

一种基于 QoS 的 Web 服务发现模型

A model for semantic web service discovery based on QoS

戴常英 戴明坤 郭磊 (中国石油大学(华东) 计算机与通信工程学院 山东东营 257061)

摘要: 当前采用 OWL-S 描述的 Web 服务, 主要从服务功能进行描述, 缺乏对服务质量的明确刻画, 导致服务请求者难以得到最佳服务。针对此问题, 本文对 OWL-S 规范扩展, 提出一个基于 QoS 的语义 Web 服务发现模型 SWSM-QoS。该模型支持 QoS 的服务发布、查找和反馈, 并在此基础上提出一种 QoS 约束的服务选择算法。本论文创新性之处在于在服务发现过程中加入了服务质量本体信息, 使得 Web 服务在框架内支持 QoS 约束的语义发现, 满足了用户的个性化需求。

关键词: 服务发现 SWSM-QoS QoS 约束 服务质量本体 服务选择算法

1 引言

目前, Web 服务应用越来越广泛, 受到广泛关注。Web 服务是一种自我包含的、自我描述的、模块化的应用。Web 服务可以提供的功能包括简单请求到复杂商业过程, 一旦一个 Web 服务被部署了, 其他的应用就能够通过网络来发现和调用所部署的 Web 服务。

Web 服务发现是 Web 服务框架中一个重要且关键部分, 它根据用户的需求在注册中心搜索产生候选服务集, 并在候选服务集上按照某种规则进行筛选最终得到最适合用户的服务。当前的 Web 服务发现技术主要从服务功能的角度对其进行描述, 缺乏对服务质量的刻画和描述, 满足不了实际的商务应用要求。当前电子商务的实际应用中, 还需要提供非功能属性的保障, 如价格、服务时间、可靠性等。它们对 Web 服务在商业领域的成功应用起关键性作用, 因此提供有 QoS 保障的 Web 服务是商务应用的必然趋势。

本文在系统研究 Web 服务架构的基础上, 针对 OWL-S 缺乏服务质量描述的缺点, 将 QoS 本体引入对 OWL-S 规范进行扩展。并在此基础上, 提出将 QoS 标准化的算法以及基于 QoS 约束的服务选择算法。

2 系统体系结构

2.1 系统体系结构

本文提出的框架是在 Paolucci Massimo 等提出的

augment UDDI 语义 Web 服务注册系统基础之上, 引入 QoS 模块, 达到基于 QoS 约束的服务发现目的。

Augment UDDI 语义 Web 服务注册系统的核心部分是 OWL-S/UDDI 匹配器, 它是对 UDDI 进行扩展的方案。它结合了 UDDI 在 Web 服务技术体系中的优势地位和 OWL-S 功能语义描述能力, 提出了一个 OWL-S profile 向 UDDI 数据结构映射的方案, 使得语义描述信息可以发布到 UDDI 中。它在 UDDI 的基础上增加了一个语义匹配模块, 并增加一个语义匹配接口来处理 OWL-S 描述的服务信息。

在这里, 我们对其进行扩展, 将服务质量模块引入, 以达到用户的个性化要求。扩展后的框架如下图 1:

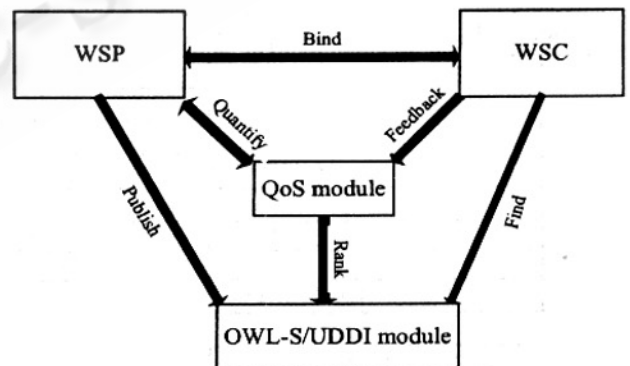


图 1 系统的体系结构

2.2 系统主要模块

本模型由四个部分组成, 各部分的主要功能如下:

(1) WSP: 服务提供者, 主要任务是将携带 QoS 信息的服务描述发布到服务注册中心; 服务请求者调用服务时, 同服务请求者进行交互, 调用并完成 Web 服务, 并将结果返回给 Web 服务请求者。

(2) WSC: 服务请求者, 主要任务是向服务注册中心提交所需服务的描述信息。找到相应的服务后, 与服务提供者进行交互以建立连接并进行交互。调用完成后, 将 QoS 属性值反馈给服务注册中心。

(3) QoS module: 其核心部分是 QoS 本体和 QoS 匹配器。在服务选择过程中, 对 QoS 属性值进行量化, 并根据 QoS 对 Web 服务进行量化和排序的模块。服务请求者查找服务时, 服务选择模型根据请求者提供的 QoS 属性及权重选择对 Web 服务进行选择并排序。

(4) OWL-S/UDDI module: 一个具有语义查找功能的 Web 服务注册的数据库, 对 UDDI 注册中心进行了扩展, 保持原有功能不变的同时提供语义推理来进行语义 Web 服务注册。服务请求者根据服务请求信息在注册中心查找。

2.3 SWSDM - QoS 中的交互时序

在 SWSDM - QoS 模型中, 主要操作有: 发布 (Publish)、发现 (Find)、量化 (Quantify)、绑定 (Bind)、反馈 (Feedback) 和分级 (Rank)。图 2 显示了系统中各个角色的交互时序。

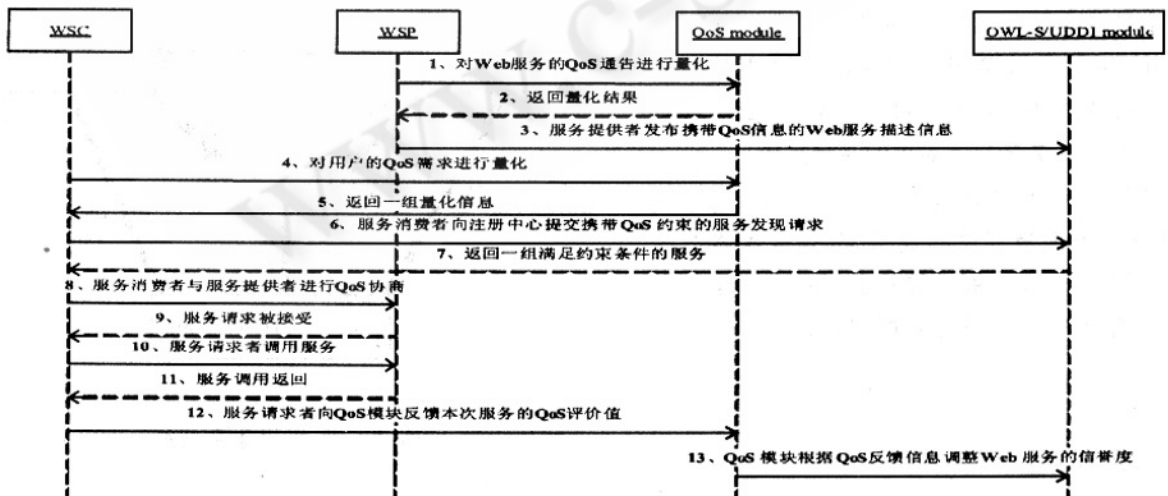


图 2 SWSDM - QoS 中各个角色的交互时序图

3 服务描述

3.1 扩展后的 OWL - S 本体

QoS 在服务发现过程中起到重要作用, 因此有必要对 QoS 进行明确细致的刻画。但传统的 OWL - S 语言不支持 QoS 属性描述, 本文对 OWL - S 规范进行扩展。扩展之后的结构如图 3:

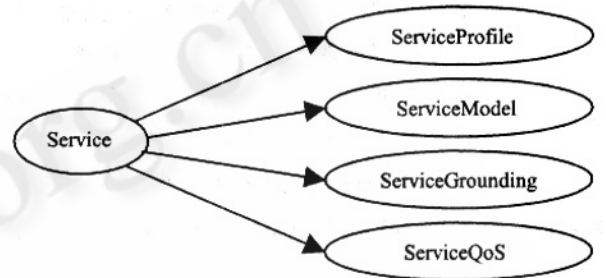


图 3 扩展之后的 OWL - S 本体结构

3.2 服务的功能性描述

服务的功能性描述用 OWL - S 来进行描述, 包括三部分: ServiceProfile, ServiceModel, ServiceGrounding。其中 ServiceProfile 告诉我们“服务做了什么”; ServiceModel 告诉我们“服务是怎么工作的”; ServiceGrounding 指定访问一个服务的细节。

3.3 非功能性描述

服务质量表达了服务满足使用者需求的能力。由

于 OWL-S 缺乏对非功能性属性的明确描述,这里对 OWL-S 规范扩展,将非功能属性加入到服务描述之中。本文主要描述 Web 服务的以下几个非功能属性:

(1) 服务价格 (Cost): 表示使用 Web 服务必须支付的费用,由服务请求者指定。

(2) 响应时间 (Response Time): 表示客户从客户端提交对服务 S 的请求到获得服务响应所花费的时间,用公式 $RT(S)$ 表示。

(3) 可靠性 (Reliability): 表示 Web 服务正常运行的概率。

(4) 信誉度 (Reputation Degree): 表示 Web 服务的可信赖程度,用 RD 表示。

(5) 补偿率 (Compensation Rate): 服务提供者因某种原因不能提供服务时,需要补偿给请求者的费用在服务价格中所占的比率,用 CR 表示。

(6) 赔偿率 (Penalty Rate): 服务请求者取消订购的服务时,需要赔偿给服务提供者的费用在服务价格中所占的比率,用 PR 表示。

3.4 QoS 本体

本文引入服务质量本体对服务进行描述。本体是一种类树结构,它的本质是概念模型,表达了概念以及概念之间的关系。本文所涉及的服务质量本体如下图 4:



图 4 类图结构的 QoS 本体

4 服务选择

服务选择的主要任务是在满足服务请求者功能需求的服务集合中,寻找服务质量最佳的服务并将其注册信息反馈给用户。

4.1 QoS 属性值的选取与量化

QoS 量化的目的就是服务的 QoS 历史评价数据

进行一序列处理,为后续的服务排序和服务选择做准备。

服务请求者每次使用服务之后,都可以对本次服务的质量做一个评价。这些反馈 QoS 信息存储在数据库中。QoS 数据都是离散的,本文将 QoS 反馈值的平均值作为模型中待选服务的 QoS 属性值。这里首先假设: m 个用户调用服务 s 后,将得到 m 组 QoS 反馈值,每组由 n 个 QoS 属性值组成。计算公式如下:

$$q_s = \left(\sum_{i=1}^m q_{i1}, \sum_{i=1}^m q_{i2}, \dots, \sum_{i=1}^m q_{in} \right) \quad (1)$$

式(1)中, q_s 表示待选服务 s 的 QoS 属性值, q_{ij} 表示第 i 个服务提供者反馈的第 j 个 QoS 属性值, m 表示反馈的 QoS 属性值个数。

现在假设服务集合中有 n 个服务满足服务请求的功能需求, $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$, 每个服务的 QoS 由 m 个服务属性来刻画,即 $\{Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_m\}$ 。这样,待选服务的 QoS 矩阵为:

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nm} \end{pmatrix}$$

式中的行表示每个服务的 m 个非功能属性取值,列表示不同的服务同一 QoS 属性取值。

对于同一服务,不同 QoS 属性值可能会相差很大甚至几个数量级,如服务价格和执行时间。并且对于同一个属性,不同服务的 QoS 属性值也可能相差几个数量级,因此有必要对这些属性值进行处理。为方便处理,首先将服务请求的 QoS 属性值加入到矩阵 Q

中,得到扩展矩阵 \tilde{Q} 为:

$$\tilde{Q} = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nm} \\ r_1 & r_2 & \dots & r_n \end{pmatrix}$$

不同 QoS 参数代表不同的意义。有些 QoS 参数对于服务评价产生负面影响,其值越大 QoS 评价就应该越低,如服务价格、响应时间和赔偿率;有些 QoS 参数对服务评价产生正面影响,其值越大服务的 QoS 评价就越高,如可靠性、信誉度和补偿率。因此,需要对

取出的 QoS 属性进行标准化处理,公式如下:

$$q'_{ij} = \begin{cases} \frac{q_{ij}^{\max} - q_{ij}}{q_{ij}^{\max} - q_{ij}^{\min}} & q_{ij}^{\max} - q_{ij}^{\min} \neq 0 \\ 1 & q_{ij}^{\max} - q_{ij}^{\min} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$q'_{ij} = \begin{cases} \frac{q_{ij} - q_{ij}^{\min}}{q_{ij}^{\max} - q_{ij}^{\min}} & q_{ij}^{\max} - q_{ij}^{\min} \neq 0 \\ 1 & q_{ij}^{\max} - q_{ij}^{\min} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

其中 $q_i^{\max} = \text{Max}\{q_{ij}\}, 1 \leq j \leq n,$

$q_i^{\min} = \text{Min}\{q_{ij}\}, 1 \leq j \leq n, Q_i^{\max}$ 分别表示第 i 个 QoS 属

性的最大值和最小值。利用以上两个公式计算 \tilde{Q} 对应的新数值 Q ,其中,对服务评价产生负面影响的 QoS 属性使用(2)式,对服务产生正面影响的 QoS 属性使用(3)式。

经过量化处理之后,对于矩阵 Q'_{ij} 中的任一元素,有 $0 \leq q \leq 1$ 。可以用向量 $\vec{Q}_i = \{q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{im}\}$,表示 Web 服务 S_i 在一组服务中的标准服务质量向量。

4.2 QoS 最优的服务选择

在服务选择的过程中,不同的服务请求者对服务的质量属性偏好各异,有些请求者可能比较关注服务价格,有些更在意响应时间。这里用向量 $\vec{W} = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$ 来表示用户对各个 QoS 的关注程度。

最终服务 QoS 的评价的计算公式为:

$$f(S_i) = \frac{\vec{Q}_i \times \vec{W}}{|\vec{Q}_i| \times |\vec{W}|} \quad (4)$$

公式的详细计算如下:

$$\vec{Q}_i \times \vec{W} = q_{i1} \times w_1 + q_{i2} \times w_2 + \dots + q_{im} \times w_m,$$

$$|\vec{Q}_i| = \sqrt{q_{i1}^2 + q_{i2}^2 + \dots + q_{im}^2},$$

$$|\vec{W}| = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_m^2}.$$

经过公式(4)的标准化处理后,Web 服务 S_i 的服务质量 $f(S_i)$ 范围限定在 $[0, 1]$ 之间。 $f(S_i)$ 的值越接近于 1,说明服务 S_i 的服务质量越高。系统将自动选择服务质量最佳的服务,并将其绑定信息传给服务请求者。

4.3 服务选择算法实验结果分析

本实验的详细过程如下:

首先,在 OWL-S/UDDI 模块中注册了四个功能完全相同的服务,其 QoS 初始值 (Cost, RT, Reliability, RD, CR, PR) 如表 1 示:(注:价格由服务提供者定制,用户反馈数据不包括价格。本论文为了阅读方便,将

服务提供者定制的价格显示在反馈数据中。)

表 1 初始 QoS 属性值

服务名称	初始 QoS 属性值
S1	(120, 50, 0.85, 0.7, 0.65, 0.45)
S2	(45, 10, 0.9, 0.8, 0.7, 0.3)
S3	(35, 15, 0.8, 0.55, 0.55, 0.5)
S4	(60, 12, 0.75, 0.65, 0.6, 0.55)

数据库中已存在用户对上述四个服务的服务质量评价,数据如表 2 所示:

表 2 数据库中用户反馈 QoS 属性值

服务名称	反馈 QoS 属性值
S1	(120, 60, 0.8, 0.7, 0.6, 0.4)
S2	(45, 10, 0.80, 0.8, 0.6, 0.3) (45, 15, 0.85, 0.82, 0.75, 0.45) (45, 12, 0.88, 0.75, 0.7, 0.4)
S3	(35, 20, 0.6, 0.45, 0.50, 0.4) (35, 18, 0.5, 0.50, 0.35, 0.5) (35, 27, 0.55, 0.35, 0.50, 0.45)
S4	(60, 27, 0.55, 0.45, 0.5, 0.5) (60, 19, 0.70, 0.55, 0.6, 0.65)

现有服务请求 $\vec{r} = (90, 28, 0.6, 0.6, 0.5, 0.5)$, 用户对服务的关注程度矩阵为: $\vec{W} = (0.7, 0.6, 0.6, 0.6, 0.3, 0.2)^T$ 。

根据算法和公式(2)、(3)和(4),服务 S1-S4 对应的 $f(S_i)$ 分别为: 0.5172, 0.9309, 0.7132, 0.6686。系统返回给服务请求者的最佳服务为 S2。

实验结果表明,返回的结果与实际相符合。

5 相关研究

随着 Web 服务的迅速发展,其应用越来越广泛,提供相同功能的服务也越来越多。如何选择最佳服务,成为研究热点。

文献^[4]提出集成服务选择算法的 UDDI 兼容扩展模型,并运用可扩展 Kautz 图和 Bloom Filters 理论,提出分布式 UDDI 的实现机制。文献^[5]设计了一种基于

(下转第 76 页)

服务质量的轻量级 Web 服务描述语言 QWSDL,全方位描述 Web 服务的功能、行为约束以及服务质量.并提出“三层次,五类型”的匹配模型,引进相似函数来度量松弛匹配的服务相似程度,但该模型的 QoS 由服务提供者提供.与已有的工作相比,本文提出的模型支持 QoS 量化和反馈.并在服务选择时,考虑服务请求者对服务质量的关注程度不同,引入 QoS 权重,满足用户的个性化需求。

6 结论

在 SOA 整个架构中,UDDI 是其重要的组成部分。但 UDDI 规范没有考虑服务的服务质量,导致服务没有 QoS 保障。本文提出一个支持 QoS 约束的语义 Web 服务发现模型 SWSM - QoS,根据用户的 QoS 需求对满足功能性需求的候选服务进行过滤和选择,确保用户获得服务质量最佳的服务。

在今后工作中,我们将把工作重点放在恶意反馈数据的处理以及服务执行效率的改进等方面。

参考文献

- 1 Naveen Srinivasan, Massimo Paolucci and Katia Sy-cara. Semantic Web Service Discovery in the OWL - S IDE. In: proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences. 2005, Hawaii.
- 2 Katia S, Massimo P, Anupriya S. Automated discovery, interaction and composition of semantic web services. [J]. Web Services, 2003. 1(1): 27 - 46.
- 3 Naveen S, Massimo P, Katia S. An efficient algorithm for OWL - S based semantic search in UDDI. In: Proc. of First International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition (SWSWPC). 2004.
- 4 郭得科、任彦、陈洪辉等,一种 QoS 有保障的 Web 服务分布式发现模型[J],计算机学报,2006,17(11).
- 5 胡建强、邹鹏、王怀等,Web 服务描述语言 QWSDL 和服务匹配模型研究[J],计算机学报,2005,28(4).