

基于多任务拍卖的资源调度算法

姜 珊, 刘方爱

(山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250012)

摘 要:资源调度是计算网格资源管理系统的主要内容之一。文中借鉴市场模型中的拍卖机制,通过用户代理、资源代理、拍卖师和资源的交互作用,设计并实现了一个基于多任务拍卖的网格资源调度原型系统,系统使用多拍卖师结构,提高了作业的吞吐率并且可以有效地防止拍卖过程中双方的欺骗行为,改进了网格资源的调度性能。同时,与传统算法相比,该算法能够有效地配置资源和满足用户的服务质量需求。

关键词:计算网格;计算经济;资源调度;拍卖

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2006)12-0086-03

Resource Scheduling Algorithm Based on Multi-Job Auction

JIANG Shan, LIU Fang-ai

(School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250012, China)

Abstract: Resource scheduling is the most important problem in the computational grid system. A resource scheduling prototype system of multi-job architecture based on computing economy model, because of the interaction among the user-agents, resource-agents, auctioneers and resources, is designed and implemented. The scheduling system which adopts the multi-auctioneer increases the throughput of jobs for computational grid system. On the other hand, it prevents from the fraud action of the two parties. It improves the performance of grid resource scheduling system. And in comparison with the conventional algorithms, it can configure resource more efficaciously as well as meet the requirements of the users' QoS better.

Key words: computational grids; computing economy; resource scheduling; auction

0 引言

计算网格的资源调度系统在很大程度上决定了资源管理系统的有效性和可接受性^[1,2],因此资源调度方法也直接影响资源管理系统的结构模型。在文献[3~5]中,提出了计算经济的概念。

拍卖机制是一种利用价格决定过程实现资源有效配置的市场机制,将该机制引入网格系统,可以建立真实有效的资源配置机制。虽然多任务拍卖能够兼顾各方需求,实现整个系统的利益最大化,但是直接引入网格系统,又有着竞买人行为不确定、交互量过大、收敛的不确定性等缺陷^[6]。作者结合网格系统的一般特性,提出了基于多任务拍卖的资源调度算法。

1 网格资源调度中的拍卖模型

基于经济的计算网格资源调度模型具有很明显的优越性^[7],其中最主要的是可以调节供-需矛盾,使调度由以系统为中心转向了以用户为中心,用户可以自己作出决

定以最小的代价获取最好的性能,进而建立一个高度可扩充的系统。

拍卖是简单且容易界定的经济环境。在拍卖模型中有3个关键的角色:资源拥有者、拍卖师(即仲裁人)和购买者。常见的拍卖模型有英国式拍卖(增价拍卖)、荷兰式拍卖(减价拍卖)、第一价格密封拍卖、第二价格密封拍卖(Vickrey 拍卖)和双边拍卖5种。在每一种拍卖机制下,卖方通常会增加两种限制:一种是设置保留价(或底价);另一种收取参加竞标费用。在每一种拍卖中,如果几个人的出价相同,并且是最高价,那么拍卖人会在他们中随机挑选一个赢者。

一般而言,评估商业市场和拍卖的标准主要有^[5,7]:计算网格范围的价格稳定性、市场平衡、应用有效性和资源有效性,它们彼此之间有很密切的联系。对于确保调度的有效性来说价格稳定性是关键。

2 基于多任务拍卖的网格资源调度原型系统

传统的拍卖多为单个任务拍卖和单拍卖师拍卖。单个任务拍卖的缺点是无法适应网格任务的大量映射要求。而单拍卖师系统有两个明显的缺陷:首先当计算网格系统中多个作业需要被调度时,单拍卖师变成了任务调度的瓶颈;其次拍卖师或投标者可能发生欺诈行为。为克服上

收稿日期:2006-03-13

作者简介:姜珊(1981-),女,山东济南人,硕士研究生,研究方向为计算机网络技术;刘方爱,教授,博士生导师,主要研究方向为并行处理、互联网络和网络环境下的应用。

述问题,基于上面拍卖机制的讨论,文中设计并实现了一个基于多任务拍卖的计算网格资源调度原型系统。

2.1 原型系统结构

原型系统结构如图 1 所示。用户代理协助用户处理任务。拍卖师和用户之间是一个资源代理,它的主要功能是为用户联系拍卖师。网格系统中的各个部分都要实现自身利益的最大化,它们之间的利益需求有时是相互矛盾的。网格系统则要综合各方的利益需求,实现整个系统的利益最大化。

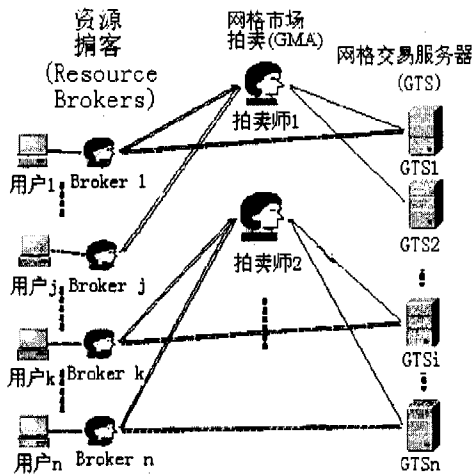


图 1 原型系统结构图

2.2 资源调度算法

将资源调度过程转化为多任务拍卖过程,主要由网格系统中的资源节点、拍卖师、资源代理和用户代理合作完成。每个资源为一个竞标者,拍卖师是组织拍卖的招标者,资源代理为用户联系拍卖师,用户代理作为用户的委托者。

基于多任务拍卖的网格资源调度算法描述如下:

- ① 用户代理收集和整理任务,准备资源映射。
- ② 用户代理查询资源的基本信息,进行初步筛选,得到符合基本要求的资源集合 $R = \{1, 2, \dots, m\}$ 。
- ③ 用户代理启动任务拍卖过程,生成资源代理 $Y = \{1, 2, \dots, m\}$,并分别选择合适的拍卖师。
- ④ 选择拍卖师后对资源进行投标。
- ⑤ 用户代理对资源代理的投标进行处理,计算出临时分配。如果拍卖满足结束条件,则宣布整个拍卖结束,转⑥。否则该轮招标结束,发布临时分配情况,并对每个资源代理的任务招标价格进行价格更新,得到新的招标价格,发送给对应的资源代理,开始下一轮招标,返回③。
- ⑥ 用户代理判断该次拍卖是否有效。如果用户没有设定估价的任务全部都在任务分配集合中,则该次拍卖有效,资源代理被清除,用户代理将最后的临时分配方案转为最终的分配方案并分别通知各个资源,并将各个任务集合提交到对应的资源,资源开始对任务进行处理,资源映射结束。否则这次拍卖无效,返回③。

算法中的第③步:选择合适的拍卖师,根据下列标准

进行选择:

- * 拍卖师拥有多少和什么类型的资源,它们是否可以满足用户的要求?
- * 拍卖保留价,以尽可能为用户减少费用;
- * 基于信任的程度(例如在过去时间内签约的合同数)以选择一个拍卖师;
- * 选择拍卖策略,如选择英国拍卖或荷兰拍卖。

2.3 拍卖师选择和用户投标算法

根据拍卖规则,需要首先设置被拍卖资源的保留价。保留价的计算公式为:

$$\text{Preserve_Price} = \left[\sum_{i=1}^{\text{No. of Res}} (\text{resource_set}[i], \text{No. of PEs} * \text{resource_set}[i], \text{PE_SPEC_Rating} * \text{resource_set}[i], \text{Cost_Per_Sec}] / \text{No. of Res} + \text{P_adjust} \right] \quad (1)$$

为简单起见,在系统中仅考虑 CPU 资源。式(1)中的 No. of PEs 表示系统中所使用的所有的 CPU 的数目。PE SPEC Rating 表示处理单元的速率。Cost Per Sec 表示用户使用 CPU 资源时在每秒钟内所必须支付的费用。

拍卖师选择和投标的算法如下:

- 设置拍卖师:
 - (1) SetAuctioneer ()
 - 1) $\text{Res_Req} = \text{Res_Req_Def} * \text{Deadline} * \text{Res_Req_Def} * \text{Budget} / \text{资源代理计算用户所需的资源}$
 - 2) Auctioneer (i)
 - 3) Res_Available (i) // 获得有关资源的信息
 - 4) $i = i + 1$
 - 5) IF $\text{Res_Req} > \text{Res_Available}(i)$ THEN goto 2)
 - 6) $\text{eval}(j) = f(\text{Reserve_Price}(i), \text{Auction_succ}(i))$
// 根据底价以及拍卖师的信用度记录拍卖师的信息并且基于函数 $f()$ 评价拍卖师
 - 7) $j = j + 1$
 - 8) goto 2)
 - 9) 评估所有的拍卖师并且为下一个用户提供最好的拍卖师
 - 10) goto(2) // 投标
- 设置投标:
 - (2) Bid()
 - 1) policy = ENGLISH-AUCTION
// 以英国拍卖为例
 - 2) 拍卖者提供有效的资源数量 Res_Available 和相应的底价 Reserve_Price
 - 3) 拍卖价格 $P(i) = \text{底价 Reserve_Price}$, 定义价格增加量
 - 4) 获得用户预算 $\text{btain user budget Res_Req_Def} * \text{Budget}$
 - 5) IF $\text{Res_Req_Def} * \text{Budget} < P$ THEN number of bid $n = n - 1$

exit auction and goto(1)

//某竞标者的预算小于代价,则退出竞标,否则竞标人数-1,转 1)

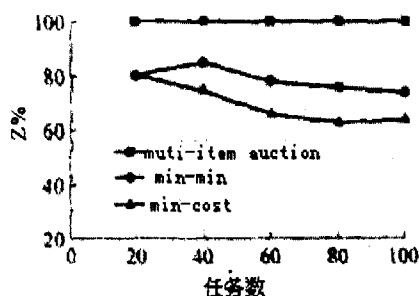
6) 等待: $P(i+1) = P(i) + inc$; goto 5)

7) UNTIL $n = 1$

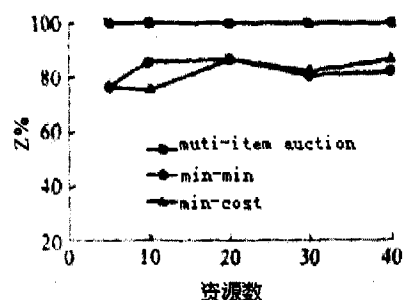
8) 与该用户成交,并且获得下一个代价

3 相关工作和性能分析

用户满意度 Z 为映射结果中用户要求得到满足的任务数与全部任务数的比值。如传统 min-min 算法^[6]、Buyya 的最小成本算法(min-cost) 和基于多物品拍卖的资源映射算法(multi-item auction) 在不同任务和不同资源下得到的用户满意度^[4]。由图 2 可知,min-min 算法和最小成本算法的用户满意度不高,而基于多任务拍卖的资源调度算法能够全面地考虑用户的需求。



(a) 10个资源



(b) 40个任务

图 2 不同算法的用户满意度对比

然后利用 Nimrod'G 结构框架建立一个原型系统,主要对单拍卖师和多拍卖师的调度性能作了比较,如图 3 所示。

从图中可以看出:当作业数比较少时,单拍卖师调度系统的效率比较高,网格资源可以得到比较充分的利用,但是随着作业数的增加,单拍卖师成了调度系统的瓶颈。相反在多拍卖师系统中,调度的瓶颈被消除了,网格资源得到了充分的利用。

4 结论

借鉴市场模型中的拍卖机制,通过用户代理、资源代理、拍卖师和资源的交互作用,设计并实现了一个多任务

拍卖的网格资源调度原型系统。该系统使用多拍卖师结构,提高了作业的吞吐率并且可以有效地防止拍卖过程中双方的欺骗行为,改进了网格资源的调度性能。同时,与传统算法相比,该算法能够有效地配置资源和满足用户的服务质量需求。进一步的工作是考虑拍卖师的数目应该是多少,与网格资源的数目之间应该具有什么关系。

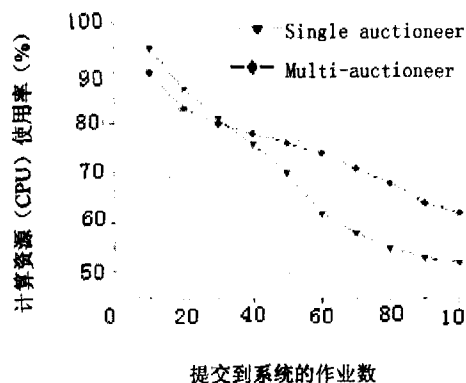


图 3 单拍卖师和多拍卖师调度的资源利用率比较

参考文献:

- [1] Czajkows K, Sander V. GGF Scheduling Working Group Sched WD 12. 1. Grid Resource Management Protocol: Requirements[C]. USA: University of Southern California, 2001.
- [2] Krauter K, Buyya R, Maheswaran M. A Taxonomy and Survey of Grid Resource Management Systems[J]. Software Practice and Experience, 2002, 32(2): 135-164.
- [3] Wolski R, Plank J, Brevik J, et al. G-commerce—Market Formulations Controlling Resource Allocation on the Computational Grid[R]. UT-CS-00-450. USA: University of Tennessee, 2000.
- [4] Buyya R, Abramson D, Giddy J, et al. Economic Models for Resource Management and Scheduling in Grid Computing[J]. Special Issue on Grid Computing Environments, The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience (CCPE), 2002, 14: 1507-1542.
- [5] Buyya R. Nimrod/G Problem Solving Environment and Computational Economics[C/OL]. //Grid Computing Environments Community Practice (CP) Document, Global Grid Forum (GGF)/First GGF Workshop. Amsterdam, the Netherlands: [s. n.], 2001-03-04. <http://www.csse.monash.edu.au/~rajakumar/ecogrid/>.
- [6] Braun T D, Siegel H J, Beck N. A comparison of eleven static heuristics for mapping a class of independent tasks onto heterogeneous distributed computing systems[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2001, 61(6): 810-837.
- [7] Ausubel L M, Milgrom P R. Ascending auctions with package bidding[J]. Frontiers of Theoretical Economics, 2002, 1(1): 1-42.