

基于车路协同的城市智慧道路关键技术框架研究

邹 娇^{1,2}, 赵 翔^{1,2}

(1.安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司,安徽 合肥 230088;2.城市更新与交通安徽省联合共建学科重点实验室,安徽 合肥 230088)

摘 要:车路协同技术不断成熟,智慧城市发展不断进步,智慧道路研究和建设尤其重要。研究智慧道路需求分析,明确智慧路口和全息路段两个典型应用场景,通过构建道路数字基础设施,研究多方位立体监测与多因素动态耦合下道路安全风险精确感知方法,实现微观场景内交通参与物认知、运动状态及协同感知,进而通过边缘计算单元支撑车路协同,为面向车路协同场景的智慧道路建设提供技术条件。

关键词:车路协同;智慧道路;智慧路口;边缘计算

中图分类号: U412.6

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)06-0005-04

0 引 言

随着智慧城市的建设发展,智慧道路研究和建设逐渐成为城市发展的聚焦点。物联网、云计算、大数据、移动互联网等技术的不断成熟以及新一代信息技术人工智能 AI 技术、5G 通信技术的出现都为智慧道路的建设提供了强有力的技术支撑^[1]。如何优化提升道路的基础设施空间,如何结合物联网、人工智能、5G 通信等新技术让城市道路变得更智慧、更安全、更高效,都成为了各交通管理部门及智能交通规划设计人员思考的方向和重点^[2-3]。

特别是近年来车路协同技术的发展不断成熟,逐步成为未来 ITS 的核心。研究车路协同场景下城市智慧道路建设关键技术,一方面在掌握道路通行需求的前提下,用于开展城市智慧道路建设工作,另一方面可结合车路协同技术的发展趋势,提前做好部署规划,对道路设施进行智能化管理。通过智能化构建和维护,有效完善城市智能道路工程的建设,确保道路建设能够满足不同出行结构、不同出行场景的通行需求,同时与新型技术接轨,满足车路协同技术发展对道路建设的要求。

1 现状难点

合肥市是智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展第二批试点城市。目前,合肥市城市道路智能

交通建设发展较快,建立了自动驾驶示范线,但是也存在以下一些关键性难题。

(1)城市道路的交通管理智能化设备建设密度较高,设备仅用于常规交通管理,产生的数据未能应用到道路设计中,且现有的系统存在信息孤岛现象,不能够满足城市交通精细治理的需求;

(2)自动驾驶、车路协同技术不断发展,目前设备主要用于道路交通流运行感知和交通执法,不能够满足车路协同的 V2X 的精细感知需求^[4];

(3)城市道路智能化建设涉及到多个部门,比如交警、市政管理等,缺少统一的建设标准,无法实现跨部门、跨行业的协同工作,不能够满足城市精细管理的需求;

(4)已建自动驾驶示范线主要依托车载的毫米波雷达、激光雷达、视频实现 360°全方位的感知道路交通元素来实现,并非依托智慧道路将数字元素、交通状态主动推送。

2 研究路线

围绕“科学设计、精准感知、精确运营、精细管理”原则,通过合理的智慧道路设计,构建多方位多因素动态感知体系,基于 5G 建立运营机制,并通过车路协同的路侧边缘计算单元及道路态势监测与运行分析系统实现精细化管理和车路协同信息服务^[5],总体技术路线如图 1 所示。

(1)车路协同场景下多场景需求的智慧道路设计方法研究。围绕城市道路功能定位和交通供需匹配,在充分考虑车路协同、复杂出行结构和交通需求等应

收稿日期:2023-07-07

基金项目:2022 年度安徽省住房和城乡建设科学技术项目(2022-YF044)

作者简介:邹娇(1986—),女,硕士,高级工程师,主要从事智能交通、智慧城市设计研发工作。

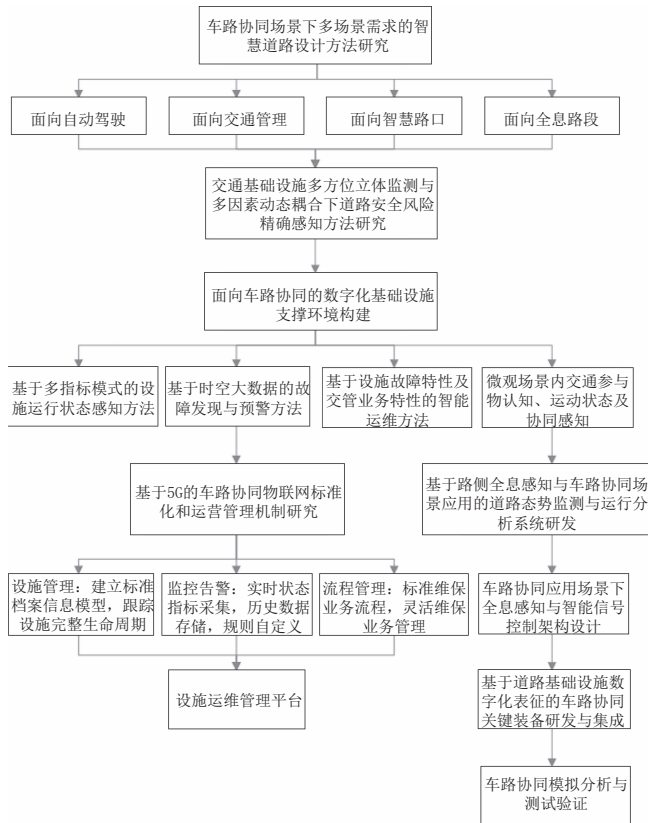


图1 总体技术路线图

用的基础上,对道路交通渠化、路侧状态感知及通信设施、交通控制等场景进行综合考虑设计,开展精准化智慧道路设计,以满足不同环境、出行结构以及出行需求的道路应用诉求,确保人、车、路、环境智慧互动。

(2)交通基础设施多方位立体监测与多因素动态耦合下道路安全风险精确感知方法研究。研究道路交叉口全息感知方式,构建道路交通基础设施多方位立体监测场景,结合数字孪生技术,还原道路真实出行场景,准确监测各基础设施的运行及运营状态,进而准确研判道路的通行状态,识别道路安全风险,并提出告警及预警措施,保障道路的通行安全^[6]。

(3)基于5G的车路协同物联网标准化和运营管理机制研究。研究5G条件下不同道路设施及数据接入标准,实现不同厂家、种类以及用途的设施和数据顺利接入到应用系统,保障系统的应用服务能力和水平。研究道路运营管理机制,保障设施及系统的高可靠稳定运转。

(4)基于路侧全息感知与车路协同场景应用的道路态势监测与运行分析系统研发。道路全息感知能力是道路运行状态、安全态势分析的必要条件,因此首先要保障道路的全息感知能力建设,即掌握道路上能够感知所有出行要素的设施及数据,以及这

些设施感知到的交通参与要素信息,研究面向车路协同应用的道路全量全状态感知要素,研发具备车路协同应用能力的道路态势监测、安全预警以及控制系统,保障车路协同场景下各要素的稳定运转及运营。

3 需求分析和应用场景

车路协同场景下多场景需求的智慧道路是一项非常复杂的工程,会涉及很多方面的内容,如图2所示。一要系统分析城市道路智能交通设备的基本情况,比如感知设备(卡口、电子警察、雷达等)、信号控制设备;二要统筹分析在车路协同和交通管理两个层面的应用需求;三要系统考虑路段和路口的不同场景设计^[7]。

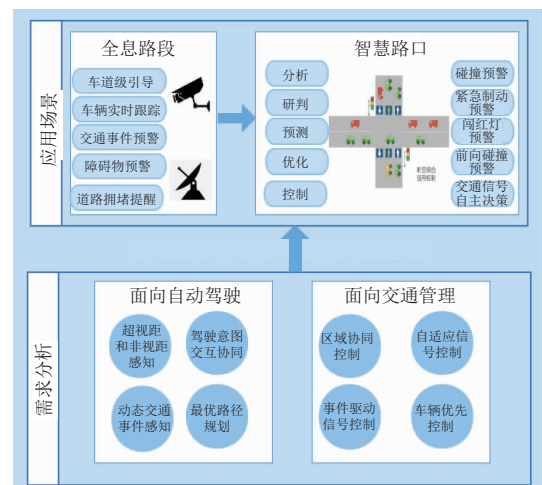


图2 车路协同场景下多场景需求的智慧道路设计

3.1 需求分析

(1)面向自动驾驶

a. 超视距和非视距感知:以路侧激光雷达为核心,构筑关键路口和复杂路段全域实时感知网络,扩展自动驾驶车辆视野。

b. 驾驶意图交互协同:以C-V2X为实时信息交互渠道,实现车辆变道、超车、转向等行为意图交互,使车辆与外界充分互动。

c. 动态交通事件感知:以摄像头、毫米波雷达等传感器为核心,实现自动驾驶道路全覆盖,实时监控动态交通事件。

d. 最优路径规划:基于微观交通流信息采集,实现道路交通流状态的精确统计以及科学预测,为车辆路径规划提供可靠依据。

(2)面向交通管理

a. 区域协同控制:基于宏观交通流评估与趋势预测,为短时交通控制提供调整策略,实现平峰绿路

协调和高峰疏堵缓堵。

b. 自适应信号控制:在区域协同控制策略下,基于全息路口感知实现全天候的交通信号及车道控制自主决策,匹配交通流发展趋势。

c. 事件驱动信号控制:调节通行交通流,避免交通秩序快速恶化。

d. 车辆优先控制:基于北斗高精定位,精准预测公交、消防、救护、安保等特种车辆的节点到达时间,执行交通信号预协调和通过保障。

3.2 应用场景

(1)智慧路口

智慧路口主要是通过路侧全息感知,结合人工智能、大数据、云计算技术,搭建具备实时分析、研判、预测、优化和控制等功能的车道级别精细化交通管理和智能化交通辅助决策平台,以高精度地图为背景,利用多种感知设备通过云端计算实现数据融合后形成的对路口监控范围内行人、非机动车、机动车、信号灯灯态的全要素实时场景和结构化数据展示。基于智慧路口可完成交叉路口碰撞预警、紧急制动预警、闯红灯预警、前向碰撞预警等车路协同场景和交通信号自主决策的交通管理场景。

(2)全息路段

通过视频与毫米波雷达的深度融合,对道路目标实现车道级(GPS坐标)定位感知,感知画面中车辆实时位置以及运动状态的连续跟踪,并计算出各类实时的交通行为、事件、分析交通态势,为管理者提供能够全局覆盖、多维感知、实时报警的信息。车辆通过V2V的方式进行相互通信,保障车辆高效、安全通行。对于普通路段进行道路信息的感知与发布,为驾驶员提供超视距信息,进行路径规划,提高通行效率和安全。

4 关键技术框架

4.1 面向车路协同的数字化基础设施支撑环境构建

构建基于道路数据以及车道周边的固定对象信息的高精度数字地图,形成承载车辆、行人、通行状态、交通事件等实体或感知参数的数字空间场景,并进一步研究基于高精度数字地图的微观车辆状态、动态路网状态、道路交通气象环境数字化表征技术。

4.2 基于多指标模式的设施运行状态感知方法

该方法的核心是针对交管部门的特殊网络环境及设施联网拓扑结构,对不同类型设施状态的采集过程。首先,将设施类型根据道路、机房、车管所等建

设位置分为外场、内场和其他,再根据所处网络环境分为视频专网、公安网、互联网和私有网。在多个网络环境中执行状态采集任务,通过安全边界或防火墙统一将所有指标进行汇聚,建立设施、环境和网络感知模型,实现设施状态集中分析与告警^[8]。

4.3 基于时空大数据的故障发现与预警方法

通过对设施相关的基于时间、空间的海量历史数据进行分析,发现设施产生故障的规律和特征并对故障提前预警的分析方法。首先,对设施的基础信息、网络信息及空间信息数据进行采集建立基础台账,再对设施的运行状态指标进行实时采集与汇聚,运行指标包括可用性指标、性能指标、信息指标等类型。在此基础上对各类指标实时分析与告警规则进行碰撞对比,建立设施故障感知和目标告警模型,对符合规则的指标进行故障告警。同时,基于历史故障信息对设施状态指标进行趋势分析,将实时指标与其历史指标值进行聚合,通过ARIMA、Prophet等趋势预测算法对状态趋势进行分析,根据分析结果产生相应指标的预警信息。

4.4 车路协同路侧边缘计算单元

车路协同路侧边缘计算单元由感知、通信、计算、发布与控制五个部分组成,计算单元作为数据交换融合、场景动态分析、信息发布决策的边缘大脑,是维系车路协同路侧系统安全、有序、畅通运行的关键装置,结合外界感知、终端控制、数字地图、智能网联、多源融合、协同控制等关键技术实现系统运作。

面向车路协同应用的边缘计算单元,融合基础交通检测数据和车路协同泛感知数据,实现路口检测范围内的交通状态和个体交通参与者的全面感知,识别和构建车路协同应用场景,为出行者辅助决策和精细化路权分配提供研判依据。升级路口终端控制设备,支持高动态城市路网需求的信号自适应控制,具备综合数据交互、交通控制和场景定义能力。

(1)边缘实时优化信号控制(见图3)



图3 边缘实时优化信号控制图

- a. 统一路侧控制:打通多家厂商不同协议信号灯、诱导屏、可变车道,实现秒级控制;
- b. 实时区域优化:通过边缘动态子区编排,进行实时自适应优化^[9]。
- (2)边缘实时优化智能车道 / 诱导
- a. 信号组织协同:针对路口上下游情况,联动信号实时控制,自适应可变车道控制;
- b. 自动化诱导发布:根据绿波通行速度、道路整体路况、异常事件进行诱导自动发布,针对路口上下游车流情况,自适应可变车道控制,快速生产路况诱导屏,并推荐车辆最佳行驶速度。

5 结 语

车路协同场景下城市智慧道路建设关键技术框架研究不仅能够指导未来智慧道路建设,同时还满足多场景的路面态势感知、设施管理、安全态势预警及需求分配优化等应用。对于建设单位来讲,可以很好地明确道路建设关键要素,而对于管理单位而言,能够有效实现道路态势感知、设施智能运维、安全态势分析及预警与交通组织评价与优化等应用。可以

面向道路承建单位、管理单位(如交通运输部门、交通管理部门等),为智慧道路的建设、运营、执法管理提供优秀的技术支撑,具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 陆慧澄,薛骁,黄慰忠.智慧道路建运关键技术研究[J].上海节能,2023(5):650-654.

[2] 黄昕,王黎,郑轶丽,等.浅析“双智”试点工作下成都市智慧道路建设路径[J].公路,2023(5):229-233.

[3] 中国电子信息产业发展研究院.“新基建”政策白皮书[R].北京:中国电子信息产业发展研究院,2020.

[4] 曹吉昌,高亮.智慧道路体系化建设的关键问题与发展路径研究[J].建设科技,2022(18):9-12.

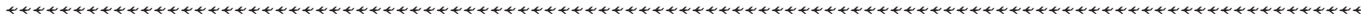
[5] 丘建栋,修科鼎,暨育雄,等.智慧道路关键技术在城市治理中的探索研究[J].上海公路,2022(4):94.

[6] 郭瑞雪.智慧道路设计的场景要素及路径保障机制[J].上海建设科技,2021(2):39-41,52.

[7] 郭丽苹,张兴宇.车路协同技术应用与推广探讨[J].中国交通信息化,2021(增刊1):163-165.

[8] 吴银潭,唐晨龙,黄明正.城市道路设施一体化智慧管养模式[J].市政技术,2020,38(增刊1):15-17.

[9] 罗文慧.智慧交通背景下道路交叉口交通流控制模型与算法研究[D].北京:北京交通大学,2019.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com