

LXI 仪器 Web 接口扩展设计与关键技术实现

倪磊 叶卫东

(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院 北京 100191)

摘要: 为更好地发挥 LXI 仪器基于以太网的优势,让用户完全使用 Web 接口实现对设备的访问控制,提出了一种 LXI 仪器 Web 接口的扩展设计方案。方案以 B 类 LXI 数据采集系统(DAS)为设计目标,对 HTML 页面架构进行了深层设计,在 LXI 规范要求的 HTML 页面中加入了实时曲线绘制、采集控制、状态显示等功能;通过移植 LwIP 协议栈,实现了在不具备操作系统的芯片中构建 HTTP 服务器;以 AJAX 的通讯方式解决了 HTML 动态化、平滑数据刷新等关键技术问题;最终实现了完全 B/S 架构的 DAS。测试表明,所设计的 Web 接口改善了传统 LXI 仪器 Web 接口的功能性和交互性,能更好发挥 B/S 模式的轻架构、跨平台等优势。

关键词: LXI; Web 接口; B/S 架构; 嵌入式 HTTP 服务器; AJAX

中图分类号: TP393.09 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.3040

Design and key technology implementation on extension of LXI web interface

Ni Lei Ye Weidong

(School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: To take full advantages of LXI instruments based on LAN and allow users to control the instrument through web interface completely, a scheme to extend the capability of LXI web interface was proposed. B-class LXI DAS is taken as the design target in the scheme and deep design to the HTML framework is implemented. Many extra functions, including real-time curve, equipment control, status display, database uploading are added to the HTML pages besides the fundamental functions; transporting LwIP protocol realizes a HTTP server in embedded chip without OS; communication based on AJAX solves key problems of dynamic HTML page and smoothing data refreshing. Finally a B/S-based LXI DAS is built by. As for implementation, test result shows that the web interface improves interactivity and functionality of traditional ones and has better advantage in compatibility and light architecture with the B/S framework.

Keywords: LXI; Web interface; B/S framework; embedded HTTP server; AJAX

1 引言

LXI(LAN eXtensions for Instrumentation)是局域网技术在仪器领域的扩展,是基于应用广泛的开放式工业以太网 IEEE802.3 标准,在传输速率、吞吐量等方面具有先天的优势^[1]。LXI 总线的网络化特性使得仪器可以通过 Web 接口来访问。LXI 规范要求所有 LXI 仪器必须提供 HTML 页面,使用户通过浏览器实现基本的设备访问,这就要求仪器必须具备 B/S(Browser/Server)架构^[2],相较于传统的 C/S(Client/Server)架构模式,该模式不需要在客户端进行任何其他安装配置,同时也不受限于平台和硬件设备,其在使用方面的优越性是显而易见的。

尽管当前对于 LXI 仪器的研究众多,但是完全基于

B/S架构的 LXI 仪器设计方案却并不多见。现有方案大多采用以 C/S 为主、B/S 为辅的混合架构模式^[2-5],即仍主要通过客户端软件来管理和监控仪器,网页只是按照 LXI 规范实现了最基本的参数配置和信息查询等辅助功能,未能完全发挥 B/S 架构的优势。

在 Web 接口的实现上,现有方案大多采用了 PHP、ASP.net 等动态页面技术来解决动态页面等关键问题^[5-7],这需要服务器的额外支持,从而对硬件性能的要求较高;文献^[7-9]采用 JavaApplet、ActiveX、SilverLight 等插件或组件技术进行 HTML 页面设计,能够快速实现交互性和表现能力较好的页面,但需要用户在特定浏览器中进行插件安装或专门的功能启用,一定程度上损失了 B/S 架构跨平台和多浏览器兼容的优势。

为此,本文介绍一种针对 B 类 LXI 微应变数据采集系统的 Web 接口扩展设计方案,方案在 LXI 规范要求的基础上进行扩展设计,强化 B/S 架构下 Web 接口的作用,并尽量采用基础的 HTML 和 JavaScript 来实现,在保证页面功能性和交互性的同时兼顾兼容性和易用性。

2 LXI 仪器 Web 接口概述

LXI 规范对于仪器 Web 接口做了许多明确的要求^[1]。首先,LXI 仪器必须提供能在 W3C 标准浏览器下正确工作的 HTML 网页,包括“LXI 欢迎页面”和“LAN 配置页面”,B 类和 A 类 LXI 仪器还要提供“同步配置页面”,另外,可以根据需要提供仪器“控制页面”、“状态页面”、“帮助页面”等。LXI 仪器必须接受来自 80 端口的 HTTP 请求,并返回“仪器欢迎页面”作为响应。所有页面必须符合 HTML 4.01 或 XHTML 1.0 及以上版本。

界面风格上,HTML 页面的整体风格和样式需要与 LXI 规范中的样例相似。需要在主页面上提供导航按钮或超链接以转到其他页面;需要在所有 LXI 页面中提供 LXI 的 logo。



图 1 LXI 规范给出的 HTML 页面样例

LXI 规范还推荐使用 Web 页面实现仪器控制,使用嵌入式 Web 接口来完成硬件的软件或固件升。

3 系统整体架构设计

实验室设计的 LXI 数据采集设备主要用于采集桥梁微应变数据,进行桥梁结构健康监测。设备具备采集通道数 24,采样率 128 Sa/s。设计采用 Web 接口来实现所有的仪器控制和管理功能,整体设计为 B/S 架构,分为硬件服务器、客户端浏览器、数据库服务器 3 个部分。如图 2 所示。

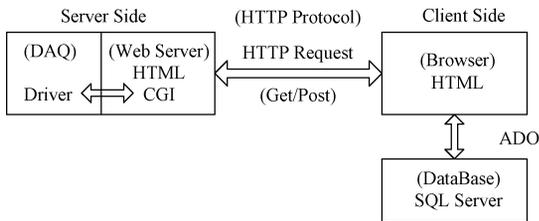


图 2 系统总体 B/S 架构

硬件服务器端,以嵌入式 STM32 芯片为核心的硬件部分既是一个数据采集(DAQ)设备,又是一个 HTTP 服务器。硬件通过 RJ-45 网络接口,以 HTTP 的方式和外界进行网络通讯和数据传输。服务器端的 CGI (Common Gateway Interface)处理函数能够接收前端 HTML 页面传来的请求数据,并调用相应的驱动函数来使对硬件实现控制。

客户浏览器端,用户在浏览器中输入 ip 或者域名访问硬件的 HTML 页面,然后通过 HTML 页面下达控制命令或修改配置参数,HTML 页面通过表单提交的方式或者 AJAX(Asynchronous Javascript And XML)的方式发出 POST 或 GET 请求来和服务器进行动态交互。

需要说明的是,为了节省嵌入式服务器的开销,数据库服务器并非直接和数据采集设备进行通讯,而是客户端浏览器通过 ADO(ActivX Data Object)与之通讯,以避免服务器同时向两端发送数据,降低负荷。架构设计上,由于传输的数据量不大和实时性要求不是特别高,因此完全以 HTTP 的方式进行数据传输,而不采用基于 Socket 的 TCP/IP 的方式,以避免使用 JavaApplet、ActiveX 等插件或组件技术。

4 Web 接口设计

设计目标是在 LXI 的 Web 接口标准的基础上,设计一整套功能完善、界面友好、易于使用的 HTML 页面,使得 LXI 数据采集系统用户能够通过此 Web 页面,快速高效地完成不同的数据采集、监测、分析等任务。

4.1 Web 页面功能设计

根据微应变数据采集器仪器的实际使用需求,在 LXI 要求的 LXI 参数配置和仪器基本信息查询的基础上,设计了仪器控制、实时曲线显示等功能,划分为如图 3 所示的几个主要功能模块。

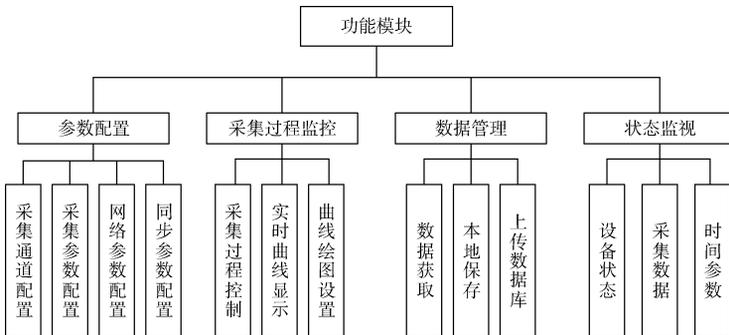


图 3 Web 接口软件功能模块划分

1) 参数配置

参数配置部分实现两方面的硬件参数查询和配置,一方面是 LXI 设备通用项的配置,包括 IP 地址、主机名等网络参数以及 PTP 时间等 IEEE1588 同步参数,这也是 LXI 仪器要求的基本功能;另一方面是 DAQ 设备需要的采集通道配置和采集方式、采样速率等等 DAQ 参数的配置。

2) 采集过程监控

该模块用于实现用户对 DAQ 设备采集过程的控制,包括实时采集数据的监控。图形曲线显示能够同时绘制 24 个通道的实时曲线,曲线显示可以以多窗口的方式或是三维立体的方式,实现 3 种方式显示曲线:整体趋势显示、动态平移显示、类似“心电图”的回卷式曲线显示。

3) 状态监视

状态栏用于实时显示服务器的信息。状态栏设计分为 3 个部分:信息栏,显示包括运行状态等需要实时更新的信息;通知栏,向用户发出提示、错误警告和报警等提示信息;时间栏,显示设备的当前时间。

4) 数据管理

此功能模块用于管理 DAQ 采集数据,包括本地保存或者上传数据库等等。

4.2 Web 界面设计

HTML 页面的整体风格按照规范要求参照根据 LXI 官方样例进行设计。整个页面通过 frameset 元素划分为 4 个独立的 HTML 页面:顶部是标题栏,显示与标题和 LXI 的 logo 显示;左边是导航栏,是跳转到其他页面的超链接;右边是页面主体,用于显示每一个主题页面,底部则是根据实际使用需求增加的状态栏,相较于 LXI 规范建议的状态查询页面,实时状态栏不需要用户点击跳转访问,而是一直存在与页面底端,以使用户随时查看。



图 4 LXI 仪器的 HTML 页面整体效果

5 嵌入式服务器的实现

LXI 仪器要实现 Web 页面的提供,则本身必须具备 HTTP 服务器的功能^[10]。根据 LXI 规范,硬件服务器必须遵从 HTTP 协议 1.0 或以上版本。

5.1 嵌入式服务器的选择

在嵌入式设备中所使用的 web 服务器通常主要有:

boa、thttpd、mini_httpd、shttpd、lighttpd、goaheand、appweb 和 apache 等^[2,5-8]。由于所使用的嵌入式采集芯片本身不具备操作系统,考虑移植了一款轻量级 TCP/IP 协议栈——LwIP 来实现最基本的 HTTP 服务器功能。

LwIP(Light weight IP)是瑞典计算机科学院开发的一个小型开源的 TCP/IP 协议栈,它在有无操作系统的支持都可以运行。LwIP 实现的重点是在保持 TCP 协议主要功能的基础上减少对 RAM 的占用,它只需十几 KB 的 RAM 和 40K 左右的 ROM 就可以运行,这使 LwIP 协议栈适合在低端的嵌入式系统中使用^[11]。

采用 LwIP 构建嵌入式 HTTP 服务器不需要硬件本身具备操作系统,这样的构建方式可以在满足 LXI 仪器 Web 接口要求的基础上,把对硬件性能的要求降到了最低。

5.2 基于 LwIP 的后台 CGI 程序实现

为了处理前端的请求,对硬件进行访问,需要编写服务器端的 CGI 处理函数。CGI 本质是一种 HTTP 接口,通过它,服务器上的一段程序能够获得前端请求的数据,同时也能返回数据到前端页面。需要注意的是,LwIP 的 CGI 编程不同于常规 Apache、IIS 等服务器上的 CGI 编程。

首先,实现方式不同。LwIP 的 CGI 函数必须通过其协议栈中预留的函数接口来实现,然后进行初始化:

```
http_set_cgi_handlers(CGI_TAB, CGI_NUM);
```

CGI 默认只支持 GET 请求,无法响应 POST 请求,为了响应 POST,用户必须自己实现相关的函数声明:

```
err_t httpd_post_begin(void * connection, const char * uri, const char * http_request,
```

```
err_t httpd_post_receive_data(void * connection, struct pbuf * p)
```

```
void httpd_post_finished(void * connection, char * response_uri, u16_t response_uri_len)
```

其次,数据收发方式不同。获取前端发送的数据不是从环境变量中读取,而是 LwIP 协议已经实现了前端发送数据的接受和解析,到 CGI 函数的默认参数中获取;CGI 将数据返回也不是直接输出到标准输出流 stdout,而是将数据组织成文件的形式返回到前端。

6 关键技术及解决方案

按照 LXI 的 Web 接口规范,设计基本的几个配置页面和仪器欢迎页面是相对容易的,但想在 HTML 页面中实现更为丰富的功能,则需要解决 HTML 页面动态化、平滑数据交互、动态曲线显示、浏览器端 IO 访问等一些关键问题。同时,嵌入式芯片本身不具备操作系统,其上以 LwIP 构建的 HTTP 服务器本身的处理能力有限,在接受前端发送的数据量、并发访问数目方面都有一定限制,这也对前端 Web 接口的设计提出了很多挑战。

6.1 基于 AJAX 的动态数据交互

AJAX 即异步 JavaScript 和 XML,是一种创建交互式网页应用的 Web 开发技术^[12],其主要有两个优势:一是异步请求,即 HTTP 请求发送以后,即便服务器无法响应,不会阻塞页面,可减少了用户等待时间;其次局部更新,即以 AJAX 和服务器通讯不必重刷整个页面,服务器只需把请求的数据返回即可,而不必包含整个页面,因此 AJAX 对于降低服务器负荷也是有好处的。对于实时刷新的状态栏,采用 AJAX 来发出 GET 请求,以替代传统的表单提交,能够有效避免页面重刷而导致的闪烁,从而实现平滑的交互。服务器状态信息和采集数据获取的实现,也都是通过 AJAX 在页面中主动以固定间隔发出 GET 请求,让后台的 CGI 程序不断将数据返回到前端 HTML 页面。

6.2 静态 HTML 页面动态化设计

在每次载入网页时显示当前的设备信息,这通常是采用 PHP、ASP 等动态页面技术或是基于 SSI(Server Side Include)的 SHTML 页面实现,然而 LXI 标准要求使用是静态的 HTML 页面进行设计,因此必须解决 HTML 页面的动态化问题^[2]。方案采用了 JavaScript 编程和 AJAX 结合的方式,不同于 PHP 或是 SSI 那样的服务器端的处理机制,AJAX 是纯前端技术,不需要服务器提供额外支持,同时也更灵活。具体的实现思路是:在页面载入瞬间,通过 JavaScript 向服务器端 CGI 处理程序发出 GET 请求,页面接受到服务器返回数据后再更新到相应位置,从而实现动态页面效果。

6.3 HTML 页面的实时动态曲线显示

为了实现 HTML 页面的实时曲线显示,通常采用 Silverlight、JavaApplet、Flash 等插件或组件技术来实现,但这些插件或控件往往需要在浏览器端进行专门的安装或启用,同时也无法兼容各种 W3C 标准浏览器。

本文采用了开源的 HighCharts 图形库来实现动态曲线绘制。HighCharts 是当下 Web 开发中应用非常广泛的开源图表库,它能够简单便捷地在 Web 中创建交互式图表,主要有两个优势^[13]:首先,HighCharts 完全采用 JavaScript 编写,其兼容性非常好;其次,Highcharts 界面美观、交互性非常强大。

通过对 Highcharts 深入的二次开发,实现了如图 5~7 所示的动态数据曲线显示效果。图形绘制模块功能完善,用户可以在页面中方便地进行绘图区域放大,全屏显示、数值提示等等功能,且具有较为友好的界面和动画效果。由于 DAQ 采集通道较多,为了避免二维图形曲线重叠的问题,采用多窗口的策略和坐标轴平移的方式,后者在二维绘图平面上实现了三维立体曲线的效果。

6.4 HTML 页面的数据库链接技术

通过浏览器实现,主要难点在于大部分浏览器的安全机制,限制了客户端 IO 访问。为了突破这种限制,不得不采用 Web 组件技术,本文采用了 ADO 技术,通过 ADO 创建 ADODB(Active Data Objects Data Base)对象,与 SQL 数据库建立连接。尽管使用 ActiveX 控件导致上传数据库功能只能在 IE 下使用,但这并不影响其他页面的多浏览器兼容性。

7 系统测试与验证

首先将数据采集器 RJ-45 网口用网线连接到路由器,然后硬件上电,在采集器输入施加测试信号,接着,在 PC 端浏览器,输入默认的 IP 地址 192.168.1.10,打开 LXI 仪器欢迎页面。依次打开“网络配置”页面、“同步配置”页面、“DAQ 通道配置”、“DAQ 参数配置”等页面进行相应的配置。

完成设备配置以后,可以从状态栏中发现设备已经显示 Idle(空闲)状态,然后导航到“启动采集”页面,点击“启动”,硬件采集板上的红色指示灯亮起,表明已启动采集,HTML 页面中的图形曲线开始动态显示,如图 6 所示。

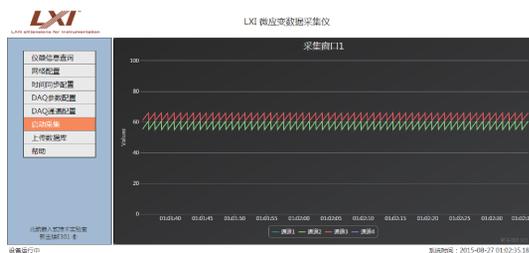


图 6 PC 端浏览器的实时监控画面

在移动设备上访问页面,同样可以实现除数据库上传以外的控制和交互。

测试结果表明,HTML 页面中的功能全面,实时性、稳定性和可靠性,能够满足实际的测控需求,并且 Web 接口可在不同的浏览器和设备上有效访问。不足之处在于,嵌入式服务器单进程工作方式处理并发访问能力有限,多用户同时访问会出现一些页面载入延迟等问题;另外,实时曲线功能对客户端浏览器的性能有一定要求,实时曲线上的数据量较大的情况下,客户端设备性能比较吃紧,绘图效率有待改善。

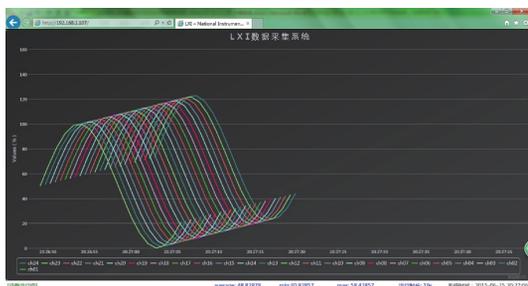


图 5 多通道二维曲线立体显示

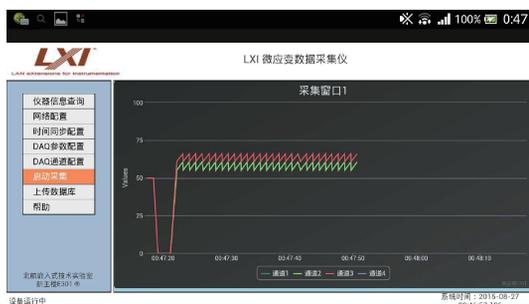


图 7 移动设备上的访问效果

8 结 论

本文通过概述了 LXI 仪器的 Web 接口设计要求,介绍了一种针对 LXI 仪器 Web 接口的深入设计方案。通过在 HTML 页面中进行合理的功能扩展设计,丰富了 web 接口能力,能更好地发挥 B/S 模式的轻架构、跨平台、易于远程访问等优势,使得用户可以脱离传统的客户端软件,通过浏览器在不同终端设备上实现对数据采集仪器的控制和管理。相较于传统的接口实现策略,方案基于 AJAX 通讯使得 HTML 页面的具有更好的动态交互性,少插件技术的实现方案保证了页面的兼容性和轻量级架构,移植 LwIP 协议栈实现 HTTP 服务器的方案大大降低了系统构建对硬件的要求。总之,方案为 LXI 仪器的 Web 接口深入设计提供了一些思路。

参考文献

- [1] LXI Device Specification 2011 rev 1. 4 [S]. LXI Consortium. 2011.
- [2] 刘浩, 于劲松, 周振彪, 等. LXI 仪器的通用平台研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(2): 95-100.
- [3] 刘兆庆, 乔立岩, 潘邵武. LXI 多功能仪器资源管理器设计[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(5): 5-9.
- [4] 颜思森, 李娇, 万晓东. 基于 LXI 总线的航天静力试验数据采集系统的研制[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(6): 36-42.

- [5] 徐昕, 徐玮, 肖勇. LXI 总线接口的设计及其在军用测试系统中的应用[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(10): 1996-2000.
- [6] 杨海涛, 路欣. 传统测试设备 LXI 总线 C 类接口的改造研究[J]. 自动化仪表, 2012, 33(9): 64-68.
- [7] 张兵, 李智, 胡聪. 基于 Java Applet 的 LXI 仪器网页面板实现[J]. 桂林航天工业学院学报, 2013(3): 271-274.
- [8] 尹洪伟, 冯玉光, 冷江, 等. 基于 Applet 的 LXI 仪器 Web 接口的研究与实现[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(5): 67-69.
- [9] 肖啸, 李凌, 苏航, 等. 嵌入式可视化远程医疗监控前端系统的设计[J]. 电视技术, 2011, 35(11): 125-129.
- [10] 同江, 蔡远文. LXI 总线仪器接口设计方法[J]. 兵工自动化, 2010, 29(9): 64-66.
- [11] 苏勇辉. 基于 ARM 微处理器 TCP/I 协议栈 LwIP 实现[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(10): 76-78.
- [12] 仰燕兰, 金晓雪, 叶桦. ASP.NET AJAX 框架研究及其在 Web 开发中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(6): 195-198.
- [13] 张建军, 刘虎, 倪芳英, 等. 基于 SSH 与 Highcharts 整合架构的 Web 研究应用[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(9): 245-251.

作者简介

倪磊,工学硕士研究生,主要研究方向为 LXI 总线技术、数据采集技术、基于 MATLAB 的控制系统建模仿真、自动化软件设计等。

叶卫东,工学博士,副教授,主要研究方向为嵌入式计算机系统、分布式计算机系统、数据采集系统、自动测试系统、大型建筑的综合健康管理系统、无线传感器网络、网络时间同步技术、LED 大屏幕显示技术、高精度信号调理技术等。

E-mail:15910595873@163.com

Pickering 公司再次扩充 PXI RF 多路开关系列

2016 年 4 月 6 日-英国作为电子测试与仿真领域模块化信号开关和仪器产品的领导者,英国 Pickering 公司再次扩充了其 PXI 50 Ω 600 MHz RF 多路开关系列产品线,新增系列设计了 18 种不同的配置,其中包括一款 PXI 双槽 32:1 多路复用开关模块。

该系列最新的 PXI 多路复用 RF 开关 (40-760 系列) 提供了以下多种的不同配置:双、四、八组 SP4T;单、双、四组 SP8T;单、双组 SP16T;以及单组 SP32T。每一型多路复用开关产品都同时提供具有自动端接的版本,以优化 VSWR,从而降低对整个测试系统性能的影响。

该系列的 PXI RF 多路开关全部采用当下最前沿的继电器技术,产品具有很低的插入损耗和 VSWR。每个版本都是经过精心设计来确保在 600 MHz 之内提供性能最佳、重复性好的射频开关特性,每个通道的插入损耗指标都非常接近。

通过优化的机械和电子设计,确保 40-760 系列能最大程度抑制外界噪声耦合进入信号通道。

该系列产品兼容所有符合 PXI 规范的机箱,并兼容 PXIe 机箱的混合槽位。也可以安装到 Pickering 的 LXI 模块化机箱中,通过以太网接口进行操作。