

# 基于智能可穿戴设备的实时健康监测系统

刘亚国

中移(杭州)信息技术有限公司, 浙江 杭州

收稿日期: 2022年8月18日; 录用日期: 2022年9月22日; 发布日期: 2022年9月30日

## 摘要

随着人口老龄化问题日益凸显, 以及移动通信、图像技术、人工智能等技术的不断发展及创新融合, 可穿戴设备发展如火如荼。尤其在数字化健康的驱动下, 医疗可穿戴设备日益增多。本文设计一种基于智能可穿戴设备的实时健康监测系统, 该系统由智能手戴式设备、应用终端和云平台三部分组成, 通过采集心率、血氧、血糖、血压、体温等体征参数发送云端进行分析, 并实时监测用户的健康状况; 同时, 还提供了更优的跌倒检测方法。若监测到用户健康指标异常或者跌倒时, 医护人员和家人都会及时收到告警, 并且可实时获取用户的位置, 可在最短的时间内对用户采取紧急救治措施, 最大程度上避免意外情况的发生。相对于现有的健康监测系统, 该系统监测指标更加全面、功能更加完善、准确性更高, 有助于为人们健康提供更好地呵护。

## 关键词

智能, 可穿戴, 实时健康监测, 位置上报, 异常告警

# Real-Time Health Monitoring System Based on Smart Wearable Devices

Yaguo Liu

China Mobile (Hangzhou) Information Technology Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

Received: Aug. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2022; published: Sep. 30<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

With the increasingly prominent problem of population aging and the continuous development and innovative integration of mobile communication, image technology, artificial intelligence and other technologies, the development of wearable devices is in full swing. Especially driven by digital health, medical wearable devices are increasing day by day. In this paper, a real-time health monitoring system based on smart wearable devices is designed. The system consists of three

parts: smart hand-worn devices, application terminals and cloud platforms. It collects physical parameters such as heart rate, blood oxygen, blood sugar, blood pressure, and body temperature and sends them to the cloud. Analyze and monitor the user's health status in real-time; at the same time, it also provides a better fall detection method. If the user's health indicators are abnormal or fall, the medical staff and family members will receive an alarm in time, and the user's location can be obtained in real-time, which can take emergency rescue measures for users in the shortest time to avoid accidents to the greatest extent. Compared with the existing health monitoring system, the system has more comprehensive monitoring indicators, more complete functions, and higher accuracy, which helps to provide better care for people's health.

## Keywords

Smart, Wearable, Real-Time Health Monitoring, Position Report, Abnormity Alarm

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国老龄化问题愈发严重,跌倒是导致老年人受伤或死亡的主要危险因素之一。对于老人而言,跌倒不仅会造成肢体上的伤害,还会对心理及社交生活造成严重的后遗症;常见的疾病如心血管疾病、脑血管疾病、糖尿病等会导致患者晕厥或身体不平衡进而容易造成跌倒事件的发生。

鉴于老年化健康问题,党和政府着力于统筹解决关系人民健康的重大和长远问题,将“健康中国”正式提升为国家战略。随着科技的发展以及人们对自我健康与人身安全意识的提高,物联网可穿戴设备[1][2][3]极大影响和改善了我们的生活,促进了形式多样的软硬结合产品的诞生与发展,旨在设计全面的智能健康监测系统,提高人们的健康水平。

目前,已经有很多健康监测系统的研究成果,刘晓光等人[4]提出一种阈值和极端随机树融合的实时跌倒检测方法。孟瑶[5]提出一种由健康胸带、移动应用程序和服务器三部分构成的运动监测系统,健康胸带采集人体心电和活动信号经蓝牙传输至移动设备,移动设备的应用程序接收和分析心电和加速度信号,解析为运动参数并向用户实时展示。李润川等[6]设计与实现的健康监测系统使用可穿戴心电检测仪采集心电信号,传输至云平台供医生诊断,并将检验结果派发给手机端显示。孙涛[7]基于已有的智能可穿戴设备,开发一套可以实时监测所有运动人员健康数据的系统。许莉丽[8]采用 ZigBee 技术将检测设备与移动端互联,进行身体情况的实时检测与监控,在突发情况发生时为病人在紧急关头抢时间提供了条件。

然而,目前的健康监测系统[9][10][11][12]监测的指标不够全面,大部分聚集在血压、心率、血糖等常见指标,跌倒检测与健康监测是剥离的,有跌倒检测就没有健康指标监测,有健康监测就缺少跌倒检测;最关键的是缺乏位置跟踪,用户发生了危险,若不告知具体位置,很容易错过最佳救助时间导致生命危险;另外,现有异常告警仅仅告知了亲人,并没有告知医护人员,也得不到良好的健康建议,健康监测的最终目的没有体现出来,健康监测没有形成闭环。

基于现有的问题,我们设计了一种基于智能可穿戴设备的实时健康监测系统,该系统可以实时、连续、长时间地监测用户的多项健康指标,同时提供跌倒检测功能,更为关键的是一旦发生异常时,用户的家人、医护人员会收到告警信息,可以实时跟踪用户的位置,视情况向用户提供紧急救助或者健康指导,将人们的健康监测管理形成闭环。

本文设计一种基于智能可穿戴设备的实时健康监测系统，该系统由智能手戴式设备、应用终端和云平台三部分组成，通过监测心电、血氧、血糖、血压、体温、尿酸等体征参数发送云端进行分析，判断用户的健康状况。若监测到用户健康指标异常时，会自动向家人及医护人员发送告警，医护人员会鉴于用户当前的情况做一次全面的健康评估，并给出针对性的健康指导意见；同时，还提供用户姿态检测，判断是否跌倒，若监测到用户跌倒时，护理人员以及医生都会及时收到告警，并且可实时获取用户的位置，可在最短的时间内对用户采取紧急救治措施，最大程度上避免意外情况的发生。该系统相对于现有的健康监测系统，监测指标更加全面、功能多元化，场景闭环，有助于为用户的健康提供更进一步的呵护。

## 2. 系统设计

### 2.1. 系统目标与功能

本系统设计的目标是建立一套闭环的智能实时健康监测系统，充分保障用户的身体健康，为此系统实现了以下三个方面的功能：

- 能够全面测量用户的体温、心率、血压、血糖等生命体征参数，医护人员可以根据健康状况对用户制定健康指导方案并全周期跟踪监测；
- 提供跌倒检测，减少老人因跌倒导致的意外情况的发生；
- 在紧急情况下，向医生护理人员发送告警；并提供位置跟踪功能，便于在最短的时间内提供紧急救助。

### 2.2. 系统设计

本文基于智能可穿戴设备的实时健康监测系统结构如图 1 所示，该系统由智能手戴式设备、应用终端和云平台三部分组成。

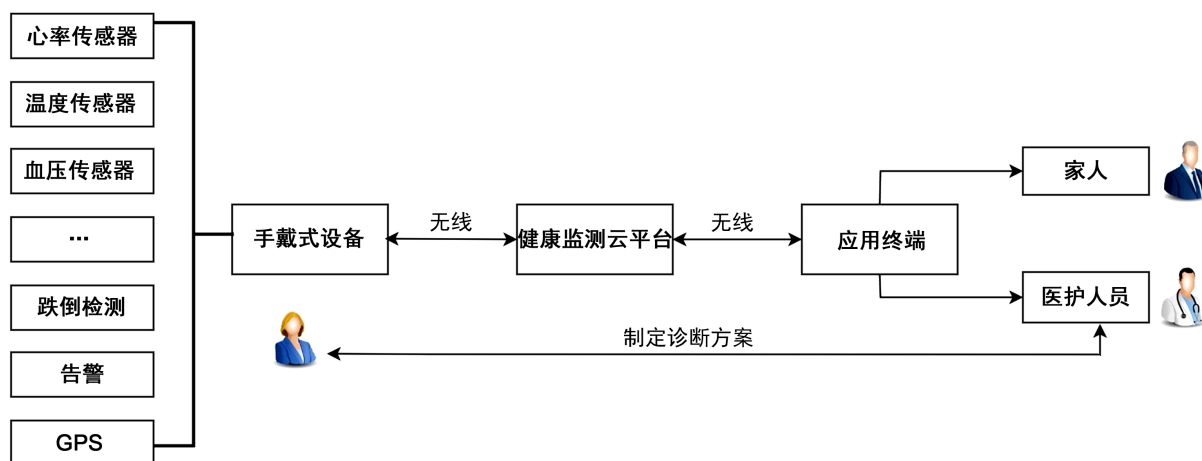


Figure 1. Overall framework of the system

图 1. 系统总体框架图

#### 1) 手戴式设备

包含多个心率、温度、血压等多个传感器模块，跌倒检测、告警、GPS 模块，其中传感器负责采集用户的体征参数并发送到设备数据处理模块；跌倒检测模块会实时对用户姿态进行判断；告警模块会在用户跌倒时通过云平台向医护人员、家人发送异常告警；GPS 模块用户在异常情况下，家人或者医护人员实时获取用户的位置信息。

## 2) 健康监测云平台

负责实时分析用户的健康数据；并且还向应用终端实时同步用户健康数据；在异常情况下，实时同步用的位置信息。

## 3) 应用终端

供家人、医护人员使用，实时查看用户当前的健康指标信息以及用户的位置信息。

将采集到的数据发送到设备数据处理模块，数据处理模块将数据通过网络无线网络传给健康监测云平台进行分析，若经过分析，判断某项健康指标异常时，则向医护人员及家人发送告警信息，医护人员会结合监测结果对用户做个全面的健康分析，然后为用户制定相应的诊断方案，并进行实时跟踪健康状况，以便随时做好诊断计划调整，更大程度上关怀用户的健康指标。

## 3. 系统实现

### 3.1. 手戴式设备

手戴式设备主要由 Arduino UNO、供电模块、LCD 显示屏、WIFI 模块、告警、GPS 模块以及多个生命特征传感器构成，如图 2 所示，其中各个模块的功能如下。

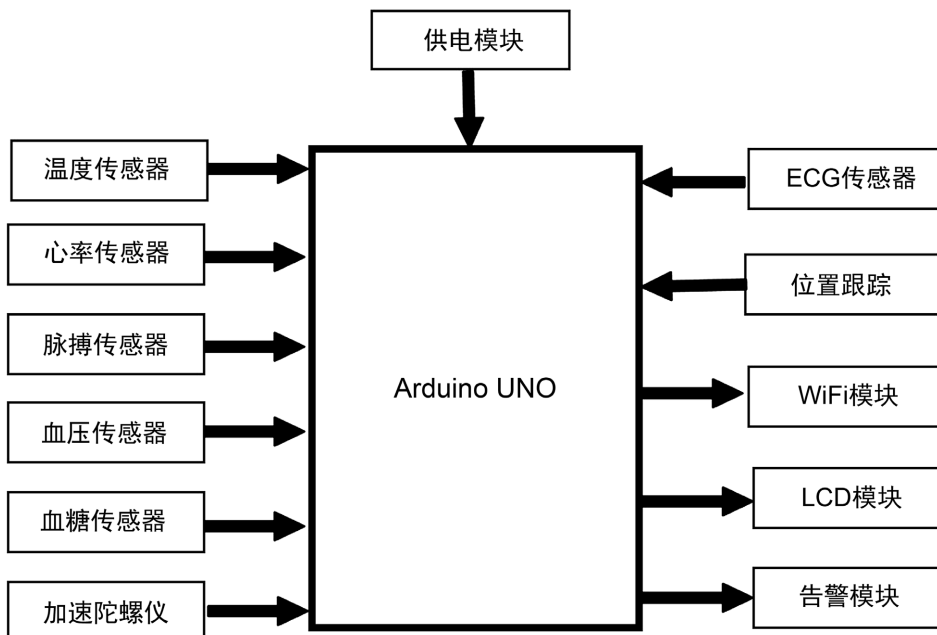


Figure 2. Schematic diagram of acquisition module  
图 2. 采集模块示意图

- ① 供电模块：给设备供电；
- ② WiFi 模块：给设备提供网络供传输数据；
- ③ LCD 模块：显示用户的健康指标数据，如体温、心率、血压、心电图等；
- ④ ECG 传感器：收集心脏不同区域细胞的动作电位波[13]形并转换成可用输出信号的传感器；
- ⑤ 心率传感器：采用电光溶剂脉搏波描记法(PPG) [14]来测量心率及其他生物计量指标；
- ⑥ 温度传感器：监测人体温度；
- ⑦ 脉搏传感器：检测动脉搏动时产生的压力变化，将之转换成可以被更直观观察和检测的电信号；
- ⑧ 血压传感器：采集血压并转换成可用输出信号的传感器；

- ⑨ 血糖传感器：监测人体血糖变化；
- ⑩ 告警模块：一旦检测到人体跌倒或者健康指标出现异常时，自动向医护人员发送告警信息；
- ⑪ 加速陀螺仪：测量加速度和角速度来检测是否跌倒；
- ⑫ 位置跟踪：采集用户的位置信息。

### 1) 跌倒检测设计

现有的跌倒主要分为基于阈值和机器学习的方法来进行判断，基于阈值的方法具有计算复杂度低，易于在可穿戴设备上实现，但不容易找到最佳的分类阈值，只适合用作初筛；基于机器学习的判断方法对硬件的性能要求高，穿戴式设备无法满足。

基于上述不足，本文中的跌倒检测采用基于阈值和机器学习方式相结合的方式，如图 3 所示。首先，利用加速传感器、陀螺仪检测身体方位和动作，根据预先设定的阈值来区分生活中的日常活动和跌倒动作，剔除大部分 ADLs，若判断为跌倒则及时经由平台向医护人员和家人发送告警，医护人员对其采取紧急救助措施；对于无法区分的 ADLs，再将加速度、角速度等数据传输至健康监测云平台，平台利用加速度、角速度还原为图像，并利用基于 CNN 的跌倒检测算法根据图像来识别是否跌倒，若识别为跌倒则向医护人员、家人发起紧急告警，家人、医护人员会在最短的时间内采取相应的紧急救助措施，避免意外情况的发生。采用基于阈值和机器学习相结合的方式来进行跌倒检测，相对于现有的跌倒检测方案来说结果更加准确。

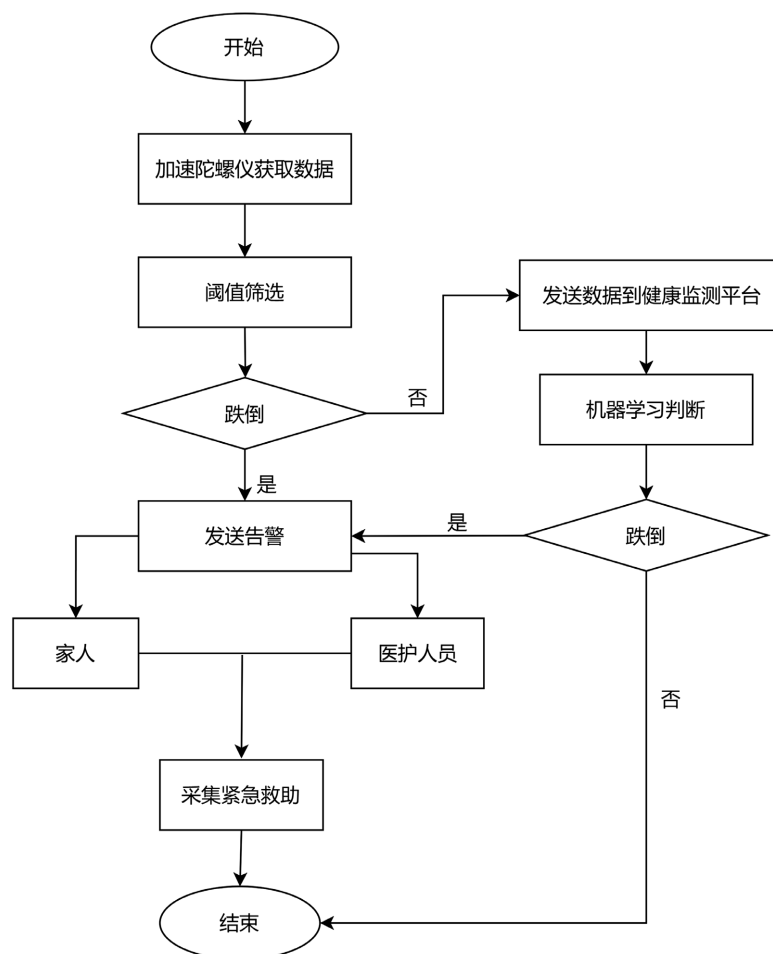


Figure 3. Fall detection process

图 3. 跌倒检测流程

## 2) 位置跟踪

本文位置跟踪分为室内和室外两个部分，在室外采用常用的 GPS 定位；由于老人在室内则采用基于 ZigBee 的 RSSI 和里程计融合的定位方案，相对于传统的方法具有更少的计算量，而且定位性能具有显著的提高。

## 3.2. 健康监测云平台

健康监测云平台负责搭建设备、医护人员、家人以及用户之间沟通的桥梁，主要分为 5 个层级，如图 4 所示。

1) 感知层：手戴式设备通过物联网网关接入健康监测云平台，接入的非结构化数据通过数据清理转换成符合业务需要的结构化数据。

2) 网络层：通过无线网络以及 5G 技术的综合运用，实现大量手戴式设备与平台的连接，以及平台各方应用终端用户的连接。

3) 平台层：平台采用微服务架构，将各项相对独立的业务能力封装成微服务，建立“高内聚、低耦合”的微服务体系，通过服务组合提供应用能力。云平台汇聚基础设施层各类信息，可以根据不同场景状况，进行数据分发、预警、通知等行为。

4) 应用层：平台面向老人、家属、医护人员提供应用服务，根据不同用户的需求快速迭代系统应用。

5) 展示层：为用户、家人及医护人员提供对应的终端应用，可以实时展示用户的健康数据，收到异常告警时，可以获取用户位置信息。



Figure 4. Architecture of health monitoring cloud platform

图 4. 健康监测云平台架构

## 3.3. 应用终端

应用终端可以实时展示用户的健康数据，并接受异常告警，查看用户实时位置信息，同时，还为用

户提供健康问诊的功能,便于医生日常对用户健康进行更好地管理。用户、家人及医生端都是基于 Android 平台开发,依赖 Android Studio IDE、OpenJdk、Andoid SDK 工具包,采用 Kotlin 语言、Jetpack 架构开发,主要功能如下图所示,包括健康数据展示、位置信息展示、异常告警等功能。

健康监测如图 5 所示,跌倒检测、异常告警、位置跟踪如图 6 所示。

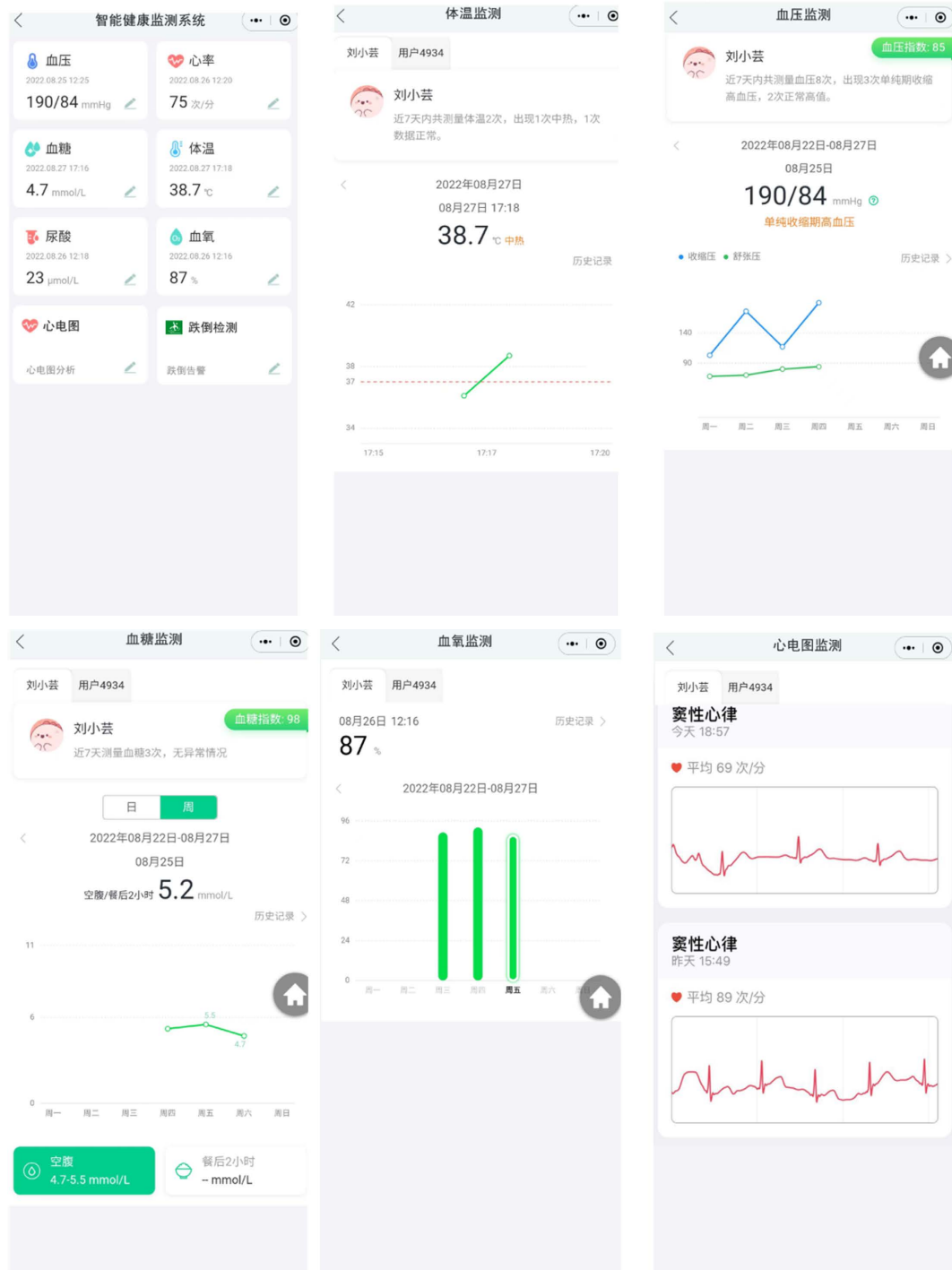


Figure 5. Renderings of health monitoring  
图 5. 健康监测效果图



Figure 6. Renderings of fall alarm

图 6. 跌倒告警效果图

#### 4. 总结

本文所实现的智能健康监测系统,能够实时监测心电、血氧、血糖、血压、体温、尿酸等体征参数并发送健康监测平台进行实时分析,一旦显示健康数据指标异常时,会向家人及医护人员发送告警,医护人员会为用户提供全面的健康指导,相比于现有的健康监测系统完成了健康监测场景的闭环;该系统还基于阈值和机器学习相结合的方案实现跌倒检测,相比于现有的跌倒检测系统准确性更高;另外该系统还弥补了现有健康监测系统无定位功能的问题,一旦家人、医护人员收到异常告警,可实时获取用户的位置,便于在最短的时间内发现用户并采取紧急救治措施,最大程度上避免意外情况的发生。总的来说,相对于现有的健康监测系统,本文设计的健康监测系统监测指标更加全面、功能更加丰富,将健康监测场景形成闭环,提供更加准确的跌倒检测方案,同时,还提供实时位置跟踪,全面为用户的健康保驾护航。

#### 参考文献

- [1] 陈骞. 智能可穿戴设备在医疗健康领域的发展与应用[J]. 上海信息化, 2014(12): 83-85.
- [2] 叶子. 智能可穿戴医疗手表工业设计[J]. 电子制作, 2020(12): 39-41.
- [3] 高晶晶, 王子涵, 张天然, 等. 关于医院和养老院的智能医疗手表的设计与研究[J]. 电脑知识与技术, 2022, 18(6): 85-86.
- [4] 刘晓光, 靳少康, 韦子辉, 梁铁, 王洪瑞, 刘秀玲. 基于阈值和极端随机树的实时跌倒检测方法[J]. 计算机应用, 2021, 41(9): 2761-2766.
- [5] 孟瑶. 基于可穿戴设备的实时运动监测方法研究[J]. 计算机应用与软件, 2022, 39(4): 100-104+123.



- 
- [6] 李润川, 冯盼盼, 王淑红. 基于云计算的智能健康监测系统设计及实现[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(7): 8-13+64.
- [7] 孙涛. 人体健康数据实时监测系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2021.
- [8] 许莉丽. 基于物联网与深度学习的健康监测管理服务平台研究[J]. 电子技术与软件工程, 2021(20): 192-193.
- [9] 李龙基. 面向家庭服务的智能健康监护系统设计及实现[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2021.
- [10] 赵毅飞. 基于 Android 可穿戴生理参数检测系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春理工大学, 2021.
- [11] Sangeethalakshmi, K., Preethi, U. and Pavithra, S. (2021) Patient Health Monitoring System Using IoT. *Materialsto-day: Proceedings*.
- [12] Debnath, P., Mahmud, A., Hossain, A.K. and Imrat Rahman, S.M. (2021) Design and Application of Iot Based Real-Time Patient Telemonitoring System Using Biomedical Sensor Network. *Research Square*, 34 p. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-372889/v1>
- [13] 周凤, 定翔, 张磊. 可穿戴心电监测设备的性能评估[J]. 计量科学与技术, 2022, 66(5): 37-40.
- [14] 马莹莹. 面向可穿戴设备的多维健康监测与智能诊断研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2020.