

基于 XML-RPC 的分布式仪器系统集成

康礼鸿, 王建林, 赵利强, 于 涛

(北京化工大学信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘 要: 提出一种基于 XML-RPC 的分布式仪器系统集成方法, 给出结合 C/S 和 B/S 混合结构的系统集成架构, 采用模块化结构和虚拟仪器技术, 设计并实现分布式仪器系统软件, 其核心为 XML-RPC 服务器, 由数据访问模块、数据管理模块、仪器管理模块和 Web 服务接口模块组成。发酵实验室分布式仪器系统集成的应用结果表明, 该系统能实现对实验室仪器的管理和远程监测, 并且运行稳定可靠、扩展性强。

关键词: 分布式仪器系统; 可扩展标记语言; 远程过程调用; 分布式对象技术; 虚拟仪器; 系统集成

Integration of Distributed Instrument System Based on XML-RPC

KANG Li-hong, WANG Jian-lin, ZHAO Li-qiang, YU Tao

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

【Abstract】 A distributed instrument system integration method based on eXtensible Markup Language Remote Procedure Call(XML RPC) is proposed. The system architecture of the C/S and B/S mixed mode is designed. The system software based on modularization and virtual instrument technology is designed and implemented, and its core is XML-RPC Server which consists of data access module, data management module, instrument management module and Web service interface module. Application results of the fermentation lab distributed instrumentation integration system show that the function of the lab equipment management and remote monitoring is effectively implemented, and the system operation is stable and reliable expandability.

【Key words】 distributed instrument system; eXtensible Markup Language(XML); Remote Procedure Call(RPC); distributed object technology; virtual instrument; system integration

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.04.075

1 概述

随着仪器仪表技术和网络技术的发展, 有效地实现分布式仪器资源的共享和协作一直是研究的热点^[1-3]。传统的分布式仪器系统设计是静态或者局部仪器资源的共享, 资源之间互操作性差, 不能实现仪器的动态管理和远程调用功能, 不具有广泛性和动态性^[4]。为了有效地实现仪器资源的共享和协作, 迫切需要解决异构仪器间通信、互操作和集成等问题。

仪器的远程调用是分布式仪器系统集成研究中的关键问题。目前代表性的分布式对象技术有公共对象请求代理体系结构(CORBA)、组件对象模型/分布式组件对象模型(COM/DCOM)、远程方法调用(RMI)、简单对象访问协议(SOAP)和可扩展标记语言远程过程调用(eXtensible Markup Language XML Remote Procedure Call, XML-RPC)等^[5-6]。CORBA 和 COM/DCOM 是分布式对象模型中比较合理的服务器到服务器端的通信协议, 但散布在 Internet 的客户机只能运行在 Windows 平台而无法穿越防火墙; RMI 只能用于基于 Java 语言的分布式系统, 受语言平台的限制; SOAP 基于 XML 和 HTTP 标准, 但规范复杂存在许多不必要的元素。XML-RPC 采用 XML 与 HTTP 协议, 基于 XML-RPC 的分布式对象技术发挥 XML 在数据交换与参数传递和返回值 2 个方面的双重特性^[7-8]。XML-RPC 使用 XML 传送结构化消息并封装功能调用, 其消息传递能通过所有防火墙, 具有简单方便、通用、易实现、适用性广等特点^[9], 为分布式仪器系统的集成提供一个良好的解决方案。本文提出一种基于 XML-RPC 的

分布式仪器系统集成方法, 给出 C/S 和 B/S 混合结构的分布式仪器系统架构, 将该系统应用于实验室生物发酵过程中。

2 基于 XML-RPC 的分布式仪器系统集成架构

将面向服务的思想和分布式对象技术应用到分布式仪器系统集成中, 为仪器不同层面的共享和互操作提供有效而完整的体系。基于 XML-RPC 分布式仪器系统集成方法, 本文提出一种基于 C/S 和 B/S 混合结构的分布式仪器系统集成架构。分布式仪器集成系统为 4 层结构, 分别为仪器层、数据访问标准层、管理层和应用层。

(1)仪器层是系统的底层, 仪器主要有 DDE 设备、OPC 设备(PLC、DCS)、智能仪表设备以及各种网络化仪器、虚拟仪器等。

(2)数据访问标准层是连接仪器服务器的中间层, 该层通过多种仪器访问标准如 DDE、OPC、TCP/IP 以及自定义访问标准连接仪器到工作站, 实现仪器的控制, 独立仪器集成采用虚拟仪器软件结构(VISA)实现仪器控制; 模块化仪器集成的核心技术是 PXI 总线; 对于网络化仪器, 有 TCP/IP、UDP、DataSocket 协议等控制策略, 通过系统服务器可以方便地管理各种仪器与系统的连接。

作者简介: 康礼鸿(1985—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 智能检测系统; 王建林(通讯作者), 教授、博士生导师; 赵利强、于涛, 讲师、博士

收稿日期: 2011-05-19 **E-mail:** wangjl@mail.buct.edu.cn

(3)管理层是实现分布式仪器系统集成的关键部分,核心是 XML-RPC 服务器, XML-RPC 服务器主要实现以下功能: 1)不同厂商、不同类型的仪器,只要符合共同标准规范,可安装在网络范围内的任何一台计算机上,各计算机工作站通过统一数据访问接口进行指令和数据交换。将仪器信息保存在服务器的仪器列表中,通过 XML 文档实现信息存储、读取和转换等通信,服务器能获知仪器信息和状态变化。2)通过统一的仪器管理平台控制和管理仪器,统一的数据管理平台管理实时数据和历史数据,并控制用户操作仪器的权限。3)为客户端用户访问服务器提供统一的 Web 服务接口,实现远程控制和操作仪器,获取仪器测量结果,通过 Web 服务接口和数据交换接口可方便扩展不同平台的分布式仪器系统。

(4)应用层是一个基于 B/S 结构的 XML-RPC 客户端,用户通过 IE 浏览器访问 XML-RPC 服务器,远程客户端实现仪器的远程控制和实时数据和历史数据的显示和存储分析。分布式仪器系统集成架构如图 1 所示。

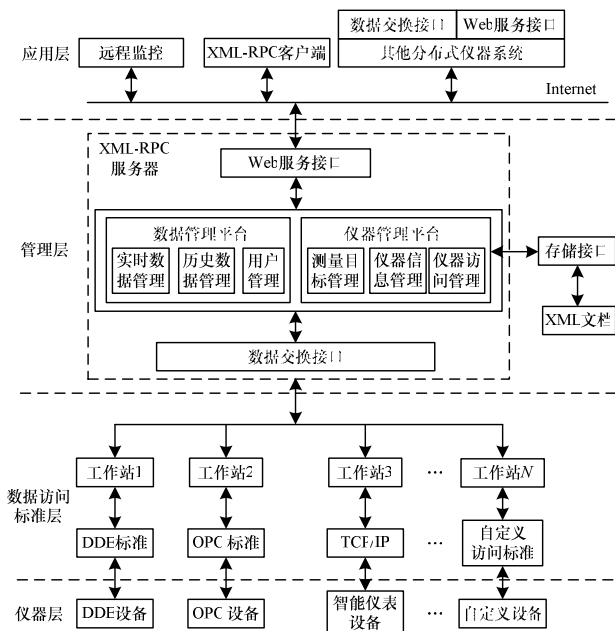


图 1 分布式仪器系统集成架构

3 分布式仪器系统集成软件实现

分布式仪器系统软件核心为 XML-RPC 服务器, XML-RPC 服务器基于 LabVIEW 采用模块化设计,由数据访问模块、数据管理模块、仪器管理模块和 Web 服务接口模块 4 部分组成。分布式仪器系统根据模块化设计给出 XML-RPC 服务器的软件构架,如图 2 所示。

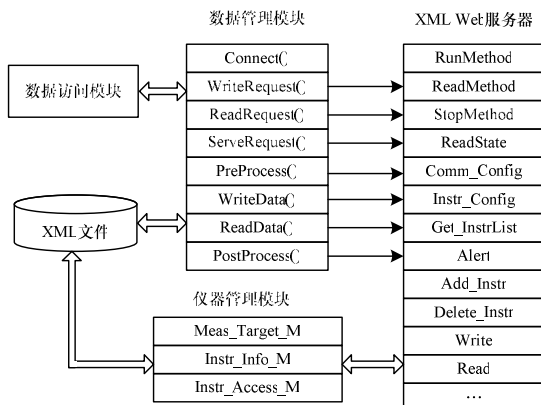


图 2 XML-RPC 服务器的软件构架

3.1 数据访问模块的实现

数据访问模块对工作站来说相当于一个客户端,通过 COM/DCOM 或 OPC 访问工作站,服务器通过仪器接口获取仪器采集的数据信息,完成与 XML-RPC 服务器的数据交换。

3.2 数据管理模块的实现

LabVIEW 自带工具包产生的 XML 代码不能完全兼容 XML-RPC 规范,规范 XML 格式的 LabVIEW XML Schema 不能自定义或被用户代替;且二进制数组的标准 XML 编码在组件间转换时会导致数据量快速增加。因此,通过内置的 XML 编码/解码工具代替 LabVIEW XML Schema 解决 XML 文档语义约束问题;若要保留完全的 LabVIEW 兼容性则要充分利 XML 库和有效编制二进制数据。在二进制数据管理中,设计 Pre-Process 和 Post-Process,具体通信过程见图 3。

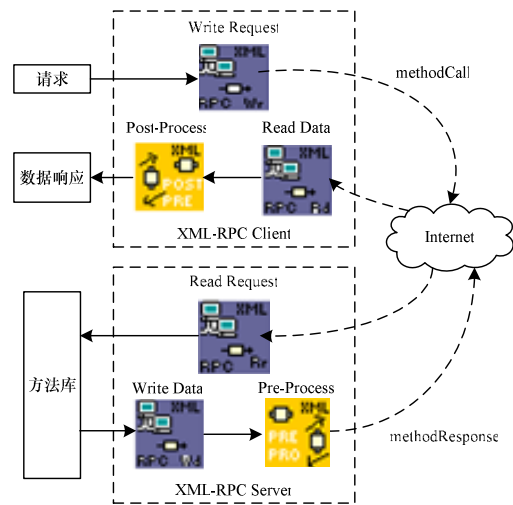


图 3 XML-RPC Client 和 Server 通信组件

如图 3 所示,XML-RPC 协议的核心是 XML-RPC Server.vi 和 XML-RPC Client.vi,XML-RPC Client 和 XML-RPC Server 之间通过 methodCall 和 methodResponse 通信,详细通信过程如下:

(1)Write Request: 在客户端时,用户应用请求通过调用 XML-RPC Write Request.vi 询问服务器,这个用户应用请求包含服务器地址、方法名和可选参数等信息。

(2)Read Request: 在服务器端,服务器连续监听事先定义好的 TCP/IP 端口,一旦客户端打开与服务器的连接,服务器使用 XML-RPC Read Request.vi 读取客户端发送的 method Call,然后解析出 <methodName>method</methodName>,运行对应的本地 VI(method.vi)。

(3)Method library: 方法库,存放客户端请求服务器要执行的各种方法。

(4)Pro-Process: 预处理,通过 Any-to-Variant 函数转换数据类型为 LabVIEW Variants(Variant 可以被打开,其文本数据可以被修改如添加、删除和替换),然后转换成一个标准的 LabVIEW 数据,标准的 LabVIEW 数据转换为 XML 字符串,以上是预处理完整的处理过程,在 LabVIEW 中通过多态 VI 实现数据的预处理。

(5)Write Data: 将数据信息转化为 XML 格式的数据信息,并封装成 methodResponse 格式。

(6)Read Data: 解析 methodResponse,转化 XML 格式的数据信息为 LabVIEW Variants。

(7)Post-Process: 后处理,即通过 Variant-to-Any 转化成可以显示的数据类型,在 LabVIEW 中通过多态 VI 实现。

3.3 Web 服务模块的实现

Web 服务模块创建 LabVIEW Web Service 项目, 在 Web Service 框架和 XML-RPC 服务器之间有一些接口函数通过 Web 服务接口对 Server 的数据进行操作, 这些接口实际上存储在 Server 并供给客户调用。模块的实现主要分为 3 步: 解读 XML 规范, 生成 Web Service 程序框架, 为 Web Service 框架创建接口代码。定义的服务主要如表 1 所示。

表 1 请求服务及其功能

请求服务	服务功能
RunMethod	运行仪器中定义的服务
ReadMethod	请求一个服务文件
StopMethod	停止正在运行的服务
ReadState	请求仪器状态
Comm_Config	用来配置服务器连接标志, 接入 Internet 设备的地址等
Instr_Config	用来配置仪器的通信协议、通信口、数据转换、采样类别、存储机制等
Get_InstrList	返回当前所有仪器的列表
Alert	包括错误、警告和紧急情况
Add_Instr	添加仪器信息
Delect_Instr	删除仪器信息
Write	向指定仪器写入新指令
Read	返回当前指定仪器采集的数据值、时间戳

如图 4 所示, 该流程显示通用服务的 methodCall 调用和 methodResponse 响应的过程: 首先 XML-RPC 客户端发出 methodCall 请求, XML-RPC 服务器收到客户端 methodCall 请求后, 解析 methodCall 请求, 根据解析的服务查询 XML-RPC Library 并远程动态调用 Method 对应 VI, 然后, 调用 XML-RPC Library 相关服务, 转化数据格式, 并将符合规范格式的数据包裹成 methodResponse 消息, 通过 HTTP 协议返回到 XML-RPC 客户端。

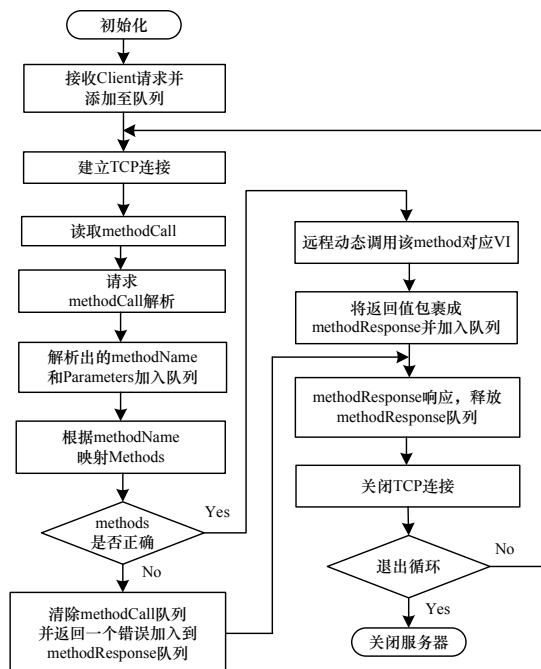


图 4 服务调用和响应的操作流程

4 发酵实验室分布式仪器系统集成

生物发酵是一个多变量的复杂系统, 包括温度、PH 值、溶氧、转速和乙醇浓度等变量的检测和控制, 将该系统集成方法用于发酵实验室分布式仪器系统中, 较好地集成了 PXI 总线系统、微生物发酵控制器系统、乙醇浓度在线检测仪、

标准气谱浓度检测仪、发酵罐、补料泵等子系统和仪器设备。

图 5 是生物发酵实验室分布式仪器系统界面。该系统实现了系统配置、仪器管理、实验配置和实时测控功能, 系统配置调试后, 通过 XML-RPC 客户端实现仪器的远程控制; 实现仪器的动态管理以及乙醇浓度实时显示和历史数据调用, 实现补料泵的远程控制。系统在发酵生产谷胱甘肽过程中的运行测试结果表明, 该系统稳定可靠、扩展性强, 所使用的集成方法简单易行。

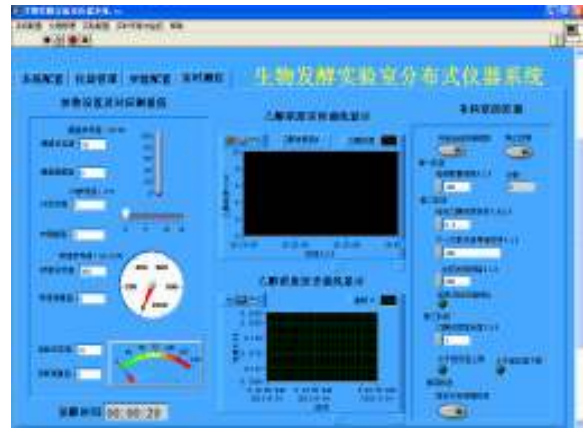


图 5 生物发酵实验室分布式仪器系统界面

5 结束语

基于 XML-RPC 的分布式仪器集成方法能有效地实现散布仪器、异构仪器间的通信、互操作和集成, 所构成的分布式仪器系统具有仪器设备的统一访问接口、信息的实时显示、远程调用等功能。分布式仪器系统采用 XML 描述仪器, 方便系统的扩展, 为各种环境下的仪器集成提供一种新的方法。

参考文献

- [1] Alves G, Gericota M, Silva J, et al. Large and Small Scale Networks of Remote Labs[C]//Proc. of Advances on Remote Laboratories and E-learning Experiences. [S. l.]: IEEE Press, 2007: 15-34.
- [2] 陈非凡, 刘 赟, 虞璐伊, 等. 基于信息管道技术的分布式测控系统集成方法[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2010, 50(8): 1229-1233.
- [3] 方 琨, 王 瑜. 基于多通信模式的分布式测控系统设计与应用[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(5): 1046-1048.
- [4] Glez G, Rivera R, Ribalda J, et al. A Generic Software Platform for Controlling Collaborative Robotic System Using XML-RPC[C]//Proc. of International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Monterey, USA: IEEE Press, 2005: 1336-1341.
- [5] 王叶松, 胡谷雨, 倪桂强. 一种基于 CORBA/XML 的系统监控框架[J]. 计算机工程, 2009, 35(17): 265-267, 270.
- [6] Catani L. An XML-based Communication Protocol for Accelerator Distributed Controls[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 2008, 586(3): 444-451.
- [7] Catani L. An XML-based Communication Protocol for a Distributed Digital Camera System[C]//Proc. of ICALEPCS'05. [S. l.]: IEEE Press, 2005: 351-357.
- [8] Bras N B, Ramos P M, Serra A C. Extensible Mark-up Language File Definition for Structured Acquisition Data Storage and Transfer[J]. Measurement, 2008, 41(3): 320-326.
- [9] 张永忠, 肖 君, 凌 强. 基于 XML-RPC 技术的多系统松耦合平台的设计[J]. 计算机工程, 2005, 31(20): 209-211.

编辑 陆燕菲