

· 计算机工程与应用 ·

## 基于Jini技术的虚拟实验平台的设计与实现

杨春<sup>1</sup>, 余毅<sup>2</sup>, 吴微<sup>1</sup>, 谭良<sup>1</sup>

(1. 四川师范大学计算机软件重点实验室 成都 610066; 2. 四川师范大学学报(自然科学版)编辑部 成都 610066)

**【摘要】**运用Jini技术的基本原理和优势特点, 针对化学虚拟实验系统, 引入协同支撑服务机制, 构建了一种面向服务的虚拟实验平台, 详细阐述了其功能与构架; 基于Java面向对象设计语言中的接口定义了实验平台的相关操作规则及系列面向服务的接口, 以铁与硫酸反应的实例说明了该实验平台的工作原理与流程。结果表明系统具有易扩充、较好的可靠性、且能动态反映虚拟实验过程, 提供了在现有网络基础下的分布式实现三维虚拟实验的一种新方案。

**关键词** 分布式虚拟环境; Jini; 服务接口; 面向服务; 虚拟实验  
**中图分类号** TP393.02 **文献标识码** A

## Design and Implement of a Virtual Experiment Platform Based on Jini Techniques

YANG Chun<sup>1</sup>, YU Yi<sup>1</sup>, WU Wei<sup>1</sup>, TAN Liang<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Computer Software Science, Sichuan Normal University Chendu 610066;

2. Editorial Office of Journal of Sichuan Normal University(Science Natur), Sichuan Normal University Chendu 610066)

**Abstract** The principle and characteristic of Jini are introduced in this paper. Aiming at a chemical virtual experiment system, a network service-oriented virtual experiment platform based on Jini techniques is designed. The platform is constructed by introducing the mechanism of collaborative service. Its function and architecture are described in details. Some operating rules of the platform are declared based of Java interface techniques, and a series of service-oriented interfaces of the system are defined. The running principle and flow of the platform are illustrated by the example of Fe and sulfuric acid chemistry action. The system can animatedly displays chemical experiment process with expansibility, reliability characteristics.

**Key words** distributed virtual environment; Jini; service interfaces; service-oriented; virtual experiment

基于网络平台下的虚拟实验教学系统的建立可以充分利用校园网的资源, 通过网络虚拟实验室, 在网络中模拟一些实验现象。它不仅能够提高远程教育的教学效果, 更重要的是对一些缺乏实验条件的学生, 通过网络同样能够“身临其境”的观察实验现象, 甚至和异地的学生合作进行实验。因此大力构建虚拟实验系统是远程教育发展的必然趋势, 具有重要的现实意义。

如何方便快捷地构建一个基于网络的协同工作环境, 如何实现基于网络的远程实时控制和监视, 是实现基于网络的虚拟实验重点研究的问题<sup>[1-2]</sup>。在前期的工作中, 开展了基于3D和VIRTOOLS技术、基于OpenGL三维交互式技术的化学实验仿真系统

研究<sup>[3-5]</sup>。然而, 通常的网络带宽无法满足三维的交互需求。现有的基于网络的虚拟实验依赖协议与地址, 由于紧密耦合而不支持动态及自管理(即通过网关机制), 因此基于目前技术的远程控制与共享的虚拟实验室的网络结构, 通过低层控制网络与Internet的互联技术无法达到实际应用的需要。本文提出了一种基于Jini的面向服务网络虚拟实验平台的设计, 从而解决了目前构建三维虚拟实验平台存在的系列问题。

### 1 Jini技术原理及特点

Jini是一种真正动态的基于服务的分布式体系结构, 它把设备和软件都抽象为服务, 并且支持动

收稿日期: 2007-05-14; 修回日期: 2007-10-10

基金项目: 四川省教育厅项目(2006ZD022); 四川省软件重点实验室项目(SCSL 05014、SCSL 06010)

作者简介: 杨春(1970-), 男, 博士, 教授, 主要从事信息安全、分布式计算、并行计算方面的研究。

态群体的形成和解散。Jini群体(也称为djinn)是指一组设备、资源和用户以及Jini软件基础设施。Jini群体是一个在现有的物理网络(局域网LAN或广域网WAN)上形成的逻辑网络。Jini群体不必与现有的物理网络完全映射,可以在一个物理网络上建立多个Jini群体。各个Jini群体是独立的、可自配置的、可自管理的,也可以积累小型的Jini群体来建立大型的djinn。要形成Jini群体需要的最少组件有:(1) 一个查找服务。(2) 一个RMID为RMI启动其激活系统后台程序的工具。(3) 一组Jini服务/服务提供者。有关其基本原理及过程参见文献[6-8]。Jini技术具有:(1) 实现的服务与具体位置无关。(2) 与协议无关。(3) 松散耦合。(4) 动态及自我管理。(5) 动态安全等特点。Jini提供的远程事件机制,系统或系统使用者可以及时感知并调度网络中事件,Jini提供的租约机制,可以避免局部失败对系统造成的影响<sup>[8]</sup>。本文通过运用Jini群体架构,定义化学实验的一组设备、资源和用户,抽象出实验中的系列服务,从而充分发挥了Jini的技术特色与优势。

## 2 实验平台的设计与实现

### 2.1 平台的总体构架

基于Jini的动态集群<sup>[9-10]</sup>,引入协同支撑服务机制<sup>[11-12]</sup>,把系统中的所有设备和软件都抽象为服务。服务之间通过Jini基础设施交互,服务与服务之间可以合作,但是它们之间是松散耦合的。具体系统构架如图1所示。

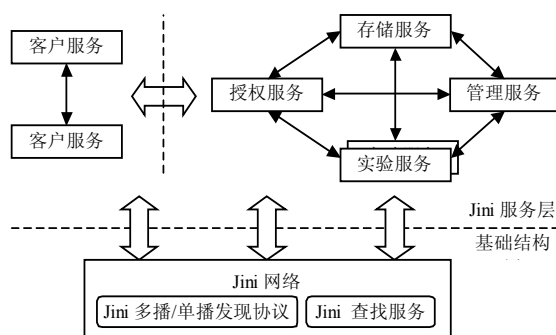


图1 虚拟实验平台的整体构架

该框架由以下六部分组成:(1) Jini基础设施:包括发现和加入协议、查找服务、远程方法调用等。为设备、服务和用户提供相应机制用于发现、加入群体或与群体分离。(2) 授权服务:可采用协同支撑服务的设计方法<sup>[6]</sup>,用户通过客户服务加入群体后,授权服务控制用户对群体中其他资源的访问。如用户是否可以访问某个服务或服务中的某个部分;一

些实验应该要完成了前面的实验后才能继续往下做,或者控制一个用户对某个实验只能做几次等。(3) 管理服务:它是Jini服务,通过调用联盟中其他服务中的管理接口管理其他服务,联盟中的服务只要实现了相关的管理接口就可以被管理。(4) 实验服务:由一个具体的实验或者实验的一部分构成的Jini服务,是系统的主要部分。系统中可以有一个或多个实验服务。一个具体实验可以由一个实验服务或多个实验服务来实现,也可以是一个实验服务实现多个具体实验。实验服务之间可以相互调用来完成具体的实验任务。(5) 存储服务:存储服务为系统中的用户或其他服务提供存储支持。运用JavaSpaces工具,构造一个特定服务和客户能创建和操纵这些共享对象“空间”,使得能够在这个空间中获得对象,搜索、存放在一个空间中的对象,并能从一个空间删除对象。JavaSpaces基于对象的存储和基于类型的查找正好可以满足实验平台的需要。如实验中临时对象的存放,实验中间结果的存放,两个实验服务之间的共享数据的存放都可以通过JavaSpaces来实现。(6) 客户服务:客户服务是系统中的软件或组件,是用户与系统的接口,它可以实现成为Jini服务。实现为Jini服务后可以使客户服务之间互相协作。如用户使用两个不同账号通过不同客户服务合作完成一个实验,不同的用户可以通过客户服务交互,了解协作者的状态,实验进度等。

系统的一般运行方式为:在网络中运行Jini查找服务,运行授权服务、存储服务、实现服务,用户通过运行客户服务使用系统。由于Jini提供的远程事件机制,可以将Jini服务设计为可按任意顺序启动的。发送事件的实体与接收事件的实体位于不同的虚拟机中,而且通常是在不同的主机上,这样能够满足在网络中运行的不同服务,服务请求者无需关心服务的提供者。

### 2.2 平台的服务接口

运用Jini的基于Java面向对象设计语言中的接口定义实验平台的相关规则,具体实现服务的类可以根据具体情况实现相关的接口,其中net.jini.admin.Administrable接口的定义与实现是该系统实现的关键技术。下面是对系统中五个主要接口的描述,其中只列出了最主要的方法,在具体应用时可以利用Java面向对象的特性,通过接口继承、接口实现来扩展需要的功能。

(1) 存储服务的高层接口,它定义了存入、读出和取出条目等方法。条目类(entry)是Object的子类,

存储服务是按对象存储数据。还可以根据具体需要选择是否使用事务，以及设置超时时间间隔。

```
public interface StorageService {
    //...
    //读出匹配的条目
    Entry read(Entry template, Transaction tx,
long timeout);
    //取出匹配的条目
    Entry take(Entry template, Transaction tx,
long timeout);
    //写入匹配的条目
    Lease write(Entry entry, Transaction tx,
long timeout);
    //...
}
```

(2) 授权服务根据所给条件返回用户的操作等级，其中可以包含用户是否合法，系统中哪些资源可以使用，使用的程度(读出、写入、删除)等信息。

```
public interface AuthorizationService {
    //...
    boolean equals(Object obj);
    int hashCode();
    boolean implies(Permission perm);
    Level check(Object obj);
    //...
}
```

(3) 管理服务保存有可管理服务的列表，可以获得这些服务的管理接口并控制这些服务的启动，停止、配置情况。

```
public interface ManagementService {
    //...
    Service getService(ServiceID sid);
    Config getConfig(ServiceID sid);
    void startService(Config cfg);
    void stopService(ServiceID sid);
    //...
}
```

(4) 实验服务提供对实验的高层操作以及对相关实验(协作实验或实验模块)的操作，提供返回状态的操作以便根据实验状态随时与实验进行交互。

```
public interface ExperimentService {
    //...
    ExperimentResult doExperiment();
    Services[] getCooperationExperiments();
}
```

```
States[] getStates();
//...
```

```
}
```

(5) 客户服务是用户直接使用的服务，该服务定义了授权(其中包括)操作，定义了获得其他服务的操作，并保存了协作客户服务列表，以便与其他客户交互。

```
public interface ClientService {
    //...
    Level doAuthorization();
    Service getService(ServiceID sid);
    ExperimentServices[]
getExperimentServices();
    Services[] getCooperationClients();
    Status[]
setExperimentServices(ExperimentServices[]
es);
    //...
}
```

### 2.3 虚拟实验平台的应用

用户使用系统一般要通过一个操作主界面，该界面提供了用户与网络虚拟实验平台交互的接口，可以以Jini群体中请求者的方式访问网络中的服务(实现为普通的桌面应用程序或Web应用)，也可以以Jini群体中服务的方式(实现Jini服务规范的Jini服务，即前面提到的客户服务)与其他服务协作。客户端(服务请求者)通过查找服务找到所需的实验服务中的一个实例的代理对象，通过代理对象与实验服务交互，完成所需请求。用户并不需要知道系统内部是由谁来提供服务，只要网络中有所需的服务，就能完成用户的请求，对于用户是透明的。

如图2所示是基于Jini的面向服务的一个虚拟化学实验“铁与硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气”。以此实验为例说明基于Jini的面向服务的虚拟实验平台的解决方案和 workflow。用户完成实验只需要以下四步简单操作：通过客户端各种工具在实验台上组装好需要的仪器，再加入适量的药品，运行实验，客户端界面显示相应的反应过程和实验结果。实验中主要实现的服务有：

(1) 仪器服务：存储服务的具体实现或子类，为整个网络实验平台提供该实验所需仪器。(2) 药品服务：存储服务的具体实现或子类，为整个网络实验平台提供该实验所需药品。(3) “铁与硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气”实验服务提供“铁与硫酸反应生

成硫酸亚铁和氢气”实验相关的实验逻辑。

(4) 授权服务: 对用户进行检验, 使合法的用户能根据相应的权限使用系统。

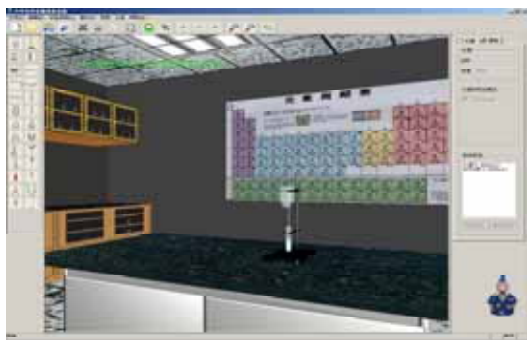


图2 三维化学虚拟实验实例

当使用者运行虚拟实验系统的客户端时, 用户提供认证信息, 客户端通过查找服务找到系统中可用的授权服务, 通过授权服务的认证后, 客户进入客户端主界面, 而主界面中的具体显示内容是根据用户的权限和当时系统中的可用服务而决定的。客户端可以根据2.2节中描述的有关接口而成为Jini的服务, 并能与其他实现了接口服务的客户端交互, 如交换用户信息、获得注册请求的服务、查找仪器服务、药品服务、当前实验信息等。

当系统中有大量用户同时做实验时(如很多学生一起上实验课), 系统中可以运行服务的多个实例, 并使用集群机制使系统负载均衡。根据具体情况, 可以很容易的在系统中增加或减少实验服务的实例, 或者在系统中注册新的实验服务, 取消注册已有的实验服务; 当系统中的某个实验服务不可用时, 该实验服务的注册会被自动取消, 并通知其他感兴趣的请求者(客户端或其他要用到该服务的Jini服务)。客户端可以通过存储服务存储实验的数据, 以便对实验过程和结果进行跟踪分析, 也可以为其他用户提供共享数据。如存储服务可以把化学实验中反应物和生成物的质量、反应时间、反应异常等信息保存, 以便分析。存储服务可以根据累积的数据信息进行分析汇总, 对以后的实验有指导作用。老师和学生可以共享数据, 老师在教学时可以将正确的数据共享给学生; 而学生在做实验时, 老师可

以随时观察学生的实验情况, 以便随时纠正学生实验中的错误或提醒学生应该注意的事项。

### 3 结束语

基于Jini技术设计开发的虚拟实验平台具有良好的面向服务的思想, 该系统易扩充, 且能动态反映虚拟实验过程, 服务具有较好的可靠性。结合Java的激活机制, 可以合理地利用资源, 使得程序中的远程对象只有在需要时才“活化”, 而不需要时基本保持睡眠, 从而提高了系统效率。由于虚拟实验设计面广, 具有特定的针对性和明显的局限, 因此在下一阶段将逐步实现由小群体组建大群体, 具有更好的通用性。

### 参考文献

- [1] 李仁发, 周祖德, 李方敏, 等. 虚拟实验室网络体系结构研究[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(3): 359-362.
- [2] 沐俊福, 张桦, 于长云. 基于Jini支持X3D的虚拟场景浏览器的研究与探索[J]. 计算机仿真, 2006, 23(2): 180-184.
- [3] 李昌国, 朱福全, 谭良, 等. 基于3D和VIRTOOLS技术的虚拟实验开发方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(31): 84-87.
- [4] 李昌国, 张晓林, 谭良, 等. 基于GIS和VIRTOOLS技术的虚拟校园漫游开发方法的研究[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(13): 3223-3226.
- [5] 杨春, 李昌国, 张晓林, 等. 基于3D和VIRTOOLS技术的虚拟实验的实验数据分析研究[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(11): 2589-2591.
- [6] Sun Microsystems Inc. Jini (TM) network technology specifications v2.1[EB/OL]. [2007-07-05]: <http://www.sun.com/software/jini/specs/>.
- [7] Sun Microsystems Inc. Jini Specifications Archive - v2.1[S/OL]. [2007-06-20]. <http://java.sun.com/products/jini/>
- [8] KUMARAN I. Jini technology: an overview[M]. [S.l.]: Prentice Hall PTR, 2000.
- [9] SOMMERS F. Dynamic clustering with Jini technology [J/OL]. [2006-11-12]. <http://www.artima.com>.
- [10] 吴微, 杨春. 一种基于Jini的动态集群[J]. 电讯技术, 2007, 47(2): 61-64.
- [11] Sun Microsystems Inc. Project Rio [EB/OL]. [2007-07-10]. <http://www.jini.org>.
- [12] 董晨, 张桦. Jini平台下DVE中的协同支撑服务的设计[J]. 计算机工程, 2005, 31(9): 102-106.

编辑 漆蓉