

基于环境感知的可信 QoS 评价与服务选取策略

龙 军,袁鑫攀,桂卫华

(中南大学信息科学与工程学院,湖南长沙 410083)

摘 要: 面向服务计算网络中,迫切需要对服务实体的 QoS 与可信性做出客观的评价.针对服务实体 QoS 的评价通常只是基于对用户感知到的 QoS 一种加权,不能客观反映实际网络环境下服务实体所能提供的 QoS 问题,论文结合服务实体实际服务组合环境来表征服务实体的 QoS,提出了一种基于环境感知的可信 QoS 评价与服务选取策略:(1)采用不同负载下的 QoS 特征向量来表征服务实体的 QoS;(2)建立一种受限于可信实体的信任推理与演化机制,有效避免信任演化机制中信任泛化问题;(3)基于可信实体演化推导服务实体的可信度与 QoS 的特征向量;(4)结合当前的服务负载情况,较为客观地评价服务实体实际所能提供的 QoS. 论文最后给出了综合的可信 QoS 评价与服务选取算法,实验结果表明了策略的有效性.

关键词: 服务组合; QoS 评价; 信任推理; 服务选取; 服务质量

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2012) 06-1133-08

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

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2012.06.011

A Policy for the Trusted QoS Evaluation and Service Selection with Environment Aware

LONG Jun, YUAN Xin-pan, GUI Wei-hua

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

Abstract: In service-oriented computing networks, it is urgently needed to objectively evaluate service entity's QoS. In previous studies, service entity's QoS is only a weighted QoS that is perceived by users. It cannot objectively reflect the QoS that the service entity can provide in actual network environment. Combined with the actual service composition environment of service entities to characterize QoS of the service entity, a policy for the trusted QoS evaluation and service selection with environment aware is proposed: (1) the QoS of service entity is characterized with different load QoS feature vectors; (2) a trust reasoning and evolution mechanism subjected to trusty entity is established to effectively avoid the shortage of creditable generalization in the trust evolution mechanism; (3) the creditability of service entities and QoS feature vector are deduced based on service entities through the trust evolution; (4) combined with the current service load, a more objective evaluation of QoS that service entities actually provide is obtained. Finally, an integrated trusted QoS evaluation and service selection algorithm is given. Experimental results demonstrate the effectiveness of the policy.

Key words: service composition; QoS evaluation; trust reasoning; service selection; quality of service

1 引言

如何评价与选择高服务质量的服务实体,以得到高质量的服务组合是面向服务计算的一项重要研究内容^[1].目前,服务质量评价是当前的研究热点,存在许多值得研究的问题^[2,3].

(1)服务实体的可信性评价问题:服务的可信性是

评价其 QoS 的前提,单纯的 QoS 是没有意义的^[4].尽管已经有相当多的服务可信研究^[5,6],但仍未能较好的解决信任识别、恶意攻击、智能伪装、串谋等信任问题^[7,8].

(2)以往研究往往认为可信的实体做出的 QoS 评价是准确的^[1,2],只有不可信的实体才做出不真实的评价.但实际上,可信实体由于受到服务组合环境的影

响,特别是在服务提供者(Service Provider, SP)在不同负载情况下,其能够提供的 QoS 也是不相同的,因而导致可信的消费者(Service Consumer, SC)对其做出的评价也不一定真实反映 SP 的实际 QoS,因而导致这类研究难以得到很好的应用。

论文针对上述问题,提出了一种基于环境感知的可信 QoS 评价方法,以图对服务实体的 QoS 做出较为全面的评价,为服务组合提供服务选择的依据。评价方法的主要内容包括如下两个方面。

(1) 在正确的评价实体的 QoS 方面

实际上,在大多数研究中,服务的 QoS 是指用户感知到的 QoS^[7]。这种方法实际上是没有考虑 SP 实体的服务组合环境,也没有考虑 SP 实体的服务能力,得到的只是此 SP 实体在对外提供服务过程中的外在表现。这样的评价方法容易造成 QoS 评价在不同负载下出现忽大忽小的所谓“服务颠簸”的现象。

针对这种情况,论文提出的解决方案的思想是:不同的实体在不同的负载下能够提供的 QoS 是不相同的,由于可信的实体总是真实的反映自己感知到的 QoS,因此,如果有 n 个可信的实体对此 SP 实体进行过访问,那么就可以依据这 n 个实体在不同负载下得到的 QoS 评价情况而得到此 SP 实体的负载能力特征图,这样就较为全面的给出了 SP 实体 QoS 特征,较之于以往研究中仅以单个 QoS 指标来反映 QoS 特征能够更好的指导服务选择。

(2) 在实体的可信性评价方面

实际服务组合中,可信与不可信实体对同一 SP 实体都有可能做出相同或者不相同的评价结论^[8,9],造成可信评价与判断的困难。为此,论文提出如下准则:

(a) 时间上的可信性判定准则。虽然在不同时间段中对同一 SP 实体的评价可能不相同,但这些评价可能都是真实的。由于,在同一时间中对同一 SP 实体的评价是确定的,是唯一的,假如能够确定在某时间段上的真实评价,那么在此时间上与真实评价不相符的评价就是不可信的评价,从而与可信实体的“不可信评价问题”相区别。

(b) 服务能力上的可信性判定准则。对于同一 SP 实体,不同的 SC 实体在不同时间中给出了 SP 实体的 QoS 评价,这在时间维度上依据准则(a)难以给出 QoS 的可信评价,但是可以抽取可信 SC 实体在不同负载条件下对 SP 实体的 QoS 评价情况^[9,10],从而建立此 SP 实体在不同负载下的 QoS 曲线特征图。依据 SP 实体的不同负载下的 QoS 曲线特征图,那些对 SP 实体的 QoS 评价与 SP 实体的 QoS 曲线特征图相符合的实体可认为是做出了真实的评价,从而认为这些实体是可信的;而那些与 SP 实体 QoS 曲线特征图不相符合的实体是不可信实

体。

(c) 信任推理准则。信任推理^[11,12]是常用的方法。如果在信任推导过程中不加区别地采用不可信实体的评价结论,这样的推理方法难以保证推导的结论是可信的。由于不可信实体做出的评价本身就是不可信的,因此采用不可信的评价结果去推导 SP 实体的可信性,得到的结果自然难以保证可信性。论文采用的方法是基于如下二点:①信任推理保证在可信实体间进行,以保证推导结果的可信性。②以可信实体作为可信评价的标准参照。即当确定某个实体是可信实体后,那么可信实体就作为其它未知实体的评价“标准”,与可信实体的评价不符的则认为其可信度不高,而与可信实体一致的评价认为其可信度高。

2 服务组合交互信息

与许多研究一样,论文假设服务组合的交互实体可以将自己的评价向外公布且不是强制性的,这些公布的 QoS 评价信息可以假设存储在 OGSA 体系架构中的服务代理中^[9]与文献[9]类似,定义一次服务交互过程的评价信息,如表 1 所示。

表 1 服务交互后的评价信息

SC	SP	t_s	t_e	suc	Q
SC1	SP2	2	6	1	9
SC5	SP11	3	10	1	8
SC13	SP55	7	11	1	6

其中 t_s 和 t_e 分别为服务 SC 访问 SP 实体的起始时间和结束时间。suc 为 SC 实体调用 SP 实体是否成功的标志。标记 suc = 1 表示成功, suc = 0 表示失败。 Q 表示此次服务交互得到的 QoS。

论文中,SP 实体宣称自己的 QoS 为一组不同组合环境下的 QoS 提供能力,这样的宣称较为全面的反映了 SP 实体的服务能力,定义如下:

定义 1 SP 实体服务质量的宣称:

$$\mathbf{O}_i = [O_i^1 \quad O_i^2 \quad O_i^3 \quad \cdots \quad O_i^k] \quad (1)$$

其中, \mathbf{O}_i 表示第 i 个实体的服务能力的描述向量, O_i^j 表示第 i 个实体在负载压力为 τ_j 时能够提供的 QoS。所有 SP 实体所宣称的 QoS 向量形成的矩阵如式(2)示。

$$\mathbf{O}_{\text{all}}^{\text{report}} = \begin{bmatrix} O_1^1 & O_1^2 & O_1^3 & \cdots & O_1^k \\ O_2^1 & O_2^2 & O_2^3 & \cdots & O_2^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ O_{n-1}^1 & O_{n-1}^2 & O_{n-1}^3 & \cdots & O_{n-1}^k \\ O_n^1 & O_n^2 & O_n^3 & \cdots & O_n^k \end{bmatrix} \quad (2)$$

由于在某一时刻,SP 实体的 QoS 是确定的,因此,虽然不同的 SC 实体对 SP 实体的 QoS 评价不相同,但只有一种 QoS 评价是正确的。因此,评价信息表 1 中保留

距离当前时间为 Γ 内的交互信息,有如下定义:

定义 2 在服务代理(如 UDDI)中所有 SC 实体对所有 SP 的评价存储在公共系统中,形成记录的集合,对于每一对 SC 实体 c_i 和 SP 实体 p_j 只保存距离当前时间为 Γ 内的记录,如式(3)所示.

$$\mathbf{Q}_{\text{all}}^{\text{report}} = \begin{bmatrix} Q_{1,1}^1 & Q_{1,1}^2 & Q_{1,1}^3 & \cdots & Q_{1,1}^n \\ Q_{1,2}^1 & Q_{1,2}^2 & Q_{1,2}^3 & \cdots & Q_{1,2}^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{2,1}^1 & Q_{2,1}^2 & Q_{2,1}^3 & \cdots & Q_{2,1}^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{m,n}^1 & Q_{m,n}^2 & Q_{m,n}^3 & \cdots & Q_{m,n}^n \end{bmatrix} \quad (3)$$

矩阵中的 $Q_{i,j}^k$ 表示 SC 实体 c_i 对 SP 实体 p_j 在时间为 t_k 时的服务质量评价.

3 实体自身的信任模型与信任演算

3.1 SC 实体直接对 SC 实体的信任评价

定义 3 对于每一对 SC 实体 c_i 和 SP 实体 p_j 只保存离当前时间最近的 w 条记录,这样实体 c_i 要存储的记录个数最多为 $w \times n$.

$$\mathbf{g}_i^{\text{direct}} = \begin{bmatrix} g_{i,1}^1 & g_{i,1}^2 & g_{i,1}^3 & \cdots & g_{i,1}^n \\ g_{i,2}^1 & g_{i,2}^2 & g_{i,2}^3 & \cdots & g_{i,2}^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{i,n}^1 & g_{i,n}^2 & g_{i,n}^3 & \cdots & g_{i,n}^n \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中 $\mathbf{g}_i^{\text{direct}}$ 的第 j 行表示了 SC 实体 c_i 对 SP 实体 p_j 的 QoS 评价.如果 SC 实体 c_i 可信,那么与其评价相似的实体可以认为是可信的实体.因此,我们依据评价向量间的差异度来判定服务的可信度.离自己的距离越远的 SC 实体其可信度越低.

这样,对于与 SC 实体 c_i 交互过的每个 SP 实体 p_k , SC 实体 c_i 都能够给出其它 SC 实体 c_j 的评价与自己的评价的差异值,如式(5).

$$d_{i,j}^k = \left[\sum_{t=t_1}^{t_2} |g_{i,k}^t - Q_{j,k}^t|^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

式(6)表示 SC 实体 c_i 自己得到的对 SP 实体 p_k 的评价值与 SC 实体 c_j 得到的 QoS 评价值的差异.

$$\varphi_{i,j}^k = d_{i,j}^k \% \partial \quad (6)$$

其中 ∂ 表示梯度划分的量, $\%$ 表示取模,用差异值对梯度取模表示当前 SC 实体 c_i 自己得到的对 SP 实体 p_k 的评价值与 SC 实体 c_j 得到的 QoS 评价值相差的梯度.

式(6)中,对于与第 k 个 SP 实体 p_k ,第 i 个 SC 实体 c_i 都能够根据自己的感受到的情况判断其它 SC 实体

的可信性,形成如式(7)的向量.

$$\boldsymbol{\varphi}_i^k = [\varphi_{i,1}^k, \varphi_{i,2}^k, \cdots, \varphi_{i,m}^k] \quad (7)$$

将与 SC 交互过的所有 SP 实体的其它 SC 实体的评价判断形成如下的矩阵,如式(8)所示.

$$\boldsymbol{\varphi}_i = \begin{bmatrix} \varphi_{i,1}^1 & \varphi_{i,1}^2 & \varphi_{i,1}^3 & \cdots & \varphi_{i,1}^n \\ \varphi_{i,1}^2 & \varphi_{i,2}^2 & \varphi_{i,2}^3 & \cdots & \varphi_{i,2}^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_{i,1}^n & \varphi_{i,2}^n & \varphi_{i,3}^n & \cdots & \varphi_{i,m}^n \end{bmatrix} \quad (8)$$

第 j 列可得到 SC 实体 c_i 对 SC 实体 c_j 的总体评价,如式(9)所示.

$$\varphi_j = \frac{\sum_{k=1}^n \varphi_{i,j}^k}{n} \quad (9)$$

对 $\boldsymbol{\varphi}_i^{\text{direct}}$ 矩阵的每列都进行式(9)的计算,就得到了综合的 SC 实体 c_i 对每个 SC 实体的直接综合信任评价,如式(10)所示.

$$\boldsymbol{\varphi}_i^{\text{direct}} = [\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \varphi_3 \quad \cdots \quad \varphi_n] \quad (10)$$

3.2 SC 实体的间接信任评价

论文将其受限于可信实体间,有如下特征:首先, SC 实体 c_i 实体有过直接交互行为的 SP 实体集合 P ,如式(11)所示.

$$P_i = [P_1 \quad P_2 \quad \cdots \quad P_k] \quad (11)$$

设与集合 SP_i 实体交互过的 SC 实体集合 C ,如式(12)所示.

$$C_i = [C_1 \quad C_2 \quad \cdots \quad C_k] \quad (12)$$

依据 3.1 节中对 SC 实体的直接信任关系推理方法,即依据式(5)~(7)可以得到对集合 C_i 实体的直接信任评价如式(8)所示.依据式(9)可以综合成式(10)所示的直接信任评价.

此外,在集合 C_i 中,有一部分 SC 实体还对其他 SP 实体(不属于集合 P_i)进行过访问,设这部分 SC 实体的集合为 $C_{i,j}$ (即对集合 P_i 进行访问外,还对非 P_i 的 P_j 实体进行过访问的 SC 实体).

$$C_{i,j} = [C_1^{i,j} \quad C_2^{i,j} \quad \cdots \quad C_k^{i,j}] \quad (13)$$

$$P_j = [P_1 \quad P_2 \quad \cdots \quad P_k] \quad (14)$$

由于 SC 实体 c_i 能够直接得到 $C_{i,j}$ 集合实体的信任评价,选取 $C_{i,j}$ 集合中信任度大于阈值 σ 的实体进行进一步信任递推.

$$C_{i,j}^A = [C_1^{i,j} \quad C_2^{i,j} \quad \cdots \quad C_s^{i,j}] \text{ where } |C_x^{i,j}| > \sigma \quad (15)$$

其中, $C_{i,j}^A$ 表示 $C_{i,j}$ 中选取信任度大于阈值 σ 的 SC 集合.

已知 $C_{i,j}^A$ 集合的信任关系,则推导出所有与 P_j 交互过的其它 SC 实体集合 C_{other} 的信任度评价.设 $C_{i,j}^A$ 集合中的 SC 实体 C_e 依据式(5)~(10)可以推导出对集合 C_{other} 的信任评价结果为式(16)所示.

$$\boldsymbol{\varphi}^{\text{indir}} = [\varphi_1^e \quad \varphi_2^e \quad \varphi_3^e \quad \cdots \quad \varphi_s^e] \quad (16)$$

则 $C_{i,j}^A$ 集合对集合 C_{other} 的信任评价结果为式(17)所示.

$$\boldsymbol{\varphi}_{\Lambda}^{\text{indir}} = \begin{bmatrix} \varphi_1^1 & \varphi_2^1 & \varphi_3^1 & \cdots & \varphi_s^1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_1^e & \varphi_2^e & \varphi_3^e & \cdots & \varphi_s^e \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_1^l & \varphi_2^l & \varphi_3^l & \cdots & \varphi_s^l \end{bmatrix} \quad (17)$$

依据式(9)可得到对集合 C_{other} 的信任评价结果.

$$\boldsymbol{\varphi}_{\Lambda}^{\text{indir}} = [\varphi_1^A \quad \varphi_2^A \quad \varphi_3^A \quad \cdots \quad \varphi_n^A] \quad (18)$$

如果欲推导的 SC 实体 c_j 已经在 C_{other} 中,那么这时就得到了对 SC 实体 c_j 的间接信任评价.其推导过程可用图 1 所示.

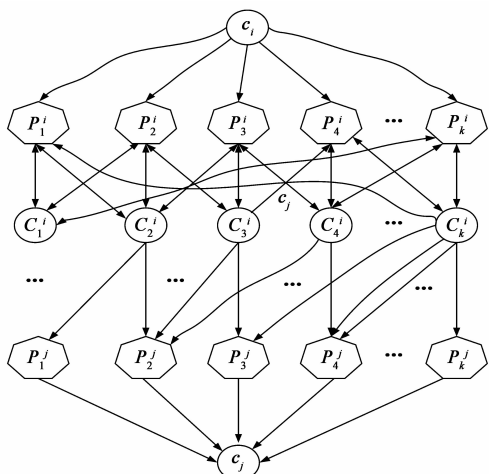


图1 SC实体间接信任推导过程

如果 SC 实体 c_j 未在 C_{other} 集合中,那么上述过程还要继续进行下去.信任传递关系如图 1 所示.依据传统的信任传递关系理论^[10],信任信息从 A 到 B (参照对 SP 实体的评价),再从 B 到 C ,最后从 C 到 D 。“ $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ”构成了一条信任链.实体 A 对实体 D 的间接信任计算如下式(19)所示.

$$C_{\text{indirect}}^{A-B-C-D} = C_{A,B}^d \times C_{B,C}^d \times C_{C,D}^d \quad (19)$$

其中, $C_{A,B}^d$ 表示实体 A 与 B 之间的直接信任关系.系统一般限定信任传递的层次最多为 k 次,得到的间接信任评价为下式.

$$\boldsymbol{\varphi}_i^{\text{indir}} = [\varphi_1^A \quad \varphi_2^A \quad \varphi_3^A \quad \cdots \quad \varphi_n^A] \quad (20)$$

3.3 SP 实体的信任评价

依据论文提出的可信性判别的第二个准则:依据 SC 实体在不同负载下的 QoS 来与 SP 实体宣称的 QoS 特征进行对照,如果用户得到的 QoS 大于 SP 实体宣称的 QoS,那么此 SP 实体就是可信的,而且可认为可信度非常高,因为用户往往能够得到超过预期的 QoS,而对于用户实际得到的 QoS 低于所宣称 QoS 的 SP 实体,其可信性依据其低于所宣称 QoS 的幅度而可信性不同.

具体 SP 实体的评价方法论述如下:

对于 SC 实体 c_j 欲评价的 SP 实体 P_i ,SP 实体所宣称的 QoS 如下式所见.

$$O_i = [O_i^1 \quad O_i^2 \quad O_i^3 \quad \cdots \quad O_i^k] \quad (21)$$

论文依据 3.1 与 3.2 节对 SC 实体的信任推导方法,计算出集合 C_j 实体的可信度,然后,选取可信度大于一定阈值的 SC 实体来判别 SP 实体的可信度.

$$C_c^i = [C_1^i \quad C_2^i \quad \cdots \quad C_s^i] \text{ where } |C_k^i| > \sigma \quad (22)$$

可信 C_c^i 集合对 SP 实体的评价矩阵如下.

$$Q_j^{\text{report}} = \begin{bmatrix} Q_{1,j}^1 & Q_{1,j}^2 & Q_{1,j}^3 & \cdots & Q_{1,j}^m \\ Q_{2,j}^1 & Q_{2,j}^2 & Q_{2,j}^3 & \cdots & Q_{2,j}^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{s,j}^1 & Q_{s,j}^2 & Q_{s,j}^3 & \cdots & Q_{s,j}^m \end{bmatrix} \quad (23)$$

设每个 SC 实体的访问请求可通过映射函数将访问请求转换成对 SP 实体的负载压力,即通过转换函数 f 可以将第 i 个 SC 实体对第 j 个 SP 实体在时间 tk 的请求 $r_{i,j}^{tk}$ 转换为负载 $\Delta_{i,j}^{tk}$,而此次请求 $r_{i,j}^{tk}$ 得到的 QoS 值为 $Q_{i,j}^{tk}$.

$$\Delta_{i,j}^{tk} = f(r_{i,j}^{tk}) \quad (24)$$

经过转换,QoS 矩阵可转换为负载的压力矩阵为式(25)所示.

$$\Delta_j = \begin{bmatrix} \Delta_{1,j}^1 & \Delta_{1,j}^2 & \Delta_{1,j}^3 & \cdots & \Delta_{1,j}^m \\ \Delta_{2,j}^1 & \Delta_{2,j}^2 & \Delta_{2,j}^3 & \cdots & \Delta_{2,j}^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \Delta_{s,j}^1 & \Delta_{s,j}^2 & \Delta_{s,j}^3 & \cdots & \Delta_{s,j}^m \end{bmatrix} \quad (25)$$

对式(25)中矩阵的每列求和,就得到了 SP 实体在不同时间段中的负载压力.

$$\Delta_j^{\Sigma} = [\Delta_{\Sigma,j}^1 \quad \Delta_{\Sigma,j}^2 \quad \Delta_{\Sigma,j}^3 \quad \cdots \quad \Delta_{\Sigma,j}^m] \quad (26)$$

对每个时间段内所有 SC 实体的 QoS 指标平均.

$$Q_{\Sigma,j}^{tk} = \frac{\sum_{i=1}^s Q_{i,j}^{tk}}{s} \quad (27)$$

这样,对每个时间段内 SP 实体能够提供的 QoS 指标如式(28)所示.

$$Q_j^{\Sigma, re} = [Q_{\Sigma,j}^1 \quad Q_{\Sigma,j}^2 \quad Q_{\Sigma,j}^3 \quad \cdots \quad Q_{\Sigma,j}^m] \quad (28)$$

对向量 Δ_j^{Σ} 中负载相同的项合并为一项,并同时将在 $Q_j^{\Sigma, re}$ 向量中对应的项求和并计算其平均值为一项.

表达的 SP 实体的负载与 QoS 对应的对应关系如式(29)的矩阵.

$$Q_j^{\Sigma} = \begin{bmatrix} \Delta_{\Sigma,j}^1 & \Delta_{\Sigma,j}^2 & \Delta_{\Sigma,j}^3 & \cdots & \Delta_{\Sigma,j}^k \\ Q_{\Sigma,j}^1 & Q_{\Sigma,j}^2 & Q_{\Sigma,j}^3 & \cdots & Q_{\Sigma,j}^k \end{bmatrix} \quad (29)$$

这样,得到了不同负载压力下 SP 实体提供 QoS 的情况.设 $ei = \Delta_{\Sigma,j}^i$,用 O_j^i 表示在负载 ei 下的 QoS 值,即 $|O_j^i| = Q_{\Sigma,j}^i$,这样,可以将 Q_j^{Σ} 转换为式(30).

$$\mathbf{O}_i^{\text{sc}} = [O_i^{\varepsilon_1} \ O_i^{\varepsilon_2} \ O_i^{\varepsilon_3} \ \cdots \ O_i^{\varepsilon_k}] \quad (30)$$

\mathbf{O}_i^{sc} 表示依据可信的 SC 实体得到 SP 实体在不同负载下实际的 QoS 特征. 而 SP 实体 j 自己宣称的 QoS 特征, 如式(31)所示.

$$\mathbf{O}_j^{\text{report}} = [O_j^{\varepsilon_1} \ O_j^{\varepsilon_2} \ O_j^{\varepsilon_3} \ \cdots \ O_j^{\varepsilon_k}] \quad (31)$$

根据 SC 实体实际得到的 QoS 与 SP 实体宣称的 QoS 之间的差异性来判断其可信性.

定义 4 实体 p_j 宣称的 QoS 与 SC 实体评价的差异度: 用 $\theta(P_j)$ 表示 SP 实体 j 对外宣称的 QoS 与 SC 实体实际得到的 QoS 的差异度. 令

$$\theta(P_j) = \sum_{u=1}^k \bar{\omega}_k (O_j^{\varepsilon_u} - O_i^{\varepsilon_u}) \quad (32)$$

显然 $\theta(P_j)$ 为正时, 且正向越大则说明其可信度越高, 反之可信度较低且差异值越大, 其可信度越低. 根据 SC 实体 c_i 得到的 QoS 与实体 p_j 所宣称的 QoS 的差异大小来决定实体 c_i 对实体 p_j 的信任度.

$$\psi(P_j) = 1 + \theta(P_j) \% \vartheta \quad (33)$$

其中 ϑ 表示梯度划分的量, $\%$ 表示取模. 经过上面的 SP 实体评价方法就可以得到 SP 实体的 QoS 评价向量:

$$\mathbf{O}_j^{\text{sc}} = [O_j^{\varepsilon_1} \ O_j^{\varepsilon_2} \ O_j^{\varepsilon_3} \ \cdots \ O_j^{\varepsilon_k}] \quad (34)$$

以及对 SP 实体的可信评价 $\psi(P_j)$.

4 环境感知的服务评价策略

下面给出形式化的服务可信 QoS 评价与选取方法的描述.

算法 1 SC 实体 c_i 需要从 ν 类服务实体的 x 个 SP 服务实体选取一个 SP 实体, 算法给出其中一个 QoS 高的服务实体.

输入: 实体自身宣称的 QoS 矩阵式(2); 信息服务交互过程产生的信息表 1, 以及从表 1 中提取的交互信息矩阵式(3).

输出: 从 x 个 SP 服务实体中选择“最佳”QoS 的 SP 实体.

(1) 从交互信息矩阵式(3)提取实体 c_i 的交互信息形成矩阵 $\vartheta_i^{\text{direct}}$ 式(4), 然后依据式(5) ~ (9)的计算得到直接信任评价矩阵.

$$\vartheta_i^{\text{direct}} = [\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3 \ \cdots \ \varphi_n]$$

对间接 SC 实体依据式(11)至式(19)计算得到间接信任评价矩阵.

$$\vartheta_i^{\text{indir}} = [\varphi_1^A \ \varphi_2^A \ \varphi_3^A \ \cdots \ \varphi_n^A]$$

经过式(21)至式(32)的计算得到对 SP 实体 j 的信任度.

$$\psi(P_j) = 1 + \theta(P_j) \% \vartheta$$

并计算得到对 SP 实体 j 的 QoS 评价向量.

$$\mathbf{O}_j^{\text{sc}} = [O_j^{\varepsilon_1} \ O_j^{\varepsilon_2} \ O_j^{\varepsilon_3} \ \cdots \ O_j^{\varepsilon_k}]$$

对 x 个 SP 服务实体的 QoS 特征向量形成如下的矩阵.

$$\mathbf{Q}_j^{\text{SP}} = \begin{bmatrix} O_1^{\varepsilon_1} & O_1^{\varepsilon_2} & O_1^{\varepsilon_3} & \cdots & O_1^{\varepsilon_k} \\ O_2^{\varepsilon_1} & O_2^{\varepsilon_2} & O_2^{\varepsilon_3} & \cdots & O_2^{\varepsilon_k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ O_x^{\varepsilon_1} & O_x^{\varepsilon_2} & O_x^{\varepsilon_3} & \cdots & O_x^{\varepsilon_k} \end{bmatrix}$$

(2) 依据与上面类似的推理方法, 推导出具有公信力的 SC 与 SP 实体对 x 个 SP 服务实体的 QoS 评价.

由于具有公信力的实体可能有多个, 那么有多个上述的评价结论, 在这种情况下, 对所有公信力实体的评价结果进行加权平均处理. 得到公信力实体评价的总体结论如下所示.

$$\varphi_{\Theta}^{\text{direct}} = [\varphi_1 \ \varphi_2 \ \varphi_3 \ \cdots \ \varphi_n]$$

$$\varphi_{\Theta}^{\text{indir}} = [\varphi_1^A \ \varphi_2^A \ \varphi_3^A \ \cdots \ \varphi_n^A]$$

$$\mathbf{Q}_j^{\Theta} = \begin{bmatrix} O_1^{\varepsilon_1} & O_1^{\varepsilon_2} & O_1^{\varepsilon_3} & \cdots & O_1^{\varepsilon_k} \\ O_2^{\varepsilon_1} & O_2^{\varepsilon_2} & O_2^{\varepsilon_3} & \cdots & O_2^{\varepsilon_k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ O_x^{\varepsilon_1} & O_x^{\varepsilon_2} & O_x^{\varepsilon_3} & \cdots & O_x^{\varepsilon_k} \end{bmatrix}$$

(3) 结合这二个评价给出综合的 QoS 评价.

$$Q_j^Z = \lambda Q_j^{\text{SP}} + (1 - \lambda) Q_j^{\Theta}$$

(4) 访问服务代理中心的表 1 所示的数据, 得到当前对这 x 个 SP 服务实体访问的负载情况, 再查找这 x 个 SP 服务实体的 QoS 特征表, 给出其当前的实际 QoS 评价;

$$\mathbf{Q}_j^{\text{current}} = \Gamma(Q_j^Z) = [\varphi_1^{\text{cu}} \ \varphi_2^{\text{cu}} \ \varphi_3^{\text{cu}} \ \cdots \ \varphi_n^{\text{cu}}]$$

(5) 对无法推导出的 SP 实体, 依据 SP 实体自身宣称的 QoS 并依据表 1 所示的交互信息的负载情况, 从而推导出当前这类服务实体的 QoS 实际值.

$$\mathbf{Q}_{un}^{\text{current}} = \Gamma(Q_{un}) = [\varphi_1^{\text{im}} \ \varphi_2^{\text{im}} \ \varphi_3^{\text{im}} \ \cdots \ \varphi_n^{\text{im}}]$$

(6) 用随机因子方法, 从上述二类 SP 实体中选取 QoS 评价最高的 SP 实体返回给用户.

$$\begin{cases} \text{select from } Q_j^{\text{current}} & \text{if } \text{random}() < d_0 \\ \text{select from } Q_{un}^{\text{current}} & \text{if } \text{random}() > d_0 \end{cases}$$

End

5 实验结果

5.1 实验参数设置

实验参数设置与文献[13]类似, 即 SC 实体分为可信的实体 A 类, 不可信的 B 类, 随机的 C 类与共谋的 D 类^[13]. 同样, 对于 SP 实体也分为 4 种类型: ① A 类实体: 提供的服务质量与自己宣称的服务质量一致, 并总是提供真实, 可信的服务(尽力而为的服务); ② B 类实体: 虚假或者恶意的实体. ③ C 类实体, 这类实体在不同时间上不定地提供真实的服务与虚假的服务. ④ D 类实体, 具有共谋的实体, 提供虚假的服务, 但共谋圈内实体的

对其有较高的虚假的评价. 在下面的实验中, 如没有特别指明, 则 SC 主体的个数为 3000 个, 4 类 SC 的个数为: A 类 1500 个, B 类, C 类, D 类各 500 个. SP 主体的个数为 3000 个, 4 类 SP 的个数为: A 类 SP 实体 1500 个, B 类, C 类, D 类实体各 500 个.

5.2 环境感知的服务可信 QoS 评价性能评测

实验将从如下几个方面来评价论文提出的基于环境感知的可信服务 QoS 评测策略.

(1) 对不同类的 SC 与 SP 实体的可信评价结果

图 2 显示了随着系统的运行, 让可信的 SC 实体发出服务组合的请求, 并记录在实验的过程中有可信 SC 实体对这四类 SP 实体的平均信任值情况. 图 2 表明, 随着交互次数的增长, SC 实体获得对环境的“认知”越多, 从而对各类 SP 实体的评价更加接近其真实情况. 其中对虚假与真实服务的信任都与真实情况相符合, 而对于 D 类 SP 实体, 虽然具有共谋的实体, 但由于论文的信任推导方法是不依赖于虚假实体的信任评价, 信任推理仅限于可信实体间. 因此, 在交互次数较小的组合环境中, 其信任值不是很低(也比 0 要小), 但随着交互次数的增长, 其信任值非常低.

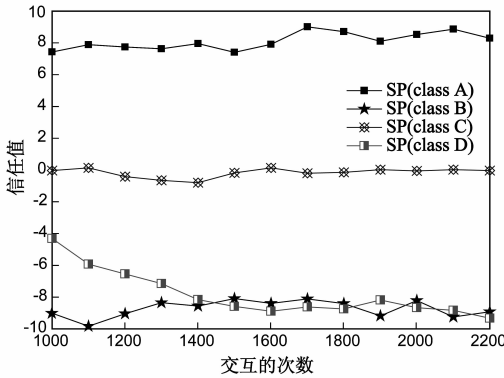


图2 随着交互次数的增长对SP实体的平均信任值

图 3 显示了是在上述场景下, 可信 SC 实体对这四类 SC 实体的平均信任值情况. 图 3 表明, 随着交互次数的增长, SC 实体对各类 SC 实体的评价更加接近其真实情况. 对于共谋的 SC 实体(D类), 系统能够识别出这种

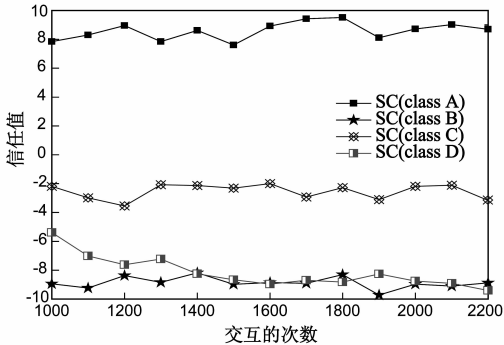


图3 随着交互次数的增长对SC实体的平均信任值

情况, 因而其信任较低. 而 C 类 SC 实体因为总是提供高于或者低于实体真实能力的评价值, 故根据其偏离真实值的程度, 其信任值低于正常值一定范围.

(2) 可信实体推理的丰富程度

图 4 表明, 依据论文的信任推理与 QoS 评价的策略方法具有如下的特点: 即在与其它实体交互次数较少的情况下, 能够很快的扩大自己的“认知”范围(可推理的实体数量). 这与六度分隔理论相符^[14-16].

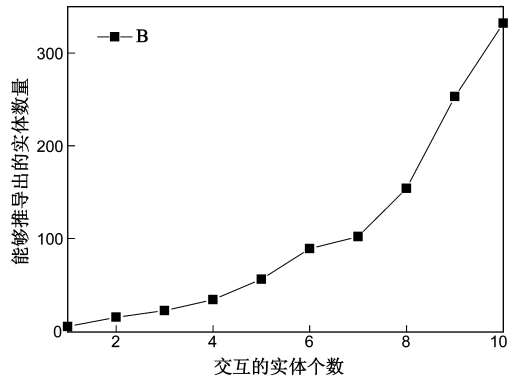


图4 实体随着交互次数的增长能够推理出来的实体个数

(3) 不同评价方法选择的 SP 实体情况

图 5 显示了论文提出的策略(在图中标示为 X)与传统方法(指按照最近一段时间内的 QoS 依据时间轴加权给出 QoS 评价的方法, 在图中标示为 Y)选择 SP 的情况. 在图 5 的实验中, 假设只有二个 SP 服务, 即 SP 实体 A 和 SP 实体 B, 服务 A 的 QoS 能力是服务 B 实体 QoS 质量的 4 倍. 而访问请求总数量一定为 400 个, 并且实体都是可信的, 不考虑非可信的情况. 可见, 由于传统评价方法的滞后性, 导致出现服务选择的“颠簸”性. 而论文提出的方法是以当前服务实际能够提供的 QoS 为标准, 因此, 访问是比较平衡的.

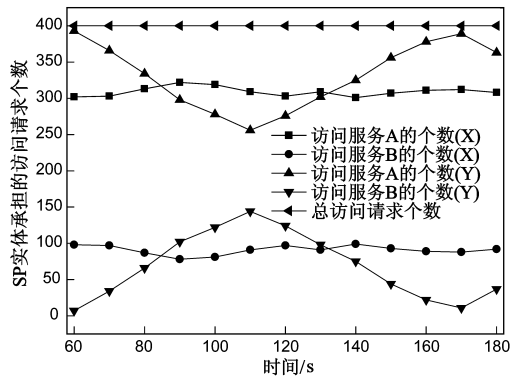


图5 不同评价策略下, 不同SP实体的访问情况

在图 5 的实验中, 如果设定服务 A 的服务能力为 300 个请求, 服务 B 的服务能力为 90 个访问请求, 超过服务能力的访问请求的成功率只有 20%. 图 6 显示了论文的 QoS 评价策略下进行服务选取导致服务组合失

败的次数,以及传统 QoS 方法评价进行服务选择导致服务组合失败的次数.图 6 表明论文提出的策略能够显著的减少服务组合失败的次数.

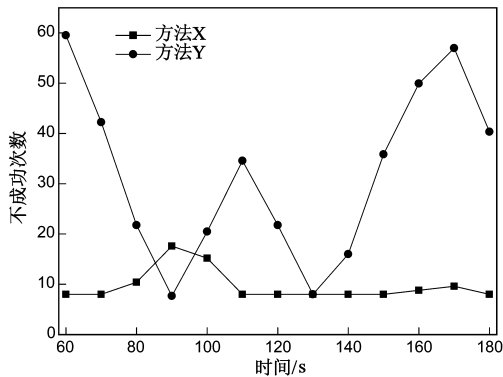


图6 不同评价策略下,服务组合的不成功率

(4)不同随机选择函数下对服务组合成功率的影响

图 7 的实验结果表示在服务的选取中,如果对未知实体(不能依据信任推理与 QoS 评价机制得到信任与 QoS 评价值的实体)选择的概率 d_0 分别为 0,0.1,0.2 时随着服务组合的进行,服务组合成功率的关系.图 7 表明如果 d_0 比较小时,那么 SC 实体大多局限于自己能够推导出的实体中进行组合,因此,在服务组合的前期,服务组合成功率比较高;但随着服务组合的进行,概率 d_0 大的策略中,由于与外界交互作用增多,使得 SC 实体扩展了自己“认知”范围,为后面的服务组合打下了基础,从而随着服务组合的进行,由于这种策略能够选取 SP 实体的范围比较大,因而服务组合成功率上升.

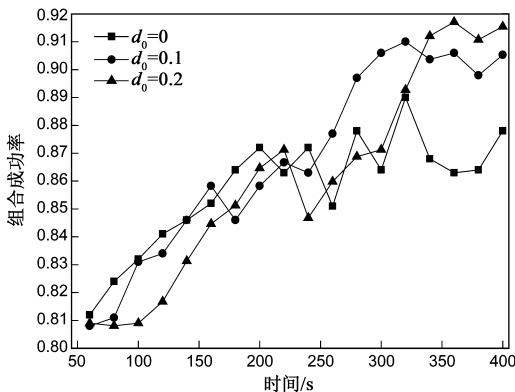


图7 不同动态选择参数下的服务组合成功率对比

图 8 显示了在概率 d_0 分别为 0,0.1,0.2 时随着服务组合的进行,得到的组合服务质量的情况.与上述的分析一致,当 d_0 比较小时,由于局限于自己的小认知范围,因而可选的范围较小,故服务组合质量一般,而 d_0 较大的策略组合时,可选择的服务范围比较大,因而得到的服务组合质量较高.

(5)不同交互次数与评价准确率的关系

在虚假 SC 实体不产生负载,只有真实的 SC 实体产生真实的负载请求的情况下,图 9 显示了论文的策略对真实的 SP 实体评价的准确性.图 9 表明随着交互次数的增多,对 SP 实体的评价越准确.

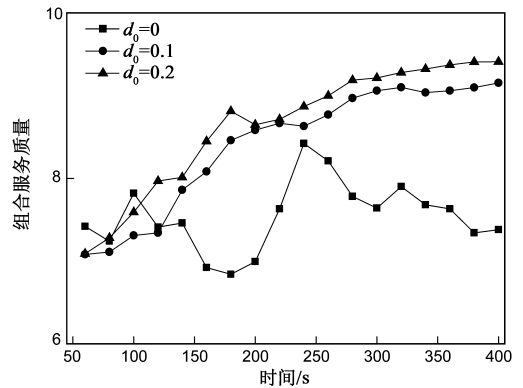


图8 不同动态选择参数下的服务组合质量对比

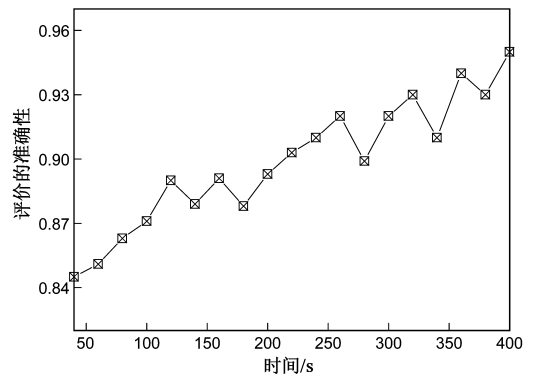


图9 随时间增长对SP实体评价的准确性

6 结论

论文提出了一种基于信任推理演化的 QoS 评价结构与策略.与以往研究不同的是论文对 SP 实体的 QoS 表达采用了特征向量的方法,以较全面的表达了 SP 实体的 QoS 特征.同时,论文的评价策略采用了结合服务组合环境的方法,即考虑了在不同负载条件下 SP 实体所能提供的 QoS 的为真实的评价结果.实验证实了论文所提策略的有效性,克服了以往服务 QoS 评价中不能真实反映 SP 实体当前 QoS 的不足.

参考文献

- [1] S Ran. A model for web services discovery with QoS[J]. ACM SIGecom Exchanges, 2003, 4(1): 1 - 10.
- [2] L Zeng, et al. QoS - aware middleware for web services composition[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2004, 30(5): 311 - 327.
- [3] N Srirajun, et al. Trustable web services with dynamic confidence time interval[J]. Advances in Information Sciences and Service Sciences, 2011, 3(4): 48 - 58.

- [4] 李研,等.一种考虑 QoS 数据可信性的服务选择方法[J]. 软件学报,2008,19(10):2620-2627.
LI Yan, et al. Service selection approach considering the trustworthiness of QoS data[J]. Journal of Software, 2008, 19(10): 2620-2627. (in Chinese)
- [5] P Dewan, et al. P2P reputation management using distributed identities and decentralized recommendation chains [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2010, 22(7):1000-1013.
- [6] P Bocciarelli, et al. A model-driven method for describing and predicting the reliability of composite services[J]. Software and Systems Modeling, 2010, 10(2):1-16.
- [7] A Adala, et al. Discovery of semantic web services with an enhanced-Chord-based P2P network[J]. International Journal of Communication Systems, 2010, 23(11):1353-1365.
- [8] P Zhedan, et al. A QoS enhanced framework and trust model for effective web services selection[J]. Journal of Web Engineering, 2010, 9(2):327-346.
- [9] RKM Esfahani, et al. Reputation improved web services discovery based on QoS [J]. Journal of Convergence Information Technology, 2010, 5(9):206-214.
- [10] A Satsiou, et al. Reputation-based resource allocation in P2P systems of rational users [J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2010, 21(4):466-479.
- [11] X Jin, et al. Reputation estimation and query in peer-to-peer networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2010, 48(4):122-127.
- [12] 王勇,等.信任增强的服务组合调度算法[J]. 电子学报, 2009, 37(10):2234-2238.
WANG Yong, et al. A trust enhanced service composition scheduling algorithm [J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(10):2234-2238. (in Chinese)
- [13] 刘济波,等.基于两层声誉演化模型的服务组合选取策略[J].中南大学学报(自然科学版),2009,40(3):756-762.
LIU Ji-bo, et al. A service composite selection policy based on two-tier model reputation evolution [J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2009, 40(3):756-762. (in Chinese)
- [14] D J Watts, et al. Collective dynamics of small-world networks [J]. Nature, 1998, 393(6684):440-442.
- [15] M A Jovanovic. Modeling Large-Scale Peer-to-Peer Networks and a Case Study of Gnutella [D]. USA: University of Cincinnati, 2001.
- [16] A Barabasi, et al. Emergence of scaling in random networks [J]. Science, 1999, 286(5439):509-512.

作者简介



龙 军 男,1972年生,副教授,博士.研究方向为软件工程与信息系统、网络资源管理与可信评估技术.

E-mail: dragone7968@163.com; jlong@csu.edu.cn

袁鑫攀 男,1982年生,博士生,主要研究方向为信息检索、数据挖掘.

桂卫华 男,1950年生,教授,博士生导师,主要研究方向为冶金过程智能控制. E-mail: gwh@csu.edu.cn