

基于障碍物联合探测的智能导航手杖研究

吴得佑

(杭州第十四中学康桥校区, 浙江杭州, 310015)

摘要: 针对当前视障人士导航手杖功能单一、安全性不高、不易使用的迫切问题, 设计了一种具备障碍物联合探测与智能导航的手杖及其应用方法。手杖包括: 手杖柱体部分、手柄部分。手杖柱体的上部设有全景摄像头、前方声波探头、左方声波探头和右方声波探头, 形成手杖的声波与摄像探测能力, 手杖柱体的上部外设有橡胶保护套; 手柄设有手杖电源开关、蓝牙耳机开关、扬声器、紧急救援开关、全景摄像头开关、前方声波探头开关、左右声波探头开关, 内设有手杖电池仓。本设计根据声波探测回波原理和图像自动识别技术, 预设视障人士行进路线上的地物地图, 通过探测障碍物与预设地图匹配, 以识别视障人士行进路线上的障碍物和潜在危险, 实现了声波、摄像和地物地图多种方式进行相互验证和联合导航, 克服了单一方式对障碍物探测与识别存在盲区的不足, 为视障人士提供了更加安全的导航保障。

关键词: 联合导航, 障碍物探测, 手杖, 视障人士

Study on Intelligent Navigation Cane Based on Combined Detection of Obstacles

Wu Deyou

(Kangqiao campus, Hangzhou No. 14 Middle School, Zhejiang, 310015)

Abstract: Aiming at the pressing problem that the current navigation cane for visually impaired is of single function, low safety, and inconvenient to use, a cane with combined detection of obstacles and intelligent navigation and its application method are designed. The cane includes: a cane stick portion and a handle portion. The upper part of the cane stick is equipped with a panoramic camera, a front sound detector, a left sound detector and a right sound detector, to form the capabilities of sound and camera detection of the cane. And the upper part of the cane stick is provided with a rubber protective sleeve outside. The handle is equipped with a power switch, a Bluetooth headset switch, a speaker, an emergency switch, a panoramic camera switch, a front sound detector switch, and left and right sound detector switches of the cane. And the handle is provided with a battery compartment of the cane. Based on the principle of acoustic echo sounding and automatic image recognition technology, the design presets feature maps on the route of the visually impaired, and matches obstacles with the preset feature maps, in order to identify obstacles and potential dangers on the route of visually impaired. The design realizes the mutual verification and combined navigation of multiple ways, including sounds, cameras and feature maps, and overcomes the insufficiency of blind areas in obstacle detection and recognition of the single way, and provide safer navigation protection for visually impaired.

Key words: combined navigation, obstacle detection, cane, visually impaired

1 引言

据世界卫生组织统计(<http://www.who.int/zh/>), 2010年, 中国盲人(blind)达824.8万, 低视力人士(low vision)达6727.4万, 两者总和高达7551.2万。据中国盲人协会数据(<http://www.zgmx.org.cn/html/Index.html>), 至2016年, 中国有1700万盲人, 每80个中国人中就有一个盲人。这是一个非常庞大的、急需得到社会关爱的特殊群体。面对着1700余万人的广大视力残疾人群, 中国地方政府已经建立了全球长度最长、分布最广的盲道, 但很多盲道没有从盲人的角度进行规划、设计、建设和管理, 盲道还经常被汽车和自行车等占据, 形成盲人行走中的陷阱和障碍(图1)。



(a) 设计不合理的盲道 (b) 被占用的盲道

图1 现有盲道存在的问题

辅助导航手段是盲人出行的重要保障, 导盲犬与导航手杖是两种不同的盲人辅助出行工具。导盲犬不仅是视障人士的另一双眼睛, 有时更是生活上不可或缺的心灵伴侣^[1-3], 然而, 据报道, 中国目前

持证上岗的导盲犬只有百余只,远远不能满足中国1700万巨大盲人群体的需求。中国导盲犬训练基地少、培训成本高,如:中国导盲犬大连基地成立于2006年,11年才培养出118只导盲犬,每只导盲犬的培养成本就高达15-20万元。多数盲人属于低收入群体,难以承受如此高昂的价格。

与导盲犬相比,具备导航功能的手杖更加便宜、便携,是盲人出行的最佳选择。目前相关资料表明,中国知识产权专利局保有36个与“导航”相关的盲人手杖专利^[4-9],其中有效专利10项,仅有“一种智能物联网导盲杖”^[4]1项为发明专利。由此可见,盲人智能导航领域需求异常迫切。

针对目前中国盲人群体庞大、需求社会关爱的现状,和导盲犬培训周期长、成本高、数量少,难以满足广大盲人出行与就业需求的现状,以及涉及盲人智能导航领域的研究严重不足的现状,本文进行了智能导航手杖与工作方法的设计,以期待满足当前中国视障人士出行的迫切需求。

2 导航手杖工作原理与思路

目前,智能手机已非常普及,通过一些导航软件可以准确定位目的地^[10]。其导航的基本原理是,通过手机SIM卡实时地获取GPS定位信息,再由定位信息与预设的电子地图匹配,从而实现导航的功能。智能手机能满足汽车和行人导航,但不能满足盲人安全出行需求。对于盲人而言,最重要的核心功能是障碍物探测和危险避让,这是智能手机导航所不具备的功能。除此之外,对于盲人而言,还需要有探路、定位、提示、和警报等必备功能。

障碍物探测的实质是进行距离测量,对于盲人而言是探测其行进方向的障碍物从而规避行走风险。光和声波是常用的距离探测手段^[11-12]。光也是一种波,因其速度快、指向性强,可以快速测定指定方向的距离,但可见光不宜直接用于盲人手杖导航。通过固定声源产生球面声波,理论上可以探测声源四周的任何障碍物,但因其指向性不强,有时难以判断障碍物的方位。因此,如果把声波探测与基于光学原理的摄像结合起来,将能更准确的探测障碍物。

当前,基于卫星实现定位的技术已经非常成熟。主要的卫星导航定位系统有^[13-14]:美国主导的GPS(Global Positioning System),俄罗斯主导的GLONASS,欧盟主导的GALILEO(伽利略),以及中国主导的北斗导航。全球导航定位已广泛应用于民用领域,包括:手机导航、汽车、船舶和飞机导航等。尤其,

目前手机SIM卡已经具备这种导航功能^[11],极大地扩展了全球导航定位的应用空间,本设计将把基于SIM卡导航定位的功能集成到盲人导航手杖中。

本设计为盲人导航,将采用语音播报,可以实时播报路况、提示盲人行进路线信息、危险时警示使用者,必要时还能通过SIM卡通知家属盲人所处位置。

由上述可知,本设计完成的盲人导航手杖,将包括:障碍物探测技术、导航定位技术、机械制造技术、微电子技术等,对诸多的电子器件进行管理,进而实现智能导航功能,必须预设程序固化在芯片中。

3 盲人导航手杖物理结构设计

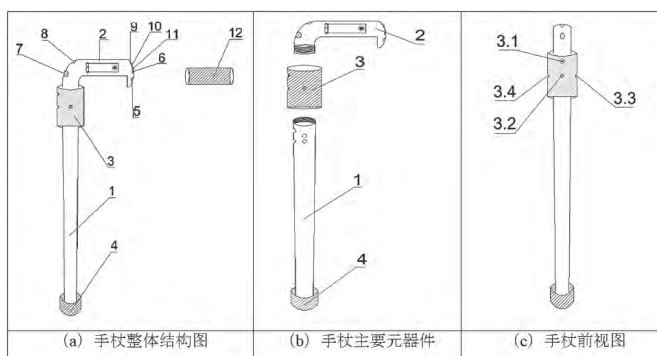


图2 智能导航手杖的整体物理结构

部件说明:手杖柱体1、手柄2、橡胶保护套3、手杖保护垫4、手杖电源开关5、蓝牙耳机开关6、扬声器7、蓝牙耳机、紧急救援开关8、全景摄像头开关9、前方声波探头开关10、左右声波探头开关11、手柄套12;全景摄像头3.1、前方声波探头3.2、左方声波探头3.3和右方声波探头3.4。

本设计是一种具备障碍物探测与智能导航的手杖,其物理结构包括(见图2):手杖柱体部分、手柄部分,手柄与手杖柱体衔接处弯曲便于扶持,手杖本体设计符合人的使用习惯,同时为了轻便耐用,手杖柱体使用了中空的钛合金材料。

为了实现手杖的多重障碍物探测功能,在手杖柱体的上部设有全景摄像头、前方声波探头、左方声波探头和右方声波探头,形成手杖的声波与摄像联合探测能力。其中,前方声波探头、左方声波探头、右方声波探头处于同一高度,全景摄像头位于前方声波探头的正上方,声波可以探测盲人行进方向,以及左右方向的障碍物,而摄像头用于探测盲人前方的障碍物。手杖柱体的上部外设有橡胶保护套,橡胶保护套设有四个圆孔,与全景摄像头、前方声波探头、左方声波探头和右方声波探头一一对应,

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a valve or actuator component. The drawing includes a main side view and a detail view of a handle or lever. The main view shows a horizontal assembly with a central rectangular block (2.4) and a smaller rectangular block (2.5) on top. A circular feature (2.2) is on the left, and a threaded section (2.11) is on the right. A handle or lever (2.10) is attached to the right side. The detail view shows a handle (13) with a rectangular block (2.6) on top. The drawing is labeled with various numbers: 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, and 13.

盲人手杖难点在于如何实现智能导航。为了提升

盲人的安全性和生存机会, 本文进行了多方面的导航技术方法探索, 主要包括: 声波探测障碍物、摄像自动识别障碍物、内置地物导航地图匹配、联合探测障碍物与导航, 使用者可以根据需要, 采用其中的一种或者多种方法进行智能导航。

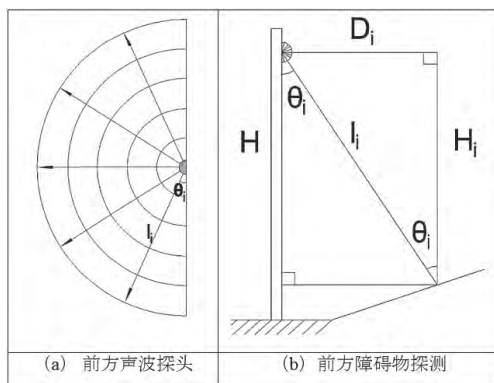


图5 前方声波探头探测障碍物工作原理

4.1 声波探测障碍物技术方法 (图5, 图6)

4.1.1 手杖前方障碍物探测 (图5.a)

通过手杖柱体上的前方声波探头, 向手杖前进方向自下而上发射 N 个声波, N 为自然数, 每个声波有固定的发射角; 当声波遇到前方障碍物后, 返回给声波探头, 并记录下每个声波的往返时间, 则每个声波的旅行距离, v 为声波在空气中的速度, 从而在手杖前方形成一个声波回波的数据集合, i 为自然数;

4.1.2 手杖左方障碍物探测 (图6)

通过手杖柱体的左方声波探头, 向手杖左方向自前向后水平发射 M 个声波, M 为自然数, 按照4.1.1) 所述步骤, 在手杖左方形成一个声波回波的数据集合, j 为自然数;

4.1.3 手杖右方障碍物探测

通过手杖柱体上的右方声波探头, 向手杖右方向自前向后水平发射 K 个声波, K 为自然数, 按照4.1.1) 所述步骤, 在手杖右方形成一个声波回波的数据集合, k 为自然数;

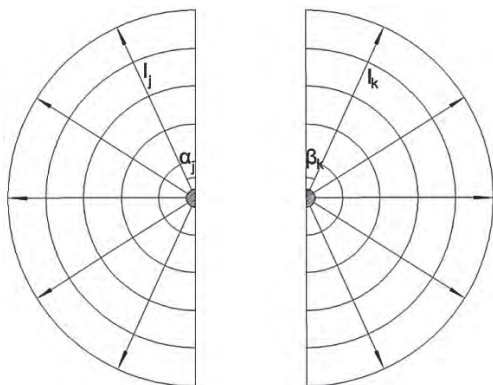


图6 左方和右方声波探头工作示意图

4.1.4 手杖前方障碍物判断方法 (图5.b)

根据数据集合来判断, 可以分为如下情形:

1) 地面障碍物判断: 当时, 可以认为声波探测的是地面障碍物回波, 从而计算障碍物离前方声波探头(3.2)的水平距离, 和垂直距离, H 为前方声波探头距离地面的垂直距离, 根据下述情形警示使用者:

- (1) 当, 地面障碍物远离盲人, 不予以警示;
- (2) 当, 且当时, 地面坡度较小, 不予以警示;
- (3) 当, 且当时, 并通过蓝牙耳机警示前方为上坡;
- (4) 当, 且当时, 并通过蓝牙耳机警示前方为下坡;

2) 正前方障碍物判断: 当时, 可以认为声波探测的是使用者正前方的障碍物, 当时, 通过蓝牙耳机警示使用者正前方有障碍物;

3) 头部障碍物判断: 当时, 可以认为声波探测的是使用者头部的障碍物, 当时, 通过蓝牙耳机警示使用者头部有障碍物;

4.1.5 手杖左方障碍物判断: 可根据数据集合来判断, 当时, 通过蓝牙耳机警示使用者左方1m以内有障碍物;

4.1.6 手杖右方障碍物判断: 可根据数据集合来判断, 当时, 通过蓝牙耳机警示使用者右方1m以内有障碍物。

4.2 摄像自动识别障碍物技术方法

当使用者开始使用手杖行走时, 全景摄像头按照一定的时间间隔 T 拍摄前方的图像, T 缺省值为1s, 也可通过触摸屏重新设置; 并采用图像自动识别方法^[15-16], 快速识别图像中的物体轮廓, 并将前方图像与识别的物体及位置信息临时存储到内置芯片, 识别的物体和位置信息可以存贮到地物导航地图。

4.3 内置地物地图匹配导航技术方法

1) 障碍物采集: 在视障人士经常行走路线上, 通过全景摄像头采集地物信息, 并按照SIM卡提供的位置信息, 将行走路线、地物和位置信息同时存储到内置芯片中, 包括: 道路两侧和前进方向的固定不可移动的物体(如: 房屋、树木、公交站等);

2) 障碍物提示: 当视障人士使用手杖时, 内置芯片根据SIM卡提供的位置信息, 读取4.3节步骤1) 中存储的地物信息, 并通过蓝牙耳机播报地物名称;

2) 路线偏离提示: 当视障人士远离既定路线时, 由蓝牙耳机进行警示, 所谓远离是指SIM卡提供的实时位置与4.3节步骤1) 中存储的行走路线偏差大于2m时。

4.4 联合探测障碍物与导航技术方法

采取下述步骤进行联合探测:

- 1) 由三个声波探头, 实时探测并识别手杖前方、左方和右方的障碍物;
- 2) 由手杖摄像头, 实时拍摄并识别手杖前方的障碍物;
- 3) 由内置芯片, 根据SIM卡提供的行走路线位置信息, 实时读取手杖前进方向的地物;
- 4) 由内置芯片的预设管理程序, 对4.4节步骤1)、2)和3)所提供的障碍物和地物进行比对, 以判别障碍物是固定物体(指导航地图中存在的物体)、临时放置的物体(指导航地图中不存在的物体, 但可探测到的不可移动的物体, 包括临时停放的自行车和汽车), 还是移动的物体(指导航地图中不存在, 但探测到的可移动的物体, 但在短时间 t 内又消失的物体($t < 3s$), 包括行驶的汽车和自行车等), 并通过蓝牙耳机播报给使用者, 从而提升智能导航的准确性和安全性;

4.5 紧急救援功能设计

进一步设计了救援模块, 包括如下步骤:

- 1) 主动救援触发: 当使用者意外碰到障碍物、跌倒或者偏离导航路线时, 主动打开紧急救援开关, 由内置芯片连接SIM卡, 拨通应急电话, 并将位置信息通过短信方式发送给家属;
- 2) 被动救援触发: 当使用者无法主动打开紧急救援开关时, 根据声波探头探测的障碍物信息进行判断, 此时手杖水平或低角度倾斜放置于地面, 内置芯片根据前方、左方和右方障碍物的距离 L , 当 $L < 0.1m$ 时且当停留时间 $T > 10min$ 时, 主动触发报警开关, 通过手杖扬声器发出鸣叫声, 并由内置芯片连接SIM卡, 拨通应急电话, 并短信通知家属。

5 本设计创新点

设计中的盲人智能导航手杖具有以下创新点:

- 1) 智能性。可以通过声波、摄像和地物地图三种方式进行相互验证和联合导航, 从克服了单一方式对障碍物探测与识别存在盲区的不足, 同时这些功能由内置芯片进行管理, 无需使用者干涉, 提升了导航手杖的智能性;
- 2) 针对性。本文所设计的地物地图针对盲人导航, 与现有电子地图功能不同, 譬如: 智能手机中的电子导航地图主要提供道路信息, 以及道路周边大的建筑物信息, 缺乏盲人导航最需要的近距离障碍物信息。

3) 便捷性。外观与普通手杖没有差异, 所有智能导航装置均巧妙地隐藏于手杖体中, 根据人的习惯, 在手柄处设置了电源开关、蓝牙耳机、救援开关等, 视障人士可便捷地使用;

4) 安全性。手杖可设置防滑减震的手杖垫、保护套、手柄盖、手柄套等, 对电子元器件进行有效的保护, 提升了设备使用寿命;

5) 紧急救援。考虑到视障人士属于特殊人群, 可提供紧急救援开关, 由使用者直接触发, 也可由系统自动判断和自动触发, 进一步提升了视障人士的安全生存能力。

6) 应用广泛。本项技术不仅适用于视障人士智能导航使用, 也可扩展到智能导航相关技术领域, 也同样适用于正常无视障人士, 譬如: 可用于驴友的郊外旅游, 驴友旅游失踪甚至致残致死事件时有发生^[17], 如果该具有自动导航和自动报警的智能手杖给驴友郊外使用, 无疑可以增加旅游体验和生存机会。同时也可以给老年人使用, 中国已经进入老龄化社会^[18], 儿女经常不在身边, 老人走失事件时有发生, 有一款智能化导航手杖提供给老人使用, 不仅可以提供正常的身体支撑, 更重要的是可以防走失, 必要时可以提供自动报警功能。

6 结论

1) 设计了一款具备智能导航的盲人手杖, 包括: 手杖柱体和手柄部分, 声波探头和全景摄像头巧妙地隐藏在手杖柱体中, 各类开关与电子元器件插孔与接口隐藏在手柄中, 通过手柄内置芯片有效控制各类外设, 包括: 触摸屏、SIM卡、蓝牙耳机、扬声器插孔、全景摄像头、声波探头开等。

2) 提供了多种实用的障碍物探测与导航方法, 包括: 声波探测障碍物、摄像自动识别障碍物、内置地物导航地图匹配、联合探测障碍物与导航, 可以采用其中的一种或者多种方法进行智能导航, 大大提升了手杖的障碍物探测功能, 还提供了紧急救援功能模块, 提升了盲人的生存几率。

3) 本文所设计开发的盲人导航手杖智能、便捷、安全、应用广泛, 不仅适用视障人士, 还能惠及驴友及老龄人, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 艾诚. 牵你手, 跟我走——中国导盲犬培训现状纪实[J]. 中国残疾人, 2007(10):26-29.
- [2] 中国导盲犬的现状, 全国仅有百余只, 比大熊猫还少。

猫还珍贵[http://baijiahao.baidu.com/s?id=1565789900643641&wfr=spider&for=pc]

- [3] 铁山, 郭荣. 回忆与思考(之二)——谈中国盲人就业的历史与现状[J]. 中国残疾人, 2011(8):30-31.
- [4] 熊朝阳, 陈臻, 余善成, 等. 一种智能物联网导盲杖, CN105662797A[P]. 2016.
- [5] 陈枫, 叶青, 段书凯, 等. 一种用于人行横道线处的盲人导航方法及装置, CN 106901956 A[P]. 2017.
- [6] 陈奕冰, 杨斯飏, 杨利, 等. 一种自动化盲人导航系统, CN 104299413 A[P]. 2015.
- [7] 王震, 吴方, 方漫琳, 等. 物联网环境下的盲人导航系统, CN102068369A[P]. 2011.
- [8] 温永宁, 苏红军, 闫国年. 面向视障人群的户外导盲服务系统及方法, CN 101483806 A[P]. 2009.
- [9] L·凯特斯. 应用于盲人的管理和导航系统, CN200580042461.4[P]. 2005
- [10] 李荣森, 高鹏程. 基于手机的导航方法和系统, CN 1948908 A[P]. 2007.
- [11] 冯其波, 谢芳, 张斌. 光学测量技术与应用[M]. 清华大学出版社, 2008.
- [12] 张琛, 耿标. 超声波测距的原理及设计[J]. 科技传播, 2010(13):245-250.
- [13] 吴自银 等. 高分辨率海底地形地貌——探测处理理论与技术, 科学出版社, 2017.
- [14] 冯素园. 浅谈北斗导航卫星定位系统现状、发展及应用[J]. 通讯世界, 2016(17):227-227.
- [15] 张秀彬, 焦东升, 王贺, 等. 自动识别道路深坑与障碍物的车辆智能装置, CN 101549691 A[P]. 2009.
- [16] 孙晓峰. 基于图像识别的智能小车障碍物检测方法研究[D]. 昆明理工大学, 2017.
- [17] 姚霞. 14名走失“驴友”耗费10万搜救成本[J]. 上海安全生产, 2011(11):88-88.
- [18] 李子文. 人口老龄化对中国经济社会发展的影响及对策[J]. 中国国际财经(中英文), 2018(1).

(上接94页)

- [3] 闫健, 李红海, 余新胜, 等. WindML+ZinC在国产嵌入式平台上的应用[J]. 软件研发与应用, 2015.6.
- [4] Altera Corporation, Serial Configuration Device Features [DB/OL]. Altera Inc, 2004.
- [5] 汪灏, 张学森. 一种基于串行方式的FPGA远程加载电路[J]. 电子科学技术, 2016.3.

~~~~~

(上接106页)

(5)通过摄像头实行远程监控;(6)当哭泣,尿床,有毒气体存在时发短信到手机上。

本设计通过单片机实现对湿度,烟雾,哭声等控制实现婴儿床的智能化,能使婴儿及时脱离潮湿的睡眠环境和突发的危险环境,加上智能摇摆功能,使父母更加方便地照顾婴儿,给繁忙中的爸爸妈妈减轻了巨大的负担,并且给孩子一个好的成长。

#### 参考文献:

- [1] 徐科军, 传感器与检测技术, 第三版, 重庆大学出版社, 2009
- [2] 杨素行, 模拟电子技术基础简明教程, 第三版, 高等教育出版社, 2006
- [3] 郭天祥, 51单片机C语言教程入门提高开发拓展全攻略, 电子工业出版社, 2009年
- [4] 胡寿松, 自动控制原理, 第6版, 科学出版社, 2007年
- [5] 张进, 顾万龙, 白文乐, 一种集成型单片机控制信号处理系统的设计与实现, 2011年全国电子信息技术与应用学术会议论文集, 2011

#### 附录:

指导老师: 陈铁军, 男, 教授, 现任玉林师范学院电子与通信工程学院院长, 邮箱: chentiejun2000@163.com

第一作者: 201710606001朱庭辉, 男, 本科学历, 通信工程专业, 邮箱: 763669014@qq.com。

~~~~~