

## 一种基于双边拍卖的复制优化策略

杨 涛,刘贵全

(中国科学技术大学 计算机科学技术系,安徽 合肥 230027)

(tsinxin@mail.ustc.edu.cn)

**摘 要:**提出了基于连续双边拍卖协议的复制优化策略,解决数据网格中复制优化策略难以适应数据高度自治性和动态性的问题。首先给出了双边拍卖机制的实现模型,接着给出了分布式的连续双边拍卖协议算法和基于零智慧增强学习的投标策略,最后使用 Optorsim 对模型和复制优化策略进行仿真。实验结果表明,该复制优化策略与基于单边拍卖的优化策略相比,具有较低的任务运行时间和网络有效占用率,较好的存储和计算资源利用率。

**关键词:**数据网格;经济模型;连续双边拍卖协议;零智慧增强学习

**中图分类号:** TP393 **文献标识码:** A

## Replica optimisation strategy based on continuous double auction

YANG Tao, LIU Gui-quan

(Department of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei Anhui 230027, China)

**Abstract:** A replication strategy based on a double auction mechanism was discussed to solve the problem that the replication strategy cannot be adapted to the high autonomy and dynamics of data. Firstly, a double auction model was described. Secondly, a continuous double auction protocol's implementation based on the distributed Continuous Double Auction Protocol (CDA) and Zero Intelligence Plus (ZIP) bid strategy were given. Finally, simulation with Optorsim was carried out to the replication strategy and model. The experiment results show that, compared with the one-side auction, the proposed model and strategy provide less operation time and higher network use rate, better Computing Elements (CE) and Storage Elements (SE) utilization ratio.

**Key words:** data grid; economic model; continuous double auction protocol; Zero Intelligence Plus (ZIP)

## 0 引言

数据网格是一种网格环境下共享数据和存储资源的架构<sup>[1]</sup>。在数据网格中,用户任务的执行代价取决于所需的计算、数据和网络资源代价。数据复制创建数据的副本,将副本分布到网格站点中,从而减少用户访问数据延时和带宽消耗,被看作减少任务执行代价的主要技术。为了满足网格资源高度动态和自治的要求,数据复制采用的策略包括:最佳副本选择策略,副本创建和删除策略。社会经济学中的经济模型和机制为解决复制优化问题提供了一种分布式的方法,通过本地优化,利用市场经济模型将优化扩展到全局<sup>[2]</sup>。目前,应用于数据网格复制优化的经济模型主要有商品市场模型和拍卖模型两类。

拍卖模型中资源提供者和用户独立作用,在交易价格达成一致时,仅需要很少的全局信息,具有分布式的结构,并且容易实现。根据买方和卖方之间交互的不同,拍卖可以分为单边拍卖和双边拍卖两类。在单边拍卖中,资源提供者提交竞价到中央拍卖师,拍卖师基于不同的拍卖机制确定获胜者。常用的协议有:第一价格密封和 Vickrey 拍卖。在双边拍卖中,用户和资源拥有者都提交竞价,成交价格由拍卖师根据不同的双向拍卖机制来决定。这与在仅具有一对多的市场结构的传统单向拍卖中,交易者只能按照预先设定的角色进行买或者卖的单向操作有着本质的区别。

本文基于连续双边拍卖协议(Continuous Double Auction, CDA),提出了数据复制优化策略的实现模型,给出了协议的分布式算法,在模型中使用零智慧增强学习方法(Zero Intelligence Plus, ZIP)作为竞标策略,最后通过欧洲数据网格的仿真器 OptorSim<sup>[3]</sup>对模型和算法进行实验模拟,与单边拍卖协议进行比较。

POPCORN<sup>[4]</sup>项目提供了基于市场机制的分布式计算框架,采用的是 Vickrey 拍卖协议;Nimrod-G<sup>[5]</sup>支持大部分的经济模型,根据服务质量、资源费用、处理能力来进行资源贸易和作业调度。资源的定位基于最终期限和预算限制调度算法,目标是最小化工作的运行时间和网格资源的使用代价;在文献[6]中,利用基于二项分布 Binominal 和 Zipf 的估价函数来判断是否在本地产建副本和在本地产存储空间已满时如何替换副本,给出了单边拍卖的实现模型,使用基于 Vickrey 协议的优化策略选择代价最小的最佳副本,通过发起嵌套拍卖在本地产建副本;在社会经济中的证券交易市场中广泛应用的 CDA 协议,在网格资源定位中也有应用,但在现有的实现中需要全局的拍卖市场,带来扩展性差和单点失效的问题。

## 1 基于双边拍卖的复制优化策略

### 1.1 双边拍卖模型

在本文提出的双边拍卖模型中,有三个主要组成部分(如图 1 所示):存储代理(Storage Broker)、用户代理(User

收稿日期:2006-02-28

作者简介:杨涛(1977-),男,云南大理人,硕士研究生,主要研究方向:网络技术; 刘贵全(1970-),男,四川彭山人,副教授,博士,主要研究方向:多 Agent 系统、机器学习、网络安全、网格技术。

Broker)和本地拍卖市场(Local Market Auction, LMA)。网络站点都部署有1个LMA,而User Broker和Storage Broker的个数是根据站点的计算机元CE和存储元SE个数确定。

User Broker:帮助用户在拍卖市场中选择适当的拍卖;管理用户的任务;对所需数据资源进行估价,发送竞标Bid到拍卖市场相应的拍卖师;接收其他用户的竞标,根据竞标策略调整Bid价格。

Storage Broker:拥有网格数据资源,参与拍卖师运行的双边拍卖。向拍卖师发送竞标,与用户代理不同的是,这里的竞标称为要价Ask;从拍卖师接收拍卖结果;对允许加入的控制信息和任务调度进行反应。存储代理在收到用户代理的对数据文件的竞标后,根据对数据文件的估价,判断是否在本地产建该数据副本,可以作为买方发出Bid。

LMA:提供双边拍卖机制实现和部署的支持。提供正在运行的拍卖集合,接收用户代理和存储代理的竞标。用户代理和存储代理通过逻辑数据文件名LFN和拍卖的描述来发现适用的拍卖师Auctioneer。

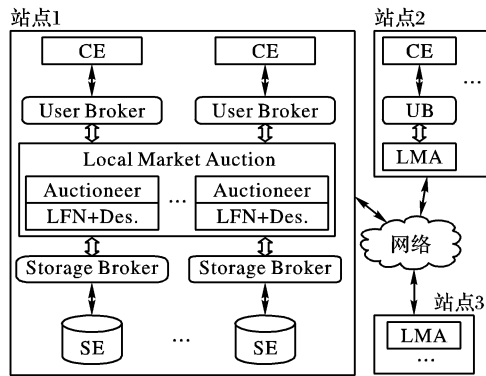


图1 双向拍卖模型

## 1.2 连续双边拍卖协议(CDA)

本文中基于双边拍卖协议的复制优化策略从两个方面进行考虑:1)优化策略必须是分布式的算法,没有中央决策机构,副本创建和最佳副本的选择在本地作出决策;2)优化策略不依赖于全局信息,必须适应数据网络高度动态和自治的特征。由于在CDA中没有交易阶段划分,在任何时候用户代理和存储代理都可以向拍卖市场提交竞价和要价,LMA中拍卖师职能弱化为收集竞标和形成交易,适合本文中的模型实现并且能够满足优化策略的要求。

CDA协议描述如下:拍卖师保存当前提交的Bids和Asks,并进行排序,得到两个列表,假设在网格中有 $m$ 个用户代理, $n$ 个存储代理:

$$B_{\pi(1)} \geq B_{\pi(2)} \geq \dots \geq B_{\pi(k)} \quad k \leq m$$

$$A_{\sigma(1)} \leq A_{\sigma(2)} \leq \dots \leq A_{\sigma(l)} \quad l \leq n$$

1) 当拍卖师收到 $UB_i$ 新的竞标 $b_i$ ,作如下处理:

(a) If  $b_i \geq A_{\sigma(1)}$  then 宣布 $UB_i$ 和 $SB_{\sigma(1)}$ 可以交易,交易价格为 $\frac{1}{2}(b_i + A_{\sigma(1)})$ ;

(b) If  $b_i < A_{\sigma(1)}$  then 将 $b_i$ 插入到当前Bids列表中。

2) 当拍卖师收到 $SB_j$ 新的出价 $a_j$ ,作如下处理:

(a) If  $a_j \leq B_{\pi(1)}$  then 宣布 $SB_j$ 和 $UB_{\pi(1)}$ 可以交易,交易价格为 $\frac{1}{2}(a_j + B_{\pi(1)})$ ;

(b) If  $a_j > B_{\pi(1)}$  then 将 $a_j$ 插入到当前Asks列表中。

3)  $SB_j$ 向 $UB_i$ 发送传送准备好的消息。

4) 数据文件从 $SB_j$ 向 $UB_i$ 传送。

将上述的CDA机制直接应用到本文的复制模型中,会带来一些问题:1)交易机制没有中央权威机构的约束,没有全局的拍卖市场,拍卖的参加者不能同时得到相关事件的信息,所以本文使用异步机制和本地的拍卖市场;2)CDA要求竞标连续的到达,由于网络延时,也是不可能实现的,本文的机制中在交易双方发送竞标后,等待预先定义的时间,等待时间结束之后根据还价Offer来判定是否交易。所以本文的拍卖模型中增加了如下的规定:

1) 竞标(Bids或Asks)可以在任何时间点异步提交,没有时间限制,并且竞标能够被所有网格站点接收,设置竞标的传播最大跳数MAX\_HOP;

2) 任何收到的竞标能还价发送Offer或忽略,Offer仅回送给竞标的发起者;

3) 竞标发起者收到Offer并根据CDA协议判断是否进行交易,发送接收或拒绝消息,同时发送Offer者在发送下一个竞标之前等待回应或超时时间。

## 1.3 竞标策略

在本文的实现模型中,用户代理和存储代理使用零智慧增强学习规则作为竞标策略。ZIP策略的主要思想是:交易者将接收到其他交易者的竞标价格作为输入,计算自己下时刻的竞标价格的调整值,策略更详细的内容请参阅文献[7]。假设 $t$ 时刻,收到的喊价为 $q(t)$ ,所有交易者 $i$ 将使用下面的公式来更新喊价:

$$p_i(t+1) = p_i(t) + \Gamma_i(t) \quad (1)$$

$$\Gamma_i(t) = \gamma_i \Gamma_i(t-1) + (1 - \gamma_i) \beta_i (q(t-1) - p_i(t-1)) \quad (2)$$

其中 $\gamma_i$ 是学习速率, $\beta_i$ 是动力系数,定义 $\Gamma_i(0) = 0$ 。用 $p_i(t)$ 和 $q(t)$ 分别表示交易者 $i$ 学习到的价格和 $t$ 时刻的喊价。假定该交易者卖方,即提供数据副本的SE,则 $SE_i$ 更新它的学习价格的处理可以分为以下三种情况(买方的处理与此类似):

1) 喊价是Offer没有被接受且 $p_i(t) \geq q(t)$ ,说明 $SE_i$ 应该降低它的喊价。通过(1)和(2)式可以得到 $p_i(t+1) \leq q(t)$ ,假设 $\gamma_i = 0$ ;

2) 喊价(无论是Bid还是Ask)被接受且 $p_i(t) \leq q(t)$ ,说明 $SE_i$ 应该提高它的喊价。通过(1)和(2)式同样可以得到 $p_i(t+1) \geq p_i(t)$ ;

3) 喊价是Bid被接受且 $q_i(t) \geq q(t)$ ,说明 $SE_i$ 应该提高它的喊价。通过(1)和(2)式同样可以得到 $p_i(t+1) \leq p_i(t)$ 。

模型中所有交易者都使用ZIP策略来更新买价 $B(\cdot)$ 和卖价 $A(\cdot)$ 。用 $B_i(t)$ 和 $A_i(t)$ 分别表示第 $i$ 个交易者 $Trade_i$ 在 $t$ 时刻的学习到的bid和ask, $Trade_i$ 收到买价 $Bid(t)$ (或者是卖价 $Ask(t)$ ),将根据(1)和(2)式来更新它的学习价格 $B_i(t)$ (或者是 $A_i(t)$ )。满足 $Bid(t) > A_i(t)$ (或者是 $Ask(t) < B_i(t)$ )时交易,价格为 $q_i(t) = \frac{Bid(t) + S_i(t)}{2}$ (或者是 $q_i(t) = \frac{Ask(t) + B_i(t)}{2}$ )。

同样交易价格 $q_i(t)$ 也被通知到网格中,根据(1)和(2)式来更新学习价格和计算 $p_i(t+1)$ 。假如 $Trade_i$ 是买方在 $t+1$ 时刻的买价 $Bid_i(t+1) = 2p_i(t+1) - A_i(t+1)$ , $Trade_i$ 是卖方则在 $t+1$ 时刻的卖价 $Ask_i(t+1) = 2p_i(t+1) - B_i(t+1)$ 。

## 2 仿真与讨论

### 2.1 环境配置

本文使用开源的欧洲数据网格模拟器 OptorSim 实现了基于连续双边拍卖模型和优化策略,并与基于 Vickrey 协议的单边拍卖优化策略进行比较和分析。

本文实现的基于连续双边拍卖模型的优化策略中,在 SE 收到 Bids 和 Asks 时,使用系统的基于 Binominal 和 Zipf 两种估价函数来决策是否参加拍卖在本地创建副本。模拟参数文件使用欧洲数据网格实验床 cms-testbed 的网络拓扑、带宽和任务配置,模拟的参数为:访问模式为 Queue Access Cost;调度者个数为 4,任务持续时间 5 000ms,Zipf 的分布系数为 0.85,拍卖超时时间为 500ms,传递跳数为 50,嵌套深度为 2;每个数据文件大小为 10G。

### 2.2 结果分析

复制优化策略的评估标准<sup>[8]</sup>包括:

作业平均时间  $\bar{T} = \frac{T_{\text{作业总时间}}}{N_{\text{作业数}}}$ ,  $\bar{T}$  越小优化策略越优;

网络有效利用率  $R_{\text{ENU}} = \frac{N_{\text{远程访问文件次数}} + N_{\text{副本总数}}}{N_{\text{远程访问文件次数}} + N_{\text{本地访问文件次数}}}$ ,

$R_{\text{ENU}}$  越小优化策略越优;

存储元利用率为  $R_{\text{SU}}$ ,且  $R_{\text{SU}}$  越大优化策略越优;计算元利用率为  $R_{\text{CU}}$ ,且  $R_{\text{CU}}$  越大优化策略越优。

结果如图 2 所示,可以看出,在作业数较小的时候,Vickrey 单边拍卖策略的  $\bar{T}$  和  $R_{\text{ENU}}$  较小,但随着作业数的增加,本文的优化策略  $\bar{T}$  较小, $R_{\text{ENU}}$  显著减小,本文的优化策略始终具有较高的  $R_{\text{CU}}$  和  $R_{\text{SU}}$ ;且优化策略使用 Binominal 估价函数比 Zipf 估价函数性能要好。

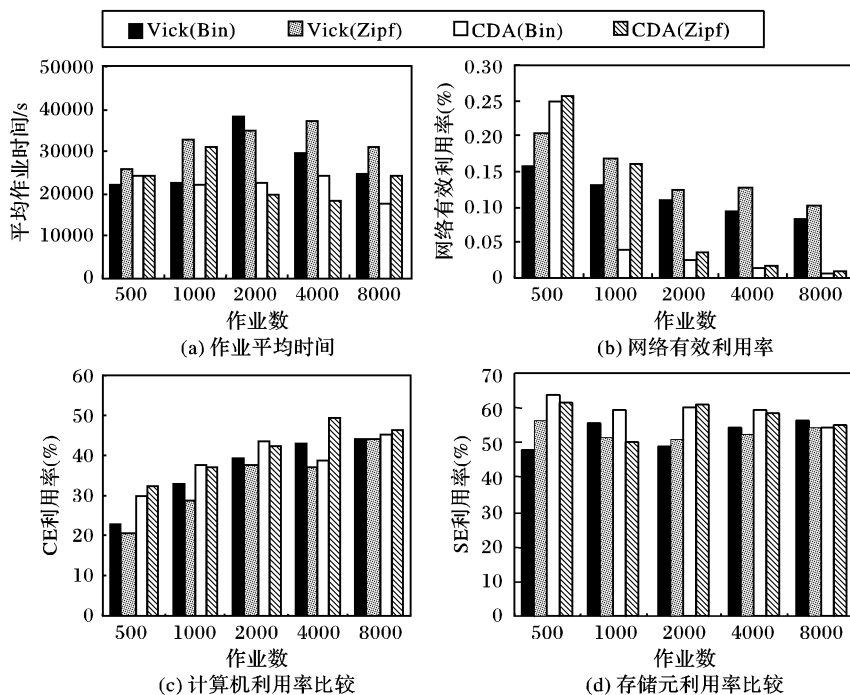


图2 实验结果

## 3 结语

本文提出了数据网格环境下基于双边拍卖机制复制优化策略的实现模型,针对网格环境下数据资源动态和自治的特征,实现了分布式的连续双边拍卖协议,满足了副本创建和最佳副本的动态选择策略要求。讨论了在双边拍卖协议中基于零智慧增强学习的竞标策略。使用 EU Data Grid 的仿真器 OptorSim 对模型和优化策略从计算元利用率、存储元利用率、网络利用率进行了评估,表明本文提出的优化策略较基于 Vickrey 单边拍卖协议的优化策略具有更好的性能。下一步的工作是在连续双边拍卖模型中增加信任机制和完善定价机制。

### 参考文献:

- [1] FOSTER I. The Data grid: Towards an architecture for the distributed management and analysis of large scientific datasets[J]. Journal of network and computer applications, 2002, (23): 187 - 200.
- [2] CARMAN M, ZINI F, SERAFINI L, et al. Towards an Economy - Based Optimisation of File access and Replication on a Data Grid [A]. CCGrid'02[C]. 2002. 340 - 345.
- [3] BELL WH, CAMERON DG, CAPOZZA L, et al. OptorSim: A Grid Simulator for Studying Dynamic Data Replication Strategies [J].

Journal of High Performance Computing Applications, 2003, 17 (4).

- [4] NISAN N, LONDON S, Regev O, et al. Globally Distributed Computation over the Internet -the POPCORN Project[A]. ICDCS'98[C]. 1998.
- [5] BUYYA R. Nimrod/G Problem Solving Environment and Computational Economies [A]. Grid Computing Environments Community Practice (CP) Document, Global Grid Forum (GGF)/First GGF Workshop[C]. Amsterdam, the Netherlands, 2001.
- [6] BELL WH, DAVID G, CARVAJAL-SCHIAFFINO R, et al. Evaluation of an Economy-Based File Replication Strategy for a Data Grid [A]. Proceeding of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and Grid(CCGRID'03)[C]. 2003.
- [7] CLIFF D. Minimal - intelligence Agents for bargaining behaviors in market-based environments[A]. Hewlett Packard Laboratories[C]. Bristol, England, 1999.
- [8] CAMERON DG, CARVAJAL - SCHIAFFINO R, et al. Evaluating Scheduling and Replica Optimization Strategies in OptorSim[A]. Proceedings of 4th International Workshop on Grid Computing (Grid2003)[C]. Phoenix, USA, 2003.