

利用 LabVIEW 开发数字信号平均实验远程教学系统

Development of a Distant-control Digital Signal Average Experiment Teaching System By LabVIEW

作者：蒋珍美

吴先球

职务：物理教研员（硕士）

副教授(博士)

单位：广州市越秀区教育局教研室

华南师范大学物理系

应用领域：院校，物理网络实验教学

挑战：远程控制实验仪器并操作实验，异地实现真实物理实验的整个过程。

应用方案：使用 LabVIEW 软件开发一个高效的、独创的双宿主模式的远程控制实验教学系统。

使用产品：LabVIEW 软件

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 的数字信号平均实验远程教学系统。该系统实现了学生通过互联网实时地操作实验室的信号发生器、调节信号大小旋钮以及将原始混合信号波形、累加处理后的波形和由摄像机捕获的实验室现场仪器运行情况实时地返回给远程的实验者，从而在异地完成真实数字信号平均实验过程。

关键词：LabVIEW；TCP/IP；远程实验；双客户机/服务器；数字信号平均实验

1 引言

在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 [1]。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。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。它是计算机网络应用于实验教学的一个发展方向，提供学生一种全新的实验范型。目前国外大学如 Carnegie Mellon University, USA,[2] National University of Singapore[3]已成功开发出若干个实验。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。

我们开发和研制了基于双宿主模式的远程控制数字信号平均实验教学系统，学生可以从任何一台上网的电脑上操作我们实验室的信号发生器，调节噪声发生器和加法器上的噪声和混合信号幅度旋钮，设置累加次数，按确定按钮后，原始混合信号波形图、累加后的实时波形图和由摄像机捕获的旋钮转动情况及时反馈给远程的学生，这样学生就在异地实行控制实验室的仪器，完成真实数字信号平均实验的过程。

2 系统硬件结构

2.1 实验装置

数字信号平均实验装置[4]如图 1 所示，由噪声发生器、信号发生器、加法器、带声卡的 IBM 兼容计算机

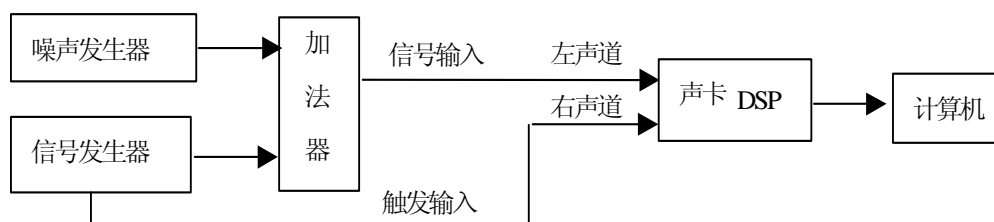


图 1 实验框图

组成。噪声发生器产生的白噪声与信号发生器产生的信号相加后得到的混合信号送入声卡的左声道线路输入，信号发生器的同步触发信号（方波）送入声卡的右声道线路输入。由声卡对两路输入信号进行模/数转换后的数字信号送入计算机。

噪声发生器的电路结构如图 2 所示。电阻 R1 接在第一个运算放大器的正输入端上，其中的载流子的热运动引起热噪声。噪声电压由两个运算放大器进行高增益放大得到一定的幅度后送入如图 3 所示的加法器电路。为便于观察实验现象，在加法器电路中加入了三个电位器 VR1、VR2、VR3，分别调节信号幅度、噪声幅度、混合信号输出幅度。

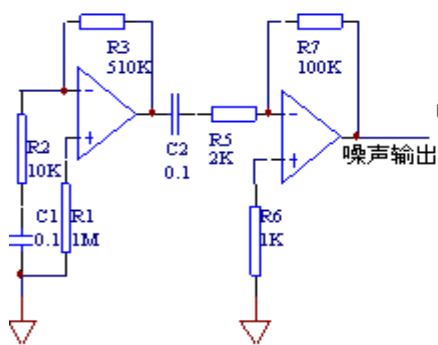


图 2 噪声发生器

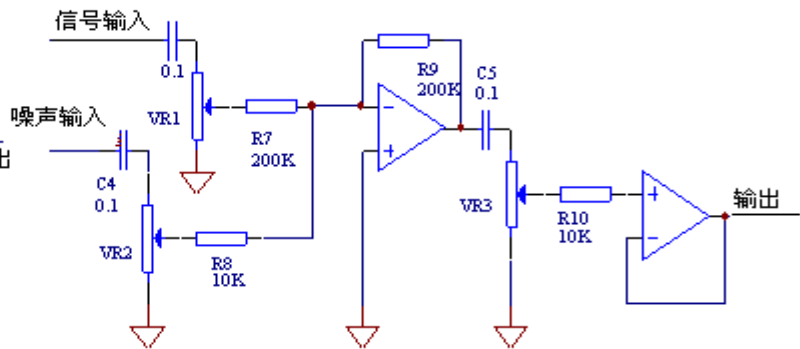


图 3 加法器电路图

2.2 实验装置的计算机控制

信号发生器采用 SRS MODEL DS345 SYNTHESIZED FUNCTION GENERATOR[5]，DS345 信号发生器提供了 RS-232 和 GPIB (IEEE488.2) 接口。用一条串口通讯线连接计算机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，接线图如图 4 所示。计算机与信号发生器之间便可以通过原语 (SCPI: Standard Commands for Programmable Instruments) 命令字进行通讯。

噪声发生器和加法器中的噪声幅度旋钮和混合信号幅度旋钮的调节电位器用直流电机控制 (见图 5)。步进电机的驱动电路通过 PC 机的并行口 LPT1[6]控制。利用 LPT1 的 D0 位控制电极的正转、D1 位控制电机的反转。电机的步进量通过软件的方法调节 D0/D1 的脉冲宽度实现。同理，D2、D3 控制另一电位器。这样，在实验室现场操作信号发生器和调节噪声、混合信号幅度旋钮的动作都可通过实验 PC 机控制完成。

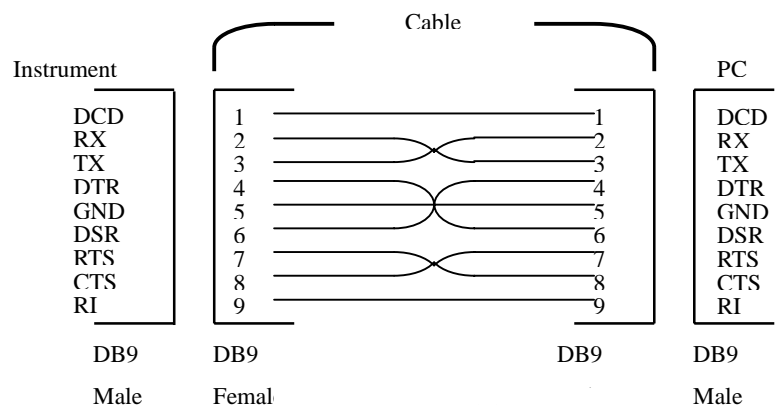


图 4 RS-232 连接图

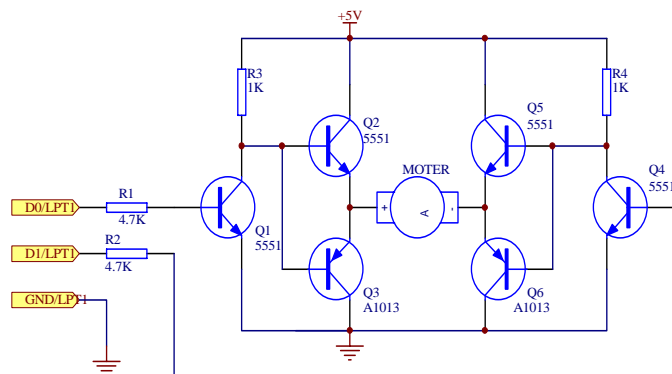


图 5 直流电机驱动电路

2.3 远程控制的数字信号平均实验教学系统

实验系统网络硬件结构见图 6。学生在客户机网页上调节的实验参数，通过服务器，送到实验 PC 机，控制信号发生器和调节噪声大小和混合信号大小旋钮。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和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，观察到每次累加的实时波形图和旋钮的转动，

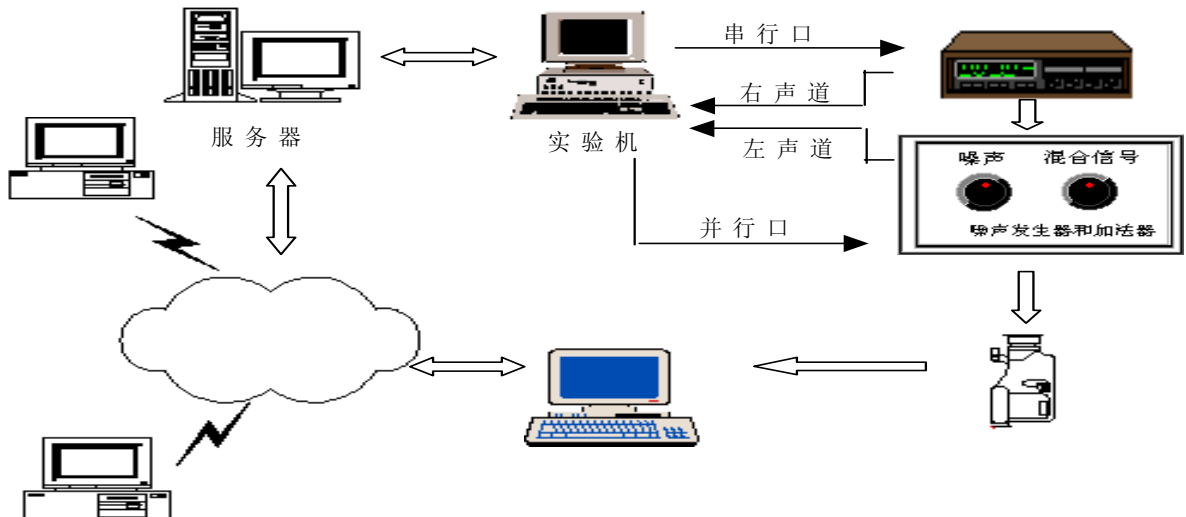


图 6 网络硬件结构图

加强了在实验室现场操作实验的真实感觉。

3 系统软件设计

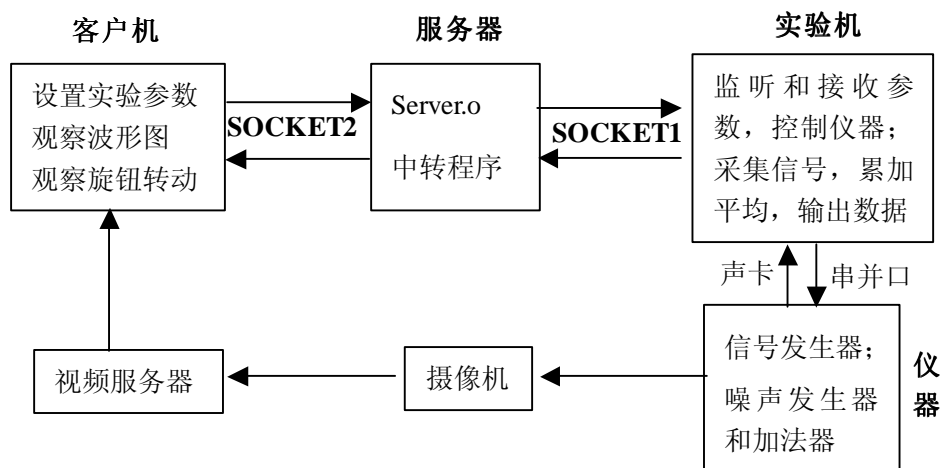


图 7 系统软件结构示意图

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主模式。远程物理实验教学系统软件结构示意图见图 7。下面对各部分功能和设计进行说明。

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^[7-8]，编程时摆脱传统语言中繁琐的底层命令函数，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^[9]。

利用功能模板 Communication 子模板 TCP 中的有关节点图标编写客户机程序，步骤如下：

- ① TCP 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）传回的原始采集数据和累加相应次数后的波形图数据并输出波形，根据学生的要求可随时进行存盘、停止和退出。
- ④ TCP 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：一是用 PHP+MYSQL 编程实现统一管理功能，如用户身份注册、认证，控制某一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。二是在双宿主模式模式下，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)实现客户机与实验机的通讯^[10]。服务器主程序流程图见图 8。

3.3 实验机

实验机的功能是监听，接收实验参数，然后控制

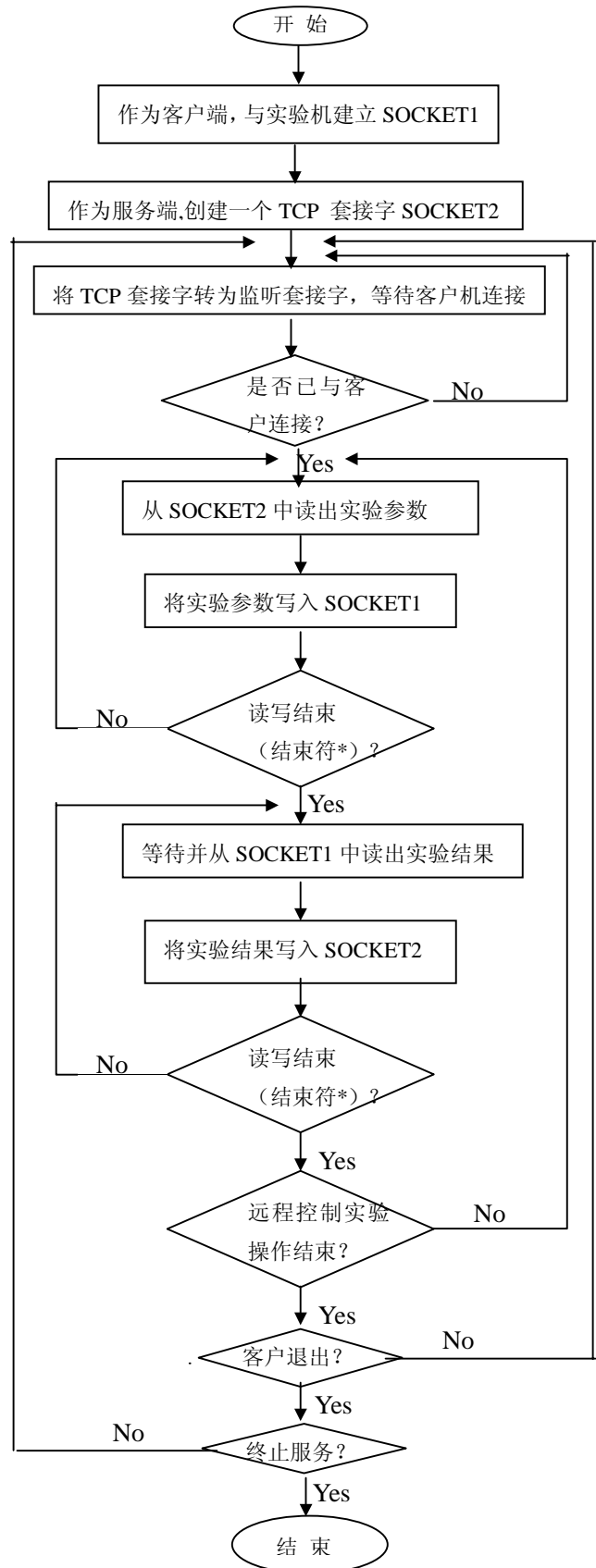


图 8 服务器流程图

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) 节点编写实验机程序，主程序流程图见图 9。

3.4 视频

视频图像的传输由 Inetcam 作为视频服务器实现，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
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=cabase
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="nph-jpeg.exe?">
  <param name=SERVER_PORT
value="80">
  <param name=DEVICE
value="0">
</applet>
    
```

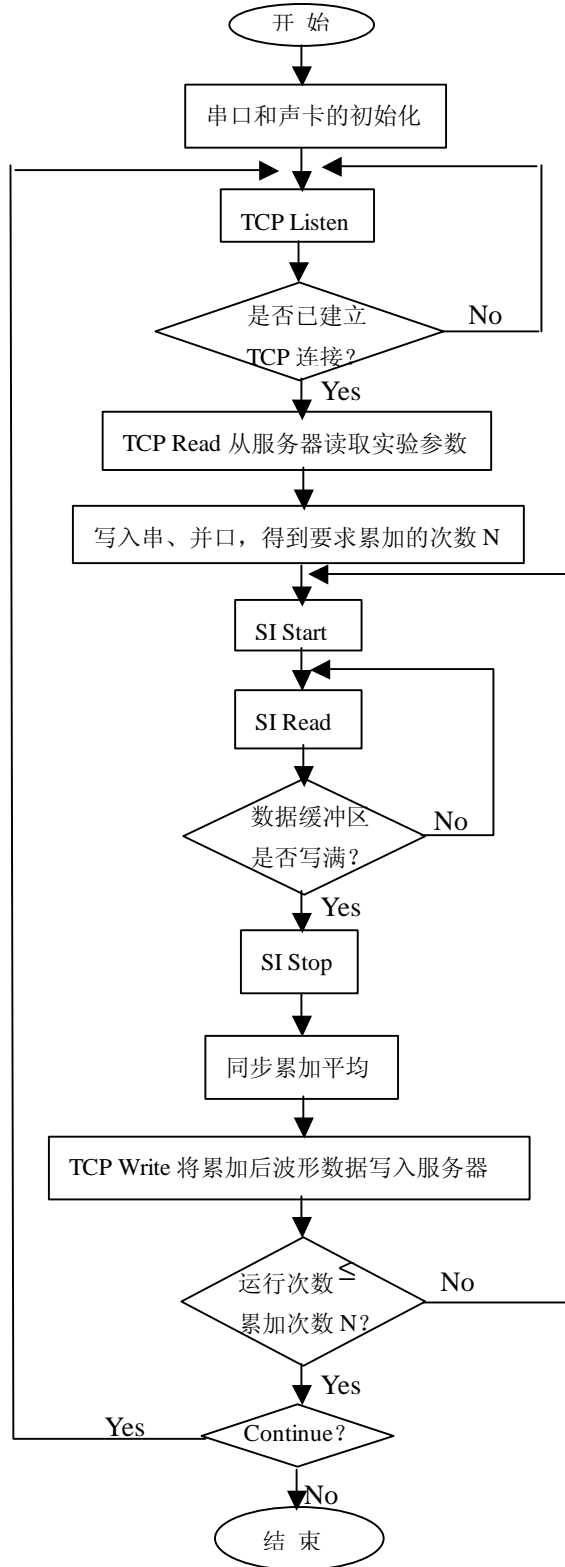


图 9 实验机流程图

4 实验操作

当学生访问远程控制实验教学系统网站，首先经浏览器观察到数字信号平均实验远程教学系统主页（见图 10），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、使用说明等。

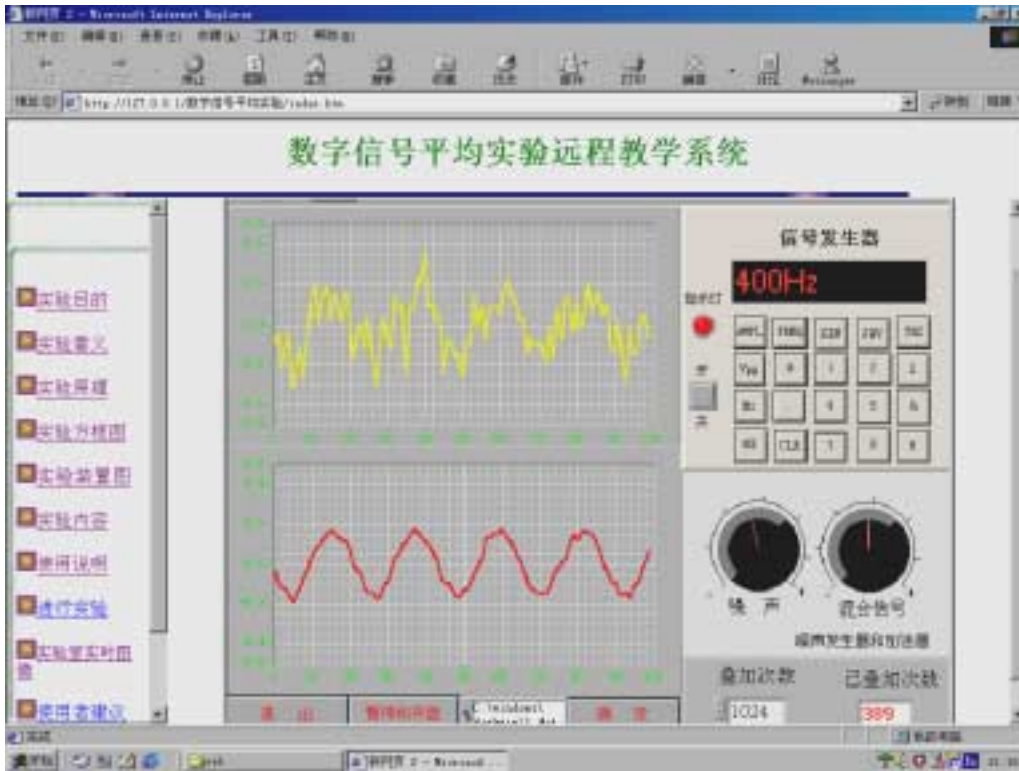


图 10 实验教学系统主页

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“实验室实时图像”一栏的链接，可观察到经摄像机捕获的实验室里噪声发生器和加法器上两个旋钮的实时转动情况（如图 11），正如在实验室现场操作实验观察到的一样。



图 11 旋钮实时转动图像

5 结论

远程控制数字信号实验教学系统简便地实现了数字信号取样平均技术,快速直观实时显示了累加平均后逐渐恢复周期信号的波形,实验结果能直接存储,操作简单,效果明显。更重要的是身处异地学生操作了真实的仪器(信号发生器、噪声发生器和加法器),得到了真实客观的实验数据(原始混合信号波形和累加相应次数后的波形),观察到实验室现场实时图像(噪声幅度旋钮和混合信号幅度旋钮转动情况),增强了实验操作的真实性。它为网络实验教学引进了一种新模式;实现了远程物理实验教学的一种基本技术方法,其它实验可以相似实现,只须用相应软件开发不同的程序控制不同的仪器,设计不同的实验内容;建构了一个系统基本框架,采用的双宿主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远程控制实验统一由一台服务器集中管理用户的注册、认证、登陆,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等。

远程控制数字信号实验教学系统是计算机网络技术与传统实验的整合和提升,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. 中山大学学报论丛.2000.10.P74-77
- ² <http://www.ece.cmu.edu/~stancil/virtual-lab/virtual-lab.html>.
- ³ <http://vlab.ee.nus.edu.sg/vlab>.
- ⁴ 蒋珍美、吴先球等.数字信号平均装置的研制. 大学物理.2001.10.
- ⁵ MODEL DS345 SYNTHESIZED FUNCTION GENERATOR. SRS Inc. 1995.
- ⁶ 仇玉章主编.32位微型计算机原理与接口技术.北京:清华大学出版社.2000年8月.P278.
- ⁷ LabVIEW User Manual. National Instruments Corporation. 2000.7.
- ⁸ Function and VI reference Manual. National Instruments Corporation. 1997.
- ⁹ 蒋珍美、吴先球等.LabVIEW环境下编写数据通信程序.计算机时代.
- ¹⁰ W.Richard Stevens 著,施振川等译. UNIX 网络编程. 北京:清华大学出版社,1999.