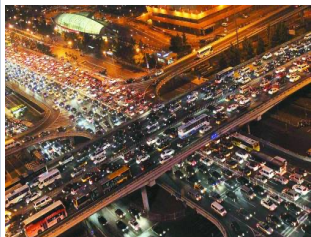
人们日益增长的出行需求与城市承载力的不匹配

导致交通瘫痪、事故频发以及空气污染等严重后果

道路网络中车流的动态和复杂性

每一辆车的驾驶习惯和目的地不尽相同

交通拥塞



交通事故



空气污染



精神折磨





智能交通的物联网技术

透彻感知

道路传感器和车载传感设备实时监控交通流量和车辆状态信息，并实时传送至管理中心

全面互联互通

整合遍布的无线、有线通信技术为移动用户提供更便捷的网络服务，实时获取周边环境信息

深入智能

自动驾驶汽车根据感知到的外部信息对车辆进行实时控制，管理中心通过对道路基础设施进行实时调度最大化交通网络流量





智能交通系统

Intelligent Transportation Systems, ITS

- 实时、准确、高效的交通运输综合管理和控制系统
- 广泛应用先进的感知、识别、定位、网络、控制技术，对道路和交通进行全面分析、计算和控制
- 提高交通运输系统的安全和效率
- 提升道路通行能力和出行舒适度
- 减少事故，缓解拥塞
- 降低能源消耗，减少环境影响



**Save time !
Save life !**

**Smarter !
Faster !**





智能交通系统的架构

车辆 (vehicles)

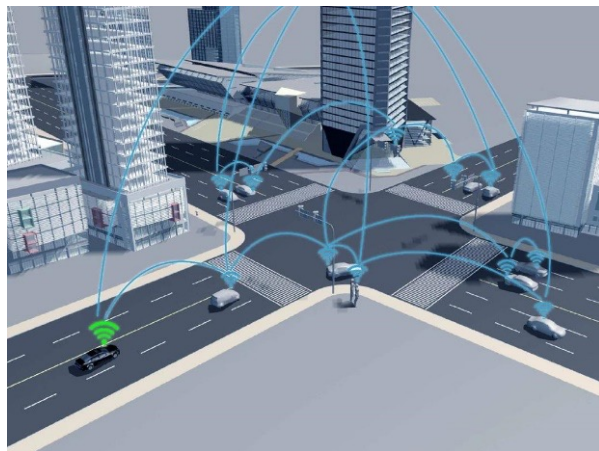
- 紧急、商用、运输、维护和工程车辆等
- 感知、计算和通信能力
- 自主决策智能

道路及路旁设施 (roadside units)

- 道路本身和部署于路侧的通信和计算系统

乘客和行人 (travelers)

- 远程出行支持服务和个人信息访问服务





智能交通系统的架构

服务中心 (centers)

- 负责提供丰富的智能交通信息服务
- 智能交通管理
- 公共交通管理
- 紧急情况管理
- 旅行者信息服务
- 商业车管理



智慧交通系统服务中心应用示范



车联网

车联网是利用先进的 V2X (vehicle to everything) 无线通信技术实现人、车、路协同的网络，是实现下一代智能交通系统的重要支撑技术





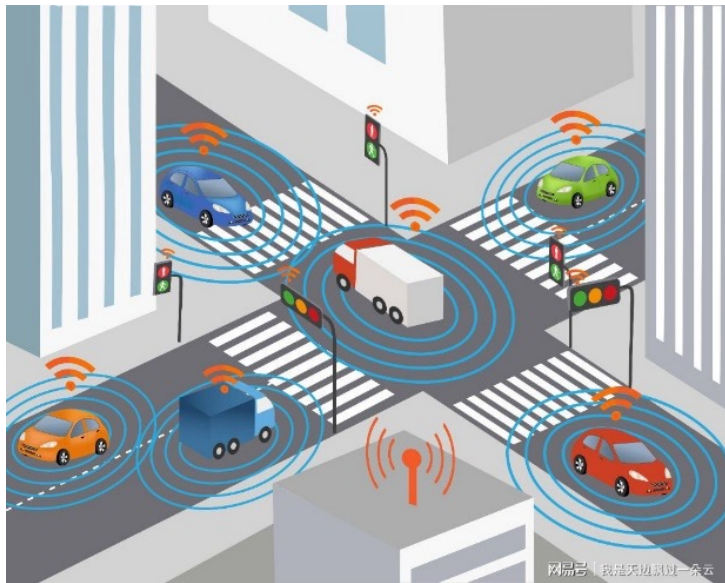
车辆与路侧设施

vehicle-to-roadside , V2R

主要依靠短距离无线通信技术，
实现车辆与道路基础设施的互
联互通

北美采用专用短程通信
(dedicated short range
communication , DSRC)

我国采用 C-V2X 标准



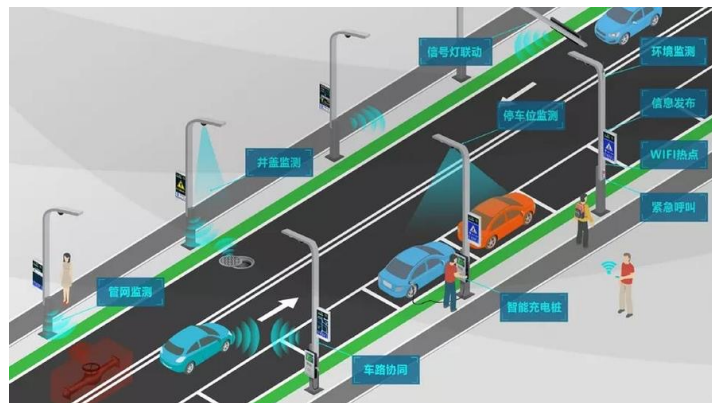


车辆与基础设施

vehicle-to-infrastructure , V2I

远距离通信技术实现大范围覆盖，如3G、4G、5G，为车辆和行人提供与服务中心的连接

需要无线运营商的基础设施，为车辆应用提高通信性能，如减少配置连接的延迟



V2I联动示意图



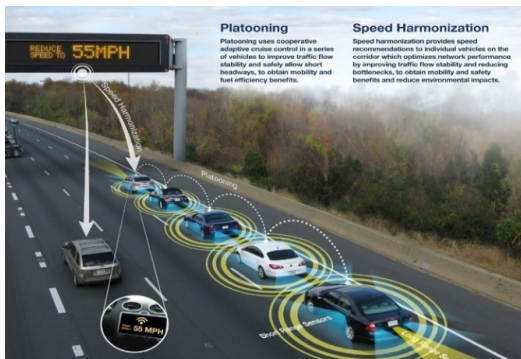
车辆之间

vehicle-to-vehicle , V2V

主要采用 DSRC 或者 C-V2X 无线通信技术

- 对通信的实时性、可靠性、安全性要求较高
- 适用于主动安全、实时情况感知和各种协作应用
- 没有基础设施和路旁设施进行集中式通信资源管理
- 链路质量快速变化、消息冲突频发、网络连接很难保证等
- 感知数据量激增，需要更高的通信带宽

基于毫米波的 V2V 通信与组网技术受到广泛关注





智能交通

- 智能交通概述
- **基于车联网的智能交通应用**
- 智能交通的发展与展望





车联网的效果

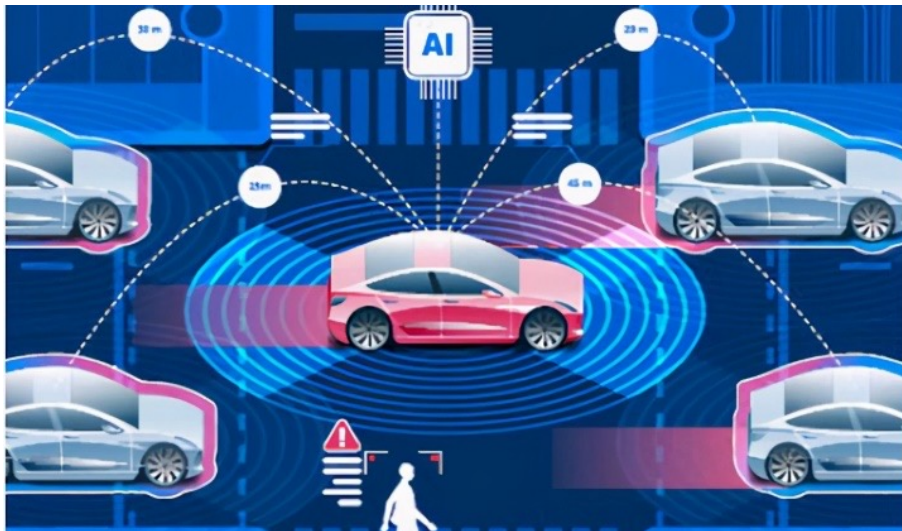
车联网通过结合无线通信、车载计算机、车辆传感器、卫星导航定位系统、智能基础设施等前沿技术

解决问题

- 交通安全
- 高效通行
- 环境污染

实现目标

- 减少交通事故
- 缩短运输时间
- 增强通行可靠性和吞吐量
- 减少排放和燃料消耗

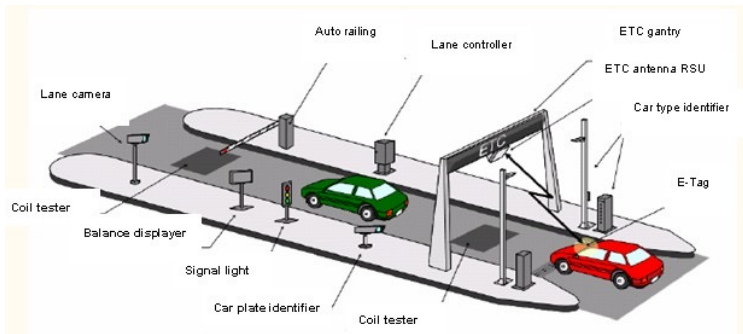




电子收费系统

Electronic toll collection, ETC

即不停车收费系统，以正常速度驶过收费站时自动收取费用，节省人力资源，降低交通拥堵



ETC收费系统





智能停车管理

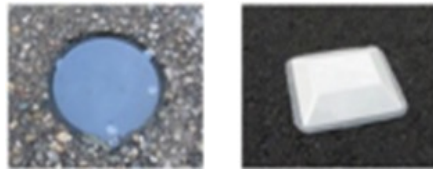
通过超声波、弱磁等传感器节点对车位进行实时监测

通过泛在无线连接将车位信息进行实时汇聚存储至数据云端

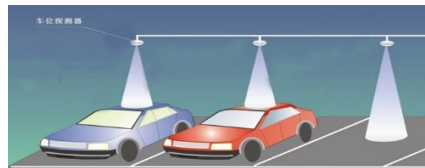
通过GPS等引导驾驶者到附近合适的空车位

室内停车场通过自组网定位技术提供引导

反向寻车系统提示最佳路径找到停车点



弱磁传感器



超声波探测节点





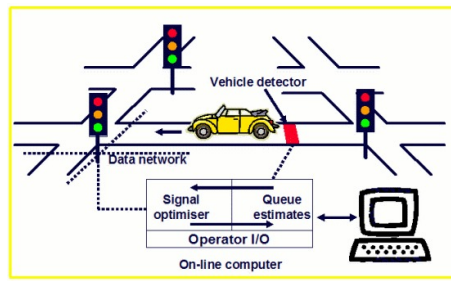
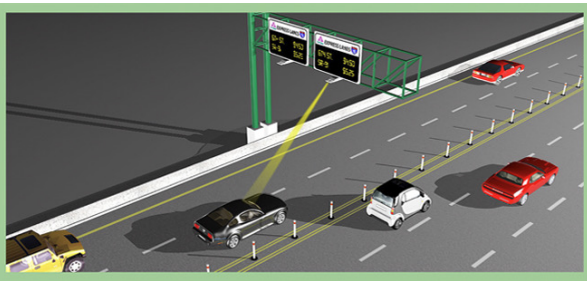
交通监测与管理

车流监控系统

- 车载双向通信 GPS、道路传感器或者监控摄像头等
- 实时监控交通车流情况，预测未来路况进而规划路线

电子警察系统

- 通过车载和路旁监控设施来发现违章的行驶车辆
- 利用摄像头、雷达、路面磁力感应装置等方式来发现超速车辆
- 利用图像识别等技术来识别车牌等





车路协同安全

低延时的 V2X 通信，协作避免交通碰撞

交通控制信号违规警告

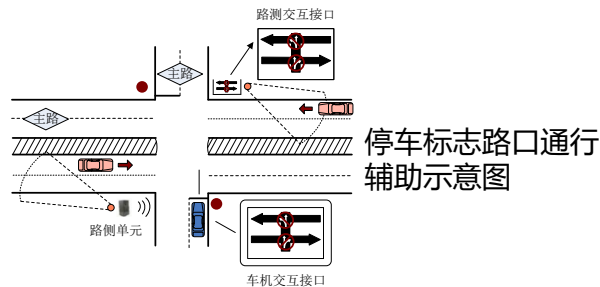
- 使用 V2R 通信将交通管制信息广播给相关车辆
- 并发出违规警告如闯红灯，违规停车

停车标志路口通行辅助

- 将主路上通行车辆的信息提供给支路上的车辆
- 支持驾驶员在穿越交叉路口时做出安全决策

前方危险预警

- 基于 V2V 和 V2R 通信向接近危险区域的车辆提前发出警告
- 如交通事故、路面维修、恶劣天气





动态通行管理

智能路网流量优化系统

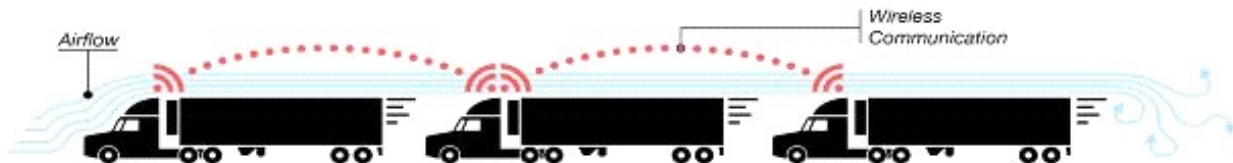
- 收集并快速传播互联的车辆、道路设施和行人数据
- 提高道路吞吐量、减少碰撞、减少排放

智能交通信号系统

- 综合交通信号系统，通过车辆和行人的连接数据
- 调控交通信号提高整体路网性能

高级货运信息系统

- 为货运车辆提供路线规划并优化拖运操作
- 协调仓储设施之间货运负载，减少空载行程
- 下图货运编队利用 V2V通信缩减货车跟车距离，减少空气阻力。降低货运成本的同时提升运输安全





自动驾驶：单车智能

信息采集和决策由车辆自身完成

通过车辆上部署的雷达、摄像头、传感器等设备对路面情况、天气状况、车辆状况和紧急事件进行感知和判断

安全问题

- 只能采集并感知到附近范围
- 单车对路况的识别可能出错
- 其他车辆和行人不可预知的风险

成本过高

- 需要大量的车载传感器，昂贵的毫米波雷达和激光雷达
- 需要算力强大的计算平台支撑车辆决策





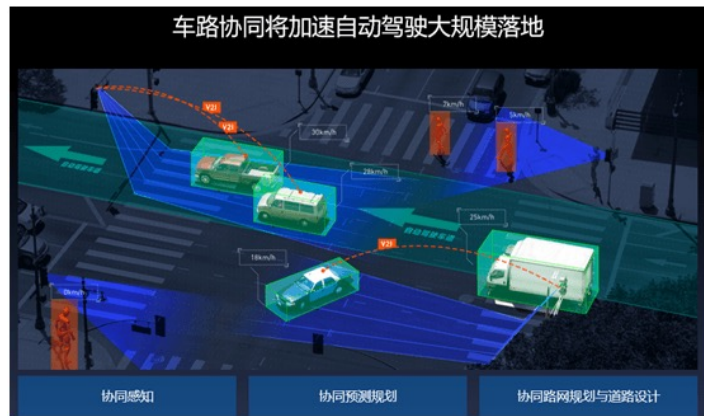
自动驾驶：车路协同

将整条道路上的车辆信息汇总、分析并进行整体决策，对所有车辆、信号灯、指示牌等进行协同的管理

将一部分感知和计算功能转移到路侧

- 大幅降低自动驾驶车辆的硬件成本
- 扩展车辆的感知范围、能力和场景

感知到人、车、路、环境等多方面信息，大幅优化自动驾驶决策，并提高交通效率和安全性



车路协同自动驾驶应用示范



自动驾驶难关

需要高精度传感器

- 采集融合不同感知数据，实现全面的车辆和交通状况监测

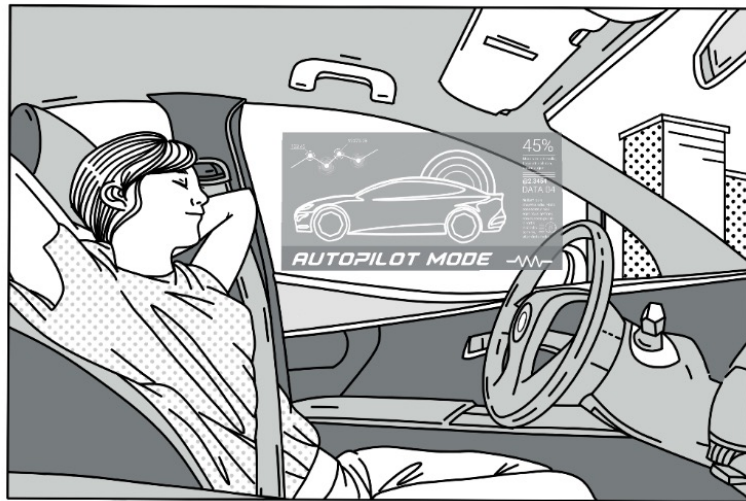
需要不同环境下大量部署和测试

- 保证系统的容错性和软件的安全性

需要大量基础设施建设的支持

需要考虑很多人为因素

- 如政府与产业界的沟通，法律和伦理问题





智能交通

- 智能交通概述
- 基于车联网的智能交通应用
- **智能交通的发展与展望**





问题和挑战

安全需求特殊，感知技术过多，现实情况复杂

驾驶人员的安全和隐私问题

不同制造商和品牌产品的标准化和灵活性

交通整体优化目标与单个车辆行驶优化目标之间的冲突带来的决策公平性问题

涉及大量法律、道德问题





前景和展望

极大地提高道路和车辆的效率和驾驶安全性

许多国家都在全面布局智能汽车和智能交通战略

公路和城市路网的新建、改建、优化都将带动投资增加

政府的重视与支持起到了至关重要的作用

拥有广阔的市场和发展空间，经济贡献显著





智能交通综合案例分析





央视《大国交通》第五集：百度Apollo智慧出行



https://www.bilibili.com/video/BV1pL4y1E7AK/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click



南京大學
NANJING UNIVERSITY



新加坡智慧交通系统

新加坡被誉为全球智慧交通的先锋。其智慧交通系统集成了各种先进的技术，包括交通监控、智能信号控制、电子收费、智能停车等。

- **交通流量管理**：新加坡通过实时交通监控系统、智能红绿灯控制（例如：交通灯根据实时交通流量自动调整）、智能交通信号控制系统来减少交通拥堵。
- **电子道路收费**：采用电子收费（ERP）系统，车辆通过感应器自动支付道路使用费，缓解了城市中心区的交通压力。
- **智慧停车**：通过智能停车系统提供实时空闲车位信息，减少了寻找停车位的时间。

<https://www.youtube.com/watch?v=rkCozQfO6wU>

<https://www.youtube.com/watch?v=sQSrh9r00nQ>



伦敦智能交通和拥堵收费

伦敦实施了全球最早的“交通拥堵收费”政策，通过收费系统减少市中心的交通流量，改善空气质量。

- **拥堵收费系统**：在伦敦市中心区域，车辆进入特定区域需缴纳拥堵费，通过电子传感器监控每辆车的进出时间。
- **智能交通信号灯**：利用智能算法优化红绿灯信号的切换，从而更好地适应实时交通流量。
- **自动化公交系统**：在一些重要的交通枢纽，公交车的到站时间与交通流量信息实时联动，确保公交车的准时到达。

<https://www.youtube.com/watch?v=u6Pu5m0Pw1s>

https://www.youtube.com/watch?v=tOy0wT1X_9g



美国洛杉矶的交通流量优化 (ATMS)

洛杉矶面临严峻的交通拥堵问题，采用了先进的智能交通管理系统来优化交通流。

- **交通流量优化系统 (ATMS)**：利用实时交通数据和预测模型，自动调整交通信号和管理路面交通流量。系统可以根据交通情况灵活调整红绿灯周期，从而减轻交通拥堵。
- **高速公路动态车道管理**：一些拥堵严重的高速公路采用了“可变车道”模式，根据交通流量调整车道数量，最大化道路通行效率。
- **事故预警系统**：通过传感器监控和数据分析，提前预警可能的交通事故，并根据事故类型和位置调整交通管理措施。

<https://www.youtube.com/watch?v=1TZ0PIsonSw>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZfY5rEetk7s>



阿姆斯特丹的智能停车系统

阿姆斯特丹在解决城市停车问题方面应用了大量智慧交通技术。

- **智能停车引导系统**：通过传感器和数据平台实时提供停车场的空余车位信息，帮助驾驶员快速找到停车位，从而减少因寻找停车位而产生的交通拥堵。
- **智能停车收费系统**：通过智能传感器和云平台，车辆停放信息被实时记录，并通过自动化系统进行收费。

<https://www.youtube.com/watch?v=h3GVKjcHLwc>

<https://www.youtube.com/watch?v=aFreL7G1zt8>



东京的自动化公交与车联网

东京的交通系统致力于提高效率和安全性，特别是在无人驾驶和车联网技术方面的应用。

- **自动驾驶公交车**：东京在一些区域推出了自动驾驶公交车，利用智能导航系统和车联网技术确保自动驾驶公交车的安全运营。
- **车联网系统 (V2X)**：车与车之间、车与路之间的无线通信，使得车辆能够共享路况信息和交通状况，提前避免交通事故并优化行驶路线。

<https://www.youtube.com/watch?v=CDC8Q6K-H14>

https://www.youtube.com/watch?v=m2fgsBk_NiA



迪拜的智慧交通计划

迪拜的智慧交通计划旨在通过技术提升城市交通的整体效能，尤其在自动驾驶、共享出行和电子收费方面取得了显著进展。

- **智能交通信号控制**：通过分析实时数据，自动调节交通信号灯周期，确保交通流畅。
- **自动驾驶汽车**：迪拜计划到2030年，自动驾驶汽车将占有所有交通工具的25%。城市已经开始测试自动驾驶出租车、公交车和物流车。
- **无人机交通监控**：使用无人机进行高空监控，实时了解交通状况，并快速作出响应。

<https://www.youtube.com/watch?v=-w9f6yBbXAE>

<https://www.youtube.com/watch?v=uyBUr3-Ea0I>





杭州的智慧交通系统

杭州是智慧交通领域的佼佼者，特别是在大数据和人工智能应用方面走在前沿。

- **交通信号智能调控系统**：杭州利用大数据分析和人工智能技术，实时监控交通流量，调整交通信号灯的时长，优化交通流动。
- **智慧停车系统**：通过手机APP、传感器和云平台实时提供空闲停车位信息，缓解市区的停车难题。
- **车路协同**：通过在道路上安装智能设备和传感器，实现车与路之间的信息共享和协同，提升道路的安全性和交通效率。

<https://www.youtube.com/watch?v=WFP68GOLEGg>

<https://www.youtube.com/watch?v=0qIM0rorbMw>



深圳的智慧公交与绿色出行

深圳在智慧交通领域的创新主要集中在绿色出行和智能公交方面。

- **无人驾驶巴士**：深圳试运营无人驾驶公交车，通过自动驾驶技术和车路协同提升了公共交通的效率和安全性。
- **绿色交通网络**：深圳大力发展电动公交车和共享出行，推行绿色环保的交通方式，减少碳排放。

<https://www.youtube.com/watch?v=G8cGwYfr6vg>

<https://haokan.baidu.com/v?pd=wisenatural&vid=3045634324555139450>



论文阅读报告——截止日期：5月25日晚23:59

- 提交方式：<https://selearning.nju.edu.cn/>（教学支持系统）

教学支持系统

课程

- 2026 Spring
 - 本科生一年级
 - 本科生二年级
 - 本科生三年级
 - 本科生四年级
 - 研究生一年级
 - 智能软件与工程学院

物联网应用软件开发-智软院

教师: 殷亚凤

作业

- 作业一: 论文阅读报告
- 作业二: 论文阅读报告

作业二: 论文阅读报告

- 命名：学号+姓名+第*章。
- 若提交遇到问题请及时发邮件或在下一次上课时反馈。



论文阅读报告——截止日期：5月25日晚23:59

• 多模态融合

- [1] Mobile-O: Unified Multimodal Understanding and Generation on Mobile Device (MobiCom 2026)
- [2] Dynamical Multimodal Fusion with Mixture-of-Experts for Localizations (MobiCom 2025)
- [3] UrbanFusion: Stochastic Multimodal Fusion for Contrastive Learning of Robust Spatial Representations (ICLR 2025)
- [4] Customized Fusion: A Closed-Loop Dynamic Network for Adaptive Multi-Task-Aware Infrared-Visible Image Fusion (CVPR 2026)
- [5] COMO: Cross-mamba Interaction and Offset-Guided Fusion for Multimodal Object Detection (Information Fusion 2026)

• 跨模态检索

- [1] Learning to Rematch Mismatched Pairs for Robust Cross-Modal Retrieval (CVPR 2024)
- [2] UFineBench: Towards Text-based Person Retrieval with Ultra-fine Granularity (CVPR 2024)
- [3] Fuzzy Multimodal Learning for Trusted Cross-modal Retrieval (CVPR 2025)
- [4] Towards Cross-modal Backward-compatible Representation Learning for Vision-Language Models (ICCV 2025)





论文阅读报告——截止日期：5月25日晚23:59

• 因果推理

- [1] Causal AI Scientist: Facilitating Causal Data Science with Large Language Models (NeurIPS 2025)
- [2] Explicit Modeling of Causal Factors and Confounders for Image Classification (AAAI 2026)
- [3] The Robustness of Differentiable Causal Discovery in Misspecified Scenarios (ICLR 2025)
- [4] TMAE Learning Targeted Multi-Agent Exploration via Causal Inference (AAAI 2025)

• 端云协同模型

- [1] EdgeGaussian: Real-time Free-Viewpoint Video for Mobile VR via Edge-Client Collaborative Neural Rendering (MobiCom 2025)
- [2] Elastic On-Device LLM Service (MobiCom 2025)
- [3] IoT-Brain: Grounding LLMs for Semantic-Spatial Sensor Scheduling (MobiCom 2026)
- [4] SELA: Smart Edge LLM Agent to Optimize Response Trade-offs of AI Assistants (UbiComp 2025)

在上述某一个类别中任选2篇(及以上)论文阅读，并撰写读书报告；报告格式采用软件学报模版（见课程主页），篇幅6-8页。



提问

Q & A

殷亚凤

智能软件与工程学院

苏州校区南雍楼东区225

yafeng@nju.edu.cn , <https://yafengnju.github.io/>



南京大學
NANJING UNIVERSITY