

双频超声波测距

王润田

(中国科学院上海声学实验室 上海·200032)

本文介绍了一种在空气中实时、高精度、大范围双频超声波测距的原理及方法。该方法利用双频超声波,并结合一些简单的信号处理方法,实现在10几米范围内高精度实时地探测目标距离。该方法可以广泛用于类似于智能机器人定位,建筑工程验收,物资管理等一些需要测距的地方。

关键词: 双频,超声波,测距

Double-frequency ultrasound distance measurement

WANG Runtian

(Shanghai Acoustics Laboratory, Academia Sinica, Shanghai · 200032)

A real-time, high precision, long distance measurement method by double-frequency ultrasound is presented in this article. Two difference ultrasound waves are used in this method. The higher frequency ultrasound is used to detect some near object and lower one for far object. With a CPU (89C2051), a simple and realizable distance measurement system also be given in this paper.

Key words: double-frequency, ultrasound, distance measurement

1. 引言

利用超声波来测距是一种传统的非接触测量方法。由于它具有不受光及电磁波等外界因素的影响,对环境有一定的适应能力,且操作简单,测量精度高等优点而被广泛应用。但由于空气对超声波的吸收与超声波频率的平方成正比^[1],因此用来测距的超声波的频率就不能很高。另一方面频率越低,波长越长,测距的绝对误差就越大。所以,测距的范围加大与测量精度实际上是一对矛盾。在同样的环境、气温、湿度等条件下10kHz的声波在空气中的声吸收约为0.26dB/m^[1]。按吸收与频率的平方成正比的关系估算,频率为20kHz超声波的声吸收大约为1dB/m,而40kHz时便达到了4dB/m。这也正是通常使用40kHz超声波的单频测距方法的测量范

围只有5~6m的原因。如果要想使测距范围延伸到15m,那么,40kHz的超声波在15m的距离上来回的声吸收达100dB以上,这对于要想使用简单的手段来实现十几米范围的测距似乎是不大可能的。为了解决这一矛盾,我们引入了已被广泛用于海洋测深方法中的双频超声波探测技术,使其用于空气中的测距及定位。其原理是:同时发射两个频率分别为 f_L 和 f_H 的双频超声波,由于 f_H 的波长较短,绝对测量精度高,而空气对它的吸收大,所以用于近距离测距(比如5m以内),而 f_L 波长较长,绝对精度低,但是空气对它的吸收要小很多,可以达到较远的目标(比如5~20m),由于这个范围绝对距离较长,因此可以保证在整个测距范围内相对精度一致。如果我们选用 $f_H=20$ kHz,则在20m距离,回波在途中损失也不过40dB,这就使在大范围实现简单测距成为可能。

2. 双频超声波测距的实现

实现双频超声波测距方法的原理框图如图 1 所示: 其中: PreAmp H 和 PreAmp L

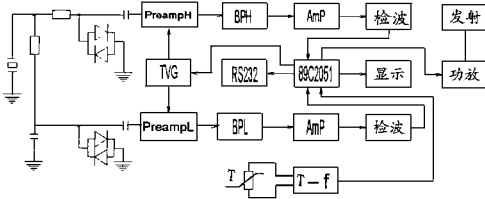


图 1 双频超声波测距方法的原理框图

分别为高、低频通道前置放大器, TVG 为时间电压增益控制器, BPH、BPL 分别为高、低频通道带通滤波器, 89C2051 为一自带 ROM 及 RAM 的小型 8bit CPU。双频超声波测距系统的工作时序如图 2 所示。

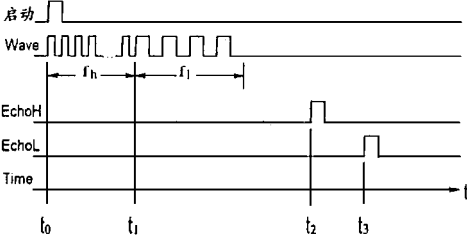


图 2 双频超声波测距系统的工作时序

其测距原理是: 当 89C2051 接到外部启动测距命令后(这种命令可以由手动来完成, 也可以由上级计算机通过 RS232 口发送过来), 立即从 I/O 口之一送出一串频率为 f_H 的超声波, 串长度可以有 10~16 个完整的波形, 而后送出 $4 \sim 8f_L$ 低频率超声波, 这种在时域上连续的两种频率的超声波被功率放大后, 推动发射换能器向空中发出双频超声波。发出的超声波被前方的目标反射后, 形成回波, 回波经由前置放大、球面扩散补偿、带通滤波及检波后, 形成回波脉冲 Echo H 和 Echo L, 由于高频声波先发出, 对于同一目标, 其回波 Echo H 先到达 CPU, 因此对于近距离的目标, 首先用高频超声波探测; 对于远处的目标, 由于高频超声波被空气吸收而大幅衰减, 所以回波只有低频超声波 EchoL。

在图 2 中, 设 t_0 、 t_1 分别为高、低频超声波发射开始时间, t_2 为高频超声波回波到达时间, t_3 为低频超声波回波到达时间。所测得的距离分别为:

$$D_H = c(t_2 - t_0) / 2 \quad (1)$$

$$D_L = c(t_3 - t_1) / 2 \quad (2)$$

c 是空气中的声速, 它与温度的关系为^[1]:

$$c = 331.45 \frac{T + 273.16}{273.16} \quad (3)$$

或者近似为:

$$c = 331.45 + 0.61 \times T \quad (4)$$

其中 T 为环境温度(摄氏度)。由(4)式可见, 温度对声速的影响很大, 必须修正。图 1 中的 T-f 框就是利用温度传感器, 将环境温度 T 转换成频率。即:

$$f = kT \quad (5)$$

这个与温度成正比的信号, 经 89C2051 处理后用以修正声速, 以实现精确测距。为了提高系统测距的精确度, 本系统还采取了迭加平滑技术, 即连续测距 N 次, 并对 N 次结果进行分析处理后, 将测得的距离及环境温度显示于 LED 屏上, 并通过 RS232 通讯口发送给主控计算机系统。

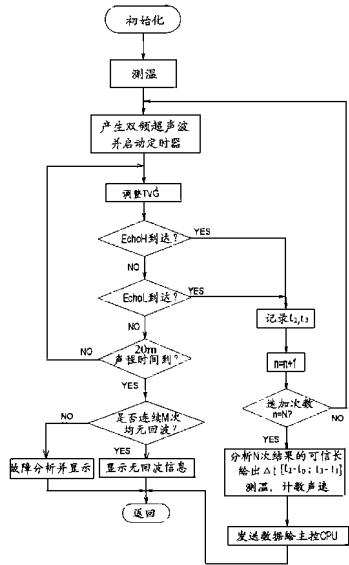


图 3 双频超声波测距系统工作流程

3. 软件设计

本文叙述的双频超声波测距方法的实现中,充分利用了 89C2051 单片机的功能,尽可能利用软件来简化硬件,其主要程序模块有如下几个:(1)初始化程序;(2)双频超声波形成程序;(3)环境温度检测程序;(4)回波信号中断管理程序;(5)迭加平滑及回波信号可信度定性分析程序;(6)距离计算及温度补偿修正程序;(7)测量结果显示及与主控计算机的联机管理程序。

测距过程流程图如图 3 所示:

4. 结 论

(1) 采用双频超声波,可在 10 几米的范围内实现高精度、实时测距。

(2) 采用集成度较高的 89C2051 单片机控制,使这种双频超声波测距系统的实现变得非常简单。

(3) 只要在这个系统中加入相位检测功能,对回波信号的频率及相位进行识别,便可实现更高精度的测距,同时也可省去 1 个接收通道,使系统更加简化。

参 考 文 献

马大猷等:《声学手册》,科学技术出版社,1983

“ASSM 型声学悬浮泥沙观测系统” 荣获上海市科技进步二等奖

中国科学院东海研究站研制的“ASSM 型声学悬浮泥沙观测系统”已在国内外多个单位推广使用。

在我国有关重大工程和科技领域的工作中发挥了重要作用。交通部上海航道勘察设计研究院在 1994 年和 1995 年先后使用本项成果在长江口及杭州湾等处,按照水文测验规范进行多次悬浮泥沙的观测。取得了大量有科学价值的资料。

华东师范大学河口海岸研究所使用本项成果开拓了长江口沉积动力学方面处于国际前沿的研究工作,获得了近底高浓度悬浮泥沙时空连续分布及运动变化过程图像,得出了大、中、小潮汛时段,高浓度含沙水体流动浮泥层、固定浮泥层及粘性淤泥质底床 3 个不连续的判别指标,对泥沙再悬浮、近底泥沙输移、浮泥形成与消散、底沙与悬沙交换等问题的深入研究开创了新的途径;培训了高级研究人才;完成了 3 篇为国际著名杂志录用的有价值的学术论文。

国家海洋局第二海洋研究所使用本项成果对具有重要科学价值的河口高混浊水泥跃层的有关问题进行了研究,取得了长江口、杭州湾和椒江口泥沙运动的大量数据资料;使用表明:该仪器在高混浊水泥跃层及其行为的高密度和长序列监测能力,是目前其它泥沙观测仪器所不能代替的。该仪器进一步推广前景良好。

由于该仪器的创新性成果,荣获 1996 年上海市科技进步二等奖。

中国科学院东海研究站 任来法