

# 基于用户的 Web 服务 FRC 评估选择模型

王海艳<sup>1,2</sup> 王随昌<sup>1</sup>

(南京邮电大学计算机学院 南京 210003)<sup>1</sup> (东南大学计算机科学与工程学院 南京 211189)<sup>2</sup>

**摘要** Web 服务非功能属性评估是服务选择的重要前提,而目前的服务评估方法没有根据各非功能属性内在特征进行其属性值的评估,也没有考虑用户对多个属性的复杂需求,无法有效地选择出真正满足用户需求的最佳服务。因此从用户角度出发,提出了基于用户的 Web 服务 FRC 评估选择模型,模型考虑了用户对各个属性的需求,并根据非功能属性隶属的不同数学性质,将隶属度的概念、模糊评判理论、概率统计方法和 TOPSIS 多属性决策法应用于模型,建立了模糊性子模型 F 和随机性子模型 R,最终通过确定性子模型 C 综合评估来实现服务选择。仿真实验结果表明,该模型能较好地根据用户需求有效实现服务选择。

**关键词** 服务评估,服务选择,非功能属性,模型

**中图分类号** TP301.6 **文献标识码** A

## User-based FRC Evaluation Selection Model for Web Services

WANG Hai-yan<sup>1,2</sup> WANG Sui-chang<sup>1</sup>

(School of Computer Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)<sup>1</sup>

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Evaluation of non-functional properties (NFP) of Web services is an important premise to service selection. Current evaluation methods have not realized the evaluation of each NFP in accordance with its inherent character, nor have taken the complex requirements of users on multiple NFPs into consideration. Service which can best meet the demands of users will not be chosen based on existing Web services evaluation methods. To address this problem, a user-based FRC evaluation selection model for Web services was proposed. The proposed model considers all possible requirements on each NFP, and employs degree of membership, fuzzy judgment theory, probabilistic statistical method as well as the TOPSIS multi-attribute decision making method based on the hosted mathematical property for each NFP. Fuzziness sub-model F and Randomness sub-model R are established, followed with Certainty sub-model C, which finally realizes comprehensive evaluation and selection of services. Simulation results demonstrate that the proposed model can effectively select an appropriate service according to the user's requirements.

**Keywords** Service evaluation, Service selection, Non-functional property, Model

## 1 引言

由于 Web 应用程序的迅猛发展,许多公司借鉴互联网上已有程序的功能推出自行开发的 Web 应用程序,使得互联网上出现了许多功能相同的 Web 服务,比如各大搜索引擎、购物网、音乐网、社交网等。互联网用户首先通过服务发现过程,得到一组功能属性相同的 Web 服务,例如,某用户需要在线收听高品质音乐,他通过搜索引擎发现了很多音乐网站,但是不少音乐网站都提供了在线收听高品质音乐的服务,如何选择其中满足用户需求的最佳服务,这就需要对该组服务的非功能属性进行有效的评估。假设某 3 个音乐网站的服务提供商提供在线收听高品质音乐服务  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ ,其非功能属性如表 1 所列。

表 1 服务  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  的非功能属性

服务	$S_1$	$S_2$	$S_3$
价格(元)	20	15	10
性能(秒)	1.1	1.5	2.0
可靠性(%)	99.96	99.90	99.87
可用性(%)	99.95	99.89	99.88
安全性(星级)	5	5	5
声誉度(星级)	5	5	4

根据传统的简单加权和(SAW)方法,并假设所有属性的权重都是 1/6,可以得到评估值大小排序为:  $Score(S_1) > Score(S_2) > Score(S_3)$  ( $0.833 > 0.589 > 0.333$ ),所以选  $S_1$  为最佳服务。这就是现有的、普遍的 Web 服务评估方法,但是它存在一些问题有待解决。

(1)对于 Web 服务的各个非功能属性,常常使用相同的方法一并处理,忽略了属性本身具有的不同数学性质,如性

收稿日期:2012-10-19 返修日期:2013-01-07 本文受江苏省自然科学基金滚动资助项目(BK2011072),江苏省博士后科研资助计划项目(1002005C)资助。

王海艳(1974—),女,博士后,教授,CCF 会员,主要研究领域为网格计算、服务计算、可信计算技术,E-mail:wanghy@njupt.edu.cn;王随昌(1988—),男,学士,主要研究领域为可信计算技术。

能、可靠性是随机属性,安全性、声誉度是模糊属性,又如服务提供商给出“该服务安全性高”这样模糊的评价。因此,对于随机属性和模糊属性,如果不进行针对性的预处理,不用相应的数学工具分别计算,则必定会造成属性值只是个粗略的数据,不利于进一步的服务评估工作。

(2)计算某 Web 服务的评估值一般都是使用简单加权和(SAW)的方法,这就需要用户提供各个非功能属性的权重值,而将个人偏好量化为权重值的过程比较抽象,由此得到的权重值与用户真实需求的权重值之间必然存在着误差。

(3)目前的评估方法只考虑了 Web 服务整体的最终评估值,却忽略了用户对于每个属性仍可能有特别的需求,最终评估值最好的 Web 服务在某个属性上不一定仍能让用户满意。如上面的实例,最终选择  $S_1$  作为用户最满意的服务返回给用户,但是如果用户可以接受的最高服务价格是 15 元,这就造成了选择出的所谓最佳服务  $S_1$  并不是用户所满意的。

(4)非功能属性值一般都先取自于服务提供商,再进行适当的纠正处理,但某些属性的值完全可以由客户端测量计算,这样得到的数据将比服务提供商给出的数据更加真实可靠,如性能、可靠性、可用性等;而某些属性可以根据用户对服务的反馈,由客户端计算,如安全性、信誉度等。

本文就是针对以上存在的问题,提出相应的解决办法。第 2 节介绍相关工作,并进一步阐明本文工作的意义;第 3 节阐述了 Web 服务常用的非功能属性及其分类;第 4 节形式化地定义了基于用户的 Web 服务 FRC 评估选择模型;第 5 节给出仿真实验及结果分析;最后总结全文并指出下一步工作。

## 2 相关工作

目前 Web 服务选择的方法主要有基于 QoS 的,如胡建强等<sup>[1]</sup>提出的 MLOMSS 模型、张龙昌等<sup>[2]</sup>提出的 MRHQ\_WSSA 算法;有利用信任度量进行 QoS 修正的,如胡春华等<sup>[3]</sup>提出的基于信任关系的 QoS 调度模型、Malik Z 等<sup>[4]</sup>提出的 RATEWeb 模型;有基于协同过滤预测 QoS 的,如邵凌霄等<sup>[5]</sup>提出的 Web 服务质量预测模型、黄创光等<sup>[6]</sup>提出的一种不确定近邻的协同过滤推荐算法、罗辛等<sup>[7]</sup>提出的通过相似度支持度优化基于 K 近邻的协同过滤算法;或者将以上方法结合使用<sup>[8]</sup>。本文采用的 Web 服务选择方法是基于 QoS 的。

而在基于 QoS 的 Web 服务评估方法中,有将非功能属性作为一个整体对待的,如 Li Changbao 等<sup>[9]</sup>提出的基于用户经验的 Web 服务评估方法、Li Pei 等<sup>[10]</sup>提出了一种非功能属性的面向计算的描述,及基于提供者和请求者匹配的 Web 服务评估方法;也有将非功能属性分为肯定属性和否定属性的,如 Dou Wanchun 等<sup>[11]</sup>利用层次分析法来评估共享 Web 服务;Wang Shangguang 等<sup>[12]</sup>提出了一个基于云计算的评估模型;还有将非功能属性分为通用属性和领域属性的,如 Wu jinhong 等<sup>[13]</sup>提出了一个语义 Web 服务的评估模型、Tao Han 等<sup>[14]</sup>提出在不同的域中定制合理的属性作为评价因素的 Web 服务评估模型等。另外,Chen Liping 等<sup>[15]</sup>提出一种支持动态定制评估属性的评估模型和基于人工免疫网络的分类法 FCMAINMC 等。

但以上文献主要都是根据服务提供商提供的 QoS 值,使用简单加权和(SAW)的方法计算 Web 服务的整体评估值,

不仅没有对不同数学性质的非功能属性进行分类计算,还需要经过一个抽象的确定权重值大小的过程;另外它们只根据服务的整体评估值大小来选择服务,却没有考虑用户在个别属性和多个属性上的复杂需求,同时也较少考虑服务提供商提供的某些属性值是不可靠的。这样选择出的所谓的最佳服务不仅不准确、不可靠,而且还不能满足用户的实际需求。

本文提出的基于用户的 Web 服务 FRC 评估选择模型是一种更具细粒度的服务评估方法。该模型把非功能属性按不同的数学性质分类,用相应的数学工具分别进行计算,并分别建立评估选择子模型;而为了避免使用权重值,本文使用不需要用户提供权重值的 TOPSIS 多属性决策法来取代简单加权和(SAW)的方法;同时,用户需要给出每个非功能属性值的满意区间,对所有属性值进行本文提出的“用户满意隶属度处理”,让最终选择出的服务不仅在整体上满足用户需求,在个别属性和多个属性上也同样满足;而针对 Web 服务提供商提供的某些属性值不可靠,本文将由客户端测量计算这些属性值,如随机性数据可以由客户端软件测量计算,模糊性数据可以根据用户的反馈由客户端计算。最后的仿真实验及结果分析表明了本文模型的可行性与有效性。

## 3 Web 服务非功能属性及其分类

### 3.1 Web 服务的非功能属性

在 W3C 的 QoS for Web Services<sup>[16]</sup>中明确指出,Web 服务质量包括性能、可靠性、可扩展性、容量大小、健壮性、完整性、可访问性、可用性、安全性、与网络相关的需求等 13 个方面。本文在此基础上加入服务价格、声誉度等非功能属性,并取出其中最常用的 6 个属性来描述 Web 服务,其分别是服务价格(Price,用 Pri 表示)、性能(Performance,用 Per 表示)、可靠性(Reliability,用 Rel 表示)、可用性(Availability,用 Ava 表示)、安全性(Security,用 Sec 表示)和声誉度(Reputation,用 Rep 表示)。本文参考了 W3C<sup>[16]</sup>对各属性的定义,其解释如下。

#### 1) 服务价格(Pri)

Web 服务是由服务提供商提供的。目前不少服务都是收费服务,需要用户支付一定的费用才能使用,价格对于用户来说是比较敏感的因素,因此它是服务评估中的一个不可忽略的属性。

#### 2) 性能(Per)

Web 服务的性能是指完成一个服务请求的快慢程度,它可以通过吞吐量、响应时间、延迟时间、执行时间、传输时间等来衡量。目前研究者们普遍承认将服务持续时间<sup>[21,22]</sup>作为 Web 服务性能的主要属性。服务持续时间越短,服务性能越好。

#### 3) 可靠性(Rel)

Web 服务应该具备高可靠性,可靠性代表一个 Web 服务在指定的时间间隔内、在规定的条件下正确执行所需功能的能力。可靠性是一个相对长期的属性,主要的测量方法是通过周期性的概率统计得到服务的可靠性比例。

#### 4) 可用性(Ava)

Web 服务应该具备高可用性。可用性代表用户在请求使用一个 Web 服务时,服务能否立即提供给用户使用的能力。可用性也是一个相对长期的属性,主要的测量方法同可

靠性。

### 5) 安全性 (Sec)

Web 服务必须提供足够的安全保障, 安全性包括身份验证、授权、保密性、可追溯性、可审核性、数据加密和不可抵赖性等。安全性是一个等级属性, 如不安全、安全、很安全等, Web 服务应该具备高安全性。

### 6) 声誉度 (Rep)

声誉度是用户使用 Web 服务后对服务的一个综合评价, 是用户的主观感受。用户在使用服务后给出服务评价, 不同用户的评价一般不同。声誉度也是一个等级属性, 如不满意、满意、很满意等, Web 服务应该具备高声誉度。

本文主要围绕 Web 服务的通用属性展开, Web 服务的领域属性同样可应用到本文的评估选择模型中。

## 3.2 Web 服务的非功能属性分类

数值量可以分为确定性量与不确定性量两大类, 不确定性量又可以分为随机性量与模糊性量两类。经典数学用于处理确定性量, 应用于必然现象和精确现象领域; 而将数学应用范围从必然现象领域扩大到偶然现象领域, 则产生了随机数学, 随机数学用于处理偶然性量和随机性量; 再将数学的应用范围从精确现象领域扩大到模糊现象领域, 则产生了模糊数学, 模糊数学用于处理模糊性量。因此, 根据数学的分类, 本文将 Web 服务非功能属性分成 3 类。

#### 1) 模糊性属性 (Fuzziness Property, FP)

模糊性属性是指不能用数值精确表示的属性, 它含有用户的主观性, 不同的主观判断会得到不同的结果。如 Sec 和 Rep, 对于不同 Sec 需求的用户, 其 Sec 评价往往不同, Rep 同样如此, 另外, 它们本身也是一个相对模糊的概念。

#### 2) 随机性属性 (Randomness Property, RP)

随机性属性是指可以用数值精确表示的, 但其数值大小是随机变化的。如 Per, 每次的服务持续时间有明显的随机性, 可取其平均值作为最终值; 另外对于数值可以通过周期性的概率统计方法得到的, 但随机变化的属性, 如 Rel、Ava 同样被纳入随机性属性行列。

#### 3) 确定性属性 (Certainty Property, CP)

确定性属性是指可以用数值精确表示的, 并且数值大小固定不变的属性。如 Pri, 它是服务提供商对服务的明码标价, 价格确定后固定不变且能精确表示。

## 4 基于用户的 Web 服务 FRC 评估选择模型

根据第 3 节叙述的 Web 服务非功能属性的 3 大分类: FP、RP 和 CP, 本文建立了对应的基于用户的 3 个非功能属性评估选择子模型, 使用了隶属度的概念<sup>[17]</sup>、模糊评判理论<sup>[17]</sup>、概率统计方法和 TOPSIS 多属性决策法<sup>[18-20]</sup>, 形成了 FRC 综合评估选择模型, 模型执行流程如图 1 所示。

执行流程为: ①服务提供商在 UDDI 服务注册中心注册服务; ②用户向 UDDI 服务注册中心提出功能属性需求; ③UDDI 服务注册中心将具有该功能属性的服务集输入 FRC 评估选择模型; ④用户向 FRC 评估选择模型提出非功能属性需求; ⑤子模型 F 和子模型 R 分别对该组服务集的模糊性和随机性属性值进行处理, 之后输入子模型 C; ⑥所有属性值都通过用户满意隶属度处理后, 由子模型 C 通过多属性决策法得到满足用户需求的最佳服务; ⑦将最佳服务返回给用户; ⑧

用户使用该服务。

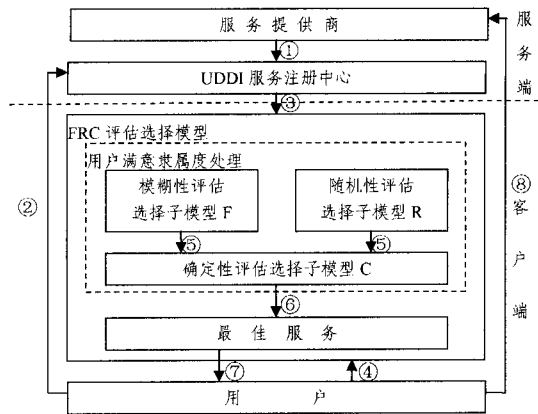


图 1 基于用户的 Web 服务 FRC 评估选择模型执行流程

### 4.1 用户满意隶属度的处理过程

通过本文模型选择出的最佳服务, 在各个非功能属性值上都需要满足用户的需求, 所以必须对服务集进行本文提出的“用户满意隶属度处理”。隶属度<sup>[17]</sup>是模糊数学中的一个概念, 它是指各种已知性能评价属性隶属于特定的评价等级的概率, 描述了元素对模糊集合隶属的程度, 由隶属函数定义, 取值区间为 $[0, 1]$ 。针对用户不同的需求, 本文提出满意区间、正满意、负满意、满意隶属度的概念。

**定义 1 (满意区间)** 用户对某服务某属性值表示满意的数值范围。满意又分为正满意与负满意, 正满意表示数值越大越满意, 负满意表示数值越小越满意。

正满意区间 $[T_1, T_2]$ 表示用户需求该属性值至少为 $T_1$ , 如果能达到 $T_2$ 或更好, 将视为完全满意, 如果小于 $T_1$ , 则视为完全不满意; 负满意区间 $[T_1, T_2]$ 表示的意义与之相反。

**定义 2 (满意隶属度)** 对于某属性值, 其隶属于用户对该属性的满意区间的程度, 即满意隶属度。满意隶属度最高为 1, 最低为 0。 $f^+$  表示正满意隶属函数,  $f^-$  表示负满意隶属函数。

满意隶属度计算公式如下:

(1) 当正满意属性值为 $x$ , 而用户对该属性的正满意区间为 $[T_1, T_2]$  ( $T_1 < T_2$ ) 时, 则其正满意隶属度计算公式为:

$$f^+(x, T_1, T_2) = \begin{cases} 0, & x < T_1 \\ \frac{x - T_1}{T_2 - T_1}, & T_1 \leq x \leq T_2 \\ 1, & x > T_2 \end{cases} \quad (1)$$

(2) 当负满意属性值为 $x$ , 而用户对该属性的负满意区间为 $[T_1, T_2]$  ( $T_1 < T_2$ ) 时, 则其负满意隶属度计算公式为:

$$f^-(x, T_1, T_2) = \begin{cases} 1, & x < T_1 \\ \frac{T_2 - x}{T_2 - T_1}, & T_1 \leq x \leq T_2 \\ 0, & x > T_2 \end{cases} \quad (2)$$

经此处理后, 服务的非功能属性值便带上了用户的个人需求, 它将用户完全满意的属性值升到最高为 1, 将用户完全不满意的属性值降到最低为 0。它将很大程度地影响之后的服务评估工作, 使选择出的最佳服务达到了整体上和多个属性上皆满足用户需求的目的。

### 4.2 基于模糊评判的模糊性评估选择子模型

大量的不确定性问题表现为事物本身所具有的模糊性,

实际过程中所获得的数据也大多不是精确的,而是模糊的概念和陈述。在模糊评判中,按确定的标准对某个或某类对象中的某个因素或某个部分进行评价称为单一评判<sup>[17]</sup>。

**定义3(模糊映射)** 设集合  $X, Y$  是非空的,如果存在一个法则  $f$ ,通过它,对于  $X$  中的任意元素  $x, Y$  有唯一确定的模糊子集  $B$  和它对应,则称  $f$  是从  $X$  到  $Y$  的模糊映射,记为  $f: X \rightarrow F(Y), x \mapsto f(x) = B$ 。

该子模型针对 Sec 和 Rep 这两个模糊性属性,利用了模糊评判理论中的一级模型对某服务进行单一评判。其步骤<sup>[17]</sup>如下:

- (1) 确定评判对象的因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 。
- (2) 给出评判集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。
- (3) 单因素评判。即建立一个从  $U$  到  $V$  的模糊映射

$$f: U \rightarrow F(V), x_i \mapsto \frac{r_{i1}}{v_1} + \frac{r_{i2}}{v_2} + \dots + \frac{r_{im}}{v_m}$$

式中,  $0 \leq r_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。由  $f$  诱导出模糊关系  $R_f$ , 用矩阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

表示,称  $R$  为单因素评判矩阵。

(4) 将模糊性属性的反馈转化为确定性数值。先将评判集中的模糊评语量化,再计算得到单因素确定性数值评分矩阵。假设模糊评判评语量化矩阵为  $S = [s_1 \ s_2 \ \dots \ s_m]$ , 则单因素确定性数值评分矩阵为:

$$T = RS^T = [t_1 \ t_2 \ \dots \ t_n]^T \quad (3)$$

执行以上步骤后,即把用户对该服务的模糊性属性的反馈转化为确定性数值,再根据用户给出的满意区间进行用户满意隶属度处理(Sec 和 Rep 都是正满意属性,使用式(1)),以供后面评估选择模型的使用。

### 4.3 基于概率统计的随机性评估选择子模型

在该子模型中,Per 是由当时网络、计算机等环境因素决定产生的随机数值。当请求服务  $s$  的次数为  $N$ ,每次 Per 值为  $x_i$  时,取平均值:

$$Per(s) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (4)$$

其作为该服务的 Per 值;Rel 和 Ava 由周期性的概率统计方法得到。Rel 与 Ava 计算时的区别在于:设一个周期内请求服务  $s$  的次数为  $N$ ,服务返回成功结果的次数为  $n_1$ ,返回失败结果的次数为  $n_2$ ,则:

$$Rel(s) = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (5)$$

$$Ava(s) = \frac{n_1 + n_2}{N} \quad (6)$$

通过以上方法,即把随机性属性值转化为确定性数值。同样地,再根据用户给出的满意区间进行用户满意隶属度处理(Rel 和 Ava 是正满意属性,使用式(1),Per 是负满意属性,使用式(2)),以供后面评估选择模型的使用。

### 4.4 基于 TOPSIS 的确定性评估选择子模型

最终的确定性评估选择子模型将使用 TOPSIS 多属性决策法,以评估选择出满足用户需求的最理想服务。TOPSIS<sup>[18-20]</sup>的英文全称为 Technique for Order Preference by

Similarity to Ideal Solution,可译为逼近理想解的排序法。若把各方案属性值当作是  $n$  维空间中的一个点,则决策矩阵中每个属性的最优值组成理想点,每个属性的最差值组成负理想点,理想点与负理想点一般可以是现实中不存在的,即是最极端化的情况。TOPSIS 多属性决策法就是希望被选择方案的点离理想点尽可能近,而离负理想点尽可能远,其具有明显的几何意义。它对原始数据的利用比较充分,信息损失比较少,应用范围广,是一种有效的多属性决策方法。

首先需要剩下的确定性属性进行用户满意隶属度处理(Per 是负满意属性,使用式(2)),接下来利用 TOPSIS 多属性决策法挑选满足用户需求的最理想服务,具体步骤<sup>[18]</sup>如下(1)-(3):

(1) 根据服务非功能属性的设计及采集到的相关数据(以上两个子模型得到的且经过用户满意隶属度处理的确定性数值,再加上服务本身具有的同样也是处理过的确定性属性值),列出决策矩阵  $A$ :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

式中,  $a_{ij}$  表示第  $i$  个服务的第  $j$  个属性的确定性数值。

(2) 数据的预处理。为了清除数据量纲及极差的非一致性,可以采用线性变换、极差变换、规范化处理等方法,以便进行统一比较。本文使用极差变换,由于之前经过了用户满意隶属度处理,因此目前所有属性值都是效益型数据(即正满意数据)。设极差变换后的数据矩阵为  $[x_{ij}]_{m \times n}$ , 则效益型数据的极差变换公式为:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij} - a_j^{\min}}{a_j^{\max} - a_j^{\min}} \quad (7)$$

式中,  $a_j^{\max} = \max_i \{a_{ij}\}, a_j^{\min} = \min_i \{a_{ij}\}$ 。

(3) 服务的评估选择。根据理想服务点  $X^* (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ , 负理想服务点  $X^- (x_1^-, x_2^-, \dots, x_n^-)$ , 其中  $x_j^* = \max_i \{x_{ij}\}, x_j^- = \min_i \{x_{ij}\}$ 。按欧式距离,各服务点离理想服务点和负理想服务点的距离  $d_i^*, d_i^-$  的计算公式为:

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j^*)^2} \quad (8)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad (9)$$

然后分别计算每个服务点与理想服务点的相对贴近度  $C_i$ :

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*} \quad (10)$$

并按  $C_i$  大小排序,  $C_i$  值越大的服务对于用户越理想,因此  $C_i$  最大的可作为最终选择的服务。

## 5 仿真实验及其结果分析

### 5.1 仿真实验背景及实验框架

本实验模拟了某用户需要在 30 个提供在线收听高品质音乐 Web 服务的网站中选出最理想服务的过程。服务非功能属性分别有服务提供商提供的数据和客户端自行测量计算得到的数据,实验中的数据均是模拟数据。在随机产生数据时,为了避免出现服务属性值过分偏低等不合理的情况,程序将随机数限定在了一定的范围内,以确保其更符合实际情况。

本实验分别使用了基于用户体验给出权重值的简单加权法和(SAW)评估方法、文献[14]中的由机器学习算法确定权重值的评估方法和本文提出的 FRC 模型评估方法,对最终选出的服务在各个属性上分别进行比较。

本文的 FRC 评估选择模型仿真实验框架如图 2 所示,用户需求见表 2,服务非功能属性数据样本见表 3。

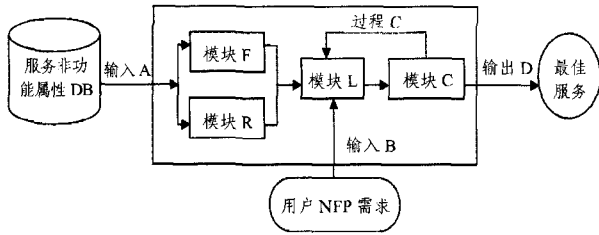


图 2 FRC 评估选择模型的仿真实验框架

框架说明如下:

模块 F:模糊性属性处理模块;

模块 R:随机性属性处理模块;

模块 L:用户满意隶属度处理模块;

模块 C:确定性数值综合处理模块;

输入 A:一组功能属性相同的 Web 服务集所有的非功能属性值;

输入 B:用户对各个非功能属性的满意区间;

过程 C:将未经过 L 模块处理的确定性属性值代入 L 模块处理;

输出 D:输出该组服务集中满足用户非功能属性需求的最佳服务。

表 2 用户对 Web 服务的非功能属性需求

属性	满意区间
价格(元)	[5,10]
性能(秒)	[1.0,2.0]
可靠性(%)	[98.0,99.0]
可用性(%)	[98.0,99.0]
安全性(星级)	[4.5,5.0]
声誉度(星级)	[4.5,5.0]

表 3 Web 服务非功能属性数据样本(周期:30 天)

服务提供商提供的数据																
价格(元)	性能(秒)	可靠性(%)	可用性(%)	安全性(星级)	声誉度(星级)											
20	1.0	99.70	99.80	5	5											
客户端测量或反馈的数据(除价格)																
价格(元)	性能(秒)	可靠性(次)		可用性(次)		安全性评价(%)					声誉度评价(%)					
		n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	N	五星	四星	三星	二星	一星	五星	四星	三星	二星	一星
20	1.2	496	2	496	2	500	95	4	1	0	0	94	4	2	0	0

## 5.2 仿真实验结果与分析

下面通过柱状(见图 3)来比较用 3 种方法分别选择出的最佳服务在各个属性上的不同,横坐标 FRC 代表本文的评估方法,C1 代表 SAW 方法,C2 代表文献[14]的方法,各属性图中的横实线表示用户的满意区间;当它在正满意属性图中时,表示横线以上的是用户满意的,横线以下的是用户不满意的;当它在负满意属性图中时,与之相反。

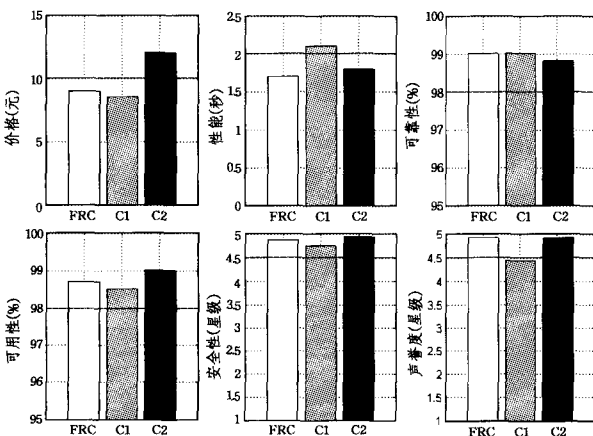


图 3 仿真实验结果

通过图 3 的比较可以看出,由本文 FRC 方法选出的最佳服务在各个属性上都满足了用户的需求,而 C1 和 C2 方法选出的服务虽然在整体上还可以,但在某些属性上并没有满足用户的需求,如 C1 方法在性能和声誉度上使用户不满意,C2 方法在价格上使用户不满意等。由此表明,与其他方法相比,由本文 FRC 模型评估方法选择出的服务在整体上与多个属性上皆满足了用户的需求,特别是在多个属性上,更显其优势,因此具有可行性与有效性。

结束语 本文提出了一种基于用户的 Web 服务非功能

属性评估选择模型,该模型能够评估选择出符合用户需求的最理想的 Web 服务。本文贡献在于,按不同数学性质将非功能属性分类并分别评估;最终得到不仅在整体上满足用户,在多个属性上也同样满足用户需求的 Web 服务;与传统的提供权重值的方法有所不同,本文只需用户提供更贴近日常习惯的属性值信息;不仅如此,通过本文模型得到的非功能属性值将更加准确、可靠。仿真实验与结果分析表明,该模型提高了服务评估选择的有效性,且更加符合用户的需求。

今后将继续深入研究 Web 服务选择的有效性、最佳性的问题,并考虑如何降低服务评估开销,重点关注 Web 服务评估方法、模型的研究以及组合服务的评估选择模型。

## 参考文献

- [1] 胡建强,李涓子,廖桂平.一种基于多维服务质量的局部最优服务选择模型[J].计算机学报,2010,33(3):526-534
- [2] 张龙昌,邹华,杨放春.一种基于多 QoS 注册中心和模型异构的 WEB 服务选择算法[J].电子与信息学报,2011,33(1):168-174
- [3] 胡春华,吴敏,刘国平.Web 服务工作流中基于信任关系的 QoS 调度[J].计算机学报,2009,32(1):42-53
- [4] Malik Z, Bouguettaya A. RATEWeb: Reputation Assessment for Trust Establishment among Web services[J]. The VLDB Journal,2009,18(4):885-911
- [5] 邵凌霄,周立,赵俊峰,等.一种 Web Service 的服务质量预测方法[J].软件学报,2009,20(8):2062-2073
- [6] 黄创光,印鉴,汪静,等.不确定近邻的协同过滤推荐算法[J].计算机学报,2010,33(8):1369-1377
- [7] 罗辛,欧阳元新,熊璋,等.通过相似度支持度优化基于 K 近邻的协同过滤算法[J].计算机学报,2010,33(8):1437-1445
- [8] 王玉祥,乔秀全,李晓峰,等.上下文感知的移动社交网络服务选择机制研究[J].计算机学报,2010,33(11):2126-2135

- [9] Li Chang-bao, Cheng Bo, Chen Jun-liang, et al. A Web Service Performance Evaluation Approach Based on Users Experience [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services. Washington DC, USA, 2011; 734-735
- [10] Li Pei, Comerio M, Maurino A, et al. An Approach to Non-functional Property Evaluation of Web Services [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services. Los Angeles, USA, 2009; 1004-1005
- [11] Dou Wan-chun, Lv Chao, Zhang Xu-yun, et al. A QoS-Aware Service Evaluation Method for Co-Selecting a Shared Service[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services. Washington DC, USA, 2011; 145-152
- [12] Wang Shang-guang, Zheng Zi-bin, Sun Qi-bo, et al. Cloud Model for Service Selection [C] // Proceedings of the International workshop on Cloud Computing. Kochi, Kerala, India, 2011; 666-671
- [13] Wu Jin-hong, Xia Huo-song. Study of Adaptive Qos Evaluation Model for Semantic Web Service[C]//Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. Taipei, Taiwan, China, 2008; 480-483
- [14] Han Tao, Guo He-qing, Li Dong, et al. An Evaluation Model for Web Service[C]//Proceedings of the First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences. Hangzhou, Zhejiang, China. 2006; 698-701
- [15] Chen Li-ping, Ha Wei-tao, Zhang Guo-jun. A new Web Service Evaluation Model with Fuzzy C-Means Artificial Immune Network Memory Classifier[C]//Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Security. Beijing, China, 2009; 25-29
- [16] Lee K-C, Jeon J-H, Lee W-S, et al. QoS for Web Services; Requirements and Possible Approaches[OL]. <http://www.w3c.or.kr/kr-office/TR/2003/ws-qos/>, 2003-11-25
- [17] 梁保松, 曹殿立. 模糊数学及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007
- [18] 胡运权, 等. 运筹学基础及应用(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008
- [19] Lo Chi-chun, Chen Ding-yuan, Tsai C-F, et al. Service selection based on fuzzy TOPSIS method[C]//Proceedings of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. Perth, Australia, 2010; 367-372
- [20] Zou Hua, Zhang Long-chang, Yang Fang-chun, et al. A Web service composition algorithmic method based on TOPSIS supporting multiple decision-makers[C]//Proceedings of the World Congress on Services. Miami, Florida, USA, 2010; 158-159
- [21] Cardoso J, Sheth A, Arnold J, et al. Quality of service for workflows and Web service processes[J]. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2004, 1(3): 271-308
- [22] Zeng L Z, Benatallah B, Ngu A H H, et al. QoS-aware middleware for Web services composition[J]. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2004, 30(5): 311-327

(上接第 78 页)

提高了吞吐量。有些实验结果显示吞吐量仅提高了 40% 左右,其原因在于目的端并行接收受限,只依靠批量传输请求间的按需分配带宽来缩短整体的传输时间。因此 OFT 的吞吐量比 GDS 至少提高 40%。

为了进一步评价算法性能,本文在多到多的传输模式下,测试不同传输负载下 OFT 算法的吞吐量。实验表明,随着传输负载的不断增加,算法的吞吐量也不断提高,当传输负载增长到 20G 时,吞吐量基本稳定,达到 600Mbps。这是由于传输负载相对较小时,文件传输时间相对变小,算法的执行时间所占的比例相对变大,算法吞吐量较小。随着传输负载变大,文件传输时间所占的比例变大,直到算法执行时间所占的比例可以忽略不计,获得稳定的吞吐量 600Mbps。

**结束语** 本文提出了一个面向并行处理中集群间文件传输的按需文件传输(On-demand File Transfer)算法,该算法以批量传输请求的整体完成时间最小为目的,通过目的端并行,灵活调整路径跳数的上限,依据传输负载按需分配带宽等方法充分利用网络带宽,快速传输批量请求。实验证明,该算法很好地改善了传输性能,比文献[5]中的 GDS-MHMP-SB 算法至少提高了 40% 的吞吐量,当文件的传输负载达到 20GB 时,在当前网络获得了最大的吞吐量。本文将在更为复杂的真实网络环境中对算法作进一步的测试和改进。

## 参 考 文 献

- [1] Khanna G, Catalyurek U, Kurc T, et al. Multi-Hop Path Splitting and Multi-Pathing Optimizations for Data Transfers over Shared Wide-Area Networks using GridFTP [C]//Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on High-Performance Distributed Computing (HPDC 2008). Cali; Norwell, 2008; 156-168
- [2] Khanna G, Catalyurek U, Kurc T, et al. Scheduling file transfers for data-intensive jobs on heterogeneous clusters [C]//Kermarrec A-M, Bouge L, Priol T, eds. Euro-Par, volume 4641 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2007; 214-223
- [3] Rizk P, Kiddle C, Simmonds R. A gridftp overlay network service [C]//Proceedings of the 7th IEEE /ACM International Conference on Grid Computing. Spain; Barcelona, 2007; 282-298
- [4] Khanna G, Catalyurek U, Kurc T, et al. Using overlays for efficient data transfer over shared wide-area networks[C]//Proc. of ACM/IEEE SC. 2008
- [5] Giersch A, Robert Y, Vivien F. Scheduling tasks sharing files from distributed repositories [C]//Danelutto M, Vanneschi M, Laforenza D, eds. Euro-Par 2004. LNCS, vol. 3149. Springer, Heidelberg, 2004; 246-253
- [6] Pucha H, Hu Y C. Overlay tcp: ending end-to-end transport for higher throughput[C]//Poster in ACM SIG-COMM. Philadelphia, PA, 2005
- [7] Allcock W, Bresnahan J, Kettimuthu R, et al. The globus striped gridftp framework and server[C]//SC'05: Proceedings of the 2005 ACM/IEEE conference on Supercomputing. Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, 2005
- [8] Khanna G, Kurc T, Catalyurek U, et al. A dynamic scheduling approach for coordinated wide-area data transfers using gridftp [C]//Proc. of 22th International Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS). Miami, Florida, 2008
- [9] GT-ITM Website[EB/OL]. <http://www.cc.gatech.edu/projects/gtitm/>, 2007-08-10