

基于虚拟仪器的网络虚拟实验室构建

作者：周毅

职务：硕士研究生

单位：华中科技大学电子科学与技术系

指导教师：江建军

应用领域：院校

SCXI-1125

experiment teaching & learning
or distant test control.

挑战：构建基于 Internet 的分布式网络虚拟实验室体系，实现实验数据和实验设备的远程共享。

应用方案：使用 NI 公司 LabVIEW、IMAQ Vision 等软件配合 ELVIS、IMAQ-1422、PXI-1000B、PXI-6070E、PXI-5102、SCXI-1000、SCXI-1320、SCXI-1125 等系列硬件，构建基于 Internet 的分布式网络虚拟实验室体系，实现实验数据和实验仪器远程共享，为高等院校学员提供专业实验教学平台，解决高教扩招带来的教学资源紧张问题。

使用产品：LabVIEW6.1 (FDS)、IMAQ Vision、ELVIS、IMAQ-1422、PXI-1000B、PXI-8176、PXI-6070E、PXI-6071E、PXI-5102、PXI-2501、PXI-7344、SCXI-1000、SCXI-1320、

介绍

将虚拟仪器技术推向网络应用，更能发挥其“软件就是仪器”的优势，更有助于形成分布式的网络测量体系，实现数据和仪器的远程共享，从而为实验教学以及远程测控服务。

本网络虚拟实验室的使用 BSDA 结构，由客户端、Web 服务器、应用服务器以及实验设备四个模块组成。具备开发周期短，成本低的特点，同时又具有很强的兼容性和扩展性，能够大大提高仪器的使用效率，避免不必要的重复投资，非常适用于高等院校实验教学和科研，具有十分广阔的应用前景。

Abstract

Virtual Instrument Technology being applied to network construction can develop its preponderance-“The Software is the Instrument” and help to form distributed network measuring system to accomplish data and instruments sharing for

This Network Virtual Lab presents a BSDA construction including client, Web server, application server and experiment instruments four modules. It characterizes short development cycle and low cost together with compatibility and expansibility, which can enhance the utilization efficiency of instruments and avoid unnecessary repetitive investments. Distributed Network Virtual Lab fits the experiment teaching & learning and research in colleges and universities and owns its extensive application prospect.

1. 引言

网络虚拟实验室是一个无墙的中心，通过计算机网络系统，研究人员或学生将不受时空的限制，随时随地与同行协作，共享仪器设备，共享数据和计算资源，得到教师的远程指导以及与同行相互研讨。

由于通过网络虚拟实验室能够实现跨时空跨学科的仪器设备远程共享，甚至远程控制，满足科研教学对分布式实验系统的要求，同时解决棘

手的教学资源紧张问题,国外的很多科研院所也已经进行了相关的有益尝试。如 Carnegie-Mellon University 的卡内基梅隆虚拟实验室 (Carnegie Mellon's Virtual Lab), Johns Hopkins University 的虚拟工程与科学实验室 (A Virtual Engineering/Science Laboratory), 以及 The University of Tennessee at Chattanooga 的网上工程实验室 (Engineering Laboratories on the Web) 是其中的比较成功的范例。

网络虚拟实验室大多使用的是 CS(客户端/服务端)结构,按其实现功能基本可分为三类:

软件共享网络虚拟实验室。其特点为,服务端共享本地的虚拟实验室模拟软件平台,接受客户端发送的实验

仪器共享网络虚拟实验室。服务端同样接受客户端的实验请求和实验参数,使用实验参数配置与之连接的实验仪器硬件设备,由实验仪器硬件设备进行实验,并将实验结果返回服务端,最后返回到用户端,实现实验仪器的共享,实验数据的共享。

远程控制网络虚拟实验室。与仪器共享网络虚拟实验室最大的区别在于除了实验仪器实验数据的共享之外,其还要实现客户端对实验仪器设备的远程控制。

2. 网络虚拟实验室实现原理

网络虚拟实验室的构建多使用 BSDA(Browser/Server/Database & Application) 结构,即客户端/服务器/数据库/应用程序结构,其原理如图 1 所示,

用户认证管理、开放式交互实验环境以及动态网页的生成;应用服务器主要作用是控制和管理实验仪器、采集和处理实验数据;数据库的主要作用则是配合用户帐户的管理、动态网页的生成以及实验数据的存储和管理。

3. 网络虚拟实验室的构成

本网络虚拟实验室,主要由模拟仿真和实时测量两个部分组成,如图 2 所示。

模拟仿真部分,主要完成验证型、原理演示型实验,使用 LabVIEW 自带的网页发布功能,直接在 Web 服务器端生成嵌入实验平台的 WWW 网页,用户只需使用网页浏览器即可通过 Internet 访问网络

虚拟实验室,进行实验。

实时测量部分,主要完成仪器共享型、远程控制型实验,有一个多媒体辅助模块,是对实际实验平台界

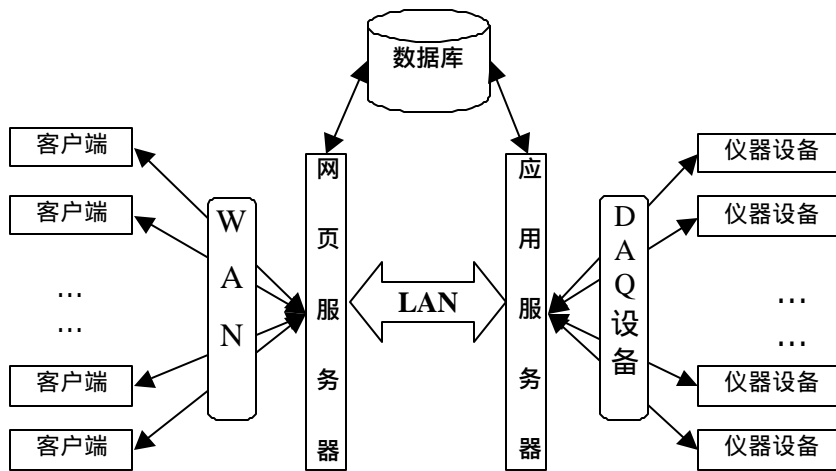


图 1 网络虚拟实验室构成原理图

请求,分析和处理实验参数,经过计算模拟最终将结果返回客户端。整个系统不涉及具体的实验仪器硬件设备,只是利用软件模拟实验的过程;

典型的网络虚拟实验室由客户端、网页服务器端、应用服务器端以及实验仪器设备四部分组成。网页服务器主要作用是提供 Web 接入服务、

面的虚拟呈现,让学生在进入实时测量模块之前来操作,用来检验学生的预习程度,让学生预先了解实验内容,熟悉具体的实验步骤;另一个是实时

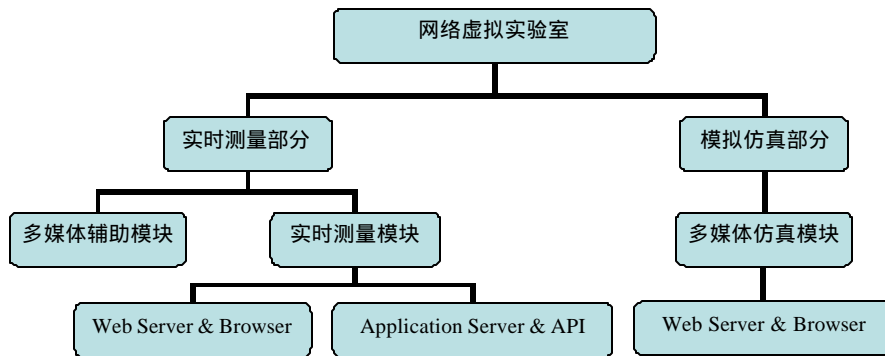


图 2 网络虚拟实验室的组成原理图

测量模块,它是实时测量部分的核心,负责本地实验数据的采集,并按远程用户的操作要求进行分析、存储以及显示,可使用 LabVIEW 的网页发布功能来实现,也可使用基于 LabVIEW 编程的 Application Server 模块与客户端 API 模块来实现网络互连,数据通信,完成远程实验。

4. 网络虚拟实验室的硬件结构

我们使用的是以 NI-PXI 构架为核心的硬件体系,并以一台 Dell PowerEdge4600 为 Web 服务器,如图 3 所示。

Dell PowerEdge4600 为 Web 服务器配备了 2 个 Intel Xeon 2.8GHz 处理器, 2GB ECC DDR RAM, 3 × 36GB SCSI RAID (冗余磁盘阵列), 以及 Broadcom Gigabit NIC 千兆网卡,充分满足多线程、大流量、高带宽的使用要求。

Application Server 使用的是一台 PXI-1000B 机箱,嵌入了 PXI-8176 控制器,以及 PXI-6070E, PXI-6071E 多功能数据采集卡,用来实现高速的数模转换、数模输入输出以及数据采集;PXI-5102 高性能示波器卡来完成信号的发生,提供稳定可靠的信号源;

PXI-2501 矩阵模块用来实现不同测量元器件之间的自动切换,以满足远程用户不同的测量要求,实现测量的多样性;PXI-1422 图像采集卡用来完成 PCB 板、IC 芯片的图像提取,满足电路检查、IC 设计的需要;PXI-7344 运动控制卡用来实现电机伺服系统的参数提取,状态跟踪等。

一台 SCXI-1000 机箱,嵌入了 SCXI-1320 和 SCXI-1125 信号调理模块,用来对微电子系统,微电流电压信号的放大、降噪、滤波,保持整个体系的高精确度。

一台最新的 NI-ELVIS 用

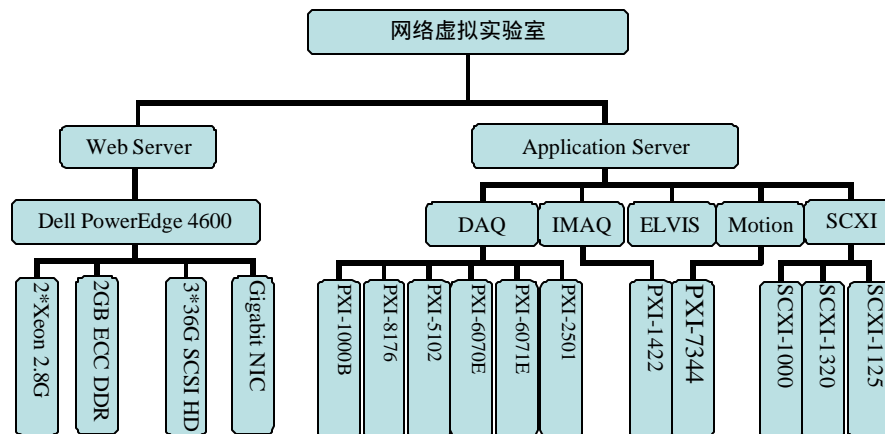


图 3 网络虚拟实验室的硬件结构

于实验模型的建立,搭建实验电路,构建小型的电子电路系统,实现电子电路实验的远程共享。

5. 系统设计技术实现

5.1 模拟仿真部分

模拟仿真部分,我们以 LabVIEW 内置的网页发布功能为基础,通过 HTML 设计网页,并使用 Microsoft IIS 5.0 发布功能,直接在服务器端生成嵌入实验平台的 WWW 网页,用户只需使用网页浏览器进入我们的站点,即可通过 Internet 进行实验,其原理如图 4 所示。

LabVIEW 内置的 Remote Panel Connection Manager 用来对用户的使用情况进行监控与调度,NI Web Server 按照远端实验操作者制定的实验数据,分析、计算数据最后显

据以及实验曲线,以及完成报告生成等后续工作。

5.2 实时测量部分

实时测量部分,我们使用了两种实现方案,用来满足不同情况下用户对远程实验的要求:一种是 Browser & NI Web Server 结构,另一种是 Application Server & API 结构。使用 PXI-1000B 机箱以及嵌入的 PXI 板卡来作为 NI Web Server 与 Application Server。

Browser & NI Web Server 结构是在模拟仿真实现的基础上,在 NI Web Server 上连接相应的 DAQ、SCXI 硬件,其再与实际的实验仪器连接,用来实现远程客户端与实验仪器的数据通信,完成实验仪器的远程共享,其原理如图 5 所示。

该结构适用于瘦客户体

但是对服务器的运算能力、带宽以及多线程状态下的稳定性等指标要求比较高;同时由于每一时刻只允许一位用户掌握控制权,所以比较适用于远程控制型实验。

Application Server & API 结构使用 LabVIEW 编程,以其内置 TCP/IP 模块为基础,构造一个 Application Server 应用服务器端和一个 API 用户终端,由 TCP/IP 模块完成网络互连,数据通信以及容错处理。Application Server 用来采集传输实验数据,管理用户,记录用户使用情况;而 API 用户终端则提供操作者 GUI 界面,实现数据的获取、分析运算以及显示存储等,其原理如图 6 所示

该结构要求 API 用户终端将 Application Server 应用服务器端板卡采集的实验数据下载到本地终端来分析、计算、显示以及存储,除了对网络带宽、稳定性有很高的要求之

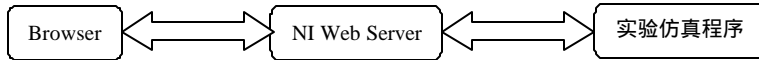


图4 模拟仿真实验原理图

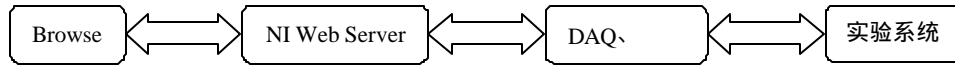


图5 实时测量部分 Browser & NI Web Server 结构原理图

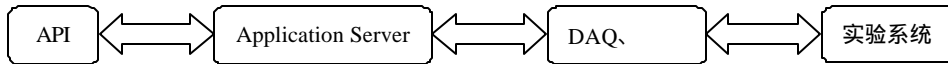


图6 实时测量部分 Application Server & API 结构原理图

示实验曲线以及实验结果,并将实验结果嵌入生成的 HTML 网页中,用户只需使用浏览器即可实时显示实验数

系,客户端无需计算分析数据,只需安装因特网浏览器接收服务端传输的数据流,即可进行实验,方便简单,效率高,

外,对 API 用户终端的计算机性能也有很高的要求,适用于远程软件共享和仪器共享型实验,可以实现多用户广播式

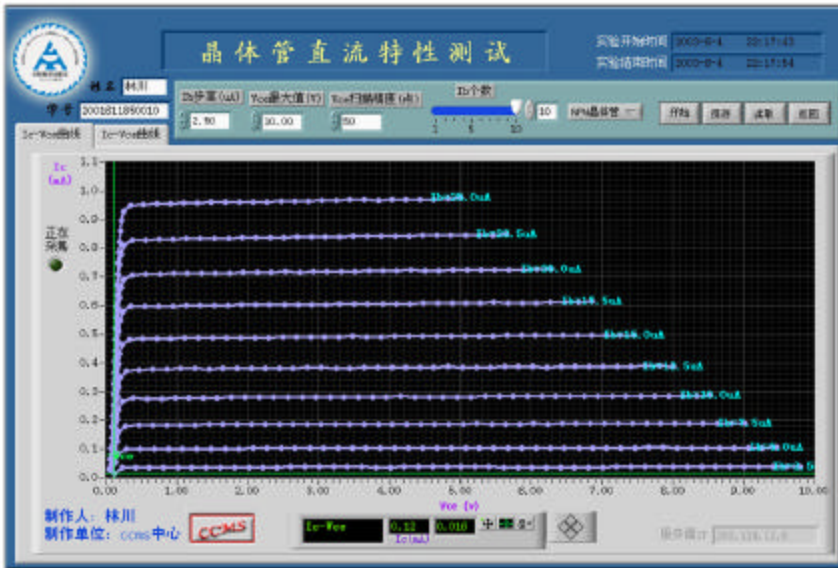


图8 晶体管直流特性测试实验实时测量面板

用来检验预习状况，并熟悉实际的仪器操作。如图7所示，借助一套实际仪器的图形面板，我们使用LabVIEW模拟了晶体管直流特性测试曲线，用户使用旋钮以及各种开关，可以像操作实际仪器一般，了解实验的具体内容和步骤。

完成模拟之后，可以按下进入测量按钮，进入实时测量面

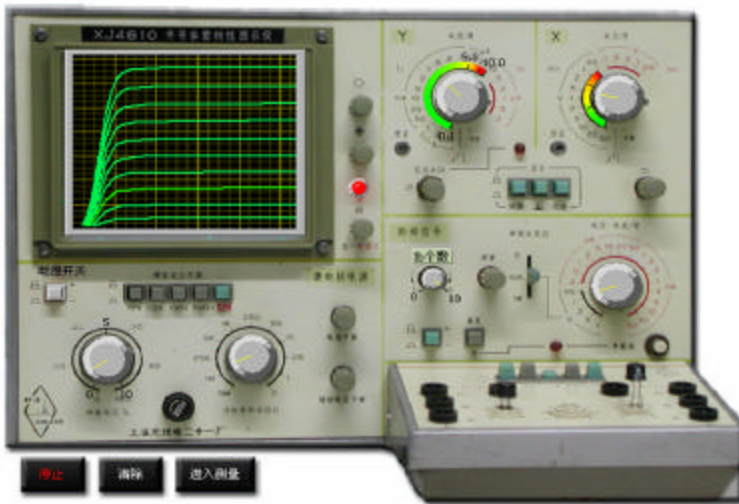


图7 晶体管直流特性测试多媒体仿真界面

板，如图8所示。面板上方的工具栏是相关的模式选择、参数设置以及数据存储等操作，中央的是实验曲线的显示界面。

主程序框图结构如图9所示，客户端API模块先向服务端发送用户信息和实验请求，经服务端验证通过建立TCP连接；服务端然后接受客户端实验参数并在进行实验仪器初始化；服务端采集实验数据并通过TCP/IP协议发送数据包，客户端接受

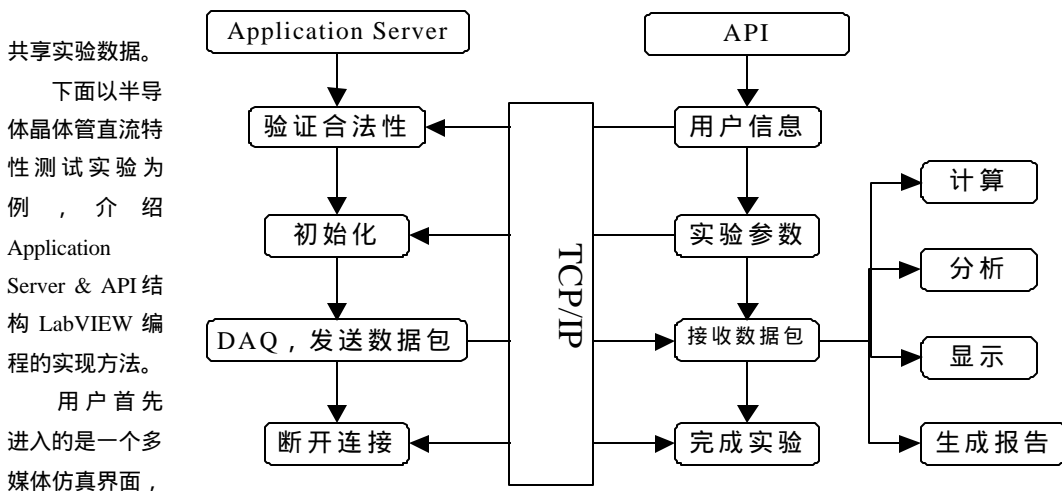


图9 远程实时测量程序框图

实验采样数据,并按一定数据格式插入测量数组,同步显示波形;采集完全部实验数据,服务器发结束信息,然后断开网络联接,完成实验。

图 8 显示的是客户端在远端实测的 CCMS 实验室本地晶体管的 $I_c - V_{ce}$ 曲线图,图 10 显示晶体管放大倍数的计算值,并实时显示 $\beta - I_b$ 曲线,用户可以选择保存按钮,将实验数据以需要的格式保

存,进行相应的运算,使用 HIQ 生成实验报告,最终完成实验。

6. 效果与结论

在 NI 院校计划的扶持之下,我们获得了强大的技术支持。已经建立起以电子科学与技术专业为基础的十几套实验系统,初步构成了一个跨时空、跨学科、跨平台的网络虚拟实验室雏形,为本系本科生

提供专业实验课程,并在华中大武昌分校进行了互联网演示,实现了实验仪器的远程共享以及远程实验,收到了很好的效果。以 NI 虚拟仪器平台为基础的网络虚拟实验室,开发周期短,使用效率高,可扩展性强,成本低廉,是解决目前高教扩招带来的资源紧张问题的一种行之有效的途径。

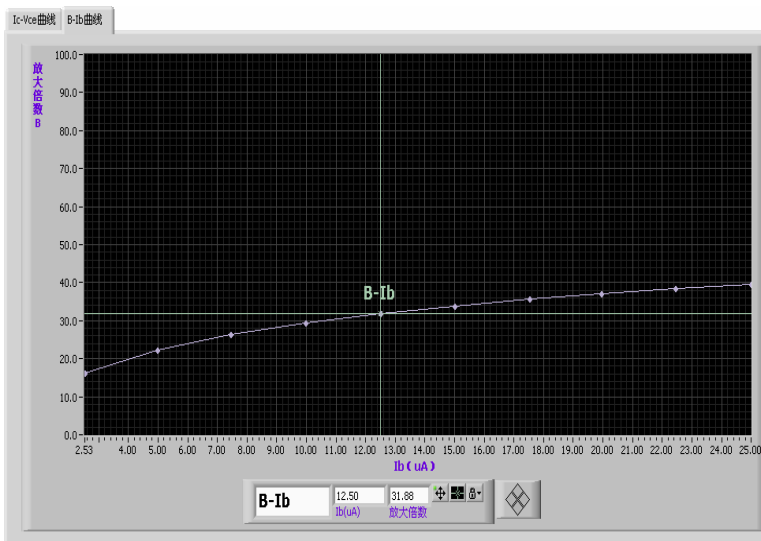


图 10 晶体管直流特性测试实验 $\beta - I_b$ 曲线