

# 基于网格平台的 GUI 软件共享机制

徐兵<sup>1,2</sup>, 余海燕<sup>1</sup>

(1. 中国科学院计算技术研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 基于网格的应用系统中存在着大量具有图形用户界面(GUI)的遗留应用软件, 它们具有交互的使用模式, 有很强的平台依赖性, 其共享使用模式不同于一般的基于批处理的作业提交模式, 给网格平台带来了一定的挑战。该文在中国国家网格(CNGrid)平台基础上, 基于网格系统软件 CNGrid GOS, 提出并实现了一种 GUI 应用软件的共享系统 GridShare。其原型系统的试验结果表明, GridShare 能够利用网格平台的跨域安全管理和资源调度能力, 实现 GUI 应用软件在网格环境中的共享和多用户协同使用, 提高应用资源的利用效率。

**关键词:** 网格; 遗留应用; 应用共享; 远程控制

## GUI Software Sharing Mechanism Based on Grid Platform

XU Bing<sup>1,2</sup>, YU Hai-yan<sup>1</sup>

(1. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

**【Abstract】** The real application systems comprise a large number of legacy application softwares with Graphical User Interfaces(GUIs), which emphasize the interactive mode between human and computer, and heavily depend on specific platforms. Challenges exist when sharing and collaborating them, which are essentially quite different from the ordinary resources sharing mechanism by the method of batch processing. Based on the China National Grid(CNGrid) platform and its Grid system software CNGrid GOS, this paper proposes and implements a sharing system for GUI applications called GridShare. From the results of the prototype system, it shows that GridShare enables to achieve the goal of sharing and collaborative use of the legacy applications among multi-users in the Grid environment, and improves the utilization of grid resources, by employing the cross-domain security management and resource scheduling capabilities provided by the Grid platform.

**【Key words】** grid; legacy application; application sharing; remote control

### 1 概述

在基于网格平台的实际应用系统中,除了计算、存储、数据资源外,还存在着大量的应用软件和工具资源。应用领域的科学家习惯使用自己熟悉的专业工具和软件系统工作,例如工程技术人员使用的有限元分析、数据可视化、CAD 软件,生物学家使用的蛋白质分析和序列比对软件,化学家使用的化学绘图分析和建模软件。这类应用软件很多都具有图形用户界面(Graphical User Interfaces, GUI),具有交互的用户使用模式及较强的平台依赖性(例如依赖于 Win32 或 GTK 这样特定的桌面环境),其共享和协同使用机制不同于一般的网格批作业提交和处理过程。

对于这类资源,如何在网格环境下进行共享甚至多用户协同使用,存在一定的挑战性。如何在广域网络环境下支持交互式的资源使用模式,如何保证交互式应用的效率和安全性,如何充分利用网格的资源聚合和调度能力来支持交互式应用等都是值得研究的问题。

本文在中国国家网格(China National Grid, CNGrid)平台基础上,基于网格系统软件 CNGrid GOS,扩展已有的远程桌面共享机制并结合网格平台的安全跨域资源管理和调度能力,提出并实现一种 GUI 应用软件的共享系统 GridShare。在 GridShare 支持下,开发人员无须修改现有的操作系统和应用,即可将网格节点上运行的 GUI 应用程序提供给分布、异构、广域环境下的客户端使用,用户得到的是如同在本机运行应用的使用体验,同时,应用运行的安全性和效率能够

得到网格平台的有效支撑。

### 2 相关工作

#### 2.1 远程共享和控制

从 X-Windows 开始,针对桌面应用的远程共享技术一直致力于将用户交互的处理逻辑和应用的执行逻辑分离,以提高多用户系统共享、部署和维护的效率。VNC(Virtual Network Computing)<sup>[1]</sup>是 AT&T 剑桥实验室发明的跨平台远程桌面显示协议。VNC 客户端连接到应用运行所在的 VNC 服务器,将键盘和鼠标动作发送到服务器,服务器将桌面快照压缩,通过 RFB(Remote Frame Buffer)协议发送到客户端。RDP(Remote Desktop Protocol)是微软公司在 ITU 的 T.120 系列协议的基础上制订的一套未公开发表的数据传输协议,是终端服务器(terminal server)和客户端之间的通信协议,在 RDP 协议中,terminal service 使用了自己独立的显示驱动程序,当应用程序发出图形显示请求时,请求被该驱动程序截获,然后这些绘图显示请求通过 RDP 协议发送到 terminal service 的客户端,客户端再将这些绘图和显示指令解释为 Win32 GDI 调用,完成真正的图形输出操作。RDP 是微软公

**基金项目:** 国家自然科学基金资助重大项目(90412010); 国家“863”计划基金资助项目(2006AA01A106); 国家“973”计划基金资助项目(2005CB321807)

**作者简介:** 徐兵(1982-),男,硕士研究生,主研方向:网格计算;余海燕,副研究员

**收稿日期:** 2007-09-10 **E-mail:** xubing@software.ict.ac.cn

司未公开的协议与操作系统、图形系统结合得非常紧密,无法进行跨平台移植。其他远程共享技术包括 Citrix 公司的 Metaframe 和 Symantec 公司的 PC Anywhere 等。

## 2.2 软件 License 共享

软件 License 作为一种昂贵的资源,存在着分布不均衡和利用率不高的问题,因此,对软件 License 共享的研究成为软件共享研究的热点之一。典型的软件 License 管理器有 Platform LSF<sup>[2]</sup>和 Flexlm 等。

## 2.3 应用流技术

应用流(application streaming)技术是一种新兴的远程共享技术,与 VNC, RDP 等不同的是,应用流技术将远程的应用及其运行时环境按流化传输到客户端,应用实际上是在客户端本地运行的,较远程桌面技术,应用流技术有如下优点:(1)应用本地运行降低了服务端负载;(2)本地运行较远程运行实时性更强,避免了网络延迟的弊端;(3)应用流到本地后,可离线运行。目前实现应用流技术的主要是商用化产品,包括 Microsoft 的 SoftGrid 和 Citrix 的 Tarpon 等。

## 2.4 网格系统与桌面应用

对于桌面交互式应用在网格下的共享使用已引起了充分重视,典型的相关研究工作包括 HP 的交互式网格<sup>[3]</sup>、佛罗里达大学的 ACIS 实验室开发的网格中间件 In-VIGO(In Virtual Information Grid Organizations)<sup>[4]</sup>,其设计思想是对节点、网络、数据、应用进行多层次的虚拟化,并动态地创建针对每一用户或每一应用的虚拟信息网格。其代表性应用是普渡大学开发的 NanoHub。在 In-VIGO 支持下,用户可从 NanoHub 的 Web 门户上交互使用专为纳米科学研究的计算和模拟软件工具,其后端同 TeraGrid 和 Open Science Grid 相连,充分利用了这些网格平台提供的海量资源。

## 3 GridShare 的设计

GridShare 从 CNGrid 的实际应用需求出发,在平台系统软件 CNGrid GOS<sup>[5]</sup>的基础上,扩展现有的远程桌面共享机制,实现 GUI 软件的安全和有效共享。GridShare 的整体结构和运行流程如图 1 所示。

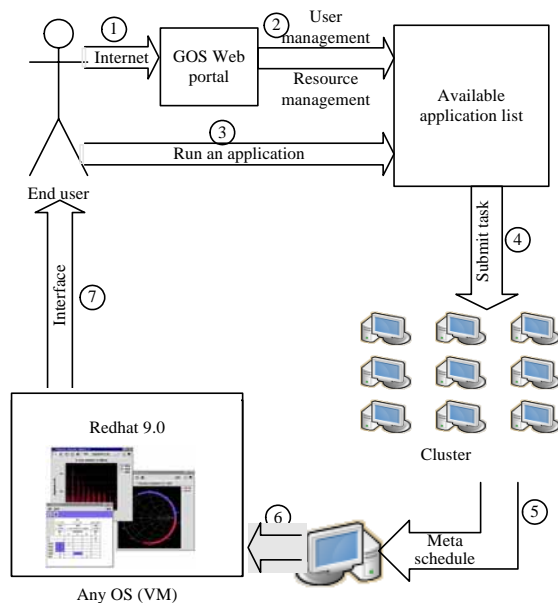


图 1 GridShare 整体流程

GOS Web Portal 将 GOS 系统对用户管理、资源管理等模块的处理隐藏其中,网格用户仅通过客户端浏览器即可使用

网格为其提供的各种服务。在 GridShare 的设计中,将 GOS Web Portal 作为客户端,方便用户使用网格节点上提供共享的 GUI 应用程序,避免了复杂繁琐的程序开发过程。Cluster 是应用程序的执行逻辑节点,它是由 GOS 软件连接起来的广域网上分散的、异构计算机节点组成的网格节点。当用户通过 GOS Web Portal 登入网格后,依据用户对资源的访问权限,取得该用户可用应用程序列表,用户选择运行其中的一个应用程序(如 MatLab, Mathematica),应用运行在物理机或者虚拟机上的 Linux 或 Windows 系统中。应用程序的运行界面通过远程桌面返回给用户,多个用户可以在同一应用程序的运行界面上协同工作。还能根据节点的负载从众多网格节点中选择运行应用的机器,用户无须关心应用具体执行在哪个节点。一个网格节点上的应用软件还可以通过应用流方式提供给多个用户在用户客户端本地运行使用,充分发挥应用流共享的本地离线运行的优点,从而提高应用共享使用的效率。下面是和 GridShare 密切相关的模块。

### 3.1 用户映射

用户映射服务的主要目的在于为网格用户的全局标记 userDN 和该用户在某一网格节点的名字(本地用户)建立单一映射,便于在全局域内和节点域内转换和标识用户身份,用于控制用户对资源的访问,为用户共享应用程序和协同工作提供支持。该服务提高了网格资源跨域共享的安全性。在 GridShare 使用过程中,GOS 将产生一个用户映射,它是网格用户全局标记、本地用户、用户虚拟社区、用户建立时间和用户更新时间的五元组。

### 3.2 资源管理

GUI 应用程序也是网格中的一种重要资源,像网格用户使用其他网格资源一样,在 GridShare 中通过资源管理控制用户对 GUI 应用程序的访问。为用户获得可访问的应用列表提供支持。

### 3.3 节点调度

当用户运行一个应用时,节点调度网格中各节点的工作负载,选择一个节点用于运行用户的应用。它的主要目的是有效地分配工作负载,提高资源的利用率,为应用提供一个好的运行环境(如当前机器的 CPU 较空闲、可用内存较多)。

### 3.4 远程显示和应用的流化共享

当用户选择了一个应用,且通过调度得到一个适合的节点后,在此节点上实时启动用户选择的应用程序,同时将该应用程序的运行界面定向到用户端,使得用户可以和远程 GUI 应用程序交互。也可将应用程序的运行界面定向到多个用户端,达到用户协同使用的目的。此外利用应用流技术将服务器上的应用流化传输给多个远程用户使用,降低了服务端的运行负载,提高了应用共享的效率。

### 3.5 虚拟机上的应用共享

虚拟机为网格计算提供了灵活、高效的执行环境,为用户提供了一个隔离的、封闭的运行环境,提高了整个应用系统的安全性。在一台高性能的节点上使用多台虚拟机,每台虚拟机可根据应用运行的需要定制其环境,提高了计算资源的利用率。GridShare 中的应用在虚拟机上执行,为用户提供了共享功能,为资源虚拟化提供了有效的支持。

## 4 GridShare 的实现

依据第 3 节的设计方案,已经在 Linux 系统上实现了 GridShare 的原型系统。其中用户映射和资源管理已经集成在

CNGrid 的系统软件(GOS)中,下面主要介绍原型系统中节点调度、远程显示和应用的流化共享以及虚拟机上的应用共享部分的实现方法。

#### 4.1 节点调度的实现

利用 Ganglia 工具包对网格节点性能进行监控。Ganglia 监控软件主要用来监控系统性能,如 CPU、内存、硬盘利用率、I/O 负载、网络流量情况。具体步骤如下:(1)收集各节点上 Ganglia 监控的性能结果;(2)对各节点的综合性能排序。将(1)和(2)包装成 Web Services 提供访问接口,输入为待选择的节点数组,输出为根据下面算法求得的性能最高的节点。节点性能的评估目前根据 5 项指标:(1)CPU 可用率;(2)内存可用率;(3)硬盘可用率;(4)I/O 可用率;(5)网络流量可用率。5 个性能指标都为正值,值越大表示性能越好。定义一个节点的性能为

$$\text{Performance} = \sum_{i=1}^5 (w_i \times q_i) \quad (1)$$

其中,  $q_i$  是第  $i$  个指标;  $w_i$  是第  $i$  个指标的权重;  $0 < w_i < 1$ ;  $\sum_{i=1}^5 w_i = 1$ ; 节点  $j$  的  $q_i$  是根据节点  $j$  的第  $i$  项指标  $q_{ji}$  按照式(2)计算<sup>[6]</sup>。

$$q_i = \begin{cases} (q_i^{\max} - q_{ji}) / (q_i^{\max} - q_i^{\min}) & \text{if } q_i^{\max} - q_i^{\min} \neq 0 \\ 1 & \text{if } q_i^{\max} - q_i^{\min} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $q_i^{\max}$  是所有节点第  $i$  项指标的最大值;  $q_i^{\min}$  是所有节点第  $i$  项指标的最小值。内存大小直接影响 GUI 应用程序的执行性能,在本文的设计中内存指标权重优先于其他指标,节点调度算法伪代码如下:

```

输入: 所有待调度的节点 Nodei 的 5 项性能
输出: 综合性能最高的节点
Begin
for(i ∈ 待选节点)
  Begin
  PERF_Nodei = compute performance(Nodei)
  End
Sort(PERF_Nodei) // i ∈ 待选节点
Return PERF_Nodemax 的节点
End

```

#### 4.2 远程显示和应用流化共享实现

用户访问应用时,通过一个 Web Service 去执行 Linux shell 脚本实现的一个代理服务,该代理服务实现了启动应用和设置显示号环境变量将其界面定向到客户端 VNC 查看器。由于用户已经通过网格用户管理授权访问应用,对 VNC 查看器源代码的用户认证和鉴别部分结合网格用户管理进行了扩展,并将其集成到 Java Applet 用于在浏览器中查看。再利用 JSP(JavaServer Pages)程序语言集成 3.1 节、3.2 节的操作。当用户访问该 JSP 页面时完成 3.1 节、3.2 节的操作,最终用户可以与远程应用程序交互。对于使用应用流技术共享的应用,首先需要将其流化。将一个应用程序流化共享主要有以下 4 个步骤:(1)利用相关工具(如 FileMon, RegMon)监控应用程序执行时需要的一些运行环境(调用的支持文件、在 Windows 下对注册表项的读取修改等);(2)根据(1)为应用配置相对独立隔离的运行环境;(3)应用和其运行环境经网络传输给用户端;(4)用户在本地运行该应用流。

基于应用流,服务端的应用流化后可以传送给多个用户共享使用。

#### 4.3 虚拟机上应用共享的实现

这部分主要解决了 2 个问题:(1)使虚拟机上的应用可以通过外部网络访问。(2)虚拟机的管理。目前在原型试验系统中使用 VMware 公司的免费开源产品 VMware Server 作为虚拟机软件,给虚拟机上的客户机(client)分配一个和宿主机(host)位于同一个网段的 IP 地址,通过网桥互联上网。这样客户机相当于宿主机所在网段上的另一台独立的机器。在原型系统中采用 VMware VirtualCenter 对多个 VMware Server 进行管理。每台虚拟的 Linux 主机如同物理上独立的机器,可以提供应用共享服务,其实现方法与物理机相同。

#### 5 原型系统和结果分析

目前 GridShare 原型系统已经集成在装有 GOS 系统的主机中,网格用户通过 GOS Web Portal 登入后看到可用应用列表,选择运行其中一个应用,例如用户可以远程透明地使用 Linux 主机上的科学计算软件 Scilab 进行制图。

结合远程桌面和应用流,网格用户既可共享远程应用,又可远程协同使用应用,达到了预期目标。和一般的远程桌面共享相比,GridShare 具有如下优点:(1)基于 GOS 网格平台的用户管理、资源管理机制,增强了用户对应用访问的安全性,为细粒度地控制用户对应用的访问提供了有效的支持;(2)结合了 GOS 网格平台的资源调度能力,能够平衡应用服务器的访问负载,提高了整个系统的利用效率;(3)采用应用流技术共享服务端的应用,应用在用户端本地运行,既有效降低了服务端负载,又成功避免了网络延迟的弊端。

#### 6 结束语

本文基于 CNGrid 提出一种网格平台下遗留 GUI 应用程序共享和协同的方法,并实现了其原型试验系统 GridShare。它使得用户可以和远程应用交互,将传统的基于批处理作业方式的网格应用系统扩展到能够支持交互式作业的网格应用系统,有助于网格平台下集成遗留 GUI 应用程序,提高了遗留 GUI 应用程序在网格环境中的利用率。通过在网格环境下扩展虚拟网络计算技术和新兴的应用流技术,为多用户协同工作和 GUI 应用软件共享提供了有效的支持。进一步的工作是分析 GridShare 的性能瓶颈,优化调度方法,增加对应用流的管理,为大量用户共享使用应用程序提供支持。

#### 参考文献

- [1] Richardson T, Stafford-Fraser Q, Wood K R, et al. Virtual Network Computing[J]. IEEE Internet Computing, 1998, 2(1): 33-38.
- [2] Dittmer A. Policy Driven VCS License Management with Platform Goba License Broke[J]. The Synopsys Verification Avenue Technical Bulletin, 2003, 3(1): 17-19.
- [3] Basu S, Talwar V, Agarwalla B, et al. Interactive Grid Architecture for Application Service Providers[C]//Proceedings of the International Conference on Web Services. [S. l.]: ACM Press, 2003-06.
- [4] Adabala S, Chadha V, Chawla P. From Virtualized Resources to Virtual Computing Grids: The In-VIGO System[J]. Future Generation Computing Systems, 2005, 21(6): 896-909.
- [5] Zha Li, Li Wei, Yu Haiyan, et al. System Software for China National Grid[C]//Proceedings of IFIP International Conference on Network and Parallel Computing. Beijing, China: [s. n.], 2005.
- [6] Zeng Liangzhao, Benatallah B, Ngu A H H, et al. QoS-aware Middleware for Web Services Composition[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2004, 30(5): 311-327.