

# 网格计算环境下资源管理的研究

黄智维,倪子伟

(厦门大学 计算机科学系,福建 厦门 361005)

**摘要:** 网格计算是下一代互联网的应用模式,资源管理是网格技术研究的核心任务之一,包含资源发现、任务调度和负载均衡。由于网格中的资源具有分布性、自治性、异构性和动态性,对网格资源进行高效的管理是一个具有挑战性的问题。通过对各种资源管理模型的对比,提出把移动 Agent 和计算经济机制引入网格资源管理,可以很好地进行资源的发布、资源发现和资源的调度。

**关键词:** 网格计算;资源管理;移动代理;计算经济

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)03-0200-04

## Resource Management Research Based on Grid Computing Environment

HUANG Zhi-wei, NI Zi-wei

(Department of Computer Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** The resource management is one of the core technologies of the grid middleware implementation. It includes the resource discovery, task scheduling as well as load balancing. In grid, resources are distributed, autonomous, heterogeneous and dynamical, so that resource management with efficiency is a challenging problem. The mobile agent and economic mechanisms with grid resource management are presented in this paper through the comparisons among various resource management models. They are good for the release of resources, resources discovery and resource scheduling.

**Key words:** grid computing; resource management; mobile agent; computational economy

### 0 引言

资源管理是网格计算的核心内容。它包括资源的组织、定位、发现、调度、分配、确认、进程创建以及准备所需资源的其他活动。资源管理提供了管理的功能和概念,系统管理员根据预先定义好的标准通过资源管理软件确保资源的合理分配和使用,以达到资源的有效共享和协同工作。

由于网格在逻辑上连接了属于不同所有者和组织的多重资源,因而资源管理系统(RMS, Resource Management System)的好坏直接影响网格的成败。开展网格资源管理关键技术的研究具有非常重要的现实意义。

经济方法是资源配置的有效方法之一,是解决多个自利个体间资源分配问题的简单、有效机制,并且可以得到该问题的最优解或近似最优解。移动 Agent 技

术和 Agent 技术的引入,能实现全局的目录服务和动态资源负载均衡;计算经济机制对网格资源的供需进行调节,刺激资源所有者加入网格,促使消费者最优使用资源。

### 1 网格资源管理系统介绍

#### 1) Globus 资源管理。

Globus 的网格资源管理是通过 Globus 工具包与局部系统上运行的所有调度器进行交互来实现的。Globus 的资源分配器(GRAM)支持在一组局部资源上创建和管理进程,资源请求由一种可扩展的资源描述语言(RSL)来表示并在组件之间传递。

Globus 中引入资源管理器来为各种各样的局部资源管理工具、政策和安全机制提供良好的接口,以解决站点自治和异构资源的问题。Globus 的政策可扩展性和在线控制是由支持不同组件进行协商的可扩展资源规范语言来实现的。同时资源经纪人来处理上层应用需求到单个资源管理者之间的映射。Globus 的资源联合分布是通过一个称为资源联合分配器的实体来实现

收稿日期:2008-06-26

作者简介:黄智维(1982-),男,福建厦门人,研究方向为网格计算;  
倪子伟,副教授,研究方向为人工智能和分布式计算。

的。它将复合请求分割成有机的部分,把每部分提交给相应的 GRAM 处理。

尽管 Globus 对网格计算应用提供了较好的支持,但是在资源管理上仍存在一些问題,如:资源管理在联合分配层次上缺乏对资源预约的支持;对多资源联合分配提供支持较弱;无法很好适应网格计算环境中资源供需的动态变化等。

### 2) Condor-G 资源管理。

Condor 是一个高吞吐量计算环境,用来管理集群系统。它被扩展到网格环境,演变成 Condor-G。在 Condor-G 中,用户代理管理由应用程序描述所组成的队列,向匹配器发送请求。资源代理实现资源所有者策略并向收集器(Collector)提供资源信息。匹配器接收用户代理请求并向收集器查询资源信息,完成资源请求与资源之间的匹配。由匹配的用户代理在相应的资源启动计算。

Condor-G 采用平面结构的机器组织,Class AD 的资源描述语言,分层关系的命名空间,不提供 QoS,集中式查询的资源发现机制,定期 Push 资源信息以及采用集中式的资源调度策略。

### 3) Nimrod/G 资源管理。

Nimrod/G 系统是计算经济模型的典型代表。Nimrod/G 采用了计算经济模型对网格资源进行管理,并且对任务进行调度。其使用基于经济学原理的资源管理方法和调度策略,还支持用户定义的最终期限以及确保进度最优化的预算。Nimrod/G 中使用网格银行,它是管理资源所有者和网格用户的账户以及电子付款的基础设施。

Nimrod/G 使用由 GRACE(Grid Architecture for Computational Economy)提供的资源交易服务来对资源的供需情况进行管理。在 GRACE 中,网格资源代理起了十分重要的作用。它需要完成访问控制、任务调度和配置交易管理用户界面等。GRACE 的目标是利用已有的 Globus、Legion 等网格底层基础设施,增加新的服务以实现基于经济学的网格资源管理体系结构。其主要工作包括:利用各种经济模型为资源交易开发中间服务;并基于这些服务和其他已有中间服务,开发高层的以用户为中心的网格资源代理。

Nimrod/G 系统的计算经济模型中的价格机制还需要不断完善。如:一旦初始调度价格决定后,调度器就不能再对价格进行更改(也就是说,对其他需要使用该资源的作业,调度器预定了资源将来的价格);另外,调度器使用当前价格来计算过去完成的作业的费用。于是,在价格不断随时间变化的系统中,使用目前的调度器对费用进行评估是毫无意义的,并且预算得不到

保证。

## 2 资源管理的模型

### 2.1 模型分类

目前网格资源管理系统模型按照体系结构主要分三类<sup>[1]</sup>:

(1)层次模型,大部分当代网格系统都采用该模型。例如 Globus、Legion、AppLes。

(2)抽象所有者模型,订购与传递模型,集中于长期目标。采用此模型的网格系统即将出现。现在流行的 P2P 计算系统很可能会基于这种模型。

(3)经济/市场模型,主要是资源发现、共享或调度遵循经济模型。采用此种模型的网格系统主要有 GRACE 和 Nimrod/G。

这三类模型体现了三种不同的技术思想,都不同程度地表达了上述的功能需求,其中具有计算经济特征的经济/市场模型有着很好的应用前景。实际的网格资源管理系统往往是这三类模型不同程度的混合。

### 2.2 对各种模型的评价

·分层模型是当前的大部分网格系统中所使用的资源管理模型,它有如下特点:

(1)有利于对具有站点自治性和底层异构性资源进行管理,具有较强的适用性;

(2)能定义可扩展的资源规范语言来解决在线控制问题并使政策具有可扩展性;

(3)能在一定程度上实现资源的联合分配。

·抽象所有者模型的特点:

(1)使用作为资源所有者的抽象代表的资源经纪人与用户进行交互和协商;

(2)资源共享过程中遵循类似于快餐店的订购与交货模式。

·经济/市场模型的特点:

(1)基于供求原则的投资回报机制也促进了计算服务质量的提高和资源的升级,经济是调节供求关系的最重要的机制;

(2)建立以用户为中心,而不是系统为中心的调度政策,提供了资源分配和管理的有效机制;

(3)综合了层次模型和抽象所有者模型的实质。

下面具体介绍经济/市场模型。

### 2.3 经济/市场模型

经济/市场模型<sup>[2]</sup>综合了层次模型和抽象所有者模型的核心特征,即可以利用层次模型中相对成熟的技术又明确强调了以经济为基础的资源管理和调度,具有典型的计算经济特征。图 1 显示了基于经济/市场模型的网格资源管理体系结构,该模型主要由以下

四个部分组成:

(1) 网格用户的各种应用:包括串行应用、参量应用、并行应用和协同应用等。

(2) 网格资源代理:它使用网格中间件服务在用户和网格资源之间架起沟通的桥梁,负责资源发现、资源选择、资源绑定、初始化计算、资源动态更新以及建立资源的单一系统映像等功能,主要由作业控制代理、调度器、网格浏览器、交易管理器和发布代理构成。

(3) 网格中间件:它为网格资源代理提供基本的网格服务支持,包括远程进程管理、协同分配资源、存储访问、信息服务、安全认证、QoS、资源预留、资源交易和作业执行等。

(4) 网格资源控制域:是指网格结点的内部和外部环境,是经济/市场模型中最能体现计算经济的部分。每个网格结点都不可避免地要与外部的市场服务、信息服务和监控系统进行通信。在网格结点内部,实际上资源层之上的各种服务组件构成了域资源管理器(即局部资源管理器,如集群操作系统、排队系统等),其中交易服务器是资源所有者代理,它与用户协商,销售自己资源的访问权,其目标是最大化资源使用率并从中获利。交易服务器又由议价算法和账目管理系统构成。

也是在网格资源分配中引入经济学方法的内在依据。

### 2.4.2 GRACE 资源管理模型

Rajkumar Buyya 在文献 Economic - Based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing 中提出的 GRACE 是基于计算经济方面最具有代表性的资源管理模型。GRACE 中交易模块主要由四部分组成:网格用户(Grid User, GU)、用户资源代理(Resource Broker, GRB)、网格服务提供商(Grid Server Provide, GSP)、网格市场目录(Grid Market Director, GMD)。

资源分配过程简述如下:

- (1) GSP 在 GMD 发布资源信息;
- (2) GU 向 GRB 提交资源请求;
- (3) GRB 从 GMD 查找合适的资源;
- (4) GRB 向符合要求的资源发送交易请求。

Nimrod-G 是 GRACE 模型的实现,其调度对象是计算网格的参数扫描应用(Parameter Sweep Application)。参数扫描应用是很多科学计算领域都需要的,即在一个多维参数空间上计算每个点的一个目标函数。

## 3 基于 Agent 的资源管理模型

由于网格计算环境的复杂性,很难用一种管理模型解决资源管理上的所有问题,在总结了前面的经济模型后,提出了一种基于 Agent 的资源管理框架和信用度模型。

### 3.1 Agent 的定义和特性

Agent, 也被称为软件 Agent 或智能 Agent, 是一类在特定环境下能感知环境,并能自主地运行以代表其设计者或使用

者实现一系列目标的计算实体或程序。

一个 Agent 应具有的最基本的特性为<sup>[4]</sup>:

(1) 自主性 (autonomy): Agent 能够在没有人类或其他 Agent 直接干涉和指导的情况下持续运行,并能控制其内部状态和自己的动作;

(2) 反应性 (reactivity): Agent 能感知环境(可能是物理的世界),并能够对环境中的变化做出反应;

(3) 社会性 (social ability): Agent 拥有其它 Agent (可能是人类)的信息和知识,并能够通过某种 Agent

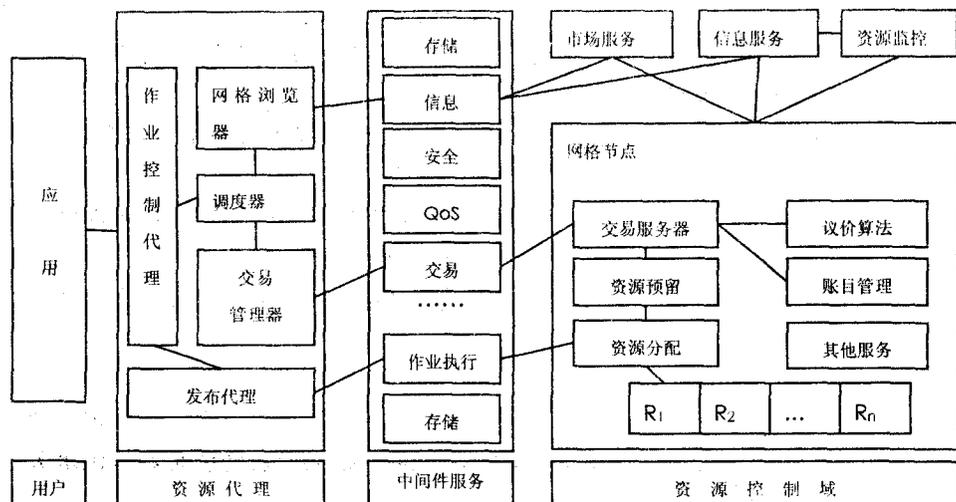


图 1 网格资源管理系统的经济/市场模型

## 2.4 基于计算经济的网格资源管理分析

### 2.4.1 引入经济学方法

微观经济学的一个中心思想是:自由交易往往使资源得到最充分的利用。在这种情况下,资源配置被认为是 Pareto 有效<sup>[3]</sup>的。网格资源调度的实质就是将 N 个相互独立的任务分配到 M 个异构的、分布式存在的可用资源上,使得总任务的完成时间最小或资源费用最少。因此,如何有效地分配资源,最大限度地实现资源的利用价值,成为网格资源管理研究的主题。这

通讯语言与其它 Agent 进行交互、协同与合作。

此外, Agent 还具有可移动性、合理性、忠诚性、友好性、学习性等特征。

### 3.2 移动 Agent

移动 Agent 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地、有目的地迁移, 并能响应外部事件, 在迁移过程中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<sup>[5]</sup>。

由于运动 Agent 具有移动性和智能性的特点, 所以移动 Agent 特别适合网格的动态性和异构性的特征, 在网格资源管理和调度方面引入移动 Agent 技术, 可以很好地进行资源的发布、资源发现、资源的分发和资源的调度。

### 3.3 基于 Agent 的网格资源管理框架

基于移动 Agent 的网格计算资源管理模型(见图 2)包括三大部分: 元计算目录服务模块(Metacomputing Directory Service, MDS)、网格资源动态分配模块和网格资源自适应监控模块。

网络拥挤, 提高搜索速度。元计算目录服务的主要模块包括: 网格资源信息服务(Grid Resource Information Service, GRIS)和网格目录信息服务(Grid Index Information Service, GIIS)。GRIS 是一个分布式的信息服务, 相当于一组对外的智能 Agent, 用一致的方式查询计算网格资源的当前配置、性能和状态。GIIS 对 CRIS 的信息服务进行汇总, 能集中控制网格资源的信息, 从而为网格应用搜索信息时提供一致的网格资源系统映像。

#### 2) 网格资源动态分配。

为了有效地进行网格资源管理, 在 Globus 资源管理构架的基础上, 提出了基于移动 Agent 的网格资源动态分配管理模型。网格资源动态分配模型<sup>[6]</sup>包括 3 个部分: 可扩展的资源描述语言(RSL), 访问资源管理工具接口(Globus Resource Allocation Manager, GRAM)和协同分配代理。

资源描述语言(RSL)为系统组件间交换资源请求信息提供了方法, 是描述资源的通用可交换语言。访问资源管理工具接口(GRAM)提供访问资源的各种 API 接口, 是网格计算环境中的任务执行中心, 通过各

个移动 Agent 对外界资源的反馈信息, 主要处理资源请求、分配资源和管理活动等任务。同时把计算资源更新信息及时发送给 MDS。协同分配代理提供协同分配服务, 即对请求若干个 GRAM 进行协调。其主要任务有两个: 一是处理资源描述, 根据预测确定 Agent 如何分配到各个资源上; 另一个任务是处理底层的具体资源描述, 并进行资源分配, 即把任务请求分解, 并发送到各个相关的资源管理者上进行任务调度。

#### 3) 网格资源自适应监控。

网格资源自适应监控模型<sup>[7]</sup>主要由以下几个部分组成:

(1) 传感元(sensor): 传感元可以对系统性能进行监控, 产生带有时间监控信息的各种程序。每个传感元就是一个监控 Agent, 它能够对 CPU、内存、网络等资源的使用进行监控, 提供 CPU 负载、可用内存、路由器或交换机的当前性能信息; 也可用于差错监控, 如路由器的 CRC(循环冗余码校验)差错监控。每个资源由一个或多个传感元监控。

(2) 传感元管理器: 每个主机有一个传感元管理

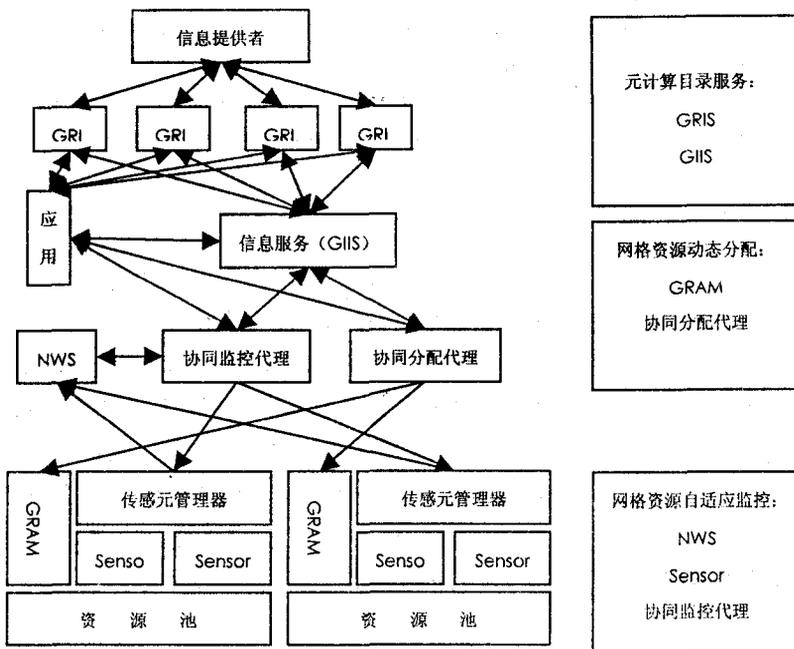


图 2 基于移动 Agent 的网格计算资源管理模型

#### 1) 元计算目录服务。

元计算目录服务是网格计算中信息服务中心, 相当于一个智能 Agent 群, 通过移动 Agent 对各个信息库的访问, 让移动代码携带用户的搜索要求, 在一个资源点搜索完后直接移动到下一个资源点, 直到找到用户所需的信息, 其主要功能是完成对网格计算环境中的信息的发现、注册、查询、修改等工作, 提供对网格计算资源一个真实、实时的动态反映, 同时能极大地减少

### 3 实验仿真及结果分析

文中按照参考文献[1]中取得试验中所需的时段和班次的安排:假设共有16个时段,有10种可选的班次。各个时段的需求量也取自该文献。所用评价指标:最小人力代价: $\min \sum c_i x_i$ ,式中 $c_i$ 为一个话务员上班次 $k_i$ 的代价, $x_i$ 为工作于班次 $k_i$ 的话务员数。

算法参数:蚁群群体大小 $Z=50$ ,迭代次数为100代, $Q=30000$ , $\alpha=6$ , $\beta=6$ , $\rho=0.6$ 。测试结果如表1所示(注:取10次结果的平均值)。

表1 实验结果

编号	最优值	平均值	最差值	理论最优值
1	173	180.2	200	170
2	310	322.5	340	305

从表1中可以看出,使用蚁群算法解决呼叫中心人力资源分配时算法求得平均值与最优值误差在10%内,这样的误差是可以接受的。

### 4 结束语

提出了基于蚁群算法的呼叫中心人力资源分配算法。在该算法中,利用信息素表征单个解的性能,通过奖惩机制,使其反映加组合解的优劣,通过信息挥发机制,淘汰劣质解。仿真表明,该算法可以有效解决呼

中心人力资源分配问题。

#### 参考文献:

- [1] 吴佳骥,黄刘生,吴俊敏,等.一种多技能呼叫中心人力需求的计算模型[J].上海交通大学学报,2007,41(7):1170-1175.
- [2] Dorigo M, Gambardella, Maria L. Ant colonies for the traveling salesman problem[J]. Biosystems, 1997, 43(2): 73-81.
- [3] 李勇,段正澄.动态蚁群算法求解TSP问题[J].计算机工程与应用,2003(17):106-109.
- [4] 王秀宏,赵胜敏.利用蚂蚁算法求解图的着色问题[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2005,26(3):79-82.
- [5] Korose P, Silc J, Robic B. Solving the mesh-partitioning with an ant-colony algorithm[J]. Parallel Computing, 2004, 30(5-6): 785-801.
- [6] Jensen R, Shen Q. Fuzzy-rough data reduction with ant colony optimization[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2005, 149(1): 5-20.
- [7] 葛洪伟,高阳.基于蚁群算法的集合覆盖问题[J].计算机工程与应用,2007,43(4):49-50.
- [8] 段海滨.蚁群算法原理及其应用[M].北京:科学出版社,2005:24-26.
- [9] 徐宗本,张讲社,郑亚林.计算智能中的仿生学:理论与算法[M].北京:科学出版社,2003.

#### 参考文献:

- [1] 孙渝,李志平.网络资源管理体系结构模型研究[J].计算机工程与应用,2003(17):26-29.
- [2] Buyya R, Abramson D, Giddy J. Nimrod-G: An Architecture for a Resource Management and Scheduling System in a Global Computational Grid[C]//HPC Asia 2000. Beijing, China: IEEE Computer Society Press, 2000.
- [3] Buyya R. Economic-Based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing[EB/OL]. [2002-04]. <http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0204/0204048.pdf>.
- [4] 何炎祥,陈萃萌. Agent和多Agent系统的设计与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2001.
- [5] 郑磊,刘方爱.网格环境中资源发现与监视机制的研究[J].计算机技术与发展,2006,16(1):83-86.
- [6] Zhang Wen-sheng, Cao G. Group rekeying for filtering false data in sensor networks: a predistribution and local collaboration-based approach[C]//Proceedings of IEEE INFOCOM. New York: IEEE Communications Society, 2005.
- [7] Chan Hao-wen, Perrig A. PIKE: peer intermediaries for key establishment in sensor networks[C]//Proceedings of IEEE INFOCOM. New York: IEEE Communications Society, 2005.
- [8] 林杰,顾东升.基于移动Agent的网格计算资源管理[J].计算机工程与应用,2006,42(31):133-135.

(上接第203页)

器,相当于一个监控Agent群,负责启动和终止传感元。传感元管理器把传感元提供的有关资源信息注册到目录服务,对目录服务中可用传感元的注册信息进行处理。

(3)网络预测服务(Network Weather Service, NWS):网络预测服务是通过GRAM接口收集瞬时信息(信息的采集与传递是通过移动Agent来实现的),再通过选择合适的数学模型,对网格环境中的各种网格计算资源进行动态准确预测<sup>[8]</sup>。

(4)协同决策代理:协同决策代理是监控代理的一种,通过查询网络预测服务NWS,分析所获得的信息,把移动Agent迁移到合适的资源上执行,实现资源的动态自适应管理。

### 4 结束语

叙述资源管理的概念和目的,介绍三种不同的网格资源管理系统,系统地阐述不同资源管理模型的特点,并比较它们的优点和缺点。文中将经济方法引入资源配置,以更有效地解决多个自利个体间资源分配问题。此外,文中还引入移动Agent技术以实现全局的目录服务和动态资源负载平衡。