

自动驾驶功能在智能网联汽车中的验证与优化策略

应宇汀¹ 李振中¹ 唐 杰²

1. 中汽研汽车检验中心（宁波）有限公司 浙江 宁波 315336

2. 鑫源汽车有限公司 重庆 408104

摘要：自动驾驶功能在智能网联汽车中的验证与优化策略涉及多个方面。验证方法包括故障注入测试，通过人为引入故障来评估系统容错能力；形式化建模与验证，利用数学模型确保系统行为符合预期；用户众包测试，利用真实用户反馈提升系统实用性；以及安全性能测试，全面评估系统在极端条件下的安全性。优化策略则涵盖技术优化，如传感器融合与算法改进；基础设施支持，如智能交通系统与高精度地图；以及数据驱动优化，通过大数据分析持续提升系统性能。

关键词：自动驾驶功能；智能网联汽车；验证；优化策略

引言：随着智能网联汽车的快速发展，自动驾驶功能作为其核心技术之一，正以前所未有的速度从理论研究走向实际应用。这一转变不仅标志着汽车工业的革命性进步，也对自动驾驶系统的安全性、可靠性和高效性提出了更高要求。在此背景下，验证与优化策略的制定与实施显得尤为重要。它们不仅是确保自动驾驶系统稳定运行的关键，更是推动智能网联汽车行业持续健康发展的有力保障。因此，深入研究和探索自动驾驶功能的验证与优化策略，对于促进智能网联汽车的普及和发展具有重要意义。

1 智能网联汽车与自动驾驶功能概述

智能网联汽车与自动驾驶功能是当今汽车工业发展的前沿领域，它们正引领着汽车行业向更加智能化、网联化的方向迈进。智能网联汽车，作为新一代汽车技术的代表，通过搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现了车辆与车辆、车辆与基础设施、车辆与行人以及车辆与云端之间的智能信息交换共享。这种信息互联共享的能力，使得智能网联汽车能够具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能，从而实现了安全、舒适、节能、高效的行驶^[1]。自动驾驶功能则是智能网联汽车的重要组成部分，它利用车载传感器和摄像头等设备，实时感知周围环境，包括道路、交通标志、行人、其他车辆等，并通过先进的算法和控制系统，实现车辆的自主导航和智能控制。自动驾驶功能的发展，不仅提高了驾驶的安全性和舒适性，还为人们带来了更加便捷、高效的出行体验。智能网联汽车与自动驾驶功能的结合，更是推动了汽车行业向无人驾驶的终极目标迈进。

2 自动驾驶功能的验证方法

2.1 故障注入测试

自动驾驶功能的验证方法中，故障注入测试是一种至关重要的手段，它旨在模拟自动驾驶系统在实际运行中可能遭遇的各种故障情况，以评估系统的容错能力和安全性。故障注入测试通过人为地引入故障到自动驾驶系统中，观察系统在故障状态下的行为反应。这种测试方法能够模拟出传感器故障、通信故障、计算单元故障等多种可能的异常情况，从而全面检验自动驾驶系统在面对这些故障时的应对能力。在进行故障注入测试时，测试人员会精心设计故障场景，确保这些场景能够真实反映自动驾驶系统在实际运行中可能遇到的问题。例如，他们可能会模拟摄像头被遮挡、雷达信号被干扰等传感器故障，或者模拟车载计算机出现软件错误等计算单元故障。通过故障注入测试，自动驾驶系统的开发人员可以及时发现并修复系统中的潜在问题，提高系统的可靠性和安全性。同时，这种测试方法还能够为系统的优化和改进提供有力的数据支持，帮助开发人员更好地理解系统的性能瓶颈和故障模式。值得注意的是，故障注入测试需要在严格控制的条件下进行，以确保测试结果的准确性和可靠性。测试人员需要密切关注系统的行为反应，及时记录和分析测试数据，以便对系统进行全面评估和改进。

2.2 形式化建模与验证

自动驾驶功能的验证方法中，形式化建模与验证是一种严谨且系统的技术途径，它基于数学逻辑和严格证明来确保自动驾驶系统的安全性和可靠性。形式化建模与验证的核心在于使用精确的数学语言来描述自动驾驶系统的行为和性质。开发人员会为自动驾驶系统构建

一个形式化的模型,这个模型详细描述了系统的各个组件、它们之间的交互以及系统的整体行为。这个模型不仅包括了正常的驾驶操作,还涵盖了可能的异常情况和故障模式。在模型构建完成后,开发人员会利用形式化验证技术来检查系统是否满足特定的安全要求。这通常涉及到使用数学证明来验证系统的某些关键性质,如路径规划的正确性、避障策略的有效性等。这些证明过程严格遵循数学逻辑,确保了验证结果的准确性和可靠性^[2]。形式化建模与验证的优势在于其能够发现潜在的设计缺陷和安全隐患,这些缺陷可能在传统的测试方法中难以察觉。通过形式化验证,开发人员可以在系统开发早期就识别并修复这些问题,从而降低了后期修改和调试的成本。此外,形式化建模与验证还有助于提高自动驾驶系统的可解释性和可信度。通过明确的数学模型和严格的数学证明,开发人员可以更容易地向相关方(如监管机构、用户等)展示系统的安全性和可靠性。

2.3 用户众包测试

自动驾驶功能的验证方法中,用户众包测试是一种创新且高效的手段,它充分利用了广大用户的实际使用数据和反馈,以验证自动驾驶系统的性能和可靠性。用户众包测试通过邀请真实用户参与自动驾驶功能的测试,收集他们在实际驾驶场景中的数据和反馈。这些用户可能来自不同的地区、拥有不同的驾驶习惯,因此他们的测试数据能够更全面地反映自动驾驶系统在实际应用中的表现。在用户众包测试中,用户可以驾驶配备自动驾驶功能的车辆,并在日常出行中使用这些功能。系统会自动记录用户的驾驶行为、系统响应以及任何异常情况。同时,用户还可以通过特定的反馈渠道,向开发人员报告他们在使用过程中遇到的问题和反馈。通过收集和分析这些数据和反馈,开发人员可以深入了解自动驾驶系统在实际应用中的表现,发现潜在的问题和改进点。这些数据和反馈不仅有助于优化自动驾驶系统的算法和控制策略,还可以提高系统的用户体验和安全性。此外,用户众包测试还具有成本低、效率高、覆盖面广等优势。与传统的实验室测试或实地测试相比,用户众包测试能够更快地收集到大量的实际使用数据,为开发人员提供更丰富的验证资源。同时,由于用户众包测试涉及的用户群体广泛,因此它能够更全面地覆盖不同的驾驶场景和条件,提高自动驾驶系统的适应性和鲁棒性。

2.4 安全性能测试

安全性能测试通常包括模拟各种紧急情况和边缘案例,如突然出现的行人、车辆故障、道路施工等,以观察自动驾驶系统是否能够迅速、准确地做出反应,避

免或减轻潜在的危险。测试过程中,开发人员会利用先进的测试设备和软件,精确模拟这些场景,并实时监控系统的行为和性能。在进行安全性能测试时,开发人员还会特别关注自动驾驶系统的传感器融合能力、决策算法的有效性以及执行机构的响应速度。这些方面的性能直接关系到自动驾驶系统在复杂环境中的安全性和可靠性。此外,安全性能测试还会考虑自动驾驶系统与其他交通参与者(如行人、自行车、其他车辆等)的交互能力。通过模拟各种交互场景,开发人员可以评估自动驾驶系统是否能够有效地与其他交通参与者协同工作,确保交通的顺畅和安全。通过测试,开发人员可以及时发现并解决系统中的潜在安全问题,提高自动驾驶系统的整体性能和安全性。

3 自动驾驶功能的优化策略

3.1 技术优化

3.1.1 传感器融合与高精度定位

在自动驾驶系统中,多种传感器如雷达、摄像头、激光雷达(LiDAR)和超声波传感器等协同工作,共同构建车辆周围环境的三维模型。传感器融合技术通过算法整合这些来自不同传感器的数据,消除冗余信息,提高环境感知的准确性和鲁棒性。同时,高精度定位系统利用全球导航卫星系统(GNSS)、惯性导航系统(INS)和地面基站提供的数据,实现厘米级甚至毫米级的车辆定位精度。这种高精度的定位能力对于自动驾驶车辆在复杂环境中进行精确路径规划和避障至关重要,确保了自动驾驶系统的安全性和可靠性。

3.1.2 算法优化与深度学习

算法优化与深度学习是提升自动驾驶系统智能水平的关键,通过不断迭代和优化算法,自动驾驶系统能够更好地处理复杂的驾驶场景,提高决策和控制的准确性。深度学习技术,特别是卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)等,被广泛应用于自动驾驶的视觉感知、语音识别和行为预测等任务中。深度学习模型能够从大量数据中学习并提取特征,从而实现对周围环境的精准理解和预测。此外,强化学习等先进算法也被用于自动驾驶系统的优化,通过模拟驾驶场景进行训练,使系统能够在复杂环境中做出最优决策。

3.1.3 车辆控制与执行机构优化

自动驾驶系统通过精确的车辆控制算法,实现对车辆转向、制动、加速等执行机构的精细控制。这些控制算法不仅需要考虑到车辆的动力学特性,还需要结合实时的环境感知信息,以确保车辆在复杂环境中的稳定性和安全性。同时,执行机构的优化也是提升自动驾驶系统

性能的重要环节。通过改进执行机构的材料和结构,提高其响应速度和精度,可以进一步提升自动驾驶系统的整体性能。此外,冗余设计和故障检测机制也是确保执行机构在极端情况下仍能可靠工作的关键。

3.2 基础设施支持

在自动驾驶功能的优化策略中,基础设施支持构成了其稳健运行与高效发展的基石,这一策略聚焦于通过构建全面、智能且可靠的基础设施网络,为自动驾驶汽车提供强有力的外部支撑。第一,智能交通基础设施的升级是核心所在。这包括智能信号灯系统,它们能够根据实时交通流量动态调整信号周期,从而优化自动驾驶车辆的通行效率。同时,交通监控系统的全面覆盖,能够实时监测道路状况,为自动驾驶汽车提供即时的道路信息和潜在风险预警,确保行驶安全。第二,高精度地图与定位服务的完善是不可或缺的一环。这些基础设施为自动驾驶车辆提供了详尽的道路几何信息、交通规则以及实时路况,使车辆能够精准定位并规划最优行驶路径。高精度定位服务则确保了车辆在各种复杂环境下的位置准确性,为自动驾驶的精准控制提供了坚实保障。第三,充电站与换电站网络的广泛布局,对于自动驾驶汽车的续航管理至关重要。这些设施不仅满足了自动驾驶汽车的能源需求,还通过智能化管理,实现了充电预约、状态监控等功能,提升了用户体验。第四,通信网络的升级与覆盖同样关键。高速、低延迟的网络连接,确保了自动驾驶汽车与云端服务器之间的数据实时交换,为车辆提供远程更新、故障预警及紧急救援等服务,进一步增强了自动驾驶系统的可靠性和安全性。

3.3 数据驱动优化

在自动驾驶功能的优化策略中,数据驱动的优化方法正逐渐成为核心驱动力,这种方法基于大数据分析和机器学习技术,通过收集、处理和分析自动驾驶车辆在实际运行中产生的海量数据,不断优化自动驾驶系统的性能和安全性。数据驱动的优化首先依赖于高质量的数据收集,自动驾驶车辆配备了多种传感器,如摄像头、

雷达和激光雷达等,这些传感器能够实时捕捉车辆周围环境的信息。通过收集这些信息,我们可以构建出详尽的驾驶场景数据库,为后续算法优化提供丰富的数据资源^[1]。在数据处理阶段,我们需要对收集到的原始数据进行清洗、标注和特征提取。这一步骤至关重要,因为它直接影响到后续分析的准确性和效率。通过数据预处理,我们可以去除噪声数据,提取出对自动驾驶系统优化有价值的特征。利用机器学习算法对处理后的数据进行分析 and 建模,这些算法能够从数据中学习出驾驶行为的规律,识别出潜在的风险因素,并预测未来的驾驶场景。通过不断迭代和优化算法,我们可以提升自动驾驶系统对复杂环境的适应能力和决策准确性。在实际运行中,自动驾驶系统会不断产生新的数据,这些数据应该被及时收集并用于系统的进一步优化。

结语

技术的不断进步和应用的深入拓展,正在为自动驾驶功能在智能网联汽车领域的发展开辟广阔的空间。我们有充分的理由相信,随着算法的不断优化、传感器的日益精准以及基础设施的持续完善,自动驾驶功能将越来越成熟,越来越可靠。这不仅将极大地提升道路交通安全性和效率,还将为人们带来前所未有的出行体验。未来的智能网联汽车,将不再是简单的交通工具,而是成为集便捷性、安全性和舒适性于一体的智能移动空间,让人们的出行生活更加美好。

参考文献

- [1] 申永鹏,袁小芳,赵素娜,孟步敏,王耀南.智能网联电动汽车节能优化控制研究进展与展望[J].自动化学报,2023,49(12):2437-2456.
- [2] 张玉果.跟车条件下智能网联插电式混动汽车速度优化与节能控制[D].导师:陈峰.昆明理工大学,2023.
- [3] 袁俊凯,邵金菊,韩文祥,王保林.智能网联混合动力汽车分层式节能优化控制[J].山东理工大学学报(自然科学版),2023,37(03):54-61.