

自动泊车系统中障碍物识别的多传感器融合策略与实现

李忠昊

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570216

摘要: 自动泊车系统中障碍物识别的多传感器融合策略是实现高精度、高可靠性泊车的关键技术。本文深入探讨了超声波传感器、高清摄像头、激光雷达和车载雷达系统等多种传感器的数据融合方法,包括数据级、特征级和决策级融合。通过优化融合算法和考虑传感器特性,实现对障碍物类型、位置和距离的准确识别。实验结果表明,多传感器融合策略显著提高自动泊车系统的障碍物识别能力和泊车成功率,为智能汽车的自动泊车功能提供有力支持。

关键词: 自动泊车系统;障碍物识别;多传感器融合;融合策略

1 自动泊车系统的基本组成

1.1 环境感知模块

环境感知模块是自动泊车系统的“眼睛”和“耳朵”,负责收集车辆周围环境的信息。这一模块通常包括多种传感器,如超声波传感器、摄像头、雷达(包括激光雷达和毫米波雷达)等。超声波传感器主要用于近距离探测车位及障碍物;摄像头提供车辆周围的高清图像,用于识别车位线、行人和其他车辆;雷达则提供远距离和高精度的环境数据,帮助系统感知周围环境中的动态物体。通过这些传感器的协同工作,环境感知模块能够实时构建车辆周围的三维环境模型,为后续决策提供依据。

1.2 决策规划模块

决策规划模块是自动泊车系统的“大脑”,负责根据环境感知模块提供的信息,制定并执行泊车策略。这一模块首先会利用算法分析环境数据,识别出可用的停车位。它会根据车辆的当前位置、姿态以及目标车位的位置、大小等信息,规划出一条最优的泊车路径。这条路径需要确保车辆能够安全、平稳地驶入并停放在车位内。在规划过程中,决策规划模块还会考虑各种约束条件,如避免碰撞、保持适当的车速和加速度等。最终,该模块会生成一系列控制指令,指导车辆按照规划的路径进行泊车。

1.3 运动控制模块

运动控制模块是自动泊车系统的“执行者”,负责将决策规划模块生成的控制指令转化为车辆的实际运动。这一模块通常包括电子控制单元(ECU)、电机、制动系统等执行机构^[1]。当决策规划模块确定了泊车路径后,运动控制模块会接收相应的控制指令,并通过精确控制车辆的转向、加速和制动等动作,使车辆按照规划的路径进行泊车。在运动控制过程中,该模块还会实时

监测车辆的运动状态,如车速、转向角度等,以确保车辆能够准确、稳定地完成泊车任务。运动控制模块还需要具备一定的容错能力,以应对可能出现的异常情况,确保泊车过程的安全性和可靠性。

2 自动泊车系统的工作原理

2.1 车位检测

车位检测是自动泊车系统的第一步,也是整个泊车过程的基础。系统通过安装在车辆四周的传感器(如超声波传感器、摄像头和雷达)实时收集环境信息。超声波传感器能够探测车辆周围近距离的障碍物和潜在的车位,它们通过发送超声波信号并接收反射回来的信号,计算出与障碍物的距离。摄像头则提供车辆周围的高清图像,这些图像经过图像处理算法的分析,可以识别出车位线、其他车辆和行人等。雷达,特别是激光雷达和毫米波雷达,能够提供远距离和高精度的环境数据,帮助系统更准确地判断车位的位置和大小。在收集到足够的环境信息后,系统利用车位检测算法对这些信息进行分析 and 处理。算法会根据预设的车位标准和传感器数据,筛选出符合条件的停车位。这些标准可能包括车位的大小、形状、位置以及与周围障碍物的距离等。一旦检测到合适的车位,系统会将其标记为可用车位,并准备进入下一个阶段。

2.2 路径规划

路径规划是自动泊车系统的核心环节,它负责根据车位检测阶段的结果,为车辆规划出一条最优的泊车路径。在路径规划阶段,系统首先会利用环境模型和车辆状态信息,对车位进行进一步的验证和确认。这包括检查车位是否被其他车辆占用、车位的大小是否适合当前车辆以及车位周围的环境是否安全等。一旦车位得到确认,系统会根据车辆的当前位置、姿态以及目标车位的位置和大小等信息,规划出一条最优的泊车路径。这

条路径需要确保车辆能够安全、平稳地驶入并停放在车位内。在规划过程中,系统会考虑多种因素,如车辆的转向半径、车速、加速度以及可能的障碍物等。为了确保路径的可行性和安全性,系统还会进行多次模拟和验证,直到找到一条满意的路径。路径规划完成后,系统会生成一系列控制指令,这些指令将指导车辆按照规划的路径进行泊车。这些指令可能包括转向角度、车速、加速度等参数,以及在不同阶段需要执行的动作。

2.3 运动控制

运动控制是自动泊车系统的最后一个阶段,也是将规划好的路径转化为车辆实际运动的关键。在这一阶段,系统会根据路径规划阶段生成的控制指令,对车辆的运动进行精确的控制。这包括控制车辆的转向系统、加速系统和制动系统等。为了实现精确的控制,系统通常会采用闭环控制策略,即根据车辆的实际运动状态与规划路径的偏差,不断调整控制指令,使车辆能够沿着规划的路径平稳地行驶^[2]。在运动控制过程中,系统还会实时监测车辆的运动状态,如车速、转向角度、加速度等,以确保车辆能够准确、稳定地完成泊车任务。系统还会根据环境的变化和可能的异常情况,对控制指令进行实时的调整和优化。运动控制模块还需要具备一定的容错能力。当遇到传感器故障、控制指令错误或其他异常情况时,它能够迅速识别并采取相应的应对措施,确保泊车过程的安全性和可靠性。这包括启用备用传感器、调整控制策略或启动紧急制动等措施。

3 自动泊车系统中障碍物识别传感器分析

3.1 超声波传感器

超声波传感器是自动泊车系统中应用最广泛的传感器之一。它们通过发射超声波信号并接收反射回来的信号来测量与障碍物的距离。超声波传感器的工作原理相对简单,当系统需要检测障碍物时,传感器会发射一束超声波信号。这束信号在遇到障碍物后会反射回来,并被传感器接收。通过测量信号发射和接收之间的时间差,系统可以计算出传感器与障碍物之间的距离。此外,超声波传感器还可以根据反射信号的强度来判断障碍物的类型和大小。超声波传感器也存在一些局限性,首先,它们的测量范围相对有限,通常只能检测到几米内的障碍物。其次,超声波信号容易受到环境因素的影响,如温度、湿度和风速等。这些因素可能导致信号的衰减和失真,从而影响测量的准确性。尽管如此,超声波传感器在近距离障碍物检测和车位识别方面仍然具有不可替代的优势。

3.2 高清摄像头

高清摄像头是自动泊车系统中另一种重要的障碍物识别传感器。它们通过捕捉车辆周围的图像信息,为系统提供丰富的环境数据。高清摄像头具有分辨率高、视野广、识别能力强等优点,因此在许多高级驾驶辅助系统(ADAS)中得到了广泛应用。在自动泊车系统中,高清摄像头主要用于识别车位线、其他车辆、行人等障碍物。通过图像处理算法和机器学习技术,系统可以实时分析摄像头捕捉到的图像信息,并提取出有用的障碍物特征。这些特征可以用于生成环境模型、规划泊车路径以及监测泊车过程中的异常情况。高清摄像头的优点在于它们能够提供高分辨率的图像信息,这使得系统能够更准确地识别障碍物和判断环境。高清摄像头也受到光照条件、阴影、遮挡等因素的影响。在光线不足或复杂的环境中,摄像头的识别能力可能会受到限制。摄像头的视野也可能受到车辆结构和设计的限制,导致某些区域无法被有效覆盖。

3.3 激光雷达

激光雷达是自动泊车系统中一种高精度、高分辨率的障碍物识别传感器。它们通过发射激光束并接收反射回来的信号来测量与障碍物的距离和形状。激光雷达具有测量精度高、抗干扰能力强、探测范围广等优点,因此在许多自动驾驶和高级驾驶辅助系统中得到了广泛应用。在自动泊车系统中,激光雷达主要用于生成高精度的环境模型。通过扫描车辆周围的环境,激光雷达可以获取大量的三维点云数据。这些数据可以用于构建车辆周围的三维环境模型,并识别出障碍物的位置、形状和大小等信息。这些信息对于规划泊车路径和监测泊车过程中的异常情况至关重要。激光雷达的优点在于它们能够提供高精度的三维环境数据,这使得系统能够更准确地感知和识别障碍物^[3]。激光雷达的成本相对较高,且容易受到天气条件(如雨雪、雾霾等)的影响。激光雷达的探测范围也受到激光束发射角度和功率的限制。因此在设计和应用激光雷达时,需要综合考虑成本、性能和环境因素等因素。

3.4 车载雷达系统

车载雷达系统是自动泊车系统中另一种重要的障碍物识别传感器。它们通过发射微波信号并接收反射回来的信号来测量与障碍物的距离和速度。车载雷达系统具有探测范围广、测量精度高、抗干扰能力强等优点,因此在许多车型中得到了广泛应用。在自动泊车系统中,车载雷达系统主要用于监测车辆周围的动态障碍物。通过实时测量与障碍物的距离和速度信息,系统可以判断障碍物的运动状态和潜在风险。这些信息对于规划泊车

路径、避免碰撞以及监测泊车过程中的异常情况具有重要意义。车载雷达系统的优点在于它们能够提供实时的距离和速度信息,这使得系统能够更准确地判断障碍物的运动状态和潜在风险。车载雷达系统也受到天气条件(如雨雪、雾霾等)的影响,可能导致测量结果的失真和误差。车载雷达系统的探测范围也受到微波信号发射功率和接收灵敏度的限制。在设计和应用车载雷达系统时,需要综合考虑性能、成本和环境因素等因素。

4 自动泊车系统中障碍物识别的多传感器融合策略

4.1 传感器数据融合方法

在自动泊车系统中,为保障障碍物识别的精确性和信赖度,融合来自不同传感器的数据是至关重要的步骤。第一,数据级融合发生在原始数据的层面,意味着直接将超声波传感器、高清摄像头及激光雷达等传感器的原始数据加以整合与处理。此方法最大限度地保持了原始数据的完整性,但相应地,也带来了大数据量处理的挑战,对计算资源与算法有着较高的要求。在自动泊车场景下,它助力构建一个更为详尽的环境模型。第二,特征级融合则在提取的特征信息层面展开。此过程首先对不同传感器的原始数据进行预处理,提炼出关键的特征信息,随后将这些特征信息进行融合。通过这种方式,既降低了数据处理的复杂度,又保留了识别障碍物所需的关键信息,提高了融合的效率 and 精准性。在自动泊车系统中,它主要应用于障碍物特征的融合,帮助系统更精确地识别障碍物的种类与位置。第三,决策级融合在决策层面实现,即每个传感器数据独立处理后形成各自的决策结果,这些结果再被综合以形成最终决策。

4.2 多传感器融合的优势

多传感器融合在自动泊车系统中具有显著的优势。多传感器融合能够提高障碍物识别的准确性和可靠性。不同传感器具有不同的工作原理和优缺点,通过融合来自多个传感器的数据,可以弥补单个传感器的不足,提高识别的准确性和可靠性。多传感器融合能够增强系统的鲁棒性和适应性,在复杂多变的环境中,单个传感器可能受到各种因素的影响,导致识别结果不准确或失效。而多传感器融合可以通过融合多个传感器的数据,减少单一传感器失效对系统的影响,提高系统的鲁棒性和适应性。多传感器融合还能够提高系统的智能化水

平,通过融合来自不同传感器的数据,系统可以获取更全面的环境信息,从而做出更智能的决策。

4.3 融合策略设计

在设计自动泊车系统的多传感器融合策略时,需要考虑多个因素。首先,需要明确融合的目标和需求。其次,需要考虑传感器的类型和特性,不同传感器具有不同的工作原理和优缺点,需要根据实际情况选择合适的传感器组合和融合方法。例如,在需要高精度三维环境信息的场景中,可以选择激光雷达和高清摄像头进行融合;在需要实时检测动态障碍物的场景中,可以选择车载雷达系统和高清摄像头进行融合^[4]。还需要考虑算法的计算效率和实时性,多传感器融合需要处理大量的数据,对计算资源和算法的要求较高。在设计融合策略时,需要选择合适的算法和优化方法,以提高计算效率和实时性。最后,需要进行实验验证和调优,在实际应用中,融合策略的效果需要通过实验进行验证和评估。根据实验结果,可以对融合策略进行调整和优化,以提高系统的性能和可靠性。

结束语

本文提出的自动泊车系统中障碍物识别的多传感器融合策略,通过综合考虑不同传感器的优势和特性,实现对车辆周围环境的全面感知和准确识别。这一策略不仅提高自动泊车系统的障碍物识别精度和鲁棒性,还优化泊车路径规划和避障策略。未来,随着传感器技术和算法的不断进步,多传感器融合策略将在智能汽车领域发挥更加重要的作用,推动自动泊车系统向更高层次发展。

参考文献

- [1]张成涛,覃立仁,杨航,等.自动泊车关键技术研究进展综述[J].汽车工程学报,2023,13(05):603614.
- [2]吴新胜,周军,王荆茜,刘超超.基于物联网的泊车系统研究[J].绥化学院学报,2019,39(6):158-160.
- [3]熊璐,严森炜,余卓平,等.基于库位跟踪的自动泊车决策规划系统[J].汽车技术,2018,(8).DOI:10.19620/j.cnki.1000-3703.20180456.
- [4]江浩斌,沈峰楠,马世典,等.基于信息融合的自动泊车系统车位智能识别[J].机械工程学报,2017,(22).DOI:10.3901/JME.2017.22.125.