

# 基于 PXI 的无线通信远程实验平台的设计

金 鑫

(上海电子信息职业技术学院 上海 201411)

**摘 要:** 为了改善通信实验资源的紧缺、满足不断增长的实验应用需求,将虚拟仪器技术应用于通信课程的实践教学,设计开发基于 PXI 的无线通信远程实验平台,实现教学资源与 PXI RF 设备的远程共享。系统采用 C/S/D 的网络结构,由客户端、服务器与设备端 3 部分组成;各终端的软件设计与平台的应用分工相结合,通过 TCP/IP 协议进行相互间的运行通信与数据传输。实验表明:该平台的设计满足实验教学与远程测控的要求,具备开放性、综合性与可扩展性的特点。

**关键词:** 远程实验平台;通信原理;PXI RF

**中图分类号:** TN919 **文献标识码:** B **国家标准学科分类代码:** 510

## Design of remote wireless communication experimental platform based on the PXI

Jin Xin

(Shanghai Technical Institute of Electronics & Information, Shanghai 201411, China)

**Abstract:** In order to improve the shortage of communication experiment resources and meet the growing requirement for experimental applications, in this paper the virtual instrument technology was applied to the practice teaching of communication courses, and the remote wireless communication experimental system based on the PXI had been developed to accomplish teaching resources and PXI RF instruments sharing. This system adopted a C/S/D network architecture, which consisted of client, server and device three parts. Each terminal software development was combined with the applications division of the platform, and via the TCP/IP protocol for operational communication and data transmission between each other. Through example indicated the design of the platform could meet the requirements of experiment teaching and remote test control, it also had characteristics of openness, comprehensive and flexibility.

**Keywords:** remote experimental platform; principle of communication; PXI RF

### 1 引 言

随着高校工程教育改革的不断深入,在“回归工程”理念的基础上,强调以实践教学为核心,已成为各高校教学改革的方向和目标。(现代)通信原理是通信专业的基础课程之一,在课程的实验教学过程中,高校大多采用仿真软件与实验箱等传统实验设备,而具有工程性、综合性、创新性的实验平台相对缺乏;专业实验室的建设需要投入大量不同类型的仪器设备,尤其是通信类的实验设备,不仅价格高昂、且存在维护率高和更新速度快等问题;难以满足不断增长的实验应用需求。

远程虚拟实验平台的发展很好地改善了这个问题。通过虚拟仪器技术与网络平台的结合,使得实验资源的应

用率在时间和空间上有了很大幅度的提升。

目前,国内已有超过 70 多所高校建立了远程虚拟实验室,涉及电子工程、机电控制等各类学科,开展软件仿真与远程测控的实验应用。以建设(现代)通信原理实验课程为目标,构建无线通信远程实验平台,实现教学资源与实验设备的远程共享。

### 2 远程实验平台的设计开发

#### 2.1 系统构架

远程实验平台的结构模型如图 1 所示,整个系统分为 3 个部分:设备端(测试平台),处于远程实验系统的下位机,承载了实验项目中所需的设备资源。客户端工作在学生端本地,是实验系统的上位机。学生可以通过客户端程

收稿日期:2014-12

序与服务器进行网络连接,运行实验平台的各种应用功能。服务器是远程实验平台的数据交互中心(包含数据

库),承担系统任务管理的工作;与客户端、设备端之间建立通信连接,实现各终端之间的数据交互。

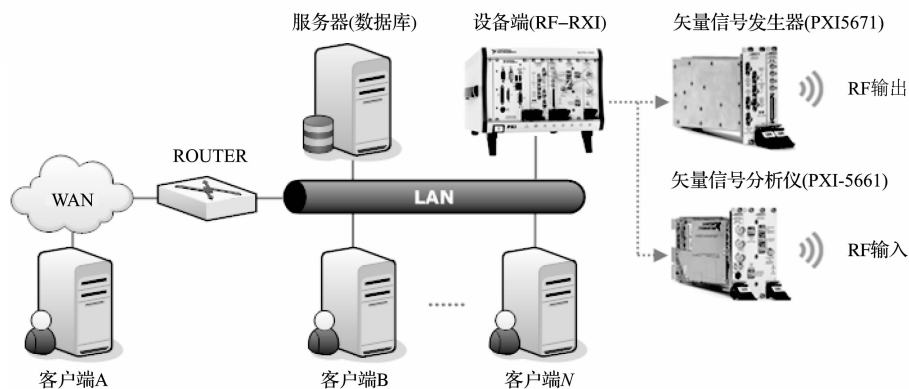


图1 远程实验平台系统结构

远程实验平台采用由客户端、服务器和设备端构成的C/S/D网络构架,与传统的C/S结构不同,实验系统中的硬件设备部分从服务器中脱离了出来,成为一个独立的终端——设备端,与客户端、服务器构成了3层的网络结构,如图2所示。

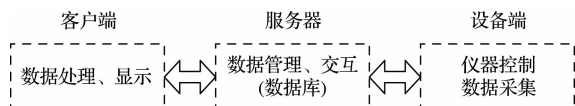


图2 系统网络结构

由于结构中设备端的独立,使服务器没有了数据采集

的压力,面对多用户多任务的处理效率得以提高;服务器、采集设备不受彼此故障的影响,提升了设备的安全性与稳定性、降低了系统的维护难度;而实验平台的灵活性与可扩展性也得到了提高,服务器可以方便地添加多个网络连接的硬件资源,进行客户端和设备端之间多对多的实验连接。

## 2.2 系统硬件结构

实验平台的仪器部分主要集中在设备端平台上。设备端采用PXI总线结构,由“射频接收模块”与“射频发射模块”组成,通过PXI总线与控制器连接通信,构成一个完整的PXI RF通信实验平台,设备端硬件结构如图3所示。

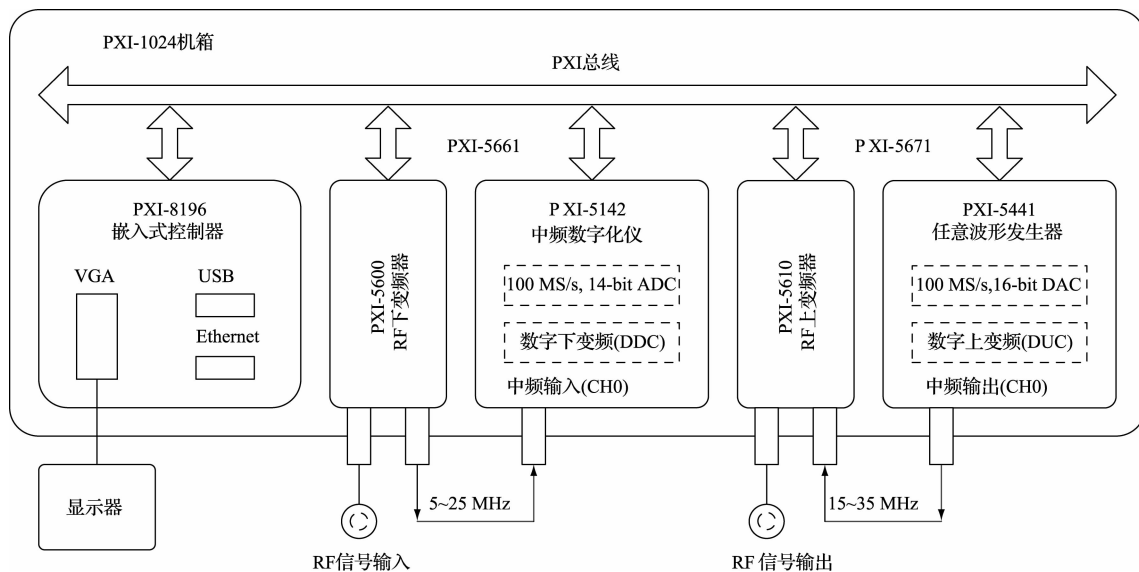


图3 设备端硬件结构

射频接收模块采用PXI-5661 矢量信号分析仪,由PXI-5600下变频模块和PXI-5142 数字化仪两块板卡组成。下变频模块对接收到的RF射频信号进行降频处理,

能够将中心频率9 kHz至2.7 GHz的输入信号,调整到以15 MHz为中心、5~25 MHz为带宽的中频(IF)频段上。经PXI-5600下变频后的中频信号,送入至中频数字

化仪。PXI-5142 包含 ADC 单元和数字下变频(DDC)2 个部分,继续将中频的模拟信号转换为基带的数字信号,为后续的实验程序处理做好准备。

射频发射模块采用 PXI-5671 矢量信号发生器,由 PXI 5441 任意发生器和 PXI 5610 上变频单元组成。与射频接收模块相比,发射模块的信号处理过程正好相反。在信号发生单元,需先从内存中取出调制后的基带信号(基带调制由实验程序完成),对其进行数字上变频(DUC)处理,再经过 D/A 处理变换成中频模拟信号;最后通过 PXI-5610 上变频器转换为射频信号并实现发射。

### 2.3 系统软件设计

远程实验平台的软件设计是整个系统开发的核心工作,根据每个终端不同的任务分工,分别进行软件开发。系统的软件构架与实验平台的功能应用相结合,如图 4 所示。根据实验者对实验平台的应用需要,实现不同终端软件之间的数据通信与功能调用。以软、硬件共享实验为例进行介绍。

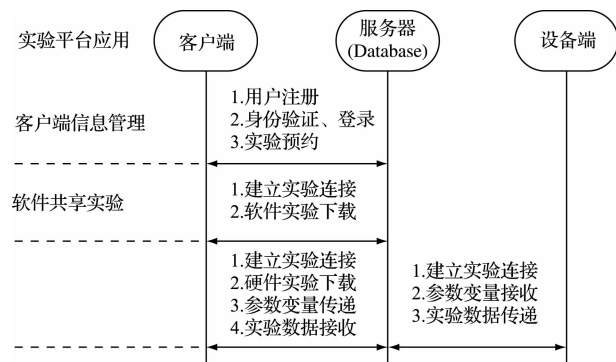


图 4 系统软件结构

#### 1) 软件共享实验

实验由客户端与服务器建立 TCP/IP 连接,客户端可以访问服务器端的共享软件程序。在网络通信建立后,实验程序被下载到客户端独立运行,避免了和其他用户控制权的冲突,同时也不再受到网络状况、服务器端的运行状态的影响。由于不涉及硬件仪器设备的使用,共享软件实验一般用于课程配套的仿真实验。

#### 2) 硬件共享实验

硬件共享实验程序分为 2 个部分:实验的操作界面、设备参数的设置,以及实验数据的处理显示在客户端的实验程序中;而设备驱动、仪器控制和数据采集部分则运行在设备端。客户端的实验程序通过服务器来控制设备端(程序)进行数据采集,并实时获取仪器的测试数据。

实验过程中,由于存在对于硬件资源的单一占用,需要通过服务器对用户的预约信息进行核查,并接受客户端在约定时间内的资源访问。

### 3 系统运行与应用实例

首先,需要在本地计算上安装远程实验系统的客户端软件;启动客户端程序,进入实验系统界面。远程实验平台为实验者提供:基于通信仿真的“软件共享实验”与实现 PXI 设备采集的“硬件共享实验”。2 种类型都包含了与通信原理课程内容结合的实验项目,如图 5 所示为供用户选择的硬件共享实验项目,其中包括:幅度调制(AM)、角度调制(FM)、幅移键控(ASK)、频移键控(FSK)、相移键控(PSK)、正交幅度调制(QAM)等相关实验。



图 5 硬件共享实验项目

以正交幅度调制实验为例,对硬件共享实验进行远程操控。实验采用自发自收的工作方式,通过 PXI RF 平台实现对 QAM 调制信号的收发,并对调制误差与系统质量进行检测。

客户端下载实验程序后,自动在本地调用运行。用户需要在矢量信号发射(RFSG)前面板中分别对设备的发射参数、QAM 系统参数,以及脉冲成形滤波器的参数进行设置,如图 6 所示。并可以在“Message to Send”框中输入需要调制发送字符串信息。

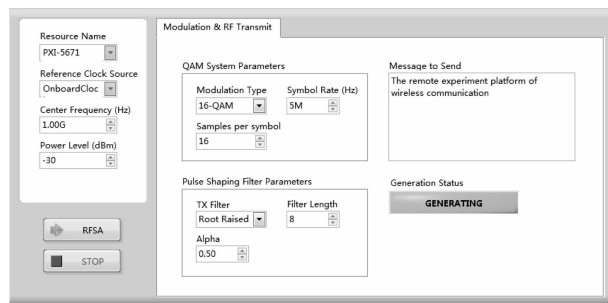


图 6 QAM RFSG 前面板

点击前面板左下方的“RFSA”按钮,用户界面自动切换到信号接收测试前面板,如图 7 所示。这里,同样需要对接收设备的相关参数进行设置,在 RFSA 与 RFSG 面板中设置必须相互对应,所有参数都将通过服务器发送至设备端;而设备端在接收到参数后则进行 QAM 调制实验,并将实验数据转发至客户端,完成反馈。

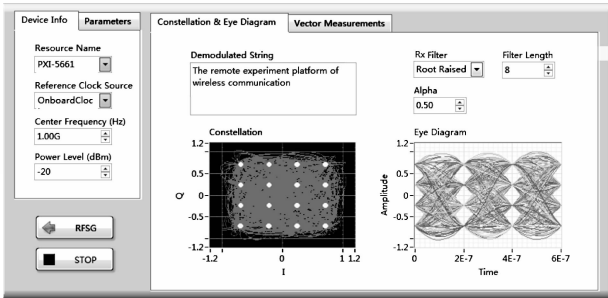


图7 QAM RFSA 前面板

在客户端接收前面板中,可以看到设备端返回的QAM解调后的字符串数据、QAM恢复矢量的星座图与眼图图形,以及矢量(调制)误差与系统缺陷的测量结果,如表1所示。

表1 QAM 硬件共享实验的参数设置与测量结果

| 设备硬件         | PXI-5671 (VSG) | PXI-5661 (VSA) |
|--------------|----------------|----------------|
| 收发信道参数       | 发射机功率:         | 接收机功率:         |
|              | -30 dBm        | -20 dBm        |
|              | 发射中心频率:        | 接收中心频率:        |
|              | 1 GHz          | 1 GHz          |
| 信号调制参数       | 调制类型           | 16-QAM         |
|              | 符号样本数          | 16             |
|              | 符号率            | 5 MHz          |
| 成形滤波器参数      | 成形滤波器类型        | 根升余弦滤波器        |
|              | 滤波器长度          | 8              |
|              | Alpha 系数       | 0.5            |
| 测试项目         |                |                |
| 1. 矢量误差测量    |                |                |
| 误差矢量幅度(rms)  |                | 0.41 %         |
| 误差矢量幅度(peak) |                | 0.99 %         |
| 幅值误差 (rms)   |                | 0.31 %         |
| 调制误差         |                | 46.46 dB       |
| 相位误差         |                | 0.23 Deg       |
| 2. 系统缺陷测量    |                |                |
| 正交偏离         |                | 0.16 Deg       |
| IQ 增益平衡      |                | -0.06 dB       |
| 流偏移量(I)      |                | 0.83 %         |
| 直流偏移量(Q)     |                | -0.12 %        |

通过 QAM 硬件实验可以表明,平台的设计达到了远程通信实验的要求;设备端对用户设置的参数能够迅速地进行响应,完成仪器设备的操作;而在客户端也能够实时地接收到对应参数的实验数据与测试结果。

4 结 论

无线通信远程实验平台的建立,不但实现了传统通信设备的实验功能,还改善了通信实验设备紧张的矛盾,为学生提供了开放、自主的实验动手环境。平台的设计满足综合性、工程性的应用要求;既能用作课程原理的学习平台,也可承担远程仪器控制、数据共享的交互式应用。设备端与服务器相互独立的系统结构,为实验仪器、教学资料的扩展提供了便利,也增强了其他实验资源的可接入性。基于 PXI-RF 的射频模块,具有很强的通信测试能力;在远程实验平台的基础上,设备资源大大提高了使用价值。

参 考 文 献

[1] 樊昌信,曹丽娜. 通信原理[M]. 6 版. 北京:国防工业出版社,2010:180-258.

[2] 杨小牛,楼才义,徐建良. 软件无线电技术与应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2010:101-139.

[3] 江建军,刘继光. LabVIEW 程序设计教程[M]. 北京:电子工业出版社,2008:262-282.

[4] 周鸿武. 基于 LabVIEW 的通信仿真[D]. 贵州:贵州大学,2009:22-34.

[5] 赵越. 通信原理虚拟实验平台的设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2012:13-32.

[6] 孙爱晶,刘毓. 基于软件仿真的通信原理实验教学[J]. 实验室研究与探索,2010,29(1):135-137.

[7] 文永康,贺正军,谭红芳. 基于 PXI 的矢量信号分析系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2014,22(2):636-638.

[8] 钱声强,王露,李晴. 基于 LabVIEW 的数字电路课程远程实验平台开发[J]. 常州信息职业技术学院学报,2010,9(1):63-65.

[9] 金鑫,张婷. 基于 LabVIEW 的无绳电话虚拟检测平台设计[J]. 国外电子测量技术,2009,28(1):48-51.

[10] 屈晓旭,张用宇,姜景艺. 基于虚拟仪器的通信原理远程实验平台设计[J]. 实验室研究与索,2011,30(7):41-43.

作 者 简 介

金鑫,1982 年出生,讲师,主要研究方向为虚拟仪器技术、软件无线电技术。  
E-mail:golden\_jx@163.com