

量的是预测概率分布 p 与真实分布 q 之间的差异。对于分类任务,真实分布是一个 one-hot 编码的向量,目标类别的概率为 1,其他类别的概率为 0。公式为:

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \log(1 - \hat{y}_i)]$$

其中 y_i 是真实标签(取值为 0 或 1), $\hat{y}_i$ 是模型预测的概率(取值范围是 [0,1])。从历史数据中筛选出 84 个台区数据共 504 条电压数据样本。所有样本通过人工标定并输入到神经网络进行训练,网络学习正确率达 100%。经过 15 轮次(Epoch),每个 Epoch 504 个电压数据的训练,得到的损失曲线。

四是模型评估。利用验证集对神经网络模型进行性能评估,这一过程能够直观反映模型在非训练数据上的泛化能力。其次,引入功率数据作为辅助验证手段,通过对比分析确保分类结果的准确性。具体操作是将分类后的各相用户总功率与台区总表实测功率进行比对:若两者误差控制在 2% 以内,则判定分类结果正确;若出现显著差异,则认为分类存在错误。当出现分类错误时,需重新采集训练样本数据,对模型进行迭代训练,直至所有数据的功率计算值与台区总表实测值完全匹配。实际应用表明,经过最多三轮训练,模型分类正确率即可达到 100%。从历史数据中准备新的 252 条数据作为验证集。验证集可以提供一个对模型性能的无偏估计。在训练过程中,模型会根据训练集进行调整,因此训练集上的性能可能会高估模型的真实性能。而验证集是在训练过程中未被模型见过的数据,用它来评估模型的性能,可以更准确地反映模型在实际应用中的表现。

3 应用实例

对 08G0027680 台区和 08G0035751 台区及其用户采集了 2025 年 4.1 日—4.30 日台区电压、电流、功率数据,对台区下单相用户电压、电流、功率数据,采用了用户相位识别算法。

在数据采集与处理过程中,我们以 15 分钟为一个数据采集间隔。按 31 天计算,每天可获取 96 条数据,因此 2025 年 3 月的总数据量为 $30 \times 96 = 2880$ 条。

为了使数据能够适配神经网络的输入要求,我们将这一个月每个用户及台区 ABC 三相的 2880 条数据进行转换,重新组织为一个 30×96 的矩阵向量,以此作为神经网络的输入数据,从而实现对数据的有效处理和分析。

4 成效

在三相不平衡的情况下,由于某一相电流过大,可能会使线路和设备过载,限制了电网的供电能力。通过分相调

整,使三相负载均衡,充分利用线路和设备的容量,可提高电网的供电能力,减少因三相不平衡导致的停电事故和设备损坏事故的发生。

通过对 08G0027680 台区和 08G0035751 台区下月电流数据分析判断,ABC 三相不平衡,通过自动分相技术,精确得出了低压用户的 ABC 三相。根据台区户变关系、电流数据等信息和构建的智能调节模型。对 08G0027680 台区下用户 4204028008312 从以前 A 相调整到 B 相。对 08G0035751 台区下用户 4206890493713、4204018113106、4206955091591 从 B 相调整到 A 相,4204000459821、4204018113090 从 C 相调整到 A 相,2 个台区按照上诉方法调整后,三相不平衡问题解决。

5 应用预期

通过上述对低压用户挂接相位的识别和分相合理化建议,后期可以在低压用户业扩报装、电能质量提升、优质服务方面能够提供数据支撑及合理化建议。现阶段,电压用户的业扩报装只能选定到台区及用户用电位置,没有挂接相位的相关要求,都是事后针对三相不平衡或者低电压、重过载等配变现象被动调整用户相位,通过上述算法,我们可以把计算结果做成数据看板,方便业扩报装受理人员提前知晓台区用户状态,做到主动平衡配变负荷。对于由于三相不平衡造成的低电压、重过载等现象提前介入,提升配网管理效率,提升优质服务水平。

6 结语

在配网精益化管理与数字化转型的背景下,本次 AI 相位识别技术在负荷管理中的实践,有效破解了传统低压用户相位识别“人工依赖重、覆盖范围窄、效率精度低”的痛点,为解决配网三相不平衡问题提供了技术新路径。通过构建卷积神经网络模型,依托多维度量测数据实现相位精准识别,再以数据驱动指导用户调相,不仅成功解决了 08G0027680、08G0035751 等台区的三相不平衡问题,更验证了人工智能技术与配网业务深度融合的可行性—从数据采集、模型训练到结果验证,形成了“技术赋能业务、业务反哺数据”的闭环,为负荷管理效能提升奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 杨晓霞,曾飞,廖惠宇,等.电网不平衡下三相PWM整流器模型预测直接控制策略[J/OL].电气传动,1-9[2025-10-10].<https://doi.org/10.19457/j.1001-2095.dqcd26479>.
- [2] 李敬.浅谈低压配电系统三相不平衡的危害及治理方法[J].绿色建造与智能建筑,2025,(09):129-133.DOI:CNKI:SUN:ZNJZ.0.2025-09-033.
- [3] 高家豪.电力市场环境需求响应机制与负荷管理策略[J].智慧中国,2025,(08):68-69.DOI:CNKI:SUN:ZHZZ.0.2025-08-030.

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

【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。

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

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]。

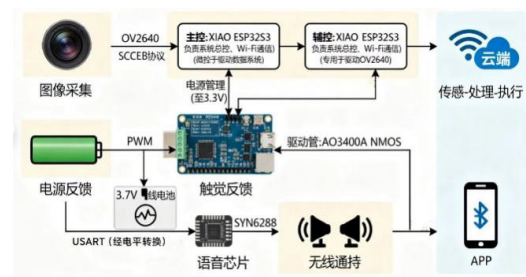


图1 设备硬件框图

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。

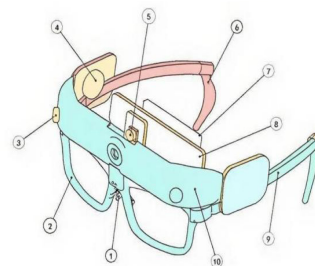


图2 设备3D结构简图: 1为鼻托; 2为眼镜框; 3为微型马达; 4为麦克风; 5为摄像头; 6为耳勾; 7为电池; 8为主控电路板; 9为镜腿; 10为上壳体