

一个基于市场机制和语义的服务调度模型^{*}

王 刚^{1,2} 邱玉辉¹ 蒲国林^{1,3}

(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)¹ (安康学院物理与计算机科学系 陕西 725000)²
(四川文理学院计算机科学系 达州 635000)³

摘 要 首先比较了当前资源调度的各种方法,讨论了把市场机制与语义相结合的原因及重要性。提出了基于市场机制和语义的服务调度模型(Market-Semantic)。它包括本体相似度的计算、效用函数的确定、资源价格的确定、约束条件下资源分配的最优解等。设计了基于语义元的本体相似性度量方法,把服务的性价比作为效用函数,实现了市场机制与语义的有效结合,为市场机制下根据语义获取用户满意的服务提供了一个方法与途径。最后,把 Market-Semantic 模型与 Max-Semantic, Semantic-Cost-Max-Min 等进行了比较,验证了 Market-Semantic 既能有效地分配资源,又能为用户提供满意的服务。

关键词 市场机制,本体,相似性,服务调度,语义,网格

Model of Service Scheduling Based on Market Mechanism and Semantic

WANG Gang^{1,2} QIU Yu-hui¹ PU Guo-lin^{1,3}

(Semantic Grid Laboratory, South West University, Chongqing 400715, China)¹

(Dept. of Physics and Computer, Ankang College, Shanxi 725000, China)²

(Dept. of Computer Science, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou 635000, China)³

Abstract We have a comparison of some present methods of resource scheduling and then we discuss the reason and importance of the market mechanism, and the methods of finding the best solution of the resource allocation. We design a method to measure the similarity of ontology based on semantic elements. We propose a model of service scheduling on the basis of the market and semantic matching (Market-Semantic). There provides a method to combine the market and semantic, there has a method of computing of the ontology similarity, the selecting of the efficiency functions, the decision of the price of the resource, and the solution of the resource allocation on the constraint condition. Finally, we have a comparison of the model between Max-Semantic and Semantic-Cost-Max-Min, it shows that our methods can not only allocate the resource, but also provide the satisfying service for user.

Keywords Market mechanism, Ontology, Similarity, Service scheduling, Semantic, Grid

1 引言

本体(Ontology)广泛应用在知识表达领域,如觉察上下文计算、文献检索、语义 Web 等。它的目标是捕获相关的领域的知识,提供知识的表示及对该领域知识的共同理解,确定该领域内共同认可的词汇,并给出这些词汇之间相互关系的明确定义。本体提供了推理机制,可以根据关系,进行推理,实现知识的共享,这是本体的最大特点和优点。通常的关系有^[1]: part-of 表达概念之间部分与整体的关系。kind-of 表达概念之间的继承关系, instance-of 表达概念的实例与概念之间的关系。attribute-of 表达某个概念是另一个概念的属性。如“价格”是“汽车”的一个属性。通常用有向图来表示本体,称为本体图。本体必须清晰地描述概念之间的关系,本体中的概念也必须清晰,无歧义,明确^[2,3]。

关于服务调度已有很多策略,可以归纳为:(1)面向应用的调度策略。它是从特定任务的角度来衡量每个可能的调度方案,从中选择最大程度满足特定任务要求的调度方案。不同的任务可能有不同的要求,一般的要求是尽量缩短任务执行时间,在使用计费资源时最小化费用,在多个资源可用的情

况下优先使用某个资源等。这一类策略不考虑调度方案对整个系统的影响,整个网格的性能可能受到一定影响。(2)面向系统的调度策略。它是从整个系统的角度来衡量每个可能的调度方案,从中选择能最大程度提高整个系统的性能,如吞吐率、资源利用率、负载平衡等。(3)面向资源市场的调度策略。它的主要思想是,把网格环境和市场环境进行类比,用户作为买方,而资源的拥有者作为卖方,资源调度的过程就是买卖双方的交易过程。市场机制非常适合解决网格资源的分配,首先,每个市场参与方根据市场价格和自身偏好自主决策;其次,微观经济学理论给出了网格资源分配效率的精确刻画。市场机制通过价格来调整资源的配置,使得供需达到一种平衡,称为一般均衡。在这平衡中所有资源都被利用,所有用户都获得了最大效用。正是这种分配效率,吸引了研究者把市场机制引入网格资源的分配。

服务调度是语义网格中研究的重要内容。本文认为,它不应该考虑时间、系统性能,更应该在服务调度中融入语义,服务的调度不应该仅仅是考虑让某个主体获取最佳服务,而是应该让整个系统根据语义获取满意的服务。因此,本文提出了基于市场机制和语义的服务调度的模型(Market-Se-

^{*}973 项目:基于语义的资源协同和管理研究(编号:2003CB317008);西南大学科技创新基金(编号:2006011)。王 刚 博士研究生,主要研究领域为网格计算;邱玉辉 教授,博士生导师,主要研究领域为人工智能、语义网格;蒲国林 博士研究生,主要研究领域为网格计算、数据挖掘技术。

mantic)。把概念与关系分解为语义元,用语义元来表示概念、关系的内涵,便于本体比较。通过计算本体的相似度,把追求用户收益最大与资源效益最大作为服务调度的目标,通过约束条件下的最优规划得到资源的分配方案,该模型既实现了根据语义选择用户满意服务,又充分利用了资源,为市场机制与语义相结合提供了方法与途径。

2 基于语义的本体相似性度量

2.1 语义元及匹配

本体相似性度量包括概念相似性度量、关系相似性的度量。当前,本体相似性度量主要集中在度量词汇相似性以及关系相似性。词汇相似性度量通过计算词语之间的距离来实现,计算词语之间的距离的方法有:利用本体的层次以及利用语料库,通过判断词语的相关性来计算。这些方法的困难在于:(1)基于本体的层次结构来比较概念的相似性,需要专家来精心安排概念所处的层次^[9]以及层次中概念所处的位置,然后计算概念的距离。然而,在实际应用中面对大量概念与关系,要准确确定它们的位置,这是非常困难的事情。(2)概念所处的位置对距离的影响。两个相同的概念,无论位于什么层,什么位置,计算出的距离应该相同,而同一概念理论上可以位于任何层的任何位置,由于基于距离的方法严格限制了概念的位置,使得相似度计算面临很多困难。(3)文献[10]提出了基于概念上下位关系的本体比较,由于上下位关系强调概念的上下位关系,不能有效表述概念的语义,例如概念“雪”与“冷”,由于它们不具有上下位关系,就不能确定它们之间的关系。而实际情况是,它们之间可以是蕴涵关系。

本文研究了基于语义元比较的概念相似度计算,它淡化了概念所处的位置,而强调概念内涵语义的表示。把概念分解为语义元,语义元是表示语义的不能再划分的基本单位,表示为 $C = \{\bigcup_{i=1}^k e_i\}$,例如:雪;{冷,冬天,毛衣,棉衣,0℃,风,水, ...}等,应该按照统一的标准来定义语义元。

语义元是最基本的语义单位,可以对语义元进行比较,判断语义元是否匹配。对概念 $C_1\{e_1, e_2, e_3, \dots, e_m\}$, $C_2\{e'_1, e'_2, e'_3, \dots, e'_n\}$

$$\text{sim}(e_i, e_j) = \begin{cases} 0; e_i \neq e_j (e_i \text{ 与 } e_j \text{ 不匹配}) \\ 1; e_i = e_j (e_i \text{ 与 } e_j \text{ 匹配}) \end{cases}$$

计算出了语义元相似度,概念 c_1 与 c_2 的相似度

$$\text{sim}(c_1, c_2) = \frac{1}{m \times n} \times \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{sim}(e_i, e_j)$$

m, n 分别为概念 c_1, c_2 中语义元的个数。

本体的概念相似度

$$\text{sim-concept}(O_1, O_2) = \frac{1}{n_1 \times n_2} \times \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \text{sim}(c_i, c_j)$$

n_1, n_2 分别为 O_1, O_2 中概念的个数。

关系由概念和关系名组成。例如最基本的关系 $R_1 = \{c_1, c_2, r_1\}$, $R_2 = \{c_3, c_4, r_2\}$, 表示关系 R_1 包含概念 c_1, c_2 , 关系名为 r_1 , 关系 R_2 包含概念 c_3, c_4 和关系名 r_2 , 关系名 r_1, r_2 也用概念来表示。

定义 $\text{sim}(R_i, R_j) = \text{sim}(c_i^1, c_j^1) \times \text{sim}(c_i^2, c_j^2) \times \text{sim}(r_i, r_j)$, $c_i^1, c_i^2 \in R_i, c_j^1, c_j^2 \in R_j$, 对于上述关系 R_1, R_2 , 它们的相似度计算包括概念的相似度与关系名的相似度计算, 如图 1, $\text{sim}(R_1, R_3) = \text{sim}(c_1, c_3) \times \text{sim}(c_2, c_4) \times \text{sim}(r_1, r_3)$ 。

$$\text{本体中关系相似度 } \text{sim-relation}(O_1, O_2) = \frac{1}{h_1 \times h_2} \sum_{i=1}^{h_1} \sum_{j=1}^{h_2}$$

$\text{sim}(R_i, R_j)$, 其中 h_1, h_2 为 O_1, O_2 中关系的数目。 $R_i \in O_1, R_j \in O_2$ 。

定义本体的相似度 $\text{sim}(O_x, O_y) = \text{sim-concept}(O_x, O_y) \times \text{sim-relation}(O_x, O_y)$ 。

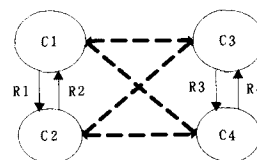


图 1 概念之间的比较

3 一般均衡的定义及存在性^[11]

3.1 市场机制与一般均衡

假设有 n 个消费者, m 个企业和 t 种资源, 用 x 表示资源 k 的数量, p 表示它的价格, 则 $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_t)$, $p = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_t)$, $X \cdot P = \sum_{i=1}^t P_i x_i$, 用 x_i 表示消费者 i 的消费向量 $x_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_t^i)$, 其中 x_k^i 是消费者 i 消费第 k 种资源的数量。 U_i 为消费者的效用函数, 每个消费者的活动是在预算约束下, 挑选消费组合, 以使自己的效用达到最大, 即挑选 x_i^* , 使得 x_i^* 为以下最优问题的解:

$$\begin{aligned} & \max_{x_i} u_i x_i \\ & \text{s. t. } P \cdot x_i \leq I_i \end{aligned}$$

其中 I_i 是消费者 i 的收入。如果用户拥有资源 W_i , 那么他的财富就是 $P \cdot W_i$, 预算约束可以写为: $P \cdot x_i \leq P \cdot W_i$, 如果 $\sum_{i=1}^n x_i^* + \sum_{j=1}^m x_j^* = \sum_{j=1}^m F_j(x_j^*) + \sum_{i=1}^n W_i$, 那么该经济就处于一般均衡状态。左边第一项是消费者需求, 第二项是生产者需求, 右边是总供应, 右边第一项是生产出来的产品, 第二项是原有的资源。

所谓一般均衡就是考虑市场之间的相互作用^[13], 把整个经济里所有市场的价格放在一起考虑。它的存在性是指存在一系列价格, 使得所有的市场都处于均衡状态, 即需求等于供应。它的含义有: (1) 每个消费者提供自己所拥有的投入要素, 并在各自的财富预算约束下购买产品以最大化自己的效用。(2) 每个企业都在给定价格下决定产品的产量和需求, 以最大化各自的利润。(3) 如果存在一套价格, 使得每个产品市场、每个投入市场上, 总需求等于总供应。那么该市场存在一个一般均衡, 而这套价格便称为一般均衡价格。

3.2 求消费者需求的最优解^[14]

优化问题通常受到一定条件的约束, 问题表示如下:

$$\max(f(x)); \text{ s. t. } g(x) \leq 0, h(x) = 0$$

其中 $f(x)$ 是目标函数, $g(x), h(x)$ 是约束条件。可以按 Kuntucher 定理来求最优解^[11]。

Kun-tucher 定理 假设 $f(x), g(x)$ 是可导的, 如果 x^* 是最优规划的解, 那么存在实数 $\lambda \geq 0$, 和 u , 使得

$$\frac{\partial}{\partial x_1} (f(x^*) - \lambda \frac{\partial}{\partial x_1} g(x^*) - u \frac{\partial}{\partial x_1} h(x^*)) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x_2} (f(x^*) - \lambda \frac{\partial}{\partial x_2} g(x^*) - u \frac{\partial}{\partial x_2} h(x^*)) = 0$$

.....

$$\frac{\partial}{\partial x_t} (f(x^*) - \lambda \frac{\partial}{\partial x_t} g(x^*) - u \frac{\partial}{\partial x_t} h(x^*)) = 0$$

例如:

$$\max(f(x_1, x_2)) = -x_1^2 + 2x_2$$

$$\text{s. t } x_1 + x_2 \leq 10$$

定义拉格朗日公式:

$$L = f(x_1, x_2) - \lambda \times g(x_1, x_2)$$

$$= -x_1^2 + 2x_2 - \lambda(x_1 + x_2 - 10)$$

对 L 分别求关于 x_1, x_2, λ 的偏导, 令偏导为 0

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = -2x_1 - \lambda = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = 2 - \lambda = 0 \quad (2)$$

$$x_1 + x_2 - 10 = 0 \quad (3)$$

根据 (1), (2), (3) 即可求得解: $x_1 = -1, x_2 = 11, \lambda = 2$ 。

4 市场机制和语义相结合的服务调度模型(Market-Semantic)

4.1 服务调度的模型

如图 2 所示模型中, 首先计算本体的相似度, 得到本体相似度表。假设用服务执行所需要的时间来等价于代价, 得到服务代价表, 如表 1。根据上述两表在约束条件下进行需求最优规划, 得到满足服务要求的资源调度序列。

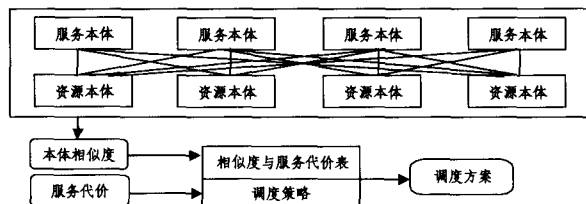


图 2 本体相似性度量与性价比最大调度模型

服务的代价包括系统的执行时间、网络的延迟时间。本文用服务完成预期需要的时间作为代价。如果多个任务在同一设备上运行, 代价为它们所需代价之和, 表 1 显示了 3 个服务与 3 个资源对应的语义相似度与代价。设 $s = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$, 分别表示 n 个服务与 m 个资源, $p = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ 是资源的价格向量^[12], p_j 是资源 r_j 的价格, 资源的分配就是 $n \times m$ 矩阵的一个解 f 。 f 的元素表示为 f_{ij} , 代表服务 s_i 与资源 r_j 的使用比例, 可行解定义为 $F = \{f \mid 0 \leq f_{ij} \leq 1, 0 \leq \sum_{i=1}^n f_{ij} \leq 1\}$, 矩阵 $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$, $f_i = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{im}\}$, 为了表示用户的满意程度, 引入效用函数 $u_i(f_i) = u_i(f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{im})$, 令 $B_i(p)$ 是在价格向量 p 下服务 s_i 能够获得的最大受益, 即 $B_i(p) = \max_{f_i \in [0,1]} (u_i(f_i) - p \cdot f_i^T)$ 。网络资源分配在解 f 时, 总效用为 $w(f) = \sum_{i=1}^n u_i(f_i)$, 最优解使得全部总效用最大, 当且仅当 (1) $f \in F$, (2) $u_i(f_i) - p \cdot f_i^T = B_i(p)$, (3) 对 r_j , $\sum_{i=1}^n f_{ij} = 1$ 。均衡状态就是每个用户都获得了最大收益, 每个资源都没有被浪费。

表 1 本体相似性与代价表

	资源本体 1		资源本体 2		资源本体 3	
	相似度	代价	相似度	代价	相似度	代价
服务本体 1	S ₁₁	C ₁₁	S ₁₂	C ₁₂	S ₁₃	C ₁₃
服务本体 2	S ₂₁	C ₂₁	S ₂₂	C ₂₂	S ₂₃	C ₂₃
服务本体 3	S ₃₁	C ₃₁	S ₃₂	C ₃₂	S ₃₃	C ₃₃

4.2 Market-Semantic 的服务调度

消费心理学认为, 用户往往倾向于购买性价比大的商品。

在市场环境中, 商品的价格往往与成本成比例。据此, 本文定义效用函数为 $u_i(x) = g_1 \frac{s_i}{c_i}(x)$, g_1 为常数, s_i 为本体相似度, c_i 为对应的成本。确定服务的成本是一个非常困难的事情, 本文把服务预计完成需要的时间作为服务的成本, 成本对应价格, 用户的收益 $B_i(f) = (g_1 \frac{s_i}{c_i} - g_2 \cdot c_i) \times f$, g_1 为常数, g_2 为常数。求上述解 f 的过程就是约束条件下多目标约束的问题。对 n 个目标, 要求 n 个目标的收益取得最大。

$$\text{Max}(B_i(f)) \text{ s. t } \begin{cases} \sum_{i=1}^n f_{ij} \leq 1 \\ \sum_{j=1}^m f_{ij} \leq 1 \\ f_{ij} \geq 0, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \\ f_{ij} \leq 1 \end{cases}$$

上述目标规划, 得到的解系列就是最优解。本文采用了 matlab 提供的 linprog 进行运算, 得到资源的分配结果。求出了 n 个解, 使得 $B_i(f)$ 达到最大, 则总效用 $\sum_{i=1}^n (B_i(f))$ 也达到了最大。

5 分析与比较

5.1 系统语义相似度最大调度算法 Max-Semantic

为了验证 Market-Semantic 资源分配效率最高, 且用户的收益也最大, 本文把 Market-Semantic 与 Max-Semantic, Semantic-Cost-Max-Min 调度进行了比较, 其中资源的使用效率定义为 $e = \frac{\text{使用的资源数}}{\text{全部资源总数}}$ 。

该算法以系统语义值最大为目标, 不考虑系统的成本与资源分配的效率。算法步骤如下:

- (1) 对矩阵 $s-r$, 其元素为 S_{ij}
- (2) 对矩阵 $s-r$ 所有的行, $length$ 为矩阵的行数
- (3) $place(i) = \max(s(i, :))$
- (4) 判断 $place(i)$ 中不同资源的个数 j
- (5) $j/length$ 即为资源的使用效率

5.2 Semantic-Cost-Max-Min 算法

传统的 MM 算法使用的是服务的执行时间矩阵, 它的目标是服务执行时间最短, 同时兼顾资源利用率, 这里使用的是服务的性价比矩阵, 把追求性价比最大作为目标, 同时兼顾资源的利用率。步骤如下:

- (1) 计算资源本体 i 与服务本体 j 对应的语义相似度 $\{s_{i,j}\}$;
- (2) 计算资源本体 i 与服务本体 j 的代价值 $\{c_{i,j}\}$;
- (3) 计算服务代价与语义相似度的比, 得到性价比矩阵 $\{c_{i,j}/s_{i,j}\}$;
- (4) 假设该服务与第 k 个资源的代价最小, 记为 $\text{mincost}(i) = \text{mct}(i, k)$, 其中 mincost 是一个包含 m 个元素的一维数组, 代表一个由各个最小代价组成的集合;
- (5) 从 mincost 中选具有最大代价的服务, 设服务为 t_a , 将该服务分配给相应的资源本体 b ;
- (6) 把 t_a 对应的值加到其它行对应的列, 从需要调度的非空任务集合中把服务 t_a 删除, 以更新代价表;
- (7) 反复执行 (4)-(6), 直到只剩下一个服务, 需要调度;
- (8) 对最后一个待分配的服务, 选择代价最小的资源提供服务, 自此得到了全部资源的分配序列;

(下转第 212 页)

or autonomous 3d reconstruction from a single indoor image[A] //CVPR'06[C]. 2006,2:2418-2428

- [31] L' P E, opez-de-Teruel, Ruiz A, et al. Efficient Monocular 3D Reconstruction from Segments for Visual Navigation in Structured Environments[A]//ICPR'06[C]. 2006,1:143-146
- [32] 冯志全,孟祥旭,李学庆,等. 基于单目体系的可见手重构算法研究[J]. 计算机学报,2006,29(3):448-456
- [33] 侯志强,韩崇昭. 视觉跟踪技术综述[J]. 自动化学报,2006,32(4):603-617
- [34] Chang M M Y, Wong K H. Model and pose acquisition using extended Lowe's method[J]. IEEE Trans. Multimedia, 2005, 7(2):253-260
- [35] Costeira J, Kanade T. A multibody factorization method for independently moving objects[J]. Int. J. Comput. Vision, 1998, 29(3):159-179

- [36] Chiuso A, Favaro P, Jin H, et al. Structure from motion causally integrated over time[J]. IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, 2002, 24(4):523-535
- [37] Yu Ying Kin, Wong Kin Hong, Chang M M Y. Recursive Three-Dimensional Model Reconstruction Based on Kalman Filtering[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B, 2005, 35(3):587-592
- [38] 孙凤梅,胡占义. 摄像机简化模型对三维重构的影响——分析与实验[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(10):2257-2262
- [39] 宋汉辰,张小义,吴玲达. 一种基础矩阵线性估计的鲁棒方法[J]. 软件学报, 2005, 31(15):178-185
- [40] Sabry F, El-Hakim, Angelo Beraldin J, et al. Detailed 3D Reconstruction of Large-Scale Heritage Sites with Integrated Techniques[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2004, 3: 21-29

(上接第 182 页)

(9)对上述资源分配的序列,计算出资源的分配效率 k 。

为了进行比较,本文假设资源与服务构成 $n \times n$ 矩阵, n 分别选取5,10,15,20。常数 $g_1=2000, g_2=1$,矩阵由Matlab随机产生。对上述三种调度方案,进行收益与资源效益的比较。结果如图3,可见,Market-Semantic调度的用户收益最大,Max-Semantic调度的用户收益比Semantic-Cost-Max-Min调度的要大,Semantic-Cost-Max-Min调度用户的收益最小。从图4可见,Market-Semantic调度的资源使用效率最高,其值为1, Semantic-Cost-Max-Min的资源使用效率比Max-Semantic的大,而Max-Semantic的资源使用率最低。这说明,Market-Semantic能够在提供用户最大收益的同时,即提供满意服务的同时,资源的使用效率也最高。

$n=5$ 时,本体相似度矩阵 s 及服务代价矩阵 c 分别为

$$s = \begin{bmatrix} 0.0002, 0.0005, 0.0002, 0.0001, 0.0003 \\ 0.0005, 0.0001, 0.0009, 0.0008, 0.0007 \\ 0.0007, 0.0006, 0.0001, 0.0000, 0.0003 \\ 0.0009, 0.0004, 0.0010, 0.0003, 0.0001 \\ 0.0004, 0.0002, 0.0007, 0.0005, 0.0004 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} 0.24, 0.56, 0.66, 0.31, 0.42 \\ 0.21, 0.42, 0.56, 0.35, 0.44 \\ 0.47, 0.24, 0.46, 0.56, 0.23 \\ 0.27, 0.21, 0.32, 0.44, 0.51 \\ 0.53, 0.42, 0.51, 0.44, 0.32 \end{bmatrix}$$

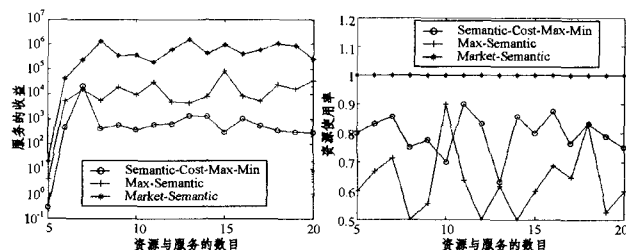


图3 收益比较图

图4 资源使用率比较

结束语 为了让用户获取满意的服务,本文把服务与资源表示为本体,进行了本体的语义相似度测量,然后利用市场机制的一般均衡原理,把语义相似度与成本的比值作为效用函数,得到能提供服务的资源序列,本调度模型与其它方式相比,整个系统资源使用率达到最大,客户服务收益最大。Market-Semantic模型实现了市场机制与语义的有机结合,为网格特别是语义网格服务的调度提供了一个有效的途径与方

法。然而以下主要问题需要进一步研究:如何更好地进行本体语义相似测量,是Market-Semantic的关键;如何更好地确定效用函数,把语义与用户偏好更好地结合起来;如何更好地确定资源的价格。虽然把服务执行的时间对应为成本和价格在理论上是可行的,但是如何准确估计服务完成的准确时间,如何更加科学地确定价格,需要更多的研究。

参考文献

- [1] Hong Suda. Ontology Based Resource Matching in the grid—The Grid Meets the Semantic Web// Proceedings of the Second International Semantic Web Conference. Sanibel-Captiva Islands, Florida, USA, October 2003
- [2] Liu, Foster I. A Constraint Language Approach ToGrid ResourceSelection// Proceedings of the Twelfth IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC-12). June 2003
- [3] Wache H, Vogeel T, Visser U, et al. Ontology-Based Integration of Information—A Survey of Existing Approaches// Proc. of the IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information Sharing. Seattle, WA, 2001:108-117
- [4] Li Lei, Horrocks I. A Software Framework for Matchmaking Based on Semantic Web Technology// Proceedings of the Twelfth International World Wide Web Conference (WWW2003). 2003
- [5] Paolucci M. Semantic Matching of Web Service Capabilities// Proceedings of the First International Semantic Web Conference (ISWC) 2002. 2003
- [6] Solomon M. Matchmaking Distributed Resource Management for High Throughput Computing[C]// Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing. Chicago, July 1998
- [7] Solomon M, Raman R. Resource Management through Multilateral Matchmaking// Proceedings of the Ninth IEEE Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC9). Pittsburgh, August 2000:290-291
- [8] Bianchini D. Hybrid Ontology Based Matchmaking for Service Discovery// Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied computing. 2006:1707-1708
- [9] 吴健,吴朝晖,李莹. 基于本体论和词汇语义相似度的 Web 服务发现. 计算机学报, 2005(4):166-173
- [10] Weinstein P, Birmingham W. Comparing concepts in differentiated ontologies. //Proc. of KAW-99. 1999
- [11] 易纲,海闻. 微观经济学. 上海人民出版社, 2003:185-201
- [12] 曹鸿强,肖依. 一种基于市场机制的计算网格资源分配方法. 计算机研究与发展, 2002(8)
- [13] 鲁昌,许永国. 一般均衡理论. 上海财经大学出版社, 2001
- [14] 何坚勇. 最优化方法. 清华大学出版社, 2007