

# 智能导盲拐杖设计

付主木,陈曦,王栎阳,司鹏举  
(河南科技大学,河南 洛阳 471023)

**摘要:**针对盲人出行障碍物感知难、安全系数低、无法识别目的地路径等问题,设计智能导盲拐杖。采用 STM32 单片机作为核心控制器,通过超声波探测系统使盲人无触碰感知障碍物位置。通过陀螺仪姿态解算来判断盲人是否跌倒,当盲人长时间处于跌倒状态时,拐杖能够自主向路人呼救,并通过 GPS 和 SIM800 将位置发送给家人。拐杖可以通过蓝牙与手机通信,进行常去地导航。夜晚时能够打开闪光灯提示路人及车辆注意。所设计的智能导盲拐杖得到了视力障碍人士的肯定评价。

**关键词:**导盲拐杖;障碍物感知;跌倒判断;自动呼救;路径导航

**中图分类号:**TP29 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0211-04

## Design of Intelligent Guide Blind Crutch

FU Zhumu, CHEN Xi, WANG Yueyang, SI Pengju

(Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of blind travel obstacle perception, low safety factor and inability to identify destination path, an intelligent guide crutch is designed. By ultrasonic detection system, STM32 single chip microcomputer is used as the core controller to enable the blind to percept obstacle position without touching. The gyroscope attitude calculation is adopted to determine whether the blind falls. If the blind person falls for a long time, the crutch can call for help to passers-by independently and send the position to the family through GPS and SIM800. The designed crutch can communicate with mobile phones through bluetooth for path navigation. At night flash lights can automatically turn on to alert passers-by and vehicles. The designed crutch has gained positive affirmations from people with visual impairment.

**Keywords:** guide blind crutch; obstacle perception; judgment of fall; independent call for help; path navigation

## 0 引言

据《中国医药报》报道:“全世界视力残疾者的总数为 1.6 亿左右,其中 5 000 多万为盲人,其余为低视力者;我国是全世界盲人最多的国家,全国盲人总数已超过 1 300 万,占全球总数的 1/4,现在我国每年大约有 100 万人失明,这意味着几乎每半分钟就会增加一名盲人。如果按照目前的趋势发展下去,到 2020 年,我国盲人将增加 4 倍”。500 万盲人,占世界盲人的 18%。面对如此庞大的盲人群体,传统导盲方式的弊端日益突显<sup>[1]</sup>。盲人出行面临着障碍物感知难、安全系数低、无法识别目的地路径等问题。此外,有关导盲产品的国外市场也对此缺乏研究,相关市场几乎为空白;国内的导盲市场是较为新型的市场。因此,盲人对智能导盲拐杖的需求迫在眉睫<sup>[2]</sup>。

## 1 产品的设计方案

针对盲人出行的障碍物感知难、安全系数低、无法识别目的地路径等问题,本文设计了智能导盲拐杖。该拐杖

可以使盲人无触碰感知障碍物位置;当盲人长时间处于跌倒状态时,拐杖能够自主向路人呼救,并将位置发送给家人;拐杖还能控制手机为盲人提供常去地导航;夜晚时能够打开闪光灯提示路人及车辆注意。智能导盲拐杖功能模块图如图 1 所示。核心控制器采用 STM32 单片机,障碍物定位系统通过超声波探测障碍物,探测到障碍物后,可通过反馈感知系统的震动来通知盲人。警报系统通过陀螺仪姿态解算来判断盲人是否跌倒,并可以发出警报。如果盲人跌倒,可通过 GPS 和 SIM800 分别进行位置定位和位置信息发送,同时启动呼救系统吸引路人注意。拐杖可通过蓝牙与手机 APP 通信,进行常去地导航。

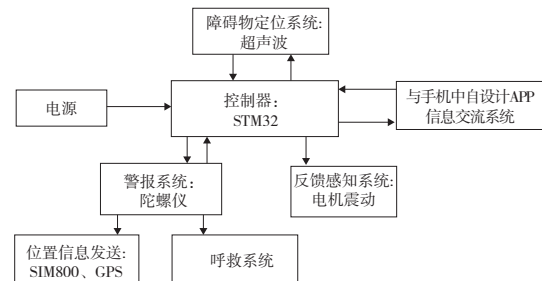


图 1 智能导盲拐杖模块图

第一作者简介:付主木(1974—),男,湖北仙桃人,教授,博士,研究方向为混合动力汽车建模及控制策略。

## 1.1 障碍物感知系统

障碍物的探测采用 HC-SR04 超声波模块,此模块性能稳定,测量距离精确,模块精度高,盲区小。该模块采用 IO 口 TRIG 触发测距,需要至少  $10\mu\text{s}$  的高电平信号,且模块会自动发送 8 个 40 kHz 的方波,并检测是否有信号返回。当有信号返回时,通过 IO 口 ECHO 输出一个高电平,高电平持续的时间就是超声波从发射到返回的时间<sup>[3]</sup>。测试距离等于(高电平时间 $\times$ 声速(340 m/s))/2。当检测到有障碍物时,超声波会返回障碍物的距离信息,并通过拐杖手柄处的震动装置将信息反馈给盲人,震动次数为 1 代表距离为 1 m 内,为 2 则为 1~2 m 内,以此类推可以检测到 5 m 内的障碍物信息<sup>[4]</sup>。

## 1.2 危险求救系统

本文采用陀螺仪进行姿态的解算,采用 GPS 进行位置的确定,利用 SIM800 进行信息的发送。拐杖通过采集固定在其内部的陀螺仪姿态,根据卡尔曼滤波解算出欧拉角并以此来判断拐杖的姿态。当检测到的俯仰角 $>75^\circ$ 并且这一角度保持超过 30 s,则会发出有间隔的警报,提醒盲人是否放置拐杖时未关闭;如果 10 s 后仍未关机且俯仰角仍 $>75^\circ$ ,则判定盲人跌倒且无法自己站立。此时则长时间发出警报吸引路人注意,同时拐杖上的 SIM800 会通过 GPS 模块获得此时位置信息,并将位置信息编辑成短信发送给家人,使家人及时了解危险,并做出处理<sup>[5]</sup>。家人手机 APP 中接收到消息后会触发提示音并显示盲人位置。

陀螺仪型号为 MPU6050,MPU-6000(6050)的角速度全格感测范围为 $\pm 250\text{ }^\circ/\text{s}$ 、 $\pm 500\text{ }^\circ/\text{s}$ 、 $\pm 1\ 000\text{ }^\circ/\text{s}$ 与 $\pm 2\ 000\text{ }^\circ/\text{s}$ (dps),可准确追踪快速与慢速动作,并且用户可程式控制的加速度全格感测范围为 $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 与 $\pm 16g$ <sup>[6]</sup>。产品传输可透过最高至 400 kHz 的 IIC 或最高达 20 MHz 的 SP(MPU-6050 没有 SPI)。MPU-6000 可在不同电压下工作,VDD 供电电压介为(2.5 $\pm$ 5%)V、(3.0 $\pm$ 5%)V 或(3.3 $\pm$ 5%)V,逻辑接口 VDDIO 供电为(1.8 $\pm$ 5%)V(MPU6000 仅用 VDD)。MPU-600 的包装尺寸为 4 mm $\times$ 4 mm $\times$ 0.9 mm(QFN),在业界是革命性的尺寸。

采用的 GPS 型号为 NEO-7M,它是 NEO-6M 的升级版。采用了新一代 U-blox 芯片,超高灵敏度,具备全方位功能;自带 MINIUSB 接口,使用普通数据线即可调试 GPS 模块,不再需要使用 USB-TTL 等工具;增加 EEPROM 存储芯片,设置参数等信息自动存储,掉电后配置自动保存,无需重新设置;板载 MAX2659 信号放大芯片,搜索能力更强<sup>[7]</sup>。

信息发送模块选择 SIM800 模块,此模块采用了 SIMCOM 公司的工业级四频 850/900/1 800/1 900 MHz SIM800 芯片,可以低功耗实现语音、SMS、数据和传真信息的传输;可以适用于短信监控二氧化氮、烟雾报警器、无线终端(短信猫)、工业监测与控制(温湿度、二氧化碳)、远程抄表系统和智能家居控制系统等控制平台<sup>[8]</sup>。SIM800 模块性能稳定、外观小巧、性价比高,能满足客户的多种需求。SIM800C 尺寸为 17.6 mm $\times$ 15.7 mm $\times$ 2.3 mm,能适用于各种紧凑型产品设计需求<sup>[9]</sup>。SIM800 工作原理图如图 2 所示。

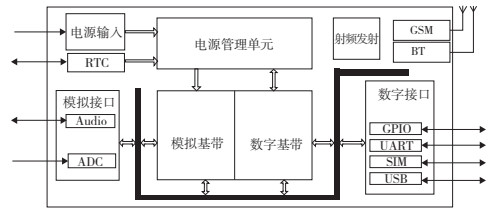


图 2 SIM800 工作原理图

## 1.3 常去地导航

通过安卓软件编写一个小型 APP,同时将高德地图的接口放入到该 APP 中。将拐杖蓝牙地址设置为默认地址,手机蓝牙可以自主与拐杖中的蓝牙相连接,连接后可接收拐杖发出的数据。在 APP 中家人可为盲人设定 5 个以内常去地,并告知盲人顺序,盲人可通过拐杖上的按键选择地点,按一次选择键表示目的地为已设置的常去地,再按确定按钮即可开始导航,选择其他常去地导航以此类推。拐杖控制 APP 界面如图 3 所示。



图 3 拐杖控制 APP

## 1.4 夜间提示功能

拐杖内装有一个光敏电阻探头,通过光敏电阻检测外界白昼。当外界光线较弱时,拐杆的 LED 灯会被打开并闪烁,以便在夜晚天较黑时提醒行人及车辆注意,以此保障盲人出行的安全性。

## 2 拐杖硬件电路设计

### 2.1 器件选择

拐杖内部的器件选择如表 1 所示。

### 2.2 电路设计

拐杖电路原理图如图 4 所示。

表 1 器件选择

功能模块	型号	作用
STM32 芯片	STM32F103C8T6	信号处理
超声波模块	HC-SR04	超声波测距
GPS 模块	NEO-7M	定位
信息发送模块	SIM800	信息发送
陀螺仪	MPU-6050	姿态判断
电压模块	AS015	降压:12 V~5 V
	AMS1117	降压:5 V~3.3 V

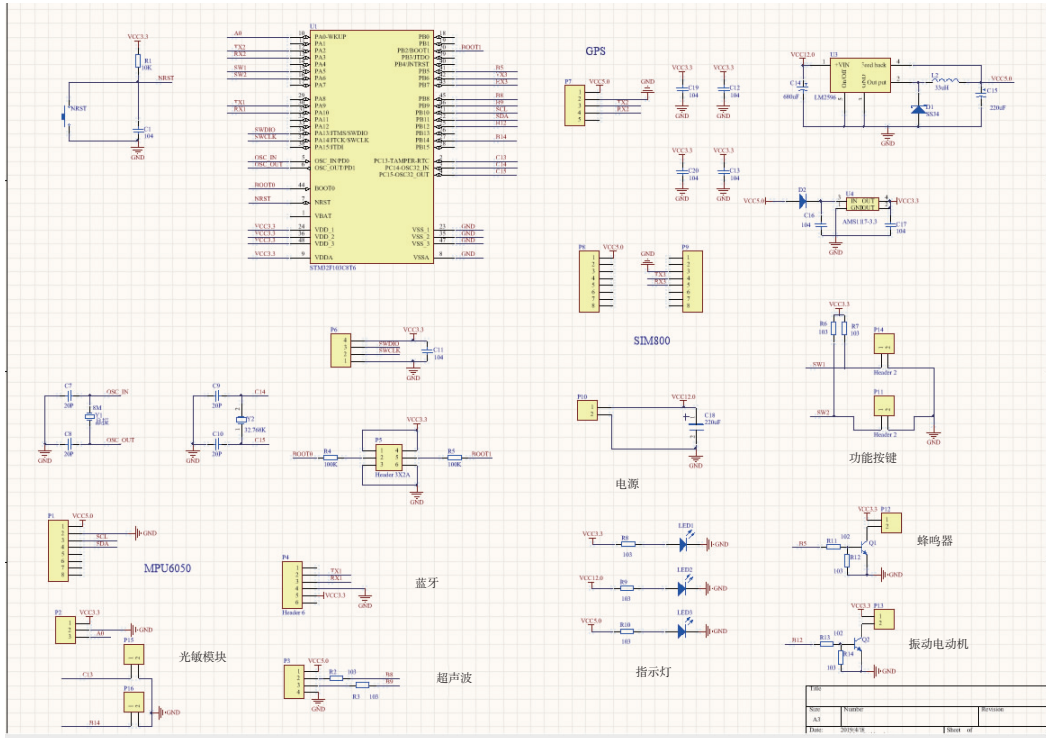


图 4 拐杖电路原理图

## 3 机械结构的设计

在拐杖的最底端安装有一只万向轮,通过万向轮可以实现拐杖在地面自由移动,节省使用者体力。拐杖的拐柱部分整体光滑且平直,在中间部放置有超声波探头,拐杖整体呈长一字形。该设计符合盲人使用普通导盲杖的习惯。拐杖整体结构实物图如图 5 所示。把手形状整体呈圆筒形,可与盲人手掌完全贴合,提高使用者握杆的舒适度,避免因长时间握杆导致手掌酸疼。把手上加有防滑纹,防止拐杖从使用者手中滑落,且把手内部为空心设计,以便于将主控及其他外装置其中,提高拐杖内部空间的利用率,使整体结构更为美观。把手结构图如图 6 所示。

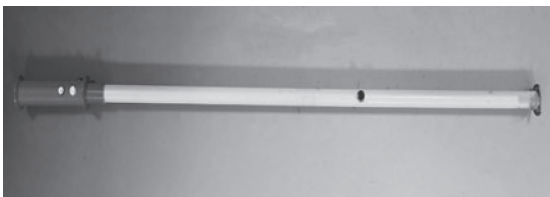


图 5 拐杖整体结构实物图



图 6 把手结构图

## 4 产品使用效果

在研发初期,研发团队根据市场相似产品的功能不全、使用不便、视力障碍人士对产品需求大等问题,对本产品经过多次的反复实验,形成了一个初步的产品小样。此后,还与用户紧密合作,通过用户的试用与反馈,不断吸取用户对产品的意见与建议,并通过控制变量与用户体验反馈,多次设置实验组与控制组,通过对比研究,不断地对材料、功能实现度、产品性能与使用舒适度进行改进。产品的真正效果是需要人为检测的,因此,在产品制作、测试完成后,本团队邀请河南推拿职业学院的 200 名视力障碍学生体验该智能导盲拐杖,并对其体验的感受通过纸质问卷调查进行反馈评价。问卷发放了 200 份,回收有效问卷为 161 份。在有效问卷中有 75.6% 的视力障碍人士对本



产品感受良好,对功能给予了肯定;有 85%左右的视力障碍人士接受产品定价并有意愿购买此产品。

## 5 结语

针对盲人出行障碍物感知难、安全系数低、无法识别目的地路径等问题,设计了基于 STM32 单片机的智能导盲拐杖。所设计的拐杖采用 HC-SR04 超声波模块探测障碍物,使盲人无触感知障碍物位置。通过 MPU-6050 陀螺仪进行姿态解算进而判断盲人是否跌倒。当盲人长时间处于跌倒状态时,拐杖能够自主向路人呼救,并通过 GPS 和 SIM800 将位置发送给家人。拐杖可以通过蓝牙与手机 APP 通信,进行常去地导航;夜晚时能够打开闪灯提示路人及车辆注意。所设计的导盲拐杖得到了视觉障碍人士的肯定评价。

### 参考文献:

[1] 刘火良,杨森. STM32 库开发实战指南:基于 STM32F4[M].

北京:机械工业出版社,2017.

- [2] 吴小芳. 物联网与大数据的新思考[J]. 通信世界,2017(1): 1-2.
- [3] 生利英. 超声波检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2014.
- [4] 吴学伟,伊晓东. GPS 定位技术与应用[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [5] 陈志旺. 四旋翼飞行器快速上手[M]. 北京:电子工业出版社,2017.
- [6] 王星星,丛思安. 室内定位研究方法综述[J]. 软件导刊,2019,18(9):9-12.
- [7] 史云飞,郝永生,刘德亮,等. 室内无线定位算法研究现状与发展趋势[J]. 电讯技术,2018,58(10):1230-1236.
- [8] 高玥. 浅析现代无线通信技术及未来发展[J]. 中国新通信,2018,20(23):15.
- [9] 郑航. 探讨现代无线通信技术的现状分析及其发展前景[J]. 中国新通信,2018,20(7):17.

收稿日期:2020-10-16

(上接第 202 页)

40 kPa、60 kPa,得到真空口在不同出口背压下抽气速率与进气压力的变化曲线(图 10)。从图中可以看出出口背压对抽气速率影响较小,差值基本集中在低进气压力时出现,由于在低进气压力时较大的出口背压影响会被放大,因此在进气压力持续增大的过程中,出口背压的影响逐渐降低。

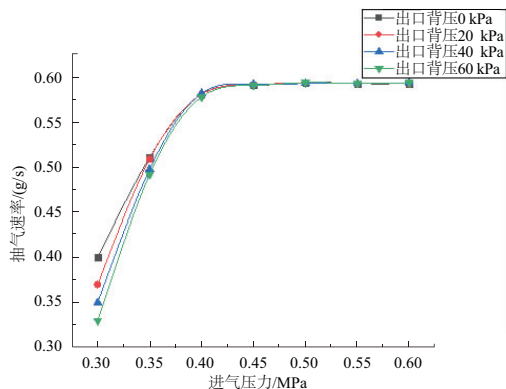


图 10 不同出口背压下抽气速率与进气压力变化曲线

## 5 结语

本文利用 Fluent 软件对真空发生器整体进行内部流场分析,通过对外部因素:进气压力、出口背压等的综合探讨,对真空发生器的真空度以及抽气速率得出以下结论:

1) 在一定范围内,真空度随着进气压力的增大而增大,但超过这一范围后,通过喷管的超音速流体已经充分膨胀加速,因此继续增大进气压力使得拉法尔喷管下游压力增大,会对引射流体产生一定的阻碍作用,使得真空度略微降低。

2) 出口背压的改变对混合室内压力影响较为明显,背压增大阻碍工作流体的膨胀加速过程,从拉法尔喷管流出的工作流体速度降低,从而使得真空度下降。继续增大背压将导致工作气体在混合室入口处发生回流,从真空管处流出,使真空管出现正压,真空发生器失效。

3) 真空度随着抽气速率的降低而增加,在抽气速率为 0 时,达到最大真空度。出口背压对抽气速率影响较小,差值基本集中在低进气压力时出现。

### 参考文献:

- [1] 徐文灿. 真空发生器内的流态及其性能分析[J]. 液压与气动,1995(5):8-12.
- [2] 姚朝晖,何枫,陈远. 真空发生器系统吸附响应时间的确定[J]. 真空科学与技术,2002(3):198-201.
- [3] 李昊军. 真空系统节能关键技术研究[D]. 南京:南京理工大学,2015.
- [4] 魏晋,唐黎明,亓海明等. 混合室直径对带喷射器的跨临界 CO<sub>2</sub>热泵性能影响[J]. 化工学报,2016,67(5):1719-1724.
- [5] 叶辉,张钰,陈志敏,等. 引射混合器数值模拟及性能预测方法研究[J]. 科学技术与工程,2012,12(2):365-368.
- [6] 刘宝,韩威震,张业明,等. 进气压力对真空发生器性能的影响[J]. 真空科学与技术学报,2019,39(4):304-309.
- [7] APHORN RATANA S, EAMES I W. A small capacity steam-ejector refrigerator: experimental investigation of a system using ejector with movable primary nozzle[J]. International Journal of Refrigeration, 1997, 20(5):352-358.
- [8] 陈伟雄,陈会强,石朝胤,等. 喉嘴距对喷射器性能影响的实验研究[J]. 中国科学院大学学报,2016,33(2):253-257.
- [9] 邢鹏成,丁武学,楼晓华,等. 蒸发器除霜喷嘴的高压射流特性分析与结构优化[J]. 机械制造与自动化,2020,49(3):15-18.
- [10] 叶卫东,张岩,候宇,等. 基于 FLUENT 的变径防气抽油泵性能数值模拟及研究[J]. 机械制造与自动化,2020,49(4):133-135,144.

收稿日期:2020-09-10