

水声宽带任意信号源系统的自动操作

郑恩明^{1,2}, 孙长瑜¹, 余华兵¹, 陈新华¹, 方华¹, 李冰¹

1. 中国科学院声学研究所, 北京 100190
2. 中国科学院大学, 北京 100190

摘要 介绍了一套可实现自动操作的水声宽带任意信号源系统。上位机采用 VC++ 进行滤波器设计和所需信号设计, 可以随时调整参数生成需要的信号; 上位机与专用采集卡、译码电路、继电器相结合实现发射机中匹配电路的控制, 即相应换能器的选择, 可匹配 0.004~1.0Hz (归一化) 宽带信号; 上位机与专用采集卡、继电器和 AB 类放大电路相结合实现发射机中功放电路的控制, 即模拟信号的放大输出。同时, 给出了水声宽带任意信号源系统自动操作方法, 本方法可减轻操作人员的长时间重复操作, 解决工程实际中的人力资源问题。

关键词 宽带任意信号源; VC++; SQL Sever; 自动操作

中图分类号 TB568

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.01.002

Automatic Operations of Hydroacoustic Broadband Arbitrary Signal Source System

ZHENG Enming^{1,2}, SUN Changyu¹, YU Huabing¹, CHEN Xinhua¹, FANG Hua¹, LI Bing¹

1. Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract A set of automatic operations of hydroacoustic broadband arbitrary signal source system is introduced. VC++ is used to design filter and the desired signal on host computer, it could be always adjusted the parameters to generate the signal that meets the need. The upper computer together with dedicated capture cards, decoder circuit, and relay achieve controlling over the matching circuit of the transmitter, choosing transducer, matching 0.004~1.0Hz (normalized) broadband signal. The upper computer, dedicated capture card, relay as well as class AB amplifier circuit achieve controlling over power amplifier circuit of the transmitter, namely, amplifying and transmitting the analog signal. A method that achieves automatic operation of hydroacoustic broadband arbitrary signal source system is given, it is able to reduce the long time repeat operations for the operators, and solve human resource issue in engineering practice.

Keywords broadband arbitrary signal source; VC++; SQL Sever; automatic operation

0 引言

在声呐设备应用中, 实时发送声信号是必不可少的组成部分, 信号的准确性是声呐设备成功的关键所在, 原因在于用户要根据测得的声信号进行各种参数估计, 进而来判断目标的特性。用户对发射信号的多样性、精确性和特殊性要求越来越高^[1], 但现在大多水声信号源系统所用信号或单频或带宽比较窄或信号样式比较少, 软件开发基于 LabVIEW 完成, 代码移植性差, 且不具有自动操作功能^[2-5], 致使现在大多数声呐设备信号源长时间离不开操作人员, 最终造成操作人

员疲惫不堪, 难以很好地展开工作。

本文通过软硬件相结合的办法来实现水声宽带任意信号源系统的自动操作。上位机与发射机的匹配机柜、功放机柜通过专用采集卡相连接, 其中匹配机柜通过译码电路控制不同的继电器实现不同换能器组的选择与控制, 功放机柜实现模拟信号的放大; 匹配机柜对换能器组的选择是通过上位机发送的数字控制信号实现的, 功放机柜所需的模拟信号通过上位机设计所得的任意波形信号获得。上位机显控软件采用 VC++ 与 SQL Sever 数据库相结合的办法实现自动操作时

收稿日期: 2012-09-18; 修回日期: 2012-11-15

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项 (201005001)

作者简介: 郑恩明, 博士研究生, 研究方向为水声信号与信息处理, 电子邮箱: zhengenmingioa@163.com

间段所需的数据信息的自动调用,被调用的信息会自动进行相关操作;在自动操作这段时间内无须操作人员对信号源设备进行任何操作,软件会根据先前存储在数据库中的相关指令进行自动操作,从而减轻操作人员长时间的重复操作;同时先前较好、较精确的信号无须重新设置即可产生,只需调用存储在 SQL Sever 数据库中的信息即可完成信号源的自动操作,解决工程实际中的人力资源问题。

1 水声信号源声信号设计

一般的主动声呐设备常用的声信号为窄带信号,被动声呐设备常用的声信号为宽带信号,但随着技术的不断提高,现在所用信号大都为自定义信号,既包含窄带信号部分又包含宽带信号部分,所以自定义信号越来越扮演着声信号源的重要组成部分。

本文所设计的信号源只需要在控制面板中设置好所需信号参数、或从数据库中调用信号参数、或从数据文件中读取信号后即可产生用户所需信号。

1.1 规则信号

本文正弦信号是以常见的正弦信号和线性调频信号组合得到的,计算公式为

$$x(t)=A(t) \cdot \sin \left[2\pi \left(f_c - \frac{B}{2} + \frac{mt}{2} \right) t \right] \quad (1)$$

其中, $x(t)$ 为 t 时刻信号, t 为采样时刻 $0 \leq t \leq T$ (T 为发射周期), $A(t)$ 为幅度; f_c 为信号中心频率, B 为信号频带宽度; m 为信号频率随时间变化率,即 $m=B/(f_s T)$, f_s 为采样率。

1.2 高斯白噪声

由于实际噪声相关半径很小,试验所用噪声常默认为高斯白噪声。所谓高斯白噪声就是指噪声的概率密度函数满足正态分布特性,同时其功率谱密度函数是常数的一类噪声。其双边功率谱密度为

$$P(w)=\frac{n_0}{2} \quad -\infty < w < +\infty \quad (2)$$

其中, n_0 为噪声功率谱密度, w 为噪声带宽, Hz。

产生所需窄带的高斯白噪声,就需要设计带通滤波器实现;为了便于采用 window(窗函数)设计方法设计滤波器,本文选择汉宁窗函数设计带通滤波器公式:^[6]

$$h(j)=\frac{\sin[2\pi[f+(f_c/2)] \cdot (j-0.5)]-\sin[2\pi[f-(f_c/2)] \cdot (j-0.5)]}{\pi(j-0.5)} \quad 0 \leq j \leq n/2 \quad (3)$$

$$h_n(j)=0.54-0.46\cos\left(\frac{2\pi}{n-1}j\right) \quad 0 \leq j \leq n/2 \quad (4)$$

$$\begin{cases} h(j)=h(j) \cdot h_n(j) \\ h(n-1-j)=h(j) \end{cases} \quad 0 \leq j \leq n/2 \quad (5)$$

其中, f_c 为中心频率, f 为带通滤波器的带宽, n 为滤波器总阶数, h_n 为汉宁窗系数, h 为滤波器系数;式(3)为常规带通滤波器,式(4)为汉宁窗公式,式(5)为汉宁窗函数设计的带通滤波器。

1.3 其他信号和包络

水声所用信号形式比较多,其他常见的信号还有伪随机信号、双曲线调频信号、钟形信号、方波信号、三角波信号等,常用的包络有矩形包络、梯形包络、钟形包络等。

1.4 任意信号数据文件

上位机软件可从任意波形信号的数据文件中读取,数据文件可实现循环读取发送或单次读取发送。其中,每次数据文件读取的长度为采样率和发送周期的长度,数据类型为 float 型。

1.5 快速傅里叶变换设计

水声宽带任意信号源系统主要负责生成任意信号。为了查看发射信号是否满足需要,本系统对发射信号进行快速傅里叶变换,在频域上实现对发射信号的监测。图 1 为快速傅里叶变换的算法流程图。

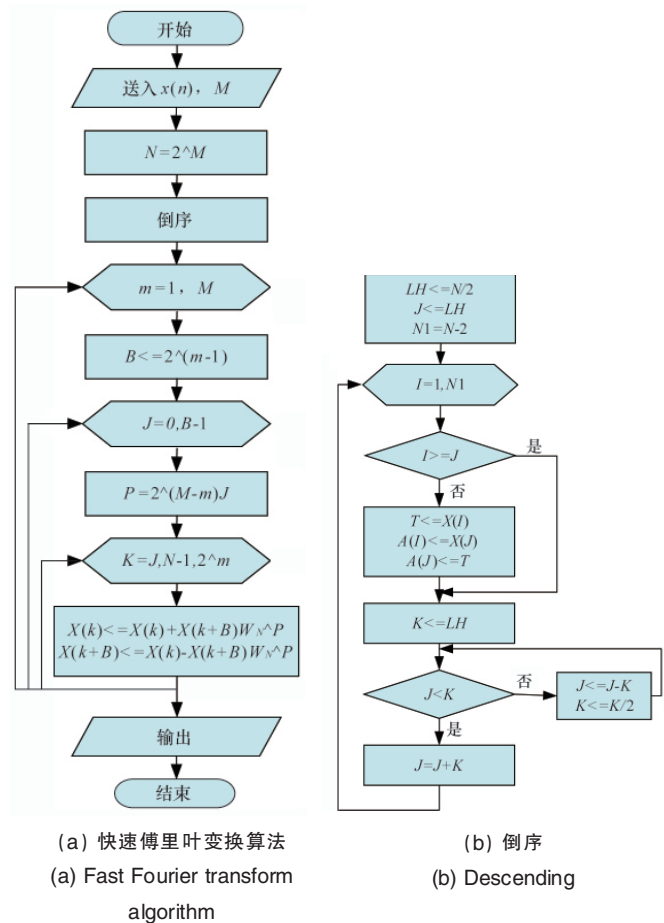


图 1 快速傅里叶变换算法流程
Fig. 1 Flowchart of fast Fourier transform algorithm

2 水声宽带信号源自动操作内容

为了解决用户需要对水声信号源设备长时间重复操作而导致操作人员劳累、操作精度下降的问题,尤其针对需要使用水声信号源设备做长期外业调查的用户,本文可以通过软件实现以下自动操作解决由于操作人员长时间重复操作

而产生的人力资源紧张问题。

自动操作内容:信号的自动生成,信号的自动预览,信号的自动发射,发射机匹配机柜换能器组的自动选择,发射机功放机柜的自动控制,设备相关按键的自动控制。

2.1 水声信号源自动操作系统框图

本系统通过软硬件结合实现水声信号源的自动操作,软件主要基于 VC++开发平台实现,有关发射机自动操作所需信息都是通过专用 NI 采集卡(型号:PCI/PXI-6221(68-Pin) Pinout) 将模拟信号和数字信号发送到发射机中的功放机柜和匹配机柜中。其中,NI 采集卡具有 2 路模拟输出和 24 数字输出,采样率可达 200kHz;发射机可实现输入信号峰 20V 输入,功率可达 10kW,匹配带宽可达 0.004~1.0Hz(归一化);内部控制由译码电路、相应继电器和 AB 类放大电路完成。图 2 为水声宽带任意信号源系统图。

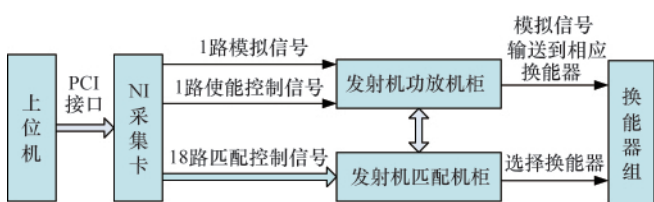


图 2 水声宽带任意信号源系统
Fig. 2 Flowchart of hydroacoustic broadband arbitrary signal source

2.2 软件实现自动操作运行流程图

本系统的自动操作靠软件和硬件控制实现,自动操作的信息来源已存储于数据库中。其中,软件部分是靠 VC++结合 SQL Sever 数据库实现水声宽带任意信号源信息的自动生成,图 3 为自动操作软件部分流程图;硬件部分是靠译码电路、继电器和 AB 类功放电路实现的,图 4 为自动操作译码电路和继电器部分示意图。

图 4 中,数字 0~16 和 18 为匹配机柜中所需数字控制位,由上位机软件中的频带设置按钮控制,设置好的控制位通过 NI 采集卡下载到发射机的匹配控制板,进而实现换能器组的选择;17 位为发射机的是能位,控制发射的工作状态,所以未在匹配机柜的译码电路和继电器示意图中体现。

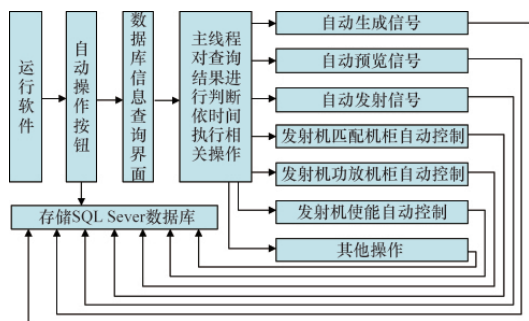


图 3 自动操作软件部分流程
Fig. 3 Flowchart of automatic operation software part

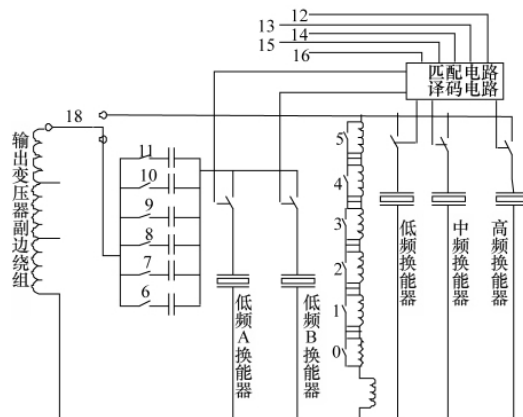


图 4 自动操作译码电路和继电器部分示意
Fig. 4 Partial schema of automatic operation decoding circuit and relay circuit

3 宽带任意信号源自动操作实现

3.1 自动操作软件部分实现方法

通过 VC++结合 SQL Sever 数据库实现水声信号源的自动操作,VC++访问 SQL Sever 数据库方法有:ODBC、ADO、ADO Data 控件、OLEDB,ADO 是一种为应用程序(基于 Internet 并且以数据为中心)而提供的数据库访问接口,这种应用程序接口和应用程序使用的语言无关。通过 ADO,应用程序可以方便地存取、查询、操作数据库中的数据^[7,8]。

ADO 访问 SQL Sever 流程是:(1) 连接数据源;(2) 创建并执行 SQL 语句;(3) 检查结果记录;(4) 断开数据源。因篇幅限制,软件编程语句这里不再详细介绍。

3.2 自动操作软件部分编写流程

为了提高软件运行效率和未来进行其他相关开发的便利性,软件采用效率较高、移植性较好的 C++语言实现编程。软件的核心部分是将自动操作存储于 SQL Sever 数据库中,实现相关自动操作的循环判别以及对判别结果进行相关自动操作。下面给出了自动操作软件部分编写流程图和相关的核心语句,图 5 为 VC++实现自动操作核心代码编写流程图。

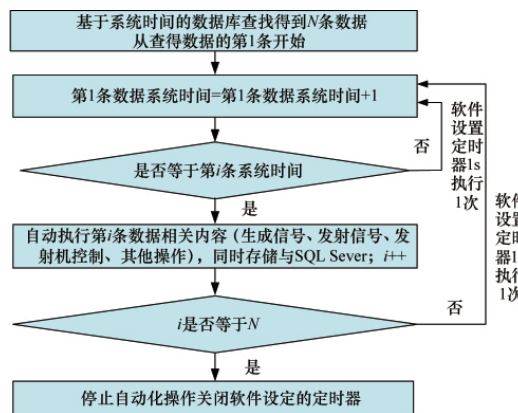


图 5 VC++实现自动操作核心代码编写流程
Fig. 5 Flowchart of VC++ core code achieving automatic operation

按照自动操作核心代码编写流程图,在连接 SQL Sever 数据库后,可从数据库中读取每一行数据,数据主要为系统时间、信号相关参数及相关操作参数。对每一条系统时间进行转换得到 CTime 类型的数据,进而对 CTime 类型数据的第一条数据在软件所设置的 1s 时钟函数中进行加 1 操作,然后与查询所得的以下所有条 CTime 类型的数据进行比较,如果等于就执行此条数据信息的相关操作函数,主要为信号的自动生成、信号的自动发射操作、发射机换能器组的自动选择操作、发射机匹配的自动控制操作、发射机使能位的自动控制操作,以及设备相关按键的自动控制操作等。

3.3 自动操作软件截图

由于之前水声宽带任意信号源系统自动操作方面的研究比较少,但这种技术在其他领域有所应用,所以本次在水声宽带任意信号源系统设计方面的应用研究将为以后声呐工程中的人力资源问题提供了一个解决办法。由于所有操作和信号参数都被保存于 SQL Sever 数据库中,实验室软硬件结合(负载为 125Ω 的假负载)、湖试和长时间海试证明,本系统能够很好地实现水声宽带信号源的自动操作,效果非常好,图 6~图 8 分别为软件的信号设置界面、频带设置界面和软件系统主界面。



图 6 软件的信号设置界面

Fig. 6 Interface of software signal setting



图 7 软件的频带设置界面

Fig. 7 Interface of software band width setting

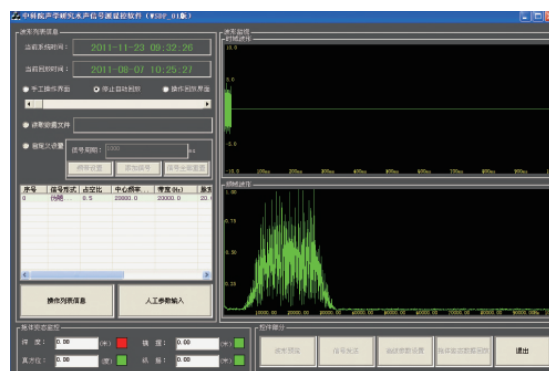


图 8 软件系统主界面

Fig. 8 Main interface of software system

4 结论

本文利用 VC++ 强大的软件开发功能和译码电路、继电器电路、AB 类放大电路实现水声宽带任意信号源系统的自动操作。其中水声信号源的声信号可以由 VC++ 软件开发平台快速有效地实现,设计方便、快捷、大大减轻了工作量,设计过程可以随时更改参数产生所需要的信号。先前较好、较精确的信号和操作被保存于 SQL Sever 数据库中,可方便工作人员的直接调用生成所需信号以及信号源的信号自动生成、自动发射操作、发射机匹配机柜换能器组的自动选择操作、发射机功放机柜的自动控制操作、发射机使能的自动控制操作、设备相关按键的自动控制操作等,进而减轻操作人员长时间的重复操作,湖试和海试的试用均已说明本系统可解决实际工程中人力资源问题。所以本系统较先前系统具有较好的移植性、较高的发射效率、较高的信号精度、较多的信号样式以及可实现自动操作等优越性,可满足用户对宽带信号源要具备发射信号多样性和自动操作的需求。

参考文献 (References)

[1] 李启虎. 水声信号处理领域新进展[J]. 应用声学, 2012, 31(1): 2-9.
Li Qihu. Applied Acoustics, 2012, 31(1): 2-9.
[2] 姜建平, 姜意光, 潘明. 基于 LabVIEW FPGA 虚拟数字成形滤波器 VI 设计[J]. 能源研究与管理, 2012(1): 62-65.

Jiang Jianping, Jiang Yiguang, Pan Ming. Jiangxi Energy, 2012 (1): 62-65.
[3] 张大彪, 于化龙. 基于 LabVIEW 的调频连续波雷达仿真信号源的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2006(1): 52-53.
Zhang Dabiao, Yu Hualong. Instrument Technique and Sensor, 2006(1): 52-53.
[4] 于海春, 余华兵, 孙长瑜, 等. 基于虚拟仪器技术的通用水声信号发射系统设计[J]. 应用声学, 2009, 28(3): 116-120.
Yu Haichun, Yu Huabing, Sun Changyu, et al. Applied Acoustics, 2009, 28(3): 116-120.
[5] 张志辉. 海底散射系数测量系统构成及水声信号源研制 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2007.
Zhang Zhihui. Composing of bottom scattering coefficient measurement rquipment and design of underwater acoustic signal generator[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2007.
[6] 朱堃. 主动声呐检测信息原理[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 96-128.
Zhu Ye. Principle of active sonar detection [M]. Beijing: Ocean Press, 1990: 96-128.
[7] 殷福亮, 宋爱军. 数字信号处理 C 语言程序集 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1997.
Yin Fuliang, Song Aijun. Digital signal processing C language assembly [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 1997.
[8] 谭浩强. C 程序设计[M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2004.
Tan Haoqiang. C programming design [M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

(责任编辑 马宇红, 朱宇)