

基于移动 Agent 的网格资源发现与监控技术的研究

方 娟,张书杰,邸瑞华,黄 河

(北京工业大学计算机学院,北京 100022)

摘 要: 网格资源监控对于网格这一分布式环境非常重要,通过监控可以获得网格环境中的各种大量异构资源和各个节点的状态,分析监控得到的数据可以在具体应用中为系统调整提供可靠的依据. GridFerret 系统是一种基于移动 Agent 技术的网格监控系统,将移动 Agent 技术与网格技术结合起来,充分发挥二者的优势,有效地减少网格资源发现和监控过程中的通讯代价. 介绍了网格技术和移动 Agent 技术,详细讨论了 GridFerret 系统的体系结构的设计和实现.

关键词: 网格; 监控; GridFerret; LDAP; 分布式计算

中图分类号: TP316. 4

文献标识码: A

文章编号: 0372-2112 (2005) 02-0341-04

Research of Grid Resource Discovery and Monitoring Technology Based on Mobile Agent

FANG Juan, ZHANG Shu-jie, DI Rui-hua, HUANG He

(College Of Computer Science, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Grid resource monitoring is very important to the grid distributed computing environment. A great deal of heterogeneous resource and the status of each node in the grid environment can be achieved by monitoring the system. Analyzing the data gathered by monitoring will help improve the system performance in concrete application. GridFerret Model is a grid resource discovery and monitoring model based on mobile agent, it combines mobile agent technology with grid technology, exerting the advantages of the two technologies to reduce the network traffic during the grid resource discovery and monitoring process. Grid technology and mobile agent technology are introduced in this paper. Then, the design and implementation of Gridferret's architecture is discussed in detail.

Key words: grid, monitoring; GridFerret; LDAP; distributed computing

1 引言

网格是借鉴电力网 (Electric Power Grid) 的概念提出来的, 网格的最终目的是希望用户在使用网格计算能力时, 就如同现在使用电力一样方便. 网格的概念应包含三个特点: 协同使用资源, 使用标准的、开放的通用的协议, 致力于非平凡质量的服务^[1]. 网格环境中的资源是分布的、动态的, 并要对其充分共享, 网格上的任何资源都可以提供给网格上的任何使用者. 在这一分布式环境下, 需要解决资源与任务的分配和调度问题、安全问题、网络带宽问题、资源发现和资源监控等问题.

网格资源监控系统应负责监控网格内的跨组织或管理域的各种大量异构资源以及对这些资源的软硬件使用情况. 通过监控得到网格中各个节点当前的状态, 如主机名和 IP 地址、操作系统、CPU 利用率、物理存储器和虚拟存储器的使用情况、网络数据传输带宽、数据库服务器等相关信息.

本文主要介绍了网格资源监控的内容、解决方法, 并提出一种新的网格资源监控模型 GridFerret —— 基于移动 Agent 技

术的网格资源监控的思想, 将移动 Agent 技术与网格技术结合起来, 充分发挥二者的优势, 有效地减少网格资源发现和监控过程中的通讯代价.

2 体系结构

2.1 Globus Toolkit 2.4 的 MDS 体系结构

Globus Toolkit 2.4 包含一套信息服务组件 MDS (Monitoring and Discovery Service): 监控和发现服务. MDS 提供了有关计算网格和各个组成部分 (如网络、计算节点、存储系统、仪器等) 状态的动态和静态信息.

MDS 有一个分级结构, 由三个主要组件组成. GIS (Grid Index Information Service) 网格目录信息服务提供低级数据的聚集目录. GRIS (Grid Resource Index Service) 网格资源信息服务在一个资源之上运行, 提供资源的相关信息. 信息提供者 IP (Information Provider) 通过数据集合服务接口 API 和 GRIS 会话. 资源可以通过 GRIS 或直接把信息注册到 GIS 中, 或者 GIS 得到一个用户请求, 且自身的缓存信息已经过期, 就通过 GRIS

获得相关更新信息. 分级也使更新数据的传输最小化, 减少网络负载. GRIS 对信息查询请求进行安全鉴别后, 可根据请求信息的类型把查询请求分发到一个或多个 IP. 通过 MDS 信息提供者的中心集提供的数据包含当前装载状态、CPU 配置、操作系统类型和版本、基本文件系统信息、包含空磁盘空间、RAM 和虚拟内存、NIC 和网络互联.

2.2 Aglet 系统框架

网络监控系统的设计需要充分考虑网格计算环境的特点, 能够完成虚拟组织的建立以及虚拟组织成员动态的注册和注销, 对网格资源信息的发现、注册、查询、修改等任务, 提供对网格计算环境的真实动态的反映.

基于上述目的, 在设计模型时引入了移动 Agent 进行工作, 充分发挥移动 Agent 的特点, 有效地减少网格资源发现和监控过程中的通讯代价. 移动式代理 (Mobile Agent) 技术是一种新型分布式计算技术, 它与传统的 Client/Server 技术不同, 不是将数据移到计算上, 而是将计算移到数据上, 它更适用于网络的智能化管理. 移动式 Agent 作为一个可移动的程序可以在网格范围内的主机间移动, 可以自主和灵活地发现所需要的资源.

由于 Java 技术的迅速发展, 其跨平台特性极大地方便用户的开发和使用, 本模型中采用了基于 Java 语言的 Aglet 平台进行开发, 它提供了一个简单而全面的移动 agent 编程模型, 为 agent 间提供了动态和有效的通信机制. Aglet 系统提供一个上下文环境 (context) 来管理 Aglet 的基本行为, 用消息传递的方式来传递消息对象, 完成 Aglet 与 Aglet 之间的通信. Aglet 在安全上也做了相应的考虑, 即透过一个代理 (proxy) 提供相应的接口与外界沟通, Aglet 与远端的 Aglet 沟通时, 只在本地主机的上下文环境中产生对应远端 Aglet 的代理, 并与此代理沟通即可, 不必直接处理网络连接与通信的问题.

2.3 GridFerret 的目录信息树设计

GridFerret 网格资源发现和监控系统采用网络目录服务技术建立网格资源信息库和资源信息服务. 目录服务是指一个存储着关于对象各种属性的特殊数据库, 这些属性可以供访问和管理对象时使用. LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) 轻权目录访问协议^[3]是目录访问协议的一种. LDAP 协议继承了 X.500 的 90% 左右的功能, 同时兼容所有使用 X.500 协议建立的服务端数据库, 避免了重复开发的浪费, 在运行开销上却只是 X.500 的 10%. 本系统采用了 OpenLDAP 实现, 每台服务器上按照 ifc 规范定制 schema, 将具有类似属性范围的信息归为一类, 对于一类实体的说明采用了基于面向对象的机制, 客户端可以通过 LDAPBrowser 查看到网格节点的资源状态等敏感信息.

GridFerret 系统用对象技术和层次方式表示系统的各种资源, 为用户提供一个网络资源的统一逻辑视图. 在本模型中, 网格被划分成地理位置集中的若干虚拟组织 VO, 每个 VO 具有 GridFerret 系统和 LDAP 服务器. 其中, 全局 LDAP Server 负责收集 VO 中所有节点的主机名和 IP 地址, 并不存储具体的资源使用情况的信息. 各节点的局部 LDAP Server 中存放本机的文件系统、存储器、网络、处理器、作业、操作系统等的具体

信息.

OpenLDAP 中包含一些 Distributed Schema Files, 如 core.schema, cosine.schema, inetorgperson.schema 等, 用户可以在 slapd.conf 文件中包含这些文件即可使用 schema 文件中定义的属性. Schema 文件也可以扩展来支持附加的语法、匹配规则、属性类型和对象类. 本系统中按照 ifc 规范定制了 root.schema, 其中包括了 GridFerret 系统中使用的属性和信息, 例如, 对 GF-Vo-Name 的定义如下:

```
attributetype (1.3.18.0.2.4.708
NAME GF-Vo-Name
DESC Ferret Virtual Organization
EQUALITY caseIgnoreMatch
ORDERING caseIgnoreOrderingMatch
SUBSTR caseIgnoreSubstringsMatch
SYNTAX 1.3.6.1.4.1.1466.115.121.1.15)
objectclass (
1.3.18.0.2.6.156
NAME GFVo
SUP organization
MUST GF-Vo-Name
MAY sn)
```

其他属性与上述定义雷同.

基于以上定义和设计, 使用 LDAPBrowser 查看到的 Global LDAP Server 的目录信息树结构如下:

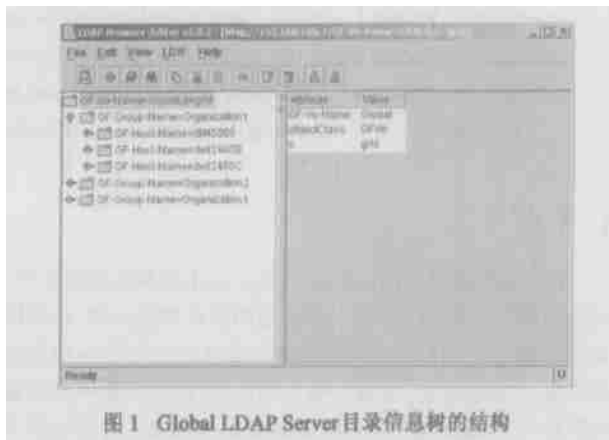


图1 Global LDAP Server 目录信息树的结构

本地目录记录了本节点的资源状态信息, 包括: 操作平台的类型和系统指令集、操作系统和版本号、CPU 信息 (CPU 类型、CPU 数目、CPU 版本、CPU 速度、CPU 的 Cache)、内存 (物理内存和虚拟内存的实际空间和可用空间)、网络信息 (主机名和网络地址) 以及文件系统信息 (文件系统大小和可用空间) 等. Local LDAP Server 的结构如图 2 所示.

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, 以下简称 ACL) 的文件, 控制各类访问请求具有的权限. ACL 文件中的控制方式具有极大的弹性: 即可以在大范围上控制某一类资源可以被某类甚至某个用户访问, 还可以具体到资源类中的任何一个属性. 其授权的种类有读、搜索、比较、写这几种, 可以单独也可以组合使用.

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。

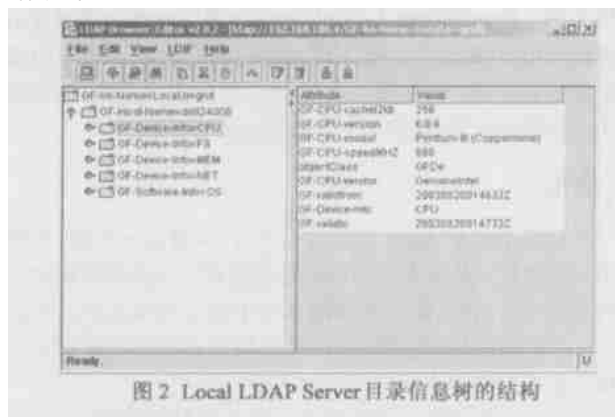


图 2 Local LDAP Server 目录信息树的结构

2.4 GridFerret 总体结构

在 GridFerret 监控系统中使用了 IBM 的 Aglet 软件包作为移动 Agent 的运行环境,运行中创建多个静态或移动的 Agent 实例。

下面列出 GridFerret 系统中的主要 Agent 及其作用:

RegisterAgent:完成虚拟组织成员的注册、注销和节点信息的修改,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,就本地的 LDAP 目录中增加或删除相应的入口。

SensorAgent:实现对网格资源信息的查询,通过消息传递处理其它 Agent 对网格资源信息的查询的消息。它本身不执行采集信息的命令,而是通过调用基本类中相应的方法,并将结果发回。Sensor Agent 作为静态 Agent 驻留在 Agent 运行环境中,等待 Update Agent 的调用。Sensor Agent 包括多个 Agent,分别获得不同的资源状态信息。用户也可以创建自己的 Sensor Agent,获得特定的网格资源信息。

LDAPAgent:实现对 LDAP 目录服务器的增、删、改、查的操作。LDAP Agent 作为基本的服务可以被 Update Agent, Register

Agent 等调用,作为静态 Agent 驻留在 Agent 运行环境中。

UpdateAgent:实现对网格资源信息的定时轮询,并且将数据更新到本地的 LDAP 目录服务器中。通过定时触发器,向 Sensor Agent 发出对网格资源信息的查询的消息并得到结果,然后调用本地的 LDAP 类对本地目录服务器中的信息内容进行更新。

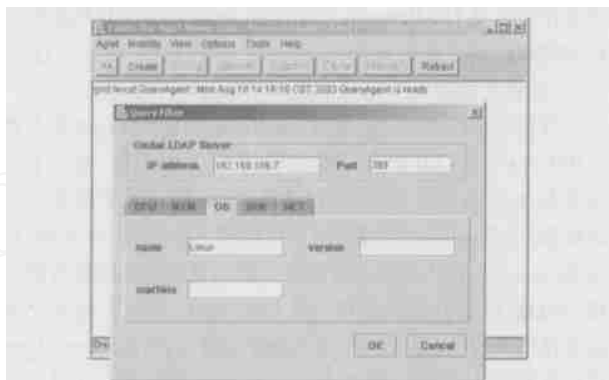


图 4 创建 QueryAgent 查询的界面



图 5 符合查询条件的主机详细信息

QueryAgent:根据用户的查询条件,在网格计算环境中搜索符合要求的资源信息。首先要通过全局目录服务器找到拥有此资源的主机地址和端口号等,然后生成移动 Agent 到相应的网格资源上获得相应数据。

通过这些 Agent 定期轮询本地资源的状态信息,实现本地资源信息的增加、删除、修改和查询等操作,完成对远程资源信息的查询和虚拟组织成员动态的注册和注销。

QueryAgent 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。

根据用户的查询条件,在网格计算环境中搜索符合要求的资源信息,首先在全局的 LDAP 目录服务器上对资源的静态信息进行过滤,比如:请求者需要查询操作系统为 Linux 的主机,然后根据过滤结果,针对符合要求的网格资源的位置信息进行并行查询,复制自己 (Clone) 并移动到相应的节点,然后将查询结果返回进行汇总,还可得到符合条件的主机的所有详细信息。

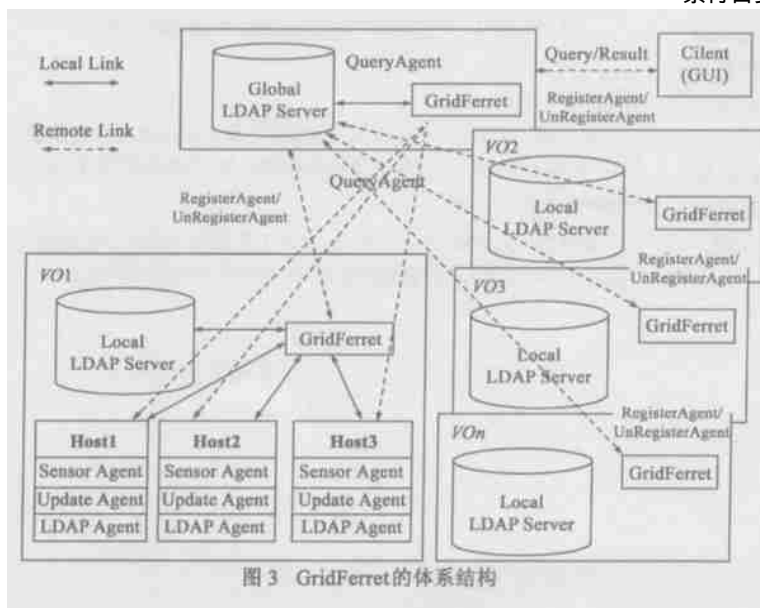


图 3 GridFerret 的体系结构

在查询界面中输入查询条件,包括 CPU、Memory、OS、FileSystem、Network 的相关信息,可以得到符合条件主机名和 IP 地址,并可获得该主机的详细信息。

3 系统实现

目前本系统已在局域网环境实现,使用一台 Dell2400 服务器作为全局 LDAP Server,三个节点分别为两台 Dell2400,一台 IBM5000。为了保证安全性,用一台 IBM4400 作为全局 LDAP Server 的备份服务器来保证系统故障时继续工作。

客户端采用 Windows 平台,GridFerret 系统和 LDAP 服务器采用 Linux 平台,LDAP 目录服务器采用 OpenLDAP。每个节点均具备 Aglet 运行环境,可进行注册、注销和定时更新系统状态信息。在 Windows 客户端,用户可以进入 Aglet 运行环境,创建 QueryAgent,输入查询条件即可得到满足条件的网格资源的相关信息。根据得到的结果生成移动 Agent 并派发到各个满足条件的节点上,返回相应节点的详细资料。每次 Query Agent 执行查询任务并返回后,更新相应主机的资源信息并且设定有效时间。在有效期内,Query Agent 可以直接读取资源信息。否则,需要派发移动 Agent 到相应的主机上重新获取资源信息,而且,本地目录还通过缓存机制,记录了每次查询返回的结果信息。

4 总体评价

网格环境最显著的特点是资源分布广,系统异构,管理困难,为网格系统的整体监控带来很多问题。GridFerret 模型中尽量将网格资源状态信息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,如果采用集中的信息存储,需要随时轮询更新,这样大大增加了网络负载和数据传输。而且如果将网格资源信息存储在固定的服务器上,一旦出现故障,或结构发生变化,网格资源的调度和分配将处于完全的瘫痪状态。

GridFerret 系统充分利用移动 Agent 的特点,它可以在异构网络和分布式计算环境中自主、自动地迁移,携带信息或寻找适当的信息资源,进行现场信息处理,代理用户完成信息传递、数据发现、信息变换等任务,因此在网格环境下能充分发挥其特性。

由于传送大量原始信息不但费时而且容易阻塞网络,而在上述模型中是将 Agent 移动到被监控节点,进行局部搜索和选择后,将需要的信息通过网络传送回来,这样就大大减少了远程计算机网络的连接费用和通讯代价。

GridFerret 系统使用 LDAP 目录服务器存储网格资源信息,为访问动态、分布和多样性的网格计算环境中的资源信息提供了统一的访问机制。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。另外,GridFerret 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。

5 结束语

我们基于移动 Agent 设计并开发了 GridFerret 系统,目的是为网格这样一样复杂的分布式环境提供一个资源发现和监控的良好平台,在目前的局域网环境中能得到很好的监控效果。下一步工作是利用国际上成功的网格虚拟环境模拟工具模拟大量的网格结点做进一步的实验。

GridFerret 系统在广域网范围内具有良好的发展空间,充分扩展其性能将拥有较高的商用前景,相关研究将有待进行。

参考文献:

- [1] Ian Foster. What is the Grid? A Three Point Checklist [DB/OL]. <http://www.grid-today.com/02/0722/100136.html>, 2002.
- [2] I Foster, C Kesselman, S Tuecke. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations[J]. International J Supercomputer Applications, 2001, 15(3).
- [3] Timothy A Howes, Mark C Smith. LDAP: Programming Directory-Enabled Application with Lightweight Directory Access Protocol [M]. Macmillan Technical Publishing, 1997.
- [4] Junwei Cao, Darren J Kerbyson, Graham R Nudd. Performance evaluation of an agent-based resource management infrastructure for grid computing[A]. Proceeding of 1st IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid(CCGid 2001) [C]. 2001. 311 - 318.
- [5] 张云勇. 移动 agent 及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [6] 查礼, 徐志伟, 等. 基于 LDAP 的网络监控系统[J]. 计算机研究与发展, 2002, 9(8): 930 - 936.
- [7] 肖依, 任浩, 徐志伟, 等. 基于资源目录技术的网格系统软件设计与实现[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(8): 902 - 906.

作者简介:

方 娟 女, 1973 年生于辽宁, 北京工业大学计算机学院副教授, 在职博士研究生, 主要研究方向为网格计算, 计算机网络。E-mail: fanguan@bjpu.edu.cn.

张书杰 男, 1945 年生于河北, 北京工业大学计算机学院教授, 博士生导师, 主要从事计算机网络安全和网格计算方面的研究。