

自动驾驶技术：决策规划和模拟器

专注于人工智能的 深蓝AI研学社 2021-11-26 12:00

文稿整理者：李文波

审稿&修改：李力耘

本文总结于2021年11月10日小鹏汽车自动驾驶中心李力耘博士在深蓝学院关于【智能驾驶系统的预测与规划】的公开课，更多详细内容可以参见公开课。

李博士首先介绍了小鹏汽车智能驾驶发展路线以及未来发展规划，李博士表示到2022年小鹏的智能驾驶汽车要实现L4级别的自动驾驶技术，达到高速行驶场景和城市行驶全场景的L4驾驶能力的覆盖。李博士从自动驾驶的量产技术层面给大家分享介绍了小鹏汽车对于自动驾驶模块中的预测、决策、规划部分以及小鹏汽车全栈自研的模拟器，小鹏汽车的模拟器为无人驾驶的后勤保障单位，模拟器的使用提高了迭代效率保证了算法的质量和稳定性。

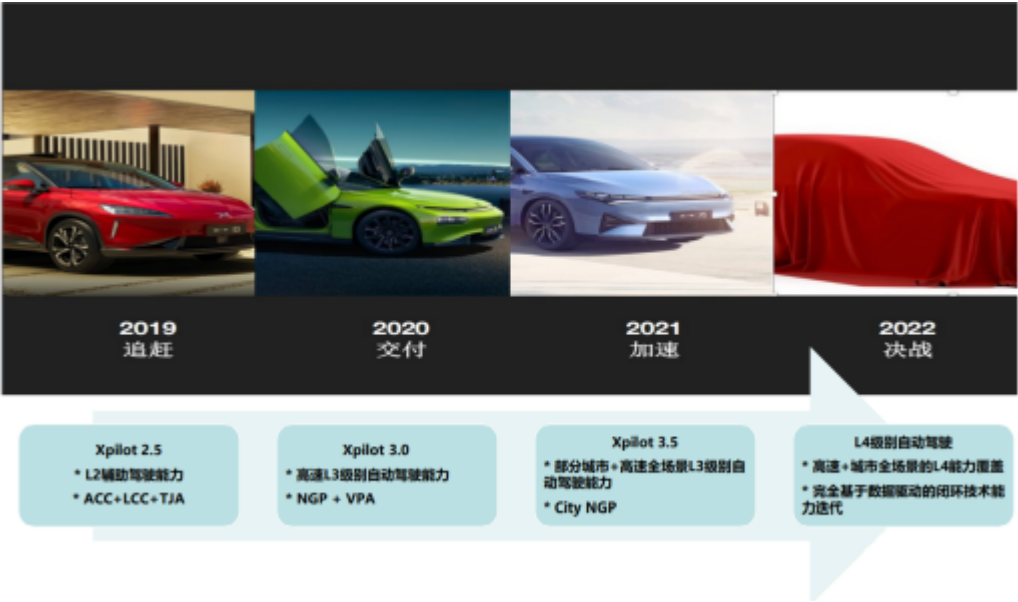


图1：小鹏汽车自动驾驶进阶之路

典型的自动驾驶系统模块划分

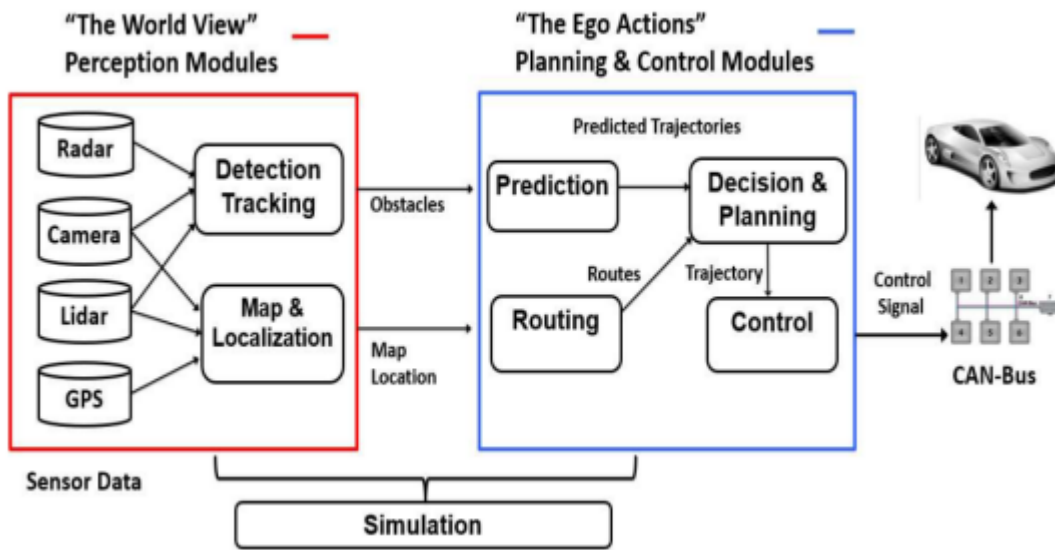


图2：典型自动驾驶系统模块

世界信息感知系统（“The World View” Perception Modules）：感知自车实现无人驾驶所需要的世界上一切信息，主要包括了地图（HD-Map），定位（Localization），物体检测（Object Detection），物体跟踪（Object Tracking）。

自车行为规划控制系统（“The Ego Actions” Planning & Control Modules）：自动驾驶车辆“自我”的主观世界和和行动，主要包括了路由导航（Routing Navigation），决策（Decision），规划（Planning），以及控制（Control）。

模拟器（Simulation）：将世界信息感知系统和自车行为规划控制系统放在集成平台进行测试仿真。

线控驱动（drive-by-wire）：线控技术是新能源汽车实现路径跟踪与避障避险等智能驾驶功能的必要关键技术，其中线控制动、线控转向这两个子系统尤其重要，其性能直接影响车辆的主动安全与驾乘体验。

理解世界：高效理解和认知静态的世界

感知模块对于静态的世界认知对于无人驾驶汽车来说至关重要，无人驾驶汽车需要感知模块实时告诉自车我在哪、周边环境怎么样，对于无人驾驶汽车自车的决策规划模块需要感知系统提供的信息主要有：

1) 自身的信息

- 车辆的位姿
- 车辆在地图里的定位

2) 周边的静态世界

- 道路几何形状：车道线/路口面/道路的转弯属性

b. 道路逻辑结构：红绿灯关联的车道，车道间的前驱/后继/平行关系

3) 周边的动态世界

a. 实时车道线

b. 红绿灯的实时状态

c. 周边车辆的实时状态

d. 周边VRU的实时状态

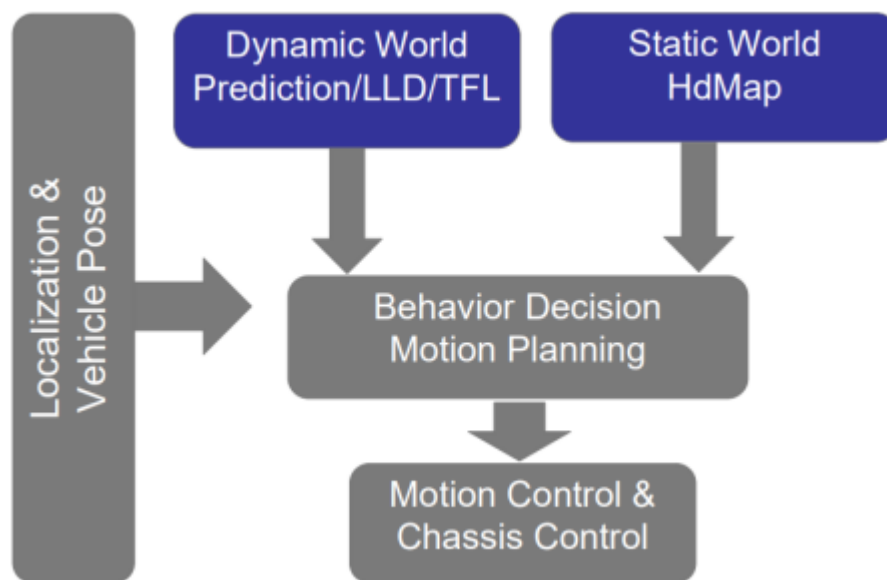


图3：整车架构

目前小鹏汽车的智能驾驶主要依靠高精地图的加持，未来将加强智能驾驶汽车的单体智能能力，以满足在没有高精地图的道路也能使用小鹏汽车的智能驾驶系统，增强用户体验感。

认知他人：对周边物体的行为检测

对周边物体的行为预测主要包括对周边的行驶车辆及行人的未来行驶轨迹预测，预测轨迹的精确性直接影响下游决策规划的轨迹形状和速度规划；没有预测的轨迹，无人驾驶车辆就无法安全平稳的运行。简单的基于跟踪历史或者运动学模型的线性外推是无法满足决策规划的需要，所以核心问题就是如何建立对车辆行人的未来行为轨迹预测模型，高效准确的模型有助于提高轨迹预测准确性。

小鹏汽车采用针对汽车不同的行为进行建模的方法：

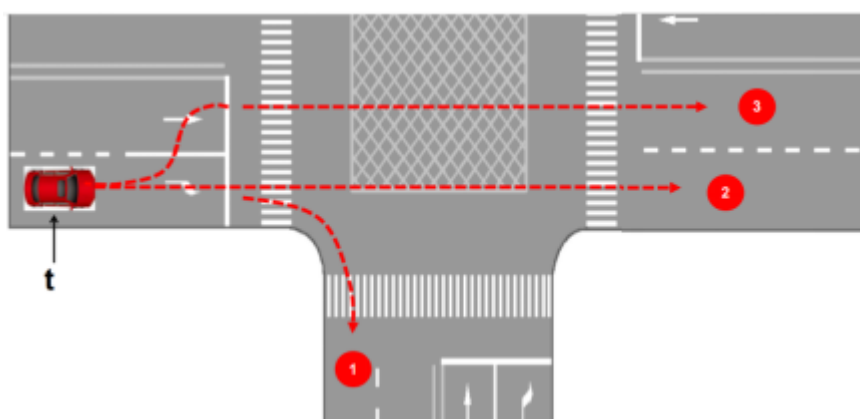


图4：典型工况分析

如图4，红车接下来的行为可能有如下三种：

- a. 右转
- b. 直行
- c. 换道

针对不同的行为分别建模：分别建立（右）转弯模型、直行模型、换道模型。

自车一般是先有导航意图，再生成轨迹，并且需要遵守一定的道路逻辑和交通法规。可以从自车的角度出发预测他车的轨迹。

预测时空轨迹的问题分解成：

- （1）二分类问题：对于每一条可能的道路序列，无人车会不会按照这个道路序列行驶。
- （2）回归优化问题：给定一个分类选中的道路序列，优化轨迹形状和速度。

小鹏汽车使用的预测方法为：**序列化道路模型**，针对每一条道路序列进行二分类操作，针对高概率的回归结果进行回归优化绘制轨迹。将复杂轨迹的预测问题，映射到离散有限的道路序列空间中，使用统一的道路序列模型，无需适用模型场景选择，无需人工标注，极大提高了感知数据的利用率，样本数累积迅速，有效利用了大数据和机器学习技术，进行特征抽取和模型训练，便于结合轨迹优化的方法，提高了轨迹的优化效果。

规划自我：对自我的行为决策和轨迹规划

无人驾驶汽车主要包括感知、决策、规划三大模块，决策模块包括行为决策和轨迹规划，轨迹规划就是在一个较短的时间内规划出一条从A点到B点运动轨迹，该运动轨迹包含路径信息和速度信息，对运动轨迹的要求有：安全性、舒适性、高效性和可执行性，无人驾驶汽车和地面无人机机器人的区别就是，无人驾驶汽车更加受限于运动学约束，所以生成的轨迹必须满足运动学上的要求，保证控制可以执行。

Planning的结构包括以下四点：计算指引线（Reference Line）、产生规划起点(Stitching)、轨迹生成和优化(Planning & Decision)、轨迹的发布(Trajectory Publish)。

a. 指引线(Reference Line):

要求指引线具有一定的平滑性这是满足规划的基础，要求既可以离线载入也可以在线生成，指引线生成和整体的决策规划模块可以独立分开异步运行，指引线的优化指在特定的限制条件下，优化累积的曲率变化率 $\text{Kappa/Cumulative Curvature}$ 。

b. 产生规划起点(Stitching):

由于控制不能完美追踪上一个周期的轨迹，从主车当前位置开始规划会导致发给控制模块的轨迹不连续，所以需要将主车当前位置投影到上一个规划周期的轨迹中，将该投影点作为当前周期的规划起始位置。

c. ~~轨迹生成和优化(Planning & Decision)~~:

Lattice Planner：针对结构化道路的轨迹规划，更多的使用基于Frenet Frame坐标系下的Lattice Planner轨迹规划方法，Lattice Planner是基于运动学的规划方法，同时产生轨迹形状和速度在Frenet Frame中按照指引线(s,l)方向进行规划。将纵向和横向分开独立规划，形状和速度在一维空间联合优化，保证控制模块能够执行,这种方法更适用于高速场景的应用，方法简单，容易调试，可以满足量产落地的需求。

Slt Planner：和Lattice Planner一样也是基于Frenet Frame坐标系下的轨迹规划方法，同样适用于结构化道路，整个规划算法分为四个部分，路径决策、路径优化、速度决策、速度优化。首先产生一个相对粗糙的路径，例如基于搜索的算法A-star等各种方法都可以应用在这条相对粗糙路径的生成，该路径中包含了静态障碍物信息、道路边界、车道线等信息，该路径中也包含了一定的决策信息，一旦该路径确定也就意味着主车已经做出了决策。路径的优化就是通过优化手段使轨迹能够满足车辆的运动学特性、静态障碍物的无碰撞和计算的高效性，通过将静态障碍物和道路边界等信息映射到Frenet Frame坐标系之下，将路径优化问题建模成为一个二次优化问题。速度的决策优化和路径的决策优化具备很强的相似性，路径的优化将问题转化成SL空间下的二次优化，速度的优化是将问题转化成ST空间下的二次优化问题。

推荐一篇文章：Y. Zhang, H. Sun, J. Zhou, J. Pan, J. Hu, and J. Miao. Optimal Vehicle Path Planning Using Quadratic Optimization for Baidu Apollo Open Platform Intelligent Vehicle Symposium (IV), 2020.

Free-Space Planner是一种可以在结构化道路使用也可以在非结构化道路使用的规划算法，该算法从工程领域可以将无人驾驶推向更多的应用场景，可以减轻对高精地图和引导线的依赖，从而可以在没有引导线的场景也可以顺利通行。

模拟器是为了提高迭代效率，保证算法的质量和效率，小鹏汽车全栈自研的模拟器包含了从感知到规划到控制的闭环仿真，尤其针对规划算法的迭代具备更好的验证效果。

模拟器的主要难点包括：

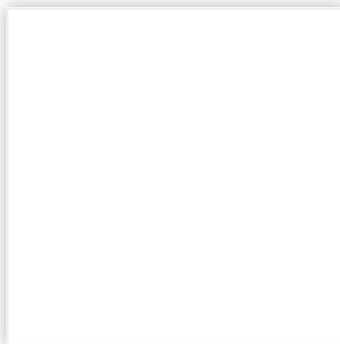
- 1) 需要整个架构的配合；
- 2) 大数据的存储和强大的计算能力；
- 3) 将模拟器的指标纳入到研发、测试和流程管理中。

*感谢深蓝学员李文波同学的整理，非常感谢李力耘博士对本文的审核。

end

[观看回放与领取课件](#)

扫码备注【技术】，才会通过好友哦！



[往期推荐](#)



高精地图技术简介

前方招人





揭秘自动驾驶纯视觉算法，探索自动驾驶的未来



点击“阅读原文”，直通本公开课

Read more

People who liked this content also liked

状态估计，修炼SLAM的又一必备心法！

深蓝AI研学社



C
笔记