

基于信任力矩的网络资源选择模型

刘玉玲¹, 杜瑞忠^{1,2}, 田俊峰¹, 袁鹏¹

(1. 河北大学 网络技术研究所, 河北 保定 071002; 2. 武汉大学 计算机学院, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 提出了基于信任力矩的网络资源选择模型, 将网络资源按类型划分为多个可信资源域, 每个域的网络资源由其域代理负责组织管理, 通过对资源节点进行信任评估, 依靠历史交易经验、当前资源属性和个人偏好综合判断, 实现了既注重用户资源选择的服务质量, 又能满足用户需求偏好的资源选择算法。通过仿真实验验证了模型的可行性和有效性。

关键词: 网格; 资源选择; 信任引力; 信任半径; 信任力矩

中图分类号: TN393.08

文献标识码: B

文章编号: 1000-436X(2012)04-0085-08

Model of grid resource selection based on the trust moment

LIU Yu-ling¹, DU Rui-zhong^{1,2}, TIAN Jun-feng¹, YUAN Peng¹

(1. Institute of Network Technology, Hebei University, Baoding 071002, China; 2. School of Computer, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The trust torque was defined as the product of trust gravitation and trust radius and the grid resource selection model based on trust torque was proposed. The grid resources are divided into many trusted resource domains according to different types and the grid resources of each domain are managed by its domain agent. A resource selection algorithm is realized by trust evaluation of resource nodes and comprehensive judgment of historical transaction experiences, current resource attributes and personal preferences. The algorithm not only pays attention to the service quality of resource selection for users, but also meets the requirements of different users. Simulation results verify the feasibility and effectiveness of our model.

Key words: grid; resource selection; trust gravitation; trust radius; trust moment

1 引言

资源选择是网格计算领域的重要研究内容之一。网格中的资源种类繁多, 功能各异。由于网格资源的开放性、分布性、动态性及复杂性, 面对海量的资源, 用户在增加选择机会的同时也面临着如何识别和选择高效、安全的资源问题。同时, 随着网格应用技术的不断发展, 由于处理对象、应用目标及内在结构的不同, 对网格资源除了普遍性需求

之外, 还应考虑个人需求偏好, 因此如何根据用户的请求, 从网格资源中找到满足用户请求的资源, 并对它们加以选择已成为一件重要且复杂的工作^[1]。

Azzedin 等人^[2]首先把信任引入网格资源管理, 通过评估资源节点行为, 反映资源节点的可信程度。Buyya 等人^[3]从用户成本、供求关系等经济学角度建立了一个网格市场模型 GRACE, 并提出了一种基于时间和成本约束^[4]的网格资源选择策略, 但该模型假设资源是安全可靠的, 这种理想化的假

收稿日期: 2011-07-05; 修回日期: 2012-02-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60873203, 61170254); 河北省杰出青年自然科学基金资助项目 (F2010000317); 河北省自然科学基金资助项目 (F2010000319, F2010000331)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (60873203, 61170254); Hebei National Funds for Distinguished Young Scientists (F2010000317); The Natural Science Foundation of Hebei Province (F2010000319, F2010000331)

设与网格现实环境中存在良莠不齐的资源现状是不一致的。文献[5]提出了普适环境下一种基于信任的服务评价和选择模型，借助自然科学中的万有引力定律，定义了“信任引力”的概念，但在“信任引力”公式中假设服务请求方的质量不变，这并不符合现实情况，现实中服务请求方的请求是随着上下文环境等因素动态变化，在公式中也没有给出质量函数的具体量化计算方法，此外，该模型会因服务提供方不断切换服务而导致大量中间信息的存储，因此降低了模型的可用性。文献[6]针对网格资源选择中用户对服务质量的定性描述和选择的自私性，提出了一种利用云理论和资源代理实现网格资源选择的策略，给出了相关调度算法。文献[7]依据 QoS 指标及用户偏好，提出了基于应用偏好模糊聚类的网格资源策略。文献[8,9]主要考虑资源提供者 QoS 的各属性要求，而对需求者自身的主观偏好考虑不充分，因此无法满足用户需求的多样性。针对上述研究现状，在文献[5]的基础上，结合模糊相关理论，提出了基于信任力矩的网格资源选择模型。

在目前的科学研究中，将自然科学相关概念引入信息领域解决问题的现象越来越普遍。Peng 等^[10]基于万有引力定义了“数据引力”的概念，并把其应用到数据分类领域，基于引力大小把不同的数据分到不同的集合中取得了很好的分类效果。本文借助人类社会购买商品经验，除了关注卖家商品对买家的吸引力，还要考虑买家对卖家的信任程度，认为在网格资源交易过程中也遵从此选择规律。当有多个网格节点同时提供同类资源时，资源请求节点需要依靠历史交易经验、当前资源属性和个人偏好综合判断进而有效地选择最佳交易对象。一个具有更好资源的网格节点能对请求该资源的节点体现

出更大的吸引力，借用万有引力定律定义其为“信任引力”，资源请求节点对于资源提供节点的信任程度定义为“信任半径”，“信任引力”与“信任半径”的乘积定义为“信任力矩”，并将其作为资源选择的依据。

2 基于信任力矩的网格资源选择模型

2.1 模型逻辑结构图

借鉴文献[11]的思想，本文构建由 Root-Agent、Resource Domain-Agent 和 Resource Node 组成的 3 层结构框架，如图 1 所示。

采用层次化管理方式的好处如下：1)把具有相同类型的资源节点逻辑上划分到一个资源域，管理与维护方便；2)由于相同类型的资源存放于同一个资源域，查询时可有效降低“泛洪”式搜索所带来的弊端。

模型由一个绝对信任根 Root-Agent(RA)、若干个资源域 (RD, resource-domain) 组成；每个资源域 RD 由一个资源域代理(RDA, resource domain-agent)及若干个资源节点(RN, resource node)组成。

1) RA 属于轻量级代理，是绝对可信的信任根，负责系统中所有 RDA 的管理，主要任务是管理和存储所有资源的名称、资源域代理的 ID，各个资源域之间通信信息的收集、转发等。

2) RDA_i 是系统中第 i 个资源域中节点的管理者， RDA_i 负责管理和存储资源域 i 中所有资源节点的信息；负责接收、转发资源请求节点的请求信息；提供如信任引力计算等部分计算职能；负责存储资源节点 ID，声誉 R 及资源状态 S 等信息，存储结构为 $\{(ID, R, S) \mid ID \in (1, \dots, n), R \in R^+, S \in (0, 1, 2, 3, 4)\}$ 如图 2 所示。资源状态 S 用来表征该服务节点当前的繁忙程度，用 L 表示该资源服务节点定义所能提供

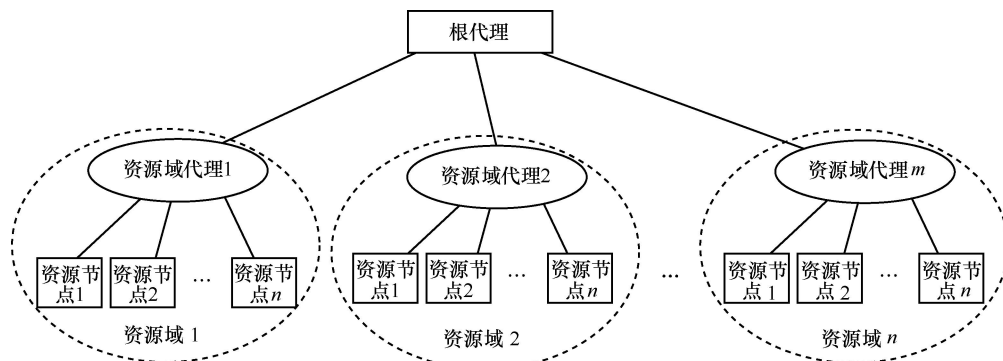


图 1 模型逻辑结构

服务的最大值， l 表示该服务节点当前正在提供的服务个数，其中， $0 \leq l \leq L$ 。根据该服务节点当前正在提供服务的情况，可以把该服务节点的繁忙程度划分为不同等级，为了简单，划分为5个等级，等级越高，说明该服务节点越繁忙，用式(1)表示。

$$S = \begin{cases} 0, & l = 0 \\ 1, & l \in \left(0, \left\lceil \frac{L}{4} \right\rceil\right] \\ 2, & l \in \left(\left\lceil \frac{L}{4} \right\rceil, \left\lceil \frac{L}{2} \right\rceil\right] \\ 3, & l \in \left(\left\lceil \frac{L}{2} \right\rceil, \left\lceil \frac{3L}{4} \right\rceil\right] \\ 4, & l \in \left(\left\lceil \frac{3L}{4} \right\rceil, L\right] \end{cases} \quad (1)$$

资源节点ID	声誉R	资源状态S
--------	-----	-------

图2 RDA的存储结构

3) RN是拥有资源的网络节点。该节点提供某种资源能力时称为资源提供节点，记为 N_p ；对某种资源提出需求时，该节点称为资源请求节点，记为 N_q 。

2.2 定义相关

定义1 资源域。在网络环境中，根据所拥有资源类型的不同，将资源节点逻辑上划分为不同的域，如计算资源域、存储资源域等。

定义2 资源质量。表征资源服务性质的一组非功能属性，用 QoR 表示。本文抽取了资源费用 P 、资源安全性 S 、资源可用性 A 、资源真实性 F 4个代表性属性组成资源质量 $QoR = \{P, S, A, F\}$ 。为了便于处理，采用归一化方法把各属性值转化为(0,1)之间无量纲的量。

当前，关于信任的定义还没有统一，D.Gambetta^[12]定义信任为对实体未来行为的一种期望，是事先对一个实体执行特定动作的主观可能性的期望程度，是主体对客体的特定动作的主观可能性预期，取决于以往经验，且随着客体行为的变化而不断修正。

定义3 信任。借鉴文献[12]中关于信任的定义，本文将信任定义为在网格环境下，各资源节点通过不断的交易，逐渐形成节点间相互的信任程度，这种信任程度通过信任力矩来表示。

定义4 个人偏好。资源请求节点的主观属性，用于体现资源请求节点对服务节点的信任程度。

定义5 隶属度。设论域为非空集合 $X = [0, +\infty]$ ， x 为 X 中的元素，对任意的 $x \in X$ 给出映射 $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$ ， $x \mapsto \mu_A(x)$ 。则 μ_A 确定一个 X 的模糊子集 A ， μ_A 称为 A 的隶属函数， $\mu_A(x)$ 称为 x 对 A 的隶属度。

定义6 信任向量。定义为影响节点间交易的因素所构成的向量，用 $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ 表示，其中 $u_i (i = 1, \dots, n)$ 为影响交易结果的因素，如交易时间、交易金额、安全性、真实性、可用性等，这些特征向量不同程度地影响交易结果。

定义7 权重因子。信任向量中，由于不同的因素对节点间交易影响程度不同，因此不同信任向量应赋予不同的权重，用 $W = (w_{11}, w_{22}, \dots, w_{mm})$ 表示， $\sum_{i=1}^n w_{ii} = 1$ ，其中， $w_{ii} (i = 1, \dots, n)$ 表示某一因素对交易结果影响所施加的权重。

定义8 期望距离。定义为资源请求者 N_q 所期望的资源质量 QoR_q 与资源服务者 N_p 所能提供的 QoR_p 之间的差距，用 d_e 表示。期望距离采用欧氏距离方法计算。假设资源质量 $QoR = \{P, S, A, F\}$ ， N_q 和 N_p 之间的期望距离计算采用式(2)计算。

$$d_e = \sqrt{(P_p - P_q)^2 + (S_p - S_q)^2 + (A_p - A_q)^2 + (F_p - F_q)^2} + \Delta B \quad (2)$$

其中， P_q 、 S_q 、 A_q 和 F_q 分别代表 N_q 期望的资源费用、安全性、可用性和真实性的属性值， P_p 、 S_p 、 A_p 和 F_p 分别代表 N_p 实际能够提供的资源费用、安全性、可用性和真实性的属性值。为了防止 N_p 完全满足 N_q 的所有质量属性要求，导致期望距离 d_e 为0，在式(2)中增加了一个很小但不为0的实数 ΔB 。计算得到的 d_e 越小，表明 N_p 提供的资源越接近 N_q 的需求。

定义9 交易满意度评价。定义为资源请求节点 N_q 和提供节点 N_p 每次交易结束后，对交易结果满意程度的评判，用 $U(N_q, N_p)$ 表示，且 $U(N_q, N_p) \in [0, 1]$ 。 N_q 和 N_p 交易失败， $U(N_q, N_p) = 0$ ； N_q 和 N_p 交易成功且 N_p 提供的服务令 N_q 完全满意， $U(N_q, N_p) = 1$ 。

定义10 声誉。是对资源提供节点所有历史交

易记录中得到的交易满意度的综合评价价值,用 R_n 表示,考虑信誉随时间衰减特性,通过式 (3) 进行声誉计算。

$$R_n = \begin{cases} U_n(N_p, N_q), & n = 1 \\ \frac{R_{n-1} + U_n(N_p, N_q)}{2}, & n \geq 2 \end{cases} \quad (3)$$

其中, n 为 N_q 和 N_p 的交易次数。

定义 11 渴求度。体现资源请求节点对资源需求的紧迫程度的函数,用式 (4) 表示。

$$Q = e^{-k \left[\frac{\Delta t}{T_0} \right]} \quad (4)$$

其中, Δt 为等待时间, $\Delta t = t_{\text{end}} - t_{\text{begin}}$, t_{begin} 为资源请求节点发起时刻, t_{end} 为资源提供节点响应时刻。 T_0 表示间隔周期, k 表示资源请求节点的渴求程度。

定义 12 信任质量。分为资源提供节点的信任质量和资源请求节点的信任质量,分别用 M_p 和 M_q 表示。

M_p 是资源提供节点声誉的函数。

$$M_p = f(R) = \gamma R \quad (5)$$

其中, γ 定义为吸引因子,与资源提供节点提供服务得到的满意评价次数相关。满意评价次数越多,表明其吸引能力越强,信任质量也就越大。

M_q 是关于请求节点渴求度的函数。

$$M_q = f(Q) = \delta Q \quad (6)$$

其中, δ 为渴求因子,与资源请求节点得到服务资源后是否立即使用相关。如果请求节点不立即使用所请求的资源,下次再进行资源请求时就降低 δ 的取值,以示惩罚,减小其信任质量。

2.3 模型基本原理

当用户需求某种资源时,首先向本资源域内代理 RDA_i 发出服务请求,该请求信息包括需求资源名称、资源质量描述、备选节点个数、请求节点信任质量等信息。资源域代理 RDA_i 将该请求信息转发给可信根 RA,可信根 RA 根据需求资源名称等信息将该请求发送给能提供该资源的其他域代理。 RDA_j 收到请求信息后,计算资源提供节点的信任质量和信任引力,并选择 n (请求节点提供的信息) 个信任引力高的节点作为备选节点;查询各备选节点的繁忙状态,将备选节点中的饱和节点删除,并

补充新的节点;选择完成后, RDA_j 将备选节点信息 (节点 ID、信任引力值等信息) 发送给可信根 RA;RA 再将这些信息转发给请求节点的资源域代理 RDA_i ; RDA_i 依据 RA 提供的信息,搜索请求节点的信任树,获取信任半径等信息;结合信任引力计算各备选节点的信任力矩,从中选择最大信任力矩的节点,并进行资源交易。

模型流程如图 3 所示,实现算法详见 2.4 节。

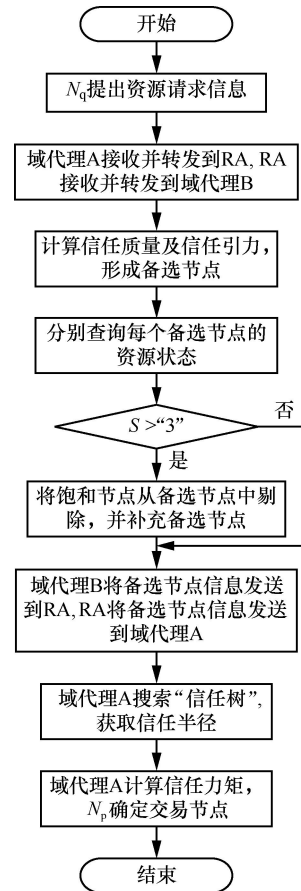


图 3 模型流程

2.4 信任的相关计算方法

2.4.1 信任引力的计算

万有引力定律是解释物体之间相互作用的引力定律,引力的大小与它们的质量乘积成正比,与它们距离的平方成反比,用公式表示如下:

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \quad (7)$$

其中, F 表示 M_1 和 M_2 之间的引力; G 是万有引力常数; M_1 是物体 1 的质量; M_2 是物体 2 的质量; r 表示两物体之间的距离。

在网格环境下,节点间的交易过程也体现某种相

互吸引关系。资源提供节点 N_p 的声誉越高，服务质量越好，对 N_q 吸引能力越强，即这种吸引关系和声誉成正比；同样，当资源请求节点 N_q 对某资源渴求度越高，表明对该资源需求越迫切，对拥有该资源的 N_p 表现出强烈的需求愿望，这种渴求度和引力之间也存在正比关系。相反，当 N_p 与 N_q 之间期望距离增大时， N_p 对于能满足 N_q 当前资源需求的能力越来越低，对 N_q 体现出越来越弱的吸引能力，这种吸引跟 N_q 与 N_p 之间的期望差距存在某种反比关系。借鉴万有引力定律，把网格环境下节点间的信任吸引称为信任引力，用 F_T 表示，用式 (8) 进行描述。

$$F_T = G \frac{f(M_p, M_q)}{d_e} \quad (8)$$

其中， G 是资源规模调整因子，表示为 $G = \left[\frac{G}{G_0} \right]$ ， G_0 代表网格资源规模均衡态因子， G 可根据网格资源市场中资源交易活动的频繁程度而动态改变。 $f(M_p, M_q)$ 为资源节点的信任质量函数， $f(M_p, M_q) = M_p M_q = f(R)f(Q)$ 。信任引力与信任质量函数成正比，与期望距离成反比。

2.4.2 信任半径的计算

定义 13 信任半径。简单而言，信任半径就是个人意愿把信任扩展到的范围大小。本文将信任半径定义为资源请求节点 N_q 对资源提供节点 N_p 提供某种资源能力的信任程度，属于 N_q 的个人主观偏好，体现的是 N_q 想把信任程度扩展范围大小的主观意愿，用 R_T 表示， R_T 越小，表明 N_q 对 N_p 的信任程度越大， R_T 体现的是一种局部信任关系。

定义 14 局部信任值。通过历史交易得出资源请求节点 N_q 对资源提供节点 N_p 提供服务能力的信任程度，用 LTV_{qp} 表示。初始局部信任值 LTV_{qp} 为 N_q 与 N_p 第一次交易后得到的满意度评价 $U(N_p, N_q)$ 。

人们习惯用自然语言来刻画信任等级，可以将信任关系划分为多个等级，借鉴文献[13]的思想，本文将网格系统中的信任关系分为 4 种：“绝对可信”、“一般可信”、“临界可信”和“不可信”，并采用二叉有序“信任树”存储某资源请求节点的信任半径，结构如图 4 所示。

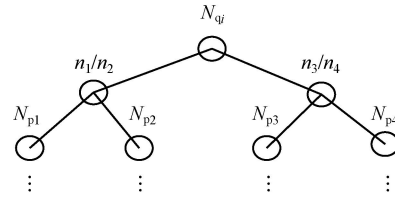


图4 “信任树”结构

在如图 4 中，根节点 N_{qi} 表示第 $i(i=1,2,\dots,n)$ 个资源请求节点， $N_{p1}, N_{p2}, N_{p3}, \dots, N_{pj}(j=1,2,\dots,m)$ 分别表示与 N_{qi} 有过历史交易的资源提供节点。

“绝对可信”和“一般可信”节点的个数存储在“信任树”左子树的根节点，分别用 n_1 和 n_2 表示。“绝对可信”的资源提供节点存储在左子树的左分支，“一般可信”的资源提供节点存储在左子树的右分支；“临界可信”和“不可信”节点的个数存储在“信任树”右子树的根节点，分别用 n_3 和 n_4 表示。“临界可信”的资源提供节点存储在右子树的左分支，“不可信”的资源提供节点存储在右子树的右分支。存储的某个资源提供节点的局部信任值 LTV_{ij} 越大，反映该资源请求节点对此资源提供节点的信任程度越高，信任半径 R_T 越小。信任半径计算式如式(9)所示。

$$R_T = 1 - LTV_{ij} + \Delta C \quad (9)$$

其中， ΔC 是一个不为 0 且非常小的实数，当 N_{qi} 对 N_{pj} 完全信任时， $LTV_{ij} = 1$ ，此时信任半径 R_T 为 ΔC 。

每次交易结束后，资源请求节点都对该次交易进行满意度评价，更新该资源提供节点的信任质量和“信任树”中的局部信任值 LTV_{ij} 。为了简化，本文仅考虑影响信任值 LTV_{ij} 的 2 个主要因素：交易金额和交易时间，信任值 LTV_{ij} 的更新公式定义如式 (10) 所示。

$$LTV_{ij}^{(k)} = \begin{cases} \omega_k U(N_{qi}, N_{pj})^{(k)}, & k = 1 \\ \sum_{n=1}^{k-1} (1-\alpha)\omega_n LTV_{ij}^{(n)} + \alpha\omega_k U(N_{qi}, N_{pj})^{(k)}, & k \geq 2 \end{cases} \quad (10)$$

其中， $\omega_h = \frac{\Phi(k, h)\Phi(m^{(h)})}{\sum_{l=1}^k \Phi(k, l)\Phi(m^{(l)})}$ ， k 为资源请求节点

N_{qi} 和 N_{pj} 交易总次数， $h(h \leq k)$ 代表节点 N_{qi} 和 N_{pj} 进行的第 h 次交易。 α 表示最近一次交易所

占的权重,考虑信任的时间性,交易者更看重近期交易,因此一般取 $\alpha > 0.5$ 。假设 N_{qi} 和 N_{pj} 总共交易了 k 次, ω_h 表示第 h 次交易结果对计算信任值的影响。 $\Phi(k, h)$ 表示时间衰减函数, $\Phi(k, h) = \eta^{k-h}$, ($0 < \eta < 1, 1 \leq h \leq k$), 体现第 h 次交易对计算信任值的影响, 距离当前时间越远, 影响越小。 $\Phi(m^{(h)})$ 是交易金额 $m^{(h)}$ 的函数, $\Phi(m^{(h)}) = e^{-\frac{1}{m^{(h)}}}$, $1 \leq h \leq k$, 体现的是交易金额对计算信任值的影响, 交易金额越大对计算信任值影响也越大。

2.4.3 信任力矩的计算

定义 15 信任力矩。定义为资源请求节点信任半径与资源提供节点信任引力共同作用而得到的信任程度的大小, 体现的是资源请求节点和资源提供节点交易中主、客观属性共同作用的结果, 用 M_T 表示。公式描述为

$$\begin{aligned} M_T &= F_T(1 - R_T) \\ &= G \frac{f(M_p, M_q)}{d_e} LTV_{ij} \\ &= G \frac{f(R)f(Q)}{d_e} LTV_{ij} \end{aligned} \quad (11)$$

从定义可以看出, 影响信任力矩的主要因素包括: 资源请求节点与资源提供节点的信任质量、资源请求节点与资源提供节点的当前期望距离和信任半径。

2.5 基于信任的资源选择算法

由于信任具有模糊性和不确定性, 而模糊逻辑是通过使用模糊集合来工作的, 是一种精确解决不确定不完全信息的方法, 其最大特点就是用它比较自然地处理人类思维的主动性和模糊性。

基于信任力矩的资源选择过程, 在判断资源节点的信任度时, 需要同时考虑诸多因素, 可以借助模糊理论中的综合评价法和 TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution)法^[14]解决。综合评价是对受到多个因素制约的对象做出总评价。TOPSIS 法是一种逼近理想解的排序方法, 是多属性决策分析中一种常用的有效方法。本文只列出建立评价对象因素集和评价等级论域的步骤, 详细算法见文献[14], 其余计算过程这里将不再赘述。

1) 建立评价对象因素集

评估对象因素集为信任向量 $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, 在本文中评估对象因素集为信任向量 $U = (u_1, u_2, u_3, u_4)$ 。其中, u_1 为资源提供节点的信任质量, u_2 为资源请求节点的信任质量, u_3 为当前的期望距离, u_4 为信任半径。

2) 建立评价等级论域 V

$V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$, m 为评语等级集合的个数, 每一个等级可对应一个模糊子集, 具体等级可以依据评价内容用适当语言描述。本文遵照“信任树”的定义将信任分为 4 级: 绝对可信、一般可信、临界可信及不可信, 并定义可信区间如下。

$T_1 \leq \mu_A(x) < T_2$: 表示“不可信”。至少有一方对另一方失去了信任。

$T_2 \leq \mu_A(x) < T_3$: 表示“临界可信”。双方没有充分理由相信或不相信对方。

$T_3 \leq \mu_A(x) < T_4$: 表示“一般可信”。双方经过多次一般事件“交易”而获得的相互信任。

$T_4 \leq \mu_A(x) \leq T_5$: 表示“绝对可信”。双方经过多次重要事件“交易”而获得的相互信任。

其中, $0 \leq T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 \leq 1$, T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 可以根据资源交易的规模、重要性由需求者动态设定, 体现了基于用户偏好的特点。对于重要的大额交易, 用户进行交易时一般都比较谨慎, 如可以设置 $T = (0, 0.4, 0.6, 0.9, 1)$; 对于一般的普通小额交易, 用户可以设置得宽泛些, 如 $T = (0, 0.3, 0.5, 0.8, 1)$ 。

3 仿真实验及结果分析

3.1 仿真平台

仿真实验采用 Java 语言开发的 GridSim^[15], 通过设定用户和资源, 生成具有特定规则的用户计算机和资源, 和现实网格环境中用户与资源多样性情况相符合。SimJava 是一款离散事件模拟工具, GridSim 扩展了 SimJava^[16], 可仿真网格环境中各种不同实体。因此, 利用 GridSim 仿真网格资源选择过程非常合适和可行。本文采用的是 Gridsim 4.2, 开发平台是 Eclipse 5.5, 语言采用 Java。

3.2 仿真实验参数设定

为了便于和其他模型相比较, 仿真中设定了 100 个资源节点, 查询周期为 1 000 个, 模型中各参数值设定如表 1 所示。

表 1 仿真参数及其取值

参数	值
k	1
γ	0.3 或 0.8
δ	0.3 或 0.8
α	0.6
η	0.5

3.3 仿真实验结果及分析

由于仿真实验建立在 Java 多线程机制下,代表资源节点各线程随机并发执行,所以实验运行结果也是随机的,在这里取多次运行结果的平均值。

本实验考察了 4 种典型的资源选择策略。

1) 随机(random)选择算法,该算法采取随机选择的方法选取某资源提供节点。

2) 基于严格成本的算法(DBC)^[4],该算法选择价格最低廉的资源提供节点,不考虑资源的安全性和风险。

3) 基于严格信任(strict trust)的算法^[5],该算法选择最可信的资源提供节点,而忽略选择的成本及代价。

4) 基于信任力矩(TM)的选择算法,该算法既注重资源的 QoS 属性,又兼顾了需求者的需求偏好。

3.3.1 重大交易成功率分析

本仿真实验重点验证不同资源选择方法随重大交易次数的增加其成功率的变化趋势。其中,重大交易是指交易金额较多、交易规模较大,交易前双方需要慎重考虑的交易。交易成功率则定义为资源节点成功交易次数与所有交易次数的比值,结果如图 5 所示。

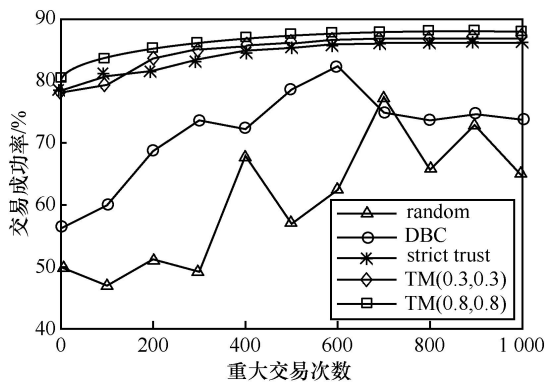


图 5 不同资源选择策略的交易成功率随重大交易次数增加的变化趋势

通过仿真验证发现,本文所采用的资源选择策略,交易成功率较基于严格信任的选择策略和基于严格成本的策略略高。这是由于基于严格成本的选择策略在选择交易对象时过分追求价格低廉的资源,从而忽略了资源的安全性属性,导致其交易成功率较低。基于严格信任(strict trust)的选择方式则是因为过分的强调资源的安全性,忽略了需求者的需求偏好,从而导致该算法选择出的资源安全性很高,但是可能并不符合需求者的喜好,使得其交易成功率略低于 TM 算法的成功率。而基于信任力矩的选择算法(TM)做到了资源的 QoS 属性和需求者需求偏好的兼顾,使其交易成功率高于其他算法。仿真实验中节点的信任引力随着吸引因子和渴求因子取值不同而变化,而资源交易的成功率会随着信任引力的增大而提高。

3.3.2 资源选择失效率分析

失效率指当请求节点无法找到满足要求的资源提供节点导致交易失败的次数与总提交资源请求数的比值。该仿真实验验证 4 种资源选择算法随着资源交易次数的增加其失效率的变化趋势,结果如图 6 所示。

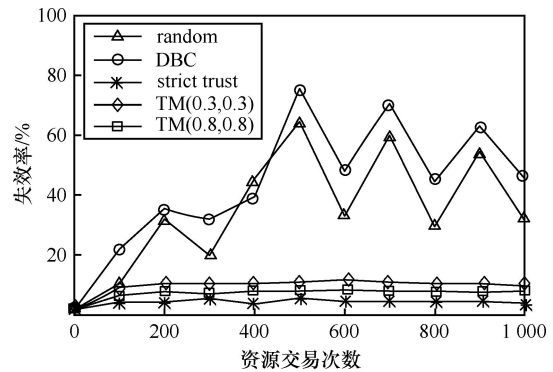


图 6 使用不同的资源选择策略时作业失效率的比较

通过仿真验证发现,基于严格信任(strict trust)的选择算法失效率最低,因为在满足安全性的前提条件下采用该策略始终会找到满足要求的资源提供节点。其次是采用基于信任力矩算法(TM)的资源选择方式,由于在资源选择的过程中要同时满足资源 QoS 属性和需求者的需求偏好,这就影响了资源选择的效率,但通过仿真实验可以看出,这种方式的失效率相对还是比较低的。然后是随机(random)选择方式,而失效率最高的是基于严格成本(DBC)的选择方式。实验中节点的信任引力随着吸引因子和渴求因子取值的不同而变化,信任引力越大,请求节点就越容易找到自己所需要的资源,资源选择的失效率也随之降低。

4 结束语

针对现有网格资源选择模型中, 往往忽略用户自身需求偏好的问题, 借用万有引力定律, 高效、安全的网格资源节点能体现出更大的吸引力, 定义“信任引力”与“信任半径”的乘积为“信任力矩”, 提出了基于信任力矩的网格资源选择模型, 将网格资源按类型划分为多个可信资源域, 每个域的网格资源由其域代理负责组织管理, 通过对资源节点进行信任评估, 依靠历史交易经验、当前资源属性和个人偏好综合判断, 实现了既注重用户资源选择的服务质量, 又能满足用户需求偏好的资源选择算法。最后, 通过仿真实验验证了模型的可行性和有效性。

参考文献:

- [1] LIU C, YANG L Y, FOSTER I, *et al.* Design and evaluation of a resource selection framework for grid applications[A]. Proceedings of IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing[C]. Edinburgh, Scotland, 2002.12-26.
- [2] AZZEDIN F, MAHESWARA M N. Towards trust-aware resource management in grid computing systems[A]. The 2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid[C]. USA, 2002.
- [3] BUYYA R, ABRAMSON D, GIDDY J, *et al.* Economic models for resource management and scheduling in grid computing [J]. Concurrency and Computation-Practice & Experience (S1532-0626), 2002, 14(13-15):1507-1542.
- [4] BUYYA R, M MURSHED, ABRAMSON D. A deadline and budget constrained cost-time optimization algorithm for scheduling task farming applications on global grids[A]. Proceedings of the 2002 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPFTA'02)[C]. Las Vegas, Nevada, USA, 2002.
- [5] 陈贞翔, 葛连升, 王海洋等. 普适环境中基于信任的服务评价和选择模型[J]. 软件学报, 2006, 17(11): 200-210.
CHEN Z X, GE L S, WANG H Y, *et al.* A trust-based service evaluation and selection model in pervasive computing environment[J]. Journal of Software, 2006, 17(11):200-210.
- [6] 马满福, 段富海, 黄志毅等. 基于云理论的网格资源选择[J]. 计算机应用, 2009, 29(4):1162-1164.
MA M F, DUAN F H, HUANG Z Y, *et al.* Grid resource selecting based on cloud theory[J]. Journal of Computer Applications, 2009, 29(4):1162-1164.
- [7] 郭东, 胡亮, 郭冰心等. 基于应用偏好模糊聚类的网格资源选择[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(7):1403-1407.
GUO D, HU L, GUO B X, *et al.* Grid resource selection based on preference-based fuzzy clustering[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29(7):1403-1407.
- [8] 马满福, 姚军, 王小牛. 基于 QoS 参数综合模型的网格资源选择优化[J]. 计算机应用, 2008, 28(6):1585-1587.
MA M F, YAO J, WANG X N. Grid resource selection optimizing based on QoS parameters integrated model[J]. Journal of Computer Applications, 2008, 28(6):1585-1587.
- [9] 齐宁, 黄永忠, 陈海勇等. 一种基于 QoS 的网格资源选择优化模型[J]. 计算机工程与应用, 2009, 44(8):142-144.
QI N, HUANG Y Z, CHEN H Y, *et al.* QoS-based grid resource selection optimization model[J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 44(8):142-144.
- [10] PENG L Z, CHEN Y H, YANG B, *et al.* A novel classification method based on data gravitation[A]. Int'l Conf on Neural Networks and Brain (ICNN&B)[C]. Beijing, China, 2005. 667-672.
- [11] ZHOU R, HWANG K. Trust overlay networks for global reputation aggregation in P2P grid computing [A]. The 20th International Parallel and Distributed Processing Symposium[C]. USA, 2006.
- [12] GAMBETTA D. Can we trust trust? [A]. Trust: Making and Breaking Cooperative Relations[C]. Basil Blackwell, 1990. 213-237.
- [13] 陈建刚, 王汝传, 张琳等. 基于模糊集合的网格资源访问的信任机制[J]. 计算机学报, 2009, 32(8):1676-1682.
CHEN J G, WANG R C, ZHANG L, *et al.* The resource access mechanism in grid based on fuzzy-trust[J]. Chinese Journal Computers, 2009, 32(8):1676-1682.
- [14] 徐玖平, 吴巍. 多属性决策的理论与方法[M]. 北京:清华大学出版社, 2006.
XU J P, WU W. Theories and Methods for Multiple Attribute Decision Making[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [15] BUYYA R, MURSHED M. GridSim: a toolkit for modeling and simulation of grid resource management and scheduling[J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2002, 14:1175- 1220.
- [16] HOWELL F, MCNAB R. Simjava: a discrete event simulation package for Java with applications in computer systems modeling [A]. Proceedings of First International Conference on Web-based Modeling and Simulation[C]. San Diego, CA, USA, 1998. 51-56.

作者简介:



刘玉玲 (1964-), 女, 河北保定人, 河北大学教授, 主要研究方向为信息安全和网络应用技术。

杜瑞忠 (1975-), 男, 河北献县人, 河北大学博士生、副教授, 主要研究方向为可信计算和信息安全。

田俊峰 (1965-), 男, 河北保定人, 博士, 河北大学教授, 主要研究方向为可信计算、信息安全和网络应用技术。

袁鹏 (1983-), 男, 河北保定人, 硕士, 主要研究方向为信任评估。