

# 面向客户视角的 Web 服务组合优化与 集成管理方法\*

陈冬林, 聂规划, 李晓菲

(武汉理工大学 电子商务研究所, 武汉 430070)

**摘要:** 现有 Web 服务组合研究未考虑客户视角的服务质量感知和对功能与质量的均衡需求, 无法优化配置网上丰富的 Web 服务资源并与网下服务资源协同。借鉴已有研究成果, 研究基于客户视角的服务组合优化与集成管理问题: 建立客户视角的 Web 服务模型、提出服务组合质量均衡推荐方法、建立服务功能和质量的网上网下集成管理模型。研究有助于提高现代 Web 服务管理服务水平。

**关键词:** 客户视角; 服务组合; 集成管理; 服务模型; 客户反馈

**中图分类号:** TP391      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2010)09-3297-03

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-3695.2010.09.025

## Customer perspective-oriented Web service composition optimization and integration management approach

CHEN Dong-lin, NIE Gui-hua, LI Xiao-fei

(E-business Institute, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The current studies of Web service composition do not consider customer perspective of service quality and equilibrium demand for service function and quality, that are unable to optimize the abundant Web service resources allocation and cooperate with service offline resources. This paper researched customer perspective-oriented service combinatorial optimization and integrated management, constructing customer perspective-oriented Web service equilibrium recommendation methods of service composition, solving market decision problem of Web service composition and construction integrated management on-line and offline model for service functions and quality.

**Key words:** customer perspective; service composition; integrated management; service model; customer feedback

随着网络经济和现代服务业的发展, Web 服务的辅助应用(网上订票)、Web 服务元服务(Google、Amazon 和 eBay)<sup>[1,2]</sup>已不能满足客户需求, 这时组合已有 Web 服务提供具有高附加值的服务就成为有效的解决途径。近几年组合服务(如 Galileo's GDS 的旅游组合服务)成为研究热点<sup>[3]</sup>, 它为技术领先企业、中小型 SME 企业和传统企业提供了价值增值的巨大空间<sup>[1]</sup>, 也为客户增加了利润<sup>[2]</sup>。服务组合研究可分为组合技术和组合管理<sup>[4,5]</sup>, 前者研究相对较为成熟, 而刚起步的服务组合管理以 QoS(quality of service, 服务质量)评价为基础, 研究元服务资源的优化和动态配置问题<sup>[6]</sup>。随着 Internet 上服务数量的增长, 向客户提供质量优化的组合服务, 成为了提高用户满意度的重要途径<sup>[4,7]</sup>。现有服务组合评价与选择主要基于供应商视角, 不能满足客户对服务的个性化需求, 服务管理未考虑客户反馈因素, 未有效集成管理网上 QoS 以及网上网下服务, 不能优化动态配置服务集成商和元服务供应商的网上网下服务资源, 因此研究基于客户视角的 CQoS(customer QoS)建模、服务组合优化和集成管理理论方法迫切而

重要。

### 1 Web 服务建模及服务组合管理现状

#### 1.1 Web 服务模型

客户偏好分为功能性偏好(以下统称 Web 服务功能)<sup>[8]</sup>和非功能性偏好(主要是服务质量 QoS, 以下统称 Web 服务质量 QoS)<sup>[4,7,9]</sup>。现有研究集中在 Web 服务质量 QoS<sup>[1,10-13]</sup>, 包括 QoS 指标体系<sup>[1,4,13]</sup>、QoS 指标量化<sup>[14]</sup>及 QoS 本体建模等<sup>[1,12]</sup>。综合分析服务功能与服务质量的研究因视角差异存在四个问题: a) 服务质量 QoS 指标差异较大。Tsesmetzis 等人<sup>[11]</sup>定义了 QoS 的包括安全性、可读性、性能和可配置性等 26 个指标, 文献[4]则定义了 QoS 的包括价格、响应时间、成功率等 5 个指标, 文献[1]定义了三层指标体系共 16 个指标; 除指标体系差异外, 指标定义也有差异, 文献[11]把客户最关心的“反应时间”和“网络延迟”并列作为“性能”子指标, Aboolan 等人<sup>[15]</sup>却认为“反应时间 = 交易时间 + 排队时间 + 网络延迟”。b) 客户与供应商的 QoS 视角差异。客户视角服务质量

**收稿日期:** 2010-03-12; **修回日期:** 2010-04-30      **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(70972094); 国家科技支撑计划基金资助项目(2006BAH02A08)

**作者简介:** 陈冬林(1970-), 男, 副所长, 副教授, 主要研究方向为 Web 服务管理、语义网与本体论、电子目录、智能服务(chendli@whut.edu.cn); 聂规划(1957-), 男, 教授, 主要研究方向为 Web 服务、商智智能、企业管理; 李晓菲(1987-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电子商务、电子目录、服务管理。

指标抽象、模糊和不精确<sup>[16]</sup>,如使用频率、执行率和信誉度<sup>[17]</sup>被供应商忽视;服务供应商视角 QoS 指标清晰、专业和精确,但客户无法理解如集成性、有效性和可读性等专业性术语<sup>[18]</sup>。c)服务功能与服务质量(QoS)视角混淆,如把便宜机票、干净酒店等服务功能视为服务质量 QoS<sup>[7]</sup>。d)服务功能扩展不足。客户视角需要网上 Web 服务与网下商品结合<sup>[18]</sup>(如 flight booking 与航班服务结合),但现有服务功能选择局限于接口参数输入、输出方式,没有与现有商品服务知识库(如 eCl@ss 超过 25 000 种商品和 5 000 种属性)关联以利用其丰富的网下服务和商品知识<sup>[19]</sup>。

### 1.2 基于服务质量 QoS 评价与优化选择的服务组合方法

这方面的研究包括元服务质量 QoS 量化评价、面向服务组合的 QoS 优化选择方法<sup>[5]</sup>。元服务 QoS 量化评价方法,包括模糊量化<sup>[14]</sup>、模糊群决策法<sup>[15]</sup>和归一化<sup>[3]</sup>、AHP 层次分析法<sup>[9]</sup>、客户调查统计法<sup>[20]</sup>。面向服务组合的 QoS 优化选择方法有两种<sup>[4]</sup>,即局部优化目标下的服务选择和全局优化目标下的服务选择<sup>[5,21]</sup>。Zeng 等人<sup>[5]</sup>以价格、信誉和执行时间为 QoS 指标,研究基于权重的服务组合评价与全局优化方法,Sun 等人<sup>[9]</sup>研究费用约束 QoS 最优目标的元服务选择方法。蒋哲远建立 Web 服务组合 QoS 指标综合查询优化模型,该模型通过用户设定的全局约束和偏好、动态和多级匹配来优化 QoS<sup>[11]</sup>。从客户视角分析服务组合优化方法以优化选择方法单一问题,单纯采用服务功能或服务质量最优,不能真实反映客户的服务消费需求,应综合考虑两个方面因素,如客户为寻找便宜价格的酒店,可以容忍较慢网络反应时间。

### 1.3 Web 服务管理问题

Currie 等人<sup>[22]</sup>将 Web 服务供应商战略分为市场领导地位战略、差异化策略战略等,Karakoc 等人<sup>[23]</sup>认为 Web 服务具有更新、创建和退出的能力,因此 Web 服务具有传统商品的可管理性。Zhang 等人<sup>[24]</sup>分析 Web 服务两大特点,即边际成本接近为 0 和延时等服务质量 QoS 造成的社会成本较大,因此 Web 服务管理不能简单借鉴传统的管理理论和方法。供应商/集成商的服务决策方面,Tsismetzis 等人<sup>[11]</sup>借助多选择背包问题 MCKP,建立带宽约束条件下企业利润最大化 Web 服务决策模型;Lang 等人<sup>[25]</sup>研究服务集成商 WSI(Web service integrator)的投资组合管理问题,提出 WSI 利润最大化目标 SIPP 多目标线性规划模型,决策变量为供应商、Web 服务和客户,但没有考虑多 WSI 市场竞争结构;文献[24]研究了双寡头垄断市场结构下服务供应商的价格竞争策略,讨论了 Web 服务等级协议与服务价格的序贯博弈与静态博弈的均衡价格策略。除了上述以供应商利润最大化目标的决策研究外,文献[26]探讨了满足服务等级协议的差异化 Web 服务管理。

Web 服务组合管理处于起步阶段,美国佛罗里达大学 Hsing Kenneth Cheng 教授的研究成果<sup>[27,28]</sup>最具代表性,他将服务组合分为有 WSI 和无 WSI 参与两类,考虑集成成本、服务延迟成本和价格因素,研究服务功能互补的多服务供应商和集成商的客户定位与价格模型<sup>[27]</sup>,并探讨 Web 服务组合不同管理模式,包括独立服务商 ISVs(independent service vendors)、合作企业 JV(joint venture)和战略联盟 SA(strategic alliance)<sup>[28]</sup>。

Web 服务管理研究存在三个方面的问题:a)从供应商视角静态考虑客户偏好,尚未有基于客户动态反馈的服务质量 QoS 关键指标选取和集成管理研究。Agarwal 等人<sup>[29]</sup>认为客户不应接受供应商视角“被优化”的服务,而是能通过协商谈判确定服务价格、服务功能和服务质量 QoS 等;邵凌霄等人<sup>[30]</sup>从服务与消费者的大量交互中自动获取客户相似性和反馈来预测 QoS 需求;文献[31]提出通过 QoS 预测和反馈来动态配置安全 Web 服务,但预测和反馈来源于网络硬件环境,而非客户反馈。b)供应链集成管理以产品为中心,由于 Web 服务与产品的区别,供应链集成管理理论方法不能简单推广到 Web 服务组合领域。c)网上 QoS 与网下服务集成管理,现有研究从传统价格决策、市场定位和选择模型改进而来,未从服务组合链价值最大化角度,研究元 Web 服务供应商、集成商之间对网上 QoS 以及网上 QoS 与网下服务之间的集成管理问题。

## 2 面向客户视角 Web 服务组合优化与集成管理方法

该方法包括三个层次,即客户视角的 Web 服务模型、基于客户视角的服务组合优化与推荐以及基于客户反馈的 Web 服务集成管理。其中,底层的 Web 服务模型给上层提供服务模型、Web 服务实例库和商品库等支撑;中层负责从底层优选服务组合集并面向客户均衡需求进行推荐;上层则在中层推荐的服务组合中,按客户反馈关键指标进行网上网下集成管理,动态调节网下商品服务资源和网上 QoS 资源,如图 1 所示。

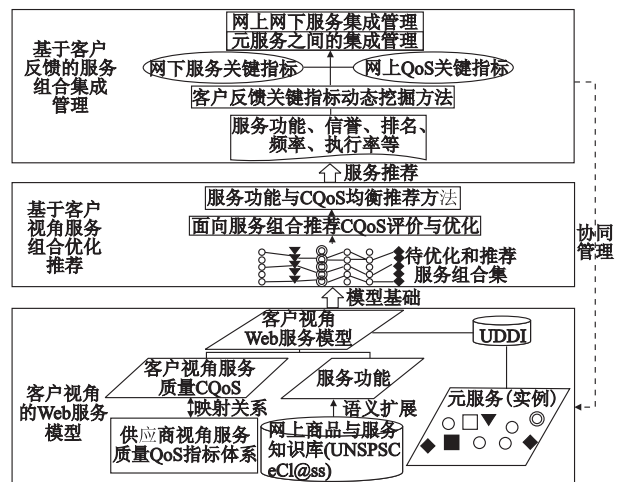


图1 面向客户视角的Web服务纵使优化与集成管理

### 2.1 客户视角的 Web 服务模型

Web 服务模型包括服务功能扩展与客户视角服务质量 CQoS 两部分。对 Web 服务功能进行语义扩展,将其关联到网下商品与服务知识库;从网络消费心理学的角度,设计客户视角的服务质量 CQoS 指标体系,建立 CQoS 指标体系与 QoS(供应商视角的服务质量)指标体系之间的映射关系,扩展并完善 QoS 指标体系。

### 2.2 基于客户视角的服务组合优化与推荐方法

利用客户视角的 Web 服务模型,研究服务组合质量 CQoS 评价与优化方法;基于客户对服务功能与服务质量 CQoS 的均衡需求,实现综合推荐。

1)面向服务组合推荐的 CQoS 评价 以 QoS 评价方法,利用 CQoS 与 QoS 的映射模型,完成面向服务组合推荐的 CQoS

评价,得服务组合评分  $Score_i$  (CQoS)。其中  $i = 0 \cdots n$  个服务组合。

2) 服务功能与 CQoS 均衡推荐 面向客户对服务功能和 CQoS 的个性化均衡需求,借鉴商品智能推荐技术,建立服务组合综合均衡推荐方法。均衡评分模型如下:

$$SCORE_i = W_{CQoS} SCORE(CQoS) + W_{good} SCORE_i(good) \quad (1)$$

其中:  $W_{CQoS}$  和  $W_{good}$  分别为客户对网上 Web 服务质量和网上服务功能(即商品)的偏好权重,  $SCORE(good)$  为客户对服务功能的评分。根据均衡评分 SCORE 推荐。

### 2.3 基于客户反馈的服务组合集成管理方法

1) 客户反馈关键指标动态挖掘方法 根据客户对推荐服务组合的使用频率、执行率、排名和信誉度等信息,动态挖掘获取客户反馈的服务功能和 CQoS 关键指标。从 CQoS 指标映射出 QoS 指标,并依据服务功能扩展模型关联到网下商品与服务,作为市场决策和集成管理的依据。

2) Web 服务组合的集成管理方法 基于客户反馈的服务功能和 CQoS 关键指标的服务组合集成管理模型与方法,实现服务供需协同、服务组合与元服务协同、网上与网下服务协同。包括:a)元服务间的集成管理。以 CQoS 需求为约束条件,动态调节各元服务的 QoS 指标,实现服务组合的集成管理。b)网上网下服务集成管理。借鉴供应链集成管理的理论和方法,以有效满足客户需求为目标,在服务功能扩展模型实现网上网下服务资源功能关联的基础上,通过 CQoS 指标实现网上网下服务资源的有效配置和服务功能集成管理,最终实现网上和网下服务在功能和质量两个方面的均衡协同。

## 3 结束语

通过集成元服务实现服务链增值的服务组合研究正成为现代 Web 服务业的热点研究问题。现有 Web 服务组合的理论与方法重技术偏管理,且主要从服务供应商视角研究 Web 服务建模及其组合问题,未考虑 Web 服务客户视角需求特征,提供给客户被优化的服务。缺乏基于客户反馈的服务集成管理研究,无法实现 Web 服务组合参与各方的资源优化配置。本文借鉴已有研究成果,建立客户视角的 Web 服务模型(包括服务质量 CQoS 模型、与网下商品关联的服务功能模型);面向客户对服务功能与质量的均衡需求,提出服务组合质量评价、优化和均衡推荐方法;通过动态获取客户反馈关键指标,探讨 Web 服务组合市场决策和服务功能和质量的网上网下集成管理问题。提出面向现代 Web 服务业的服务建模—质量评价—组合优化—集成管理的理论方法体系和创新服务模式。

### 参考文献:

[1] TRAN V X, TSUJI H. Semantics in QoS for Web services: a survey [C]//Proc of International Conference on Advanced Information Networking and Applications. 2009: 379-385

[2] HOCHSTEIN A, SCHWINN A. Business opportunities with Web services in the case of eBay [C]//Proc of the 42nd Hawaii International Conference on System Sciences. 2009:1-7.

[3] HUANG A F M, LAN Ci-wei. An optimal QoS-based Web service selection scheme [J]. *Information Sciences*, 2009 (179): 3309-3322.

[4] 刘冬梅,邵志清,虞才珠. 用户期望质量驱动的 Web 服务优化选取[J]. 华东理工大学学报, 2009, 35(3):416-421.

[5] ZENG Liang-zhao, BENATALLAH B. QoS-aware middleware for Web services composition [J]. *IEEE Trans on Software Engineering*, 2004, 30(5):311-327.

[6] ABRAMOWICZ W, HANIEWICZ K. E-marketplace for semantic Web services [M]. Berlin:Springer-Verlag, 2008:271, 285.

[7] CHEN Zhi-yong, WANG Hai-yang. An approach to optimal Web service composition based on QoS and user preferences [C]//Proc of International Joint Conference on Artificial Intelligence. 2009:96-101.

[8] JEONG B, CHO H. On the functional quality of service (FQoS) to discover and compose interoperable Web services [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009(36):5411-5418.

[9] SUN Yi, HE Shao-yi, LEU J Y. Syndicating Web services: a QoS and user-driven approach [J]. *Decision Support System*, 2007 (43):243-255.

[10] 代钮,杨雷,张斌,等. 支持组合服务选取的 QoS 模型及优化求解 [J]. 计算机学报, 2006, 29(7):1167-1178.

[11] TSEMETZIS D, ROUSSAKI I. Modeling and simulation of QoS-aware Web service selection for provider profit maximization [J]. *Simulation*, 2007, 83(1):93-106.

[12] TRAN V X, TSUJI H, MASUDA R. A new QoS ontology and its QoS-based ranking algorithm for Web services [J]. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2009(17):1378-1398.

[13] 张楠,邱雪松. 基于立体 QoS 模型的 Web 服务质量模糊评价 [J]. 计算机工程, 2008, 34(9):42-44.

[14] 李勇军,李建华,王美云. 基于 QoS 要求的 QoS 估计方法 [J]. 计算机工程, 2008, 34(16):66-68.

[15] ABOOLIAN R, SUN Yi, KOE G J. A location-allocation problem for a Web services provider in a competitive market [J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 194(1):64-77.

[16] WANG Ping. QoS-aware Web services selection with intuitionistic fuzzy set under consumer's vague perception [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36: 4460-4466.

[17] KO J M, KIM C O, KWON I H. Quality-of-service oriented Web service composition algorithm and planning architecture [J]. *Journal of Systems and Software*, 2008, 81:2079-2090.

[18] WANG Ping, CHAO Kuo-ming, LO Chi-chun. On optimal decision for QoS-aware composite service selection [J]. *Expert Systems with Applications*, 2010, 37: 440-449.

[19] MARTIN H. Good relations: an ontology for describing products and services offers on the Web [C]//Proc of Lecture Notes in Computer Science. 2008: 329-346.

[20] LIN Wei-li, LO Chi-chun. Consumer-centric QoS-aware selection of Web services [J]. *Journal of Computer and System Sciences*, 2008(74): 211-231.

[21] 龚小勇,朱庆生,武春岭,等. 支持服务质量全局最优和动态重计划的 Web 服务组合 [J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(10): 2068-2075.

[22] CURRIEW L, PARIKH M A. Value creation in Web service: an integrative mode [J]. *Journal of Strategic Information System*, 2006, 15(15):153-174.

[23] KARAKOC E, SENKUL P. Composing semantic Web services under constraints [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(8) 11021-11029.

[24] ZHANG Zhong-ju, TAN Yong, DEY D. Price competition with service level guarantee in Web services [J]. *Decision Support Systems*, 2009, 47(2):93-104.

a)在运行时间上,运行相同代数,二阶段遗传算法所需的时间都远小于遗传算。b)45个测试用例平均约简时间比为82.64%。c)50代以内纯遗传算法均没有达到最优解,而二阶段遗传算法有13组测试用例达到最优解。d)100代以内遗传算法达到最优解的测试用例有5组,二阶段遗传算法有32组最优解且得到最优解的运行时间远小于遗传算法所得。除此之外,其余未达到最优解的测试用例所得的解也非常接近于最优解。e)相比于传统算法而言,该算法对于智能算法的辅助约简效果要更加明显。

## 5 结束语

本文通过对45个测试用例的约简,并结合贪心算法与遗传算法的应用,得出结论:与单纯的贪心算法和遗传算法相比,二阶段贪心算法和二阶段遗传算法能够在更少的时间内得到更优的解,表明该约简方法和约简算法可以有效提高传统算法和智能算法解决大规模集合覆盖问题的效率。

### 参考文献:

- [1] MARSTEN R E, MULLER M R, KILLION C L. Crew planning at flying tiger: a successful application of integer programming [J]. *Management Science*, 1979, 25(12): 1175-1183.
- [2] HOFFMAN K L, PADBERG M. Solving airline crew scheduling problems by branch-and-cut [J]. *Management Science*, 1993, 39(6): 657-682.
- [3] RUBIN J. A technique for the solution of massive set covering problems with application to airline crew scheduling [J]. *Transportation Science*, 1973, 7(1): 34-48.
- [4] GARFINKEL R. Integer programming [M]. [S. l.]: Wiley Interscience, 1972.
- [5] BREUER M A. Simplification of the covering problem with application to boolean expressions [J]. *Journal for the Association of Computing Machinery*, 1970, 17(1):166-181.
- [6] FREEMAN D R, JUCKER J V. The line balancing problem [J]. *Journal of Industrial Engineering*, 1967, 18(6): 361-364.
- [7] FORSTER B A, RYAN D M. An integer programming approach to the vehicle scheduling problem [J]. *Operational Research Quarterly*, 1976, 27(2): 367-384.
- [8] GARFINKEL R G, R, TRIPAHI A, YIN F. Design of a shopped and recommender system for bundle purchases [J]. *Decision Support Systems*, 2006, 42(3): 1974-1986.
- [9] DAY R H. On optimal extracting from a multiple file data storage system: an application of integer programming [J]. *Operations Research*, 1965, 13(3): 482-494.
- [10] GAREY M R, JOHNSON D S. Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness [M]. San Francisco: W. H. Freeman, 1979.
- [11] FISHER, M, KEDIA P. Optimal solution of set covering/partitioning problems using dual heuristics [J]. *Management Science*, 1990, 36(6): 674-688.
- [12] CAPRARA A, FISCHETTI M, TOTH P. Algorithms for the set covering problem [J]. *Annals of Operations Research*, 2000, 98(1-4): 353-371.
- [13] CHVATAL V. A greedy heuristic for the set-covering problem [J]. *Mathematics of Operations Research*, 1979, 4(3): 233-235.
- [14] AICKELIN U. An indirect genetic algorithm for set covering problems [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2002, 53(10):1118-1126.
- [15] BEASLEY J E, CHU P C. A genetic algorithm for the set covering problem [J]. *European Journal of Operational Research*, 1996, 94(2):392-404.
- [16] SOLAR M, PARADA V, URRUTIA R. A parallel genetic algorithm to solve the set covering problem [J]. *Computers & Operations Research*, 2002, 29(9): 1221-1235.
- [17] JACOBS L, BRUSCO M. Note: a local-search heuristic for large set covering problems [J]. *Naval Research Logistics*, 1995, 42(7): 1129-1140.
- [18] LESSING L, DUMITRESCU I, STÜTZLE T. A comparison between ACO algorithms for the set covering problem [J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2004, 3172: 1-12.
- [19] BEASLEY J E. A lagrangian heuristic for set covering problems [J]. *Naval Research Logistics*, 1990, 37(1):151-164.
- [20] CERIA S, NOBILI P, SASSANO A. A lagrangian-based heuristic for large-scale set covering problems [J]. *Mathematical Programming*, 1998, 81(2): 215-228.
- [21] OHLSSON M, PETERSON C, SE DERBERG B. An efficient mean field approach to the set covering problem [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 133(3): 583-595.
- [22] BEASLEY J E. An algorithm for set covering problems [J]. *European Journal of Operational Research*, 1987, 31(1): 85-93.
- [25] LANG J C, WIDJAJA T. Optimizing the supplier selection and service portfolio of a SOA service integrator [C]//Proc of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences. 2008:1-10.
- [26] KIM D, LEE S, ABRAHAM A, et al. A dynamic priority allocation scheme of message for differentiated Web services satisfying service level agreement [J]. *Journal of Digital Information Management*, 2006, 4(1):26-31.
- [27] TANG Q C, CHENG H K. Optimal location and pricing of Web services intermediary [J]. *Decision Support Systems*, 2005, 40: 129-141.
- [28] CHENG H K, TANG Q C, ZHAO J L. Web services and service-oriented application provisioning: an analytical study of application service strategies [J]. *IEEE Trans on Engineering Management*, 2006, 53(4):520-533.
- [29] AGARWAL S, LAMPARTER S. Making Web Services tradalde a poliy based approach for specifying perferences on Web Service properties [J]. *Web Semantics: Service and Ageats on World Wide Web*, 2009(7):11-20.
- [30] 邵凌霄,周立,赵俊峰.一种 Web service 的服务质量预测方法 [J]. *软件学报*, 2009, 20(8):2062-2073.
- [31] CASOLA V, MANCINI E P, MAZZOCCA N, et al. Self-optimization of secure Web Services [J]. *Computer Communications*, 2008, 31(18):4312-4323.

(上接第3299页)