

基于树莓派的智能桌面宠物机器人

姚彬 冯佳乐 董云浩 周明飞 曹紫陌 张可乐 张亚利 段佳雷
西安工程大学

DOI:10.12238/acair.v3i3.15600

[摘要] 本文基于树莓派微控制器和改进YOLOv5目标检测算法,设计并实现了一款具备交互能力的智能桌面宠物机器人。通过树莓派强大的性能与丰富接口,结合STM32进行运动控制,实现人脸识别、手势识别与交互功能。在软件设计上,采用嵌入式Linux操作系统,加入姿态解算、步态规划算法库,并集成改进YOLOv5深度学习模型进行实时视觉感知,可精准识别用户手势、人脸信息;硬件上,使用姿态传感器结合STM32完成与用户的流畅交互,提高了智能化体验。

[关键词] 树莓派; 宠物机器人; YOLOv5; 嵌入式系统

中图分类号: TP242 **文献标识码:** A

An Intelligent Desktop Pet Robot Based on Raspberry Pi

Bin Yao Jiale Feng Yunhao Dong Mingfei Zhou Zimo Cao Kele Zhang Yali Zhang Jiale Duan
Xi'an Polytechnic University

[Abstract] This paper presents the design and implementation of an interactive intelligent desktop pet robot based on a Raspberry Pi microcontroller and an improved YOLOv5 object detection algorithm. Leveraging the Raspberry Pi's robust performance and extensive interfaces, combined with an STM32 for motion control, the system achieves facial recognition, gesture recognition, and interactive functionalities. In software design, an embedded Linux operating system is employed, incorporating attitude calculation and gait planning algorithm libraries. An optimized YOLOv5 deep learning model is integrated for real-time visual perception, enabling precise recognition of user gestures and facial information. On the hardware front, attitude sensors coupled with the STM32 facilitate seamless interaction with users, significantly enhancing the intelligent interactive experience.

[Key words] Raspberry Pi; Pet Robot; YOLOv5; Embedded System

引言

随着现在智能化的不断推进,宠物机器人也逐渐成为人类情感链条中的一环^[1]。桌面宠物机器人作为人机交互的重要载体,其智能化水平极大依赖视觉感知与运动控制的协同优化。当前系统普遍面临着三大方面技术瓶颈:实时视觉感知精度不足、运动控制响应迟滞以及嵌入式平台算力约束。这些缺陷严重制约了交互的自然性与用户体验^[2]。

针对上述挑战,本文提出一种基于异构计算架构的智能桌面宠物机器人解决方案。系统采用树莓派作为主控制器,搭载嵌入式系统运行改进YOLOv5目标检测模型,实现复杂光照下的人脸识别与动态手势识别。运动控制层通过STM32处理器,融合传感器数据,采用四元数互补滤波算法进行实时姿态解算,并进行步态规划生成串行舵机控制序列,极大降低了运动响应延迟。

1 桌面宠物机器人系统总体设计

桌面宠物机器人作为集人工智能等技术于一体的智能伴侣

装置,其核心目标是为用户提供互动陪伴体验。这类机器人核心处理单元承担“大脑”职能,运行着目标识别、行为决策、路径规划等复杂算法,将感知信息转化为行动指令。该单元常由微控制器或单板计算机构成,或采用两者协同架构以兼顾实时控制与复杂计算需求。此外,交互通信模块通过无线技术连接用户设备或云端,实现指令接收与信息交换。整个系统由可充电电池提供能源支持,确保其移动性与持续工作能力。这类系统普遍遵循“感知-决策-执行”的闭环运作逻辑,各功能模块通过软硬件接口紧密协作,使机器人能够智能、灵动地响应用户与环境变化,实现其作为电子宠物的核心价值。

本机器人系统采用分层模块化设计,由上位机和下位机两个部分构成,如图1所示。以树莓派与STM32构成双核处理中枢,上位机接收摄像头传感器的信息对目标进行识别传达给下位机,下位机对姿态传感器等信息进行处理传达给上位机,二者协同,实现感知-决策-执行闭环。

2 硬件系统的设计与实现

系统的电源模块为系统提供多级稳压输出,并集成过压与过流保护电路确保稳定运行。感知层由摄像头模块IMAX708与位姿传感器MPU6050组成。核心处理层中,树莓派运行嵌入式Linux系统,主要进行视觉识别与交互逻辑;STM32基于FreeRTOS实现硬实时控制,执行传感器数据融合与步态规划。通信层通过WIFI模块ESP8266经UART连接树莓派,对接云端小程序控制,依托MQTT协议实现远程指令下发与系统状态回传。具体工作原理图如图2所示。

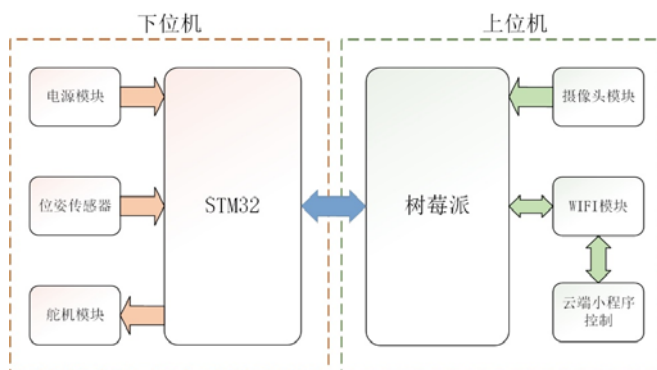


图1 系统总体设计图

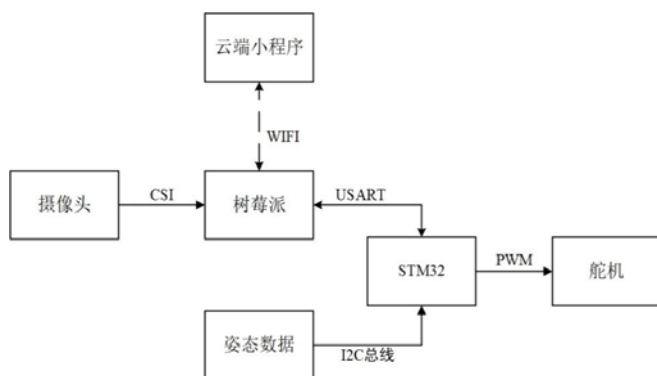


图2 系统硬件原理图

3 软件的设计与实现

系统流程图如图3所示,系统软件采用分层状态机架构,在树莓派端运行基于嵌入式Linux的主控程序,通过POSIX线程实现多任务^[3]并发。上电后执行系统初始化,加载YOLOv5模型、开启摄像头并初始化通信接口,启动FreeRTOS协程与STM32建立握手协议。主循环首先检测电源状态,当ADC采样值低于阈值时触发低电量警告,同时向云端推送状态码0xE1。若电压正常则通过MQTT客户端订阅云端指令,当检测到控制信号时立即中断当前任务执行远程操作。在本地交互模式下,系统启动OpenCV视觉处理^[4]流水线。首先采用Haar级联分类器进行人脸检测,再通过改进YOLOv5模型实现人脸特征提取与注册用户比对。若识别未注册用户,则切换至MediaPipe手势识别引擎,实时解析21个手部关节坐标并分类静态手势。识别结果经归一化处理后发送至STM32。

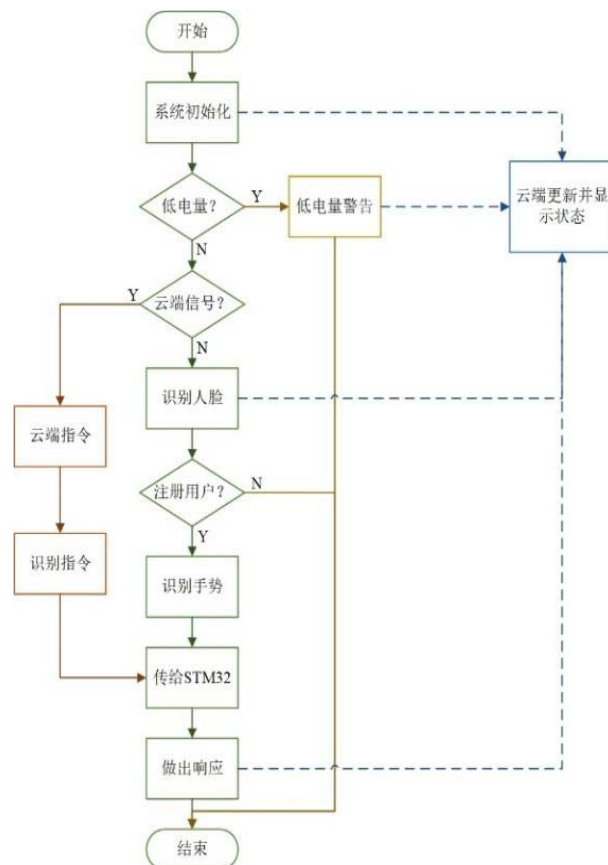


图3 系统软件流程图

STM32端则基于FreeRTOS实时操作系统部署运动控制任务。接收指令后调用滤波算法融合传感器数据,采用三次样条插值生成舵机的平滑轨迹^[5],最终通过高级PWM定时器输出舵机控制信号。为保障系统鲁棒性,设置看门狗定时器监控任务调度,并在异常姿态时触发卡尔曼滤波校准流程。所有交互事件均支持通过云端小程序回放行为日志。

4 结语

本文设计并实现了一款基于双核异构架构的智能桌面宠物机器人,最终实物建模如图4所示。通过树莓派与STM32的协同优化,解决了嵌入式场景下实时视觉感知与流畅运动控制的关键难题。未来将探索多模态融合交互及边缘-云协同推理框架,并深化强化学习在拟人化行为生成中的应用。

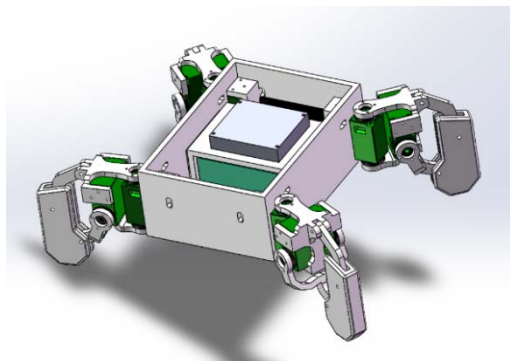


图4 SolidWorks建模

[大创项目]

陕西省智能桌面宠物创新训练项目(No.S202410709175)。

[参考文献]

[1]陈丽,江慧杰,张秀莹等.我国宠物经济发展现状[J].当代畜牧,2023,(09):117-120.

[2]王兵.中国宠物市场发展现状趋势分析[J].贵州畜牧兽医,2023,47(02):6-8.

[3]高菲,孙清闻,李帅,等.智能云视频宠物陪伴机器人设计

[J].单片机与嵌入式系统应用,2022,22(05):79-83.

[4]李春炜,张婧.基于OpenCV的以图片检索相似图片的设计与实现[J].电脑编程技巧与维护,2025,(05):119-122.

[5]卫鑫,熊威,范伟伦.三次样条插值在惯导数据处理中的应用[J].舰船电子工程,2023,43(08):94-97.

作者简介：

姚彬(2004—),男,汉族,安徽安庆人,本科(在读),研究方向：机器人。