

车路协同+自动驾驶助力郑州智慧岛交通强国示范

任永利,董航瑞

郑州宇通客车股份有限公司,郑州 450000

摘要 从传统智能交通发展现状及瓶颈着手,结合车路协同技术的发展现状,提出了车-路-云-法一体化智慧交通解决方案,并在郑州智慧岛开放道路条件下实现了L4级自动驾驶公交示范运营,面向乘客实现常态化运营。项目成功落地验证了车路协同核心应用(盲区预警和信号协同)方案的可行性,为车路协同技术创新发展奠定了实践基础。结合国家最新5G及交通强国政策要求,对车路协同发展进行了展望。

关键词 车路协同;自动驾驶;盲区监测;信号协同

2010年至今,随着大数据、5G通信和机器学习等技术的不断发展,基于人工智能的车路协同、自动驾驶、智能出行等已成为智慧交通系统发展的关键。目前,无人驾驶技术虽已实现在特定场景下的应用,但在开放路面,特别是城市复杂的交通路口,自动驾驶汽车在应对突发状况方面依然让人担忧。单车感知为了应对复杂路况不得不配备多个激光雷达,导致自动驾驶成本急剧增加。因此,无论是从安全还是成本方面考虑,车路协同无疑成为自动驾驶规模化、商业化落地的必要条件。本文从传统智能交通的发展困境和车路协同发展现状出发,提出新一代5G-V2X智能公交解决方案,该方案在郑州智慧岛落地应用,验证了方案的有效性和领先性。

1 传统智能交通发展契机

城市交通拥堵不仅是大型城市面临的出行痛点,而且开始向中小城市蔓延。传统智能交通在解决交通拥堵、出行服务等方面经过20多年的创新发展,取得了一定成就,解决了部分交通问题:(1)优化城市路口信号配时,采用感应控制、绿波控制、区域协调、自适应控制等手段,提高了车辆在路口、路段的通行效果;(2)利用电子警察、监控、违停抓拍等执法智能设备,规范路口、路段车辆行驶、停车规范,引导车辆有序、高效通行;(3)通过交通信息发布系统,例如路侧的交通诱导屏、交通广播、APP等,引导交通出行者规避交通拥堵,合理选择最佳出行路径;(4)设置公交专用道,采用信

收稿日期:2020-03-29;修回日期:2020-04-27

作者简介:任永利,高级工程师,研究方向为智能网联公共交通,电子邮箱:renyl@yutong.com

引用格式:任永利,董航瑞.车路协同+自动驾驶助力郑州智慧岛交通强国示范[J].科技导报,2020,38(9):82-88;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.09.011

号优先等鼓励公交出行的措施。鼓励错峰出行、错峰上下班等政策引导方案,从交通需求端降低高峰交通出行峰值。5) 利用交通组织改造,包括设置单行线、潮汐车道等方式,灵活改变交通规则,发挥道路最大通行能力。

在5G网络、车路协同、智能网联等新技术出现以前,解决城市交通拥堵的有效方法仍受限于以上解决途径。除错峰出行的政策引导外,大部分仍然是从路侧端(例如信号、电子警察、监控、出行诱导、停车诱导、设置公交专用道、单行线等)和出行服务(交通广播、APP等)的角度,借助信息化、智能化手段提升交通出行效率和体验。对车辆的状态信息(位置、速度、轨迹、出发地、目的地等)利用不足,车辆和城市道路数字基础设施尚无法统筹设计、联动考虑,提升交通出行效率和体验进入瓶颈期。

随着智能汽车电动化、智能化、网联化、共享化的不断发展,特别是车路协同、自动驾驶、人工智能等新技术的突破应用,车辆与道路数字设施的协同控制变为可能,为城市交通快速出行提供无限契机。因此,车、路、云一体化智慧交通解决方案,可能是未来10年新的智慧交通发展方向。其中,最关键的核心技术包括C-V2X(Cellular V2X,即以蜂窝通信技术为基础的V2X)、自动驾驶、智能网联云控平台、5G通信等。

2 车路协同发展现状

2.1 C-V2X标准演进

车路协同V2X早期主要基于专用短距离通信(dedicated short range communication, DSRC)技术。2003年12月在马德里召开的第10届ITS(intelligent transport systems)世界大会上,美国交通部(US Department of Transportation, USDOT)宣布在5.9 GHz分配75 MHz频谱进行DSRC研究。后期随着蜂窝移动通信技术发展出现了C-V2X技术^[1]。C-V2X是由第3代合作伙伴计划(third generation partnership project, 3GPP)定义的基于蜂窝通信的V2X技术,它包含基于LTE(long term evolution)及未来5G的V2X系统。

2015年初,3GPP正式启动基于C-V2X的技术需求和标准化研究。2016年9月,在LTE(long term evolution, 长期演进)标准化机构3GPP第73次会议上,C-V2X的V2V标准在Release14中正式冻结,这标志着3GPP完成了LTE-V第1段的标准,即基于终端直通(D2D)模式的车车通信(V2V)标准化。2017年4月在法国巴黎举行的ISO/TC204第49次全会上,中国提出的C-V2X标准立项申请获得通过,确定C-V2X为ISO ITS系统的候选技术。

2017年9月完成第2阶段C-V2X标准发布,包括基于蜂窝网的V2V通信(V2V)、车路通信(V2I)和车人通信(V2P)等。支持LTE-V2X增强(LTE-eV2X)的3GPP R15版本标准于2018年6月正式完成;支持5G-V2X的3GPP R16+版本标准于2018年6月启动研究。

2018年10月25日,工业和信息化部无线电管理局发布《车联网(智能网联汽车)直连通信使用5905~5925MHz频段管理规定(暂行)》,规划5905~5925 MHz作为基于LTE-V2X技术的车联网(智能网联汽车)直连通信的工作频段^[2],规定了频率许可、无线电台执照、无线电发射设备型号核准、对现有合法业务保护准则、车联网(智能网联汽车)直连通信无线电设备技术要求(信道带宽(20 MHz)、发射功率限值(EIRP)、载频容限、邻道抑制比、频谱发射模板等),标志着中国LTE-V2X正式进入产业化阶段,为中国C-V2X基本安全业务的发展奠定了基础。与此同时,中国通信标准化协会(CCSA)和未来论坛(Future Forum)立项开展针对5G-V2X频谱的相关工作,并和包括全国汽车标准化技术委员会(NTCAS)、国际合作式智能交通系统(Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS)、中国智能网联汽车产业创新联盟(CAICV)等国内各相关标准化组织和联盟共同开展工作,一方面配合中国在2019年世界无线电通信大会(WRC19)相关议题上的工作;另一方面也为中国C-V2X支持自动驾驶等先进业务铺平道路。

目前,中国C-V2X标准已经覆盖了接入层、网络层、消息层和安全等核心技术,标准体系已初步形成。

2.2 车路协同应用现状

1) 应用场景。

随着以C-V2X为主体的通信技术的发展,汽车与汽车、汽车与行人、汽车与交通设施均被互相连接,形成车、行人以及基础设施互联的应用场景。基于C-V2X的应用场景分为3大类:交通安全类、交通效率类和信息服务类。目前,各行业协会和标准化组织针对C-V2X的基础应用场景定义了较为完善的标准,但这些标准尚未进行大规模测试,技术成熟度仍有待验证。

2) 车载终端。

新一代V2X车载终端将集成C-V2X技术,可以实现车与车、车与路、车与人、车与云平台之间的全方位连接,提供交通安全、交通效率和信息服务3大类应用^[3]。从产业架构的角度来看,车载终端主要包括通信芯片、通信模组、终端设备、V2X协议栈及V2X应用软件。目前,国内外厂商发挥自己的优势,均在产业链的各个环节推出了相应的产品,使得整个产业架构日趋完善,产业活力大大提高。

3) 路侧设施。

路侧设施被定义为C-ITS(cooperative intelligent transport systems,协作式智能交通系统)系统的道路子系统中除电子交通设施之外的部分。路侧设施主要包括V2X系统所定义的路侧单元(RSU)、感知单元和计算决策单元。路侧设施可以与道路子系统中的电子交管设施、中心子系统、车辆子系统和个人子系统进行数据交互。

路侧单元(RSU)集成C-V2X技术,实现路与车、路与人、路与云平台之间全方位连接,为网联车辆提供交通安全、交通效率和信息服务应用,同时也为交通协同管控、交通运营服务提供有效的手段^[4]。

目前,产业各方均在大力推进C-V2X业务验证示范,中国移动、大唐、华为等企业已发布支持PC5接口的商用产品,并在无锡、上海等地部署应用,推动整个产业的快速发展。

4) 通信安全。

中国在C-V2X安全相关领域的研究工作尚处于起步阶段,仅立项制定了相关通信安全标准,各主要车厂虽然积极推进V2X技术的应用与开发,

但是由于V2X安全需要在跨行业协同上首先取得明确共识,导致车厂无法确定明确的V2X商用路线图。目前针对C-V2X的安全标准、技术尚处于初级发展阶段。

5) 测试验证。

目前,国内有很多厂商和机构致力于C-V2X技术的研究和推广工作,但C-V2X相关测试标准和规范仍在建立和完善中,跨行业的测试认证体系仍需要协同,各个厂商和机构测试方式和标准不统一。C-V2X测试验证规范、测试认证体系的建立有待完善和统一。

6) 应用示范。

车联网封闭及开放环境测试是商用的必经之路,为满足智能网联汽车多场景多环境测试需求,工业和信息化部、交通部、公安部积极与地方政府合作,推进国内示范区建设,据不完全统计,目前全国已经超过30个测试示范区^[5],其中包括上海、北京-河北、重庆、无锡(先导区)、杭州-桐乡、浙江、武汉、长春、广州、长沙、西安、成都、泰兴、襄阳16个国家级示范区,涵盖无人驾驶和V2X测试场景建设、LTE-V2X/5G车联网应用、智慧交通技术应用等功能,提供涉及安全、效率、信息服务、新能源汽车应用及通信能力等的测试内容。此外,国内相关产业组织,例如整车企业、设备厂商、通信运营商、高校、科研院所及政府等,加强产学研政合作,推进V2X示范区域建设。

7) C-V2X与国外存在差距。

国外以美国、日本为代表的一些国家C-V2X发展较早,应用水平也较高,但在5G C-V2X车路协同技术方面,中国起步的时间与其相近。

在工业和信息化部、交通运输部、公安部、发展和改革委员会等多部门积极推动下,中国5G C-V2X车路协同产业已经有了一定基础,目前在全国多地建成了示范区。示范区功能逐步丰富,从最初以测试为主,逐步发展到多应用场景示范;从示范点、示范区建设向综合性、城市级车联网先导区建设转变。这些示范区促进了5G通信和智能网联汽车产业的更快发展,为未来车路协同的全国普及奠定了良好的基础。

但是在C-V2X特别5G C-V2X的推广应用方面还存在一些问题。目前的示范应用规模范围小,无法验证大规模应用对交通安全、交通效率的影响;无法验证终端设备和通信模组大规模应用时的性能和可靠性;不同设备厂商之间的互联互通验证不够;应用场景还需要进一步丰富,对某些场景需要深入优化,例如盲区预警,融合多种感知设备的人工智能算法需要进一步优化,需要在更多实际应用环境中完善和发展。

3 郑州智慧岛5G+智能公交项目

从《中国制造2025》《国家信息化发展战略纲要》到《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年(2016—2020年)规划纲要》,中国鼓励和支持5G商业化应用。2019年,河南省入选首批13个交通强国建设试点地区,加速推进5G+智慧交通大发展。郑州市具有良好的5G网络和智慧交通发展基础,为响应国家5G+交通强国发展战略,启动了一系列5G+示范工程,其中包括郑州智慧岛5G+智能公交项目(图1)。2019年5月17日,郑州宇通客车股份有限公司(以下简称“宇通客车”)与市政府、郑东新区管委会联合打造的河南省5G+示范工程在龙子湖智慧岛正式落地。项目以L4级自动驾驶巴士为核心,构建一体化5G-V2X智能公交系统解决方案,实现了“车-路-网-云-法”一体化建设,构建了新一代智能网联交通系统。



图1 郑州智慧岛5G+智能公交云控平台

1)“车”方面。此次投入运营的宇通L4级自动驾驶巴士(图2)搭载5G终端车载单元(on board



图2 郑州智慧岛L4级自动驾驶车辆

unit, OBU),具备智能交互、自主巡航、换道、避障、超车、会车、跟车、进站以及紧急制动、精确停靠、路口通行、车路协同等功能,完全达到高度自动驾驶水平。

2)“路”方面。此次智慧岛项目设置了自动驾驶车辆专用车道。在专用车道内,宇通建设路端C-V2X设备实现了远程监控、信号诱导及盲区预警等功能。

3)“网”方面。河南省作为国家首批5G示范城市,智慧岛区域实现了5G信号全覆盖,为自动驾驶运营打下了网络硬件基础。

4)“云”方面。宇通客车自主研发的自动驾驶云控平台打造了三维高清地图,可实现对车辆、道路的实时视频监控、统计预测客流情况,运营调度和排班计划;基于5G实现了对车辆的远程控制、平行驾驶、远程充电。

5)“法”方面。2018年河南省印发了《河南省智能网联汽车道路测试管理办法(试行)》,旨在为自动驾驶上路运行提供法律基础。宇通自动驾驶巴士不负众望通过了测试及认证,并拿到了牌照。

项目包括实施部署了4台智能网联车辆(装载C-V2X车载终端)、11套路侧设备RSU(7个信号协同、4个盲区预警)、36个5G基站及3个数字化站台。

落地运营至今,智慧岛5G自动驾驶微循环公交车累计运营总里程2.5万km,累计接待政府、行业客户和普通市民人数达1.5340万人次。该项目在智慧岛的落地,标志着宇通实现了从“单车智能”到“群体智能”的转化,在构建智能交通新业态、建立智慧交通新体系的过程中,完成了从自动驾驶车

辆提供商向 5G-V2X 智能网联一体化解决方案提供商的转变。

4 通过郑州智慧岛 I2V 典型应用场景验证先进技术

4.1 I2V(infrastructure-to-vehicle)盲区监测系统

自动驾驶基本可以做到零漏检,但是还是会遇到很多特殊情况,如图 3 的盲区监测,躲在墙后的车高速冲出来,对于自动驾驶车辆来说无法通过自身传感器感知,只能通过路侧盲区监测系统进行检测。

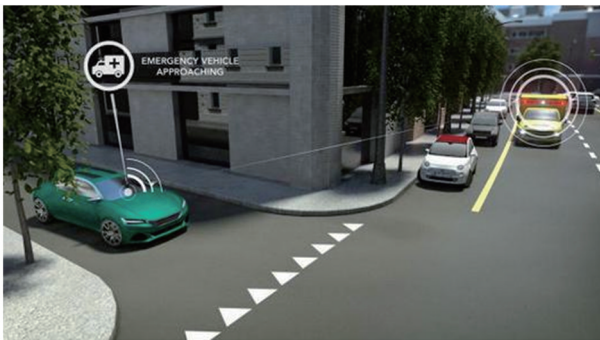


图3 盲区监测示意

如果说,激光雷达赋予了自动驾驶汽车一双“眼睛”,那么装上了激光雷达路侧感知系统的车路协同,就是为路面的汽车打开了“超级视角”,使每一个交通参与者都可从宏观、微观角度即时、动态地掌握道路信息。

为赋能车路协同,研发基于激光雷达的路侧感知系统,将多线激光雷达架设在高速公路出入口、大型十字路口,同时可配合摄像头、毫米波雷达等多种传感器,将路面信息包括来往行人、物体全部纳入 V2X 的数据网络中,再通过交通控制中心服务器向周边或者更远距离的车辆进行广播,同时为车辆提供路口通行信息及交通安全信息提示,包括红灯提醒、驾驶速度提醒、盲区提醒等(表 1)。

以往,车辆信息都是被动地通过视频、雷达等设备获取,但车路协同实现后,车的速度、车的目的地、车的状态,都可以由车辆主动提交。而路面、围栏、交通标志、信号灯,也可以向车辆发送信号,传输信息,从而保证车与车之间的安全行驶关系、随时把控每辆车的状况和应急需求、为车辆传达远处的路况,使每一辆车突破原来的单车感知局限,拥有了超视距、无死角的“超级视角”。

表 1 车路协同系统硬件功能定位

硬件名称	功能定位
激光雷达	激光雷达实时采集获取路面周围环境信息,实时分析路面所有机动车、非机动车、行人等的相对位置关系,判断障碍物危险系数,有效地提前预警
摄像头	通过标定与激光雷达世界坐标系参数,为探测区域内激光雷达探测到的障碍物提供融合检测识别数据,并进一步提供障碍物更真实的图像信息
光纤交换机	将多个激光雷达和摄像机的数据连接融合起来,可实现局部到全局的一个关联数据传输
终端服务器	终端处理激光雷达和摄像头实时采集的路面数据信息处理,并实时监控

车路协同系统将激光雷达静止安装于路边,以静制动,对其下方的移动物体具有很高的探测准确率。同时,将激光雷达与摄像头联合标定、数据融合,通过功能互补有效提高道路数据获取的准确性与可靠性,从而为自动驾驶补足安全冗余。开放道路全路况下,即使是高配版的自动驾驶,目前上路依旧面临较大挑战,例如恶劣天气、视线遮挡、公交站鬼探头、跟车闯红灯等场景。车路协同系统的 RSU 路侧终端将红绿灯信息、盲区检测通过路云

网,实时映射到云端三维地图上,实现路口及盲区信息数字化映射,根据实际路况场景对车辆做进一步警告威胁判断,例如管制道路异物入侵警告、盲点警告等,使得自动驾驶车辆提前获取前方车辆出入口信息,及时采取安全驾驶操作,或主动触发减速刹车。

4.2 I2V 信号协同系统

1) 信号协同基础方案。

经过有交通信号灯的路口(图 4),路侧单元

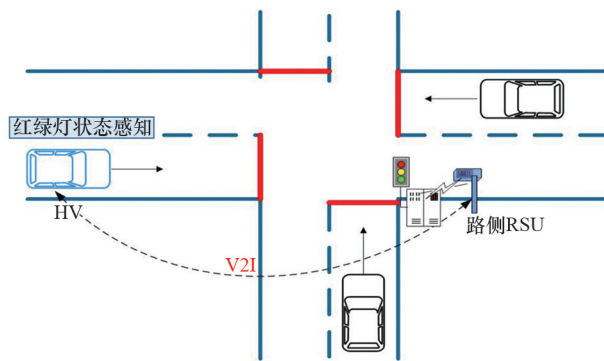


图4 信号协同示意

RSU实时广播红绿灯相位、信令时长等红绿灯数据,广播范围内的车辆基于OBU实时获得对应红绿灯数据信息,可为自动驾驶车辆、天气原因、前方车辆遮挡等场景提供精准数据,保障通行安全;车辆通行至红绿灯路口时,OBU获得当前车道的相位和信令时长,结合当前车辆车速判断是否可以正常、安全通行,若判断无法在合理车速的前提下车辆无减速行为时,及时预警。

2) 信号优先方案。

在车辆到达红绿灯路口前,结合实际运营及道路通行情况,车载OBU按需请求信号优先。根据路口信号优先的请求反馈结果,动态计算车辆所需通行车速,自动驾驶车辆按照诱导车速行驶,以最少等待和最快速度通过路口。

5 车路协同产业未来展望

车路协同产业涉及面广、产业链长、跨界融合特征突出,涵盖传感器、高精度地图、互联网、芯片、AI算法、汽车电子、道路设施、路侧设备等上游关键产业;智能制造、交通企业、自动驾驶、系统集成、数据集成等中游系统集成产业;公共服务、共享出行、物流配送、行业服务等下游应用服务产业。

车路协同一体化发展被作为《交通强国建设纲要》5个战略重点之一,通过顶层设计完善标准法规,建设“聪明的路”,完善“智能的车”,推动应用“示范-推广-成网”,提高通行效率和交通安全,促进节能环保,并在长途货运或城市公交方面率先推进无人驾驶。

中国智能汽车创新发展核心依托道路基础设施的信息化、智能化、标准化,未来车路协同将是支撑智能汽车创新的核心路线。工信部《关于推动5G加快发展的通知》中明确提出,推动将车路协同纳入国家新型信息基础设施建设工程,促进LTE-V2X规模部署,推动5G、LTE-V2X纳入智慧城市、智能交通建设的重要通信标准。

到2025年,将实现C-V2X车路协同关键技术的商用突破,具备C-V2X联网能力的新车前装率达到50%以上,同时实现新能源汽车100%的前装;面向智能网联汽车产业的智能交通基础设施的信息化、智能化水平大幅提升,基本形成新能源汽车的“人-车-路-云”互联互通,提升交通基础设施的互联互通和大数据共享水平。

综合国家各类政策的指向,未来车路协同将成为国家中长期交通基础设施建设的核心。通过“智慧的车”+“聪明的路”,形成“人-车-路-网-云”的一体化交通体系,是中国对于智能汽车和未来交通的顶层设计、在国家层面上的高度共识,这既是中国制度的优势,也是加快制造强国、科技强国、交通强国、数字中国、智慧城市的核心切入点。

6 结论

从传统智能交通发展的困境出发,引出车路协同发展的必然性,提出了车-路-风-云-法一体化智慧交通解决方案,并在郑州智慧岛开放道路条件下实现了L4级自动驾驶公交示范运营,面向乘客实现了常态化交通接驳示范。项目的成功落地验证了本文车路协同方案的可行性,为车路协同技术创新发展和大规模应用推广奠定了基础。

2020—2021年是车路协同产业的导入期,未来3~5年中国车路协同产业将迎来爆发期,车与路的协同会助力自动驾驶和智慧交通迈向下一个新阶段。车路协同产业涉及政府、运营商、设备供应商、科技企业、方案解决商等,需要多方协作完成,而跨领域的携手合作将是未来车路协同的主旋律。

随着5G技术、人工智能、高精定位技术、V2X通信标准、网联道路法规、智慧道路等技术的不断

发展和完善,在政策扶持、企业尝试、学者钻研的良好氛围下,自动驾驶技术也将逐步成熟,大规模商业化应用将指日可待。

参考文献(References)

- [1] IMT-2020(5G)推进组. C-V2X 白皮书[R]. 北京: IMT-2020(5G)推进组, 2018.
- [2] 缪立新, 王发平. V2X 车联网关键技术研究及应用综述[J]. 汽车工程学报, 2020, 10(1): 1-12.
- [3] 李俨. 5G 与车联网[M]. 北京: 电子工业出版社, 2019: 89.
- [4] 张杰. C-V2X 与智能车路协同技术的深度融合[J]. 中兴通讯技术, 2020: 1-14.
- [5] 文捷. 车路协同、智能网联发展中国特色的自动驾驶[N]. 中国建设报, 2020-01-20(7).

To build a powerful transportation demonstration of China: Zhengzhou Smart Island with the help of vehicle-road coordination and self-driving

REN Yongli, DONG Hangrui

Zhengzhou Yutong Bus Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China

Abstract This paper discusses the development status and bottleneck of traditional intelligent transportation at first, then combined with the development of motor road coordination technology it puts forward an integrated intelligent transportation solution of car, road and cloud. Next, it presents the L4 self-driving bus demonstration operation under open road condition of Zhengzhou Smart Island, which has been put into normal operations for passengers. The successful landing of the project has verified the feasibility of the road coordination core application scheme(blind zone early warning and signal coordination), and laid a practical foundation for the development of road cooperative technology innovation. Finally the paper visions the future of the coordinated development of the road in terms of the country's latest 5G and transportation power policy.

Keywords vehicle-road coordination; autonomous vehicles; blind spot monitoring; traffic signal collaboration ●



(责任编辑 王志敏)