

基于多模态大模型与可穿戴设备的“小喜财” 机器人适老化陪伴系统设计与实现

杜洪伟

四川意外科技有限公司，四川 成都 610061

DOI: 10.61369/TACS.2026060050

摘 要： 在全球人口老龄化不断加深的背景下，独居老年群体的心理陪护与身体健康监测需求愈发突出。目前市面上的陪护机器人大多不具备生理体征实时监测功能，而可穿戴健康监测设备又缺少情感互动和主动关怀能力。针对上述行业现存短板，本文设计并搭建了一套适老化智能陪护系统，将“小喜财”AI陪护机器人与智能手表相结合。本系统在机器人设备中搭载 DeepSeek 多模态大语言模型，可识别并合成三十余种方言，为老年人搭建无障碍沟通环境，实现人性化情感陪护；智能手表则负责实时采集血压、心率等健康数据，并依托 IMU 传感模块完成跌倒识别检测。除此之外，该机器人创新性搭载视觉大模型，增设舌苔检测功能，能够辅助判别老年人身体健康状况。设备借助红外感应技术与蓝牙通信方式，机器人可主动感应老人、同步读取手表健康数据与舌诊检测结果，并推送个性化问候提醒；若系统识别到老人跌倒或健康指标异常，将立即向监护人的手机 APP 推送预警消息。实测数据表明，该智能方案能够有效提高老年人的设备接受度与使用意愿，对于降低独居老人健康隐患、保障老年群体安全具备较高的实际应用价值。

关 键 词： 小喜财机器人；智能手表；多模态大模型；舌苔检测；主动交互；健康监测

Design and Implementation of the Age-Friendly "Xiaoxicai" Robot Companying System Based on Multimodal Large Models and Wearable Devices

Du Hongwei

Serendipity Labs, Chengdu, Sichuan 610061

Abstract : Against the backdrop of global population aging, the demand for psychological companionship and health monitoring among elderly individuals living alone has become increasingly prominent. Most existing companion robots currently available lack real-time physiological monitoring capabilities, while wearable health devices lack emotional interaction and proactive care functions. To address these industry shortcomings, this study designs and implements an age-friendly intelligent companion system that integrates the "Xiao Xicai" AI companion robot with a smartwatch. The robotic device incorporates the DeepSeek multimodal large language model, capable of recognizing and synthesizing over thirty dialects to create barrier-free communication environments for elderly users, enabling humanized emotional companionship. The smartwatch continuously collects health data such as blood pressure and heart rate, while its IMU sensor module detects falls. Additionally, the robot features an innovative visual large model with tongue coating detection functionality to assist in assessing elderly individuals' health status. Utilizing infrared sensing technology and Bluetooth communication, the robot actively identifies seniors, synchronizes health data from the watch and tongue examination results, and delivers personalized greetings and reminders. Upon detecting falls or abnormal health indicators, the system immediately alerts caregivers via mobile app. Experimental data demonstrate that this intelligent solution significantly enhances elderly users' acceptance and willingness to utilize the device, offering substantial practical value in mitigating health risks and ensuring safety for solitary elderly individuals.

Keywords : Xiao Xicai robot; smart watch; multimodal large model; tongue coating detection; active interaction; health monitoring

引言

目前，市场上的适老化智能设备主要分为两类：一类是主打情感交互的陪伴机器人，另一类是主打生理数据监测的可穿戴设备（如智能手表、手环）^[1]。然而，这两类设备在实际应用中存在明显的割裂。陪伴机器人虽然能够提供语音聊天、多媒体娱乐等功能，但无法感知老人的身体状况，难以在突发疾病时提供及时救助；而可穿戴设备虽然能精准监测心率、血压等指标，但缺乏主动的情感关怀，导致老年用户佩戴意愿低，设备往往被闲置^[2]。

为了解决上述问题，本文设计并实现了一种基于多模态大模型与可穿戴设备的适老化智能陪伴系统。该系统以“小喜财”AI 陪伴机器人为核心交互中枢，结合具备健康监测功能的智能手表，实现了生理数据与情感交互的深度融合。机器人不仅能通过红外感应主动向老人打招呼，还能读取手表上的健康数据，并利用自带摄像头进行中医辅助舌苔检测，将冷冰冰的数字转化为有温度的语音关怀^[3]。同时，系统为远端监护人提供了实时状态查看与异常告警功能，构建了完整的闭环养老看护体系。

一、系统总体架构设计

本系统的设计遵循“简单实用、适老化、软硬结合”的原则，整体架构分为感知层、传输层、云端处理层和应用层四个部分。系统整体架构如图1所示。

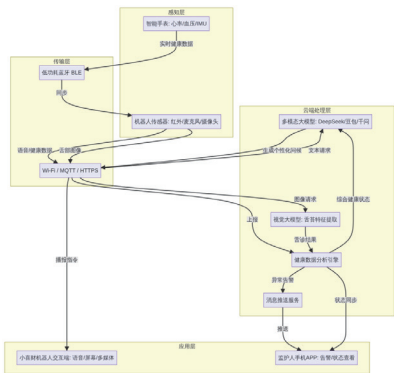


图1：适老化智能陪伴系统架构图

（一）感知层

感知层主要由智能手表和“小喜财”陪伴机器人组成。

- 智能手表：内置光电容积脉搏波（PPG）传感器用于心率和血压的连续监测；内置六轴惯性测量单元（IMU）用于采集老人的运动姿态数据，以实现跌倒检测。
- 陪伴机器人：配备麦克风阵列、扬声器、高清摄像头以及红外人体传感器。红外传感器用于检测老人是否靠近，触发主动问候机制；摄像头用于捕捉面部与舌部图像，支持视觉识别。

（二）传输层

传输层负责设备间以及设备与云端的数据交互。智能手表通过低功耗蓝牙（BLE）将健康数据实时同步至陪伴机器人^[4]。机器人通过 Wi-Fi 连接家庭路由器，利用 MQTT 协议将健康数据和设备状态上报至云端服务器，并通过 HTTPS 协议调用云端大模型 API。

（三）云端处理层

云端处理层是系统的“大脑”，主要包括：

- 多模态大模型引擎：接入 DeepSeek、豆包、千问等大模型，负责处理复杂的自然语言理解与生成任务，支持多轮对话与

情感分析；同时集成视觉大模型（VLM），用于图像解析与舌苔特征提取。

- 健康数据分析服务：对上传的心率、血压数据及舌苔特征进行综合分析，判断是否存在异常波动或潜在健康风险。
- 消息推送服务：负责向监护人 APP 发送跌倒告警、吃药提醒等高优先级消息。

（四）应用层

应用层面向最终用户，包括：

- 老人交互端：机器人本体，提供大字体屏幕显示、大音量语音播报、SD 卡戏曲播放等适老化功能^[5]。
- 监护人 APP 端：提供远程查看老人健康数据、情绪状态分析、历史影像记录以及接收紧急告警的功能。

二、核心功能模块设计与实现

（一）智能手表健康监测与跌倒检测

智能手表通过 PPG 传感器以设定的频率（如每15分钟一次）采集心率和血压数据。对于跌倒检测，系统采用基于阈值与机器学习结合的算法。当 IMU 检测到合加速度超过设定的失重阈值，且随后出现剧烈的撞击峰值，并在撞击后保持静止状态超过一定时间，系统即判定为疑似跌倒事件，并立即通过蓝牙向机器人发送紧急中断信号^[6]。

（二）基于视觉大模型的舌苔检测

中医舌诊是评估人体健康状态的重要辅助手段。本系统在“小喜财”机器人端创新性地引入了舌苔检测功能。当老人面对机器人时，可通过语音指令（如“帮我看看舌头”）触发该功能。机器人摄像头捕捉高清晰度舌部图像后，上传至云端视觉大模型。模型对舌质（如红、淡白）和舌苔（如黄腻、白滑）进行特征提取与分类，结合大语言模型生成通俗易懂的健康建议（如“张阿姨，您今天舌苔有点厚白，可能是受凉了，记得多喝点温水”）。

（三）机器人主动打招呼与数据联动机制

“主动交互”是本系统的核心创新点。传统的智能音箱往往需要唤醒词（如“小爱同学”）才能交互，这增加了老年人的使用门槛。本系统设计了基于红外感应与健康数据驱动的主动问候

机制^[7]。其核心交互流程如图2所示。

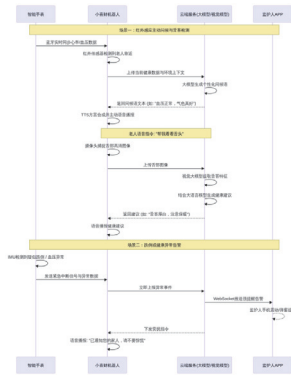


图2：机器人与手表数据联动交互流程图

当机器人内置的红外传感器检测到老人靠近时，会自动唤醒并主动发起交互^[8]。在开口前，机器人会通过蓝牙快速读取手表最新的心率、血压数据，并结合近期的舌苔检测记录，生成动态 Prompt。

例如：

- 健康状态良好时：“张阿姨，今天血压很正常，气色真好！要不要听一段越剧？”
- 心率偏高时：“张阿姨，您现在心率有点快，是不是刚运动完？先坐下休息一会儿吧。”

这种将生理数据融入日常主动问候的方式，极大地增强了陪伴的真实感与温度，让老人感受到“被关注”而非仅仅是“使用机器”。

（四）监护人远程告警与状态查看

监护人 APP 端通过 WebSocket 与云端保持长连接。当发生以下情况时，APP 会触发提醒告警：

1. 手表检测到跌倒事件；
2. 连续多次心率或血压数据超出安全阈值；
3. 机器人长时间未检测到老人活动。

此外，机器人会在日常交互中分析老人的情绪（开心、平静、焦虑等），并结合舌苔检测结果生成健康与情绪日报推送给监护人，帮助儿女在忙碌的工作中也能随时了解父母的身心状态。

三、系统测试与分析

为验证系统的有效性，我们在模拟家庭环境中进行了功能与

用户体验测试。

（一）功能测试

- 方言识别率：在安静环境下，系统对四川话、粤语等主流方言的识别准确率达到92%以上，满足日常交流需求^[9]。
- 跌倒检测与告警延迟：通过模拟假人跌倒测试，跌倒检测准确率达到95%。从手表检测到跌倒至监护人 APP 收到告警，端到端平均延迟小于3秒。
- 舌苔检测准确率：在光线充足的条件下，视觉大模型对典型舌象（如红舌、白苔、黄腻苔）的分类准确率达到85%，能够满足日常辅助健康提醒的需求。

（二）用户体验分析

邀请了10位65岁以上的独居老人进行为期一周的试用。反馈结果显示，大字体、大音量以及 SD 卡插卡听戏的设计非常符合老年人的使用习惯。特别是机器人“主动打招呼并播报健康状况”的功能，让老人感到被关心，显著提高了他们佩戴智能手表的依从性。舌苔检测功能也受到了老人的欢迎，增加了日常互动的趣味性。

四、结论与展望

本文设计并实现了一种融合“小喜财”AI 陪伴机器人与智能手表的适老化智能陪伴系统。该系统打破了传统陪伴机器人与健康监测设备之间的信息壁垒，通过多模态大模型实现了支持多方言的无障碍情感交互，创新性地引入了舌苔检测功能，并通过红外感应与读取手表数据实现了主动式的健康关怀与异常告警^[10]。实际测试表明，该系统能够有效缓解独居老人的孤独感，并在突发健康状况时提供及时的告警支持。

未来，我们将进一步优化跌倒检测算法以降低误报率，并探索在机器人端引入更深度的情感计算模型与更精准的视觉健康评估算法，为老年人提供更加个性化、智能化的养老陪伴服务。



参考文献

[1] 联合国经济和社会事务部. 世界人口老龄化报告 [R]. 2023.
[2] 扈瀚鹏, 周西亚, 陶晓倩, 等. 基于情感交互的适老化智能可穿戴设备的优化设计 [J]. 华东科技, 2025(5).
[3] 吴青衡. 基于多模态理论的智能养老监护服务系统设计 [D]. 杭州电子科技大学, 2023.
[4] 郭会娟, 刘思雅, 方平龙. 基于行动导向的智能家居产品适老化设计策略研究 [J]. 宿州学院学报, 2023, 38(10): 56-60.
[5] 郑健. 基于大模型的智能短信语音业务场景探索研究 [J]. 江苏通信, 2025, 41(4): 71-76.
[6] 汪致远, 王铮, 邓嵘, 等. 基于使用意愿的家庭养老服务机器人设计研究 [J]. 包装工程, 2025(6).
[7] 毛倩, 车蕊彤, 肇真, 等. 智能化老年人运动系统的功能特征研究与设计方法探索 [J]. 装饰, 2024(5).
[8] 郭高鑫. 基于数字孪生技术的老年大学虚拟校园建设探析 [J]. 继续教育研究, 2025(11).
[9] 王露苗, 王伶俐, 郑刚强. 基于适老性理念的智能养老服务机器人设计 [J]. 工业设计, 2025(9): 33-36.
[10] 周启豪, 刘迪莘. 基于多模态数据融合的智能家用病床设计研究 [J]. 装饰, 2024(10): 142-144.