

舰艇电子装备试验自动测试系统技术研究

盖 强^{1,2}, 殷福亮¹, 马孝江¹, 刘喜作²

(1. 大连理工大学, 辽宁大连 116024; 2. 海军大连舰艇学院, 辽宁大连 116018)

摘 要: 目前舰艇电子装备试航试验测试仍采用人工记录数据、事后处理数据的传统测试方法, 存在效率低、测试精度差和实时性差等问题. 研究基于 LXI(LAN eXtensions for Instrumentation) 总线的舰艇电子装备试验自动测试系统的网络接口与数据过滤筛选技术、动态数据实时监测与录取技术和报表实时生成打印技术, 实时地采集多设备参数、分析误差和输出测试报表, 实时和客观地反映装备性能, 能达到提高舰艇电子装备试验的测试效率和检验精度的目的.

关键词: 电子装备试验; 自动测试; 舰艇

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2006) 12A-2533-04

Study of the Technology of Automatic Testing System for Mooring and Sea Trials of Ship Electronic Equipment

GAI Qiang^{1,2}, YIN Fu liang¹, MA Xiao jiang¹, LIU Xi zuo²

(1. Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116024, China; 2. Dalian Naval Academy, Dalian, Liaoning 116018, China)

Abstract: The testing for mooring and sea trials of ship electronic equipment still depends on men to record data from multi-equipment, analyze errors, and output report forms afterwards. The problems existing for testing are inefficient, low precision, and not real time. By studying whole life real time testing technology based on LXI(LAN eXtensions for Instrumentation) bus for electronic equipment on warship, such as computer net interfacing and data filtering, dynamic data monitoring and recording, data visually analyzing, report forms printing, the problems mentioned above can be solved.

Key words: electronic equipment experimentation; automatic testing technology; ship

1 引言

军用自动测试系统(ATS)是军用电子装备、现代化指挥系统安全运行和准确操作所必需的重要支撑设备^[1]. 目前舰艇电子装备试航试验测试方法仍采用人眼看数据、手工记数据、事后处理数据的传统测试方法, 存在参测人员多、效率低、测试精度差、实时性差、数据完整性差、测试结果客观性差等问题. 舰艇电子装备自动测试系统利用现有的各种设备网络和部分独立设备输出接口, 添加少量必要的外围硬件设备, 开发专门的软件, 构造出基于 LXI(LAN eXtensions for Instrumentation) 总线技术的测试平台, 实时地采集多设备参数、实时分析误差(如精度分析的一次差, 随机差, 均方差等)和实时输出检验报表, 一方面能减少人为因素的影响, 提高测试精度, 体现试验结果的客观性; 另一方面能根据结果实时决定试验进程, 提高试验效率, 缩短试验周期, 从而节省大量人力、物力和试验经费.

本文就自动测试系统中的几个难点技术, 如网络数据的获取技术, 数据实时存储与显示技术和报表实时生成打印技术分别予以论述.

2 网络数据的获取

目前舰艇电子装备采用了商用流行网络技术, 如 FDDI 网、以太网、令牌环网等, 其数据传送方式有以下三种: 单播方式、广播方式和 IP 组播方式. 在网络硬件接口上提供了能拷贝网上传输所有数据的汇聚口, 为构造基于 LXI 总线的测试平台提供了条件. 图 1 是基于局域网总线技术构建的舰艇试航自动测试系统框图.

系统通过采用 IP 多播技术和原始套接字两种方式从汇聚口底层录取数据^[2,3], 不仅能准确收到网上需要的测试数据, 同时还能过滤无用的数据. IP 多播本身就具有数据过滤功能, 主机对未加入的多播组发送的数据是不接收的. 使用原始套接字从汇聚口能接收到网上的所有数据, 这种情况下, 对接收数据还需在应用层进行过滤才能得到测试数据.

IP 多播技术最大的优点是可以自由地加入和退出多播组, 对加入组的数据进行接收, 对组外的数据进行过滤, 实现网上数据的有效分发和接收. 舰艇电子装备试验自动测试系统利用 MFC 的 CSocket 类方便有效地实现了多个多播组的加入和退出. 通过 IP 多播对网上数据进行过滤接收, 保证测试

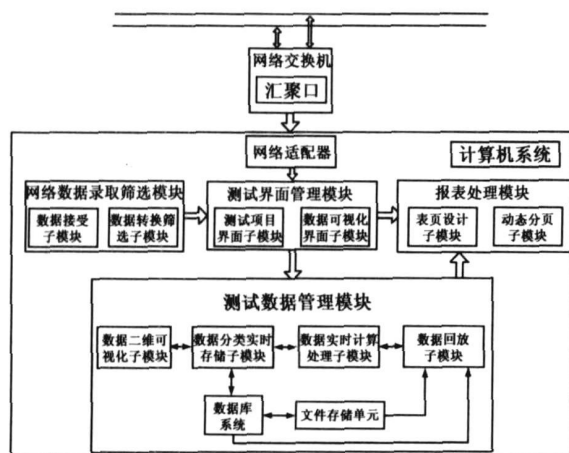


图1 测试系统总体框图

系统能实时地收到需要的测试数据。

多播组加入和退出的参数设置如下:

```
ip_mreq mreq;
```

```
memset(&mreq, 0, sizeof(mreq));
```

```
mreq.imr_interface.S_un.S_addr = INADDR_ANY;
```

```
mreq.imr_multiaddr.S_un.S_addr =
```

```
inet_addr(MULTICAST_IP); /* 参数设置 */
```

```
setsockopt(m_socket, IPPROTO_IP, IP_ADD_MEMBERSHIP, (char*)&mreq, sizeof(mreq)); /* 加入多播组设置 */
```

```
setsockopt(m_socket, IPPROTO_IP, IP_DROP_MEMBERSHIP, (char*)&mreq, sizeof(mreq)); /* 退出多播组设置 */
```

在正常的情况下, 一个网络接口应该只响应两种数据帧:

其一是与自己硬件地址相匹配的数据帧; 其二是发向所有机器的广播数据帧。通过原始套接字可以访问低层的传输协议, 可把网卡设置成混杂模式, 从而可以实现低层数据包(包括目的不是本机的数据包)的捕获。

原始套接字的参数设置方法如下:

```
sock = socket(AF_INET, SOCK_RAW, IPPROTO_RAW); /* 创建原始套接字 */
```

```
setsockopt(sock, IPPROTO_IP, IP_HDRINCL, (char*)&flag, sizeof(flag)); /* 设置 IP 头操作选项, 其中 flag 设置为 true, 亲自对 IP 头进行处理 */
```

```
gethostname((char*)LocalName, sizeof(LocalName) - 1); /* 获取本机名 */
```

```
pHost = gethostbyname((char*)LocalName); /* 获取本地 IP 地址 */
```

```
addr_in.sin_addr = *(in_addr*)pHost->h_addr_list[0]; /* IP 地址 in.sin_family 等于 AF_INET */
```

```
addr_in.sin_port = htons(57274); /* 填充 SOCKADDR_IN 结构 */
```

```
bind(sock, (SOCKADDR*)&addr_in, sizeof(addr_in)); /* 把原始套接字绑定到本地网卡地址上 */
```

```
DWORD dwValue = 1; /* dwValue 为输入输出参数, 为 1 时执行, 0 时取消 */
```

```
# define SIO_RCVALL WSAIOV(IOC_VENDOR, 1);
```

```
ioctlsocket(sock, SIO_RCVALL, &dwValue);
```

```
/* 设置 SOCK_RAW 为 SIO_RCVALL, 以便接收所有的 IP 包 */
```

同样为了有效对网上数据进行过滤, 使测试系统能实时地对测试数据进行显示、计算、保存和报表打印, 测试系统采用了多线程技术^[4]。

对原始套接字的设置完成之后, 开启多个线程对数据进行读取、分析、过滤。程序设置如下:

```
CCriticalSection g_csCriticalSection; /* 定义 MFC 临界区对象 */
```

```
UINT OutTimerThread(LPVOID pParam); /* 定义线程函数 */
```

```
AfxBeginThread(OutTimerThread, this); /* 开启线程 */
```

```
UINT OutTimerThread(LPVOID pParam)
```

```
{
```

```
g_csCriticalSection.Lock(); /* 进入临界区, 在此读取数据、分析、过滤 */
```

```
g_csCriticalSection.Unlock(); /* 离开临界区 */
```

```
}
```

3 数据实时监测与存储

测试数据实时显示与存储的核心问题是对数据的分类、组织、编码、存储、检索和维护管理。数据管理技术的发展大体上经历了人工管理、文件系统和数据库系统三个阶段。

本测试系统使用了 ACCESS 数据库进行数据管理, 一方面因为它可满足测试数据实时保存的要求。因为用文件保存不具有实时性, 文件是在内存中操作, 容易因突然断电或计算机死机而丢失。另一方面用 ADO 调用 Access 数据库如同操作普通文件一样简单, 并且可以不必安装 Access 数据库系统, 从而避免了使用如 SQL Server 数据库要安装其系统的不便性, 增强自动测试系统的可移植性^[5]。

在实际应用中, 系统采用数据库来处理数据, 对于数据的保存采取文件的方式。这样的设计使得在测试的过程中不用实时替换和删除数据库, 只需新打开文件就可以进行下一个项目的测试。这种文件和数据库相结合的方式更加提高了试验自动测试过程中对数据操作的灵活性和安全性。在测试的过程中, 系统既能用表页实时的监视所接收到的多个设备数据, 也能在录取数据时实时显示多个设备录进数据库的数据。

软件中设计了两种录取的方式, 第一种方式通过鼠标点击的方式进行手动录取; 第二种方式是可以设置时间的间隔来进行自动录取。录取到数据库中的数据可以很方便对其进行添加、删除、修改、筛选等操作。采用数据库数据以文件形式导入导出存储数据主要考虑到方便对测试数据保存, 减小数据库的开销, 方便数据库管理和操作。因为设备测试时需要多组数据和多次测试, 如果把这些数据都保存到数据库中, 一方面加大了数据库的容量, 更重要的一个方面是随着数据库中的数据不断增多, 对数据管理和操作的复杂度将不断增大, 同时也增加程序算法的复杂性。而用文件形式把每次测试的数据存储起来, 用时打开文件, 把文件存储的测试数据调

到数据库中,这样数据库中仅有当前打开文件的数据,非常方便数据库中数据管理和操作,也非常方便测试数据的保存和管理。

4 数据报表实时打印

舰艇电子装备试航测试的结果最终要实时生成打印报表。报表的形式多种多样,不同系统、工程需要的报表也各式各样,这就需要打印报表的动态设计^[6,7]。本系统用 VC++ 语言从底层编写自己的打印报表输出软件,有极大的灵活性,实现了动态分页报表和自动页面设置等功能。

4.1 动态分页报表的实现

在测试系统报表中,测试数据记录的数量是动态的,是根据数据库中记录的数量确定的。如何实现报表的动态分页是关键。动态分页报表具体实现方法如下:

(1) 计算整个报表大小。

要计算页面的数量,就需要知道整个报表的大小。在映射方式的设置中选择 MM_TWIPS 方式,以便得到“所见即所得”的效果。在 OnPrint() 函数画表时,可以确切知道表高和表宽,分别用 m_ReportHeight、m_ReportWidth 表示,在此调用 CPrintReport::SetSize() 可实现设置报表大小。

(2) 计算页面数量。

知道报表的大小,要计算页数还需要得到纸张的大小。在 MFC 设备描述表(DC)中可以得到。其高和宽分别用 m_PageHeight、m_PageWidth 表示。

在 CPrintReport 中定义两个变量: m_NumCols、m_NumRows, 分别存放打印整个报表所需的水平和垂直方向的页数,有:

$$m_NumRows = m_ReportHeight / m_PageHeight + (m_ReportHeight \% m_PageHeight > 0);$$

$$m_NumCols = m_ReportWidth / m_PageWidth + (m_ReportWidth \% m_PageWidth > 0);$$

则报表的总页数:

$$m_PageNum = m_NumRow * m_NumCols;$$

(3) 计算视点

用打印函数 OnPrePareDC() 对当前页进行设置时,视点的设置是必不可少的,它关系到分页的成败,在函数 CPrintReport::OnBeginPrinting() 中设置如下:

$$\text{int CurRow} = \text{pInfor} > m_nCurPage / m_NumCols + (\text{pInfor} > m_nCurPage \% m_NumCols > 0);$$

$$\text{int CurCol} = \text{pInfor} > m_nCurPage / m_NumRows + (\text{pInfor} > m_nCurPage \% m_NumRows > 0);$$

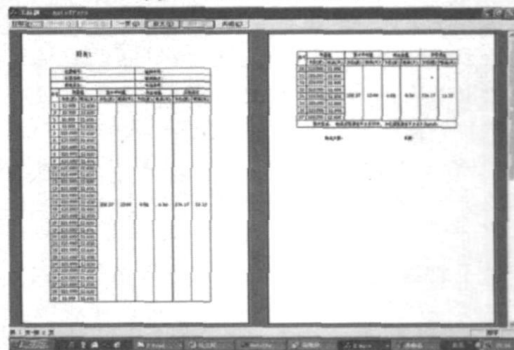
$$\text{pDC} > \text{SetViewportOrg}(-m_PageWidth * (\text{CurCol} - 1), -m_PageHeight * (\text{CurRow} - 1));$$

(4) 处理空白区(Margin)

在利用 MFC 画分页报表时,需要对空白区进行处理,才能得到所需的报表。未处理和处理后对比如图 2(a)、(b) 所示。在 CPrintReport 类中的 bool CPrintReport::IsDrawInMargin(CDC * pDC, int height) 函数可以检测是否将图画在空白区。其实现原理也是通过纸张的大小动态计算的。



(a) 未经空白区处理报表

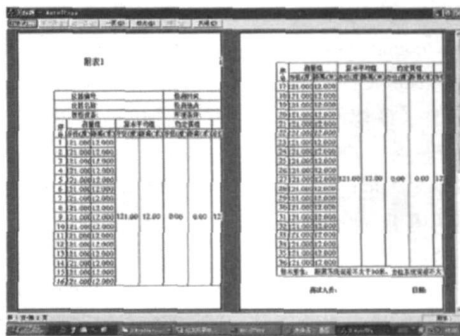


(b) 经空白区处理报表

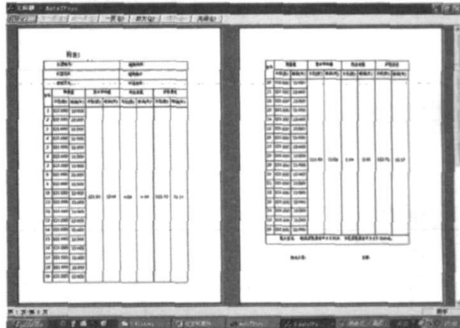
图 2 空白区处理报表

4.2 自动页面设置的实现

报表输出到打印机需要具有自动页面设置的功能。如不具备自动页面设置的功能,当纸张不是设计时的纸张大小时,



(a) 不具备自动页面设置功能的报表



(b) 具备自动页面设置功能的报表

图 3 报表的页面设置

报表将出现错误. 图 3(a) 是图 2(b) 所示报表(适合 A4 纸张) 在选择 A5 纸张时出现的效果. 从图中可以看出, 输出到打印机的表格是不完整的.

在本系统报表中自动页面的设计采用的方式法是将报表中行、列和字体等设置标准化, 即行、列和字体等大小根据所选的纸张大小而定, 按照一定的比例进行设置.

如图 3(b) 所示, 它也是图 2(b) 所示报表在选择 A5 纸张时出现的效果. 可以看出, 具有自动页面设置功能的报表能自动适应所选纸张.

5 结束语

本文对基于 IXX 总线的舰艇电子装备测试系统的几个难点技术进行了较详细的研究和论述. 所研制的系统已成功应用于舰艇电子装备试航试验测试过程中, 不仅提高了舰艇电子装备试验数据处理的实时性, 减少了人的工作量, 缩短了试验周期, 节省了大量人力、物力和试验经费; 同时还消除了人为因素的影响, 体现出试验结果的客观性. 有显著的军事和经济效益.

舰艇电子装备试航试验自动测试系统推动了我军试航测试和日常定期检定方法的革新和飞跃, 对促使舰载装备测评工作朝着面向舰员、面向装备全寿命的体系化建设方向发展, 具有重要的意义.

参考文献:

- [1] 贾志军, 颜国强, 吴国庆, 等. 外军 ATE/ATS 技术的发展趋势[J]. 计算机测量与控制, 2003, 11(1): 1- 4.
Jia Zhi jun, Yan Guo qiang, Wu Guo qing, et al. Development trend of military ATE/ ATS techonology overseas[J]. Compute Measurement & Control, 2003, 11(1): 1- 4. (in Chinese)
- [2] 孙东. IP 多播技术在实时测控软件中的应用[J]. 计算机工程与科学, 2004, 26(3): 22- 24.
Sun Dong. Application of the IP multicast technology in real time TT & C software[J]. Computer Engineering & Science, 2004, 26(3): 22- 24.
- [3] 邱桔, 陈若珊. 一个基于原始套接字的 Sniffer 的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2006, 23(4): 117- 119.

Qiu Ju, Chen Ruor shan. Design and implementation of a simple sniffer based on row socket[J]. Computer App lications and Software, 2006, 23(4): 117- 119. (in Chinese)

- [4] 夏锐, 肖明清, 朱小平, 等. 并行测试技术在自动测试系统中的应用[J]. 计算机测量与控制, 2005, 13(1): 7- 10.
Xiao Rui, Xiao Ming- qing, Zhu Xiao ping, et al. Parallel test in ATS[J]. Computer Measurement & Control, 2005, 13(1): 7- 10. (in Chinese)
- [5] 廖金辉, 龚德良, 谢桂芳. Access 数据库中复合文档的应用信[J]. 信息技术, 2006, 08: 26- 28.
Liao Jin hui, Gong De liang, Xie Gui fang. Application of compound document in Access database[J]. Information Technolory, 2006, 08: 26- 28. (in Chinese)
- [6] 于丽亚, 王丽红. 报表中数据项的自由组合与动态输出[J]. 冶金标准化与质量, 2005, 42(1): 34- 36.
Yu Li ya, Wang Li hong. The free combination and dynamic output of data item in report forms[J]. Metallurgy standardization & Quality, 2005, 42(1): 34- 36. (in Chinese)
- [7] 汤时达, 李言, 李淑娟. 基于 ASP 技术的 B/S 模式下的报表动态输出[J]. 现代电子技术, 2002, 139(8): 70- 72.
Tang Shi da, Li Yan, Li Shu juan. Study on report output based on ASP and B/ S[J]. Modern Electronic Technology, 2002, 139(8): 70- 72. (in Chinese)

作者简介:



盖 强 男, 1962 年生, 副教授, 大连理工大学电信学院博士后, 主要从事装备测控系统与故障诊断、非平稳信号处理、数字图像处理 and 作战模拟训练等领域的研究.

E mail: gaiqiang@yahoo. com. cn

殷福亮 男, 1962 年生, 教授、博士生导师, 主要从事数字信号处理、语音信号处理和阵列信号处理的理论与应用研究.