 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i9.7459

Research on an Intelligent Glasses System for Assisting the Visually Impaired with Navigation Based on Real-time Image Acquisition

Yongzhang Liang Chuangyan Zheng Run Xie Jian Li*

Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong, 512005, China

Abstract

The mobility challenges faced by the visually impaired have long been a focal point of social concern and technological research. Traditional navigation aids for the blind only provide basic information and fall short of offering comprehensive, highly reliable, and naturally interactive travel support. This limitation creates significant obstacles to independent mobility for visually impaired individuals. To address these issues, this paper proposes the use of real-time image acquisition technology in smart glasses that provide tactile and auditory dual-modal feedback for blind navigation. The smart glasses integrate lightweight construction with stable wearability. Low-power image sensors capture real-time environmental data, and embedded algorithms calculate precise obstacle distances and directions. The smart glasses then deliver intuitive navigation and obstacle avoidance cues via a dual-modal feedback mechanism that combines left/right vibration motors with voice announcements. Experimental results demonstrate that these smart glasses effectively enhance travel safety and navigation experiences for visually impaired individuals, exhibiting strong practicality and promising application prospects.

Keywords

Blind Navigation Assistance; Real-Time Image Acquisition; Smart Glasses

基于实时图像获取的助盲导航智能眼镜系统研究

梁永章 郑创炎 谢润 李坚 *

韶关学院智能工程学院，中国 · 广东 韶关 512005

摘 要

视障群体的出行问题一直是社会关注和技术研究的热点。传统的助盲导航工具仅能提供一些基本的信息，难以实现全场景、高可靠性、自然交互的出行保障，导致视障群体独立出行存在极大的困难。为解决上述问题，本文利用实时图像获取技术，设计了一款基于触觉听觉双模态反馈的助盲导航智能眼镜。该智能眼镜在结构设计上综合了轻量化与佩戴稳定性，通过采用低功耗图像传感器实时采集环境数据，设计嵌入式算法对图像进行处理，实时计算障碍物的精确距离及方位信息，并采用左右侧振动马达与语音播报相结合的双模态反馈机制，向用户提供直观的导航与避障提示信息。实验结果表明，该眼镜设备可有效提升视障人士的出行安全与导航体验，具有良好的实用性与应用前景。

关键词

助盲导航；实时图像获取；智能眼镜

1 引言

随着科技不断发展与智能化工具的广泛普及，面向视障人群设计的辅助设备已成为助盲领域科技创新的重要方向。据 Smith 和 Benfattoum 在 2019 年的研究显示视障者对于独立、安全出行的需求极为迫切[1-3]。

然而当前主流助盲工具存在显著局限性：导盲犬虽为有效出行辅助手段，但在我国发展严重滞后[4-5]，无法满足超 700 万视障群体需求；导盲杖虽普及率高，但其机械结构仅能探测近地简易障碍物，超声波 / 红外升级版仍无法实现复杂环境导航（如路标识别、动态避障）[6-7]；有线眼镜则存在人体工学缺陷，长期佩戴易引发耳鼻不适且运动稳定性

【基金项目】广东大学生科技创新培育专项“攀登计划”（项目编号：pdjh2024b341）；广东省教育厅普通高校特色创新类项目（项目编号：2023KTSCX138）；韶关学院博士科研启动项目（项目编号：440–9900064602）；韶关市科技项目（项目编号 230330098033679）。

【作者简介】梁永章（2004–），男，中国广东肇庆人，本科，从事机械设计研究。

【通讯作者】李坚（1989–），男，中国广东韶关人，博士，讲师，从事智能机器人与装备研究。

差，严重限制其实际应用与推广 [8]。由此可见，现有助盲技术虽在一定程度上提供基础帮助，却均难以实现全场景、高可靠性、自然交互的出行保障，无法真正满足视障群体在复杂城市环境中的导航需求。

针对以上问题，本研究旨在通过集成智能传感、实时数据处理及直观交互技术 [2]，开发一款基于智能传感与双模态反馈的便携式助盲导航眼镜系统，通过深度融合图像识别、实时数据处理及云端协同技术，构建一个高效、稳定的助盲导航平台。该系统采用振动触觉与语音提示相结合的双模态反馈机制，通过语音芯片与双侧振动马达协同工作，使用户能够直观感知障碍物方位与距离，显著提升环境信息的感知效率。并采用模块化、轻量化的 3D 打印外壳与可调节结构设计，在保证功能完整性和稳定性的同时，显著提升了设备佩戴舒适度，适应多种日常使用场景。

2 智能眼镜硬件组成

2.1 系统集成电路设计

助盲导航智能眼镜采用定制化的硬件设备，系统框架如图 1 所示，主控采用模组 XIAO ESP32S3 为处理器，摄像头与网络功能开启时平均功耗在 154mA 左右（3.7 锂电池供电），工作频率高达 240 MHz，可使用 USB 和电池供电，本项目采用锂电池供电，模组内部带有锂电池充放电管理功能，能够将 3.7V-4.2V 的电池电压稳压到 3.3V 供系统其它模块使用。系统采用两块 XIAO ESP32S3 模组，一块作为主控，另一块用于专门驱动 CMOS 摄像头。

摄像头采用豪威科技生产的 CMOS 图像传感器 OV2640。这款传感器支持 1080p 高清视频录制，具备高灵敏度和低光照性能，能够在不同的环境条件下捕捉清晰、细腻的图像。同时，OV2640 硬件上可以输出 JPEG 压缩格式，这可以大大减低单片机传输的负荷。

语音芯片采用 SYN6288 外围电路参考官方数据手册设计 [9]，电源采用主控单片机内置 LDO 单元输出的 3.3V 进行供电；晶振采用 16MHz 晶振配置 2 个 12pF 的匹配电容；此外，将反向器电路添加在与主控的串口通讯中，采用 NPN 三极管 S8050 串联 1K 欧姆电阻搭建反向器电路实现 RXD 接收并实现高低电平切换 [10]；导航播报信息输出到两个小喇叭，线路中间预留 0Ω 电阻用于后期平衡左右声道音量，并通过示波器测量信号，调整串联电阻阻值来平衡音量幅值，消除差异实际买到的喇叭的差异 [11]。

振动电机的驱动考虑到需要与单片机 IO 端口进行隔离和较高的开关频率，所以采用 NMOS 管 AO3400A 作为下管进行驱动，单片机驱动 IO 端口产生 PWM 信号，从而产生振动信号，栅极前面串联的 10K 电阻可以起到限流的作用，确保驱动电流不会过高损害引脚，下拉到 GND 的 10K 电阻可以提高抗干扰能力，确保 VGS 在截止状态下维持 -0.3V 至 +0.3V 的安全区间，抑制因米勒电容引发的寄生导通现象 [12]。

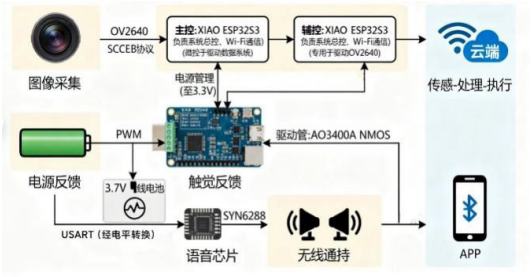


图 1 设备硬件框图

2.2 硬件外壳 3D 模型设计

图 2 是智能眼镜设备 3D 结构简图。装置采用可拆卸式模块化设计，由眼镜框架和眼镜壳体两大部分组成，便于组装、维修及功能扩展。壳体外观基于人体工学原理设计，形状贴合视障人群面部轮廓，提升佩戴舒适性。

本系统采用模块化结构设计，上壳体（10）中部精密加工有圆形安装孔位，通过螺丝柱与电路板模块（8）形成刚性连接，为摄像头（5）提供稳定的成像平台。显著提升设备在动态环境中的结构稳定性和抗冲击能力。壳体采用全包裹封闭式设计，结合隐藏式线槽结构，有效规整摄像头（5）与其他模块的连接线缆，在确保内部布线整洁的同时增强设备的防水防尘性能。壳体侧面预留符合人机工程学的标准化充电接口，既保持外观完整性又确保使用便利性。在材质选择上，主体框架采用 FDM 3D 打印工艺制造的 PLA 材料，兼具轻量化、环保性和结构强度；镜腿（9）采用柔性塑料注塑成型，通过材料弹性变形适应不同头型尺寸。佩戴结构设计包含多角度调节的自适应鼻托（1）和符合人体工学的防滑耳勾（6），耳勾末端嵌入防滑硅胶材料，确保持续佩戴的稳定性。镜腿（9）与镜框（2）连接处采用可拆卸螺丝铰链设计，兼顾连接可靠性与部件可更换性。微型振动马达（3）集成于镜框内部腔体，通过结构优化实现高效的触觉反馈功能。

3 实验和分析

基本上述研制的助盲导航眼镜样机，并借助华为云搭建的云端应用服务器，本文开展设备成像质量测试实验，从而验证所研设备的实时图像获取技术。

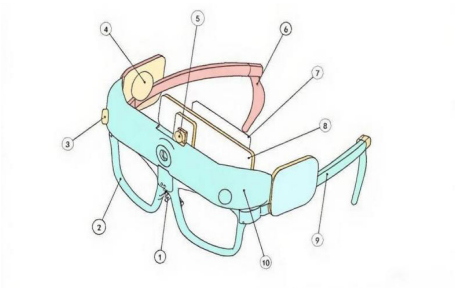


图 2 设备 3D 结构简图：1 为鼻托；2 为眼镜框；3 为微型马达；4 为麦克风；5 为摄像头；6 为耳勾；7 为电池；8 为主控电路板；9 为镜腿；10 为上壳体

实验中采用小米 13 后置 5000W 像素级摄像头作为标准参照的拍摄设备，眼镜样机考虑到低成本与低功耗采用 200W 像素级摄像头。图 3 是设备拍摄质量对照图，其中图 3 上方是设备拍摄图片，A1 是白天，B1 是阴天，C1 是夜晚；图 3 下方是手机拍摄的三张对应场景图像 A2、B2 和 C2。

实验通过图像质量对比算法，进行多维度参考评估方法分析图像特征，主要包括基于拉普拉斯算子的清晰度评估、局部方差中位数的噪声检测、直方图分布的曝光分析、标准差的对比度测量以及 RGB 通道均衡性的色彩平衡检查。该算法以参考图像为基准，通过 Python 计算机语言实现计算测试图像各指标的相对变化率（如清晰度比值、噪声倒数比），通过加权融合生成综合质量评分，并采用雷达图、直方图叠加和条形图实现可视化对比如图 5 所示。

通过对 A、B、C 三组场景的图像质量对比分析，可以得出以下结论：基于 OV2640 的眼镜设备在多数指标（如清晰度、噪声控制）上与小米 13 存在明显差距，这主要受限于眼镜设备的硬件成本与功耗设计。作为一款轻量化、低功耗的嵌入式图像传感器，OV2640 在分辨率（200 万像素）和感光能力上无法与旗舰手机传感器抗衡，导致在动态范围、低光表现等场景中相对劣势。在部分光照条件稳定的场景（如阴天 B 组），OV2640 的色彩平衡（1.00）和曝光控制（0.91）接近参考水平，表明设备图像处理算法在中等光照下能有效还原色彩真实性。这一特性使其在特定应用场景（如户外较好光照环境）中具备实用价值。



图 3 设备拍摄质量对照

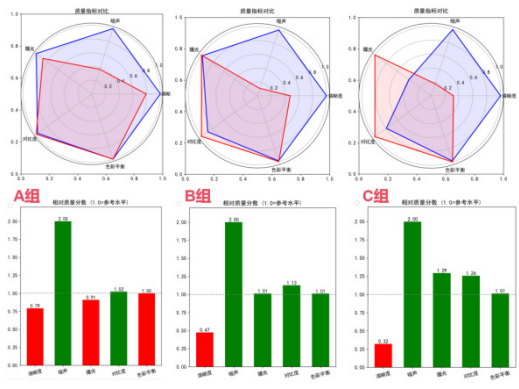


图 4 多场景图像质量参数对比可视化分析

4 智能眼镜硬件组成

本文设计并实现了一款基于实时图像获取的助盲导航智能眼镜系统，致力于提升视障人士在复杂城市环境中的独立出行能力与安全性。该系统以双微控制器为核心处理单元，配合低功耗的图像传感器实时采集环境信息，并通过嵌入式算法实现对障碍物的距离、速度与方位的快速估算。结合语音芯片与双侧振动马达组成的双模态反馈机制，系统能够以听觉与触觉相结合的方式，为用户提供清晰、直观的导航与避障提示。实验验证表明，受限于硬件成本与功耗要求，当前选用的 OV2640 传感器在图像分辨率及低光环境下的表现仍与高端商用传感器存在差距。但，在户外较好光照环境（盲人出现场景）中具备实用价值。

5 结语

展望未来，我们计划深化云端协同机制，整合多源地理信息与实时交通数据，构建更具智能性与个性化的导航策略。最终目标是研制出一套真正实用、可靠且普惠的助盲出行工具，为视障群体的社会融入与自主生活提供坚实的技术支持。

参考文献

[1] 安业,李光胜,杜青,等.盲人语音导航避障系统的设计[J].电子测试,2020,27(17):12-14.

[2] JIANG C, LIU Y, WANG Q, et al. Development and evaluation of a smart glass system to support indoor wayfinding for people with visual impairments[J]. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 2018, 112(6): 447-457.

[3] SMITH G, BENFATTOUM L. Understanding the needs of blind and visually impaired pedestrians through real-world trials of an audio belt navigation system[J]. *Journal of Pervasive Computing*, 2019, 4(3): 69-82.

[4] 国际助盲技术协会.全球助盲技术发展白皮书(2023版).

[5] 汪冰倩导盲犬为何发展难[J].中国工作犬业,2023(5):13-14.

[6] 王梦菲.基于视障用户体验的.出行辅助产品设计研究[D].天津:天津科技大学,2022.

[7] 武曌晗,荣学文,范永.导盲机器人研究现状综述[J].计算机工程与应用,2020,56(14):1-13.

[8] 黄晨光,吴晓.视障人士辅助设备的人因工程学分析[J].人类工效学,2021,37(2):189-193.

[9] 高德地图开放平台。Wed服务AOI开发指南.(2023)[2025-09-07].https://lbs.amap.com/api/webservice/guide.

[10] ALWI S R A W, AHMAD M N. Survey on outdoor navigation system needs for blind people[C]//2013 IEEE Student Conference on Research and Development.Piscataway:IEEE,2013:147-148.

[11] 北京宇音天下科技有限公司.SYN6288中文语音合成芯片数据手册V2.1[Z].北京:宇音天下,2015.

[12] 李强,张磊.基于NPN三极管的TTL电平转换电路设计与可靠性分析[J].现代电子技术,2020,43(9):112-115