

文章编号:1001-5132 (2008) 02-0216-05

# 基于 LabVIEW 构建开放自主式远程实验室的关键技术研究

肖四友, 王晓勇, 方跃峰, 张毅

(浙江万里学院 智能控制研究所, 浙江 宁波 315100)

**摘要:** 针对目前高效实验室资源紧张的问题, 基于 LabVIEW 技术构建了自主式远程实验室. 通过计算机网络系统, 实验人员可方便地使用网络虚拟仪器, 实现仪器设备、数据和计算资源的远程自主使用, 提高了设备利用率, 避免设备的重复投资. 并通过实例证明了该方法简便高效.

**关键词:** LabVIEW; 开放自主式远程实验室; 虚拟仪器; 远程测量

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

虚拟仪器综合运用了多媒体、计算机及虚拟现实等技术, 解决了因设备欠缺而无法开展实验的问题, 而实验人员通过计算机网络系统使用虚拟实验室中提供的虚拟仪器进行实验, 将不受时空限制, 随时随地共享仪器设备、数据和计算资源, 并方便获取教师的远程指导及与同行交流. LabVIEW 是美国国家仪器公司推出的一种基于“图形”方式的程序开发环境, 已被广泛应用于数据采集与控制、信号处理以及数据表达等方面, 它提供了一种全新的编程方法, 可对软件对象的虚拟仪器进行图形化的组合操作.

## 1 网络虚拟实验室的构成

网络虚拟实验室的系统采用 BSDA(Browser/Server/Database/Application)结构进行构建, 它主要由客户端浏览器、网页服务器、应用服务器以及实

验仪器设备等组成. 网页服务器主要提供 Web 接入服务、用户认证管理、开放式交互实验环境以及动态网页的生成; 应用服务器的主要作用是控制和管理实验仪器、采集和处理实验数据; 而数据库则是配合帐户的管理和动态网页的生成, 并对实验数据进行存储和管理.

网络虚拟实验室的工作主要包括模拟仿真和实时测量, 其结构如图 1 所示. 模拟仿真部分主要完成验证型和原理演示型实验, 其通过 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, 并获取相应实验的虚拟仪器, 完成验证与原理演示实验. 实时测量部分主要完成仪器共享型和远程控制型实验. 而其中一种是由多媒体辅助模块对实际实验平台界面进行虚拟呈现, 让学生在进入实时测量模块前进行试操作, 用以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; 而另一种则为实时测量模块, 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、存储和显示, 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 与客户端 API 实现网络互连和数据通信, 以完成远程实验。

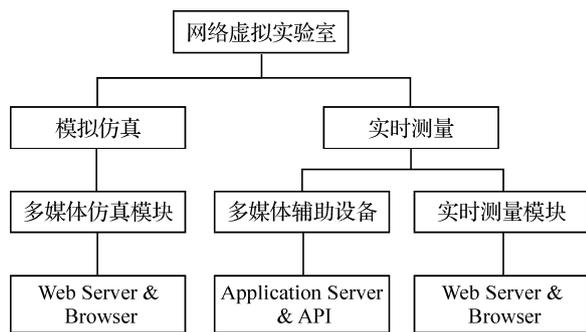


图 1 网络虚拟实验室组成结构

## 2 网络虚拟实验室的构建

### 2.1 虚拟仪器的组成

利用 LabVIEW 设计的虚拟仪器, 主要由前面板和流程图组成, 它的执行顺序是按数据流的方式进行确定, 并可以实现多任务的并行操作。前面板为 LabVIEW 程序的图形用户接口, 此接口集成用户输入, 并显示程序的输出, 相当于传统仪器的面板。而流程图包含虚拟仪器程序的图形化源代码、编程控制和定义在前面板上的输入和输出功能。在虚拟仪器设计中, 需从控制模板中选取所需的控制及显示对象, 并构建出仪器的操作面板; 在功能模板中选取适当的功能模块, 进行必要的连接与设置来制作控制流程图, 并完成所设计仪器应具有的功能, 使得程序的模块化与层次化更为直观。

### 2.2 模拟仿真实验的实现

模拟仿真部分以 LabVIEW 内置的网页发布功能为基础, 设计网页并使用 IIS 6.0 发布功能, 可直接在服务器端生成嵌入实验平台的网页, 用户只需使用网页浏览器进入站点, 即可通过 Internet 进

行实验。LabVIEW 内置的 Remote Panel Connection Manager 对用户的使用情况进行监控与调度, Web Server 则按照远端实验操作者制定的实验数据来分析、计算数据, 最后显示实验曲线以及实验结果, 并将实验结果嵌入生成的网页中, 用户只需使用浏览器即可实时显示实验数据以及实验曲线。

以下为滤波器实现相关滤波测试的实例。图 2 即为虚拟滤波器, 它是借助 LabVIEW 设计的滤波器软图形面板, 可以设置参考信号的幅值和频率。程序成功运行后, 即可从滤波实时显示区得到滤波结果的频率幅值和初相位, 同时在波形显示区中也可得到相应的波形, 使结果更为直观地反映出来。虚拟滤波器的流程图如图 3 所示, 其控件与前面板中的控件相对应, 并且通过连线、添加程序以及加入各种信号等措施进行编程, 实现自相关滤波的功能, 同时通过在前面板设置各种不同的参数, 经过运行程序后, 测试结果能够显示实现从一个包含多种频率成分的信号中提取出所需单一频率信号的功能, 并模拟出传统滤波器的操作演示。

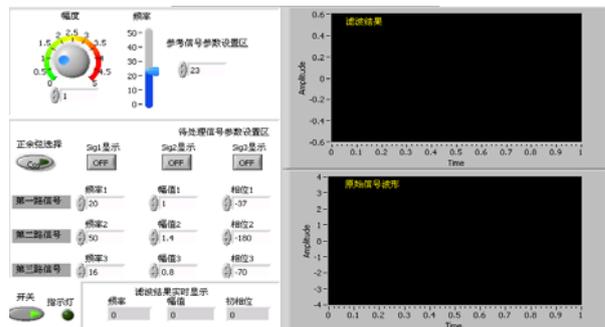


图 2 虚拟滤波器(前面板)

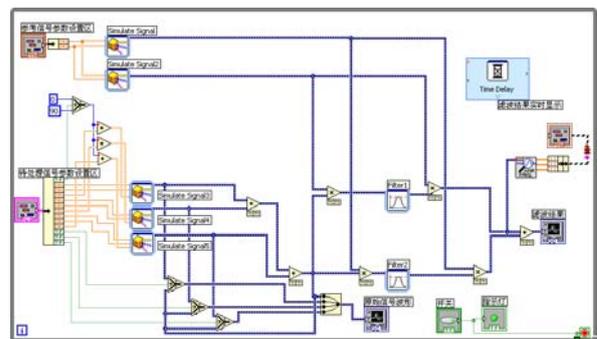


图 3 虚拟滤波器的流程图(后面板)

## 2.3 远程实时测量实验的实现

### 2.3.1 远程实时测量实验系统

网络虚拟实验室工作过程中,远程实时测量实验实施的系统结构如图4所示,服务器使用多功能机箱嵌入的PXI板卡来作为Web Server与Application Server. Web Server & Browser结构是在模拟仿真实实现的基础上,在Web Server上连接相应DAQ及CXI硬件后,再与实际实验仪器连接,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.其中,数据采集模块使用LabVIEW的模拟输入通道完成;相关法提取信号模块则根据相关法提取信号的原理,可以将测量信号和1个同频的参考信号进行相关运算,计算得到测量信号的幅值和相位;结果显示和记录模块则在测量实验中,需要记录多个位置的测量数据,根据峰值间的相对位置来确定相应测量数据;本系统中所使用的步进电机驱动程序由厂家提供,该驱动程序已经编制成ActiveX,不仅可以利用已有的与驱动程序有关的控件,还可以为将来多种远程实时测量实验利用步进电机控制驱动程序来开发新的程序,大大节省开发新程序的工作量和工作时间;视频传输模块则利用webcamXP软件实现实时视频传输模块,该软件能够方便地将计算机作为视频服务器,并将摄像头所拍摄的现场视频图像发布到网页上面.

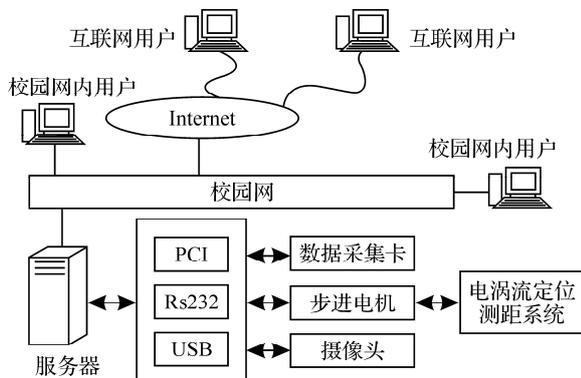


图4 远程实时测量实验系统结构

### 2.3.2 电涡流传感器工作原理

网络测控实验室中的远程电涡流定位测距系统是基于电涡流传感器测距原理.金属导体置于变化

的磁场中或在磁场中运动时,金属导体就会产生感应电流,该电流流线呈闭合回线并形成涡流.理论及实践证明,电涡流的大小与金属导体的电阻率 $\rho$ 、导磁率 $\mu$ 、厚度 $H$ 、线圈的励磁电流角频率 $\omega$ 以及线圈与金属块之间的距离 $x$ 等参数有关.若固定某些参数(如 $\rho, \mu, H, \omega$ ),电涡流传感器即可利用在被测金属导体中产生的电涡流实现对距离 $x$ 进行测量.其工作原理如图5所示.

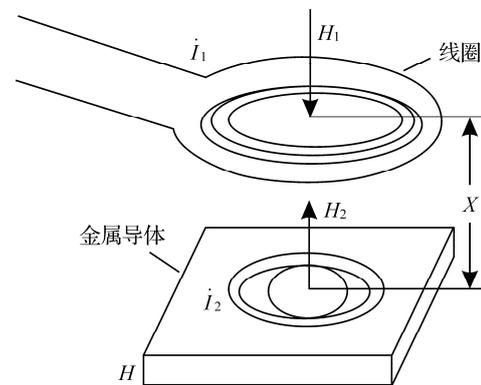


图5 电涡流传感器工作原理

如果向金属导体正上方的线圈通以频率为 $f$ (即角频率为 $\omega$ )的正弦交变电流 $I_1$ 时,线圈周围空间将产生正弦交变磁场 $H$ ,若将此电感线圈 $L$ 靠近金属导体时,其金属表面将产生电涡流 $I_2$ ,而该涡流将形成1个方向相反的磁场 $H_2$ ,它造成交变磁场能量的损失,并力图改变线圈的电感量的大小,增大其损耗功率,降低回路的 $Q$ 值. $H_2$ 与 $H_1$ 方向相反,从而使线圈的有效阻抗发生变化.线圈回路的阻抗 $Z$ 与被测材料的电导率 $P$ 的距离 $x$ 有关,导磁率、激磁频率 $f$ 以及传感器与被测物体之间的关系为: $Z = f(\rho, \mu, f, x)$ .只要固定 $Z$ 表达式中的参量 $\rho, f$ 和 $\mu$ 便可测出阻抗 $Z$ 与 $x$ 所呈的单值关系.当位移 $x$ 是线圈外径线性的 $1/3 \sim 1/5$ 时, $Z$ 与 $x$ 的关系曲线呈线性,图6为电涡流传感器与被测体的等效电路,图中的电涡流传感器就是通交流电流 $I_1$ 的线圈,该线圈也称传感线圈,其电阻为 $R_1$ ,电感为 $L_1$ ;金属导体的电涡流 $I_2$ 等效为在一段短路线圈中的短路电流.短路线圈的电阻与电感分别为 $R_2$ 和 $L_2$ .传感器与短路线圈之间靠互感

$M$  祸合, 互感系数  $M$  随相互距离  $x$  的减小而增大.

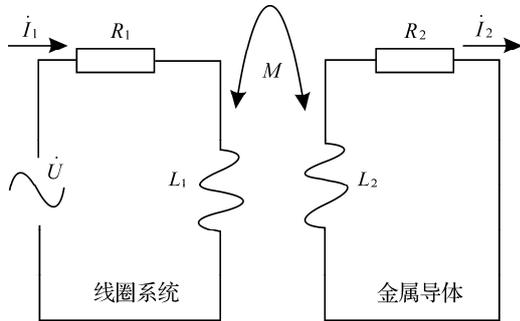


图 6 电涡流传感器与被测体的等效电路

根据基尔霍夫定律, 方程式为:

$$R_1 \dot{I}_1 + j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega M \dot{I}_2 = \dot{U},$$

$$R_2 \dot{I}_2 + j\omega L_2 \dot{I}_2 - j\omega M \dot{I}_1 = 0.$$

联立求解, 可得等效电阻为:

$$Z_{eq} = R_1 + R_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + (\omega L_2)^2} + j\omega \left[ L_1 - L_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + (\omega L_2)^2} \right],$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + (\omega L_2)^2},$$

$$L_{eq} = L_1 - L_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + (\omega L_2)^2},$$

$$Q_{eq} = \frac{\omega L_{eq}}{R_{eq}} = \omega \left[ L_1 - L_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + (\omega L_2)^2} \right] \cdot \left[ R_1 + R_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + (\omega L_2)^2} \right]^{-1}.$$

上述公式中,  $Z_{eq}$  即为传感器受金属导体影响后的等效阻抗. 由以上几式可见, 传感线圈的输出电参数可以为等效阻抗  $Z_{eq}$ 、等效电阻  $R_{eq}$ 、电感  $L_{eq}$  以及品质因数  $Q_{eq}$  4 种, 它们均为  $M$  的函数, 也即为距离  $x$  的函数. 利用这种电涡流效应把距离  $x$  的变化变换为电量的变化, 从而可以做成测量位移、振幅、厚度的传感器, 下例中的水箱控制模拟系统就是利用这些参数用来测量水箱中液体的高度. 电阻  $R_1, R_2$  分别与传感线圈、金属导体的电导率有关, 电导率  $\rho$  是温度的函数, 因此也可以利用这种电涡流效应把电导率的变化转换为电量的变化, 从而做成测量表面温度、电解质浓度、材质判别的传

感器. 传感线圈的电感  $L_1$  与金属导体的磁导率  $\mu$  有关, 可以利用这种电涡流效应把磁导率的变化转换为电量的变化, 从而做成测量应力、硬度等的传感器. 通过利用  $x, \mu, f$  的综合影响, 可以做成材料无损探伤用传感器.

### 2.3.3 水箱控制模拟实验

以下为通过互联网实时控制 1 个电涡流传感器对水箱中液体高度进行定位测距的实例.

图 7 和图 8 是水箱控制模拟图. 用户通过浏览器向远程实验室发布相应的测量要求, 远程端起用控制模块进行水箱实体的本地数据的采集, 并按远程用户的操作要求进行分析、存储和显示, 然后通过 LabVIEW 的网页发布功能来实现实现网络互连和数据交互, 实现用户的远程实验操作.

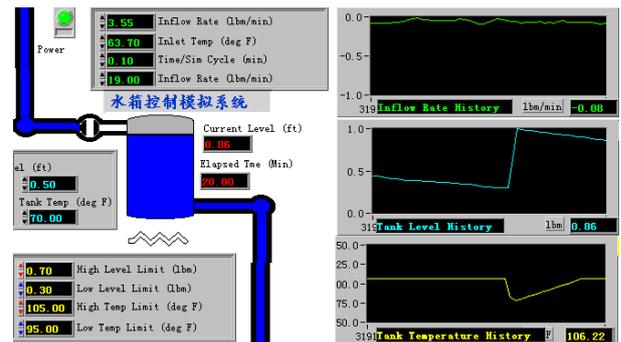


图 7 水箱控制模拟系统(前面板)

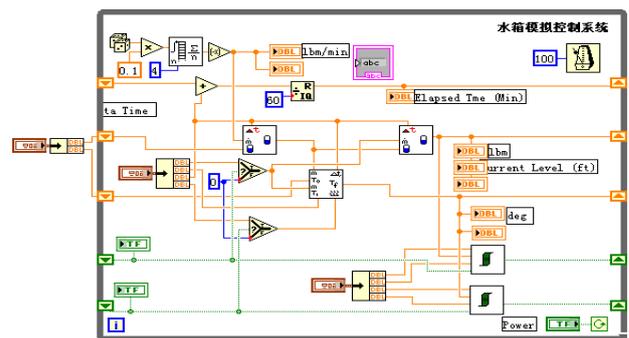


图 8 水箱控制模拟系统的流程图(后面板)

## 3 结束语

本文基于 LabVIEW 构建了一个开放自主的远程网络虚拟实验室技术平台, 用以实现实验仪器的模拟仿真以及远程测试实验, 其效果较为明显. 而

且以虚拟仪器平台为基础的网络虚拟实验室,具有开发周期短、使用效率高、可扩展性强、成本低廉等有点,是解决目前高校优势实验室资源紧张问题的一种行之有效的途径.

#### 参考文献:

- [1] 杨乐平. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 杨乐平. 自动化测试与虚拟仪器技术[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1998.
- [3] National Instruments Corporation. LabVIEW user manual [EB/OL]. [2003-04-12]. <http://www.engr.sjsu.edu/bjfurman/courses/me120/me120pdf/LabViewusermanual.pdf>.
- [4] National Instruments Corporation. LabVIEW help[EB/OL]. [2003-05-16]. <http://zone.ni.com/reference/en-xx/help/371361A-01/>.
- [5] National Instruments Corporation. LabVIEW measurements manual[EB/OL]. [2003-08-22]. <http://www.ni.com/pdf/manuals/322661a.pdf>.
- [6] 裘伟廷. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器和虚拟实验[J]. 现代科学仪器, 2002(3):17-23.
- [7] 袁渊, 何光普, 古军, 等. 基于 LabVIEW 的全仿真电子实验课件的设计[J]. 实验室研究与探索, 2005(4):37-39.
- [8] 贾惠芹, 高天德, 郭恩全. IVI 技术研究[J]. 国外电子测量技术, 2003(3):23-24.

## Research on DIY and Long-distant Lab Based on LabVIEW

XIAO Si-you, WANG Xiao-yong, FANG Yue-feng, ZHANG Yi

(Intelligent Control Research Institution, Zhejiang Wanli University, Ninbo 315100, China)

**Abstract:** Aiming at solving the problems identified in current shortage of resources in high-efficiency labs, this paper introduces an approach of constructing a DIY long-distance lab based on LabVIEW technology. Through the computer network systems, the operators are readily able to operate on several devices such as virtual network instrument, data and computation resources in a DIY and long-distance manner. In so doing, the equipment usage efficiency can be improved so as to avoid the repetitive investment for equipments. The real application results show that the proposed approach is concise in design and of high efficiency.

**Key words:** LabVIEW; DIY; long-distant lab; virtual instrument; long-distant test control

**CLC number:** TP391.9

**Document code:** A

(责任编辑 章践立)