

基于 LabVIEW 的分布式 VXI 仪器教学实验系统设计

The Distributed Teaching Experimental Network Based on LabVIEW for VXI Instruments

姓名：李海涛 杨乐平
 职务：硕士研究生 副教授
 单位：国防科大航天技术与材料工程学院

应用领域： 院校

使用的产品： LabVIEW 5.1

挑战： VXI 仪器网络化，通过网上共享 VXI 仪器资源，使得多组学生通过各网络终端可以同时进行 VXI 仪器操作。

应用方案： 使用 National Instruments 公司的 LabVIEW 5.1 开发一个面向大学测试类实验室的分布式 VXI 仪器教学试验网络系统

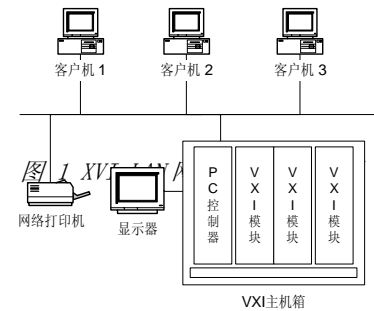
介绍： 随着最新测试与仪器技术的发展，VXI 仪器正在进入大学实验室。由于 VXI 仪器系统是由多个仪器模块集成在机箱环境中构成的，大学实验室传统的多台仪器分组方式不适合 VXI 仪器的试验安排，我们用先进的 LabVIEW5.1 开发环境设计完成了一个分布式 VXI 仪器网络测量系统，该系统充分利用 LabVIEW 提供的 VISA、TCP/IP、SCPI 等强大功能，定义设计了 VXI 网络测量模型以及传输报文格式，允许多组学生从不同操作终端上控制 VXI 仪器并返回测量结果。系统软件还支持冲突、出错管理、进程显示等功能。该系统的实现，为 VXI 仪器广泛进入大学实验室创造了条件。

1 VXI 网络测量模型

为具体实现分布式 VXI 仪器教学试验网络系统，我们首先定义了一个 VXI 网络测量模型。模型采用客户机/服务器 (C/S) 网络模式，该模式具有先进性、运行效率高、数据可靠完整、数据传输量大、开放性、兼容性强等特点。

VXI 网络测量系统模型如图 1 所示。VXI 仪器系统采用嵌入式 PC 控制器来控制 VXI 仪器，该控

制器同时也作为测试服务器，并通过 10based-T 以太网与各客户机以及网络打印机相连接。网络测试的实现基于测试服务器的管理功能以及客户机服务器之间的



报文传输。系统中测试服务器负责 VXI 仪器资源的管理、处理 VXI 仪器的 I/O 命令操作、并响应和管理客户机的测试服务请求；客户机则根据测试任务的需要，配置人机测试接口界面，通过测试服务器进行测试应用，处理分析由测试服务器返回的测试数据并显示存储结果。

这种结构不仅使 VXI 仪器网络化，通过网络控制 VXI 仪器成为可能，而且易于实现 VXI 仪器资源共享，极大地提高 VXI 仪器设备的利用率。

2 VXI 网络测量协议及 VXI 任务组织协议

在定义了 VXI 网络测量模型之后，还必须定义建立在该模型基础之上的 VXI 网

络协议组：VXI 网络测量协议和 VXI 任务组织协议。

协议组建立在 OSI 参考模型基础之上。在客户机/服务器模式中，VXI 网络协议组的层次结构与 OSI 七层协议模型对应关系如表 1 所示。

应用层	VXI 任务组织协议
表示层	VXI 网络测量协议
会话层	
传输层	TCP/IP 协议
网络层	以太网
数据链路层	
物理层	10Base-T

表 1 OSI 网络协议与 VXI 网络测量协议的对应关系

VXI 网络测量协议主要用于实现客户机与服务器之间的测试信息表示和数据格式的标准化，是客户机与测试服务器进行通信

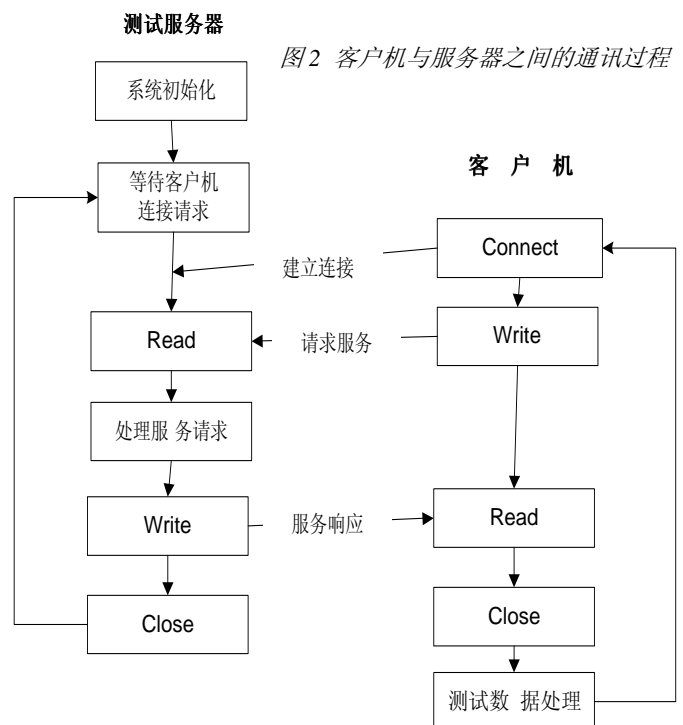


图 2 客户机与服务器之间的通信用过程

的基础，是实现 VXI 仪器网络化的关键。VXI 网络测量协议建立在 10Base-T 以太网以及 TCP/IP 协议的基础上。

在 C/S 模式中，测试服务器响应客户机发送来的测试和控制信息，实现特定的测试和控制任务，并将结果信息返回客户机，一次具体的通信过程如图 2 所示。

在这一过程中，一方面，需要具体规范测试及控制功能的数据表示，在实际应用中，我们采用标准仪器控制语言 SCPI 作为测量信息的语法表示；另一方面，需要定义客户给予服务器之间传输信息的标准传输报文格式，我们如下定义标准传输报文格式：源地址+目的地址+仪器地址+头控制符+SCPI 命令+尾控制符，“源地址”表示客户机网络地址，“目的地址”表示服务器网络地址，“仪器地址”表示本次仪器操作所需要的仪器在 VXI 机箱中的地址，“SCPI 命令”表示具体的测量操作命令，“尾控制符”表示报文的终止。

通过本层协议，在客户机和 VXI 测试仪器之间建立起一个会话通道，完成特定的仪器控制、测试及通信功能，实现远程 VXI 仪器控制。

VXI 任务组织协议建立在 OSI 协议的应用层基础之上，是 VXI 分布式网络测试系统的应用协议。本层协议主要用于实现客

户机之间、客户机和服务器之间的任务组织与协调。

3 分布式 VXI 仪器教学试验网络系统的实现

在建立了以上模型、协议的基础上，我们采用 LabVIEW 5.1 作为系统开发平台，并利用 LabVIEW 5.1 提供的 TCP/IP 模块及 VISA 模块，具体实现了分布式 VXI 仪器教学试验网络系统，系统软件的总体结构如图 3 所示。

测试服务器处于系统结构的核心，负责测试仪器管理、测试服务管理，必须具有支持冲突、出

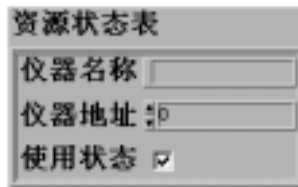


图 4 资源状态表

错管理、进程显示等多种功能，是软件设计的重点。下面介绍在 LabVIEW 5.1 开发平台上设计实现测试服务管理的主要技术手段。

资源状态表

测试服务器的一个主要功能就是管理仪器资源，根据客户机的不同服务请求把仪器资源合理分配给客户机，我们用资源状态表来实现该功能。

在 LabVIEW 5.1 中我们采用 Cluster 结构来建立资源状态表，用于存储仪器名称、地址及其使用状态等信息。如图 4 所示。

资源状态表的具体用法是：当一个客户机需要使用一个仪器时，向测试服务器发送服务请求，服务器收到该请求后，首先检查资源状态表，判断仪器状态，若仪器空闲自分配给该客户机使用，否则返回“忙”信息，客户机继续等待，直到其它客户机使用完该仪器后，才能得到该仪器的使用权。

仪器的冲突与锁定

资源状态表是一个管理仪器的简单有效的方法，对于客户机请求使用单个仪器的应用比较合适，但通常情况下，一次测试任务往往需要多个仪器模块的综合应用，或几个仪器模块必须在一起使用，因此必须建立一个一个锁定机制来解决仪器使用时的冲突问题，避免“死锁”现象的发生。

我们采用了资源排序法和超时中断法来解决这个问题。

资源排序法实现对所有的仪器资源的使用优先级进行编号排序，客户机按照既定的次序进行资源申请，服务器也按照该优先级对客户机的服务进行仪器分配。

超时中断法是基于可能造成死锁的情况，客户机在从申请测试服务时开始计时，并等待服务器上仪器空闲状态响应，若经过一定的时间间隔后没有收到该仪器空闲状态响应，则表示该仪器已经被申请或已经发生

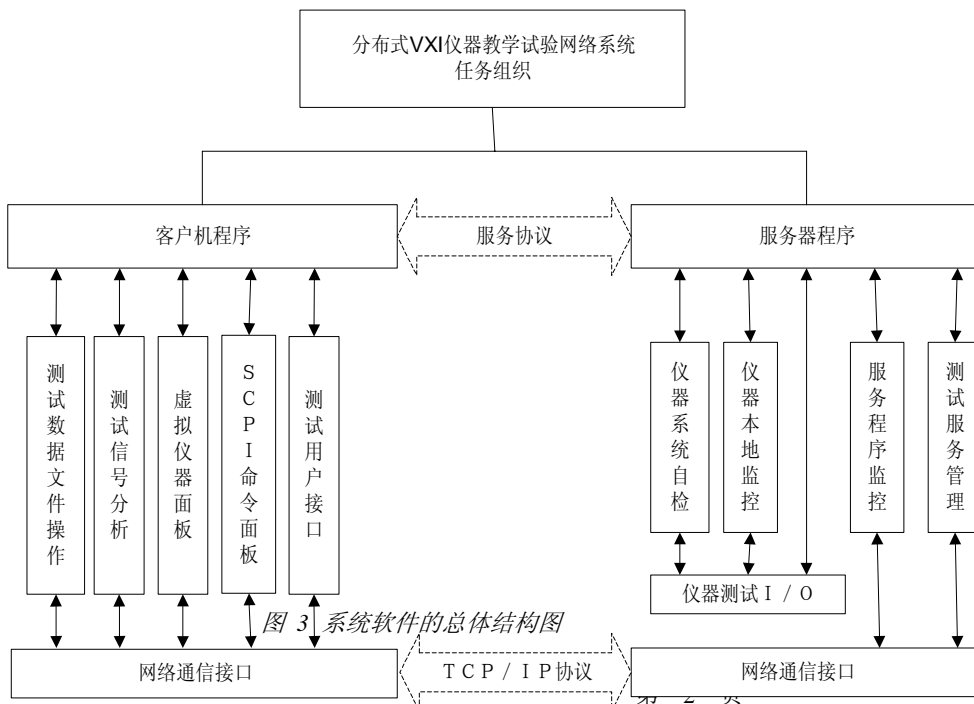


图 3 系统软件的总体结构图

死锁，客户机放弃此次申请，等待一段时间后重新发送服务请求。这种方法对解决已经发生的死锁问题比较有效。

4 两个典型实验项目

我们针对 VXI 测试系统原理和应用，为本科生和研究生开设不同程度的实验项目。下面简要介绍两个给本科生开设的实验项目：

实验 1：多路扫描数据采集

该实验的主要目的归纳为三个方面：

- 介绍三个基本 VXI 仪器的模块——数字多用表、多路开关、D/A；
- 使学生掌握使用 SCPI 命令控制 VXI 仪器的基本方法；
- 使学生了解如何通过形成扫描数字表组建多路数据采集系统。

数字表 HPE1411B 通过一根模拟电缆与多路开关模块 HPE1460A 连接，形成一个具有单一地址的多路扫描表。D/A 模块的输出连接到多路开关模块的端子上。学生根据使用指导书的步骤和要求，设置 D/A 模块 8 路输出为 5V，配置数字表作通道 0-7 的电压扫描测量、显示返回读数并记录测量结果。

实验 2：波形测量

本实验是在实验一的基础上，进一步巩固学生对 VXI 仪器编程的理解和掌握，实验目的可以归纳为：

- 介绍两个智能仪器模块——数字示波器和多功能函数发生器；
- 高级 SCPI 编程；
- 了解虚拟仪器的一些基本命令。

将函数发生器模块 HPE1440A 的输出端连接到数字示波器模块 HPE1426A 的输入端，要求学生通过自己设计一个操作员接口，改变函数发生器的输出信号的类型、频率等参数，并通过示波器观察信号波形。

5 结论

分布式 VXI 仪器教学试验网

络系统的优点主要表现在：既能充分发挥服务器控制测试仪器的接口能力，又能发挥客户机数据处理和图形处理的能力，便于充分发挥分布式系统信息处理的优势；系统结构具有极强的开放性，用户可根据实际需要在客户机上迅速开发出功能强大的测试应用。

采用分布式网络方式来组织和管理教学实验，符合今后高等工程教育加强实验技能培养，提高教学实验水平的发展趋势。实际应用结果表明：采用分布共享式系统结构是开展 VXI 教学实验的最佳选择，不仅节省经费、系统灵活、便于扩展，而且也为学生开阔眼界、增强能力创造了条件。该系统的实现，有效地解决了大学测试类实验室多组学生同时使用一个 VXI 仪器资源的矛盾，为 VXI 仪器广泛进入大学实验室创造了条件。

参考文献：

- [1] 杨乐平，曾敏，《VXI 测试系统方案设计的分析与实现》，测控技术，1996.3
- [2] 胡晓峰，戴长华，《计算机网络原理》，国防科技大学出版社，1995
- [3] 苗增良，《基于 VXI 总线的测试系统研究》，国防科技大学研究生院，1998