# 主动声呐阵元信号监测仪系统的开发

## 徐 燕,邹 洋,李 涛,江林锋

(上海船舶电子设备研究所,上海 201108)

摘要:介绍了一种基于信号处理机的主动声呐阵元信号监测仪系统,该系统具有基阵阵元测试、声学谱级测量、指向性测量、幅相一致性测量和混响级测量等功能。首先介绍了该系统的硬件平台、软件平台及主要功能,之后详细介绍各主要模块的设计流程及实现,最后给出实录信号分析结果,应用情况表明该系统稳定可靠,使用便捷,功能全面,可明显提高主动声呐设备的研发速度和试验的效率。

关键词: 主动声呐: 阵元信号监测仪: 幅相一致性: 谱级测量: 指向性测量: 混响级测量

中图分类号: TB533 文献标识码: A 文章编号: 1000-3630(2015)-02-0176-04

**DOI** 编码: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2015.02.015

## Development of an active sonar array signal monitoring system

XU Yan, ZOU Yang, LI Tao, JIANG Lin-feng

(Shanghai Marine Electronic Equipment Research Institute, Shanghai 201108, China)

**Abstract:** A signal processor based active sonar array signal monitoring system is developed and introduced in this paper. The system functions include array test, acoustic spectrum measurement, directivity measurement, amplitude-phase consistency measurement and reverberation level measurement. This paper first introduces the system hardware platform, software platform and system functions; then introduces the design process of the main modules and the implementation in detail; and finally gives the analysis results of the recorded signals by the system. The application shows that the system is stable and reliable, easy to use, fully functional, and it can greatly improve the efficiency of developing and testing.

**Key words:** active sonar; array signal monitor; amplitude-phase consistency; spectrum measurement; directivity measurement; reverberation level measurement

## 0 引言

近年来随着海洋技术的开发与不断发展,声呐设备的研究越来越受重视。但由于水声设备试验的环境常常很复杂,存在多种不确定因素,而且声呐工作在水下,故障率相对较高,维修技术难度大,维修工作量也大。另外,声呐生产过程中对基阵的调试、试验和检验若仅依靠声呐整机来进行测试,不仅检测效果受很大限制,而且工作效率低下<sup>111</sup>。因此,为了有效实施声呐基阵的检验、维护与修理,需要对声呐能够进行独立的系统测试。本文以主动声呐为例,设计开发了主动声呐阵元信号监测仪,该系统能独立运行,有效检验阵元的接收性能,实时监控基阵阵元的信号状态,分析湿端信号频谱特性,特别是环境或混响噪声谱级、总声级的测量和混响级衰减曲线显示等功能,为主动声呐系统实验

室及海上的调试和检验提供了简便、实用的手段[2]。

## 1 系统概述

### 1.1 硬件平台

整个系统的硬件平台包括 1 台 CPCI 处理机机箱,一块主控板,一块信号处理板和一块接口板。

处理机机箱采用 6U 结构, 1 个系统槽, 5 个扩展槽, 最大限度地满足对空间扩展的需求。

主控板是一款 6U CPCI 主板,采用 Intel GME965+Intel ICH8M 芯片组,板载 Intel Core 2 Duo L7500 高性能低功耗处理器和 2GB 双通道 DDR II 内存,支持 VGA+LVDS(DVI)独立双显(LVDS 与 DVI 可二选一)。

ADSP-TS201S 高速阵列信号处理板是信号处理平台的核心部分,它是基于 Analog Device 公司 Tiger SHARC(ADSP-TS201S)芯片的一块高性能数字信号处理板。该板用 6 片主频 600MHz 的 Tiger SHARC(ADSP-TS201S)芯片,峰值浮点运算能力可

收稿日期: 2014-01-09: 修回日期: 2014-04-25

作者简介:徐燕(1981-),女,浙江杭州人,工程师,研究方向为水声信

号处理。

通讯作者: 徐燕, E-mail: byheu@126.com

达 21.6GFLOPS。该板卡采用 32bit/66MHz 的 CPCI 总线,并提供大容量的存储器,每片 DSP 独享 256 MB 外部 SDRAM,整板外部存储容量为 1536 MB。每板提供 6 个外部高速 LINK 数据通讯接口。

接口板是一款 6U CPCI 光纤解码板,用于接收光纤信号并转化为电信号,解码二层千兆以太网协议数据报文及后端 LINK 口发送,是信号处理板与数据源之间的接口模块。接口板采用 1 个光纤收发器、1 块 PCI 桥芯片(PCI9056),1 片 DSP 芯片(ADSP-TS201SABP-060),2 片 FPGA 芯片(XC5VLX50-1FF676I, XC5VLX30T-1FF665I)的硬件架构,接口板接收的数据速率不小于 300 MB/s,采用 32 bit/66 MHz 的 CPCI 总线,全双工方式 LINK 口。

#### 1.2 软件平台

该监测仪系统采用 Visual DSP++和 Visual C++软件开发平台,中科海讯 Visual DSP++Target 调试工具和 Real Time Debugger 调试工具,可以实现在主计算机上对目标 DSP 硬件网络的集中控制管理以及各种硬件资源和数据的实时在线观察、跟踪、调试等功能,可以减轻在多 DSP 处理器网络上进行应用软件系统开发的难度<sup>[3]</sup>。

#### 1.3 功能简介

该监测仪系统的主要目的是实现对声呐基阵 阵元采集信号的实时监控,通过幅相一致性等处 理,综合诊断湿端状态,测量环境噪声或混响分布 情况,测量湿端接收指向性等功能。系统设计了友 好的用户界面,能根据用户实际需求采用全通道或 单通道模式显示阵元数据,同时实现参数解析、单 通道频谱图、指向性图、相位一致性图、幅度一致 性图、接收混响级等显示功能。

## 2 系统软件设计与实现

## 2.1 主程序流程

主控程序根据人机界面控制,首先加载 DSP 程序,通过 CPCI 总线与信号处理板进行交互,将输入参数与标志位等写入 DSP,信号处理板接收指令后进行相应的数据处理,主控以中断响应机制读取信号处理板内存中数据,从而完成全通道显示、单通道显示、频谱分析、指向性分析、幅相一致性分析、参数解析、接收混响级分析等功能。系统主控流程图如图 1 所示。

#### 2.2 主要模块说明

监测仪主要由接口板模块、信号处理模块、显

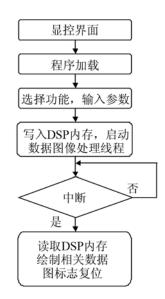


图 1 主控模块流程图 Fig.1 Flowchart of main control module

控模块三个模块组成。

### 2.2.1 接口板模块

接口板模块主要实现数据的转换。监测仪首先通过光纤收发器接收光纤信号,经过 FPGA 解码将二层千兆以太网协议报文解码,获得基阵数字电信号,然后 DSP 芯片在每个采样周期内要完成从FPGA 的 FIFO 中取数、移位、存储、启动 DMA 传输。DSP 程序采用汇编语言完成,程序在数据读写以及传输当中采用乒乓机制,避免竞争带来的时间延迟,转换后的数据通过 LINK 口将数据传递至信号处理板。其流程图如图 2 所示。

### 2.2.2 信号处理模块

信号处理模块完成将接收到的数字信号进行数据处理,该模块采用 Visual DSP++的集成开发环境完成。信号处理板的 DSP0 通过接收来自接口板传送过来的数据进行数据转置、数据类型转化、量化、打包整理后通过 LINK 口发送给 DSP1; DSP1进行数据累积,并根据数据协议解析参数信息,通过 LINK 口将所有数据发送给 DSP2; DSP2读取标志位,根据不同标志位进行数据积累、频谱分析、谱级计算、方向性计算、相位一致性分析、幅度一致性分析、能量级(混响级)分析等处理,最后存储处理结果并中断主控,主控根据界面输入情况以读取相对应的 DSP 板内存地址供界面程序显示,其中,波形显示时,每路通道数据显示的点数可以动态更改,频谱图等图像内有跟踪光标,能实时显示光标所在位置数据。其流程图如图 3 所示。

图 3 中频谱分析是对指定单通道数据累积到

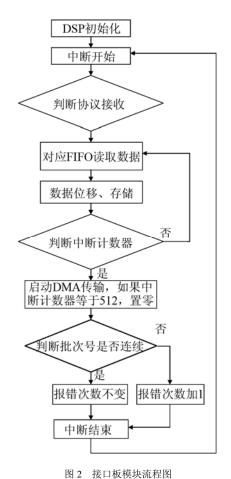


图 2 按口恢模块流柱图 Fig.2 Flowchart of interface board module

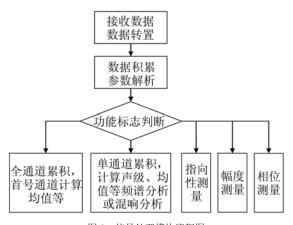


图 3 信号处理模块流程图 Fig.3 Flowchart of signal processing module

8192 点进行傅里叶变换,并代入实际输入增益和灵敏度等参数,在频域上计算总声级,监控频点谱级,0~30 kHz 频段内谱级曲线等处理的分析过程。

相位一致性测量是指对全通道数据依次进行傅里叶变换处理,以首通道为参考,采用互谱求相位差的方法,获得全通道相位一致性结果。

幅度一致性测量是对全通道数据依次进行去 直流偏置和有效值求取,以首通道为参考,获得全 通道幅度一致性结果。 指向性测量是基于主动同步信号的自动测量 功能,外置声源受主动声呐同步信号触发,脉冲信 号在声呐接收通道位于固定距离上,自动将全通道 数据直接累加,计算正横方向回波脉冲的回波级, 并根据转台转速周期性记录数据,自动绘制接收指 向性图。

混响分析将单通道数据从同步开始到周期结束,分段处理混响信号包络,根据接收增益和灵敏度,折算到接收混响级并显示周期内变化趋势。

#### 2.2.3 显控模块

显控模块主要完成整个软件系统的控制和显示。程序采用 Visual C++开发环境完成,主要以窗口化方式友好地实现 DSP 处理板的初始化、程序的加载和 DSP 的参数输入输出控制,并将各通道数据合理地在 Windows 环境下,以波形方式动态显示,方便用户观察、监控声呐基阵运行情况。显控程序分全通道和单通道模式显示通道数据及完成其它功能显示。显示控制界面如图 4 所示。

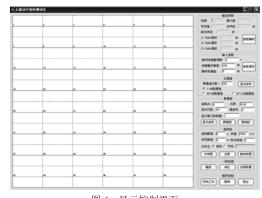


图 4 显示控制界面 Fig.4 Display control interface

## 3 实录信号分析

该监测仪系统应用在某型声呐湿端测试中。全通道显示和参数解析如图 5 所示;监测仪单通道显示及频谱分析如图 6 所示;幅度一致性和相位一致性图测量如图 7、8 所示;指向性测量如图 9 所示;混响数据样本前 2.2 s 为收发合置基阵发射串扰叠加混响信号情况,测量混响级如图 10 所示。

由图 7 和图 8 中就能检测出某一通道存在问题。由图 10 可知混响信号由 2.2 s 开始。

由图 5~10 可以看出,该监测仪能够很好地完成阵元通道显示、参数解析、频谱分析、幅相一致性测量、指向性测量、混响级测量分析任务,实时监控基阵工作状态,并且软件兼容性和扩展性强,测量实时便捷,界面友好,系统稳定。

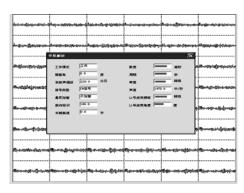


图 5 全通道显示及参数解析结果

Fig.5 All channel display and parameter analysis results

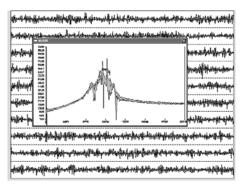


图 6 单通道显示及频谱分析结果

Fig.6 Single channel display and spectrum analysis results

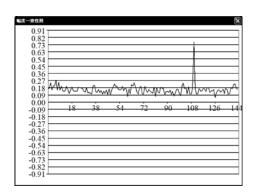


图 7 幅度一致性测量结果 Fig.7 Amplitude uniformity measurement results

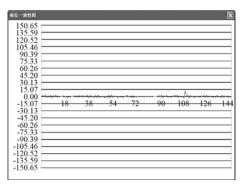


图 8 相位一致性测量结果

Fig.8 Phase consistency measurement results

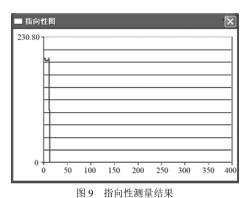


Fig.9 Directivity measurement results

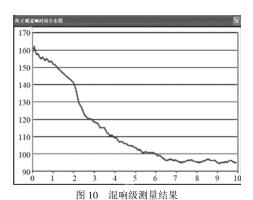


Fig.10 Reverberation level measurement results

## 4 结论

本文设计开发了适用于监控主动声呐基阵运行情况的监测仪系统,通过该监测仪既可以在实验室或外场调试中直观、方便地监控声呐基阵的阵元信号采集情况,获取幅相一致性数据,综合诊断湿端状态,又可以测量环境噪声或混响情况,还可以测量湿端接收指向性。该监测仪已经过多次使用,实践证明,该系统稳定可靠,功能全面,使用方便,提高了主动声呐研发、测试及试验的效率。

#### 参 考 文 献

- [1] 赵锦园. 一种拖曳线列阵声呐线阵测试仪方案的设计[J]. 声学与电子工程, 2010(4): 34-36.
  - ZHAO Jinyuan. A towed line array sonar design of the array tester[J]. Acoustic and electronic engineering, 2010(4): 34-36.
- [2] 胡金华, 刘旺锁, 阳志高, 等. 基于 C30 并行多处理器系统的设计与应用[J]. 船舶电子工程, 2006(5): 171-173. HU Jinhua, LIU Wangsuo, YANG Zhigao, et al. Design and realizing of a parallel multiprocessor system of TMS320C30 [J]. Ship Electronic Engineering, 2006(5): 171-173.
- [3] 李蕾, 吴永清, 蔡惠智. 声呐基阵信号模拟器实时软件的开发[J]. 声学技术, 2004, **23**(3): 146-148.
  - LI Lei, WU Yongqing, CAI Huizhi. Realtime software development for sonar array signal simulator[J]. Technical Acoustics, 2004, 23(3): 146-148.