

# 基于智能拐杖的移动健康实时监护原型系统

苗立志<sup>1,2,3</sup>, 娄冲<sup>4</sup>, 吕国骏<sup>1</sup>

1. 南京邮电大学 地理与生物信息学院, 江苏 南京 210023;
2. 南京邮电大学 江苏省智慧健康大数据分析与服务工程实验室, 江苏 南京 210023;
3. 南京邮电大学 泛在网络健康服务系统教育部工程研究中心, 江苏 南京 210003;
4. 南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003)

**摘要:**针对腿脚不便需拄拐杖的老年人独自出行时安全无法得到保障,以及出现意外时不能够及时得到救助的问题,设计了一种基于物联网技术和无线通信技术的智能拐杖,实现了对拐杖携带者的心率信息、身体姿态信息和位置信息的实时监测。研究了心率异常和姿态异常判断方法和流程,通过将生理参数监测、身体姿态监测、远程定位技术、智能移动终端与现有的信息管理平台相融合,提出了智能拐杖实时动态监测框架体系结构,设计并开发了基于智能拐杖的GIS实时监测原型系统,并对系统进行了测试和结果分析,实验结果显示异常检测模块准确率达到90%以上。该系统可将采集到的心率数据与身体姿态信息实时显示并传送到服务器端,实现在服务器端的实时监控与动态分析,并对发生异常的情况做出应急响应,为紧急救援提供帮助。

**关键词:**物联网技术;智能拐杖;实时监测;紧急救援;智慧健康养老

中图分类号:P208;TP399

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)07-0130-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.07.028

## A Mobile Health Real-time Monitoring Prototype System Based on Intelligent Crutches

MIAO Li-zhi<sup>1,2,3</sup>, LOU Chong<sup>4</sup>, LYU Guo-jun<sup>1</sup>

1. School of Geographical and Biological Information, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;
2. Jiangsu Engineering Laboratory for Smart Analysis of Healthy Big Data and Location Based Services, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;
3. Engineering Research Center of Ubiquitous Network Health Service System of Ministry of Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;
4. School of Telecommunications & Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of unsafe walking out alone and later response to assist in case of accident, a kind of intelligent crutch is designed to dynamically monitor the heart rate, body posture and location information based on Internet of Things (IoT) and wireless communication technologies. We research the abnormal judgment methods and procedures of heart rate and posture. Through integrating physiological parameter monitoring, body posture monitoring, remote positioning technology, intelligent mobile terminal with the existing information management platform, the intelligent crutches real-time dynamic monitoring framework is proposed, and a GIS real-time monitoring prototype is designed and developed using the intelligent crutches. The experiment results show that the accuracy of abnormal judgement model reaches above 90%. In the prototype system, the collected heart rate data and body posture information can be displayed in real time and sent to the remote server where real-time monitoring and dynamic analysis are implemented on the server side. In case of abnormal situation, the emergency response will be provided to perform rescue.

**Key words:** Internet of Things (IoT); intelligent crutch; real-time monitoring; emergency rescue; smart health and elderly care

收稿日期:2019-09-27

修回日期:2020-01-20

基金项目:国家自然科学基金(41471329);南京邮电大学国自基金孵化项目(NY218084);江苏省大学生创新训练计划项目(SYB2018012)

作者简介:苗立志(1981-),男,副教授,硕导,博士,研究方向为位置服务与智慧健康、分布式地理空间信息处理;娄冲(1991-),男,硕士研究生,研究方向为泛在网络智慧健康。

## 0 引言

据统计,至2017年年末中国大陆60周岁及以上人口约24 090万人,占总人口的17.3%。预计到2025年,六十岁以上人口将达到3亿,将成为超老年型国家<sup>[1]</sup>。以上数据显示,中国的人口老龄化程度日益加剧,老龄社会问题日益凸显,而老年人群体的晚年生活健康迫切需要得到关注和保障。关注老年人的健康问题,首先就要关注老年人的出行问题,因此,老人在室外行走过程中的身体姿态、地理位置以及自身生理状况都应当被实时关注,以避免老人在户外行走时突然跌倒或者心率、血压等生理指标出现异常情况时无人知晓而导致严重后果。

随着嵌入式技术、物联网技术和传感器技术的发展,智能家居逐渐进入人们的日常生活,为解决老年人的出行安全问题,对老人进行实时监护的智能拐杖成为研究热点。

目前,国内研究人员针对老年人出行时状态的监测开展了相关研究,如彭胜华<sup>[2]</sup>、姚木<sup>[3]</sup>、曾绳涛<sup>[4]</sup>基于GPS和GPRS设计了面向老年人群体的远程监护系统,可以采集被监护者的位置信息与一些生理参数信息(如心电信号、体温),但未对被监护人身体姿态信息进行采集和监测;朱伟<sup>[5]</sup>、景婷婷<sup>[6]</sup>、陈言<sup>[7]</sup>等人设计了相关老年人智能拐杖,在外观和功能上做了一些创新设计,如照明功能、MP3功能等,但在发生紧急情况时只局限于“一键呼救”功能,未有其他智能化设计,对老人的健康监护效果有限,难以用于实时救援;魏庆丽<sup>[8]</sup>、仲小英<sup>[9]</sup>等人基于MSP430设计了可以GPS定位的智能拐杖,但只能实现短距离的监护,且缺少对监护人生理参数的检测、异常判断和应急救援;颜国栋等<sup>[10]</sup>设计了一种基于无线传感器网络的连续血压远程监护系统,采用基于脉搏波频域特征参数的连续血压测量方法获得老人的血压值,但监测设备不便于携带移动;王玉花<sup>[11]</sup>、李娜<sup>[12]</sup>、刘元<sup>[13]</sup>等人基于GPS设计了定位智能拐杖,利用Android手机APP实现远程定位、摔倒报警功能,但并未检测人体生理参数且未提供异常情况下的实时救援最佳路线推荐功能。另外,国外也有相关研究的开展,如Chan等人<sup>[14]</sup>设计了一种基于multi-agent的移动健康监护系统,采用无线体域网(wireless body area network, WBAN)、无线个域网(wireless personal area network, WPAN)、因特网三个层次的网络沟通,提高了监护效果,主要应用于生理参数的监测;Gradl等人<sup>[15]</sup>研究了基于Android智能手机的异常心电图检测系统,该系统提供了基于智能手机的实时心电图监测和心律失常监测,但缺少发生健康异常情况后的应急救援处理。

基于上述研究所存在的缺陷与不足,文中研究了

一种基于物联网技术的智能拐杖,以拐杖为载体,以行动不便的老人为对象,建立一个移动健康监护系统;通过内置脉搏传感器和加速度传感器分别获取老人的心率和身体姿态状况,基于LBS(location-based service, 位置服务)技术对老人所在位置快速实时定位。将终端所采集的传感器感测数据上传至服务器,监护人可以登陆该平台实时了解被监护人身体的姿态、心率状况及其所处地理位置;同时,当老人的相关生理参数出现异常时,服务器端能够基于社会医疗机构信息提供应急救援最佳路线。

## 1 硬件设计

### 1.1 硬件逻辑结构

文中所设计的智能拐杖硬件模块部分包括GPS定位模块、脉搏传感器模块和加速度传感器模块。其工作流程如图1所示:脉搏传感器、加速度传感器和GPS模块分别动态采集老人心率信息、身体姿态信息以及所处地理位置信息,通过单片机的无线通信模块将感测信息无线传输至服务器端。

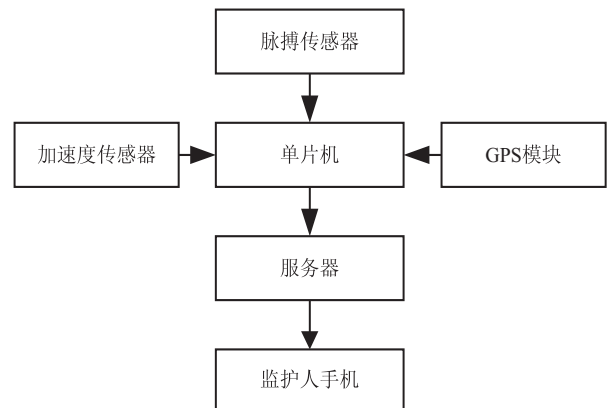


图1 系统硬件逻辑结构

### 1.2 硬件模块

本系统所设计的监护终端硬件组成线路连接如图2所示。单片机控制模块采用Arduino Mega2560开发板,主要用于组织和控制脉搏传感器、GPS定位模块、加速度传感器等各个模块的数据通信和传输,系统通过两节18650锂电池供电。加速度传感器采用MPU6050加速度模块,内置高精度的陀螺加速度计,模块内部集成了姿态解算器,配合动态卡尔曼滤波算法<sup>[16]</sup>,精度好,稳定性高。脉搏传感器采用PulseSensor光电反射式模拟传感器<sup>[17]</sup>,通过手指按压传感器采集心率信号,并采用自适应滤波算法进行降噪,心率传感器置于拐杖手柄一侧,手握拐杖时食指按压传感器可获得心率值。采用A7 GSM/GPRS/GPS三合一模块,该模块集成了GPS定位与GPRS无线网络功能。



图 2 监护终端硬件连接

## 2 系统功能设计与实现

### 2.1 体系结构

基于智能拐杖的移动健康实时监护系统共分为四层:感知层、网络层、平台层和应用层,其体系结构如图 3 所示。

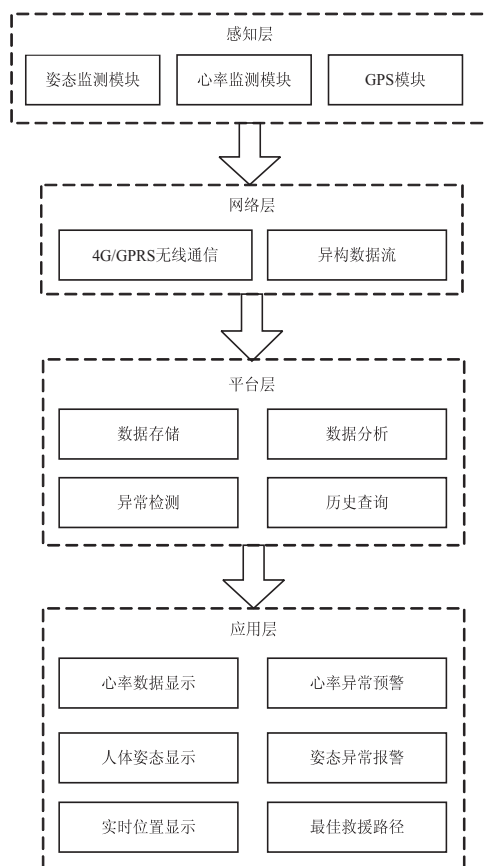


图 3 系统体系结构

(1)感知层:通过加速度模块、脉搏传感器模块实现感测数据的采集,并通过 GPS 模块获得拐杖的空间位置信息;

(2)网络层:将 GPS 空间位置信息数据与其他感测数据进行融合,通过无线网络将其上传至服

务器;

(3)平台层:该层将处理好的心率数据、姿态信息、位置信息进行存储,以便于用户进行历史查询,并通过心率异常检测方案、人体姿态异常检测方案对所采集的相关数据进行分析与判断;

(4)应用层:为用户提供多种业务功能,在系统平台上实时显示被监护人的心率数据、姿态信息和位置信息等,在出现异常状况时,能够基于社会医疗机构信息提供应急救援最佳路线。

### 2.2 异常判断设计方案

为了实现对实时感测生理参数数据的异常判断,文中设计了心率异常判断和姿态异常判断方法。

#### 2.2.1 心率异常判断方法

所设计的心率异常判断方法将心率异常判断分为运动和静止两种情况。判断方法如下:设定静息心率阈值  $S_{min}$  和  $S_{max}$  分别表示被监护人在静止状态下的心率最小值和最大值,设定  $M_{min}$  和  $M_{max}$  分别表示被监护人在运动状态下心率的最小值与最大值。在本研究中,设置  $M_{min} = 96$ ,  $M_{max} = 144$ ,  $S_{min} = 60$ ,  $S_{max} = 100$ ,系统根据加速度传感器所检测的运动状态作为被监护人身体姿态的判断依据,判断被监护人所处状态。该方法将被监护人从开始运动到运动结束静止 5 分钟内的状态设定为运动状态,静止 5 分钟后到下一次运动前设定为静止状态,将采集到的心率数值与设定的阈值相比较,判断心率是否异常。

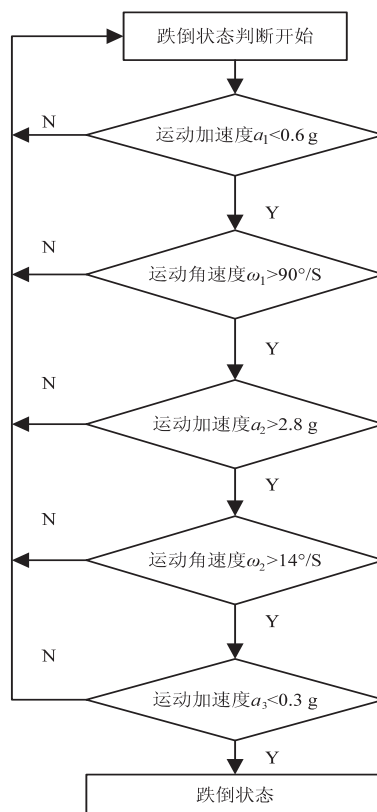


图 4 跌倒检测算法流程

### 2.2.2 姿态异常判断方法

为实现对监测用户的身体姿态的异常判断,通过综合计算加速度和角速度的动态变化,与正常人体姿态进行对比分析,完成对是否发生跌倒动作的监测判断。具体流程如图 4 所示。

- (1)当加速度传感器中断,对加速度传感器采集的数据进行检测,若加速度矢量和  $a_1 < 0.6g$ ,并持续 45 毫秒以上;
- (2)判断拐杖倒地时的运动角速度,若  $\omega_1 > 90^\circ/s$ ;
- (3)判断人体运动加速度  $a_2 > 2.8g$ ;
- (4)判断人体运动角速度,若  $\omega_2 > 14^\circ/s$ ;
- (5)若角速度  $\omega_2$  大于阈

值,判断人体运动加速度  $a_3 < 0.3g$ ,最后对拐杖的当前姿态进行监测,进而判断是否为一次有效的跌倒行为。

### 2.3 原型系统界面

通过本系统可以查看被监护人的身体姿态状况、心率数据以及实时位置信息,在出现跌倒和心率异常的情况下,系统将向监护人预留的手机号码发送呼救短信,能够实现应急救援功能,并可根据系统所提供的应急救援路线实施救援,系统实时监控平台主界面如图 5 所示。



图 5 系统实时监控平台

## 3 系统测试及结果分析

为检验跌倒检测模块、心率检测模块以及对应算法的可靠性与正确率,分别做了正常行走,向前、向后以及双侧跌倒的实验,以及正常行走、跌倒、运动后静止的心率测试,并使用华为荣耀手环 3 作为心率检测

对比实验,实验结果显示正确率达到 90% 以上,表示该跌倒检测装置能够正确区分绝大多数的跌倒动作,心率检测装置能够基本准确地测量拐杖使用者所面临的各种情况下的实时心率,并能在异常情况发生时产生报警,能够达到预期的设计效果。实验数据如表 1 和表 2 所示。

表 1 跌倒判定实验

| 行为   | 试验次数 | 判定跌倒次数 | 判定正常次数 | 正确率/% |
|------|------|--------|--------|-------|
| 正常行走 | 20   | 0      | 20     | 100   |
| 向前跌倒 | 20   | 18     | 2      | 90    |
| 向后跌倒 | 20   | 20     | 0      | 100   |
| 左侧跌倒 | 20   | 17     | 3      | 85.5  |
| 右侧跌倒 | 20   | 18     | 2      | 90    |

表 2 基于拐杖子模块的心率检测实验

| 行为         | 拐杖测试心率          | 异常报警 | 手环测试心率          |
|------------|-----------------|------|-----------------|
| 正常行走       | 88/90/79/100    | 否    | 79/88/82/99     |
| 跌倒         | 152/160/155/149 | 是    | 158/162/159/152 |
| 运动后 6 分钟内  | 126/130/128/133 | 是    | 130/132/129/136 |
| 运动后 6 分钟以上 | 66/70/69/68     | 否    | 66/69/69/68     |

#### 4 结束语

针对老年人生活中相关生理参数实时监测需求,设计开发了基于智能拐杖的实时监测预警系统;通过对心率、姿态等生理状态信息的检测,实现在服务器端的实时监控与动态分析,并开发了相关生理参数的异常判断方法,在使用者发生异常时,可实现对应急救援路径的合理规划与监护实时预警。

但该设计目前所能采集的生理参数不够丰富,因此难于实现对老人生理参数数据的深度分析与疾病预判,以便为医疗救援提供参考方案。同时,手机端的应用程序仍欠缺,这对应急响应有直接的影响。在后续的研究中,将增加生理参数的采集种类,并继续提高异常判断准确性,也将开展基于手机端的应用程序开发,为应急响应提供更为有力的工具。

#### 参考文献:

- [1] 智研咨询集团. 2017-2022 年中国人口老龄化市场研究及发展趋势研究报告[R]. 北京:智研咨询集团,2017.
  - [2] 彭胜华. 基于 GPS 和 GPRS 的远程心电监护系统的设计[D]. 广州:南方医科大学,2012.
  - [3] 姚木. 无线远程医疗监控终端[D]. 南昌:江西科技师范学院,2011.
  - [4] 曾绳涛. 基于物联网的远程移动医疗监护系统的设计与实现[D]. 广州:广东工业大学,2014.
  - [5] 朱伟,万福成,杨土明. 老年人拐杖的智能设计研究[J]. 长江大学学报:自然科学版,2014,11(22):61-63.
  - [6] 景婷婷,陆小左,傅琳洁. 老年人多功能智能拐杖的设计与实现[J]. 电子产品世界,2015(7):40-42.
  - [7] 陈言. 一种多功能智能拐杖的设计[J]. 艺术与设计(理论),2010(2):209-210.
  - [8] 魏庆丽,许鹏,李军,等. 基于 MSP430 的 GPS 定位智能拐杖设计[J]. 吉林大学学报:信息科学版,2012,30(5):445-449.
  - [9] 仲小英. 基于 GPS 和 GSM 的多功能智能拐杖设计[J]. 电脑知识与技术,2015,11(26):144-146.
  - [10] 颜国栋,戴敏. 基于无线传感网络的连续血压远程监护系统[J]. 天津理工大学学报,2013,29(1):37-40.
  - [11] 王玉花,李璐,张长史. 基于 CC3200 的 GPS 定位智能拐杖设计[J]. 仪器仪表用户,2017,24(02):8-10.
  - [12] 李娜. 基于 MCU 的智能定位报警拐杖研究[J]. 电子设计工程,2012,20(8):112-114.
  - [13] 刘元,吴彦文,卢佳卉,等. 基于物联网的自动报警智能拐杖系统的设计[J]. 电子测量技术,2016,39(9):123-127.
  - [14] CHAN V, RAY P, PARAMESWARAN N. Mobile e-Health monitoring: an agent-based approach[J]. IET Communication, 2008, 2(2):223-230.
  - [15] GRADL S, KUGLER P, LOHMULLER C, et al. Real-time ECG monitoring and arrhythmia detection using android-based mobile devices[C]//The 34th annual international conference of the IEEE EMBC. San Diego, California, USA: IEEE, 2012:2452-2455.
  - [16] 李鲁明,赵鲁阳,唐晓红,等. 基于改进卡尔曼滤波的陀螺仪误差补偿算法[J]. 传感技术学报,2018,31(4):538-544.
  - [17] 黄俊骁,王志宇,丁仲祥,等. 警员可穿戴多体征参数监测系统的设计[J]. 传感技术学报,2017,30(4):635-640.
- 
- (上接第 45 页)
- means 算法[J]. 计算机应用研究,2018,35(2):466-470.
  - [4] CHEN X, YE Y, XU X, et al. A feature group weighting method for subspace clustering of high-dimensional data[J]. Pattern Recognition, 2012, 45(1):434-446.
  - [5] HUANG J Z, NG M K, RONG H, et al. Automated variable weighting in k-means type clustering[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2005, 27(5):657-668.
  - [6] 谢娟英,屈亚楠. 密度峰值优化初始中心的 K-medoids 聚类算法[J]. 计算机科学与探索,2016,10(2):230-247.
  - [7] PARK H S, JUN C H. A simple and fast algorithm for K-medoids clustering[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2):3336-3341.
  - [8] PARDESHI B, TOSHNIWAL D. Improved k-medoids clustering based on cluster validity index and object density[C]//Advance computing conference. Patiala, India: IEEE, 2010:379-384.
  - [9] 谢娟英,高瑞. 方差优化初始中心的 K-medoids 聚类算法[J]. 计算机科学与探索,2015,9(8):973-984.
  - [10] 谢娟英,高瑞. Num-近邻方差优化的 K-medoids 聚类算法[J]. 计算机应用研究,2015,32(1):30-34.
  - [11] TAHIRI N, WILLEMS M, MAKARENKO V. A new fast method for inferring multiple consensus trees using k-medoids[J]. BMC Evolutionary Biology, 2018, 18(1):48-60.
  - [12] 余冬华,郭茂祖,刘扬,等. 基于距离不等式的 K-medoids 聚类算法[J]. 软件学报,2017,28(12):3115-3128.
  - [13] SUN W, XIANG L, LIU X, et al. An improved K-medoids clustering algorithm based on a grid cell graph realized by the P system[C]//Revised selected papers of the second international conference on human centered computing. New York: Springer-Verlag, 2016.
  - [14] CAO D, YANG B. An improved k-medoids clustering algorithm[C]//International conference on computer & automation engineering. Singapore: IEEE, 2010:132-135.
  - [15] YU D, LIU G, GUO M, et al. An improved K-medoids algorithm based on step increasing and optimizing medoids[J]. Expert Systems with Applications, 2018, 92(2):464-473.