

# 大型材料分析仪器的远程共享与协作

胡家骏<sup>a</sup>, 蔡英文<sup>a</sup>, 庄明珠<sup>b</sup>

(上海交通大学 a. 材料科学与工程学院; b. 分析测试中心, 上海 200240)

**摘要:** 简要介绍了大型材料分析仪器远程共享与协作平台的应用背景和国内外研究概况, 并就体系结构这个核心问题做了重点阐述, 尤其是对现在应用得比较多的面向服务的结构体系, 做了详细的介绍。除此之外, 对于实现平台的选择, J2EE 和 .net 技术, 以及网络安全的问题, 也做了初步的探讨。同时, 对上海交通大学分析测试中心的实际应用情况做了介绍。

**关键词:** 远程控制; 远程共享; web 服务; 网络安全; 应用

**中图分类号:** TP39      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006-7167(2008)06-0087-04

## Remote Sharing and Cooperation of Large Instruments of Materials Analysis

HU Jia-jun<sup>a</sup>, CAI Ying-wen<sup>a</sup>, ZHUANG Ming-zhu<sup>b</sup>

(a. School of Materials Science and Engineering; b. Instruments Analysis Center, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** This paper briefly introduced the application background and general situation, both domestic and overseas, of instruments remote sharing and collaboration platform, especially the SOA (Service-Oriented Architecture), which is widely used nowadays. What's more, the paper also discussed how to implement remote sharing and collaboration, J2EE and .net, and network security. At last, the application of remote control system, which is established by the instrumental analysis center of Shanghai Jiaotong University, was also introduced.

**Key words:** remote control; remote sharing; web service; network security; application

**CLC number:** TP39      **Document code:** A      **Article ID:** 1006-7167(2008)06-0087-04

## 1 引言

### 1.1 背景

新材料被认为是二十一世纪的四大支柱产业之一, 因此世界各国都投入了大量的人力、作者: 胡家骏(1984, 1), 男, 上海交通大学材料学院研究生 通信作者: 庄明珠(1952, 9), 女, 上海交通大学分析测试中心副主任物力进行新材料的研发。随着对新材料认识的不断深入, 人们越来越认识到微观乃至原子尺度的材料特征对其宏观性能具有决定性的作用, 因此高精度的材料微观特性检测仪器在新材料的开发中起到举足轻重的作用。如场发射扫描电镜、原子力显微镜、高分辨率透射电镜、超高真空扫描隧道显微镜等均是如此。

这些仪器由于基本上都依赖进口, 价格都在数百万元以上, 因此只有少数建设经费充足的单位才能购买。很多普通的科研人员以及中小企业由于时间、地域的障碍, 使用这些仪器非常不便, 很难顺利地开展科研工作。而另一方面, 有些有仪器的单位则由于分析测试任务并非饱和而造成仪器闲置, 使大量的优质资源浪费。如果能够改变这种需求与服务不均衡的现状, 用户足不出户地便捷地使用这些仪器, 就可以大大提高现有仪器设备的使用率, 推动科研事业的发展。

此外, 现在许多科学研究需要用到多种仪器, 这就需要集各类学科专家的智慧于实验过程中来, 实时地解决实验过程中的疑难问题。这在过去是不可想象的, 现在随着互联网和仪器制造技术两方面的共同进步, 使得用户突破仪器使用的时间、空间障碍, 宛如身临其境地使用大型仪器, 同时得到专家的远程在线指导, 正在成为现实。

### 1.2 国内外研究概况

收稿日期: 2007-12-14

作者简介: 胡家骏(1984-), 男, 上海交通大学材料学院研究生。

通讯作者: 庄明珠, 女, 上海交通大学分析测试中心副主任。

通过网络对仪器进行远程控制的研究,国际上始于20世纪80年代<sup>[1]</sup>。1988年,麻省理工学院建立了名为WebLab的在线实验室;美国伊利诺伊大学则建立了Nmrscope系统,它使得研究人员在任何地方都能通过Internet使用该大学的仪器,只要向该学校递交一个样品,经授权就可以与服务器联机,而生成的图像被传回到研究人员的计算机屏幕上。近年来,美国开始了第一个基于网络的仪器共享协作平台项目——Xport<sup>[2]</sup>,该项目的目标是要让远程使用科学仪器达到前所未有的方便程度,它结合了先进的网络基础设施,采用了公共元件体系工具箱CCAT和远程仪器操作技术。

近年来,我国对该领域也给予了充分的重视,许多高校也陆续在远程实验室的基础上,构建了仪器的共享与协作平台。如北京大学在“九五”“211工程”期间建成了已在CERN网上运行的“贵重仪器设备共享信息系统”,它提供了一个大型贵重仪器共享数据库,具有网上查询,网上登记预约等功能。中国科技大学、上海交通大学和中科院上海应用物理研究所对扫描探针显微镜的远程控制进行了研究<sup>[3-5]</sup>,吉林大学则对离子探针的远程共享进行了研究<sup>[6]</sup>,这两者实现了对仪器资源的远程控制,而不仅仅只是仪器信息的共享。

## 2 仪器远程控制系统的体系结构

从仪器远程控制系统目前的研究情况来看,热点总是集中在种种体系结构和多样的分布式对象技术的应用上<sup>[7]</sup>。这些研究的目的是很明确,就是让人们能够更方便的获得仪器服务。

### 2.1 Client/Server与Browser/Server

客户机/服务器(Client/Server简称C/S)是出现较早、应用范围很广的一种二层的体系结构,C/S结构将任务合理分配到客户端和服务端:前台计算交由客户端完成;后台计算由服务器承担。从而降低了系统的通讯开销,可以充分利用两端硬件环境的优势。早期的远程控制系统多以此作为首选设计标准。

浏览器/服务器(Browser/Server,以下简称B/S)是一种基于Web的三层体系结构<sup>[8]</sup>。它由浏览器、Web服务器和数据服务器组成。客户端是标准的浏览器,服务器端为标准的Web服务器协同应用服务器响应浏览器的请求。浏览器/服务器体系结构利用超文本传输协议HTTP(Hypertext Transfer Protocol)的消息传递机制,客户端通过浏览器访问服务器并发送服务请求,服务器进行相应的处理后将响应结果返回给客户端。

Client/Server模式是一种二层或三层结构模式,其客户端集中了大量应用软件,它比较适合一些中小规模的系统。在客户端数量不是很大的情况下,C/S

模式确是一个成熟的运行环境,具有很好的可靠性和保密性。但随着业务规模的不断扩大,客户端数量的增加与区域范围的延伸,C/S结构会显得力不从心;而B/S是一种三级或多级C/S结构,客户端仅需单一的浏览器软件,工作量不会因为客户端的增加而急剧上升,不会影响系统的可靠性,是一种全新的体系结构。考虑到与外部Internet连接的情况下,可以建立一道防火墙,这样可以大大提高B/S结构的可靠性和保密性。它解决了跨平台问题,通过浏览器可访问几个应用平台,形成一种一对多点、多点对多点的结构模式。

### 2.2 面向服务的体系结构

面向服务的体系结构(Service-Oriented Architecture,简称SOA)是从面向对象模式发展而成的,在面向对象模式中,可以将所有的实体看作对象。类似的,在SOA中,也可以将所有的实体看作服务<sup>[9]</sup>。无论是硬件设备、软件组件还是软、硬件组件的组合都可以提供这里所说的服务,这些服务发布一个称为接口的API集合,供网络中的其他服务使用,并且封装了实现细节。

SOA基于服务提供者、服务注册中心和服务请求者三者之间的交互。这里的交互包括发布、查找和绑定操作。三者间的关系如图1所示。

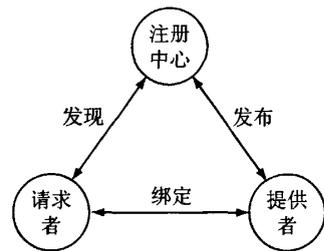


图1 SOA中的交互关系

服务是整个SOA实现的核心,web服务的相关技术自然成为实现SOA的首选。

Web Services框架的核心技术包括SOAP(Simple Object Access Protocol),WSDL(Web Services Description Language)和UDDI(Universal Description Discovery and Integration),它们都是以标准的XML文档的形式表达。SOAP是Web services的通信协议。SOAP是一种简单的、轻量级的基于XML的机制,用于在网络应用程序之间进行结构化数据交换。WSDL表示WEB服务说明语言。WSDL文件是一个XML文档,用于说明一组SOAP消息以及如何交换这些消息。UDDI提供一种发布和查找服务描述的方法。UDDI数据实体提供对定义业务和服务信息的支持<sup>[10]</sup>。

Web Services的体系架构<sup>[11-12]</sup>如图2所示:

Web Services服务提供方通过WSDL描述所提供的服务,并将这一描述告知Web Services注册服务器。

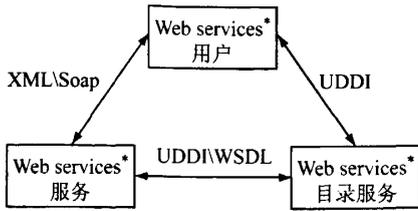


图2 Web Services的体系架构

注册服务器依据 WSDL 的描述,依照 UDDI 的协定更新服务目录并在 Internet 上发布。用户在使用 Web Services 前先向注册服务器发出请求,获得 Web Services 提供者的地址和服务接口信息,之后使用 SOAP 协议与 Web Services 提供者建立连接,进行通信<sup>[13]</sup>。

Web Services 的技术主要建立在 XML 的规范之上,这保证了这一体系结构的平台无关性、语言无关性和人机交互性能。因此它能实现将仪器抽象为服务,屏蔽底层的差异,让不同的仪器节点,彼此相互兼容,具有进行无缝通信和数据共享的能力<sup>[14]</sup>。

### 3 仪器远程共享与协作平台的实现

目前仪器远程共享与协作的实现平台主要分为两大阵营,一是 Microsoft 的 .net,另一个则是以 SUN 为代表的 J2EE。这两大阵营已就一些底层的协议达成了共识,包括前面已经提到的 SOAP、WSDL、UDDI 等,但是在实现的体系结构,开发方法以及编程语言上还是有所不同。

J2EE 在 1999 年就形成了其成熟的架构,它本身是一系列规范,而不是产品,任何符合这一规范的产品都是 J2EE 兼容的,这使得 J2EE 从制订之初就得到了广泛的支持。IBM, Oracle 等都相继开发了符合 J2EE 的应用服务器,它们的产品相互之间甚至可以兼容。.net 则大量地吸收了 J2EE 的优点,并借助 Microsoft 的全套平台和工具,这使得它的代码更简单,应用程序更快更容易升级,能够用更少的时间来构建和配置。与此同时它的缺点也是很明显的,那就是不能很好的在 Windows 平台之外的平台上使用,即便有 Web services 来解决异构平台上服务连通性的问题,如何在异构的平台上构造具有可扩展性,高可靠性,高可用性,故障冗余,错误恢复能力等问题,还是不能得到完善的解决。而 J2EE 具有良好跨平台性,它可以通过 java 虚拟机来消除平台差别。实际上如果要搭建跨 Unix、Windows 等多个操作系统平台,J2EE 平台几乎是唯一的选择。就扩展性而言,广为业界接受的事实是 .net 平台的扩展思想是基于软件的横向扩展,而 J2EE 平台的扩展思想则是基于硬件的纵向扩展<sup>[15]</sup>。

在具体应用中,我们可以根据实际需要在两种技术中取舍。例如 J2EE 技术因其推出时间长,具有平台独立性和标准开放性,已在服务器端广泛部署,而

NET 则借助于 Windows 的广泛应用,具有丰富的用户界面<sup>[16]</sup>。因而,在构建远程共享与协作平台的时候,我们可以在服务器端使用 J2EE 技术,在客户端使用 .NET 框架,使应用既具有标准开放性,又具有丰富的用户界面。

## 4 安全问题

### 4.1 仪器远程控制中安全的重要意义

通常基于网络的应用,服务器系统响应用户的服务请求前,需要检验用户的合法身份,确定用户是否具有操作权限。而仪器远程访问的安全性问题更为重要,不但要防止未授权的操作请求。还包括该仪器提供的所有操作指令是否可以执行,如运行、停止、读取参数、设置参数、获取测试结果等。不同的用户对仪器具有不同的权限,只有授权的用户才能获得服务。非授权的用户欲执行非法控制操作,系统“屏蔽”或拒绝提供服务。

系统安全控制实现的关键在于灵活有效地把握远程用户对网络仪器的使用权限,在系统设计和配置中,充分考虑仪器操作和测试数据的安全性。

### 4.2 仪器远程控制中安全的设计方法

综合采用多种方法保证网络的安全性,以确保远程共享系统的网路安全和仪器的运行安全。单机操作物理隔离,断开本地控制机的网络连接。严格的身份认证机制,远程操作,登陆服务器只有通过 IP 验证后方可对仪器进行物理操作,有以下几种方法<sup>[7]</sup>:

(1) 采用用户名/密码验证机制。该机制是目前服务器安全的核心机制。只有通过验证的连接才能被服务器认可,建立用户线程,否则,连接随即被关闭。

(2) 采用特定的协议包格式。这使得随意的网络数据流不为服务器程序所接收和解析,更不会产生误操作。

(3) 服务器中,对每个正确登陆的用户在独立的线程中运行。当由于意外因素导致错误时,至多导致该线程结束,而不会危及其他用户和整个服务器程序的运行,用户仅需重新登陆服务器即可。

(4) 所有的操作记录都被记录到数据库中一旦出现错误,开发人员可以根据记录进行调整,使系统不断趋于稳定。

(5) 监控程序独立的进行监控。监控的具体状态包括:与服务器的网络连接是否畅通,控制程序进程是否正常。同时也可以接受服务器的命令,停止或启动控制端程序。

(6) 实行权限优先级限制。本地实验员具有最高网络权限,能够及时断开不合法的用户的网络连接。

## 5 仪器远程共享与协作平台的应用

### 5.1 系统介绍

上海交通大学分析测试中心为了合理开发和利用现有的大型仪器设备,促进资源共享,打造科技协作大平台,设计并建立了一套通用性跨平台多应用远程控制系系统(RCSS)。

这套系统提供了一个可靠的、可伸缩的和易用的基于 Web 的远程控制与共享平台,用户通过网络接入到 RCSS 服务器后,事先不需要安装任何特殊的客户端软件。RCSS 服务平台提供自动的 ActiveX 插件安装功能,能使得用户可以用十分简单的方式实现他们的远程控制与共享。

在网络安全方面,该系统采取对设备、网络、人员的多层防御与有效管理机制,应用访问控制、检查安全漏洞、攻击监控、加密通讯、三重认证等措施共同保障系统的使用安全。

## 5.2 应用实例

现已建成的系统可以实现对三台设备的远程共享,这三台设备分别是场发射扫描电镜、原子力显微镜和液相色谱—质谱联用仪。2006 年 5 月,上海交通大学分析测试中心与东华大学分析测试中心实现了部分仪器远程共享,东华大学的师生在自己学校的实验室内就能自如地使用位于上海交大分析测试中心内的三台设备,还可与对方共同探讨分析测试中的任何问题,并实时获得报告。在实际应用中,解决了有机物纳米包覆 SiO<sub>2</sub> 的粒子团聚及界面观测等疑难问题,效果良好。除此之外,该系统还为中国科学院上海应用物理研究所、英特尔产品(上海)有限公司等诸多用户提供远程测试服务。目前,正在探索与云南大学合作,实现上海交通大学与云南大学设备的双向交互式远程控制。这样,我们一方面充分利用现有的仪器资源,进行跨地域的技术交流,促进东西部地区的科技合作,形成科研工作的良性互动。同时,为国家节约了有限的教育资金(5 台大型仪器价值达数千万元)。另一方面可以缩短客户的测试周期,节约大量的差旅费用和宝贵时间。

## 6 总结与展望

随着计算机网络的迅速发展,仪器共享与协作得到越来越多的应用。它已不仅仅局限于仪器设备基本信息的共享,而是能实现更高层次的软硬件资源的共享。而仪器的远程控制问题,是仪器共享与协作的重要问题,解决这个问题,需要完善的网络基础设施,先进的网络体系结构,智能化的中间件技术,良好的交互形式和广泛可理解的通信内容<sup>[17]</sup>,这些技术都是研究的重点。除此之外,一个可靠的安全管理机制,不同的仪器许可不同的人使用,而且每个人使用的权限不一样,这种基于策略的访问控制机制也是至关重要的。

就上海交通大学分析测试中心的远程控制系统来

说,已经基本实现了网站建设、视频会议、多媒体交互(文字、语音、视频)、专家系统、试验设备远程控制等诸多功能,为高精度的材料微观特性分析以及其他学科的研究开发提供了方便快捷的远程服务。未来我们将着重强调系统的协作功能,使它需要具备良好的互操作性,能够实现多个地点的仪器相互协作,使科学家们可以畅通无阻的交流,共同来完成大的科研项目,得到更高的效率,获得更多的成果,进一步提升仪器共享与协作平台的内在价值。

## 7 致谢

本文工作得到上海市科委研发公共服务平台建设专项、上海市科委西部合作项目、上海交通大学 211 建设专项的大力支持,谨表诚挚的谢意。

## 参考文献(References):

- [1] 郑 胜. 仪器共享与协作平台实现技术研究[D]. 武汉大学硕士学位论文,2004.
- [2] Donald McMullen, Randall Bramley. The Xport Collaboratory for High-Brilliance X-ray Crystallography. Indiana University and Argonne National Laboratory. URL: <http://www.cs.indiana.edu/ngi/sc2000/index.html>, 2004-02
- [3] 蔡英文,杨誉宗,吕 露,等. 基于因特网的 STM 远程实时控制系统的设计与实现[J]. 计算机工程,2003,29(4):93-95.
- [4] 杨誉宗,吕 露,蔡英文,等. 利用 Winsock 实现基于 Internet 的多用户远程分权访问 STM 系统[J]. 计算机应用研究,2002,19(3):31-33.
- [5] 叶 桦. 基于大型离子探针质谱仪远程共享的界面信息提取[D]. 吉林大学硕士学位论文,2005.
- [6] 李 颖. 基于 web 的网络化虚拟仪器的研究[D]. 电子科技大学硕士学位论文,2006.
- [7] 何 祥,吴庆宪. 基于 C/S 与 B/S 模式的远程控制实验系统[J]. 电光与控制,2005,12(5):86-89.
- [8] Barry & Associates. Service-oriented Architecture. <http://www.service-architecture.com/>
- [9] 郝兴伟. Web 技术导论[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [10] 贾松浩,刘晓霞. 基于 XML 的 Web Service 的研究和应用[J]. 计算机应用和软件,2007,24(1):27-29.
- [11] 邓 皓,肖立权. 基于 Web Service 的 J2EE 和 .NET 架构比较[J]. 桂林航天工业高等专科学校学报,2005(3):15-17.
- [12] Tomas E. Molina, George Yang, Abel W. Lin, Steven T. Peltier, Mark H. Ellisman. A Generalized Service-Oriented Architecture for Remote Control of Scientific Imaging Instruments[C]//Proceedings of the First International Conference on e-Science and Grid Computing,2005.
- [13] 徐止权,张 华. 基于 Web 的软件构件互操作性研究[J]. 计算机应用研究,2002(9):48-50.
- [14] 方忠祥. J2EE 与 .NET 平台体系架构的比较研究[J]. 机电工程技术,2005,34(4):19-20.
- [15] 孙锦程,殷兆麟. J2EE 与 .NET 框架的互操作研究综述[J]. 计算机工程,2005,31(18):10-12.
- [16] 许 华. 基于 Web 服务的分布式仪器远程控制[D]. 武汉大学硕士学位论文,2004.