



引文格式:张焱杰,黄炜,刘信陶,等.自动驾驶高精地图信息交互方法[J].武汉大学学报(信息科学版),2024,49(4):662-671.

DOI:10.13203/j.whugis20230166

Citation:ZHANG Yanjie, HUANG Wei, LIU Xintao, et al. An Approach for High Definition Map Information Interaction for Autonomous Driving[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2024, 49(4): 662-671. DOI: 10.13203/j. whugis20230166

自动驾驶高精地图信息交互方法

张焱杰¹ 黄炜^{1,2,3} 刘信陶⁴ 张丰源⁴ 吴杭彬^{1,2}
应申⁵ 刘春^{1,2}

1 同济大学城市交通研究院,上海,200092

2 同济大学测绘与地理信息学院,上海,200092

3 多伦多都会大学土木工程系,加拿大 多伦多,M5B2K3

4 香港理工大学土地测量与地理信息学系,香港 九龙,999077

5 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

摘要:高精地图在自动驾驶应用落地的进程中发挥着重要作用,目前大多数研究着眼于高精地图中道路几何结构的高精度表征和道路静态信息的更新。然而,对路网交通中存在的大量且具有时效性的动态信息的相关研究尚有欠缺。从动态信息的内容、数据结构、信息交互3个方面展开,研究高精地图动态信息。对国内外在高精地图数据组织结构和数据标准方面的工作进行整理和分析,提出了一套完整的高精地图动态信息所需涵盖的内容。将自动驾驶车辆车端和高精地图信息系统云端作为信息交互的两大主体,提出在车端、云端不同的组合模式下信息交互的方法,实现高精地图动态信息内容交互。提出的信息交互方法在局部的自动驾驶车辆与高精地图信息系统之间的交互过程中,逐步聚合到最终能够打通全域的高精地图信息数据流,实现高精地图动态信息数据的汇聚和整合,更好地服务和助力自动驾驶汽车在复杂道路环境下的导航决策能力。

关键词:高精地图;自动驾驶;动态信息;信息交互

中图分类号:P208

文献标识码:A

收稿日期:2023-05-05

DOI:10.13203/j.whugis20230166

文章编号:1671-8860(2024)04-0662-10

An Approach for High Definition Map Information Interaction for Autonomous Driving

ZHANG Yanjie¹ HUANG Wei^{1,2,3} LIU Xintao⁴ ZHANG Fengyuan⁴ WU Hangbin^{1,2}
YING Shen⁵ LIU Chun^{1,2}

1 Urban Mobility Institute, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 College of Surveying and Geo-Informatics, Tongji University, Shanghai 200092, China

3 Department of Civil Engineering, Toronto Metropolitan University, Toronto M5B2K3, Canada

4 Department of Land Surveying and Geo-Informatics, Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong 999077, China

5 School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: Objectives: High definition (HD) map plays an important role in autonomous driving. Most existing research focuses on high-resolution mapping in terms of road geometries as well as the updating of static road information in HD map. However, there is still a lack of research on dynamic information involved in road traffic networks. We focus on enriching the content of HD map in terms of the dynamic information including the dynamic information, it's meta data structure and information interaction. **Methods:** We propose a comprehensive set of content that HD map need to cover for the dynamic information based on existing work on HD map data organization and data standards. Based on this, combined with cloud

基金项目:国家重点研发计划(2021YFB2501101);同济大学学科交叉联合攻关项目(2022-5-YB-09)。

第一作者:张焱杰,硕士生,研究方向为地理信息科学与城市交通大数据分析。yj2021@tongji.edu.cn

通讯作者:黄炜,教授。wei_huang@tongji.edu.cn

ends of HD map systems and vehicle ends of autonomous driving vehicles as two information interaction terminals, a method for information interaction between cloud ends and vehicle ends under different combination modes (vehicle-cloud, vehicle-vehicle, and cloud-vehicle modes) used in HD map information system is proposed to facilitate a timely capture of dynamic information in road environments. **Results:** (1) The vehicle-cloud information interaction mode is suitable for self-driving cars. The vehicle collects vehicle dynamic information in real time and uploads it to the cloud of the HD map information system after preprocessing, so as to realize the sharing of perception information of different vehicles in the road environment on the cloud. (2) The vehicle-to-vehicle information interaction mode is used between different self-driving cars. This mode is mainly aimed at obtaining partially vehicle dynamic information directly through vehicle-to-vehicle interaction during driving. (3) The cloud-vehicle information interaction mode is suitable for vehicles connected to the HD map information system platform. The cloud stores dynamic information, and the vehicle requests the demanding information according to its own needs. Therefore, The HD map information system continuously performs information interaction in three interaction modes, and updates information simultaneously, maintaining the freshness of dynamic information and enhancing the robustness of HD map. **Conclusions:** However, due to the complexity and variability of the road environment, the content of dynamic information interaction we propose can only cover what happens during vehicle driving to a certain extent. For the road information that appears with a small probability, we do not conduct in-depth research, which is also the direction we need to discuss and study in the future.

Key words: high definition map; self-driving; dynamic information; information interaction

2010年,由梅赛德斯-奔驰组织的 Bertha Drive 项目中,“高精地图”这一概念被提出^[1]。2013年的项目成果中,由 Ziegler 等人研发的高精度三维地图搭载到一辆奔驰 S500 汽车上,在全程无人操控下完成了 103 km 的驾驶任务^[2]。相比于传统的数字地图,该成果中的三维地图集成了用于车辆定位和感知的新功能。在此基础上,HERE Technologies (Here) 制图公司之后推出了可以实时更新的“高精实时地图”,现在更广泛地被称作高精地图。它不仅是导航地图,同时是一个强大的“传感器”,可以提供道路环境的详细信息,以支持车辆在地图上定位后的感知^[3]。此外,它也是数字基础设施的一部分,不仅用于自动驾驶领域,还可适用于城市规划、城市安全、智能城市等领域的相关应用^[4]。

高精地图作为自动驾驶系统对周围环境先验知识获取的主要信息源之一,其发展制约着自动驾驶所能达到的智能化程度。不同于传统电子导航地图,高精地图具有高精、动态、自适应等特点^[5-6]。由于高精地图定位精度可达到厘米级^[7],因此机器能够获得当前场景中非常准确的目标物体信息,从而做出更加高效的驾驶决策。同时,高精地图内容所具备的动态信息,即高度动态的道路信息以刻画真实的周边环境,为自动驾驶应对各种周围环境突发情况提供了有效的数据保障^[8]。总而言之,面向自动驾驶的高精地

图是一种具有高精度、高鲜度、高丰度的地图信息系统。它为高级别自动驾驶车辆提供了信息交互的平台,能够为自动导航和自主决策提供实时且高效的先验知识信息。高精地图中存储的静态道路信息可以在传统导航电子地图基础上,通过利用先进的感知设备提升数据精度和丰度,来满足自动驾驶的高精地图基本要求。然而,针对高精地图中存储的动态信息,不仅需要满足地图对其数据精度高保真的要求,还要对丰富多元的动态信息进行系统化的定义和归类,以使其在高精地图信息系统中的多个端口之间进行信息交互的过程中方便且高效。

在高精地图数据组织模型方面,当前已有大量的研究基础可供参考。高精地图不仅需要提供高精度道路几何数据(例如车道线位置、长度,车道宽度等^[9]),还需提供丰富的属性数据(语义数据,例如当前道路管制信息和车道通行权信息等^[10]),整体上可分为静态数据和动态数据。此外,还有用户层面的多样化数据(例如特定条件下用户对数据、界面、控制、感知、预测的所有操作记录^[5])。为有效地管理这些数据,标准化地图要素分层尤为重要。每一图层涵盖一类道路环境要素,所有图层叠加构成完整的高精地图^[11]。此方面的相关工作最早可以追溯到 2010 年,欧洲的协作式智能交通系统(cooperative intelligent transport system, C-ITS)项目 SAFESPOT 中提

出局部动态地图框架,首次定义了高精地图的4层结构模型^[12-13]。第一层是静态数据层,包含道路拓扑的地图数据;第二层是准静态数据层,包含交通标志、建筑、路边基础设施等信息;第三层是半动态数据层,包含交通拥堵信息和信号相位信息;第四层是动态数据层,包含行人和车辆的位置信息^[14]。

国外的Here作为一家地图供应商,在高精地图的研究开发方面起步也比较早。它的前身是美国地图公司NAVTEQ,该公司于2008年被诺基亚收购,并纳入自己的Here地图部门。Here的自动驾驶地图是传统导航地图的延伸,精度达到亚米级,信息量更大。道路基础信息(即车道线、道路中心线等)、特征对象(即交通灯、标志牌等)和动态信息(即实时交通状况、天气等)分别构成不同图层,根据实际需求进行个性化叠加^[15]。其中,HERE HD Live Map旨在为自动驾驶系统提供非常准确和最近更新的信息。它具有3个不同的地图层:道路模型层、高精车道模型层、高精度定位层。道路模型层包含全球范围内的高级辅助驾驶系统(advanced driver assistance system, ADAS)地图内容,提供超越车载传感器可感知范围外的道路环境信息。它以Here导航地图为基础,包含道路拓扑结构、ADAS属性和嵌入式语义数据。高精车道模型层提供精确的车道级信息,它提供高清晰度的车道拓扑结构和几何形状,以协助自动驾驶车辆。高精度定位层包含精确的道路设施信息,如标志和电线杆。车辆通过利用丰富精确的位置信息进行路径规划和实现其他决策功能^[16]。

此外,国内导航地图公司也相继开发了高精地图。例如,百度高精地图按照功能划分为4个图层^[5]。静态图层保存了道路的三维建模信息,通常是道路的测绘数据。定位图层是通过原始的点云地图提取出一些特征信息,如电线杆、建筑物、交通标志等,用来做点云匹配定位。语义图层提供道路的结构化信息,这部分信息定义了车道线、交通标志、交通规则信息等。动态图层实时动态进行信息更新,如当前路况、实时交通规则、前方车祸等。

除了工业界(地图供应商和互联网公司)对高精地图相关技术的贡献外,相关学者也对高精地图模型展开了研究。文献[17]提出了一个7层地图模型,简称清华自动驾驶地图模型^[17]。第一层:道路级路网层,主要包含传统的静态电子地

图数据,用于道路级路径规划,提供道路级的全局导航信息^[18]。第二层:交通信息层,主要包含道路级交通数据,用于动态道路级路径规划。第三层:道路-车道连接层,包含每个车道的详细信息,用于车道级路径规划。第四层:车道级路网层,包含高精度的车道级几何信息、车道级交通规则、道路标志等车道相关信息,用于车道级导航。第五层:地图特征信息层,包含高精度的特征数据,用于辅助自动驾驶车辆的环境感知。第六层:动态感知容器层,包含网联车辆或基础设施共享的障碍物动态信息,用于局部动态轨迹规划。第七层:智能决策支持层,包含驾驶员的驾驶决策行为的大量分析和学习数据,用于自动驾驶决策过程。另外,文献[19]提出了智能高精地图的数据逻辑组织模型,该模型由4层构成。静态地图层作为地图的核心部分,侧重于准确描绘静态驾驶环境,并提供丰富的道路语义信息来约束和控制车辆行为^[20]。实时数据层包含更新频率较高的实时路况信息,根据数据类型差异可大致分为交通限制信息、交通流量信息及服务区信息。动态数据层包含车辆、行人和交通信号灯等高度动态信息,更新频率快。用户模型层考虑将驾驶记录数据集和驾驶经验数据集纳入高精地图,主要是帮助车辆在特定约束条件下实现最佳驾驶策略。

综上所述,从目前高精地图模型相关研究可以看出,高精地图的主要构成包括静态地图信息和动态地图信息。本文在高精地图主流模型的基础上聚焦动态地图信息,研究设计较为系统的高精地图动态信息内容,为车云端口之间进行信息交互提供基础,助力自动驾驶车辆高效出行。

1 高精地图信息系统框架

通过对比现有不同种类的高精地图模型,从宏观角度可以得出高精地图模型主要由静态信息地图和动态信息地图两大部分构成。高精地图的静态信息地图通常是在传统导航电子地图基础上,对其上的数据从信息内容和数据精度两方面进行延伸。主要包含详细的道路信息、车道信息和路侧交通设施信息等。信息的数据精度要求达到厘米级。在真实的道路交通环境下,动态信息地图是对静态信息地图内容的补充,包含了丰富且具备时效性特征的道路交通信息,是交通环境中实时动态信息的数据平台。因此,由静态信息地图和动态信息地图组合而成的高精地

图,是本文提出的高精地图信息系统模型的基础,如图 1 所示。

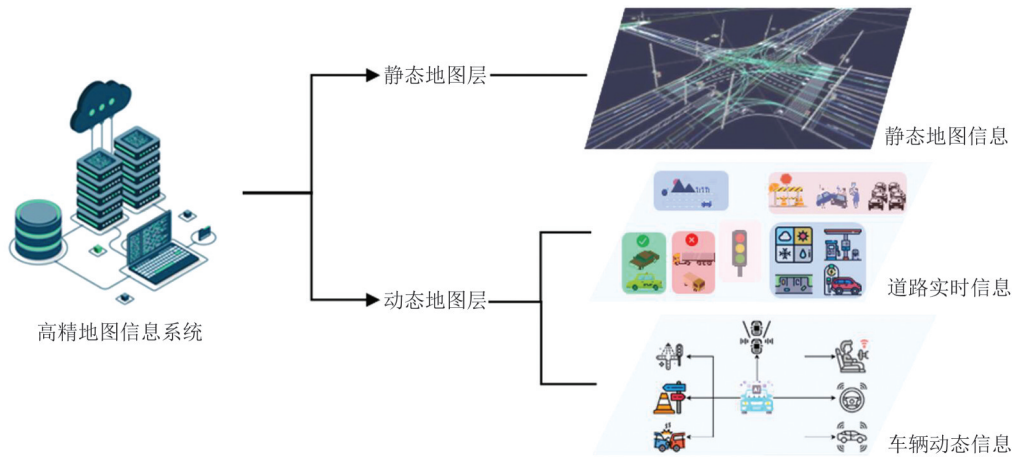


图 1 高精地图信息系统模型

Fig. 1 High Definition Map Information System Model

高精地图信息系统中,静态地图信息是在传统导航电子地图基础上,对道路网络进行更加精细化的数据表达,内容要素更加丰富,精度更高,以满足高级别自动驾驶导航决策的需求。动态信息系统层方面,是以自动驾驶汽车实际在路网中运行行为前提,在车辆行驶中所有可能影响车辆正常行驶的道路交通因素,都应将纳入动态信息系统的数据库中。

本文聚焦自动驾驶车辆和传统汽车混合出行的交通环境,提出由 4 类主体组成的道路交通环境模型:(1)高级别自动驾驶车辆,具备环境感知和信息处理能力,可与高精地图信息系统以及其他具备相同能力的车辆通信;(2)不具备自动

驾驶能力的传统车辆,有车载传感器可以感知车环境,但是不具备通信能力;(3)交通管理者,道路网络中的上层管理中心,发布道路的最新规定;(4)道路的其他使用者非机动车、行人等。

在此道路交通环境基础上,对高精地图信息系统中的动态信息地图层进行进一步细分,如图 2 所示,从道路环境角度和自动驾驶车辆角度出发,研究提出动态信息地图由道路实时信息层和车辆动态信息层构成。为了能够对道路环境中动态信息的精准表达,在涉及到信息交互的具体内容时,会考虑将部分本身属于静态信息地图的道路数据也一并归类到动态信息中来。



图 2 动态信息

Fig. 2 Dynamic Information

在高精地图信息系统的基础上,数据的交互主要发生在高精地图系统云端和道路环境中运行的自动驾驶车辆的车端。如图 3 所示,信息交互可以分成 3 类情况:(1)高精地图信息系统云端(简称云端)向自动驾驶车辆端(简称车端)进行信息交互。自动驾驶车辆在行驶过程中,能够结

合高精地图给出的建议提前进行规划,可以主动向高精地图云端请求道路信息数据。同样地,如果出现影响车辆按既定路线顺利行驶的突发情况,云端也能够实时播发特定信息给对应目标车辆,保障车辆及时收到信息并做出决策和规划。(2)车端与车端之间信息交互。每辆自动驾驶车

辆运行中,可以利用自车配备的一系列先进的传感器对车身周围环境进行实时感知,在车载计算平台中将信息按照规定好的格式处理后,与行驶在同一条道路中的其他自动驾驶车辆之间进行信息交互。(3)车端向云端进行数据交互。车端在感知到自车周围环境变化后,及时与云端进行通

信。云端根据每辆车所感知到的信息进行融合分析,最终将有效的动态信息更新至全域高精地图。3种模式之间随着时间系统性的发展,实现动态信息流在系统上实时流动,从而助力自动驾驶车辆在复杂多变的道路交通环境下安全高效的运行。

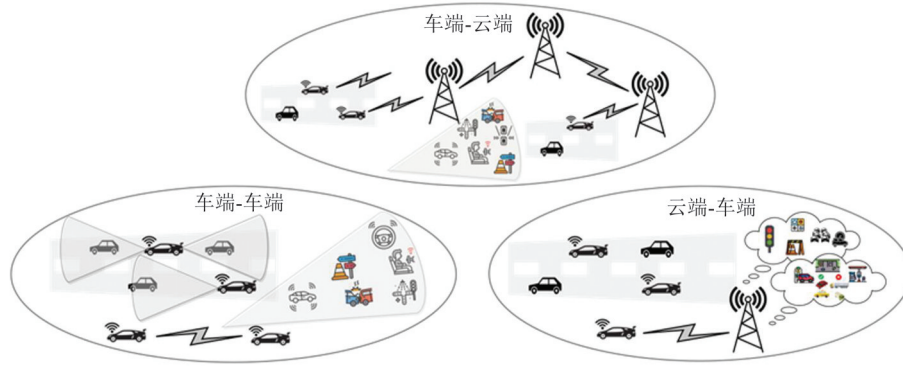


图3 3种信息交互模式

Fig. 3 Three Modes of Information Interaction

2 动态信息

高精地图中的动态信息包含道路环境和车辆行驶环境中丰富的且具备时效性特征的信息。从交通路网角度出发,需要考虑对实时发生变化的交通情况,以及影响到车辆出行的交通法律法规进行信息收集。然后,经标准化处理后存储到高精地图信息系统的道路实时信息层,以用来对全周期道路环境信息进行表达、存储和更新。从自动驾驶车辆行驶过程的角度出发,车辆周围的交通环境和道路环境随时都可能发生变化。在环境发生变化时,及时将这类信息进行采集和交互,经标准化处理后存储到高精地图信息系统车辆动态信息层,用来对车端感知到的自身车辆和周围环境实时变化进行信息表达、存储和更新。

2.1 道路实时信息层

道路实时信息层包含更新频率较高的交通路况信息。这些变化的信息在一定程度上会影响自动驾驶车辆的驾驶决策和规划。结合交通出行特征和道路结构特点,本文将道路实时信息分成如下9类:道路信息、车道信息、交通信号灯信息、交通流信息、事件信息、路面信息、天气信息、交通管制信息以及一些在数据结构表达上高度重合的可扩展信息(见表1)。这些信息可从多种渠道接入,包括道路传感器网络、交通管理部门、气象局、车载传感器等相关的智能网联设备^[8,21]。数据接入到系统后,通过不同信息获取平台以及与自动驾驶车辆交互得到的感知信息进行交叉检查和数据融合,以期实现对道路实时信息的更新。

表1 道路实时信息分类

Tab. 1 Road Real-Time Information Classification

| 数据种类 | 描述 |
|---------|-------------------------------------|
| 道路信息 | 道路名称(唯一身份标识)及几何结构信息 |
| 车道信息 | 车道名称、几何结构、车道路权信息 |
| 交通信号灯信息 | 映射到具体车道上的信号灯相位信息 |
| 交通流信息 | 交通路网中交通状态、流量密度速度等数据指标的描述 |
| 事件信息 | 影响道路、车道正常情况下通行的相关事件信息 |
| 路面信息 | 路面车道上出现的影响车辆行驶的障碍物信息 |
| 天气信息 | 影响道路出行的极端天气预测信息 |
| 交通管制信息 | 出于交通政策需要,对道路临时做出管制性举措的信息 |
| 可扩展信息 | 对热点兴趣点(POI),如停车场、充电桩、加油站等个性化场所的定制信息 |

2.2 车辆动态信息

车辆动态信息主要是面向自动驾驶车辆在行驶过程中,通过自车携带的激光雷达、毫米波雷达、移动惯性测量单元、相机等各种先进传感器,实时感知行驶环境当中的动态目标信息。车辆在传感器采集到的初始信息经车载计算单元处理后,与高精地图信息系统云端进行信息交

互。这一过程能够实现高精地图对局部路况环境的监测和动态更新,帮助其他车辆及时获取相关道路的先验信息。车辆动态信息的内容主要以自动驾驶车辆感知到的自车信息和路况环境信息为主,包含了自车状态信息、路面物体信息、临时交通标志牌信息、突发事件信息、临时物体信息 5 大类信息,如表 2 所示。

表 2 车辆动态信息分类

Tab. 2 Vehicle Dynamic Information Classification

| 信息种类 | 描述 |
|-----------|---------------------------------|
| 自车状态信息 | 车辆本身的速度、尺寸、车型方面的不涉及隐私的信息 |
| 路面物体信息 | 具体到路面材质,以及覆盖到路表面的障碍物信息 |
| 临时交通标志牌信息 | 交通调度的临时需要,临时交通标志牌代替正常情况下的出行法规信息 |
| 突发事件信息 | 道路中突发的机动车交通事故信息 |
| 临时物体信息 | 出于道路出行安全的考虑,临时放置到道路或车道上的未知物体信息 |

3 信息交互模式

3.1 车端-云端信息交互

在车辆与高精地图信息系统云端信息交互模式下,信息交互的对象是:与高精地图平台建立联系的自动驾驶车辆车端、高精地图信息系统云端。

自动驾驶车辆作为信息的发送方,通过自身搭载的探测设备,如激光雷达、摄像头、毫米波雷达、惯性测量单元等其他先进传感器,对车辆周围的环境进行实时感知。车辆计算单元将数据按照预先定义好的数据格式处理后发送给云端,以供高精地图进行相关道路数据的更新。信息交互如图 4 所示。

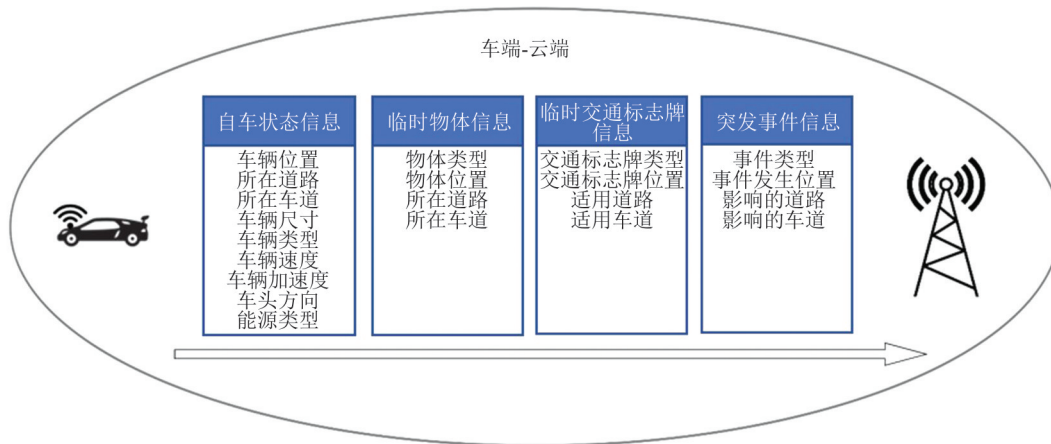


图 4 车云信息交互

Fig. 4 Vehicle-Cloud Information Interaction

这一过程中,车辆向云端上传的数据主要有自车状态信息、临时物体信息、突发事件信息和临时交通标志牌信息。车端与云端之间具备无线通信能力,每次只有车端和云端两个实体间通信。信息发送端(车端)和信息接收端(云端)是唯一确定的,因此车端可以通过单播^[22]的方式实时发送信息,以使高精地图信息系统能够及时对相应局域路况进行更新。最终为接入高精地图系统的用户提供实时准确的道路先验信息服务,

提升出行效率和出行安全。车端向云端上传的信息内容如表 3 所示。

3.2 车端-车端信息交互

在车端与车端信息交互模式下,信息交互的对象是接入高精地图信息系统中的车辆,对于没有接入系统中的车辆不考虑信息交互。车与车之间的信息交互主要是在不同车辆行驶过程中,自车状态数据的实时共享和感知到的道路环境中出现的突发情况。对这些信息进行及时通

表3 车端-云端交互信息总表
Tab.3 Vehicle-Cloud Interactive Information

| 交互类型 | 交互信息内容 | 说明 | 交互类型 | 交互信息内容 | 说明 |
|--------|---------------|----------------|-----------|----------------|---------------------|
| 自车状态信息 | 车辆位置 | 车辆自身定位后的位置 | 临时物体信息 | 物体位置 | 物体在道路参考线坐标系下的位置 |
| | 所在道路、车道 | 车辆所在道路和车道 | | 所在道路、车道 | 物体所在道路或车道 |
| | 车辆尺寸 | 车辆的最大长度、宽度、高度 | 突发事件信息 | 事件类型 | 由机动车引发的事故类型 |
| | 车辆类型 | 车型的类别 | | 事件发生位置 | 事故发生地点的绝对位置或相对位置 |
| | 车辆速度、加速度 | 当前车辆速度和加速度情况 | | 影响的道路、车道 | 由事故引起的道路或车道无法通行情况 |
| | 车头方向 | 与车道默认行驶方向相同或相反 | 临时交通标志牌信息 | 交通标志牌类型 | 道路交通安全需要,临时放置的交通标志牌 |
| | 能源类型 | 车辆所使用的动力源 | | 交通标志牌位置 | 标志牌在道路参考线坐标系下的位置 |
| 物体类型 | 由人类放置在路上的临时物体 | | 适用道路、车道 | 交通标志牌起作用的道路或车道 | |

信,提前获取道路先验信息并调整规划行驶的路线,顺利完成出行,信息交互如图5所示。此模式下,信息的发送端是某车端,信息的接收端是多个不同的车端。因此,源信息经车载计算单元按

统一标准格式处理后,在车端之间可以通过组播^[23]的方式进行交互。车与车之间可以请求的数据内容有:自车状态信息、路面物体信息和突发事件信息,见表4。

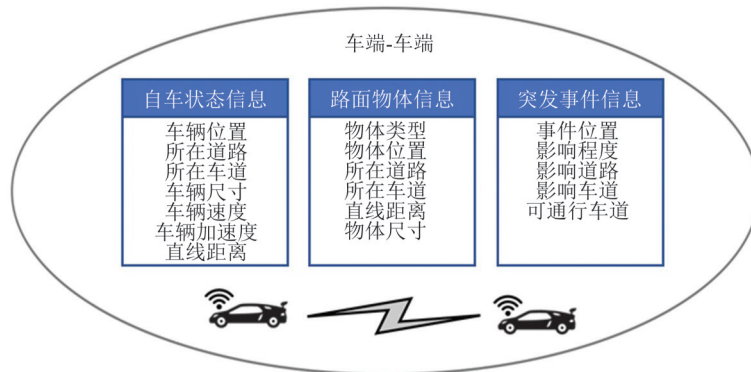


图5 车车信息交互

Fig5 Vehicle-Vehicle Information Interaction

3.3 云端-车端信息交互

在高精地图信息系统云端与自动驾驶车辆车端信息交互模式中,云端作为全局信息的拥有者,可以按需给不同的车辆进行针对性的信息服务,见图6。同时车端也可以直接向云端提出请求,车辆可以发出对指定道路信息、车道信息、交通信号灯信息、交通流信息、事件信息、路面信息、天气信息、交通管制信息、可扩展信息以及其他车辆状态信息这10大类信息的数据请求(见表5)。云端将数据根据定义好的格式处理后,通过无线通信系统,将数据实时打包发送到有需求的车辆终端。此过程中的信息发送者是云端,信息接收者是不同的车端,考虑信息的隐私性和安全性,通信方式上采用单播与组播相结

合。云端向车端交互信息时,两种通信方式协同配合,车端及时接收到云端发来的信息,以此来辅助车辆进行路线规划和决策,从而提高车辆出行效率,保证旅程的舒适和安全。

3.4 讨论

以高精地图作为一个综合的信息系统为出发点展开研究,重点关注了高精地图中涉及道路环境中动态信息层面的内容。从道路角度和车辆角度出发,将动态信息分成两大类:道路实时信息和车辆动态信息。通过整理相关文献和研究,设计出一套针对高精地图动态信息层面所需涵盖的系统性内容。进一步对动态信息在高精地图信息系统平台上的不同主体间信息交互开展研究,提出了3类信息交互的模式:(1)车云信

表 4 车-车交互信息总表

Tab. 4 Vehicle-Vehicle Interactive Information

| 交互类型 | 交互信息内容 | 说明 |
|--------|----------|--------------------|
| 自车状态信息 | 车辆位置 | 车辆的绝对位置和相对位置 |
| | 所在道路、车道 | 车辆所在的道路、车道标识符 |
| | 车辆尺寸 | 车辆的最大长度、宽度、高度 |
| | 车辆速度、加速度 | 当前车辆的速度和加速度 |
| | 直线距离 | 两交互车辆之间的距离 |
| 路面物体信息 | 物体类型 | 未知的动态物体或静态物体 |
| | 物体位置 | 物体在道路参考线坐标系下的位置 |
| | 所在道路、车道 | 物体所在的道路或车道 |
| | 直线距离 | 物体与当前感知车辆的直线距离 |
| 突发事件信息 | 物体尺寸 | 物体的最大长度、宽度、高度 |
| | 事件位置 | 影响道路通行事件的绝对位置或相对位置 |
| | 影响程度 | 该事件对通行的影响程度 |
| | 影响道路、车道 | 影响到的道路或车道 |
| | 可通行车道 | 在事件影响下,部分车道仍然可以通行 |

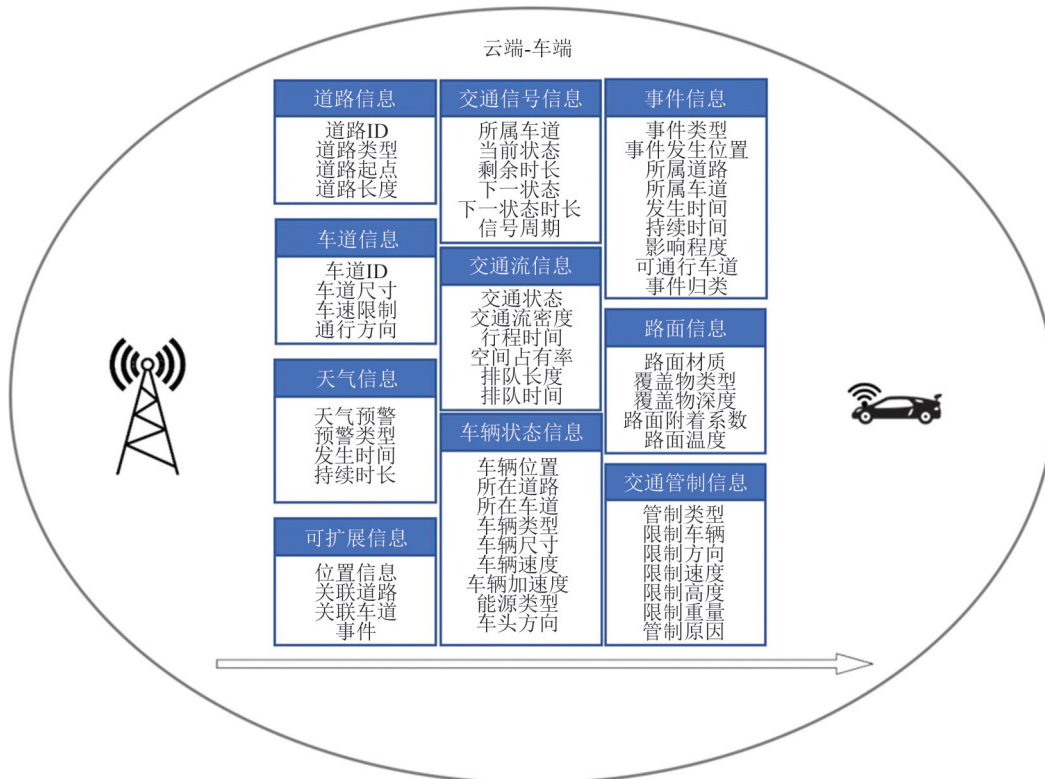


图 6 云车信息交互

Fig6 Cloud-Vehicle Information Interaction

息交互。该模式适用于配备了先进传感器且在车端具备计算和通信能力的智能汽车。车辆实时采集自车能力范围内的车辆动态信息内容,随后在车载计算中心处理完毕数据后上传至高精地图信息系统云端。在此模式下,高精地图信息系统可以获取不同道路环境下的动态信息,进而打通由局部信息到全局信息的通道,更好地帮助相关车辆进行全局路线规划。(2)车车信息交互。

该模式同样适用于上文提到的智能汽车,交互范围限定在行驶在同一条道路上的不同车辆间。考虑到实际信息交互的必要性,此模式下只需交互部分车辆动态信息,以此实现更加高效的信息交互过程。该模式主要针对车辆在行驶过程中,对一些突然出现的消息,直接通过车车交互进行信息获取,相关车辆可以及时调整新驾驶决策。(3)云车信息交互。适用于接入高精地图信息系

表5 云-车交互信息总表
Tab.5 Cloud-Vehicle Interactive Information

| 交互类型 | 交互信息内容 | 说明 | 交互类型 | 交互信息内容 | 说明 |
|---------|----------------|-----------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| 道路信息 | 道路ID | 每条道路定义好的唯一标识符 | 可通行车道 | 事件归类 | 不受当前事件影响的车道 |
| | 道路类型 | 道路使用类型 | | | 事件的定性 |
| | 道路起点 | 定义好的道路起始点绝对位置 | 路面信息 | 路面材质 | 路表面材料 |
| | 道路长度 | 道路实际长度 | | 覆盖物类型、深度 | 覆盖道路表面的物质种类、覆盖物深度 |
| 车道信息 | 车道ID | 每条车道定义好的唯一标识符 | 路面附着系数 | 路表面的摩擦系数 | |
| | 车道尺寸 | 车道的长度、宽度、坡度 | 路面温度 | 路表面当前的温度 | |
| | 车速限制 | 默认高速或低速限制规定 | 天气信息 | 天气预警 | 道路极端天气预警 |
| | 通行方向 | 在交叉口车道通行方向规定 | | 预警类型 | 发生极端天气的类型 |
| 交通信号灯信息 | 所属车道 | 交通信号灯所控制的车道 | 发生时间、持续时长 | 预计极端天气发生时间及持续时间 | |
| | 当前状态 | 交叉口处,当前车道通行权情况 | 交通管制信息 | 管制类型 | 道路交通管制的类型 |
| | 剩余时长 | 当前状态的剩余时长 | | 限制车辆 | 限制通行的车辆种类 |
| | 下一状态 | 下一状态车道的通行权情况 | | 限制方向 | 限制通行的行车方向 |
| | 下一状态时长 | 下一状态持续时长 | | 限制速度、高度、重量 | 限制行车速度、车辆高度、车辆重量 |
| | 信号周期 | 信号灯周期(动态) | | 管制原因 | 道路管制的原因 |
| 交通流信息 | 交通状态 | 交通拥堵情况 | | 可扩展信息 | 绝对位置 |
| | 交通流量、密度、速度 | 道路或车道当前的流量、密度、速度 | 关联道路、车道 | | 与可扩展信息相关联的道路、车道 |
| | 行程时间 | 正常通过道路或车道所需时长 | 事件 | | 停车位、充电桩、加油站等可扩展信息的定制化信息接口 |
| | 空间占有率 | 当前道路、车道的空间占有率 | 车辆位置 | 车辆位置 | 目标车辆的绝对位置和相对位置 |
| | 排队长度 | 道路、车道拥堵排队长度 | | 所在道路、车道 | 目标车辆所在道路和车道 |
| 事件信息 | 排队时间 | 道路、车道拥堵排队时长 | 车辆状态信息 | 车辆类型 | 车辆所属类别 |
| | 事件类型 | 事件是偶发性事件或常发性事件 | | 车辆尺寸 | 车辆的长度、宽度、高度 |
| | 事件发生位置 | 事件发生所在点的绝对位置和相对位置 | | 车辆速度、加速度 | 目标车辆的速度、加速度 |
| | 所属道路、车道 | 事件发生点所属道路和车道 | | 能源类型 | 目标车辆所使用的能源种类 |
| | 发生时间、持续时间、影响程度 | 事件发生时间、预计持续时长、事件对道路和车道造成的影响 | | 车头方向 | 目标车辆的行车方向 |

统平台的车辆。高精地图云端拥有局部道路和全局道路的实时信息和车辆动态信息,车辆根据自身需求请求获取所需信息,以此来规划出最佳行驶方案。高精地图信息系统在3种信息交互模式下不断交互信息和更新信息,保证动态信息的鲜度,以此来增强高精地图的健壮性。

本文研究涉及的动态信息交互内容会随着人类社会的发展而发生变化,因此,在车云、车车、云车之间进行的信息交互模式中,需要结合未来道路环境的变化对该部分信息内容进行相应调整。特别地,其中本文设计的元数据基本内容格式可以保持不变。然而,本文的研究还存在

一些局限,对于如何保证信息安全的传输和避免相关信息涉及隐私的问题,在本文中是没有进行考虑的,信息安全问题也是接下来研究中要特别关注的内容。

4 结 语

本文从高精地图动态信息层面的内容出发,对道路环境下的动态信息进行了细致的归类,明确定义了高精地图信息系统中动态信息的具体内容,设计了一套针对动态信息的统一数据交换格式,提出了自动驾驶车辆车端与高精地图信息系统云端之间信息交互的方法。在该信息交互方法中,分别给出了车云、车车、云车交互情况下交互信息的详细内容。然而,由于道路行驶环境的错综复杂,对所提出的动态信息内容只是涵盖了尽可能多的道路交通中经常发生的情况,对于一些不常见或是当前阶段不可能出现的信息,本文暂时没有进行更加深入的研究。对本文所提出的信息交互方法进行评估测试,检验数据交互的内容是否赘余,也是未来研究的方向。

参 考 文 献

- [1] Herrtwich R. The Evolution of the HERE HD Live Map at Daimler [EB/OL]. (2018-02-27) [2022-11-12]. <https://goo.gl/5U9BmD>.
- [2] Ziegler J, Bender P, Schreiber M, et al. Making Bertha Drive: An Autonomous Journey on a Historic Route [J]. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 2014, 6(2): 8-20.
- [3] Edmap. Enhanced Digital Mapping Project Final Report [EB/OL]. (2004-11-19) [2022-11-01]. <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/3704>.
- [4] Dannehy M. 3D Maps: Beyond Automotive [EB/OL]. [2016-01-04]. <https://goo.gl/WpwiiX>.
- [5] Baidu. Apollo Open Platform Version 8.0 Documentation [EB/OL]. (2022-12-21) [2022-12-21]. https://apollo.baidu.com/community/Apollo-Homepage-Doc/Apollo_Doc_CN_8_0. (百度. Apollo 开放平台 8.0 版文档 [EB/OL]. (2022-12-21) [2022-12-21]. https://apollo.baidu.com/community/Apollo-Homepage-Doc/Apollo_Doc_CN_8_0)
- [6] Yin Tong, Huang He, Guo Chi, et al. Discussion on High-Definition Map Production Technology and Data Model Standardization for Autonomous Driving [J]. *China Standardization*, 2021(4): 33-37. (尹彤, 黄鹤, 郭迟, 等. 面向自动驾驶的高精地图生产技术及数据模型标准化探讨 [J]. 中国标准化, 2021(4): 33-37.)
- [7] Vardhan H. HD Maps: New Age Maps Powering Autonomous Vehicles [EB/OL]. (2017-09-22) [2023-03-15]. <https://www.geospatialworld.net/article/hd-maps-autonomous-vehicles/>.
- [8] Ying Shen, Jiang Yuewen, Gu Jiangyan, et al. High Definition Map Model for Autonomous Driving and Key Technologies [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2023, DOI: 10.13203/j.whugis20230227. (应申, 蒋跃文, 顾江岩, 等. 面向自动驾驶的高精地图模型及关键技术 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, DOI: 10.13203/j.whugis20230227.)
- [9] Zhan Jiao, Guo Chi, Lei Tingting, et al. Comparative Study on Data Standards of Autonomous Driving Map [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2021, 26(1): 36-48. (詹骄, 郭迟, 雷婷婷, 等. 自动驾驶地图的数据标准比较研究 [J]. 中国图象图形学报, 2021, 26(1): 36-48.)
- [10] Cai Zhongliang, Wang Mengqi, Li Bozhao, et al. Research on High-Definition Map Related Standards and Data Models [J]. *Journal of Geomatics*, 2023, 48(1): 30-34. (蔡忠亮, 王孟琪, 李伯钊, 等. 高精地图相关标准及数据模型的研究 [J]. 测绘地理信息, 2023, 48(1): 30-34.)
- [11] Evinchina. Detailed Explanation of High Definition Map: Definition, Composition, Role, Acquisition, Data, Production [EB/OL]. (2022-05-13) [2023-03-15]. <http://www.evinchina.com/newsshow-1663.html>. (华夏EV网. 高精地图的详细解读: 定义、组成、作用、采集、数据、制作 [EB/OL]. (2022-05-13) [2023-03-15]. <http://www.evinchina.com/newsshow-1663.html>.)
- [12] Vivo G. SF_D7. 3. 1_Annex2_LDM API and Usage Reference_v0.7. doc [EB/OL]. (2010-09-23) [2023-03-15]. http://www.safespot-eu.org/documents/SF_D7.3.1_Annex2_LDM_API_and_Usage_Reference_v0.7.pdf.
- [13] Andreone L, Brignolo R, Damiani S, et al. D8. 1. 1_Final Report-Public_v1.0doc [EB/OL]. (2010-07-31) [2023-03-16]. http://www.safespot-eu.org/documents/D8.1.1_Final_Report_-_Public_v1.0.pdf.
- [14] García M, Urbieto I, Nieto M, et al. ILDM: An Interoperable Graph-Based Local Dynamic Map [J]. *Vehicles*, 2022, 4(1): 42-59.