

面向车路协同的智慧路侧系统设计

□ 陈新海^{1,2}, 祖 晖^{1,2}, 王博思^{1,2}

(1. 重庆车辆检测研究院有限公司, 重庆 401122;

2. 自动驾驶系统及智能网联汽车技术研发与测试应用重庆市工程研究中心, 重庆 401122)

摘 要: 车路协同是智慧交通与自动驾驶融合发展的重要方式, 针对自动驾驶功能需求, 提出一种面向车路协同的智慧交通路侧系统。设计了一套基于多边缘接入边缘计算单元、车路协同通信单元、实时动态差分定位基站、融合感知等融合技术的系统架构, 通过在既有路灯与标志牌杆件上部署车路通信设备、多传感器融合感知设备、边缘计算单元、高精定位基站等, 为车辆提供交叉口车速引导、安全预警、高精地图服务, 实际应用证明该系统可有效提升通行效率、行车安全。

关键词: 车路协同; 车路通信; 边缘计算; 高精定位基站; 路侧系统

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1671-3400(2019)06-0062-04

Design of Smart Roadside System Based on Cooperative Vehicle Infrastructure Communication

CHEN Xinhai^{1,2}, ZU Hui^{1,2}, WANG Bosi^{1,2}

(1. Chongqing Vehicle Test and Research Institute Co., Ltd, Chongqing 401122, China; 2. Chongqing Engineering Research Center of Research and Test for Automated Driving System and Intelligent Connected Vehicle, Chongqing 401122, China)

Abstract: Cooperative vehicle infrastructure is an important way for integration of smart transportation and automated driving. To meet the requirements of automated driving, a smart roadside system is designed which based on cooperative vehicle infrastructure system. A system architecture based on multi-access edge computing unit, vehicle infrastructure communication unit, real-time kinematic differential positioning base station, fusion perception and other fusion technologies is designed in this paper. By deploying vehicle infrastructure communication equipment, multi-sensor fusion equipment, edge computing unit and high-precision positioning base station on existing street lamp and sign poles, it can provide speed guidance, safety early warning and high-precision map services for vehicles at intersections, the results show that the system can effectively improving traffic efficiency and driving safety.

Key Words: Cooperative vehicle infrastructure; Vehicle to road communication; Multi-access edge computing; High precision positioning base station; Roadside system

0 引言

近年来, 随着机动车保有量不断提升以及道路基础

设施建设, 交通污染、交通效率、交通安全等问题日渐突出, 为解决交通安全、拥堵等热点问题, 我国参照日本、欧洲等国外智能交通体系制定了中国智能交通标准^[1-2]。经过数十年的努力, 我国智能交通水平得到了很大提升, 如在城市主要路段实现违法抓拍、交叉口信号灯联网联控以及实现全国联网的ETC收费系统^[1]。随着新理论、新技术的不断推出, 一种面向城市管理的新型智慧交通构思应运而生, 即全息感知、在线推演、精明管控和全程服务的智慧交通体系^[3]。与此同时, 基于“端—管—云”的智慧高速公路的技术架构也被提出, 该架构对智慧高速公路的特征和要素进行细化分析, 并

收稿日期: 2019-07-01

基金项目: 重庆市人工智能重大专项: 智能网联汽车融合高精度定位技术研究与应(cstc2017rgzn-zdyfX0003); 重庆市技术创新与应用示范专项产业类重点研发项目: 智能车路协同自动化测试关键技术研究与应用示范(cstc2018jszx-cyzdX0064)。

第一作者简介: 陈新海(1988-), 男, 汉族, 安徽淮北人, 硕士, 工程师。主要研究方向: 自动驾驶与车路协同系统研究与应用开发。

对感知识别、管控服务和基础设施3个方面进行了特征分析^[4]。由此可知,感知与管控是智慧交通在城市、高速应用的重要方式。

车路协同是指基于车路专用通信技术(vehicle to everything, V2X)专用短程通信,车辆与路侧基站进行数据交互与协作,他既为交通感知提供了前端节点,同时也为管控提供了末端节点^[5]。目前,V2X通信主要采用专用短程通信(dedicated short range communication, DSRC)、长期演进车辆通信技术(long term evolution vehicle communication, LTE-V)两种方式^[6],随后会过渡到5G通信。但是,由于V2X通信距离短,一般500m左右,为提高通信覆盖率以及交通感知覆盖率,需要增加路侧微基站补充信号同时用于交通感知。因此,为避免基础设施重复建设,建议一杆多用,采用复合型路侧系统。

鉴于智慧交通的发展需求以及车路协同技术应用特点,本文提出一种面向车路协同的智慧路侧系统,为智慧交通提供感知、控制通道与节点,文章末尾对该系统进行了部署并验证了系统功能。

1 系统框架

为解决日益突出的交通安全、效率问题,车路协同作为合作式智能交通的关键通信技术,是未来智慧交通发展的重要方向^[7],基于此,本文研究搭建了一套面向车路协同技术的智慧路侧系统架构。

本文设计路侧系统架构以多接入边缘计算单元(multi-access edge computing, MEC)为中心,以视觉、毫米波雷达、激光雷达等感知子系统作为数据源,以实时动态差分定位(real-time kinematic, RTK)高精定位基站作为位置服务数据源,以信号灯作为信号数据源与交通控制节点,以智能路侧单元(roadside unit, RSU)作为车路通信数据收发通道,以LED信息屏和云平台作为智能交通信息发布通道,形成“1中心+1通道+1基站+1平台+3感知+4发布”的融合架构(见图1)。

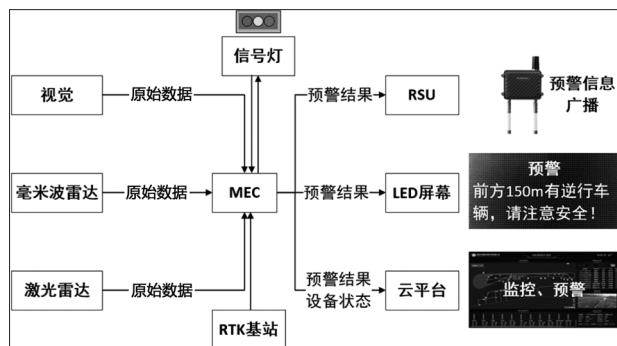


图1 智慧路侧系统框架

2 关键技术

智慧交通系统及其车载网络系统应用需要大数据分

析、最短路径规划、轨迹数据挖掘、交通网络决策分析、车载自组织网络等技术^[8-9],而智慧路侧系统则侧重于车与路的协同以及路侧智能化技术,本文系统涉及的关键技术主要包括V2X通信、高精定位基站、高精地图分发、目标识别感知、边缘计算技术等。

2.1 V2X通信

V2X通信是指借助某种满足低时延、高可靠要求的通信技术,实现车与车、车与路、车与其他设备之间实时信息交互。

目前,主流的V2X通信技术包括基于802.11p的DSRC和基于蜂窝通信的LTE-V及5G通信,DSRC技术体系已经趋于稳定,LTE-V技术正在演进之中,但由于LTE-V可以平滑过渡到5G,因而LTE-V技术有更大发展空间。

2.2 高精定位基站

目前,主流的高精定位系统均采用RTK技术方案,定位精度可达厘米级。该方案由1个基准站和多个流动站组成,基准站位置已知且固定不变,持续跟踪所有可见卫星,并通过数据电台向流动站发送差分修正数据。流动站接收基准站发射的差分修正数据,并在内部进行位置解算处理,实时获取流动站高精位置。

2.3 高精地图分发

高精地图就是在常规地图之上叠加更细化的道路参数图层、更实时的交通状态图层,即静态高精图层和动态高精图层。

高精地图的分发与传统地图中的离线和云端更新方式有所不同,增加了局部地图动态更新方式。静态高精图层数据主要通过云端获取方式,动态高精图层数据则需要从邻近区域的RSU获取最实时的动态数据。

2.4 目标识别感知

本系统中采用多传感器融合感知方式获取道路实时状态信息,包括主流的视觉感知、毫米波雷达、激光雷达3种主流传感器。

视觉传感器的优势是目标分类,通过建立真值数据库,利用成熟的算法即可进行识别,如区域卷积神经网络、快速区域卷积神经网络;毫米波雷达的优势是对多车道实时准确测速,且对环境抗干扰能力较强,不受雨雾天气影响,但是其探测距离较短;激光雷达的优势是可实时探测360度环境,且探测距离远,但是对环境抗干扰能力较弱。因此,为提高路侧感知准确性、可靠性需要采用多传感器融合方式。

2.5 边缘计算

边缘计算是指在网络边缘节点处理、分析数据,边缘节点就是在数据产生源头和云中心之间具有计算资源和网络资源的节点^[10-11]。边缘节点具有数据处理与分发功能,同时可完成场景算法等本地业务。

3 系统设计

3.1 功能设计

自动驾驶与智慧交通面临的主要问题是效率与安全, 如何通过新的通信技术与感知计算等技术实现交通的动态感知、实时交互, 是智慧路侧系统实现的关键。本文设计的智慧路侧系统集成 V2X 通信、高精定位、高精地图、融合感知、边缘计算等技术, 实现了数据感知、交通效率、交通安全、数据服务等 4 大模块功能 (见图 2)。

3.1.1 数据感知

智慧路侧系统数据感知主要基于视觉、毫米波雷达、激光雷达识别目标以及 RTK 基站实时数据, 同时接入传统智能交通既有线圈、信号灯配时数据。

3.1.2 交通效率

智慧路侧系统交通效率主要针对重要交通节点进行管理与优化配置, 包括匝道控制和交叉口绿波红波控制。

3.1.3 交通安全

智慧路侧系统交通安全主要针对视线受阻条件下事件识别预警, 包括危险行为、危险路段、恶劣天气预警。

3.1.4 数据服务

智慧路侧系统数据服务基于 V2X 通信、LED 屏幕、云平台等多种分发方式, 包括实时性较高的本地动态高精地图分发, 差分数据分发以及云平台下发的动态交通管制信息。

3.2 消息接口定义

本路侧系统采用通用二进制数据协议定义消息, 每条信息包含数据头和数据体两部分。数据流遵循大端 (高字节在前, 低字节在后) 排序方式的网络字节顺序。未使用的数据位用 0x00 填充 (见表 1)。

本协议包头为字符 0xaa 0x55, 包尾为字符 0x7d。

表 1 通信协议字段定义表

字节序号	使用说明	字节数	类型	备注
0 ~ 1	0xaa 0x55	2	unsigned char	包头
2 ~ 3	数据长度 N	2	unsigned char	数据长度
4 ~ N+3	数据	N	unsigned char	
N+4	4 ~ N+4 求和	1	unsigned char	CRC 校验和
N+5	0x7d	1	unsigned char	包尾

为防止解析冲突, 数据内容须进行转义判断, 转义规则如下:

- (1) 若数据内容中有出现字符 0xaa 0x55 的, 需替换为字符 0xab 0x55 0x01;
- (2) 若数据内容中有出现字符 0xab 0x55 的, 需替换为字符 0xab 0x55 0x02;
- (3) 若数据内容中有出现字符 0x7d 的, 需替换为字符 0x7e 0x01;
- (4) 若数据内容中有出现字符 0x7e 的, 需替换为字符 0x7e 0x02。

4 系统实现

重庆机动车强检试验场位于重庆市国家质检基地内, 占地近 33.3 hm², 包含一个直径 300 m 的动态试验广场和全长 3 460 m 的听筒形环路。针对新型车路协同技术, 该试验场内规划设计了车路协同指挥与控制中心、BDS/GPS 卫星导航地基增强站, 该系统通过新一代通信技术可提供车道级导航、主动安全预警信息、现场交通管控等服务, 为验证车路协同关键技术与场景测试提供支撑。

因此, 为验证智慧路侧系统框架功能与使用效果, 本文将系统云平台部署在重庆机动车强检试验场与监

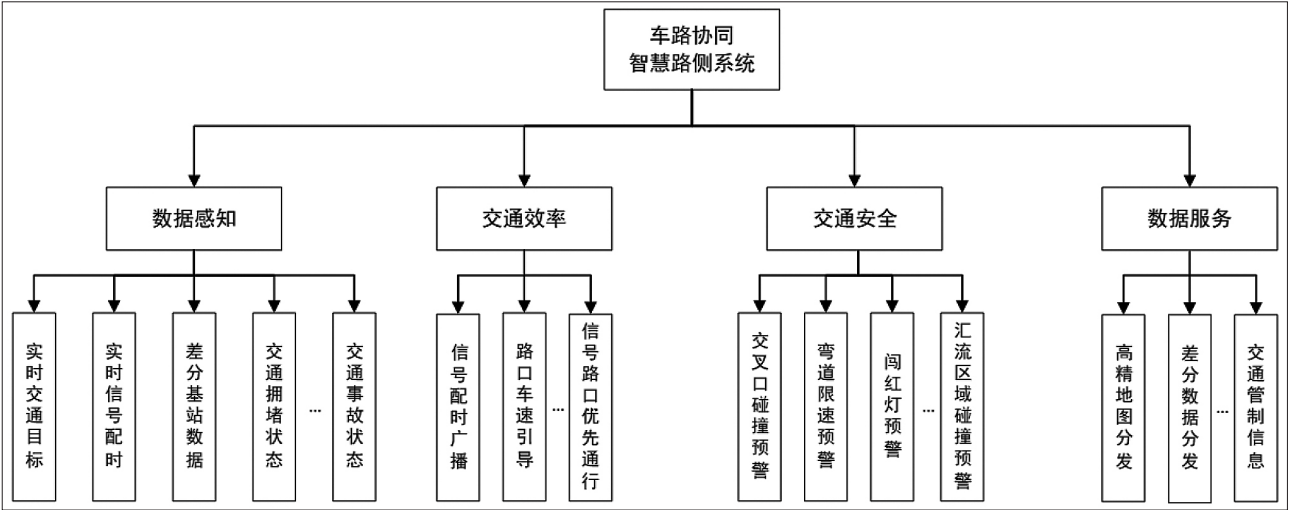


图 2 智慧路侧系统应用功能

控中心,并在试验场部署1套RTK基站和5套RSU,在监控中心部署1套RTK服务器,并将3套智慧路侧系统部署在3根路灯灯杆上。智慧路侧系统包括1套MEC控制器、1套LTE-V RSU、1套LED显示屏,以及1套融合感知系统(见图3)。通过在测试车辆上搭载车路协同车载通信与高精定位终端,本系统部署的RTK基站、路侧设备在试验场V2X通信覆盖范围内为车辆提供安全预警的同时提供了实时差分定位服务。

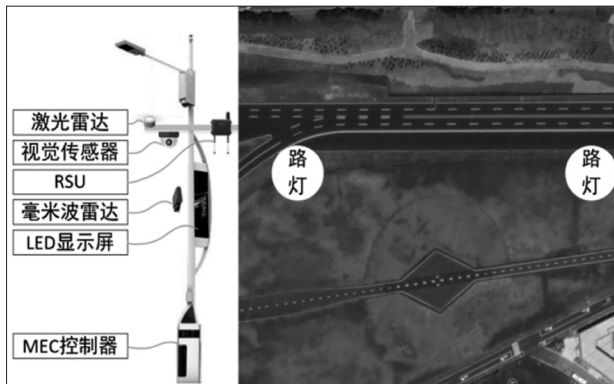


图3 智慧路侧系统部署

为验证场地内智慧路侧系统的实际运行效果,通过在测试车辆上安装LTE-V与高精定位终端,测试人员以车载平板人机界面(human machine interface, HMI)接收路侧信息服务,可实现交叉口信号灯实时显示、交叉口碰撞预警、限速提醒等V2X典型应用功能,车载系统设备安装(见图4)。



图4 车载系统安装图

本智慧路侧系统监控平台可实现对车载预警状态、云平台监控状态进行分析,系统运行效果(见图5)。与单车智能车辆相比,在智慧路侧系统覆盖范围内,安装V2X终端的车辆可以在弯道、汇流区等视线受阻区域提前预警,提高行车安全性。同时,云端监控系统可对V2X车载单元、智慧路侧系统各组件数据进行在线监控管理,提高交通管理的实时性与精细化。

5 结语

本文介绍了一种面向车路协同的智慧路侧系统,该系统采用V2X通信、RTK差分定位、高精地图分发、目标识别感知等新型技术,并利用MEC边缘计算单元实现数据融合、预警算法等业务实现。该系统架构基于



图5 智慧路侧系统应用

V2X通信与感知数据,并融合了智能交通既有的线圈等感知数据、实时信号配时数据,可实现现有智能交通的平滑升级。

下一步,我们将深入研究多个智慧路侧系统之间的协同控制技术,并进一步探索如何通过分布式路侧系统部署,实现局部动态交通数据更新与地图数据分发,实现多个路侧MEC边缘计算单元的分布式计算。

参考文献:

- [1] 刘艳锐,姚迪,李金培.中国智慧交通的内涵、发展目标与建设思路[J].现代管理科学,2018,(12):118-120.
- [2] 徐华峰,夏创,孙林.日本ITS智能交通系统的体系和应用[J].公路,2013,(9):187-191.
- [3] 张晓春,邵源,孙超.面向未来城市的智慧交通整体构思[J].城市交通,2018,16(5):1-7.
- [4] 张纪升,李斌,王笑京,等.智慧高速公路架构与发展路径设计[J].公路交通科技,2018,35(1):88-94.
- [5] 邱佳慧,陈伟,刘珊,等.车联网关键技术及演进方案研究[J].邮电设计技术,2017(8):29-34.
- [6] 陈新海,祖晖,王博思,等.车路协同试验管理原型系统设计与实现[J].工业控制计算机,2018,31(8):8-9;12.
- [7] 王博思,祖晖,陈新海,等.基于专用短程通信技术DSRC的智能车路协同系统设计与实现[J].激光杂志,2017,38(6):147-150.
- [8] 王少华,卢浩,黄莺,等.智慧交通系统关键技术研究[J].测绘与空间地理信息,2013(z1):88-91.
- [9] 张士兵,王婷婷,张晓格,等.智能交通车载网的现状及其发展策略[J].通信技术,2017,50(7):1345-1350.
- [10] 齐彦丽,周一青,刘玲,等.融合移动边缘计算的未来5G移动通信网络[J].计算机研究与发展,2018,55(3):478-486.
- [11] 宋晓诗,闫岩,王梦源.面向5G的MEC系统关键技术[J].中兴通讯技术,2018,24(1):21-25.