

基于多传感器融合技术的自动驾驶技术应用与分析

张林中

(天津职业大学, 天津 300410)

摘要: 文章深入探讨了多传感器融合技术在自动驾驶领域的应用现状, 介绍了多传感器融合技术的基本原理、常用传感器类型及实际应用, 分析了自动驾驶技术体系与多传感器融合需求, 并对该技术在自动驾驶领域的未来发展进行了展望, 旨在为自动驾驶技术的进一步完善提供参考。

关键词: 多传感器融合技术; 自动驾驶技术; 应用与分析

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1003-9767 (2025) 10-148-03

Application and Analysis of Autonomous Driving Technology Based on Multi-Sensor Fusion Technology

ZHANG Linzhong

(Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300410, China)

Abstract: The article deeply discusses the application and related situations of multi-sensor fusion technology in the field of autonomous driving. It introduces the basic principles of fusion technology, types of common sensors, and practical applications. Additionally, it analyzes the autonomous driving technology system and the demand for multi-sensor fusion. Finally, the future development of this technology in the field of autonomous driving is prospected, aiming to provide references for the further improvement of autonomous driving technology.

Keywords: multi-sensor fusion technology; autonomous driving technology; application and analysis

0 引言

随着现代社会交通流量的不断增加, 自动驾驶技术受到了广泛关注。自动驾驶旨在让车辆在无需人工干预或仅需少量人工监督的情况下, 安全、高效地行驶在道路上。然而, 要实现可靠的自动驾驶功能, 车辆需要精准、全面地感知周围环境, 并基于这些信息做出合理决策和精确控制, 这对传感器技术提出了极高的要求。多传感器融合技术应运而生, 它通过整合多种不同类型传感器的数据, 弥补单一传感器的不足, 为自动驾驶系统提供更准确、可靠的信息, 成为自动驾驶技术发展的关键支撑^[1]。

1 多传感器融合技术概述

1.1 多传感器融合的定义与基本原理

多传感器融合技术通过整合不同类型传感器的数据,

经过规则与算法处理, 提升信息的准确性、全面性和可靠性, 从而增强对检测对象或环境的理解。其融合过程分为三个层次。

(1) 数据层融合: 直接合并原始传感器数据(如激光雷达点云与摄像头图像像素), 保留最大原始信息。其需要高精度同步与校准, 数据量大且处理复杂, 适用于传感器单一且数据关联性强的场景。

(2) 特征层融合: 从各传感器提取特征(如激光雷达轮廓、摄像头形状纹理), 融合后用于目标识别与分类。其能减少数据量但依赖特征提取精度, 适用于多特征综合判断的任务。

(3) 决策层融合: 各传感器独立决策(如摄像头识别行人、雷达测距), 融合结果得出最终结论。其灵活性高且依赖度低, 但可能因单传感器局限引入偏差, 适用于

收稿日期: 2025-03-24

作者简介: 张林中, 男, 硕士, 讲师。研究方向: 物联网、传感器、嵌入式系统。

功能独立且决策逻辑清晰的场景。

该技术通过分层协同,弥补单一传感器的不足,为复杂系统(如自动驾驶)提供高精度环境感知与决策支持^[2]。

1.2 常用传感器类型及特点

(1)激光雷达。通过发射激光束并测量反射光的时间来创建周围环境的三维点云图,能够精确地获取物体的距离、形状和位置信息。激光雷达具有高精度的三维成像能力,对障碍物的检测精度高,尤其在识别复杂形状物体和构建高精度地图方面表现出色,可以实时提供车辆周围环境的详细几何信息。然而,激光雷达的成本较高,且容易受到恶劣天气(如雨、雾、雪等)的影响,导致探测距离和精度下降。另外,其点云数据密度在远距离处会逐渐稀疏^[3]。

(2)摄像头。利用光学镜头捕捉图像,通过图像传感器将光信号转换为电信号,再经数字处理得到数字图像,基于图像识别算法来识别目标物体。摄像头能够提供丰富的纹理、颜色等视觉信息,对识别交通标志、车道线以及行人等具有独特优势,且成本相对较低,技术成熟度高。然而,摄像头对光照条件依赖较大,在暗光、强光、逆光等复杂光照环境下,图像质量和识别准确率会受到明显影响,同时难以直接获取物体的精确距离信息。

(3)毫米波雷达。利用毫米波频段的电磁波来检测目标物体的距离、速度和角度,通过发射和接收毫米波信号的时间差、频率变化等来计算相关参数。毫米波雷达在恶劣天气条件下的性能相对稳定,对目标物体的速度测量较为准确,且能够实时监测目标的运动状态,探测距离较远,适用于远距离的目标检测和预警。然而,毫米波雷达的分辨率相对较低,难以提供详细的物体形状信息,在识别复杂场景中的小目标时可能存在一定困难^[4]。

1.3 多传感器融合的关键算法与技术

(1)卡尔曼滤波。这是一个基于线性系统状态方程的算法,通过系统输入输出观测数据,对系统状态进行最优估计。在多传感器融合中,它可以根据传感器的测量数据以及系统的动态模型,实时更新和预测系统状态(如目标的位置、速度等),从而有效融合不同时刻、不同传感器的测量信息,减小测量噪声的影响,提高状态估计的准确性^[5]。

(2)贝叶斯估计。基于贝叶斯定理,它能通过先验概率和似然函数来计算后验概率,从而对未知参数或状态进行估计。在多传感器融合场景下,它可以将不同传感器提供的关于目标的信息视为不同的证据,结合先验知识(如某种目标在特定场景下出现的概率等),计算出目标处于各种状态的后验概率,进而做出更合理的判断。例如,在识别交通标志时,摄像头图像识别结果和毫米

波雷达对标志位置的检测结果可以通过贝叶斯估计进行融合,综合考虑两者的可靠性和可能性,以提高识别的准确率。

2 自动驾驶技术体系与多传感器融合需求

2.1 自动驾驶技术分级与功能概述

国际上通用的自动驾驶分级标准将自动驾驶分为 L0 至 L5 六个等级。

(1) L0 级(无自动化):完全由驾驶员手动操控车辆,所有驾驶任务都由人类驾驶员承担,车辆没有任何自动化辅助功能。

(2) L1 级(驾驶辅助):车辆能够提供一些辅助驾驶功能,如定速巡航、自动紧急制动等,但这些功能只是在特定情况下辅助驾驶员,驾驶员仍需时刻掌控车辆,对所有驾驶任务负责。

(3) L2 级(部分自动化):车辆可以同时自动控制多个驾驶功能,如将自适应巡航和车道保持辅助功能相结合,使车辆能在一定程度上实现自动跟车和保持在车道内行驶,但驾驶员仍需时刻监控驾驶环境,随时准备接管车辆。

(4) L3 级(有条件自动化):在特定的工况和环境条件下,车辆可以完成几乎所有的驾驶任务,但当遇到系统无法应对的情况时,会提示驾驶员接管车辆,驾驶员需要在短时间内做出响应。

(5) L4 级(高度自动化):在限定的场景(如特定的城市区域、园区等)内,车辆能够自主完成所有驾驶任务,无需驾驶员干预,但在超出限定场景时,可能无法正常运行,仍需驾驶员介入。

(6) L5 级(完全自动化):车辆可以在任何路况和环境下,完全自主地完成所有驾驶任务,无需驾驶员的任何干预,相当于一个移动的智能机器人在驾驶车辆^[6]。

2.2 自动驾驶系统的关键模块与多传感器融合的关系

(1)环境感知模块:该模块负责收集车辆周围环境的各种信息,包括道路状况、交通参与者及交通标志标线等。多传感器融合技术在此模块中应用最为广泛,通过融合激光雷达、摄像头、毫米波雷达等传感器的数据,能够更全面、准确地检测和识别各类目标物体,构建出详细的环境模型,为后续的定位、决策和控制提供基础数据。例如,激光雷达可以精确探测障碍物的位置和形状,摄像头可用于识别交通标志和车道线,两者融合后能让车辆更好地理解行驶环境,避免碰撞并遵循交通规则^[7]。

(2)定位导航模块:该模块旨在确定车辆的精确位置,并规划出合理的行驶路径。该模块需要结合全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、惯性导航系

统、轮速传感器以及环境感知模块中传感器的数据，并通过多传感器融合实现高精度定位，克服单一传感器定位存在的误差和局限性，尤其是在城市峡谷、隧道等特殊环境下，确保车辆能够准确知晓自己所处位置，同时依据实时交通信息和目的地信息，规划出最优的导航路线，引导车辆驶向目标地点。

(3) 决策规划模块：该模块基于环境感知模块提供的环境信息以及定位导航模块确定的车辆位置和路径信息，综合考虑交通规则、路况、车辆性能等多方面因素，制定出合理的行驶决策，如加速、减速、变道、停车等。多传感器融合后的数据能够让决策规划模块从多个角度全面分析行驶环境。例如，当检测到前方道路施工且存在车辆缓行时，通过融合摄像头图像识别、毫米波雷达测速测距以及激光雷达障碍物扫描等多方面信息，决策模块可以快速、准确地判断出是选择变道还是跟随前车减速等待，制定出更符合实际情况的行驶策略，以提高行车安全性和效率。

3 多传感器融合技术在自动驾驶中的具体应用

3.1 环境感知与目标识别

在自动驾驶过程中，准确检测和识别道路上的各种障碍物是保障行车安全的关键。在这一过程中，多传感器融合技术发挥了重要作用。例如，激光雷达通过发射激光束并接收反射光，能够生成高精度的三维点云数据，清晰地呈现障碍物的轮廓、位置和距离信息。然而，激光雷达难以准确判断障碍物的具体类别(如区分是车辆、行人还是其他物体)。此时，摄像头可以利用图像识别技术，根据物体的外观特征(如形状、纹理、颜色等)来识别其类别。通过将激光雷达的点云数据与摄像头的图像数据进行融合，如在特征层进行融合，提取两者共同关注的物体特征后进行匹配分析，可以大大提高障碍物检测的准确性和识别的精度。

3.2 定位与导航

自动驾驶车辆需要精确知道自身在地图上的位置，这对准确导航和安全行驶至关重要。单一的定位方式往往存在局限性，如GPS虽然能够提供大致的地理位置信息，但在城市峡谷(高楼林立导致GPS信号遮挡)、隧道等特殊环境下，信号可能会受到严重干扰甚至丢失，导致定位精度大幅下降。多传感器融合技术通过结合GPS、惯性导航系统、轮速传感器以及激光雷达等传感器的数据，可以实现高精度定位。在城市峡谷中，当GPS信号变弱时，惯性导航系统根据车辆的加速度和角速度信息持续推算车辆的位置变化，轮速传感器负责提供车辆行驶的里程信息，激光雷达则通过扫描周边建筑物等固定的地标并与预存的地图数据进行匹配。

3.3 行驶决策制定

多传感器融合技术为自动驾驶车辆的行驶决策提供了全面且可靠的依据。在面对各种复杂的交通场景时，车辆需要综合考量环境感知、定位信息等多方面数据来判断最佳的行驶策略，如决定是加速、减速、变道还是停车等操作。当遇到前方车辆突然刹车的情况时，激光雷达能迅速精确地测量出与前车的距离变化以及前车的减速程度，摄像头可以确认前车的类型以及周围车道的交通状况，毫米波雷达则可进一步提供前车的实时速度信息以及周边车辆的相对运动情况。融合这些来自不同传感器的数据后，决策系统可以快速、准确地评估当前的危险程度，对比不同操作选项的可行性和风险，进而选择最安全有效的应对方式^[8]。

4 结语

多传感器融合技术在自动驾驶领域的应用已取得显著进展，它通过整合不同类型传感器的数据，在环境感知、定位导航、决策与控制等关键环节发挥着重要作用，有效提升了自动驾驶系统的准确性、可靠性、安全性以及整体性能。然而，目前该技术在应用过程中仍面临传感器兼容性、数据处理复杂性以及成本高昂等诸多挑战，这些问题制约了自动驾驶技术的大规模商业化推广和进一步发展。随着技术的不断创新和完善，多传感器融合技术将在自动驾驶领域持续发挥关键作用，推动自动驾驶从目前的部分应用场景逐步走向更广泛、更高级别的普及，为人们带来更加安全、便捷、高效的出行体验。

参考文献

- [1] 朱泽敏, 张勇, 张智腾, 等. 一种应用于自动驾驶的多传感器后融合方法[J]. 客车技术与研究, 2025, 47(01): 1-5.
- [2] 郭建宏. 多传感器融合在自动驾驶汽车环境感知中的应用[J]. 汽车维修技师, 2025(02): 13-14.
- [3] 朱小波, 谭兴文. 自动驾驶汽车环境感知与传感器融合技术[J]. 汽车与新动力, 2024, 7(04): 24-27.
- [4] 孙文莉. 多传感器融合技术在智能交通中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(02): 300-301.
- [5] 何逸熙, 林泓熠, 刘洋, 等. 强化学习在自动驾驶技术中的应用与挑战[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2024, 52(04): 520-531.
- [6] 马祎旻, 李洪, 陆明泉. GNSS/多传感器融合定位中的欺骗检测技术[J]. 导航定位学报, 2024, 12(04): 114-122.
- [7] 刘市生. 多传感器融合技术在智能交通系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(02): 282-283.
- [8] 王鹏, 段小焕. 基于感知融合的隧道车道控制系统设计[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(04): 118-120.