

# 基于本体的 Web 服务行为语义建模方法

李庆新<sup>1,2</sup>, 刘淑芬<sup>1</sup>, 曲 明<sup>1,3</sup>

(1. 吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林长春 130012; 2. 对外经济贸易大学信息化管理处, 北京 100029;  
3. 吉林大学电子科学与工程学院, 吉林长春 130012)

**摘要:** 提出一种基于本体的 Web 服务的服务行为语义建模方法, 对于 Web 服务提供的服务行为、用户预期的服务行为、以及服务组合的交互行为之间的一致性关系进行了语义建模, 构建了判断 Web 服务提供的服务行为是否符合用户预期的本体描述和语义计算模型, 利用现有 Web 服务样本进行实验验证并给出性能分析。

**关键词:** Web 服务行为; 服务发现; 服务组合

**中图分类号:** TP311.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0372-2112 (2015)03-0601-04

**电子学报 URL:** <http://www.ejournal.org.cn>

**DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2015.03.028

## Modeling the Web Service Behavior Semantically Based on the Ontology

LI Qing-xin<sup>1,2</sup>, LIU Shu-fen<sup>1</sup>, QU MING<sup>1,3</sup>

(1. College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun, Jilin 130012, China;  
2. Information Management Office, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China;  
3. College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin 130012, China)

**Abstract:** A novel of modeling service behavior is proposed for the web services based on the ontology, which presents a consistency relationship among the service behavior provided by a web service, the expected service behavior requested from the user, and the interactive service behavior between different web services in a service composition semantically. The model can determine whether the service behavior is consistent with user's anticipation or not. We used an existing swatch of web services to analyze the capability of the proposed method.

**Key words:** web service behavior; service discovery; service composition

## 1 研究背景

近年来,以 Web 服务为代表的新服务模式和服务计算技术极大的促进了软件服务化的发展.支持以用户为中心的运行时服务按需构建已成为大多数的研究工作的重点<sup>[1,2,5,7]</sup>,本文提出了一种基于本体的 Web 服务行为语义建模方法,对 Web 服务自身的服务行为、用户预期的服务行为和 Web 服务之间的交互行为进行本体构造,以 Web 服务提供的服务行为是否符合用户预期作为计算公理,建立了服务行为语义的本体描述和语义计算模型,通过对运行时服务按需组合过程中处理服务请求和执行服务发现两个环节进行实验和性能分析,验证了该方法的有效性.

运行时服务按需组合是为了支持 Web 服务的自动发现与组合,以满足用户的请求. Eduardo 等提出了

动态服务组合方法及其原型 DynamiCoS 框架,并采取规范化的方法定义用户所期望获得的 Web 服务的行为信息,以支持用户真正的参与到运行时服务组合的自动化创建过程中<sup>[1]</sup>.动态服务组合方法支持运行时基于特定需求的按需服务组合创建,提高了运行时服务发现的自动化程度和效率<sup>[2]</sup>. Brogi 等提出通过行为信息对于 Web 服务的执行状况进行预先分析<sup>[3]</sup>,通过模拟 Petri net 上的等价实现了基于行为一致性的服务发现与匹配方法<sup>[4,5]</sup>,将行为信息表达的内容限定于 Web 服务之间的交互作用,给出一种从 OWL-S 描述到 Petri net 的语义转换和服务匹配的方法,将 Web 服务的功能信息和行为信息作为基于本体的 Web 服务描述信息的具体内容<sup>[6,7]</sup>.采用 Petri net 描述服务组合过程的目的在于验证 Web 服务之间交互的正确性<sup>[8]</sup>.相关研究表明,采用形式化的建模语言对于 Web 服务的行为进行语义

化描述是现实可行的<sup>[9~11]</sup>. 本文提出的服务行为语义是针对 Web 服务的自身功能调用方式、可满足的用户预期效果、外在交互方式的服务行为及其概念之间语义关系的本体描述和语义计算模型.

## 2 服务行为语义模型

### 2.1 服务行为本体描述

Web 服务的服务行为是对于其自身所提供的、用户预期的、与其它 Web 服务之间交互作用的行为描述, 其中:

描述 Web 服务的服务行为语义 (Service Behavior Semantics, SBS) 概念包括 Web 服务的应用领域 (Application Domain, AD)、执行功能 (Performance Function, PF)、调用条件 (Invoke Condition, IC)、执行动作 (Performance Action, PA) 和执行效果 (Performance Effect, PE);

描述一个基于服务请求的用户预期的服务行为语义概念包括用户的领域需求 (Domain Requirement, DR)、功能请求 (Function Request, FR) 和预期效果 (Anticipation Effect, AE);

描述一个可组合的 Web 服务与服务组合中其他 Web 服务之间交互作用的服务行为语义概念包括原子行为 (Atomic Behavior, AB)、合成行为 (Composite Behavior, CB) 和交互行为 (Interaction Behavior, IB).

一个 Web 服务的服务行为本体描述由服务行为的语义表达 SBSR (Service Behavior Semantics Representation) 和语义计算 SBSC (Service Behavior Semantics Computing)

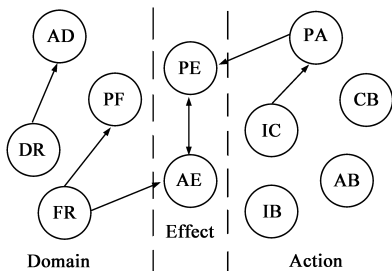


图1 服务行为语义的概念图模型

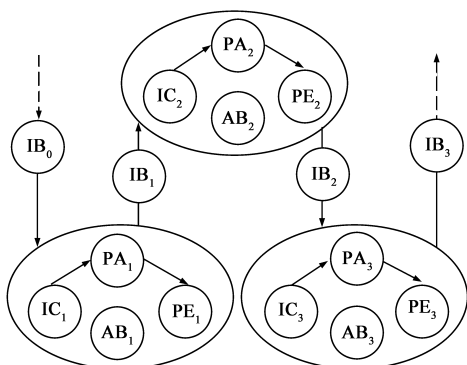


图2 服务行为语义的关系图模型

两部分组成, 其中:

描述服务行为的领域性和功能性、功能调用的动作执行、以及服务组合的原子行为和交互行为的本体构造如图 1 所示.

描述 Web 服务提供的服务行为、用户预期的服务行为、以及 Web 服务之间交互行为的语义关系的本体构造如图 2 所示.

### 2.2 服务行为语义计算

服务行为语义的一致性计算公理, 具体是:

#### 2.2.1 计算公理 1

服务请求的功能调用行为一致性, 考虑在用户提交服务请求时, 在没有用户预期的条件限定的情况下, 判断 Web 服务提供的服务行为能否满足服务请求者提出的功能性需求, 当且仅当 PF 和 FR、AD 和 DR 之间存在的等价、包含、反包含和差异四类语义匹配类型的计算, 其中:

(1) 一个服务请求模型 SR 与一个 Web 服务 S 的服务行为本体描述 SBSRs 的功能调用行为完全一致的条件是当且仅当 PF 和 FR、AD 和 DR 的概念属性集合之间的严格等价关系同时成立, 表示为:

$$AD_S \equiv DR_{SR} \wedge PF_S \equiv FR_{SR} \quad (1)$$

(2) 一个服务请求模型 SR 与一个 Web 服务 S 的服务行为本体描述 SBSRs 的功能调用行为部分一致的条件是: FR 和 PF 的概念属性集合之间既可以存在包含关系, 又可以存在反包含关系, 表示为:

$$PF_S \supseteq FR_{SR} \text{ 或 } PF_S \subseteq FR_{SR} \quad (2)$$

(3) 一个服务请求模型 SR 与一个 Web 服务 S 的服务行为本体描述 SBSRs 的功能调用行为完全不一致的条件是, 当且仅当 PF 和 FR、AD 和 DR 的概念属性集合之间的不兼容关系同时成立, 表示为:

$$PF_S \cap FR_{SR} \subseteq \perp, AD_S \cap DR_{SR} \quad (3)$$

#### 2.2.2 计算公理 2

服务发现的用户预期行为一致性, 考虑在服务发现时有用户预期限定的服务行为匹配情况下, 一个 Web 服务 S 提供的真实行为与一个服务请求模型 SR 中的用户预期行为一致的条件是当且仅当 PE 和 AE 之间的严格等价关系成立, 表示为:

$$\forall \text{Exat}(\equiv), \exists PE \equiv AE \quad (4)$$

#### 2.2.3 计算公理 3

面向组合的外在交互行为一致性, 考虑服务发现结果中的可组合的 Web 服务 S1 和 S2 的外在交互行为一致的条件是, 当且仅当 S1 和 S2 的  $IB_{S1}$  和  $IB_{S2}$ 、S1 的  $PE_{S1}$  和 S2 的  $IC_{S2}$  之间的严格等价关系同时成立, 表示为:

$$IB_{S1} \equiv IB_{S2} \wedge PE_{S1} \equiv IC_{S2} \quad (5)$$

利用服务行为语义模型设计的服务发现算法,能够实现 Web 服务的实际服务行为、用户预期的服务行为和服务组合交互行为之间一致性的计算过程。

#### 算法 1 基于服务行为语义模型的服务发现算法

```

Input: validDiscServs, SRCSWSR
Output: exatDiscServs
//变量
1  SRCServReq; //服务请求 SR
2  SRCServDisc; //预期行为 SR
3  SRCServComp; //外在交互 SR
//构造服务行为本体描述
4  While |validDiscServs| > 0 do
//验证预期行为一致性
5    foreach validDiscServi ∈ SRCServReq do
6      if SRCServReq ⊇ SRCServDisc then
7        SRCSWSR ← SRCServDisc;
8      break;
//验证交互一致性
9  if SRCServDisc ∩ SRCServReq ≠ ∅ then
10  SRCServDisc ← SRCServDisc \ SRCServReq;
11  SRCServComp ← SRCSWSR \ SRCServDisc;
12  exatDiscServicej ← SRCServComp;
13 break;
14 end

```

### 3 实验与性能分析

采用基于 OWL-S 的 Web 服务描述<sup>[12]</sup>,在服务发现的实验过程中,针对服务发现算法的每次迭代执行,将现有的 Web 服务样品的数目从 0 增加到 50,重复实验了 20 次( # IOPEs 和 # SWSRs 各 10 次),如图 3 所示,随着可用 Web 服务的数目的增加,服务行为语义模型使得这些 Web 服务的 # SBSR 参数的总数是线性增长的,原因在于执行功能调用和用户预期的服务行为一致性计算之后,所发现的结果中只有一部分 Web 服务( # validDiscServs)对于服务组合是有效的.为了更好的支持运行时自动化的服务组合,需要对于服务发现结果 validDiscServs 进行优化,以 # validDiscServs 作为输入,针对用户预期和外在交互的服务行为一致性分别进行

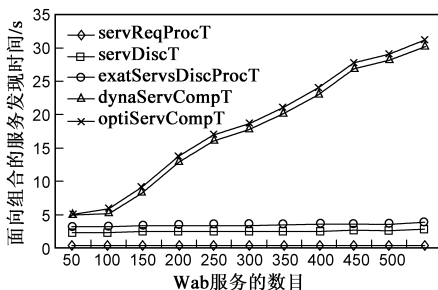


图3 服务发现结果

计算,最后输出 # exatDiscServs 作为服务组合的成员 Web 服务集。

服务组合有两个目标:一方面是为了满足客户的复杂需求,另一方面是为了降低开发满足复杂应用的 Web 服务的难度.由于具有通用预期目标的服务的 SWSR 所使用的概念彼此之间会在语义上近似,因此,所处理的服务行为语义概念的数目和生成服务组合的时间将会减少,对于相同的服务请求处理时间 servReqProcT,图 3 展示了以 IOPEs 的 # discServs 和 SWSR 的 # exatDiscServs 作为面向组合的服务发现过程实验所分别统计到的执行时间 sevDiscT 和 exatServsDiscProcT,其中, servReqProcT 保持不变,表明在全部的所执行的实验中使用的相同的服务请求.与 sevDiscT 相比,随着可用 Web 服务数量的增长,尽管 exatServsDiscProcT 有了一定程度的增加,但是, optiServComp 并没有在很大程度上提高运行时服务按需组合过程的整体执行时间。

实验结果表明,在服务组合的过程中,服务行为语义模型能够在合理的时间内建立满足用户服务请求的服务发现结果集,因此,服务行为语义建模方法具有可行性和有效性。

### 4 结论与展望

本文针对 Web 服务提供的服务行为、用户预期的服务行为和服务组合中 Web 服务之间交互行为的本体描述、语义计算及服务行为和用户预期之间的一致性问题展开了研究,在构造了服务行为本体描述的基础上,给出了服务行为的功能、预期和交互之间一致性的语义计算模型,在运行时服务按需组合的过程中优化了服务发现的结果.构造的服务描述本体不局限于本文定义的 Web 服务描述概念,如何在服务描述本体中完善 Web 服务行为的共性描述概念、以及验证服务行为语义建模方法在 Web 服务的按需选取与组合过程中进一步的实用化是下一步研究工作的重点。

#### 参考文献

- [1] Eduardo Goncalves da Silva, Luis Ferreira Pires, Marten van Sinderen. Towards runtime discovery, selection and composition of semantic services[J]. Computer Communications, 2011, 34 (2): 159 - 168.
- [2] Hassina Nacer Talantikite, Djamil Aissani, Nacer Boudjlida. Semantic annotations for web services discovery and composition [J]. Computer Standards & Interfaces, 2009, 31 (6): 1108 - 1117.
- [3] Antonio Brogi. On the potential advantages of exploiting behavioural information for contract-based service discovery and composition[J]. Journal of Logic and Algebraic Programming,

- 2011, 80(5): 3 – 12.
- [5] Z Zhou, L T Yang, S Bhiri, L Shu, N Xiong, M Hauswirth. Verifying mediated service interactions considering expected behaviours[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2011, 34(6): 1043 – 1053.
- [6] LI Zhen, Yang Fang-chun, SU Sen. QoS-aware semantic web service composition with uncertainties[J]. Chinese Journal of Electronics, 2008, 17(4): 703 – 709.
- [7] 邱田, 李鹏飞, 林品. 一个基于概念语义近似度的 Web 服务匹配算法[J]. 电子学报, 2009, 37(2): 429 – 432.  
QIU Tian, LI Peng-fei, LIN Pin. A web service matching algorithm based on semantic similarity of concepts[J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(2): 429 – 432. (in Chinese)
- [8] 周宁, 谢俊元. 基于定性多用户偏好的 Web 服务选择[J]. 电子学报, 2011, 39(4): 1 – 8.  
ZHOU Ning, XIE Jun-yuan. Select web services based on qualitative multi-users preferences [J]. Acta Electronica Sinica, 2011, 39(4): 1 – 8. (in Chinese)
- [9] Anna Formica. Semantic web search based on rough sets and fuzzy formal concept analysis[J]. Knowledge-Based Systems, 2012, 26(7): 40 – 47.
- [10] 邱田, 胡晓慧, 李鹏飞, 马恒太. 基于 OWL-S 的服务发现语义匹配机制[J]. 电子学报, 2010, 38(1): 43 – 47.  
QIU Tian, HU Xiao-hui, LI Peng-fei, MA Heng-tai. A semantic matchmaking system mechanism for web service discovery based on the OWL-S [J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(1): 43 – 47. (in Chinese)
- [11] 殷昱煜, 李莹, 邓水光, 尹建伟. Web 服务行为一致性和相容性判定[J]. 电子学报, 2009, 37(3): 433 – 437.  
YIN Yu-yu, LI Ying, Deng Shui-guang, YIN Jian-wei. Determining on consistency and compatibility of web services behavior[J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(3): 433 – 437. (in Chinese)

- [12] Matthias Klusch, Benedikt Fries, Katia Sycara. OWLS-MX: A hybrid semantic web service matchmaker for OWL-S services [J]. Journal of Web Semantics, 2009, 7(2): 121 – 133.

### 作者简介



**李庆新** 男, 1977 年出生于河南焦作, 博士研究生, 研究方向: 计算机支持协同工作技术、模型驱动架构技术、软件复用技术.

E-mail: liqingxin@uibe.edu.cn



**刘淑芬** 女, 1950 年出生, 教授, 博士生导师, 研究方向: 计算机支持协同工作、软件体系结构、基于模型驱动的软件编程方法、网络管理技术.

E-mail: liusf@mail.jlu.edu.cn



**曲明(通信作者)** 男, 1981 年出生于吉林长春, 博士, 讲师, 博士后在站, 研究方向: 计算机支持协同工作技术、服务计算技术、旁路攻击技术.

E-mail: quming08@gmail.com