

# 基于可信机制的云服务提供商选择模型

张彭成, 翟玉庆

(东南大学计算机科学与工程学院, 江苏 南京 211189)

[摘要] 云计算以服务的方式向用户提供资源,而随着用户需求的日益复杂,一个云服务提供商可能无法独立满足用户的请求,需要选择合适的云服务提供商进行合作. 本文从可信的角度,首先分析论证了云服务提供商的历史评分服从狄利克雷分布;然后考虑到信任关系具有累积性,即便相同的评分也可能会有不同的累积效应,因此根据历史评分本身和历史评分之间的关系研究评分的累积效应并建立狄利克雷分布,并利用该分布计算云服务提供商的信任值和稳定性;最终基于信任值和稳定性提出一个云服务提供商选择算法并构建基于可信机制的云服务提供商选择(TSCP)模型. 实验表明,TSCP 模型具有一定的有效性.

[关键词] 可信,云服务提供商,选择

[中图分类号] TP18 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2013)02-0068-07

## Trust Based Selecting Model for Cloud Service Providers

Zhang Pengcheng, Zhai Yuqing

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

**Abstract:** Cloud computing provides users with resources as a service. With requirements of users increasingly complex, only one service provider may not be able to provide required resources. So it needs to choose an appropriate service provider as a partner. From a trust perspective, we first analyse and appraise history score of the cloud service provider subject to the Dirichlet distribution, then take into account the accumulates of trust relationship. We not only use the interaction scores itself, but also the relationship between the interaction scores to computer the trust value and stable value of cloud service providers, then we build a selecting model based on trust for cloud service providers. Ultimately they provide the basis for the choice of suitable partners. The experiments show that the model in this article is valid to some extent.

**Key words:** trust, cloud service providers, selection

云计算的出现改变了传统的计算机资源使用方式,它以服务的方式向用户提供资源,用户不需要对基础设施如 CPU、内存、外存等进行投资和管理就可以使用,大大节省了用户的成本. 然而随着用户需求的日益复杂,中小型云服务提供商资源有限,若不进行合作,则可能无法完全满足用户的需求;对于大型的云服务提供商,云服务提供商之间的合作也可优化资源配置,降低成本,从而实现利益最大化<sup>[1-3]</sup>. 因此,服务提供商之间的合作具有重要的研究和实践意义.

在一个开放式的云环境中,具有良好的信任关系是云服务提供商进行合作的前提. 这是因为,第一、由于它们的自私、自利性,云服务提供商可能会过分地夸大其所拥有的服务资源;第二、云服务提供商之间不仅存在合作关系也存在竞争关系,导致他们之间可能存在恶意欺诈的行为<sup>[4-7]</sup>. 因此,认为云服务提供商在选择合作对象时,首先需要考虑对方的可信问题. 文献[8,9]分析了云服务提供商之间合作的动机和可能性,认为云服务提供商的合作可以让它们的资源得到更好的利用,并且提供更复杂的服务,而如何选择可信的云服务提供商进行合作将是一个关键问题. 文献[10,11]从可信的角度对云服务提供商之间的合作进行了研究,指出发起合作意向的云服务提供商可利用每个云服务提供商所获得的历史评分记录计算

收稿日期:2012-07-18.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60803061)、江苏省自然科学基金资助项目(BK2008293)

通讯联系人:翟玉庆,博士,教授,研究方向:信任机制和回答集逻辑推理. E-mail: yqzhai@seu.edu.cn

此云服务提供商的信任值,并根据信任值选择可信的云服务提供商与之合作。

文献[10]中利用 beta 分布对云服务提供商的信任值建模并计算,但 beta 分布要求云服务提供商的评分只能为 0 或 1,具有局限性. 文献[11]利用狄利克雷分布建模,克服了评分只能取 0 或 1 的缺陷. 但作者把历史评分记录中的每个评分作为一个单独的个体进行建模,忽略了评分记录值之间的联系以及评分在整个空间分布所包含的信息. 例如云服务提供商之间评分为 1 到 5 分,云服务提供商 SP 与  $SP_1$  和  $SP_2$  均有 6 次历史交互,对  $SP_1$  的历史评分分别为:  $\{2, 3, 4, 5, 5, 5\}$ ; 对  $SP_2$  的历史评分分别为:  $\{5, 5, 5, 4, 3, 2\}$ . 根据文献[11]中的模型,SP 对  $SP_1$  与  $SP_2$  的信任值相等,均为 4.10. 但是因为  $SP_1$  的后一次评分值总是大于前一次评分,即的评分处于上升趋势,而  $SP_2$  的评分则完全相反. 从直观上,  $SP_1$  的表现更值得信任. 而当 SP 对  $SP_1$  与  $SP_2$  的历史评分分别为  $\{3, 5, 3, 5, 3, 5\}$ ,  $\{4, 4, 4, 4, 4, 4\}$  时,根据文献[11]中的模型 SP 对  $SP_1$  与  $SP_2$  的信任值均为 4.00,没有任何区别. 而从历史记录可以看出  $SP_2$  比  $SP_1$  的表现更具稳定性,所以  $SP_2$  的下次表现为 4 分的概率会更大一些.

针对上述情况,本文首先分析云服务提供商的交互评分服从狄利克雷分布的合理性,然后从评分本身以及评分之间的关系两方面进行狄利克雷分布建模并计算信任值,根据评分在整个空间的分布计算云服务提供商的稳定性,最终建立基于可信机制的选择(TSCP)模型,合作发起者将根据 TSCP 模型对云服务提供商进行选择.

## 1 基于可信机制的云服务提供商选择(TSCP)模型

当用户有一个服务请求时,若一个云服务提供商希望向用户提供此服务,则此云服务提供商一般需要经过 3 个步骤:(1)需求分析阶段,云服务提供商根据用户请求分析所需的资源.(2)服务决策阶段,云服务提供商根据分析所得的资源及自身情况,决策是否需要与其他的云服务提供商进行合作. 若不需要,则直接向用户提供服务;否则,选择合适的云服务提供商进行合作.(3)合作的云服务提供商选择阶段,对于每种资源的候选云服务提供商集合,云服务提供商从中选择合适的云服务提供商与其合作.

如图 1 所示,用户  $U_1$  发起服务请求  $S_1$ , 服务  $S_1$  需要资源  $a$ , 云服务提供商  $SP_1$  拥有资源  $a, b$ , 此时  $SP_1$  可以提供服务  $S_1$ ,  $SP_1$  不需要选择其他云服务提供商进行合作就可以满足用户  $U_1$  的需求. 而对用户  $U_2$  而言,  $SP_1$  分析得到其服务请求  $S_2$  需要资源  $b, c, d$ , 而  $SP_1$  只可以提供资源  $a, b$ , 此时若  $SP_1$  要提供服务  $S_2$ , 则必须通过云服务提供商选择模型分别向拥有  $c, d$  资源的云服务提供商候选集合中选择云服务提供商进行合作以获得资源  $c, d$ .

本文用  $SP(x)$  表示云服务提供商 SP 拥有资源  $x$ , 云服务提供商集合  $\{SP(x)\}$  为资源  $x$  的候选服务商集合 ( $CSP(x)$ ), 合作的发起者  $SP_1$  为主云服务提供商 (MSP), 被 MSP 选中的  $SP(x)$  为从云服务提供商 (GSP). 对于如何从候选云服务提供商集合中选择一个合适的云服务提供商, 一般有随机选择、竞争选择以及价格选择等方法. 本文从可信方面对云服务提供商进行评估, 提出基于可信机制的云服务提供商选择 (TSCP) 模型. 对于一个云服务提供商的可信程度 (即信任值) 的评估主要是由云服务提供商的历史评分数据计算所得.

本文假设云服务提供商每次交互后都会相互评分, 以一个四元组  $\langle M, O, s, t \rangle$  的形式来表示其评分, 其中,  $M$  表示评分主体,  $O$  表示评分客体,  $s = 1, 2, \dots, N$  表示评分值,  $t$  为评分产生的时间. 当主云服务提供商 MSP 要计算一个拥有资源  $x$  的云服务提供商  $SP_1(x)$  的信任值时, 则称  $SP_1(x)$  历史交互中关于资源  $x$  方面所得的评分中, 评分主体为 MSP 的评分集合为直接评分集 (DirR), 其他评分的集合为间接评分集 (IndirR).

在 TSCP 模型中, 假设评分数据均存在同一个数据库中. MSP 如果需要与拥有资源  $x$  的云服务提供商

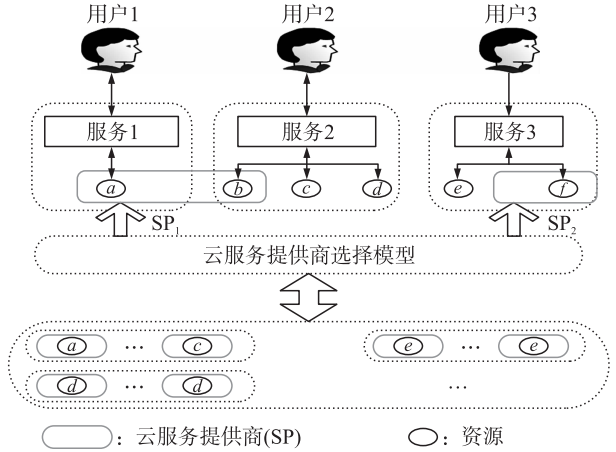


图1 服务商合作平台

Fig.1 Service provider cooperation platform

合作,那么对任意的拥有资源  $x$  的云服务提供商  $SP(x) \in CSP(x)$ ,如图 2 所示,首先根据数据库中的  $DirR$  和  $IndirR$  分别计算  $SP(x)$  的直接和间接评分分布;对于直接评分分布可得到直接信任值与直接稳定性,同理对于间接评分分布可得到间接信任值与间接稳定性;由直接信任值、间接信任值得到 MSP 对  $SP(x)$  的综合信任值,由直接稳定性、间接稳定性得到  $SP(x)$  的稳定性;最后云服务提供商选择算法分别考虑  $SP(x)$  的综合信任值与稳定性向 MSP 推荐最优的云服务提供商。

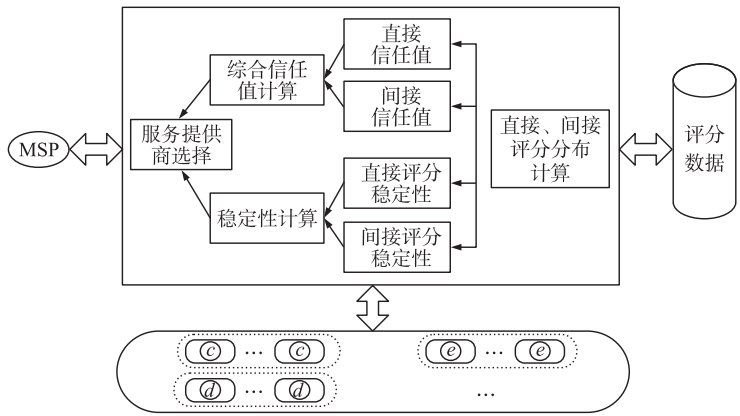


图 2 基于可信机制的云服务提供商选择模型

Fig. 2 Trust based selecting model for cloud service providers

## 2 TSCP 模型中的模块设计

### 2.1 直接和间接评分分布

若  $R$  为 MSP 对云服务提供商  $SP_1(x)$  的直接评分集或间接评分集,  $R$  中有  $M$  条评分记录,可用  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_M\}$  来表示. 其中  $r_i(M_i, O_i, s_i, t_i) \in R$  为  $R$  中第  $i$  条评分记录,假定评分值  $s_i$  为 1 到  $N$  之间的离散值. 为便于计算,为评分记录  $r_i$  引入一个标识向量  $\bar{X} = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,k}, \dots, x_{i,N})$ , 当  $k$  等于第  $i$  次评分  $s_i$  时,  $x_{i,k}$  取 1, 否则  $x_{i,k}$  取 0, 即

$$x_{i,k} = \begin{cases} 1 & k = s_i \\ 0 & \text{else} \end{cases}, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad i = 1, 2, \dots, M. \tag{1}$$

则  $c_k = \sum_{i=1}^M x_{i,k}, i = 1, 2, \dots, M, k = 1, 2, \dots, N$ , 表示  $R$  中评分值为  $k$  分的评分记录的次数.  $C = (c_1, c_2, \dots, c_N)$  表示各个评分值在评分记录中出现的次数.

若 MSP 对  $SP_1(x)$  第  $i$  次评分为  $s_i$  分的概率为  $\mu_{s_i}, s_i = 1, 2, \dots, N$ , 记  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$  为评分的概率向量. 则有:

$$p(s_i | \mu) = \prod_{k=1}^N \mu_k^{x_{i,k}}, \quad i = 1, 2, \dots, M. \tag{2}$$

定义评分集合  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_M\}$ , 则由式(2)可以到评分集合  $S$  的概率:

$$p(S | \mu) = \prod_{i=1}^M \prod_{k=1}^N \mu_k^{x_{i,k}} = \prod_{k=1}^N \mu_k^{c_k}. \tag{3}$$

初始时假设  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$  中  $\mu_i$  取各个值的可能性均相等, 即  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$  服从多维的均匀分布, 则  $\mu$  的概率密度函数为:

$$f(\mu) = \Gamma(\alpha_1), \tag{4}$$

其中,  $\alpha_1 = N$ .

利用贝叶斯公式, 由式(3)和式(4)可得  $\mu$  的后验分布为:

$$f(\mu | \alpha_2, C) = \frac{\Gamma(\alpha_2)}{\prod_{k=1}^N \Gamma(c_k + 1)} \prod_{i=1}^N \mu_i^{c_i}, \tag{5}$$

即  $\mu \sim \text{Dir}(\mu; \alpha_2, C)$ . 其中,  $\alpha_2 = \alpha_1 + \sum_k c_k, C = (c_1, c_2, \dots, c_N), i = 1, 2, \dots, M, k = 1, 2, \dots, N$ .

由式(4)和(5)可得, 若先验假设  $\mu$  服从均匀分布, 则经历一段时间的交互后,  $\mu$  后验服从狄利克雷分布. 而狄利克雷分布具有共轭性, 即若  $\mu$  先验服从狄利克雷分布时, 后验也服从狄利克雷分布, 所以在下次计算评分  $\mu$  的分布时, 以上次  $\mu$  的分布作为此次  $\mu$  的初始分布, 此时,  $\mu$  仍将服从狄利克雷分布. 因此可以得到结论: 当初始假设  $\mu$  服从均匀分布时, 交互后  $\mu$  服从狄利克雷分布.

式(5)以  $C = (c_1, c_2, \dots, c_N)$  (评分集  $R$  中各评分值为  $k$  的评分记录条数) 作为分布参数, 考虑了信任

的累积性,但是每次评分带来的影响是呈线性变化的.且评分之间的顺序应对分布造成影响,实际上本文认为最近的评分记录总是具有较高的参考价值.例如 MSP 对  $SP_1$  和  $SP_2$  评分分别为  $\{2,3,4,5,5,5\}$  和  $\{5,5,5,4,3,2\}$  时, MSP 对  $SP_1$  和  $SP_2$  的评分应该不同.这里考虑评分之间的关系,为每一条评分记录加一个影响因子.如果  $SP_1(x)$  此次所得的评分值大于上一次所得的评分值即  $s_i > s_{i-1}$ ,则认为云服务提供商下一次的表现可能会更好,这时增加高分的影响因子;当  $s_i < s_{i-1}$  时,则认为  $SP_1(x)$  下一次的表现可能会更差,从而增加低分的影响因子.因此可利用下式计算每次评分的权重:

$$\omega_i = \begin{cases} \left(1 + \frac{r_i - r_{i-1}}{2M - r_{i-1}}\right)^\beta \omega_{i-1}, & r_i \geq r_{i-1} \\ \left(1 - \frac{r_i - r_{i-1}}{2M - r_{i-1}}\right)^\gamma \omega_{i-1}, & r_i < r_{i-1} \end{cases}, \quad (6)$$

其中,  $\omega_0 = 1$ ,  $\beta, \gamma$  用于控制权重的变化.

由式(6)可知,若  $R$  中的评分值呈上升趋势,则  $R$  中高分的影响因子会增加;反之,低分的影响因子将增加.此时,

$$c_k = \sum_{i=1}^M \omega_i x_{i,k}. \quad (7)$$

在评分预测中,本文以上一次评分预测中的  $\mu$  的分布作为下一次的初始分布(即先验分布).设上一次  $\mu \sim \text{Dir}(\mu; \alpha_1, C_1)$ . 由于上一次计算的结果距离当前评分可能有一定时间间隔,分布精确度会降低,因此可为分布的精确度参数加一个遗忘因子,即令  $\alpha'_1 = b\alpha_1$ ,  $b < 1$ . 以  $\mu \sim \text{Dir}(\mu; \alpha'_1, C_1)$  作为先验分布,则可得到  $\mu$  的后验分布:

$$\mu \sim \text{Dir}(\mu; \alpha_2, C_2), \quad (8)$$

其中,  $C_2 = (c_{2,1}, c_{2,2}, \dots, c_{2,N})$ ,  $c_{2,k} = bc_{1,k} + c_k$ ,  $\alpha_2 = \alpha'_1 + \sum_k c_{2,k}$ ,  $i = 1, 2, \dots, M$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$ .

若评分记录来自 MSP 对  $SP_1(x)$  的直接评分集,即  $R = \text{Dir}R$ ,则由式(8)得到的  $\mu$  分布可记为直接评分分布.若  $R = \text{Indir}R$ ,则  $\mu$  的分布记为间接评分分布.

## 2.2 信任值计算

利用 2.1 节的内容可以计算出直接和间接评分集的评分分布,设评分  $\mu \sim \text{Dir}(\mu; \alpha, C)$ ,为使评分预测的误差最小,以评分的期望作为  $SP_1(x)$  的信任值,则:

$$\text{Trust}_1 = \sum_{k=1}^N k \cdot E(\mu_k) = \sum_{k=1}^N k \frac{c_k}{\alpha}. \quad (9)$$

若  $\mu$  为直接评分分布,则记  $\text{Trust}_1$  为 MSP 对  $SP_1(x)$  的直接信任值  $\text{DirTrust}_1$ . 否则记  $\text{Trust}_1$  为 MSP 对  $SP_1(x)$  的间接信任值  $\text{IndirTrust}_1$ .

根据直接信任值和间接信任值可得综合信任值.对于综合信任值,首先应充分相信直接交互经验,当直接交互经验足够丰富时,则可只利用直接信任值,否则,再利用间接信任值.对于直接交互经验是否充分的判断,根据文献[13],由 Chernoff 界定理,若希望直接评分估计误差  $\text{error}$  小于  $\varepsilon$ ,且概率  $P(\text{error} < \varepsilon) > \gamma$  时,直接交互次数  $N$  需满足:

$$N_{\min} \geq -\frac{1}{2\varepsilon^2} \ln\left(\frac{1-\gamma}{2}\right), \quad (10)$$

则可定义 MSP 对  $SP_1(x)$  的综合信任值为:

$$\text{Trust}_1 = \omega \text{DirTrust}_1 + (1 - \omega) \text{IndirTrust}_1, \quad (11)$$

其中,  $\omega = \begin{cases} N/N_{\min}, & N < N_{\min} \\ 1, & \text{其他} \end{cases}$ . 即直接交互经验越多时,越相信直接信任值,当直接经验足够多时,可只考虑直接信任值作为综合信任值.

## 2.3 稳定性计算

在物理学中熵用来表示分子的混乱程度,信息论中熵表示信息的不确定性程度,本文使用熵来衡量云服务提供商所得评分的稳定性.

若  $R$  为 MSP 对  $SP_1(x)$  的一个评分集,  $c_k$  表示  $R$  中评分值为  $k$  的评分记录的次数,  $k \in \{1, 2, \dots, N\}$ . 首

先定义辅助函数：

$$f(c_k)=\begin{cases} \frac{c_k}{\sum_{i=1}^N c_i} \log \frac{c_k}{\sum_{i=1}^N c_i}, & c_k \neq 0 \\ 0, & c_k = 0 \end{cases} \tag{12}$$

其中,  $k \in \{1, 2, \cdots, N\}$ .

用  $H_1$  表示  $SP_1(x)$  所得评分的熵, 则：

$$H_1 = - \sum_{k=1}^N f(s_k). \tag{13}$$

熵越小表示稳定性越高, 熵越大表示稳定性越低, 而当评分值在 1 到  $N$  分中均匀分布时,  $H_1$  的值最大, 即  $\max(H_1) = \log(N)$ , 因此令  $SP_1(x)$  的稳定性  $\rho$  为：

$$\rho = 1 - H_1 / \log(N). \tag{14}$$

当  $R = \text{Dir}R$  时, 得到的  $\rho$  为直接评分的稳定性( $\rho_{\text{Dir}}$ ), 当  $R = \text{InDir}R$  时,  $\rho$  为间接评分的稳定性( $\rho_{\text{InDir}}$ ). 类似于综合信任值, 利用式 (11) 中的权重, 可得综合稳定性：

$$\rho = \omega \cdot \rho_{\text{Dir}} + (1 - \omega) \cdot \rho_{\text{InDir}}. \tag{15}$$

当  $SP_1(x)$  的稳定性越高, 表示此云服务提供商的信任值符合实际情况; 当评分稳定性越低, 表示此云服务提供商信任值越不准确.

2.4 云服务提供商选择

对于 MSP 如何从一个云服务提供商候选集  $CSP(x)$  中选出合适的云服务提供商进行合作, 本文基于信任值与稳定性按以下算法进行选择：

- 1 for( $SP(x) \in CSP(x)$ )
- 2 计算  $SP(x)$  的信任值;
- 3 存储  $SP(x)$  的信任值到信任值数组  $\text{Array}T$  中;
- 4 end for
- 5 对数组  $\text{Array}T$  按数值从大到小排序;
- 6 计算  $i, i$  满足  $\{ \text{Array}T[0] - \text{Array}T[i] < \delta \} \&\& ( \text{Array}T[0] - \text{Array}T[i+1] > \delta )$ ;  $\delta$  为一个阈值
- 7 for( 数组  $\text{Array}$  中前  $i$  个元素对应的  $SP(x)$  )
- 8 计算  $SP(x)$  的稳定性;
- 9 存储  $SP(x)$  的稳定性到数组  $\text{Array}H$  中;
- 10 end for
- 11 查找  $\text{Array}H$  中稳定性最高元素对应的  $SP(x)$ ;
- 12 输出  $SP(x)$  的编号;

算法分两步进行: 首先选择信任值比较大的云服务提供商; 其次在信任值比较大的云服务提供商中选择稳定性最大的云服务提供商作为从服务提供商. 算法输入为直接和间接评分集, 输出为云服务提供商.

3 相关实验

本文分别采取人工输入评分与随机生成评分两种方式产出数据集, 进行云服务提供商的选择算法仿真实验, 验证本文提出的基于 TSCP 模型的有效性. 本文使 PC 机实现仿真实验, 其硬件配置为 Intel(R) Core(TM) i7 CPU 1.60GHz, 4GB 内存; 软件环境为 Windows7 操作系统, 使用 C++ 语言编写程序, 开发工具为 VS2010.

对于人工输入评分, 首先假设主服务商 MSP 对  $SP_1(x)$ 、 $SP_2(x)$  在资源  $x$  方面历史评分集合分别为  $\{2, 3, 4, 5, 5, 5\}$ 、 $\{5, 5, 5, 4, 3, 2\}$ . 利用本文中的模型计算直接信任值, 其结果如图 3 所示. 根据 TSCP 模型计算可得  $SP_1(x)$  和  $SP_2(x)$  的信任值分别为 4.17 和 3.78, 从图 3 可以看出, 评分呈上升趋势的云服务提供商  $SP_1(x)$  的信任值明显大于下降趋势的  $SP_2(x)$ .

当云服务提供商评分相近时, 不仅需要考虑信任值, 还要考虑稳定性. 本文暂不考虑间接信任值, 假设 MSP 对  $SP_1(x)$ 、 $SP_2(x)$  的历史评分集合分别为  $\{3, 5, 3, 5, 3, 5\}$ 、 $\{4, 4, 4, 4, 4, 4\}$ , 如图 4 所示, 根据 TSCP

模型可计算得到  $SP_1(x)$ 、 $SP_2(x)$  的信任值分别为 4.07、4.00,二者极为接近;而其稳定性差距较大,分别为 0.57、1.00,虽然  $SP_1(x)$  的信任值稍高,但  $SP_2(x)$  的稳定性  $p=1.00$ ,意味着本次信任值计算十分准确.因此,MSP 选择  $SP_2(x)$  进行合作更为合理.

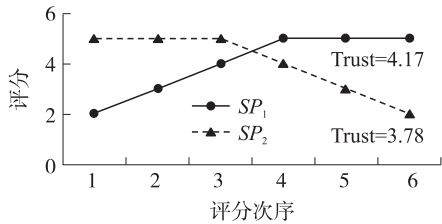


图3 信任值计算  
Fig.3 Trust computation

对于随机生成的评分,假设云服务提供商由表 1 所示的 4 种类型. 实验中,随机生成 5 个资源的候选云服务提供商集合(CSP),每个候选云服务提供商集合中有 10 个云服务提供商(SP). 主服务提供商(MSP)每次分别从 1~3 个 CSP 中各自选择一个合适的 SP 进行合作.

本文实验生成 100 个时间片,10% 的 SP 的类型为类型 1,50% 为类型 2,20% 为类型 3,20% 为类型 4. 每个时刻 MSP 都需要选择云服务提供商合作,而其他云服务提供商以 0.3 的概率互相交互. 设置影响因子计算中的  $\beta=\gamma=1$ ,遗忘因子  $b=0.8$ . 以文献[11]中提出的选择模型进行对比实验,使用交互后 MSP 对合作小组成员评分值的均值作为此次合作的度量,得到的结果如图 5 所示.

从图 5 可以看出,开始阶段由于交互评分记录较少,本文模型与文献[11]中的模型没有太大的差别;但随着时间的增长,交互评分记录增多,本文模型选择的云服务提供商的评分均值将优于文献[11]的模型;这是因为本文不仅考虑信任的累积效果,且每次评分的累积效果应该不同. 当交互评分非常丰富时,两个模型选择的云服务提供商又会非常接近. 这一现象说明了评分值越丰富时,评分预测也会越准确,选择的云服务提供商也会更好.

对某一个候选集中的一个云服务提供商  $SP_1(x)$  进行追踪,以下一次所有云服务提供商对  $SP_1(x)$  评分的均值作为  $SP_1(x)$  真实的信任值,依然选择文献[11]中的模型作为对比参照,得到的模型的信任值如图 6 所示. 可以发现,在评分记录很少时,两个模型的信任值计算基本没有差别,且误差均较大. 当评分增多时,相对于文献[11]提出的选择模型,TSCP 模型更能适应  $SP_1(x)$  的变化,预测的信任值误差也较小,这主要是因为每次评分带来的影响是动态变化的,更能适应  $SP_1(x)$  的变化;当评分非常丰富时,两者信任值计算又会非常接近,与真实情况的误差也会越来越小.

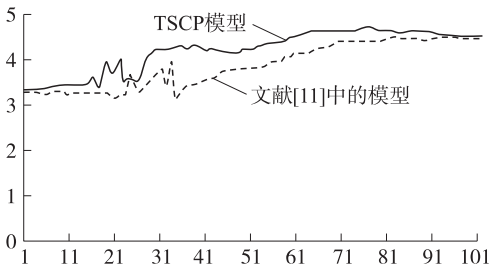


图5 云服务提供商选择  
Fig.5 Cloud service providers selection

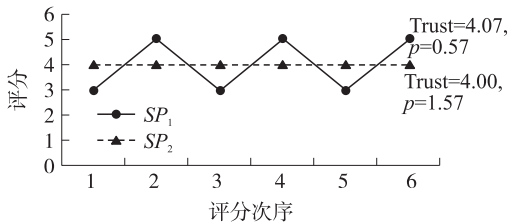


图4 稳定性计算  
Fig.4 Stability computation

表 1 云服务提供商类型  
Table 1 Cloud service providers type

类型	所得评分
1	评分在 1 到 5 范围变化
2	评分在 2 到 4 范围变化
3	评分在 3 到 5 范围变化
4	评分随时间评分由 1 到 5 缓慢增加

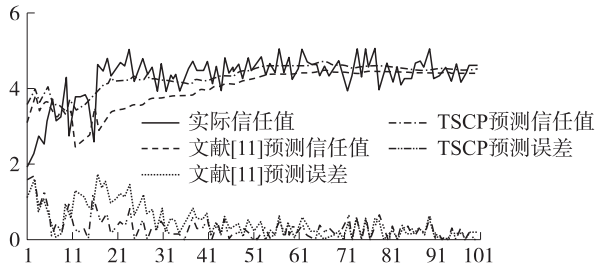


图6  $SP_1(x)$  的信任值预测  
Fig.6 Trust prediction of  $SP_1(x)$

4 结语

复杂多样的用户需求导致中小型云服务商可能无法独立地满足用户的需求,从而需要选择其他云服



务提供商进行合作共同为用户提供服务. 为解决这一问题, 本文提出了基于 TSCP 模型的服务商选择算法. TSCP 模型针对云服务提供商的变化, 考虑信任的累积性以及每次评分带来的累积效果应具有动态性, 不仅把每个评分记录当成单独的个体考虑, 且考虑到评分之间的相互联系, 为每个云服务提供商的评分加上影响因子, 使信任值的计算更适应云服务提供商的变化; 而针对云服务提供商信任值比较接近的情况, TSCP 模型计算了云服务提供商的稳定性, 以衡量本次信任值计算的准确性. 实验结果表明, TSCP 模型对变化的云服务提供商的计算更加准确, 选择的云服务提供商组成的合作小组表现更优.

本文的选择模型仅是从可信的角度选择从云服务提供商, 而在实际中还需要考虑价格、服务质量等因素. 因此下一步工作准备利用本文的信任值计算方法计算各个云服务提供商的信任值, 以云服务提供商为节点、信任关系为边建立社会网络, 为每个节点赋予权重, 权重表示价格、服务质量等因素, 研究如何在社会网络中选择合适的从云服务提供商进行合作.

## [ 参考文献 ] (References)

- [1] Goiri I, Guitart J, Torres J. Characterizing cloud federation for enhancing providers' profit [C]//IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing (CLOUD). Miami, 2010: 123-130.
- [2] Buyya R, Yeo C S, Venugopal S. Market-oriented cloud computing: vision, hype, and reality for delivering IT services as computing utilities [C]//10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications. Melbourne, 2008: 5-13.
- [3] Calheriros R N, Ranjan R, Beloglazov A, et al. CloudSim: A toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms [J]. Software: Practice and Experience, 2011; 41(1): 23-50.
- [4] Habib S M, Ries S, Muhlhauser M. Cloud computing landscape and research challenges regarding trust and reputation [C]//7th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing and 7th International Conference on Autonomic and Trusted Computing (UIC/ATC). Xi'an, 2010: 410-415.
- [5] Li J X, Li B, Du Z X, et al. CloudVO: building a secure virtual organization for multiple clouds collaboration [C]//11th ACIS International Conference on Software Engineering Artificial Intelligence Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD). London, 2010: 181-186.
- [6] Khan K M, Malluhi Q. Establishing trust in cloud computing [J]. IT Professional, 2010, 5(12): 20-27.
- [7] Cachin C, Keidar I, Shraer A. Trusting the cloud [J]. SIGACT News, 2009, 40(2): 81-86.
- [8] Hassan M M, Song B, Huh E. A market-oriented dynamic collaborative cloud services platform [J]. Annales des Telecommunications, 2010, 65(11/12): 669-688.
- [9] Hassan M M, Song B, Han S, et al. Multi-objective optimization model for partner selection in a market oriented dynamic collaborative cloud service platform [C]//21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence, ICTAI's 09. Newark, New Jersey, 2009: 637-644.
- [10] Hassan M M, Song B, Yoon C, et al. A novel market oriented dynamic collaborative cloud service infrastructure [C]//World Conference on Services - II, SERVICES-2009. Bangalore, 2009: 9-16.
- [11] Liu X, Datta A. On trust guided collaboration among cloud service providers [C]//6th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom). Chicago, Illinois, 2010: 1-8.
- [12] 陈广福, 蔡国永, 林航, 等. 多 Agent 系统中基于狄利克雷分布的信任模型 [J]. 计算机工程, 2011, 37(14): 128-133.  
Chen Guangfu, Cai Guoyong, Lin Hang, et al. Dirichlet Distribution Based Trust Model in a Multi-Agent System [J]. Computer Engineering, 2011, 37(14): 128-133. (in Chinese)
- [13] Mui L, Mohtashe M. A computational model of trust and reputation system sciences [C]//Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Big Island, Hawaii, HICSS, 2002: 2431-2439.

[ 责任编辑: 严海琳 ]