

车路协同技术在智能交通系统中的创新应用

郑 娜

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司 上海 200092

摘 要：本文围绕车路协同技术在智能交通系统中的创新应用展开。阐述其基础架构，包括感知层、网络层和应用层。分析在交通安全、效率提升、智能出行服务及自动驾驶支持等领域的创新应用方向，并提出应对挑战的策略，如技术创新、标准完善等，同时展望技术融合创新与规模化应用的发展趋势。

关键词：车路协同技术；智能交通系统；创新应用；发展趋势；应对策略

引言：随着城市化进程加快和交通需求增长，传统交通管理模式面临严峻挑战。车路协同技术通过整合先进的传感、通信与计算能力，实现车辆与道路环境的实时信息交互，成为提升交通运行效率与安全水平的关键手段。该技术不仅能够优化交通管理方式，还为出行服务升级和自动驾驶发展提供了坚实基础，是推动智能交通系统向更高层次发展的关键力量。

1 车路协同技术基础架构

1.1 感知层

1.1.1 车辆感知设备

车载传感器是车辆获取信息的关键组件。雷达通过发射电磁波并接收反射信号，能精准测量目标物体的距离、速度和角度，为车辆自适应巡航、碰撞预警提供数据支持。摄像头凭借图像采集功能，可识别道路标线、交通标志以及周围车辆和行人，实现车道偏离预警等功能。激光雷达发射激光束构建三维环境模型，将车辆周边环境细节转化为点云数据，助力自动驾驶决策。不同类型车载传感器各有优劣。雷达受恶劣天气影响小，但无法获取物体纹理信息；摄像头成本较低，成像直观，不过在夜间或光线不足时性能下降；激光雷达测量精度高，环境感知全面，却因成本高昂难以大规模应用。它们适用于不同场景，常组合使用以提升感知效果。

1.1.2 道路感知设备

路侧传感器沿道路关键节点部署。地磁传感器埋于路面，通过检测车辆通过时磁场变化，持续记录过往车辆数量和时间间隔。视频检测器架设在道路上方，借助图像处理算法，分析画面中车辆位置、速度，识别异常交通行为^[1]。微波传感器向道路发射微波信号，利用反射波探测车辆位置、速度和车距，不受光照影响，24小时不间断工作。这些设备协同构建起道路感知网络。地磁传感器实时统计路段车流密度，视频检测器精准捕捉车辆排队长度，微波传感器监测车速变化趋势，多源数据

融合，为交通运行态势分析提供全面信息支撑。

1.2 网络层

1.2.1 通信技术类型

专用短程通信（DSRC）采用5.9GHz频段，在短距离内实现车辆与车辆、车辆与基础设施快速通信。其低延迟特性使车辆能迅速交换紧急制动、变道意图等信息，保障行车安全。蜂窝车联网（C-V2X）依托移动通信网络，整合4G/5G技术优势，覆盖范围更广，数据传输速率高，支持高清地图、视频流等大数据量信息交互。DSRC适用于局部区域车辆间紧急信息交互，传输距离通常在数百米，网络容量有限；C-V2X覆盖范围可达数公里，能承载更多设备连接，传输稳定性强，但相对延迟略高，不同通信技术在不同场景发挥各自优势。

1.2.2 通信网络架构

车路协同通信网络由车辆与车辆（V2V）、车辆与基础设施（V2I）通信链路交织而成。V2V链路让车辆间直接交换行驶状态、驾驶意图，避免追尾、碰撞风险。V2I链路则使车辆与信号灯、路侧单元通信，接收实时交通信号配时、道路施工预警。稳定通信链路是信息传输的保障。优化的网络协议确保数据按优先级传输，关键安全信息优先送达，减少传输延迟与丢包率，使车辆及时获取有效信息，做出合理决策。

1.3 应用层

1.3.1 交通管理应用

车路协同技术重塑交通管理模式。交通信号控制根据实时车流动态调整信号灯配时，车流密集路段延长绿灯时长，缓解拥堵。交通诱导系统整合多源数据，生成动态交通信息，引导车辆避开拥堵路段。异常事件检测功能，通过车辆与路侧设备数据交互，及时发现交通事故、道路故障，快速响应处置。这些应用从多方面提升交通管理效能。动态信号控制减少车辆等待时间，交通诱导避免局部路段过度拥堵，异常事件快速响应降低对

交通流干扰,整体提升道路通行效率。

1.3.2 出行服务应用

车路协同为出行带来便利体验。实时路况查询基于车辆与路侧设备采集数据,生成精准路况信息,让出行者提前掌握道路状况。最优路线规划综合考虑实时交通、道路施工等因素,规划避开拥堵的路线。停车引导服务通过与停车场系统通信,推送空闲车位信息,引导车辆快速抵达。这些服务简化出行流程。精准路况和路线规划减少行程时间,停车引导解决停车难题,全方位提升出行效率与舒适度。

2 车路协同技术在智能交通系统中的创新应用方向

2.1 交通安全领域

2.1.1 碰撞预警与避免

车路协同技术构建起车辆与道路基础设施间的信息交互网络,为碰撞风险预判奠定基础。道路上的感知设备持续监测周边车辆行驶状态,将车速、行驶轨迹等信息实时传输给临近车辆。当某车辆行驶轨迹出现异常,或是两车行驶路径即将交汇时,信息会迅速传递至相关车辆。车辆接收信息后,系统依据预设算法评估碰撞风险。一旦判定存在潜在危险,车内预警装置立即启动,通过声音、震动等方式提醒驾驶员。若驾驶员未及时做出反应,车辆自动制动系统将介入。该系统根据车辆实时速度、与障碍物距离等参数,精确计算制动力度,降低车速,避免碰撞或减轻碰撞伤害。

2.1.2 不良驾驶行为干预

车路协同技术借助多源信息采集,实现对驾驶员不良驾驶行为的监测。车载传感器实时采集车辆行驶数据,结合道路感知设备获取的交通规则信息,可识别超速行为。通过分析驾驶员操作频率、车辆行驶状态变化,能判断疲劳驾驶情况;依据车辆变道时是否符合交通标线、有无提前打转向灯等,识别违规变道行为。当监测到不良驾驶行为,系统会分级进行干预。对于轻微超速,车内提示系统发出温和提醒;若持续超速,系统与车辆动力系统联动,限制发动机输出功率,降低车速。面对疲劳驾驶,除语音警示外,还会推送附近休息场所信息;针对违规变道,通过车载终端显示警示画面,并在必要时限制车辆的变道操作,引导驾驶员遵守交通规则。

2.2 交通效率提升领域

2.2.1 动态交通流量调控

车路协同技术通过道路感知设备和车载传感器,全方位实时获取道路交通流量信息。这些信息涵盖各路段车辆数量、行驶速度、排队长度等。系统对海量数据进行分析处理,依据不同时段、路段的交通需求,动态调

整交通信号配时^[2]。在交通高峰时段,当某路段车辆积压严重,系统延长该方向绿灯时长,加快车辆通行速度;对于车流量较小的路段,则缩短绿灯时间。通过这种动态调控,交通流量在路网中得到优化分布,减少车辆在路口的等待时间,避免交通拥堵的形成与蔓延,提升整体道路通行效率。

2.2.2 车辆协同编队行驶

车辆协同编队行驶依托车路协同技术实现高效协作。头车作为编队核心,其行驶状态,包括速度、转向、制动等信息,通过专用通信链路实时传输至跟随车辆。跟随车辆搭载的自动驾驶系统接收数据后,利用高精度控制算法,精确调节油门、刹车和转向,始终与前车保持安全且紧凑的间距。在高速公路场景中,多辆货运车辆组成编队行驶,不仅大幅减少空气阻力,降低燃油消耗,还能充分利用道路空间。原本只能容纳单辆货车通行的道路宽度,在编队模式下可容纳多辆车紧密排列前行,显著提高道路利用率,同时减少因频繁加减速导致的能源浪费。

2.3 智能出行服务领域

2.3.1 个性化出行规划

车路协同技术整合实时交通信息与用户偏好,生成个性化出行路线。系统收集道路拥堵、施工等实时交通状况,结合用户设定的出行时间、出行目的、交通工具偏好等信息,运用算法规划路线。对于追求快速出行的用户,优先推荐无拥堵路段;注重经济成本的用户,则规划公共交通与步行结合的路线。在考虑多种出行方式衔接和优化方面,系统会分析公交、地铁的发车时间与到站时间,结合步行、共享单车等短途接驳方式,制定无缝衔接的出行方案,节省用户出行时间和成本。

2.3.2 实时出行信息推送

车路协同技术通过多种渠道向出行者实时推送交通信息。当道路发生施工、交通事故时,道路感知设备第一时间获取信息,经系统处理后,通过手机应用、车载导航终端等发送给出行者。这些信息为出行者调整出行计划提供依据。收到事故预警信息,出行者可提前更换出行路线;了解道路施工信息,能选择避开施工路段的出行方式。及时准确的信息推送,帮助出行者合理安排行程,避免因突发状况耽误时间,提升出行的可控性和便利性。

2.4 自动驾驶支持领域

2.4.1 高精度定位与地图更新

卫星定位在复杂环境下存在精度不足问题,车路协同技术为自动驾驶车辆提供补充。道路上部署的定位基

站与车载设备配合,通过信号交互实现高精度定位。基站发送位置修正信息,车辆接收后对自身位置进行校准,误差大幅缩小。道路感知设备持续采集道路变化信息,如新增车道、交通标志变更等。这些信息实时传输至数据中心,经处理后生成地图更新数据,推送至自动驾驶车辆。车辆及时更新地图,确保获取最新道路信息,为自动驾驶决策提供准确依据。

2.4.2 协同决策与控制

车路协同技术在自动驾驶车辆与道路基础设施间建立协同决策和控制机制。道路感知设备监测到前方道路出现突发状况,如障碍物、恶劣天气,立即将信息传输给附近自动驾驶车辆。车辆接收信息后,结合自身传感器采集的数据,与道路基础设施进行信息交互和协同分析,共同制定应对策略。在决策确定后,道路基础设施通过通信网络向车辆发送控制指令,车辆执行指令,调整行驶速度、方向,确保行驶安全,提高自动驾驶的安全性和可靠性。

3 应对策略与发展趋势

3.1 应对策略

3.1.1 技术创新与研发

车路协同技术的发展依赖关键技术的突破。通信技术层面,需着力提升传输稳定性与抗干扰能力,开发适用于复杂交通环境的新型通信协议。数据处理技术方面,研究高效算法实现海量感知数据的快速解析与融合,为决策提供更精准信息。在感知技术上,探索毫米波雷达与激光雷达的融合新方案,增强环境探测的准确性和全面性。产学研合作成为加速技术成果转化的重要途径,高校和科研机构专注前沿技术研究,企业则将研究成果转化为实际产品和服务,缩短技术从实验室到市场的周期。

3.1.2 标准制定与规范完善

统一标准是车路协同系统互联互通的基础。加快制定传感器接口、通信协议、数据格式等方面的标准规范,避免设备和系统间出现兼容性问题^[3]。规范系统安全防护要求,保障数据传输和处理过程中的安全性。建立动态更新机制,随着技术发展及时修订标准,确保其适用性。标准化的实施,能确保不同厂商的设备和系统协同工作,实现车辆与道路基础设施之间的顺畅通信,提升整体系统的可靠性和互操作性。

3.1.3 管理与运营机制优化

优化管理与运营机制需建立跨部门协调机构。整合交通、通信、市政等多部门资源,打破信息壁垒,实现数据共享与协同管理。搭建统一管理平台,实现对车

路协同系统设备状态、数据传输、应用服务的实时监控与调度。完善运营监管体系,明确各参与方的责任与义务,制定系统运维、故障处理等流程规范。通过合理的运营机制设计,保障车路协同系统持续稳定运行,提高资源利用效率,促进系统良性发展。

3.2 发展趋势

3.2.1 技术融合与创新

车路协同技术与人工智能、大数据、物联网深度融合成为必然趋势。人工智能算法嵌入系统,增强交通事件的智能识别与预测能力,使系统能提前感知潜在风险并主动干预。大数据技术对海量交通数据进行深度挖掘,分析交通流量变化规律和用户出行习惯,为交通管理和出行服务提供更科学的决策依据。物联网技术实现交通系统中各类设备的全面互联,构建更庞大、智能的交通生态系统,催生更多创新应用场景。未来,边缘计算技术将与车路协同结合,实现数据的本地化快速处理,降低系统延迟,提升响应速度。

3.2.2 规模化应用与普及

车路协同技术在智能交通领域的规模化应用前景广阔。城市交通中,从单点信号控制扩展到区域交通协同管理,实现整个城市路网的高效运行。高速公路上,推广车辆协同编队行驶、自动驾驶辅助等应用,提升通行效率和行车安全。在智能公交领域,通过车路协同实现公交优先通行、精准到站预测,提升公交服务质量。为推动技术普及,需降低设备成本,提高系统易用性。同时加强基础设施建设,在更多路段部署路侧设备,扩大覆盖范围,让更多用户享受到车路协同技术带来的便利。

结束语

车路协同技术在智能交通系统中展现出巨大潜力,其在交通安全、效率提升、智能出行服务及自动驾驶支持等领域的创新应用,为交通发展带来新变革。通过技术创新、标准制定与机制优化等应对策略,以及新兴技术的融合发展,车路协同技术有望实现规模化应用与普及,推动智能交通系统迈向更高水平,为人们创造更便捷、安全、高效的出行环境。

参考文献

- [1]千翔.车路协同视域下的智能交通系统体系及技术应用[J].大众科技,2024,26(1):5-9.
- [2]邱明帅.基于智能交通的车路协同系统技术的研究[J].城市情报,2024(10):145-146.
- [3]武晓博,龚兴涛,杨皓元.基于车联网技术的高速公路智能车路协同系统设计[J].自动化技术与应用,2024,43(12):20-24.