

# 基于双宿主主机模式的远程物理实验教学系统\*

吴先球<sup>1</sup>, 蒋珍美<sup>1,2</sup>, 林美环<sup>1</sup>, 陈俊芳<sup>1</sup>

(1. 华南师范大学物理系, 广东广州 510631; 2. 广州市越秀区教育局教研室, 广东广州 510180)

**摘要:** 为满足远程实验教学的需要, 研制了一套基于双客户机/服务器模式和采用 TCP/IP 的实验教学系统。该系统实现了学生通过互联网操作实验室的实验设备以及将实验结果实时地返回给远程的实验者, 从而在异地完成真实实验过程。

**关键词:** TCP/IP; 远程实验教学; 双客户机/服务器

**中图分类号:** TP206+.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2003)04-0135-03

## Distant-control Physics Experiment Teaching System Based on Double Client/Server Structure

WU Xian-qiu<sup>1</sup>, JIANG Zhen-mei<sup>1,2</sup>, LIN Mei-huang<sup>1</sup>, CHEN Jun-fang<sup>1</sup>

(1. Dept. of Physics, South China Normal University, Guangzhou Guangdong 510631, China; 2. Education Research Department, Education Bureau, Yuexiu District, Guangzhou Guangdong 510180, China)

**Abstract:** To meet the requirement of remote experiment teaching, a distant-control physics experiment teaching system is designed and developed by using double client-server structure and TCP/IP technology, which allows the students to conduct a remote experiment by operating the real instruments in the actual laboratory on the Internet and observing the real-time experiment results.

**Key words:** TCP/IP; Remote Experiment Teaching; Double Client/Server Structure

### 1 引言

当今日新月异的信息时代, 学习的社会化和终身化成为人们的迫切需要, 远程教育成为教育改革的发展热点。新世纪网络实验教学不应仅停留于多媒体课件的制作与再现, 而应该发展成为一种具有传统真实感, 且运行于客观环境的远程实验教学模式。远程控制实验就是这样一种“虚(拟仪器面板)——(硬件设备)实(体)——真(实)实验场景”的网络实验教学新模式<sup>[1]</sup>。它具有仿真实验和虚拟实验的全部优点, 而且增加了实验操作的真实性, 在实验软件共享的同时达到了实验硬件共享的目的, 是计算机网络应用于物理实验教育的一个发展方向。目前国外大学如美国的 Carnegie Mellon University<sup>[2]</sup>, National University of Singapore<sup>[3]</sup> 已成功地开发出若干个远程控制实验。但国内还处于起步阶段, 作者尚未发现各高校在远程控制物理实验方面的网络实现或相关的文献报道。

我们开发了基于双宿主主机模式的远程物理实验教学系统, 学生可以从任何一台上网的电脑上操作实验室

的仪器, 得到真实客观的实验数据, 观察到经摄像机反馈回的实验室现场实时图像, 从而远程完成真实实验的整个过程。采用的双宿主主机模式具有很好的扩展性和安全性, 已设计完成和将开发的多个实验统一由一台服务器集中管理用户的身份注册、认证、登录, 控制同一时间一个用户操作一个远程控制实验, 不同用户同时进行不同实验和规定合理的实验时间。文中以远程控制数字信号平均实验为例, 介绍一种基本的技术实现方法, 其它实验相似实现, 只需用软件开发不同的程序来控制不同的仪器, 设计新的实验内容。

### 2 系统硬件结构

基于双宿主主机模式的远程物理实验教学系统硬件结构如图 1 所示, 客户机、服务器和实验机之间构成两对客户——服务器结构。服务器是客户机与实验机之间全双工数据通讯的枢纽, 并负责统一管理多个实验的运行情况。带有多种功能卡的实验机通过 GPIB、串口、并口、DAQ、VXI 等连接仪器和控制仪器。摄像机捕获实验室现场仪器运行情况并通过网络视频服务器将实验结果及时反馈给远程的操作者。

### 3 系统软件设计

为了实现远程控制实验室的仪器, 操作真实实验, 同时考虑系统的安全性和扩展性, 软件设计采用了双宿

收稿日期: 2002-08-02; 修返日期: 2002-09-13

基金项目: 广东省重点科技攻关项目(2KM01401G); 广东省自然科学基金(000675, 011466); 广东省教育厅自然科学基金(200234); 广东省教育科学“十五”规划课题(QGA02003)

万方数据

主机模式。远程物理实验教学系统软件结构示意图(图 2)。下面对各部分功能和设计进行说明。

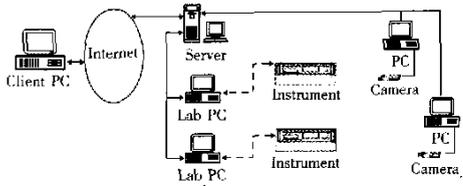


图 1 系统硬件结构图

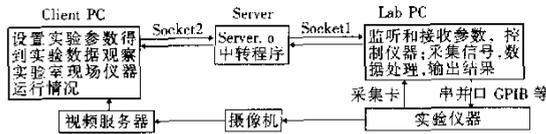


图 2 系统软件结构示意图

### 3.1 客户机

用户经浏览器观察到用 Dreamweaver, Flash, SPIN 等应用软件制作的实验系统网页,网页上提供实验相关内容介绍,如实验目的、原理、应用、装置图、内容和步骤等。充分利用现有的仿真手段和虚拟技术,将实验内容设计得逼真、形象、科学和有趣味。

进行实验链接远程控制系统的客户端程序。客户端主程序用 LabVIEW 编写,实现将客户界面仿真面板上的实验参数转化为控制字,通过服务器送至实验机,并从服务器接收实验结果的功能。凭其简单直观的图形化编程方式、众多原码级的设备驱动程序、丰富实用的分析输出等功能,LabVIEW 成为仪器应用开发和计算机测量及自动化的最佳开发平台。它提供了 TCP,UDP,ActiveX 等功能模板进行网络连接和进程通讯<sup>[4,5]</sup>,编程时摆脱传统语言中烦琐的底层命令函数,只需从功能模块(Functions Palette)中选用有关的函数图标,再用连线连接而成<sup>[6]</sup>。利用功能模板 Communication 下子模板 TCP 中的有关节点图标编写客户机程序,步骤如下:

- ①TCP Open Connection.vi 打开与服务器的连接,必须指定服务器的地址和端口;
- ②将客户机实验界面仿真面板上实验参数控制字符由 TCP Write.vi 写入已连接的 TCP 套接口(图 2 中的 Socket2);
- ③等待并接收(TCP Read.vi)传回的实验结果,根据学生的要求可随时进行存盘、停止和退出;
- ④TCP Close Connection.vi 关闭与服务端的连接。

### 3.2 服务器

服务器平台采用了 LINUX + APACHE + PHP 的免费组合,系统稳定高效。它要实现两项功能:(1)用 PHP + MYSQL 编程实现统一管理功能,如用户身份注册、认证,控制某时间一个用户操作一个远程控制实验和不同用户同时操作不同实验以及限制相应的实验时间等。(2)在双宿主模式,服务器实现连接客户机和实验机之间的通讯功能。通讯程序(Server.o)用 C 语言编写,将客户机的实验控制参数送给实验机,并将实验机返回的实验结果送给客户机。它担当客户和服务器双重角色。因此程序中需要创建两个套接口(Socket),分别调用基本 TCP 客户——服务器的套接口函数(socket, bind, listen, accept, write, read, connect, close)实现客户机与实

万方数据

验机的通讯<sup>[7]</sup>。服务器主程序流程图(图 3)。

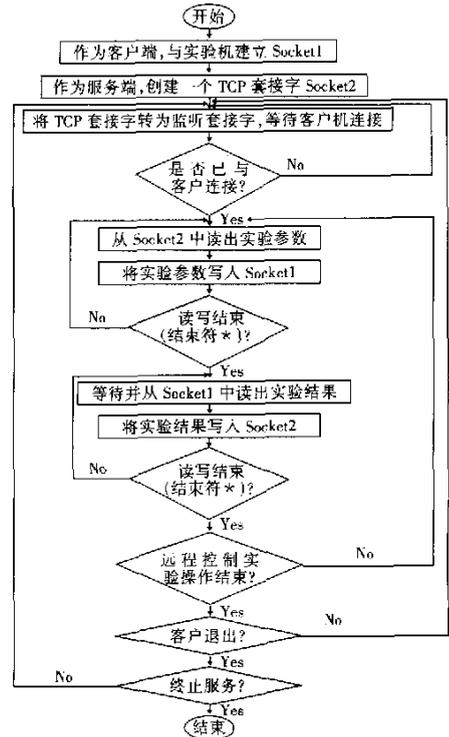


图 3 服务器流程图

### 3.3 实验机

实验机的功能是监听、接收实验参数,然后控制调节仪器。仪器设置就绪后,实验机采集信号、分析处理数据,并将实验结果送给服务器,最终反馈给客户。

利用 LabVIEW 中 TCP 通信节点、VISA (Virtual Instrumentation Software Architecture 虚拟仪器软件规范)仪器通信节点、DAQ(Data Acquisition 数据采集)节点编写实验机作为服务器的主程序,主要步骤如下:

- ①TCP Listen.vi(或 TCP Create Listener.vi & TCP Wait on Listener.vi)来等待一个 TCP 连接;
- ②如果连接建立,TCP Read.vi 从指定的套接口(Socket1)中读取实验参数;
- ③VISA Write.vi 将读取的实验参数写到已初始化的仪器接口(设置好接口地址、传输率等);
- ④用 TCP Write.vi 将采集、分析处理后的实验结果写入 Socket1;
- ⑤TCP Close Connection.vi 关闭连接。

### 3.4 视频

视频图像的传输由 Inetcam 作为视频服务器实现<sup>[8]</sup>,Inetcam 是一个能提供视频流的视频服务软件包。这个系统的好处是它不要求用户安装任何的插件或播放器,视频以 Java Applet 的形式直接嵌入网页。

Inetcam 的设置按以下步骤进行:

(1)Inetcam 视频服务软件与 Web 服务软件对话,也就是用一个别名(Alias)将两者连接在一起。如果用 Apache 作为 Web 服务器,在 Apache 目录下的 HTTPD.CONF 文件中 Alias /icons/ "C:/Program Files/Apache Group/Apache/icons/" 后添加 Alias /inetcam/ "C:/Program Files/inetcam/"。

(2)拷贝 Inetcam 目录下的整个 CGI 文件到 Apache/CGI-BIN 目录。

(3)将 Inetcam 视频流以 Java Applet 的形式嵌入网页中,主要源代码如下:

```
< applet archive = Inetcam.jar code = Inetcam.class name = Inetcam
width = 160 height = 120 >
< param name = cabbase value = "Inetcam.cab" >
< param name = SERVER_NAME value = "" >
< param name = IMAGE_TYPE value = "JPEG" >
< param name = COMPRESSION value = "65" >
< param name = CGI_BASE value = "/cgi-bin/" >
< param name = CGI_NAME value = "rph-jpeg.exe?" >
< param name = SERVER_PORT value = "80" >
< param name = DEVICE value = "0" >
< /applet >
```

#### 4 远程控制数字信号平均实验教学实例

我们就地取材,设计和制作了一套简便、直观的数字信号平均实验装置<sup>[9]</sup>,整个装置由信号发生器、噪声发生器、加法器,以及基于多媒体 PC 机的信号采集和处理系统组成。在此基础上,用一条通讯线连接串口和信号发生器的 RS-232 接口,两个 RS-232 端口之间的连接为 DTE (Data Terminal Equipment)-DTE 的连接方式,计算机与信号发生器之间便可以通过原语 (Standard Commands for Programmable Instruments, SCPI) 命令字进行通讯<sup>[10]</sup>。用直流电机控制噪声和混合信号大小旋钮的调节电位器。步进电机的驱动电路通过 PC 机的并行口 LPT1 控制<sup>[11]</sup>,利用 LPT1 的 D0 位控制电机的正转、D1 位控制电机的反转。这样,在实验室现场操作信号发生器和调节噪声、混合信号大小旋钮的动作都可通过 PC 机控制完成。

实验系统网络硬件结构(图4),学生在网页上调节的实验参数,通过服务器,送到实验机,控制信号发生器和调节噪声大小和混合信号大小旋钮。多媒体实验 PC 机利用声卡 DSP 对输入左右声道的混合信号和同步信号采集,累加平均、分析处理后的波形图数据,以及由摄像机视频捕获的旋钮旋转情况实时反馈回异地的学生。所以,学生真正操作了实验室的信号发生器和旋钮,得到客观真实的实验波形,观察到实验室现场噪声发生器和加法器的旋钮转动的实时图像,加强了实验操作的真实感觉。

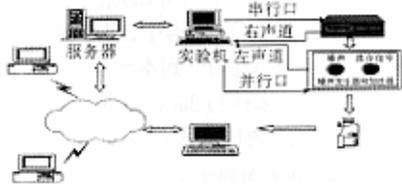


图4 远程控制数字信号平均实验网络硬件结构图

数字信号平均实验远程教学系统的主页及进行实验的界面(图5)。网页上安排了实验的相关内容,如实验目的、原理、应用、装置的连线(Flash制作的动画)、内容和步骤等。进行实验链接远程控制实验系统的客户机程序。实验界面中的仿真面板提供用户来设置实验参数:操作信号发生器——选择信号类型(正弦、方波、三角波)、幅度和频率;调节噪声和混合信号大小;选择累加次数。另外,图形框中实时显示反馈回的原始混合信号波形和累加一定次数后的波形,并可根据实验者的要求保存屏幕上的波形图。为了增加实验的真实性,打开远程教学系统中“实验室实时图

万方数据

像”一栏的链接,可观察到经摄像机捕获的噪声发生器和加法器上两个旋钮的实时转动情况,正如在实验室现场操作实验观察到的一样。

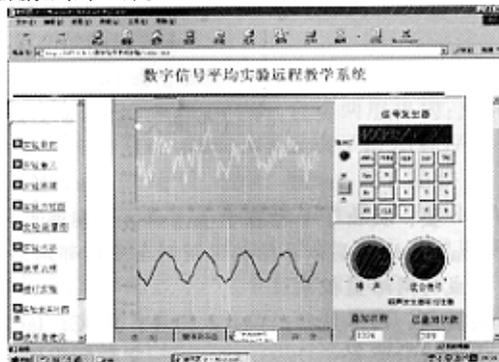


图5 数字信号平均实验远程教学系统主页

#### 5 结束语

本文阐述了基于双宿主模式的远程物理实验教学系统的基本结构和实现方法,并举了远程控制数字信号平均实验的例子,在具有安全性和扩展性的双宿主模式上可以相似设计其它仪器的远程控制和开发更多的远程实验。远程控制物理实验是计算机网络技术与传统物理实验的整合和提升,可以24小时无人值守地开放,充分利用教学资源,增强仪器和实验的共享,扩大学校的教育影响。整合现代教育技术、网络技术、计算机接口技术、数据库技术和仪器仪表技术等多个交叉学科,不断改进每个模块化设计。作者相信,随着计算机技术和网络技术的飞速发展,随着开放教育和终身教育的不断完善,基于双宿主模式的远程物理实验教学系统具有很好的应用价值和发展前景。

#### 参考文献:

- [1] 李潮锐,吴深尚.网络教育实验教学新模式[J].中山大学报论丛,2000,(10):74-77.
- [2] <http://www.ece.cmu.edu/~stancil/virtual-lab/virtual-lab.html>[EB/OL].
- [3] <http://vlab.ee.nus.edu.sg/vlab>[EB/OL].
- [4] Function and VI Reference Manual[Z].National Instruments.1998.1.
- [5] G Programming Reference Manual[Z].National Instruments.1998.1.
- [6] 蒋珍美,吴先球,等. LabVIEW 环境下编写数据通信程序[J].计算机时代,2002,(4):23-24.
- [7] W Richard Stevens.UNIX 网络编程[M].施振川,等.北京:清华大学出版社,1999.
- [8] Inetcam Release 2.2.0 Users Guide[R].Inetcam Incorporated San Diego, CA.
- [9] 蒋珍美,吴先球,等.数字信号平均实验装置的研制[J].大学物理,2001,(10):31-33.
- [10] Model DS345 Synthesized Function Generator[Z].SRS Inc.1995.
- [11] 仇玉章.32位微型计算机原理与接口技术[M].北京:清华大学出版社,2000.

#### 作者简介:

吴先球(1968-),男,广东平远人,副教授,博士,主要研究方向为网络教育、图形处理等;蒋珍美(1973-),女,浙江东阳人,物理教研员,硕士,主要研究方向为多媒体网络在物理教育中的应用。