

基于赔偿的网格资源交易模型^{*}

李茂胜^{1,2+}, 杨寿保¹, 付前飞¹, 杨锦¹

¹(中国科学技术大学 计算机科学与技术系,安徽 合肥 230026)

²(安徽大学 管理学院,安徽 合肥 230039)

A Grid Resource Transaction Model Based on Compensation

LI Mao-Sheng^{1,2+}, YANG Shou-Bao¹, FU Qian-Fei¹, YANG Jin¹

¹(Department of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

²(Management College, Anhui University, Hefei 230039, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-551-5107406, E-mail: lmsheng@mail.ustc.edu.cn, http://www.ustc.edu.cn

Li MS, Yang SB, Fu QF, Yang J. A grid resource transaction model based on compensation. *Journal of Software*, 2006,17(3):472-480. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/472.htm>

Abstract: It is difficult to distinguish the reliabilities of different resources in the grid environment. For the first time the signaling game theory is applied to the research on grid resource reliability in the paper. A grid resource transaction model based on compensation is proposed and the solution is presented. Theoretical analyses and simulation results show that the resource provider should abandon the cheating motivation voluntarily. The resource demander could make right decision without other nodes' recommendations, so the calculating and communicating spending is reduced remarkably. This is a new solution to the problem of distinguishing resources' reliabilities in the grid environment.

Key words: grid computing; resource reliability; compensation; signaling game; market

摘要: 如何辨识资源的可靠性是网格应用面临的一个难题,首次将信号博弈理论应用于网格资源可靠性辨识,提出一种基于赔偿的网格资源交易模型,并对模型进行求解.理论分析和仿真实验表明,该模型可以使资源提供方主动摒弃恶意欺骗的动机,资源请求方不必参考其他节点的评价即可作出正确的选择,从而极大地简化计算,降低通信开销,为网格资源可靠性辨识提出了新的解决方案.

关键词: 网格计算;资源可靠性;赔偿;信号博弈;市场

中图法分类号: TP393 文献标识码: A

在传统的单机或集群系统中,由于资源的可控性,往往采用以系统为中心的集中资源调度策略以实现整体最优,在网格^[1]环境中,由于资源的广域性、自治性、动态性,传统的集中资源分配方式既难以实现也不能满足不同应用对资源需求的差异性.由于网格资源分配和社会资源配置具有相似性,借助市场机制解决网格资源分配具有可行性和优越性:首先,网格资源的提供者和使用者往往分属不同的组织,这必然涉及到费用问题,借助

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60273041 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2002AA104560 (国家高技术研究发展计划(863))

Received 2004-11-04; Accepted 2005-07-11

经济的力量可以自动均衡对资源的需求;其次,每个参与者可以根据自身偏好自主决策,实现分散的以用户为中心的网格资源分配模式;最后,市场中每个参与者追求个体利益最大化的行为会使得整个网格资源匹配趋于最优,这是传统的资源分配方式所追求但却难以实现的。

在网格资源管理和调度中,辨识资源的可靠性是一个重要问题.由于资源的异构性以及资源所有者管理策略的差异,不同资源提供服务的可靠性可能相差很大,而对利益的追逐会使资源提供者存在故意夸大资源可靠性的倾向,这增加了网格资源可靠性识别的难度.本文研究的主要内容是在计算市场环境下如何有效地辨识网格资源的可靠性.

1 相关工作

将经济理论应用于计算机系统的资源分配可以追溯到 1968 年 Sutherland 在 PDP-1 机器中提出的资源分配的拍卖机制^[2],随后的相关研究大多集中在借助价格机制解决集群和分布式系统的负载均衡问题^[3]上.近年来,随着网格研究的展开,将市场机制应用于网格资源分配的研究相当活跃^[4,5],其中有影响力的两个原型系统是以色列的希伯来大学开发的 Popcon^[6]和澳大利亚 Monash 大学开发的 Nimrod/G^[7],它们显示了经济学方法在网格资源分配上的有效性,但这些研究都没有涉及在市场机制下如何识别资源的可靠性问题.

目前,关于分布式多管理域网络资源的可靠性研究主要集中在信誉度方面,即给资源提供者按某种策略赋予一定信誉值,信誉值的大小反映了资源的可靠性程度.其实现方式主要有两类:一类是集中式信誉度模型^[8],由少数中心节点负责监督整个网络并授予所有节点的信誉值;另一类是分布式信誉度模型^[9,10],每个节点在参考多个其他节点对某一资源的评价基础上,自主确定对该资源的信任度.信誉度模型应用于网格环境的主要问题表现为可扩展性差、计算复杂以及网络通信开销大,根本原因是资源提供者可能存在恶意欺骗以提高自身信誉值,各种解决方案都耗费了大量的额外资源(计算能力、通信能力等).

引入经济学理论来研究网格资源可靠性问题,借助市场承诺机制,在信号博弈理论^[11]的基础上提出了一种基于赔偿的网格资源交易模型.该模型使资源提供方不再倾向于恶意欺骗,资源使用方只需根据提供方承诺的赔偿价格即可有效判断资源的可靠性,与信誉度模型相比,极大地减少了计算量和网络通信开销.

本文第 2 节给出基于赔偿的网格资源交易模型并对模型求解.第 3 节对模型进行仿真.第 4 节分析模型中的若干关键问题.最后给出结论.

2 基于赔偿的网格资源交易模型

2.1 信号博弈理论

信号博弈是研究具有信息传递作用的信号机制的一般博弈模型,基本特征是两个(也可以是两类,每类有数个)博弈方,分别称为信号发出方(记为 S)和信号接收方(记为 R),它们先后各选择一次行为,其中 R 具有不完全信息,但可以从 S 发出的行为中获得部分信息, S 的行为对 R 来说好像是一种(以某种方式)反映其有关得益信息的信号^[11].

2.2 问题描述

网格资源的提供与使用通过市场买卖的方式来实现,市场参与者分为两种角色:任务代理(资源买方)和资源代理(资源卖方),双方的目的是最大化各自收益.考察某种资源的交易情况:假设每个资源代理提供的资源可靠性可能不相同,但资源的要价均为 K .这里的“可靠性”是指,在实际交易时,资源代理不会因为某种原因而中断服务的概率.资源代理知道其资源可靠性,并且承诺一个赔偿价格 F ,即如果交易时资源不能可靠地提供服务,则愿意给任务代理赔偿 F ,任务代理根据观察到的 F 决定成交策略.本文目的是建立一个有效模型,使不同的资源代理承诺的 F 能够反映其实际的资源可靠性.借助于信号博弈理论,可以将资源可靠性看作自然为资源代理选择的类型,将承诺的赔偿价格看作资源代理依据自己的类型向任务代理发出的信号,任务代理观察到承诺价格后推断资源代理的类型并作出相应的决策,据此可以建立相应的信号博弈模型.

2.3 模型结构

图 1 给出了基于赔偿的网格资源交易模型系统框架,资源交易过程为:

资源代理和任务代理在市场中注册.

资源代理和任务代理在网格银行中存入网格货币.

资源代理向市场发布资源价格信息,包括承诺的赔偿价格;任务代理可以观察到价格信息.

任务代理与选中的资源代理签约,合同监管者验证并代管双方的银行存款.

如果交易成功则将任务代理的银行存款划归资源代理帐户;如果交易失败则将资源代理的银行存款划归任务代理的帐户.

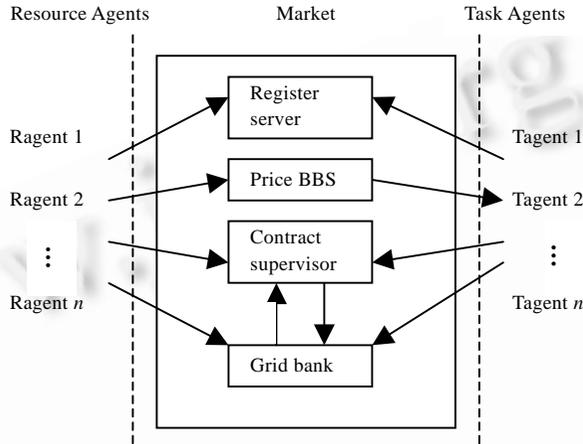


Fig.1 The framework of grid resource transaction model based on compensation

图 1 基于赔偿的网格资源交易模型系统框架

2.4 模型分析

假设资源可靠性为 r ,为讨论方便,令 $0 < r < 1$,资源要价为 K ,资源代理承诺的赔偿价格为 F .交易时如果资源可靠,任务代理的获利为 H ;如果资源不可靠,则任务代理遭受的损失为 L ,考虑到假设的合理性,令 $H > K > 0, F \geq 0$.任务代理的行为是确定成交的可能性(成交概率),用 y 来表示.基于赔偿的网格资源交易信号博弈模型可以表达为:

- (1) 自然随机决定资源可靠性为 r ,并且让资源代理知道.
- (2) 资源代理向任务代理承诺赔偿价格 F .
- (3) 任务代理看到 F (不知道 r 的实际值),然后确定成交可能性 y .
- (4) 资源代理的收益为 $U_S(r, F, y)$,任务代理的收益为 $U_R(r, F, y)$.

由于任务代理在观察到 F 后确定 y ,故可以认为 y 是 F 的函数,记 $y = f(F)$.定义收益为成交前后的利益的增加值,不考虑资金利率,如果没有成交,则双方的收益皆为 0.资源代理的收益期望为

$$U_S(r, F, y) = (rK - (1-r)F)f(F) \tag{1}$$

资源代理承诺的 F 应满足 $U_S(r, F, y) \geq 0$, F 的约束为

$$F \leq Kr / (1-r) \tag{2}$$

考虑到资源代理承诺的赔偿价格 F 往往是以成交价格 K 为参考对象,因此我们给出 $f(F)$ 形式为

$$f(F) = a \frac{F}{K} + b \tag{3}$$

其中 a, b 为系数,由 $f(F)$ 含义得知 a, b 应该满足约束:

$$a > 0, 0 \leq b \leq 1 \tag{4}$$

任务代理在观察到 F 后判断资源的可靠性为 r_i 的概率记为 $p(r_i | F)$,则任务代理的收益期望为

$$U_R(r, F, y) = f(F) \sum_{r_i} ((H - K)r_i + (F - L)(1 - r_i)) p(r_i | F) \tag{5}$$

其中 $0 < r_i < 1, 0 \leq p(r_i | F) \leq 1, \sum_{r_i} p(r_i | F) = 1$. 对照所要解决的问题, 我们的目标是求该模型的分离完美贝叶斯均衡解.

2.5 模型求解

先看资源代理的策略, 将式(3)代入式(1)有

$$\max U_S(r, F, y) = \max(rK - (1 - r)F) \left(a \frac{F}{K} + b \right) \tag{6}$$

假设 U_S 对 F 的偏导数存在, 令 $\frac{\partial U_S}{\partial F} = 0$ 可以求出满足式(6)的 F , 记为 F_1^* :

$$F_1^* = \frac{(ar + br - b)K}{2a(1 - r)} \tag{7}$$

任务代理判断资源代理会采用上述策略, 因而可以根据式(7)由 F 计算出资源代理的资源可靠性 r , 记为 r_1^* :

$$r_1^* = \frac{2aF + bK}{2aF + bK + aK} \tag{8}$$

任务代理对资源代理的类型判断为 $p(r = r_1^* | F) = 1$, 相应地, 任务代理的期望收益由式(5)变为

$$U_R(r, F, y) = ((H - K)r_1^* + (F - L)(1 - r_1^*)) (aF / K + b) \tag{9}$$

图 2 描述了资源代理承诺赔偿价格的约束曲线 S_1 和最优曲线 S_2 , S_1 对应于式(2)取等号的情况, S_2 对应于式(7).

现在分析函数 $f(F)$, 将式(7)代入式(3)得

$$f(F) = \frac{ar}{2(1 - r)} + \frac{b}{2} \tag{10}$$

由 $f(F) \leq 1$, 结合式(4)得 $r \leq (2 - b) / (2 - b + a)$, 令

$$r_2^* = (2 - b) / (2 - b + a) \tag{11}$$

将式(11)代入式(7)得

$$F_2^* = (1 - b)K / a \tag{12}$$

点 (r_2^*, F_2^*) 对应于图 2 中的点 A, 式(10)表明资源代理按式(7)确定赔偿价格时, $f(F)$ 随着资源可靠性 r 的增加而增加, 当 r 达到 r_2^* 时, $f(F)$ 达到最大值 1, 当 $r > r_2^*$ 时, 资源代理最优策略是承诺赔偿价格为 F_2^* . 任务代理对资源代理的类型判断也作相应调整:

$$p(r \geq r_2^* | F) = \begin{cases} 1, & F \geq F_2^* \\ 0, & F < F_2^* \end{cases}$$

下面分析任务代理策略, 由 $U_R(r, F, y) \geq 0$ 可知 $(H - K)r_1^* + (F - L)(1 - r_1^*) \geq 0$, 结合式(8)可以求出 F 必须满足 $F \geq \frac{K(aL - bH + bK)}{a(2H - K)}$, 令 $F_3^* = \frac{K(aL - bH + bK)}{a(2H - K)}$,

将 F_3^* 代入曲线方程 S_2 求解出对应的 r , 记为 r_3^* , 即 $r_3^* = \frac{2aL + bK}{2aH + 2aL + bK - aK}$, 点 (r_3^*, F_3^*) 对应着图 2 中的点 B. 当 $F < F_3^*$ 时, 任务代理应取 $f(F) = 0$; 若 $F_3^* \leq F < F_2^*$ 时, 任务代理按式(3)取 $f(F)$, 则资源代理在资源可靠性小于 r_3^* 时, 可以不按曲线 S_2 确定赔偿价格. 而在曲线 S_1 的约束下, 当 $r_6^* \leq r < r_3^*$ 时取赔偿价格为 F_3^* . 此

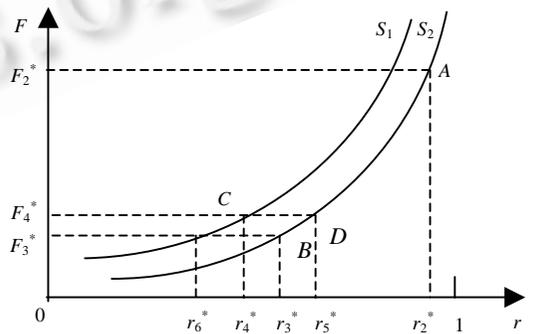


Fig.2 Resource Agent's strategy curve

图 2 资源代理的行为曲线

时, $U_S(r, F, y) \geq 0, U_R(r, F, y) < 0$. 因此, 任务代理应按曲线 S_1 计算使 $f(F) = 0$ 的 F 值. 由曲线 S_1 得 $r = F / (K + F)$, 代入任务代理约束方程 $(H - K)r + (F - L)(1 - r) \geq 0$ 解得 $F \geq KL / H$, 令

$$F_4^* = KL / H \tag{13}$$

将 F_4^* 代入曲线 S_1 方程式求得对应的横坐标, 记为 r_4^* , 有

$$r_4^* = L / (H + L) \tag{14}$$

点 (r_4^*, F_4^*) 对应着图 2 中的点 C, 当 $F < F_4^*$ 时, 任务代理应取 $f(F) = 0$. 当 $F = F_4^*$ 时, 令曲线 S_2 上对应的点 D 的横坐标为 r_5^* , 解得

$$r_5^* = (2aL + bH) / (2aL + bH + aH) \tag{15}$$

即资源代理在 $r_4^* \leq r < r_5^*$ 时, 应取赔偿价格为 F_4^* , 任务代理对资源代理的类型判断也作相应调整:

$$p(r_4^* \leq r \leq r_5^* | F) = \begin{cases} 1, & F = F_4^* \\ 0, & F \neq F_4^* \end{cases}$$

当 $r < r_4^*$ 时, 由于曲线 S_1 的约束, 资源代理承诺的赔偿价格应该小于 F_4^* , 此时, 任务代理会取 $f(F) = 0$, 因此可以简单规定 $r < r_4^*$ 时资源代理取 $F = 0$, 任务代理对资源代理的类型判断也作相应调整:

$$p(r < r_4^* | F) = \begin{cases} 1, & F < F_4^* \\ 0, & F \geq F_4^* \end{cases}$$

至此, 我们给出基于赔偿的网格资源交易模型的解:

A1: 任务代理的判断函数, 即任务代理观察到 F 后判断资源可靠性为 r 的概率为

$$p(r | F) = \begin{cases} \text{当 } F < F_4^* \text{ 时,} & \begin{cases} p(r < r_4^* | F) = 1 \\ p(r \geq r_4^* | F) = 0 \end{cases} \\ \text{当 } F = F_4^* \text{ 时,} & \begin{cases} p(r_4^* \leq r \leq r_5^* | F) = 1 \\ p(r < r_4^* \text{ 或 } r > r_5^* | F) = 0 \end{cases} \\ \text{当 } F_4^* < F < F_2^* \text{ 时,} & \begin{cases} p(r = r_1^* | F) = 1 \\ p(r \neq r_1^* | F) = 0 \end{cases} \\ \text{当 } F \geq F_2^* \text{ 时,} & \begin{cases} p(r \geq r_2^* | F) = 1 \\ p(r < r_2^* | F) = 0 \end{cases} \end{cases}$$

A2: 资源代理的策略为

$$F = \begin{cases} 0, & 0 < r < r_4^* \\ F_4^*, & r_4^* \leq r < r_5^* \\ F_1^*, & r_5^* \leq r < r_2^* \\ F_2^*, & r_2^* \leq r < 1 \end{cases}$$

A3: 任务代理的策略为

$$y = f(F) = \begin{cases} 0, & F < F_4^* \\ a \frac{F}{K} + b, & F_4^* \leq F < F_2^* \\ 1, & F_2^* \leq F \end{cases}$$

其中 $r_1^*, r_2^*, r_4^*, r_5^*$ 分别由式(8)、式(11)、式(14)、式(15)确定; F_1^*, F_2^*, F_4^* 分别由式(7)、式(12)、式(13)确定; a, b 为满足式(4)约束的系数.

定理 1. 满足 A1, A2, A3 的策略组成了基于赔偿的网格资源交易模型纯策略完美贝叶斯分离均衡.

从模型求解过程容易证明 A1, A2 和 A3 满足完美贝叶斯均衡的 4 个条件. 定理 1 表明, 模型解是符合预期要

求的,即资源代理会根据自己拥有的资源可靠性的不同而承诺不同的赔偿价格.

3 仿真结果

3.1 仿真参数设置

这里使用一定时长的 CPU 运算能力作为交易的资源,CPU 在提供服务时可能因为断电或管理者策略而终止服务,系统模拟了资源代理在提供的 CPU 资源可靠性为 r 时承诺不同的赔偿价格的收益情况.相关参数设置为 $K=1, H=8, L=2, a=0.2, b=0.01$,由此计算出模型解 A1,A2,A3 中的各参数为 $r_4^*=0.2000, r_5^*=0.3548, r_2^*=0.9088, F_4^*=0.2500, F_2^*=4.9500, F_1^* = \frac{r}{2(1-r)} - 0.025$.为了具有代表性, r 分别

从 3 个区间 $[r_4^*, r_5^*), [r_5^*, r_2^*), [r_2^*, 1)$ 各取一次值. F^* 是资源代理根据 A2 承诺的赔偿价格,为了与模型解对比,系统模拟了资源代理承诺的 20 个不同赔偿价格的收益,这些赔偿价格是在 $(0, F_{max}]$ 内等分选取的, F_{max} 是资源代理可以承诺的最高赔偿价格(由 S_1 确定).在图 3 和图 4 中, $F_{max} = 0.43$;在图 5 和图 6 中, $F_{max} = 1.86$;在图 7 和图 8 中, $F_{max} = 19$.对于资源代理承诺的每个赔偿价格,系统提供了 200 000 次交易机会.图 3、图 5 和图 7 描述了资源代理承诺不同的赔偿价格 F 时,实际成交次数与成功提供服务的次数.图 4、图 6 和图 8 描述了资源代理和任务代理每次交易机会的平均收益.

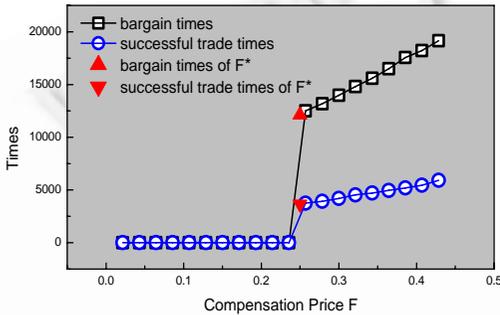


Fig.3 Bargain results when $r=0.30$

图 3 当 $r=0.30$ 时的交易结果

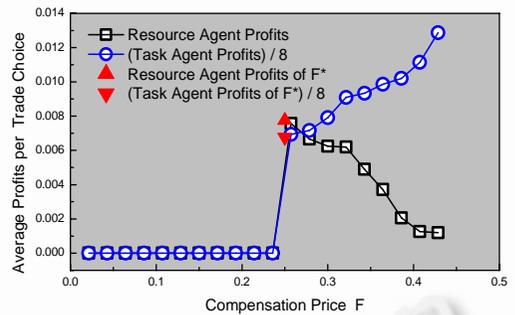


Fig.4 Average profits per trade choice when $r=0.30$

图 4 当 $r=0.30$ 时的每次交易机会的平均收益

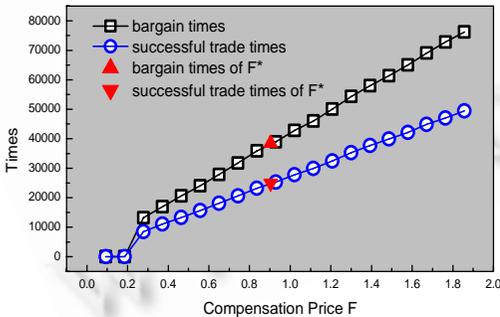


Fig.5 Bargain results when $r=0.65$

图 5 当 $r=0.65$ 时的交易结果

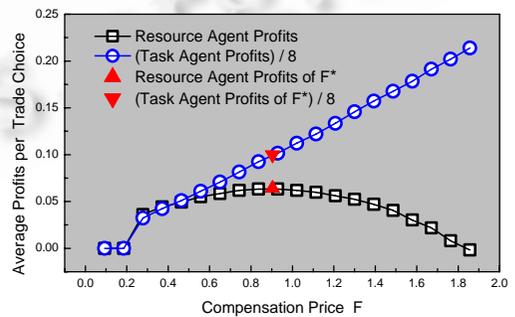
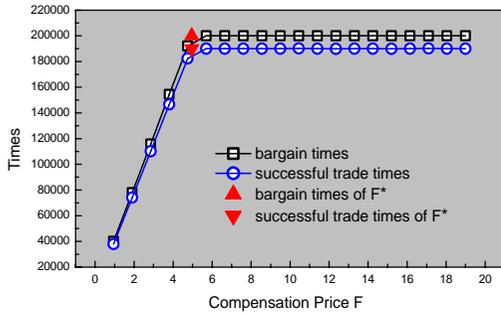
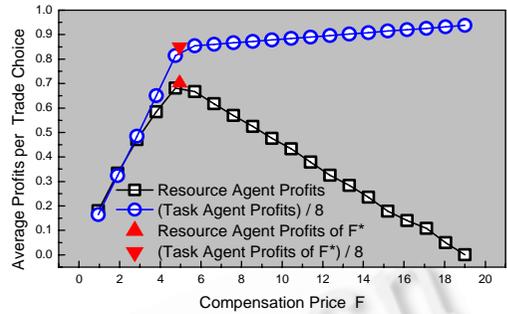


Fig.6 Average profits per trade choice when $r=0.65$

图 6 当 $r=0.65$ 时的每次交易机会的平均收益

Fig.7 Bargain results when $r=0.95$ 图 7 当 $r=0.95$ 时的交易结果Fig.8 Average profits per trade choice when $r=0.95$ 图 8 当 $r=0.95$ 时的每次交易机会的平均收益

3.2 仿真结果及分析

仿真结果表明:

(1) 在 3 种情况下,尽管承诺 F^* 没有使资源代理获得最多的交易次数,但都使资源代理每次交易机会的平均收益最大,表明资源代理应该按照模型解给出的策略 A2 承诺赔偿价格,相应的任务代理就可以根据 A1 判断资源的可靠性。

(2) 在上面的仿真参数下,任务代理可以正确地判断资源的可靠性位于 $(0, 0.2000)$, $[0.2000, 0.3548)$, $[0.3548, 0.9088)$, $[0.9088, 1)$ 4 个区间中的哪一个,当资源的可靠性位于 $[0.3548, 0.9088)$ 时,任务代理可以根据资源代理承诺的赔偿价格按照式(8)准确地判断出来。

(3) 资源代理承诺的最佳赔偿价格随着资源可靠性的增加而增加,资源代理追求自身利益最大化的行为使得任务代理有理由根据赔偿价格的高低来判断资源可靠性的太小。

(4) 可靠性高的资源能够给交易双方带来更大的收益,这与人们直观的认识相吻合。

4 模型相关问题分析

4.1 任务代理行为合理性分析

提出的模型假设任务代理的行为是在观察到资源代理承诺的赔偿价格后确定成交的可能性,当 $F_4^* \leq F < F_2^*$ 时,任务代理收益期望大于等于 0,由式(5)知,任务代理应取 $f(F)=1$,使得 $U_R(r, F, y)$ 最大化,而在模型求解过程中,均按式(3)确定成交可能性作为任务代理的最佳策略,这是有现实含义的:收益期望大于 0 并不表示在某一次实际交易时收益一定大于 0,这种不确定性会使任务代理在确定是否成交时表现得犹豫不决,符合实际生活中人们对不确定事件的反应,并且获得更多收益的可能性越大,人们越愿意成交,因此对任务代理行为的假设是合理的。

4.2 模型假设合理性分析

模型假设是否合理主要表现在两个方面:

(1) 模型假设市场中某种资源的不同资源代理要价相同,均为 K 。研究的主要内容就是如何避免网络环境下,资源交易中可能存在的恶意欺骗行为,而要达到欺骗目的最简单的方法就是:低可靠性资源拥有者向任务代理的要价总是和高可靠性资源拥有者的要价相同,以便让任务代理无法区分;否则,任务代理就可以根据资源代理的要价来区分其提供资源的可靠性,因此,尽管不同的资源代理提供的资源可靠性不同,但假设所有资源代理对同一资源的要价都相同。

(2) 模型对资源交易双方的抽象。将市场的参与者抽象为任务代理和资源代理两类人或两个人,所有的任务代理策略相同,所有的资源代理策略也相同。考虑到市场环境下的相互竞争会使所有任务代理的行为趋同,资源代理之间的相互竞争会使所有资源代理的策略一致,因此模型假设具有一定的合理性,这也符

合自由竞争的市场经济中买卖双方的行为特点.

4.3 任务代理对资源可靠性判断的准确程度

由 A2 得知提出的模型解是分离完美贝叶斯均衡,但不是完全分离,具体来说,当 $r_5^* \leq r < r_2^*$ 时,资源代理承诺的赔偿价格由式(7)来确定,任务代理可以准确判断出资源可靠性,是完全信号分离均衡;当 $r_2^* \leq r < 1$ 时,资源代理承诺相同的赔偿价格 F_2^* ;当 $r_4^* \leq r < r_5^*$ 时,资源代理承诺相同的赔偿价格 F_4^* ;当 $r < r_4^*$ 时,资源代理承诺相同的赔偿价格 0.尽管任务代理有时只能判断出资源可靠性的区间而得不出准确值,但在大多数情况下,这些信息已经足以让任务代理作出正确的决策.要达到更好的判断效果,任务代理可以通过调整参数 a, b 来调节 r_2^* 以及部分地调节 r_5^*, r_4^* 则完全由任务代理交易成功的获利 H 和交易失败的损失 L 来确定.

模型假设资源代理知道任务代理的所有决策信息(H, L, a, b),更具一般性的假设是资源代理只知道 a, b 而不知道 H, L ,此时,资源代理的唯一选择是按式(7)承诺赔偿价格以追求自身利益最大化,相应的任务代理就可以根据式(8)准确地判断出资源的可靠性,这是模型最理想的状态.

4.4 模型意义

由于 A1, A2, A3 组成了模型的纯策略完美贝叶斯分离均衡,因此这是一个稳定、合理、双方都不会主动偏离的 Nash 均衡,意味着只要任务代理给出相关的规则(如何确定成交可能性),资源代理就会在利益驱动下,主动、如实地以某种方式(承诺赔偿价格)向任务代理提供资源可靠性信息而不会恶意欺骗.与信誉度模型相比,该模型在解决网格资源可靠性辨识问题上具有以下优势:

(1) 算法简单,网络通信开销小.集中式信誉度模型的中心节点需要监督系统中每个普通节点的历史行为记录,并按某种算法计算其信誉值,普通节点的计算能力没有被利用,在大规模的网络环境中必然导致中心节点的计算瓶颈;在分布式信誉度模型中,任务代理需要参考大量其他节点对某个资源的评价,通信开销成为网络规模扩展的主要障碍.提出的模型与集中式信誉度模型相比,充分利用了每个参与者的计算能力,系统没有中央计算节点,不存在计算瓶颈,算法具有很好的分布性;与分布式信誉度模型相比,任务代理无须参考其他节点,只根据该资源代理承诺的赔偿价格就可以有效判断资源的可靠性,使网络通信开销降至最低,具有很好的可扩展性.由于网格环境中节点数量众多,模型的优越性将更加明显.

(2) 有效避免资源代理的恶意欺骗.在网格环境中,由于资源属于不同的管理者,任务代理往往难以直接获知资源的可靠性信息,信誉度模型是通过对资源代理的行为按某种算法进行评价,评价结果只对资源代理的下次交易产生影响,对已经发生的交易无能为力,这使得资源代理总是存在恶意欺骗的动机.另外,信誉度模型对首次提供服务的资源可靠性的评价是困难的.提出的模型要求资源代理在交易前承诺赔偿价格,是一种防患于未然的措施,在利益驱动下,资源代理会主动摒弃恶意欺骗的想法,以某种方式(承诺赔偿价格)诚实告知任务代理关于自身的资源可靠性信息.与信誉度模型“事后惩罚”的解决思路相比,这种“事前预防”的机制更加有效,为网格环境中如何辨识资源可靠性提出了一种简单而高效的解决方案.

5 结 论

借助信号博弈理论,提出了一种基于赔偿的网格资源交易模型,并对模型进行求解.理论分析和仿真结果表明,该模型能够有效解决网格环境下资源请求方如何辨识提供方的资源可靠性问题,与信誉度模型相比,可以极大地简化计算,降低通信开销.在模型应用中如何确定相关参数以适应不同应用环境是下一步的研究方向.

References:

- [1] Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The anatomy of the grid: Nabling scalable virtual organizations. *Int'l Journal of High Performance Computing Applications*, 2001,15(3):200-222.
- [2] Sutherland IE. A futures market in computer time. *Communications of the ACM*, 1968,11(6):449-451.

- [3] Ferguson D, Yemini Y, Nikolaou C. Microeconomic algorithms for load balancing in distributed computer systems. In: Proc. of the 8th Int'l Conf. on Distributed Systems. San Jose: IEEE Press, 1988. 491-499.
- [4] Subramoniam K, Maheswaran M, Toulouse M. Towards a micro-economic model for resource allocation in grid computing systems. In: Proc. of the 2002 IEEE Canadian Conf. on Electrical and Computer Engineering. Manitoba: IEEE Press, 2002. 782-785.
- [5] Gomoluch J, Schroeder M. Market-Based resource allocation for grid computing: A model and simulation. In: Endler M, Schmidt D, eds. Proc. of the 1st Int'l Workshop on Middleware for Grid Computing (MGC 2003). Rio de Janeiro: Springer-Verlag, 2003. 211-218.
- [6] Regev O, Nisan N. The popcorn market—An online market for computational resources. In: Proc. of the 1st Int'l Conf. on Information and Computation Economies. Charleston: ACM Press, 1998. 148-157.
- [7] Buyya R. Economic-Based distributed resource management and scheduling for grid computing [Ph.D. Thesis]. Melbourne: Monash University, 2002.
- [8] Resnick P, Zeckhauser R. Trust among strangers in Internet transactions: Empirical analysis of eBay's reputation system. In: Working Paper for the NBER Workshop on Empirical Studies of Electronic Commerce. 2001.
- [9] Cornelli F, Damiani E, Vimercati S, Paraboschi S, Samarati P. Choosing reputable servers in a P2P network. In: Lassner D, ed. Proc. of the 11th Int'l WWW Conf. Hawaii: ACM Press, 2002. 376-386.
- [10] Kamvar S, Schlosser M, Garcia-Molina M. The EigenTrust algorithm for reputation management in P2P networks. In: Proc. of the 12th WWW Conf. Budapest: ACM Press, 2003. 640-651.
- [11] Xie SY. The Economic Game Theory. 2nd ed., Shanghai: Fudan University Press, 2002 (in Chinese).

附中文参考文献:

- [11] 谢识予. 经济博弈论. 第2版, 上海: 复旦大学出版社, 2002.



李茂胜(1971 -),男,安徽全椒人,博士生,讲师,主要研究领域为网格计算,计算机系统结构,信息系统.



杨寿保(1947 -),男,教授,博士生导师,主要研究领域为计算机系统结构,分布式计算,信息安全,密码学.



付前飞(1973 -),男,博士生,主要研究领域为计算机系统结构,网格计算.



杨锦(1979 -),女,硕士,主要研究领域为网格计算.