

基于物联网的社区智慧养老系统设计

刘子琪,王 芳,曾 显,邹丽萍

(江汉大学,湖北 武汉 430056)

摘要:当前,传统的家庭养老模式已难以满足老龄化所带来的日益突出的人力、医疗资源等方面的需求。因此,该文提出一种以居家为基础、社区为依托的社区养老系统方案,该系统分为人体穿戴设备和社区服务终端两大部分。穿戴设备通过微机电系统(Micro-Electro Mechanical System)传感器 IMU901 和 MAX30102 等模块采集生命体征数据,经接口电路传输至微控制器 STM32 进行处理。微控制器 STM32 利用 GSM 技术实现自动报警功能,并通过 Zigbee 技术将生命体征数据和求助信息传输至社区服务终端。社区服务终端使用 Java 语言开发,采用前端与后端分离的模式,设计求助事件分级处理系统,有效缓解社区工作人员人手短缺的情况。在数据处理时,使用 Mahony 四元数解算姿态算法,弥补了欧拉角算法中易产生万向节死锁的缺点。经实验测试,本系统判断准确性高、可靠性强、响应速度快,达到预期效果。

关键词:社区养老;智慧养老;跌倒监测;数据融合;Zigbee

中图分类号:TP273;TP277

文章编号:1000-0682(2024)01-0034-04

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.01.008

Design of community intelligent pension system based on Internet of Things

LIU Ziqi, WANG Fang, ZENG Xian, ZOU Liping

(Jiangnan University, Hubei Wuhan 430056, China)

Abstract: At present, the traditional family pension model has been difficult to meet the increasingly prominent needs of human and medical resources brought by aging. Therefore, this paper proposes a home-based and community-based community elderly care system scheme, which is divided into two parts: human wearable devices and community service terminals. The wearable device collects vital signs data through modules such as Micro-Electro Mechanical System sensors IMU901 and MAX30102, and transmits it to the microcontroller STM32 for processing through the interface circuit. The microcontroller STM32 uses GSM technology to realize automatic alarm function, and transmits vital signs data and help information to the community service terminal through Zigbee technology. Community service terminal uses Java language development, adopts the model of front-end and back-end separation, designs the hierarchical processing system of help event, effectively alleviates the shortage of community staff. In the data processing, Mahony quaternion is used to solve the attitude algorithm, which makes up the disadvantage of the Euler Angle algorithm which is easy to produce universal-joint deadlock. The experiment shows that the system has high accuracy, strong reliability and fast response, and achieves the expected effect.

Keywords: community elderly care; intelligent elderly care; fall monitoring; data fusion; Zigbee

0 引言

我国“十四五”规划将“积极应对人口老龄化”

收稿日期:2023-09-02

第一作者:刘子琪(1999—),女,安徽滁州人,硕士研究生,研究方向为物联网应用。

通信作者:王芳(1979—),女,副教授,研究方向为智慧医疗、物联网应用。

上升为国家战略^[1],从顶层设计上突出了社区在养老服务中的地位 and 作用。针对当前社区养老服务还停留在较低层次的问题,迅速推进数字化转型是时代所需。目前市场上大多数的智能养老产品专为养老机构所设计^[2],并不适用于居家场景,比如需要实体接线的呼救器;还有一些功能过多过杂、缺乏协同效应的监测设备,比如智能手表。国内学者对智慧养老系统进行了长期研究,既有研究思路主要集

中于居家养老,李莉^[3]提出了基于云平台的养老系统设计,将终端接入物联网平台;张晟祺等^[4]提出了一种面向高龄人群、集成 Kinect 体传感器的智能家居系统方案。该文从功能目标和实施途径角度出发,构建智慧社区养老服务的具体模式,详细介绍了相关功能模块及算法的设计,对软件结构及系统测试结果进行说明。

1 系统设计

1.1 设计目标

按照“终端物联,服务互联”的思路,该系统设计目标如下:(1)聚焦社区养老难题,摒弃当前市场上监测器过多过杂的功能,采用非实体接线、可穿戴的便携设计,并与社区、医院实现互联,提高协同性;(2)保障老人的生命安全,跌倒、火灾、煤气中毒均为老年人伤残和死亡的重要原因^[5],该系统从以上三个方面切入,设计自动报警功能、社区报警功能、手动取消报警功能;(3)提供多元的养老服务,在社区服务网页形成每位老人专属的电子健康档案,设计生活求助功能,帮助老人提高居家的自理能力,将求助功能与分级系统有机结合,由工作人员按事件的轻重缓急区别安排,有效缓解人手短缺的情况。

1.2 总体设计方案

该系统分为穿戴设备和社区养老服务终端两部分。穿戴设备以 STM32F103C8T6 微处理器为核心,选用 MEMS 传感器 IMU901、MQ2 模块、MAX30102 模块采集数据,通过 SIM900A 模块实现自动报警功能,通过颜色醒目的按键实现取消报警功能和生活求助功能。穿戴设备通过 Zigbee 技术将生命体征数据和求助信息传输至社区服务终端^[6-8],社区服务终端为 Java 语言开发的网页,采用前端与后端分离的模式,通过 Websocket 实现事件监听与报警弹窗。总体方案设计如图 1 所示。

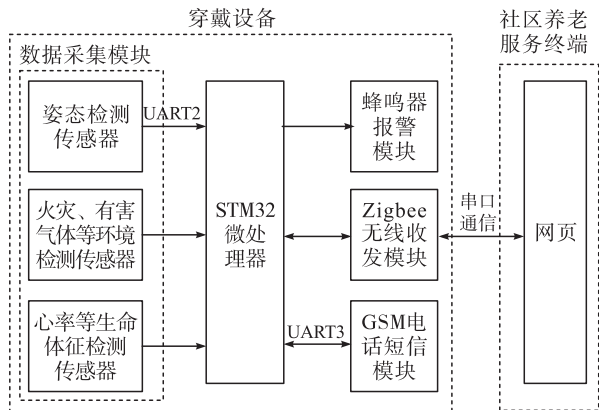


图1 总体设计方案

2 软件设计

2.1 系统软件设计

系统上电后各模块初始化,进入实时监测状态;当用户的健康参数或运动状态出现异常时,系统启动预警系统;预警系统通过报警电路发出长达 10 s 的蜂鸣提示声,预警时间内佩戴者可以通过穿戴设备上的按键取消报警,则预警系统关闭,系统将重新进入实时监测状态;若预警时间内佩戴者未手动取消报警,则系统触发报警系统;报警系统通过 GSM 短信电话模块拨打急救电话,并发送求救短信给指定监护人,同时通过 Zigbee 将报警信息传输给社区服务终端,由社区工作人员协助救助工作。若系统监测到求助按键被按下,系统进入求助状态,Zigbee 将求助信息传输给社区服务终端,由工作人员进行处理。系统软件设计总流程如图 2 所示。

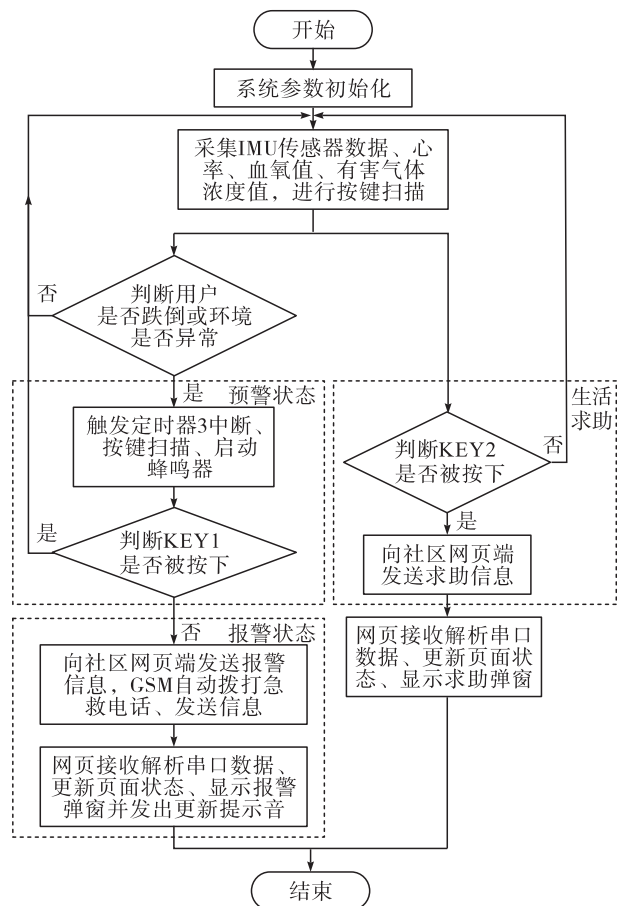


图2 系统软件设计流程

2.2 基于 Mahony 融合的跌倒检测算法设计

2.2.1 跌倒姿态解算算法

人体的运动过程较为复杂,为了有效区分人体发生跌倒行为与日常活动时的运动,该文选择腰部为特征提取部位,建立空间直角坐标系^[9]。由于存

在噪声,加速度计会在短时间内产生误差,而陀螺仪会随着时间而漂移,进而产生漂移误差^[10]。因此,该系统采用 Mahony 姿态解算算法,使用陀螺仪、加速度计、磁力计等多种传感器采集数据,融合解算出机体四元数^[11]。

Mahony 算法假设本体运动产生的加速度忽略不计,测量的加速度完全由重力提供,式(1)为地理坐标系 R 转换到机体坐标系 b 的坐标转换矩阵 C_R^b 。

$$C_R^b = \begin{bmatrix} 1 - 2(q_2^2 + q_3^2) & 2(q_1q_2 + q_0q_3) & 2(q_1q_3 - q_0q_2) \\ 2(q_1q_2 - q_0q_3) & 1 - 2(q_1^2 + q_3^2) & 2(q_2q_3 + q_0q_1) \\ 2(q_1q_3 + q_0q_2) & 2(q_2q_3 - q_0q_1) & 1 - 2(q_1^2 + q_2^2) \end{bmatrix}$$

设地理坐标系下的重力加速度 $G = [0, 0, 1]^T$, 变换到机体坐标系得到估计重力加速度为 V , 两者的转换关系为 $V = C_R^b \cdot G$, 代入上式, 得到:

$$V = C_R^b \cdot G = \begin{bmatrix} 2(q_1q_3 - q_0q_2) \\ 2(q_2q_3 + q_0q_1) \\ 1 - 2(q_1^2 + q_2^2) \end{bmatrix}$$

可以发现,估计重力加速度 V 即为坐标转换矩阵 C_R^b 的第三列, 得到 V_x 、 V_y 、 V_z 。但是,估计重力加速度 V 和加速度计测量的实际重力加速度 V' 之间存在漂移误差 E , 使用 PI 算法补偿陀螺仪, 经过实验分析 K_p 、 K_i 分别取 1.5 和 0.005 时效果最佳。考虑到四元数不具备直观的几何意义, 因此再通过四元数反解出欧拉角如下:

$$\theta = \arcsin 2(q_0q_2 - q_1q_3)$$

$$\gamma = \arctan \left(\frac{q_0q_3 + q_1q_2}{1 - 2(q_2^2 + q_3^2)} \right)$$

$$\varphi = \arctan \left(\frac{q_0q_1 + q_2q_3}{1 - 2(q_1^2 + q_2^2)} \right)$$

2.2.2 时序关联跌倒检测算法

采集静止、行走、坐下、躺下和跌倒实验数据如图 3 所示, 可以发现人体静止时的合加速度约为 1 g ($1 \text{ g} \approx 9.8 \text{ m/s}^2$)^[12], 正常活动时, 合加速度的峰值不超过 3 g。而跌倒行为的合加速度变化比较复杂, 刚开始人体会出现失重的瞬间, 合加速度小于 1 g; 紧接着人体与地面剧烈碰撞, 导致合加速度产生一个波峰, 显著高于正常活动时合加速度的峰值; 最终人体静止, 合加速度约为 1 g。

失重、撞击、静止三个阶段具有时序关联性, 因此程序中设计三级中断: (1) 失重中断检测: 若合加速度 a 小于 0.8 g, 认为人体处于失重状态, 失重中断置位; (2) 撞击中断检测: 若在失重中断置位后的 0.5 s 内检测到合加速度大于 3 g, 撞击中断置位, 同

时使用滑动窗口采集 100 个采样点的加速度值进行数据融合^[13], 为姿态角阶段的检测提供数据; (3) 静止中断检测: 判断角速度矢量和是否大于 4.5 rad/s、姿态角是否超出 $-45^\circ \sim 45^\circ$ 范围、人体合加速度是否约为 1 g 并持续 2 s 以上, 若满足以上三个条件, 则静止中断置位, 判断老人跌倒。

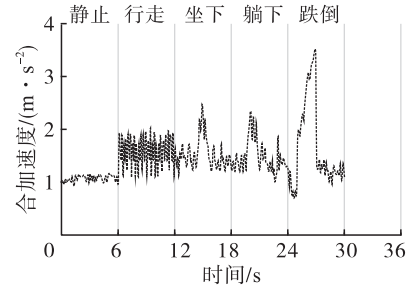


图 3 实验数据采集

2.3 社区服务终端设计

社区服务终端的前端基于 VUE 框架, 网页 UI 使用 Element UI 实现, 后端使用基于 JAVA 语言的 SpringBoot 框架整合前端数据与对象的交互设计^[12], 采用 mybatis 框架完成对象与持久层的交互设计, 使用 maven 框架管理后端资源。

主要功能模块为社区用户管理、求助信息管理、数据分析。其中社区用户管理中有基本的用户添加、查询、删除功能, 求助信息管理有求助查询和报警确认功能, 数据分析进行社区工作人员的绩效数据分析。服务终端功能设计如图 4 所示。

智慧社区系统

社区用户管理

求助信息管理

数据分析

社区用户管理

被监护人姓名

身份证号

重置

被监护人姓名

性别

年龄

身份证号

监护人电话

住址

既往病史

张三

男

18

513781199008070023

13799999999

三角湖

高血压

李四

女

18

413801199006050029

13560190665

三角湖

哮喘

王五

女

18

312300302104050033

15032293356

三角湖

心脏病

老王

男

18

3134820005090046

15614201525

三角湖

糖尿病

共10条 10条/页

1

前往

1

页

图 4 社区服务终端功能设计

3 实验结果与分析

完成程序编写后, 使用 USB - TTL 进行烧录。系统上电, 对系统功能进行测试。当检测到人体跌倒、一氧化碳浓度超标或心率过快时, 能够实现短信电话模块自动报警和向社区发送报警弹窗; 当按下取消报警按键时, 能够关闭报警系统; 进行一键求助时, 能够实现向社区发送求助弹窗并进入分级系统, 分级系统设计两级分档, 各事件先根据求助状态为“待解决”或“已解决”排序, 再根据事件的紧急等级

排序。功能测试如图5~7所示。



图5 电话短信模块测试



图6 社区服务终端报警弹窗测试

求助信息管理				
姓名	求助事件	事件紧急级别	求助状态	求助时间
老王	火灾	1	待解决	2023-06-16 20:37:49
李四	生活缴费	3	待解决	2022-12-03 12:00
老王	跌倒	1	已解决	2023-06-16 20:36:45
张三	购买药品	2	已解决	2022-12-03 12:00
王五	购买药品	2	已解决	2023-06-13 16:09:12
老王	火灾求助	3	已解决	2023-06-16 20:38:59

图7 社区服务终端求助事件分级测试

为测试社区服务终端响应速率、距离对社区服务终端响应的影响、跌倒检测的准确率,分别进行100次实验。其中距离小于100 m和大于100 m各实验50次,跌倒测试平均每个动作实验25次。记录并统计相关数据如表1所示。

表1 社区服务终端响应速率测试

	响应时间 < 0.5 s	响应时间 < 1 s
次数	84	26
比率	84%	26%

表2 距离对社区服务终端响应的影响测试

	距离 < 100 m 响应	距离 > 100 m 响应
次数	50	43
比率	100%	86%

表3 跌倒检测准确率测试

动作	蜂鸣器报警次数	准确率
正常行走	0	100%
弯腰	2	92%
后仰	0	100%
跌倒	25	96%

根据测试结果显示,当穿戴设备发出报警信息或求助信息时,社区服务终端响应时间在1 s以内,响应速度非常快,能够满足即时性的要求;穿戴设备与社区服务终端之间的距离对响应有一定影响,可增加RF发射功率将响应距离提高至3千米^[15];跌倒检测各动作实验25次共计100次,误报2次,整体准确率为98%。实验结果表明本系统可靠性较高。

4 结论

该文设计的社区智慧养老系统聚焦社区养老难题,通过Zigbee和SIM900A实现“老人——社区——医院”互联,为社区养老模式提供一种可选择的方案。设计自动报警功能、社区报警功能,切实保障老人的生命安全,为防止误操作引发的报警行为,设计了手动取消报警功能。为提供多元化的养老服务,设计生活求助功能^[16],老人可通过穿戴设备一键求助,将求助信息发送到社区网页端的分级系统中排序,由工作人员按事件的轻重缓急区别安排,有效缓解人手短缺的情况。实验结果表明:该系统响应速率较高,跌倒判断准确率较高,可靠性好,隐私保护性好,达到预期效果。

参考文献:

- [1] 周倩,杨胜慧.积极应对人口老龄化政策背景下我国老年人口健康状况分析——基于第六次、第七次全国人口普查数据的比较分析[J].人口与健康,2023(07):49-53.
- [2] 王净,刘玉竹.智慧医疗在社区养老中的使用情况研究[J].卫生经济研究,2022,39(02):25-28.
- [3] 李莉.基于物联网技术的智能养老服务系统设计[J].工业控制计算机,2023,36(08):54-55+57.
- [4] 张晟祺,解乃军,纪有旺,等.基于STM32的老人跌倒检测智能家居系统设计[J].工业仪表与自动化装置,2023(01):35-39.
- [5] 吴圆荣,曾森枚,叶景云,等.广东省乡镇居家老人跌倒现状及危险因素调查分析[J].上海护理,2021,21(7):38-42.
- [6] 曹现刚,张富强,史可欣.基于ZigBee协议的矿用设备数据采集分站设计[J].仪表技术与传感器,2023(3):65-70.
- [7] 雷赛楠,章文俊,李昊.基于STM32和ZigBee网络的智能家居系统[J].电子设计工程,2023,31(7):109-112.
- [8] 贺云飞,甘雨,肖国锐.基于ZigBee的智能门锁系统设计[J].电子设计工程,2023,31(16):6-10.

(下转第46页)

(2) 随动系统中将编码器安装于悬挂链驱动电机位置,由编码器采集悬挂链运动速度,实现机器人与悬挂链速度保持一致,完成在悬挂链运动状态下的随动挂件。

(3) 机器人抓手柔性设计,兼容多种刹车鼓铸件型号,实现产线的混线生产,减少更换抓手时间。

(4) 机器人工作快速准确,有效替代人工挂件,生产效率提升 25%,生产效率对比见表 2。

表 2 生产效率对比

工作方式	效率	
人工	50s / 钩	72 钩/小时
机器人	40s / 钩	90 钩/小时

(5) 通过机器人代替人工,实现生产自动化,大大减少了人工操作环节,不仅节约劳动成本,降低劳动强度,更有效地提高了各个加工生产环节中加工质量、加工效率、工艺准确率的一致性。

4 结论

国内在悬挂链输送线上实现机器人随动挂件仍是一个技术难题,为解决这个问题,设计的设计了一种机器人随动挂件系统,实现了刹车鼓工件的型号识别、自动抓取、随动挂件、产品信息追溯。系统运行稳定可靠,取得了良好的收益,对提高企业自动化生产效率具有重要意义,同类生产线实现自动化值得借鉴,应用前景较好。

参考文献:

[1] 周志军,李鹏飞,蓝伟. 基于视觉的工业机器人下料与铣边操作[J]. 组合机床与自动化加工技术,2022,578(04):184-188.

[2] 余稳胜,段海峰,黄凌森,等. 汽车主轴带轮轴机器人打磨技术研究及应用[J]. 机床与液压,2022,50(11):67-71.

[3] 刘天宋,张俊,张任天,等. 基于视觉的工业机器人码垛控制系统[J]. 工业仪表与自动化装置,2023(01):51-55+126.

[4] 薛家兴,刘晓琳,薛彦杰. 一种基于视觉识别的机器人随动挂件系统[J]. 制造技术与机床,2023(03):71-75.

[5] 段海峰,韩伟,陈晓斌,等. 汽车水冷机壳铸件机器人打磨工作站设计[J]. 铸造,2023,72(05):607-611.

[6] 王成军,韦志文,严晨. 基于机器视觉技术的分拣机器人研究综述[J]. 科学技术与工程,2022,22(03):893-902.

[7] 何习达,黄超,王海丽,等. 悬挂链输送系统关键技术研究与应用[J]. 煤炭加工与综合利用,2023(03):60-65.

[8] 李怀政,司卫征,曹剑君,等. 一种轮毂压铸件搬运机器人设计与仿真[J]. 制造技术与机床,2021(08):85-90+96.

[9] 黄才英,甘超,刘云云. 机器人随动技术在铸造行业悬链上下件中的应用分析[J]. 中国铸造装备与技术,2022,57(01):57-59.

[10] 徐征,翟季青,陈永强,等. 基于机器视觉的机器人作业目标定位[J]. 机床与液压,2023,51(11):72-75.

[11] 凌颖. 基于有源 RFID 的造车零件运输位置追踪方法[J]. 机械制造与自动化,2023,52(03):232-235.

[12] 刘美珍,袁俊宝,侯志平. RFID 在智能制造系统中的应用研究[J]. 电子元器件与信息技术,2023,7(03):106-108+112.

(上接第 37 页)

[9] 朱文辉,李伟,代勇. 多变量时序关联分析的跌倒预测算法[J]. 电子测试,2021,32(17):74-77.

[10] 王莉,张紫烨,牛群峰,等. 基于 MPU9250 和 MS5611 的人体姿态检测系统设计[J]. 电子器件,2019,42(4):978-983.

[11] 杨光耀,夏振华,肖一帆,等. 基于 IMU 和 Mahony 算法的人体手臂关节角度姿态测量系统研究[J]. 电脑知识与技术:学术版,2023,19(5):111-114.

[12] 徐甲栋,陈强,徐一雄,等. 基于 MEMS 传感器的实时跌倒检测系统设计[J]. 传感器与微系统,2022,41(7):77-80.

[13] 李京慧,迟宗涛,李钟晓. 基于阈值分析法的人体跌倒检测系统[J]. 传感器与微系统,2019(8):80-82+86.

[14] 贾黎,刘忠超,李英玲. 基于 SpringBoot + Vue 新冠疫苗接种全过程管理系统[J]. 西南民族大学学报:自然科学版,2022,48(2):181-189.

[15] 时元振. 基于 OneNET 和 ZigBee 的多节点燃气监测[J]. 物联网技术,2023,13(5):20-21+24.

[16] 吴昊,唐忠. 基于物联网技术的广西城镇智慧居家养老服务体系构建[J]. 数字技术与应用,2023,41(4):102-104.