

基于语义关系的服务计算支持工具

冯志勇 陈世展 王辉 梁其烜

(天津市认知计算与应用重点实验室 天津 300072) (天津大学计算机科学与技术学院 天津 300072)

摘要 Web服务是实现软件即服务的最佳实践,也是解决集成组织间业务的关键技术。然而,互联网上的Web服务组织零散,不便于组织管理。服务网络(Service Network, SN)原型系统是一个Web服务组织管理平台,致力于Web服务整个生命周期的组织、管理和利用。其核心思想是利用语义Web(Semantic Web)和社会化网络技术,显式地识别、挖掘服务之间的语义关联和交互关系(简称为服务关系),将可用Web服务组织成具有丰富语义信息、基于业务上下文和交互关系的服务生态系统。该系统主要包括以下几部分:服务搜集、服务标注、服务关系挖掘、服务组合。将语义推理和关系演算引入到服务的发现、组合、交互和管理过程中,使服务网络成为支撑面向服务计算模式的新型基础设施,这有助于改善和提高Web服务组合的自动化程度及效率,从而满足更加复杂的应用需求。

关键词 服务关系,服务网络,关系挖掘,面向服务计算,Web服务

中图分类号 TP311 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2014.09.011

Services Network Prototype System

FENG Zhi-yong CHEN Shi-zhan WANG Hui LIANG Qi-xuan

(Tianjin Key Laboratory of Cognitive Computing and Application, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

(School of Computer Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract Web services technology is the best practice of Software as a Service (SaaS), and it also is the key to solve inter-organizational business integration. However, Web service organizations are scattered on the Internet, and they are not easily organized and managed. Service Network (SN) is a management platform for Web service organization, management and utilization throughout the life cycle of Web services. The main idea is that taking advantage for semantic Web and social networking technology explicitly identifies and mines semantic association and interaction between Web service (referred to as service relation, SR), to organize available Web service on the Internet into a service ecosystem. The SN Prototype System consists of several modules, such as services collecting, service annotation, service relationship mining, service discovery, service composition and so on. By organizing available Web services into SN with rich semantic information, business context and interactions, it is firmly believed to be a new infrastructure for Services-oriented computing, and it will also be helpful to improve and enhance the degree of automation and efficiency of Web service composition to meet the needs of more complex requirements.

Keywords Service relation, Services network, Relation mining, Services-oriented computing, Web services

1 研究背景与意义

Web服务(Web services)^[1]是基于网络的、分布式的、自描述的、模块化的组件,它执行特定的任务,遵循一定的技术规范,提供了面向Internet应用的统一服务注册、发现、绑定和集成机制。Web服务具有高度的互操作性、跨平台能力、位置透明和松耦合的特性,被认为是广域环境下实现互操作的主要机制,是实现SOA(Service-Oriented Architecture)架构^[2]、面向服务计算(Service-Oriented Computing, SOC)^[3]和软件即服务(Software as a Service, SaaS)模式^[4]的最佳实

践,得到产业界和学术界的广泛关注。以“Web service”和“Web services”为关键字,在Google网页搜索引擎上会检索到约3270000000和3160000000项相关网页;在Google学术搜索上得到约4100000项和4610000项结果。

服务注册中心^[5]的本质是Web服务的组织和管理中介。服务注册中心向服务提供者提供服务注册的功能,向服务消费者提供服务发现的功能。服务注册中心对Web服务的组织结构直接决定了服务发现的效率和准确性。Web服务的组织结构本质上就是对于Web服务的归类 and 索引。传统的服务注册中心如UDDI是基于目录分类管理Web服务的,本

到稿日期:2013-09-15 返修日期:2014-01-20 本文受国家自然科学基金项目(61173155, 61373035),国家“863”高技术研究发展计划项目(2007AA01Z130, 2013AA013204)资助。

冯志勇(1965—),男,教授,博士生导师,CCF高级会员,主要研究方向为知识工程、服务计算、安全软件工程、计算机认知等;陈世展(1975—),男,博士,副教授,CCF会员,主要研究方向为服务计算、中间件、SOA等, E-mail: shizhan@tju.edu.cn(通信作者);王辉(1981—),男,博士生,主要研究方向为服务计算;梁其烜(1988—),男,硕士生,主要研究方向为服务计算。

质上是“树”的形式组织 Web 服务的。此类服务注册中心在服务发现时的匹配过程是基于框架的关键字匹配,无法提供服务功能性描述,即服务语义信息,也没有内在地对自动的服务组合提供支持。这显然无论是从效率上还是从准确程度上已无法满足用户对智能化服务发现的需求。

要彻底改变服务发现^[6]的机制,就要改变服务注册中心“树”型结构的组织架构^[7],网状结构是一个不错的选择。以 Web 服务为节点,以服务之间的关系为边,将 Web 服务组织为一个网状图,服务组合过程就是在这个网状图上搜索一条可达的路径,从而对 Web 服务组合提供了天然的支持。更为重要的是由关系相互连接的 Web 服务之间能够彼此感知,服务之间的有效协作构成了服务社会,将社会化网络的相关研究成果应用于 Web 服务网络,能够有效提高服务组合的效率和准确程度。为实现自动的服务组合,就必须使 Web 服务成为计算机可理解实体。结合语义技术的 Web 服务——语义 Web 服务^[8]提供了一种基于领域本体的服务描述信息。由于领域本体是计算机能够理解的形式,因此语义 Web 成为实现自动服务组合^[9,10]的有效手段。

基于上述论述,天津大学知识科学与工程研究所提出了基于语义和社会化关系的 Web 服务基础设施——服务网络 SN^[11-15]。服务网络本质上是语义 Web 服务的注册中心。服务网络中的 Web 服务都是经过语义标注的语义 Web,服务之间的关系是语义关系。SN 服务网络包括服务的注册、发现、关系挖掘、服务网络的可视化及管理。接口服务网络原型包括:①被动式和主动式两种风格的服务注册器,实现 WSDL、OWL-S 或其它格式服务的注册;②基于接口语义和结构特征的服务挖掘器,搜集服务间的关系数据,从而建立以 Web 服务为结点、以服务间语义关系为边的服务网络;③基于语义推理和关系演算的服务发现接口,包含充分利用服务间的语义关系、基于本体推理和关系演算的精确服务发现算法,为 Web 服务计算提供支持;④服务网络可视化展示;⑤其它开放接口(SN、OpenAPI 等)。

服务网络在逻辑上是一个二层结构的有向图^[16],如图 1 所示。

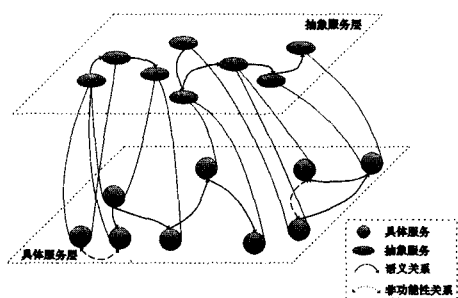


图 1 服务网络示意图

底层是具体服务层(Actual Service Layer),该层的基本单位是互联网上存在的真实 Web 服务。服务之间的关系既包括功能性的语义关系,也包括非功能性约束关系,例如同一个服务提供者提供的多个 Web 服务构成了一个服务社区。服务组合第二阶段的具体服务绑定阶段发生在该层。

在形式上,服务网络可以定义为一个五元组:

定义 1 $SN = \langle S, AP, AI, Rh, Rv \rangle$

其中, S 表示互联网上存在的真实 Web 服务集合, AP 是所有抽象服务的参数构成的集合, AI 是抽象服务集合, Rh 指服务网络中的横向关系,在具体服务层是指 Web 服务之间的功能

性语义关系和非功能性关系,在抽象服务层是指抽象服务之间的语义关系,在参数层是指参数之间的语义关系。Rv 是服务网络中的纵向关系,即服务网络各层之间的映射关联关系。

具体服务又可以进一步定义为一个五元组:

定义 2 $S = \langle SP, SC, SI, QoS, SS \rangle$, 其中:

- SP(Service Property)描述了具体服务的基本属性,包括服务名称、服务地址、命名空间和一些描述性信息。

- SC(Service Category)描述了服务的分类信息。Web 服务进入服务网络时,会被分到某一具体领域,用该领域本体进行标注。

- SI(Service Interface)描述了服务的操作接口信息。操作接口是一个服务的基本功能单元。

- QoS(Quality of Service)是对服务质量的量化描述。QoS 是服务非功能性描述的重要组成部分,常见的衡量服务质量的指标包括服务的响应时间、服务吞吐率等。

- SS(Service Support)是对服务提供者信息的描述。服务提供者信息也是服务非功能性描述的一个组成部分。具有相同服务提供者的服务之间构成了服务社区。在服务组合时,考虑到服务组合方案中每个服务节点所在服务器的距离对服务组合方案质量的影响,应选择同一社区服务之间的优先组合。

抽象服务又可以进一步定义为一个六元组:

定义 3 $AI = \langle AIN, FC, APi, APo, QoS \rangle$

- AIN(Interface Name),是抽象服务的名称。

- FC(Function Concept),是对抽象服务的语义功能性描述。

- APi(Input Abstract Parameter),是抽象服务的输入参数集合。

- APo(Output Abstract Parameter),是抽象服务的输出参数集合。

- QoS(Quality of Service),抽象服务层的抽象服务本身仅仅是具体服务层操作接口的功能抽象,本身并不具有服务质量的属性。但是考虑到服务组合的第一阶段即面向功能性的服务组合阶段是在抽象服务层决定服务组合流程的,我们期望在决定服务组合流程时尽量选择服务质量较好的服务组合流程,然后在服务组合的第二阶段即面向非功能性的服务组合阶段,为流程中的每个抽象服务按照服务质量选择最优的具体服务。抽象服务的服务质量是该抽象服务对应的具体服务质量的平均值。

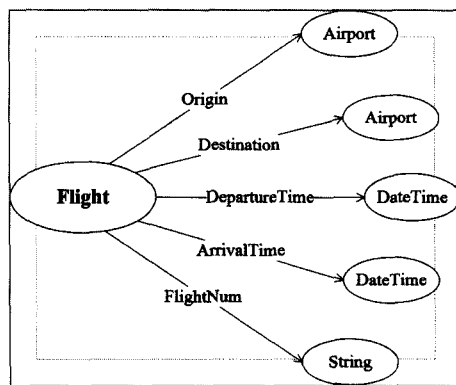


图 2 抽象参数示例

参数层的抽象参数可以定义为一个二元组: $AP = \langle APN, APP \rangle$, 其中:

• APN 为参数名称。

• APP 为该抽象参数的属性集。例如, Flight 是一个抽象参数, Flight 有多个属性, 例如起点、终点、航班号等。

2 服务网络功能概述

SN 平台功能模块简要介绍:

• 服务获取

互联网上存在大量的 Web 服务, 服务收集主要通过 3 种方式收集互联网上的 Web 服务, 包括爬虫获取、服务注册、其他服务集。

爬虫程序现在是单独的程序, 借助 Google 搜索引擎, 在互联网上进行深度、广度的搜索, 对得到的服务进行过滤, 并存入数据库中。

服务注册是针对网站用户进行服务搜集的一种方法, 用户在系统中注册服务, 可以管理服务生命状态。

• 服务标注

服务标注主要使用顶层本体 OpenCyc 结合 SN 本地本体, 对服务的参数概念进行标注, 使服务具有语义信息, 能够被计算机理解并处理。

获取服务后, 系统后台自动调用标注程序, 对服务进行标注。标注程序首先启动 OpenCyc 脚程序, 然后调用接口获取本体概念对参数进行标注。

• 服务关系挖掘

服务挖掘是在服务标注完成后, 基于服务语义和结构特征, 搜集服务间的关系数据, 从而建立以 Web 服务为结点、以服务间语义关系为边的服务网络。

服务关系挖掘是一个后台自动运行进程, 在每天晚上 00:00 启动, 查询得到所有新加入的服务, 并挖掘新服务和已有服务的关系, 加入服务网络中。

• 服务发现与组合

服务发现是指在服务网络中, 根据语义信息查询得到用户需求的一个服务。而服务组合指的是根据用户需求, 在语义服务网络中, 查询得到多个服务组合成的业务流。

• 服务调用

SN 平台提供在线调用服务的接口, 当查询得到所需的服务后, 利用该接口, 立即可以调用服务, 无需访问服务的提供商页面以及编写调用程序。

3 服务网络平台组成模块

服务网络平台由多部分组成, 服务网络平台主页面如图 3 所示。

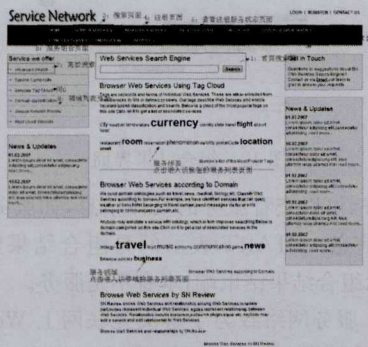


图 3 主界面

下面将介绍本系统主要的功能模块, 以及个别示例。由

于这次提交的数据库的数据较小, 一共 107 个旅游领域的服务, 因此在使用过程中, 对于其他领域(生物、金融、教育等)的服务的查询, 会存在大量查不到的现象。所以下面在介绍使用方法时, 提供了一些案例, 使用者可根据案例进行操作。

3.1 服务注册

点击首页导航栏“register”, 进入页面 4——服务注册页面, 如图 4 所示。

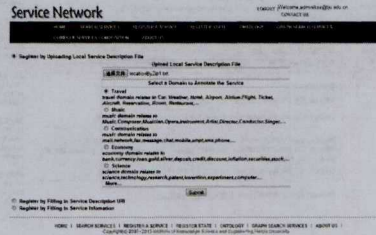


图 4 服务注册界面

注册服务只有登录后才能进行, 上传待注册服务的 wsdl 文档, 选择该服务的领域, 点击 Submit。这就完成了注册的第一步: 上传文件。上传结束后, 系统后台对服务进行解析、标注、关系挖掘(系统默认提供的管理员账户, 用户名: adminikse@tju.edu.cn, 密码: admin, 请使用默认的系统账户, 可以查看已有服务的状态)。

登录用户可以查看注册服务状态页面, 查看服务的状态, 如图 5 所示。

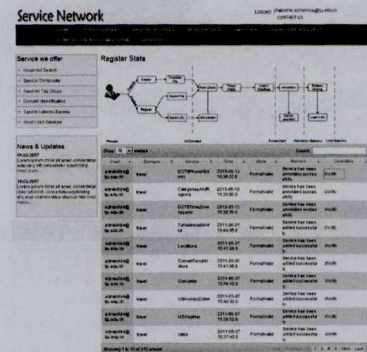


图 5 服务状态界面

点击每条服务后面的“Modify”, 进入服务标注修改页面, 可以修改标注后的本体概念, 如图 6 所示。

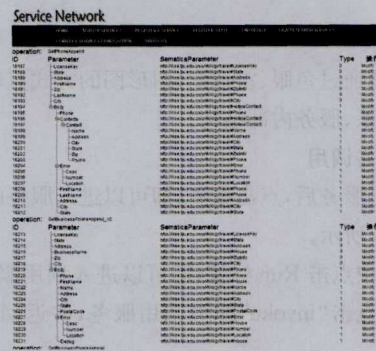


图 6 修改标注界面

3.2 单个服务查询

假设需要在 SN 平台中搜索关于“Weather”的服务, 评审专家可以在首页的查询框中或者 Advanced search 页面中进行查询, 如图 7 所示。

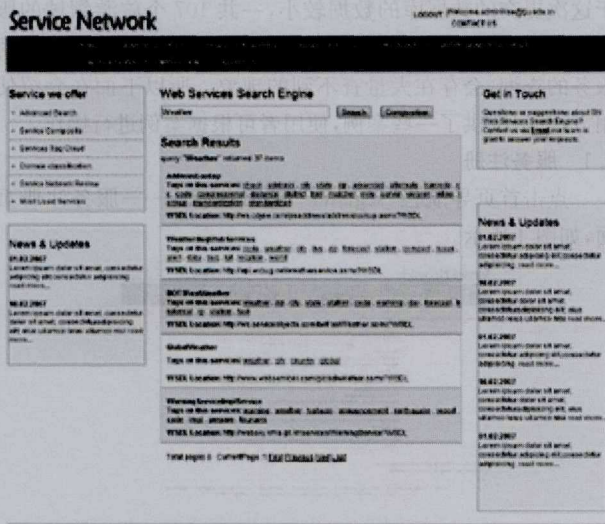


图7 查询服务界面

点击导航栏“GRAPH SEARCH SERVICES”进入图形化搜索页面,如图8及图9所示。

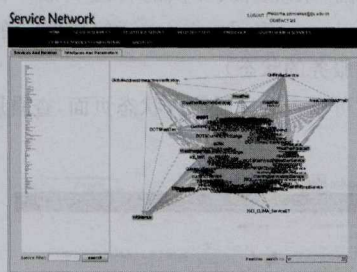


图8 服务鱼眼雷达图展示界面

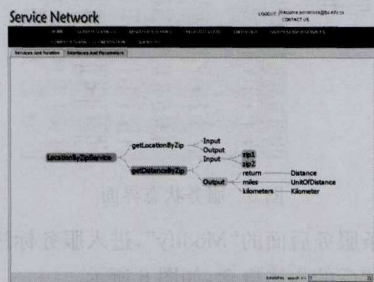


图9 服务树形结构展示界面

以上两图通过鱼眼、雷达图、树形图的方式直观地展示了服务、服务关系、服务内部结构。

3.3 单个服务调用

搜索得到服务后,点击服务,即可以进入服务的详细信息页面,如图10所示。

在图10中点击 Run 标签,即可以进入调用服务界面,输入参数内容,点击“invoke”即可调用服务,并返回结果,如图10所示。

在图10中点击 Run 标签,并选择一个操作,进入该操作的调用界面,如图11所示。

需要注意,在加载的107个服务中,某一些服务已经失效,无法调用,所以调用过程中会出现错误或者没有响应结果的现象。

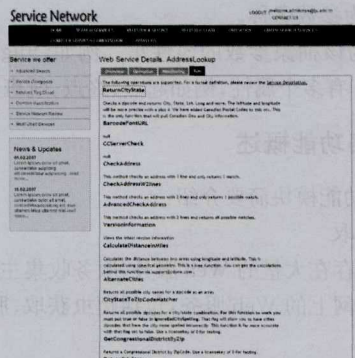


图10 服务详细信息界面

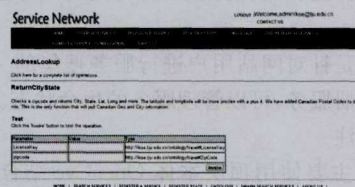


图11 服务调用界面

3.4 多个组合服务查询

如果单个服务无法满足需求,评审专家可以在页面中进行服务组合搜索。例如:专家想去美国旧金山旅游,希望查询得到人民币对美元的汇率、旧金山的天气以及住宿情况。已知输入条件参数:Country(国家:美国)、Address(地址:美国旧金山),需要知道:Currency(美国货币)、Rate(人民币对Currency的汇率)、Temperature(旧金山的天气)、Hotel(旧金山的住宿情况)。

操作方法:

点击导航栏“COMPLE SERVICES COMPOSITION”,进入服务组合界面。

在页面上输入:Country Address@Currency Rate Hotel WeatherInfo。

注意:输入条件参数与输出结果参数需要@隔开,并且每个参数之间以空格隔开。点击 composition,组合结果如图12所示。

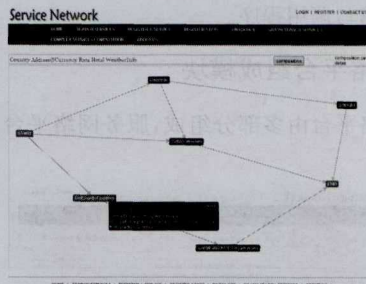


图12 组合结果界面

右击服务,可以查看服务的具体信息,如服务名称、服务的详细描述信息。START 表示的是组合结果路径的开端,END 表示组合结果结束端,本身不是服务。

结束语 服务网络致力于解决互联网上 Web 服务组织零散的问题,利用语义技术,构建社会化 Web 服务网络,并提供复杂 Web 服务应用的平台。服务网络能够大大提高 Web

(下转第87页)

博弈结构从而自动生成 AspectJ 代码。整个过程无需其他的中间框架,比如 JavaMOP^[11]或者 tracematches^[12]。

本文对 PSC2GS 进行详细描述是为了展示如何从系统的属性序列图得到博弈结构,从而生成监控器,最终对目标系统进行监控的全过程。本文中的方法提供图形化界面,从而避免了处理特殊文本或者逻辑公式。

然而,现阶段由于信息量的限制,本文自动生成的 AOP 代码在直接使用之前还需要一定程度的人为修改。尽可能提高所生成监控器的自动化程度将是我们需要解决的问题之一,也是将来的工作重点。因此,我们将继续开发并提高该工具来帮助软件工程师满足其对软件系统的监控需求。与此同时,我们正考虑利用‘PSC2GS’产生的监控器在大型 OSGi 应用上进行监控,并测试其对系统的性能影响。并且基于本文已有工作我们将来会尝试将这套理论以及工具应用于移动端 android 平台和云平台。

参 考 文 献

- [1] de Alfaro L, Stoelinga M. Interfaces: A game-theoretic framework for reasoning about component-based systems[J]. Electr. Notes Theor. Comput. Sci., 2004, 97: 3-23
- [2] Zhang X, Leucker M, Dong W. Runtime verification with predictive semantics[C]//NASA Formal Methods. 2012: 418-432
- [3] Giannakopoulou D, Havelund K. Automata-based verification of

(上接第 70 页)

服务的发展。但该原型系统尚有不足和未完善之处,如提高服务标注准确率、提高服务组合准确度和效率等。这也是我们下一步努力的重点和方向。

参 考 文 献

- [1] Papazoglou M P, Van Den Heuvel W J. Service oriented architectures; approaches, technologies and research issues [J]. The VLDB journal, 2007, 16(3): 389-415
- [2] Newcomer E, Lomow G. Understanding SOA with web services (independent technology guides) [M]. Addison-Wesley Professional, 2004
- [3] Benini L, De Micheli G. Networks on chips: A new SoC paradigm [J]. Computer, 2002, 35(1): 70-78
- [4] Brown C W, Nyarko K. Software as a Service (SaaS) [J]. Cloud Computing Service and Deployment Models: Layers and Management, 2012: 50
- [5] 杜宗霞, 怀进鹏. 主动分布式 Web 服务注册机制研究与实现 [J]. 软件学报, 2006, 17(3): 454-462
- [6] 廖祝华, 刘建勋, 刘毅志, 等. Web 服务发现技术研究综述 [J]. 情报学报, 2008, 27(2): 186-192
- [7] 兰明敬. 语义聚集的 P2P 服务组织模型 [J]. 计算机科学, 2013, 40(4): 78-82
- [8] Chen Shi-zhan, Feng Zhi-yong, Wang Hui. Building the Semantic Relations-Based Web Services Registry through Services Mining [C]// IEEE/ACIS International Conference on Computer and

temporal properties on running programs[C]// ASE 2001. IEEE Computer Society, 2001: 412-416

- [4] Harel D, Segall I. Synthesis from scenario-based specifications [J]. J. Comput. Syst. Sci., 2012, 78(3): 970-980
- [5] 张鹏程, 李宜东, 李雯睿. 基于博弈论的开放环境下场景规约监控语义 [J]. 中国科学信息科学, 2013
- [6] Zhang P, Yu J, Li W, et al. Game-based monitors for scenario-based specifications[C]// The 18th International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS2013). 2013: 264-267
- [7] PSC Project. PSC Web site [OL]. <http://www.di.univaq.it/psc2ba>, 2005
- [8] Autili M, Inverardi P, Ellicione P P. A scenario based notation for specifying temporal properties [C]// The 5th SCESM06, ICSE06. Shanghai, 2006
- [9] The AspectJ Project. AspectJ Web site [OL]. <http://eclipse.org/aspectj/>
- [10] Ehlers R, Finkbeiner B. Monitoring realizability[C]// RV 2011. 2011: 427-441
- [11] Jin D, Meredith P O, Lee C, et al. Javamop: Efficient parametric runtime monitoring framework[C]// ICSE. 2012: 1427-1430
- [12] Allan C, Avgustinov P, Christensen A S, et al. Adding trace matching with free variables to aspectj[C]// OOPSLA. 2005: 345-364
- [9] Liang Qi-xuan, Chen Shi-zhan, Feng Zhi-yong. Application Services Relation Tracing to Automated Web Service Composition [J]. Applied Mathematics & Information Services, 2013, 7(1): 243-251
- [10] Zheng Hui-yuan, Zhao Wei-liang, Yang Jian. Qos Analysis for Web Service Composition[C]// IEEE International Conference on Services Computing. 2009: 235-242
- [11] Wang Hui, Feng Zhi-yong, Sui Yang, et al. Service Network: An Infrastructure of Web Service [C]// IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems. Shanghai, 2009: 303-308
- [12] Wang Hui, Feng Zhi-yong, Chen Shi-zhan, et al. Constructing Service Network via Classification and Annotation [C]// 5th IEEE International Workshop on Service-Oriented System Engineering. Nanjing, China, 2010: 69-73
- [13] 陈世展. 服务网络: 基于语义和社会化关系的 Web 服务计算基础设施 [D]. 天津: 天津大学, 2009
- [14] 王辉. 面向互联网的 Web 服务基础设施构建和应用 [D]. 天津: 天津大学, 2011
- [15] 王辉, 冯志勇, 陈世展. 基于服务网络的服务关系挖掘 [J]. 计算机应用研究, 2010, 8(27): 2962-2966
- [16] Guo Y, Chen S, Feng Z. Composition Oriented Web Service Semantic Relations Research [C]// 2011 International Joint Conference on Service Sciences (IJCSS). IEEE, 2011: 69-73