

余阳玺, 吕文涛, 郭庆, 等. 一种基于树莓派的居家隔离健康监测系統[J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(3): 18-23. DOI: 10.20169/j. issn. 2095-2163. 250303

一种基于树莓派的居家隔离健康监测系統

余阳玺¹, 吕文涛¹, 郭庆², 徐羽贞², 余润泽³

(1 浙江理工大学 浙江省智能织物与柔性互联重点实验室, 杭州 310018; 2 浙江省技术创新服务中心, 杭州 310007;

3 中国移动通信集团设计院有限公司浙江分公司, 杭州 310012)

摘要: 为满足部分特殊场景和人群对日常健康检测的需要, 本文设计了一种基于树莓派的居家隔离健康监测系統。系統以树莓派为主要硬件平台, 使用摄像头拍摄照片后利用 OpenCV 人脸检测算法实现用户的身份认证; 使用 MLX90614 和 MAX30102 实现体温、心率和血氧数据的检测; 使用外接音箱播放语音实现信息交互; 使用钉钉 App 实现健康检测信息的广播; 使用阿里云物联网平台实现数据的在线监控和处理。经过测试, 系統成功完成了以上功能, 可以应用于需要进行健康监测的居家隔离场景或老人、孕妇等特殊群体的日常体征监测, 推进了居家隔离监管方式的智能化。

关键词: 物联网; 树莓派; 健康检测; 云平台

中图分类号: TP181

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2025)03-0018-06

A home isolation health monitoring system based on Raspberry Pi

YU Yangxi¹, LÜ Wentao¹, GUO Qing², XU Yuzhen², YU Runze³

(1 Key Laboratory of Intelligent Textile and Flexible Interconnection of Zhejiang Province, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2 Zhejiang Technology Innovation Service Center, Hangzhou 310007, China;

3 China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd., Zhejiang Branch, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to meet the needs of some special scenarios and people for daily health detection, this paper designs a home isolation health monitoring system based on Raspberry Pi. The system takes Raspberry Pi as the main hardware platform and uses the face detection algorithm of OpenCV to realize user identity authentication after taking photos with the camera. In the research, MLX90614 and MAX30102 is used to detect body temperature, heart rate and blood oxygen; external speakers are used to play voice to achieve information interaction; Dingtalk to broadcast health detection information is used and Aliyun IoT is used to realize online data monitoring and processing. After testing, the system has successfully completed the above functions, and can be applied to home isolation scenarios or daily health monitoring of the elderly, pregnant women and other groups, promoting the realization of intelligent home isolation supervision.

Key words: Internet of Things; Raspberry Pi; health detection; cloud platform

0 引言

当出现疫情等特殊情况时, 社区一般都需要对风险地区的人员采取隔离和健康检测等措施, 当隔离人员过多时, 则需要挨家挨户来进行健康检测, 这无疑就增加了实施难度。为应对此情况, 一个可帮助居家隔离就医不便的人员实现体温、血氧、心率等指标检测的健康检测系統尤显重要。且日常场景下, 老人、孕妇等特殊群体对方便及时的健康检测服

务也有一定的需求, 实时监测该人群的体温、心率、血氧等生理指标对其健康幸福生活具有重大意义, 并且通过云端储存的历史数据, 医疗机构或者监护人还可以综合分析检测人员可能存在的健康隐患, 从而实现早发现早治疗, 推进互联网行业健康发展^[1]。

物联网^[2]目前在智能医疗健康领域的应用场景正不断拓展^[3]。Naik 等学者^[4]利用树莓派采集人体数据并在服务器上识别血压、体温、心率等数据

基金项目: 国家自然科学基金(U1709219, 61601410); 浙江省科技厅重点研发计划项目(2022C01079); 2021 年产业技术基础公共服务平台项目(2021-0174-1-1)。

作者简介: 余阳玺(2001—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机视觉, 机器学习。

通信作者: 吕文涛(1982—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 工业互联网, 数字图像处理。Email: alvinlw@zstu.edu.cn。

收稿日期: 2023-09-19

来帮助医生做出诊断。Sengan 等学者^[5]利用树莓派和物联网技术设计了一种安全头盔用于检测骑手头盔的佩戴情况和是否酒后驾车。冉鹏等学者^[6]设计的院前急救系统可以在患者未抵达医院前将其健康数据上传,帮助医院提前做好准备以提高急救效率。范勇等学者^[7]介绍的医疗互联网架构实现了长期稳定的急救设备数据采集以及预警模型的开发部署。

本文主要目的是设计并完成一种基于树莓派的居家隔离健康监测系统,帮助居家隔离就医不便的人员进行体温、血氧、心率等指标的检测。如果存在异常指标,可以第一时间进行语音播报和消息推送,推进实现居家隔离监管方式的智能化。

1 系统总体框架设计

本系统主要由用户人脸识别身份认证、用户人体健康数据采集、人体健康状态智能判断、用户健康检测消息推送、云端在线健康数据监测等功能模块组成。系统以树莓派^[8]为主要硬件平台开发,人脸识别部分使用摄像头拍摄照片并利用 OpenCV 的人脸检测算法实现;用户健康数据采集部分使用 MLX90614 和 MAX30102 采集体温、心率和血氧数据实现;健康状态智能判断部分通过提前设置阈值与采集的数据进行比较实现;消息推送部分使用钉钉机器人实现;在线数据监测部分通过上传数据至阿里云平台实现。其总体结构框架如图 1 所示。

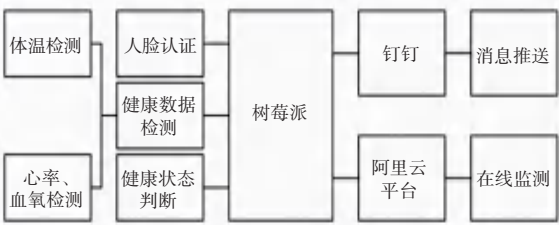


图 1 系统功能总体框架

Fig. 1 Overall framework of system functions

2 系统硬件设计

2.1 总体硬件设计

硬件设计主要是利用树莓派提供的各类端口与其他外设或者传感器连接完成。整个硬件电路主要由以下部分组成:树莓派 4B 与 MLX90614、MAX30102、树莓派摄像头以及音箱。其中,MLX90614 用于检测用户的体温数据,MAX30102 用于采集用户的心率和血氧,树莓派摄像头用于人脸照片的拍摄,音箱则用于语音信息的播放。硬件主体部

分连接电路如图 2 所示。



图 2 系统硬件主体连接电路

Fig. 2 The main body connection circuit of the system hardware

2.2 健康数据检测硬件设计

2.2.1 红外温度检测硬件设计

系统使用 MLX90614^[9]采集用户的体温数据。该传感器可同时测量被测物体温度和所在的环境温度,工作电压为 3.3~5.0 V,可以在-40 ℃~125 ℃的环境下工作,可测量的温度范围为-70.0 ℃~382.2 ℃,室温环境下测量分辨率为 0.02 ℃,误差为±0.5 ℃。MLX90614 实物外观如图 3 所示。



图 3 MLX90614

Fig. 3 MLX90614

MLX90614 的接口类型为 I2C (从模式) 或 PWM, 拥有 VDD/VIN、VSS/GND、SDA/PWM 和 SCL/Vz 四个接口。其中,VDD/VIN 用于供电,VSS/GND 接电源地,SCL/Vz 用于输入串行时钟信号,SDA/PWM 用于传输温度等数据^[10]。MLX90614 与树莓派端口的连接方式如图 4 所示。

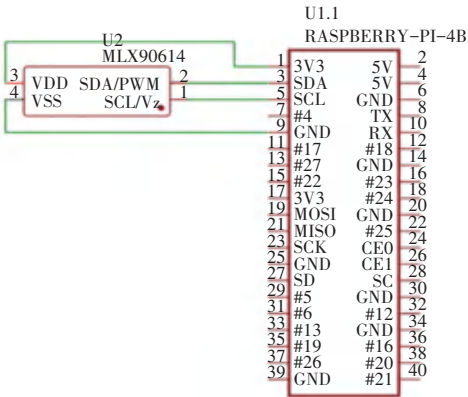


图 4 MLX90614 和树莓派连接图

Fig. 4 Connection diagram of MLX90614 and Raspberry Pi

2.2.2 心率、血氧检测硬件设计

系统使用 MAX30102 采集用户的心率和血氧数据,传感器主要依靠生物组织在血管内部波动时引起的透光率不同来计算人体的脉搏和血氧。MAX30102 使用 1.8 V 的电源供电,模块内封装的 LED 使用 5.0 V 的电源供电,具有体积小、功耗低、精度高、可编程和数据传输速度快等优点。MAX30102 实物外观如图 5 所示。



图 5 MAX30102
Fig. 5 MAX30102

MAX30102 拥有 VIN、GND、SCL、SDA、INT、RD、IRD 和一个 3 位焊盘,使用 I2C 接口与其他设备进行通信。其中,SCL 用于输入 I2C 总线的串行时钟信号,GND 用于接地,SDA 用于传输心率和血氧等数据,INT 为中断引脚,RD 和 IRD 分别为 RED LED 和 IR LED 的接地端,3 位焊盘用来改变 I2C 的上拉电平^[11]。MAX30102 与树莓派的连接如图 6 所示。

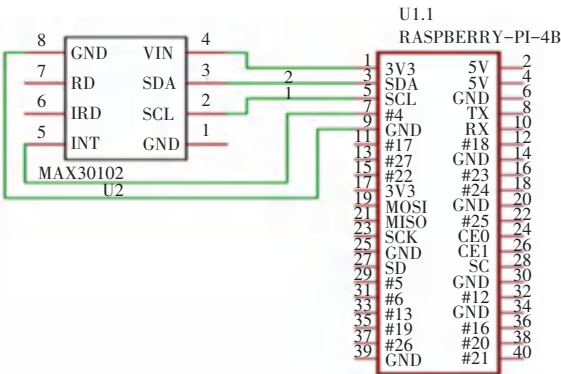


图 6 MAX30102 和树莓派连接图
Fig. 6 Connection diagram of MAX30102 and Raspberry Pi

2.3 用户人脸采集硬件及语音交互硬件设计

系统使用树莓派摄像头采集用户的人脸照片,此摄像头可拍摄 800 万像素照片,通过 CSI 接口与树莓派连接。使用外接音箱连接至树莓派播放合成语言来向用户传递信息以引导用户的操作,音箱和树莓派使用 3.5 mm 音频输出接口连接。

3 系统软件设计

3.1 总体软件设计

系统在 Raspberry Pi OS 系统环境下运行,程序开发语言为 Python 语言,使用了钉钉 App 和阿里云

物联网平台,总体可分为健康数据检测、用户识别、消息播报和云平台监控等功能模块。系统启动时,将进行用户的人脸身份识别,成功后会依次进行体温、心率和血氧的采集并自动判断用户的身体状况,同时钉钉机器人将在 App 上广播此次检测的数据,相关数据也会被上传至阿里云平台,过程中系统会按照各类情况播放语音以提示用户各项注意事项。其程序总体流程如图 7 所示。

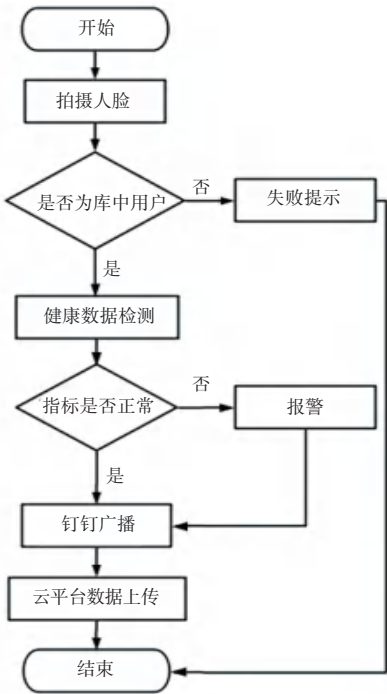


图 7 系统总体程序流程图
Fig. 7 System general program flow chart

3.2 健康数据检测软件设计

体温检测功能的实现是通过对 MLX90614 和 GPIO 端口进行定义和配置后采集相关数据并传输至树莓派而完成的,其 I2C 通信中出厂设置的设备地址为 0x5a。MLX90614 的主要寄存器配置见表 1。

表 1 MLX90614 主要寄存器配置

Table 1 Major register configuration of MLX90614		
名称	功能	地址
T0max	测量温度上限	0x20
T0min	测量温度下限	0x21
PWMCTRL	设置 PWM	0x22
Ta 范围	设置环境温度	0x23
发射率修正系数	范围为 0.1~1.0	0x24
Config Register1	设置配置寄存器	0x25
SMBus 地址	设置器件地址	0x0E
TA	储存环境温度	0x06
Tobj1	储存物体温度	0x07

MLX90614 并非以摄氏度形式储存数据,研发系统是从 0x07 地址读取温度数据后再使用转换公式将其转换为摄氏度形式^[12]。公式如下:

$$Tempature = (Data \times 0.02) - 273.15 \quad (1)$$

心率和血氧检测功能的实现是通过 MAX30102 和 GPIO 端口进行定义和配置后采集相应数据并传输至树莓派而完成的,其在 I2C 通信中出厂设置的设备地址为 0x57。MAX30102 主要寄存器的功能和配置地址见表 2。

表 2 MAX30102 主要寄存器配置

Table 2 Major register configuration of MAX30102

名字	功能	地址
FIFO_WR_PTR	指示 FIFO 的当前写入位置	0x04
OVF_COUNTER	检测 FIFO 是否已满并溢出数据	0x05
FIFO_RD_PTR	指示 FIFO 的当前读取位置	0x06
FIFO_DATA	存储 FIFO 中的数据	0x07
MODE_CONFIG	配置模式和采样速率	0x08
SPO2_CONFIG	配置 SpO2 模式下的采样速率和 LED 灯的功率	0x09
LED1_PA 和 LED2_PA	设置红光 LED 和红外 LED 的发光功率	0x0A 和 0x0C

传感器利用血液反射光信号后得到的 PPG 波形来计算心率和血氧。其中,心率通过 PCG 波交流信号产生波峰的间隔时间计算而得,血氧则需先使用红光和红外光的直流以及交流数据计算出参数 R,再使用拟合公式计算来获得,其公式如下:

$$R = \frac{AC_{red}/DC_{red}}{AC_{ired}/DC_{ired}} \quad (2)$$

$$SpO_2 = -45.060 \times R^2 + 30.354 \times R + 94.845 \quad (3)$$

3.3 用户人脸识别软件设计

系统使用基于 OpenCV 的人脸检测算法实现用户的身份识别,主要分为用户人脸数据的采集录入部分、人脸特征数据的训练部分和最终系统主程序中的身份识别部分。

(1)人脸数据的采集录入部分。系统调用外接的摄像头拍照,同时导入人脸识别的特征文件用于

用户人脸特征的采集,此部分会要求使用者为人脸设置 ID 以区分不同用户。

(2)人脸特征数据的训练部分。系统会访问之前拍摄的人脸图像数据库,同时导入人脸特征文件用于准备进行训练,此部分系统将遍历库中人脸提取特征数据,同时系统会获取对应的 ID 以区分用户。

(3)系统运行主程序中的人脸身份识别。每次使用本居家隔离健康监测系统时都会运行该程序,用于对当前使用该系统的用户进行身份识别,从而实现对于本次检测所获取的健康数据的区分管理。主要设计方案如下:首先,系统会导入训练文件以及人脸识别特征文件;完成初始化后系统将打开摄像头拍摄人脸图像,并根据训练文件来判断当前人脸和数据库中人脸的相似程度;若判定为数据库中的人脸,就会比对相似度。大于 55% 即认定为该人脸,可信度+1;系统将保存图片并显示相关信息,接着拍摄下一张照片;当拍摄的照片数量大于 30 次或者拍摄时间超过 27 s 后,就会关闭窗口结束此次的拍摄;最后,判断本次识别的可信度,如果大于 15,表示识别成功,否则表示识别失败。

3.4 消息播报软件设计

系统使用钉钉 App 机器人来完成消息播报功能,通过向指定的 Webhook 地址发送 HTTP POST 请求从而完成机器人的接入并进行相关消息的播报。系统识别出不同用户后,会自动读取该用户的姓名、手机号码等数据,并在完成健康指标的检测后将本次健康检测的时间、人员、体温、心率以及血氧数据广播至相关的群聊并发送给相关人员。此外,用户认证失败时,也会播报提醒监护人或者医疗机构以方便提供指导。

3.5 云平台监控软件设计

系统使用阿里云物联网平台来实现健康数据的实时在线监测和处理分析。主要方案为将树莓派连接至阿里云物联网平台并定义所需的物理模型数据,在检测完成后将用户的体温、心率和血氧数据上传至云平台。阿里云物联网平台配置见表 3。

表 3 云平台物模型配置表

Table 3 Configuration table of cloud platform object model

名字	标识符	数据类型	范围	步长	单位	读写类型
温度	temperature	单精度浮点型(float)	20~50	0.1	摄氏度(℃)	只读
心率	HeartRate	单精度浮点型(float)	50~150	0.1	次(Count)	只读
血氧	blood	单精度浮点型(float)	50~150	0.1	百分比(%)	只读

系统根据从云平台获取独立的 Product Key 等证书,即可使用 MQTT 协议将数据上传。用户在访问平台后,可以进入指定界面查看和分析相关健康数据。

4 测试与分析

为验证系统各功能的可行性,依照以上软硬件设计搭建了整套居家隔离健康监测系统,并对涉及的各项功能进行测试和分析。系统内部的硬件核心部分电路如图 8 所示。



图 8 硬件部分核心电路
Fig. 8 Core circuit of hardware part

首先,是用户人脸数据录入和训练以及能否正确识别的测试。运行录入程序后,系统会要求用户输入 ID,输入后系统成功打开摄像头拍摄照片,识别出的人脸特征成功被框出,如图 9 所示,完成拍摄后窗口成功关闭。

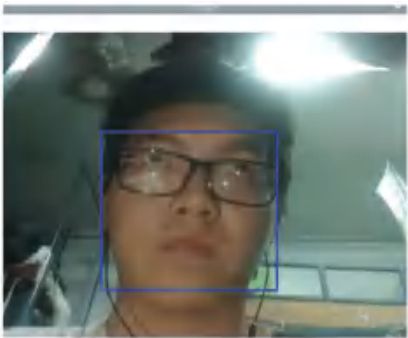


图 9 人脸特征识别框图

Fig. 9 Face feature recognition block diagram

其次,是人脸数据训练功能的测试。运行训练程序后,系统可以成功反馈。

最后,是系统主程序功能的测试。启动系统主程序后,系统成功播放初始语言并打开窗口拍照,拍照过程中系统成功识别出了已录入信息的用户和没有录入信息的用户,并在窗口中标出,如图 10、图 11 所示。



图 10 已录入用户识别图
Fig. 10 Identification of the entered user



图 11 未录入用户识别图
Fig. 11 Identification of the not-entered user

认证成功时,系统成功播放认证成功语音,并且成功驱动传感器进行体温、心率和血氧的采集,紧接着依据数据成功对用户的身体状态进行了智能判断,同时系统也成功播放了相应的语音以提醒用户。

完成数据检测后,系统成功通过钉钉 App 联系相关用户播报本次健康检测数据,如图 12 所示。

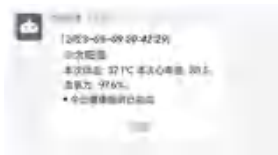


图 12 检测成功消息播报图
Fig. 12 Message broadcast after successful detection

同时,系统成功将相关数据上传至阿里云平台,如图 13 所示。



图 13 阿里云平台数据图
Fig. 13 Data graph in Aliyun IoT

用户可以成功通过云平台以表格或者折线图的形式查看健康检测的历史数据,如图 14、图 15 所示。

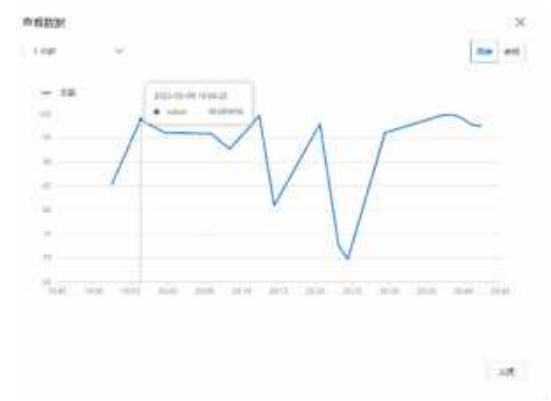


图 14 历史数据折线图

Fig. 14 Line chart of historical data



图 15 历史数据表格图

Fig. 15 Tabular graph of historical data

认证失败时,系统也成功完成通知并播放相应的语音进行提示。检测失测消息播报界面如图 16 所示。

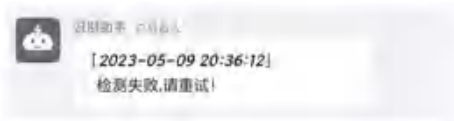


图 16 检测失败消息播报图

Fig. 16 Message broadcast diagram after detection failure

经过测试,本居家隔离健康检测系统已完全满足了设计要求。

5 结束语

本文研发设计并完成了一种基于树莓派的居家隔离健康监测系统,成功实现了用户人脸识别身份认证、用户人体健康数据采集、人体健康状态智能判断、用户健康检测信息推送与报警、云端在线健康数据监测等功能。系统可以完成体温、心率和血氧的采集,可以智能判断人体状态并进行远程播报,可以实现用户身份认证并通过合成语音实现交互,推进了居家隔离监管方式的智能化。

参考文献

[1] 王政,王萍,曹洋. 新时代“互联网+医疗健康管理”互联网医院建设及发展探讨[J]. 中国医院管理,2020,40(11):90-92.

[2] GUBBI J, BUYYA R, MARUSIC S, et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions [J]. Future Generation Computer Systems, 2013, 29(7): 1645-1660.

[3] 李伯虎,柴旭东,刘阳,等. 智慧物联网系统发展战略研究[J]. 中国工程科学,2022,24(4):1-11.

[4] NAIK S, SUDARSHAN E. Smart healthcare monitoring system using raspberry Pi onIoT platform [J]. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2019, 14(4): 872-876.

[5] SENGAN S, KHALAF O I, PRIYADARSINI S, et al. Smart healthcare security device on medicalIoT using raspberry pi [J]. International Journal of Reliable and Quality E - Healthcare (IJRQEH), 2022, 11(3): 1-11.

[6] 冉鹏,谢金洁. 物联网技术在远程医疗系统中的应用现状[J]. 物联网技术, 2022, 12(8): 88-89.

[7] 范勇,梁洪,孙继鹏,等. 基于云边端架构的急救医疗设备物联网设计与实现[J]. 生物医学工程学杂志,2023,40(1):103-109.

[8] UPTON E, HALFACREE G. Raspberry Pi user guide [M]. USA:John Wiley & Sons, 2016.

[9] 刘泽宇,吕宗旺,魏子栋,等. 基于STM32的体温检测系统设计及应用[J]. 电子质量,2022(8):121-124.

[10] 刘洋,廖平. 基于STM32的保温杯保温性能检测系统设计[J]. 制造业自动化,2022,44(1):91-95.

[11] 吴绍聪,高常青,曲爱涛,等. 基于 ZigBee 的心率检测系统设计[J]. 物联网技术,2022,12(1):7-9.

[12] 郑贵林,刘丽莎. 基于 MLX90614 的非接触式测温仪[J]. 自动化与仪表,2014,29(10):12-15.