

具备隐形协商空间的服务连续双向拍卖策略研究

徐俊 陆佳炜 吴斐斐 方赵林 肖刚

(浙江工业大学计算机科学与技术学院 杭州 310023)

摘要 针对 Web 服务市场化交易中,买卖双方单一报价交易成功率低的难点,提出了具备隐形协商空间的服务连续双向拍卖策略,定义了由交易双方的成本、报价形成的买卖双方报价协商空间,根据不同的服务供需环境,对议价采用不同的快速协商模式。模拟实验表明,该策略提高了服务交易成功率,又使得服务交易双方由传统单一固定的收益转变为根据市场环境获得区间内可变的收益,客观上有利于指导服务双方根据市场变化调整服务报价。

关键词 Web 服务,服务拍卖,服务协商

中图分类号 TP319 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.10.037

Double Auction Strategy with Invisible Negotiation Space on Web Service

XU Jun LU Jia-wei WU Fei-fei FANG Zhao-ling XIAO Gang

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract In the Web service trading market, there is a common phenomenon with low success rate of single bidding transaction between buyer and seller. The paper proposed a double auction strategy with invisible negotiation space on Web service. The strategy proposed defines a bidding negotiation space containing the cost and quoted price of both parties. According to the different environment of service supply-and-demand, the strategy adopts different fast negotiation models to bargain. Extensive simulation results show that the strategy improves the success rate of Web service transaction. Furthermore, it makes the bilateral parties of service transaction transform the traditional, single and fixed incomes into variable interval's incomes according to the market environment. Meanwhile, the results illustrate that the strategy proposed in this paper is propitious to guide the buyers and sellers to adjust quoted price with the change of the market environment objectively.

Keywords Web Service, Service auction, Service negotiation

1 引言

Web 服务^[1]是一种基于 XML(Extension Markup Language)、WSDL(Web Services Description Language)和 SOAP(Simple Object Access Protocol)等标准的面向服务架构(Service-Oriented Architecture, SOA)^[2]的实现技术。随着软件技术的快速发展,在大型企业级应用软件开发中,Web 服务成为快速开发以及软件重构与复用的关键技术。随着海量 Web 服务的出现,如何为用户在 Web 服务中选择满足用户需求的、高质量的、供需方实现利益最大化的服务成为新的研究重点。服务选择一般通过对服务的功能性属性以及非功能属性进行评估来确定,如服务成本(Cost of Service, CoS)和服务质量(Quality of Services, QoS)。目前,服务选择的研究主要集中在对服务质量的定义和评估上^[3],对服务成本的研究并不多。但随着同质化服务越来越多,采用市场方式进行自由交易将成为服务选择的重要方式,服务成本的研究必不可少。因为服务质量是客观难以改变的,但服务价格是可以

协商和调整的。所以在服务市场化趋势下,服务价格将成为影响服务选择的一个重要因素。

在服务市场化中,需要解决多个买卖方同时进行资源分配的问题:市场由 N 个买方和 M 个卖方以及一个拍卖中心组成,买方会不时地将需求提交到服务竞拍中心。而每个需求都对应一组能够满足需求的卖方,如何分配使得买卖方获得收益最大,就是多数量资源的拍卖问题。目前主要采用双向拍卖的方式进行资源分配。拍卖的依据主要由服务客观性指标如服务质量,服务主观性指标如服务价格决定。因而在服务客观性指标相对固定的情况下,通过调整服务报价可以影响服务采用概率。其中存在如下博弈:服务卖方希望交易价格越高越好,而服务买方希望价格越低越好。过高的服务价格可能会超过买方的承受能力,而过低的价格会导致卖方无法满足成本及利润需求,以上都会导致服务交易无法完成。合理的交易价格应能确保交易双方的服务成本和适度收益需求,同时又能体现市场供需变化情况,进而促进双方优化报价。

到稿日期:2015-09-24 返修日期:2016-01-06 本文受浙江省科技厅项目(2014C31078,2014C01048),浙江省自然科学基金(LQ12F02016)资助。

徐俊(1979-),男,硕士,高级实验师,主要研究方向为软件工程、服务计算, E-mail: xujun@zjut.edu.cn; 陆佳炜(1981-),男,硕士,讲师,主要研究方向为软件工程; 吴斐斐(1992-),女,硕士生,主要研究方向为服务计算; 方赵林(1972-),男,硕士,副教授,主要研究方向为网络技术及应用; 肖刚(1965-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为数字化技术、智能信息技术、产品族方法等。

2 相关研究

在资源拍卖研究领域, Sutherland 最早提出了在资源分配中的拍卖机制^[4]。随着网格技术的出现, 拍卖机制在网格的资源分配中得到了广泛的应用^[5,6], 这是因为基于拍卖机制的网格资源分配模型比传统分配模型更有优势。Gode 等人提出了多数量双向拍卖机制 MDAM (Multiple Double Auction Mechanism)^[11], 文献[7]提出了基于双向拍卖的适应性云计算资源分配, 对传统双向拍卖进行了优化。文献[5]则在连续双向拍卖的基础上提出了连续逆向拍卖, 并成功将其应用在云计算环境下的资源分配中。针对拍卖中的定价, 文献[8]等提出了云计算环境下的 PRaaS 的价格模型。相比以往研究中的服务固定报价, 文献[9]提出动态定价优于固定报价和随机报价。文献[10]研究有限资源通过定价机制来满足多维 QoS 需求, 其算法通过多次迭代将价格调整至最优。

以上对于资源或者服务的拍卖机制研究均是基于单一定价及其优化方法的。但是单一定价难以满足服务双方对于动态变化市场的收益调整需求, 同时因报价差导致的失败交易也只能通过二次交易进行解决。

3 具备隐形协商空间的服务连续双向拍卖模型

针对单一定价高失败率, 本文提出具备隐形协商空间的服务连续双向拍卖策略 INSDAM (Invisible Negotiation Space Double Auction Mechanism), 即改变服务单一报价为协商区间报价, 使得双方报价具有一定议价空间。然后根据不同的服务供需环境, 对议价空间采用不同快速协商模式。

定义 1 INSDAM 服务拍卖模型定义为 $A = \langle S, B, R \rangle$, 其中:

(1) $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$ 为服务卖方报价模型集合, $s_i = \langle SN_i, sp_i, sc_i, (q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik}) \rangle$ 为某服务卖方的服务报价模型, SN 为服务定义, 包含了服务提供的功能定义。 SN 的功能定义只有符合 BN 的功能要求才能产生交易机会。 sp_i 为其服务要价, sc_i 为其服务成本, $(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik})$ 为所能提供的服务质量属性参数。

(2) $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_m\}$ 为服务买方报价模型集合, $b_i = \langle BN_i, bp_i, bc_i, (q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik}) \rangle$ 为某服务买方的报价模型, BN 为服务买方定义, 包含了服务需求的功能定义, bp_i 为其服务出价, bc_i 为其成本价, $(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik})$ 为其所要求的服务质量属性约束。

(3) R 为最后交易映射, $R = \langle s_i, b_j, v \rangle$, 其中 s_j 为成功交易的服务卖方, b_i 为成功交易的服务买方, v 为最后成交价。

定义 2 INSDAM 成交意向空间 DIS 是基于双方报价的优先成交空间, 议价协商空间 INS 是基于双方成本价的价格协商空间, 其中:

(1) $[sp, +\infty)$ 为服务卖方成交意向区间 DIS_s , (sc, sp) 为服务卖方的议价协商空间 INS_s , sp 为服务卖方要价, sc 为成本价格。

(2) $(0, bp]$ 为服务买方成交意向区间 DIS_b , (bp, bc) 为服务买方的议价协商空间 INS_b , bp 为服务买方出价, bc 为成本价格。

(3) 当 $(sc, sp) \cup (bp, bc) \neq \emptyset$, 双方共同议价协商空间才存在, 要求 $bc > sc$ 。成交价格 v 需满足 $sc < v < bc$ 。交易中, sp 和 bp 是公开的, 但是 bc 和 sc 是对彼此隐藏的, 只有竞拍中心才可知, 因此称之为隐形协商空间。

定义 3 INSDAM 中针对不同市场环境采用不同的议价协商空间 INS , 其中:

(1) 供需均衡市场环境下买卖双方数量大体相等, 优先兼顾双方的收益, 即首先满足双方的报价 sp, bp , 以 DIS_s, DIS_b 交集作为 INS 。如 $sp \leq bp$, $INS = DIS_s \cup DIS_b = [sp, +\infty) \cup (0, bp] = [sp, bp]$ 。但如果 $sp > bp$, 继而以 INS_s, INS_b 交集作为 INS 。如 $sp > bp$, $INS = INS_s \cup INS_b = (sc, sp) \cup (bp, bc) = (sc, bc)$ 。

(2) 买方市场环境下方数量少于卖方, 优先满足买方收益, 即满足买方报价 bp , 以 INS_s, DIS_b 交集作为 INS 。 $INS = INS_s \cup DIS_b = (sc, sp) \cup (0, bp] = (sc, bp]$ 。

(3) 卖方市场环境下卖方数量少于买方, 优先满足卖方收益, 即首先满足卖方报价 sp , 以 DIS_s, INS_b 交集作为 INS 。 $INS = DIS_s \cup INS_b = [sp, +\infty) \cup (bp, bc) = [sp, bc)$ 。

4 具备隐形协商空间的服务连续双向拍卖策略

多数量连续双向拍卖策略将资源需求量按价格由高到低的顺序排列, 将资源供应量按照价格由低到高的顺序排列, 如图 1 所示。从而计算资源供需切合的竞争平衡 CE (Competitive Equilibrium) 价格, 买家出价高于卖家的则拍卖成功。其缺点是虽使得排列靠前的双方获得最大程度收益, 但是减少了整体成交数量, 导致较低的服务利用率, 在 Web 服务领域的服务缺失意味着更大的潜在收益损失。

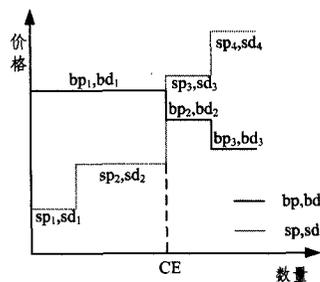


图 1 多数量双向拍卖示意图

服务领域拍卖机制既要具备多数量双向拍卖的快速成交的特点, 又需要提高服务利用率, 减少单一价格不匹配带来的交易失败。

4.1 定价策略

在多数量双向拍卖中以双方报价的中间价作为成交价, 其前提是卖方报价需要低于买方报价。而在 INSDAM 中, 根据不同的市场环境, 买卖双方具备了不同的价格协商空间 INS , 因此 INSDAM 的定价策略也将根据不同的市场环境而采用不同定价。

(1) 供需均衡市场环境 $INS = [sp, bp]$ 或 $INS = (sc, bc)$, 定价 v 为双方报价中间值或者为双方成本价中间值, 一旦 v 取值低于 sc 或者高于 bc , 则定价无效, 交易无法达成:

$$v = \begin{cases} sp + \frac{bp - sp}{2}, & \text{if } bp \geq sp \\ bp + \frac{sp - bp}{2}, & \text{if } sp \geq bp \text{ and } sc \leq bp + \frac{sp - bp}{2} \leq bc \\ \emptyset, & \text{if } bp + \frac{sp - bp}{2} > bc \text{ or } bp + \frac{sp - bp}{2} < sc \end{cases} \quad (1)$$

(2) 买方市场环境 $INS = (sc, bp]$, 定价 v 充分满足买方出价 bp , 但必须在卖方成本价 sc 之上, 定价 v 为 bp 与 sc 的中间值:

$$v = \begin{cases} sp + \frac{bp - sc}{2}, & \text{if } bp \geq sc \\ \emptyset, & \text{if } bp < sc \end{cases} \quad (2)$$

(3) 卖方市场环境下 $INS = [sp, bc)$, 定价 v 充分满足卖方出价 sp , 但必须在买方的成本价 bc 之下, 定价 v 为 bc 与 sp 的中间值:

$$v = \begin{cases} sp + \frac{bc - sp}{2}, & \text{if } bc \geq sp \\ \emptyset, & \text{if } bc < sp \end{cases} \quad (3)$$

以上的定价策略既考虑了对买卖双方成本价的保护, 同时又根据不同市场环境对买卖双方收益进行倾斜, 使得定价能客观反映市场供需变化, 因此 INSDAM 客观上有利于指导买卖双方根据市场变化调整服务报价。

4.2 分配策略

INSDAM 将隐形协商区域引入服务双向拍卖策略中, 根据不同的服务供需环境, 采用不同的分配策略。

(1) 如果环境为买方市场, 在价格和数量二维空间里, 将买卖双方按 bp 与 sc 从高到低进行排序, 如图 2 所示。然后从左到右, 依次取出单位数量买卖双方, 然后根据式(2)计算定价。如果定价存在, 表示服务成交; 如果定价不存在, 则剔除卖方, 依此循环操作直到一方为空。此种分配方式能最大程度地确保买方成交量。

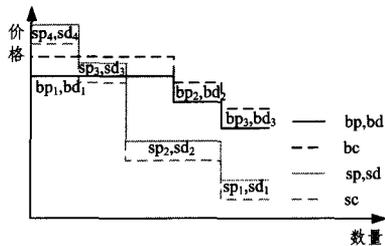


图2 买方市场环境下的分配策略

(2) 如果环境为卖方市场, 将买卖双方按照 bc 与 sp 从低到高依次排列, 如图 3 所示。然后从左到右, 依次取出单位数量买卖双方, 然后根据式(3)计算定价。如果定价存在, 表示服务成交; 如果定价不存在, 则剔除买方, 依此操作直到一方为空。此种分配方式能最大程度地确保卖方成交量。

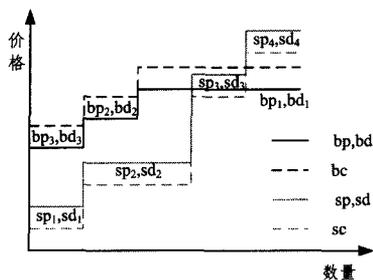


图3 卖方市场环境下的分配策略

(3) 如果环境为均衡市场, 则根据以上卖方市场和买方市场两种分配策略进行计算, 并按式(1)计算定价。最后选择成交量最大的策略作为实际执行的策略。

4.3 算法设计

结合 INSDAM 分配策略和定价策略, 并采用一次性协商机制, INSDAM 算法设计如表 1 所列。

表1 具备隐形协商空间的服务双向拍卖算法

Algorithm INSDAM	
1.	for time $t = t_i : T$
2.	collect service buyers' requests $B\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$
3.	collect service sellers' requests $S\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$
4.	for int $j = 0 : S.length$
5.	if $MAX(b_x, bc) - s_j, sc < 0$
6.	remove s_j
7.	for int $i = 0 : B.length$
8.	if $b_i, bc - MAX(s_y, sc) < 0$
9.	remove b_i
10.	if $count(B) > count(S)$ //seller's market, generate R_s
11.	while $B.length \neq 0 \ \&\& \ S.length \neq 0$
12.	select $MIN(b_x, bc), MIN(s_y, sp)$
13.	compute v with formula3
14.	if v exist
15.	remove b_x, s_y and save to R_s
16.	if $v = \emptyset$
17.	remove b_x
18.	if $count(B) < count(S)$ //buyer's market, generate R_b
19.	while $B.length \neq 0 \ \&\& \ S.length \neq 0$
20.	select $MAX(b_x, bp), MAX(s_y, sc)$
21.	compute v with formula2
22.	if v exist
23.	remove b_x, s_y and save to R_b
24.	if $v = \emptyset$
25.	remove s_y
26.	if $count(B) = count(S)$ // balanced market
27.	generate R_s by compute v with formula1
28.	generate R_b by compute v with formula2
29.	count $MAX(R_s), MAX(R_b)$ and select the $MAX(R)$
30.	select and excute R

服务拍卖完成后, 取出交易映射队列 R 中的服务买卖双方, 并提交到服务调度中心进行服务调度。未进入 R 队列的服务买卖双方则进入下一时间节点 $t+1$ 的服务拍卖。

5 实验仿真

5.1 实验目的

为了比较本文基于隐形协商空间的服务连续双向拍卖策略与其他双向拍卖策略的不同, 本文设计两组模拟实验。第一组实验比较了相同服务市场环境和报价情况下基于隐形协商空间的服务双向拍卖策略 INSDAM 和适应性双向拍卖机制 ADAM、多数量双向拍卖机制 MDAM 在服务成交率上的差别。第二组实验比较了不同协商空间情况下, INSDAM 在服务成交率上的差别。

5.2 实验结果与分析

在第一组实验中预设以下实验条件:

(1) 服务买方数量为 m , 服务卖方数量为 n , (m, n) 采用的值分别为 $(20, 180)$ 、 $(40, 160)$ 、 $(60, 140)$ 、 $(80, 120)$ 、 $(100, 100)$ 、 $(120, 80)$ 、 $(140, 60)$ 、 $(160, 40)$ 、 $(180, 20)$ 。

(2) 买方的出价服从均匀分布 $U(50, 90)$, 买方的议价协商空间服从均匀分布 $U(5, 10)$ 。卖方的要价服从均匀分布 $U(60, 100)$, 卖方的议价协商空间同样服从均匀分布 $U(5, 10)$ 。

(3)所有实验均运行 1000 次,并将结果数据的平均值作为最后结果。

将结果除以买卖双方数量折算为成功率,即买卖方的满意度,如图 4、图 5 所示。

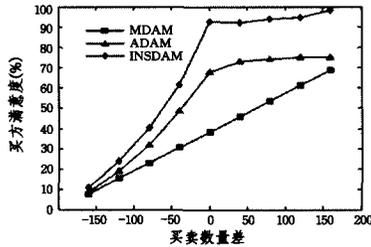


图 4 买方满意度变化情况

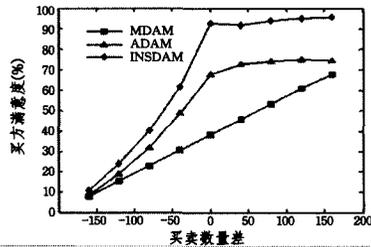


图 5 卖方满意度变化情况

如图 4、图 5 所示,INSDAM 相比 ADAM、MDAM 能大大提高交易的成功率,这是因为隐形协商空间有利于交易价格的柔性成交。

第二组实验中预设如下实验条件:

(1)服务买方数量为 m ,服务卖方数量为 n , (m,n) 采用的值分别为 $(100,100)$ 。

(2)买卖方的要价、出价服从均匀分布,共 3 组: $(U(60,100),U(50,90))$, $(U(60,100),U(40,80))$, $(U(60,100),U(30,70))$ 。

(3)买卖方的协商空间根据实验依次设置为其服务报价的 1%,2%,3%,...,13%,14%,然后分别计算在当前协商空间下服务的交易成功率。

(4)所有实验均运行 1000 次,并将结果数据的平均值作为最后结果。

如图 6 所示,随着协商空间的增加,服务双方的交易成功率在提高。虽然不同的买卖双方报价区间条件下,协商空间对于交易成功率的改善效果是不同的,但相比较单一定价都产生了较好的改善。

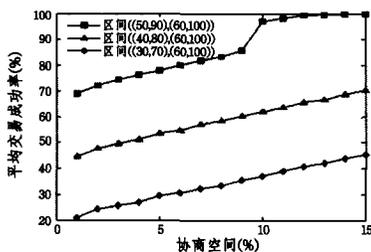


图 6 平均交易成功率变化情况

结束语 在 Web 服务市场化交易中,单一服务报价难以体现服务买卖双方对于服务收益的柔性表达,因此在服务市场竞争中错失了大量可行交易,影响了服务市场的交易效率。

本文提出了具备隐形协商空间的服务双向拍卖策略 INSDAM,定义了由服务买方成本与要价、服务卖方成本与出价形成的买卖双方报价协商空间 INS,并提出了依据协商空间进行双向拍卖的算法。仿真实验结果表明,所提方法提高了服务交易成功率,从而促进了市场的整体收益。在后续的研究中,将会把服务质量 QoS 引入到隐形协商空间的双向拍卖策略中。

参考文献

- [1] Dumas M, Garcia-Bañuelos L, Dijkman R M. Similarity search of business process models[J]. IEEE Data Engineering Bulletin, 2009, 32(3): 23-28
- [2] Papazoglou MP, Traverso P, Dustdar S, et al. Service-oriented computing: State of the art and research challenges[J]. Computer, 2007, 40(11): 38-45
- [3] Yu T, Zhang Y, Lin K J. Efficient algorithms for Web services selection with end-to-end QoS constraints[J]. ACM Transactions on the Web (TWEB), 2007, 1(1)
- [4] Sutherland IE. A futures market in computer time[J]. Communications of the Acm, 1968, 11: 449-451
- [5] Huang P, Scheller-Wolf A, Sycara K. Design of a multi-unit double auction e-market[J]. Computational Intelligence, 2002, 18(4): 596-617
- [6] Weng Chu-liang, Lu Xin-da. A Double Auction Method for Resource Allocation on Computational Grids [J]. Chinese Journal of Computers, 2006, 29(6): 1004-1009 (in Chinese)
- 翁楚良, 陆鑫达. 一种基于双向拍卖机制的计算网格资源分配方法[J]. 计算机学报, 2006, 29(6): 1004-1009
- [7] Ding Ding, Luo Si-wei, Ai Li-hua. Adaptive double auction mechanism for cloud resource allocation [J]. Journal on Communications, 2012(S1): 132-140 (in Chinese)
- 丁丁, 罗四维, 艾丽华. 基于双向拍卖的适应性云计算资源分配机制[J]. 通信学报, 2012(S1): 132-140
- [8] Wu X, Zhang W, Wan-chun D. Pricing as a service: personalized pricing strategy in cloud computing[C]// 2012 IEEE 12th International Conference on Computer and Information Technology (CIT). IEEE, 2012: 1119-1124
- [9] Sonmez O O, Gurfay A. Comparison of pricing policies for a computational grid market[M]// Parallel Processing and Applied Mathematics. Springer Berlin Heidelberg, 2006: 766-773
- [10] Chunlin L, Layuan L. An optimization approach for decentralized QoS-based scheduling based on utility and pricing in Grid computing[J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2007, 19(1): 107-128
- [11] Gode D K, Sunder S. Allocative efficiency of markets with zero-intelligence traders; Market as a partial substitute for individual rationality[J]. Journal of Political Economy, 1993, 101(1): 119-137
- [12] Nicolaisen J, Petrov V, Tesfatsion L. Market power and efficiency in a computational electricity market with discriminatory double-auction pricing [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2001, 5(5): 504-523