

# 基于网格的 Web 可视化系统设计与实现

韩伟杰, 张 文, 李晓梅

(装备指挥技术学院信息装备系, 北京 101416)

**摘 要:** 面向网格的数据可视化共享地理分布的数据源、分析设备、可视化设备等, 提供透明访问能力。基于网格开发了一个 Web 可视化系统, 分为 3 层: Web 页面, Web 服务器, 可视化服务器。通过 JSP 为可视化用户提供 Web 访问界面, 内嵌的 VisPortal 提供网格访问门户; Web 服务器通过 Portal 服务器管理、调度、使用网格资源, 协调用户与网格资源之间的交互; 基于 Vis5D 构建的可视化服务器作为网格资源, 实现对数值天气模型产生的 5-D 网格数据集的可视化。

**关键词:** Web 可视化; 网格; VisPortal; 可视化服务器

## Design and Implementation of Web-based Visualization System Based on Grid

HAN Weijie, ZHANG Wen, LI Xiaomei

(Department of Information Equipment, Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416)

**【Abstract】** Grid-oriented data visualization shares geographically distributed data sources, analysis facilities and visualization facilities, and also supplies transparent data access capabilities. This paper develops a Web-based visualization system on the grid and the system divides into three components: Web Sheet, Web server, visualization server. The system supplies the users with Web access interface built on JSP, and the embedded VisPortal supplies grid access portal. Web server is to manipulate, dispatch, utilize grid resources, and coordinate the interaction between the user and the grid resources. It builds a visualization server based on Vis5D as a grid source, which implements visualization of 5-D grid datasets generated from the numerical weather model.

**【Key words】** Web-based visualization; Grid; VisPortal; Visualization server

随着 Internet 的迅速发展, Web 可视化为利用 Internet 范围内的存储、计算和绘制资源提供了可能, 并在一定程度上为远程可视化和分布式可视化提供了解决途径。但是如何使用分布在广域上异构的计算、存储和数据资源, Web 可视化遇到了挑战。网格技术正是在这种情况下产生的一种前瞻性的面向互联网的分布式技术。

网格计算衍生自 20 世纪 80 年代的超级计算问题, 网格的目的就是将地理上分布、异构的各种高性能计算机、数据服务器、大型检索存储系统和可视化、虚拟现实系统等, 通过高速互联网连接并集成起来, 共同完成一些缺乏有效研究办法的重大应用研究问题<sup>[1]</sup>。网格技术能够通过动态的资源组织满足数据存储和计算的要求, 它能够实现自治和动态的资源管理, 实现数据采集、存储和计算的分布, 增强科学家理解和使用科学数据的认知能力, 延伸人类科学活动的范围。

基于网格开发的 Web 可视化系统, 使用网格技术来使用 Internet 范围内的计算、存储和绘制资源。系统分为 3 层结构, 客户端提供基于 JSP 实现的动态网页 WebSheet, 在 WebSheet 中嵌入了访问网格资源的网格门户 VisPortal。中间为 Web 服务器, 负责管理、调度、使用网格资源, 实现网格门户与网格资源之间的交互。后端为网格资源, 并具体实现了一个基于 Vis5D 构建的可视化服务器作为网格资源, 实现对 5-D 数据集的可视化, Vis5D 可视化服务器可以运行于网络中的 PC 上进行访问。

### 1 国内外研究现状

随着网格技术的发展, 网格可视化已成为一个新的研究

方向。美国、欧洲在网格可视化领域的研究开展较早, 并已取得了较大的进展。

美国 CMU 的 Aeschlimann 等人设计了面向网格的分布可视化框架 DV, 它可以进行任务划分并动态利用计算节点<sup>[2]</sup>。美国爱荷华大学的 Knosp 等人提出了一个基于网格的体绘制框架, 他们使用 Globus 的资源管理、信息服务和数据传输工具支持体绘制<sup>[3]</sup>。美国德克萨斯大学奥斯汀分校的研究则不仅利用网格资源进行可视化绘制, 而且还提供远程可视化服务。他们的计算可视化中心在 Globus 的基础上以网格服务的形式向用户提供并行可视化服务<sup>[4]</sup>。

一些研究人员则开发出了面向网格的可视化系统门户, 通过网格门户提供网格可视化服务。由 LBNL/NERSC 所开发的 VisPortal<sup>[5]</sup>, 通过一个网格化的 Web 端口界面使用网格资源。VisPortal 不仅提供远程和分布式可视化服务, 而且用户不必担心使用网格资源的复杂过程。美国的 NPAC 开发的 HotPage<sup>[6]</sup> 网格门户, 使工作人员能够发现 NPAC 网格中所有资源的信息, 包括技术文档、操作状态、负载、常用方法以及队列中的作业信息。

还有一些研究针对那些比较成熟的可视化软件对其进行改造, 使之“网格化”。英国利兹大学和英国 NAG 公司等共同进行了 gViz 项目, 其主要目标就是对 NAG 公司的可视化项目 IRIS Explorer 进行拓展, 使用 Globus 中间件支持网格应

**作者简介:** 韩伟杰(1980 - ), 男, 硕士生, 主研方向: 科学计算可视化, Web 可视化; 张 文, 博士、副教授; 李晓梅, 教授、博导

**收稿日期:** 2006-02-28 **E-mail:** visc\_hwj@163.com

用,实现可视化与仿真的联合、计算驾驭、多用户协同等功能。

在国内,国家“863”高技术研究发展计划于1999年开始投资建立国家高性能计算环境(NHPCE),亦称国家计算网格,它的目的就是在全国范围内为各行业和社会大众提供各种一体化的高性能计算环境和信息服务。

上述可视化系统通过各种技术进行网格部署,调度网格资源来完成特定的可视化任务。本文所述基于网格设计并实现的Web可视化系统,完全按照开放网格服务体系结构(Open Grid Service Architecture, OGSA)部署,在配置网格资源的过程中按照全球网格论坛(Global Grid Forum, GGF)标准实施,具有很好的可扩展性。在现阶段实现对数值天气模型产生的5-D网格数据集可视化,下一步会在此基础上逐渐完善系统功能。

## 2 基于网格的Web可视化系统结构

基于网格开发的Web可视化系统分为3层结构,如图1。

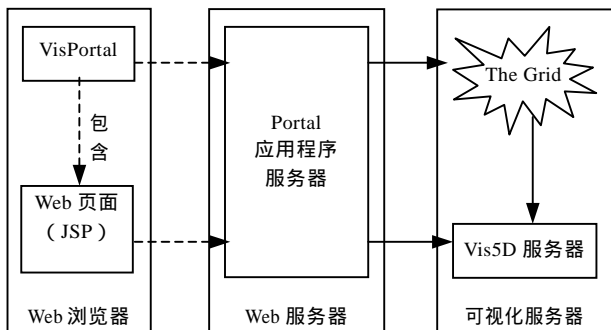


图1 基于网格的Web可视化系统结构

前端为Web浏览器客户端,提供动态WebSheet。WebSheet中嵌入了“VisPortal”端口界面,作为访问网格资源的门户。中间一层为Web服务器,Web服务器即为Portal应用程序服务器,作为VisPortal的后台程序,完成对网格资源的管理、调度与使用。后端为系统中的可视化网格资源,其中具体实现的Vis5D可视化服务器作为网格资源之一实现对数值天气模型产生的5-D网格数据集的可视化。

### 2.1 基于Web的网格门户

网格门户是系统提供给用户访问网格资源的接口,通过它用户可以使用网格资源(网格服务)完成各种可视化任务。客户端提供基于标准动态网页技术JSP实现的WebSheet,为访问网格资源,系统提供了访问网格的端口界面(网格门户)—VisPortal,并将该网格门户嵌入在WebSheet中。VisPortal是面向网格资源的门户,在用户访问系统URL时,客户端下载WebSheet,通过WebSheet页面中的VisPortal,用户可以访问系统中的网格资源。

网格门户VisPortal提供给用户单点登录机制来访问网格资源,并且隐藏网格资源动态管理、调度等复杂过程,使用户可以方便地访问网格资源,而不用担心中间的复杂过程。VisPortal为用户提供了一种基于Web方式的信息集中和资源接入途径,提供了访问系统网格资源的入口。

### 2.2 网格可视化Web服务器

Web服务器是整个可视化系统的桥梁,它一方面负责对网格资源的管理,另一方面负责监控用户与网格资源之间通信过程的实施,协调用户访问和使用网格资源完成可视化任务。Portal服务器体系结构如图2所示。

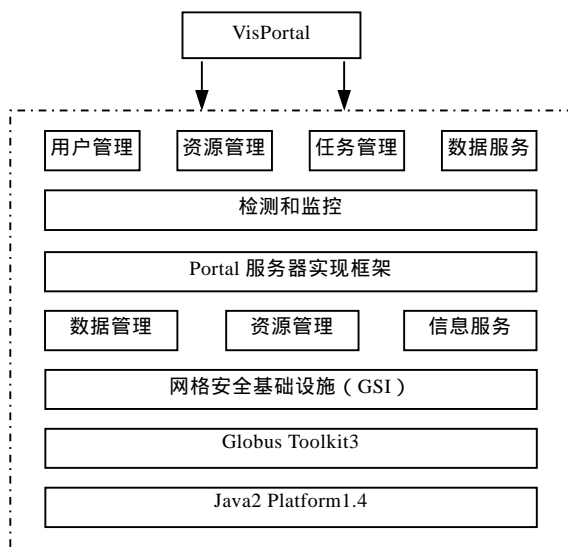


图2 Portal服务器体系结构

Portal应用程序服务器主要完成用户管理、资源管理、任务管理、数据服务以及检测和监控等5项功能,是整个系统运行的核心,它为并行、远程和协同可视化提供所需的资源管理、任务管理、用户管理、安全机制和数据传输等功能。这些功能建立在GT3(Globus Toolkit3)所提供的资源管理、数据管理、信息服务和网络安全基础结构GSI(Grid Security Infrastructure)上。

用户管理的目的是支持多用户环境和用户间协作,它负责存取用户设置、记录用户的操作、维护用户启动的任务列表、对用户使用的资源进行统计。当用户从VisPortal门户中启动新任务时,VisPortal将根据应用程序的特点和用户的指定将可视化任务的资源需求以XML任务资源描述文件的形式提供给Portal服务器用户代理,由用户代理根据任务类型描述文件启动任务。

资源管理首先负责聚集可用的网格资源,包括计算资源、存储资源、绘制资源等。它通过动态的资源监测及时发现可用的网格资源,并将发现的资源信息使用资源描述语言(Resource Specification Language, RSL)注册到服务注册中心和资源管理中心。在响应门户请求时,资源管理服务根据服务注册中心和资源管理中心的信息分配可用节点,节点在启动时向服务注册中心登记其所提供的服务,资源监测同时向资源管理中心更新资源的状态信息。Portal服务器资源管理服务是通过服务注册中心和资源管理中心完成,基于GT3提供的信息服务实现。

任务管理的目的是为任务启动、任务调度和任务间协作提供支持,是用户代理服务的一个模块。用户代理接收任务请求后,根据任务描述文件从服务注册中心和资源管理中心获取可用计算节点,然后通过各个节点的任务启动服务来启动相应的进程或线程。

Portal服务器数据服务基于GridFTP实现,GridFTP是Globus提供的一个高性能、安全、可靠的数据传输协议,它支持第三方传输、断点续传、并行传输、与GSI结合的安全认证、缓存等特性。当用户代理需要在网格资源之间进行数据移动时,就需要调用数据传输功能,完成在网格资源之间的数据转移。GridFTP服务采用了广泛应用的网络安全架构(GSI),实现了健壮性和柔性,并且保证了数据传输的完整性和机密性。

Portal 服务器网格监控用于度量和显示网络组件在某一时刻的状态,包括对软件(如应用程序、服务、中间件和操作系统)终端主机的硬件(如 CPU、磁盘、内存和网络接口)和网络(如路由器、交换机或端到端的路径)的监控。检测是在软件和硬件中加入特定的探测程序来产生监控事件的过程。该功能的实现基于 Globus 工具集和发现服务。通过检测得到的监控数据进行故障处理和错误检测,对系统进行性能分析和调整,指导调度策略,通过收集数据也进而提高以后系统的运行性能。检测和监控是对整个系统部署的功能,比较复杂。

Portal 服务器管理的“虚拟组织”(VO)安全基于 GSI 实现,GSI 在 Portal 服务器中完成身份验证(X.509 身份验证证书)、身份标识的联合、动态实体和委托代理(X.509 代理证书)等,在生成客户代理时,同时服务器生成 GSI 句柄,来进行相关的验证服务。在完成验证过程后,方可启动网格资源进行应用服务。

### 2.3 构建 Vis5D 可视化服务器

最后,基于 Vis5D 构建了一个可视化服务器作为具体应用的一个网格资源<sup>[7]</sup>。Vis5D 是美国威斯康星大学空间科学和工程中心(SSEC)可视化项目的研究成果,可以对大型 5-D 网格数据集(如数值天气模型产生的数据集)进行交互式可视化,可以制作出各种 3 维网格图形,如等值面图、等高线剖面图、彩色剖面图、立体透视图等,并可对图形进行旋转和实时动画,该系统还具有对风迹进行跟踪的特性。基于 Vis5D 构建可视化服务器,即将单机版的 Vis5D 改造成服务器结构,添加通信模块,使之能够接收可视化请求命令,完成既定的可视化任务。另外采取脱屏绘制技术,使运行在图形工作站或高性能服务器上的 Vis5D 服务器能够完成 Web 服务器传送的可视化命令。

## 3 可视化任务执行总体流程

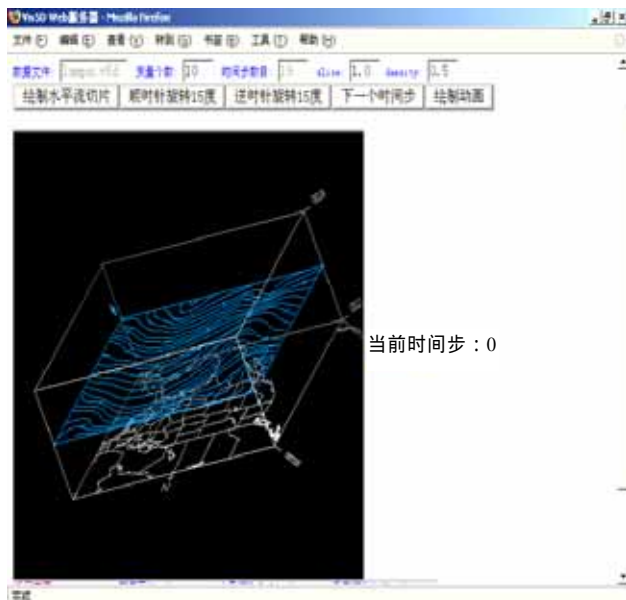


图 3 lamps.v5d 水平流切片绘制图像

用户启动 VisPortal 客户端,客户端启动后和 Portal 服务器建立连接,Portal 服务器用户管理服务负责对用户身份进行验证,如果成功,Portal 服务器将为用户生成一个用户代理,同时用户代理还将可用的数据集,当前已登录用户等信息发送到 VisPortal 进行显示。如果用户选中了某个数据集并

启动一个可视化任务,则客户端生成相应的 XML 任务描述文件并将其发送给用户代理。用户代理据此向资源管理服务发出资源分配请求,当获得可用节点后,用户代理通过任务启动模块启动相应的可视化程序。客户端也将启动相应的可视化交互界面,随后可视化交互界面从任务管理服务获得最终合成结点的地址和端口,并与其建立连接。在与可视化网格节点建立连接后,即可具体实现可视化过程。

图 3 为可视化服务器响应 VisPortal 用户请求采取脱屏绘制技术对数据文件 lamps.v5d 进行水平流切片绘制得到的图像结果。lamps.v5d 共包含 190 个网格,10 个变量,19 个时间步。图 3 所示结果图像的相关参量值为: density(流切片密度): 0.5, slice(流切片指定): 1。

## 4 总结及以后的工作

网格为科学计算可视化提供了一个更为统一的资源共享和使用平台,在这个平台上可以协调各种网格资源,提供远程可视化服务。网格可视化技术是建立在对并行可视化、远程可视化、协同可视化以及其它网络技术研究的基础之上,它拓展了并行可视化和分布式可视化的研究范围,使可视化可以在更广的范围内进行数据存储和计算,更好地与科学计算连接,并让更广范围内的用户通过网络以远程或者协作方式进行可视化。

基于网格实现的 Web 可视化系统,使用 VisPortal 实现资源汇聚,并进行自治协调,实现了对 Internet 范围内存储、计算和绘制资源的使用,并可以在 Internet 范围提供全面的可视化服务。可视化系统的构建符合网格标准,具有良好的可扩展性,并实现了对数值天气模型产生的 5-D 网格数据集的可视化服务。在以后的工作中,将会继续完善系统服务管理、检测和监控、系统安全方面的功能,并添加更多的可视化模块,以增强系统的健壮性、适用性。

## 参考文献

- 1 Foster I, Kesselman C. The Grid: Blueprint for a Future Computing Infrastructure[M]. San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- 2 Aeschlimann M, Dinda P, Kallivokas L, et al. Preliminary Report on the Design of a Framework for Distributed Visualization[C]. Proc. of Int'l Conf. on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, Las Vegas, 1999.
- 3 Knosp B, Wang S, Ni J. Grid-based Volume Rendering[C]. ACM/IEEE Conference on Supercomputing, Baltimore, 2002.
- 4 Center for Computational Visualization of University of Texas at Austin. Grid Enabled Visualization[C]. NPACI All-hands Meeting, San Diego, 2003.
- 5 Bethel W, Siegerist C, Shalf J, et al. VisPortal: Deploying Grid-enabled Visualization Tools Through a Web-portal[C]. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Annual Workshop on Advanced Collaborative Environments, 2003.
- 6 Thomas M P, Mock S, Boisseau J. Development of Web Toolkits for Computational Science Portals: The NPACI HotPage[J]. Proc. of the 9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, Los Alamitos, CA, 2003.
- 7 韩伟杰, 张 文, 李晓梅. 基于 Vis5D 的可视化服务器设计与实现 [C]. 第 12 届全国图象图形学学术年会论文集. 北京: 清华大学出版社, 2005: 479-483.