

车路协同技术在城市交通中的应用研究

金绍晨

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:阐述了车路协同技术的基本概念,并从车、路、边、网、云等方面分析了车路协同技术在智慧交通中的应用途径。结合车路协同技术,对城市交通中典型应用场景进行分析研究,得出车路协同技术的应用有利于提升城市交通智能化、信息化水平,对解决城市交通拥堵、道路安全等问题,提升交通系统运行效率有着现实意义。

关键词:智慧交通;车路协同;智能网联;自动驾驶

中图分类号: U495

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0160-04

0 引言

城市建设,交通先行,交通是城市经济发展的动脉,智慧交通更是智慧城市的重要组成部分。智慧交通能助力缓解交通拥堵,改善城市交通状况,发挥最大城市交通效能,建设车路协同运行的新一代综合交通运行协调体系,提高城市交通系统的整体运行效率,在智慧城市建设浪潮中发挥着非常重要的作用^[1-2]。2019年9月,党中央国务院发布《交通强国建设纲要》,明确提出:我国要从交通大国向交通强国迈进,要大力发展智慧交通,推动大数据、互联网、人工智能、区块链、超级计算等新技术与交通行业深度融合;推进数据资源赋能交通发展,加速交通基础设施网、运输服务网、能源网与信息网络融合发展,构建先进的交通信息基础设施。

1 车路协同技术概述

车路协同系统(Intelligent Vehicle Infrastructure Cooperation System, IVICS)是基于无线通信、传感探测等技术获取车辆和环境信息,通过车车、车路通信进行信息交互和共享,实现车辆和基础设施之间智能协同与配合,达到优化利用系统资源、提高道路安全、缓解交通拥堵的目标^[3]。

环境信息和车辆信息的采集与处理,涉及道路边界检测、车辆检测、行人检测等多项技术,可认为是一种先进的传感器技术,所采用的传感器包括激光雷达、摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、速度和加速度传感器等。由于单一传感器存在感知的局限

性,不能满足各种工况下的精确感知,车路协同系统要实现在各种环境下平稳运行,就需要运用多传感器融合技术,该技术也是感知层的关键技术。

依据感知信息来进行决策判断,确定适当工作模型,制定相应控制策略,替代或提示驾驶员做出驾驶决策。例如:在车道保持、车道偏离预警、车距保持、障碍物警告等系统中,需要预测本车及相遇的其他车辆、车道、行人等在未来一段时间内的状态。先进的决策理论包括模糊推理、强化学习、神经网络和贝叶斯网络等^[4]。

2 车路协同在城市交通系统应用的实现途径

以车路协同技术为核心,从车、路、边、网、云等方面展开,实现基于车路协同技术的智能交通综合应用,如图1所示。

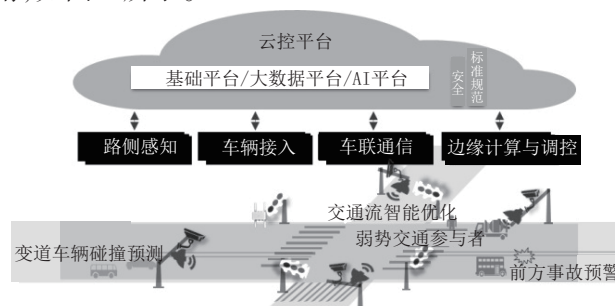


图1 车路协同系统架构图

2.1 车端

针对L4级以上自动驾驶车辆、L2至L3级智能网联车、L0至L2级存量车,分别采用软、硬终端车机(新增车机/原有车机/车辆智能服务终端/导航/小程序/移动APP)等形式实现车辆数字化。

智能车载终端的加装主要实现与车辆运行系统和车端显示系统的对接,智能车载终端一方面获取自动驾驶车辆运行状态信息,另一方面通过车车/车路

收稿日期:2021-09-27

作者简介:金绍晨(1989—),男,硕士,工程师,从事城市智能交通系统设计工作。

交互技术获取周边动态目标信息、逻辑地图信息、道路基础设施信息、交通事件信息和路侧安全信息等。在辅助驾驶层面,智能车载终端基于上述信息进行内置智能应用计算,进而提供安全辅助、通行引导和信息服务;在自动驾驶方面,智能车载终端通过对接自动驾驶决策系统提供上述感知信息,为车辆决策提供信息支撑;在智慧管理方面,智能车载终端实时上传自动驾驶车辆运行信息并接收中心平台下发指令,实现管理者对智能车辆的远程跟踪与管理。

2.2 路端

智能路侧单元主要包含路侧感知设备和路侧通信单元(RSU)。

路侧感知设备主要包含激光雷达、毫米波雷达、摄像机等智能感知设备,以及智能交通信号系统、定位系统、智慧公交站台系统、智能人行横道系统、智能信息牌等。通过上述各类传感器及智能设施能够实现交通事件的实时感知。

车路通信主要通过路侧通信单元(RSU),与智能网联车辆或其他车载智能终端建立直接的通信连接来实现。RSU 由交互单元和控制单元组成,实现车路协同系统路侧设施与车辆的信息交互及通信管理与安全认证。RSU 可向车辆播发路网基本信息、交通控制信息、交通事件信息等,同时可通过车载终端采集车辆速度、轨迹等信息。

2.3 边端

边缘计算设备(MEC)是车路协同路侧设备的核心运算中枢,其中事件分析边缘节点为 GPU 架构,负责对接入的视频和雷达数据进行结构化分析,判断与识别影响交通安全运行的隐患事件。

边缘计算设备(MEC),对接路侧设备,对道路机、非、人等信息感知采集,边缘计算设备对雷达、摄像头感知到的视频、数据进行实时分析处理,并上传到云端进行分析研判,快速广播发布给对应车辆,提供伴随式交通信息服务,并对基于 MEC 的 C-V2X 场景进行分析;负责为所对接的路侧设备、经 RSU 接入的车载终端进行身份认证及安全管理,同时动态分配通信资源,与路侧北斗/GPS 连续运行基站系统进行对接和数据交换,对接入设备的检测结果进行标定,关联事件与事件坐标,此外还可对路侧可变情报板、交通信号机等设备进行协议转化与信号控制。

2.4 网端

通过车路协同系统运行区域 5G 网络或建设 ITS 专网,满足智能车辆、感知设备、边缘计算、云端平台

等的网联通信需求,全面支持车联网应用 V2X 建设、信息发布、信息采集等服务。

2.5 云端

智能网联云控应用平台系统是车路协同系统方案的中枢部分,平台根据实际应用需求,可结合实际系统功能建设划分功能模块,如智能网联基础设施、智能网联自动泊车系统(AVP)、智能网联公交、沿线智能网联测试车辆服务、功能场景服务等。

云控平台实时获取海量车辆运行数据、路侧感知数据以及交通系统数据,实现对车路协同系统的中心化管理,支撑智能网联基础设施建设区域交通状态实时展现、交通状态大数据分析、交通管控等各项功能,实现区域管控智能化、网联化、精细化。此外平台可提供基于车路协同的数据服务,为交通管理决策、自动驾驶平台提供数据支撑。

3 车路协同技术典型应用场景研究

3.1 自动泊车系统

在城市,困扰人们最多的是停车难、充电难的问题,具有网联功能的智能停车管理系统,能够实现高效停车。

(1) 车位检测系统

车位检测系统是通过在停车位部署摄像头或地磁等感知设备,对车位状态信息及停车信息实时感知,并通过控制机将信息发送给部署在附近的 RSU,再广播给附近的车辆。具体的功能主要有停车场空余车位识别、停车场空余车位路径引导等。

(2) 可用车位引导系统

系统通过发送停车场的车位及充电桩信息并提前规划路径,提高充电与停车效率。通过摄像头或地磁对停车场内的可用车位进行检测,同时结合部署在停车场内的充电桩状态信息,将可用车位及可用充电桩的位置信息通过控制机将信息发送给部署在附近的 RSU,再广播给附近的车辆,如图 2 所示。

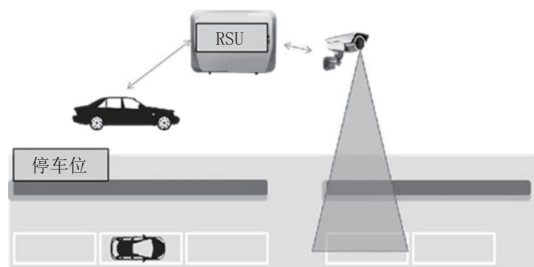


图 2 AVP 系统布设示意图

(3) 智能收费系统

车辆离开泊位时,缴费系统自动生成缴费信息,

支持无感支付,手机 APP 客户端支付,跟踪缴费信息,同时生成历史缴费记录。

3.2 自动驾驶公交系统

自动驾驶公交功能包括智能网联高级辅助驾驶、路口网联安全预警系统(盲区检测预警系统)、智能网联协同信号车速引导系统、AI 智慧公交状态及网联信息共享发布系统、AI 智慧网联公交乘客体验系统等增值保障服务功能。

(1) 站台占用检测系统

车站占用检测系统基于路侧感知系统与 V2I 信息交互系统,实现对车站停靠区域的行人、非机动车等闯入目标进行检测,并对即将进站的车辆告警,进行减速和避让,如图 3 所示。



图 3 V2X 站台占用检测系统示意图

(2) 智慧公交网联安全预警系统

通过部署智能路侧终端、网联式微波雷达检测器、网联式视频事件检测器和 AI 交通信号感知终端等设备和相应配套软件,实现对运动目标(行人、机动车辆、非机动车辆)进行目标跟踪与轨迹研判等监管、学习及获取交通信号灯的状态信息推送给智能路侧 RSU,同时推送给网联公交车辆,为驾驶员提供安全预警。主要实现场景包括限速预警、盲区预警、湿滑预警、异常事件预警、车内标牌提醒、交叉口碰撞预警、公交优先通行、绿波车速引导等。

(3) 绿波车速引导系统

智能网联公交车途经部署智能路侧系统的信号灯交叉口时,能够实时获取信号灯的相位及配时信息,并结合自车位置、运行状态及交叉口位置信息计算能够使车辆在绿灯状态下通过交叉口的速度区间,通过车载显示装置或手持终端 APP 实时显示引导速度,辅助驾驶员调整车辆速度实现不停车通过信号灯交叉口。必要时,智能网联公交车安装的智能车载终端可实时向智能路侧系统广播自车靠近信息,智能路侧系统可主动控制红绿灯信号机对信号灯配时进行调整,必要时通过红灯早断或绿灯延长的方式保证公交车到达信号灯交叉口时信号灯为绿灯,实现面向智能网联公交的信号优先。

3.3 车道级网联诱导信息发布系统

车道级诱导系统为自动驾驶车辆、非自动驾驶

车辆以及其他交通参与者提供信息提示功能,包括发布交通状态信息、提供变道提示、超速预警信息、弱势交通参与者预警信息等。除网联车辆外,智慧道路提示系统可为非网联车辆及其他交通参与者提供交通信息共享和发布,实现全路段全范围的预警信息提醒、交通事件提醒等功能。

(1) 车道级交通事故提醒功能

因道路交通事故导致正常行驶的车道数减少,造成局部路段瓶颈,引发交通拥堵或二次事故。通过智慧车道级网联信息系统,利用路侧感知设备,精准获取发生交通事故的车道位置,并通过通信网络将事故信息及车道信息实时发布到车道级显示屏、车载终端,提醒交通参与者提前减速或变道,减小交通拥堵程度,避免二次事故发生。

(2) 车道级道路异常提醒功能

车辆未能及时获取前方道路异常信息,往往是引发交通事故、造成交通拥堵的重要原因。基于路侧感知系统,实现对道路异常事件的识别,与智慧车道级网联信息系统联动,及时发布精准的道路异常信息,包含位置信息、事件信息等,为交通参与者提前决策提供支撑,减少或避免交通事故发生,降低交通拥堵程度。

(3) 动态潮汐车道与可变限速系统

动态潮汐车道与可变限速系统根据城市交通实时运行状况实现潮汐车道与限速规则的动态调整、合理调配,动态分配路权、提升道路通行效率的同时,有效提升道路通行的安全性,实现交通时间、空间资源的最大化利用,如图 4 所示。

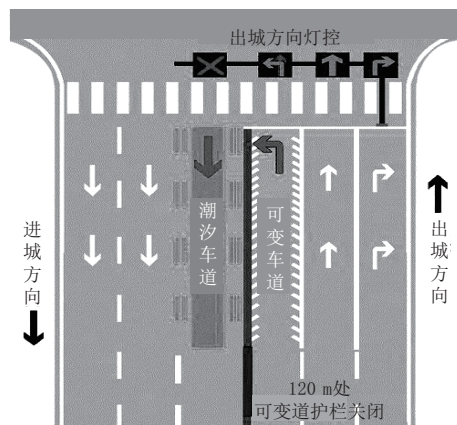


图 4 动态潮汐车道示意图

系统通过网联感知系统全息感知路网运行情况,根据道路早晚或是节假日交通流量的不同情况,动态划分设置一个或多个车辆行驶方向规定随不同时段变化的车道,车道限速规则随交通运行状态调整,通过路边智能限速牌实现限速信息发布。

- concrete [C]// In: International symposium on connections between steel and concrete. RILEM Publications SARL, 2001: 1025 - 1045.
- [13] Xue D Y, Liu Y Q, Zhen Y, et al. Static behavior of multi-stud shear connectors for steel-concrete composite bridge[J]. Steel Construction, 2012, 74(8): 1-7.
- [14] Spremic M, Markovic Z, Veljkovic M. Recommendations for the design of grouped headed studs[J]. Steel Construction, 2017, 10(2): 145-153.
- [15] Shim C S, Lee P G, Kim D W, et al. Effects of group arrangement on the ultimate strength of stud shear connection[C]// American Society of Civil Engineers, 2008: 92 - 101.
- [16] Lebet J P, Yoda T, Okada J. A STUDY OF THE GROUPED ARRANGEMENTS OF STUD CONNECTORS ON SHEAR STRENGTH BEHAVIOR [J]. Journal of Structural Mechanics & Earthquake Engineering, 2006, 23(1): 75S-89S.
- [17] Su Q T, Yang G T, Bradford Mark A. Static behaviour of multi-row stud shear connectors in high-strength concrete[J]. Steel and Composite Structures, 2014, 17(6): 967-980.
- [18] McMullen KF, Zaghi AE. Experimental evaluation of full-scale corroded steel plate girders repaired with UHPC [J]. Journal of Bridge Engineering, 2020, 25(4): 04020011-1-04020011-13.
- [19] Kruszewski D, Wille K, Zaghi A E. Push-out behavior of headed shear studs welded on thin plates and embedded in UHPC[J]. Engineering Structures, 2018, 173: 429-441.
- [20] Kruszewski D, Zaghi A E, Wille K. Finite element study of headed shear studs embedded in ultra-high performance concrete[J]. Engineering Structures, 2019, 188: 538-552.
- [21] Cao J H, Shao X D, Deng L, et al. Static and Fatigue Behavior of Short-Headed Studs Embedded in a Thin Ultrahigh-Performance Concrete Layer[J]. Journal of bridge engineering, 2017, 22(5): 04017005.1-04017005.16.
- [22] Wang J Q, Xu Q Z, Yao Y M, et al. Static Behavior of Grouped Large Headed Stud-UHPC Shear Connectors in Composite Structures[J]. Composite Structures, 2018, 206: 202-214.
- [23] Wang J Q, Qi J N, Tong T, et al. Static Behavior of Large Stud Shear Connectors in Steel-UHPC Composite Structures[J]. Engineering Structures, 2018, 178: 534-542.
- [24] Mirza O, Uy B. Effects of the combination of axial and shear loading on the behaviour of headed stud steel anchors[J]. Engineering Structures, 2010, 32(1): 93-105.
- [25] Shen M H, Chung K F. Experimental investigation into stud shear connections under combined shear and tension forces[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2017, 133: 434-447.
- [26] William K S, Jerome F H, Arturo E S, et al. Behavior of shear studs in steel frames with reinforced concrete infill walls[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2004, 60: 1453-1480.
- [27] 蔺钊飞, 刘玉擎. 焊钉连接件拉剪相关关系模型试验[J]. 中国公路学报, 2015, 28(1): 80-86.
- [28] 安然, 王有志, 周磊, 等. 剪力钉连接件拉剪复合作用试验及计算模型[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2020, 40(3): 42-52.
- [29] 丁敏, 薛伟辰, 王骅. 钢-高性能混凝土组合梁栓钉连接件抗剪性能的试验[J]. 工业建筑, 2007, 37(8): 9-13.

~~~~~  
(上接第 163 页)

#### 4.3 项目实际应用成效

该项目主要建设内容为城市智慧汽车基础设施建设, 为前期项目的延伸和深化, 继续深度融合车路协同、5G 等先进技术, 推动城市未来出行方式以及交通管理方式的变革; 进一步探索智慧城市动态和静态信息整合, 引领新型智慧城市新理念。同时推动创新实践智慧汽车基础设施建设, 打造全国示范试点样板, 形成城市道路智能化建设可复制、可推广的经验。

## 5 结 语

智慧交通作为智慧城市公共设施及新基建的重要组成部分, 将智能网联技术与城市交通、城市管理 and 运维相结合, 有利于提升城市交通智能化、信

息化水平及 5G 等技术的应用, 解决城市交通拥堵、道路安全等问题, 提升交通系统运行效率, 实现公交优先、节能减排、保护城市环境, 满足人民群众对汽车的共享化、智能化的要求; 同时通过智能网联技术与城市建设管理等相结合, 也能够提高城市建设管理智能化水平, 提高管理效益、降低管理成本。

#### 参考文献:

- [1] 赵锦祥. 智慧交通在智慧城市的深入应用与发展趋势[J]. 中国安防, 2018(5): 60-62.
- [2] 巴天星, 张跃, 王志成. 浅谈智慧交通在智慧城市建设中的作用[J]. 科学与信息化, 2019(16): 143.
- [3] 清华大学新闻网. 交通运输部总工程师周海涛调研清华智能车路协同系统[EB/OL]. (2014-09-24). <http://news.tsinghua.edu.cn>
- [4] 王秀旭, 李川鹏, 王耀福. 车规级无人驾驶线控底盘车研发及其场景化应用[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(2): 25-27.