

基于 P2P 环境下的 Web 服务选择信任模型研究

陈卫东^{1,2} 李敏强¹ 赵庆展²

(天津大学管理学院 天津 300072)¹ (石河子大学信息科学与技术学院 石河子 832003)²

摘 要 为了适应互联网服务资源“成长、自治”的自然特征,以基于 P2P 技术的电子商务供应链等为代表的自组织系统的实践表现出巨大潜力,但自组织系统的动态开放等固有特征使其面临严重的行为可信问题。提出了一种 P2P 环境的基于反馈的 Web 服务选择信任模型。基于用户对服务的评价,利用局部信誉及全局信誉基本数据,综合考虑时间等因素,结合 k-mean 聚类算法分类比较用户的服务评价与第三方评价、历史评价等,建立了基于信誉的信任系统。设计了服务的可信模型与评价者的可信模型,并根据不同情况使用适当处罚函数,得到 Web services 使用的信誉评价模型。通过实验分析发现 P2P 环境下的基于信誉的信任系统为企业应用提供了自组织服务管理的基础,同时信誉评价模型为用户选择服务提供了科学可靠的依据。系统对恶意用户的使用有一定的对抗能力,能保证 P2P 环境下服务的可持续运营。

关键词 P2P 环境, Web 服务选择, 信誉, 信任模型, 信任度

中图法分类号 TP319 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.1.027

Research of Web Service Selection Trust Model on P2P Environment

CHEN Wei-dong^{1,2} LI Min-qiang¹ ZHAO Qing-zhan²

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)¹

(College of Information Science & Technology, Shihezi University, Shihezi 832003, China)²

Abstract In order to adapt to the natural characteristics of Internet service resources “growth, autonomy”, the practice of self-organizing system P2P technology supply chain based on electronic commerce as representative of the shows great potential, but dynamic and open nature of self organizing systems makes it face serious problems of behavior trust. The feedback based Web service selection trust model in P2P environment was proposed, using the local reputation and global reputation as well as the current evaluation and history evaluation combined with factors such as time window designed model, credibility model and service reputation evaluation, service evaluation, the classification of service evaluation information using the K-means clustering algorithm, according to the different situation of using appropriate penalty function. Finally, the experiment results show that the proposed trust model has a certain ability to resist the network environment of dishonesty.

Keywords P2P, Web service selection, Trust, Trust model, Trust degree

为了适应互联网服务资源“成长、自治”的自然特征,以基于 P2P 技术的电子商务、企业虚拟供应链等为代表的自组织系统的实践表现出巨大潜力。但自组织系统的动态、开放、自治等固有特征使其面临严重的行为可信问题,基于信誉的信任管理是解决自组织虚拟计算环境中行为可信问题的重要途径。使用 Web 服务技术可将自组织系统的参与者变为 Web 服务的发布者及使用者。Singh MP 等^[1-3]在开放环境中寻找可信任的服务,认为不同的任务、服务有着不同的可信程度。B. Yu 等^[4]认为 Web services 不能真正商业运行的原因是,系统中用户缺少相互的信任。Zaki Malik 等^[5]提出基于分布式结构的 RATEWeb 框架,用以支持面向 Web 服务的应用,提供用户反馈的共享及声誉和信任的计算模型。文献[6-8]在网

格、智能体、动态 SOA 等方面基于声誉和信任对 Web 服务选择进行了研究。比较有名的基于 P2P 及信誉的信任管理系统有: PGrid^[9]、XRep^[10]、EigenTrust、CONFIDANT、TrustGuard^[13]、Credence^[14]。

本文基于非结构化的 P2P 方式存储信息。系统中的主要成员有 4 类:服务提供者、服务需求者(消费者或使用者)、注册节点或机构、少量第三方服务评论员。服务提供者将其服务信息发布到分布式网络注册结点,注册结构不仅存储服务发布信息而且还存储各类服务的反馈信息,并使用信誉模型计算、统计、生成服务的信誉信息;服务需求者在分布式网络中实名注册其信息,同时由注册结点维护其网络交易历史信息,并计算使用者对某服务调用后的评价。少量的专业评

到稿日期:2014-02-21 返修日期:2014-03-15 本文受国家自然科学基金项目:面向智能移动终端的棉田病虫害信息获取与主动服务模型研究(31260291)资助。

陈卫东(1969—),男,博士生,副教授,主要研究方向为信息集成与智能计算;李敏强(1964—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为信息系统与系统工程;赵庆展(1972—),男,副教授,主要研究方向为信息集成。

价用户对服务的实际使用起到监督与参考的作用,其对评价服务的反馈有很好的指标价值。

1 信誉及信任基本概念

本文使用 Gambetta^[15] 和 Abdul-Rahman 与 Haile^[16] 给出的有关信任和声誉的定义:认为信任是个体对其服务方的一定程度的期望,表现为服务的一种主观可能性。而对声誉的定义是考察服务方的历史行为并分析使用者对其的评价信息,利用相应的计算模型最终得出服务者将来服务的期望。

我们将服务使用者对服务提供者某一时间的历史行为数据的总结分析以及通过计算得出的期望认为是服务提供者相对于服务使用者的局部声誉。统计分析所有服务使用者与服务提供者的交易历史数据而得到的期望称为服务提供者的全局声誉。研究发现:

(1)P2P 环境下,结点通常是要与陌生的结点进行交易,交易前是没有直接交易经验的。而现有基于局部声誉的计算模型计算量小且通信代价较小,但需要有交易的直接经验。

(2)完全基于全局声誉考察 P2P 环境下所有交易数据,信任的度量计算及通信量很大,同时有些数据并不可信。

本研究综合局部声誉和全局声誉的优点,结合权重机制区别对待,构建新的声誉的计算模型。模型减少了计算量与通信量并保证了声誉的可信。

2 基于信誉信任系统及模型

本文提出基于反馈的信任模型,如图 1 所示。

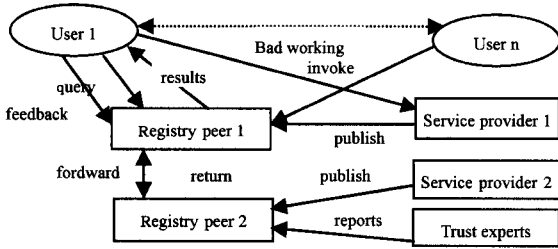


图 1 基于反馈的信任模型

以上模型中使用者从 P2P 网中找到服务后调用并反馈评价信息,评价信息一部分保存在使用者注册的 P2P 结点上,同样的评价信息提交到服务所注册的 P2P 结点上。计算服务的信誉信息分为使用者注册结点上的局部信誉值及服务注册结点上的全局信誉值。

2.1 服务局部信誉计算

文献[19]利用 Bayesian 网络来计算,计算较复杂且事件概率的计算有很大主观性。使用者 u_i 与服务提供者 p_j 存在交易行为,因而每次生成的反馈评价对服务的信誉计算的价值或可靠性随着时间变化而变化,一般而言,越近的反馈评价,值越大。反馈评价一般是针对服务的质量而言的,简单的描述可以是服务质量参数向量的评价价值,也可以是服务提供者对服务质量参数描述的扩展。

定义 1 服务反馈评价记录为 $\{(r_{ij}^1, t_1), (r_{ij}^2, t_2), \dots, (r_{ij}^n, t_n)\}$, 每个二元组为交易评价价值及当时时间。

定义 2 时间 $W = t_n - t_1$, 时间片 $slot = \text{int}(W/n)$, 一般认为同一时间片内的服务质量没有较大变化。

定义 3 时间片交易评价价值 ar_{ij} , 是每个时间片区间中交

易的算术平均值。

定义 4 使用者 u_i 对服务提供者 p_j 的信誉本地评价 R_{ij} 为

$$R_{ij}^n = (1-\alpha) * R_{ij}^{n-1} + \alpha * r_{ij}^n, n \geq 2, R_{ij}^1 = r_{ij}^1 \quad (1)$$

其中,参数 $0 \leq \alpha \leq 1$, α 越大,以前记录的信息价值越小。

以上计算是在假设每次评价都是诚实的基础上进行的,但在现实情况下,评价可能存在不诚实或恶意现象。因而服务评价值的可靠性就存在问题,发现服务评价的可靠性可从其历史记录中找出线索,也可在与其它服务评价对比中发现,后者将在服务全局信誉中描述。在这里我们先从某服务使用者的历史记录中发现一些问题,评价的可靠性 C_{ij}^n 可能发生变化,若前后评价一致则 $C_{ij}^n = C_{ij}^{n-1} * (1+\lambda)$, λ 是增长因子;若存在不诚实行为,则有 $C_{ij}^n = C_{ij}^{n-1} * (1-\mu)$, μ 是减小因子,一般有 $\mu > \lambda$ 表示惩罚比奖励力度要大,这符合现实社会信任心理现象。

本文利用以下简单易见的事实可以发现评价的不诚实性并评价修正:

(1)若前一次评价价值低于某个阈值,存在新调用及评价,则本次服务调用有问题。

(2)若服务间隔远小于时间片长度,说明服务调用有故意合谋造假行为。

(3)若服务评价与时间片内评价的算术平均偏差较大,则评价有问题。

通过以上分析,使用者对服务质量的评价信誉公式变为:

$$R_{ij}^n = (1-\alpha) * R_{ij}^{n-1} + \alpha * r_{ij}^n * C_{ij}^n, n \geq 2, \quad R_{ij}^1 = r_{ij}^1, C_{ij}^1 = 1 \quad (2)$$

为了方便说明, R_{ij}^n 可标记为 R_{ij} 。 α 反映了当前评价值的所占比例,其值小说明当前评价值的作用也就越小,若存在不诚实行为,则存在降低其可靠性的惩罚,惩罚因子为 μ , 以上 3 种简单不诚实行为没有考虑不诚实行为的反复波动的情况。设累积服务评价误差为

$$terror_{ij}^n = \begin{cases} terror_{ij}^{n-1} + R_{ij}^{n-1} - r_{ij}^n, & R_{ij}^{n-1} - r_{ij}^n > \epsilon \\ terror_{ij}^{n-1}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

其中, ϵ 为最小评价误差容忍度。

$$\mu = \mu * \frac{b}{b + terror_{ij}^n} \quad (4)$$

$terror_{ij}^n$ 越大表示使用者评价时出现的波动情况越严重,则通过式(4)可将使用者针对某服务的评价的可靠性变得更低,从而使用者需要很长时间的诚实认真的评价才能将其服务评价可靠性恢复。

2.2 服务全局信誉计算

服务的全局信誉是由调用服务的所有使用者的反馈评价汇总而确定的。现有的研究者^[20-25] 提出对评价信息汇集并使用一些相似度或排名比较算法得到服务的最终信誉值,这样考虑不够全面,对恶意者不能很好地区分。本文在现有研究基础上认为一般服务的全局信誉可定义为:

$$Reputation(s_j) = \bigwedge_{x \in L} R_{xj} \quad (5)$$

其中, R_{xj} 与式(2)定义相同, L 为所有与服务 s_j 有交易的使用者集合, $\bigwedge$ 代表某汇集函数。式(5)中的评价信誉值来自不同的服务使用者,有些是诚实的,有些是合伙欺骗,其中一些可能是夸大,也有可能是有意恶评等。对这些不同的评价需要用不同的权重加以表示,或用可靠性(Credibility)表示。

本研究主要找出影响使用者评价可靠性的因素,确定每个使用者相对于其他使用者对某服务评价的可靠性,从而式(5)可修改为:

$$Reputation(s_j) = \frac{\sum_{i=1}^l R_{x_j} * C(i, j)}{\sum_{i=1}^l C(i, j)} \quad (6)$$

其中, $C(i, j)$ 为使用者调用服务 s_j 时相对于其他使用者的可靠性,这与现实情况也是一致的。

评价可靠性模型:

研究采用类似文献[18]使用的评价中心值及偏差的概念,其核心思想是若服务评价与大多数的评价信息一致,则这次评价的可靠性是增加的,否则可靠性下降,从而有效地区别服务评价。这种方法从记录整体来进行分析。第二种处理是根据每一个使用者评价记录信息来考虑其可靠性,使用者一般不会再次调用先前评价很低的服务,若调用则存在评价的可靠性问题。

在这里首先考虑第一类情况:如何对服务评价信息进行分类,并确定大多数人认可的评价。解决这类分类问题最常用的技术是聚类,我们可采用 k-mean 聚类算法,其中密度最大聚类我们标记为主类,主类中心点 M 标记为主要评价。

$M = \text{center}(\max(\text{cluster}K))$, 其中 K 为分类的个数, $\max(\text{cluster}K)$ 为具有最大成员数的分类, $\text{center}(x)$ 为取得分类 x 的中心点。整体分析时对评价可靠性影响的因素为:

$$Mv = \begin{cases} 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (M - R_k)^2}}{\sigma}, & \sqrt{\sum_{i=1}^n (M - R_k)^2} < \sigma \\ 1 - \frac{\sigma}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (M - R_k)^2}}, & \sqrt{\sum_{i=1}^n (M - R_k)^2} \geq \sigma \end{cases} \quad (7)$$

其中, R_k 为所有使用者对当前服务调用后生成的最近评价值, σ 为所有评价 R_k 的标准方差。

仅用 M 值来对评价的可靠性进行判断是不够的,如果网络中有多数结点联合进行不诚实活动,则 M 代表的是不诚实活动,不能体现评价的可靠性。为此需与服务的信誉历史信息进行比较,从而发现评价信息的可靠性。

服务的历史信誉信息是指当前所有使用本服务的用户评价信誉值的一种汇集结果。此值是由以前某个时间段或所有交易时间内所有交易用户的评价信誉汇集计算得到的。可使用式(1)的变形有:

$$\begin{aligned} A_j^n &= (1 - \alpha) * A_j^{n-1} + \alpha * Reputation(s_j), n \geq 2 \\ A_j^1 &= Reputation(s_j) \end{aligned} \quad (8)$$

当前评价与以前存储的信誉之间的变化量可以用来反映评价的稳定性或可靠性,服务注册点根据评价中心值及历史评价信誉等信息可确定使用者评价的相对可靠性。

$$C(i, j) = C(i, j) \pm \zeta * \eta \quad (9)$$

其中, η 表示最近局部评价与中心值及历史评价信誉是否一致的影响因子。 ζ 表示使用者最近评价与中心值偏差。

$$\zeta = C(i, j) * (1 - |R_i - M|) \quad (10)$$

η 确定了式(9)中运算的正负,反映 ζ 对可靠性是正面影响还是负面影响。 η 的具体计算,根据不同的情况分别说明如下:

$$(1) R_i \approx M \approx A$$

说明当前使用者的评价与多数评价及最近历史信誉评价一致,则此使用者的评价是可靠的,其可靠性应该增加。

$$C(i, j) = C(i, j) + \zeta * \left(\frac{Mv + Av}{2} \right) \quad (11)$$

式(11)说明评价可靠性增加,其增加量由中心值绝对偏差及中心值偏差与历史偏差决定。

$$(2) R_i \approx M, R_i \neq A, \text{若 } T_j \text{ 存在且 } R_i \approx T_j$$

这种情况说明使用者当前评价与大多数评价一致且与专业用户评价一致,因而是非常可靠的。尽管 $R_i \neq A$,但 A 是历史信息,其重要性要小于 M ,且有可能是服务质量发生了变化,总的来说可靠性要增加,不过增加量仅与 Mv 、 M 有关。

$$C(i, j) = C(i, j) + \zeta * Mv \quad (12)$$

$$(3) R_i \approx M, R_i \neq A, T_j \text{ 不存在}$$

这种情况说明使用者当前评价与大多数评价一致,但与历史信息不一致。有可能存在大多数网络用户合谋造假,但可能性不大;或者服务质量发生变化,考虑到少数服从大多数用户的意见的常识,可靠性要增加,但增加量要小。

$$C(i, j) = C(i, j) + \zeta * \left(\frac{Mv}{2} \right) \quad (13)$$

$$(4) R_i \neq M, R_i \approx A \approx T_j$$

这种情况说明使用者当前评价与大多数评价不一致,但与历史及专业用户评价相同,说明服务质量没有变化,大多数使用者的评价存在合谋造假或不认真评价,但当前用户是认真的,故其可靠性要增加。

$$C(i, j) = C(i, j) + \zeta * \left(\frac{Av}{2} \right) \quad (14)$$

$$(5) R_i \approx M, R_i \neq A \neq T_j$$

这种情况说明使用者当前评价与大多数评价一致,但与历史信息及专业用户评价不一致。很有可能存在大多数网络用户合谋造假,或者是大多数用户没有认真反馈评价,则使用者的可靠性要降低。

$$C(i, j) = C(i, j) - \zeta * Mv \quad (15)$$

$$(6) R_i \neq M, R_i \approx A$$

这种情况说明当前用户的评价与大多数用户评价不一致,但与历史数据一致。可能是评价信息过时,或没有认真评价,可靠性要降低。

$$C(i, j) = C(i, j) - \zeta * \left(\frac{Av}{2} \right) \quad (16)$$

$$(7) R_i \neq M \neq A$$

这种情况说明当前用户的评价与大多数用户评价不一致,与历史数据也不一致,用户评价是不可靠的,可靠性要降低。

$$C(i, j) = C(i, j) - \zeta * \left(\frac{Mv + Av}{2} \right) \quad (17)$$

服务信誉计算模型总结:

以上模型分为两部分,基础部分为使用者服务评价局部信誉计算,通过分析服务反馈评价及与现实一致的多个假设,考虑了时间等因素,最终确定使用者对服务评价的信誉计算,比较准确地描述并计算了局部信誉。服务注册结点通过综合、比较、计算多个使用者的历史信誉评价信息、当前评价信息、中心值信息、专业用户评价信息,得到了比较准确的服务信誉信息,从而为用户提供调用服务的可信任的依据。通过模型设计我们可以发现通过较少的专业用户评价可以发现使用者合谋造假等不良行为,并能对诚实用户给予激励,不诚实用户给予惩罚。

3 实验与分析

实验基于 Windows XP 及 java 工具包,主要设计服务方及客户方,用 java 的线程生成多服务及多客户。服务方提供服务的信誉质量信息由 java 随机函数生成,为了方便设计,设定 $[0.8, 1]$ 为较高的服务质量, $[0, 0.3]$ 为较低的服务质量。客户方保存自己与服务方的交易记录,并利用服务局部信誉模型计算信誉值,并将历史信誉值及当前评价传给服务方,服务方分类存储各服务的评价及用户生成的信誉信息,并利用本文提供的计算模型,计算最终服务的信誉值。

本文实验参数主要有:服务数 100,客户数 100,交易轮数 10,每客户与 10 个服务交易,专业评价用户数 10,诚实评价用户与不诚实用户的比例(80:20;20:80)。

实验方案一:诚实评价用户与不诚实用户的比例为 80:20,实验结果如图 2—图 6 所示,分别反映了服务质量保持较高、较低不变;服务质量从高到低、从低到高及波动变化时,本信誉计算模型得出的服务质量与原始的服务质量曲线较一致,反映了设计思想与实际的一致性。

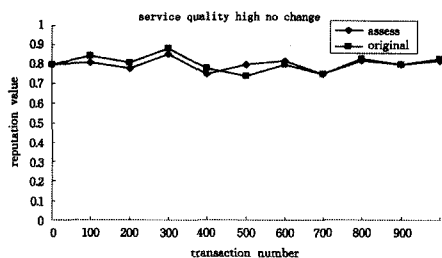


图 2 服务质量较高保持不变

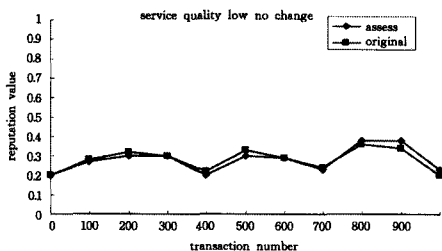


图 3 服务质量较低保持不变

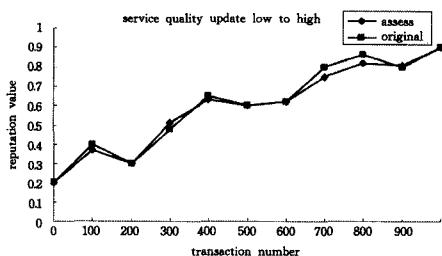


图 4 服务质量从低到高变化

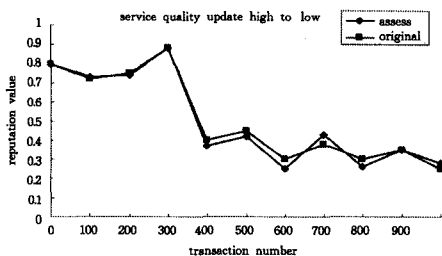


图 5 服务质量从高到低变化

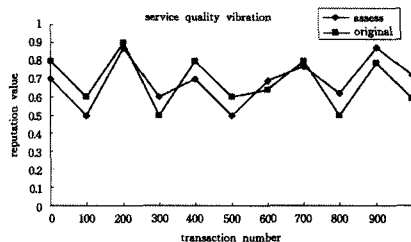


图 6 服务质量波动变化

实验方案二:诚实用户与不诚实用户比例为 20:80。本实验用于测试网络环境非常不好的情况下,本计算模型对信誉的计算是否有较大偏差,能否发现不诚实用户的行为,处理是否有力、有效。实验结果如图 7—图 11 所示,它们分别反映了服务质量较高不变、服务质量较低不变、服务质量从高到低变化、服务质量从低到高变化及服务质量波动变化的情况。结果反映当服务质量较高、不诚实用户较多时,评价与原始数据有一定偏差,说明对不诚实的处罚力度较大,服务质量信誉要变到高位不容易,这也符合现实的心理需求。其他几种情况都与原始评价在曲线上保持一致。

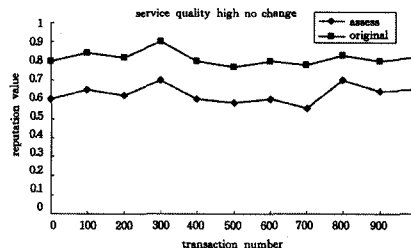


图 7 服务质量较高保持不变

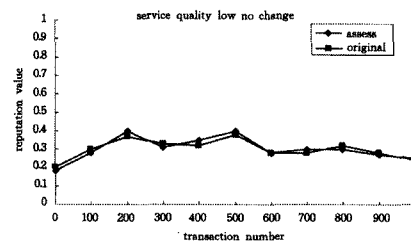


图 8 服务质量较低保持不变

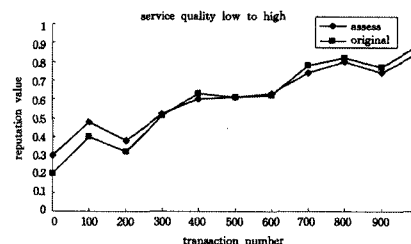


图 9 服务质量从低到高变化

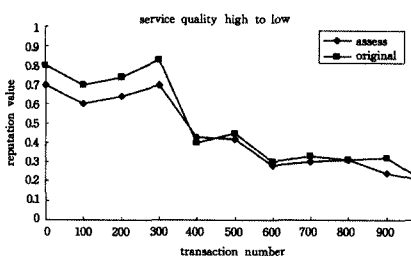


图 10 服务质量从高到低变化

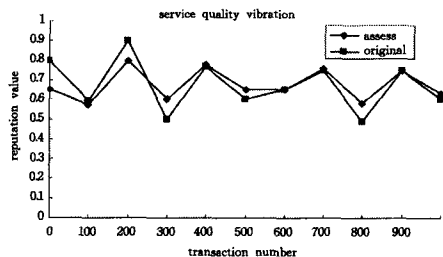


图 11 服务质量波动变化

实验方案三 主要比较本计算模型与常规信誉系统及 PeerTrust^[17] 在设定恶意评价者所占比例及是否合谋的情况下的有效性。常规信誉系统不考虑反馈者可靠性问题。图 12—图 13 分别反映在恶意评价者之间不存在合谋及存在合谋情况下,本计算模型与一般信誉系统及 PeerTrust 的比较。结果反映在两种情况下本计算模型都比对比者有较好的表现。

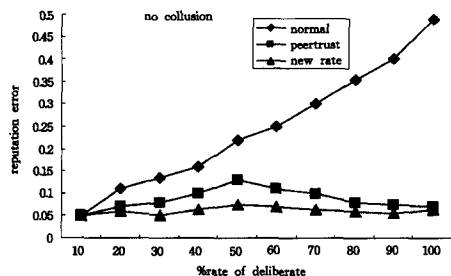


图 12 恶意评价者无合谋

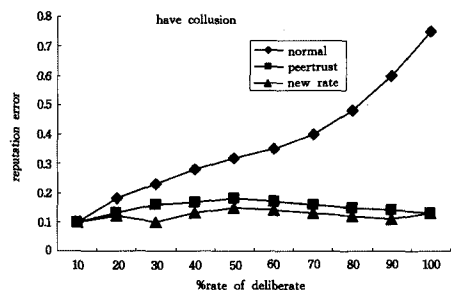


图 13 恶意评价者有合谋

通过以上的几组实验可以发现本研究计算模型在信誉计算过程中具有以下性能:

(1)通过引入时间窗及时间衰减函数,实现了信誉计算的平滑性及抗波动性,从而具有一致性。

(2)引入服务局部信誉与服务全局信誉计算的联动机制,可全面把握服务评价者的可靠性计算机制,具有高效性。

(3)通过与现实一致的假设条件及数据分类技术的比较,能较好发现恶意评价及诚实评价,并通过相应激励与惩罚机制,可保证信誉系统在各类环境下的稳定性。

结束语 本文确定了研究基于声誉(信誉)的信任管理,发现其存在的问题,提出了基于反馈的信任模型架构。综合利用局部信誉与全局信誉、基于评价中心值、当前评价、历史评价结合时间窗等因素设计服务评价者可信度模型、服务信誉评价模型,将服务的可信与评价者的可信区别开,并根据不同情况使用适当处罚函数与激励函数,最后得到调整后的信誉评价模型。通过实验分析发现本计算模型与设计思想一致,同时能对恶意的评价有一定的对抗能力。

参考文献

- [1] Wang Y, Vassileva J. Toward Trust and Reputation Based Web Service Selection: A Survey[J]. International Transactions on Systems Science and Applications, 2007, 3(2): 118-132
- [2] Yolum P, Singh M P. An agent-based approach for trustworthy service location[C]//Proc. of the 1st Int'l Workshop on Agents and Peer-to-Peer Computing. 2002: 45-56
- [3] Sensoy M, Pembe F C, Zirtiloglu H, et al. A Experience-Based service provider selection in agent-mediated e-commerce[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2007, 20(3): 325-335
- [4] Yu B, Singh M P. Social Networks and Trust: Detecting Deception in Reputation management [C]//Proc. Int'l Joint Conf. Autonomous Agents and Multi-agent Systems. 2003: 73-80
- [5] Galizia S, Gugliotta A, Domingue J. A Trust Based Methodology for Web Service Selection[C]//International Conference on Semantic Computing. 2007: 193-201
- [6] Manikrao U S, Prabhakar T V. Dynamic Selection of Web Services with Recommendation System[C]//International Conference on Next Generation Web services Practices. August 2005: 342-352
- [7] Maximilien E M, Singh M P. Toward autonomic Web services trust and selection [C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Service Oriented Computing. ACM Press, 2004: 212-221
- [8] Maximilien E M, Singh M P. Conceptual Model of Service Reputation[C]//Special Section on Semantic Web and Data Management. SIGMOD Record, 2002: 264-283
- [9] Aberer K, Despotovic Z. Managing trust in a peer-2-peer information system[C]//Proceedings of CIKM. 2001: 142-156
- [10] Damiani E, Vimercati D, D C, et al. Resources in peer-to-peer networks [C]//Proceedings of ACM conference on computer and communications security (CCCS). 2002: 185-198
- [11] Kamvar S D, Schlosser M T, Garcia-Molina H. The eigentrust algorithm for reputation management in P2P networks[C]//Proceedings of World Wide Web (WWW) Conference. 2003: 346-353
- [12] Buchegger S, Boudec J L. A robust reputation system for P2P and mobile ad-hoc networks[C]//Proceedings of workshop on economics of peer-to-peer systems (P2PEcon). 2004: 271-282
- [13] Srivatsa M, Xiong L, Liu L. Trust guard: countering vulnerabilities in reputation management for decentralized overlay networks[C]//Proceedings of World Wide Web (WWW) Conference. 2005: 286-294
- [14] Walsh K, Sirer E G. Experience with an object reputation system for peer-to-peer file sharing[C]//Proceedings of Unix Networked Systems Design and Implementation. 2006: 389-396
- [15] Gambetta D. Can we trust? [M]// Gambetta D, ed. Trust: Making and Breaking Cooperative Relations. Oxford: Basil Blackwell, 1990: 213-238
- [16] Abdul-Rahman, Hailes S. Supporting trust in virtual communities[C]//Proc. of the 33rd Hawaii Int'l Conf. on System Sciences. Hawaii: IEEE Computer Society Press, 2000: 4-7

- [17] Xiong L, Liu L. PeerTrust: supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities [J]. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. (TKDE), 2004, 16(7): 843-857
- [18] Uchegger S, LeBoudec J-Y. A robust reputation system for p2p and mobile ad-hoc networks [C] // Proceedings of the Second Workshop on the Economics of Peer-to-Peer Systems, 2004: 213-225
- [19] Motallebi M R, Ishikawa F, Honiden S. Trust Computation in Web Service Compositions Using Bayesian Networks [C] // International Conference on Web Services, 2012: 623-626
- [20] Yang Nian-hua, Chen Xin, Yu Hui-qun. A Reputation Evaluation Technique for Web Services [J]. Security and Its Applications, 2012, 6(2): 329-334
- [21] Malik Z, Bouguettaya A. Reputation Bootstrapping for Trust Establishment among Web Services [J]. IEEE Internet Computing, 2009, 13(1): 40-47
- [22] 李治军, 姜守旭, 李晓义. 采用排名反馈的 P2P 名誉评价模型 [J]. 软件学报, 2011, 22(4): 745-760
- [23] 杨超, 刘念祖. RepTrust: P2P 环境下基于声誉的信任模型 [J]. 计算机科学, 2011, 38(3): 126-132
- [24] 王勇, 侯洁, 白杨, 等. 基于反馈相关性的 P2P 网络信任模型 [J]. 计算机科学, 2013(2): 67-74
- [25] 于坤. P2P 网络激励兼容的声誉评价及服务分配 [J]. 计算机应用研究, 2012, 29(6): 78-84
- [26] 杨旭东. 一种从 Web 日志中挖掘用户浏览偏爱路径的算法 [J]. 重庆理工大学学报, 2012, 26(10)

(上接第 109 页)

增加,且不同方案之间的代价波动较大,特别是一些高负载链路,若重路由方案不经优化,一旦其发生故障,很容易导致网络拥塞代价急剧升高,如图 11 的 6、7、8 及 9 号故障链路,所以此时优化方案应当尽量考虑减小拥塞代价,在计算过程中可通过增大拥塞代价的权值来实现。

图 12 为 6 号故障链路即链路(4,11)故障情况下,网络各链路的链路利用率量化结果。实验抽取了故障前网络链路利用率 normal、改进 rLFA 重路由随机方案 rand2 以及改进 rLFA 重路由优化选择方案 opt2 等 3 组方案进行比较。从图中可以看出,两种重路由方案的链路利用率整体上大于无故障网络,这是符合实际情况的。随机方案负载不均衡,部分链路出现严重过载现象,导致拥塞阻碍业务传输。经过重路由选择优化后的方案能有效地控制拥塞,实现负载均衡。

结束语 本文在改进后的 rLFA 技术基础上提出一种基于混沌粒子群并考虑传输代价和负载均衡的路由选择算法,该算法在保证传输效率的同时实现了动态流量下的负载均衡。通过改进 rLFA 并结合引入隧道技术的链路增补方法不仅保证故障全覆盖,也减少了链路增补数量,从而实现了性能优化。在后续工作中,将针对不同的动态流量模型进行研究,以进一步扩大其适用范围。

参考文献

- [1] Zinin A A. Basic specification for IP fast-reroute; loop-free alternate [EB/OL]. <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-rtgwg-ip-frr-spec-base-05.txt>, 2006
- [2] Atlas A. U-turn alternates for IP/LDP fast-reroute [EB/OL]. IETF Internet Draft, draft-atlas-ip-local-protect-urn-02. txt, 2005
- [3] Bryant S, Filfils C, Previdi S. IP fast reroute using tunnels [EB/OL]. <http://tools.ietf.org/html/draft-bryant-ipfrr-tunnels-00.txt>, 2004
- [4] Bryant S, Shand M, Previdi S. IP fast reroute using Not-via addresses [S]. IETF Draft, 2010
- [5] Iyer S, Bhattacharyya S, Taft N, et al. An approach to alleviate link overload as observed on an IP backbone [C] // Proceedings of IEEE INFOCOMM'03, San Francisco, USA, 2003: 406-416
- [6] Wang, Nelakuditi S. IP fast reroute with failure inferencing [C] // Proceeding of INM'07, The 5-9's Workshop at ACM SIGCOMM, 2007: 268-273
- [7] Csikor L, Tapolcai J, Rétvári G. Optimizing IGP link costs for improving IP-level resilience with Loop-Free Alternates [J]. Computer Communications, 2013, 36(6): 645-655
- [8] Su Hui-kai. A Local Fast-Reroute mechanism for single node or link protection in hop-by-hop routed networks [J]. Computer Communications, 2012, 35(8): 970-979
- [9] Retvari G, Tapolcai J, Enyedi G, et al. IP Fast ReRoute: Loop Free Alternates revisited [C] // INFOCOM, 2011: 2948-2956
- [10] Menth M, Hartmann M, Martin R, et al. Loop-free alternates and not-via addresses: A proper combination for IP fast reroute? [J]. Computer Networks, 2010, 54(8): 1300-1315
- [11] Tseng Po-kai, Chung Wei-ho. Joint coverage and link utilization for fast IP local protection [J]. Computer Networks, 2012, 56(15): 3385-3400
- [12] Xu Ming-wei, Li Qing, Pan Ling-tao, et al. Minimum Protection Cost Tree: A tunnel-based IP Fast Reroute Scheme [J]. Computer Communications, 2012, 35(17): 2082-2092
- [13] Xu Ming-wei, Yang Yuan, Li Qi. Selecting shorter alternate paths for tunnel-based IP Fast ReRoute in linear time [J]. Computer Networks, 2012, 56(2): 845-857
- [14] Bryant S, Filfils C, Shand M, et al. Remote LFA FRR [S]. IETF draft, 2013
- [15] Csikor L, Retvari G. IP Fast Reroute with Remote Loop-Free Alternates; the Unit Link Cost Case [C] // ICUMT, 2012: 663-669
- [16] Survivable fixed telecommunication Network Design library (SNDlib) [EB/OL]. <http://sndlib.zib.de>
- [17] Fortz B, Thorup M. Internet traffic engineering by optimizing OSPF weights [C] // Proceedings of IEEE infocom 2000, Tel-Aviv, Israel, 2000: 519-528
- [18] 刘洪波, 王秀坤, 谭国真. 粒子群优化算法的收敛性分析及其混沌改进算法 [J]. 控制与决策, 2006, 21(6): 636-640
- [19] Mérindol P, Francois P, Bonaventure O, et al. An efficient algorithm to enable path diversity in link state routing networks [J]. Computer Networks, 2011, 55(5): 1132-1149
- [20] Betker A, Gerlach C, Hulsermann R, et al. Reference transport network scenarios [R]. MultiTera Project, Tech. Rep. 2004
- [21] 陈锋龙, 孟相如, 梁霄, 等. 基于动态流量的多拓扑链路权值优化算法 [J]. 计算机科学, 2013, 40(4): 86-90