

# 基于开放网络的计算机辅助工程 虚拟实验室

## Development of Computer-Aided Engineering Virtual Laboratory Based on Network Technology

杨秀岐 杨明玉 徐媛

(秦皇岛发电有限责任公司 066000)

**摘要:** 介绍了一种采用网络和仪器双服务器构建基于 Internet 的计算机辅助工程远程虚拟实验室的方法。用户通过浏览器向网络服务器提交实验参数和仪器设置, 远程控制仪器进行实验, 并可实时在线观察实验结果。

**关键词:** 虚拟实验室 可互换虚拟仪器 远程控制 网络安全

### 1 引言

虚拟实验室是一种特别的、分布式的解决问题的环境, 是提供给用户的一个基于网络的技术交流、共同研究、协同工作的平台, 是一种基于计算机虚拟原型系统的全新的科学研究与工程设计方法, 是除理论与实物实验之外的第三种研究设计手段和形式。网络虚拟实验室概念的提出至今仅为十余年的时间, 但因其诱人的应用前景, 各国均在大力开发, 并且发展迅速, 已广泛应用于军事、航空、自动控制与制造、教育、建筑设计等领域。

计算机辅助工程虚拟实验室系统的开发采用客户端、Web服务器、仪器服务器以及本地仪器四层结构, 充分利用Internet/Intranet技术、可互换虚拟仪器技术, 构建B/S模式的网络实验室, 用户无需安装任何客户端软件即可通过联网终端使用, 具有良好的开放性和可扩展性。

### 2 系统结构

#### 2.1 网络结构

虚拟实验室的网络拓扑结构如图1所示, 主要由计算机通信网络、服务器和网络实验仿真软件三部分构成。实验室仪器服务器、仪器总线、数据采集卡、打印机构成本地实验局域网; 本地局域网通过Web服务器连接到Internet, 构成广域网虚拟实验室, 用户可使用连于Internet的任意终端使用该系统。

公共网关接口(CGI)和传输控制协议(TCP)是客户端与Web服务器以及Web服务器与仪器服务器之间的主要通信方法。CGI以超文本传输控制协议(HTTP)为基础。它规定了在Web服务器、用户浏览器和应用程序之间的数据交换格式。用户向服务器端发送CGI请求, 并从服务器端接收到响应。由于HTTP是以单进程为基础的协议, 且有一个用户收到响应后, 其他用户与服务器的连接就被关闭。但是, 当一个用户在做实验的过程中, 要保证直到实验结束后才断开其连接。同时,

Web服务器必须阻止访问冲突, 保证虚拟实验室的安全性, 确保一次只允许一个用户远程控制仪器。

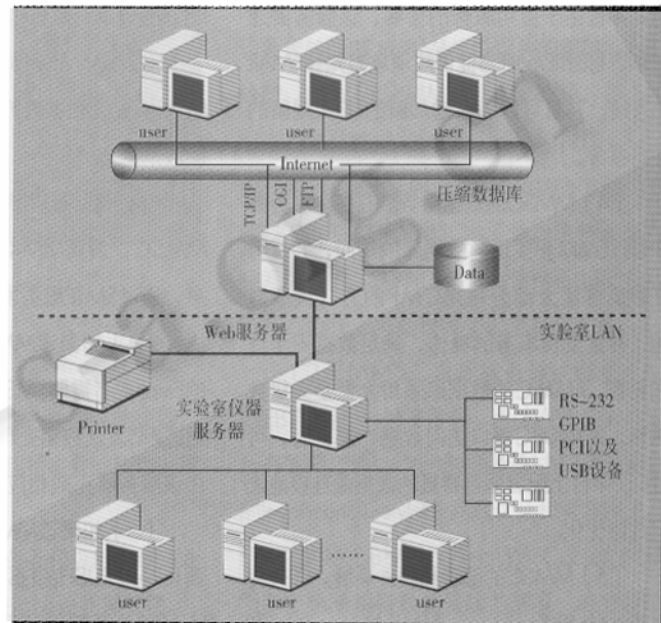


图1 虚拟实验室网络拓扑结构图

实验室LAN内采集控制计算机上装有PCI6024数据采集卡, 用来满足小型实验数据采集和处理的要求。通过独立的SQL网络数据库, 各个实验的完整数据可以进行分类系统化管理, 以便对实验结果进行分析处理。校园网内部的速度能达到几十兆甚至几百兆, 提供了足够的数据传输带宽, 可以满足对实验数据的实时更新要求。

#### 2.2 功能模块

按高聚合度、低耦合度的原则, 网络实验室的系统功能模块划分如图2所示:

该网络虚拟实验室具体功能包括：经典控制理论分析，现代控制理论常用算法，智能控制器的研究，控制系统仿真与辨识，数据采集与分析处理等。

运行在实验室仪器服务器上的应用程序可以完成三种不同类型的实验：

软件实现实验，即基于计算的实验方法，所需信号源，控制器，对象、多通道数字存储示波器以及动态趋势分析仪等均均为软件设计，并可进行动态分析及参数优化，只用仪器服务器即可完成实验，不用外接任何硬件设备。

电子电路模拟比例、积分、微分及非线性等各种典型的环节；PID、模糊、神经网络等典型控制器。

通过软件配置数据采集卡，采集通道，进行数据采集，并能实时显示输出趋势曲线，还可以根据采集的飞升曲线拟合传递函数。应用程序还提供一阶惯性滤波、算术平均值滤波、限幅滤波和限速滤波四种滤波方式与硬件滤波相配合，更好的除去干扰信号，以达到传统仪器所不能比拟的高精度。

数据采集程序的主要功能是对所采集的数据进行滤波和平滑处理。

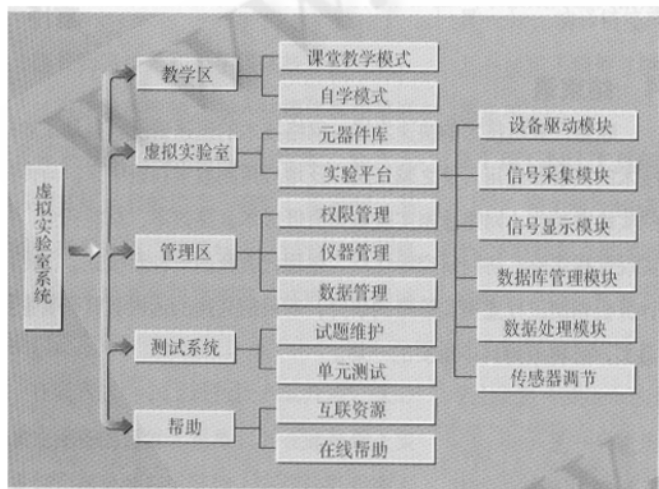


图2 系统功能结构图

数据处理程序提供实时数据、直方图、趋势曲线等监视方式，并可使用相关分析法、最小二乘等多种方法进行过程模型的辨识，并可单回路、串级等多种结构的控制系统提供控制器参数优化、以及动态过渡过程曲线分析和各项性能指标的求取；还可根据用户完成的系统组态进行实时、非实时仿真，进行在线、离线辨识。

仪器仪表程序用软件取代信号发生器、多路示波器、动态趋势分析仪等仪器仪表。

实验管理及维护可进行虚拟仪器仪表库、功能函数等的扩充。

虚拟元器件库的模块化设计为今后仪器的功能升级打下了良好的基础，同时也在仪器功能改造方面保证了将重复工作量减到最小。

### 3 关键技术

#### 3.1 可互换虚拟仪器技术

常规的测量系统若更换操作系统或仪器硬件就得重新修改测试程序，随着Labview和Lab Windows/CVI等跨平台形语言开发环境，虽然保证了改变操作系统无需修改测试程序，但是如果更换硬件设备，如将Fluke的DMM更换为HP的DMM，则必须要更换相应的测试程序。这主要是由不同硬件厂商的设备驱动程序间缺乏统一标准而引起的。这一缺陷造成具体实验仪器搭配使用的不便，严重阻碍了系统的拓展和推广。此外，当系统原配的仪器损坏或淘汰后，测试系统就陷入瘫痪，尽管有功能指标相当或更好的仪器，也无法代替，只能重新开发，从而造成严重的资源浪费。

为解决这一问题，我们在设备驱动模块中采用了近几年在测试技术领域刚刚兴起的IVI (Interchangeable Virtual Instrument) 技术，用来实现仪器驱动器的可互换性、开发灵活性以及保证测试品质。

IVI规范的核心是设备驱动程序库，该库将所有设备的驱动程序分成示波器 (IviScope)、万用表 (IviDmm)、信号源 (IviFGen)、开关 (IviSwitch) 和电源 (IviPower) 五部分，并在不断制定更多的类型，以覆盖更多仪器，实现复杂的系统。

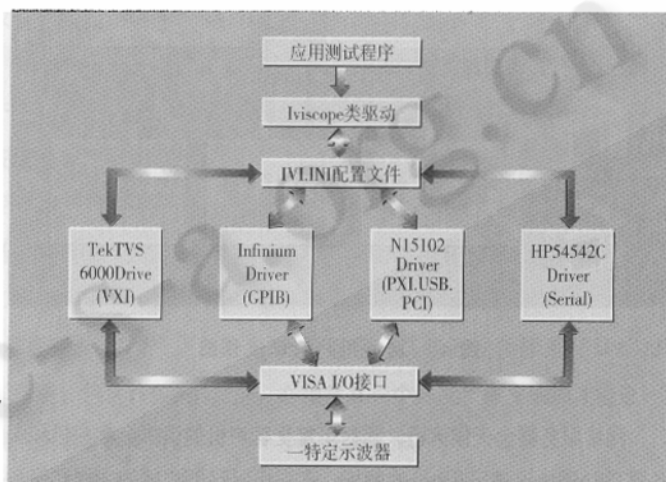


图3 类驱动映射特定仪器流程图

以示波器类为例说明，应用测试程序调用的是通用Scope类的驱动器公共函数，而类驱动器调用的是特定驱动器（如TekTWS6000Driver、HP Infinium Driver、N15102 Driver或HP54542C Driver驱动器）的功能函数。由于类驱动器提供的同类仪器一致接口函数，所以同类的不同仪器可以使用相同的应用测试程序。IVI使用IVI.INI配置文件实现了从类驱动器到特定驱动器的映射，使得更换仪器时只需改变驱动器的映射，即将类驱动器的映射从一个驱动器改变到同类仪器的另一个驱动器，而不必改变应用测试程序。

通过更换仪器驱动数据文件，系统在不修改应用测试程序的前提下实现了仪器的互换。系统附带的数据文件编辑工具简单修改驱动数

据文件,可以兼容更多仪器,从而使系统具有良好的通用性、开放性和可维护性。

### 3.2 网络安全保护机制

在开放的网络实验室中,网络用户注册需要考虑IP地址的冲突,恶意更改或错误操作导致的IP地址重复会导致网络故障,甚至瘫痪,故不能单用IP地址进行认证。使用IP地址和MAC地址同时进行认证,可大大提高网络的安全性。利用网卡,网络用户注册程序作为扩展BIOS,存放在网卡EPROM中。网络用户注册同时需注意客户机的欺骗行为,如个别用户更改客户机的网卡的MAC地址,服务器将无法控制客户机,故需要从硬件方面确保网卡的MAC地址。同时,由于源地址欺骗技术的存在,主机认证不能作为保护网络安全的唯一手段。用户认证一般使用用户名/口令的方式验证用户的合法身份,系统为教师、学生及管理人员分配合法的用户名和口令,口令在初次随机产生后,允许用户自我更改。注册程序主要具备如下功能:对进入实验室的用户进行身份认证,合法用户可以使用任何一台计算机,非法用户拒绝登录。

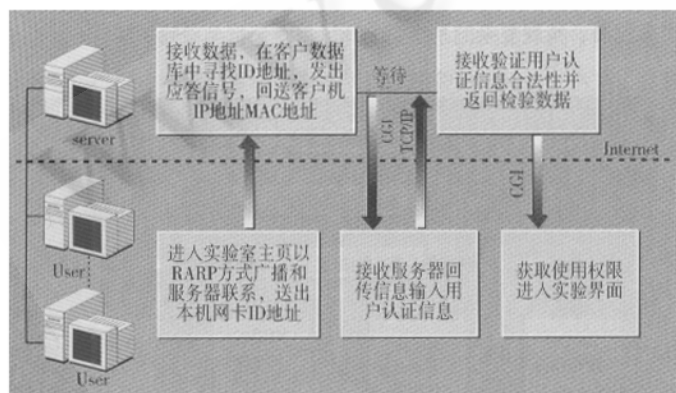


图4 网络用户认证流程图

网络服务器全天候运行,随时可接受客户机的请求。客户机和服务器用RARP协议进行IP地址的解析。客户机以RARP广播的方式和服务器联系,并送出本网卡的ID地址,服务器接收该地址信息并在客户数据库中查找该ID地址后,发出应答信号,向客户机回送客户机的IP地址和MAC地址。用户输入认证数据,用TCP/IP协议把数据发送给服务器,由CGI程序建立连接,分配不用用户以不同使用权限。

### 3.3 通信和数据发布

虚拟实验系统的设计采用了多种通信协议和数据发布方式相结合的模式进行整体系统建设。除了目前Internet网上常用的三种数据传输方式:基于E-mail文件上传方式、基于FTP协议的文件上传方式之外,基于HTTP协议的文件上传方式,还使用了NI公司的DataSocket技术。这是一种基于工业网络标准TCP/IP的专为数据实时传输而设计的新型数据通信接口。它能够有效地支持同一台计算机上不同应用程序对于特定数据的同时应用,以及连接在网络上的不同计算机之间的数据共

享,有利于连接各相关实验室进行协同实验。

DataSocket通过内部的数据自描述格式提供自由的数据传输格式,可以直接传送字符串形式、数据量化形式、布尔值形式的数据或者直接对采集到的波形进行传输,省去了数据转换的大量工作。此外DataSocket支持对于量化数据的封装,比如可以将时间记录和关键时间标志与实验数据关联发送。

DataSocket控件是通过URL(统一资源定位符)来访问数据源的,这与web浏览器通过URL访问网页十分类似。数据源地址管理器能借助于URL的前缀信息来指向不同类型的数据源,如HTTP、FTP、OPC等。同时DataSocket又有一种新类型的URL前缀: DSTP(DataSocket Transport Protocol),专用于应用程序通过DataSocket服务器共享实时数据。DataSocket可以控制对不同类型数据源的连接,而且能自动分析多种文件类型,直接将数据输入到应用程序中。所以无论是从别的应用程序中读取实时的波形图测试数据,还是从FTP服务器文件中读取历史实验数据信息。或者从一台远程OPC服务器读取一个测量值,都可以通过这种简单的API来实现,而且仅仅改变URL即可选择访问不同数据源。DataSocket提供了一种通用的数据连接方式,而不必考虑所用的数据类型及数据源,这大大简化了应用程序的编程工作。

## 4 结束语

随着计算机技术的快速发展,网络技术的迅速普及,推动了虚拟技术的发展和运用,使之越来越广泛地应用到教学科研中来。与传统的实验室相比,网络虚拟实验室具有低成本、高效率、功能齐全,可实现远程实验,协同研究等优点,是现代教育的一种新模式。因此,计算机辅助工程虚拟实验室的研究,对目前兴起的远程教育有着重要意义,必将成为其中重要的一环。

## 参考文献

- 1 韩璞、周黎辉、董泽,控制系统计算机辅助工程—CAE2000系统及其应用[M],中国电力出版社,1999,59-66。
- 2 李亚?、郝应光、唐祯安,基于Internet的远程虚拟实验室系统的开发[J],微型电脑应用,2002,17(8),36-38。
- 3 欧青立、李仁发、徐建波等,虚拟电子实验室体系结果及其关键技术研究[J],系统仿真学报,2002,14(3),367-369。
- 4 李仁发、周祖德、李方敏等,虚拟实验室网络体系结构研究[J],系统仿真学报,2002,14(3),359-362。