

基于目标检测辅助盲人实时避障关键技术研究

王薇 孙岩 王春亮 于晓如 景斌
长春大学

DOI:10.12238/acair.v2i3.8600

[摘要] 本研究旨在探索基于目标检测技术的辅助盲人实时障碍物识别与避障系统,构建了深度学习模型,实现对环境中障碍物的快速准确识别,设计了高效的数据处理与传输机制以满足实时性要求。实验结果表明,系统在保证高准确率的同时,能够实现毫秒级响应,有效辅助盲人进行日常导航,推动了辅助盲人技术的发展,为相关领域的实时目标检测技术提供了新的研究思路。

[关键词] 目标检测; 实时性; 辅助盲人系统

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A

Research on the key technology of real-time obstacle avoidance for the blind based on target detection

Wei Wang Yan Sun Chunliang Wang Xiaoru Yu Bin Jing
Changchun University

[Abstract] This study aims to explore the target detection technology based on auxiliary blind real-time obstacle recognition and obstacle detection system, build the deep learning model, realize the rapid and accurate identification of obstacles in the environment, designed the efficient data processing and transmission mechanism to meet the requirements of real-time sex, the experimental results show that the system while ensuring high accuracy, can achieve millisecond response, effectively assist the blind for daily navigation, promote the development of auxiliary blind technology, for the related field of real-time target detection technology provides a new research ideas.

[Key words] target detection; real-time performance; auxiliary blind person system

引言

随着传感器技术、计算机软硬件技术和人工智能的飞速发展,基于目标检测的辅助技术成为改善盲人生活质量的重要途径。本研究聚焦于辅助盲人实时障碍物识别与避障系统,探讨利用先进的目标检测算法实现对环境中障碍物的快速准确识别,设计注重实时性实用性,满足盲人导航的即时反应需求,为视障人士提供高效、可靠的导航辅助工具,增强其独立生活的能力,推动辅助技术领域的进一步发展。

1 相关技术的综述

1.1 目标检测技术发展概述

目标检测技术作为计算机视觉领域的核心研究方向之一,经历了从传统方法到深度学习方法的演变,早期的目标检测主要依赖于手工特征提取和机器学习算法,随着深度学习技术的兴起,卷积神经网络(CNN)以其强大的特征提取能力成为目标检测的主流方法,特别是R-CNN(区域卷积神经网络)及其衍生算法Fast R-CNN和Faster R-CNN,通过引入区域建议网络(RPN)实现了端到端的目标检测流程,极大提升了检测速度和准

确性,YOLO(You Only Look Once)系列算法通过单次前向传播完成目标的定位和分类,以出色的实时性能在工业界得到广泛应用,为辅助盲人实时障碍物识别系统的研究提供了坚实的基础。

1.2 辅助盲人技术研究进展

辅助盲人技术紧密跟随传感器技术、计算机视觉和人工智能技术的发展,早期的辅助设备基于超声波传感器和简单的音频反馈机制,提供基础的障碍物检测和导航辅助,现代辅助盲人技术开始集成更先进的传感器,如激光雷达(LiDAR)和高清摄像头,实现更精确的环境感知,深度学习系统的应用能够进行复杂的图像处理和场景理解,提供更为丰富和准确的导航信息,结合机器学习 and 环境建模技术,实现个性化的辅助服务和更自然的交互体验,提高了盲人的独立生活能力,为辅助技术的未来趋势提供了新的方向。

1.3 实时性在避障技术中的应用现状

实时性是避障技术中的关键性能指标,在辅助盲人导航系统中,直接关系到系统的实用性和安全性。实时避障技术依赖于

高效的算法设计和优化的硬件配置, 算法层面主要应用快速处理图像数据并实时输出检测结果的深度学习模型, 其YOLO算法通过减少卷积层的数量和采用锚框机制, 实现了在保持较高准确率的同时显著降低计算延迟, 模型压缩和量化技术也广泛应用于提高模型的运行效率, 使深度学习模型能够在资源受限的移动设备上运行。硬件方面, 高性能的图形处理单元(GPU)和专用的深度学习加速器(如TPU)为实时处理提供了强大的算力支持^[1], 边缘计算技术使得数据处理更接近数据源, 缩短了响应时间, 先进的软硬件技术的融合, 使实时避障系统能够在复杂环境中迅速识别障碍物并做出反应, 为盲人提供更加安全和可靠的导航辅助。

2 技术研究与实现

2.1 关键技术研究

关键技术一: 基于深度学习的目标检测算法, 在目标检测方法方面, 采用了最新的深度卷积神经网络架构^[2], 通过引入注意力机制增强模型对关键特征的识别能力, 利用多尺度特征融合技术提高对不同尺寸障碍物的检测准确率, 针对移动平台的计算资源限制, 对模型进行了轻量化设计, 通过剪枝和量化技术减少模型参数, 降低计算复杂度, 确保算法能够在低功耗设备上高效运行。

关键技术二: 实时数据处理与传输技术, 设计了高效的数据流管理系统, 利用边缘计算技术将数据处理任务分布到网络边缘, 减少数据传输延迟, 通过优化数据编码和压缩算法, 提高了数据传输的带宽利用率, 开发了一种动态调度策略, 根据系统负载和用户行为模式智能调整资源分配, 确保在高并发场景下系统依然能够保持稳定和响应迅速, 提升了系统的实时性, 为盲人用户提供了更加流畅和可靠的导航体验。

2.2 系统实现

系统是一个高性能的嵌入式平台, 集成多核处理器和图形处理单元, 实现对多传感器数据的实时处理^[3], 系统采用模块化设计, 确保了功能的明确性和系统的可维护性, 深度学习模型的优化提升了障碍物的检测速度和准确性, 启发式算法的引入, 使系统能够动态规划避障路径, 用户界面友好, 支持语音、触觉和物理按钮等多种交互方式, 并具备远程监控功能, 保障用户安全, 系统在设计中注重安全性和隐私保护, 确保了数据的安全存储和传输, 为用户提供了一个高效、安全且易于操作的辅助盲人实时障碍物识别与避障系统。

3 实验与评估

3.1 实验设计

实验为了验证基于目标检测的辅助盲人实时障碍物识别与避障系统的有效性与实用性, 实验环境模拟了多种日常场景, 包括室内、室外以及人流密集区域, 以确保系统在不同环境下的适应性和鲁棒性, 实验设备包括定制的移动平台、高精度传感器套件以及集成了算法的计算单元。

完善硬件设备的安装与调试, 确保所有传感器与计算单元协同工作, 通过实际场景中收集的数据对系统进行训练和参数

优化, 以提高目标检测的准确性和系统的响应速度, 采用了定量分析和定性评估相结合的方式, 定量分析侧重于评估系统的检测准确率、响应时间和资源消耗等关键性能指标, 定性评估则通过盲人用户的实际操作体验来收集反馈, 评估系统的易用性和导航辅助的有效性。

测试案例丰富多样, 包括静态和动态障碍物的识别、不同光照和天气条件下的性能表现, 复杂环境中的多目标跟踪能力等, 实验特别关注系统的实时性, 通过高精度的时间戳记录和分析系统从数据采集到决策响应的整个过程, 确保系统满足毫秒级的实时处理需求。

实验内容及实验目的详见表1:

表1 实验设计内容及实验目的

设计内容	目的描述
实验环境	模拟了室内、室外以及人流密集区域等多种日常场景, 确保系统适应性和鲁棒性
实验设备	包括定制移动平台、高精度传感器套件和集成算法的计算单元
实验流程	从系统部署开始, 经过硬件设备安装调试, 数据收集训练, 到参数优化
实验方法	定量分析与定性评估相结合, 评估关键性能指标和用户实际操作体验
测试案例设计	包括静态和动态障碍物识别、不同光照和天气条件下的性能表现, 以及复杂环境中的多目标跟踪
性能评估重点	检测准确率、响应时间、资源消耗, 以及系统从数据采集到决策响应的实时处理能力
用户体验评估	通过盲人用户实际操作体验收集反馈, 评估系统易用性和导航辅助有效性
安全性与隐私保护	注重用户数据的安全存储和传输, 确保隐私安全

3.2 实验结果与分析

表2数据显示, 在距离障碍物1.3米(约等于普通人走两步的距离, 为盲人收到提示信息并停止前行, 留下足够安全空间)以上, 实时避障系统发出声音和震动提示, 在测试静态障碍物和单个动态障碍物时, 响应时间都在35毫秒以内, 测试多个动态障碍物时, 响应时间在45至50毫秒之间。

辅助盲人实时障碍物识别与避障系统在多种测试场景下均展现出卓越的性能, 系统在静态和动态障碍物的识别上达到了

高准确率,在复杂光照和不同天气条件下也能保持稳定的检测效果,通过精确的时间测量,系统从数据采集到决策响应的整个过程均在毫秒级完成,满足了实时性的要求,在用户交互方面,系统提供的语音提示和触觉反馈得到了盲人用户的积极反馈,证明了易用性和有效性,实验也揭示了系统在高密度人流中的性能略有下降,可能是由于传感器数据的复杂性增加所致,针对这一问题,进一步优化算法,增强系统的抗干扰能力,探索更先进的传感器融合技术以提升整体性能,整个实验过程还表明,系统的资源消耗在可接受范围内,为系统的移动化和普及化提供了可能。

表2 实验数据记录

障碍物类型		响应时间(毫秒),距离 1.3 米以上发出提示信息				
		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
		测试	测试	测试	测试	测试
静态	凸出地面(台阶)	31	33	33	32	31
	凹陷地面(水沟、坑)	34	35	34	35	34
	电桩、行道树	31	33	32	32	31
单个障碍物		第一次测试	第二次测试	第三次测试	第四次测试	第五次测试
动态	行人	34	34	33	34	35
	自行车	32	35	34	33	34
	小汽车(40 公里/小时以内)	32	32	33	32	33
5 个以上障碍物同时运动		第一次测试	第二次测试	第三次测试	第四次测试	第五次测试
动态	行人	46	49	45	47	49
	自行车	48	48	47	48	50

3.3 系统性能评估

从表3分析得出,系统在连续运行状态下表现出良好的稳定性,未出现明显的性能衰减,可靠性方面,系统能够准确识别并响应各种突发的障碍物,在传感器部分失效的情况下也能保持

基本的导航功能,对系统的用户满意度进行了调查,收集了盲人用户的使用反馈,帮助进一步优化系统的交互设计和功能细节,以满足用户的实际需求。

表3 实验效果评估

评估内容	评估结果
障碍物识别效果	实验显示系统在不同环境下均能准确识别静态和动态障碍物
实时性满足度	系统响应时间在毫秒级,满足实时障碍物识别的需求
用户交互体验反馈	盲人用户对系统提供的语音和触觉反馈给予积极评价
性能下降分析	在高密度人流中性能有所下降,可能因传感器数据复杂性增加
抗干扰能力优化	计划通过算法优化增强系统在复杂环境中的抗干扰能力
资源消耗情况	系统资源消耗合理,有利于实现移动化部署
满意度调查	用户反馈显示系统易用性高,导航辅助有效,需进一步优化细节

4 结语

本研究成功开发了一套基于目标检测技术的辅助盲人实时障碍物识别与避障系统,实验结果验证了系统在多种环境下的高准确率和实时性,用户反馈表明了系统的易用性和有效性。尽管在高密度人流中存在性能下降,通过进一步的算法优化和传感器融合技术,有望提升系统的整体性能,未来,将继续探索更先进的数据处理方法和用户交互模式,以实现更加智能化和个性化的辅助服务,为盲人提供更安全、更便捷的导航体验。

[课题信息]

吉林省教育厅科学研究项目资助,项目编号是JJKH20240749 KJ。

[参考文献]

- [1]常波.基于图像描述和视觉问答的智能盲人辅助系统[D].信息与电脑(理论版),2023.
- [2]柯鑫.基于Jetson nano的嵌入式盲人视觉辅助系统[D].贵州大学,2021.
- [3]吴晓峰.基于深度学习的盲人视觉辅助系统设计[D].福州大学,2018.

作者简介:

王薇(1975—),女,汉族,吉林长春人,硕士,教授,研究方向:机器学习与智能数据分析。