

文章编号:1001-9081(2008)02-0283-03

一种基于在线反向拍卖技术的计算网格资源分配方法

赵彬,付超,王慧

(合肥工业大学 管理学院,合肥 230009)

(oldnavy@163.com)

摘要:利用经济模型研究网格资源管理是当前网格研究新的热点。在已有的网格资源管理方法的基础上,针对供大于求的计算网格环境,提出了一种基于在线反向拍卖技术的计算网格资源分配方法,并定义了相应的 QoS 函数,分析了该方法的适用范围和优点。最后通过模拟实验验证了该方法的效用,实验结果证明该方法是一种有效的计算网格资源分配方法。

关键词:网格资源分配;在线反向拍卖技术;QoS;GridSim

中图分类号:TP393 **文献标志码:**A

Approach to allocate computational grid resources based on online reverse auction technology

ZHAO Bin, FU Chao, WANG Hui

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei Anhui 230009, China)

Abstract: Using economic model to research grid resource management is a new hot topic in the field of grid computing. Based on current grid resources management methods, an online reverse auction technology-based approach to allocating computational grid resources was proposed concerning oversupply environment. The corresponding QoS function is defined to analyze the application range of this approach as well as its advantages. Finally, the results of simulation experiments indicate that this method is effective for computational grid resource allocation.

Key words: grid resource allocation; online reverse auction; QoS; GridSim

0 引言

资源管理是网格计算^[1]的关键问题之一,它包括网格资源的组织、定位和分配等职能。网格资源管理模型按照体系结构主要可分为三类:层次模型、抽象所有者模型和市场经济(计算经济)模型。

市场经济模型综合了另外两种模型的核心特征,将微观经济学的原理引入到网格资源管理中,强调以市场竞争为基础的资源管理和分配,利用供求关系对资源所有者和使用者进行调节,以保证双方都获得最大利益。利用经济模型研究网格资源的管理,是近年来非常活跃的一个研究领域。Global Grid Forum(GGF)在开放网格服务架构 OGSA^[2]之上提出了网格经济学服务框架 GESA^[3],目标在于制定关于网格经济学服务架构的一些标准和规范。文献[4]提出了基于计算经济的网格体系结构 GRACE,并在文献[5]中做出了详细的说明,GRACE 主要是利用经济模型解决网格环境下的资源管理和任务调度问题。以上工作为研究经济模型在网格资源管理中的应用提供了理论框架,但未对具体实现进行深入的研究。

在线反向拍卖技术是一种近年来才发展起来的全新拍卖模式,指的是采购方利用互联网进行采购招标,接受报价邀请的供应商在预定的时间进行在线、实时地竞价投标以确定最终的产品提供商和服务提供商。由于该技术能够有效降低采购成本,节约采购时间和管理成本,已经被广泛运用于工业产品采购、政府采购等领域中,但是在网格环境中与此技术相关

的研究工作还比较少。文献[6]分析了拍卖机制在网格环境中的通信需求,提及反向拍卖,并给出了利用 GridSim^[7]开发拍卖策略的方法。文献[8]设计了一种基于反向拍卖的网格资源管理模型,并利用仿真实验验证了该模型的效率。

但是上述研究工作未对反向拍卖的适用条件和优点做出必要分析,且文献[6]研究侧重网格环境中的通信需求与拍卖机制的多样性,对反向拍卖在网格资源分配中的应用未做进一步的研究,文献[8]中的用户 QoS 需求只采用两个指标(时间和花费)衡量,未免过于简单。针对上述研究工作中存在的不足,并结合计算网格中供大于求的情况,本文提出了一种改进的计算网格资源分配方法。

1 基于反向拍卖技术的网格资源分配方法

1.1 结构模型

本文利用在线反向拍卖技术对计算网格资源进行分配管理。本模型基于 GRACE 而建立(如图 1),主要由以下四部分组成:网格用户及应用、网格资源代理、网格中间件服务和网格资源提供者^[5]。需要说明的是,在本模型中,网格信息服务(Grid Information Service, GIS)除了有存储网格资源有用信息的功能外,还在反向拍卖中担当拍卖人,起仲裁和公正的作用。

1.2 模型描述

在本模型中,把网格用户需要完成的任务作为待拍卖的商品,网格资源代理代表网格用户担当委托人,网格信息服务

收稿日期:2007-09-07;修回日期:2007-11-20。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70631003;70471046);教育部博士点基金资助项目(20040359010)。

作者简介:赵彬(1983-),男,北京人,硕士研究生,主要研究方向:网格资源管理;付超(1978-),男,湖北武汉人,讲师,博士研究生,主要研究方向:信息管理系统;王慧(1982-),女,安徽合肥人,硕士研究生,主要研究方向:网格资源管理。

担当拍卖人,参加竞拍的网格资源提供者即为竞买人。

本模型定义如下:

$$M = \{J_i, GRB, GRP_j, D_{ij}, P\} \quad (1)$$

其中: i, j 分别表示网格任务和网格资源提供者的编号, J_i 为网格用户的任务, GRB 为网格资源代理, GRP_j 为网格资源提供者, D_{ij} 为拍卖结果,网格任务 i 由网格资源提供者 j 执行, P 为在线反向拍卖的拍卖规则。

网格用户的任务 J_i 为:

$$J_i = (L_i, T_i, RP_i, Req_i) \quad (2)$$

其中: L_i 为任务 i 的长度(单位为 MI,即百万指令), T_i 为任务 i 允许的最长执行时间(单位为 s), RP 为任务 i 的保留价格(单位为 G\$/MI),见式(3), Req_i 为任务 i 的标准要求。

$$RP_i = B_i/L_i \quad (3)$$

其中 B_i 为任务 i 的预算费用(单位为 G\$,即网格货币单位)。

网格资源提供者 j 对网格任务 i 的投标 Bid_{ij} 为:

$$Bid_{ij} = (L_i, t_{ij}, p_{ij}) \quad (4)$$

其中 t_{ij} 为网格资源提供者 j 完成网格任务 i 所需的时间(单位为 s),见式(4), p_{ij} 为网格资源提供者 j 对网格任务 i 的投标价格(单位为 G\$/MI),见式(5)。

$$t_{ij} = t_{eij} + t_{dij} \quad (4)$$

其中 t_e 为任务执行时间, t_d 为任务等待时间。

$$p_{ij} = e_{ij}/L_i \quad (5)$$

其中 e_{ij} 为网格资源提供者 j 完成任务 i 的花费(单位为 G\$)。

QoS 是一个综合指标,用于衡量用户使用一个服务的满意程度。一个网格系统的基本要求之一就是向终端用户提供满足其 QoS 的计算能力。本模型中的用户满意度主要由花费,时间和可靠性三个指标确定。我们定义用户对网格资源提供者 j 执行任务 i 的满意度 U_{ij} 为:

$$U_{ij} = \omega_{e_i} \frac{B_i - e_{ij}}{B_i} + \omega_{t_i} \frac{T_i - t_{ij}}{T_i} + \omega_{r_i} \frac{m_j}{M_j} \quad (6)$$

其中 ω_{e_i} 、 ω_{t_i} 、 ω_{r_i} 分别为网格任务 i 中花费、时间、可靠性的权重。网格资源提供者 j 的可靠性 $r_j = m_j/M_j$, m_j 为网格资源提供者 j 按时完成任务数, M_j 为网格资源提供者 j 完成的任务总数。

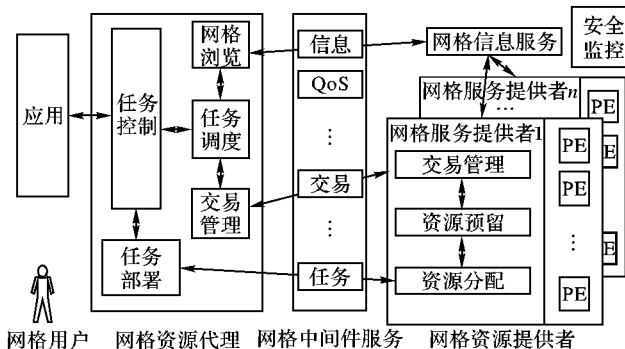


图1 在线反向拍卖资源管理模型

1.3 工作过程描述

利用本方法分配计算网格资源的工作过程如图 2 所示。

具体的工作过程描述如下:

1) 网格用户(Grid User, GU)需要使用网格资源完成任务时,先将任务的资料以及要求偏好(如标准要求、最长允许执行时间、保留价等)提交给 GRB。

2) GRB 根据 GU 的要求偏好,在 GIS 提供的信息中查找符合要求的 GRP,并向其发出竞价邀请。

3) 被邀请的 GRP 根据自身的情况决定是否参加在线实时竞拍。

4) 实时拍卖开始,参加竞拍的 GRP 以保留价开始,在允许时间内,按规定的价格降低幅度报价。如果没有 GRP 报价(即无人接受保留价),GIS 终止拍卖,GRB 向 GU 返回信息, GU 重新提交任务及要求,返回 2),重新进行拍卖;如果有 GRP 报价,则继续下面步骤。

5) GRP 的报价按一定幅度依次降低,各个 GRP 根据自身的情况决定是否继续报价。

6) 重复 5),直到没有 GRP 继续出更低的报价,拍卖结束,报价最低的 GRP 赢得拍卖。

7) GRB 向赢得拍卖的 GRP 提交任务,GRP 分配资源以完成任务。

8) GRP 向 GRB 返回任务结果,GRB 向 GU 返回任务结果, GU 进行验收。

9) GU 向 GRB 支付任务费用,GRB 向 GRP 按拍卖成交价格支付资源使用费用。

10) 本次拍卖完成。

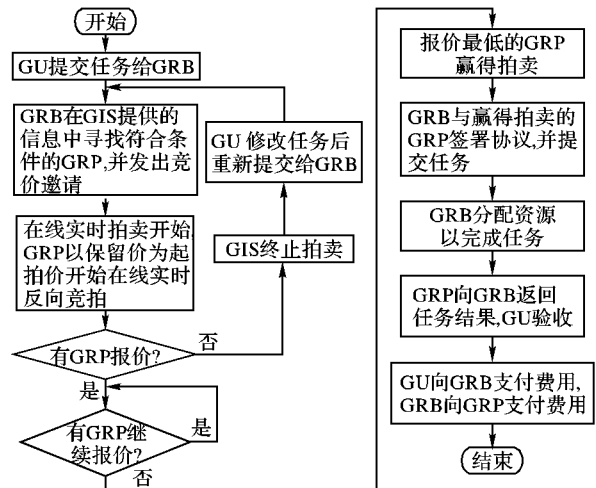


图2 在线反向拍卖流程

1.4 适用条件和优点

本方法适用于以下条件:

- 1) 网格环境:分布性、异构性、动态性、自治性。
- 2) 计算网格市场中买方占主导,网格资源供大于求。
- 3) 每次拍卖需求的计算网格资源量足够大,能吸引众多网格资源提供者。
- 4) 计算网格资源有明确的标准参数、评价标准。
- 5) 网格用户和网格资源提供者了解计算网格资源的市场价值和使用成本。

与传统的计算网格分配方法相比,本方法具有以下优点:

- 1) 能够有效降低网格用户的花费(包括任务费用、采购管理费用),最大化网格用户的利益和效用,允许网格用户表达自己的需求和目标,满足其 QoS 要求。
- 2) 利用经济激励机制可以鼓励资源拥有者贡献自己的空闲资源,只要资源拥有者通过一定的规则,就能加入到网格环境子中来公平竞争,有利于建立大规模的计算网格系统。
- 3) 网格环境中资源充分的优势可以提高采购效率,保证任务的完成。
- 4) 提供网格用户都可以公平地使用网格资源的基础。只要资源使用者通过一定规则,加入到计算网格环境中来,就可以与其他使用者公平地竞争资源。
- 5) 资源提供者可随时了解拍卖行情,能够根据实际情况做出自己的决策,因此保证了拍卖的公平、公正、公开。

2 实验

为了验证本文提出的网格资源分配方法的可行性和性能,我们进行了一系列的实验。

2.1 实验环境

以 GridSim^[7]为基础进行二次开发建立实验环境,以测试本方法的可行性和性能。GridSim 是一个基于 Java 的事件驱动的网络仿真工具包,它的主要目标是通过模拟计算网格环境来研究基于计算经济模型的有效资源分配方法。

2.2 实验数据

在本实验中,设定网格资源为 CPU 资源,单位为 MI/s(每秒百万命令)。网格资源参数除了描述资源性质的参数,如资源名称、PE 数目、PE 处理速度(单位为 MI/s),PE 使用价格(单位为 G\$/s),还要包括描述资源分布性、异构性的参数,如生产厂商、机器型号、操作系统、所处时区等。具体资源描述和价格情况见表 1^[10]。

表 1 网格资源列表

资源名称	生产厂商、机器型号、操作系统、所处时区、PE 数、PE 处理速度、PE 使用价格
R1	Compaq, AlphaServer, OSF1, +10, 4, 515, 8
R2	Sun, Ultra, Solaris, +9, 4, 377, 4
R3	Sun, Ultra, Solaris, +9, 4, 377, 3
R4	Sun, Ultra, Solaris, +9, 4, 377, 3
R5	Intel, Pentium/VC820, Linux, +1, 2, 380, 2
R6	SGI, Origin 3200, IRIX, +1, 6, 410, 5
R7	SGI, Origin 3200, IRIX, +1, 16, 410, 5
R8	SGI, Origin 3200, IRIX, +2, 6, 410, 4
R9	Intel, Pentium/VC820, Linux, 0, 2, 380, 1
R10	SGI, Origin 3200, IRIX, -6, 4, 410, 6

2.3 实验过程及结果

我们保持网格资源提供者数目不变,网格任务长度在 50000 ~ 150000MI 范围内变化,分别利用本方法和标价的方法进行网格资源分配,并对分配的效果进行比较,见图 3 ~ 5。

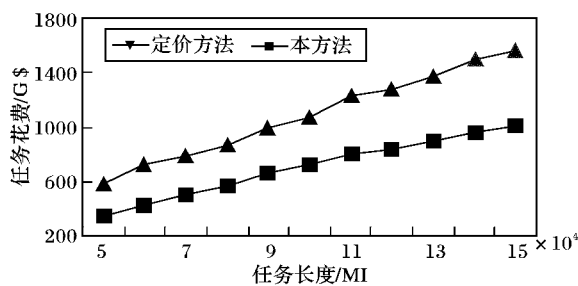


图 3 任务花费

图 3 和图 4 分别为两种方法在任务花费和任务完成时间上的比较,可以看出,与定价方法相比,本方法的花费明显要少,而且任务长度越长,花费差距越大,而在任务完成时间上这两种方法的差异不大。这是因为本方法会降低网格资源提供者的利润,为了能产生规模经济的效益,网格资源提供者就会青睐长度大的任务,网格资源提供者之间的竞争也会越来越激烈,因此用户的任务花费会降低。另外,这两种方法都是在保证完成时间的前提下追求花费最小,所以都会选择满足完成时间且花费最少的资源,所以完成时间差距不大,这与现实是相符的。图 5 为两种方法的用户满意度的比较,可以看出,与定价方法相比,本方法的用户满意度更高,更加符合用户 QoS 要求。

3 结语

运用经济机制进行计算网格资源管理是一个非常灵活有效的方法,本文着重介绍了一种基于在线反向拍卖技术的计算网格资源分配方法。本方法最大的优点就是能够有效降低网格用户的花费,最大化网格用户的利益,满足用户 QoS 要求。除此以外,本方法满足优势策略激励相容、预算平衡和个人理性,因此是一种有效的计算网格资源分配方法。

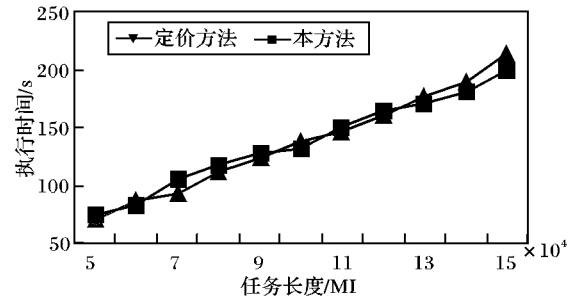


图 4 任务完成时间

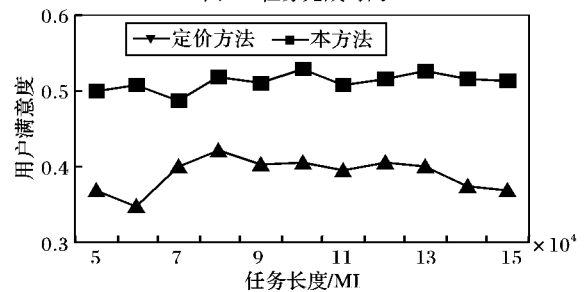


图 5 用户满意度

参考文献:

- [1] FOSTER I, KESSELMAN C. The Grid: blueprint for a new computing infrastructure [M]. USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 1999: 1 - 124.
- [2] FOSTER I, KESSELMAN C, NICK J, *et al.* The physiology of the Grid: an open Grid services architecture for distributed systems integration[EB/OL]. [2007 - 07 - 15]. www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf, 2002.
- [3] NEWHOUSE S. Grid economic services specification[C]// Grid Economic Services Architecture Working Group. [S.l.]: [s.n.], 2003.
- [4] BUYYA R, ABRAMSON D, GIDDY J. An economy driven resource management architecture for global computational power Grids[C]// Proceedings of the 2000 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications. Las Vegas: C SREA Press, 2000: 26 - 29.
- [5] BUYYA R. Economic - based distributed resource management and scheduling for grid computing[D]. Australia: School of Computer Science and Software Engineering, Monash University, 2002.
- [6] ASSUNCAO M, BUYYA R. An evaluation of communication demand of auction protocols in grid environments[C]// Proceedings of the 3rd International Workshop on Grid Economics and Business. Singapore: World Scientific Press, 2006.
- [7] BUYYA R, MURSHED M. GridSim: a toolkit for modeling and simulation of grid resource management and scheduling[J]. Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2002, 14 (13 - 15): 1175 - 1220.
- [8] LIANG Z Y, SUN Y, ZHANG L, *et al.* Reverse auction-based grid resources allocation[C]//PRIMA. [S.l.]: [s.n.], 2006: 150 - 161.
- [9] LI C L, LI L Y. QoS based resource scheduling by computational economy in computational grid[J]. Information Processing Letters, 2006, 98(3): 119 - 126.
- [10] SPEC. All SPEC CPU2000 Results[EB/OL]. [2007 - 03 - 01]. http://www.specbench.org/osg/cpu2000/results/cpu2000.html, 2007.