

# 基于 LXI 总线 PCI 接口的软件设计

邱 畅 李 龙 郑艳梅

(中国电子科技集团公司第四十一研究所 青岛 266555)

**摘要:** LXI 总线具有高速、灵活等特点,已经广泛应用在仪器仪表中,如何将 PXI 总线设备快速升级成 LXI 总线设备成为急需解决的问题。本文介绍了 3 种通过网络控制 PCI 接口设备的方法:基于 SCPI 的网络通信和命令解析、基于寄存器的网络通信和命令解析以及通过远程过程调用(RPC)实现。通过分析比较可知,采用 RPC 方法时驱动程序和软面板代码基本不需要做任何业务方面的改变,可直接使用,能够最快速度更新软件,继承性最好,并将此方法应用到 LXI 多通道数字并行测试模块项目中,课题顺利通过验收,取得了很好的效果。

**关键词:** PCI 总线; LXI 总线; RPC; 命令解析

**中图分类号:** TP311.52 TN915.04 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510

## Software design of PCI interface based on LXI bus

Qiu Chang Li Long Zheng Yanmei

(The 41st Research Institute of CETC, Qingdao 266555, China)

**Abstract:** LXI bus with high speed, flexibility and other characteristics, has been widely used in instrumentation, and how to upgrade the PXI bus device LXI bus equipment quickly become an urgent problem to be solved. This paper introduces three methods to control the PCI interface device by network: the network communication and command parsing based on SCPI, the network communication and command parsing based on register, and the implementation of the remote procedure call (RPC). Through the analysis and comparison, using RPC method, the driver and soft panel code do not need to do the basic change in any business, can be used directly, to the fastest speed update software, inherited the best and applied this method to the LXI multi channel digital parallel test module project, project successfully passed the acceptance, achieved good results.

**Keywords:** PCI Bus; LXI Bus; RPC; command parsing

### 1 引言

从 20 世纪 70 年代起,先后出现 GPIB(通用仪器总线,IEEE488 标准)、VXI(VME 总线的仪器扩展,IEEE1515 标准)、PXI(PCI 总线的仪器扩展)和 LXI(LAN 的仪器扩展)几种开放式仪器总线。PXI 总线的数据传输速率远远高于 GPIB 总线和 VXI 总线,但需要有 PXI 机箱来支撑<sup>[1]</sup>; LXI 是 2004 年 LXI 联盟定义的总线标准,基于 LAN 总线的通信接口<sup>[2]</sup>,但不能实际控制硬件,所以 LXI 仪器经常采用 PCI 接口和 LXI 总线相结合的方式。

目前很多仪器生产厂家的产品都具有继承性,从 VXI 到 LXI 和从 PXI 到 LXI,硬件只是改变通信接口部分,采用 LXI 模块来替换 PXI 机箱,硬件控制部分大多不做修

改,仍然采取 PCI 接口进行通信,这就要求软件能够方便快速的进行移植和更新。本文介绍了几种从 PXI 总线仪器到 LXI 总线仪器转换的软件控制思路。

### 2 LXI 外控软件结构模式

由于 LXI 测试模块没有显示和按键面板,所以必须开发外控软件,以实现测试模块的控制和集成。LXI 外控软件实现有 B/S、C/S 两种结构模式<sup>[3]</sup>。

如图 1 所示,B/S 模式又称为浏览器/服务器模式,一般采用 HTTP 协议,该模式用户端只需要安装一个浏览器来直接访问该模块地址,就可以实现远程模块的访问; C/S 模式又称为客户端/服务器模式,一般采用 TCP/IP 协议,用户通过客户端软件接收测试数据或发送模块控制

收稿日期:2015-12

信息,服务器软件即 LXI 测试模块内部软件实现对 PCI 设备的控制和同客户端的通信。两种结构各有优缺点,B/S 模式无需安装客户端软件,随时随地都可以实现对测试模块的控制,但是它实时性差,并且服务器端负重比较大。本文采用的是 C/S 结构。

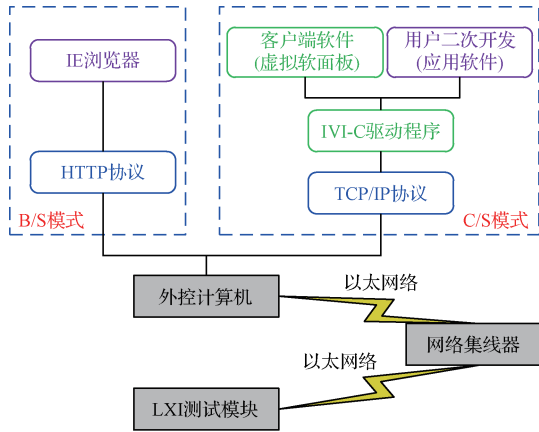


图1 LXI 测试模块外部控制软件组成

### 3 基于 SCPI 的网络通信和命令解析(方法一)

客户端与服务器之间的通信比较通用的实现方法是通过网络传输命令和数据,在服务器端将客户端的命令进行解析<sup>[4]</sup>。

#### 3.1 网络传输

网络传输采用 TCP/IP 协议<sup>[5]</sup>,基于 socket 套接字来实现。Window 操作系统的 TCP/IP 网络传输过程如下所示:

1)服务器进程创建套接字,给套接字地址变量赋初值,将服务器地址绑定到创建的套接字上,之后服务器进程准备接收来自客户机的连接请求。无连接请求时,服务进程被阻塞。

2)客户进程创建客户端套接字,给地址结构体变量赋值,向服务进程发出连接请求。

3)当连接请求到来后,被阻塞服务进程的 accept() 函数生成一个新的字节流套接字,并返回客户机的 sockaddr\_in 结构变量,从而在服务器应用程序中用新的被赋予客户机地址的套接字同客户进程进行连接,然后向客户方返回接收信号。

4)一旦客户机的套接字收到来自服务器的接收信号,则表示客户机与服务器双方已实现连接,可以通信。

#### 3.2 SCPI 命令解析

SCPI 是可编程仪器标准命令<sup>[6]</sup>。SCPI 语言使用层次化结构——“树”形结构,每条“树”命令都是以根层次命令(也称“子系统”)开始,每个根层次命令下面又有许多层次命令。只有按照从树根到叶子的完整路径发送命令,仪器才能正确执行相应的操作命令。“树”的左节点表示子节点,右节点表示兄弟节点。

```

1 ! *CLS
2 | *IDN?
3 ? CALCulate : STATE
4 ? [SOURCE] : POWer : ALC : LEVel <FM>
5 ? [SOURCE] : POWer : ALC:EXT : COUPlE <FD>
    
```

(a) 仪器 SCPI 命令表

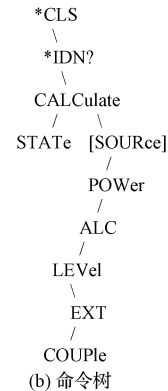


图2 SCPI 语言示意

SCPI 命令解析器包含两部分内容。一是命令树的创建。编写 SCPI 命令表,此表包含仪器的所有 SCPI 命令,将 SCPI 命令表保存成文本文件,然后按照规则将文本文件中的命令变成完整的命令树。二是命令树遍历。遍历整个命令树,解析出某一 SCPI 命令的命令以及参数信息<sup>[7]</sup>。

基于 SCPI 的网络通信和命令解析的方法适用于新课题,将每个功能作为一条 SCPI 命令下发给服务器端,服务器端解析后对 PCI 接口的模块进行控制。

### 4 基于寄存器的网络通信和命令解析(方法二)

针对继承类产品,如果不要求满足 SCPI 标准,则此方法是对上面方法的一种简化。将软面板程序和对 PCI 的控制均放在客户端,将网络通信的控制命令简化成两条,一条用来写入命令,一条用来读取数据。仅需要将 PCI 寄存器的操作转换成网络通信控制命令,修改起来极为方便,客户端的软面板几乎不做改变。服务器端程序的实现同方法一。

1)PCI 接口采用通用的 visa 函数,采用 PXI 机箱时读写函数分别为:

读函数:viIn16(仪器句柄, VI\_A32\_SPACE, 偏移地址, & 读取数据);

写函数:viOut16(仪器句柄, VI\_A32\_SPACE, 偏移地址, 写入数据);

2)采用此方法将 visa 函数中的寄存器地址和数据,作为一条 SCPI 命令,读写函数分别为:

读函数:  
printf(SendBuf, "REG:READ %d;\n", 偏移地址);  
viWrite(vi, (unsigned char \*)SendBuf, strlen(SendBuf), &retCnt);

viRead(vi, (unsigned char \*) cTemp, BUFF\_SIZE,

&.retCnt);

写函数:

printf(SendBuf, "REG: WRITe %d,%d;\n", 偏移地址, 写入数据);

viWrite(vi, (unsigned char \*) SendBuf, strlen(SendBuf), &.retCnt);

采用此种方法修改简单, 工作量小, 但此种方法只能对 PCI 寄存器的读写进行简化, 而对于中断机制和 DMA 读写则无法简单实现; 并且每个寄存器的读写都需要经过网络传输, 降低了运行速度。

### 5 通过 RPC 实现(方法三)

#### 5.1 RPC 工作原理

RPC(remote procedure call protocol) 远程过程调用协议, 它是一种通过网络从远程计算机程序上请求服务, 而不需要了解底层网络技术的协议<sup>[8]</sup>。RPC 协议假定某些传输协议的存在, 如 TCP 或 UDP, 为通信程序之间携带信息数据。在 OSI 网络通信模型中, RPC 跨越了传输层和应用层。RPC 使得开发包括网络分布式多程序在内的应用程序更加容易。

RPC 采用客户机/服务器模式, 如图 3 所示。请求程序就是一个客户机, 而服务提供程序就是一个服务器。首先, 客户机调用进程发送一个有进程参数的调用信息到服务进程, 然后等待应答信息。在服务器端, 进程保持睡眠状态直到调用信息到达为止。当一个调用信息到达, 服务器获得进程参数, 计算结果, 发送答复信息, 然后等待下一个调用信息, 最后, 客户端调用进程接收答复信息, 获得进程结果, 然后调用执行继续进行。

#### 5.2 RPC 设计实现

将 PXI 总线设备转换为 LXI 总线设备, 采用 RPC 实现主要包括服务器程序、客户端程序和驱动程序。服务器程序用来监听客户端的服务请求。客户端程序完成客户

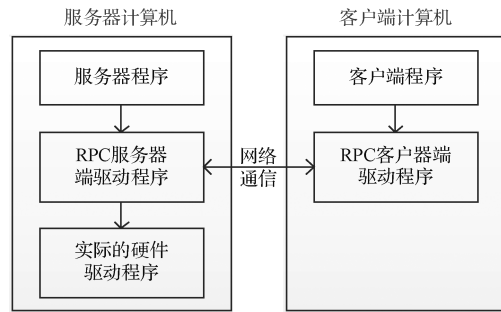


图 3 远程过程调用流程

端程序的初始化并向服务器程序发起远程过程调用。客户端和服务端应该采用相同的网络协议和端口号<sup>[9]</sup>。

表 1 客户端和服务端所需函数<sup>[10]</sup>

	用到的函数	函数功能
服务器端	RpcServerUseProtseqEp	指定 RPC 使用的协议和端口号
	RpcSrvrRegisterIf	注册 RPC 服务器
	RpcServerListen	RPC 服务器开启监听
	midl_user_allocate	分配内存
	midl_user_free	释放内存
客户端	RpcStringBinding	产生一个字符串绑定句柄
	Compose	从一个绑定句柄的字符串
	RpcBindingFrom	表示法中返回绑定句柄
	StringBinding	

驱动程序分为客户端驱动程序和服务器端驱动程序, 首先将驱动程序的函数写入 AV7382C.idl 文件中, 编译此 idl 文件, 则自动产生 AV7382C\_h.h、AV7382C\_c.c、AV7382C\_s.c 3 个文件, AV7382C\_h.h、AV7382C\_c.c 加入到客户端程序工程中, AV7382C\_h.h、AV7382C\_s.c 加入到服务器端程序工程中。其次需要将函数进一步封装, 下面以关闭函数为例说明函数的调用过程, 如图 4 所示。

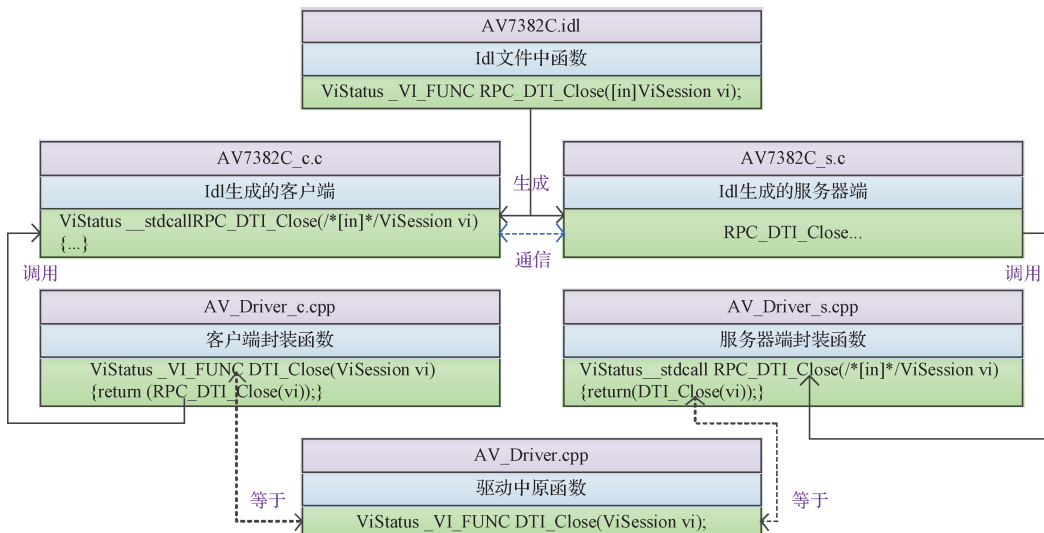


图 4 函数调用关系

由图中可以清晰看出远程过程调用的实现过程,仅仅需要将原来驱动中的各个函数写入 AV7382C.idl 文件中,再封装到 AV\_Driver.c.cpp 和 AV\_Driver.s.cpp 中,就可以将原来 PXI 总线设备转换成 LXI 总线设备,软面板和驱动动态库完全不需要修改,简单易行。

## 6 结 论

前面讨论的 3 种方法各有利弊,使用者需要根据实际情况来决定。基于 SCPI 的网络通信和命令解析满足 SCPI 规范,通用性和互换性好,适用于新研课题,对于继承性软件,升级工作量大;基于寄存器的网络通信和命令解析如果有网络通信和命令解析基础,工作量非常小,缺点是只适用于仅存在读写操作且速度要求不高的 PCI 设备;通过 RPC 实现的优点是原来的 PCI 控制程序包括硬件控制和界面控制都不需要进行修改,只需要中间增加 RPC 通信层,继承最完整,这种方式需要对 RPC 的工作原理有所了解。

经过对将 PXI 总线设备转换成 LXI 总线设备的 3 种方法进行比较,LXI 多通道数字并行测试模块中采用的方法是通过 RPC 实现,大大缩短了开发时间,提高了效率和降低了再次开发出错的几率,本方法已经在项目中得到了应用,取得了很好的效果。

## 参 考 文 献

[1] 黄身鏊. PCI 总线接口芯片 9054 及其应用[J]. 世界

电子元器件,2006(6):57-59.

- [2] 尹洪涛,黄灿杰,付平,等. LXI 标准概述[J]. 国外电子测量技术,2007,26(5):15-18.
- [3] 盛楠. LXI 模块的远程信息交互[J]. 仪器仪表学报,2011,32(增刊 2): 142-145.
- [4] 胡龙飙,尹洪涛,付平. LXI 数字多用表设计[J]. 电子测量技术,2014,37(8):46-50.
- [5] 李彦,李镛. 基于嵌入式 Linux 系统的双网卡大数据传输[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(9): 1027-1032.
- [6] 宋吟龄. 雷达频率源自动测试系统软件设计[J]. 国外电子测量技术,2015,34(2):47-49.
- [7] 井涛,郭永瑞. 一种实用的 SCPI 语法分析设计方法[J]. 国外电子测量技术,2006,25(2):22-24.
- [8] 耿建平,邓力. LXI 网络发现机制的实现. 微计算机信息,2011,27(9):22-24.
- [9] 陈安军. LXI 总线基于 VXI-11 的自动发现机制研究[J]. 仪器仪表学报,2009,30(增刊 1):514-517.
- [10] 余伟. 基于云计算的分布式搜索技术研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2011.

## 作 者 简 介

邱畅,1979 年,工程师,主要研究方向为 LXI 合成仪器。

E-mail: qiuchang41@126.com

## 英国 Pickering 公司发布全新高密度 2A PXI 开关模块

专为中等功率切换要求设计的超高密度开关

2016 年 05 月 23 日,作为电子测试与验证领域模块化信号开关和仿真产品的领导者,英国 Pickering 公司发布最新高密度 2A PXI 开关模块。

2A PXI 开关模块(40-100)-采用 83 组 SPDT 继电器的配置,相对于 Pickering 公司常用的 40-139 系列,配置从 52 组 SPDT 升级为 83 组,提高了开关密度,该设计最初是针对航天国防领域对高密度开关的需求定制开发的。该最新开关模块适用于所有需要高密度开关切换中等电源信号の場合。主要指标:电流 2 A,电压 200 VDC/140 VAC。

该 40-100 高密度开关模块的前面板配置了 500 针

SEARAY 高密度连接器。同时 Pickering 公司也提供标准线缆连接方案,包括从该连接器转至更多通用的 D 型连接器、IDC 型连接器或自由导线方案。满足客户的各种转接需求。

该模块在汽车、航天、军工以及电源单体测试等领域都已经有了典型应用。

所有 Pickering 公司提供的产品均提供标准 3 年质保和长期的产品技术支持服务。产品价格及相关产品信息已经在官方网站同步更新,更多信息请访问:www.pickeringtest.com