文章编号: 1671- 4598(2008)01- 0004- 04　　中图分类号: TP216　　文献标识码: A

测试仪器现状以及对未来仪器的展望

黄　飞, 王跃科, 明德祥, 杜金榜
(国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙　410073)

摘要: 传统仪器由于不具有开放体系结构与信息完整性支持能力, 无法实现远程测控与分布式测试, 同时, 大量仪器资源无法实现开放互联与共享, 以及大量测试信息不能被有效传输和利用; 为了解决仪器技术在广域应用中存在的普遍问题, 阐述了测试仪器的发展历程, 深入分析了测试仪器存在的主要问题, 指出了信息完整性和开放体系结构是问题的本质原因, 提出了以"测控网"+"传感器"为基本形态、具有信息完整性支持能力和开放体系结构的网络仪器 (ION, the Instrument on Network) 新概念, 论述了网络仪器解决测试仪器自身问题以及实现信息资源开放共享和仪器资源协同互联的基本思路。

关键词: 网络仪器; 体系结构; 信息高速公路; 测控网; 信息完整性; 时间确定性

Present Situation of the Test Instrument and Expectation on the Instrument in the Future

Huang Fei, Wang Yueke, Ming Dexiang, Du Jinbang
(College of Mechatronics Engineering and Automation, National Univ. of Defense Technology, Changsha　410073, China)

Abstract: Due to the absence of open architecture and information integrity in traditional instrument, the remote measurement, control and distribute test cannot be realized. At the same time, the open interconnect and sharing of the instrument resource cannot be carried out, and the test information cannot be transferred and used. That is, there exists the universally problem of the instrument technology for the application in wide area. To solve the problem, with a brief review of the evolution of the test instrument and in- depth analysis of major problems concerning it, the paper points out information integrity and open architecture are the core of the problems, then goes on to propose a new concept of the Instrument on Network (ION) with "Measure and Control Network" plus "sensors" as its basic form, capable of information integrity and open architecture, and finally expounds some basic thinking of ION to solve problems of the test instrument, open and share data resources and interconnect instrument resources in coordination.

Key words: instrument on network; architecture; information highway; measure and control network; information integrity; time determinability

0　引言

仪器仪表是信息的源头, 是人类获取有关自然界知识、认识世界的工具[1]。信息高速公路作为信息社会的基础结构[2], 奠定了它在人与自然的逻辑关系中的桥梁和纽带的地位, 如图1所示。测试仪器位于图1所示的信息高速公路与自然之间的环域, 是信息高速公路中信息的重要来源。

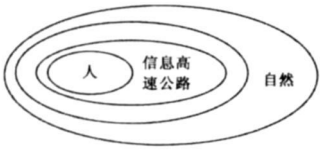

图1　人与自然的逻辑关系

人们期望更加方便灵活地从信息高速公路获取测试信息, 并且这些测试信息可以在更大范围内被更多的人共享。然而仪器技术经过几代的发展[3], 无论是早期的模拟仪器和数字仪器, 还是现在的智能仪器和虚拟仪器, 都没有从根本上解决广域测试问题, 存在诸如开放互联、获取信息无参照、协同测试、资源共享等问题。也就是说在信息高速公路与自然之间的环域中还存在着一个缝隙, 并且在这个缝隙中堆积着大量的没有被充分利用的仪器设备和信息资源。信息高速公路与自然之间存在的这个缝隙, 实际上就是测试仪器与信息高速公路之间的"接轨"问题。

为了消除这个缝隙, 解决"接轨"问题, 人们不断地进行有关未来仪器的研究和探索[4-5], 不断地思考着新一代仪器基本形态与结构特征等问题。目前, 人们普遍认同的仪器发展趋势是计算机化、网络化、智能化、多功能化和微型化[6-7]。随着计算机技术和网络技术的发展, 特别是信息高速公路的普遍建设, 网络化仪器技术已经成为了近年来人们研究的热点, 一些基于网络的仪器也开始应用[8-11], 如远程医疗、远程数据采集与控制、高档测量仪器设备资源的远程实时调用、远程设备故障诊断、远程设备的控制等等。

1　测试仪器自身问题是造成"缝隙"的根本原因

1.1　测试仪器的发展历程

仪器技术的发展历经了模拟仪器、数字仪器、智能仪器和虚拟仪器等几个主要阶段, 如图2所示。

(1) 模拟仪器: 20世纪50年代以前, 电测量技术主要是模拟测量, 此类仪器的基本结构是电磁机械式, 主要是借助指针来显示测量结果。

收稿日期: 2007- 09- 27;　修回日期: 2007- 11- 09。

作者简介: 黄　飞(1981-), 男, 河北正定县人, 博士生, 主要从事网络仪器技术方向的研究。
王跃科(1957-), 男, 河南灵宝人, 教授, 博士生导师, 学科带头人, 主要从事微电子、数字化测试及网络仪器技术等方向的研究。

中华测控网
chinamca.com
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

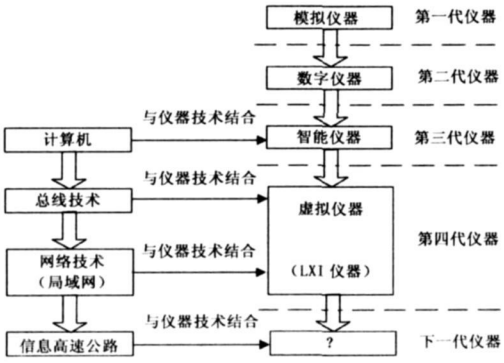

图 2　仪器技术发展历程

(2) 数字仪器：20 世纪 50 年代，数字技术的引入和集成电路的出现，使电测仪器由模拟式逐渐演化为数字式，其特点是将模拟信号测量转化为数字信号测量，并以数字方式输出最终结果，适用于快速响应和较高准确度的测量。这类仪器目前相当普及，如数字电压表、数字频率计等。

(3) 智能仪器：出现于 20 世纪 70 年代，是现代测试技术与计算机技术相结合的产物。它是含有微计算机或微处理器的测试仪器，测量结果具有存储、运算、逻辑判断及自动操作、自动控制等功能，即具有一定智能作用，故将其称之为“智能仪器”。智能仪器将传统数字仪器中控制环节、数据采集与处理、自调零、自校准、自动调节量程等功能改由微处理器完成，从而提高测量精度和速度。

(4) 虚拟仪器：这一概念早在 20 世纪 70 年代就已提出，但真正得以实现则是在 PCI、GPIB、VXI、PXI 等总线标准出现之后才变为可能，并随着卡式仪器、VXI 总线仪器、PXI 总线仪器等的推出而得到迅速发展。虚拟仪器是在计算机基础上通过增加相关硬件和软件构建而成的、具有可视化界面的仪器。虚拟仪器是现代计算机技术与仪器技术完美结合的产物，软件在仪器的开发和使用的全过程中起着至关重要的作用，可以说没有了软件就没有虚拟仪器。它基于“软件就是仪器”的思想，利用最新的计算机技术来实现和扩展传统仪器的功能，真正实现由用户自己设计和定义满足自己特殊要求的仪器。

以太网的发展为基于网络的测试系统提供了平台，也成就了 LXI[12-13] 的诞生。2004 年 9 月 VXI 科技公司和安捷伦联合推出一种新的基于工业以太网的总线规范——LXI。LXI 标准用以太网作为系统的骨干，无需 VXI 或 PXI 方式的机箱。LXI 联盟于 2005 年 10 月通过了 IEEE1588 协议，为 LXI 网络化虚拟仪器的设计与实现提供了标准。未来的总线将会向专业化和大众化方向发展，因此，在 LXI 仪器还未完全占领市场之前，VXI、PXI 和 USB 等都将成为市场的主流总线技术。

随着信息高速公路和仪器技术的进一步发展与结合，基于 Internet 的远程测控是现代测试技术和虚拟仪器技术的发展方向之一。

1.2　测试仪器存在的主要问题

无论是传统的模拟仪器和数字仪器，还是现代的智能仪器、总线仪器、虚拟仪器，都还存在着以下诸多的问题。

(1) 获取信息的无参照：现在的测试仪器所获取的数据还缺少足够的参照信息，比如统一时间参照信息、统一空间参照信息等等，即使有，也往往是以测试仪器自身的基准作参考，而缺少统一的参考标准，这直接导致了信息资源的广域共享与多点融合问题。比如，对于单台仪器而言，由于没有统一时间支持，所获取的信息即使提供了时间标记，也往往是对一次测试时间的大致记录，多台独立仪器获取的信息根本不具有统一的时间参考基准。

(2) 开放互联问题：互联不仅要实现仪器与网络之间的连接，而且要实现仪器之间的互联。所谓开放，就是应该像现在的计算机网络一样，不管什么类型的测试仪器，只要通过标准的接口连上网络，就可以被其他测试仪器和网络终端调用和访问。从这个意义上讲，现在的测试仪器都不具有此功能。

对于仪器的开放互联，不仅是仪器之间可以实现方便的互联与访问，而且仪器的各个功能模块资源也可以被互联和访问，并且根据测试任务的需要，可以实现不同仪器模块资源的互联，以组合成新的测试仪器或模块资源。然而，现在的很多测试仪器都是专用的封闭系统，无法实现仪器之间，以及不同仪器的单元模块之间的互联，资源组合也就无从谈起。

(3) 协同测试问题：在很多测试任务中，特别是大规模分布式测试任务，需要众多的仪器设备共同参与完成，其中涉及的一个重要问题就是协同。协同不是简单将多个测试仪器组合，它不仅需要严格的测试流程、测试节拍以及某些测试参考基准，而且需要各个测试仪器之间以及测试仪器与测试对象之间具有相应的协调功能。

现在的仪器一般都不具有协同测试能力，即使实现协同测试，也往往需要建立特殊的条件和环境，而且实现代价比较高，且不具有通用性。比如，面向工业自动化、现场总线的仪器之间实现协同，需要由专用总线、网络以及软件支持。

(4) 资源共享问题：目前的虚拟仪器和网络化仪器实现了某种程度上的共享，比如远程访问、使用设备，远程访问、浏览测试信息等等。然而与人们期望的通过信息高速公路实现任何时间、任何地点，访问任何需要的仪器资源和获取任何需要的信息资源还相距甚远。

①仪器资源的共享：现在的测试仪器很多都是一种专用的定制的资源，它只能面向特定测试任务，在特定范围内、由特定人使用，还不是一种可开放共享资源，由此使得仪器资源特别是大型贵重仪器设备的利用率很低，仪器设备的重复建设，造成大量人力和物力的重复投入以及资金的浪费。

②信息资源的共享：测试信息不应该仅仅是一种能够被多人访问和浏览的数据资源，也应该能够被再生和利用。比如，对于一组特定信号源的测试数据，用户不仅能够访问和浏览这组信号源数据，而且能够再生出此信号，并且可以用于实际的测试应用中。从这个意义上讲，现在的测试仪器所获取的信息都存在共享问题。这一方面是由于仪器自身的共享问题直接导致了仪器所获取信息的共享问题；另一方面，由于仪器所获取的信息不具有完整性，也直接导致信息资源无法被充分地共享、再生和利用。

除了上述的几个主要问题以外，现在的测试仪器还存在诸如实时性与时间确定性问题，以及人机界面与使用方便性等问题。

1.3　测试仪器问题本质剖析

深入分析测试仪器存在的这些问题，就其本质可归结为两个方面：开放体系结构和信息完整性。

开放体系结构是实现仪器之间以及不同仪器模块资源之间

中华测控网
chinamca.com
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

开放互联的基础。现在的仪器由于不具有开放体系结构，面对新的测试任务与需求，人们几乎无法利用现有仪器资源进行构建，致使仪器重复购置与建设，产生大量专用定制仪器；同时，由于测试仪器的结构封闭，也导致了测试仪器及其所获取的信息无法接入信息高速公路，给人们通过网络访问测试仪器造成了困难，导致大量的测试仪器闲置而不能够被共享与利用，以仪器为代表的信息获取技术还不能与信息技术的大格局相适应。

信息完整性是测试仪器获取的信息所应具备的基本属性，包括时间一致性、空间一致性、溯源一致性以及环境条件完整性，其中最重要的是时间信息。现在的测试仪器由于不具有统一的时间与空间参考基准，以及没有一致的溯源信息和必要的环境条件描述，使得仪器所获取的数据缺少足够的一致性参照信息，导致信息资源无法融合并有效地利用，仪器之间、不同仪器模块之间也无法实现协同测试。

因此，从测试仪器的角度来看，造成信息高速公路与自然之间存在“缝隙”的根本原因是开放体系结构和信息完整性。

2 信息高速公路本身问题是造成“缝隙”的重要原因

从对测试仪器提供支持的角度，信息高速公路不具备统一时间支持和时间确定性传输是造成“缝隙”存在的重要原因。

首先，统一时间支持下的测试仪器以及各个功能模块才有统一的时间参考，进而才能够保证不同测试仪器以及功能模块所获取的信息具有统一的时间参照，也才能够基于统一的时间信息实现信息资源融合、再生与利用。然而，现阶段的信息高速公路还没有一个统一时间支持体系，通过这样的网络互联的测试仪器以及各个功能模块将无法在统一的时间基准下获取信息。

其次，测试仪器的开放互联，需要以时间确定性传输服务为基础。时间确定性传输具有两层含义，一是传输过程必须在需要的时间内可靠地完成；二是传输过程中所使用的时间可以测量。然而现阶段的信息高速公路中由于交换、路由、传输协议等导致的延迟不确定性和传输不可靠性，将无法保证测试仪器所需的时间确定性传输，进而测试仪器无法通过信息高速公路实现开放互联。

3 对未来仪器的展望

3.1 仪器的发展趋势

随着计算机技术和网络技术的发展，特别是信息高速公路的建设和完善，网络化测试系统（仪器）是今后测试技术发展的必然之路。但是由于对测试仪器存在的问题没有一个本质的认识，导致人们对于未来网络化仪器的研究一直没有深入下去。

基于对测试仪器存在问题的深入反思，以及多年来对网络化测试技术的研究与实践，构建了具有信息完整性支持能力和开放体系结构的网络仪器（ION，Instrument on Network），并通过网络仪器技术实现了测试仪器与信息高速公路的接轨，以及仪器资源的互联与协同，信息资源的广域共享。

3.2 “先拆后聚”构建网络仪器

为了弥补信息高速公路与自然之间存在的“缝隙”，解决测试仪器与信息高速公路的“接轨”问题，在对测试仪器和信息高速公路存在问题的分析以及对“接轨”问题深刻理解的基础上，结合多年对测试仪器技术的研究与实践，我们提出了“先拆后聚”的解决思路，其基本思想如图 3 所示。

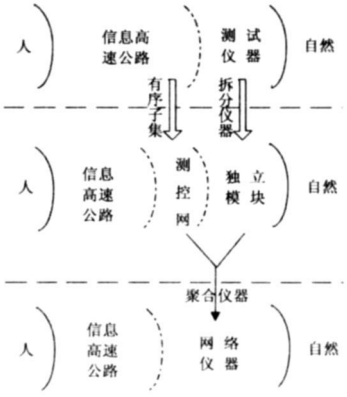

图 3 网络仪器的演变过程

首先，将集中封闭式的测试仪器合理拆分为多个具有独立功能与互联能力的单元模块；然后，对信息高速公路通信连接进行优化设计，构建具有统一时间支持能力和时间确定性传输服务功能的测控网；最后，通过测控网将拆分的独立单元模块进行互联，“聚”合成为网络仪器。

3.3 构建网络仪器解决“接轨”问题

由网络仪器的演变过程可以看出，作为测试仪器与信息高速公路之间的纽带，测控网成为测试仪器的总线，将大量堆积的测试仪器（模块）和测试信息接入信息高速公路，实现测试仪器与信息高速公路的接轨，进而实现测试仪器之间的广域互联、共享与协同。由此，网络仪器的基本形态结构是“测控网”+“传感器”。其中，“传感器”是网络仪器中靠近自然一侧的信息获取所必需的传感器件和对自然进行作用的执行器件。

(1) 测控网：测控网是信息高速公路的一个有序子集，是适用于测量与控制任务的、具有统一时间支持能力和时间确定性数据传输功能的新型网络，其内涵是：是信息高速公路的一个有序子集，具有网络的一般特征；提供时间确定性数据传输服务。时间确定性是指能够依据传输数据的时间属性，在限定的时间之内完成数据传输任务。

测控网可以传输数据（包括控制指令）以及传递时间，是网络仪器数据链、控制链和时间链所需的物理载体，存在形式可以是无线网络和有线网络，包括 GSM 网络、CDMA 网络、Internet、局域网以及各种现场总线及其混合网络等。

(2) 网络仪器：网络仪器是基于人与自然关系的宏观构想，并充分考虑了全球信息高速公路这一客观存在，是“建立在网络上的广域信息获取系统”。网络仪器服务于人们对信息获取与资源共享的需求，以测控网为基础，实现了测试仪器与信息高速公路的接轨。其内涵是：以信息获取与资源共享为核心；是以测控网为基础的仪器；核心功能是信息获取；具有信息完整性支持能力；具有开放的体系结构；具有资源重构能力和信息处理功能。

如图 3 所示，网络仪器出现以后，人与自然逻辑关系之间成为信息高速公路和网络仪器。考虑到测控网是信息高速公路的一个有序子集，网络仪器作为“建立在网络上的广域信息获取系统”，就自然成为人与自然之间的桥梁，成为人们通过网

中华测控网
chinamca.com
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

络获取信息的基本途径和手段，如图 4 所示。

图 4　网络仪器成为人与自然之间的桥梁

4　结论

以 Internet 为代表的网络技术的成熟以及它与仪器技术的结合，为仪器技术的发展带来了前所未有的空间和机遇，可以肯定，网络化测试技术的时代已经来临。网络仪器正是在这一背景下的产物，它的出现解决了测试仪器与信息高速公路的“接轨”问题，实现了测试技术与网络技术的完美融合。网络仪器的构建在实践上还有大量的工作要做：首要的是从理论与技术的结合上分析，总结出合理的网络仪器体系结构。以此作为指导，使测试技术领域与网络技术领域的技术人员协同工作，共同创建一种普遍适用的网络仪器开放体系结构，使各种测试仪器能够便捷地融进纵横交错的信息高速公路之中，实现信息资源的广域开放共享，使信源和信宿之间无缝连接，为构筑人类真正的数字化生活打下良好的基础。

参考文献：

[1] 王大珩，丁先华．现代仪器仪表技术与设计 [M]．北京：科学出版社，2002.

[2] 金吾伦．塑造未来——信息高速公路通向新社会 [M]．武汉：武汉出版社，1998.

[3] 孙亚飞，陈仁文，周　勇，等．测试仪器发展概述 [J]．仪器仪表学报，2003，24 (5)：480- 484.

[4] Agilent Technologies (Grant Drenkow)．LXI 揭开未来测试的面纱 [J]．计算机测量与控制，2006，14 (6)：145- 146.

[5] 范永凯．第四代仪器——三层网络化仪器概念的提出 [J]．计算机工程与应用，2003，39 (14)：208- 209.

[6] 杜金榜，王跃科，王湘祁，等．军用自动测试设备的发展趋向 [J]．计算机测量与控制，2001，9 (5)：1- 3.

[7] 刘根旺，赵利军，马瑞萍．测试仪器的发展及其对军用测试领域的影响 [J]．计算机测量与控制，2001，9 (2)：1- 2.

[8] 林玉池．测量控制与仪器仪表前沿技术及发展趋势 [M]．天津：天津大学出版社，2005.

[9] 中国仪器仪表学会．中国测量控制与仪器仪表中长期科技发展规划建议 [R]．2004.

[10] Ko C C, Chen B M, Chen J, et al. Development of a Web- based laboratory for control experiments on a coupled tank apparatus [C]. IEEE Transactions on Education, 2001, 44 (1): 76- 86.

[11] Matteo Bertocco, Franco Ferraris, Carlo Offelli, Marco Parvis. A Client- Server Architecture for Distributed Measurement Systems. IEEE Trans. Instrum. Meas. [C]. 1998, 47 (5): 1143- 1147.

[12] Kang B Lee, Schneeman R D. Distributed measurement and control Based on the IEEE 1451 Smart Transducer Interface Standards. IEEE Trans. Instrum. Meas. [C]. 2000, 49 (3): 621- 627.

[13] Lee K B, Schneeman R D. Internet- based distributed measurement and control applications [J]. IEEE Instrum. & Meas. Magazine, 1999, (6): 23- 27.

[14] 于功敬，等．虚拟仪器测试环境软总线体系结构 [J]．计算机测量与控制，2006，14 (2)：141- 143.

[15] LXI Consortium, Inc. LXI Standard Revision 1. 0 [S]. 2005. 9.

[16] LXI Consortium, Inc. LxiSync Interface Specification Revision 1. 0 [S]. 2005. 9.

(上接第 3 页)

参考文献：

[1] Test and evaluation management guide [M]. 2001 Fourth edition. Published by the Defense Acquisition University Press. 2001.

[2] Test and evaluation management guide [R]. Mar. 1998. Third edition. Published by the Defense Systems Management College Press.

[3] Air Force Instruction [R]. Development Test and Evaluation. Nov. 1996.

[4] Wang G G. Definition and review of virtual prototyping [M]. University of Manitoba. Canada.

[5] Rolince D. Applying virtual test principles to digital test program development [A]. AUTOTESTCON [C]. 1997.

[6] Defense Acquisition Guidebook [R]. DoD 2004.

[7] Collaborative Virtual Prototyping [M]. Johns Hopkins APL Technical Digest, VOLUME 17, NUMBER 3, 1996.

[8] Jos Sep lveda, Implementing the high level architecture in the virtual test bed [M]. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004.

[9] Joint synthetic battlespace: applying simulation to acquisition, mission effectiveness, and course of action analysis [R]. 2001.

[10] Integrated product and process development handbook [R]. August 1998.

[11] Kraft E M. Integrated test and evalution- a knowlege- based approach to system development [R]. AIAA95- 3982.

[12] 赵　雯．协同虚拟样机技术研究 [J]．系统仿真学报，2001，13 (1).

美国 ZTEC 公司新推出
ZT4612 LAN 数字存储示波器

美国 ZTEC 仪器公司是 VXI、PXI 的主要联盟商，独家提供 VXI 数字示波器模块，是唯一一家在一个模块上实现完整数字示波器功能的厂商。作为先进的仪器设计和制造商，ZTEC 提供具有独特优势的 VXI、PXI、PCI、LXI 模块，将于 08 年年初正式推出 ZT4612 LAN 数字存储示波器，晚些时候还交推出 LXI 数字示波器。ZT4612 LAN 数字存储示波器的主要性能参数：4 通道，8 位精度，带宽为 1GHz，采样率为 4GS/s。

(北京汉通达科技有限公司供稿)

中华测控网
chinamca.com
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net