文章编号：2095-4980(2014)06-0890-06

LXI 设备多用户访问控制与数据共享方法

何　鹏

(中国工程物理研究院 计量测试中心，四川 绵阳 621999)

摘　要：在分析现有局域网扩展仪器(LXI)设备的特点和实际使用情况的基础上，指出存在多用户访问控制冲突和数据共享的问题。通过采用重叠 IO 加事件通知的方法来增加服务器端的承载能力，并利用 VXI-11 协议实现互斥访问控制。利用 Silverlight 支持用户数据包协议(UDP)的特点，将网络负载压力转移到程控端，实现数据共享。在不同测试环境中进行的测试结果显示，本文采用的方法能有效增加 LXI 设备的网络负载，提高信息同步的能力以及设备安全性。

关键词：局域网扩展仪器；多用户访问控制；数据共享；Silverlight 技术；重叠 IO

中图分类号：TN915.41；TP216　　**文献标识码：**A　　**doi：**10.11805/TKYDA201406.0890

Muti-user access controlling and data-sharing for LXI devices

HE Peng

(Metrology and Testing Center, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China)

Abstract: The characteristics and service conditions of LAN eXtensions for Instrumentation(LXI) are analyzed. Two problems including multi-user control conflicts and data-sharing are pointed out. Some solution are adopted as follows: binding the event notification to overlapped I/O to increase the bearing capacity of the server, then using VXI-11 protocol to realize the mutually exclusive access control and using User Datagram Protocol(UDP) of Silverlight to transfer network stress to the remote nodes. Through tests in different environments, it indicates that the method proposed in this paper can effectively increase the ability of the network loading, as well as the information synchronization and the security.

Key words: LAN eXtensions for Instrumentiation; multi-user accessing and controlling; data-sharing; Silverlight; overlapped IO

随着科学技术的发展和自动测试需求的更新，Agilent Technologies 和 VXI Technology 两公司在 2004 年共同组建了 LXI 联盟，并得到了迅速发展，该联盟在组建后一年发布了新型的模块化仪器平台标准——LXI 规范。LXI 总线技术以工业标准以太网技术为基础，充分利用了计算机网络技术传输速度快、吞吐量大、接口协议简单等特点，非常适用于当今分布式测试系统组建的需求，并得到广泛应用。LXI 设备能够较好地适应计算机网络化测试和军用测试向通用、灵活方向发展的趋势，非常有利于组件测试系统并提升测试效率。

按照 LXI 规范的要求，LXI 仪器根据功能实现分为 A,B,C 3 个等级。其中 A 类仪器是当今 LXI 仪器研究的主流方向。A 类仪器按规范要求，支持 IEEE1588 精密时钟同步协议、Mdns(组播 DNS)网络发现协议、VXI-11 协议、支持硬件总线触发等功能。其中支持 VXI-11 协议是 LXI 仪器的重要基础功能，该协议要求仪器间的通信部分必须以开放网络计算/远程过程调用(Open Network Computing/Remote Procedure Call, ONC/RPC)为基础。LXI 模块仪器对访问者而言，类似于通常所谓的服务器，而网络中的情况错综复杂，当多用户对同一设备进行访问控制时，就面临控制权争夺的情况，这对 LXI 仪器的多用户访问控制能力提出了较高的要求。同时，在实际使用中，LXI 设备需要频繁地接收程控端传输的指令并解析，根据要求向程控端传输测试数据。当传输数据量较大或者是多用户同时访问用户时，LXI 设备如果不能在所有的程控端都实现配置信息和测试数据的同步，则与其作为服务器模式供用户使用的方式相违背。

针对上述问题，本文在 LXI 仪器内部运行的服务器程序中采用事件通知与重叠 IO 相结合的方式来设计服务器中符合 VXI-11 协议的网络通信模块，提高了服务器程序的多用户访问控制能力。同时，为了能够在程控端同

收稿日期：2013-11-06；修回日期：2014-02-19

步参数配置和数据共享，采用基于 Silverlight 技术来实现程控端软件，将 LXI 设备的网络负载压力转移到程控软件所在 PC 机上。

1　相关研究

当今电子测试仪器中，LXI 设备的开发大多基于 Windows 平台，都支持 WinSokcet32。因此，考虑到实际使用中程控端与 LXI 仪器之间信息交互的实时性、稳定性和传输速率，LXI 模块仪器的网络通信模块主要采用套接字(Socket)技术，分为程控端和服务器端 2 部分来实现。其中，程控端软件部分采用基于 Silverlight 技术来实现，它是当今较为流行的浏览器/服务器(B/S)模式软件设计技术，具有跨平台、跨浏览器、UI(User Interface)元素封装好、支持 Socket 和支持独立存储等特点[1]。由于目前最新且使用广泛的操作系统——WIN7 或 WIN8 都自带 Silverlight 插件，通过网线或交换机等设备与仪器连接后就可直接通过浏览器来程控 LXI 设备，利用 Silverlight 技术开发 LXI 设备的程控软件具有良好的前景。

仪器端软件部分对 Socket 技术中的阻塞、select,WSAAsyncSelect,WSAEventSelect、重叠 IO 等模型进行了比较，选择了重叠 IO 来设计服务器程序的网络通信模块。因为在前 4 种模式建立的网络通信模块中，数据会首先拷贝到单套接字的接收或发送缓冲区中，然后应用程序才会被告知可以接收或读取的容量，当相应的 API 函数被调用之后，数据才从单套接字缓冲区拷贝到应用程序的缓冲区[2]。这种模型的建立类似串行的方式，系统资源得不到充分应用。相对于其他模型，重叠 IO 最大的优势就是它能够利用重叠数据结构来投递或接收多个连接请求服务。当重叠操作开始后，系统会根据当前使用情况自主调度资源来完成操作，并在动作完成之后接收到绑定事件的通知，继续数据处理等操作。该模式类似于并行方式，充分利用了系统资源，提高了运行效率。本文通过试验程序对此进行了验证：在调试程序时，如果数据传输量较大，前 4 种模型会始终占用该套接字资源，直到数据传输完成后才能接收下一次服务请求；而利用重叠 IO 则不同，在向系统投递了服务请求后，则将具体执行流程交给系统调度。套接字资源类似于异步模式，没有处于阻塞或占用状态，使得系统资源得到了充分利用，提高了网络吞吐量和使用效率。

2　设计思路

2.1 互斥访问控制功能

本节研究的互斥访问控制功能是只允许多用户对仪器的同时访问，但不允许同时控制仪器。这样设计的主要原因在于 LXI 模块仪器的程控方式主要为 B/S 模式，LXI 仪器本身相对于程控端为服务器，不应该限制用户对设备的访问，但由于 LXI 模块仪器的控制方式为网络程控，该方式具有很强的灵活性和便捷性[3]。如果 LXI 设备与传统测试仪器同样只是在初始化时进行简单的设备识别和程控连接，则会由于多用户使用方法的不确定性给测试操作和设备安全带来极大隐患。因此，当多用户同时对仪器进行程控时，必须能够区分程控端用户的权限，否则当仪器已处于受控状态时，其他用户也对仪器进行参数配置操作，则会引起误操作，无法得到正确的测试数据，甚至损坏仪器。通过实现互斥访问控制功能可有效保护 LXI 仪器。

VXI-11 协议中有两处提到与上述问题类似的说明。其中，B.4.5 节明确说明作为主机服务器的设备应该提供安全控制方法，但这部分已经超过该协议的要求；B.6.8 和 B.6.9 只是分别给出了远程控制和本地控制切换所需的函数说明。这两处都没有对上述问题的出现做出相关说明。LXI1.3 版协议则规定任何网页页面都应设置密码保护[4]，通过密码才能改变仪器设置，而这部分仅对单一用户的访问控制权限做了解释，并没有考虑到当多用户同时进行操作时可能引起的问题。

本文研究的 LXI 模块仪器的网络通信模块是根据 VXI-11 协议要求的 ONC/RPC(远程过程调用)为基础来设计的。程控端与 LXI 设备的信息交互所需网络数据包的格式都必须符合 RPC 格式[5]。VXI-11 协议的 B.6.1 在对 CreatLink 函数进行介绍时规定了建立网络连接所需的数据结构格式[6]：

```
struct Create_LinkParms {
long clientId;
bool lockDevice;
unsigned long lock_timeout;
string device<>;
};其中，clientid 就是程控端标示。
```

当程控软件启动时会与仪器建立网络连接，为了能够进行用户识别，程序设计时必须在初始化时随机生成一

个 32 位的整型数据赋给 clientid，用于向服务器注册用户信息[7]。LXI 仪器在开机启动后自主运行服务器程序，启动的过程中对应这部分功能会生成一个链表用于保存用户链接信息。当服务器程序监听到网络连接请求时，会首先对收到的网络数据报文进行解析，得到用户的注册信息。利用该信息在链表中进行查询，如果当前没有网络链接，则该用户信息将被保存在头结点，并向程控端返回，响应的 error 值为 0，成功建立网络连接，使得程控软件能够根据需要对仪器进行操作；如果当前已有程控端与设备建立了网络链接，则将解析出的用户信息即 clientid 值与当前链表中所保存的值进行比较。如果该值已存在，则返回，error 为 13，表明程控端生成的随机数与已保存的信息冲突，需要重新生成随机数，再次进行上述过程；如果该值不在链表已存信息中，则添加在链表尾，返回，error 值为 11，表明当前设备已被主状态程控端锁定。该过程的流程图如图 1 所示。

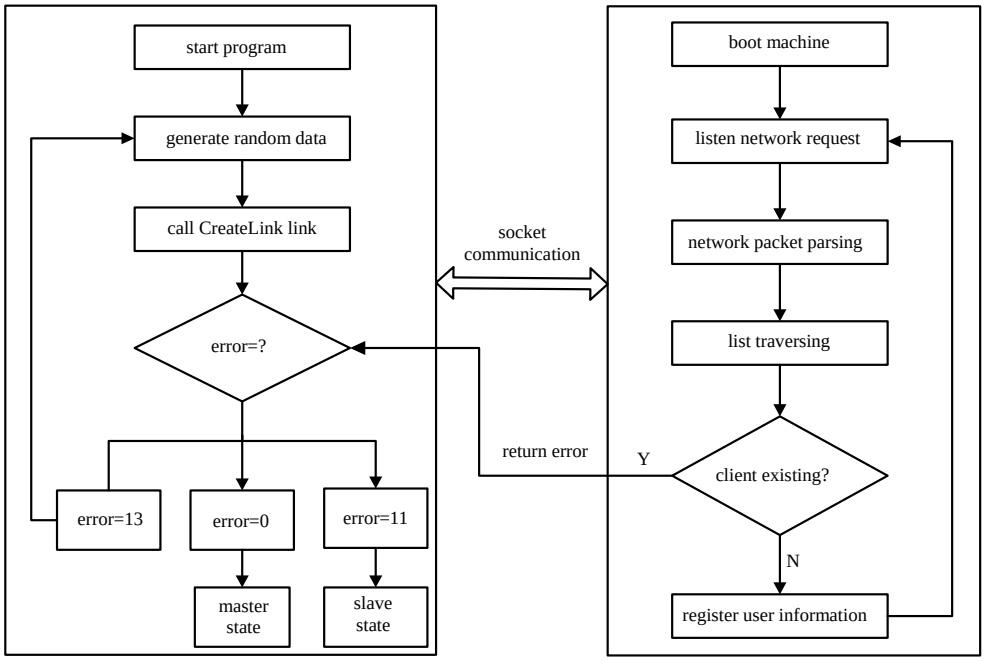

Fig.1 Flow chart of multi-user access controlling function
图 1 多用户访问控制功能流程图

2.2 数据共享功能设计

本节研究的数据共享功能包括了仪器配置信息的共享和测试数据的共享，主要用于多用户访问同一台 LXI 设备时的信息同步。

B/S 模式软件作为 LXI 模块仪器的主要控制方式，通常所采用的是基于 JavaApplet 编写的插件程序来实现。本文对基于 JavaApplet 技术与基于 Silverlight 技术实现的 B/S 模式软件进行了比较，同时对各设备生产商生产的 LXI 设备的程控软件进行测试观察，发现基于 JavaApplet 实现的 UI 不易美化，网络通信能力有限。UI 元素过多或刷新频繁时易出现卡顿，用户使用性不高。而 Silverlight 4.0 及以上版本开始支持 UDP，这对本节所要研究的数据共享功能有极大的帮助。因此本文采用 Silverlight 的技术来实现程控软件。

LXI 设备在使用时相对用户而言是作为服务器使用，但为了节省系统资源和加快开发进度，其内部通常不会像传统服务器一样有自己完整的数据库来完成文件或数据更新，以实现多用户数据同步。本节设计的数据共享功能与上一节讨论的互斥访问控制功能是相关联的，但主要是依托程控端软件来实现。具体思路为：当 LXI 仪器的当前连接个数为 2 或 2 以上时，会首先根据上一节介绍的互斥访问控制机制来确定主控机，然后程序向特定的多播地址和端口进行注册。如果

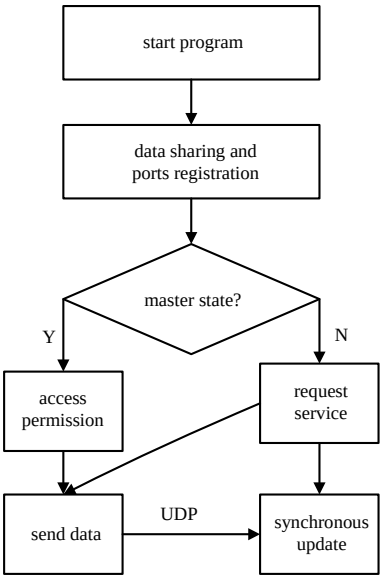

Fig.2 Flow chart of data-sharing function
图 2 程控端数据共享功能设计流程图

为主状态，则 LXI 设备与程控端进行正常的交互；如果为从状态，则 LXI 设备的服务仅提供给作为主状态的程控端，主状态的程控端则设计为定时地向数据功能所需的多播地址和端口发送配置信息和测试数据。这样就使得当主控机对仪器进行参数配置和数据采集时，其他优先级较低的程控端也能够在可接受的延迟后同步更新参数配置和数据刷新。程控软件通常是运行在 PC 机上，其处理能力一般都超过 LXI 设备所用平台的处理能力，通过这样的方式就将网络负载的压力转到主状态的程控端，使得网络传输的效率得到了很大提升。该过程的流程图如图 2 所示。

3　实验及结果分析

3.1 测试环境的搭建

在对所设计的功能进行验证时，需要根据实际使用情况搭建出合理的测试环境。在自研的 LXI 逻辑分析仪中实现了 LXI 模块设备的互斥访问控制功能和数据共享功能，并设计了 2 种情况下的多用户对同一台 LXI 设备的使用情况。

1) 3 台 PC 机上分别打开一个程控页面对同一 LXI 设备进行程控

测试时，将 3 台 PC 机、LXI 逻辑分析仪和信号发生器通过集线器和信号连接线进行连接，配置逻辑分析仪为正常采样方式，存储深度为 16 K，定时分析采样速率为 10 MHz，门限电平为 1 V；配置信号发生器输出信号为方波，速率为 10 MHz，低电平 0 V，高电平 2 V。打开各 PC 机上的浏览器，在地址输入栏输入设备的 IP 地址来访问设备主页。依次跳转到程控页面后，观察程控页面上的主从状态显示。观察各 PC 机的程控页面上是否能够进行参数配置和显示采集数据的波形，仪器实物连接图如图 3 所示。

Fig.3 Three hosts access one LXI device
图 3 3 台主机访问 LXI 设备连接实物图

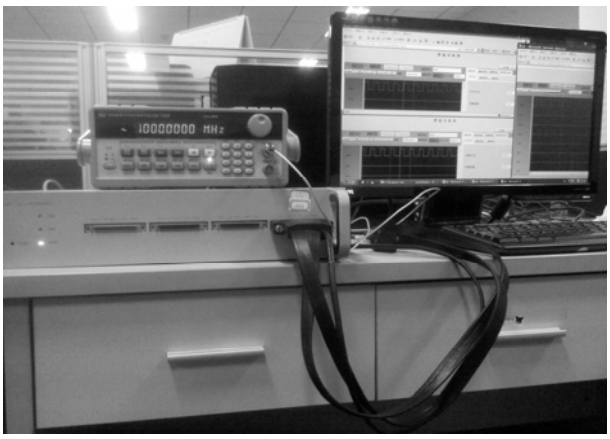

Fig.4 Multiple users access LXI device in one host
图 4　同一主机多个程控端访问 LXI 设备连接实物图

2) 同一台 PC 机打开 3 个程控页面对同一台 LXI 设备进行程控

测试时，将一台 PC 机、LXI 逻辑分析仪和信号发生器通过集线器和信号连接线进行连接，逻辑分析仪和信号发生器配置参数与第一种测试环境相同。在 PC 机打开 3 个浏览器窗口，在各浏览器窗口所在页面的地址输入栏分别输入逻辑分析仪的 IP 地址来访问设备主页。依次从主页上跳转到设备的程控页面后，观察程控页面上的主从状态显示。观察各程控页面上是否能够进行参数配置和采集数据的波形，实物连接图如图 4 所示。

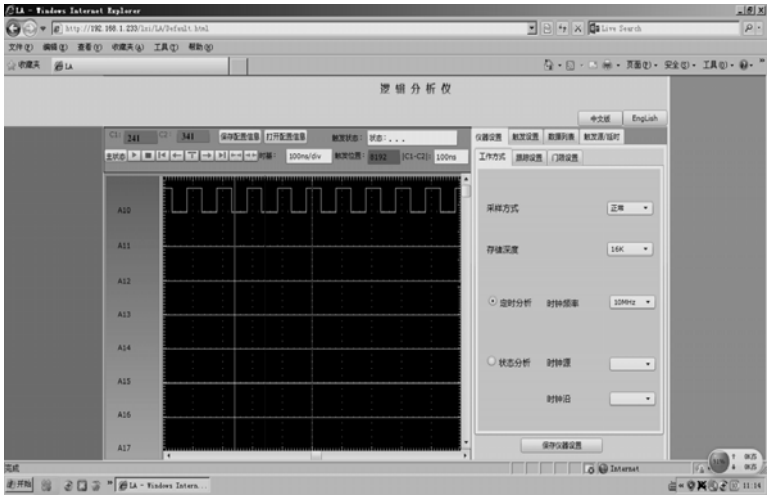

Fig.5 Test result of master end in the same host
图 5　同一台主机上主状态程控端测试结果图

3.2 测试结果

在第 1 种测试环境下，3 台 PC 机各自的程控页面在初始化后成功地显示了 1 个主状态和 2 个从状态，主状态程控页面上各控件处于使能状态，从状态程控页面上能够对仪器进行配置的控件都处于灰化状态；在主状态页面上对仪器进行参数配置并开始数据采集后，波形显示界面如图 5 所示，2 个从状态程控端在几秒后的同步页面如图 6 和图 7 所示。

在第 2 种测试环境下，在 PC 机上首先成功地在 3 个浏览器窗口打开了逻辑分析仪的程控页面。各程控端状态显示分别为 1 个主状态和 2 个从状态，主状态可以对设备进行参数配置，从状态程控端页面上能够对仪器进行配置的控件都处于灰化状态。在主状态页面上对仪器进行参数配置并开始数据采集后，各状态下程控页面上的显示效果如图 8 所示。

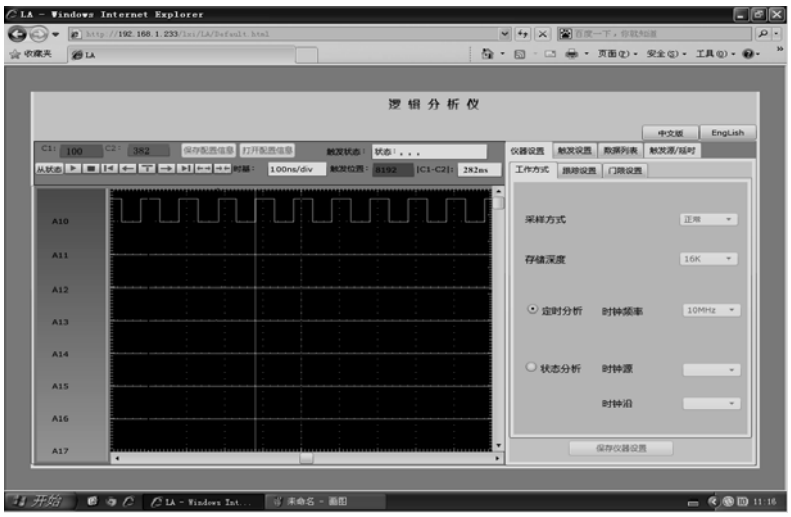

Fig.6 Test result of first slave end in the same host
图 6 同一台主机上从状态程控端 1 测试结果图

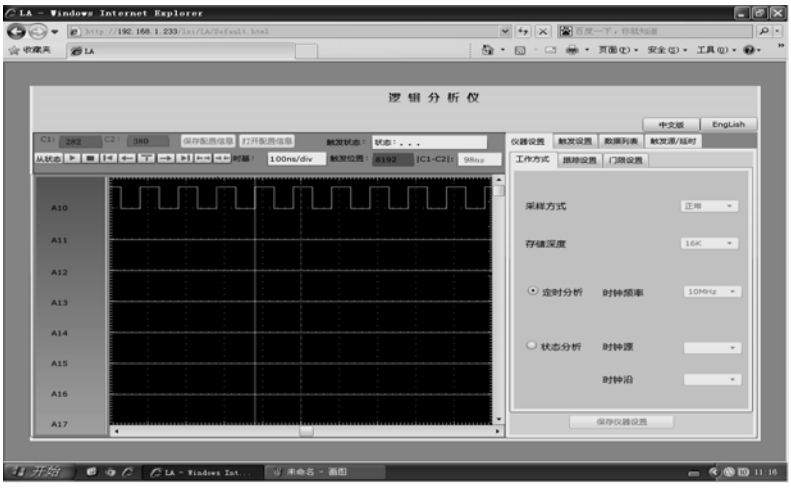

Fig.7 Test result of second slave end in the same host
图 7 同一台主机上从状态程控端 2 测试结果图

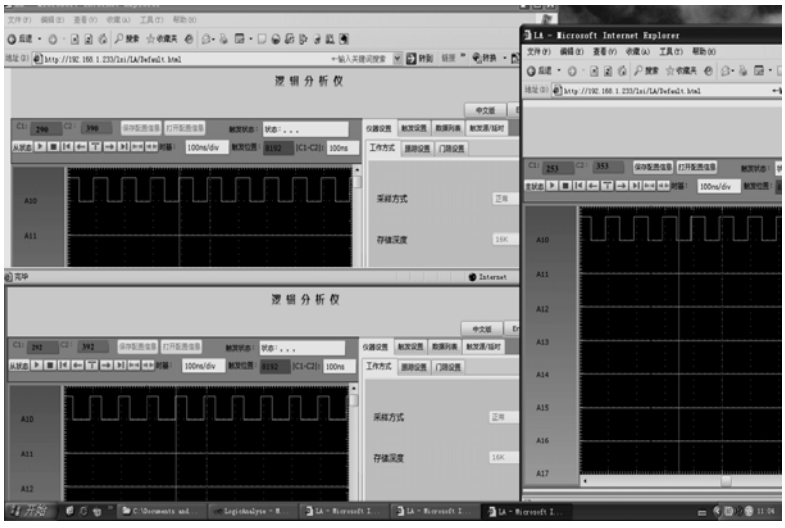

Fig.8 Test result of 3 state ends in the same host
图 8 同一台主机上 3 个程控端测试结果图

3.3 测试结果分析

由 2 种测试环境下的各程控页面可见，2 种测试环境下的主状态页面上各控件都处于使能状态，而从状态页面上可对仪器进行配置的各控件都处于灰化状态，满足本文设计的多用户访问冲突控制的要求，证明了利用符合 VXI-11 协议的网络报文结构可以成功实现 LXI 设备的互斥访问控制功能；同时，2 种测试环境下的各主从状态程控页面的配置信息和波形显示(波形的起始位置、信号脉宽、触发位置等)都是相同的，实现了本文设计的配置信息和数据信息共享的设计目的，证明了利用 Silverlight 支持 UDP 的特点能够成功实现数据共享的功能。

4 结论

LXI 设备的大量研究和应用，对设备的承载能力和安全性提出了较高要求。本文深入研究了 LXI 1.3 版协议和 VXI-11 协议，并对当今主流的网络技术进行了深入分析。针对现有 LXI 设备的特点和使用情况，提出了多用户访问时的控制权限问题和数据共享问题，并且搭建不同的测试环境成功验证了方法的合理性。

此外，由于处于主状态的程控端所在 PC 机处理能力不同，当同一台 LXI 设备上所连接的程控端较多时，同样会对主状态程控端造成较大的负载压力，从而影响传输效率。本文只从减轻 LXI 设备的负载压力方面出发，没有深入探讨该种网络结构下如何减轻主状态机负载压力的问题。因此，在今后工作中，拟针对该情况进行大量的试验测试，考虑利用从状态程控端来分担主状态程控端的网络负载压力，构建合理的网络结构，充分利用网络资源，提高 LXI 设备的安全性和使用效率。

参考文献：

[1] 李爱民,刘晶,马维纲. Silverlight 相关技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2009,19(6):117-120. (LI Ai-min,LIU Jing,MA Wei-gang. Research on Silverlight technology[J]. Computer Technology and Development, 2009,19(6):117-120.)

[2] 吴又美,鄢小清. 基于 LXI 仪器总线的分布式测试系统[J]. 计算机测量与控制, 2007,15(12):1685-1687,1694. (WU You-mei,YAN Xiao-qing. Distributed test system based on LXI instrumentation bus[J]. Computer Measurement & Control, 2007,15(12):1685-1687,1694.)

[3] 陈长龄. 自动测试系统出现了新一代成员[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2008,6(1):1-5. (CHEN Chang-ling. New members appearing in the automated test system[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2008,6(1):1-5.)

[4] 孙震,王学奇,王勇. LXI 总线及其关键技术分析[J]. 中国仪器仪表, 2006(3):49-51. (SUN Zhen,WANG Xue-qi,WANG Yong. LXI bus and analysis of its critical technology[J]. China Instrumentation, 2006(3):49-51.)

[5] VXIbus Consortium. VMEbus Extensions for Instrumentation:TCP/IP Instrument Protocol Specification VXI-11 Revision 1.0[R]. 1995.

[6] 于有志,沈为群,宋子善. 一个基于 HLA 的实时仿真通信模型的研究[J]. 计算机仿真, 2008,25(2):145-148,166. (YU You-zhi,SHEN Wei-qun,SONG Zi-shan. A real-time communications model based on HLA[J]. Computer Simulation, 2008, 25(2):145-148,166.)

[7] LXI Consortium,Inc. LXI Standard Rev. 1.3[R]. 2008.

作者简介：

何　鹏(1986-)，男，四川省巴中市人，硕士，主要研究方向为自动测试、LXI 总线、脉冲测量.email: 576914331@qq.com.