



基于V2X通信和RoadRunner场景的交叉路口碰撞预警SIL/HIL测试

Xinghua Shi, Z-ONE Technology

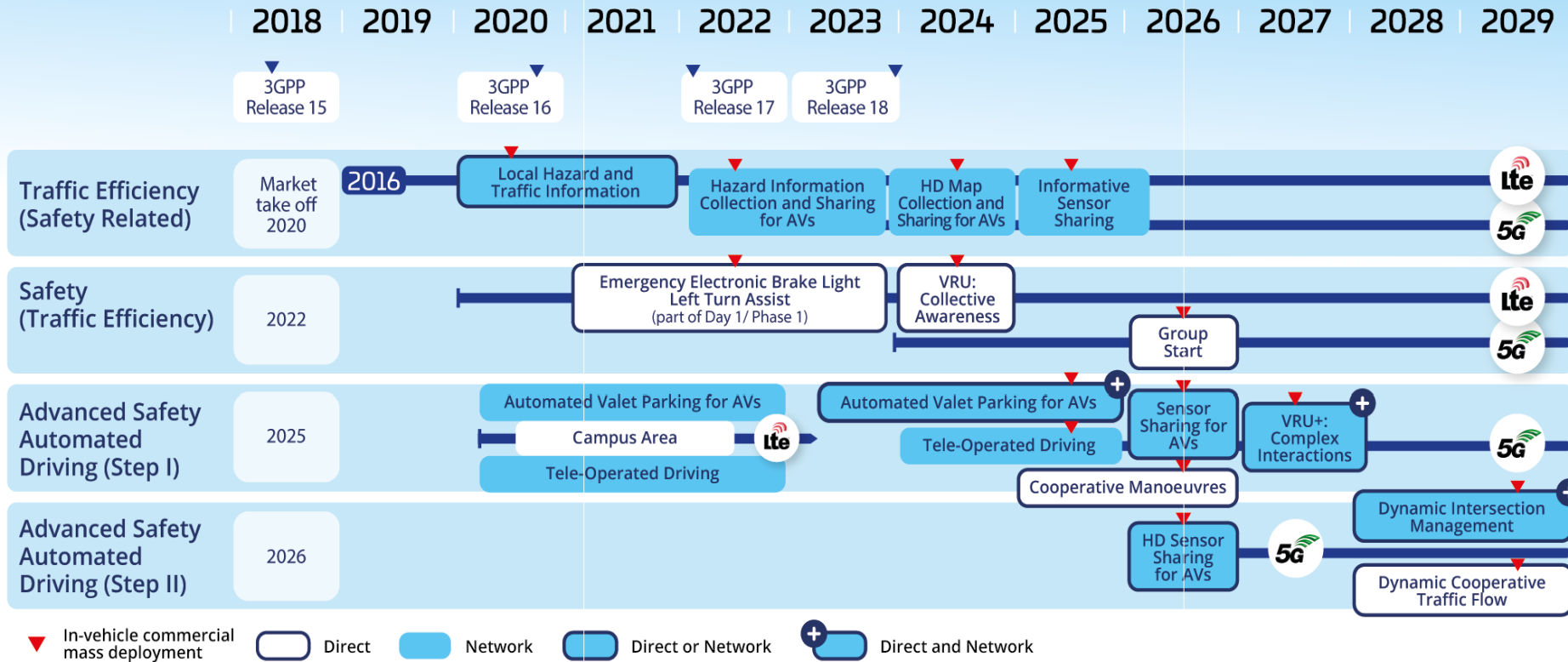
Seo-Wook Park, MathWorks



2024 MathWorks
中国汽车年会

V2X Roadmap

Expected timelines for mass deployment of C-V2X use cases



- 5GAA成员已经在中国、欧洲和北美验证了最有前景的用例。
- 在中国量产车辆大规模部署用例：
 - 基本安全应用 (ICW/EEBL/LTA/etc)
 - 本地危险及交通信息 (Red Light Violation Warning/SLW/etc)

从5GAA开始大规模部署V2X用例的预期时间表

中国的V2X

发文机关：工业和信息化部 公安部 自然资源部 住房和城乡建设部 交通运输部

标 题：工业和信息化部 公安部 自然资源部 住房和城乡建设部 交通运输部关于公布智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市名单的通知

发文文号：工信部联通装函〔2024〕181号

成文日期：2024-07-01

发布日期：2024-07-03

发布机构：装备工业一司

分 类：汽车工业行业管理

工业和信息化部 公安部 自然资源部 住房和城乡建设部 交通运输部关于公布智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市名单的通知

工信部联通装函（2024）181号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化主管部门、公安厅（局）、自然资源主管部门、住房和城乡建设厅（局、委）、交通运输厅（局、委）：

按照《工业和信息化部 公安部 自然资源部 住房和城乡建设部 交通运输部关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》（工信部联通装〔2023〕268号）安排，在自愿申报、组织评估基础上，确定了20个城市（联合体）为智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市（名单详见附件）。

各试点城市要及时完善试点工作方案，正式报工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部案。按照试点工作方案扎实推进建设任务，建立完善协调工作机制，落实资金等保障措施，确保试点工作取得实效，加快形成复制可推广的经验。

各地省级主管部门要加大对试点城市的政策支持力度，加强试点工作的跟踪问效，及时总结工作进展、经验做法和典型案例，每年3月底前报工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部。

包括北京、上海、重庆、鄂尔多斯、沈阳、长春、南京、苏州、无锡、杭州、合肥、福州、济南、武汉、十堰、长沙、广州、深圳、海口、成都等20个城市(联合体)入选

“车路云一体化”集成系统应用试点城市

基于LTE-V2X直连通信的车载信息交互系统技术要求及试验方法

Technical requirements and test methods of vehicular information interactive system based on LTE-V2X direct communication

国家标准计划 制定 推荐性

国家标准计划《基于LTE-V2X直连通信的车载信息交互系统技术要求及试验方法》由TC114（全国汽车标准化技术委员会）归口，TC114SC34（全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分会）执行，主管部门为工业和信息化部。拟实施日期：发布即实施。

主要起草单位：中国汽车技术研究中心有限公司、中国信息通信研究院、国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司、中国信息通信科技集团有限公司、华为技术有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、上汽大众汽车有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、高通无线通信技术（中国）有限公司、中国第一汽车股份有限公司、中国软件评测中心（工业和信息化部软件与集成电路促进中心）、东软集团股份有限公司、长城汽车股份有限公司、东风汽车集团有限公司、福特汽车（中国）有限公司、金龙联合汽车工业（苏州）有限公司、北京百度智行科技有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、宝马中国（服务）有限公司、梅赛德斯-奔驰（中国）投资有限公司、江铃汽车股份有限公司、大众汽车（中国）投资有限公司、丰田汽车（中国）投资有限公司、北京星云互联科技有限公司、沃尔沃汽车(亚太)投资控股有限公司。

主要起草人：孙航、王兆、葛雨明、刘建行、李春、吴飞燕、房家奕、杨森、朱陈伟、梁睿、牛雷、殷悦、孙博迪、李明超、王荣、周欣如、刁立凯、赵奕铭、公维洁、吴建飞、姜国凯、葛石启、彭伟、陈岭、张浩、张图南、刘帆、明经洪、于润东、杨行、姜美尧、王易之、汝正阳。

目录

- 1 项目进度
- 2 基础信息
- 3 起草单位
- 4 起草人
- 5 相近标准(计划)

项目进度

起草 征求意见 审查 批准 发布

当前标准计划

20230390-T-339 正在审查

基于LTE-V2X直连通信的车载信息交互系统技术要求及试验方法

ISO/AWI TR 17716

Road vehicles — Electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy — Radiated immunity for V2X

General information ⓘ

Status : Under development

Edition : 1

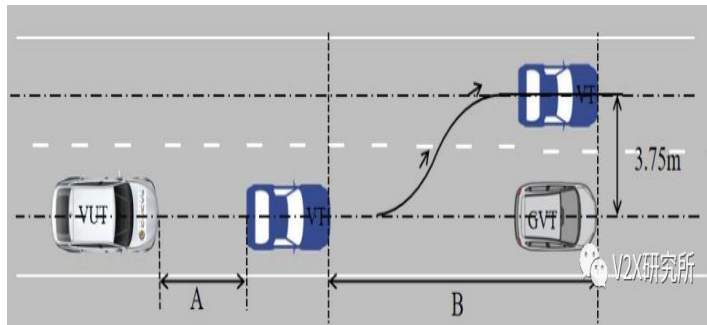
GB & ISO 标准

CNCAP 2024

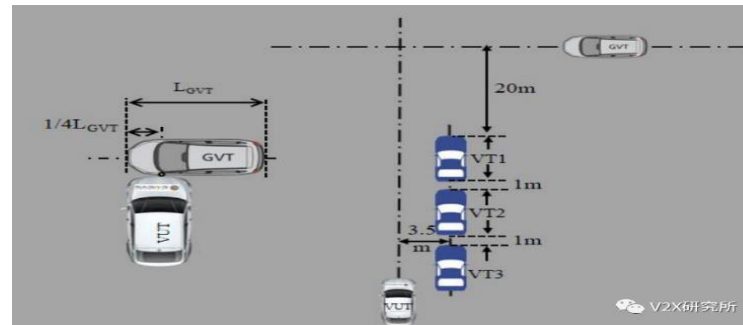
- 2023年9月27日，中国新车评价规程（C-NCAP）2024版草案在中国汽车技术研究中心官网发布，首次将V2X纳入评估范围。
- C-NCAP代表我们通常所说的新车碰撞测试，表现良好的汽车将获得五星，这就是我们所说的五星安全。
- C-NCAP是根据成员保护、弱势交通参与者（VRU）保护和ADAS主动安全三个组成部分的综合得分比率，评定为星级等级。**2024版C-NCAP的V2X部分已被添加到ADAS部分**，测试项目中对目标车辆（GVT）的描述包括“C-V2X网络通信能力”。因此，理论上，**所有主动安全测试都可以使用V2X实现。**

L.6.1.3.3.1 GVT is used to replace the actual M1 passenger vehicle (including sensors like vision, radar, lidar), and can have C-V2X network communication capability.

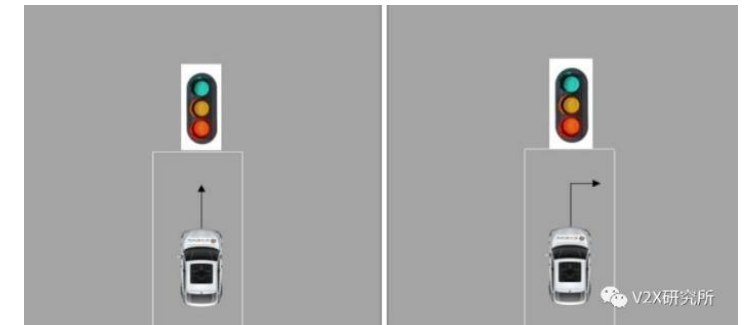
CCRH (High Speed Car to Car Rear)



C2C SCPO (Car-to-Car Straight Crossing Path with Obstruction)



TSR (Traffic Signal Remind)



C-NCAP MANAGEMENT
REGULATION

(2024 EDITION)

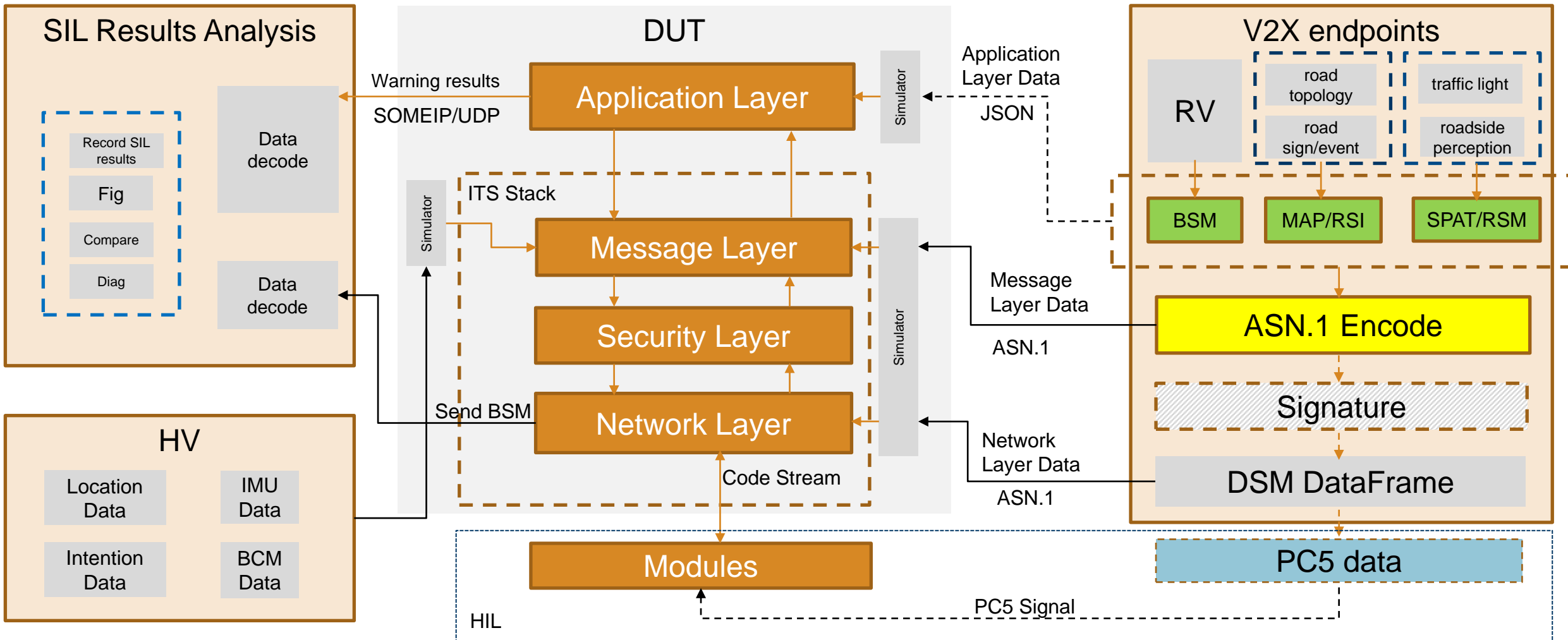
<https://www.c-ncap.org.cn/article-detail/1706952133057822722?type=2>

China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd.
(CATARC)

V2X SIL&HIL架构设计

MATLAB RR

V2X software

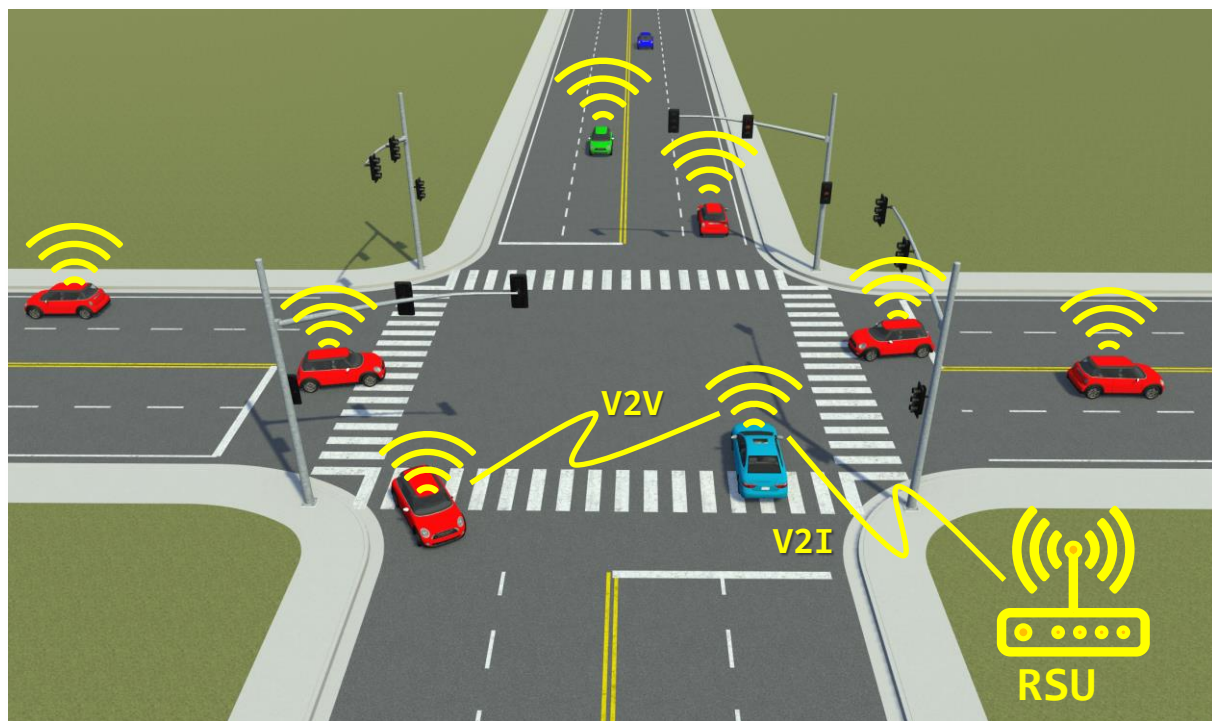
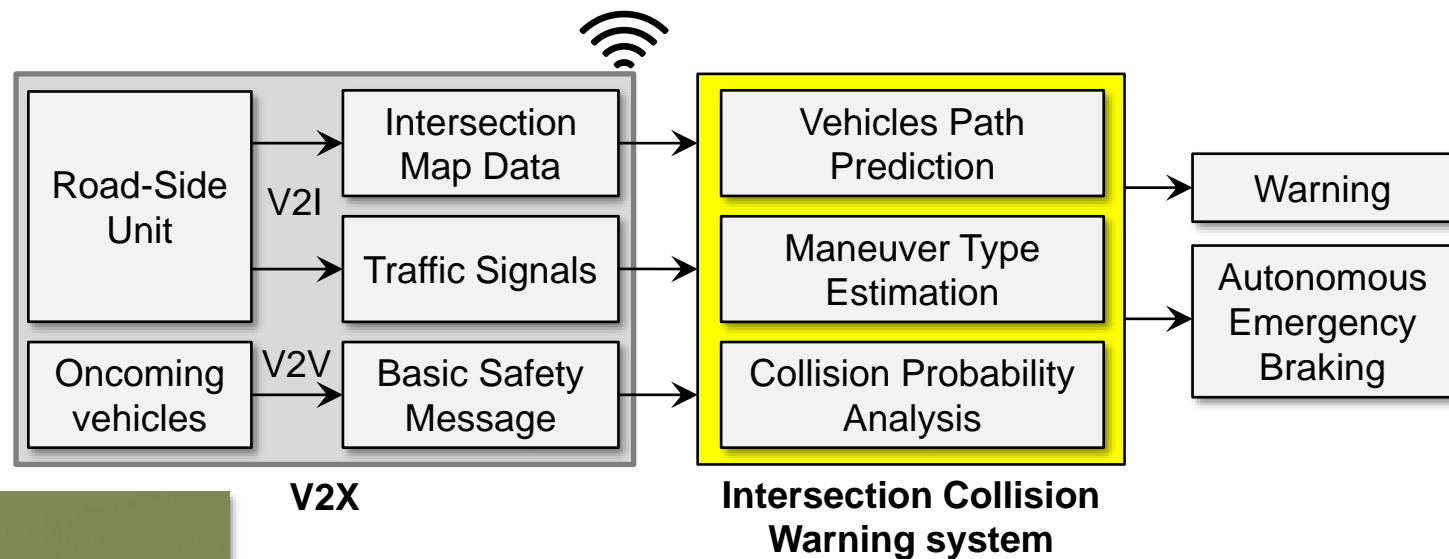


交叉路口碰撞预警系统

交叉路口碰撞预警（ICW）系统

通过V2X通信检测城市交叉路口的潜在碰撞风险

- 向驾驶员发出早期警告
- 在高碰撞风险时启动 AEB

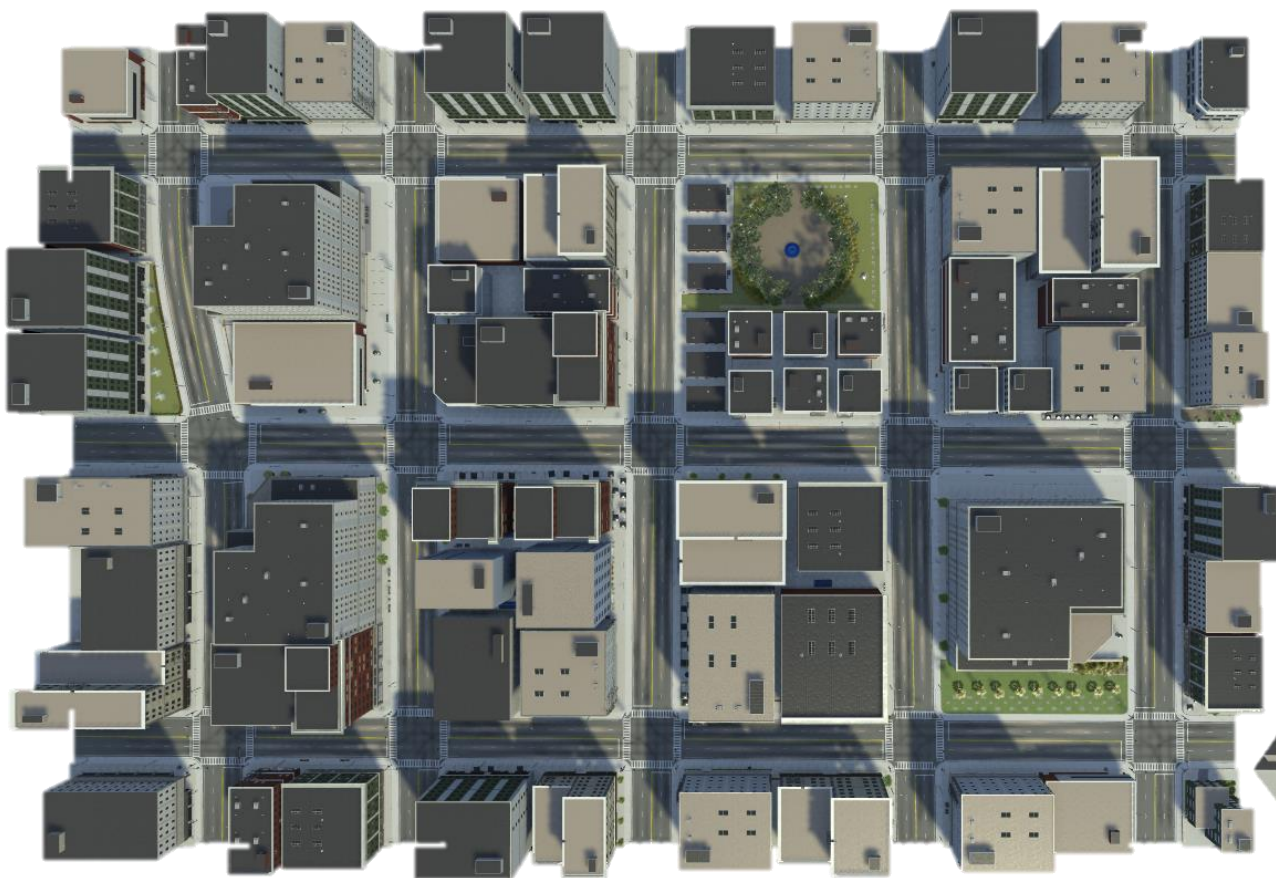


- RSU : Road-Side Unit
- V2I : Vehicle-To-Infrastructure
- V2V : Vehicle-To-Vehicle
- V2X : Vehicle-To-Everything



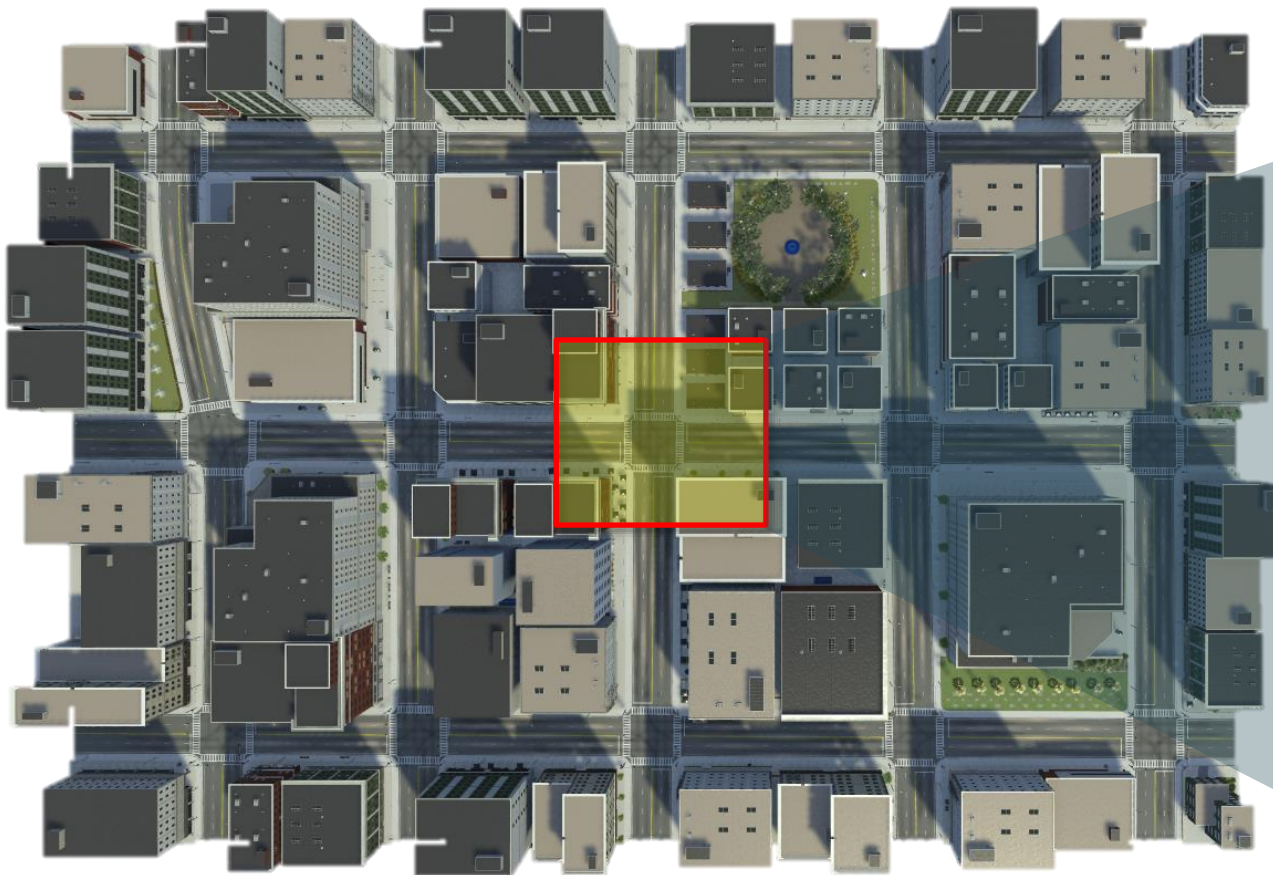
创建一个复杂的城市静态场景

- [US City Block](#) 的3D场景，包含15个有交通信号灯的十字路口。
- 场景中所有的道路均为双向四车道。



创建一个复杂的城市静态场景

- [US City Block](#) 的3D场景，包含15个有交通信号灯的十字路口。
- 场景中所有的道路均为双向四车道。

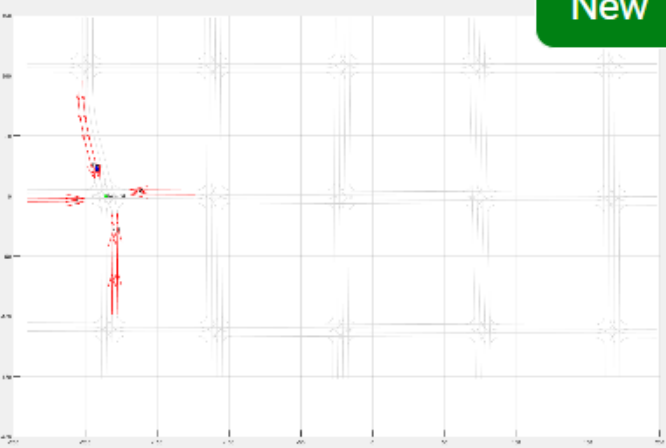


通过RoadRunner导入OpenStreetMap 绘制洛杉矶市中心的城市静态场景



从RoadRunner生成V2X MAP

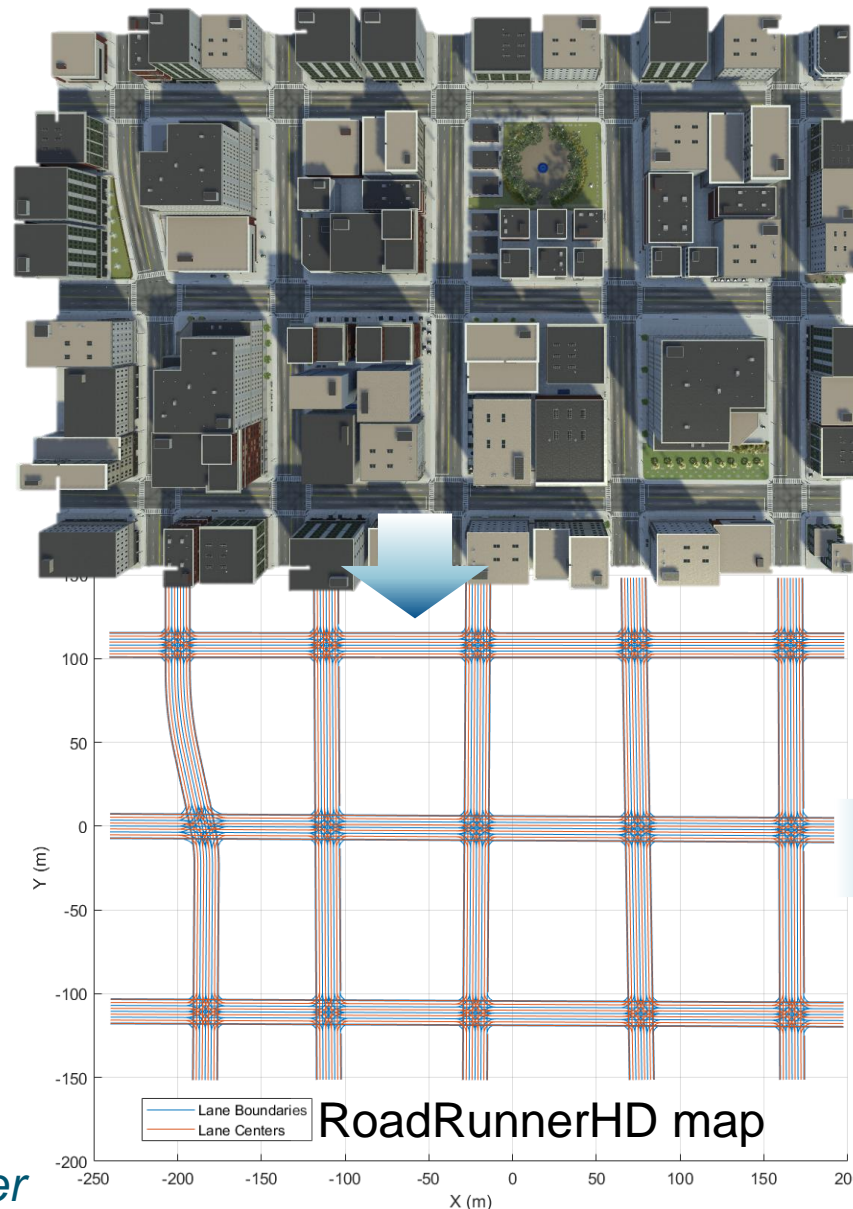
New



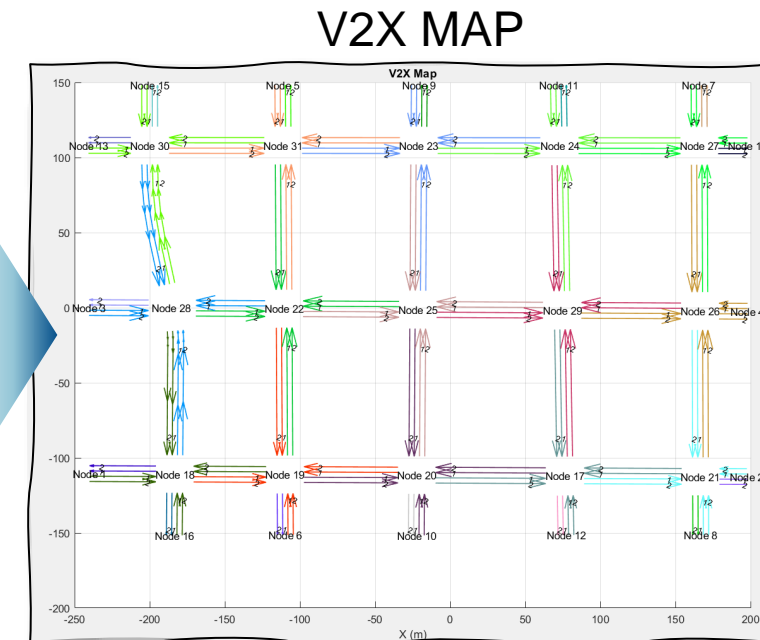
Generate V2X MAP Message from RoadRunner

Generate MAP message and model road side unit for vehicle-to-everything (V2X) communication.

Since R2024a

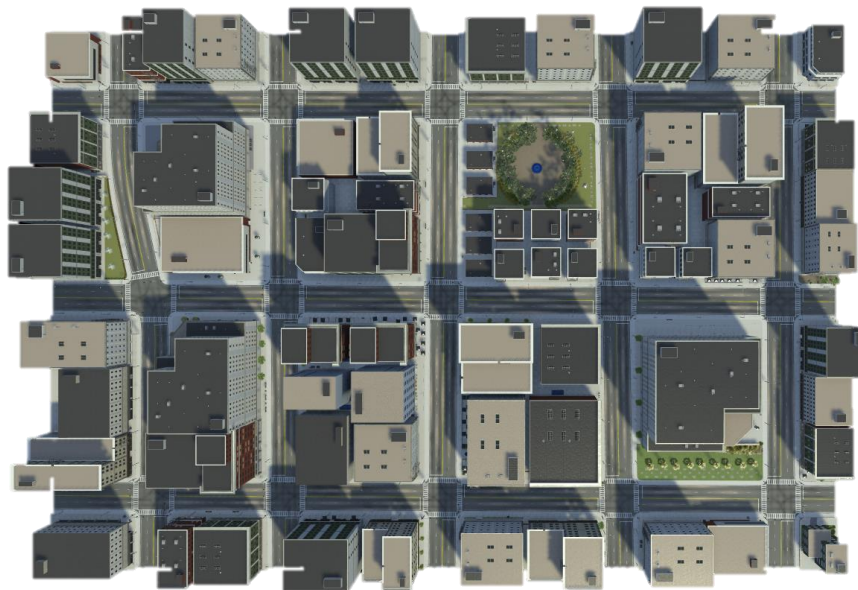


RoadRunner Scene & Scenario



为仿真中的静态场景获取 RoadRunnerHD map

用于在RoadRunner场景中
表示高清（HD）地图数据的道路数据模型



USCityBlockBidirectional.rrscene
GenerateMapMessage.rrscenario

get("Map")



Property ^	Value
1x1 roadrunnerHDMap	
Author	""
GeoReference	[0,0]
GeographicBoundary	[-240.8043,-152.9707,-6.8775;198.9754,148.3578,54.5400]
Lanes	2350x1 Lane
LaneBoundaries	2947x1 LaneBoundary
LaneGroups	538x1 LaneGroup
LaneMarkings	3x1 LaneMarking
Junctions	15x1 Junction
BarrierTypes	5x1 BarrierType
Barriers	56x1 Barrier
SignTypes	0x1 SignType
Signs	0x1 Sign
StaticObjectTypes	69x1 StaticObjectType
StaticObjects	2888x1 StaticObject

```
% Open Scene and Scenario
rrApp = roadrunner(rrProjectPath);

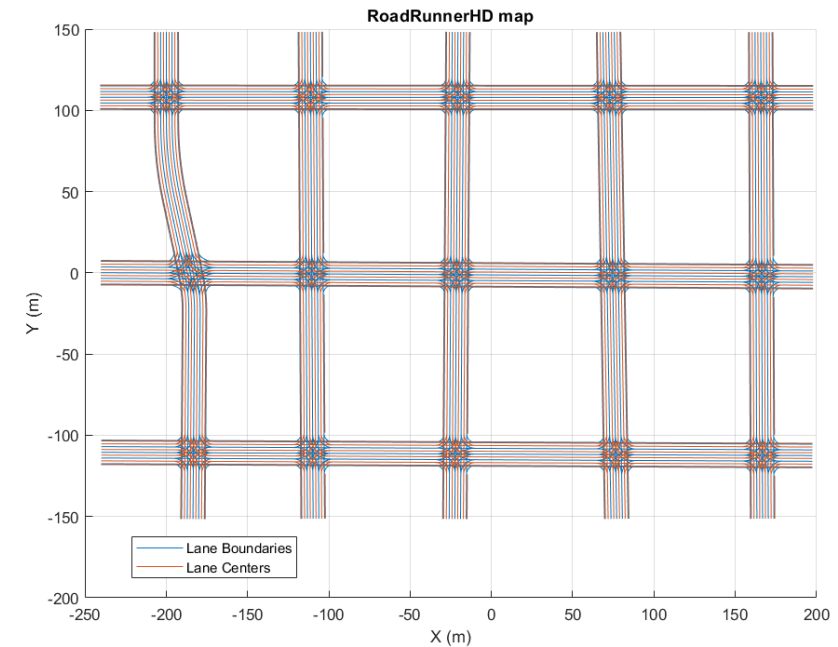
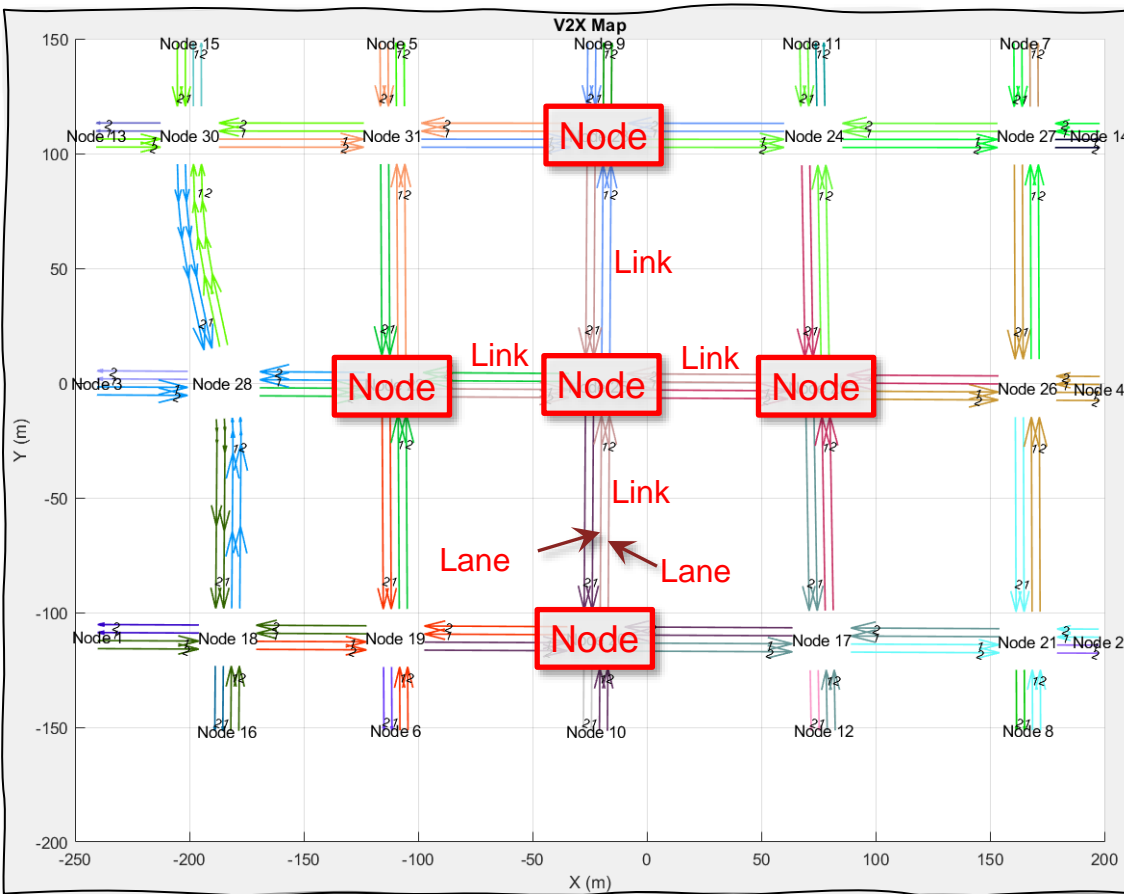
% Open Scene
openScene(rrApp, "USCityBlockBidirectional.rrscene");
% Open the scenario
openScenario(rrApp, "GenerateMapMessage.rrscenario");
```

```
% Create Simulation object
rrSim = createSimulation(rrApp);

% Get RoadRunnerHD map for the scene used
in scenario simulation.
rrHDMAP = get(rrSim, "Map");
```

```
% Plot RoadRunner HD Map
plot(rrHDMAP, 'ShowLineMarkers', false);
```

从RoadRunnerHD地图数据生成V2X map消息



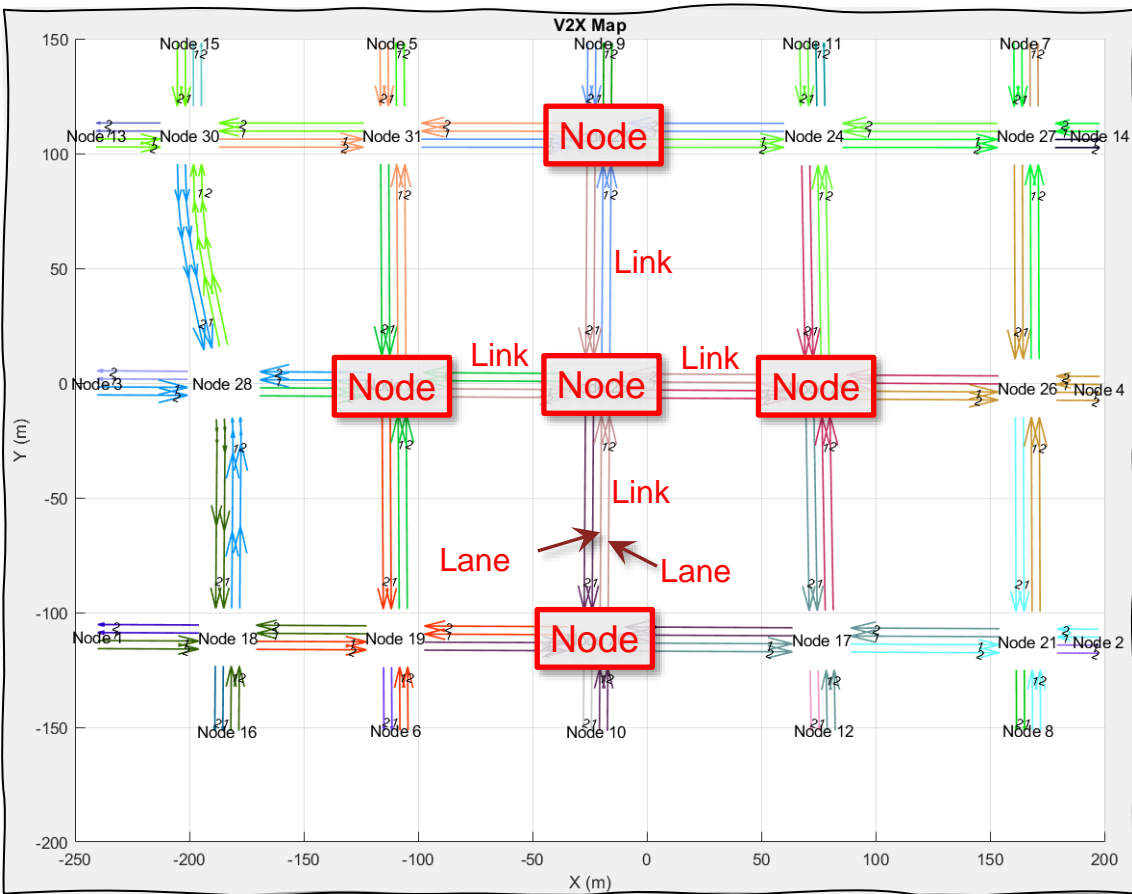
- 1) 找到所有的节点 **nodes** (intersections or junctions)
- 2) 找到连接所有节点的 **links**
- 3) 找到所有车道 **lanes** 之间的连接 **connections**

```

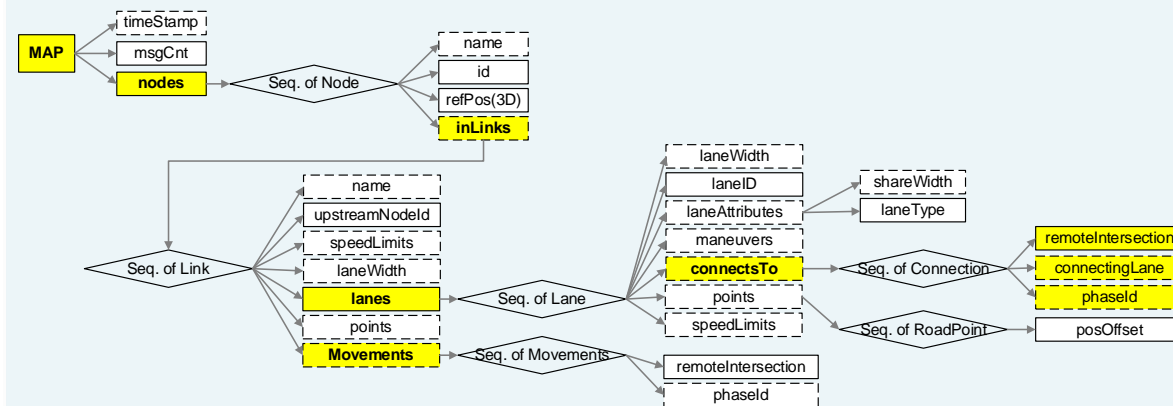
% Generate MAP message
sceneOrigin = [42.3648, -71.0214, 10.0];
v2xMapMsg = helperGenerateV2XMap(rrHDMMap, sceneOrigin);

% Visualize MAP message
helperPlotV2XMap(v2xMapMsg);
  
```

从RoadRunnerHD地图数据生成V2X map消息



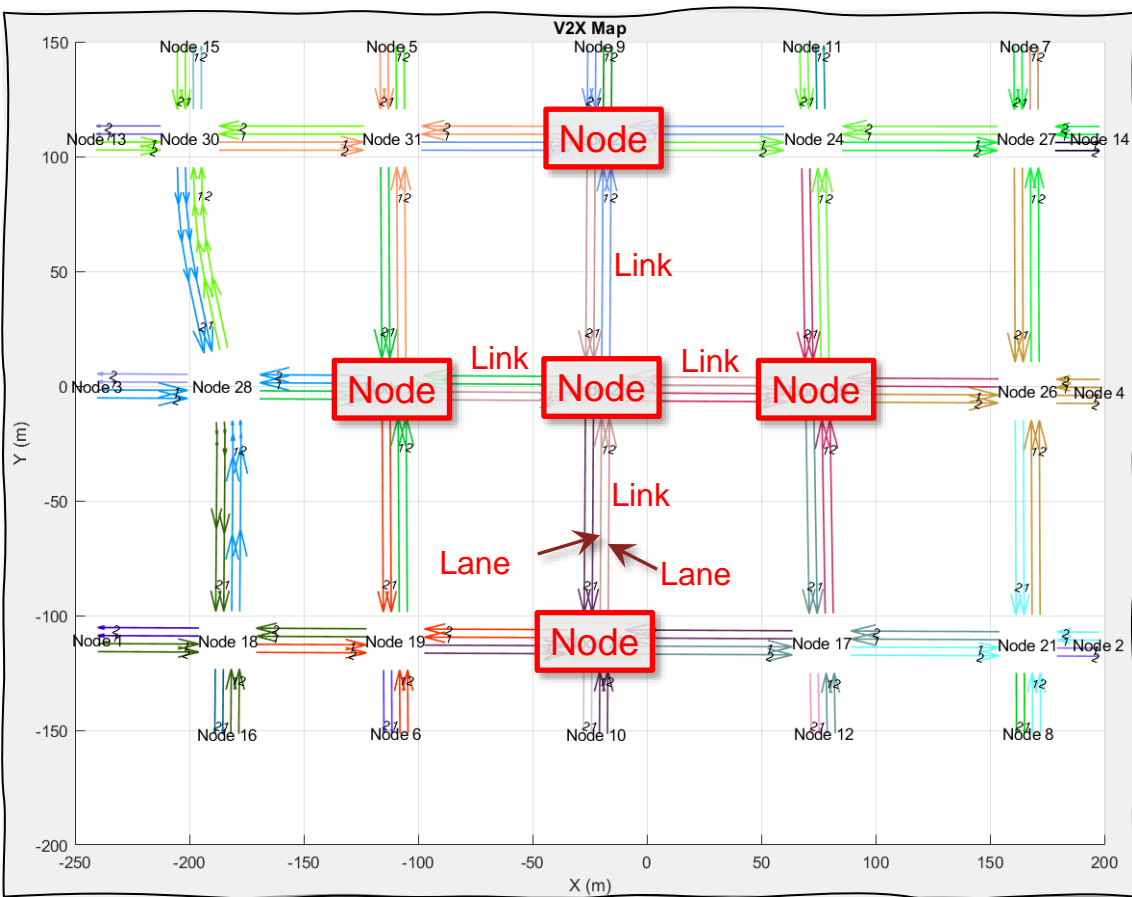
V2X Map message



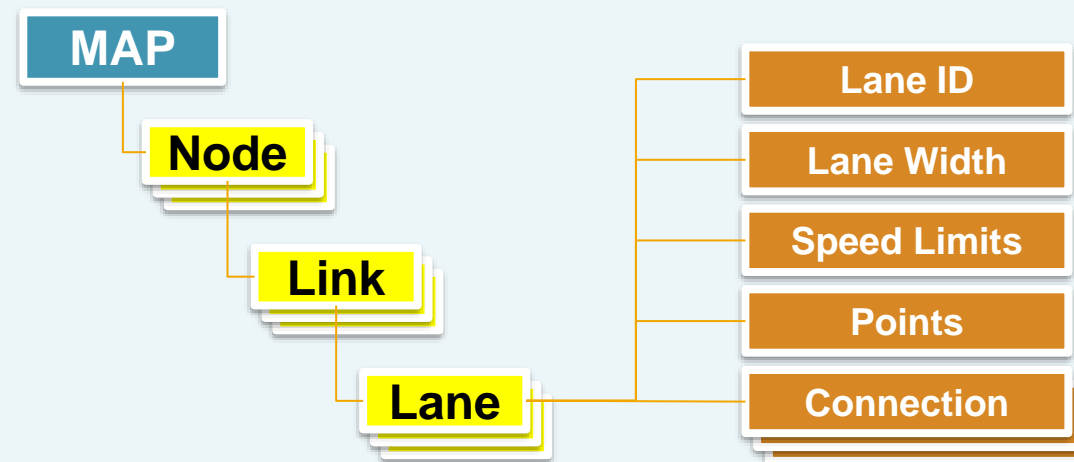
- 1) 找到所有的节点 **nodes** (intersections or junctions)
- 2) 找到连接所有节点的 **links**
- 3) 找到所有车道 **lanes** 之间的连接 **connections**
- 4) 在 **V2X map messages** 中封装 **nodes, links, and lane connections**

- T/CSAE 53-2020, *Cooperative Intelligent Transportation System — Vehicular Communication Application Layer Specification and Data Exchange Standard (Phase I)*. China Society of Automotive Engineers, 2020.
- ~ SAE J2735, *V2X Communications Message Set Dictionary*

从RoadRunnerHD地图数据生成V2X map消息



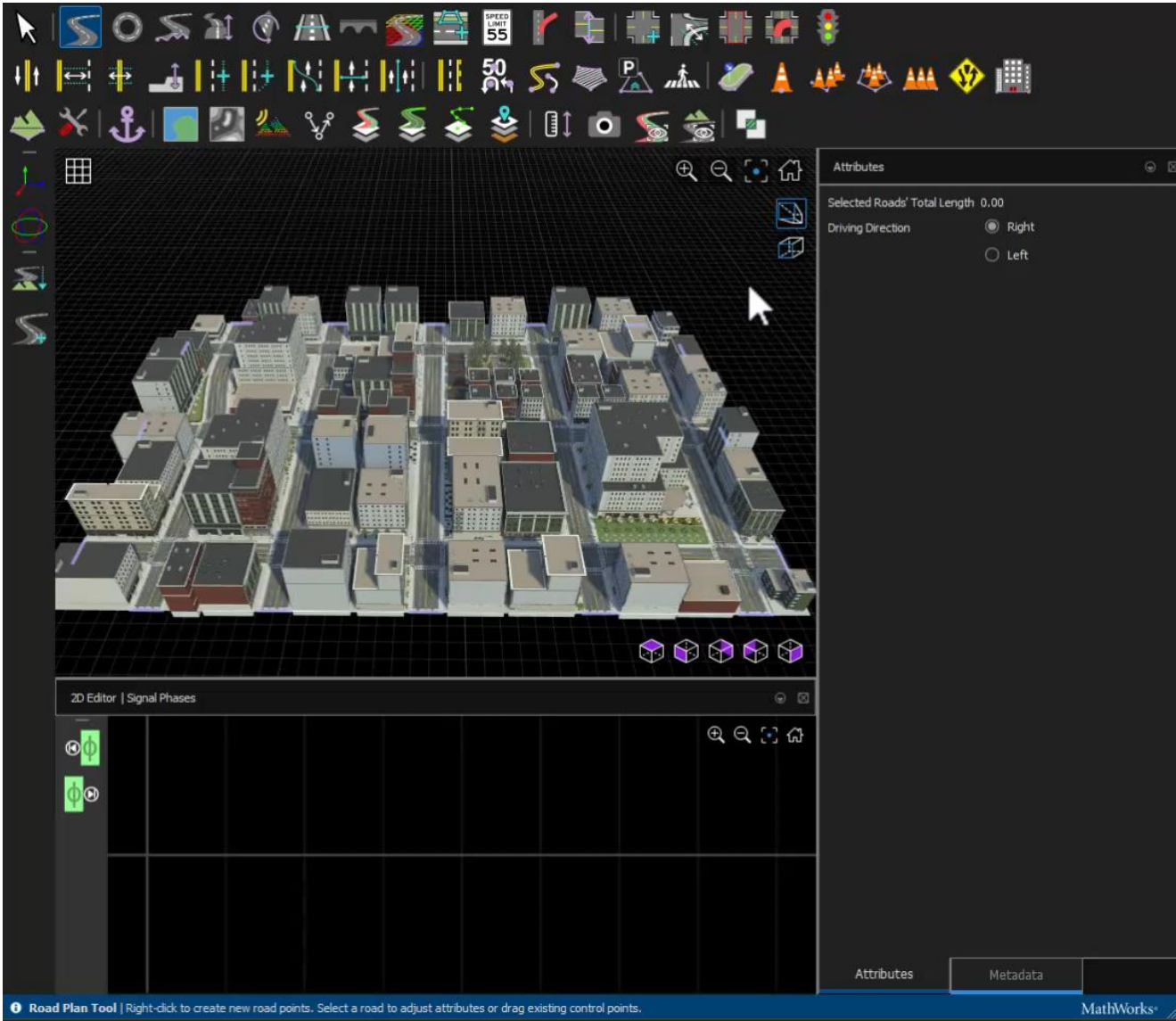
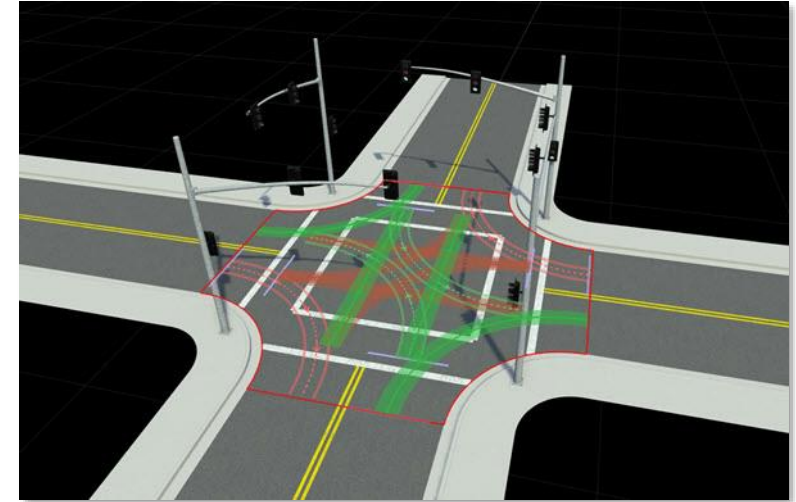
V2X Map message



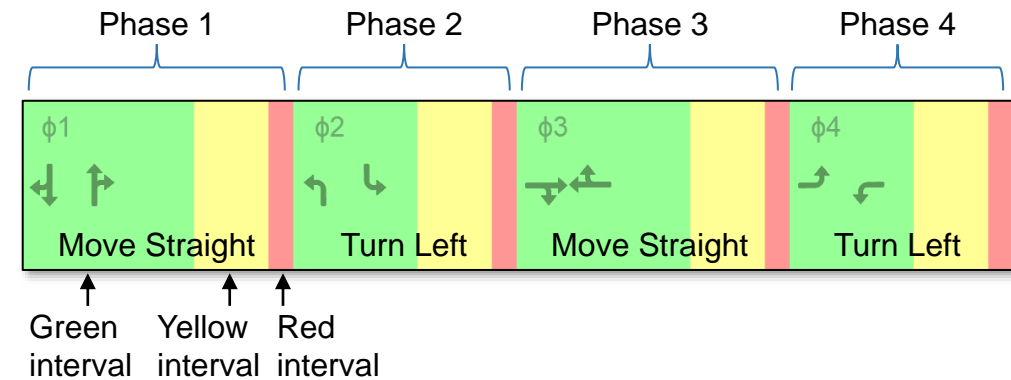
- 1) 找到所有的节点 **nodes** (intersections or junctions)
- 2) 找到连接所有节点的 **links**
- 3) 找到所有车道 **lanes** 之间的连接 **connections**
- 4) 用 **V2X map messages** 打包 **node**, **links**, 和 **lane connections**

- T/CSAE 53-2020, *Cooperative Intelligent Transportation System — Vehicular Communication Application Layer Specification and Data Exchange Standard (Phase I)*. China Society of Automotive Engineers, 2020.
- ~ SAE J2735, V2X Communications Message Set Dictionary

RoadRunner的“Signal Tool”



- Signal Tool用于配置：
 - Junction Signalization
 - Signal Traffic Phases



基于Stateflow®的交通信号灯控制器

Green Interval

Turn Left

Yellow Interval

Red Interval

Phase 4

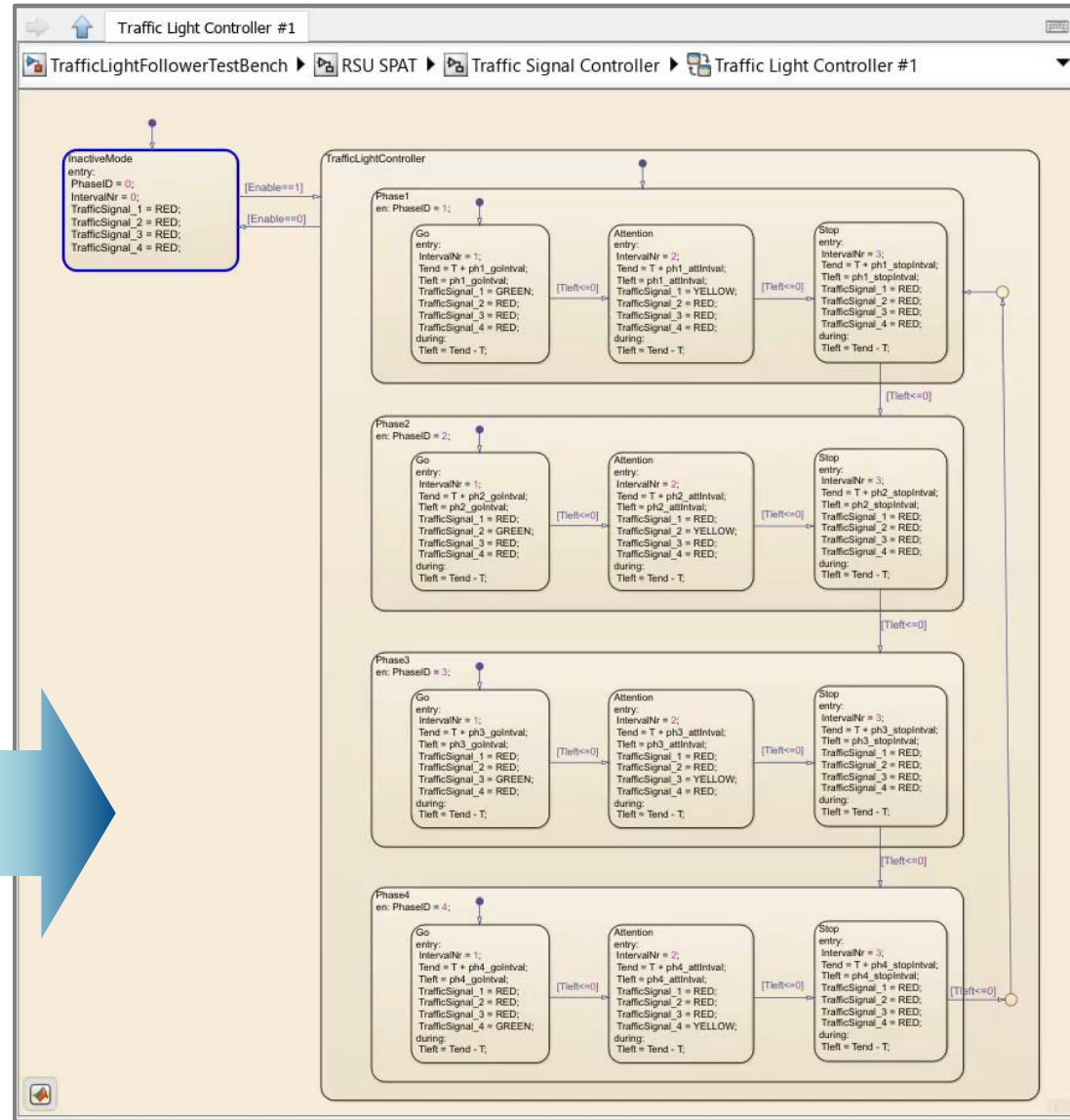
Interval 1
Interval Name:
Interval Type: Green
Interval Time: 5.00

Interval 2
Interval Name:
Interval Type: Yellow
Interval Time: 5.00

Interval 3
Interval Name:
Interval Type: Red
Interval Time: 1.00

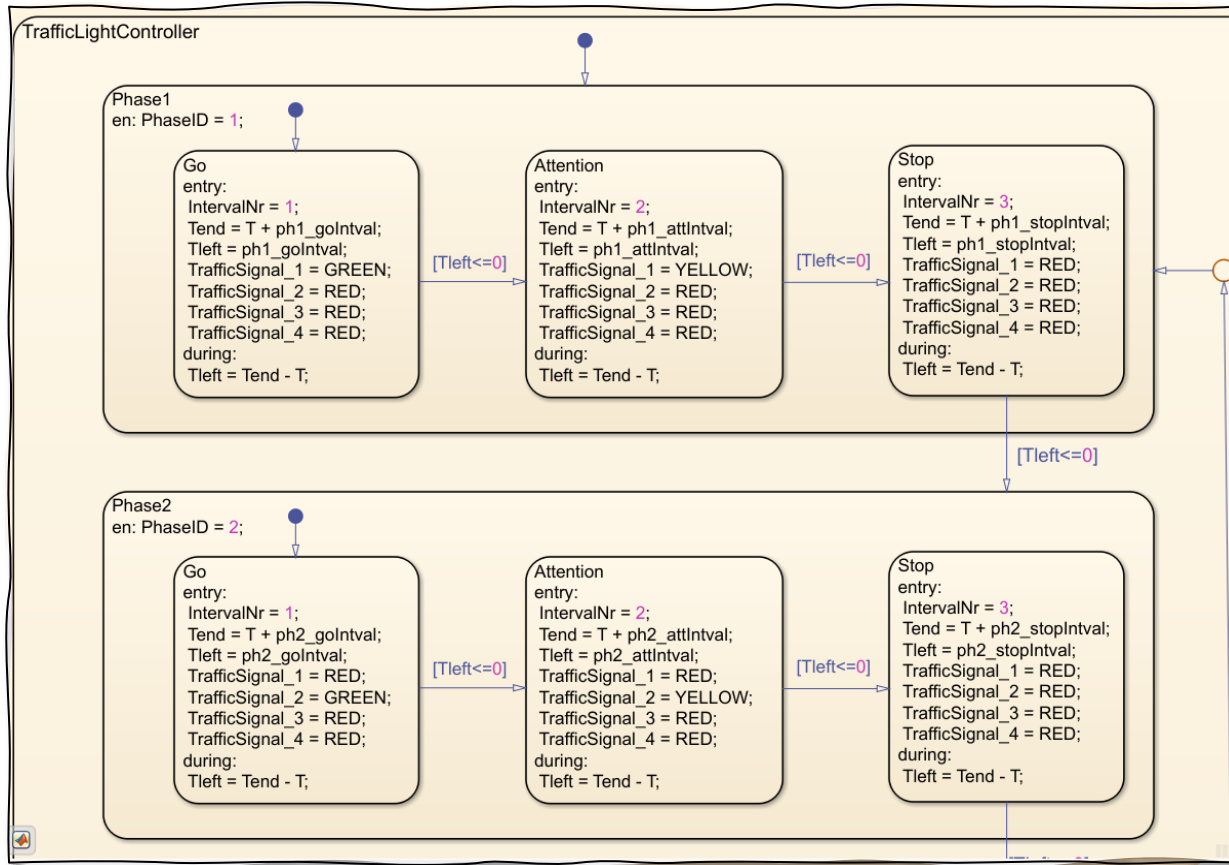
Attributes
Phase Name:
IntervalNr = 0;
TrafficSignal_1 = RED;
TrafficSignal_2 = RED;
TrafficSignal_3 = RED;
TrafficSignal_4 = RED.

Signal Tool | Select junction to add or edit signal phasing. Select signals to set signal states in current phase.

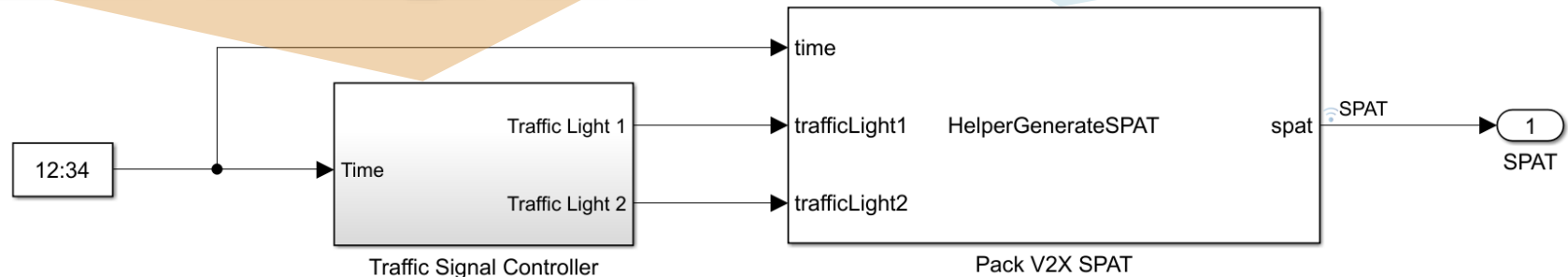
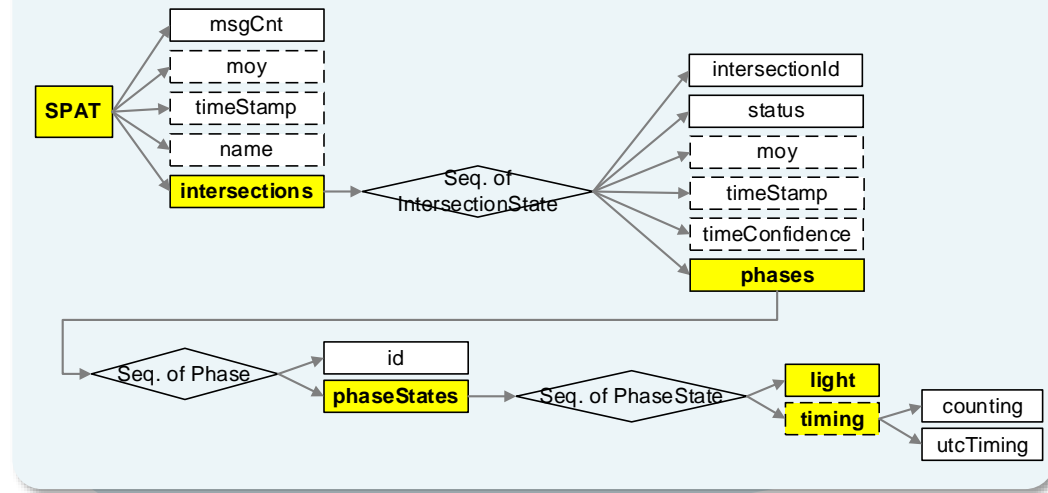


生成 V2X SPaT消息 (Signal Phase and Timing)

T/CSAE 53-2020



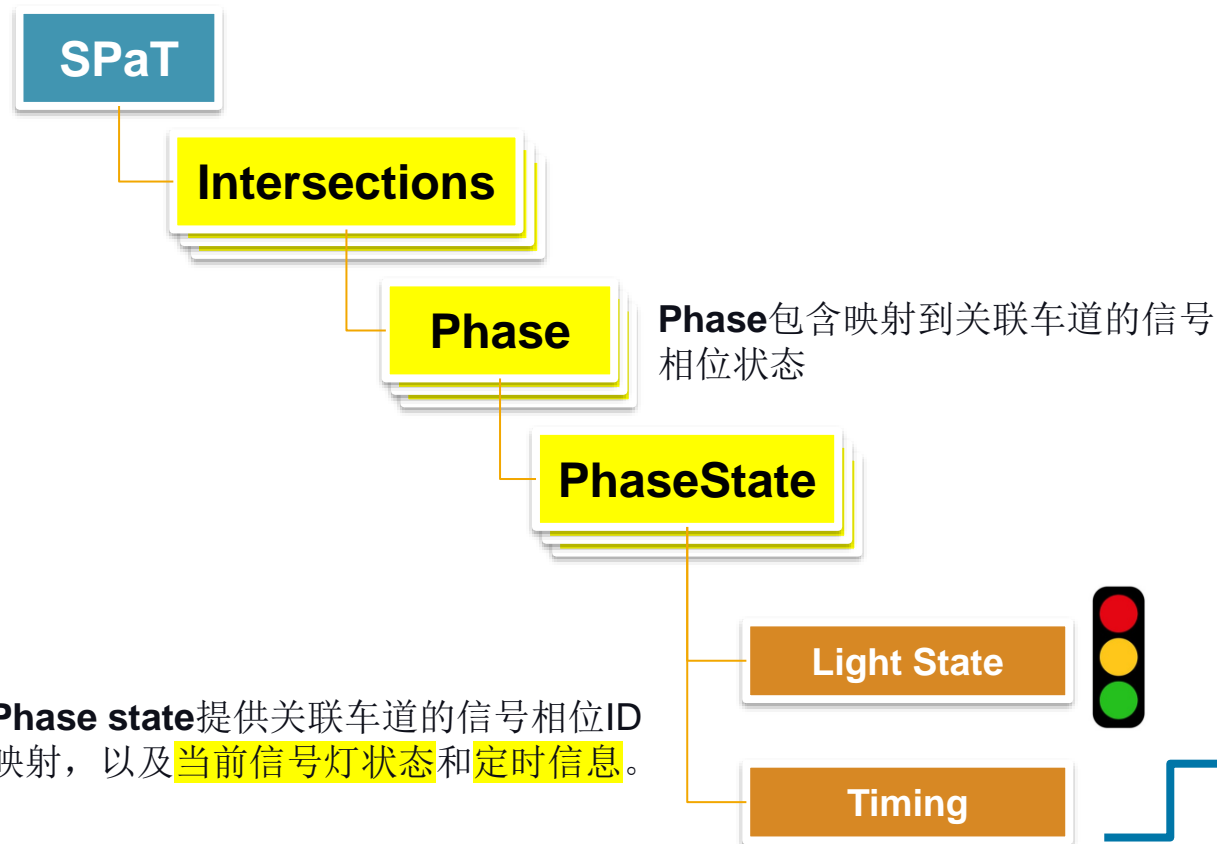
V2X SPaT (Signal Phase and Timing) message



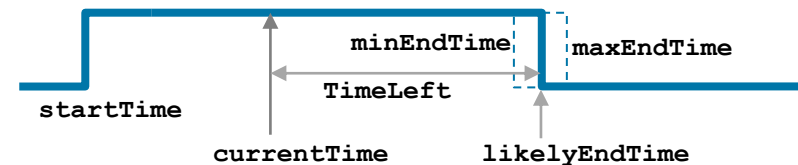
生成 V2X SPaT消息 (Signal Phase and Timing)

T/CSAE 53-2020

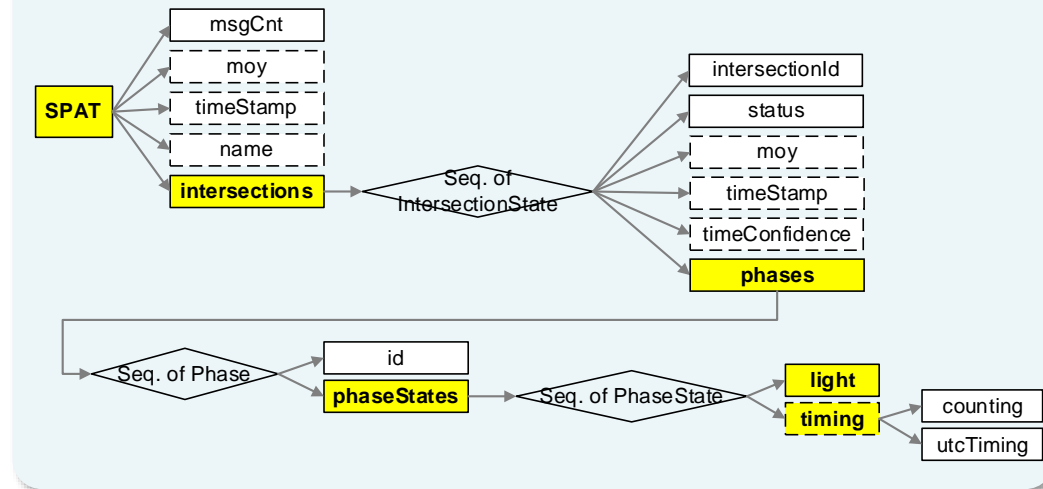
- SPaT消息描述了信号灯系统的当前状态及其相位，并将其与十字路口的特定车道关联起来。



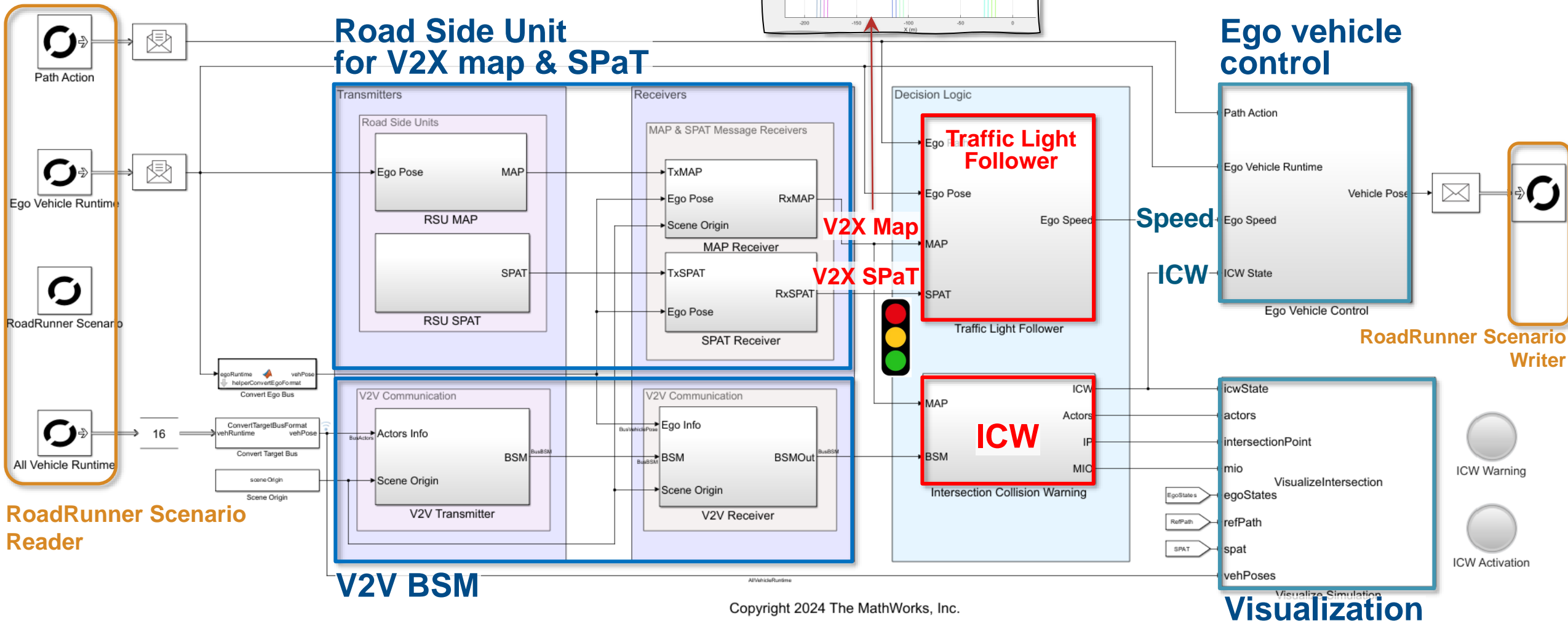
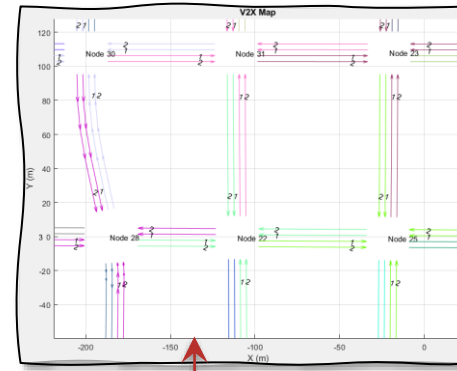
Phase state提供关联车道的信号相位ID映射，以及当前信号灯状态和定时信息。



V2X SPaT (Signal Phase and Timing) message

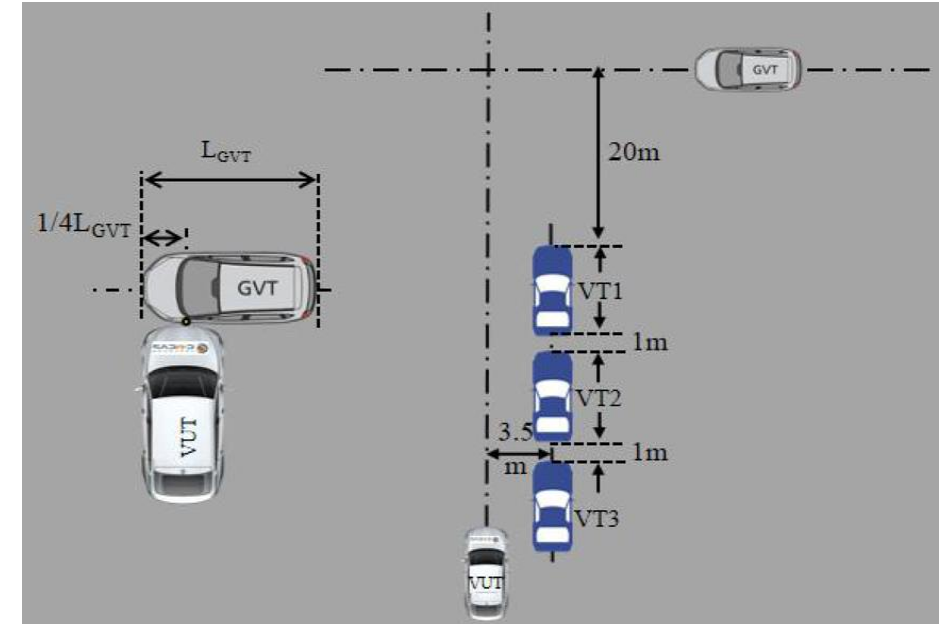


Simulink试验台模型



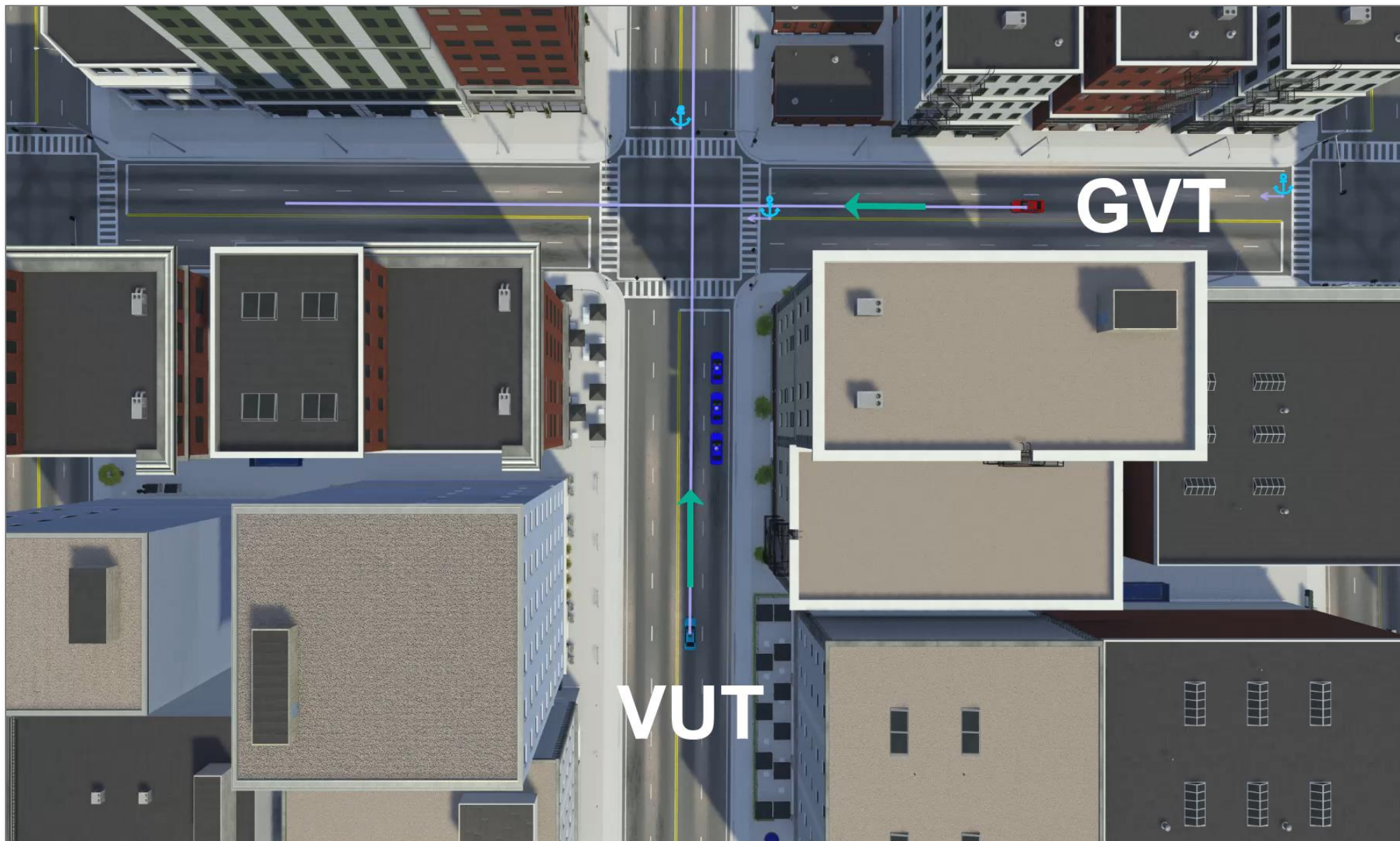
CNCAP 2024测试— C2C SCPO场景

- C2C SCPO测试场景的终止标准是，如果C2C SCPO场景中 $TTC < 1.5s$ 且无警告，则终止测试，其中TTC为碰撞时间（time-to-collision）。
- 假设车辆最大长度为6米，由上述信息可知，VUT中心点到碰撞点的距离为 $6/2 + 5 \times 3 + 2 + 20 = 40$ 米，对应到达碰撞点的时间为 $2.88/2.4$ 秒 (50 or 60 km/h)。因此，我们设计预警出发策略如下：
 - ① 找到在左/右交叉方向的远程车辆。
 - ② 计算每个潜在危险车辆到达交叉口的碰撞事件TTC。如果时间阈值小于3秒（碰撞时间必须大于1.5秒），则发送交叉碰撞预警。



ID	VUT speed (km/h)	GVT speed (km/h)
1	50	40
2	60	50

使用RoadRunner Scenario创建C2C SCPO动态场景

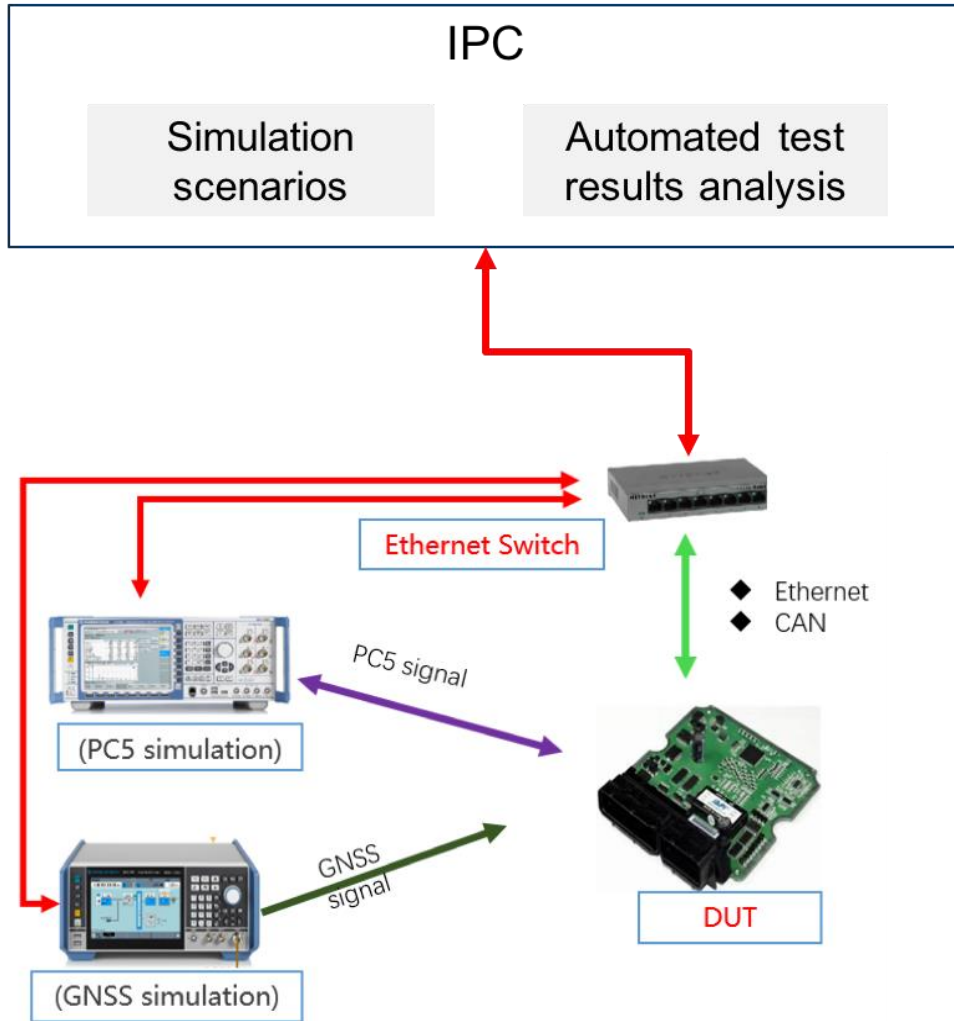


使用Simulink试验台和RoadRunner Scenario联合仿真ICW

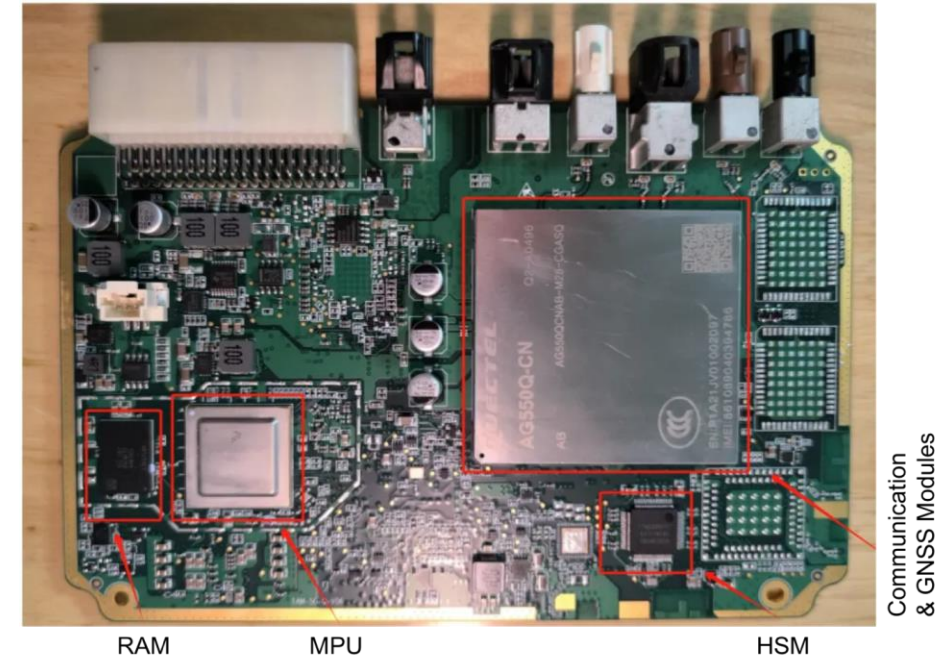
The image displays a joint simulation environment for ICW (In-Car Work) using Simulink and RoadRunner. The interface is divided into several key sections:

- Top Left (RoadRunner Scenario Editor):** Shows a 3D visualization of a city street scene with buildings and a road. The 'SCENARIO EDITING' menu is active. Below the visualization are 'Simulation Controls' (Play, Step Forward, Stop) and 'Simulation Properties' (Step Size: 0.10000 s, Max Time: 1000.000 s). The 'Camera' view is set to 'Follow' with an 'Actor' of 'ego'.
- Top Right (Simulink Model):** Displays a complex Simulink block diagram representing the ICW system. It includes blocks for 'Ego Vehicle Control', 'Traffic Light Follower', 'Ego Vehicle State', and various sensor and actuator models. The 'SIMULATION' menu is active, showing 'Run' and 'Step Forward' options.
- Bottom Left (2D Editor / Logic Playback):** Shows a '2D Editor | Logic Playback' window with a list of entities: 'ego', 'GVT', 'VT1', 'VT2', and 'VT3'. Below this is an 'Output' window showing simulation logs, including 'Simulation ENDED' and 'Simulation STARTED' messages.
- Bottom Right (MATLAB Workspace):** Shows the MATLAB R2023b workspace with a file browser displaying the project structure (e.g., 'C:\06_Project\V2X\ICW\ZOneDeliverable'). The 'Workspace' pane lists various Simulink objects like 'BusAccelerationSet4', 'BusActorRuntime', and 'BusPath'.

HIL测试试验设置



Data flow in HIL test



DUT



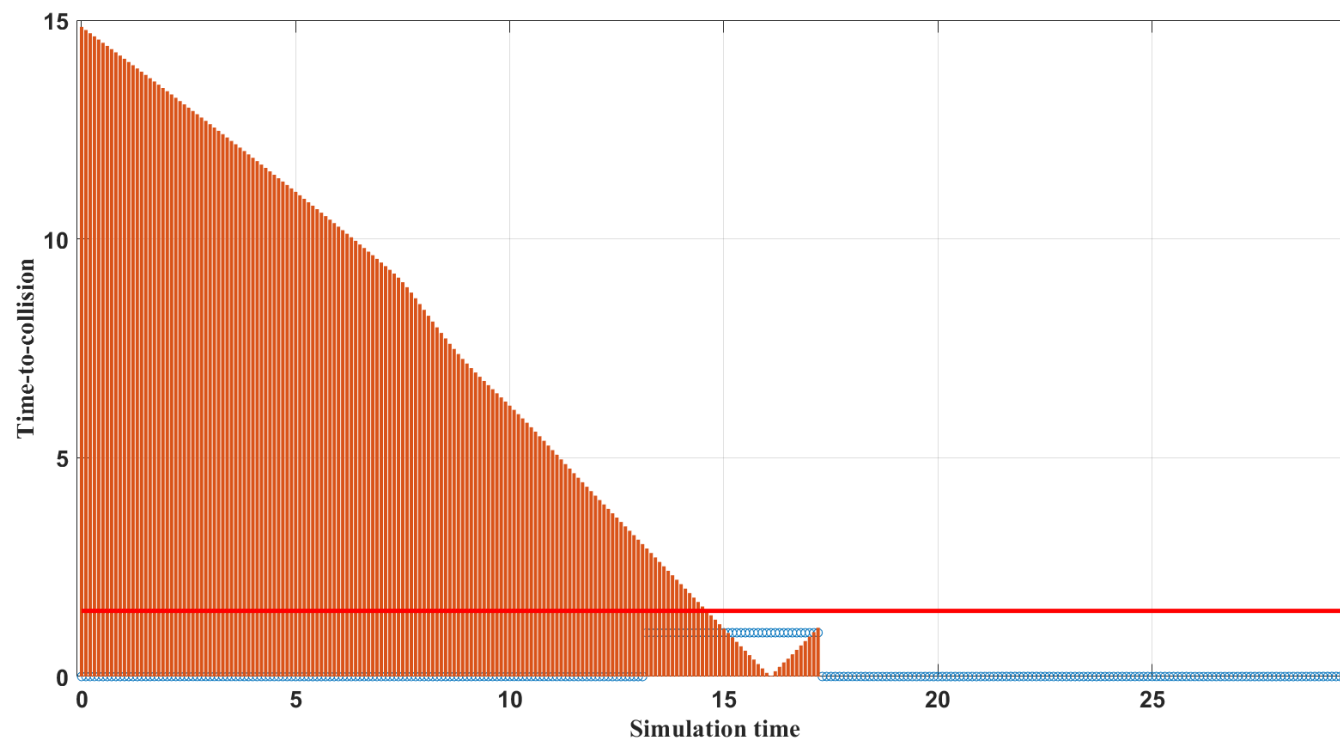
PC5 generation instrument



GNSS generation instrument

试验结果

ID	Test Item	Results
1	ICW_001_Direction=Left_Angle=90_ExitCondition=60	Pass
2	ICW_002_Direction=Left_Angle=90_ExitCondition=50	Pass
3	ICW_003_Direction=Right_Angle=90_ExitCondition=60	Pass
4	ICW_004_Direction=Right_Angle=90_ExitCondition=50	Pass



在HIL测试中，GNSS仪器给仿真结果带来了一定的噪声，发出警告和碰撞的时间间隔在2-3s左右，大于1.5s。

要点总结

- C-V2X通信可以克服自动驾驶车辆单车传感器有限的能见范围，特别是在城市十字路口存在被遮挡的情况下。
- 我们介绍了一个使用RoadRunner来开发和验证利用V2X通信进行车辆交叉路口碰撞预警的仿真场景。
- 使用了Simulink试验台模型与RoadRunner场景联合仿真。
- SIL & HIL测试在验证V2X系统性能方面发挥着重要作用。RoadRunner提供了一个有用的工具，可以从高清地图自动生成MAP和SPaT消息，从而大幅提升了SIL测试的效率。安装了RoadRunner SIL测试环境的工控机连接上与测试仪表后，可以实现自动化的HIL测试。

2024 MathWorks 中国汽车年会

Thank you

