

物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中的应用

冯晓兰

(江苏省惠山中等专业学校 江苏 无锡 214000)

摘要:目前,物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中得到广泛应用,极大地提高了车辆感知与决策精度,有利于提升车辆性能。该文分析物联网技术在智能交通与自动驾驶系统中的定义和技术架构,探讨物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中应用面临的挑战,从构建多传感器协同感知框架、推进边缘计算部署、建立多层次网络安全防护机制、引入 AI 辅助感知算法方面探讨物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中的应用策略,以提升自动驾驶系统的可靠性,保障汽车自动驾驶的安全性,优化驾乘人员的体验感。

关键词:物联网技术;自动驾驶;环境感知

物联网技术能够将车辆、基础设施与行人联系在一起,为实现汽车自动驾驶环境感知与决策支持提供了可能。但在汽车自动驾驶过程中,复杂的环境感知与决策对物联网技术的应用提出了较高要求,需要持续提升数据融合的实时性、安全性。本文对物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中的应用进行探讨,以提升汽车自动驾驶性能,保障驾乘人员的体验感。

1 物联网技术在智能交通与自动驾驶系统中的定义和技术架构

物联网技术是车路协同及自动驾驶系统建设的重要基础,在智能交通系统中的应用已经不局限于信息传输层面,而是渗透到感知、识别、判断及反馈整个过程。具体而言,物联网系统通过布设于道路、车辆和交通设施上的传感终端来实现环境信息动态获取,以此实现车辆状态准确监测、边缘及云端数据的高速传输。在自动驾驶系统中,物联网、车载计算平台、通信模块及控制系统构成了一个高度融合的协同架构,使汽车可以实时地获取高速移动状态下的交通信号、道路状况及周围车辆行为的多源异构数据^[1]。特别是在高级别自动驾驶阶段,物联网技术既能够提供感知数据,又参与决策推理和路径规划等辅助工作,并通过和 5G、V2X、边缘计算等技术融合促进自动驾驶系统从孤立封闭到互联开放体系的演化。

2 物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中应用面临的挑战

2.1 传感器数据来源复杂、异构性强,融合处理难度大

目前,自动驾驶系统的正常运行需要以采集环境信息的多类传感器为支撑,主要有摄像头、毫米波雷达、激光雷达和红外探测器。这些装置的数据输出形式不同,精度等级和刷新频率也存在差异,在实际运行时表现出高度异构的特点。以摄像头为例,其优势是对色彩、细节的感知能力很强,但是会受到光照变化的影响;毫米波雷达对于天气的干扰并不敏感,但其分辨能力仍有待提升;激光雷达虽然具备三维建图能力,但造价高昂,并且功耗较大。多源数据访问虽然增强了自动驾驶系统冗余性和扩大了感知范围,但是在数据融合处理方面给系统带来了挑战,比如在算法层面,如何在保证实时性前提下统一坐标系,对不同模态信息下时间戳偏移进行处理并剔除干扰信号一直是设计者面临的难题。此外,一些传感器由于受到硬件老化、突发故障或者外部遮挡等因素的影响,可能会造成数据失真问题,进一步增加了融合算法在稳定性和鲁棒性方面面临的技术压力。

2.2 实时性要求高,网络延迟与数据拥堵限制决策效率

汽车自动驾驶环境感知与决策过程以毫秒级时

作者简介:冯晓兰,江苏省惠山中等专业学校讲师,研究方向为物联网传感器、电工电子技术。

间为计算单元,其效率取决于高频率和低延迟数据传输与处理能力。但现有物联网架构下的传感终端、云端及边缘节点间的数据传输效率往往受到通信网络带宽、节点分布密度及数据调度机制的限制,从而造成总体链路传输延迟问题。特别是在城市高密度的交通环境下,数据流的剧增导致通信瓶颈频繁出现,使得一些关键信息无法被及时传至车辆控制系统。在决策链条上,信息获取一旦发生迟滞甚至毫秒级延迟,都会造成制动、转向等指令执行时机发生偏移,导致系统反应错误。此外,在集中式计算架构下,一些自动驾驶平台的多车协同和车路协同模块同时工作时单点计算压力会突然增加,从而进一步拖慢网络数据处理节奏^[2]。此外,在异构通信网络共存环境下(如4G、5G、DSRC混合),信道切换过程可能会造成瞬时数据丢包或拥塞,影响自动驾驶系统对突发状况的反应速度。

2.3 网络安全与数据隐私问题威胁自动驾驶系统可靠性

在自动驾驶系统对物联网技术依赖度越来越高的情况下,其所受到的网络安全威胁正以几何级数增长。在车端路侧设备和云端的不断交互中,数据很容易受到恶意攻击,攻击手段既有传统数据窃取和通信监听,也有中间人攻击、伪基站干扰和节点伪造等新型威胁形式。攻击者可能通过入侵车载通信系统来篡改感知数据或者伪装合法信号扰乱车辆路径判断,进而造成行车风险。同时,系统级漏洞会给攻击者带来操作空间,特别是当OTA(空中升级)进程不需要加密验证机制时,攻击者可能会导入恶意代码来操纵车辆执行非预期指令。此外,数据隐私是除直接安全威胁之外不可忽略的一部分。自动驾驶车辆在进行环境感知时,会采集到大量的高频位置轨迹、用户习惯、周围环境等敏感信息,这些信息一旦被泄露出去,不仅会侵犯个人隐私,还可能被应用于交通控制分析、舆情操纵及其他恶意使用的场合。

2.4 环境复杂多变,物联网感知精度与鲁棒性不足

自动驾驶汽车面临的交通环境具有高度动态性,不仅具有车道线改变、信号灯转换等典型特征,而且往往伴有雨雾天气、路面反光和夜间灯光不足等极端现象。在这种情况下,物联网系统的稳定性和鲁棒性至关重要。部分传感器在标准测试场景中具有较好的性能,但是在实际道路上感知误差率可能会明显增加。比如,雨雪天气下,激光雷达束会受到水滴折射的干扰,造成距离测量失真;夜间情况

下,摄像头容易受远光灯的干扰而降低识别精度。此外,感知算法鲁棒性往往受到临界情境的挑战,如多目标的重叠遮挡和动态物体轨迹交叉会使目标识别和跟踪过程变得模糊,从而诱导系统做出误判^[3]。同时,交通环境中还存在多种“非标准”因素,比如未设置电子标识的公路、没有反光标线的乡道及突发事故引发的交通管制等,这些异常情况通常不会被物联网系统感知和识别,极大地降低了系统适应现实环境的能力。

3 物联网技术在汽车自动驾驶环境感知与决策中的应用策略

3.1 构建多传感器协同感知框架,提升数据融合与一致性处理能力

自动驾驶系统环境感知是否准确,直接决定车辆后续的路径规划和决策是否可靠。为弥补单一传感器功能的不足,可构建多传感器协同感知框架。该框架一般融合激光雷达、毫米波雷达、摄像头和超声波传感器等各类器件,利用物联网通信协议进行跨器件数据协同采集。在具体构建过程中,首先需要建立统一数据接口和标准化时间戳机制,避免信息异步带来的空间重建错误。其次,要开展融合算法设计。当前,基于贝叶斯估计、卡尔曼滤波或者深度学习的多模态融合算法虽然各有其适应性优势,但是存在计算负担大、边缘节点性能需求高等问题。因此,需要在终端、边缘和云端对计算负载进行合理分割^[4],如在车载边缘设备中实现数据预处理和初级融合,同时把复杂三维建模和场景预测迁移到云端平台上进行,以此提升算法的数据融合与一致性处理能力。

3.2 推进边缘计算部署,缩短数据传输路径,降低决策延迟

传统依靠云端的处理方式在数据回传与反馈环节存在时延,限制了自动驾驶系统的反应速度与安全性能。对此,可将关键计算任务部署到边缘节点,以此增强物联网架构下自动驾驶系统的实时性。在部署边缘计算时,要解决节点计算能力有限、能源供给不足和模块集成度低的问题。在技术实施方面,可以采用SoC(系统级芯片)集成、选择低功耗的处理单元,并结合动态资源调度策略,以提高边缘计算模块的工作效率。在网络架构中,需将边缘层和感知层密切耦合起来,对数据流进行本地预处理,做到实时判别和快速响应,以避免长距离传输造成的时间损耗和网络瓶颈。此外,为确保边缘节点间

的数据一致性与同步性,需引入轻量级协同机制与去中心化架构,增强自动驾驶系统在面对突发场景(如多车协同避障)时的自主协调能力。推进边缘计算部署,既能有效缩短数据处理链条,又可为自动驾驶系统实现高频次、低时延的闭环控制奠定技术基础。

3.3 建立多层次网络安全防护机制,保障数据安全与通信稳定

在自动驾驶系统对物联网通信依赖程度较高的背景下,网络安全防护已经成为基础架构设计中最核心的因素之一。物联网系统内的各级通信节点车载终端、道路感知设施、V2X 通信模块和云端控制中心等都属于网络攻击对象,一旦遭到攻击,不仅有可能造成传感器数据失真和路径规划失误,还可能直接造成交通事故并危害人身安全。为此,在网络安全架构设计阶段,要具备纵深防御理念,并通过建设具有自治能力的分层安全体系来实现安全策略向物联网系统若干关键节点的植入。第一,应从硬件设备的接入控制开始,实施可信模块的认证机制,如使用 TPM 芯片来绑定终端身份,并结合物理层的信号特征进行校验,防止非法终端伪装接入系统。第二,要确保通信链路加密密钥动态性得到维护,以免静态密钥外泄导致信息暴露。在实际部署中,支持轻量级加密协议(如 DTLS、ECC)成为必要前提,并且要兼顾实时性和运算负载^[5],同时节点间的数据传输要采用链路隔离和沙箱机制来约束可能的横向扩散路径,减小攻击面覆盖范围。对于上层控制模块而言,在对其进行传统访问权限管理与多因子身份验证的同时,需要构建一个基于异常行为特征的识别模型,通过对节点之间的通信频率、数据结构完整性和指令调用路径进行实时的参数分析,形成一套动态可信的评估机制,并利用该机制在攻击还没有造成损害之前达到主动阻断的目的。此外,在进行系统更新时,应当引入完整性验证机制,例如采用基于 Merkle 树的固件验证框架,防止恶意代码通过更新路径被注入。而且在制定网络安全整体防护措施时,需要整合 OTA(Over-the-Air)策略,以确保系统的灵活性并进行风险修正。

3.4 引入 AI 辅助感知算法,增强物联网系统对复杂环境的适应能力

自动驾驶汽车所处的现实道路环境复杂多样,既有车道线、标志牌和障碍物轮廓等静态信息,又涉及高动态干扰因素,如非机动车非规则行驶、人车混流、恶劣天气能见度恶化等。在这种情况下,仅靠传统的传感器融合算法很难达到精细化识别和

快速响应等要求。因此,在物联网环境感知过程中引入人工智能技术,特别是深度学习模型,已经成为增强自动驾驶系统鲁棒性和环境适应能力的一种重要手段。具体而言,卷积神经网络(CNN)在图像语义分割和目标识别方面展示出出色的特征提取性能,其通过将摄像头和激光雷达数据相结合,可以对行人、车辆和障碍物进行精确的定位,并在此基础上根据历史数据对不同场景的特征表现进行学习,以在低光、强烈反光或雨雪天气条件下保持较高的识别精度。此外,循环神经网络(RNN)和 Transformer 架构在时序数据建模方面具有显著的优势,可以用于运动目标的轨迹预测、交通信号变化趋势估计与复杂交互场景下的行为意图识别。但是 AI 模型规模庞大、数据推理过程复杂,给边缘计算带来了挑战。对此,需要通过剪枝和量化的轻量化策略对模型结构进行优化,将一些推理任务部署到边缘节点,以减少延迟和分摊计算负载。在算法训练过程中,引入弱监督学习和迁移学习方法,可以使感知模型保持较强的泛化能力和适应性,同时解决数据不充分或者场景经常发生变化的问题。

4 结束语

将物联网技术应用于汽车自动驾驶环境感知与决策中,构建多传感器协同感知框架、推进边缘计算部署、建立多层次网络安全防护机制、引入 AI 辅助感知算法,可有效增强自动驾驶系统的性能与可靠性。未来,随着科技的持续发展和创新,物联网技术将在自动驾驶领域扮演更为重要的角色,从而为加强智能交通系统建设和转变人们的出行习惯奠定坚实的技术基础。

参考文献:

- [1] 张建.人工智能技术在汽车自动驾驶中的应用[J].汽车测试报告,2023(15):40-42.
- [2] 刘骞.不同定价政策下共享自动驾驶汽车的能源与环境影响[D].大连:大连理工大学,2023.
- [3] 高芬霞.城市道路环境下 L3 级自动驾驶汽车接管时间预测及轨迹规划研究[D].镇江:江苏大学,2023.
- [4] 刘炜,陆存豪.自动驾驶汽车环境感知传感器研究[J].汽车实用技术,2023(10):197-203.
- [5] 彭林.人机混驾环境下自动驾驶汽车变道决策与轨迹规划研究[D].南京:东南大学,2023.