

第8讲

第8讲：自动驾驶技术概述

牛温佳 教授

北京交通大学·网络空间安全学院

本讲内容

1

8.1 自动驾驶的分级

2

8.2 自动驾驶系统的核心技术栈

3

8.3 单目深度估计——用一只眼睛看世界

4

8.4 为什么智能汽车安全如此重要？

5

思考题与小结

🎯 学习目标

了解自动驾驶的分级标准

掌握自动驾驶系统的核心技术栈

理解深度感知在自动驾驶中的关键作用

8.1 自动驾驶的分级

Section 8.1 自动驾驶的分级

8.1 自动驾驶的分级

国际自动机工程师学会 (SAE) 将自动驾驶分为6个级别:

级别	名称	描述
----	----	----

-----	-----	-----
-------	-------	-------

L0	无自动化	人类驾驶, 系统仅提供警告
----	------	---------------

L1	驾驶辅助	系统可控制转向或加速之一 (如定速巡航)
----	------	----------------------

L2	部分自动化	系统同时控制转向和加速, 但人类必须时刻监控
----	-------	------------------------

8.1 自动驾驶的分级（续）

| L3 | 有条件自动化 | 系统在特定条件下可完全驾驶，但需要人类接管 |

| L4 | 高度自动化 | 系统在限定区域内可完全自动驾驶 |

| L5 | 完全自动化 | 系统在全路况下可完全自动驾驶 |

目前，主流量产车的自动驾驶水平处于L2至L2+级别。L4级别的Robotaxi在部分城市已开始试点运营。

8.2 自动驾驶系统的核心技术栈

Section 8.2 自动驾驶系统的核心技术栈

8.2 自动驾驶系统的核心技术栈

一个完整的自动驾驶系统通常包含以下模块：

8.2.1 感知模块

- **摄像头**：提供丰富的视觉信息，用于车道线检测、交通标志识别、障碍物检测
- **激光雷达 (LiDAR)**：发射激光束测量距离，生成环境的三维点云
- **毫米波雷达**：检测物体的速度和距离，在雨雾等恶劣天气下表现更好
- **超声波雷达**：近距离探测，用于泊车辅助

8.2 自动驾驶系统的核心技术栈（续）

8.2.2 定位与地图模块

- **GPS/IMU**: 提供车辆的位置和姿态信息
- **高精地图**: 提供厘米级精度的道路几何信息和语义信息
- **SLAM技术**: 同时定位与地图构建

8.2.3 决策规划模块

8.2 自动驾驶系统的核心技术栈（续）

- **行为预测**：预测周围车辆和行人的运动轨迹
- **路径规划**：从起点到终点的全局路径规划
- **运动规划**：局部路径的实时规划（避障、换道等）

8.2.4 控制模块

- **横纵向控制**：转向控制和速度控制

8.2 自动驾驶系统的核心技术栈（续）

- **执行器指令**：油门、刹车、方向盘等

8.3 单目深度估计——用一只眼睛看世界

Section 8.3 单目深度估计——用一只眼睛看世界

8.3 单目深度估计——用一只眼睛看世界

8.3.1 什么是单目深度估计？

单目深度估计（MDE）是从单张2D图像中预测每个像素到相机的距离。人类可以自然地做到这一点——闭上一只眼睛仍然能判断物体的远近（利用经验中的透视、纹理梯度、物体大小等线索）。

对于计算机来说，这个问题非常困难。因为2D图像中缺少了深度这一维度的直接信息。近年来，深度神经网络的发展让MDE的性能大幅提升，使其成为传统激光雷达的潜在替代或补充方案。

8.3.2 MDE在自动驾驶中的关键作用

- **成本优势**：摄像头远低于激光雷达，有利于自动驾驶的商业化
- **信息丰富**：视觉信息包含颜色、纹理、语义等多维信息

8.3 单目深度估计——用一只眼睛看世界（续）

- **全场景覆盖**：比激光雷达更适合远距离和小目标的检测

工业界实践：特斯拉等公司一直在探索将MDE集成到量产级自动驾驶系统中，利用低成本摄像头配合先进的AI算法实现对环境的深度感知。

8.4 为什么智能汽车安全如此重要？

Section 8.4 为什么智能汽车安全如此重要？

8.4 为什么智能汽车安全如此重要？

随着汽车从"轮子上的沙发"变成"轮子上的电脑", 安全威胁也随之而来:

- **传感器欺骗攻击**: 用对抗补丁让摄像头"看不见"路牌
- **物理环境操控**: 用激光照射干扰激光雷达
- **数据注入攻击**: 向车辆CAN总线注入虚假数据
- **远程攻击**: 通过网络攻击控制车辆的远程信息处理系统

其中最引人关注的是针对AI感知系统的**对抗攻击**——这正是我们下一讲要深入探讨的主题。

📖 延伸阅读

📖 SAE J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems

📖 特斯拉AI Day相关资料: <https://www.tesla.com/AI>

1. 为什么特斯拉选择纯视觉方案（仅用摄像头）而其他公司多采用激光雷达+摄像头的融合方案？
2. 单目深度估计的核心困难是什么？人和机器在深度感知上有哪些异同？
3. 如果你负责设计自动驾驶的安全架构，你会优先考虑哪些安全威胁？

本讲小结

- ✓ 8.1 自动驾驶的分级
- ✓ 8.2 自动驾驶系统的核心技术栈
- ✓ 8.3 单目深度估计——用一只眼睛看世界
- ✓ 8.4 为什么智能汽车安全如此重要?
- ✓ 思考与讨论

感谢聆听

第8讲 · 自动驾驶技术概述