

基于虚拟仪器技术的信号测量分析仪的设计

张宏群, 蔡国英

(南京信息工程大学 电子与信息工程学院, 江苏 南京 210044)

摘要:针对传统仪器功能单一、传统编程语言的不足,采用计算机多线程技术、虚拟仪器技术等,根据信号自身的特点,结合信号处理方法,利用 LabVIEW 软件设计了虚拟信号测量分析仪。该分析仪可以对信号进行仿真、采集、多种时域参数的测量、小波降噪和频谱分析等功能,还可以实现波形的存储、回放。另外,该系统具有界面友好、扩展性强的优点,设计者可以通过软件改变系统功能,使用方便直观。经实践证明本软件达到良好的效果,可以进行推广。

关键词:虚拟仪器;信号分析;小波去噪;频谱分析

中图分类号:TP311.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)02-0244-03

Design of Signal Measuring and Analyzing Based on Virtual Instrument Technology

ZHANG Hong-qun, CAI Guo-ying

(Coll. of Electronic & Information Eng., Nanjing Univ. of Information Sci. & Tech., Nanjing 210044, China)

Abstract: In view of the single function of the traditional instrument and the deficiencies of the traditional programming language, based on the multithreading technology and virtual instrument technology, signal characteristics and the methods of signal processing, the visual signal measuring and analyzing analyzer is designed with LabVIEW. The signal analyzer can realize the measurement of the parameters in time domain, the wavelet de-noises and frequency analysis and so on, also record data and return data play back. In addition, this system has better interface which can be extended and heightened to increase functions as designer required in efficiency if soft-ware system is modified. Users can learn the functions of signal process visual. The practice shows that this software has good effect and can be extended.

Key words: virtual instruments; signal analysis; wavelet de-noise; frequency analysis

0 引言

虚拟仪器(Virtual Instrument)是基于个人电脑的测控设备或系统,通常由计算机、测控电路模块和专门应用软件组成,通过人机交互来完成对信号的采集、分析、处理和显示,具有性能高、功能强、操作方便、自动化程度高、复用性强等优点。

虚拟仪器(VI)概念的提出是测控技术领域的一次革命。它在以计算机为核心的硬件平台上,其功能由用户定义和设计,具有虚拟面板,其测试功能由测试软件实现的一种计算机仪器系统。由于虚拟仪器可借助 PC 机强大的计算及处理能力,可由用户定义和扩展功能,且价格低廉,深受广大用户青睐,NI 逐步改革了全世界工程师和科学家们测量和自动化控制的方法及概念,目前,国内外测试技术界和仪器制造界都在

进行研制和开发。

LabVIEW 是美国 NI 公司推出的一种基于 G 语言(Graphics language,图形化编程语言)的虚拟仪器软件开发工具^[1]。

自动测试与控制系统是 LabVIEW 的主要应用领域之一。信号分析与处理是测试技术工作的重要组成部分,是虚拟信号分析仪器的核心部分^[2]。其处理信号的能力较传统仪器强大得多,如各种滤波、傅里叶变换等,可对信号进行时间域、频率域、幅值域的分析与处理。文中利用 LabVIEW 作为软件开发环境,开发了虚拟信号分析仪中的信号分析处理平台。

文中就是在 LabVIEW 环境下设计了一台虚拟仪器系统,以美国 NI 公司的 LabVIEW7.1 作为开发平台,配合 NI 公司的 6024 采集卡,实现虚拟信号分析仪的设计,可用来进行时域参数测量、频谱分析、小波降噪和频谱分析等功能,数据波形可有效回放,并在窗口显示器上显示。

收稿日期:2007-05-16

基金项目:江苏省自然科学基金项目(06KJ1510123)

作者简介:张宏群(1966-),女,副教授,研究方向为智能仪器设计。

1 设计分析

1.1 系统的设计思路

信号分析仪可完成对信号的小波去噪和频谱分析功能,该系统由硬件与软件两部分组成。信号分析仪的硬件部分采用 NI 公司的 6024 采集卡,在程序运行时,首先通过通道控件中输入通道号,来控制数据采集时的通道数,同时对扫描数、扫描率和缓冲大小进行配置。配置完成以后,可以点击波形采集,先观察信号的具体波形,如果不满足要求,则可以重新进行参数配置。当所要采集的波形满足要求后,可以点击波形存储,把波形数据保存到指定的文件当中。点击读取波形数据,把以前存储到文件中的数据读出来,并把相应的信号输送到信号一和信号二。此时通过点击滤波及加窗,对信号进行小波去噪及频谱分析处理,同时把处理之后的数据输出到相关分析单元,对输出信号进行相关分析^[3]。

1.2 系统硬件组成

硬件部分包括:传感器、信号调理电路、数据采集卡、数据线、PC 机,其中数据采集卡选择 NI 公司的模拟采集卡 PCI-6024 板卡,采样速度为 200 kS/s, 12bits, 16 路多功能模拟输入;2 路 12 位模拟输出;8 路数字 I/O 线;2 个 24 位计数器,NI-DAQ 驱动软件再结合简单易用、功能强大的 LabVIEW 图形化开发环境使得在实际中配置和测量更简单,系统硬件结构如图 1 所示。

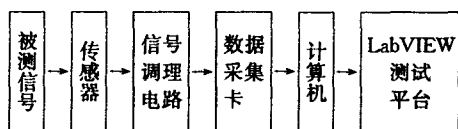


图 1 系统硬件结构图

1.3 系统软件设计

一个完整的 LabVIEW 程序主要包括前面板、框图程序、图标和连接器窗格三部分。前面板是交互式图形化用户界面,用于设置输入数值和观察输出量;框图是定义 VI 功能的图形化源代码,利用图形语言对前面板的控制量和指示量进行控制;图标和连接器窗格是用于把程序定义成一个子程序,以便在其他程序中加以调用^[4]。本系统软件主要包括:时域参数的测量模块、小波降噪模块和频谱分析模块,系统软件框图如图 2 所示。

(1) 时域参数的测量模块。

该模块的主要功能包括:波形显示、波形存储、波形回放、参数的测量、滤波。其可以测量输入信号波形的幅值参数、周期参数、脉冲函数、波形的瞬态分析、谐

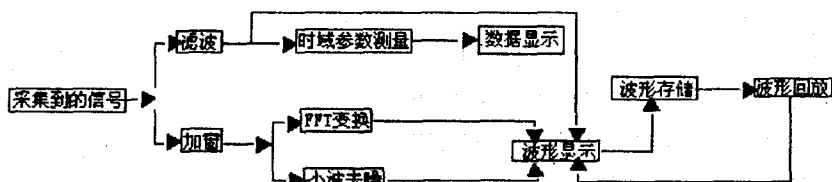


图 2 系统软件框图

波失真分析等,并且可以选择常用的滤波器巴特沃斯滤波器、切比雪夫型滤波器、椭圆型滤波器等对信号进行滤波。

其前面板以输出控件为主,主要用来显示幅值参数子模块、周期参数子模块、脉冲函数子模块等测量的参数。输入控件用来选择滤波器的类型、波形存储、波形回放程序的执行以及其参数的设置。

(2) 小波降噪模块。

小波分析是一种窗口大小(即窗口面积)固定但其形状可改变,时间窗和频率窗都可改变的时频局部化分析方法。即在低频部分具有较高的频率分辨率和较低的时间分辨率,在高频部分具有较高的时间分辨率,因此被誉为数学显微镜。由于在正交小波中,正交基的选取比传统方法更接近实际信号本身。所以,通过小波变换可以更容易地分离出噪声,小波分析应用最广泛的是信号处理和图像处理,而应用最多的是信号的降噪与压缩。小波分析优于傅里叶变换的地方是,它在时域和频域同时具有良好的局部化性质。

在虚拟信号分析仪的设计中,尽管 LabVIEW 中提供了一些信号处理功能函数,但毕竟功能有限,满足不了现代信号处理的需求。NI 公司在 LabVIEW 中提供了一个 MATLAB Script 节点,通过这一节点方式可以在 LabVIEW 中使用 MATLAB 强大的数值计算和分析功能,在 LabVIEW 中调用 MATLAB 工具箱的小波函数来完成信号的降噪功能。MATLAB 是由 Mathworks 公司于 1984 年推出的一套数值计算软件,尤其是它含有大量的数据处理包,在数值分析和处理方面的功能十分强大^[5]。

MATLAB Script 节点的调用过程:在 LabVIEW 开发环境中,框图操作程序下,选择节点的操作作为 Functions >> Mathematics >> Formula Palette。在该节点添加到框图程序后,可在其中导入 M 程序,也可以根据 MATLAB 语言语法编辑 M 程序。如果需要,可对节点增加输入、输出变量,这些变量在程序运行时,起到在 LabVIEW 与 MATLAB 之间传递参数的作用^[6]。

(3) 频谱分析(FFT)模块。

FFT 是 DFT 的快速算法,其原理是将长序列 DFT 根据其内在的对称性和周期性分解为短序列的

DFT 之和。 N 点的 DFT 先分解为 2 个 $N/2$ 点的 DFT, 每个 $N/2$ 点的 DFT 又分解为 $N/4$ 点的 DFT。最小变换的点数即所谓 FFT 的“基数”。因此, 基数为 2 的 FFT 最

小变换是点 DFT (或称蝶形运算)。对有 N 个采样的信号进行 DFT 计算是一个计算密集的过程, 大约需要 N^2 个复数运算, 但是, 当 N 为 2 的幂时, 即当 $N = 2^m$ (其中 $m = 1$ 或 2 或 3 或 ……), 可以实现快速傅里叶变换 (FFT), 它仅需要大约 $N \log_2(N)$ 个蝶算。而 1 个蝶算只需一个复数乘法, 2 个复数加法。

该虚拟频谱分析仪的主要功能: 对输入波形进行基本频谱分析, 包括: 功率谱、幅频、相频等。特殊频谱分析包括: 希尔伯特变换。联合一频谱分析包括: 短时傅里叶变化、魏格纳变换。本软件在信号的截取过程中设置了几种窗函数以供选择, 分别为汉宁窗、海明窗、矩形窗、布莱克曼窗、精确布莱克曼窗、布莱克曼—哈瑞斯窗、平顶窗、力窗和指数窗等。

该虚拟频谱分析仪的前面板有两部分块: 一部分主要是显示波形, 有四个控件分别用来显示原始波形、基本谱分析变换后的谱、特殊谱分析后的谱、联合一频谱分析后的谱。另一部分用若干个控件来选择谱分析函数、参数、窗函数。

2 系统功能分析

该虚拟信号分析仪可以实现信号的时域分析、小波去噪、FFT 三个主要模块, 前面板设计如图 3 所示, 虚拟信号分析仪程序框图如图 4 所示。可以看出含有噪声的正弦波信号经过小波去噪后和没有噪声的正弦波信号大体相同, 可见小波去噪的效果比较明显。调节消噪的层数, 对比不同层次对于同一信号消噪的效果, 可以看出层次越高效果越好。

FFT 的分析结果比较清晰, FFT 的分析结果和事实相符, 而且泄漏和旁瓣很少, 在 FFT 中第 1 旁瓣不会影响主瓣的辨别。对于其他的如矩形波、三角波、锯齿波等波形经过小波去噪和频谱分析, 结果同样是令

人满意的。该分析仪还可以通过点击动态波形键暂停波形的瞬时变化, 利用图形模板上的工具进行特定部分波形的分析。

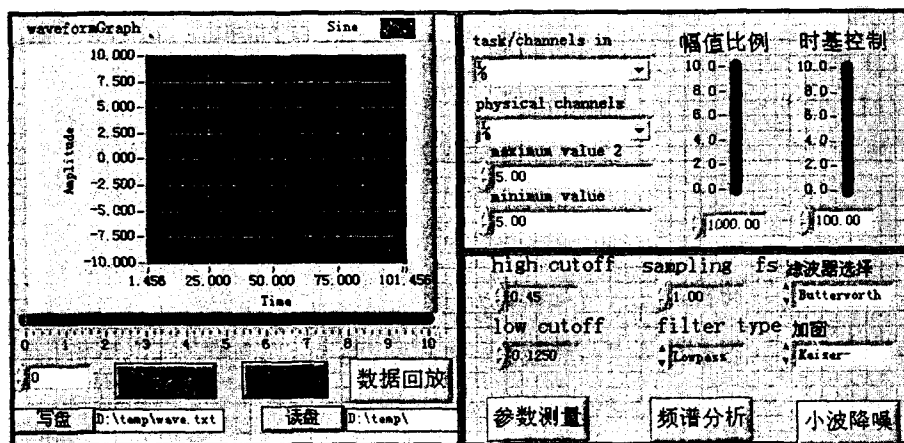


图 3 虚拟信号分析仪前面板

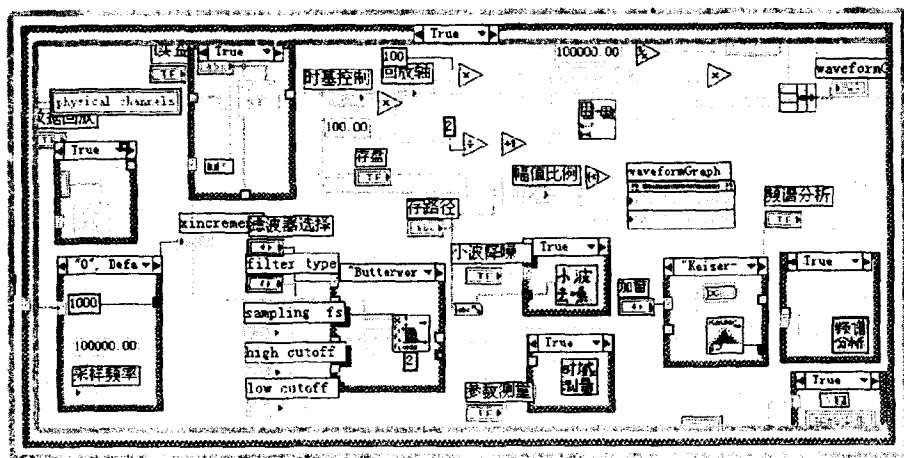


图 4 虚拟信号分析仪程序框图

3 结束语

虚拟仪器技术是当今计算机技术和新仪器技术相结合的产物, 是现代测试技术系统的发展趋势, 文中是在 LabVIEW 环境下设计的虚拟信号分析仪, 利用文中设计的虚拟仪器可以方便、快捷地实现对信号的分析, 并且扩展性比较好, 可以方便地与外设进行通信, 随着虚拟仪器技术的发展, 加上信号处理方法越来越成熟, 其在高校实验室将会越来越受到重视。

参考文献:

- [1] 唐贵基, 刘玉秋. 基于 LabVIEW 虚拟测试分析仪的信号分析功能设计[J]. 仪器仪表用户, 2004(1): 24-26.
- [2] 张爱平. LabVIEW 在电子测量教学中的应用[J]. 国外电子测量技术, 2004(5): 36-39.
- [3] 闫玲, 方开翔. 基于 LabVIEW 的多功能数据采集与信号处理系统[J]. 江苏科技大学学报, 2006, 20(3): 50-55.

(下转第 250 页)

码、带数字签名的代码和状态评估、携带证明的代码、相互记录旅行历史等方法能较好地解决保护主机的问题。李新等人提出的电子货币使用以及基于旅行历史记录的授权模型在解决保护主机问题上也很有特色;对于保护 Agent,明尼苏达大学 KamikNeeran 等人设计的 Ajanta 系统采用单向哈棉数字签名方法来对代理传输协议包进行加密,可以有效地防止代理迁移时可能受到的被动攻击,并使得移动代理的所有者能察觉代理是否被攻击过。Web 服务中心作为可信的移动 Agent 的监护人,可以审核 Agent 的移动路径,建立相应的日志记录 Agent 的状态,必要时可杀死移动 Agent 或恢复 Agent 的状态并能记录相应的恶意 Agent 宿主^[4]。移动 Agent 可防止被动攻击,通过可信 Web 服务中心,其状态是可监管、可恢复、可杀死的,并且 Agent 宿主也在中心的监管中,因而可较好地解决移动 Agent 以及网络的安全问题。

(2)安全审计。通过对称加密、非对称加密和数字签名等可确认移动 Agent 和 Agent 宿主的身份,审计移动 Agent 的安全状况(是否被攻击以及是否攻击其他 Agent 或 Agent 宿主)以及审计宿主的安全状况(是否被攻击以及是否攻击过 Agent),并把相应的审计结果记录下来作为以后评估有关对象的存档资料。

(3)事务处理。主要负责移动 Agent 的相关事务,如 Agent 运行结果提交、安全日志、Agent 和 Agent 宿主活动日志等。对于事务提交协议有两阶段提交协议、三阶段提交协议等。刘云生等人设计的三阶段实时提交协议较好地解决了移动分布式实时事务的成功率,在处理 Agent 事务提交时可采用改进的移动代理提交协议,对其原理描述如下:移动 Agent 用 A1 表示,Web 服务中心协调器用 C1 表示;当 A1 从各个宿主都带回执行结果或 A1 生命周期结束时启用本协议;当 A1 的各个宿主都同意提交结果时,C1 审计 A1 的安全状况(宿主对结果的签名是否合法、Agent 是否受到攻击,Agent 是否发起过攻击等),全部通过则可把结果提交给用户,并记录相应的活动日志以便于以后出现争议时作出仲裁,如果没有通过安全状况审计,则要根据不同的情况作出相应的处理,如 Agent 受到攻击则根据受攻击的情况决定是废弃执行结果还是让其他 Web 服务逻辑补上相应结果并记录相应恶意宿主情况。为了使 Web 服务中心不成为整个系统的瓶颈,整

个服务过程也可由用户和 Web 服务逻辑两方完成,如果需要在以后作出仲裁,则在完成相应的服务活动后提交相应活动结果给 Web 服务中心,Web 服务中心只需保存相应的活动结果并在出现争议时确认双方活动的合法性就可以了,如此便可避免 Web 服务中心成为整个系统的瓶颈^[5]。

(4)计费。包括访问资源的计费,Web 服务中心的服务费以及 Agent 宿主的服务费,具体有了电子货币的发行、使用以及相应的交易协议,还有通过采用代理签字与群签字综合的方法,提出了多级电子银行的方案,计费方案的设计可参考有关文献,在此不作详述。

3 总结与展望

分析了 Web 服务的现状以及其不足之处,结合移动 Agent 技术,设计了一个基于移动 Agent 的 Web 服务系统框架,针对 Agent 存在的安全问题,提出建立可信 Web 服务中心,用于移动 Agent、Agent 宿主的认证、安全审计以及计费等,使得移动 Agent、Agent 宿主的行为是可监管、可仲裁的,从而在一定程度上解决了 Web 服务以及移动 Agent 的安全问题。不过这也只是对建立了 CA 中心使得电子商务变得安全起来这一事实的一种推广,而且,具体是否可行,还得靠建立相应的实验模型加以验证。

参考文献:

- [1] John A, Swainson. Web 服务:明天电子商务的关键[J]. 软件工程师,2002(8):16-17.
- [2] Tao X P, LU J. Mobile Agent: One of the Main Paradigms of Future Distributed Computing[J]. Computer Science, 1999, 26(20):1-6.
- [3] Roche C, Fitouri S, Glardon R. The Potential of Multi-Agent Systems in Virtual Manufacturing Enterprises Database and Expert Systems Applications[C]//Ninth International Workshop. [s. l.]: [s. n.], 1998:25-28.
- [4] Peter S, Jack T. The application of two-stage Copressio method for XML[J]. Date Engineering, 2001, 101(101):25-30.
- [5] Gou Hongmei, Huang Biqing. Agent-based Virtual Enterprise Modeling and Operation Control Systems[C]//Manand Cybernetics, IEEE International Conference. [s. l.]: [s. n.], 2001:19-20.

(上接第 246 页)

- [4] 董长虹,高志,余啸海. Matlab 小波分析工具箱原理与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [5] 侯国屏,王坤,叶齐鑫. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设

计[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

- [6] 杨乐平,李海涛,赵勇,等. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.