

一种实时高精度的机器人用 超声波测距处理方法

翟国富 刘茂恺

(哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150001)

1994 年 7 月 4 日收到

最后修改稿 1995 年 5 月 23 日收到

摘要 本文提出了一种适用于可移动智能机器人定位、测障及简单形体识别的实时、高精度超声测距处理方法, 介绍了以单片机实现该方法的超声测距系统. 该方法既能在 6 m 内保证测距误差不大于 0.13 %, 又提高了超声测距的实时性(35 ms).

关键词 超声测距, 实时性, 精度

A Real-time Processing Method with High Precision for Ultrasonic Robot Distance Measurement

Zhai Guofu Liu Maokai

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract This paper presents a real-time processing method with high precision in Ultrasonic distance measurement which can be adopted in a robot. The method is realized with a single chip processor.

Key words Ultrasonic distance measuring, Real-time performance, High precision

1 引言

超声测距是一种非接触的检测方式, 它不受光线、被测对象颜色等的影响, 在较恶劣的环境中(如含粉尘时)具有一定的适应能力. 它比激光测距更容易获得近距离的时间信息. 因此, 在可移动智能机器人中广泛用于定位、测障及导航等方面.

超声测距作为可移动智能机器人的辅助视觉, 用于以下目的: (1) 实时地检测自身所处空间位置, 用以进行自定位; (2) 实时地检测障碍物, 为行动决策提供依据; (3) 检测目标姿态以及进行简单形体的识别; (4) 用于导航及目标跟踪.

迄今为止, 国内外许多学者均着眼于超应用声学

声测距的研究^[1,2]. 针对空气介质中超声测距精度较低的技术难点, 哈尔滨工业大学模式识别与智能控制专业曾研制出超声测距系统.

该系统采用粗、精测的两次测距方式, 即先发射一超声波脉冲进行粗测, 用微处理器对回波幅度进行分析、处理, 包括放大、归正以及自动设置精测鉴幅阈值等, 然后再发射一超声波脉冲进行精测距, 按粗测时所设定的鉴幅阈值, 尽可能地捕捉到回波中的前面固定位置波(例如第 3 个), 从而达到了测距范围 2 m 内, 相对误差不大于 0.1% 的精度.

这种方法每次测距是采用粗测和精测两个过程完成的, 其较高的精度是靠牺牲测距时间得到的, 因此实时性较差. 另外由于检测的超声回波是幅度较低的前面几个(例如第 3

个)波,因而信噪比较低,在保证较高精度条件下限制了测距范围的进一步提高。

该专业对相同反射面从 0.2 m 到 2.3 m 距离的实测回波(图 1)进行观察比较,发现其回波包络线的形状具有较好的一致性。笔者将图 1 的实测波形的上半部分,采用计算机图形输入系统输入到计算机,经图象处理及归

正算法,得到了其归一化的回波幅值包络线(图 2)。从工程精度角度,可以认为超声回波幅值包络线的形状基本不随回波信号大小而变化。

基于这一观察、分析结果,本文提出了一个实时性好,在较大测距范围内具有较高精度的超声测距回波信号的处理新方法。

2 一次性发射超声测距回波信号处理新方法原理

本文所提出的一次发射超声测距回波信号处理新方法,包括五个方面的内容:(1)对回波幅值进行实时归正;(2)设置随回波峰值而线性变化的鉴幅阈值;(3)当回波中某个波被首次鉴别出来时,立即设置检测窗;(4)计数随后的可鉴别脉冲数;(5)从预先设定的补偿模式表中取出与计数的鉴别脉冲数相对应的补偿值,对回波起始点时间进行修正。其补偿修正原理如下:

归正后的回波及其处理信号见图 3,可见:

$$t' = t'' - \Delta t \quad (1)$$

$$\Delta t \approx (N - n' + 1/4)T_0 \quad (2)$$

式中 t' ——超声波脉冲实际的往复传播时间

t'' ——检测时间

Δt ——补偿时间

N ——回波包络峰顶以前的实际波个数(固定值)

n' ——回波包络峰顶以前的鉴别脉冲个数

T_0 ——超声波换能器振荡周期

(1)式为补偿修正公式,(2)式为通过实测建立补偿模式表的近似计算公式。设 n 为检测窗内鉴别脉冲个数,那么建立补偿模式表的具体办法是:设置不同的目标位置,可实测到对应的 n 和 n' 。然后根据不同的 n' ,由(2)式近似计算对应的 Δt ,建立 $n-\Delta t$ 对应表,即补偿模式表。分析(2)式可知,补偿时间误差为 $T_0/4$,如忽略电路延迟时间,则实际的超声波脉冲往复传播时间的检测误差为 $T_0/4$ 。

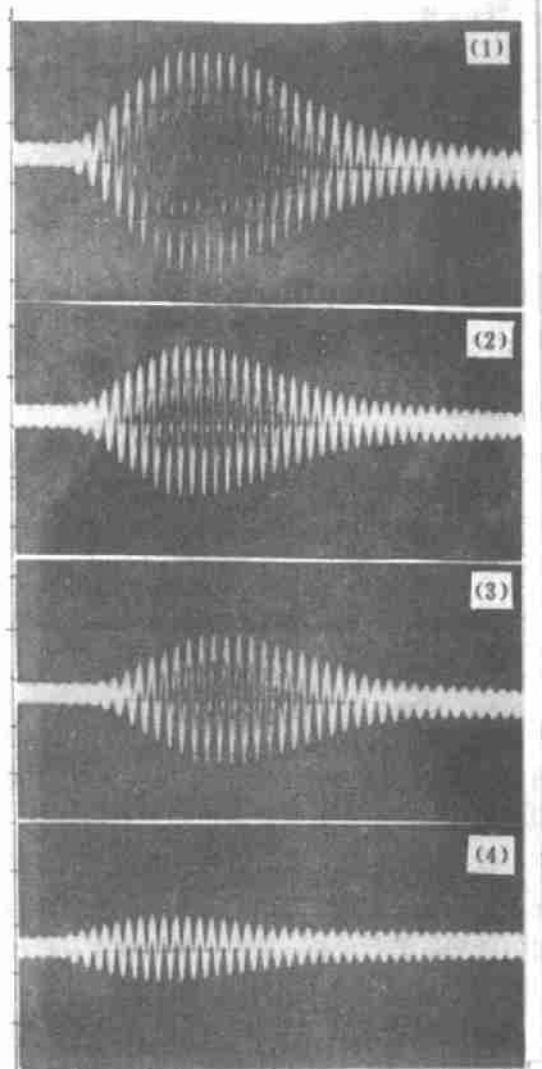


图 1 不同距离目标的超声回波(40 kHz)

(1) 目标在 0.2 m 时的回波信号, 0.2 V/格;

(2) 目标在 0.3 m 时的回波信号, 0.2 V/格;

(3) 目标在 1.5 m 时的回波信号, 0.1 V/格;

(4) 目标在 2.3 m 时的回波信号, 0.1 V/格

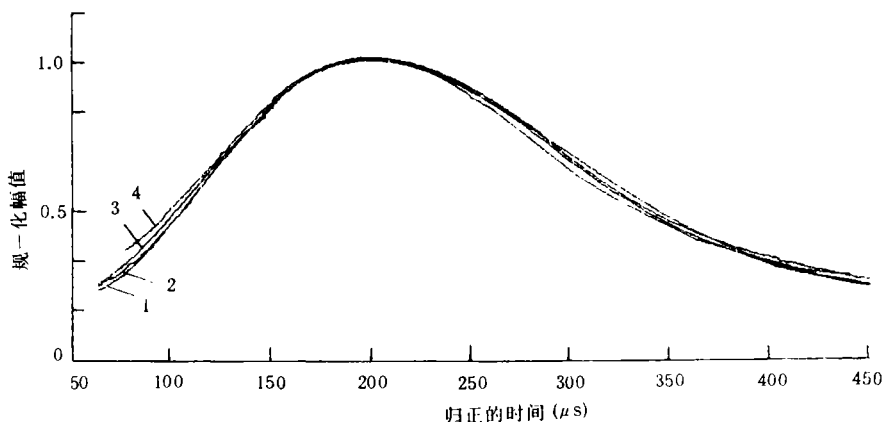


图2 对图1各超声回波幅值包络线的归正处理
1—0.2 m 2—0.3 m 3—1.5 m 4—1.5 m

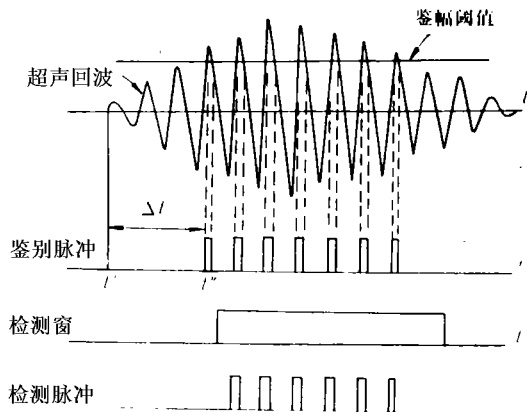


图3 回波起始点补偿修正原理

3 硬件系统结构

本文的超声测距系统,以8031单片机作为中央处理器,硬件原理框图见图4。其主要环节为:

3.1 电功率发生器

用555时基电路构成大占空比振荡器,其产生的脉冲信号,经放大用以激励发射换能器。如测距范围6 m,可设定脉冲重复周期为35 ms,相当于环境温度为20℃,测距6 m的超声波脉冲往复传播时间。激励脉冲宽度设定为发射换能器振荡周期的一半,即为12.5应用声学

μs(40 kHz 超声波换能器振荡周期为25 μs)。

3.2 超声波自动增益接收器及滤波电路

超声波在空气介质中传播,因扩散、散射、吸收等的影响,在环境温度、湿度、大气压强等不变的条件下,它将随距离按指数规律衰减^[4]。为了补偿超声波衰减,采用了按时间的自动增益接收电路,对回波幅值进行归正,即自发射超声波脉冲时间算起,按没有接收到超声回波的时间自动增大接收放大器增益。另外,为了抑制干扰信号,设置了以40 kHz为中心频率的多反馈环型二阶有源RC带通滤波器。

3.3 回波峰值的提取及鉴幅阈值的设定

为了提高检测信号的信噪比及减少补偿模式表中的元素个数,采用回波峰值作为鉴幅阈值的基准信息。提取回波峰值,采用自举式晶体管开关峰值保持电路,鉴幅阈值的设定是通过回波峰值的硬件加权来完成的。

3.4 环境温度采集

在空气介质中,声速受温度、湿度、大气压、风速等因素的影响。其中温度影响最大,应进行补偿,补偿公式为:

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

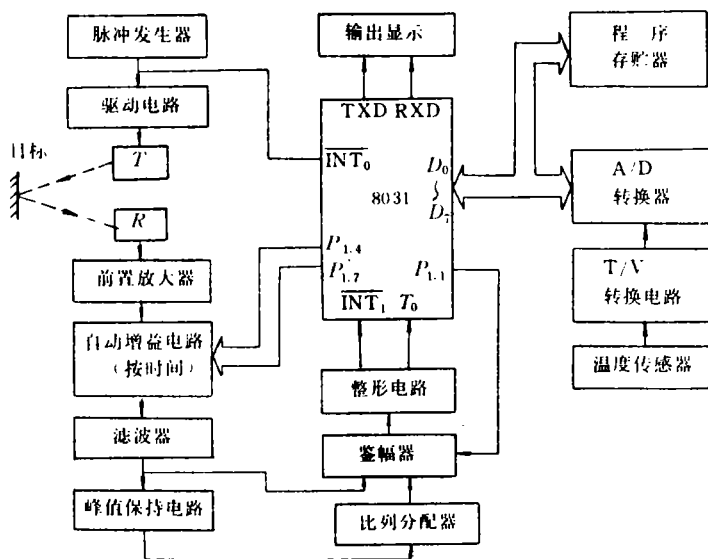


图4 超声测距系统原理框图

由泰勒公式展开可得近似计算公式:

$$c = 331.45 + 0.6067T - 0.0005T^2 \quad (4)$$

或

$$c = 331.5 + 0.6T \quad (5)$$

式中 c 是声速(m/s)

T 是环境摄氏温度

本环节由以 AD590 精密温度传感器组成的电流比较偏置测温电路及 A/D 转换电路构成. 可在 0°C — 50°C 的温度范围内, 实现 0.8% 的温度采集精度.

4 系统工作原理

系统上电后, 由脉冲发生器发出一脉冲信号. 该信号一方面通过驱动电路激励发射换能器, 另一方面触发 8031 单片机内部定时器 (由中断程序实现) 开始定时. 同时, 由 8031 单片机控制按时间改变接收放大器增益. 接收到的超声回波经放大滤波后, 一是直接送给鉴幅器, 二是经峰值保持电路及比例分配器送给鉴幅器. 由鉴幅器输出的鉴别脉冲经整形后, 一是作为关闭 8031 单片机内部定时

器的触发信号, 同时设置检测窗口, 二是送给 8031 单片机内部计数器, 以计数检测窗口内的鉴别脉冲数 n , 然后根据 n 值, 从补偿模式表中查出与之对应的补偿值进行修正, 即得到超声波脉冲实际的往复传播时间. 再由温度采集电路检测环境温度, 计算声速, 求得距离值, 通过单片机串行口输出显示. 本系统每隔 5 秒采集一次环境温度, 修正声速.

5 软件设计

为了便于调试, 本系统应用软件设计采用模块化结构其主要程序模块为:

- (1) 初始化程序模块;
- (2) 启动计时中断程序模块;
- (3) 回波中断程序模块;
- (4) 检测窗形成程序模块;
- (5) 补偿修正值数据处理程序模块;
- (6) 主程序模块.

其主程序流程见图 5.

(下转第 45 页)

义的混淆为主要标准. 尽管受到多种因素影响的复合元音会产生多种变体, 但会受到意义的约束. 所以只要借助语音学知识对变体产生的机理, 变体与协同发音的关系等进行研究, 就可以分析某个复合音可能产生的变体并进行归类, 就可以显著地提高它的识别率. 当然对不同的语种, 不同的方言, 会有不同的归类方法.

还有一个问题, 单元音的识别率为 90.3%, 复合元音识别是以单元音识别为基础的, 为什么也达到 90%? 本文认为, 这主要由于复合元音所含的信息量大于单元音, 如果充分利用这些信息, 就可能使复合元音的识别率接近甚至超过单元音的识别率. 以音节为单元的识别系统中也有类似情况, 如果利用组词和句法规则, 单词和句子的识别率往往高于音节的识别率.

4 结论

(1) 这种用功率谱做为输入参数, 基于音素的 NN 的语音识别方法, 对识别非特定人的复合元音是一种有效方法.

(2) 这种基于音素的复合元音识别的方法, 需要运用语音学知识才能提高识别率.

(3) 这种基于音素的识别方法, 还可用在与辅音和鼻尾衔接的元音的前过渡和后过渡的识别中, 这种过渡是辅音和鼻尾识别的重要信息.

参 考 文 献

[1] 吴宗济, 林茂灿. 实验语音学概要, 第一版. 北京: 高教出版社, 1988. 53—72.
[2] 曹剑芬, 杨顺安. 中国语文, 1984. (6): 426—433.
[3] Jeffrey L. Elman, David Zipser. The journal of the Acoustical Society of America. 1988. 83(4): 1615—1628.

(上接第 38 页)

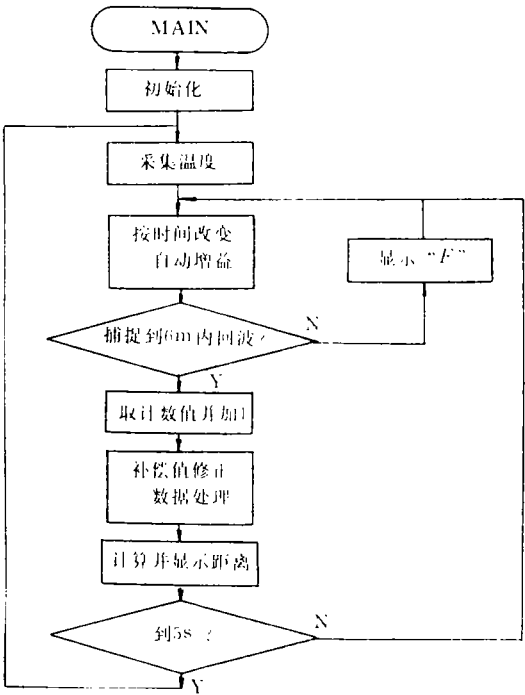


图 5 程序流程图

6 结论

(1) 实验观察到, 超声回波包络线的形状基本不随目标距离而变化, 所以可以设置随回波峰值大小而线性变化的鉴幅阈值, 来捕捉回波包络线峰附近的少数波. 利用预先测定的补偿值来修正回波起始点, 可以在保证较高测距精度的条件下, 扩大测距范围.

(2) 采用一次性发射超声测距回波信号处理新方法, 可以在一次发射超声测距中, 完成自动增益设定、检测窗口设置、计数鉴别脉冲、回波起始点修正等, 从而保证了超声测距的实时性.

参 考 文 献

[1] 山田 晃. 电子情报通信学会论文志, 1988, (3): 570—579.
[2] 景旭文. 电子技术应用, 1994, (6): 7—10.
[3] 佐佐木健, 小野腾久, 高野政晴. 精密机械, 1985, (6): 142—147.
[4] 马志敏. 应用声学, 1993, 12(6): 22—27.
[5] 马大猷, 沈喆. 声学手册. 科学技术出版社. 1983.