

# 一种基于语义 Web 服务的匹配算法研究

骆 琴<sup>1</sup>, 张永胜<sup>1</sup>, 聂学武<sup>1</sup>, 龚禾芳<sup>2</sup>

(1. 山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014;

2. 济南工程职业技术学院 现代教育技术中心, 山东 济南 250200)

**摘 要:**传统的 Web 服务发现只是简单的基于关键字的语法匹配, 查询得到的服务往往不是用户想要的, 如何正确定位合适的 Web 服务成为主要问题。在服务使用 OWL-S 描述的前提下, 服务匹配通常认为是本体概念的匹配, 给出了一种基于语义 Web 服务的匹配算法, 通过服务发布者提供的服务和消费者寻求的服务的关系来进行匹配算法研究, 提出了相应的服务匹配技术, 详细介绍了服务请求时进行服务匹配使用的匹配算法, 达到服务发布者和请求者可以实现语义的匹配。最后对服务匹配算法进行了实现, 提高了服务的查准率和查全率。

**关键词:**服务匹配; OWL-S; Web 服务; 服务发现

**中图分类号:** TP311

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2011)02-0136-04

## Research of Matching Algorithm Based on Semantic Web Services

LUO Qin<sup>1</sup>, ZHANG Yong-sheng<sup>1</sup>, NIE Xue-wu<sup>1</sup>, GONG He-fang<sup>2</sup>

(1. School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. Modern Education Technical Center, Jinan Engineering Vocational  
Technical College, Jinan 250200, China)

**Abstract:** Traditional Web service discovery is just a kind of simple syntax match based on keywords. The services resulted from such queries are often not what the users expected. How to locate the right services is becoming a big challenge. Under the precondition of service described by OWL-S, service matching is generally considered as the matching of ontology concepts. A matching algorithm is presented based on semantic Web service, and the relationship of services provided by the publisher and consumer is studied to carry out matching algorithm, then the corresponding service matching techniques are put forward, the service matching arithmetic is introduced detailedly, which can realize the semantic matching between service delivery and the requester. At the end, the service matching algorithm is achieved, it can improve service precision and recall ratio.

**Key words:** service matching; OWL-S; Web services; service discovery

## 0 引 言

随着技术和规范不断发展, 面向服务的计算将成为 Internet 的下一浪潮。SOA (Service-Oriented Architecture) 即面向服务的体系架构, 它具备分布性和异构性的特点, 在此架构中, 会对服务进行发现和调用操作。服务的请求者和服务的提供者要进行服务的匹配。在面向服务计算的领域中, 对服务发现的研究有着重要的意义, 服务发现的过程包括两个方面: 一个是服务的发布; 一个是服务的查询。服务提供者将服务

的描述发布在服务注册中心, 服务请求者则通过提交查询来得到所需要服务的信息。经过服务的发布和服务的查询, 能很好地满足服务计算系统的要求。

UDDI (Universal Description Discovery and Integration) 即通用描述发现和集成, 在 Web 服务解决方案中, UDDI 能很好地支持服务过程中的功能实施与运行。Web 服务发现中 UDDI 的作用是通过对其上的服务注册信息进行关键词的精确匹配来实现, 主要是对服务名称和服务的属性值进行匹配。UDDI 服务注册能为 Web 服务发现带来诸多方便, 但其中的查准率和查全率不高也常常带给人们一定的困扰。

文中就服务发现相关理论和当前服务匹配技术提出一种基于语义 Web 服务的匹配算法, 通过其中的服务匹配思想和服务匹配算法来提高服务的查准率和查全率。

收稿日期: 2010-06-11; 修回日期: 2010-09-20

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (Y2008G22)

作者简介: 骆 琴 (1986-), 女, 重庆开县人, 硕士研究生, 研究方向为服务计算、信息安全; 张永胜, 教授, 研究方向为软件工程与数据库技术、网络信息安全。

## 1 相关理论

### 1.1 语义 Web 服务

语义 Web 服务<sup>[1]</sup>是由定义良好的、具有丰富语义信息的描述语言描述的 Web 服务,基于 Web 服务的软件系统和应用终端能够通过语义推理实现服务的发现、选择、组合以及执行的智能化和自动化。在服务的描述中,语义 Web 服务包含了丰富的语义信息,利用服务发现算法可以对这些语义信息进行服务的匹配,从而克服基于关键词的服务发现机制所存在的不足。基于关键词的 Web 服务发现与传统的基于关键词的信息检索很相似,但服务发现注册中心只是提供通过对关键词的查询来对 Web 服务进行匹配的,缺乏语义信息的支持,这样就容易导致查找的准确度不高。因此将语义信息引入 Web 服务中,可以提高 Web 服务查找的准确度。

### 1.2 Web 服务发现

Web 服务发现<sup>[2]</sup>是面向服务的体系架构中一个重要的组成部分,它要解决的问题是如何为服务需求者发现合适的目标服务,并找到其服务就是所需要实现的服务。基于语义的服务发现是在语义层上进行需求描述和匹配判断的。导致服务发现效率不高的原因往往是因为 Web 服务描述和发现技术 WSDL 和 UDDI 缺乏语义信息。最早为发现 Web 服务增加语义信息的是 DAML-S, DAML-S 是基于本体的 Web 服务描述框架语言。Web 服务发现的本质是解决服务需求者和服务发布者之间的匹配问题,而如何描述服务、使服务具有语义信息成为 Web 服务发现的关键问题。基于框架的 Web 服务发现技术是对基于关键字 Web 发现技术的改善,当前的大多数服务发现技术是基于框架的, BPEL<sup>[3]</sup>是一种比较流行的框架语言,即业务流程执行语言,它可看作是 WSDL 的一种扩展,这种扩展表现在 BPEL 模型元素依赖于 WSDL 中的端口类型,消息和操作等元素。

### 1.3 Web 服务本体描述语言

语义 Web<sup>[4]</sup>的研究普遍采用本体论, Web 服务的本体指的是在 Web 服务领域,通过领域本体模型的构建,对存在的 Web 服务进行语义层次上的描述,主要描述的内容包括 Web 服务的功能特征与性能特征等,从而为 Web 服务的描述提供共享的、精确定义的概念。OWL-S (Web Ontology Language-Service)<sup>[5,6]</sup>即 Web 服务本体描述语言,它是基于 OWL 语言的 Web 服务本体,是 W3C 推荐的标准。

OWL-S 可以对 Web 服务的属性和功能以标记语言的形式进行逻辑化描述,所生成的描述文件可以被机器无二义性地解释和推理,这样就提高了 Web 服务的易用性和可理解性。并且它还定义了一组核心的语

言构件,期间所生成的描述文件支持机器理解。OWL-S 由服务概貌 (Service Profile)、服务模型 (Service Model) 和服务绑定 (Service Grounding) 三部分组成。OWL-S 的顶层本体结构如图 1 所示。

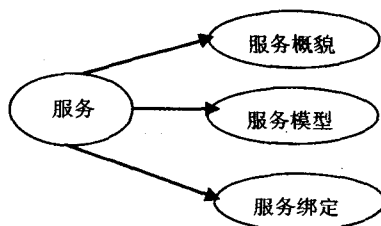


图 1 OWL-S 的顶层本体

服务概貌是用来描述服务是做什么的。服务概貌本体<sup>[7]</sup>通过 hasInput、hasOutput、hasPrecondition、hasEffect 等属性来描述服务的 IOPE。主要包括的信息如下:

(1) 服务提供者的信息,例如服务提供者的单位地址,移动电话等联系信息。

(2) 服务的功能信息,例如服务的输入、输出、前提和效果。

(3) 服务的非功能信息,例如服务质量、分类等。

服务模型是用来描述服务是如何工作的。它能为服务操作提供更详细的指导。OWL-S 把每个服务看成是一个过程,在过程中创建对应的 IOPE 实例来描述服务。其中过程以流程的形式描述服务中各个子活动的控制与协同关系。

服务绑定是用来描述如何访问服务,并描述访问服务的具体细节,例如消息格式、序列化、寻址等。服务概貌可看作是与服务交互需要的服务描述元素规格从抽象到具体的映射。OWL-S 选择利用 WSDL 作为 Service Grounding 的实现。基于该本体提供的信息可实现从抽象描述到具体服务的映射。

## 2 服务匹配思想

### 2.1 匹配概念

服务匹配是指给定服务集合,以及服务请求,从服务集合中获取满足服务请求的服务子集的过程。进一步来讲,服务要与业务需求相匹配,其接口信息和行为属性均应满足服务请求的特征约束。然而,在当前的相关研究中,服务匹配主要限于其接口的匹配。同时,将语义匹配作为主流的匹配手段。

Web 服务发现,就是根据请求者提供的服务功能需求,查找最匹配需求的服务的过程。不同于传统的基于关键词匹配的服务发现,基于语义的服务发现是在语义层上进行需求描述和匹配判断的。

基于语义的服务发现算法的处理主要分两步:

(1)调用  $\text{match}()$  方法得到语义上符合用户需求的所有候选服务,包括其服务 id、输入匹配度、输出匹配度;

(2)在候选服务中根据相关参数选出最匹配用户需求的服务并返回其 id,如它的输入匹配度、输出匹配度之和,匹配度之和相等的情况下,输入匹配度最小。

## 2.2 匹配思想

如图 2 所示,图中给出了服务提供者 S 和服务请求者 R 之间的五种关系。

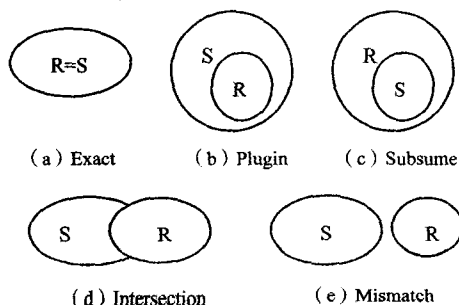


图 2 本体中服务之间的关系

这五种关系分别是: Exact、Plugin、Subsume、Intersection 和 Mismatch。

在匹配 Web 服务中,先根据 Web 服务中参数的个数来进行筛选,然后将 Web 服务每个输入、输出参数与服务请求者提供的参数匹配,得到每个参数可以匹配到的最佳语义匹配度。根据 Web 服务参数语义信息确定 Web 服务匹配度时,首先可以根据单个参数匹配度的定义来完成,才能得到请求方提供的输入参数与发布的 Web 服务输入参数两两之间的匹配。

对于服务概貌的查询请求,消息被直接转发至匹配模块<sup>[8]</sup>,根据消息请求中的服务描述进行匹配。匹配模块首先从服务概貌中获得服务名、输入属性和输出属性。对于每个属性,匹配模块从概念近似度数据表中查询近似的概念并获得具有可接受的语义近似度的概念。

## 2.3 匹配算法

定义 1 基调匹配。

Web 服务描述 D:输入  $I^D = \{v_1, \dots, v_n\}$ , 输出  $O^D$ 。服务请求 P:输入  $I^P = \{u_1, \dots, u_m\}$ , 输出  $O^P$ 。如果满足  $I^P \leq_a I^D$  和  $O^D \leq_a O^P$ , 则称 D 与 P 基调匹配。其中  $I^P \leq_a I^D$  表示  $\forall v_i \in I^D$ , 则  $\exists u_j \in I^P$  满足  $u_j \leq_a v_i$ 。若有  $i \neq k, u_j \leq_a v_i, u_l \leq_a v_k$ , 则  $j \neq l$ 。

定义 2 规约匹配。

Web 服务描述 D:输入约束  $C_I^D = \{C_{I_1}^D, \dots, C_{I_{k_D}}^D\}$  和输出约束  $\{C_{O_1}^D, \dots, C_{O_{l_D}}^D\}$ 。  $C_I^P = \{C_{I_1}^P, \dots, C_{I_{k_P}}^P\}$  和  $C_O^P = \{C_{O_1}^P, \dots, C_{O_{l_P}}^P\}$  是服务请求 P 的输入输出约束。如果  $C_I^P \leq_\theta C_I^D$ ,  $C_O^D \leq_\theta C_O^P$ , 则称 P 规约匹配 D。  $C_I^P \leq_\theta C_I^D$  表示

$$\forall C_{I_i}^P \in C_I^P, \exists C_{I_i}^D \in C_I^D, \text{ 则 } C_{I_i}^P \leq_\theta C_{I_i}^D。$$

定义 3 局部匹配。

Web 服务描述 D:输入  $I^D = \{V_{I_1}^D, \dots, V_{I_n}^D\}$ , 输出  $O^D = \{V_{O_1}^D, \dots, V_{O_m}^D\}$ , 输入约束  $C_I^D = \{C_{I_1}^D, \dots, C_{I_{k_D}}^D\}$  和输出约束  $C_O^D = \{C_{O_1}^D, \dots, C_{O_{l_D}}^D\}$ 。服务请求 P:输入  $I^P = \{V_{I_1}^P, \dots, V_{I_m}^P\}$ , 输入约束  $C_I^P = \{C_{I_1}^P, \dots, C_{I_{k_P}}^P\}$  和输出约束  $C_O^P = \{C_{O_1}^P, \dots, C_{O_{l_P}}^P\}$ 。如果满足下面条件则称 P 局部匹配 D。

$$\exists V_{I_i}^P \in I^P, \exists V_{I_i}^D \in I^D, \text{ 则 } V_{I_i}^P \leq_a V_{I_i}^D;$$

$$\exists V_{O_i}^D \in O^D, \exists V_{O_i}^P \in O^P, \text{ 则 } V_{O_i}^D \leq_a V_{O_i}^P;$$

$$\exists C_{I_i}^P \in C_I^P, \exists C_{I_i}^D \in C_I^D, \text{ 则 } C_{I_i}^P \leq_\theta C_{I_i}^D;$$

$$\exists C_{O_i}^D \in C_O^D, \exists C_{O_i}^P \in C_O^P, \text{ 则 } C_{O_i}^D \leq_\theta C_{O_i}^P。$$

## 2.4 算法实现过程

服务计算匹配算法<sup>[9]</sup>分为两步,首先是用 OWL-S 描述服务发布者提供的服务和消费者寻求的服务,再根据相似度算法来对比权值,产生一个称为语义距离的相对值,若该值在某特定范围内则认为匹配,满足查全率查准率的要求,否则认为失配。图 3 给出了匹配算法的实现流程。

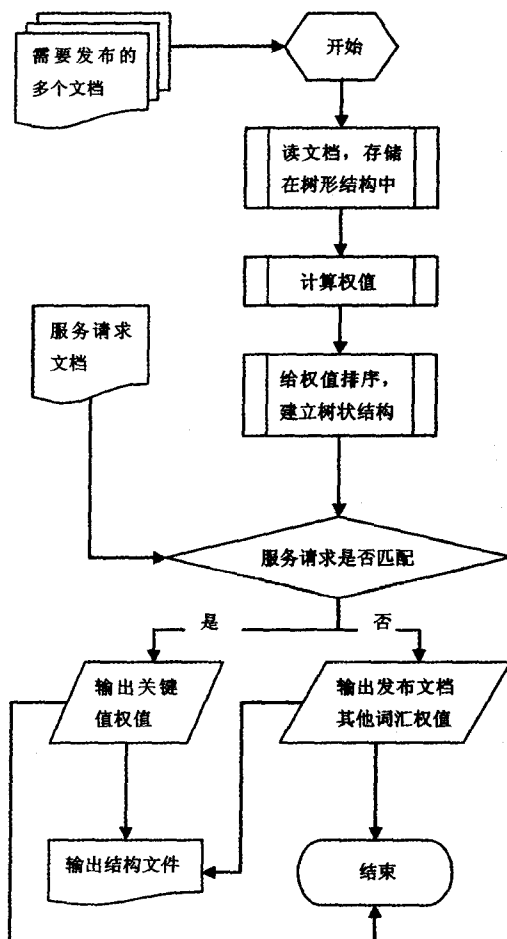


图 3 服务计算匹配算法实现流程图

算法的实现过程如下:

```
Tree * CreateTree( Tree * root, File * fp)
//创建二叉树用来存放关键值权值,以及权值在发布文档中出现的次数
Tree * SearchBinTree( Tree * rootm, Tree * rootn)
//搜索二叉树
void InMidThread( Tree * rootn, Tree * rootm)
//计算匹配文档频率
void InThread( Tree * Nroot, Tree * Mroot)
//计算权值
void Weigh( Tree * root)
//对权值进行排序,建立树状结构
bool in(char data[20])
//判断某权值是否在服务请求文档中
void ThreadWeigh( Tree * root)
//将关键值权值按从大到小的顺序输出
Sim(S,R)= WpS * PS(S,R)+WcS * CS(S,R)+ WAS * AS(S,R)
```

### 3 服务匹配技术

#### 3.1 上下文感知的服务匹配技术

上下文信息<sup>[10,11]</sup>分为用户上下文信息和服务的上下文信息,主要包括用户位置、用户服务的设备状况、服务的情景等。服务匹配的特点是在服务匹配过程中必须考虑提供服务的上下文信息和用户的上下文信息。当前主要的语义服务描述语言,如 OWL-S, WSMO, SAWSDL 等都不包含上下文信息。因此需要对服务计算环境下基于语义的服务描述语言进行扩展,使其包含相关的上下文信息。但上下文信息经常变化,复杂多样,这就为基于上下文信息的服务匹配在匹配类型和匹配时间上造成了极大的困难。

对于上述难题,提出相应的优化匹配技术,可以在语义服务匹配过程中提高语义推理的速度。这可以从两个方面进行优化:首先,在语义推理层次上,通过减少本体的概念推理时间来提高服务匹配的时间。其次,在服务发现层次上,通过对服务目录进行分类来减少服务匹配的数量,提高系统的响应速度。

#### 3.2 基于语义的服务匹配技术

目前的服务匹配技术主要研究的是面向服务请求者的,在服务计算环境下基于语义的服务匹配技术<sup>[12]</sup>成为研究的热点。基于语义的服务匹配通过本体推理,能够更好地解决同词异义和异词同义的问题。根据服务的描述方式,基于语义的服务匹配技术可以分为基于服务功能的语义服务匹配和基于服务流程的语义服务匹配。

基于语义的 Web 服务匹配方法主要有基于推理的匹配方法和基于相似性计算的匹配方法。目前对语

义 Web 服务匹配的研究大多针对服务的接口信息进行匹配,比如对输入、输出参数进行匹配,但是仅依靠 Web 服务的接口信息,还不能完全满足语义匹配的需要。

### 4 结束语

文中提出了一种基于语义 Web 服务的匹配算法,通过算法的研究和设计,增强了匹配的精确度。为了更好地展开服务匹配过程,需要提高服务计算环境中基于语义的服务匹配效率、提供资源约束性问题的解决方案。

下一步将加强实际业务中模型匹配技术的应用研究,促进匹配技术的成熟和发展。

#### 参考文献:

- [1] 崔 华,应 时,袁文杰,等. 语义 Web 服务组合综述[J]. 计算机科学,2010,37(5):21-25.
- [2] 邹国兵,向 阳,甘杨兰,等. 利用语义匹配度计算的 Web 服务发现方法[J]. 小型微型计算机系统,2010,5(5):807-812.
- [3] 张永胜,王 强,杨海波. 基于 BPEL 的业务流程管理框架的研究[J]. 山东师范大学学报(自然科学版),2008,23(3):22-24.
- [4] Mokhtar S B. EASY: Efficient semantic service discovery in pervasive computing environments with QoS and context support[J]. J. Syst. Software,2007(10):9-11.
- [5] 姚梦雪,万晓冬. 基于普适计算的服务发现系统设计[J]. 计算机技术与发展,2009,19(3):130-133.
- [6] 吴 健,吴朝晖,李 莹,等. 基于本体论和词汇语义相似度的 Web 服务发现[J]. 计算机学报,2005,28(4):2054-2062.
- [7] 张慧明,唐慧佳. 语义 Web 服务匹配策略研究[J]. 计算机应用,2010,30(4):1083-1085.
- [8] 邱 田,胡晓惠,李鹏飞,等. 基于 OWL-S 的服务发现语义匹配机制[J]. 电子学报,2010,38(1):42-47.
- [9] 裴韶亮. 语义 Web 服务匹配框架模型研究与设计[J]. 计算机工程与设计,2010,31(2):410-413.
- [10] Doukeridis C, Loutas N, Vazirgiannis. A system architecture for context-aware service discovery [C]//Proceedings of the First International Workshop on Context for Web Services (CWS 2005). Paris: ELSEVIER Press, 2005:101-116.
- [11] Broens T, Pokraev S, van Sinderen M, et al. Context-Aware, Ontology-based Service Discovery [C]//Proceedings of the European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI'04). Germany: Springer, 2004.
- [12] 吕庆聪,周集良,杨 帆,等. 普适计算服务匹配技术研究[J]. 计算机科学,2009,36(11):182-185.