

# 基于市场的网格资源分配管理模型研究

张建勋<sup>1</sup>, 贺毅朝<sup>2</sup>, 田俊峰<sup>3</sup>

- (1. 天津中医药大学 网络信息中心, 天津 300193 ;
2. 石家庄经济学院 信息工程学院, 河北 石家庄 050031 ;
3. 河北大学 数学与计算机学院, 河北 保定 071002 )

**摘 要** 提出了一种基于微观经济学方法的网格资源分配管理模型, 采用分布自治原则由众多的网格域构成整个网格系统。系统根据用户作业请求发出投标信息, 各网格域参考投标信息及自身资源使用情况利用 PSP 拍卖机制确定中标者, 最后系统从中标信息中选择费用最低的完成任务, 以一定的周期运用微观经济学供需均衡原理动态调整资源价格。相对于别的网格资源管理系统, 本模型提出的资源管理方案在管理上比较简单, 系统不必掌握全局资源信息, 可扩展性较强, 易于实现, 并且通过引入竞标机制解决了资源提供者的报酬问题。

**关键词** 网格; 资源分配管理; 微观经济学; 二级密封价格拍卖机制

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)02-0193-04

## Research on Grid Resource Allocation and Management Model Based on Market Theory

ZHANG Jian-xun<sup>1</sup>, HE Yi-chao<sup>2</sup>, TIAN Jun-feng<sup>3</sup>

- (1. Network Information Center, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China ;
2. College of Information Engineering, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China ;
3. College of Mathematics and Computer, Hebei University, Baoding 071002, China )

**Abstract** Presents a grid resource allocation and management model based on market theory, the whole grid system formed by numerous grid region that adopted distributed and autonomy principle. The system sends out bid information according to user's requests, every grid region consults bid information and one's own resource operating position confirm to a highest bidder that utilizes PSP auction mechanism. At last, system chooses the lowest expenses to complete the task, uses the microeconomics supply and demand equilibrium theory to adjust the price of resource dynamically with certain cycle. Relative to the others, this resource management model is simple which needn't to hold overall resources information. So it is apt to expand and realize, what's more, it settles the reward of the resource supplier via bid mechanism.

**Key words** grid; resource allocation and management; microeconomics; progressive second price auction

## 0 引 言

在电子商务和电子科学中, 通常需要在分布、异构、动态的虚拟组织中集成服务, 通过地理上、组织上分布的资源以数据共享及其它方式合作完成, 因此网格计算<sup>[1]</sup>技术被提出来。在计算机系统的资源管理中使用经济学方法的思想始于 20 世纪 80 年代末期。Stoica 在这个研究领域发表了一系列论文, 其主要贡献在于为并行机设计了一个微观经济学调度算法, 以

有效地分配处理节点和调度作业。Freguson<sup>[2]</sup>基于微观经济学的负载平衡算法是最早在分布式系统资源管理中应用市场机制的研究工作之一。在 Freguson 的工作基础之上, Waldspurger 等人针对一组连网的异构计算机设计并实现了一个面向市场的调度系统——Spawn 系统<sup>[3]</sup>。Popcorn<sup>[4]</sup>是一个基于市场的广域范围分布式计算的调度系统。当前的网络资源分配经济学模型主要分基于价格的模型和基于博弈论的模型两类。基于价格的模型针对完全竞争市场, 基于博弈论的模型通常采用拍卖与投标的方式进行市场调节, 最终获得纳什经济均衡, 达到系统效用最大化。以上的研究成果并不能直接用于计算网格的资源管理。首先其工作的着眼点主要是负载平衡, 而对于服务质量保证

收稿日期: 2006-05-11

基金项目: 河北省教育厅 2004 年科研计划项目(4213530)

作者简介: 张建勋(1978-), 男, 河北石家庄人, 硕士, 助教, 从事网络、集群技术、数据库

(QoS)的支持很弱,其次,以上这些工作通常需要一个中央市场或是公告牌,因而算法的可扩展性不好;再次,以上工作资源分配的对象是具体的任务,粒度小从而导致开销很大;最后以上工作基本没有考虑计算网络的广域特点。

文中主要用微观经济学中的二级密封价格拍卖(PSP 拍卖)机制和局部均衡理论。二级密封价格拍卖机制是最有效配置资源的微观经济学方法之一,指的是一种物品或资源是以密封投标方式进行拍卖的,其中最高价竞买者获得拍卖物,但却只需支付第二高竞买价的金额<sup>[5]</sup>。局部均衡理论指出,市场力量能使价格调整,并趋于达到均衡价格,均衡价格能使市场出清,使供给等于需求,既无过剩又无短缺<sup>[6]</sup>。利用微观经济学方法中的PSP 拍卖机制以及供需均衡理论,文中提出了一种基于市场的网格资源分配管理模型,实现网格资源的优化分配管理。

## 1 基于市场的网格资源分配管理模型

基于市场的网格资源分配管理模型如图 1 所示。在模型中,采用分布自治原则由众多的网格域构成整个网格系统,域间通过网格信息服务器、资源交易管理模块进行通信。网格域是一个自治的资源分配管理系统,域中的资源可以包括计算资源、信息资源、存储资源、数据资源等中的一种或多种,可以是一台超级计算机,也可以是由若干台计算机组成的集群。域负责管理本地资源,用户的加入、退出,透明地为本地用户提供计算及信息服务,处理接收到的招标信息为其他域的用户提供计算及信息服务。模型主要由下列模块组成:网格信息服务器、用户、网格应用、任务控制代理、资源交易管理、资源管理、准入控制代理、任务执行代理。

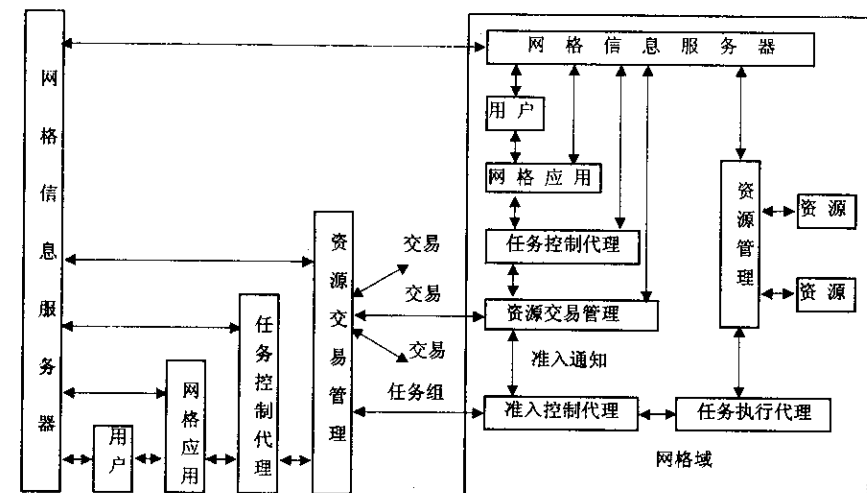


图 1 基于市场的网格资源分配管理模型

### 1.1 各模块功能

各模块的具体功能如下:

#### 1) 网格信息服务器。

网格信息服务器是一个存放了网格资源分配管理所需的各种动态信息的数据库,单独或联合其它网格信息服务器为域内相关模块提供信息查询、信息注册、信息注销、资源公告等服务,每个域可以有若干个备份用的非活跃网格信息服务器,但只能有一个活跃的网格信息服务器。

#### 2) 用户。

用户代表一个应用程序,将计算需求、资源需求等以作业的形式提交给自己所在域的网格应用模块,并与网格应用模块进行交互。作业内容一般包括作业序号、需求描述、服务质量要求、愿付总费用以及其它一些相关元素,用  $J = (j_i, c_i, q_i, p_i)$  表示。

#### 3) 网格应用。

网格应用包含若干种网格应用程序。网格应用接收用户提交的作业请求,不同的作业请求将由对应的网格应用程序来处理,结合从网格信息服务器查询到的信息以及专业知识检查作业的可执行性,将检查信息返回给用户。作业经过处理后产生若干个串行或并行的任务,任务内容一般包括任务序号、所需资源、负载特性、完成时限、服务质量级别、愿付费用等,用  $T = (t_i, r_i, w_i, d_i, q_i, p_i)$  表示。将产生的若干任务以任务组  $\epsilon = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_n\}$  的形式提交给任务控制代理模块,并与任务控制代理进行交互。将接收到的任务组执行结果即作业执行结果返回给用户。

#### 4) 任务控制代理。

任务控制代理接收网格应用提交的任务组  $\epsilon$ ,根据作业的最大并行度划分方法将  $\epsilon$  划分成具有最大并行度的任务组  $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n\}$ ,  $\alpha_n$  是一个小的任务组,由一个或若干个并行任务组成,  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_n$  之间是串行关系,  $\alpha_n$  依赖于  $\alpha_{n-1}$ ,即  $\alpha_{n-1}$  为  $\alpha_n$  的前驱。根据任务组  $\alpha$  之间的依赖关系和时间顺序制定任务执行策略,由  $\alpha_1$  开始发送给资源交易管理模块,监视任务组的执行情况,根据资源交易管理模块返回的任务组执行结果协调相关主动元素的交互进一步发送  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ ,不断调整后续任务组的任务预算和完成时限,直到整个任务组  $\alpha$  执行完成,将执行结果返回给网格应用。

资源交易管理模块接收任务组  $\alpha$ ,根据任务组  $\alpha$  之间的依赖关系和时间顺序制定任务执行策略,由  $\alpha_1$  开始发送给资源交易管理模块,监视任务组的执行情况,根据资源交易管理模块返回的任务组执行结果协调相关主动元素的交互进一步发送  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ ,不断调整后续任务组的任务预算和完成时限,直到整个任务组  $\alpha$  执行完成,将执行结果返回给网格应用。

#### 5) 资源交易管理。

资源交易管理模块接收任务控制代理模块提交的任务组,为任务组寻找所需的资源,以竞买者的身份将各个任务组的信息组织成投标的形式,结合从网格信息服务器查询到的信息将投标广播给其它域的域资源交易管理模块。同时域资源交易管理模块有资源管理模块传过来的域资源列表,负责为这些资源寻找买者,以拍卖者的身份接收投标,包括自身发出的投标,将这些投标组织成资源需求列表传递给资源管理模块,对于同一种资源以一定的周期采用二级密封价格拍卖机制处理收到的投标信息,最高价竞买者获得资源使用权但只需支付第二高竞买价的费用,向中标者发送中标信息,向其它竞买者发送拒绝信息。然后对于同一个任务组,资源交易管理模块在返回的中标信息中选择所需费用最低的,向其发送交易成功通知。同时通知其它发送中标信息的域,此次交易已完成,资源可用于其它拍卖。接到交易成功通知的域资源交易管理模块再通知准入控制代理接收任务组,并将资源交易列表实时传递给资源管理模块。接收从准入控制代理模块传回的任务组执行结果,将执行结果返回给任务控制代理。投标内容一般包括标书序号、竞买资源、负载特性、服务质量级别、报价等,用  $Tender = (t_i, r_i, w_i, q_i, p_i)$  表示。

6) 资源管理。

资源管理模块管理域资源的加入或退出,将资源列表传递给资源交易管理模块和网格信息服务器并保持其一致性。资源有全局唯一的标志,资源管理模块根据资源交易列表将相应的资源分配给任务执行代理共享或独占使用一段时间。根据资源需求列表以一定的周期运行基于微观经济学供需均衡原理的价格调整算法动态调整资源价格,当某种资源的供给大于需求时降低其价格,鼓励买者对这种资源的使用;当需求大于供给时提高其价格,限制买者对这种资源的使用。

7) 准入控制代理。

准入控制代理接收从资源交易管理模块发来的准入通知,决定网格接受、拒绝还是延迟发送过来的任务组,把接受的任务组发送给任务执行代理,把返回的任务组执行结果发送给任务组发送方。

8) 任务执行代理。

任务执行代理接收从准入控制代理模块发送过来的任务组,从资源管理模块获得任务组所需资源,创建进程,执行任务组并监视其执行情况,将任务组执行结果返回给准入控制代理,终止进程。

1.2 基于二级密封价格拍卖机制的资源调度流程

在本模型中资源调度由两个方面构成:作为买家为作业分配资源、作为卖家为资源分配任务,如图 2、

图 3 所示。

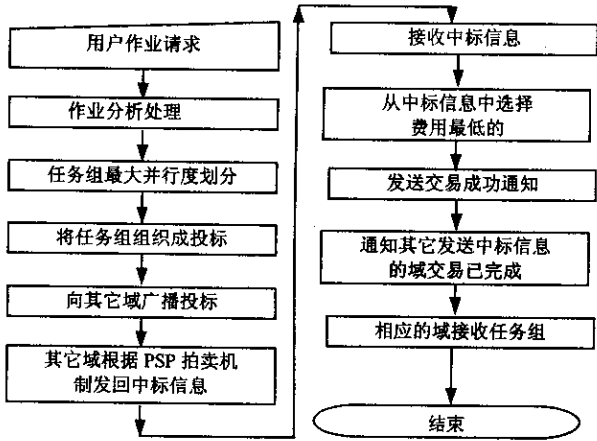


图 2 作为买家为作业分配资源

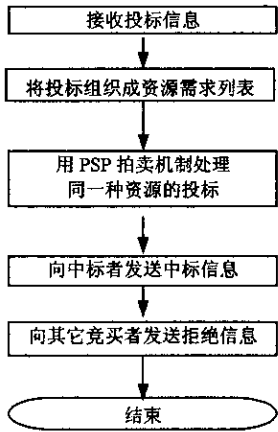


图 3 作为卖家为资源分配任务

1.3 模型工作过程

首先用户向网格应用提交作业  $J$ 。网格应用根据作业内容结合从网格信息服务器查询到的信息以及专业知识检查作业的可执行性,若不可执行,将原因返回给用户,用户对作业内容进行调整后重发;若可执行,作业经过处理后产生若干个串行或并行的任务,将产生的若干任务以任务组  $\epsilon = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_n\}$  的形式提交给任务控制代理模块。任务控制代理模块根据作业的最大并行度划分方法将  $\epsilon$  划分成具有最大并行度的任务组  $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n\}$ ,根据任务组  $\alpha$  之间的依赖关系和时间顺序制定任务执行策略,由  $\alpha_1$  开始发送给资源交易管理模块。资源交易管理模块将任务组信息组织成投标  $Tender$  的形式,分析出任务组的资源需求,以竞买者的身份结合从网格信息服务器查询到的信息将投标广播给其它域的资源交易管理模块。

对于同一种资源,域资源交易管理模块以一定的周期采用 PSP 拍卖机制处理收到的投标,将中标信息返回给相应的资源交易管理模块,若资源交易管理模块发回交易成功通知,则域资源交易管理模块更新资

源交易列表,通知准入控制代理接收任务组  $\alpha_i$ ,否则将此资源投入到下一次拍卖。同时资源管理模块根据资源需求列表以一定的周期运行价格调整算法动态调整资源价格。准入控制代理接收到准入通知后,决定网格接受、拒绝还是延迟发送过来的任务组,把接受的任务组发送给任务执行代理。任务执行代理从资源管理模块获得任务组所需资源,创建进程执行任务组并监视任务组的执行情况。任务组执行完后,任务执行代理将结果返回给准入控制代理,终止进程,准入控制代理再将结果返回给相应的资源交易管理模块,资源交易管理模块将结果返回给任务控制代理。任务控制代理根据资源交易管理模块返回的任务组执行结果协调相关主动元素的交互进一步发送  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ ,不断调整后续任务组的任务预算和完成时限,直到整个任务组  $\alpha$  执行完成,将执行结果返回给网格应用。网格应用将接收到的任务组  $\epsilon$  执行结果即作业  $J$  执行结果返回给用户。

## 2 结 论

文中提出的基于市场的网格资源分配管理模型,与以往网格资源分配管理技术相比,模型具有如下一些优点:根据作业的最大并行度划分方法将任务组划分成具有最大并行度的任务组,提高了作业的并行执行效率。采用以域为单位的分布自治管理,避免了由于集中式控制导致的信息爆炸,提高了系统的可扩展性。为用户提供了一定程度的服务质量保证。采用微观经济学方法中的 PSP 拍卖机制以及供需均衡理论,由各资源根据系统资源供需状况自主调节价格,使得各个资源能够获得比较均衡的利用,同时也解决了网

格系统中的报酬分配问题。同时模型实现还面临以下一些问题:资源价格调整周期  $T_i$  的调整问题,过长或过短的调整周期都影响系统性能,因此应设计一个调整资源价格调整周期的算法;安全性问题,资源交易管理模块要保证用户提交的任务不是虚假任务、病毒或死锁任务,必须建立一套安全机制保证整个系统的安全,这些将在以后的研究中探索。

### 参考文献:

- [1] Baker M, Buyya R, Laforenza D. The Grid: International Efforts in Global Computing [C]//Proceedings of the International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on the Internet (SSGRR 2000). Aquila, Rome, Italy [s. n.], 2000.
- [2] Ferguson D, Yemini Y, Nikolaou C. Microeconomic algorithms for load balancing in distributed computer systems [C]//Proceedings of 8th International Conference on Distributed Computer systems. San Jose: IEEE Press, 1988: 491-499.
- [3] Waldspurger C A, Hogg T, Huberman B. Spawn: A distributed computational economy [J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1992, 18(2): 103-177.
- [4] Regev O, Nisan N. The POPCORN market - an online market for computational resources [C]//Proceedings of the first International Conference on Information and computation economies. Charleston, SC [s. n.], 1998: 80-88.
- [5] 林 融, 张义祯. 二级密封拍卖机制的理论分析 [EB/OL]. 2004. <http://yizhen.myrice.com/index/yzwj/theory>.
- [6] 李宝宁. 局部均衡模型的另一种形式 [J]. 当代经济学, 1996, 2: 118-122.

(上接第 192 页)

关操作标准的制定等问题。同时还需要考虑中国中西部之间的差异,从纵向和横向各个方面实施国家数字图书馆建设的梯度发展战略<sup>[7]</sup>。


## 6 结 语

如同工业经济离不开交通和能源一样,数字图书馆将是知识经济的基础设施和必要条件。数字图书馆数字化文献信息,通过网络快速传播,方便地为人们所利用,从而不断地激发人们的想象力和创造力,推动全民族科学文化素质的提高。数字图书馆将是今后科技、经济和文化的载体和催化剂,在国家信息化过程中扮演核心角色,数字图书馆也将成为 21 世纪全球文化科技竞争焦点之一。

万方数据

### 参考文献:

- [1] 徐文伯. 建设中国数字图书馆工程, 开创中华文明光辉的未来 [J]. 中国图书馆学报, 1999(5): 3-8.
- [2] 孙 坦. 论数字图书馆与传统图书馆的关系 [J]. 大学图书馆学报, 2001(2): 27-30.
- [3] Arms W Y. 数字图书馆概论 [M]. 施伯乐, 张 亮, 汪 卫等译. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [4] 张滨生, 于爱香. 各国数字图书馆方兴未艾 [J]. 图书馆建设, 1999(5): 52-53.
- [5] 汤珊红. 数字图书馆的发展动态及相关问题研究 [J]. 图书馆情报知识, 2000(1): 13-15.
- [6] 赵洗尘. 数字图书馆及其建设 [J]. 现代图书情报技术, 1999(1): 14-16.
- [7] 李人厚. 数字图书馆特征和关键技术问题 [J]. 西北高校图书馆, 1997(2): 23-25.
- [8] 杨沛超, 魏 来. 论中国数字图书馆发展战略 [J]. 情报资料工作, 2001(3): 18-21.

作者: 张建勋, 贺毅朝, 田俊峰, ZHANG Jian-xun, HE Yi-chao, TIAN Jun-feng  
作者单位: 张建勋, ZHANG Jian-xun(天津中医药大学, 网络信息中心, 天津, 300193), 贺毅朝, HE Yi-chao(石家庄经济学院, 信息工程学院, 河北, 石家庄, 050031), 田俊峰, TIAN Jun-feng(河北大学, 数学与计算机学院, 河北, 保定, 071002)  
刊名: 计算机技术与发展   
英文刊名: COMPUTER TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT  
年, 卷(期): 2007, 17(2)  
被引用次数: 2次

参考文献(6条)

1. Baker M;Buyya R;Laforenza D The Grid:International Efforts in Global Computing 2000  
2. Freguson D;Yemimi Y;Nikolaou C Microeconomic algorithms for load balancing in distributed computer systems[外文会议] 1988  
3. Waldspurger C A;Hogg T;Huberman B Spawn:A distributed computational economy 1992(02)  
4. Regev O;Nisan N The POPCORN market-an online market for computational resources 1998  
5. 林融;张义祯 二级密封拍卖机制的理论分析 2004  
6. 李宝宁 局部均衡模型的另一种形式 1996

引证文献(2条)

1. 田宏伟. 解福. 倪俊敏 云计算环境下基于粒子群算法的资源分配策略[期刊论文]-计算机技术与发展 2011(12)  
2. 梅喜雪. 黄德才 基于第三方支付的网络资源安全交易模型[期刊论文]-计算机技术与发展 2010(7)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wj fz200702057.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wj fz200702057.aspx)