

网格环境中资源发现与监视机制的研究

郑磊, 刘方爱

(山东师范大学 信息管理学院 计算机系, 山东 济南 250014)

摘要:在分布、异构的网格环境下,资源发现和监视机制是关系到资源共享和协同工作效率的关键。为了提高资源共享和协同工作效率,文中基于Globus中资源发现和监视服务机制,提出了一种基于移动代理的网格资源发现和监视模型,并介绍了该模型中资源发现和监视的过程,指出该模型具有高可靠性、良好的可移植性和扩展性、安全性高以及可以显著提高工作效率等优点,更适合与动态变化的网格环境。

关键词:网格计算;移动代理;发现;监视

中图分类号:TP393.07

文献标识码:A

文章编号:1005-3751(2006)01-0083-04

Research on Resource Discovery and Monitoring Mechanisms in Grids

ZHENG Lei, LIU Fang-ai

(Department of Computer, School of Information Management, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: The resource discovery and monitoring mechanism is a key problem in grid. It has great impact on the efficiency of the resource sharing and collaborating in such environments. In order to improve the efficiency of the resource sharing and collaborating, the paper discusses the resource discovery and monitoring in Globus, and suggests a resource discovery and monitoring model based on mobile agent, and analyzes resource discovery and monitoring strategies. Towards the environments, the resource discovery and monitoring model based on mobile agent is better.

Key words: grid computing; mobile agent; discovery; monitoring

0 引言

网格^[1]就是一个集成的计算与资源环境,或者说是一个计算资源池。网格能够充分吸纳各种计算资源(计算机、网络通信能力、数据资料、仪器设备等),并将它们转化成一种随处可得的、可靠的、标准的同时还是经济的计算能力。在网格环境下,资源的发现是一个重要的工作。任何基于网格的服务程序或操作系统,首先要做的就是发现,然后才是分配任务和调度。而为了提高网格环境中不同应用或者系统的性能,需要获取其运行状态下的相关性能数据,通过对这些性能数据的分析就可以设法提高下次程序运行的效率,这正是资源发现的意义之所在。因此,提供网格资源监视服务,用以监视各种各样的计算资源、网络资源,以及一些基础信息资源,也就显得极其迫切。

1 相关研究

目前,网格资源发现和监视的机制很多,有中科院的

织女星网格^[2]的基于路由转发的资源发现机制, Globus的MDS,还有全局统一的层次化网格资源模型。其中织女星网格的基于路由转发的资源发现机制和Globus的MDS最具典型,其应用最为广泛。

1.1 基于路由转发的资源发现机制

织女星网格是中科院计算所正在进行的研究项目。在织女星网格中,设计者提出了服务网络的概念和虚拟计算机的体系结构模型。在体系结构上,采用分层的虚拟机模型,自顶向下依次由用户层、资源路由器层和资源层3个层次组成。

在虚拟机体系结构基础上,资源发现机制主要通过两个技术来解决资源发现的问题:基于资源信息的路由转发的资源定位模型和3层资源表示模型。资源定位模型主要在资源路由器上实现,是资源发现机制的核心,负责解决包括路由器网络的生成和维护、路由更新策略、资源信息聚类策略和资源请求处理策略等多个问题。而3层资源表示模型试图满足资源发现机制的各个层次对资源表示的不同需求。它包含了各个层次上资源的表示方法和层次之间的映射。

基于路由转发的资源发现机制要求同类资源在所有的路由器上的表示是一致的,这就限制了其灵活性。另外当资源路由机制应用到整个的全球网格环境中,会经过很长的路径才能找到资源,这就造成了其性能的下降。

收稿日期:2005-04-26

基金项目:国家自然科学基金(60373063);山东省自然科学基金(Y2002G03)

作者简介:郑磊(1980—),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向为网格计算、网络监视;刘方爱,教授,博导,研究方向为并行处理、网络计算。

1.2 Globus 的资源监视与发现服务

Globus 的资源监视与发现服务 (Monitoring Discovery Service) 采用动态可扩展的框架来监视和管理网络计算环境中各种资源的静态和动态信息, 如图 1 所示。在实现上, MDS 主要使用 LDAP^[3] 作为网格信息访问与存储的统一界面。

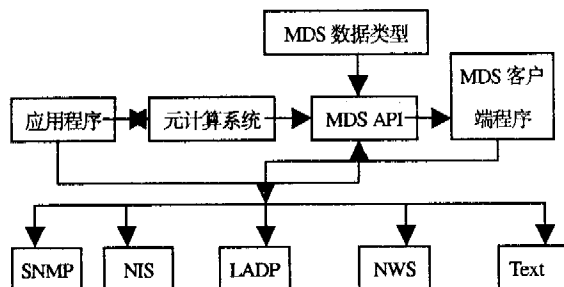


图 1 MDS 简要逻辑结构图

MDS 的信息主要由信息提供者提供。MDS 目录结构遵循 LDAP 模型, 主要由目录信息树和对象类定义组成。GRIS 和 GIIS 也是基于 OpenLDAP^[3] 实现的。MDS 包括一个标准的、可配置的信息提供者框架, 称之为网格资源信息服务 (GRIS)。GRIS 提供了统一的方式来查询网格中的资源配置能力和状态。GRIS 是一个分布的信息服务, 通过在网格计算环境中对 GRIS 进行部署可满足相关的查询请求。MDS 提供了一个聚集目录的框架, 称之为网格目录信息服务 (GIIS)。GIIS 提供了把各种 GIIS 服务结合起来的方法, 并提供了连贯的系统映像方便网格应用程序进行搜索和查询, 通过 GIIS 可把属于某个虚拟组织的所有网格资源进行汇总。

综合分析 Globus 的 MDS, 还存在以下问题:

- (1) Globus MDS 的两个监视协议都是基于传统的 RPC, 不适合广域分布、资源众多的网格计算环境;
- (2) 对于 LDAP 目录服务器的访问, Globus MDS 没有设置任何访问权限;
- (3) LDAP 查询语言的表达能力对于网格计算环境中的动态资源发现是不足的。

2 基于移动代理的网格资源发现和监视模型

2.1 移动代理技术

移动 Agent^[4,5] 是一种软件对象, 它能携带执行代码、数据和运行状态, 在复杂的网络系统中自治的、有目的迁移, 并能响应外部事件, 在迁移过程中能保持其状态的一致性。简单的说, 移动 Agent 就是一个能在异构网络中自主地从一台主机迁移到另一台主机, 并可与其它 Agent 或资源交互的程序。

移动 Agent 系统包括两个部分: 移动 Agent (MA) 和移动 Agent 运行环境 (MAE)^[6]。移动 Agent 运行环境是系统的核心部分, 它实现移动 Agent 在主机间的迁移, 并为其建立远程执行环境。移动 Agent 运行环境创造了一个位置透明、便于控制、安全可靠的平台^[7]。

2.2 模型总体框架

传统的网络监视分为集中式监视和分布式监视^[8] 两大类, 它们的共同之处在于都需要在地理位置相对固定的节点上部署监视系统。而网格计算环境最重要的特征之一就是可以动态组建虚拟组织, 并且虚拟组织的成员可以随时地加入或离开。显然, 传统的网络监视系统并不适合动态变化的网格计算环境。

在对现有网格资源发现和监视机制的研究基础上, 充分考虑到网格计算环境的分布、动态、异构的特点, 并结合移动代理的分布式特征, 提出了基于移动代理的网格资源发现和监视模型, 如图 2 所示。

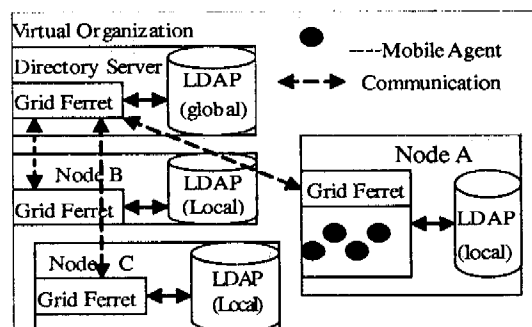


图 2 基于 MA 的网格资源发现和监视系统的总体框架

在本模型中, 网格计算环境被划分为若干虚拟组织, 每个虚拟组织是由一个全局目录服务器和多个节点构成。全局目录服务器并不储存具体的网格资源信息, 它只提供网格资源的名称和位置信息。节点之间可以按照逻辑需要组成有层次的结构, 全局目录服务器通过目录信息树记录这些结构。每个节点都部署基于移动 Agent 的网格发现和监视系统 Grid Ferret, 及本地的 LDAP 目录服务器。Grid Ferret 系统是模型的核心部分。

本地 LDAP 服务器存储本节点的资源状态信息。同时, 为了提高网格监视和查询的响应时间和执行效率, 还提供一个缓存服务。当本节点查询并得到其它节点的资源信息时系统将其存入本地 LDAP 服务器中, 并加盖有效时间戳。当监视系统接收到一个新的查询请求时, 如果发现缓存中的资源信息仍在有效时间范围内, 则直接从本地 LDAP 服务器中读取数据并返回, 如果发现缓存中的资源信息已经过期, 则需要到下一级节点重新查询。

本模型具有两个显著特征: 对等监视和本地存储。对等监视即是指网格中的每个节点都对等地部署监视系统, 既可作为资源信息查询和浏览的客户端, 又可作为资源信息管理的服务器。对等的结构最大限度地保证了整个网格监视的灵活性。本地存储即是指网格资源状态信息将尽量存储在本地的目录服务器中。由于网格计算环境中存在各种动态变化的资源, 如采用集中的信息存储, 需随时轮询更新, 这样大大增加了网络负载和数据传输。

2.3 Grid Ferret 系统

Grid Ferret 系统由基于 Java 的 Agent 运行环境和多个 Agent 组成。它监视本地的资源状态并将信息存储在

LDAP 目录服务器中,而且向高层应用程序提供查询和监视的接口系统结构,如图 3 所示。

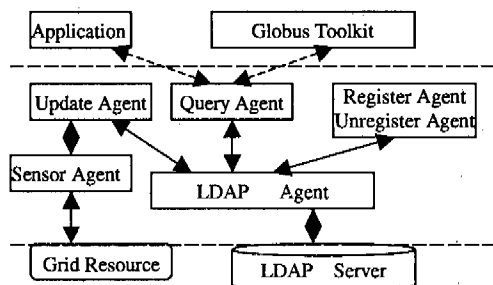


图 3 Grid Ferret 系统结构

Grid Ferret 系统中的 Agent 根据功能可以分为以下几种:

* **Sensor Agent**: 主要作用是监视本地资源的状态信息。状态信息包括静态主机信息(CPU 类型, CPU 频率, 内存大小等)、动态主机信息(空闲内存, 平均负载, 运行的进程数等)、存储信息(可用磁盘空间, 总磁盘空间等)和网络信息(网络带宽, 网络延时等)。用户也可以创建自己的 Sensor Agent, 获得特定的网格资源信息。

* **Update Agent**: 主要作用是轮询传感器 Agent 从而获得本地资源的各种实时数据和状态信息。Update Agent 也是作为静态 Agent 驻留在 Agent 运行环境中, 根据用户制定的轮询策略来执行轮询任务。

* **LDAP Agent**: 主要作用是完成对本地 LDAP 目录服务器的增加、删除、修改、查询等操作。LDAP Agent 作为基本的服务可以被 Update Agent, Register Agent 等调用。同样 LDAP Agent 也是作为静态 Agent 驻留在 Agent 运行环境中。

* **Query Agent**: 主要作用是根据用户的查询条件, 在网格计算机环境中搜索符合要求的资源信息。Query Agent 根据全局的 LDAP 目录服务器上资源的静态信息进行过滤。Query Agent 作为移动 Agent 动态创建实例并且自我复制、移动到其他的网格节点上执行查询任务, 是系统中最灵活、最复杂也是最重要的部分。

* **Register Agent 和 Unregister Agent**: 主要作用是完成节点的注册和注销任务, 从而动态地建立虚拟组织。通过移动 Agent 本地节点向全局目录服务器提交注册或注销的请求。如果同意请求, 就在本地的 LDAP 目录中增加或删除相应的入口, 如果节点的静态信息发生变化, 也可以通过 Register Agent 进行更新。根据 Register Agent 和 Unregister Agent 可以比较容易地建立网格虚拟组织 甚至是更复杂的层次结构。

2.4 目录信息结构

网格资源发现与监视模型对资源信息采用了多层次的树型组织方式, 在 LDAP 目录服务器中, 这个树型结构被称为目录信息树。信息树中的每一个节点是一个数据项, 每个数据项由一组属性-值的数据对构成, 描述网格计算环境中真实或抽象对象, 如计算机、网络、参数等。本

模型包括两种目录信息树的结构: 全局的目录信息和本地的目录信息。

全局的目录并不储存具体的网格资源信息, 它只提供网格资源的名称、静态特征和位置信息。当网格节点想加入某个虚拟组织, 通过 Register Agent 移动到全局目录服务器上, 经过批准后将相应的名称和位置等信息加入目录树中。若想获得网格资源的动态信息, 首先要通过全局目录服务找到该网格资源的位置和静态信息, 比如主机地址和端口号等, 然后向该网格资源发出请求获得相应数据。

2.5 安全性策略

为了保证网格计算环境的安全通信, 防止主体假冒和数据泄密, 网格资源发现与监视模型提供了分成两步的安全策略。

第一步: 安全身份认证。

本模型采用了 Globus 安全基础设施的方案, 对 SSL 协议进行了扩展, 使之具有安全委托能力, 通过创建代理减少了用户必须输入口令来得到私钥的次数, 在不同的节点之间形成了一个安全信任链。

一个代理包含一个新的证书, 这个证书由用户来签署, 而不是认证中心。证书中有新的公钥和私钥、用户的标识、代理标记和时间戳。时间戳决定了在一定的时间范围内, 这个代理是有效的。当监视网格资源状态时, 需要进行安全身份的鉴别, 保证查询者和被查询对象都是虚拟组织中的合法成员。

第二步: 访问控制认证。

在进行安全身份认证后, 还要进行访问控制的权限认证。LDAP 提供了一个访问控制的安全模型, 根据身份信息对提出的访问请求进行控制。在 LDAP 中存在一个被称为访问控制列表(Access Control List)的文件, 控制各类访问请求具有的权限。详细的定制和完善 ACL 文件可以使目录服务系统提供较好的安全性。

2.6 网格资源发现与监视过程

对网格资源发现与监视过程进行描述如下:

(1) 用户在提交任务前, 首先检查本地 LDAP 目录服务的缓存内资源状态信息是否有效。如果信息有效, 则直接将结果返回。

(2) 如果信息已经过期, 则创建一个临时的、局部的代理。代理的安全证书由用户签署, 给定有效期限。

(3) 代理与远端的全局目录服务节点进行相互安全鉴别, 即对二者的安全证书和身份进行鉴别。

(4) 通过安全身份鉴别后, 网格资源监视系统派发移动 Agent 到全局目录服务节点上。Query Agent 根据全局的 LDAP 目录服务器上资源的静态信息进行过滤, 然后查询符合条件的网格资源位置信息。

(5) Query Agent 进行复制, 然后通过网格资源位置信息, 移动到多个目标资源上。根据用户的权限, 查询相应节点上的 LDAP 目录服务器中的资源状态信息, 分别将结果返回。

(6)在规定的时间内,根据返回到最初的查询节点上的移动 Agent 带回的网格资源信息进行汇总,并将符合查询条件的网格资源的状态信息提交给查询用户,没有返回的移动 Agent 将被抛弃。

(7)最后,销毁用户代理。

3 结束语

文中提出了一种基于代理的网格资源发现和监视模型,它和目前典型的几种资源发现和监视机制相比,有以下优点:第一,与基于 RPC 方式的分布式应用相比,移动 Agent 的迁移不需要保持网络的长时间稳定连接,可大大减轻网络负荷。当监视广域分布的网格资源时移动 Agent 避免了大量数据的网络传送,显著提高系统执行效率和可靠性程度。第二,移动 Agent 封装了通信协议,克服了在异构的网格计算环境中可能存在的协议冲突,而且移动 Agent 平台大多数是基于 Java,具有非常好的可移植性和扩展性。第三,一个移动 Agent 是一个独立的自治程序单元。在进行某项任务时,可同时创建多个 Agent 并行工作,同时 Agent 之间又可相互协作,共同完成任务。因此,在资源众多的网格计算环境中,移动 Agent 可以极大地提高工作效率。第四,使用 LDAP 目录服务,将网格计算环境表示成树状结构。这种结构有利于网格节点的层次表示和不同虚拟组织的划分。模型还对 LDAP 目录服务器进行访问权限的设置,保护了一些敏感的资源信息,而且网格资源状态信息将尽量存储在本地的目录服务器中,避

免了随时轮询更新带来的网络负载。第五,通过移动 Agent 和 LDAP 目录服务,模型很好地解决了虚拟组织的动态建立问题,方便地实现了组织成员的动态注册和注销。

参考文献:

- [1] 都志辉,陈渝,刘鹏. 网格计算[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 董方鹏,龚奕利,李伟,等. 网格环境下资源发现机制的研究[J]. 计算机研究与发展,2003(12):1749-1755.
- [3] 涂德志. LDAP 协议研究与 LDAP 服务器的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2000.
- [4] 张云勇. 移动 Agent 及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [5] Fukuda M, Tanaka Y, Suzuk N. A Mobile-Agent-Based PC Grid[A]. Autonomic Computing Workshop[C]. Seattle, USA: [s. n.], 2003. 142-150.
- [6] Loke S W. Towards data-parallel skeletons for grid computing: An itinerant mobile agent approach[A]. IEEE, CCGRID 2003[C]. Tokyo, Japan: [s. n.], 2003.
- [7] Kotz D, Gray R S. Mobile Agents and the Future of the Internet[A]. ACM SIGOPS Operating Systems Review[C]. New York, USA: [s. n.], 1999. 7-13.
- [8] Cherenak A, Foster I, Kesselman C. The Data Grid: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis of Large Scientific Datasets[J]. IEEE Journal of Network and Computer Applications, 2000, 7: 187-200.

(上接第 82 页)

基于 OGSA 的网格服务的工作流过程定义。GSFL 主要包括以下 4 部分:服务提供者(Service Providers)、活动模型(Activity Model)、组合模型(Composition Model)以及生命周期模型(Lifecycle Model)。其中服务提供者用于定义参与流程的网格服务;活动模型用于定义流程中的活动,通常是由某个服务的某个操作来完成的;组合模型用于定义活动之间控制流和数据流以及服务之间的交互关系,而将几个服务组合成一个服务的思想正是通过这部分来实现的,定义服务之间的交互就可使流程数据在服务之间直接传递,避免了 workflow 引擎成为系统的瓶颈;生命周期模型则用于定义流程中的活动和服务的生命周期。

GSFL 虽然也是一种新的工作流定义语言,但它的思想却与 GWEL 迥然不同,并且更适用于网格环境下,是一种具有很高参考价值的新型工作流定义语言。

3 结束语

主要介绍了网格工作流的一些简要发展情况。通过介绍可以看出,目前网格工作流还处于初步研究阶段,只实现了一些系统原形,但它必然会在许多计算和数据密集型的复杂问题中得到应用。网格工作流领域还存在很多待研究的问题,如网格工作流的流程建模、网格工作流的

流程执行时的资源定位问题、基于网格的分布式工作流的多引擎问题,以及在网格这种无中央控制单元的环境中的 workflow 监控问题等。

参考文献:

- [1] Workflow Management Coalition. The workflow reference model [EB/OL]. <http://www.wfmc.org>, 1994.
- [2] Foster I, Kesselman C. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure [EB/OL]. <http://mlp.com/grids>, 1999.
- [3] 高伟,王振友. 工作流管理系统的发展及其与 CSCW 的关系[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2002(6): 39-43.
- [4] Marinescu D C. A Grid Workflow Management Architecture [EB/OL]. <http://www.cs.ucf.edu/dcm>, 2004.
- [5] Cybok D. A Grid Workflow Infrastructure [EB/OL]. <http://www.extreme.indiana.edu/groc/ggf10-ww/grid-workflow-infrastructure-dieter-cybok/GWI.pdf>, 2004.
- [6] Cao Junwei, Jarvis S A, Sain S. GridFlow: Workflow Management for Grid Computing [EB/OL]. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8544/27003/01199369.pdf>, 2004.
- [7] Krishnan I S, Wagstrom I P, von Laszewski G. GSFL: A Workflow Framework for Grid Services [EB/OL]. <http://www.caip.rutgers.edu/>, 2004.