

面向辅助自动驾驶的 高精地图数据信息交互方法

姓名：张焱杰

学号：2131371

专业：城市交通_城市交通全息感知与智能计算

指导教师：刘春 教授、黄炜 教授

目录

- 1 研究现状与问题分析
- 2 自动驾驶高精地图信息交换内容和格式
- 3 面向典型场景的信息交互方法
- 4 实验与分析
- 5 总结与展望



1 研究现状与问题分析



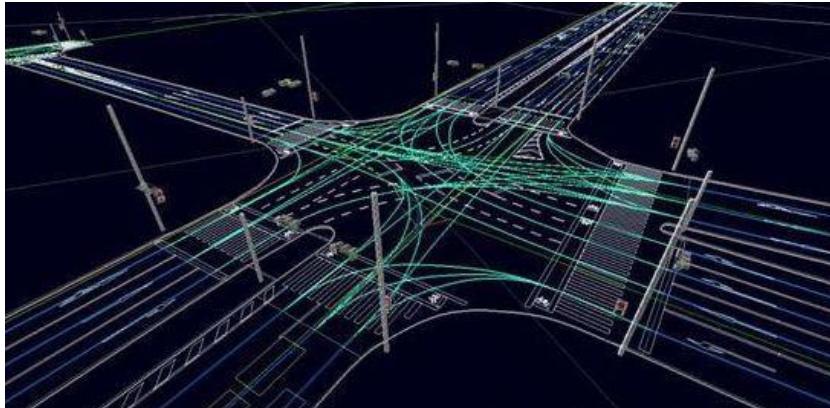
1 研究背景与意义

② 高精地图定义

高精地图的绝对精度和相对精度均在 **1米以内**，可以提供**高精度、高新鲜度、和高丰富度**的地图信息。

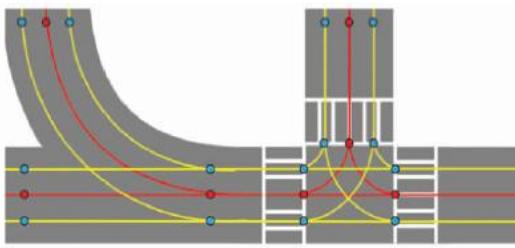
——《智能网联汽车高精地图白皮书》

高精地图



- ◆ 内容：丰富的道路和环境信息
- ◆ 功能：精确导航、定位
- ◆ 供机器使用的电子地图（辅助自动驾驶）
- ◆ 地图信息：道路信息、环境对象信息、动态信息

道路信息



- 道路类型
- 道路曲率
- 车道线位置
- ...

环境对象信息



- 路边基础设施
- 障碍物
- 交通标志
- ...

动态信息



- 交通流量
- 红绿灯状态
- ...



1 研究背景与意义

高精地图实际应用

智能驾驶 场景下

- ◆ 通过高精地图，自动驾驶汽车能够对即将到来的道路状况有**预知性**的理解，提前做出调整以保证行驶的安全和流畅。
- ◆ 当汽车遇到复杂的路况，比如立交桥、环形路等，高精地图可以**提供精确的路况信息**，帮助汽车更准确地进行决策。

高精地图的问题与挑战

◆ 制作和维护成本极高

为保持地图的精度和实用性，需要进行大量的地面测绘工作，这既需要大量的人力物力，也需要高昂的费用。

- 每公里千元，每天每辆车约100公里（厘米级地图测绘效率）

——《智能网联汽车高精地图白皮书》

◆ 地图信息实时性问题

城市的道路**环境变化频繁**，任何微小的道路改变都可能影响到自动驾驶汽车的行驶安全。

由于更新高精地图需要大量的时间和资源，因此很难做到**实时更新**。



1 研究背景与意义

思考

面对高精地图的挑战，许多业内专家和企业开始寻求替代方案。

1 纯视觉方案

关键技术

- 车载摄像头
- 图像识别技术

目标

- ✓ 类人驾驶

2 重感知+轻地图技术方案

关键技术

- 【主】传感器
- 【辅】轻型地图

目标

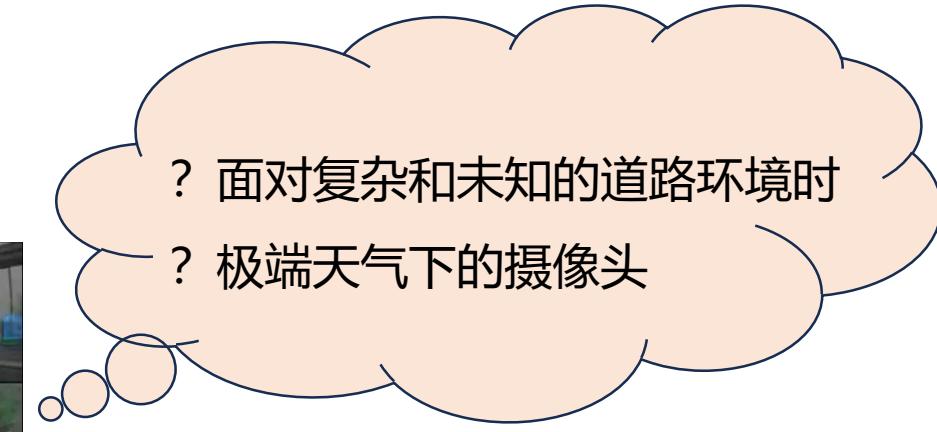
- 降低对地图依赖
- 减少成本。



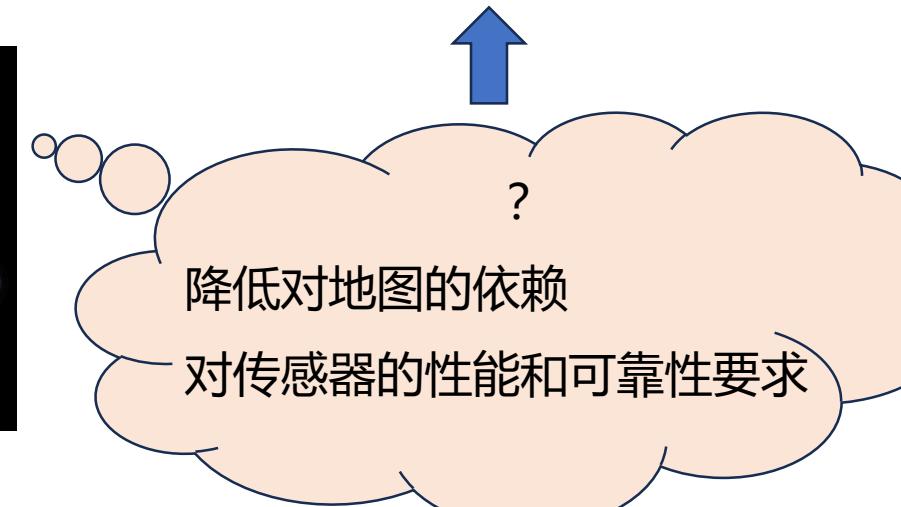
搭载全自动驾驶功能硬件下的特斯拉



小米SU7的感知能力和高德HQ地图能力



不依赖高精地图？
特定的场景下（高速公路等）
高精地图仍然提供有价值的辅助信息。

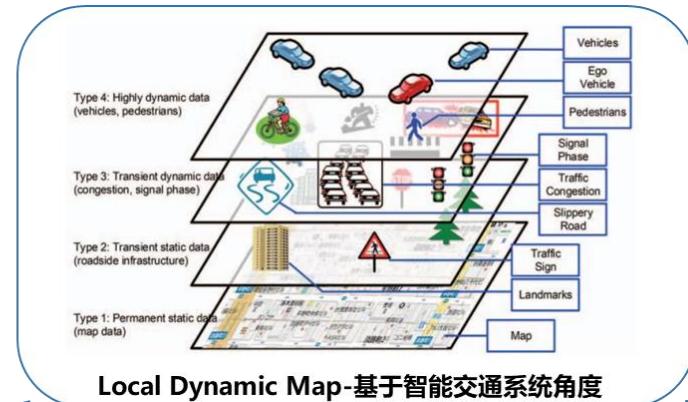




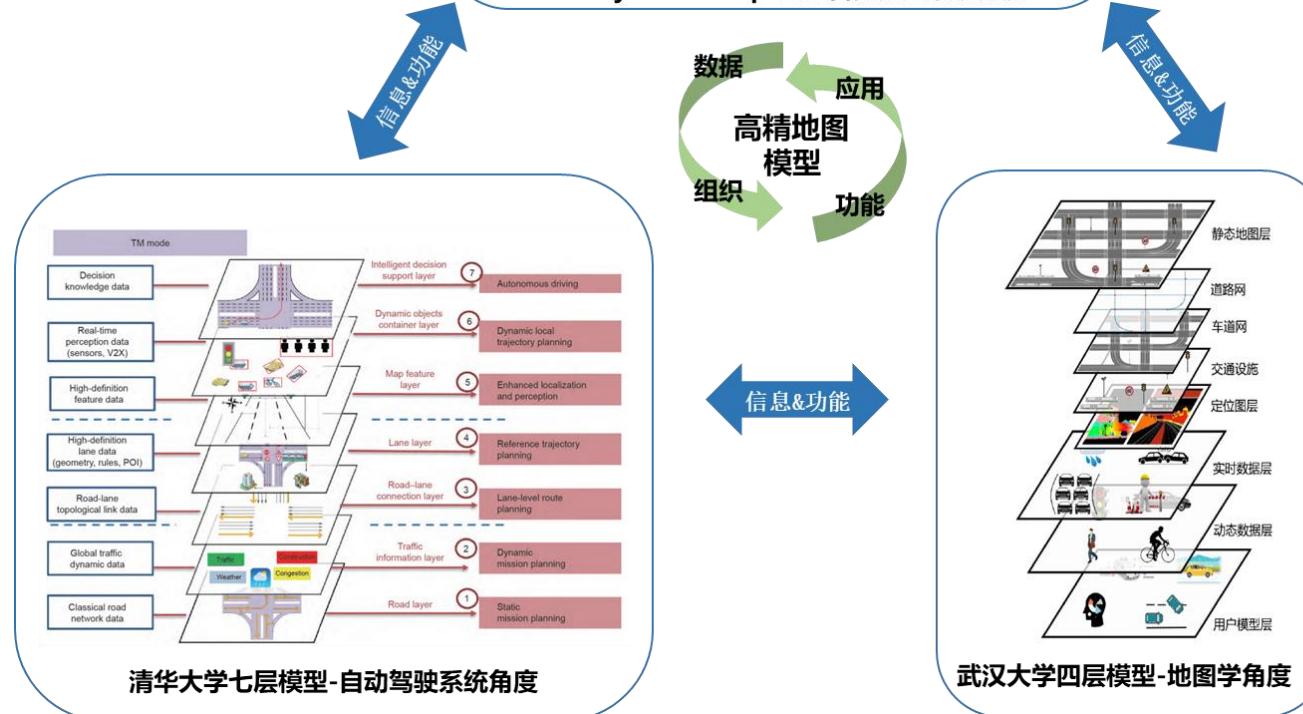
1 高精地图模型研究现状

主流高精地图模型

- 学术界
- 智能交通系统角度^[1]
- 车路协同智驾角度^[2]
- 地理信息地图角度^[3]



Local Dynamic Map-基于智能交通系统角度



其它高精地图模型

- 地图制造商
- 互联网公司（联合汽车生产商）

◆ HERE
HD Live Map



◆ TomTom
Orbis Map



◆ Google
Google HD Map



◆ Baidu
Apollo



◆ NAVINFO
OneMap

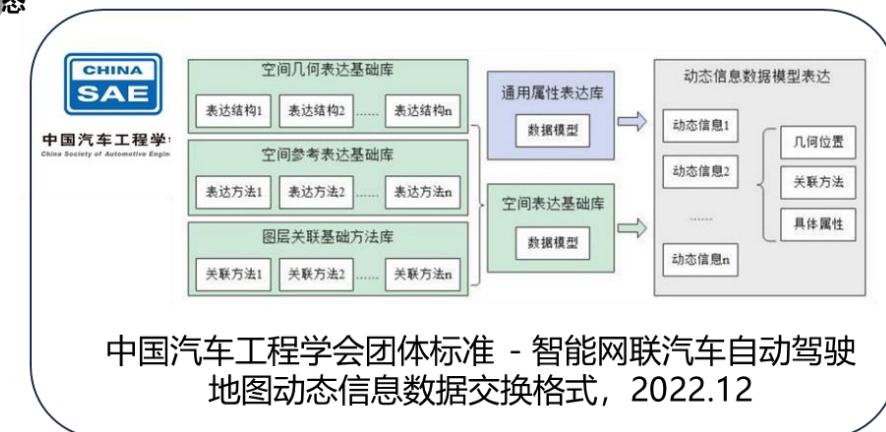
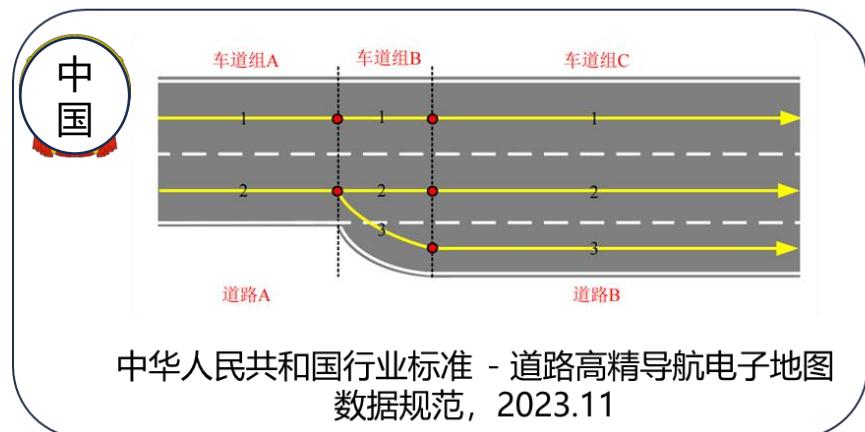
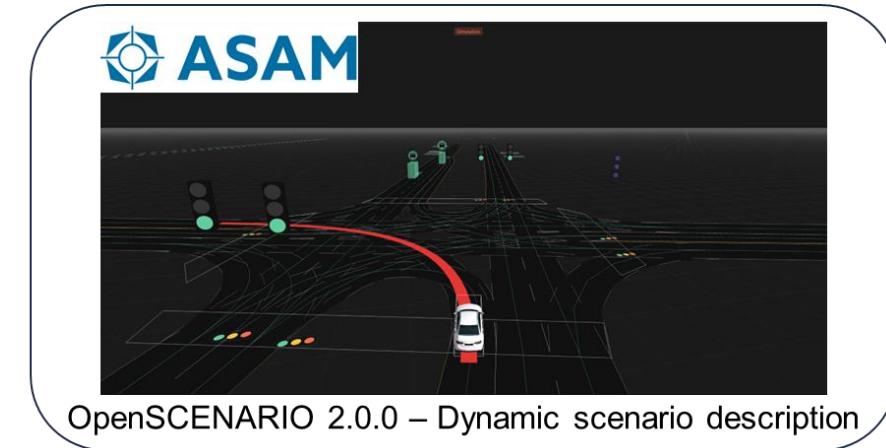
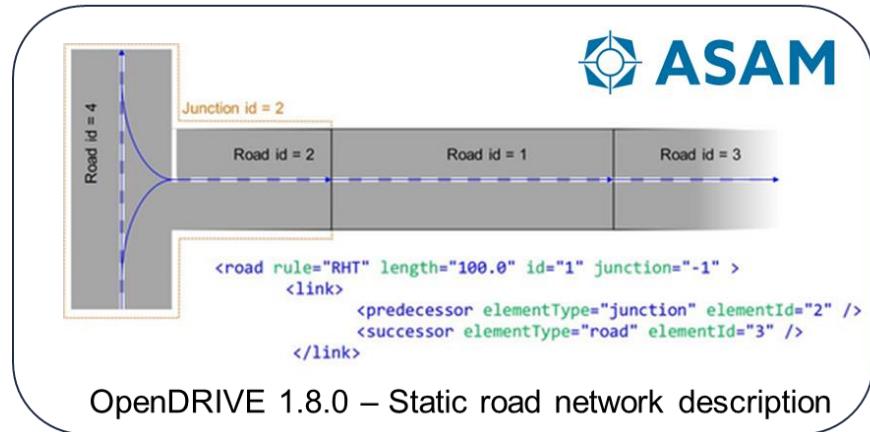
- SHIMADA H, YAMAGUCHI A, TAKADA H, etc. Implementation and Evaluation of Local Dynamic Map in Safety Driving Systems[J]. Journal of Transportation Technologies, 2015, 05(02): 102-112.
- JIANG K, YANG D, LIU C, etc. A Flexible Multi-Layer Map Model Designed for Lane-Level Route Planning in Autonomous Vehicles[J]. Engineering, 2019, 5(2): 305-318.
- 刘经南, 詹骄, 郭迟, 等. 智能高精地图数据逻辑结构与关键技术[J]. 测绘学报, 2019, 48(8): 939-953.

1 高精地图数据标准化研究现状



高精地图数据标准化

- 静态信息（车道线，交通标识，路缘等）
- 动态信息（交通流，行人，天气，交通灯信号控制等）





1 问题发现和目标研究

根本问题

- 1 制作和维护高精地图成本高
- 2 地图信息实时性问题

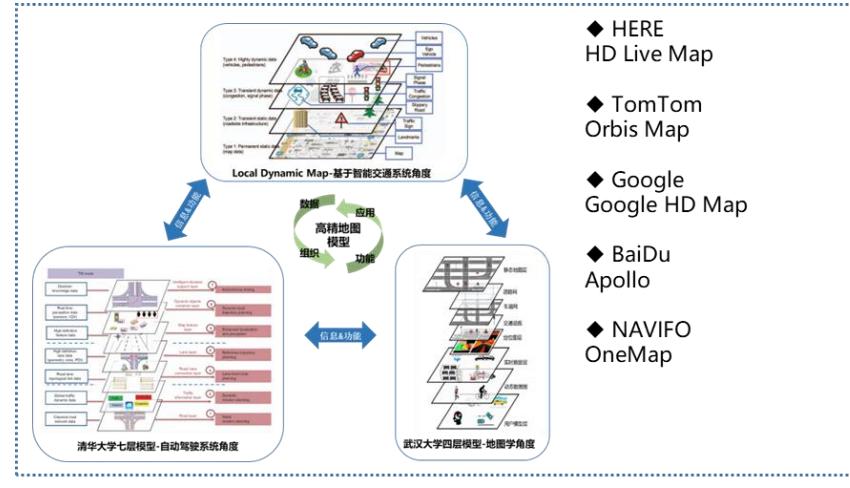
具体问题

- 1 高精地图数据模型种类多
- 2 数据标准化格式不统一

潜在结果

- 1 大量数据冗余
- 2 作用范围有限

关键问题



◆ HERE HD Live Map
 ◆ TomTom Orbis Map
 ◆ Google Google HD Map
 ◆ Baidu Apollo
 ◆ NAVIFO OneMap

智能交通人-车-路

地理信息地图学

自动驾驶车路协同

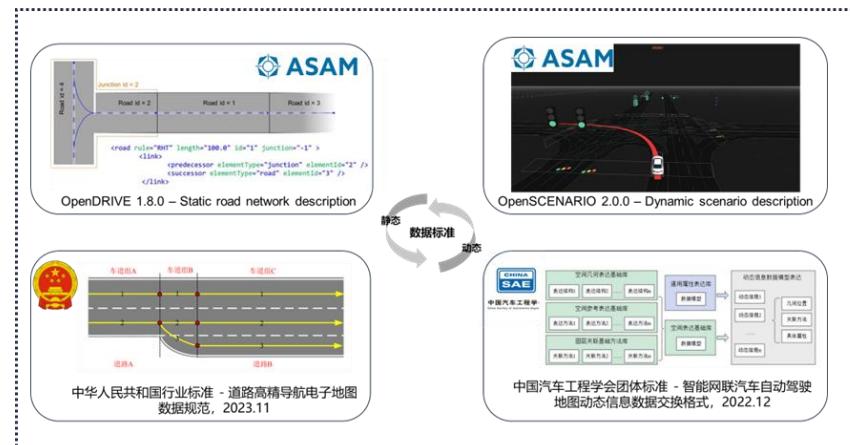
高精地图
信息内容再思考
数据结构分级



信息

交互

高精地图动态信息



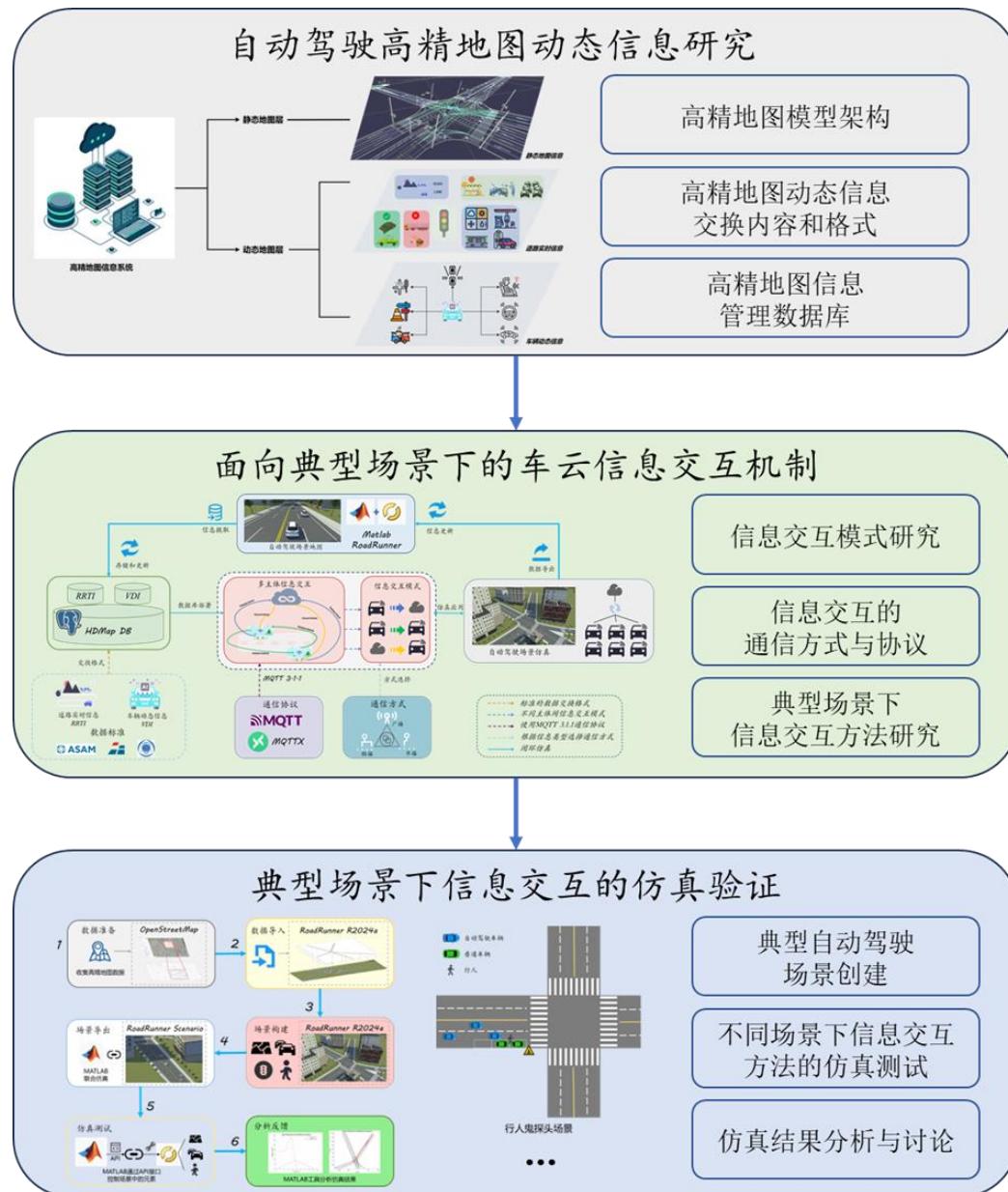
静态地图信息
交换格式

动态路网信息
交换格式

数据交换格式
标准化



1 技术路线



研究内容1

- 调研和整合国内外高精地图模型方面的研究
- 提取高精地图模型共性内容
- 整理并定义相对全面的动态信息数据交互内容和格式

研究内容2

- 设计提出三种信息交互模式
- 针对不同类型数据在交互时使用的通信方式
- 基于统一的信息通信协议进行不同端口间信息播发和接收

研究内容3

- 设计三类典型的自动驾驶场景完成验证
- 基于开源地图数据重构场景
- 部署不同信息端口的交互模块
- 测试信息交互方法的有效性

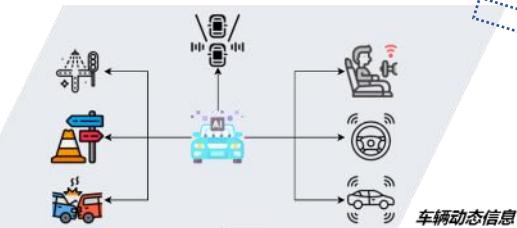
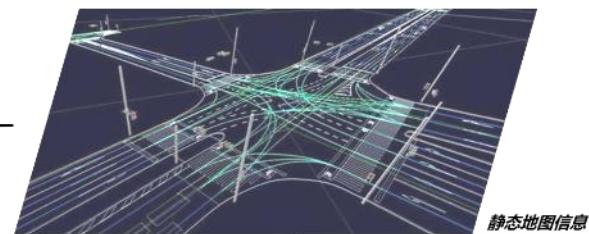


2 自动驾驶高精地图信息 交换内容和格式



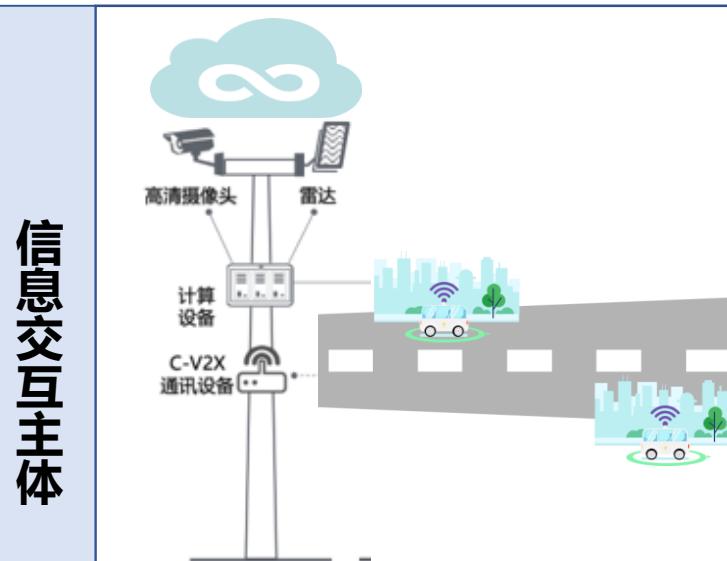
2 高精地图信息系统模型框架

高精地图模型

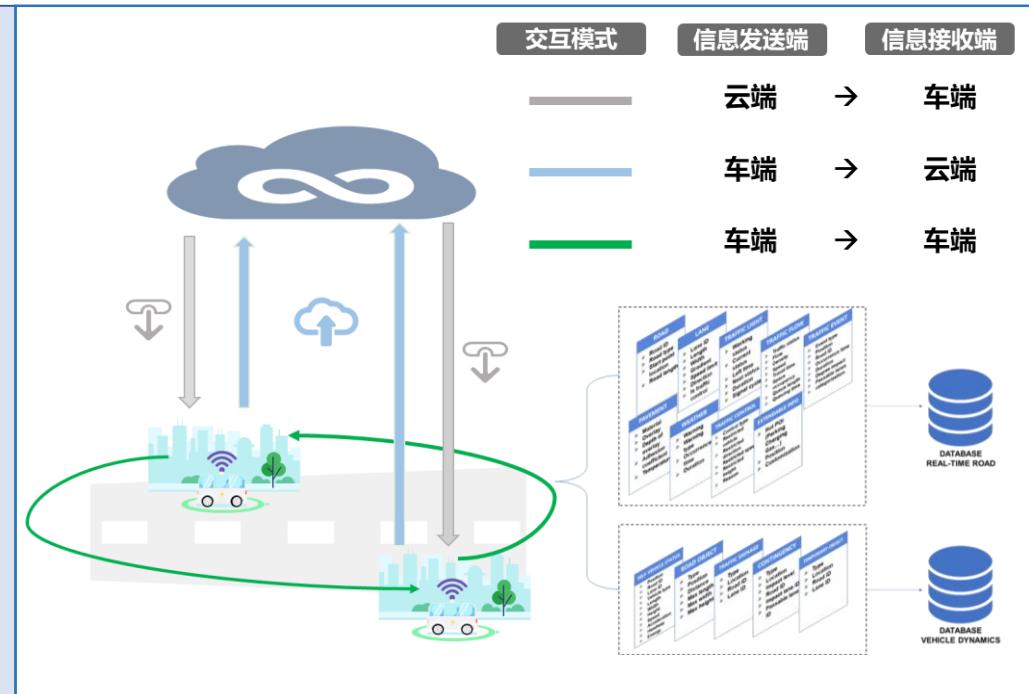


高精地图数据逻辑模型

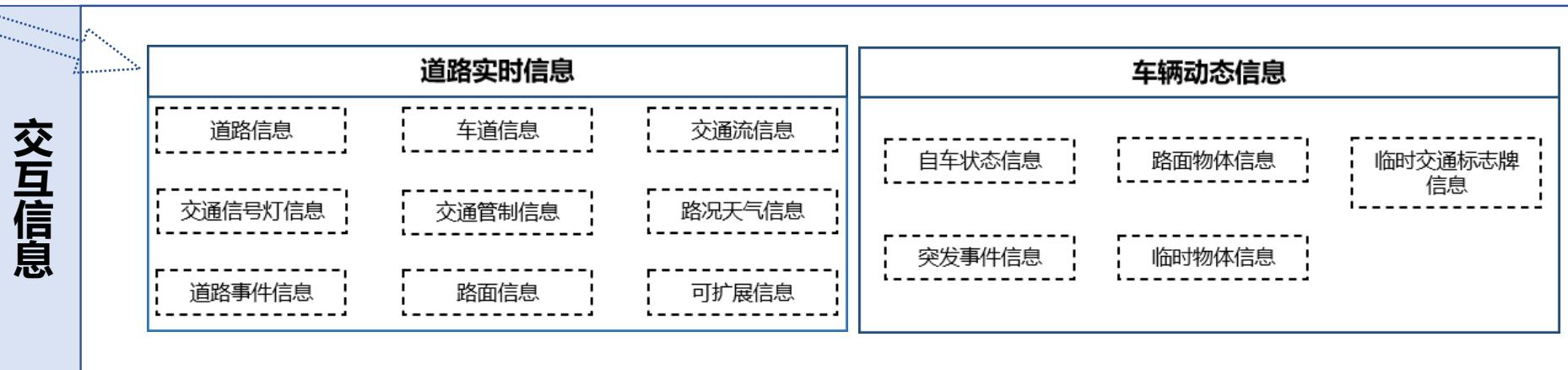
交互信息



信息交互模式



信息交互主体

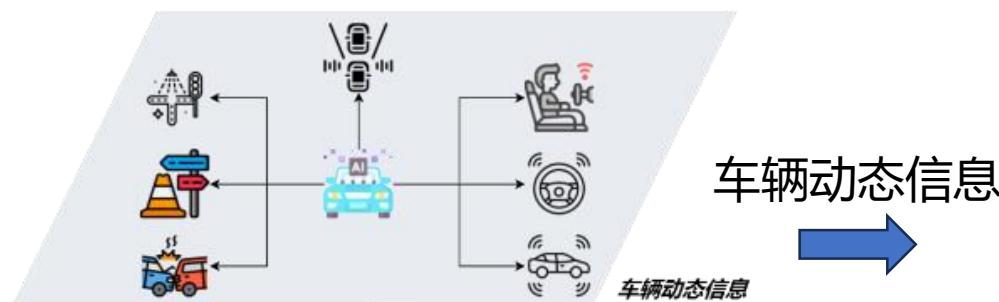
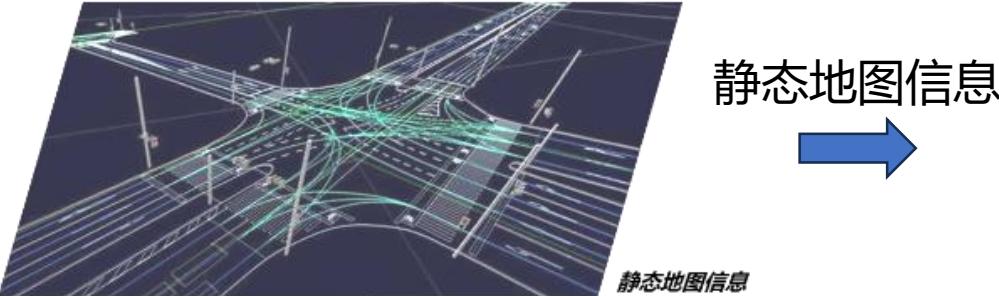




2.1 高精地图数据逻辑模型

模型设计基础

- 高精地图要求
- 综合分析前述数据逻辑结构的分层特点
- 参考OpenDrive、NDS、Apollo等地图标准



高精地图数据逻辑分层模型

数据类型	数据描述
道路几何、车道信息、路缘线和路肩、静态障碍物、道路设施、三维环境、定位信息	内容、属性、几何表达、服务功能

数据类型	数据描述
交通流、事件、交通信号灯、交通管制、天气、路面、可扩展	内容、属性、数据源

数据类型	数据描述
自车状态、临时交通标志牌、路面物体、突发事件、临时物体	内容、属性、数据源

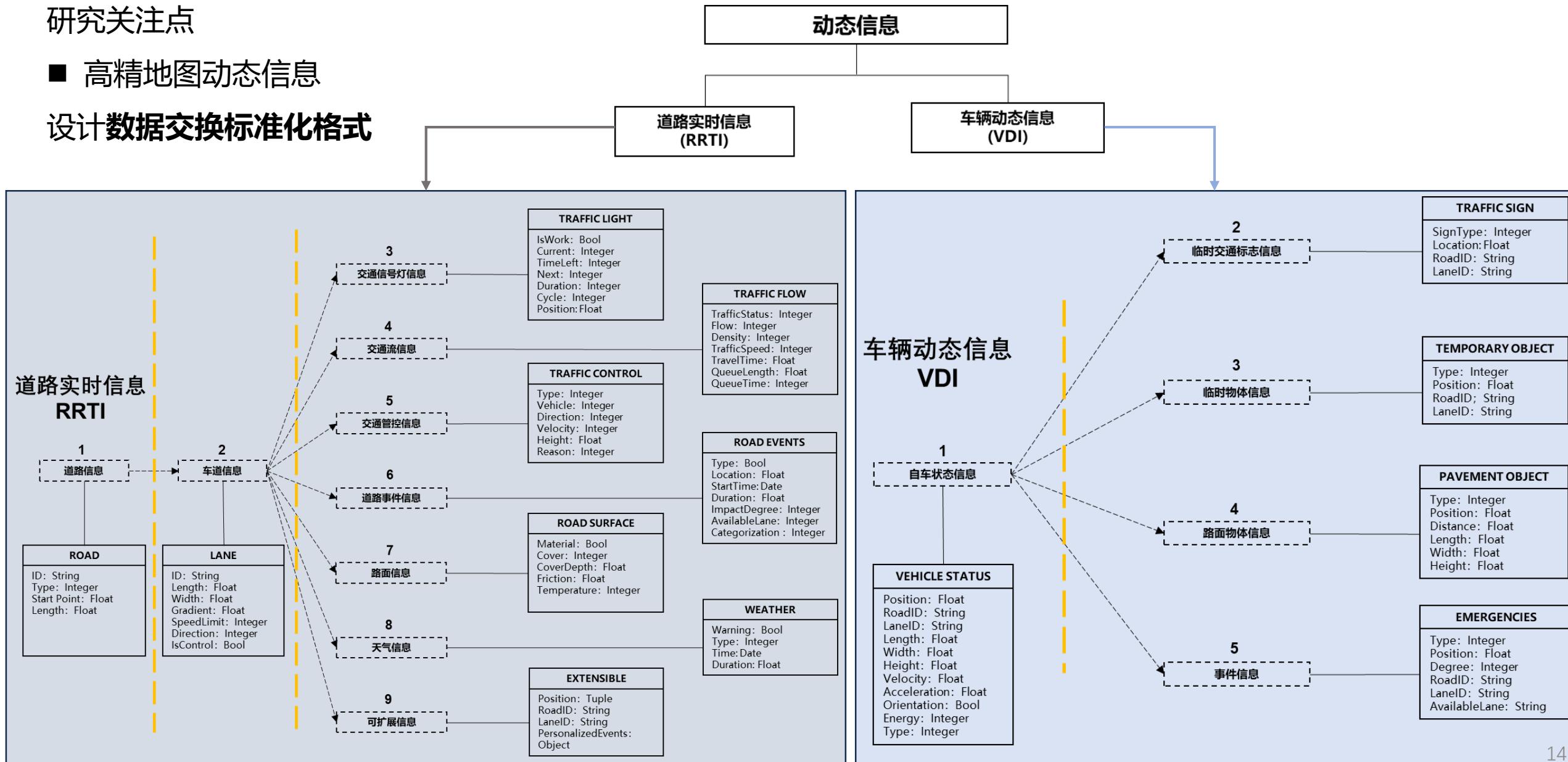
2.2 高精地图动态信息交换内容和格式



研究关注点

■ 高精地图动态信息

设计数据交换标准化格式



2.3 高精地图信息管理数据库



➤ 研究目的

- 存储和管理数据
- 不同主体间信息交换

➤ 需求分析

- 数据类型需求 (**动态信息, 部分静态信息**)
- 功能需求 (支持不同主体的数据调用, **存储和交换**)

➤ 概念设计

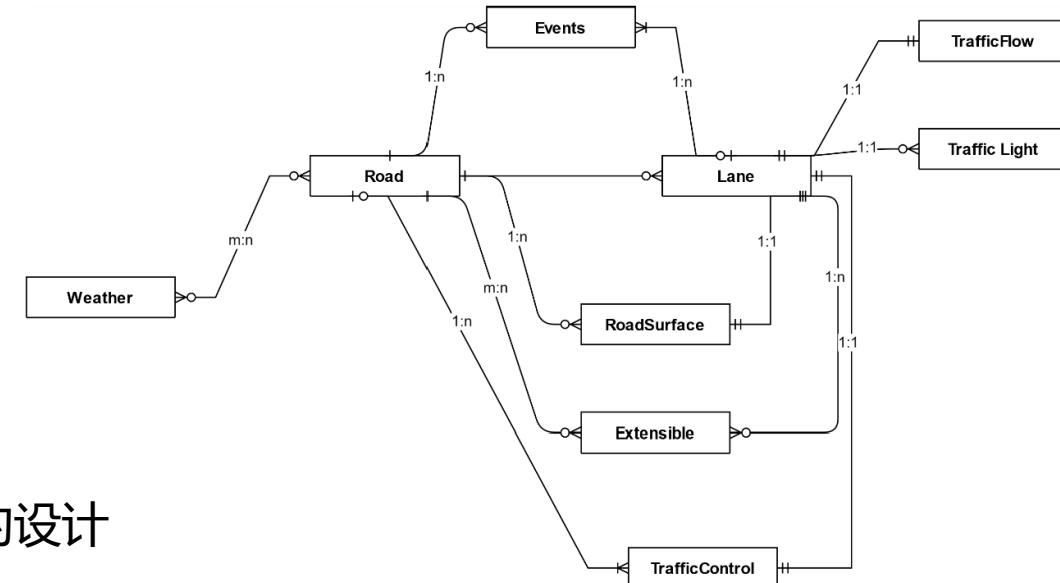
- 设计高精地图信息管理数据库的**实体-联系模型**
- 数据库中所有实体、属性、实体集、实体型、域以及码的设计

➤ 逻辑设计

- 将概念模型转化为逻辑模型：概念模型中的实体集、实体的属性和实体之间的联系放到关系模型中由相互关联的二维表组成的集合中。

➤ 物理设计

- 基于PostgreSQL搭建



实体-联系模型 (道路实时信息)

2.4 信息交互模式



应用高精地图信息前提

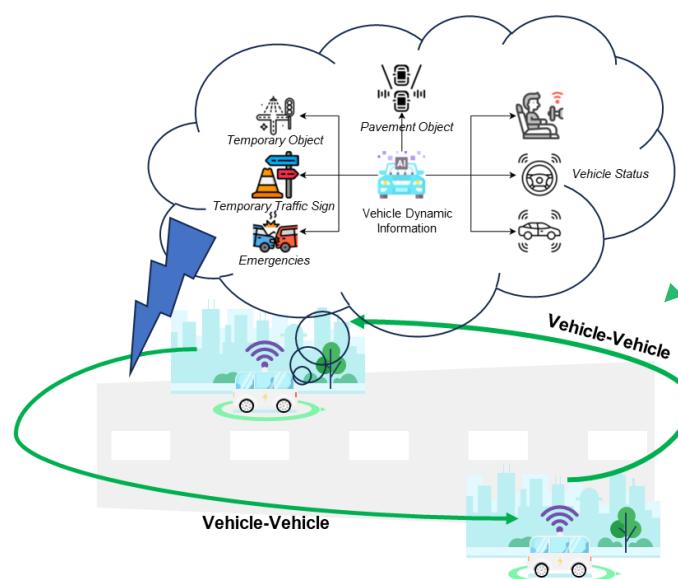
- 数据管理中心，包含丰富的路网信息以及交通环境动态信息。

- 信息交互是辅助自动驾驶决策的关键一环。

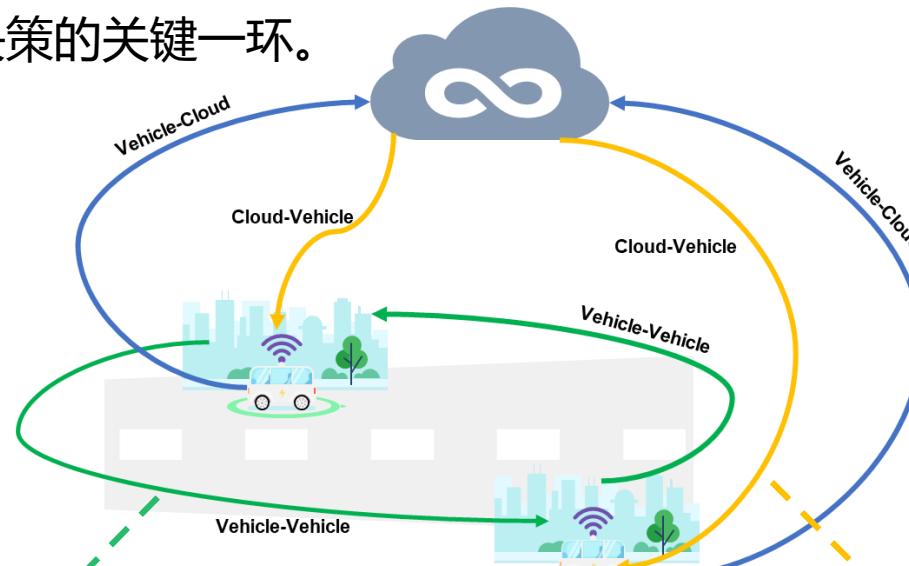
- 车-云信息交互模式

- 车-车信息交互模式

- 云-车信息交互模式



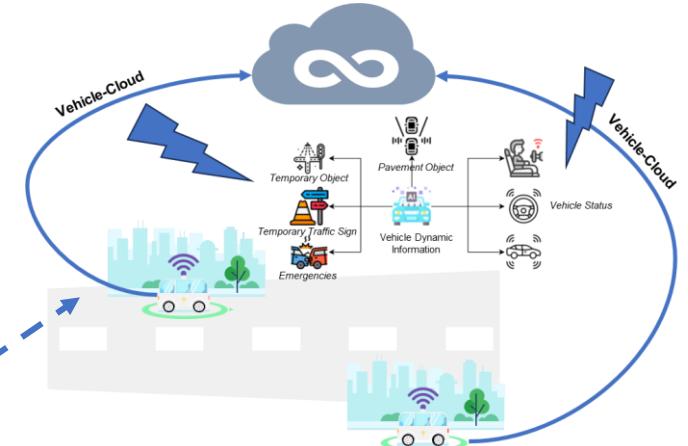
车-车信息交互模式



车辆向高精地图信息系统云端数据库上报实时道路环境信息。提供车辆动态数据，用于更新和维护高精地图信息。

车辆之间分享实时道路环境信息。辅助自动驾驶系统应对特殊情况，如碰撞预警和协同车道变换。

高精地图云端向自动驾驶车辆提供针对性的信息服务。包含道路信息、交通信号灯信息、事件信息等，支持智能交通管理。



车-云信息交互模式



云-车信息交互模式

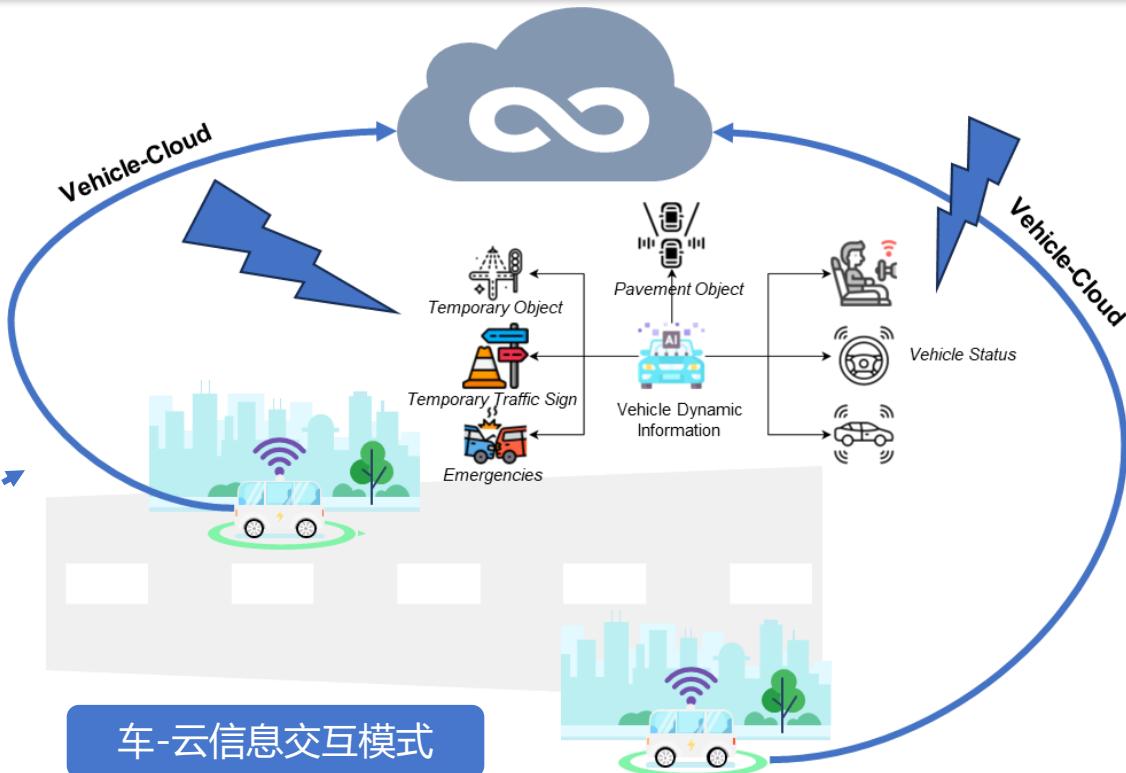
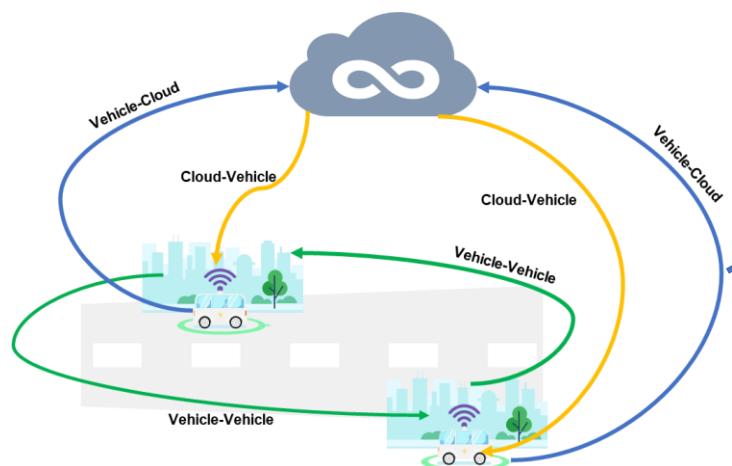


2.4.1 车-云信息交互模式

■ 车-云信息交互模式

■ 车-车信息交互模式

■ 云-车信息交互模式



潜在应用

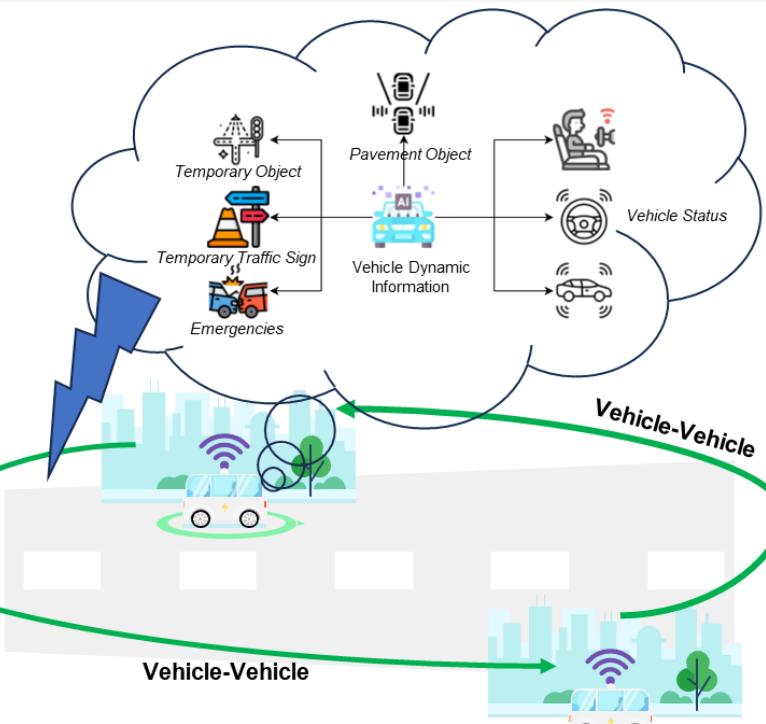
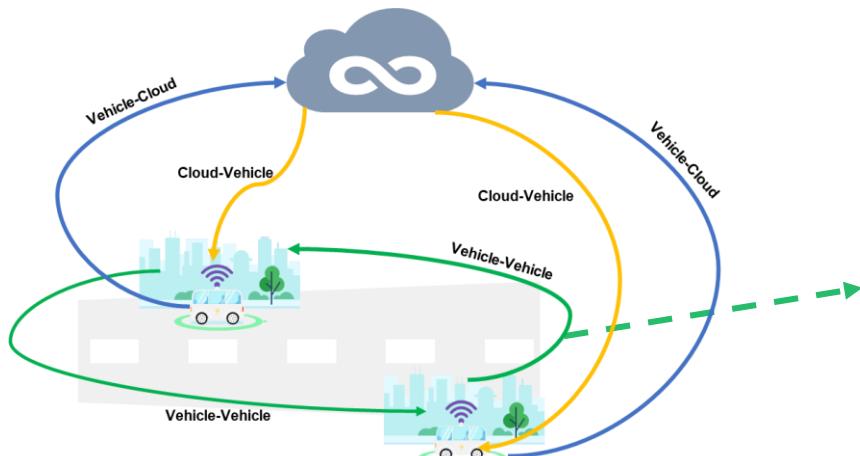
高精地图云端通过所获得的信息，利用先进的信息处理技术，对道路数据进行动态更新和优化。

信息播发	信息接收	信息内容	假设条件
自动驾驶车辆	高精地图云	自车状态信息、临时物体信息、临时交通标志牌信息、突发事件信息、路面物体信息	<ol style="list-style-type: none"> 1) 车辆具备基本的数据处理能力； 2) 没有网络延迟且不考虑网络攻击等情况； 3) 所有车辆完全服从信息交互的具体要求且不存在欺诈行为。



2.4.2 车-车信息交互模式

- 车-云信息交互模式
- 车-车信息交互模式
- 云-车信息交互模式



车-车信息交互模式

潜在应用

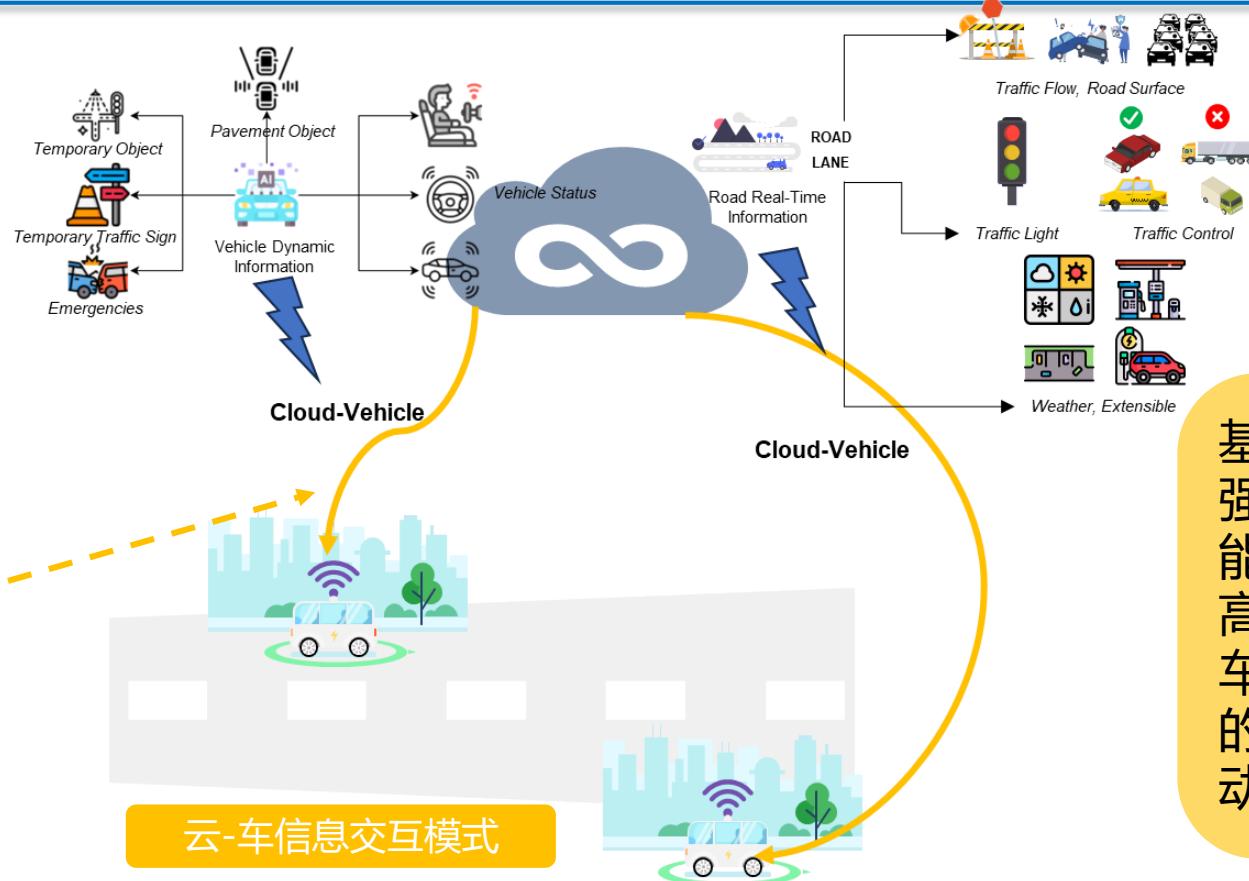
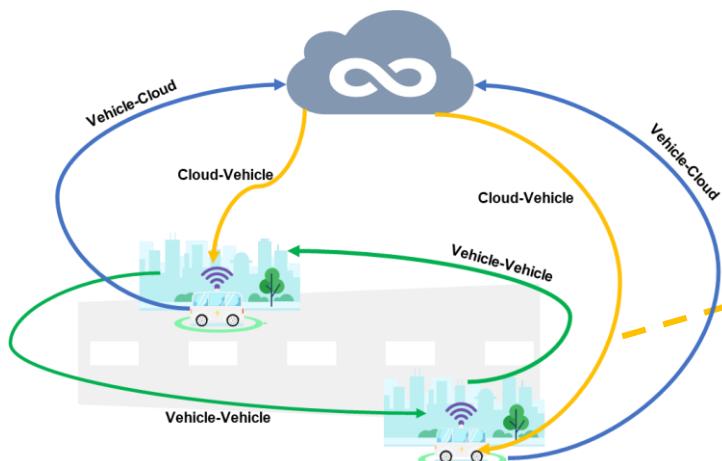
- 碰撞预警
车辆之间通过共享位置和速度等信息，检测到可能发生碰撞时发出决策预警。
- 协同变换车道
与周围车辆进行信息交换后，预测变道的安全性，调整自车速度，完成变道操作。

信息播发	信息接收	信息内容	假设条件
自动驾驶车辆	自动驾驶车辆	自车状态信息、临时物体信息、临时交通标志牌信息、突发事件信息、路面物体信息	1) 车辆具备基本的数据处理能力； 2) 没有网络延迟且不考虑网络攻击等情况； 3) 所有车辆完全服从信息交互的具体要求且不存在欺诈行为。



2.4.3 云-车信息交互模式

- 车-云信息交互模式
- 车-车信息交互模式
- 云-车信息交互模式



潜在应用

基于高精地图云端的强大计算和数据分析能力，为每辆接入高精地图得自动驾驶车辆提供精准而全面的信息，从而辅助自动驾驶车辆高效出行。

信息播发	信息接收	信息内容	假设条件
高精地图云端	自动驾驶车辆	道路信息、车道信息、交通信号灯信息、交通管制信息、路面信息、交通流信息、事件信息、可扩展信息、天气信息、其他车辆的自车状态信息	<ol style="list-style-type: none"> 1) 云端服务器在与车辆车端通信过程的网络延迟很低，且不考虑网络攻击等情况的发生； 2) 云端是可信的，不存在虚假信息的传播； 3) 云端上的信息统一按照高精地图信息系统中要求的数据交换格式存储和播发。

3 面向典型场景的 信息交互方法



3 信息交互方法框架

数据交互闭环全流程

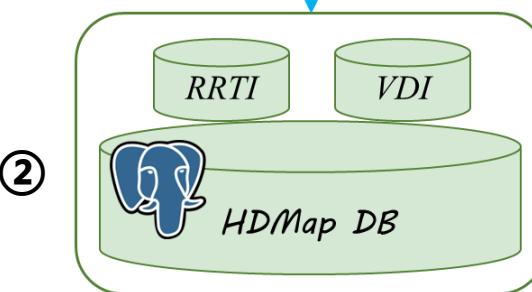
① 数据采集

② 数据处理

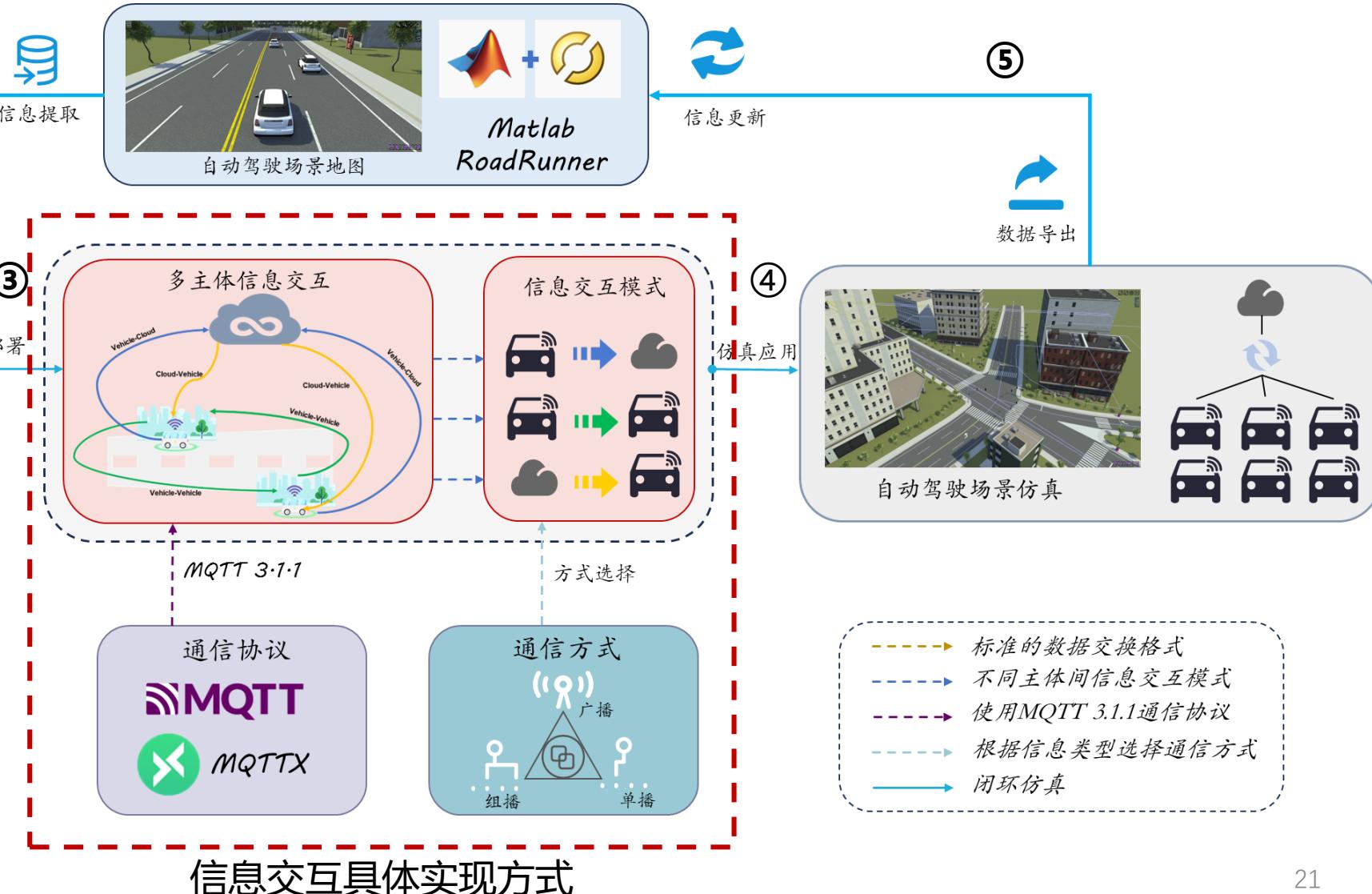
③ 信息交互模式

④ 动态仿真

⑤ 数据更新



基于高精地图信息系统的 信息交互方法



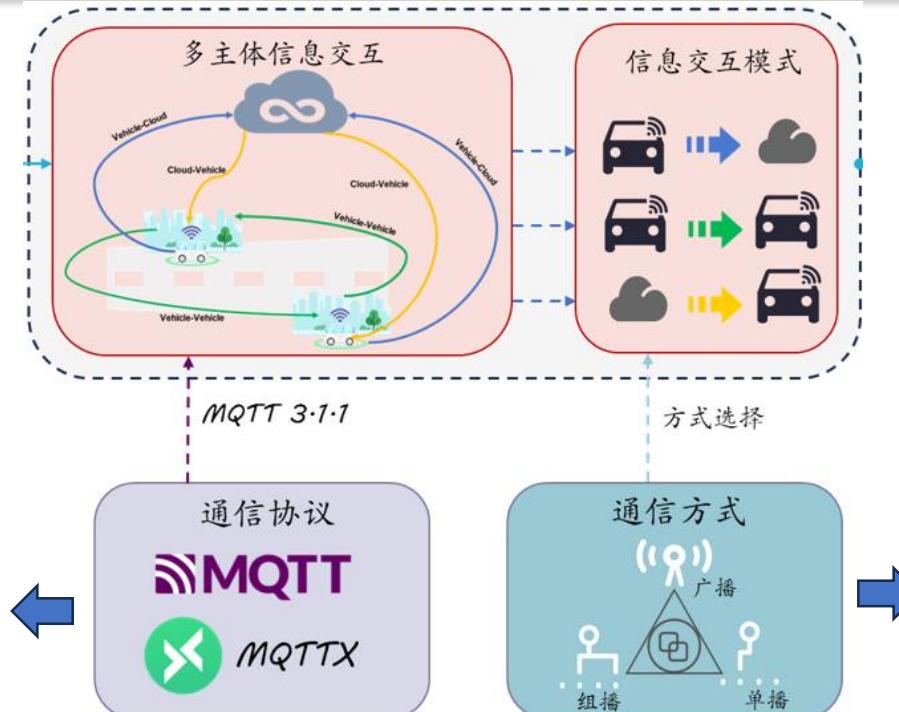


3.1 信息通信方式与协议

通信协议

- MQTT：轻量级发布/订阅协议，支持低带宽和不可靠网络环境

- MQTT协议特点：
 - 轻量级
 - 发布/订阅模式
 - 安全性



通信方式

- 单播(Unicast)点对点通信，保证信息的隐私性和安全性
- 广播(Broadcast)一对多通信，信息覆盖整个网络
- 组播(Multicast)一对多通信，信息传递给特定组的节点

对比分析：

- 单播: 高隐私性，低资源利用效率
- 广播: 简单高效，但不安全
- 组播: 节省资源，但管理复杂

通信方式	优点	缺点
单播	隐私性和安全性、可靠性、个性化服务	网络负载、资源利用效率
广播	简单高效、全面覆盖、易于实现	网络负载高、资源浪费
组播	节省网络资源、高效性、灵活性	复杂的组播管理



3.1.1 MQTT协议下高精地图信息服务级别

MQTT协议规定了三种消息发布服务级别

- QoS 0: 最多一次(At most once)

消息最多传递一次，不保证消息一定会到达接收者。

- QoS 1: 至少一次(At least once)

消息至少会传递一次，可能会有重复消息，每个消息都需要确认。

- QoS 2: 有且仅有一次(Exactly once)

消息确保有且仅有一次到达接收者，不会重复传递，通过两阶段的确认过程保证消息的唯一性。

3.1.1 MQTT协议下高精地图信息服务级别



MQTT协议的三种消息发布服务级别

■ QoS 0: 最多一次(At most once)

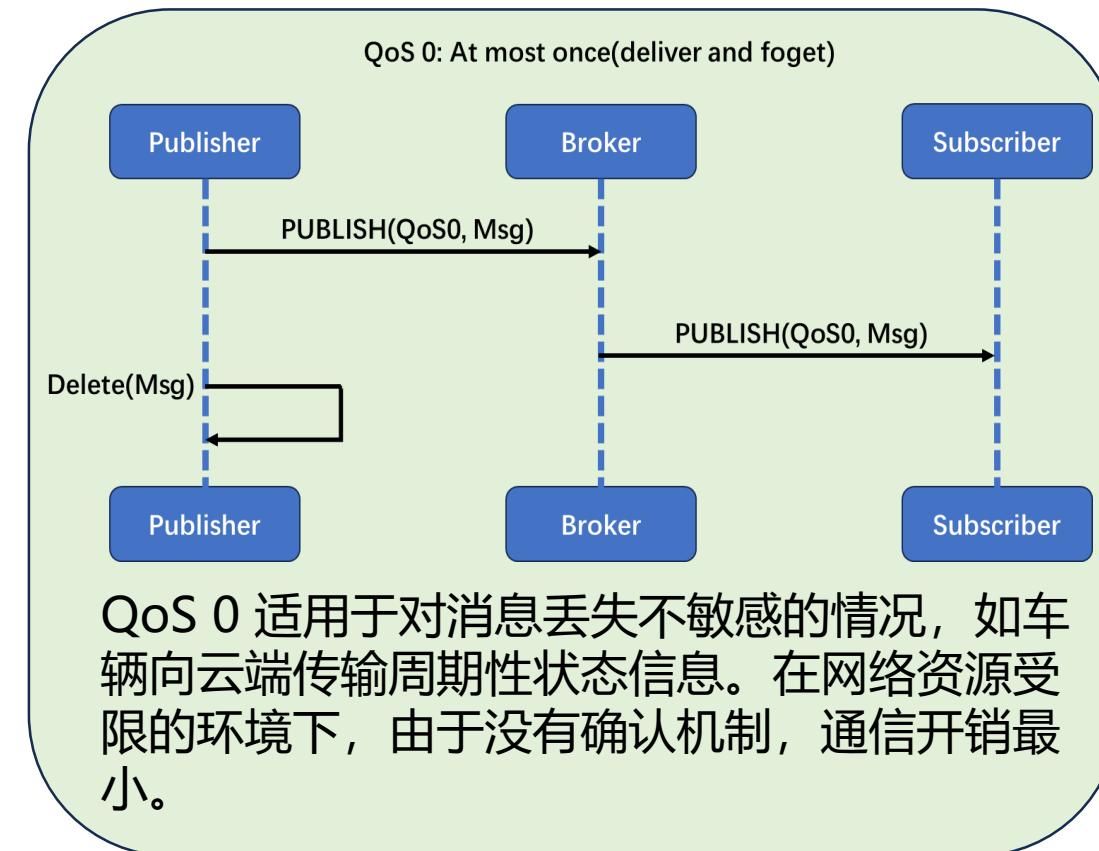
消息最多传递一次，不保证消息一定会到达接收者。

■ QoS 1: 至少一次(At least once)

消息至少会传递一次，可能会有重复消息，每个消息都需要确认。

■ QoS 2: 有且仅有一次(Exactly once)

消息确保有且仅有一次到达接收者，不会重复传递，通过两阶段的确认过程保证消息的唯一性。



QoS 0 适用于对消息丢失不敏感的情况，如车辆向云端传输周期性状态信息。在网络资源受限的环境下，由于没有确认机制，通信开销最小。

- 自车状态信息
- 其它类型信息在不同信息交互模式下分别有规定



3.1.1 MQTT协议下高精地图信息服务级别

MQTT协议的三种消息发布服务级别

■ QoS 0: 最多一次(At most once)

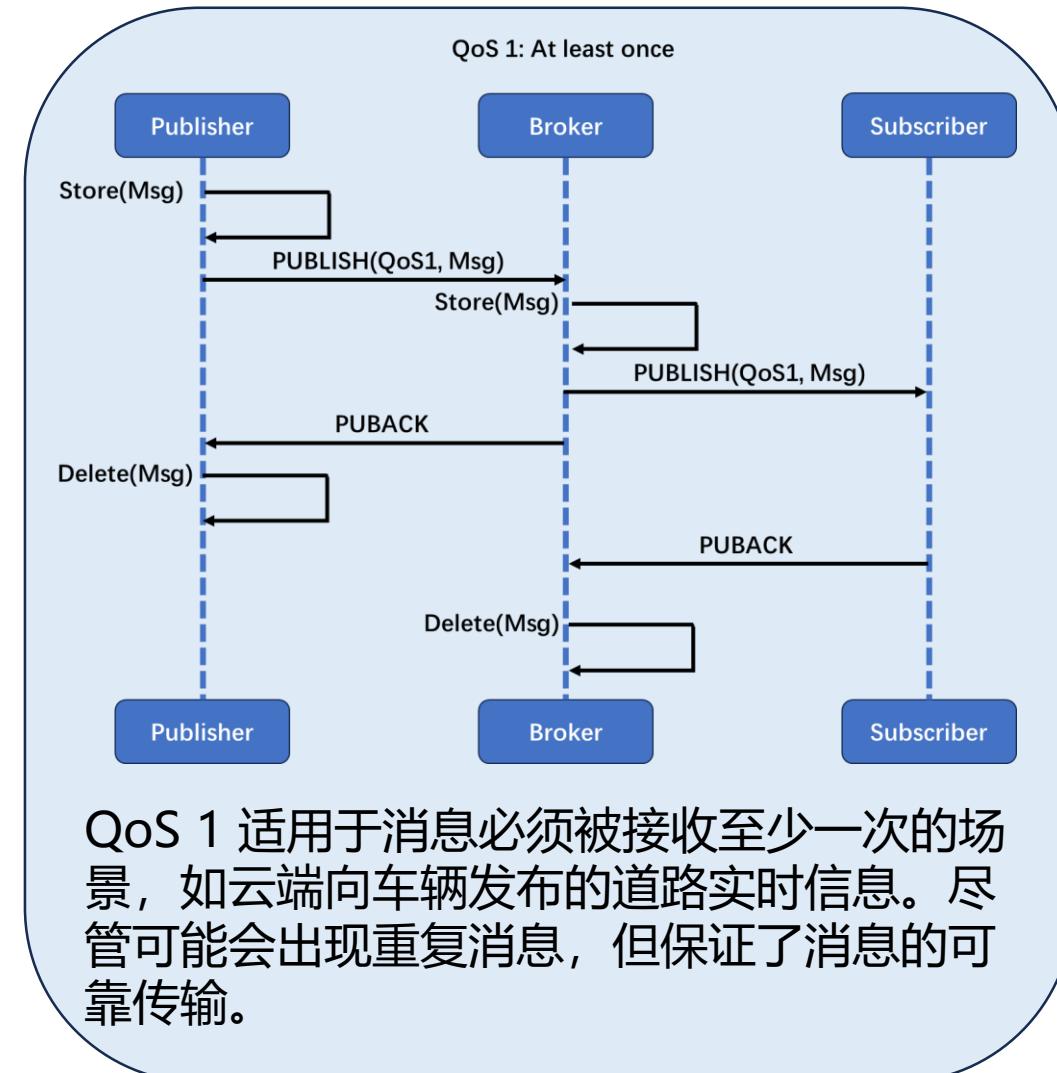
消息最多传递一次，不保证消息一定会到达接收者。

■ QoS 1: 至少一次(At least once)

消息至少会传递一次，可能会有重复消息，每个消息都需要确认。

■ QoS 2: 有且仅有一次(Exactly once)

消息确保有且仅有一次到达接收者，不会重复传递，通过两阶段的确认过程保证消息的唯一性。



云端向车端播发高精地图信息时，要保证对应信息被接收。

QoS 1 适用于消息必须被接收至少一次的场景，如云端向车辆发布的道路实时信息。尽管可能会出现重复消息，但保证了消息的可靠传输。

3.1.1 MQTT协议下高精地图信息服务级别



MQTT协议的三种消息发布服务级别

■ QoS 0: 最多一次(At most once)

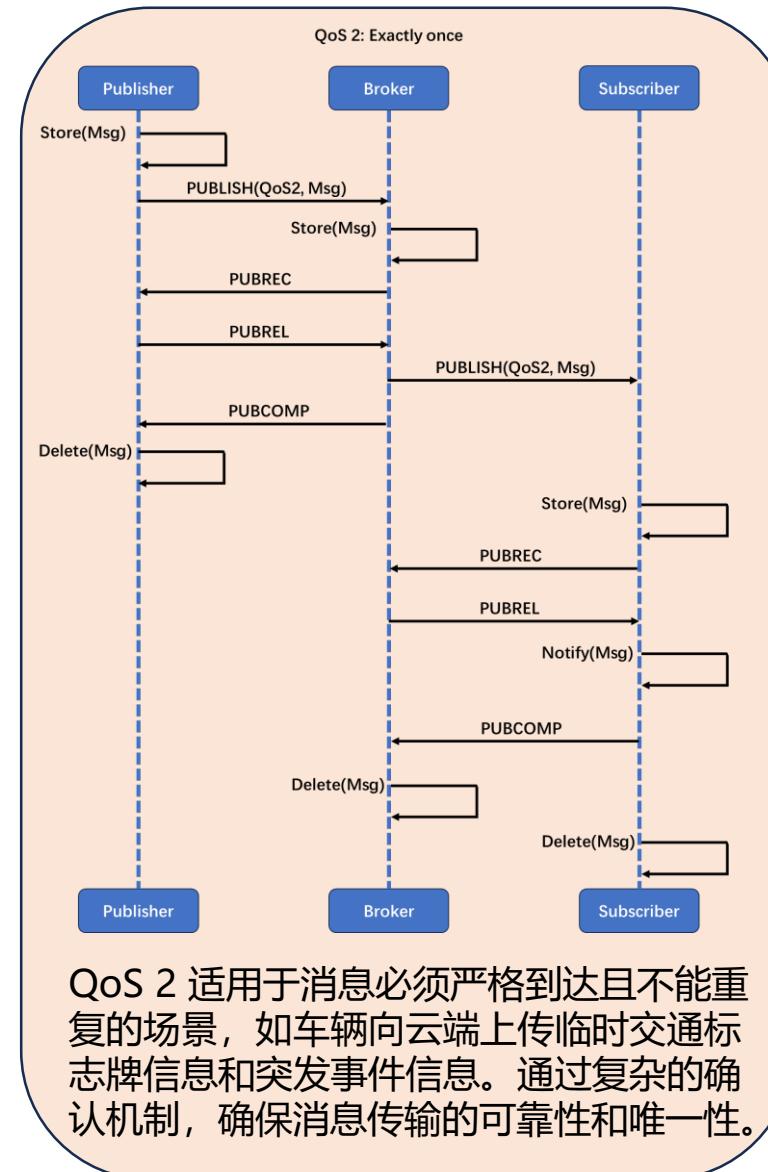
消息最多传递一次，不保证消息一定会到达接收者。

■ QoS 1: 至少一次(At least once)

消息至少会传递一次，可能会有重复消息，每个消息都需要确认。

■ QoS 2: 有且仅有一次(Exactly once)

消息确保有且仅有一次到达接收者，不会重复传递，通过两阶段的确认过程保证消息的唯一性。



车端向云端播发消息时，考虑到消息的时效性，有选择的采用该类服务级别。

QoS 2 适用于消息必须严格到达且不能重复的场景，如车辆向云端上传临时交通标志牌信息和突发事件信息。通过复杂的确认机制，确保消息传输的可靠性和唯一性。

3.1.2 高精地图不同类别信息的通信方式



信息通信方式

高精地图云端与车端之间信息交互的过程中，信息播发结合当前通信环境下选择合适的方式。



■ 单播：指其中信息从一个发送者传输到一个特定的接收者。



■ 广播：信息从一个发送者传输到网络中的所有接收者。



■ 组播：信息从一个发送者传输到一个特定组的多个接收者。



车辆与云端之间通信

适用情况

高精地图播发的信息只能在同一个信息体系中的车辆所使用。



信息类别

车辆动态信息、道路实时信息



主要应用在云端向车辆播发信息

适用情况

发送者不需要指定接收者地址，所有节点都能接收到。



信息类别

紧急信息、实时交通信息、系统更新和维护信息等



主要应用特定目标群信息的相互交互

适用情况

只需发送一次信息，将信息传递给所有属于该组的接收者



应用范畴

车队协同作业场景、导航应用

3.2 三种信息交互模式下的信息交互方法【车-云】



信息交互方法

■ 车-云信息交互方法

信息发布：

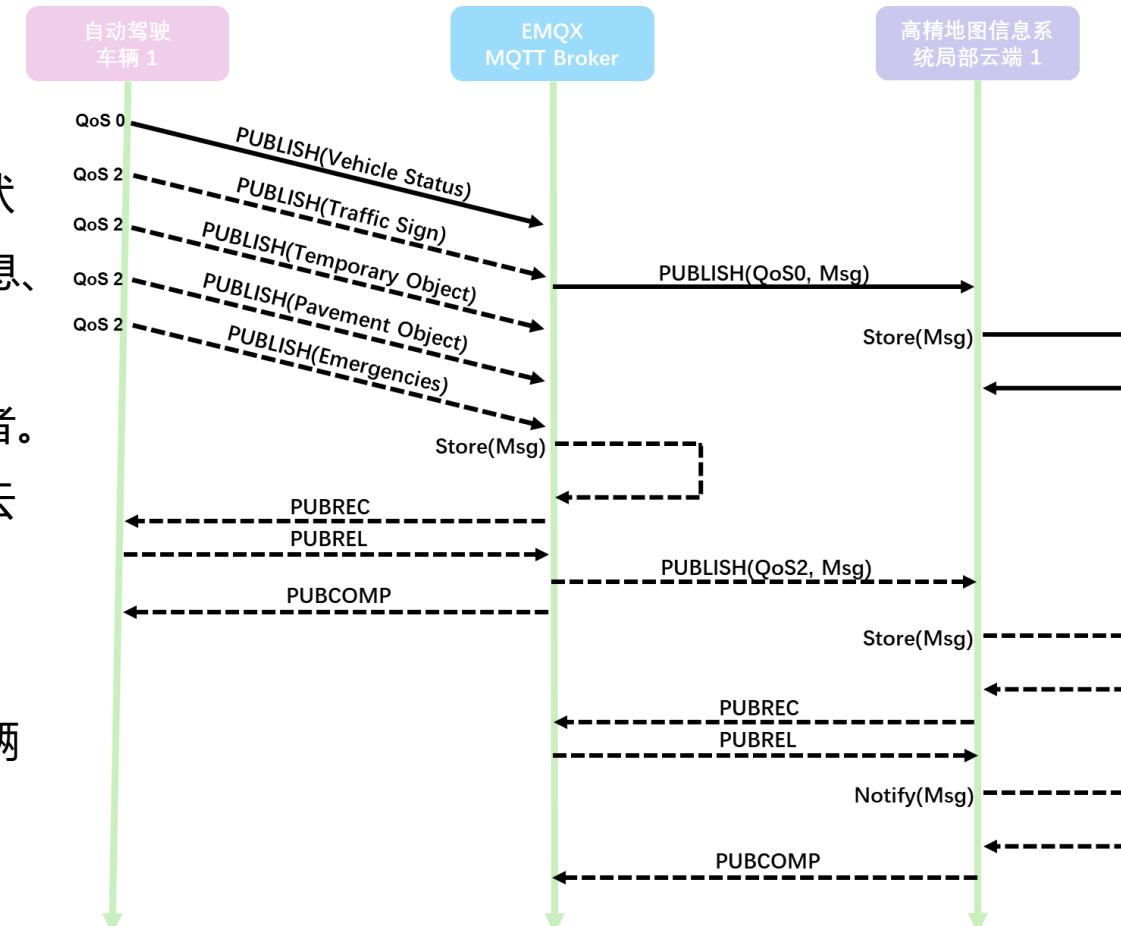
- 车辆通过MQTT协议向云端发布包含以下主题的信息：自车状态信息、临时交通标志牌信息、临时物体信息、路面物体信息、突发事件信息。
- 自车状态信息采用QoS 0模式，不保证消息一定会到达接收者。
- 其余四类信息采用QoS 2模式，确保消息有且仅有一次到达云端，避免消息重复或丢失。

信息订阅：

- 高精地图信息系统云端服务器订阅相关主题，接收并处理车辆上传的信息。

通信方式：

- 使用单播方式进行通信，确保信息传输的隐私性和安全性。



车-云信息交互的信息发布/订阅模型



3.2 三种信息交互模式下的信息交互方法【车-车】

信息交互方法

■ 车-车信息交互方法

信息发布：

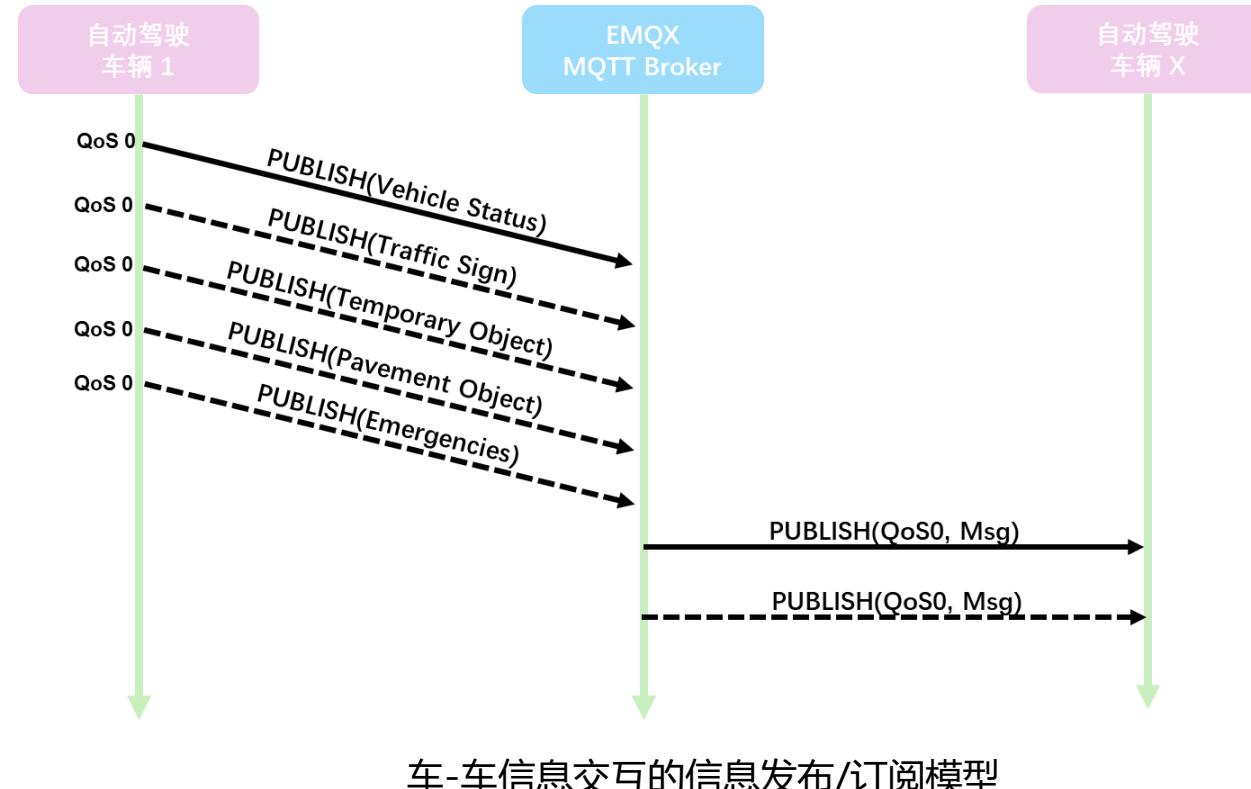
- 车辆通过MQTT协议向其他车辆发布包含以下主题的信息：自车状态信息、临时交通标志牌信息、临时物体信息、路面物体信息、突发事件信息。
- 所有信息主题均采用QoS 0模式，不保证消息一定会被接收。

消息订阅：

- 其他车辆通过订阅相关主题，接收并处理来自其他车辆发布的信息。

通信方式：

- 使用组播或广播方式进行通信，确保信息能够被更多目标车辆接收。





3.2 三种信息交互模式下的信息交互方法【云-车】

信息交互方法

■ 云-车信息交互方法

信息发布：

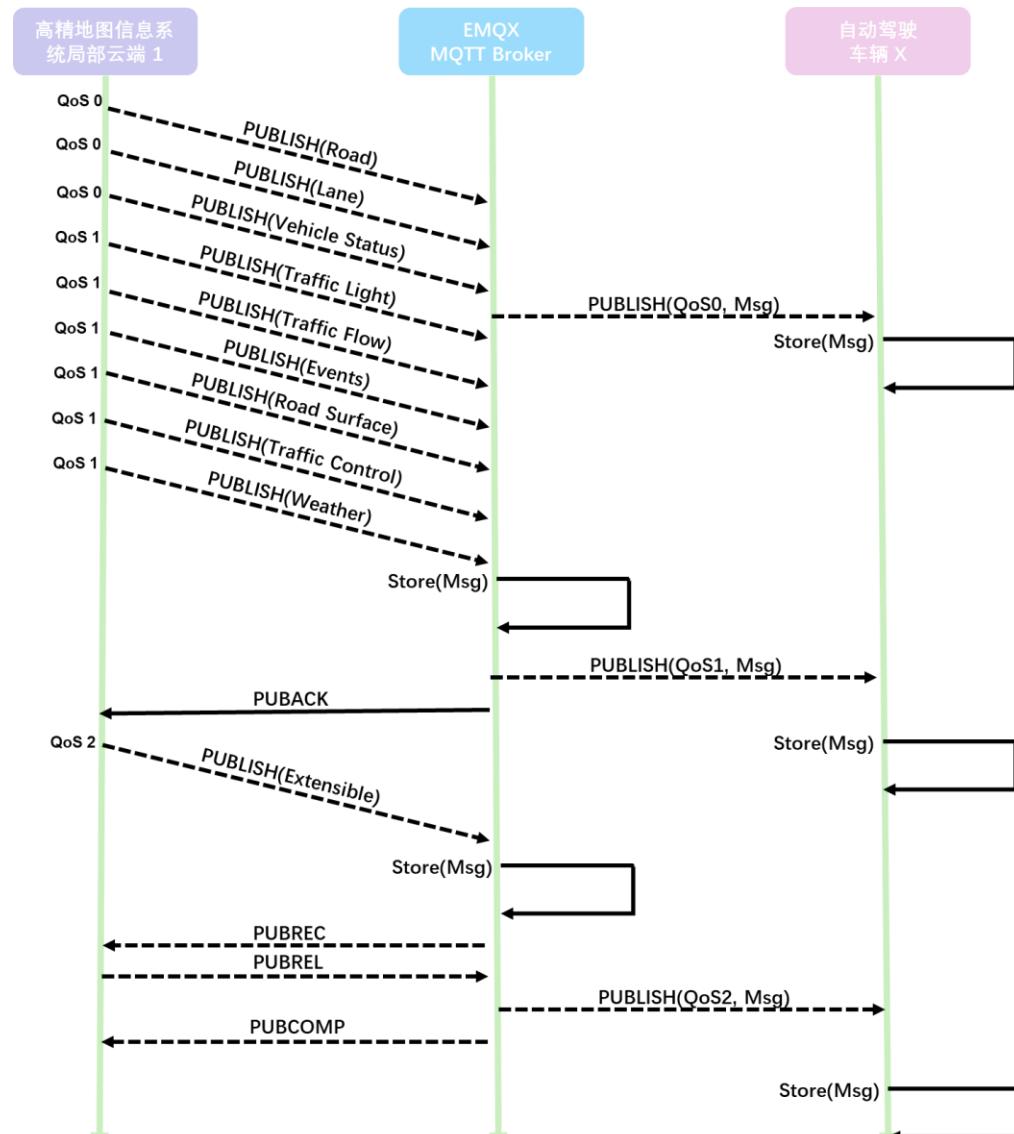
- 云端服务器通过MQTT协议向车辆发布包含以下主题的信息：道路信息、车道信息、交通信号灯信息、交通管制信息、路面信息、交通流信息、事件信息、天气信息、其他车辆的自车状态信息。
- 道路信息、车道信息、自车状态信息采用QoS 0模式，不保证消息一定会到达接收者。
- 交通信号灯信息、交通管制信息等采用QoS 1模式，确保消息至少被接收一次。
- 可扩展信息采用QoS 2模式，确保消息有且仅有一次到达接收者。

消息订阅：

- 车辆通过订阅相关主题，接收并处理云端发布的信息。

通信方式：

- 云端自适应选择单播、组播或广播方式发布信息，以通信的高效性和安全性为目标。



云-车信息交互的信息发布/订阅模型



4 实验与分析



4.1 数据准备

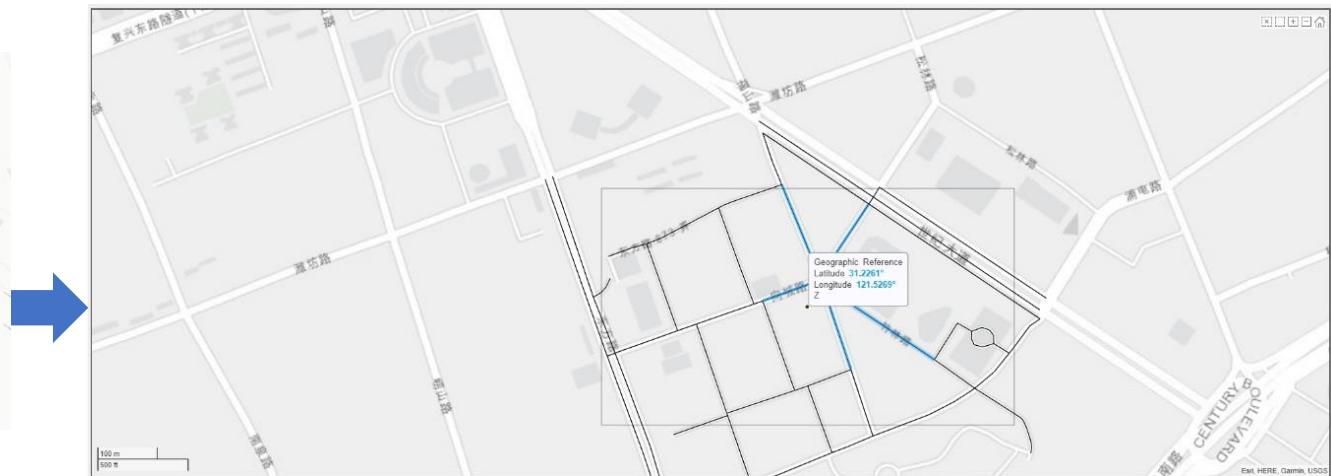
① 数据概况

数据来源	收集日期	区域范围	道路
OpenStreetMap	2024年3月24日	N31.2241-N31.2288 E121.5234-E121.5305	上海市浦东新区 向城路、竹林路、福山路

② 数据处理



OpenStreetMap数据采集区域



提取目标道路信息

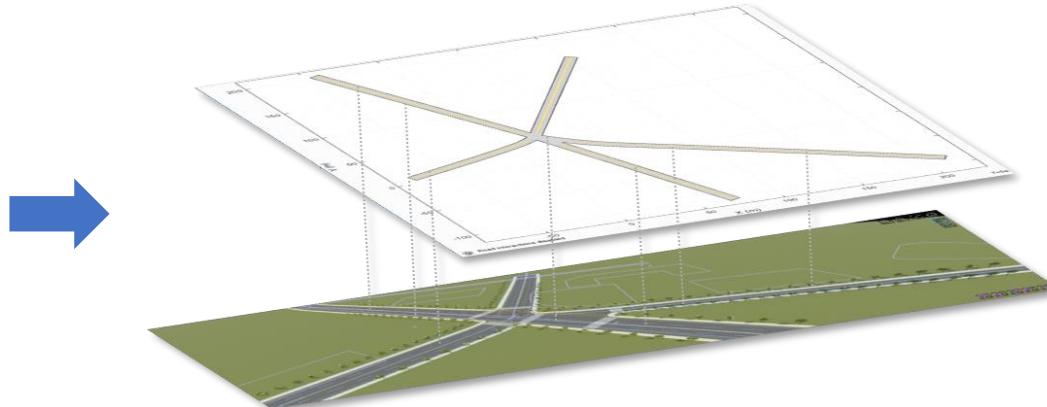
收集Open DRIVE格式的原始地图数据

Matlab自动驾驶工具箱预处理原始数据



4.1 数据准备

② 数据处理



基于道路中心线进行场景提取



实验区内高精度场景仿真建模



提取目标区域内三条主要交汇的道路
重新创建该区域的道路环境

导出至RoadRunner
交通场景的仿真建模

③ 场景建模

- 百度街景地图对区域内交通元素进行还原
- 创建车道级场景，周边建筑虚化处理

④ 数据提取

- 数据提取并存储到高精地图信息管理数据库



4.2 自动驾驶仿真测试场景构建流程

场景要素

■ 静态要素

道路类型、交通设施、地理信息、静态障碍物等。

■ 动态要素

动态交通指示设施、通信环境信息。

■ 交通参与者要素

机动车、非机动车、行人等。

■ 气象要素

光照等。

■ 自车任务要素

被测车辆的初始状态、目标和行为。

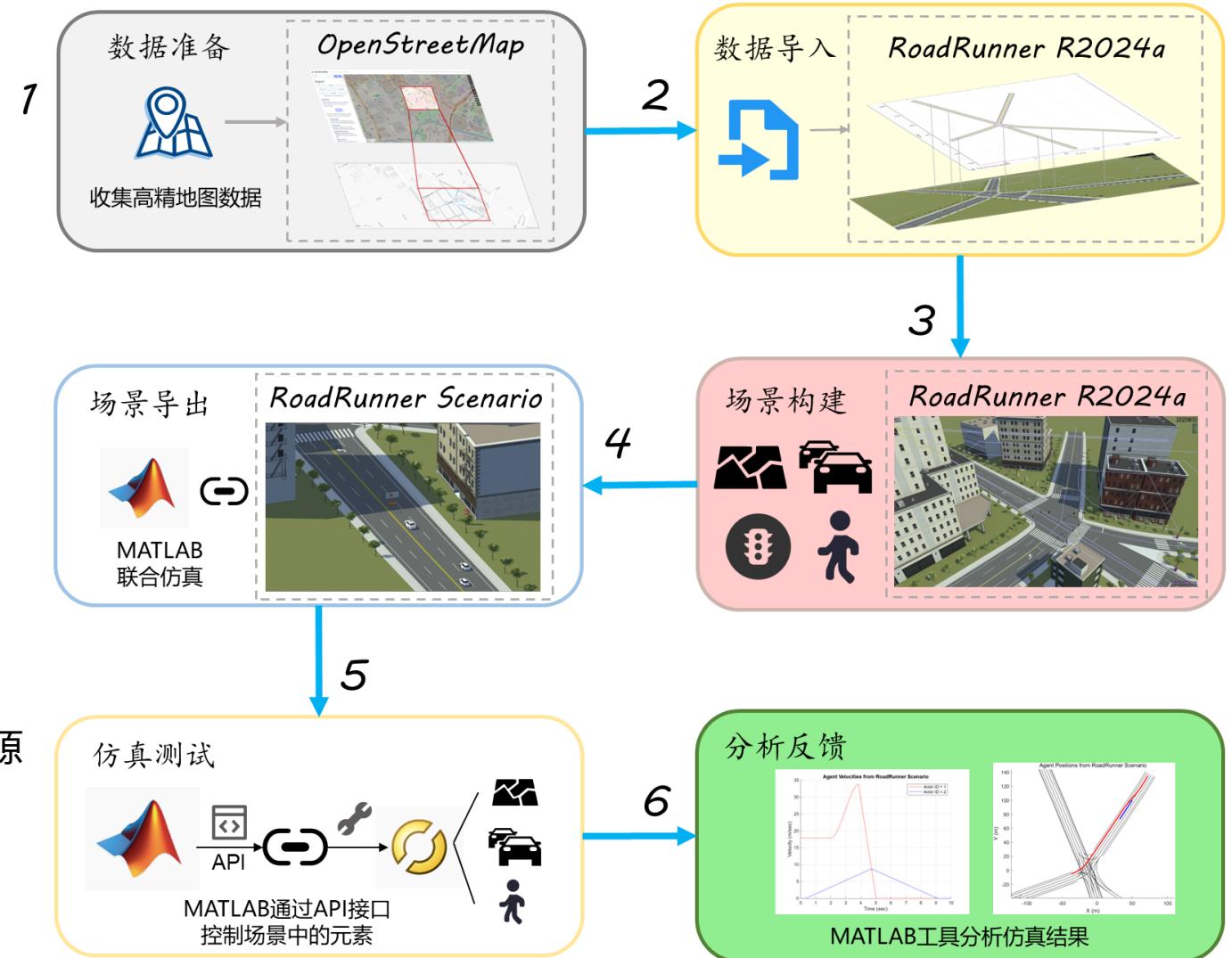
场景构建方法

■ 步骤

- 数据收集与准备
- 数据导入
- 场景构建和编辑
- 场景导出和仿真
- 仿真测试与验证
- 分析和反馈

■ 关键工具

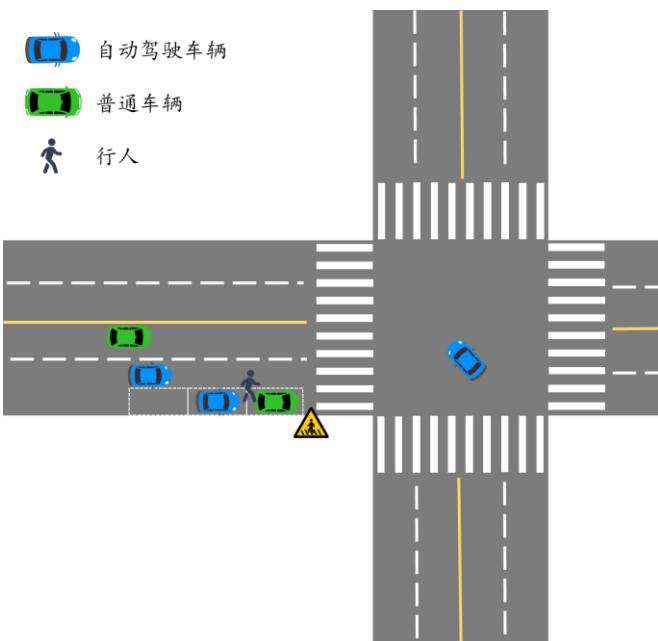
- MATLAB
- RoadRunner
- OpenStreetMap数据源



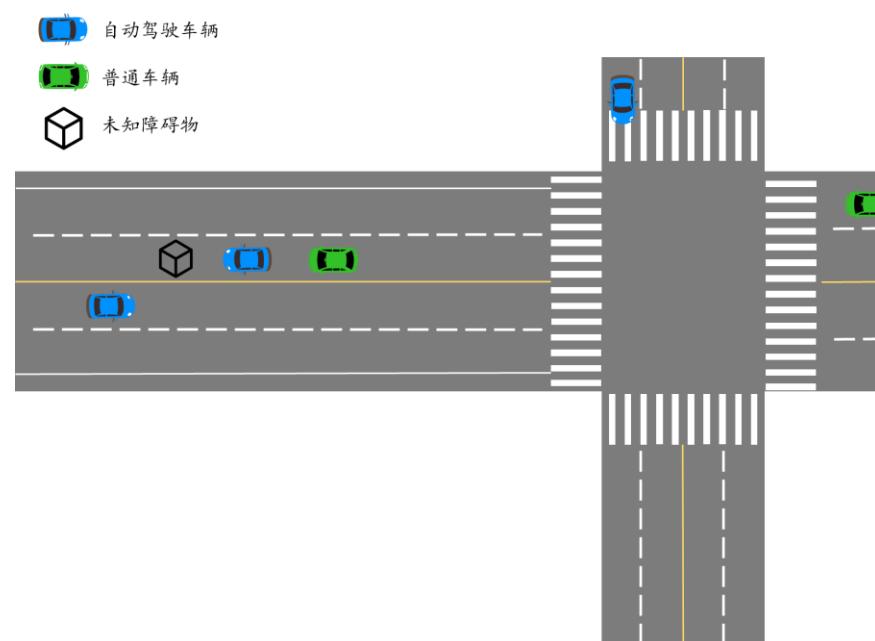


4.2.1 典型自动驾驶场景参数设置

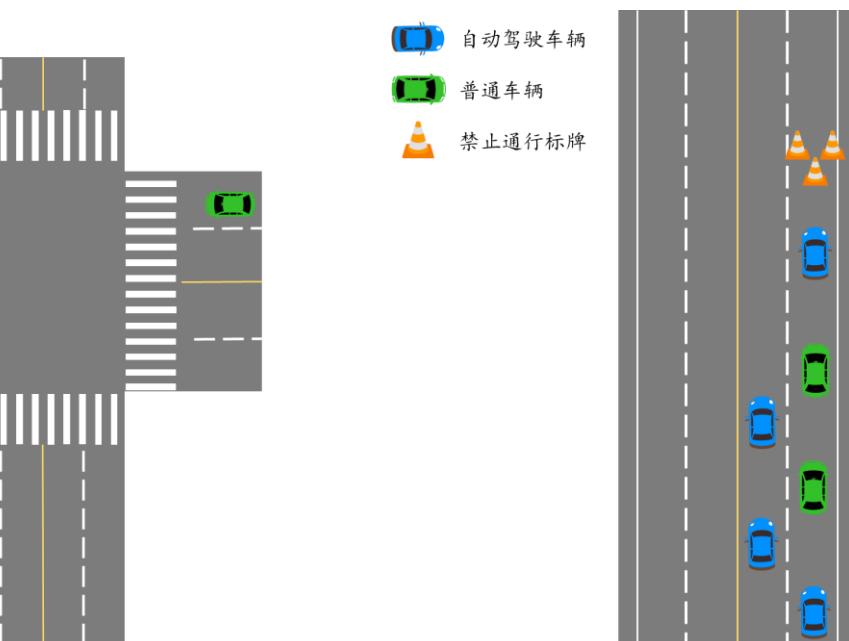
场景名称	场景配置	场景布置	关键元素
行人鬼探头	车辆数目：5辆（3自动驾驶车、2普通车）	行人未守交规，从某路口停靠的两辆车中间穿出。	行人轨迹
未知目标物	车辆数目：5辆（3自动驾驶车、2普通车）	车道中间出现一障碍物，车辆直接碾过会损伤底盘。	物体几何
车道级交通管控	车辆数目：7辆（4自动驾驶车、3普通车）	最右侧车道因某些原因临时关闭，临时摆放交通标牌来警示车道关闭。	临时标牌类型，语义



行人鬼探头场景



未知目标物场景



车道级交通管控场景 35



4.3 信息交互场景仿真验证

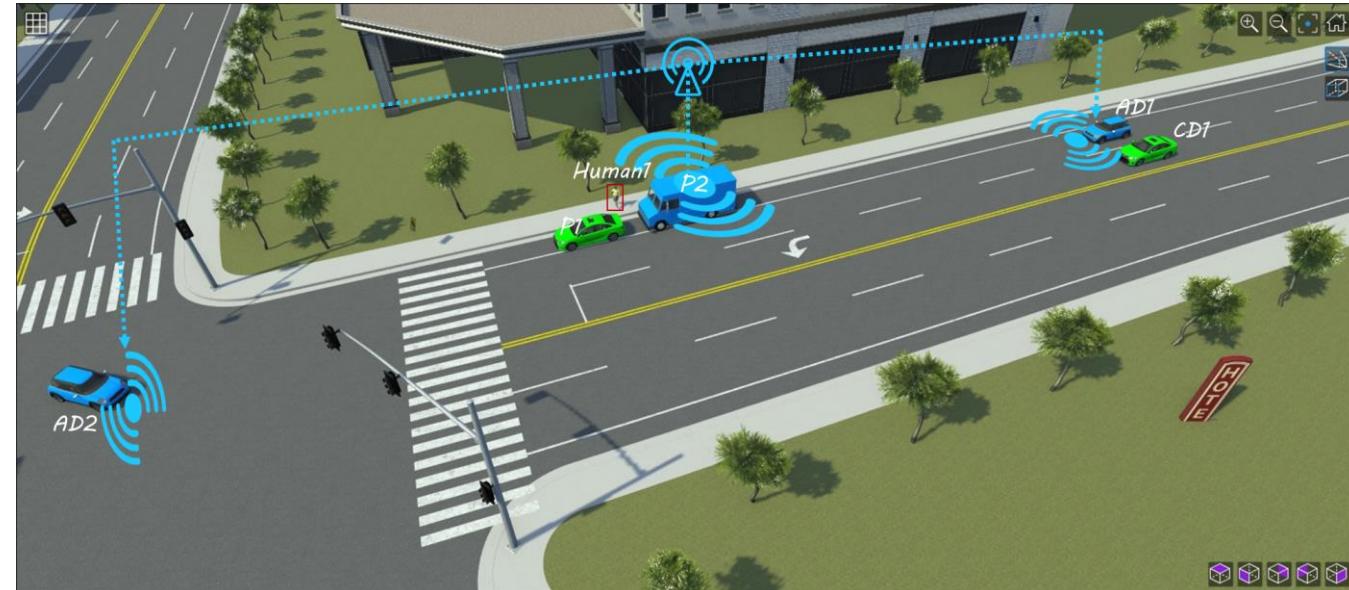
行人鬼探头场景下信息交互仿真实验

场景描述

- 在RoadRunner r2024a中重建行人鬼探头场景。实验区的福山路段上，一行人（Human1）突然从路边停靠的两辆车辆（P1和P2）之间穿出，准备快速过马路。

车辆类型

- 蓝色车辆为自动驾驶车辆（P2、AD1、AD2），具备感知和数据处理功能，能够进行实时信息交互。
- 绿色车辆为普通车辆（P1、CD1），不具备信息交互功能。



信息交互过程

- P2在感知到行人后，通过车-车信息交互方法将信息广播给AD1和AD2。
- 普通车辆P1和CD1没有信息交互，CD1正常通过此段道路。



4.3 信息交互场景仿真验证

交互阶段

- 阶段一：P2感知到移动物体后，将信息广播给同道路上的其它自动驾驶车辆（AD1和AD2）。
- 阶段二和阶段三：P2继续广播更新的路面物体信息，AD1和AD2根据接收到的信息可进行自动驾驶决策。

仿真结果

- AD1和AD2提前获得了行人的信息，能够提前减速并调整行车决策，避免与行人发生冲突。
- 普通车辆CD1由于没有提前获取信息，在正常驾驶情况下采取了紧急刹车，避免了事故但导致车辆刹停。



Phase I



4.3 信息交互场景仿真结果分析

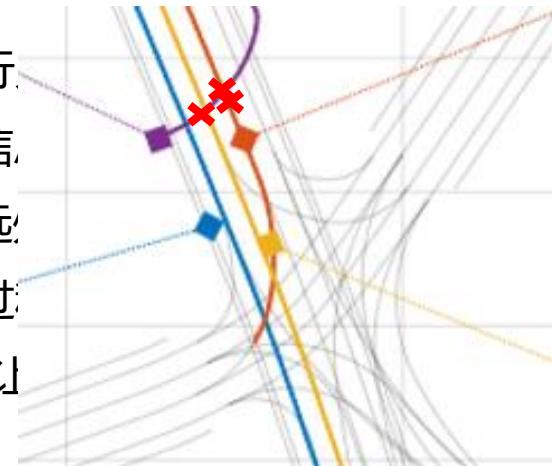


仿真时间

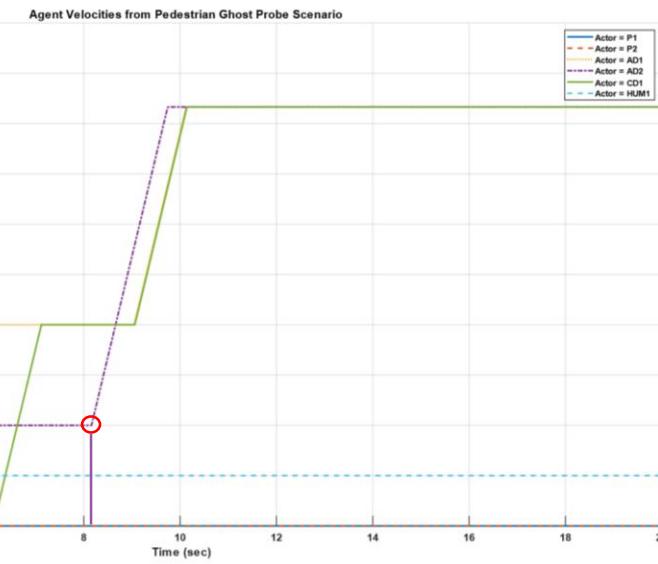
- 场景总计持续20秒。

速度时间曲线分析

- AD1提前开始减速，没有因行人而停车，紧急刹车，导致在离行人不远处撞上行人。
- CD1由于没有提前获取行人信息，紧急刹车，导致在离行人不远处撞上行人。
- AD2提前获得信息，在转弯过弯后，再次减速至2m/s，让出行人空间，速度由8.3m/s。

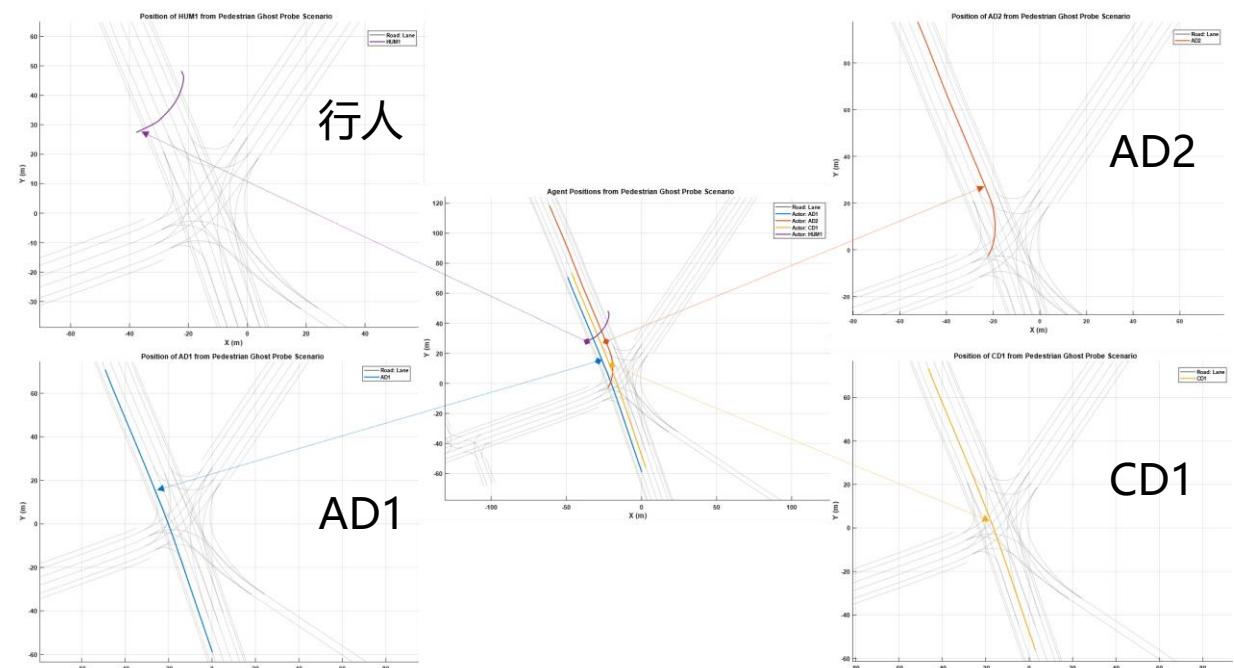


Actor = P1
Actor = P2
Actor = AD1
Actor = AD2
Actor = CD1
Actor = HUM1

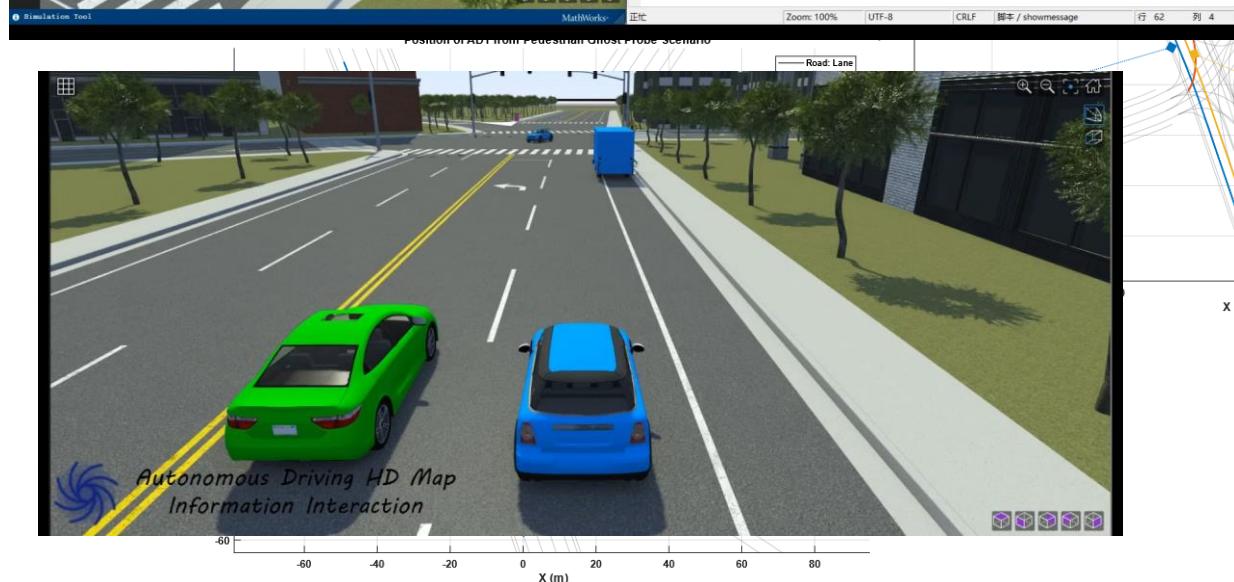
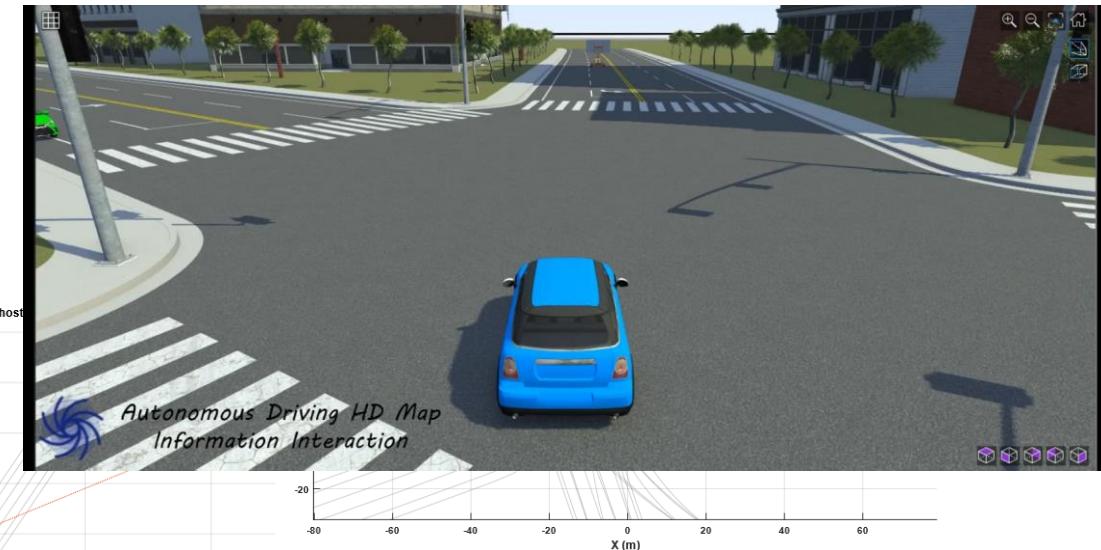
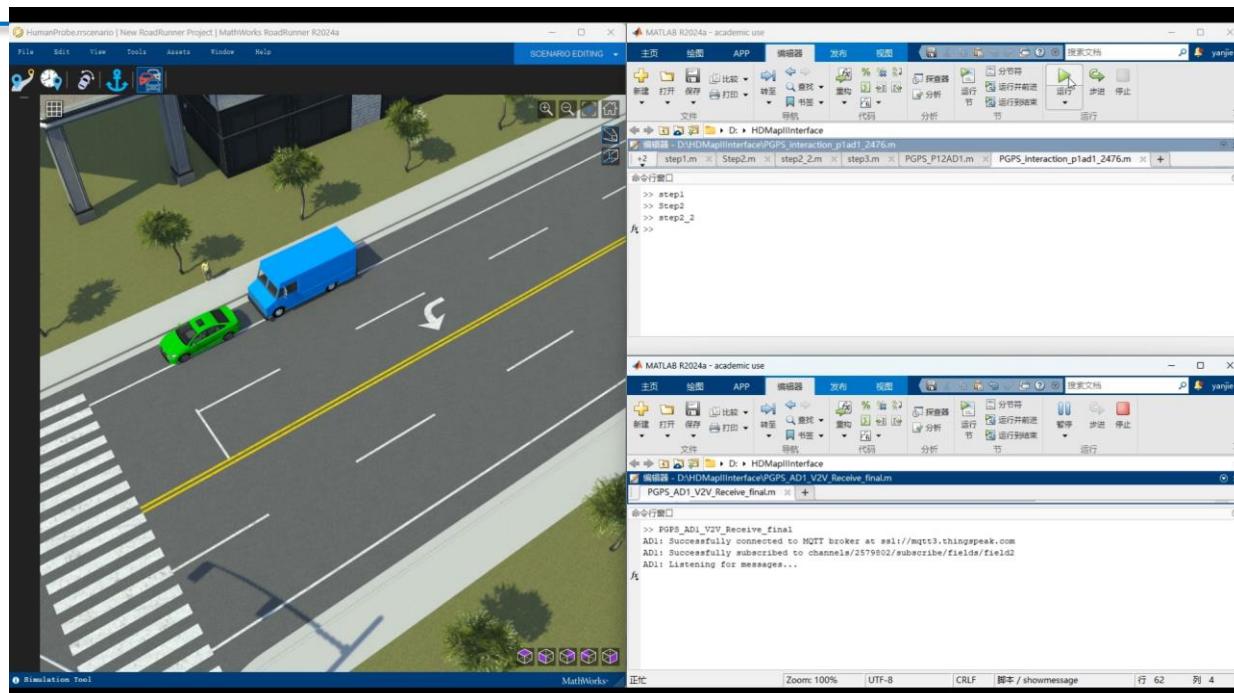


全局轨迹点分布分析

- 行人在过马路过程中，与AD1、AD2和CD1有潜在的三处冲突。
- 信息交互使AD1和AD2能够提前调整速度，避免冲突。
- CD1在自然状态下行驶，通过紧急刹车避免了与行人的冲突。



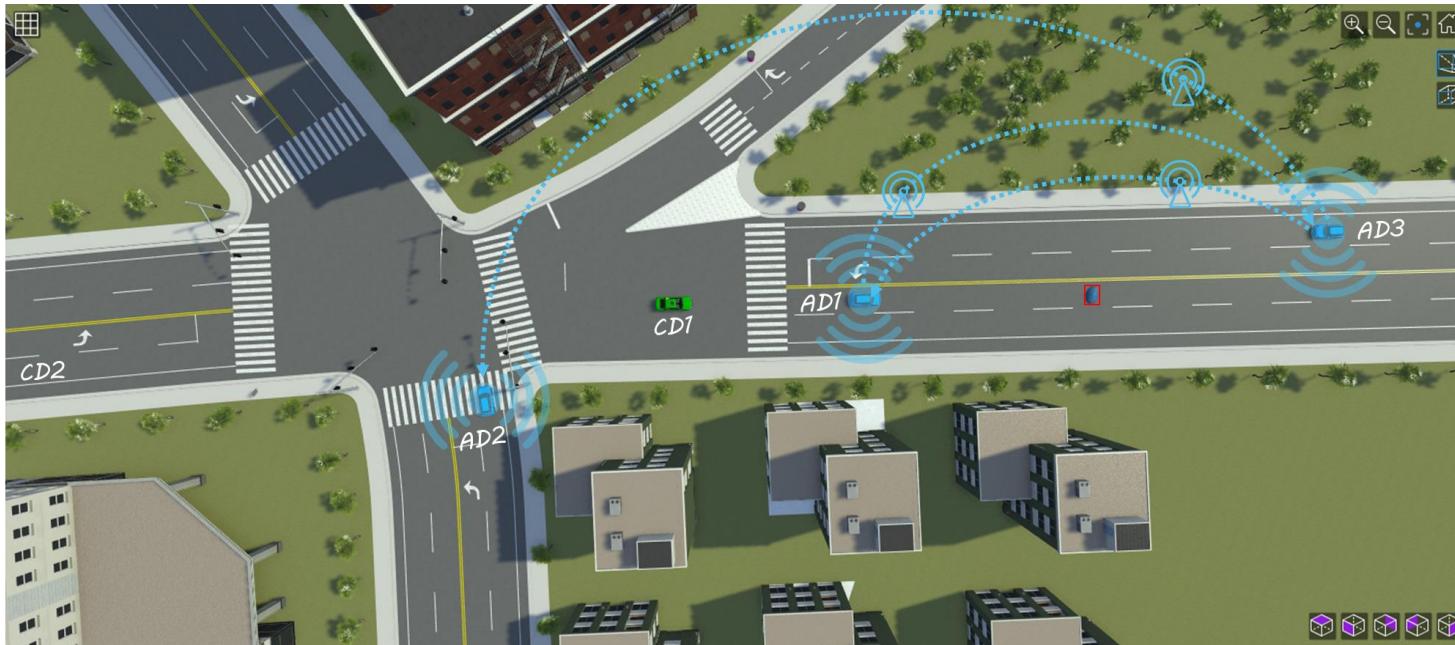
4.3 行人鬼探头信息交互场景仿真过程





4.4 信息交互场景仿真验证

未知目标物场景下信息交互仿真实验



信息发布

- 使用MQTT 3.1.1协议，消息服务级别为QoS 0，以广播方式将信息发布，主题为Pavement Object。

信息接收

- 目标车辆通过订阅相关主题完成信息接收

场景描述

- 在RoadRunner r2024a中重建未知目标物场景。
- 实验区的福山路段上有一个蓝色球状障碍物。
- 自动驾驶车辆（AD1、AD3）通过感知系统发现障碍物并分享信息。

车辆类型

- 蓝色车辆为自动驾驶车辆（AD1、AD2、AD3），具备感知和数据处理功能，能够进行实时信息交互。
- 绿色车辆为普通车辆（CD1、CD2），不具备信息交互功能。

信息交互机制

- 协议: 使用MQTT 3.1.1通信协议。
- 消息服务级别: QoS 0 (最多一次)。
- 发布方式: 广播方式发布信息，接收车辆通过订阅主题获取信息。



4.4 信息交互场景仿真验证

交互过程（第一阶段）

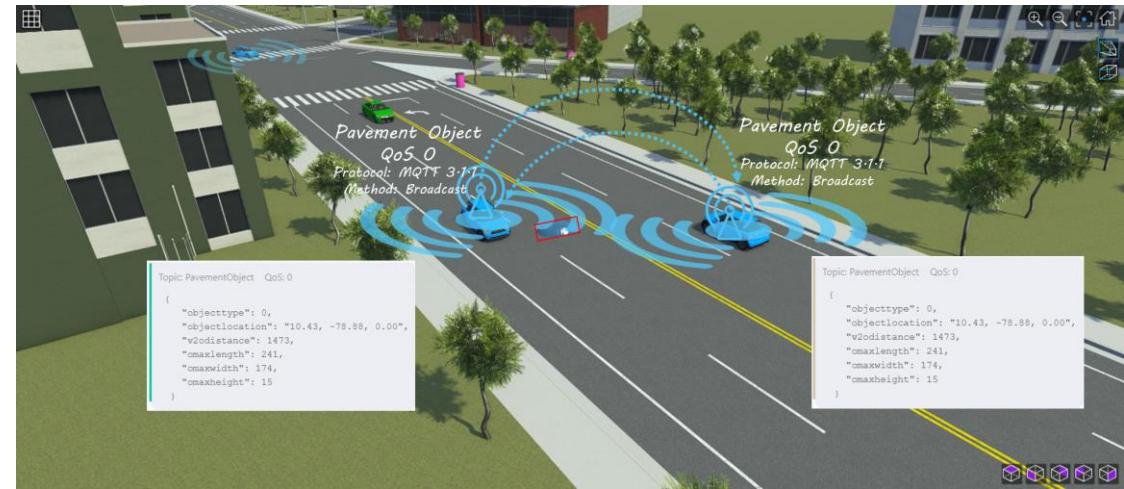
- 信息感知与分享: AD1和AD3同时感知到障碍物，通过车-车通信相互分享信息。AD1判断无法碾过障碍物，采取变道绕行决策，并将信息分享给AD3。

交互过程（第二阶段）

- 会车信息交互: AD2准备在障碍物所在车道行驶，通过与AD3的信息交互，提前获知障碍物信息并做出变道决策。

仿真结果

- 自动驾驶车辆AD1和AD2提前获知障碍物信息并进行变道，避免了潜在的碰撞风险。
- 普通车辆CD1因未接收到信息导致判断失误，车辆受损，逐渐停车。CD2根据前方CD1的情况缓慢变道通过。



4.4 信息交互场景仿真结果分析



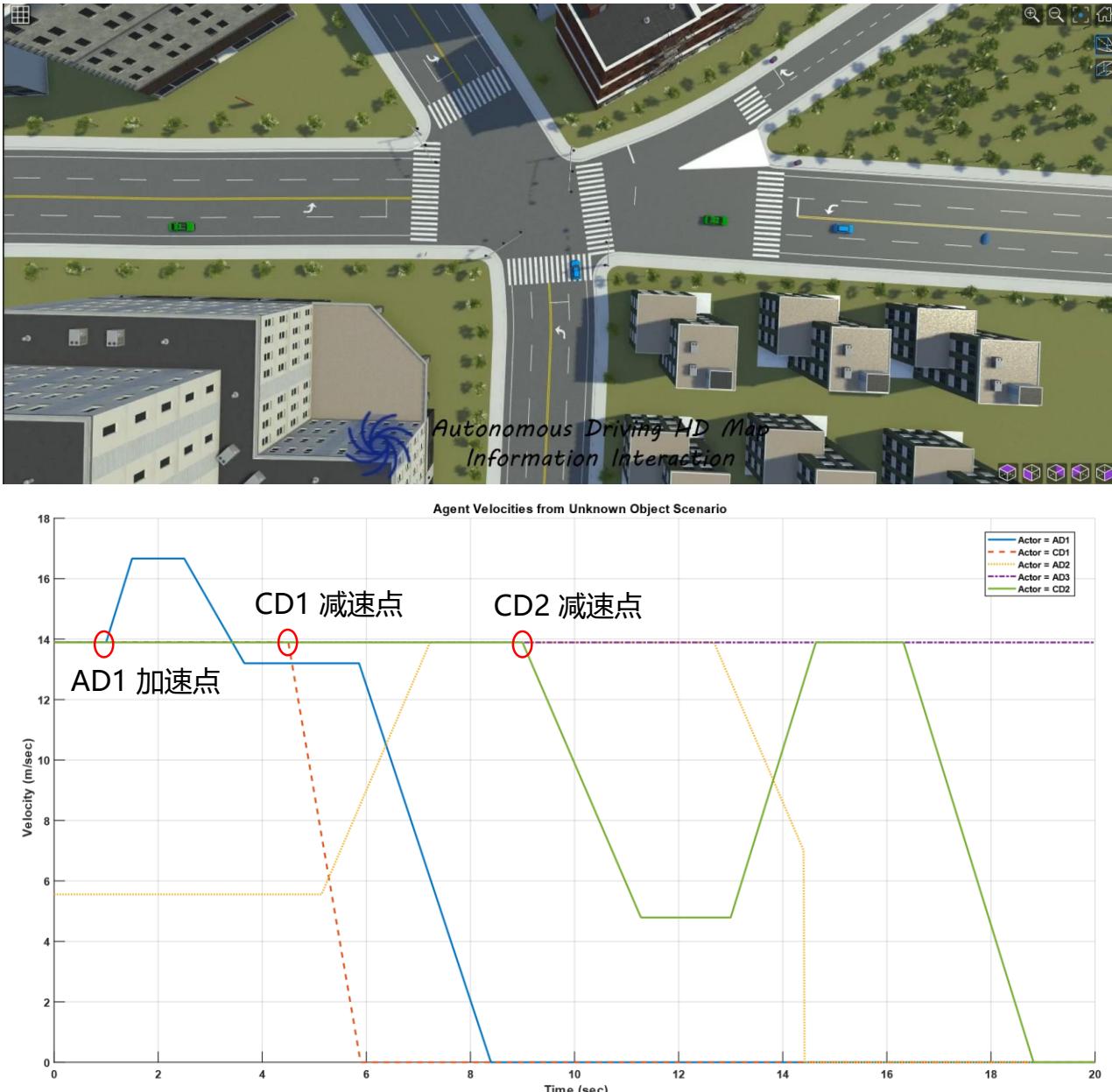
仿真时间

- 场景总计持续20秒。

速度时间曲线分析

- AD1: 在仿真0-3秒内, 加速变道, 速度从13.9m/s提升至16.7m/s, 成功变更至右侧车道。
- AD3: 由于在对向车道上行驶, 全程保持车速13.9m/s匀速行驶。
- AD2: 在仿真5-8秒内, 通过接收到AD3的路面物体信息, 提前做出变道行为。
- CD1: 未接收到障碍物信息, 判断失误选择碾过物体, 在仿真4-6秒内开始减速直至停车。
- CD2: 在9秒时发现前方目标物及已停车的CD1, 选择缓慢变道通过。

— Actor = AD1
— Actor = CD1
— Actor = AD2
— Actor = AD3
— Actor = CD2

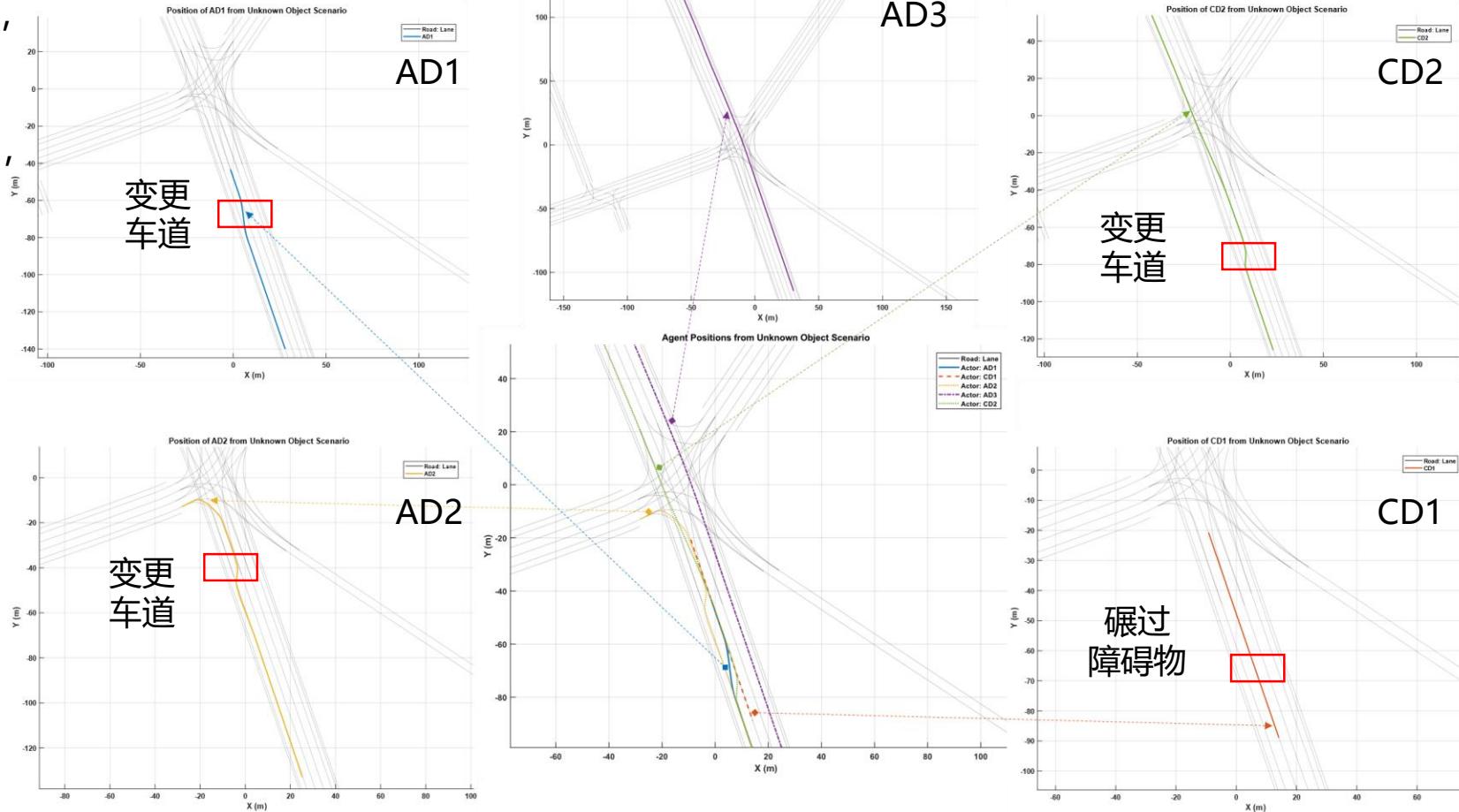


4.4 信息交互场景仿真结果分析



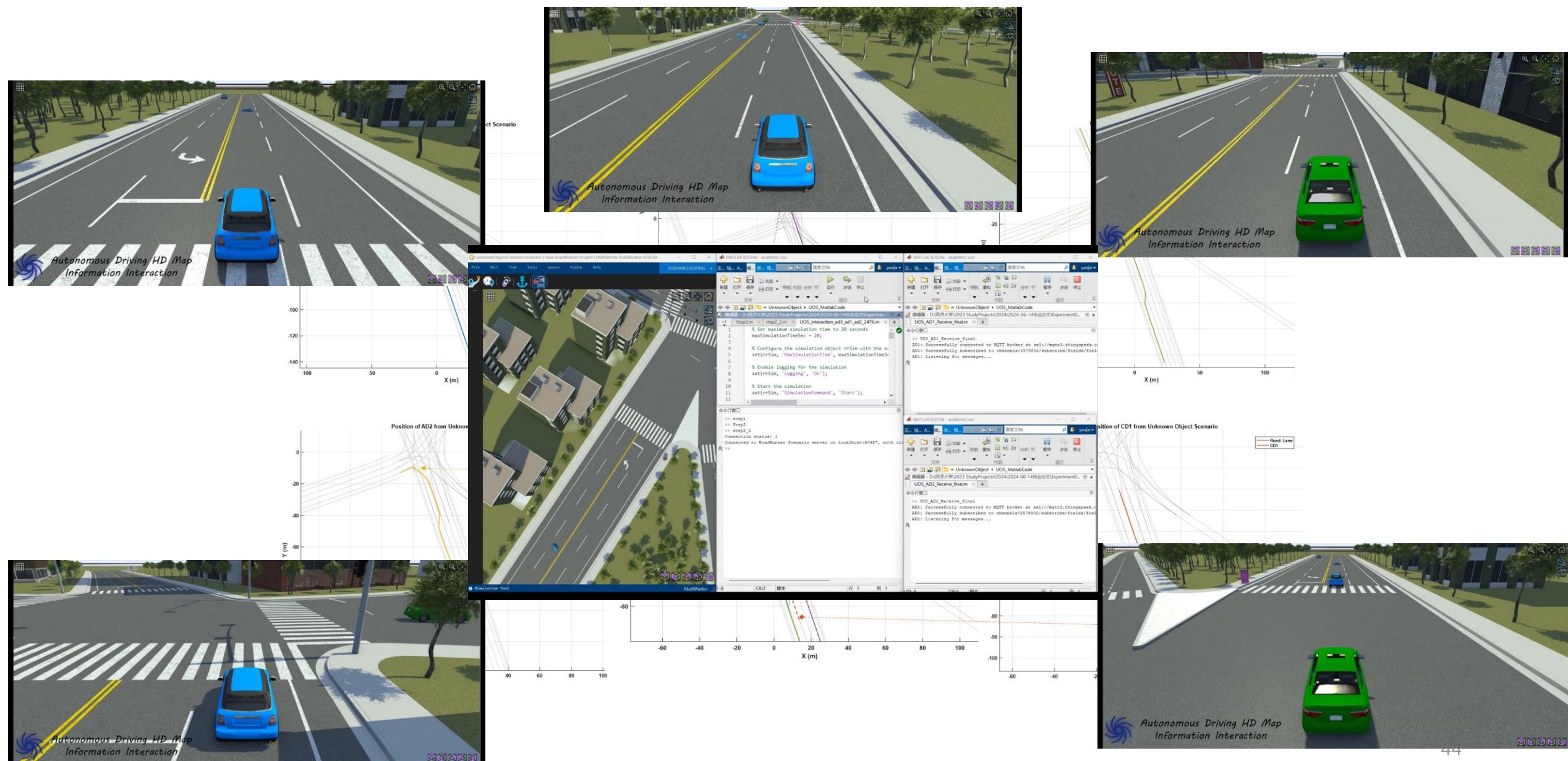
全局轨迹点分布分析

- AD3: 因不受目标物影响, 保持直线行驶, 轨迹为直线。
- AD1和AD2: 获得先验信息后, 提前变道, 轨迹显示出明显的变更车道行为。
- CD1: 选择碾过目标物, 轨迹为直线, 显示出减速及停车的行为。
- CD2: 临近目标物时变道, 轨迹显示出变道行为, 但位置较晚。



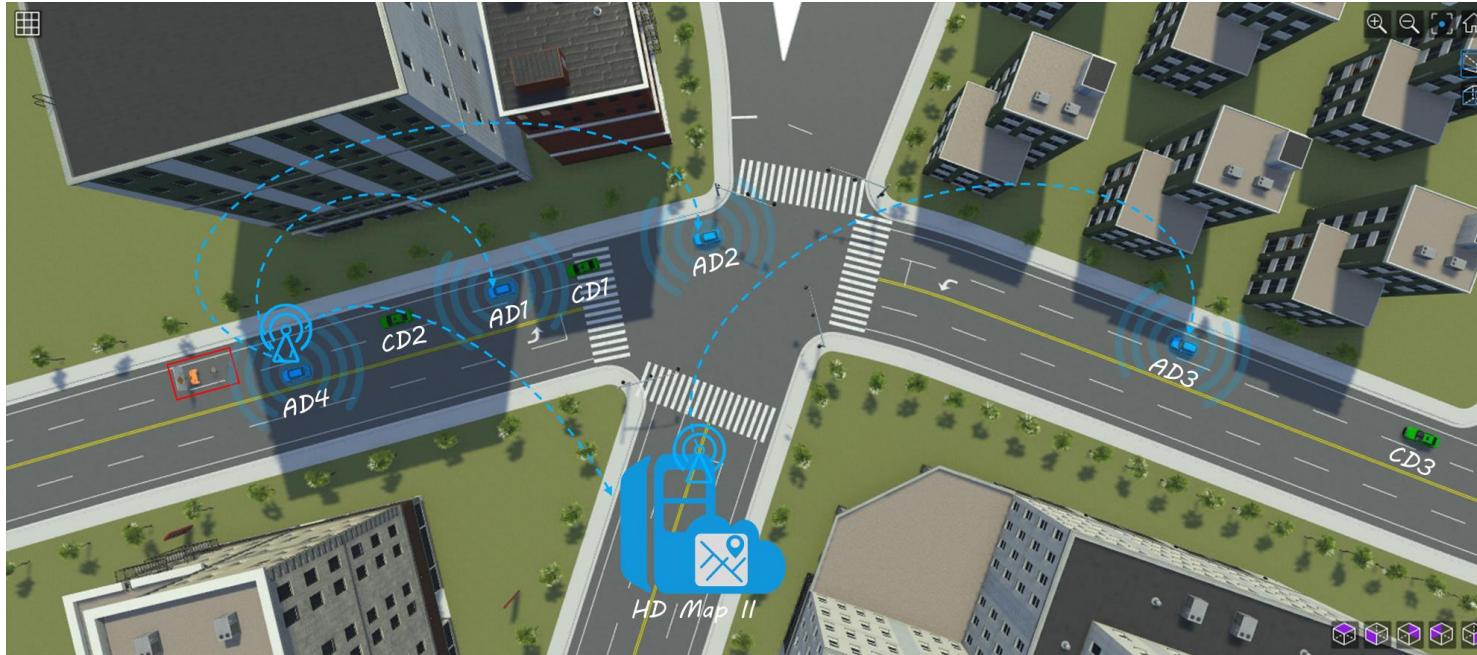


4.4 未知目标物信息交互场景仿真过程



4.5 信息交互场景仿真验证

车道级交通管控场景下信息交互仿真实验



场景描述

- 在RoadRunner r2024a中重建车道级交通管控场景。
- 向城路的一条外侧车道因特殊原因临时放置了一个警示牌，告知该车道临时关闭。

车辆类型

- 蓝色车辆为自动驾驶车辆 (AD1、AD2、AD3、AD4)，具备感知和数据处理功能，能够进行实时信息交互。
- 绿色车辆为普通车辆 (CD1、CD2、CD3)，不具备信息交互功能。

信息交互过程

- 第一阶段
- 第二阶段



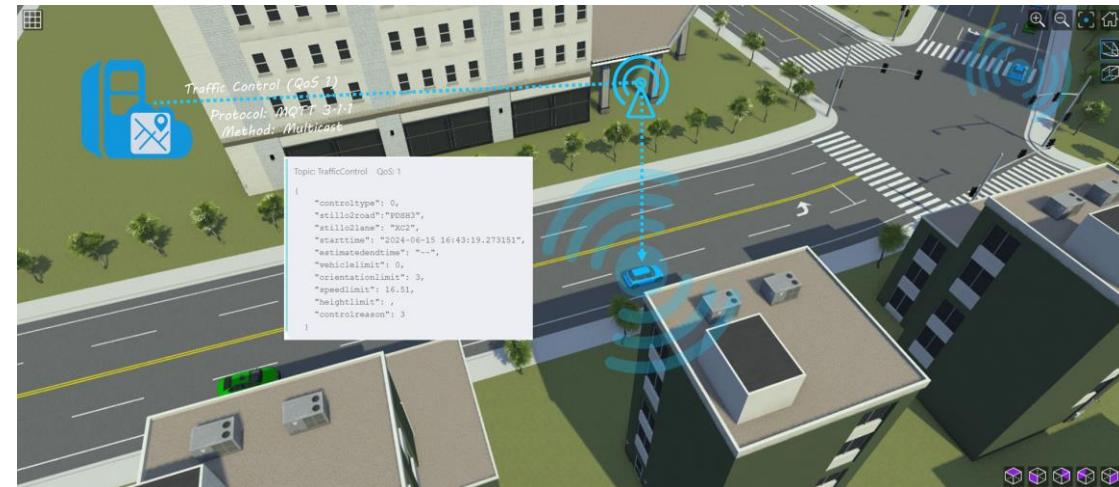
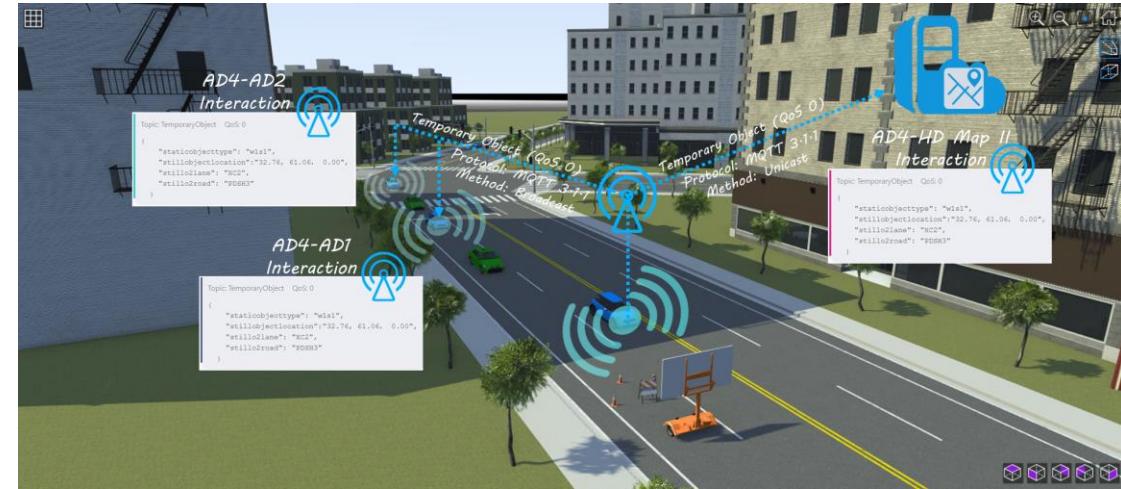
4.5 信息交互场景仿真验证

交互过程（第一阶段）

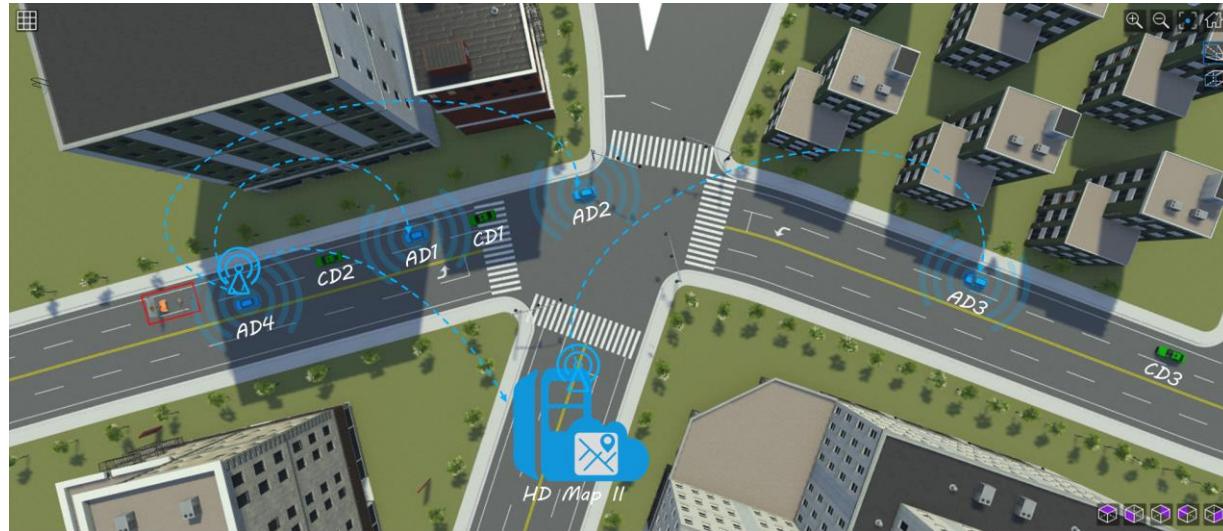
- AD4在感知到临时警示牌后，将信息处理成标准格式的临时物体信息，通过车-车信息交互和车-云信息交互的方式进行发布。
- 车-车信息交互: AD4将临时物体信息打包成主题为Temporary Object的数据包，以MQTT 3.1.1协议进行广播，消息发布服务级别为QoS 0。AD1和AD2通过订阅该主题获取信息。
- 车-云信息交互: AD4将信息以单播方式发布给高精地图信息系统云端数据库，消息服务级别为QoS 2，确保信息唯一被云端接收。

交互过程（第二阶段）

- 高精地图信息系统云端数据库将确认后的临时物体信息更新为交通管控信息，以云-车信息交互方式进行发布。
- 云-车信息交互: 云端将交通管控信息打包成主题为Traffic Control的数据包，以MQTT 3.1.1协议进行组播，消息发布服务级别为QoS 1，确保信息至少被AD3接收一次。AD3通过订阅该主题获取信息。



4.5 信息交互场景仿真验证



普通车辆反应

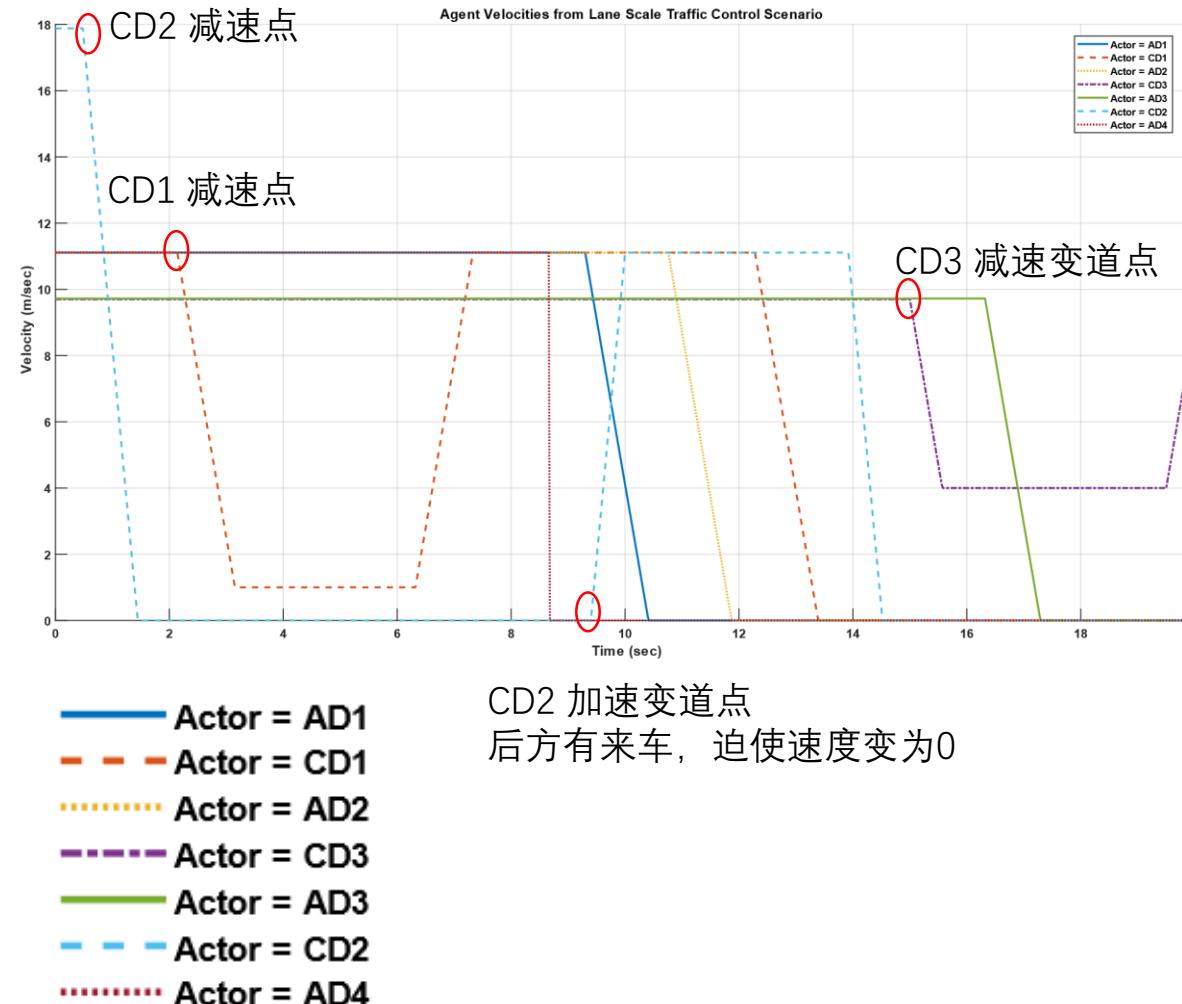
- CD1: 未接收到警示牌信息，正常行驶至车道关闭处选择变道。
- CD2: 发现前方道路无法通过时，减速至0，在没有后车时变道行驶。
- CD3: 临近警示牌时才开始缓慢减速并变道。

仿真结果

- 自动驾驶车辆 (AD1、AD2、AD3) 通过信息交互提前获知交通管控信息，能够及时做出变道决策，提高了行车效率和安全性。
- 普通车辆由于未参与信息交互，在行驶过程中反应较慢，影响了行车效率和安全性。



4.5 信息交互场景仿真结果分析



仿真时间

- 场景总计持续20秒。

速度时间曲线分析

- AD1和AD2：在仿真0-2秒内收到临时物体信息，通过辅助自动驾驶系统进行变道决策，变道过程在2-3秒内完成，期间**车速未受影响**。
- AD3：在仿真8-10秒内提前收到交通管控信息，重新规划路线，提前变道，**车速未受影响**。
- CD1：在看到前方AD1变道及CD1停车时，选择减速并变道。
- CD2：在发现前方道路无法通过时，减速至0，在9-11秒内变道行驶。
- CD3：在临近警示牌时缓慢减速并变道。

4.5 信息交互场景仿真结果分析

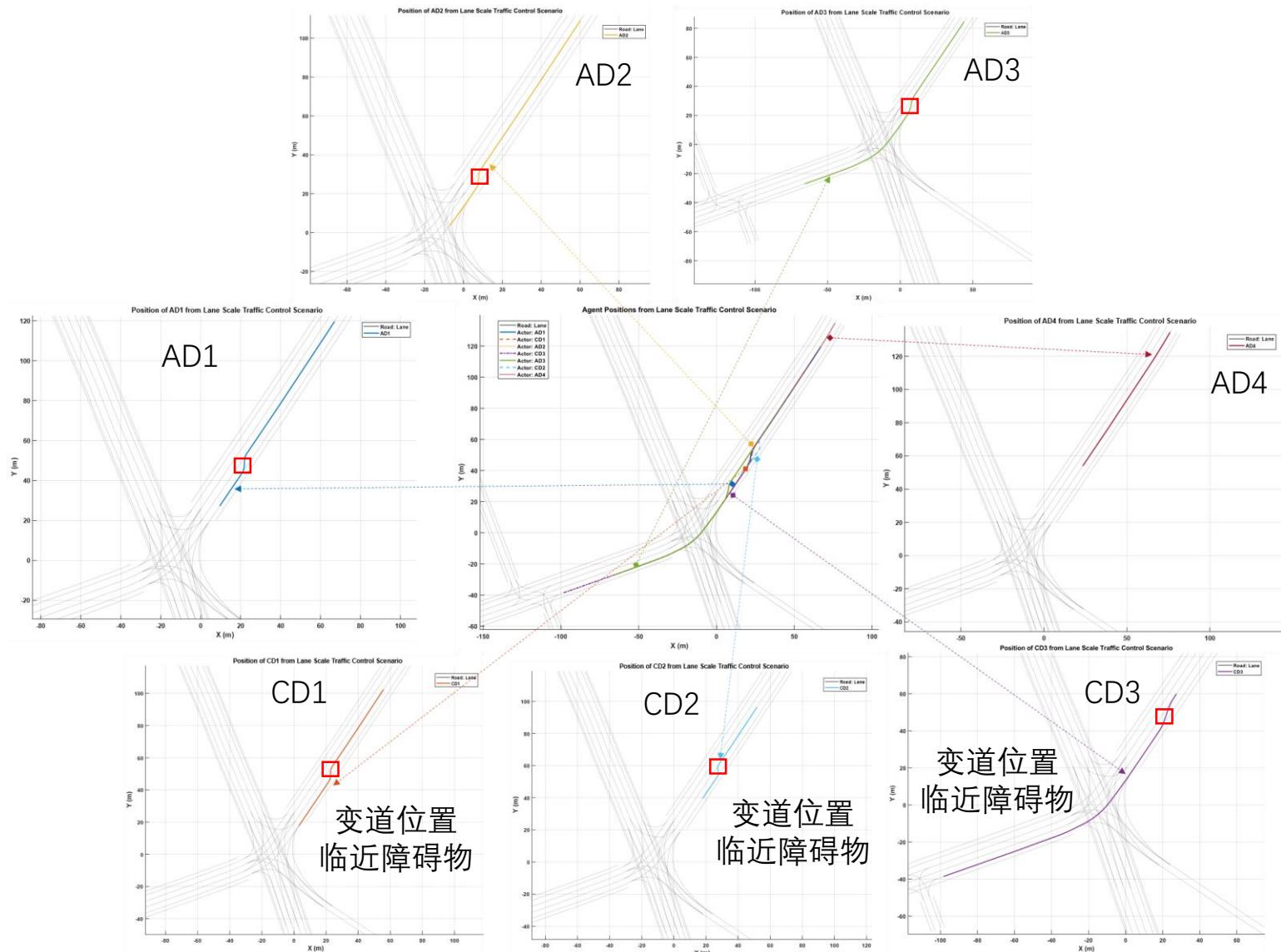


全局轨迹点分布分析

- AD1、AD2、AD3：在远离临时警示牌的地方提前变道，轨迹显示出变道行为。
- AD4：因在旁边车道行驶，轨迹为直线。
- CD1、CD2、CD3：变道位置较晚，反应较慢。

仿真结果总结

- 自动驾驶车辆通过信息交互提前获知交通管控信息，能够及时做出变道决策，提高了行车效率和安全性。
- 普通车辆由于未参与信息交互，在行驶过程中反应较慢，导致交通效率降低，存在安全隐患。



4.5 车道级交通管控信息交互场景仿真结果分析





4.6 总结讨论

总体表现

- 自动驾驶车辆在信息交互过程中表现出较高的**安全性和效率**。
- 信息交互后提高了车辆对环境变化的**反应速度和决策能力**。

信息交互优势

- 车-车信息交互：提供实时的路面和周围环境信息。**辅助车辆**在复杂环境中做出及时的**决策**，避免碰撞和障碍物。
- 车-云信息交互：提供实时多变的道路环境信息，**供云端及时更新**。
- 云-车信息交互：**云端整合多车辆信息**，提供精准的交通指引。

普通车辆劣势

- 普通车辆由于未参与信息交互，在应对突发事件和交通管制方面表现出明显的**劣势**。
- 普通车辆在紧急情况下往往需要采取紧急制动或绕行，导致**通行效率降低**，存在安全隐患。

未来研究方向

- 进一步**优化信息交互协议发布订阅模型**细则，提高信息传递的及时性和可靠性。
- 扩展信息交互的应用**场景**，包括更多复杂的交通状况和环境变量。
- 加强**信息安全机制**，防止信息交互过程中的数据泄露和攻击。



5 总结与展望



研究贡献

- (1) 整合设计了一套系统完整的**高精地图动态信息数据交换内容和标准化交换格式**，一定程度上填补了国内在高精地图动态信息标准化方面的空白；
- (2) 给出了**基于高精地图多主体之间进行信息交互**的方案，在一定程度上丰富了车路协同领域中基于高精地图信息协同方面的研究空白。

创新点

- (1) 结合国内外高精地图在模型，数据标准化方面的工作，创新性的整理并设计出**从中国特色道路角度出发的高精地图动态信息交换内容和交换格式**；
- (2) 扩展了车路协同领域中的基于车联网信息交互的范畴，本文从**高精地图的角度**出发，提出了三类信息交互模式，并给出了每种下信息交互的具体方法。

未来研究方向

- (1) 将本文提出的整套基于高精地图进行的多主体信息交互方法框架部署到实车上进行检验，来优化方法中的具体细则；
- (2) 虽然本假设信息交互过程都是安全的，但是在未来研究中，**数据传输安全**依旧是一大重点研究方向，需要有意识的关注这一研究点。

感谢聆听，
请批评指正



答辩人：张焱杰
2024年8月26日





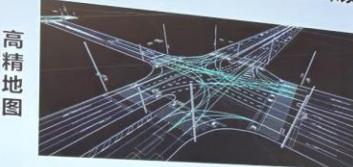
答辩现场



1 研究背景与意义

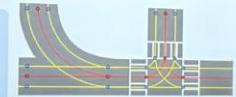
高精地图定义

高精地图的绝对精度和相对精度均在 **1米以内**，可以提供高精度、高新鲜度、和高丰富度的地图信息。
——《智能网联汽车高精地图白皮书》



- ◆ 内容：丰富的道路和环境信息
- ◆ 功能：精确导航、定位
- ◆ 供机器使用的电子地图（辅助自动驾驶）
- ◆ 地图信息：道路信息、环境对象信息、动态信息

道路信息



- 道路类型
- 道路曲率
- 车道线位置
- ...

环境对象信息



- 路边基础设施
- 障碍物
- 交通标志
- ...

动态信息



- 交通流量
- 红绿灯状态
- ...

报告人
姓名
单位





