

C-V2X技术的城市道路场景应用分析

Analysis of Urban Road Application Scenarios for C-V2X Technology

文 韬,黄小光,杨 宇(中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Wen Tao,Huang Xiaoguang,Yang Yu(China Information Technology Design & Consulting Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China)

摘 要:

智能网联汽车基于车路协同系统,通过实现人端、车端、路端、云端的信息交互提升自动驾驶的安全性与高效性,是未来智慧交通的重要组成部分。但目前该领域的落地实施仍处于实践探索阶段。从实际车联网项目出发,探讨车路协同的系统方案,重点对当前城市道路最为常见的路口、连续道路、隧道和匝道等场景的交通问题进行分析,并给出相应的解决方案。

关键词:

智能网联汽车;车路协同;C-V2X

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.01.008

文章编号:1007-3043(2023)01-0037-05

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Based on vehicle-road collaboration system, intelligent networked vehicles are an important part of future intelligent transportation by realising human-vehicle-road-cloud information interaction and enhancing the safety and efficiency of autonomous driving. However, the implementation of this field is still at the stage of practical exploration. It discusses the system solution of vehicle-road collaboration from the perspective of practical telematics projects, focuses on the traffic problems of intersections, continuous roads, tunnels and ramps, which are the most common scenarios of urban roads, and gives corresponding solutions.

Keywords:

Intelligent connected vehicle; Vehicle-infrastructure cooperative; C-V2X

引用格式:文韬,黄小光,杨宇. C-V2X技术的城市道路场景应用分析[J]. 邮电设计技术,2023(1):37-41.

1 概述

智慧交通管理是构建智慧城市不可缺少的重要一环,而自动驾驶是智慧交通管理在未来城市交通中的核心应用。当前自动驾驶领域主要存在两大技术路线,分别是单车智能和车路协同。单车智能路线通过车内的感知设备和计算单元对路况进行分析从而做出驾驶决策,但在雨天夜间场景或是遇到多车辆遮挡的复杂情景时,单车智能的决策能力缺陷很大。此外,其单车优化路线也没有为智慧交通提供道路堵塞

控制的能力^[1]。相比而言,基于蜂窝车联网(Cellular-Vehicle to Everything, C-V2X)技术的车路协同路线可以进行车-车、车-云、车-路、车-人之间的通信,获取车况、路况等实时交通信息,从而辅助车辆做出决策,提升自动驾驶的安全性能。

近年来国内大力推动和扶持智能网联汽车行业的发展,随着2018年底工信部发布《车联网(智能网联汽车)产业发展行动计划》和2020年2月国家发改委牵头十一部委联合发布《智能汽车创新发展战略》,国内基于C-V2X的智能网联汽车行业已经踏入了高速发展的阶段。在当前对C-V2X技术的应用研究中,3GPP已提出基于LTE-V2X的27种应用场景以及基

收稿日期:2022-11-16

于5G-V2X的25种应用场景,国内的汽车标准委员会也定义了17种典型车联网业务标准。

目前国际和国内对基于C-V2X的智慧交通落地实施建设还处于探索的阶段,虽然已经有不少文章针对车路协同和智能交通方面进行研究,但在实际的应用建设中仍存在诸多需要研究探讨的问题。本文从实际车联网项目建设出发,提出人车路云的协同体系建设方案,重点对当前城市典型场景的应用以及路侧

设备部署进行分析和探讨。

2 系统方案架构

从满足规模化车联网基础设施建设需求出发,对基于C-V2X技术的人车路云一体的智能网联系统方案进行构建,方案架构主要分为5个部分,分别是设备层、网络层、数据层、平台层以及应用层(见图1)。

2.1 设备层

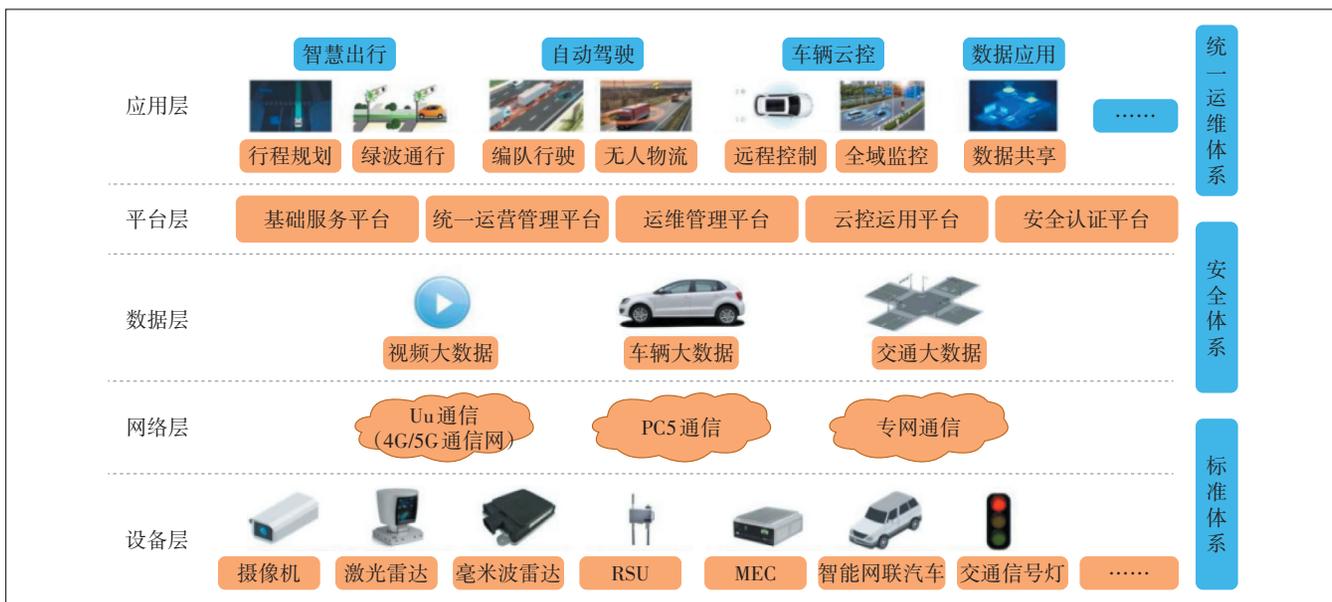


图1 车路协同系统方案架构图

设备层主要包括路侧感知设备、智能路侧单元(Road Side Unit, RSU)、边缘计算单元(Mobile Edge Computing, MEC)、车载单元(On Board Unit, OBU)、信号采集板、气象站等设备,实现对前端数据的采集和交通要素的全感知。

路侧感知设备主要由摄像机、毫米波雷达和激光雷达组成,单一传感器对于交通信息的采集各有特点也均有一定的缺陷。摄像机的高分辨率不受材质和形状的影响,可获取细节信息与进行事件检测;激光雷达响应快、测距精度高、聚焦性能好,可形成高精度的三维图像;毫米波雷达的感知能够穿透烟雾、灰尘,可全天候、全天时进行运作,但难以对道路标志和行人进行检测。因此路侧感知采用多传感器融合的方式,对道路上车辆和行人的位置、速度、角度、距离等信息进行获取,并通过冗余设计来达到各种传感器功能扬长避短的效果,从而提升智能网联车辆的安全性。

RSU是车路协同技术的关键,主要提供V2X通信

功能。通过4G/5G通信网络,将路侧设备采集到的道路状况、交通状况等信息传递至MEC或云平台进行处理,并将云平台下发或是路侧MEC处理得到的相关信息广播传递到车载终端。其管理功能和安全功能为V2X通信的信息交互安全提供相应的保障。

MEC将数据的处理计算和决策能力从云端迁移到网络的边缘侧,具备多传感器的融合处理能力以及智能交通系统的相关协议处理能力,实现对路侧感知信息的分布式、本地化处理,能够在本地部署更符合本地模式、更高吞吐量的车联网相关服务。通过在路侧边缘接收和解析摄像头、毫米波雷达、激光雷达、信号机采集板等设备的数据,对多维感知数据进行融合分析计算,将非结构化的感知信息处理为结构化数据传输,降低网络的传输压力,降低原始大规模数据对云端传输网络带宽和时延的高要求,进而为一定范围内的智联汽车提供低时延的辅助决策服务,提高信息交互的实时性和安全性。同时可将部分计算、决策、告警功能迁移到本地MEC,达到低时延的预警目的。

OBU是安装在车辆终端为了与RSU进行V2X通信的硬件单元;信号采集板在信号灯路口通过协议对接、替换信号机等方式,对路口信号机的时序和相位信息进行采集;气象站对道路天气信息进行获取。

2.2 网络层

网络层是由Uu通信、PC5通信和专网通信构成的一体化传输网络,满足4G/5G通信、C-V2X通信以及光纤专网通信的信息数据传输需求。横向实现前端采集数据与云端的上下行传输,纵向实现局部范围内车路以及车车之间的直连信息通信,满足数据信息交互的网络需求。根据不同的服务需求以及性能要求采用不同的网络传输技术,实现多模通信,从而为车路协同提供更加安全、可靠、有效的网络支撑。

2.3 数据层

数据层对前端路侧获取到的数据进行分析存储,这些数据可分为视频大数据、车辆大数据以及交通大数据。通过对数据的分析、分类存储,可支撑数据分类查询服务等平台功能,同时可在业务应用中满足不同客户的不同数据需求,提供针对性的数据共享服务。

2.4 平台层

车联网服务平台与RSU、OBU、MEC以及第三方接入数据进行协同配合,形成逻辑协同、物理分散、互联互通的车路协同服务系统。作为车路协同服务体系的一体化管控中心,云平台根据用户的具体需求进行功能开发,在保证设备接入管理、消息转发、安全管理等基础功能的同时,实现高精度静态/动态地图服务、高精度定位、运维管理、云控应用等服务,满足不同用户的业务需求。通过一体化服务平台,避免不同功能应用之间形成“数据孤岛”,从而为车路协同体系提供更稳定、高效、安全的平台支撑服务。

2.5 应用层

应用层是通过云平台各功能子模块之间的数据处理和功能交互能力共同支撑智能网联的顶层应用服务。通过不同的数据支撑以及平台构建,满足不同使用者的需求。在智慧出行应用方面,通过高精度地图定位、交通流量监控、交通信号灯信息监控、道路基础设施故障监控等功能对用户提供动态行程规划以及绿波通行引导,从而减少道路拥堵的状况,提升交通通行效率;同时提供智能停车等功能服务,降低用户的出行难度,保证出行的高效与安全。在自动驾驶应用方面,主要满足车辆编队行驶、固定路线的无人

驾驶物流配送等业务需求。在车辆云控应用方面,可提供车辆全域监控、车辆远程控制等服务,利用云端的全局视野来把控车辆的行驶、保障车辆的安全以及交通顺畅。在数据应用方面,通过平台的数据接口,为有相关数据需求的交通局、交警队等政府部门以及第三方车联网应用企业单位提供有信息安全保证的数据共享服务。

3 车路协同的城市道路应用

基于C-V2X车路协同技术的智能网联汽车在城市普通道路或是高速路中的场景应用根据道路的不同大致可以划分为4种,分别是路口、连续路段、隧道以及匝道。以下将对4种道路场景的路侧设备部署和应用进行分析阐述。

3.1 路口场景

3.1.1 路口场景道路问题分析

路口场景是车路协同在城市道路应用中最重要场景之一,行人、非机动车、小型车辆、大型车辆、公交车等交通参与者从不同方向到交叉路口进行交汇,容易产生大量的交通问题。在碰撞交通事故方面,当交通信号灯进行最后读秒时,部分行人和行驶车辆为了通过当前路口,容易忽略周边的交通状况,导致交通碰撞事故的发生。在信号灯信息方面,当行驶前方有大型车辆时,高度差的遮挡容易影响后方车辆驾驶员观察信号灯信息,从而导致追尾事件。此外,对信号灯时间估计不准确会导致驾驶员频繁加减速,产生额外的车辆能源损耗,也影响驾驶员的驾车体验。

3.1.2 路口场景解决方案

在前端感知的部署方面,通过在路侧部署监控路口对侧车头方向的感知设备组,实现对路口感知信息采集的全覆盖。在单向多车道的大型路口中,综合考虑实际采用感知设备的覆盖范围,若单组感知设备对单方向的路口不能完全覆盖,则部署多组感知设备。

对于在交通道路中可能产生的碰撞事件,碰撞预警流程如图2所示。利用部署在路口4个方向的感知设备对机动车、非机动车、行人等交通参与者进行信息采集。同时智能网联车辆将包括车辆标识ID的自身行驶信息,即基础安全消息(Basic Safety Message, BSM),传递给RSU,MEC对该路口的路况感知信息以及BSM信息进行融合计算后得到路侧安全消息(Road Safety Message, RSM),然后由路侧的RSU设备向周围的智能网联设备周期性广播RSM消息。当智能网联

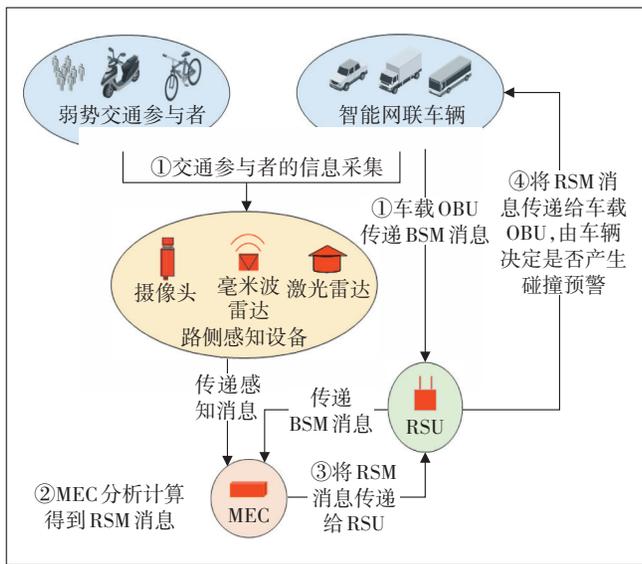


图2 碰撞预警流程图

车辆的车载OBU接收到RSU传递的RSM消息时,RSM消息中的标识ID字段与该OBU发送的BSM中的标识ID相同,且在当前时段该RSU中标识唯一。智能网联车辆可通过车辆标识ID来匹配RSM消息中车辆自身信息,并对RSM消息、自身所处的定位位置以及行驶的方向、速度等信息进行综合分析,从而判断是否生成碰撞预警消息并向驾驶员示警。

对信号灯信息的利用,如图3所示,可通过配置信号灯信息采集板、对接信号灯信号机等方式获取信号灯相位与时序消息(Signal Phase Timing Message, SPAT),然后利用RSU将其存储在本地地图(MAP)信息以及采集得到的SPAT信息向周围的智能网联设备进行周期性广播。当智能网联车辆的车载OBU接收到RSU传递的SPAT与MAP消息时,可直接在智能网联车辆中展示信号灯的倒计时读秒,解决前方大型车辆可能造成的遮挡信号灯信息的问题。同时智能网联车辆可将RSM消息、MAP消息与车辆自身的行驶信息进行综合分析,计算得到可以顺畅通行该路口的区间车速,从而引导车辆实现绿波通行,减少车辆频繁加速、刹车状况,提升车辆驾驶的舒适性与安全性。

3.2 连续路段

3.2.1 连续路段道路问题分析

连续路段是指不包含路口、匝道、隧道等场景的普通路段,在城市交通路和快速路中占比较高。由于连续路段上车辆交汇少、行人少,在该路段上行驶的车辆车速普遍较快,高速行驶的车辆一旦发生交通事故,造成的后果可能更加严重。通常交通事故容易发

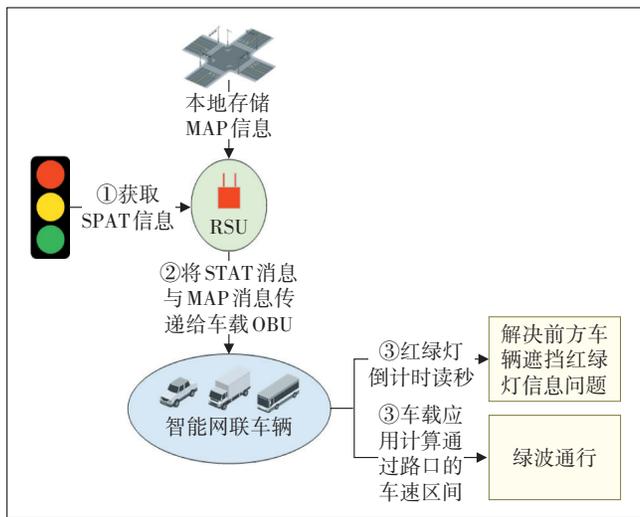


图3 绿波通行与信号灯倒计时读秒流程图

生在有主道辅道交汇的车辆汇入汇出场景、有道路人行道的车辆行人交汇场景等。此外,在行驶过程中,若道路上发生交通事故或是有道路施工的情况,后方行驶的车辆常会因为不能够及时获取该路况信息以及具体发生道路占道的车道状况导致变道不及时,从而引起交通堵塞或是发生碰撞交通事故。

3.2.2 连续路段解决方案

道路中常会出现长达几公里的连续路段,在进行感知设备部署时,主要考虑对连续路段中的主道辅道交汇点、公交车停靠点、人行道等场景进行点位部署。同时基于路段感知全覆盖或通信信号全覆盖的需求,根据路侧设备的覆盖范围进行感知设备或RSU设备的补充部署。

对于连续道路中容易发生交通事故的主道辅道交汇场景或人行道场景,方案流程与图2类似。通过前端感知设备分别对主道和辅道进行监测或对人行道路段进行监测,MEC计算监测数据得到RSM消息后经RSU向周围智能网联设备进行广播,在车载OBU接收到RSM消息后由智能网联车辆根据自身行驶信息与RSM消息进行综合判断。

对于连续道路中由于施工或是交通事故造成的占道问题,依赖高精度地图以及感知设备在安装时的参数标定,感知设备在对道路上的交通情况进行感知时可以做到车道级的信息感知。通过平台侧下发占道通知到路侧,或是由感知设备对道路状况进行监测,通过MEC计算分析得到路侧信息(Road Side Information, RSI)并传递至RSU,经RSU将RSI消息广播给周围来往的智能网联车辆,可以使驾驶员提前获知前

方的突发占道事件,提前变更行驶车道,减少道路拥堵和碰撞事故的发生。

3.3 隧道场景

3.3.1 隧道场景道路问题分析

隧道是车辆在行驶过程中事故最为频发的场景之一。在进入隧道后,由于周围环境光线的急剧变化以及隧道内弯道的视线阻挡,驾驶员对于周围道路情况的信息获取能力减弱,容易发生碰撞事故。同时,由于隧道内北斗卫星定位信号减弱,车辆无法通过卫星定位获取精准的位置信息,影响智能网联车辆辅助驾驶或自动驾驶功能的安全使用。

3.3.2 隧道场景解决方案

隧道场景的路侧感知设备部署主要依据3个需求,隧道出入口、隧道拐弯处以及设备部署密度。在隧道出入口对来向方向的道路进行感知设备部署,能够利用RSU向周围的智能网联车辆广播隧道口周围路段的RSM以及RSI消息,让驾驶员能够提前知晓隧道内的交通状况,避免进入隧道时因光线的急剧变化造成驾驶员视野丢失无法观测隧道内交通状况可能产生的问题。在隧道弯道部署RSU及感知设备,避免隧道内弯道对RSU传输以及道路状况感知造成的影响。此外考虑隧道内的传输需求和设备的使用覆盖范围来规划路侧感知设备的部署密度。

对于隧道内信号弱导致车辆无法进行精准定位的问题,通过部署定位差分数据服务基站等设备,路侧RSU可实时获取差分数据。将差分数据与存储在本地的MAP信息广播给周围的智能网联车辆,从而让车辆能够获取高精度的定位信息,解决由于卫星信号在隧道内减弱造成的无法精确定位问题。

3.4 匝道场景

3.4.1 匝道场景道路问题分析

匝道是互通式立体交叉道路的组成部分,是支持上、下相交道路相互连通的路段。从主道驶出的车辆可经过匝道驶入另一条主道。对于车辆汇入的匝道场景,由于匝道路段大部分是弯道,视野遮挡和距离因素的影响导致主道或匝道上行驶的车辆无法了解另一条道路的车辆行驶情况,因此容易在汇入口发生车辆碰撞交通事故。对于车辆汇出的匝道场景,由于车速较快、前方车辆拥挤、依次变道耗时、导航时延等因素,在车辆临近匝道时容易错过匝道汇出口,影响驾驶员的既定行驶路线和行驶时间。

3.4.2 匝道场景解决方案

对于匝道汇入场景,感知设备可部署在主道和汇入路段的匝出处。主道路侧感知设备对主道的来车以及交汇区域进行监测,匝道感知设备对匝道来车进行监测。对于匝道汇出场景,考虑在主道路侧部署感知设备,主要监测车辆汇出前的交汇区域。利用感知设备采集道路行驶车辆信息,同时将车载OBU传递给RSU的BSM消息共同传递给MEC进行融合计算分析。最终将分析得到的RSM消息以及存储在RSU本地的MAP消息经RSU广播给周围的智能网联车辆,由车辆根据自身行驶情况结合OBU接收到的RSM消息进行综合判断,决定是否对驾驶员进行碰撞预警,同时可根据匝道交汇处的情况提前提醒驾驶员减速或者变道,避免导航时延或信号差带来的影响。

4 结束语

云计算、人工智能、大数据等新技术的发展以及传感器感知精度、卫星定位精度、传输时延等性能的提升,加速了自动驾驶领域C-V2X、车路协同等技术的推进。通过对城市道路进行智能化改造,利用车路协同技术打通车端与路端的信息交互壁垒,让车辆终端能够实时获取周围的道路情况,从而为自动驾驶的安全性保驾护航。本文主要阐述和分析了车路协同的系统方案和实际场景的应用部署,重点对当前城市道路最为常见的路口、连续道路、隧道和匝道的问题以及基于车路协同技术的解决方案进行了探讨。

尽管当前我国已建设4个国家级车联网先导区,但事实上车联网行业还处于发展阶段。目前市面上商用的自动驾驶技术大多还处于L2级辅助驾驶阶段,距离自动驾驶技术在开放道路安全使用还有一定距离。未来需要政府部门推动相关的落地实施政策以及技术标准的制定,加快车联网测试区、先导区的建设,在不断实践中加速车路协同技术的成熟与落地。

参考文献:

- [1] 清华大学智能产业研究院,百度.面向自动驾驶的车路协同关键技术展望[EB/OL].[2022-07-12].<https://www.ligongku.com/resource/96572>.

作者简介:

文韬,毕业于重庆邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G+智能交通、5G+智慧城市等工作;黄小光,毕业于重庆邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事5G+智能交通、5G+智慧城市、无线网络优化、信息系统设计等工作;杨宇,毕业于重庆邮电大学,工程师,主要从事智能交通网联相关咨询设计工作。