

盲人导航眼镜的研究

刘兴云 杨火祥 刘鑫豪 鲁池梅 马朗 丁可玉 蔡志鹏 姚佳杏

(湖北师范大学 物理与电子科学学院 湖北 黄石 435002)

摘要: 现代社会高楼林立、交通发达,对于盲人来说,到处都有障碍物,这给他们的出行带来了诸多不便,盲人出行安全也逐渐成为人们关注的焦点。本导航眼镜就是以辅助盲人出行为目的,通过在眼镜上设计两套超声波测距系统来解决帮助盲人及时避开障碍物。将超声波测量得到的数据进行相关的算法处理,能够得到障碍物距离、速度、方位三方面的信息,以左右振动的形式告知盲人,从而达到给盲人导航的效果。眼镜结构简单,操作方便,具有集成度高、准确性好、低功耗、低成本等特点,市场前景广阔。

关键词: 盲人导航; 眼镜; 超声波; 振动

中图分类号: O 426.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0712(2017)06-0052-04

【DOI】10.16854/j.cnki.1000-0712.2017.06.014

超声波的研究主要包含超声检测、超声信息处理、基础研究三个方面。在超声检测方面,由于超声波的波长比一般声波要短,具有较好的方向性,而且有一定的透过不透明物质,这一特性已被广泛用于超声波探伤、测厚、遥控和超声成像技术。由于超声波测距,其方法设备简单、价格便宜、体积小、设计简单、易于做到实时控制,并且在测量距离、测量精度等方面能达到工业实用的要求,因此得到了广泛的应用。同时超声波传播波速不恒定,回波信号幅值随传播距离增大呈指数规律衰减,在应用过程中应该注意上述问题。超声波应用盲人导航方面,主要是应用于拐杖,只能探测一个方向,并且是语音提示,没有解脱盲人的双手,并且占用盲人的耳朵,不能够对方位进行感知。

1 盲人导航眼镜的基本原理及整体结构

1.1 系统整体工作原理

超声波测距的基本原理是^[1]

$$s = vt/2 \quad (1)$$

其中 v 是声波在空气中的传播速度 340 m/s , t 是声波发出去到返回来所用的时间,单位是 s , s 就是被测的障碍物的距离,单位是 m 。

本系统是针对辅助盲人出行设计的一款导航眼镜,眼镜基于两套超声波测距帮助盲人避开障碍物。眼镜在左、右边各设计了一套超声波测距系统,通过单片机 1(STC11F04E 单片机^[2]) 控制它们以 40 ms 间隔交替进行测量,每一个 40 ms 的时间段内,只有

一路测距系统在工作。随后单片机 1 会将两路测距系统获得的遇到障碍物返回的时间数据(通过式(1)可换算成对应的距离信息),发送给单片机 2,由单片机 2 通过一定算法处理后转化为距离、速度、方位的信息,并以左右微型电机的振动形式加以表达。系统工作原理图如图 1 所示。本系统两路超声波测距系统交替工作原理如图 2 所示。

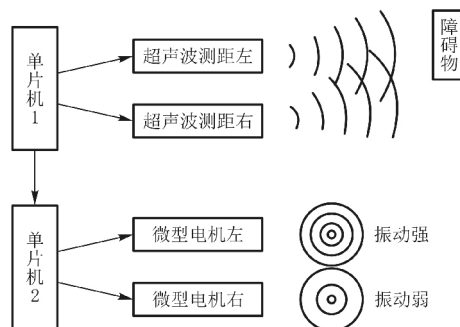


图1 系统工作原理图

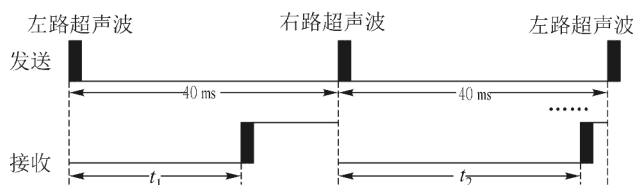


图2 超声波测距系统工作原理

左路超声波测得的障碍物距离 $s_{\text{左}}$ 为

$$s_{\text{左}} = vt_1/2 \quad (2)$$

右路超声波测得的障碍物距离 $s_{\text{右}}$ 为

收稿日期: 2016-02-23; 修回日期: 2016-12-14

基金项目: 湖北省教育厅科学研究计划项目(B20132506, XD2014237, D20132505, B20132504) 资助

作者简介: 刘兴云(1973—), 男, 湖北安陆人, 湖北师范大学物理与电子科学学院副教授, 硕士生导师, 主要从事物理实验教学与研究工作。

$$s_{\text{右}} = vt_2/2 \quad (3)$$

1.2 距离信息的获取与表达

单片机1的启动测量脉冲信号后,系统发射左路超声波,会在超声波左路(或右路)发射探头发送8个40 kHz的连续方波脉冲,此时,超声波左路接收探头的启动接收状态,同时单片机1开始计时,一旦检测到左路有反射回来的超声波信号,接收探头检测引脚会发生电平跳变,此时关闭定时器,这样就获得了左路从发射到返回的时间差 t_1 ,根据式(2)便可求出左路障碍物的距离 $s_{\text{左}}$,同样方法右路障碍物的距离通过式(3)便可求出右路障碍物的距离 $s_{\text{右}}$.

单片机1每隔80 ms就把左、右两路所测的返回时间即 t_1 、 t_2 通过串口发送给单片机2进行处理,并使左、右两路的微型电机产生相应的振动.因此在信息的表达上系统设置80 ms为一个时间单元,在一个时间单元内左右微型电机每间隔一定的时间 $T_{\text{左}}$ 、 $T_{\text{右}}$ 就振动一次,持续时间为一个 $\Delta\tau$ 秒(如果障碍物相对静止的话,根据实验测试这里 $\Delta\tau = 1$ ms, $T_{\text{左}}$ 、 $T_{\text{右}} = 8$ ms)如图3所示.障碍物的距离越远,也就是所测得的返回时间 t_1 、 t_2 越长,时间单元(80 ms)内信息表达的振动的频率就越小(计算如式(4)、(5)所示);距离越近的,振动的频率就越大.对于盲人,通过感受眼镜左右两边支架里面的电机振动频率 $f_{\text{左}}$ 、 $f_{\text{右}}$ 就可以感知障碍物离盲人左右的远近了.

$$f_{\text{左}} = \left(10 - \left\lfloor \frac{t_1}{8 \text{ ms}} \right\rfloor \times 2 \right) / 80 \text{ ms} \quad (4)$$

$$f_{\text{右}} = \left(10 - \left\lfloor \frac{t_2}{8 \text{ ms}} \right\rfloor \times 2 \right) / 80 \text{ ms} \quad (5)$$

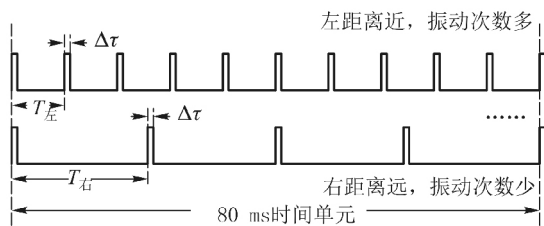


图3 距离信息的表达

1.3 速度信息的获取及表达

左、右两路是以40 ms的间隔交替进行测量的,可设一路(如左路)相邻间隔的两个返回时间测出值分别为 t_n 、 t_{n-1} ,则有 $\Delta t_n = t_n - t_{n-1}$,在时间间隔 $\Delta T = 40$ ms,如式(6)所示:

$$V = v \times \Delta t_n / \Delta T = v \times (t_n - t_{n-1}) / \Delta T \quad (6)$$

可计算出障碍物移动的速度 V .关于速度信息的表达,对于盲人,可以通过眼镜两边支架里微型电机单次振动时间 $\Delta\tau \times N$ 的长短来获得速度信息.如果单次振动的时间越长(即振动得越强烈),说明障碍物相对盲人移动的速度越快.障碍物移动的速度快,电机振动单次持续的时间 $\Delta\tau \times N$ 长(N 是障碍物移动速度对最小移动速度单元 V_{min} 的倍数,如式(7)所示,如图4所示单次持续振动的时间是 $\Delta\tau \times 3$, $N = 3$);速度慢,则电机振动单次持续的时间 $\Delta\tau \times N$ 短(单次振动的倍数少,如图3所示相对静止时持续振动的时间是 $\Delta\tau \times 1$, $N = 1$).

$$N = \left\lceil \frac{V}{V_{\text{min}}} \right\rceil \quad (7)$$

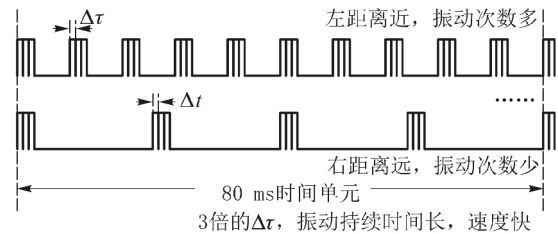


图4 速度信息的表达

1.4 方位信息的获取及表达

比较左、右两路的返回时间 t_1 、 t_2 大小就可以确定障碍物的方位.如图5所示,若 $t_1 < t_2$,则障碍物在盲人的左边一些,左边电机振动频率 $f_{\text{左}}$ 大一些(如图3所示,在一个80 ms单位时间内左边电机振动了10次,右边电机振动了4次,就可判断障碍物在盲人的左方一些,详细计算如式(8));若 $t_1 > t_2$,则障碍物在盲人的右边一些,右边电机振动频率 $f_{\text{右}}$ 大一些,就可判断障碍物在盲人的右方一些;若 $t_1 = t_2$,则障碍物在盲人的正前方,左、右电机振动频率 $f_{\text{左}} = f_{\text{右}}$ 相同.

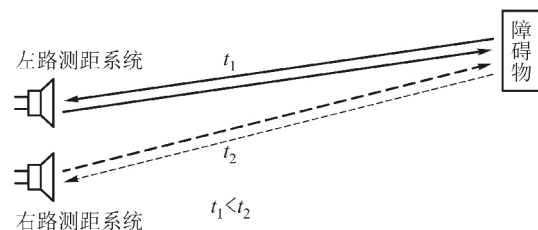


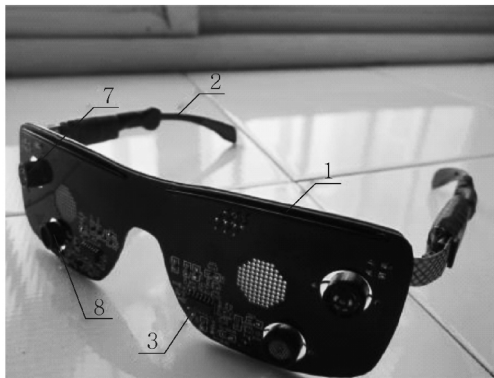
图5 方位信息的获得

$$f_{\text{左}} = \left(10 - \left\lceil \frac{t_1 + (t_1 - t_2)}{8 \text{ ms}} \right\rceil \times 2 \right) / 80 \text{ ms}$$

$$f_{\text{右}} = \left(10 - \left\lceil \frac{t_2 - (t_1 - t_2)}{8 \text{ ms}} \right\rceil \times 2 \right) / 80 \text{ ms} \quad (8)$$

2 整体结构

图6是盲人导航眼镜的实物图。盲人导航眼镜,具有眼镜式的壳体,壳体的左右眼镜框1内各设有一个单片机3,左右眼镜框1的正面各设有一个超声波发射探头7和超声波接收探头8(中心频率为40 kHz,工作电压为8~12 V),壳体1的左、右镜架2内各设有一个电池4及微型电机5,超声波发射探头7、超声波接收探头8、电池4及微型电机5都与眼镜框1内的单片机3控制电路板相连接。壳体的眼镜框1顶端中部设有开关6及充电接口,方便充电。



(a) 正面图



(b) 背面图

图6 盲人导航眼镜的实物图

3 系统软件设计及测试结果

单片机1控制左、右两路超声波的发射,并记录两路接收到超声波的时间数据,然后单片机1将时

间信息通过串口发送给单片机2,单片机2串口接收到单片机1发送的时间信息,进行数据处理,通过公式如式(4)一式(7)计算出左、右电机的振动频率和电机振动持续时间信息。最后单片机2驱动左、右电机以相应的振动方式振动,盲人通过眼镜架上电机不同的振动方式得出障碍物的相关信息。

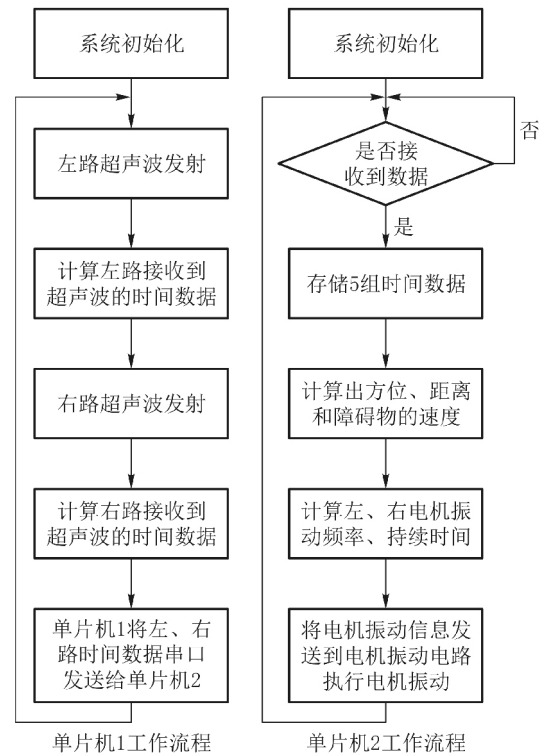


图7 算法流程

实际测试结果 不同探测物体(墙面)距离与微型电机振动次数对应关系如表1所示。实际测试微型电机1秒内振动次数误差为 $\pm 1 \sim 3$ 次。不同物体(人)移动速度与微型电机1次振动持续时间对应关系如表2所示。实际测试振动持续时间误差为 $\pm 0.5 \sim 1.8$ ms。通过实验我们发现对于地面上的小石头、小地坑及小型障碍物分辨不是很明显,对于多目标同时移动也反应不明显,说明盲人导航眼镜还只能是一辅助盲人出行的工具,不能够完全依赖它,后续工作有待进一步研究。

表1 不同探测物体距离与微型电机振动次数对应关系

探测物体(墙面) 距离/m	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
微型电机1秒内振动次数/次	112	56	38	29	23	19	16	14	13

表2 不同物体移动速度与微型电机1次振动持续时间对应关系

物体(人) 移动速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	<5	5~10	10~20	20~40	>40
微型电机1次振动持续时间/ms	1.3	2.6	3.9	5.2	6.0

4 结论

实际测试效果表明,盲人导航眼镜通过一定训练,即可实现,导航眼镜在测量时稳定性高,而且在连续工作的情况下,仍有很快的响应速度.另外,将障碍物的距离、速度、方位三方面的信息以振动的方式告知盲人,这样就不占用盲人的手和双耳,使盲人能够方便地通过触觉获取更多有用的外界信息.整体结构简单,戴上方便,成本低廉.因此,在盲人导航这个领域有较大的优势,未来将成为辅助盲人出行可靠的帮手,不足之处我们将进行下一步研究.

参考文献:

- [1] 张雷雷,王福豹,段渭军.基于STC89C52单片机的超声波测距系统[J].电子设计工程,2015,23(4):120-123.
- [2] 吴海峰,李德敏,邹剑.基于M-Bus的智能水表数据采集器的设计[J].通信技术,2011,44(10):97-98.
- [3] 郑晓庆,杨日杰,杨立永,等.多路输出DC-DC电路设计[J].国外电子测量技术,2012,9(9):31-33.
- [4] 陈勇,钱剑敏,尚建华,等.基于FPGA的多普勒测振计信号采集与处理系统设计[J].现代电子技术,2013,36(17):24-27.

The research of the blind navigation glasses

LIU Xing-yun ,YANG Huo-xiang ,LIU Xing-hao ,LU Chi-mei ,MA Lang ,DING Ke-yu ,
CAI Zhi-peng ,YAO Jia-xing

(College of Physics and Electronic Science , Hubei Normal University , Huangshi , Hubei 435002 , China)

Abstract: The modern society is full of skyscrapers and traffic developed , but for the blind everywhere is filled with obstacles which brings inconvenience for the blind's travel , traveling safety for blind people gradually become the focus of attention. The purpose of this navigation glasses is to assist the blind to travel , by designing two sets of ultrasonic distance measurement system to help the blind avoid obstacles in time. The data are obtained by ultrasonic measurement related algorithm which can get three aspects information about the distance , speed and direction of the obstacles to inform the blind in the form of vibration and achieve the effect of navigating to the blind. The glasses have the following characteristics: simple structure , easy operation , high integration , good accuracy , low power consumption , low cost and broad market prospects.

Key words: blind navigation; glasses; ultrasonic; vibration

(上接 51 页)

Mechanical analysis of the non-uniform falling chimney

HOU Ji-xuan¹ , LI Zhi-ang² , GUO Xing² , NIU Zhi-hao²

(1. Department of Physics , Southeast University , Nanjing , Jiangsu 211189 , China;

2. Chien-Shiung Wu College , Southeast University , Nanjing , Jiangsu 211189 , China)

Abstract: It is generally known that chimney might break at a certain place before it hit the ground during a demolition blasting. However , previous models have assumed that the mass distribution of the chimney is uniform. The chimney model analyzed in this paper is a more realistic one with non-uniform mass distribution. By seeking the maximum point of the torque , the possible rupture point of the chimney is given.

Key words: chimney; fixed-axis rotation; rupture