

● 焦玉英 孙吉红 刘伟成

# 基于 Globus Toolkit 的企业信息网格设计<sup>\*</sup>

**摘要** 能在多种平台上运行的网格计算工具包软件 Globus Toolkit 工具包是一个面向公众的、支持网格和网格应用的开放源码服务和软件库集合。基于它,设计了一个企业内部网格。它的基本结构包括用户、资源、内部网格组件等。它的信息服务采用基于轻量目录访问协议的 Globus 监视与发现服务。它的管理服务由支持用户和资源注册的注册服务和支持组件自动更新的更新服务组成。它实施在客户机上不需要代码维护和信任证书分配的机制。图 4。参考文献 6。

**关键词** Globus Toolkit 企业网格 网格设计 信息服务

**分类号** TP393

**ABSTRACT** Globus Toolkit is a grid computation tool kit oriented to the public and supporting grids and grid applications. The software set can also provide open source services. On its basis, we can design an enterprise intragrid, which is composed of users, resources and intragrid components. Its information services use Globus monitoring and discovering services based on the LDAP protocol. Its management services consist of registration services and updating services. 4 figs. 6 refs.

**KEY WORDS** Globus Toolkit. Enterprise grid. Grid design. Information services.

**CLASS NUMBER** TP393

网格计算<sup>[1]</sup>可以定义为一种灵活、安全、协调的资源共享,对这些资源的共享必须进行严格控制,资源提供者和消费者应该仔细地确定共享哪些资源、哪些用户允许共享这些资源、在什么条件下可以共享资源。因此,网格计算提出唯一的验证、授权、资源访问、资源发现以及信息资源管理。支持计算网格的关键中间件是 Globus Toolkit。它提供了安全、通信、管理分布式应用、远程数据传递和信息等服务。

## 1 网格实现的环境——Globus Toolkit

Globus 是美国 Argonne 国家实验室和南加州大学信息科学学院 (ISI) 合作开发的项目,它包括能在多种平台上运行的网格计算工具包软件 Globus Toolkit<sup>[2]</sup>。Globus 工具包是一个面向公众的、支持网格和网格应用的开放源码服务和软件库集合,它解决了网格安全、信息发现、资源管理、数据管理、通信、错误检查和可移植性等问题。Globus 可以认为是计算网格技术的典型代表和事实上的规范,已在 NASA 网格、欧洲数据网格、美国国家技术网格等 8 个项目中得到应用。2003 年 Globus 推出了基于开放网格服务体系结构 OGSA (Open Grid Service Architecture) 和支持网格服务的 Globus Toolkit 3.0 工具包<sup>[3]</sup>。Globus Toolkit 3.0 (GT3) 是 OGSI (Open Grid Service Infrastructure) 标准的第一个参考实现,它包含一组服务和软件库,支持基于 OGSA 的网格服务开发。

MDS (Monitoring and Directory Service, 监视与发现服务) 是 Globus 工具包中的关键组成部分,也是企业信息网格设计的主要工具。在 Globus 工具包中,与 MDS 相关的主要有

GRIS 和 GIIS 服务。MDS 中的 GRIS 位于沙漏模型的最核心部分——资源层。在 5 层沙漏模型中,资源层的主要作用就是实现对单个资源的共享。在企业内部网格设计中应用到的一些工具和组件有:

(1) MDS。Globus 项目中的信息服务 MDS 主要完成对网格计算环境信息的发现、注册、查询、修改等工作,处理的信息主要是网格计算环境中的各种资源和服务等。MDS 是 Globus 项目中相当重要的一部分,它支持对虚拟组织的创建,使得虚拟组织中的用户可以相互合作并共享资源。通过使用 LDAP 服务器,MDS 提供了一个统一界面来表示分散的资源。MDS 主要由 GRIS 和 GIIS 服务两大部分组成。GRIS 主要提供对单个资源的发现和查询功能。GIIS 位于沙漏模型的汇聚层,汇聚层的主要功能是协调多种资源的共享。

(2) 轻量目录访问协议 (Light Directory Access Protocol, LDAP),这是一个独立于厂家和平台的开放网络协议标准。LDAP 是在 X.500 目录访问协议标准简化的基础上形成的,它同时定义了数据信息组织的方式,是基于 TCP/IP 协议的事实上的目录服务标准,是 GRIS 和 GIIS 服务的基础。

(3) 信息提供者 (Information Provider),它是运行在一台机器上的一段程序。这段程序能够聚集和生成数据,并向 MDS 的 GRIS 发布。MDS 中的核心信息提供者提供有关网格资源的信息,包括操作平台、操作系统主机名字、系统负载、文件系统等。核心信息提供者目前可在 Linux, Solaris, Irix, AIX 和 Tru64 等平台上运行。使用者也可以自定义自己的信息提供者,向 MDS 发布数据。自定义信息提供者可以

\* 本文系国家自然科学基金资助项目(项目批准号 70473067)研究成果之一。

提供主机的状态、网络状态、存储和I/O细节等信息。

(4) GRIS(Grid Resource Information Service, 网格资源信息服务), 基于信息类型和它的缓存情况对信息提供者进行调用, 并对信息提供者的信息进行过滤, 再把结果返回给信息查询者。GRIS基于LDAP协议, 并提供资源的相关信息。GIIS(Grid Index Information Service, 网格目录信息服务)提供一个服务缓存, 资源可通过GRIS或直接把其信息注册到GIIS中, 或者GIIS得到一个用户请求, 且自身的缓存信息已过期, 就通过GRIS获得相关更新信息。

## 2 企业网格的结构

企业网格的基本结构包括用户、资源、内部网格组件等, 如图1所示<sup>[4]</sup>。

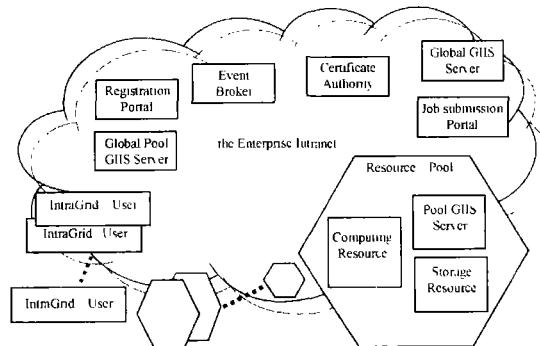


图1 企业网格基本结构

### 2.1 用户和资源

用户可以通过网格任务提交入口或通过Globus toolkit客户端软件进入企业内部网格。有两种预先定义好的客户: 管理员和访问客户。

内部网格资源可以是任何在注册的计算机或存储系统。资源池(Resource Pool)是物理位置明确定义的资源总称, 有两种类型的池: 公共池和私有池。私有池的所有者独享增加和删改资源的权利, 而公共池则允许所有人存取和删改上面的资源。

### 2.2 内部网格组件

内部网格组件如图1所示。它包括一系列的资源池, 每

个池包括一个网格索引信息服务器(GIIS Server)以及计算和存储资源。用户通过网格工作站进入内部网格。网格信息服务由GIIS服务器和池GIIS服务器来提供。管理服务由注册入口(Registration Portal)、事件代理(Event Broker)、身份认证(Certificate Authority, CA)等组件来完成。任务提交服务由任务提交入口来完成。

## 3 信息服务

如图2所描述的, 内部网格信息服务采用基于LDAP的Globus监视与发现服务。具体功能和实现如下:

(1) 每个资源驱动一个网格资源信息服务器(GRIS Server)。该服务器既支持如操作系统、处理器、存储装置、网络设备等静态资源信息, 也支持如CPU载入、文件系统、任务排队等动态资源信息。

(2) 一个池中的所有资源都要向这个池的网格索引信息服务器注册, 这集合了有关这个池中所有资源的详细信息。

(3) 所有池的GIIS服务器都要向全球GIIS服务器及全局池GIIS服务器注册, 这些信息能为内部网格用户或内部网格资源代理(或简称代理)根据静态或动态准则来选择资源。如前面所提到的全球GIIS服务器集合了有关每个资源的详细信息, 而全局池GIIS服务器则收集了每个池的一般信息。

各个GRIS服务器通过本地信息提供者收集主机资源信息并存储到本地LDAP目录中, GRIS服务器定期接触其池GIIS服务器以确信它是活动的。按照用户的请求, 池GIIS服务器从已经在它那里注册的GRIS服务器中取出信息, 并在系统配置期间将信息存入存储器。除了这个时间即活动时间, 就认为这些存储的信息失效, 信息提供者对这一信息再次发送请求可以触发激活信息。各个GIIS服务器也定期接触全球GIIS服务器和全局池GIIS服务器以告诉它们它是活动的。按照用户的请求, 全球GIIS服务器从已经在它那里注册的池GIIS服务器中取出信息, 并在较长的活动时间内存储这些信息。同样, 按照用户请求, 全球池GIIS服务器从在各个GIIS服务器运行的本地信息提供者取出各个池的集合信息。

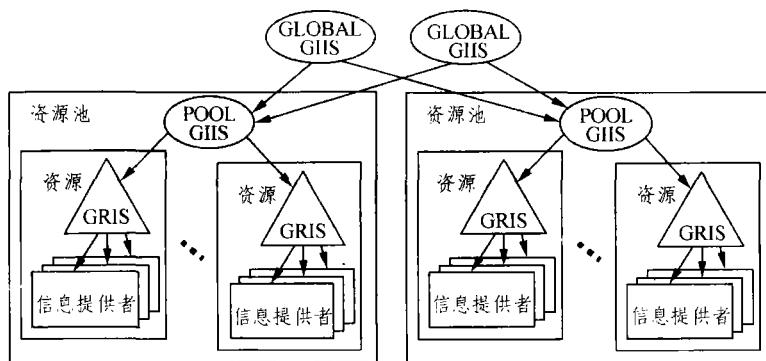


图2 内部网格信息服务体系结构

信息服务所收集信息的最初消费者是内部网格资源代理。代理的作用就是识别和发现满足用户个性化需求的资源。内部网格资源代理使用由全球池 GIIS 收集的信息来先选择某些包含同用户个性化需求准则相匹配的资源池。全球池 GIIS 收集的信息包括每个资源池的资源数量。经过预先选择,资源代理与特定池 GIIS 服务器交互,以得到这个池中每个资源更详细的信息,并对比选择原则确定资源的相关度得分。当全球 GIIS 服务器受到可测量性局限时,这个两步过程才得以启动。当在内部网格注册的资源数量增加时,基于全球 GIIS 服务器的信息检索将引起更长的延迟。因为在两步方案中全球池 GIIS 服务器仅支持每个池的信息摘要,这样它与池和资源的数量更相匹配。

## 4 管理服务

设计内部网格管理服务的主要目的是便利用户和内部网格的相互作用。管理服务由支持用户和资源注册的注册服务和支持组件自动更新的更新服务组成。

系统把用户分为 3 类:资源提供者—管理者、资源消费者和内部网格管理员。管理服务提供了以下机制:任何本企业职员可以注册一台机器作为内部网格资源;任何本企业职员可以成为内部网格注册用户;当新用户注册成功或新代码发布成功时,可以自动更新和配置内部网格资源。

### 4.1 注册服务

对一个企业网格进行正确监督管理,必须能管理和控制网格中的可用资源并跟踪它们的用途,内部网格注册服务提供有关所有内部网格方案、注册用户、资源池和资源的信息。允许用户创建工程(Project)和资源池,并向产生的工程添加成员,向资源池添加资源。电子邮件 Web 服务接口支持邮件传送,以便与内部网格用户和管理员通信,通知一个状态改变(如同意一个用户注册、一个工程产生、将一个用户加入工程、将一个资源放入资源池)的执行和确认。虽然任何用户都可以作为客户访问内部网格资源,但要访问内部

网格更多的资源,用户必须注册为一个工程的成员。任何一个用户都能成为一个工程的负责人。每个成员成功注册后,该工程负责人就能收到一个注册成功的通知单(标签),并且可以复制并传送到该工程成员的内部网地址。这个标签用于请求一个 x509 证以鉴别该方案成员的身份。工程成员有责任确保能在他们的桌面上配置适当平台的内部网格软件包,并负责将这些机器配置成内部网格客户机。各个资源注册后,资源持有者也将收到一个标签。这个标签请求一个 x509 证以鉴别 GRAM(Grid Resource Allocation Manager, 网格资源分配器)和 MDS 服务资源。注册后,资源所有者负责配置基于 Globus 和内部网格软件包的适当平台,并且负责将这些资源配置成采用相应标签的内部网格资源。

内部网格注册服务作为一个 Web 应用而得以执行,它是基于典型可视控制器(Model-View-Controller, MVC)设计模式的。该控制器管理和控制用户和其应用之间的所有互操作,它由多个对各个用户操作执行特定方法的控制器小程序(servlers)组成。控制器将输入参数传递给由 EJB(Enterprise JavaBeans)线程组成的模型,并从内部数据库进行数据的存取。当被控制器调用时,可视部件向用户做出响应,通常用 Java Server Pages(JSPs)实现。JSPs 用来产生动态 HTML 码并将它作为一个 HTTP 响应传送至用户浏览器。

### 4.2 更新服务

在一个网格中可能存在成千上万的可用资源,对其代码进行更新并维护结构的稳定是极具挑战性的。在内部网格环境中,因为用户给出各种各样的资源并且任何更新或结构改变总是需要许多个人的手动干涉,所以更新代码并维护稳定的结构尤其烦琐。这就需要一个系统来自动完成大部分的任务,最起码仅仅需要内部网格管理员参与而不必所有的资源拥有者(持有者)参与。内部网格安全更新功能的设置是为了在最少的人为干涉下安全有效地更新内部网格代码和内部网格资源的配置数据。

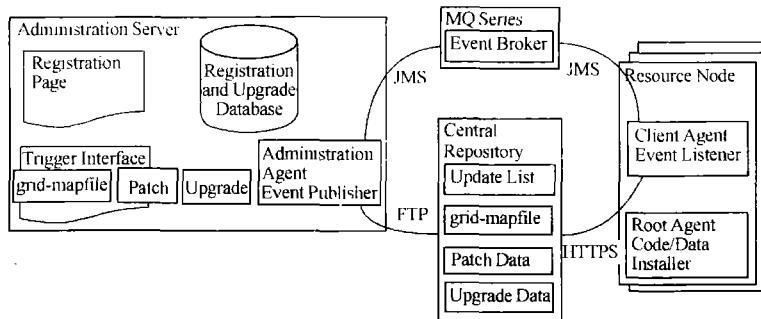


图 3 更新服务组件

### 4.3 服务设计

内部网格有几种更新类型。对于系统正确的操作,将 Globus 网格映象文件(grid-mapfile)传送至所有节点是不可

缺少的。当新用户添加到工程或从工程中移出时,网格映象

文件必须在所有机器上更新,当新版本发布时,Globus 代码和内部网格代码也要求更新。

代码更新操作包括内部网格管理员的参与。首先,将更新文件放到一个安全的文件服务器中(中央仓库),并产生“MD5 CRC 检验和”(MD5 CRC checksums)<sup>[5]</sup>。然后通过一个简单的 Web 接口,内部网格管理员触发更新程序。除非更新时出现问题或者要求重启,除此之外节点的更新是透明的。

虽然网格映象文件更新也可以由内部网格管理员手动触发,但通常是由注册服务执行用户改变引起。无论何时有用户添加到工程或从工程移出,都会发生更新。更新的各个方面必须是安全的。手动更新时需要用户名和口令。文件在中央仓库和节点之间传递时必须加密。

## 5 任务提交服务

通常,访问网格资源要求在客户机上安装软件和信任证书。网格工程的目标之一就是便利临时用户访问网格资源,因此有必要实施在客户机上不需要代码维护和信任证书分配的机制。

内部网格任务提交服务就提供了这样的服务机制。有了这个机制,服务就通过任务提交入口提供给工程成员。允许工程成员通过一个基于浏览器的接口,以安全的方式执行与一个或多个内部网格目标资源有关的工作。控制和管理用户的信任证书,这样减轻了用户的负担。另外,提供了一个基于用户个性化需求进行信息定位的资源选择代理。

### 5.1 任务提交入口

任务执行过程包含以下步骤:产生证明书;定义任务特性;选择资源;获得执行结果。

用户与任务提交入口的所有相互作用只在用户被验证后才能出现。出于这个目的,任务提交入口同企业内网的通用鉴定机制集成在一起。这样,本企业员工就可以用他们的内网用户名和口令进入任务提交入口。

进入任务提交入口的用户要么是一个或多个工程的注册成员,要么是一个第一时间用户。前一种情况下,用户作为其成员的工程必须被指定(这可以从显示用户所属工程列表的 JSP 页中看到)。后一种情况下,自动为内部网格 guest 用户分配网格信任证书。

为了任务提交,用户必须获得选定工程的用户证书,用户证书确定该用户为该项工程的成员。除了用户证书,用户还必须产生一个由入口应用程序使用的代理证书以向该任务目标资源的入口服务器证明自己身份。用户证书和代理证书都被入口服务器存储在内部的 DB2 数据库中。

通过一个弹出窗口来管理代理证书,通过弹出窗口,允许用户用同一口令生成用户证书和代理证书,也可以更换代理证书。需要注意的是,一个既定工程的用户证书只能生成一次,而只要生产一个新用户证书或者代理证书的有效期已

满,就必须重新生成代理证书。任务提交入口应用程序采用 Globus Java CoG(Commodity Grid) Kit 提供的 Java APIs 来生成内部网格 CA(Certificate Authority)标记的证书<sup>[6]</sup>。入口生成的用户证书不同于从内部网格代理机器产生的用户证书。

一旦选定一个工程并且生成了代理证书,一组任务就可以提交给内部网格目标资源。入口应用程序通过 Globus Java CoG Kit 的网格资源分配器应用程序接口(GRAM APIs)来提交任务。Globus 资源描述语言(Resource Specification Language, RSL)向 GRAM 描述每个任务的特征。对一些用户来说 RSL 语法可能比较烦琐,因此,入口应用程序或者给出一个 Web 页以直接输入一个 RSL 字符串,这种方法可能用于有经验的用户,或者给出一个窗口允许初学用户输入一个可执行文件的文件名和所有要求的参数,指定的参数包括应用程序要求的参数(变元)列表、工作路径、运行可执行文件前在目标资源中分配的环境变量名及其值、执行模式(交互式或批处理)。在后一种情况,在任务提交之前,入口应用程序将输入的信息转换成一个 RSL 字符串。

一个可执行文件和一个输入文件可能被所提交的每个任务分段运输。分段运输就是指文件首先从用户代理桌面上载到一个作为入口应用程序的 WebSphere 应用服务器上的指定路径,然后在开始执行任务前将文件发送到目标资源。

在交互执行模式下,任务被提交到入口应用程序等待结果。这种模式仅仅用于短小任务。在批处理模式下,入口应用程序提交任务后就返回。对于成批提交的任务,Globus Java CoG Kit 提供了一个接收器,入口应用程序通过接收器获得任务结束的通知。

入口应用程序提供了两种方法来选择被提交任务的目标资源:注册资源选择法和代理选择法。第一种方法,入口应用程序将所有内部网格注册资源的列表提供给用户。代理选择法,用户向入口应用程序提交自己的资源(信息)选择准则,然后由网格资源代理确定与用户的个性化需求最匹配的资源列表。无论哪一种方法,最后都是由用户从资源列表中选择自己需要的资源。

选择资源后(或手动或通过代理器),用户将提交的各个任务转换成一个或多个目标资源。一旦任务到目标的资源转换完成,入口应用程序采用 Globus Java CoG Kit GRAM API 来提供任务。入口应用程序提供了一个用来显示用户最近提交任务的历史列表。从历史列表中,用户能显示每个给定任务提交的详细情况,这些详细情况存储在提交入口的内部数据库中。如果是批量提交模式,就从提交详细资料网页中提供一条连接指令以查询任务输出。任务输出在 Globus Java CoG Kit GASS(Global Access to Secondary Storage) API 的一个单独弹出窗口中显示。

和内部网格注册服务一样,在 WebSphere 应用服务器

中,内部网格任务提交入口应用程序被作为主机使用,并遵照 MVC 设计模式来执行。

## 5.2 网格资源代理

入口应用程序提供的资源代理法中,用户通过入口应用程序详细说明选择标准,然后内部网格资源代理确定与给定标准最匹配的资源。用户通过入口应用程序生成的 JSP 网页与代理进行交互,控制器小程序使用代理器的 Java API 与代理器进行交互。

代理器的任务是按照用户的个性化标准找到资源,这与 Globus MDS 公布的资源属性以及资源的地理位置有关。代理器评价基于这些标准的可利用资源,然后返回用户一个按评价成绩分类的资源列表,用户标准可以用有关资源属性的约束逻辑表达式来表示,通常支持的约束包括等于、小于和大于等。通常可用的资源属性有静态资源属性,如 CPU 类型和时钟频率、存储器容量、文件系统大小、操作系统、网

络接口,和动态资源属性,如 CPU 负载、空闲存储器、文件系统使用等。

内部网格有一个两层体系结构的 GIIS 服务器,资源在地域资源池中分组,各个资源在其资源池 GIIS 服务器上注册,各个资源池 GIIS 服务器又在全球资源池 GIIS 服务器上注册。通过与各个资源池 GIIS 服务器单独联系,代理器能分割搜索空间,从而避免对全球 GIIS 服务器的信息进行不必要的刷新。

图 4 说明了选择资源的基本过程步骤。

(1)代理器接收用户请求,其中包括一系列标准(如 CPU 运行速度要大于 1GHz)并指定了最小值。用户标准用于代理器搜索函数的输入,而给出的最小值用于删减搜索结果。

(2)代理器与全球资源池 GIIS 服务器联系,获得在活动池 GIIS 服务器上注册的所有资源池的信息。

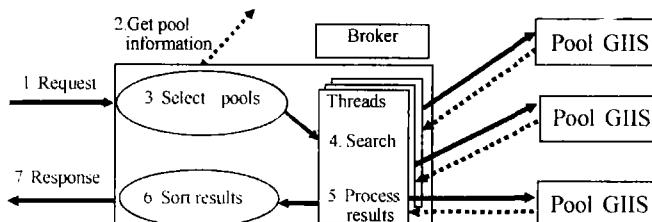


图 4 资源代理过程步骤

- (3)代理器整理资源池列表以加快搜索速度。
- (4)代理器分配搜索线程(每池一个线程),每一线程访问与所分配的资源池相应的资源池 GIIS 服务器,以得到相应资源池中的相关信息。
- (5)代理器处理各个线程返回的结果,并计算出各自的相关值。
- (6)代理器按各个线程的相关值对搜索结果排序。
- (7)将排序结果返回给入口应用程序,入口程序反过来按排序结果显示给用户。

本文构建了一个企业内部网格的基本结构,并采用了代理技术、Portal 技术等来改善用户界面。为企业网格的设计以及虚拟企业、企业知识管理等方面的应用提供了一个很好的框架和范例。

## 参考文献

- 1 I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. International Journal of Supercomputer Applications, 2001, 15(3)
- 2 I. Foster, C. Kesselman. Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit. Intl J. Supercomputer Applications, 1997, 11(2)
- 3 Globus Alliance. Globus Toolkit. <http://www.globus.org/toolkit>
- 4 D. S. Meliksetian. Design and implementation of an enterprise grid. IBM Systems Journal, 2004, 43(4)
- 5 R. Rivest. The MD5 Message-Digest Algorithm. RFC 1321, The Internet Engineering Task Force (April 1992). <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1321.html>
- 6 G. von Laszewski, I. Foster, J. Gawor, P. Lane. "A Java Commodity Grid Toolkit," Concurrency and Computation: Practice and Experience 13, Nos. 8-9, 643-662 (2001)

焦玉英 武汉大学信息管理学院教授,博士生导师。通信地址:武汉。邮编 430072。

孙吉红 副教授,武汉大学信息管理学院 2005 级博士研究生。通信地址同上。

刘伟成 湖北省科技信息研究院研究员,博士。通信地址:武汉。邮编 430071。 (来稿时间:2006-04-28)