

虚拟仪器——振动、噪声、动力学测控技术的革命

应怀樵

(东方振动和噪声技术研究所, 北京, 100085)

摘要: 本文阐述了虚拟仪器 (VI) 和计算机采集测试分析仪器 (简称卡泰仪器 (CATAI) (计算机记录分析仪)) 的概念、组成和研究现状, 指出了 VI 的分类及其发展前景。虚拟仪器及卡泰仪器是电子技术、软件技术和计算机技术发展的结果, 它的出现是振动、噪声和动态测控技术的一次革命。文中探讨了虚拟仪器的本质是“实”而不是“虚”, 提出了目前虚拟仪器界存在的一些问题。

关键词: 虚拟仪器; 卡泰仪器; 采集测试分析; 电子测量

Abstract: This paper expatiates the concept, components and studying status of virtual instruments (VI) & computer acquisition test analysis instruments (CATAI). It indicates the classification and prospect of VI. VI and CATAI are the fruits of the development in the technology of electronics, software and computer. And its emergence is revolution of vibration, noise and dynamic testing and controlling field. The paper discusses that the essence of VI is reality, not imaginary. And it puts forward some existing problems of current VI.

Key words: virtual instruments; CATAI; acquisition testing and analysis; electronic measurement

1 引言

虚拟仪器 (Virtual Instruments 简称 VI) 和卡泰仪器 (Computer Acquisition Test Analysis Instruments 简称 CATAI) 技术发展非常迅速, 是目前国内外测控技术界和仪器制造界十分关注的热门话题。所有的测量仪器主要功能可由①数据采集, ②数据测试和分析, ③结果输出控制显示等三大部分组成, 其中数据分析和结果输出完全可由基于计算机的软件系统来完成, 因此只要另外提供一定的调理放大、数据采集、模数输出硬件, 就可构成基于计算机的测量仪器。基于计算机的数字化测量仪器就称之为虚拟仪器 (VI) 和计算机测控分析仪器——卡泰仪器 (CATAI), 以下简称卡泰仪器。

虚拟仪器可使用相同的硬件系统, 通过不同的软件就可以实现功能完全不同的各种测控仪器, 即软件系统是虚拟仪器的核心, 软件可以定义各种仪器, 因此可以说“软件即仪器”。

本文下面就虚拟仪器和卡泰仪器的现状和对测控技术的影响作一个探讨, 作为抛砖引玉, 以期引起同行的讨论。

2 虚拟仪器的国内外发展过程

随着计算机技术一日千里的发展,用微机进行数字化动静态测试分析的理想终于成为现实。其中的几个关键技术都已得到解决。(1)微机的精度、速度;(2)模数转换的精度、速度;(3)内存、硬盘的存储量和速度;(4)计算机与 A/D 价格越来越低;(5)各种功能的专用软件的迅速发展,及时地带动了虚拟仪器技术的迅猛发展。国内外已掀起虚拟仪器 VI 热。

虚拟仪器技术的开发和应用的活跃源于 1986 年美国 NI 公司设计的 LabVIEW,它是一种基于图形的开发、调试和运行程序的集成化环境,实现了虚拟仪器的概念。NI 提出的“软件即仪器”(The software is the instrument)的口号,彻底打破了传统仪器只能由生产厂家定义,用户无法改变的局面。国内于 1985 年由 COINV(东方振动和噪声技术研究所)提出了 PC 卡泰(PCCATAI)——微机卡式采集测试分析仪的概念,并推出了 DASP(达世普)软件(Data Acquisition & Signal Processing)。随后又提出了“把试验室拎着走”的口号。

数据采集和信号处理软件的概念突破了传统的随机振动信号分析仪和 FFT 分析仪的概念,实现了向虚拟仪器和计算机采集测试分析仪(CATAI)的概念的过渡。并研制成了国内第一台虚拟仪器——PC 卡泰 INV101,接着又推出了台式机用的 INV303 和便携式笔记本式的 INV306 系统,1993 年在加拿大多伦多展出,产生了完全新颖的仪器,实现了 VI 的飞跃。与此同时,美国 HP 公司、泰克公司、PC 仪器公司也加入了研制虚拟仪器的行列,20 世纪 90 年代中期以来,国内重庆大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学等单位及中科泛华公司等研究开发虚拟仪器产品和引进、消化美国 NI 公司与 HP 公司产品方面做了一系列有益的工作,并取得了一批较好的成果。国际上从 1986 年开始有虚拟仪器产品陆续问世,到 1994 年 VI 制造厂家达 90 余家,共生产 1000 多种虚拟仪器产品。COINV 到 2000 年底,已有近 600 家用户使用该单位生产的 18 种 INV303/306 系列产品。预计国内外将有更多的企业从事 VI 的研制开发,这将推动 VI 和 CATAI 的更快发展。

3 VI 和 CATAI 测试系统的构成框图

VI 和 CATAI 的基本构成如图 1 所示:

(1) 图中各种功能软件是具有测试分析仪器功能的各种软件,典型的如美国 NI 的 LabVIEW、美国 HP 的 HPVEE 和中国 COINV 的 DASP,都是像人的大脑一样处于主宰地位。

(2) 计算机及附件包括:各种高性能的计算机具有强大的 CPU 处理器及高性能的高分辨率的显示器和外挂内置光盘硬盘驱动器,且具有 32M 以上的内存及快速打印机等附件。它们是 VI 和 PCCATAI 系统的核心和动力。

(3) A/D 采集卡和 D/A 卡:是高性能模数转换器和数模转换器,它是 VI 的左右手,它

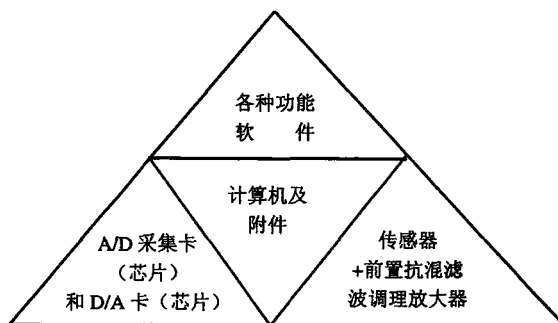


图 1 VI 和 PCCATAI 的构成示意图

们必须有高级的定时功能,如东方科卡, A/D 精度达到 12 位、16 位、18 位甚至 24 位的水平。采样频率能达到 0~100kHz、200kHz、330kHz、1000kHz、20000kHz (20MHz) 甚至更高。多路采集时必须能同步进行,实现无时差、无相移。测试通道最少可为 2 路、4 路、16 路、32 路,最多可达 1024 路。

(4) 传感器 + 前置抗混滤波调理放大器。它们是 VI 系统的左右腿,是测试系统的基础,没有高质量的传感器和各种高质量的调理放大器,测试系统就没有了基础。这里文中强调了一下抗混滤波,因为卡泰仪器系统是数字化测量,所以高质量的抗混滤波器是不可缺少的,根据采样定理,抗混滤波频率至少为采样频率的一半。

这里还要提一下新名词:信号调理 SC (Signal Conditioning),它包括:放大、滤波、隔离、多路复用(电荷放大、电压放大、热电偶、积微分、应变桥路平衡、激励电源和线性化)诸多功能。

各种高精度、可靠的传感器,像人的眼睛和耳朵一样的重要,在 VI 的发展和测试中,也起着重要的决定性的作用。

最后值得指出的,要获得高质量的测控数据,还有一个重要的因素是测试技术,诚然,测试技术不是 VI 的范畴,但是它在整个测试过程中,起着重要的作用。因为最好的武器是人掌握的,本文在这里不讨论了。

4 虚拟仪器的分类

虚拟仪器的发展随着计算机的发展和采用总线方式的不同,可分为五种类型:

第一类: PC 总线-插卡式虚拟仪器

这种方式借助于插入计算机内的数据采集卡与专用的软件(如 DASP 与 LabVIEW)相结合,完成测试任务。它充分利用计算机的总线、机箱、电源及软件的便利。但它的关键取决于 A/D 转换技术(如东方科卡),东方科卡就有高级定时功能,能完成仪器级的高精度测量。

但是受 PC 机机箱和总线限制,且有电源功率不足,在机箱内部的噪声电平较高,插槽数目不多,插槽尺寸较小,机箱内无屏蔽等缺点。

插卡式仪器价格最便宜,因个人计算机数量非常庞大,因此其用途广泛,特别适合于教学部门和各种实验室使用。

第二类: 并行口式虚拟仪器

最新发展的一系列可连接到计算机并行口的测试装置,它们把硬件集成在一个采集盒里或一个探头上。软件装在计算机上,通常可以完成各种虚拟仪器的功能,典型的有 COINV 的 INV306 系列和 LINK 公司的 DSO-21xx 系列数字示波器。它们的最大好处是可以与笔记本计算机相连,方便野外作业。又可与台式 PC 机相连,实现台式和便携式两用,非常方便。

第三类: GPIB 总线方式的虚拟仪器

GPIB 技术是 IEEE488 标准的虚拟仪器早期的发展阶段。它的出现使电子测量由独立的单台手工操作向大规模自动测试系统发展,典型的 GPIB 系统由一台 PC 机、一块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 形式的仪器通过 GPIB 电缆连接而成。在标准情况下,一块 GPIB 接口卡可带多达 14 台仪器,电缆长度可达 20 m。

GPIB 技术可用计算机实现对仪器的操作和控制,替代传统的人工操作方式,可以很方便地把多台仪器组合起来,形成大的自动测量系统。GPIB 测量系统的结构和命令简单,造价

较低, 主要市场在台式仪器市场。适合于要求高的精确度, 但不要求对计算机高速传输状况时应用。

第四类: VXI 总线方式虚拟仪器

VXI 总线是一种高速计算机总线 VME 总线在 VI 领域的扩展, 它具有稳定的电源, 强有力的冷却能力和严格的 RFI / EMI 屏蔽。由于它的标准开放, 结构紧凑, 数据吞吐能力强, 定时和同步精确, 模块可重复利用, 众多仪器厂家支持的优点, 很快得到广泛的应用。

经过十多年的发展, VXI 系统的组建和使用越来越方便, 尤其是组建大中规模自动测量系统以及对速度、精度要求高的场合。有其他仪器无法比拟的优势。然而, 组建 VXI 总线要求有机箱、零槽管理器及嵌入式控制器, 造价比较高。

第五类: PXI 总线方式的虚拟仪器

PXI 总线方式是在 PCI 总线内核技术上增加了成熟的技术规范和要求形成的, 增加了多板同步触发总线的参考时钟。用于精确定时的星形触发总线, 以使用于相邻模块的高速通讯的局部总线。PXI 的高度可扩展性。PXI 具有 8 个扩展槽, 而台式 PCI 系统只有 3~4 个扩展槽, 通过使用 PCI—PCI 桥接器, 可扩展到 256 个扩展槽, 台式 PC 的性能价格比和 PCI 总线面向仪器领域的扩展优势结合起来, 将形成未来主流的虚拟仪器平台。

虚拟仪器的发展过程有两条主线:

GPIB→VXI→PXI 总线方式 (适合大型高精度集成系统)

GPIB 于 1978 年问世, VXI 于 1987 年问世, PXI 于 1997 年问世。

PC 插卡式→并行口式→串口 USB 方式 (适合于普及型的廉价系统, 有广阔的应用发展前景)

PC 插卡式于 20 世纪 80 年代初问世, 并行口方式于 1995 年问世, 串口 USB 方式于 1999 年问世, 1394 口于 2000 年问世。

5 虚拟仪器的前景展望

虚拟仪器与传统仪器相比有许多优点, 详见表 1。

表 1 虚拟仪器和传统仪器的比较

虚拟仪器 (卡泰仪器)	传统仪器
开发和维护费用低	开发和维护费用高
技术更新周期短 (0.5~1 年)	技术更新周期长 (5~10 年)
软件是关键	硬件是关键
价格低	价格昂贵
开放、灵活与计算机同步, 可重复用和重配置	固定
可用网络联络周边各仪器	只可连有限的设备
自动化、智能化、多功能、远距离传输	功能单一, 操作不便

虚拟仪器的发展取决于三个重要因素: ①计算机是动力, ②软件是主宰, ③高质量的 A/D 采集卡及调理放大器与传感器是基础。

无论哪种 VI 系统, 都是将硬件设备 (传感器、调理放大器、A/D 卡、D/A 卡) 搭载到笔记本电脑、台式 PC 或工作站等各种计算机平台上, 加上应用软件而构成的, 实现了用计算机的全

数字化的采集测试分析控制。因此, VI 的发展完全与计算机的发展步伐同步, 并显示出 VI 的灵活性和强大的生命力。虚拟仪器和 PC 卡泰的崛起是测试仪器技术的一次“革命”, 是仪器领域的一个新的里程碑。未来的 VI 和 CATAI 完全可以覆盖计算机辅助测试(CAT)的全部领域。几乎能替代所有的模拟测试设备。它的重要意义在于尚是一块处女地, 有待我们去开拓, 它有许多未知部分有待大家去填补。VI 和 PC 卡泰前景十分光明。基于计算机的全数字化测量分析是采集测试分析的未来。

6 关于“虚拟”和“卡泰”仪器的探讨与问题

这里值得指出的是“Virtual”一词可以翻译成①“实质上的”, ②“实际上”, ③“有效的”, ④“似真的”, ⑤“虚拟的”, ⑥“虚像的”等几种意思。当前我们研制虚拟仪器应该着重于功能上“实质的”和“似真的”仪器, 不要片面的追求“虚像的”, 单纯的追求面板外形上的相似而花大力气去模拟老式仪器外形, 作者认为这是一个误区。我们应该在这里大力提倡追求仪器的功能和测试的精度及可靠性, 达到一种真正高级仪器的测试效果, 而不要误入歧途, 去追求外形上相似, 追求老式仪器的外形面板及外表, 进行过分的包装, 浪费大量的人力物力。否则就背离了虚拟仪器的“创新”思想, 违背了 VI 本身的新思想——“实质上”和“似真的”内涵。现在全国已掀起了一股“虚拟”热潮, “虚拟”的名词满天飞, 炒的火热。更应指出的是国内已有专家争鸣指出 Virtual 的意义主要是“实”不是“虚”。只是在中国才把 Virtual 一词译为“虚拟”, 而在英语国家都理解为“实际上的”、“事实上的”, 不论是在科技领域还是在一般场合, 把 Virtual 译为“虚拟”, 这是一个历史的错误, 最终历史会愚弄我们自己。“虚拟”是一个既“迷人、玄妙”又令人“迷惑”的字眼, 常见的虚拟是很难理解和解说的, 多数人不得不勉强猜测, 不知“虚拟”是何意。把“虚拟”理解为“模拟”更为恰当一些。所以, 我们在研制“VI”暂且叫它“虚拟仪器”和“CATAI”卡泰仪器时, 应着重研究功能、数据可靠性、准确度等“实”, 不要片面地去追求外形、界面等“虚”。现在有一个不好的气氛, 如商品和药品的过分包装, 追求“虚”华而不实, 作者在这里大力提倡, 大声呐喊, 多要“实”, 少要“虚”。因此, 特别希望各方面的专家学者引起重视和注意, 并展开讨论。

由于虚拟仪器(VI)和卡泰仪器(CATAI)尚处在发展阶段, 其各种术语也非常丰富, 且十分混乱, 具体名称有: (1) 虚拟仪器(VI); (2) 卡泰仪器(CATAI); (3) 软件式仪器; (4) PC 卡泰仪器; (5) 微机卡泰仪器; (6) 卡式仪器; (7) 插卡式仪器; (8) 模块式仪器; (9) 数字化仪器; (10) 芯片式仪器; (11) 模块软件式仪器; (12) 卡式软件化仪器; (13) 计算机采集测试分析仪器; (14) 计算机辅助测试分析仪器; (15) 卡式采集测试分析仪器; (16) 微机全数字智能化仪器……等很多种名称。目前使用的最多的名称为: (1) 虚拟仪器(VI); (2) 卡泰仪器(CATAI); (3) 计算机记录分析仪(CATAI)。作者认为, 虚拟仪器 VI 和 CATAI 仪器的名称万变不离其宗, 实质上它们是基于计算机的数字化采集测试分析仪器, 所以比较确切的应称为——计算机采集测试分析仪器, 其英文全名为: Computer Acquisition Test Analysis Instruments, 简称 CATAI, 按照发音近似简称为卡泰仪器, 其含义为卡式采集分析仪器正像泰山一样在崛起, 叫起来比较顺口, 含义丰富、确切, 从便于记忆便于理解的角度出发可以简称作“计算机记录分析仪”。

7 目前虚拟仪器界存在问题探讨

笔者认为:社会的高度发展是高度分工,我们要认清方向,扬长避短,人人都去“一块卡+一个驱动程序”编程搞“虚拟仪器”,恐怕也是一个误区和浪费。这样造成简单的重复,会浪费大量的人力物力,也是需要引起足够的重视。目前国内外不少“VI”是一种毛坯式仪器,它的最终功能要自己(用户)去完成,它的精度、编程中发生的差错,要用户自己去查找和确认。这些对VI的推广和应用都是不利的,有的用户自购买日起两三年用不上,带来不少困难。有的开发不成,最终束之高阁。还有的虚拟仪器存在界面挺好看,但内涵功能很少,软件模块很小、离散,数据精确度很差,使用不便等等现象,希望能引起大家的重视。研制开发虚拟仪器已经到了需要专业化分工,持久的专业化研究,团结协作攻关的时候了。

COINV 开发研制虚拟仪器已经过十六个年头,创新了 68 种特殊技术,可取代 50 种以上的仪器,具有数百项测试分析功能,实现了通常实验室必备仪器的能力,是 VI 的“大规模测试集成虚拟仪器库”,DASP 软件已形成了一套大型的“试验室平台”软件,特别是 Windows 版的 DASP2000 软件,可以“把试验室拎着走”。COINV 的 DASP 虚拟仪器库和 INV303/306 移动试验室的几百项功能,可代替示波器、频率计、瞬态记录仪、磁带机、滤波器、电压表、信号分析仪、模态分析仪、故障诊断仪等等 50 多种仪器。它是一个即插即用的仪器,有 INV 企业标准和国家技术监督局认证 CMC 许可证,精度很高,使用非常方便,已受到广大用户的欢迎。

虚拟仪器的发展和应用是信息技术、振动技术的一个重要领域,特别对我们振动工程中的振动、噪声、动态(动力学)的测量和控制技术来说是一次深远的技术革命,它可用于所有的测试控制领域,将对科学技术的发展,国防建设和工农业生产产生不可估量的影响。目前应尽快将虚拟仪器用于科学研究、教学实验和工程测量,笔者希望能引起专家和同行们的高度重视。

参考文献

- (1) 应怀樵,刘进明.微机智能自动化动静态测试分析技术的研究.现代振动与噪声技术.北京:航空工业出版社,1997
- (2) 应怀樵.科技展望——“大振动”与微机卡泰时代.现代振动与噪声技术(第2卷).北京:航空工业出版社,2000
- (3) 应怀樵.虚拟仪器与PC卡泰技术的现状与发展.计算机自动测量与控制,2000,(2)
- (4) 秦树人.虚拟仪器——测试仪器从硬件到软件.振动、测试与诊断,2000,(1)
- (5) 应怀樵.卡泰仪器与虚拟仪器技术的现状与发展趋势.国外电子测量技术,2000,(2)
- (6) 应怀樵.“虚拟仪器”与计算机采集测试分析仪器的发展和展望.振动、测试与诊断,2000,(3)
- (7) 钱文浩.Virtual的意义主要是实,不是虚.whq@iname.com.2000年4月
- (8) 应怀樵.“虚拟仪器”(VI)与计算机采集测试分析仪器(CATAI)在动态测试领域的发展和应用.《中国科技成果》,2000年10月专刊,庆祝东方振动和噪声技术研究所成立十五周年专辑
- (9) 应怀樵.虚拟仪器与计算机采集测试分析仪器的现状和展望.振动工程学报,2000,13(增刊)