

基于模糊集的面向服务计算 QoS 扩展模型^{*}

刘冬梅 邵志清

(华东理工大学计算机科学与工程系 上海 200237)

摘要 面向服务的研究是当今网络应用研究的热点,服务的 QoS 计算又是其中的重要部分。已有文献建立过一些服务质量评价模型,用于服务 QoS 的计算,但是将用户对服务的期望和上下文一起加以考虑的却极少。对具有相似期望的用户进行选择,只允许具有相似期望的评价影响对服务的总评价,并应用模糊数学思想,根据属性的权重和用户的权重,提出一种 QoS 的模糊计算模型,从而得到更加精确而有意义的 QoS 度量。

关键词 QoS 建模, QoS 度量, SOC, 模糊集

Extended QoS Model Based on Fuzzy Set in Service-oriented Computing

LIU Dong-mei SHAO Zhi-qing

(Department of Computer Science and Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract Service-oriented computing (SOC) is currently a hot research area in internet application, and the ability to gauge quality of service is critical in SOC. Different evaluating models for calculating QoS of service have been proposed, but it is very few to consider the context alongside the expectations of user using service. We selected ratings which have similar expectations, and only the ratings with similar expectations influence the aggregate rating for service. Proposed an extended fuzzy calculating QoS model based on attributes weight and user weight which adapt the idea in fuzzy mathematics. The model can drive a more accurate and meaningful measurement for quality of service.

Keywords QoS modeling, QoS rating, SOC, Fuzzy set

1 引言

近年来,面向服务的计算(Service-oriented Computing, SOC)技术已成为软件领域最热门的研究方向之一。SOC 是一种以服务为中心的编程思想,目的是协同这些异构的、开放的、松散耦合的服务,完成用户提出的应用任务。服务可以被发布、动态发现和远程调用,执行特定的任务,遵守具体的技术规范,能够统一地封装数据、行为以及组合流程,从而使其在体系结构设计、实现与部署等方面更加快捷方便。

随着服务应用的日益广泛,服务质量(Quality of Service, QoS)已成为衡量服务好坏的重要因素。Web 服务需要 QoS 保证的主要原因:一,服务请求者渴望获得好的服务性能(低等待时间、高可靠性和可用性);二,是否具有 QoS 保证已经成为 Web 服务提供商能否取得成功的关键因素。但是,现有的 Web 服务描述和发现方法因缺乏对 QoS 的描述,从而使用户难以从功能相同的众多服务中选择出最佳服务。

在 Web 服务的 QoS 计算方面已经做过许多工作。早期,计算服务的 QoS 时仅仅考虑从使用过服务的所有用户那里收集对服务的评价来建立服务的质量评估,对服务的评价方法也只是用统计方法对所有用户评价的简单加和平均,而没有考虑获得评价的背景^[1,2]。另外,某些评价是与特定质量评估要求无关的,因而得到的评价意义不大。近年来,评价开始将上下文信息一起进行考虑,用户还可以自行定义某个评价的重要程度,但仍未将用户的期望包含在上下文中同时考虑,因而不能找出用户给出评价背后的原因。

近来人们已经意识到对服务 QoS 进行分析的必要性,并且提出了一些对服务 QoS 建模和分析的方法。文献[1,2]使用从服务用户收集到的信息对服务进行评价来建立服务的质量评估,对服务的评价方法也只是用统计方法对所有用户评价的简单加和平均,没有考虑获得评价的背景。Deora 等人在文献[3,4]中提出一种基于相似期望的有限范围评估方法,该方法有以下不足:一方面期望值匹配只使用一个属性,没有考虑属性之间的关系;另一方面设置了严格的边界限制,缺乏灵活性。Deora 等人在文献[5]中提出了基于相似期望的模糊评估方法,该方法基于模糊数学思想,在计算服务 QoS 时只考虑具有相似期望的评价,但没有考虑属性的权重,也未考虑用户评价的重要程度。针对这个问题,本文将用户的期望包含在上下文中,提出一种服务 QoS 的模糊计算模型,并把属性权重和用户评价的重要程度一起考虑,从而得到更加精确而有意义的 QoS 度量。

本文后续部分结构如下:第 2 节描述 Web 服务的 QoS 属性构成和计算方法;第 3 节是使用模糊集对 Web 服务的 QoS 进行建模,并给出相似度计算方法;第 4 节是应用具体的实例模拟建模和计算 QoS 的过程;最后是结论和下一步的研究方向。

2 Web 服务的 QoS 属性构成

属性是对客观事物的静态描述,Web 服务属性描述包括功能性属性描述和非功能性属性描述。而服务的 QoS 属性归类为非功能性属性描述。Web 服务的 QoS 属性构成如图

^{*} 基金项目:国家自然科学基金(No. 60373075, No. 60773094, No. 60473055),上海市科技发展基金(06dz15004-1)。刘冬梅 博士研究生,主要研究方向为面向服务计算、语义 Web 等;邵志清 教授,博士生导师,博士。

1 所示^[6]。

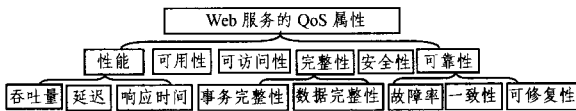


图1 Web 服务的 QoS 属性构成

图1是服务的QoS构成,它描述了服务的一些非功能属性。下面给出服务的几种重要属性,其中一些属性值可以从服务定义中直接获得,而其他属性值可从执行历史记录的信息中提取。

(1)性能:Web服务的性能表示一个服务请求多快能被完成,可以根据吞吐量、延迟和响应时间对其进行测量。吞吐量的值较大且延迟和响应时间的值较小,表示Web服务性能良好。吞吐量表示在给定时间段内被服务的Web服务请求数,延迟是发送请求和接收响应之间的往返时间,响应时间则是完成Web服务请求所需要的时间。

(2)可用性:指Web服务是否存在或是否已就绪,可供立即使用。较大的值表示服务一直可供使用,而较小的值表示无法预知在某个特定时刻服务是否可用。

(3)可访问性:表示能够为Web服务请求提供服务的可能性程度,即在某个时间点,成功地实例化服务的成功率或机会。Web服务可用但却无法访问这种情形是可能存在的。可以通过构建一个可高度伸缩的系统使Web服务得到高的可访问性。可伸缩性是指不管请求量如何变化,都能够始终如一地为请求服务的能力。

(4)完整性:包括数据完整性和事务完整性。数据完整性指数据在传输过程中不允许被修改;事务完整性是指要使事务成功,必须完成事务中包含的所有活动,如果一个事务未完成,那么所做的全部更改都将被回滚。

(5)安全性:是Web服务QoS的一个方面,通过验证、消息加密以及访问控制来提供安全性。由于Web服务调用是发生在Internet上,对安全性的要求越来越高。根据服务请求者的不同,服务提供者可以用不同的方法来提供安全性,所提供的安全性也可以有不同的级别。

(6)可靠性:表示保持服务稳定和可靠的服务质量能力的程度。每月或每年的失效次数是衡量Web服务可靠性的尺度。另外,可靠性也包括发生灾难性事件导致服务失效时的可修复性。

组合服务由单个服务组合而成,总体的QoS是通过单个服务的QoS来表示,因此必须根据单个服务的QoS属性值来计算整个系统的QoS值。下面先给出系统模型的构造过程。

3 服务计算环境下的QoS建模

针对上述Web服务的QoS建模的局限性,本文根据服务QoS的特性提出了一种基于模糊数学的方法来对QoS建模。首先根据相似期望值,选择相关的用户评价。同时,根据服务质量评估的特性,采用模糊数学方法来对服务的QoS进行建模,最后,采用相似度方法对所生成模型进行计算和分析。下面先给出模糊数学的相关概念。

3.1 模糊数学思想和方法

根据QoS本体(Ontology)思想,QoS属性是相互影响、相互关联的,属性之间满足关系模式。一组相关的属性称为QoS属性组,记为 φ_i ,即 $\varphi_i = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$,其中 A_n 是属性。一个QoS本体可能包含多个属性组。

模糊数学是研究和处理模糊现象的一门数学分支。所谓现象的模糊性是指不同事物间的中间过渡中所呈现的“亦此亦彼”性。模糊集合是模糊数学的基础,美国控制论专家查德于1965年将普通集合论里特征函数的取值范围由 $\{0,1\}$ 推广到闭区间 $[0,1]$,得到模糊集的定义:设在论域 U 上给定一个映射 $A:U \rightarrow [0,1], u \mapsto A(u)$,则称 A 为 U 上的模糊集, $A(u)$ 为 A 的隶属度函数^[7]。近几年来,模糊数学理论已经广泛地应用到国民经济的各个领域,如自动控制、系统分析、知识描述、图像识别、经济管理等。模糊数学一般分为模糊线性规划、模糊控制、模糊聚类分析、模糊模式识别、综合评判等。在侧重于应用的模糊数学分析中,经常应用到聚类分析、模式识别和综合评判等方法。采用基于模糊的相似度评估方法允许模糊边界表示以及诸如“快”、“慢”、“高”、“低”等质量属性概念表示。

3.2 建模过程

为了动态地选择最佳的服务QoS来执行任务,引入建模过程中所需的相关定义。

定义1 设 U 是一个用户, A_i 是服务 S 的一个属性。 U 对 A_i 的评价是个四元组: $\langle E(A_i), P(A_i), R(A_i), W(A_i) \rangle$ 。其中, $E(A_i)$ 表示 U 对 A_i 的期望质量, $P(A_i)$ 表示 U 使用 S 后实际获得的 A_i 的质量, $R(A_i)$ 表示 U 对 A_i 的质量评价, $W(A_i)$ 表示 U 对属性 A_i 给出的权重。

假设有6个用户,使用3个服务提供商(SP)提供的服务,并对所得到的服务作出评价,根据定义1可以得到的评价四元组的结果如表1所示。

表1 评价四元组的用例

用户	SP1	SP2	SP3
U1	$\langle 0.9, 0.7, 0.3, 0.5 \rangle$		$\langle 0.7, 0.5, 0.3, 0.5 \rangle$
U2	$\langle 0.4, 0.4, 0.8, 0.7 \rangle$	$\langle 0.5, 0.5, 0.9, 0.7 \rangle$	
U3	$\langle 0.8, 0.6, 0.3, 0.6 \rangle$		$\langle 0.4, 0.5, 1.0, 0.6 \rangle$
U4		$\langle 0.6, 0.6, 0.8, 0.8 \rangle$	
U5	$\langle 0.9, 0.7, 0.5, 0.9 \rangle$		$\langle 0.9, 0.5, 0.1, 0.9 \rangle$
U6	$\langle 0.9, 0.7, 0.5, 1.0 \rangle$	$\langle 0.7, 0.5, 0.3, 1.0 \rangle$	

表1是根据定义1所得到的服务QoS的评价表。从评价表可以看出,如果期望高的用户得到的实际服务质量低于期望,则对此服务的评价就不高。

定义2 服务评估请求者SR对属性组 φ_i 的质量期望为 $E_R(\varphi_i)$,通过评估评价库中的 $E_j'(\varphi_i)$ 和 $E_R(\varphi_i)$ 的相似度得到一个相似度值 φ_j ,只有相似度达到一定程度的属性组评价才被认为有效。其中,质量期望 $E_R(\varphi_i) = E_R(\langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \rangle), \alpha \in [0, 1]$ 。

定义3 设 W_j 是用户 j 对属性 A_i 给出的权重, $R_j'(A_i)$ 是用户 j 对属性 A_i 的评价,则 j 用户对属性组 φ_i 的评价定义为

$$R_j'(\varphi_i) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \times R_j'(A_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

其中, $R_j'(\varphi_i)$ 表示用户 j 对 φ_i 的评价。

同时,考虑到用户在该领域声誉和信誉的差别,各用户给出评价的重要程度也是不同的,因而给定用户不同的权重。

定义4 假定用户 j 的权重为 W_j' ,用户对属性组 φ_i 的评价为 $R_j'(\varphi_i)$, $Q(\varphi_i)$ 为属性组总的质量评价,则

$$Q(\varphi_i) = \frac{\sum_{j=1}^n W_j' \times R_j'(\varphi_i)}{\sum_{j=1}^n W_j'} \quad (2)$$

通过以上步骤,就可以逐步计算服务的评价,完成评估请求者的要求。

从以上定义可以看出,服务质量评价的一个重要方面是合并单独评价成为服务质量的总评价。合并评价的工作在3个层次上进行:首先,将某用户对一个属性组中每个属性A的评价合并为该用户对此属性组的总评价;其次,将对于每个属性组的各用户评价合并为对该属性组的总评价;最后,将对于各属性组的评价合并为对服务的总评价。

没有考虑相似期望前,合并只是将所有用户评价简单加和平均或加权平均。考虑相似期望后,只允许具有相似期望的评价影响服务的总评价。

3.3 相似度计算

设Z表示一系列QoS属性组, φ_i 表示第*i*个QoS属性组, $Z=\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ 。假如有一个QoS属性组performance(pf)由响应时间(rt)和成功率(sc)两个属性组成,即 $\varphi_{pf}=\{A_r, A_s\}$ 。应用模糊数学中的隶属度函数概念分别对这两个属性建模。在模糊数学中,通常使用指派方法根据问题的性质套用某些现成形式的模糊分布。本文利用了梯形分布,即通过梯形分布表示我们的隶属度函数。一个梯形分布由4个参数*a, b, c, d*表示,即

$$T_M = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c), & c \leq x < d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (3)$$

则rt和sc的隶属度函数相应表示在图2和图3中。

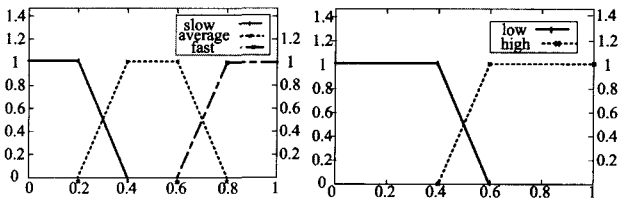


图2 响应时间的隶属度函数

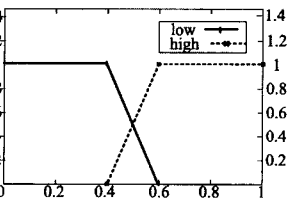


图3 成功率的隶属度函数

每个属性可能有多个模糊概念来描述,如响应时间可以由“快”、“慢”、“中等”表示,成功率由“高”、“低”表示。模糊概念集的元素个数是根据评估要求的粒度大小决定的,则以上两个属性的模糊概念集如下所示:

$$A_r = \{slow, avg, fast\} \quad (4)$$

$$A_s = \{low, high\} \quad (5)$$

根据以上描述,可以得到一个属性组的模糊向量表示:

$$\varphi_i = \begin{pmatrix} \mu_{i1}(A_1), \mu_{i2}(A_1), \dots, \mu_{im}(A_1) \\ \mu_{i1}(A_2), \mu_{i2}(A_2), \dots, \mu_{im}(A_2) \\ \dots \\ \mu_{in}(A_n), \mu_{i2}(A_n), \dots, \mu_{im}(A_n) \end{pmatrix} \quad (6)$$

根据模糊数学定理,可以推导得到两个模糊集间的相似度为

$$\varphi(E_j'(\varphi_i), E_R(\varphi_i)) = 1 - \frac{|\mu(E_j'(\varphi_i)) - \mu(E_R(\varphi_i))|}{\max(\mu(E_j'(\varphi_i)), \mu(E_R(\varphi_i)))} \quad (7)$$

4 实验结果与分析

应用以上定义的模糊数学建模方法和推导公式,以下部分就具体的服务进行服务质量的评估。

4.1 实际案例

“当当网”是国内最大的中文网上购物网站,同时会有多个用户在该网站购买商品。用户在“当当网”搜索引擎内录入想购买的商品,站内搜索引擎进行商品查询,并反馈查询结果。从点击“查询”按钮到结果反馈的时间为查询服务的响应时间rt,成功反馈有效商品的机率为查询成功率sc。

现在有评估代理要对“当当网”的查询服务进行QoS评估,评估的主要方面就是属性组(响应时间和成功率)。评估期望标准设定为 $E_R(\varphi_{pf}) = E_R(\{A_r, A_s\}) = \{0.8, 0.3\}$,域值 ≥ 0.5 。评估代理查找到4个具有相似期望值的用户。根据式(7),可以得出各用户评价的相似度值,如表2所示。

表2 属性组相似度值计算

用户		响应时间隶属度			成功率隶属度		属性组的相似度值
		Slow	Avg	Fast	Low	High	
U1	$E'(A)$	0.9			0.2		0.85
	μ	0	0	1.0	1.0	0	
U2	$E'(A)$	0.7			0.4		0.8
	μ	0	0.5	0.5	1.0	0	
U3	$E'(A)$	0.8			0.9		0.45
	μ	0	0	1.0	0	1.0	
U4	$E'(A)$	0.7			0.9		0.4
	u	0	0.5	0.5	0	1.0	

从表2可以看出,在对响应时间期望值都相似的情况下,属性组相似度值超过0.5的用户只有2个。因此,只有用户U1和U2的评价符合评估要求。

再考虑用户对不同属性给出权重的不同,根据式(1)得到用户对属性组的评价,如表3所示。

表3 属性组评价

用户	响应时间(A_{rt})				成功率(A_{sc})				属性组评价 $R'(Q_{pf})$
	$E'(A_{rt})$	$\mu'(A_{rt})$	$R'(A_{rt})$	$W'(A_{rt})$	$E'(A_{sc})$	$\mu'(A_{sc})$	$R'(A_{sc})$	$W'(A_{sc})$	
U1	0.9	0.8	0.9	0.7	0.2	0.2	1.0	0.3	0.93
U2	0.7	0.7	1.0	0.8	0.4	0.3	0.8	0.2	0.96

在此基础上,再考虑用户评价权重的不同,根据式(2)就可以计算得到对属性组总的的质量评价,如表4所示。

表4 属性组质量总评价

用户	属性组评价 $R'(Q_{pf})$	用户权重 (W_j')	总评价 $Q(Q_{pf})$
U1	0.93	0.8	0.936
U2	0.96	0.2	

4.2 结果分析

应用前面提出的QoS建模方法,在实际案例计算中可以看出,只有属性组(而不单单是某个属性)的相似度值达到一定程度的用户评价,即相似度非常接近的评价才被纳入考虑范围之内。文献[5]中不考虑用户的偏好和个性化观点,即没有考虑属性权重的情况下,用户U1和用户U2对属性组的评价分别为0.95和0.9。本文根据评估背景,对用户观点加以考虑,得出更接近客观事实的更为精确的属性组评价。其次,根据用户的地位和声誉对用户本身作出评价,使不同用户的评价对总体评价的影响程度不同,这样也使得出的总评价更具有说服力和可信度。

结束语 随着服务成为网络应用的主流方式,服务质量的重要性也越来越明显。由于服务请求者渴望获得好的服务性能,而服务提供者必须提供有QoS保证的服务才能获得尽可能高的商业利润,服务提供者努力在用户满意度和系统利

用率之间找到合适的关系。因此,Web 服务需要 QoS 的保证,服务质量评估也就成为电子商务中的重要部分。本文既考虑用户得出评价的上下文,又将相似期望连同上下文一起考虑,使得评价更具有实际意义。针对服务质量评估特性,建模中采用模糊数学方法,提出了一个计算服务 QoS 的扩展模型。在评价当中,既对用户的偏好和个性化观点加以考虑,又根据用户的地位和声誉确定用户评价的重要程度,因此所得计算结果更加精确而有实际意义。

参考文献

[1] Schillo M, Funk P, Rovatsos M. Using trust for detecting deceitful agents in artificial societies. *Applied Artificial Intelligence, Special Issue on Trust, Deception and Fraud in Agent Societies*, 2000; 825-848

[2] Yu B, Singh M. An evidential model of distributed reputation management // *Proceedings of First International Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, 2002; 294-301

[3] Deora V, Shao J, Gray W A, et al. A quality of service management framework based on user expectations // *Proceedings of the*

First International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC). Italy, December 2003; 104-114

[4] Deora V, Shao J, Gray W A, et al. Expectation-based quality of service assessment. *International Journal on Digital Libraries*, 2006

[5] Deora V, Shao J, Gray W A, et al. Modelling quality of service in service oriented computing // *Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Service-oriented System Engineering (SOSE)*, 2006

[6] 陈彦萍, 李增智, 等. Web 服务中基于服务质量的服务选择算法. *西安交通大学学报*, 2006

[7] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用. 华中科技大学出版社, 2006

[8] Yang L, Dai Y, Gao Y. A service oriented web services composition platform. *Journal of Wuhan University*, 2006, 11(1): 160-164

[9] Liao Y, Tang L, Li M S. A method of QoS-aware service component composition [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2005, 28(4): 627-634

(上接第 78 页)

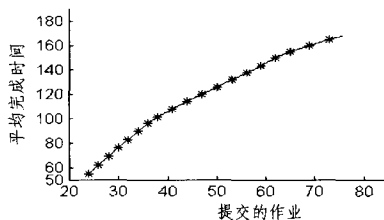


图 4 相同网格资源情况下的作业平均完成时间

从以上算法性能分析中可以看出,基于量化作业调度模型的算法具有较小的空间复杂度和时间复杂度,而且具有较好的应用效果。仿真结果(图 4)反映出了随着作业数量的增加,作业平均完成时间也相应增加,两者几乎成正比例。因此,它是一个较为合理的高效作业调度算法。而且由于 Measured-Matrix 算法引入了性能量化矩阵,因此能更好地适应网格计算的特性。

结束语 一个好的调度算法可以提高系统资源的利用率和吞吐量,缩短作业的响应时间,从而提供不间断的高效的计算服务。本文正是通过资源性能预测,计算出作业调度资源的性能量化矩阵,量化矩阵的建立有效地降低了调度的复杂性,提高了作业调度的批量能力,该算法具有运行效率高、占用资源少的特点。同时,由于调度算法是基于量化网格作业调度模型的,这一特点可很好地适应网格系统中资源的动态特性和可扩展特性。然而,由于网格计算环境中资源和作业信息的不确定性和资源管理上的独立性,很难估算出性能量化矩阵的计算前提。这一难题将是今后继续研究的课题,本文的量化层次调度模型和 Measured-Matrix 算法可为今后这

一课题提供一定的参考。

参考文献

[1] Intel Corporation. Intel Itanium 2 Processor Reference Manual for Software Development and Optimization [EB/OL]. <http://developer.intel.com/design/itanium2/manuals/index.htm>. 2002, 6

[2] 王汝传, 韩光法. 网格计算环境下作业调度的策略研究[J]. *重庆邮电学院学报*, 2005, 17(2): 198-203

[3] 徐志伟, 冯百明, 李伟. 网格计算技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004; 229-235

[4] 张树东, 曹元大. 机群环境中基于信度模型的作业调度算法[J]. *北京航空航天大学学报*, 2004, 30(11): 1097-1081

[5] Scherwani J, Ali N, Lotia N, et al. Libra: A Computational Economy-based Job Scheduling System for Clusters [J]. *Software Practice and Experience*, 2004, 6(11): 581-598

[6] Grandison T, Sloman M. A survey of trust in internet applications[J]. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2000, 3(4): 2-16

[7] 张伟哲, 方滨心, 胡铭曾, 等. 基于信任 QoS 增强的网格服务调度算法[J]. *计算机学报*, 2006, 29(7): 1158-1165

[8] Fujimoto N, Hagihara K. A Comparison Among Grid Scheduling Algorithms for Independent Coarse-Grained Tasks // *SAINT 2004 Workshop on High Performance Grid Computing and Networking*. IEEE Press, January 2004; 674-680

[9] Casanova H. Simgrid: A Toolkit for the Simulation of Application Scheduling[A] // *Proceedings of the 1st International Symposium on Cluster Computing and the Grid[C]*. 2001; 430