

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.05.014

基于 LXI 总线技术的虚拟仪器测试系统

蔡远文¹, 梁晓朋², 同江²

(1. 装备指挥技术学院 航天装备系, 北京 101416; 2. 装备指挥技术学院 研究生院, 北京 101416)

摘要: 在分析新一代 LXI 总线技术以及虚拟仪器技术的基础上, 结合目前测试领域的发展现状, 提出了基于 LXI 总线和虚拟仪器测试系统的软硬件构建方案, 建立了一种网络化测试平台。该系统主要由测试客户端、主控计算机、网络/总线适配器、LXI 仪器模块、信号隔离与调理模块等组成。实例证明, 该测试系统应用前景十分广泛。

关键词: LXI 总线; 虚拟仪器; 测试系统**中图分类号:** P391.9; TP206⁺.1 **文献标识码:** A

Virtual Instrument Testing System Based on LXI Bus Technology

CAI Yuan-wen¹, LIANG Xiao-peng², TONG Jiang²

(1. Dept. of Aerospace Equipment, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China;

2. College of Postgraduate, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: On the basis of analyzing the new LXI bus technology and virtual instrument technology, combine currently development condition of test the realm, put forward the soft hardware plan based on LXI bus and virtual instrument testing system, then established a network testing flat. That system is mainly carried by test client end, main control computer, network/bus adapter, LXI instrument module, signal insulating and adjustable module. Example proves that the testing system is very extensive.

Keywords: LXI bus; Virtual instruments; Test system

0 引言

随着计算机技术、网络通信技术、虚拟仪器技术和自动测试技术的不断发展, 网络化测试技术的研究和应用也日益受到关注, 测试仪器的概念从“软件就是仪器”到“网络就是仪器”, 网络和软件技术为测控和仪器技术带来了前所未有的发展空间和机遇, 已成为现代测控技术的发展方向。故对基于 LXI 总线技术的虚拟仪器测试系统进行设计。

1 LXI 总线技术

LXI 是由安捷伦公司和 VXI 科技公司共同合作, 于 2004 年 9 月 14 日提出的一种新型仪器接口规范, 全称为 LAN-based Extensions for Instrumentation。它基于工业以太网技术, 扩展了仪器所需的语言、命令、协议等内容, 集合了四总线的优点: GPIB 的高性能, VXI、PXI 的小尺寸和 LAN 的高吞吐率特性, 加上仪器的功能(定时、触发、冷却和电磁兼容性), 并提供以下特性: 开放的工业标准; 向下兼容性; 廉价的仪器开发; 良好的互操作性; 可升级性和易于与其他新技术的融合。构成了一种适用于自动测试系统的新一代模块化仪器平台标准^[1]。

LXI 标准主要包括 5 个方面: 物理要求、Ethernet 协议、LXI 接口、LXI 触发和时钟同步。符合 LXI 标准的仪器被称为 LXI 设备, LXI 设备分为 3 种类型: C 类、B 类和 A 类。C 类 LXI 设备是基本类型, 必须符合物理要求、Ethernet 协议和 LXI 接口标准; B 类 LXI 设备除要满足 C 类设备的要求之外, 还要加上基于 LAN 的触发和 IEEE1588 定时同步协议; A 类 LXI 设备除 C 类和 B 类的要求外, 再加上硬件触发总线^[2]。

2 虚拟仪器技术

虚拟仪器(virtual instrument, VI)的概念是由美国国家仪器公司(national instruments, NI)最先提出的。VI 是智能仪器之后的新一代测量仪器, 其核心思想就是“软件即是仪器”。该技术把仪器分为计算机、仪器硬件和应用软件 3 部分。VI 以通用计算机和配备标准数字接口的测量仪器(包括 GPIB、RS-232 等传统仪器以及新型的 VXI 模块化仪器)为基础将仪器硬件连接到各种计算机平台上, 直接利用计算机丰富的软硬件资源, 将计算机硬件(处理器、存储器、显示器)和测量仪器(频率计、示波器、信号源)等硬件资源与计算机软件资源(包

收稿日期: 2009-12-01; 修回日期: 2010-03-15

基金项目: 部级资助项目(2008SY4106002)

作者简介: 蔡远文(1967-), 男, 四川人, 教授, 博士生导师, 主要从事飞行器测试发射控制技术、计算机仿真技术的研究。

括数据的处理、控制、分析和表达、过程通讯以及图形用户界面)结合起来^[3]。

3 系统总体设计

3.1 LXI 模块

在继 LXI 联盟公布 LXI 标准之后, 又规定了 LXI 模块的物理标准, 如图 1。推荐 LXI 设备的用户连接放在前端, 而 LAN、触发和电源连接放在后边。在前面板的指示灯表示电源和 LAN 状态, 保证用户快速了解简单的功能和连接问题。推荐使用 IEEE 1588 时钟系统的运行状况指示灯^[4]。

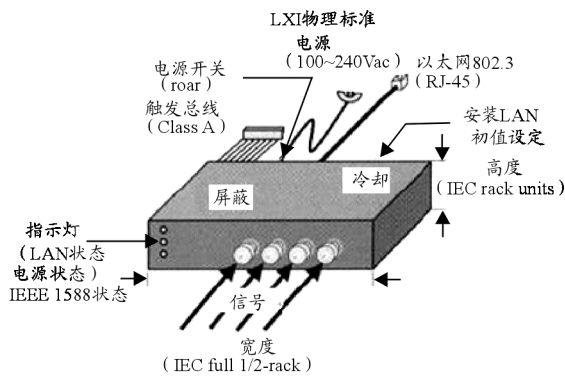


图 1 LXI 模块的物理标准

与 VXI 和 PXI 无面板模块相比, 用无面板模块建造的 LXI 系统有许多优点: 1) LXI 模块无需包括装多层背板、高速风扇、高性能电源、0 槽控制器或机箱, 以及 PC 间专用通信链路的机箱; 2) LXI 模块能与其它 LXI 仪器及现有的 GPIB 仪器在机架上很好地并排安装; 3) LXI 模块的尺寸能很好地适应性能, 而卡箱式仪器的性能会受到尺寸的制约。

3.2 系统的硬件组成

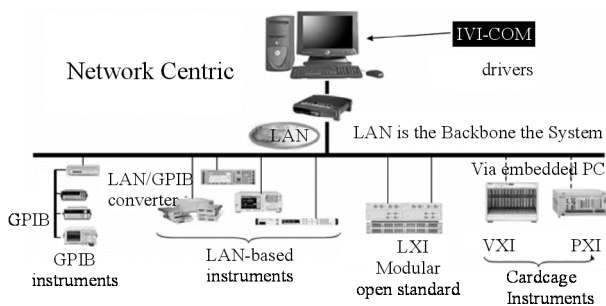


图 2 测试系统的硬件组成方案

该系统主要由测试客户端、主控计算机、网络/总线适配器、LXI 仪器模块、信号隔离与调理模块等组成。系统中的 LXI 仪器模块通过 LAN 集线器直接与测试服务器相连, 其他总线仪器通过适当的网络接口适配器和主控计算机相连, 主控计算机配置标准的以太网卡与系统中的每一块仪器模块进行

通讯, 从而实现对仪器的本地或远程控制。LXI 设备具有很好的系统兼容性, 可以与其它测试仪器共存在同一个测试系统中, 系统中的非 LXI 设备需要通过相应的转接器或网关来实现它们之间的通信。具有 LAN 接口的设备可以直接接入系统中^[5]。为保证网络中仪器标识的唯一性和确定性, 在配置 LXI 系统时最好采用静态 IP 地址。系统组成方案如图 2。

服务器中安装有测试程序、Web 服务器、数据库管理软件等。客户机与服务器通过 LAN 进行通信。在 LAN 触发事件中, 通过使用 TCP/IP 中的 UDP 协议可以让延时最小化, 硬件触发和 IEEE1588 触发的目的是让基于 LAN 的系统延时能被觉察到。具有硬件触发定义的设备提供一种仪器之间直接点对点连接的触发模式。LXI 设备包括 Web 网页, 它可以通过 Web 浏览器来打开, 并可以在网页上浏览和更改各种参数。

3.3 系统的软件组成

1) 虚拟仪器的软件组成

虚拟仪器软件的主要作用是控制实现数据采集、分析、处理、显示等功能, 并将其集成为仪器操作与运行的命令环境。它包括操作系统、仪器驱动器和应用软件 3 个层次。操作系统可以选择 Windows 系列、Mac OS、Linux 等。仪器驱动器软件是直接控制各种硬件接口的驱动程序。应用软件通过仪器驱动器实现与外围硬件模块的通信连接。应用软件包括实现仪器功能的软件程序和实现虚拟面板的软件程序, 用户通过虚拟面板与虚拟仪器进行交互。虚拟仪器软件组成如下:

- 顶层 用户
- 第三层 操作系统: Windows、Mac OS、Linux
- 第二层 应用软件: 仪器功能软件·虚拟面板软件
- 底层 仪器驱动程序: VPP、IVI

2) 虚拟仪器的软件标准

虚拟仪器的软件标准主要包括 3 部分: 可编程仪器标准命令 (SCPI)、虚拟仪器软件结构(VISA)、虚拟仪器驱动程序^[6]。

SCPI 是以 ASCII 字符组成的标准仪器命令语言, 可以用于任何一种标准接口, 如 GPIB、VXI 及 RS-232 等。作为标准命令语言, 使用 SCPI 编写的程序简单、清晰、易于理解, 克服了不同类型标准仪器软件不兼容的缺点。

VISA 就是用于仪器编程的标准 I/O 函数库及其相关规范的总称, 一般也称为 VISA 库。VISA 库驻留于计算机系统中, 是计算机与仪器之间的软件

层连接，以实现仪器的程控。VISA 对测试软件开发来说是一个可调用的操作函数集，本身不提供仪器编程能力，只是一个高层 API（应用程序接口），通过调用低层的驱动程序来控制仪器。

3) 虚拟仪器的软件开发平台

构造一个虚拟仪器，先确定基本硬件，再选一种软件开发平台。为使系统软件具有易学、易用和可扩展能力，需要一个与软件功能模块相对独立、易于编码和具备图形化功能的软件开发平台。目前流行的虚拟仪器开发工具有 2 类：文本式编程语言，如 Visual C++ 或 VB、图形化的编程语言，如美国 NI 公司的 LabVIEW 或 HP 公司的 VEE 编程，或是基于 ANSIC 的交互式 C/C++ 语言集成开发平台 LabWindows/CVI。目前 LabVIEW 最流行、应用最广、发展最快、功能最强，是一个优秀的虚拟仪器测试系统编程平台，具备图形化编程环境，提供了虚拟仪器的控件、丰富的数据处理分析函数、仪器驱动程序及数据库工具软件包。LabVIEW 提供的 SQL、DataSocket 软件非常容易建立网络化测试环境。因此，采用 LabVIEW 编写虚拟仪器软件可以简化程序设计，提高效率^[7]。

3.4 系统的运行机制和流程

在测试过程中，软件利用串口通信程序向被测件发送控制信号接通电源，由客户端程序向网络控制器发送测试请求信息，网络控制器解析控制指令后再传给服务器。服务器端读取用户请求信息，如果没有用户请求则继续扫描；如果有客户请求则对请求信息按请求时间或优先级排序，给最高优先级的访问许可响应信息，然后等待客户下一次请求信息。服务器从网络控制器读取响应，然后调用相应的测试程序，完成功能测试（包括分系统测试和总检查测试），对电压、电流和时串等信号进行采样，并将采样数据通过虚拟仪器网页进行实时显示。继而进入测试结果异常判断，如果有异常，进行数据的分析和处理，把结果返回给客户端，进行重新操作或结束测试；如果没有异常，则存储数据，并更新数据库，测试结束。

主控计算机和该系统中其它计算机上都运行一套自动测试软件，通过仪器驱动的调用，经流程处理模块实现测试程序自动生成功能，然后经过数据处理模块，送测试界面显示并进行远端存储。而网络数据管理软件仅安装在数据服务器上，每个远程登录的计算机只要打开 IE 浏览器，输入正确的用户

名和密码，即可实现数据的远程访问和浏览。测试结束后数据库管理程序配合测试网页完成数据的直接或在线查询。

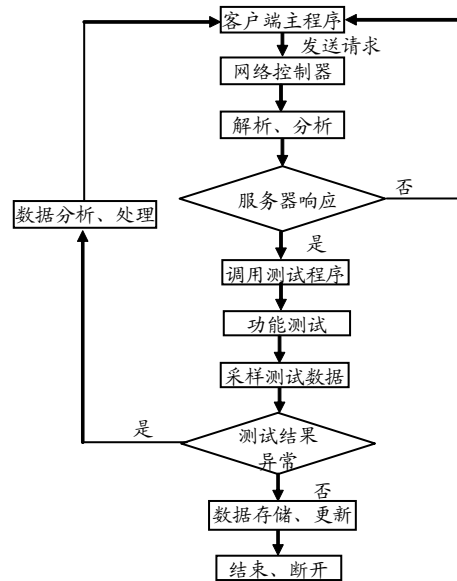


图 3 系统运行机制流程图

3.5 工程应用举例

基于 LXI 总线和虚拟仪器技术建立的测试系统应用前景十分广泛。如在航空航天领域，通过建立一种基于 LXI 总线的综合测试系统，可在实际工程应用中提高测试的可靠性和效率。一种典型的用于航天发射任务的测试系统结构如图 4。

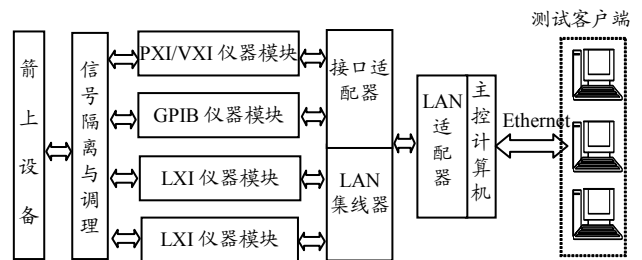


图 4 基于 LXI 总线技术的运载火箭测试系统结构图

系统由客户端、主控计算机、网络/总线适配器、总线仪器设备、信号隔离与调理模块等组成，虚拟仪器程序在主控计算机中运行。系统中的每台总线仪器设备通过 LAN 与测试服务器相连。主控计算机配置标准的以太网卡与系统中的每一台 LXI 仪器进行通讯，实现对仪器的本地和远程控制，其它总线仪器通过网关或适配器转换后与 LAN 进行连接。

测试客户端用于访问主控计算机，调用相关的服务器组件，运行虚拟仪器程序实现对箭上设备被测信号的控制、状态的监控、数据的处理和存取；主控计算机为测试客户端提供各种服务，客户端通

过虚拟仪器的操作面板实现网络化测试: 适配器完成信号的转接; 隔离与调理模块对输入信号和后端设备进行隔离, 并根据各总线设备的采集电压要求对信号电压进行适当的变换。箭上各路信号通过信号隔离与调理模块接入各总线仪器, 信号经隔离变换后输入到各总线设备进行数据采集, 最后主控计算机与测试客户端对采集的信号进行处理、实时显示和存储, 通过网络主控计算机的信息可以分屏显示在各个测试端计算机上, 以实现客户端对主控计算机的监控。

4 结束语

在分析新一代 LXI 总线技术以及虚拟仪器技术的基础上, 结合目前测试领域的发展现状, 提出了基于 LXI 总线和虚拟仪器测试系统的软硬件构建方案, 建立了一种网络化测试平台。该技术的研究将有利于我国自动化测试领域的发展与建设。

(上接第 39 页)

2.1 DMU 不理想的原因分析

若应用 GA-DEA 模型进行计算时, P_0 为 GA-DEA 无效, 则由 GA-DEA 有效的定义可知存在 $(\sigma_1, \sigma_2 \dots, \sigma_n) \in LDT$, 使得:

$$(G_1^{(p_0)}, G_2^{(p_0)}, \dots, G_m^{(p_0)}) \leq (\sigma_1, \sigma_2 \dots, \sigma_n),$$

表明 P_0 的整体性能还未达到 Pareto 有效的状态, 与可能的一组综合指标 $G^{(p_0)} + \tilde{s}$ 相比, 不理想的原因表现在集合 $I = \left\{ i \mid \tilde{s}_i \neq 0 \right\}$ 中的指标的性能未能达到较理想的程度, 需要进一步调整。

2.2 DMU 的调整

若 P_0 为 GA-DEA 无效, 那么 $G^{(p_0)} + \tilde{s} \in LDT$,

且 $(G_1^{(p_0)}, G_2^{(p_0)}, \dots, G_m^{(p_0)}) \leq G^{(p_0)} + \tilde{s}$, 那么可将评价值 $G^{(p_0)}$ 提高至 $G^{(p_0)} + \tilde{s}$ 。

2.3 调整后预计的结果

当已经确定了各指标的权重, 进一步通过同样调整, 评价可能提高的程度, 对 P_0 的各项指标评价价值进行加权处理, 则得调整前后总的评价值 L_1 、 L_2 分别为:

参考文献:

- [1] 同江, 蔡远文. LXI 总线技术在运载火箭测试中的应用[J]. 导弹与航天运载技术, 2009(2): 45-47.
- [2] 谢志敏, 孟上, 王丰磊, 等. LXI 总线技术在测量领域中的应用研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2009, 24(1): 78-81.
- [3] 李蟠, 增晨晖, 许文正. 总线技术在虚拟仪器中的发展及应用[J]. 理论与方法, 2008, 27(11): 11-13.
- [4] 任江涛, 蔡远文. 新一代总线技术 LXI 在航天测试领域的应用[J]. 航天控制, 2007, 25(107): 79-83.
- [5] 同江. 基于 LXI 总线的运载火箭测试技术研究[D]. 北京: 装备指挥技术学院, 2008.
- [6] 张重雄. 虚拟仪器技术分析与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [7] 陆绮荣. 基于虚拟仪器技术个人实验室的构建 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [8] 方威, 傅建平, 赵金辉, 等. 基于虚拟仪器技术的火炮复进机气液量与泄漏检测仪[J]. 四川兵工学报, 2009(4): 71-73.

$$L_1 = \sum_{i=1}^m \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}^{(p_0)} v_j}{\sum_{j=1}^n r_{ij}^{(p_0)}} a_i^0 \tag{8}$$

$$L_2 = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}^{(p_0)} v_j}{\sum_{j=1}^n r_{ij}^{(p_0)}} + \tilde{s}_i \right| a_i^0 \tag{9}$$

由式 (8)、式 (9) 可得 $\max_{1 \leq j \leq n} v_j \geq L_2 \geq L_1 \geq \min_{1 \leq j \leq n} v_j$ 。

3 结论分析

对计算得到的综合评价结果进行 GA-DEA 有效性检验可知, 其指挥信息系统系统服务能力将满足 Pareto 有效状态, 从而证明了将指挥控制系统系统服务能力综合评价的结果提高到一个新水平是可行的。

参考文献:

- [1] 陈少卿, 张金明, 周彦. C⁴ISR 系统信息优势与制信息权评估方法研究[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(5): 1060-1063.
- [2] 王涛, 端木京顺, 王晓钧. 基于模糊综合评价 DEA 方法的信息化部队作战能力评估[J]. 军事运筹与系统工程, 2006, 20(3): 70-72.
- [3] 郭铭, 屈洋. 装甲兵作战效能评估[M]. 北京: 解放军出版社, 2006.
- [4] 张最良. 军事运筹学[M]. 北京: 军事科学出版社, 2005.
- [5] 曹建儒, 赵捷. 信息时代军队指挥自动化[M]. 北京: 军事科学出版社, 2002.