

文章编号: 2095-2163(2019)04-0140-04

中图分类号: TP277

文献标志码: A

基于 MEMS 和三重定位的老年人安全报警器的研究与实现

王俊文

(郑州大学 软件与应用科技学院, 郑州 450000)

摘要: 当今社会,时代的发展使子女难以对父母老人进行有效陪伴;同时,随着人口老龄化的加剧,越来越多的老年人需要进一步的社会关注。近年来,老人走失的情况常常发生在人们周围,为了降低老人走失率,保障老人的安全,除了公安部门和家属的努力,更需要新兴科技的加入。在智能穿戴愈来愈流行的时代,本文针对老人设计了一款稳定安全的报警器,本系统硬件主控板是基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103,搭载 GSM 模块 WiFi 模块,同时可实现 GPS、WiFi、LBS 三重定位;搭配移动客户端软件,使监护人能够通过软件平台查看佩戴者历史轨迹、实时位置、并可手动设置电子栅栏或可选择根据用户历史轨迹智能推荐安全活动范围;配合灵敏的惯性传感器 MEMS,通过检测佩戴者行走步幅步频震动频率,能够在老年人摔倒时及时向监护人发送信息提醒以保证老年人安全。

关键词: 防走失; 摔倒报警; 智能定位; STM32 控制

Research and implementation of safety alarm for the elderly based on STM32 control

WANG Junwen

(School of Software and Applied Science and Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China)

[Abstract] In today's society, the development of the times makes it difficult for young people to accompany their parents and elders effectively. At the same time, with the aggravation of population aging, more and more elderly people need further social attention. In recent years, the loss of the elderly often happens around the people. In order to reduce the loss rate and ensure the safety of the elderly, besides the efforts of the public security departments and family members, it is more necessary to join the new technology. In the era of smart wear becoming more and more popular, this paper designs a stable and safe alarm for the elderly. The main control board of this work is STM32F103 based on ARM Cortex-M3 core, which carries the WiFi module of GSM module, and can realize the triple positioning of GPS, WiFi and LBS at the same time. With mobile client software, the guardian can view the wearer's historical track and real-time location through the software platform. The electronic fence can be set manually or the safety range can be recommended intelligently according to the user's historical trajectory. With the sensitive inertial sensor MEMS, the information reminder can be sent to the guardian in time to ensure the safety of the elderly when they fall by detecting the frequency of the wearer's walking step frequency vibration.

[Key words] prevention of falling and loss; falling alarm; intelligent location; STM32 control

0 引言

目前,关于中国老人生活现状研究的一项较新的调查统计分析表明^[1],当代中国老年人依然面临诸多问题,包括老年人口数量持续增加,人口老龄化程度持续加深;收入水平总体不高,因老返贫、因病致贫风险较大;失能、半失能老年人口数量较大等等。截止 2017 年底,全国人口中 60 周岁及以上人口 24 090 万人,占总人口 17.3%,预计到 2020 年,老年人口达到 2.48 亿,老龄化水平达到 17.17%。根据《中国老人走失状况白皮书》显示:中国每年走失老人约 50 万人;平均每天有 1 370 人,不幸的是其中有 10% 的老人在失踪后永远离开了亲人。另据本次在郑州市及周边洛阳、开封等城市的大量市场调研以及 7 000 份网络问卷调查显示,有 67% 的家

庭表示担心自家年迈的老人在回家的路上迷路或者摔倒。目前市场上也鲜有任何报警类产品能有效地预防此类事件的发生,这无疑已是当今社会的痛点之一。本文对此拟做研究论述如下。

1 系统原理及产品功能实现

1.1 目前已有产品问题

国内现有传统报警器大多是为以 PIC 单片机为主控制器、并结合红外对射检测技术和无线通信技术的短距离产品,往往没有与监护人客户端建立联系,无法进行精准实时定位以及摔倒预警,更无法设置或智能推荐安全活动范围。而能够实现精准定位的报警器大多体积又偏大,不利于老年人随身携带。使用功能复杂繁琐的智能手环等穿戴设备也无法在第一时间迅速地向家人传递老人地理位置,判断老

作者简介: 王俊文(1998-),女,本科生,主要研究方向:智能算法研究、软件设计。

收稿日期: 2019-05-10

年人的安全状况,还有着老年人操作不便的弊端。

综上分析可知,市场上现存的产品都存在着一一些问题,对此可表述为:

(1)低亲和度。操作较为复杂繁琐,不方便老年人群使用。

(2)无法判断老人安全状况是否摔倒。

(3)不能及时发送用户实时位置。

(4)无法设置或智能推荐安全范围。

针对这些问题,结合老人的生活特点,本文研发提出了一款安全报警器。

1.2 原理设计

本作品硬件主控板是基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103^[2],搭载 GSM 模块 WiFi 模块,同时可实现全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、WiFi、移动位置服务(Location Based Service, LBS)三重定位。客户端平台搭配电子栅栏功能,用户可自行选择佩戴者活动范围。并且,软件还可根据佩戴者的历史活动记录,总结出老人的生活习惯,智能推荐活动范围以供用户选择;报警器采用了惯性传感器 MEMS (Micro - Electro - Mechanical System),灵敏接收佩戴者行走时震动幅度步频,故而可在老年人摔倒时立即向监护人发送危险警示;与此同时,报警器还设计有省电模式与电量提醒功能,用户可根据实际情况做出选择,保证持续电能供应,并配备双向通话功能,便于老人在紧急情况下联系家人;在外观设计上,用户则根据自身喜好选择香囊或魔术贴的方式随身携带,美观且不易丢失。本次研发中涉及的关键技术可阐释分述如下。

(1)GPS+WiFi+LBS 的三重定位方式。通过 GSM 二级模块来传送信息,构建手机 App 客户端连接公司后台实时传送接收用户地理位置信息。GSM 模块具有发送 SMS 短信、语音通话、GPRS 数据传输等基于 GSM 网络进行通信的功能。分析可知,GPS 定位系统是目前应用最广、精度最高的定位系统,但其芯片存储内容只有 4 h 的记录,并且 GPS 定位时需要高压支持,对于硬件要求较高,不建议一直使用 GPS。WiFi 定位是基于附近周围的无线网络基地台(WiFi Access Point)的 MAC 地址,对比 Skyhook 数据库中该 MAC 地址的坐标,交叉计算出所在地。因此,该方法对于设备的硬件要求比较低。LBS^[3]是移动设备测量各统计基站的下行导频信号,得到不同基站下行导频的到达时刻(Time of Arrival, TOA)或到达时间差(Time Difference of Arrival, TDOA),同时根据该测量数值并结合基站的坐标

(一般采用三角公式估算法)运算求得结果。三重定位方式能够准确实时记录老人所处地理位置的经度及纬度,当检测到报警器所处经、纬度超出预定好的经、纬度范围、即电子栅栏的范围时^[4],报警器将迅速利用 GSM 模块通过最近的基站向监护人的手机发送超出安全范围路径的短信提醒。

(2)惯性传感器 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System)。人体正常行走时,其加速度会周期性地呈现规则变化,而在发生跌倒时,加速度^[5]会发生剧烈变化,加速度的变化可以反映出人体运动状态的转换,因此,当惯性传感器检测到老人的加速度突然超过加速度阈值、且在其后 90 s 内不再出现加速度波动时,报警器就会启用 GSM 模块通过最近的基站向监护人的手机发送短信通知并拨打电话。

1.3 主要功能解读及系统优势分析

基于本次研发的关键核心技术设计,最终得到的系统主要功能包括:一键报警、电子栅栏、摔倒警告、历史轨迹和智能推荐路径等。研究可得重点阐述如下。

(1)一键报警。当用户遇到危险或需要求助时,可一键告知紧急联系人准确位置,联系人可第一时间预判获知老人情况,及时找出应对办法,降低老人遭遇危险和伤害机率。

(2)电子栅栏。通过对老人活动范围运用历史统计方法,绘制生成了用户活动范围的整体轮廓图,如果老人走出此区域就会通知其家人,这样就形成了一个类似围栏的效果。当然,用户可以自行设置活动范围。GPS+WiFi+LBS 的三重定位方式能够准确实时记录老人所处地理位置的经度及纬度,当检测到报警器所处经、纬度超出预定好的经纬度、范围、即电子栅栏边界区域时,报警器将立即启用 GSM 模块通过最近的基站向监护人的手机发送超出安全范围路径的短信提醒。

(3)摔倒警告。将惯性传感器 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System)放入报警器中,在收集一段时间老人的生活习惯和出行规律的数据后,根据老人产生的震动,判断加速度是否处于正常范围,如果出现摔倒等意外情况,通过 TCP/IP 协议,将报警器收到的地理位置信息和步幅、步频震动参数传送至服务器端,当老人不慎摔倒时,软件平台会自动发送位置及预判得出的老人的情况提醒监护人^[6]。这是基于老人本身运动状态相对而言比较稳定,且与定位系统相结合,从而推断出老人所处的环境以及可能出现的问题。

(4)历史轨迹。用户可在平台设置保留历史位置信息,随时查看老人完整出行记录,为家人安全提供更多保障。

(5)智能推荐路径。系统可根据佩戴者活动的历史轨迹智能规划老年人的出行路线,使老人可以提前规避一些有着潜在不安全因素的道路,降低出行风险^[7]。

(6)设计简便,适用于老人。由于老人对电子产品在使用上存在适应周期,并且报警器需要长时间佩戴,保证续航,老人可以根据自身需要切换省电模式,报警器同时设计3种休眠省电模式(全天自动休眠、夜间自动休眠、实时开启)与电量提醒;在外观上,报警器小巧、且方便携带,不会给出行造成负担。

2 软硬件设计

2.1 功能模块图

本次研发系统的功能模块总体设计如图1所示。



图1 系统功能模块图

Fig. 1 System function module diagram

2.2 软件设计

2.2.1 电子栅栏

研究中,要判断携带报警器的老人是否在用户手动设定的安全活动范围、即电子栅栏内,就是要在GIS(地理信息管理系统)中判断一个坐标是否在多边形内部。这里,可运用Franklin提出的PNPoly算法来运行实现,核心算法的研发代码具体如下。

```

int pnpoly(int nvert, float *vertx, float *verty,
float testx, float testy)
{
    int i, j, c = 0;
    for (i = 0, j = nvert - 1; i < nvert; j = i
    ++ )
    {
        if ( ((verty[i] > testy) != (verty[j] >
        testy)) &&
            (testx < (vertx[j] - vertx[i]) * (testy -
            verty[i]) / (verty[j] - verty[i]) + vertx[i]))
            c = ! c;
    }
    return c;
}

```

2.2.2 摔倒警报

如果由传感器发来的数据中出现异常,软件会向联系人发送紧急通知。对应的程序代码详见如下。

```

for (int i = triggerLst.Count - 1; i >= 0; i
-- )
{
    if (triggerLst[i].IsValid() == false)
    {
        triggerLst.alarm(i);
        continue;
    }
}

```

2.2.3 智能推荐

目前,研究正着重开发根据用户历史轨迹集合智能推荐路线范围的平台功能。后台会将每一位报警器携带者的历史轨迹保存下来,为其生成唯一专属的历史轨迹集,并根据其轨迹集,将其轨迹路径以取点定位的方法统计生成一份离散点的量度统计数据,借鉴HMM模型^[8]、即隐马尔可夫模型^[9],从可观察的参数中确定该过程的隐含参数,然后利用这些参数来做进一步的分析,根据数据来个性化地向监护人推荐佩戴报警器的老年人经常活动的范围。用户可以根据研究得出的智能推荐来作为设定电子栅栏的参考。

2.3 硬件设计

2.3.1 基本信息

尺寸:约长65 mm * 宽50 mm * 厚18 mm;主要材质:ABS/棉布;电池:锂聚合物电池800 mAh/3.7 V;充电输入:DC 5 V/1 A;工作环境:0 °C ~ 55 °C;网络频段:GSM850/900/1800/1900, GPRS。

2.3.2 电路设计

考虑到报警器的轻巧便携及上述所需功能特点,本次研究采用STM32F103作为主控制器,搭载GSM模块、WiFi模块、GPS模块、惯性传感器MEMS以及MIC、SPK通讯设施。研究得到的产品设计结果如图2所示。经过高精密度的模块间集成,该系统的初代硬件集成电路实物图即如图3所示。

2.4 系统功能实现

国内专门针对老年人群、尤其是阿兹海默症人群的安全报警器方面的研究仍不多见,相关产品仍较为缺乏;市面上虽已推出有智能电话、手表等穿戴设备,但并不适合学习能力相对较差的老年人群以及阿兹海默症人群学习使用;而现今整个社会的老

龄化趋势正在逐步加剧,如何为老年人提供全程伴随式辅助功能服务的需求也日趋迫切。因此,本文专门针对老年人群、尤其是阿兹海默症人群研发了这款微型安全报警器,这里仅以 2 个核心设计作为实例,即本此研发得到的软件平台登录及主界面如图 4 所示,电子栅栏功能及摔倒报警功能界面则如图 5 所示。这一结果也清晰表明了,本次研究将致力于帮助更多的老人,保障其每一次的安全出行。

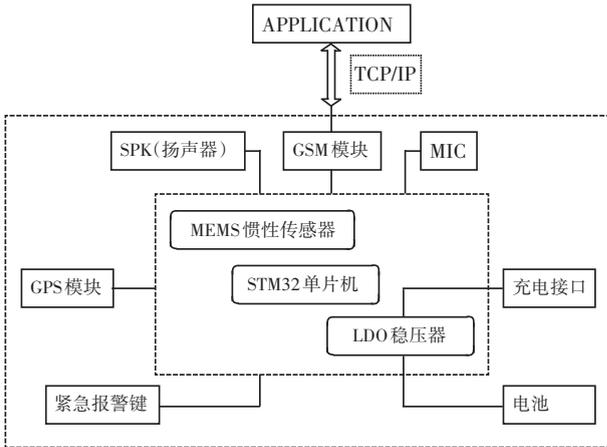


图 2 产品结构图

Fig. 2 Product structure diagram

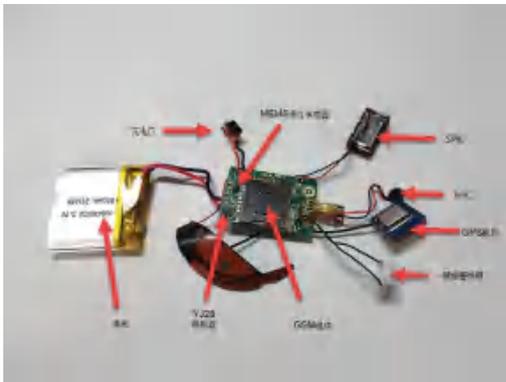


图 3 集成电路图

Fig. 3 Integrated circuit diagram

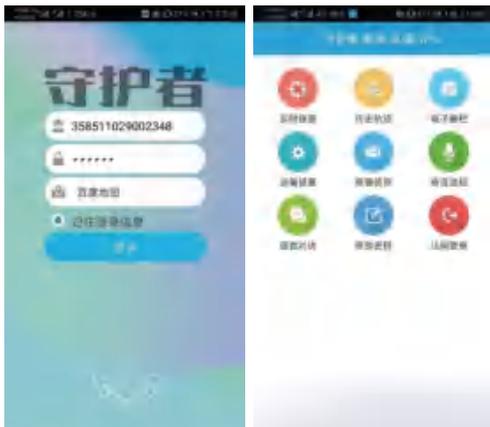


图 4 软件平台登录及主界面

Fig. 4 Software platform landing and main interface



图 5 电子栅栏功能及摔倒报警功能

Fig. 5 Electronic fence function and fall alarm function

3 结束语

中国人口老龄化越来越严重,老年人群日益增多,而且随着社会生活节奏的加快,子女难以对父母老人给予全程陪伴,尤其当老年人群外出活动时,其出行安全就已成为老人子女面临的一个重大考验。而本系统即可有效地解决这样的问题。本系统采用 GPS、WiFi、LBS 三重定位,在精确定位坐标条件下,根据老人生活习惯设置电子栅栏和推荐出行路线,并且具有摔倒报警提醒功能,及时对联系人通报老人可能遇到的意外情况。同时,本款报警器设计精巧、方便携带、操作简单,适合老年人群使用。

参考文献

- [1] 熊贵彬. 中国走失老人总量测算与区域分布特征分析-基于全国救助站随机抽样调查[J]. 人口与发展, 2017, 23(6): 103-108.
- [2] 许崇言. 基于 STM32 控制的声音导引系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2010(12): 53-55.
- [3] 周长利, 马春光, 杨松涛. 路网环境下保护 LBS 位置隐私的连续 KNN 查询方法[J]. 计算机研究与发展, 2015, 52(11): 2628-2644.
- [4] 胡媛, 夏利民, 王嘉. 基于轨迹分析的行人异常行为识别[J]. 计算机工程与科学, 2017, 39(11): 2054-2059.
- [5] 马仁冬, 杨功流, 张旭, 等. 高精度加速度计阈值的重力二次细分测试方法[J]. 导航与控制, 2015, 14(4): 110-114.
- [6] 杨杰, 吴文启, 练军想. 激光陀螺捷联系统高精度加速度计非线性模型参数标定[J]. 中国惯性技术学报, 2010, 18(5): 625-632.
- [7] 栗芝. 老年人智能出行辅助系统的设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2018, 31(11): 144-145.
- [8] 刘翔, 邹婷婷, 李仁旺, 等. 基于 HMM 模型的老年人出行异常检测研究[J]. 浙江理工大学学报(自然科学版), 2015, 33(3): 410-413.
- [9] 刘高文. 基于隐马尔可夫模型的视觉行为分析和异常检测研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.