

# 基于 EigenRep 信任模型的一种改进信任机制

李俊 薛伟 甘旭阳

(南京工业大学电子与信息工程学院 南京 211816)

**摘要** 针对 EigenRep 信任模型没有对节点恶意欺骗行为做出信誉惩罚修正的问题,改进了全局信誉的计算方法,即加入了影响因子,使得节点计算的全局信誉更客观。同时针对 EigenRep 模型每次交易都需要在全网络范围内做全局信誉的迭代计算从而导致系统开销过大的问题,提出了一种新的信任机制。实验表明,该机制结合风险、本地信任度和全局信誉的策略,可以大大减少系统开销,适合更大规模的网络环境的应用。最后,利用该机制实现了一个电子商务平台系统。

**关键词** 信任网络, EigenRep, 电子商务, 信任机制

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A

## Improved Trust Mechanism Based on EigenRep Trust Model

LI Jun XUE Wei GAN Xu-yang

(College of Electronics and Information Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China)

**Abstract** The current EigenRep trust model could not make reputation punishment correction to the cheating behavior of malicious peers. To solve this problem, this paper improved the global reputation computing method. Many comprehensive factors in computing trust value are introduced in the mechanism. Moreover, another defect of EigenRep is that the system has to do the iterative calculation of global credibility within the whole network for each transaction, and this causes the system cost problem. To solve this problem, this paper presented a new trust mechanism which combines risk, local trustworthiness and global reputation. Simulations show that this mechanism could reduce the system cost greatly. At last, this paper realized an E-commerce platform system based on this trust mechanism.

**Keywords** Trust network, EigenRep, E-commerce, Trust mechanism

## 1 引言

电子商务的特性决定了商家与客户往往互不相识而缺乏相互的信任,而电子商务系统的开放性又无法完全避免商家的恶意行为,如果用户与这些恶意商家发生交易,必然会蒙受巨大的损失。因此,需要有一种机制来解决电子商务中的信任问题。为此,国内外的学者进行了大量电子商务信任方面的研究,提出了一些比较成功的信任模型:如 Kamvar 等人提出的 EigenRep 信任模型<sup>[1]</sup>、Song 等人提出的 FuzzyTrust、Xiong 等人提出的 PeerTrust 信任机制<sup>[2]</sup>。其中 Kamvar 等人提出的 EigenRep 模型是已知最早的基于全局信誉的信任模型。其核心思想可归结为:首先归一化本地信任值,本地信任值是节点  $i$  总结和节点  $j$  以往交互的历史产生的对  $j$  的信任评分,也是  $i$  对  $j$  的推荐度。归一化的目的是使网络中任意两个节点之间的推荐度均在 0 和 1 之间,恶意节点无法伪造大于 1 的推荐度来夸大其同伴节点。然后迭代计算全局信誉向量。该模型计算的全局信誉值能很好地反映节点的真实行为。但是, EigenRep 模型没有对恶意节点的欺骗行为在信誉上做出惩罚修正<sup>[3]</sup>,容易受到恶意节点的合伙攻击;同时,该

模型没有考虑系统的性能开销,由于每次交易都需要在全网络范围内做全局信誉的迭代计算,开销比较大,不适合大型网络应用。

本文在 EigenRep 模型的基础上,针对存在的问题,提出了改进的信任机制,最后对机制进行了仿真检验。

## 2 改进的信任机制

### 2.1 信任

信任是人类社会的现象, Marsh<sup>[4]</sup>借鉴了社会学等学科的知识,最早将信任形式化为计算的概念。信任是一个节点对另一个节点在一定时间内,能够按照协定内容执行与自身利益相关的行为的信念。而信任度就是这种信念的量化。本文中的信任关系分为 3 类:本地信任度、推荐信任度和全局信誉。

### 2.2 本地信任度的计算

本地信任度(Local Trustworthiness) 信任网络内,源节点  $S$  对目标节点  $T$  的本地信任度是由  $S$  根据与  $T$  的交易历史而得出的,对  $T$  可在协议时间内按协议内容成功提交协议的可信度的信念。

到稿日期:2012-09-11 返修日期:2012-12-24

李俊(1987-),男,硕士生,主要研究方向为信任网络、对等网络;薛伟(1985-),男,硕士生,主要研究方向为计算机网络;甘旭阳(1987-),男,硕士生,主要研究方向为计算机网络。

薛伟(1985-),男,硕士生,主要研究方向为计算机网络;甘旭阳(1987-),男,硕士生,主要研究方向为计算机网络。

根据 EigenRep 信任模型,节点  $i$  对节点  $j$  的本地信任度  $C_{ij}$  定义为

$$C_{ij} = \frac{Sat_{ij} - UnSat_{ij}}{\sum_j (Sat_{ij} - UnSat_{ij})} \quad (1)$$

式中,  $Sat_{ij}$  和  $UnSat_{ij}$  分别为节点  $i$  对  $j$  在历史交易中积累的满意次数和不满次数。该模型没有考虑对节点失败的交易在信用度上做出惩罚,我们发现,如果节点  $i$  对节点  $j$  的不满程度大幅增加,即  $UnSat_{ij}$  增加,  $C_{ij}$  甚至可能增加,显然这种情况是不合理的。针对这个问题,本文提出了 3 条本地信任度修正规则:

(1)时间<sup>[7]</sup>过去越久的交易评价的参考价值越低,引入时间衰减因子  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ ,  $N_0$  是初始值,  $t$  为当次交易距离现在的时间间隔,  $\lambda$  是衰减速度控制因子。

(2)对失败的交易做出信用惩罚<sup>[5]</sup>,引入恶意欺骗惩罚项  $p = \frac{1}{1 + e^{-m}}$ ,  $m$  为欺骗次数,随着  $m$  的增大,惩罚程度呈指数增长。

(3)规则(1)中的衰减速度控制因子  $\lambda$  与交易价值呈负相关,即交易值大的交易衰减的速度更慢,以防止恶意节点通过不断的小额交易刷取信任度。

### 2.3 推荐信任度的计算

推荐信任度(Reference Trustworthiness) 信任网络内,源节点  $S$  对目标节点  $T$  的推荐信任度是指  $S$  根据网络内其他节点提供的对  $T$  的推荐而得出的对  $T$  的可在协议时间内按协议内容成功提交协议的可信度的信念。

当节点  $S$  需要与一个没有过交易历史的节点  $T$  做交易时,就需要参考其他与  $T$  有过交易的节点对  $T$  的评价来衡量节点  $T$  的信誉<sup>[6]</sup>。如果推荐节点  $R$  与  $S$  没有过交易,则设置节点  $S$  对于节点  $R$  的推荐信任度为初始值 0.5;如果推荐节点  $R$  与  $S$  有过交易,则节点  $S$  对于节点  $R$  的推荐信任度为节点  $S$  对节点  $R$  的本地信任度  $C_{SR}$ 。综上,节点  $S$  对节点  $R$  关于节点  $T$  的推荐信任度定义为:

$$R_{SR}^T = \begin{cases} 0.5 \times C_{RT}, & \text{if } n=0 \\ C_{SR} \times C_{RT}, & \text{if } n \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $n$  为节点  $S$  和推荐节点的历史交易次数。

### 2.4 全局信誉的计算

全局信誉(Global Reputation) 节点  $T$  的全局信誉是由网络中所有与之有过交易的节点对  $T$  的评价而得出的  $T$  的可信程度,是一个客观的属性。在一个没有恶意节点的理想网络中,全局信誉是一个节点可信度的真实评价。

根据 EigenRep 信任模型,节点  $T$  的全局信誉由其邻居节点间相互满意度的迭代计算来获得。某一个节点  $S$  需要了解任意节点  $T$  的全局信誉时,首先从  $T$  的交易伙伴(与  $T$  有过交易历史的节点)获知节点  $k$  的可信度信息,然后根据这些节点自身的局部可信度综合出  $T$  的全局可信度。即

$$T_{ST} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^n R_{SR_k}^T \quad (3)$$

结合式(2)和式(3)可知,节点  $S$  对未知节点  $T$  的信任来自其邻居节点的推荐度和节点对推荐节点的信任度。为了防止恶意节点通过联合欺骗故意给对方高评价来提升对方的全局信誉,我们计算节点  $T$  获得的推荐信任度的期望  $E(T)$  和方差  $D(T)$ ,以剔除明显偏离节点真实信誉的推荐,同时利用 2.2 节中的惩罚因子对该推荐节点的推荐信任度进行惩罚修正。

分析未知节点  $T$  获得的推荐信任度的分布,如果其大量

集中在个别几个节点中,则不能排除这些节点与节点  $T$  串谋,通过大量小额交易并给出好的交易评价来稀释其他诚实节点给出的评价,从而提高节点  $T$  的全局信誉值。为了克服这个问题,引入集中度函数:

$$H_i = \frac{\sum_{k=1}^K (j_{ik} / \sum_{k=1}^K j_{ik})}{K} \quad (4)$$

式中,  $j_{ik}$  为第  $i$  个节点对节点  $T$  的评价次数,  $H_i$  的取值范围是  $[1/K, 1]$ ,值越大,评价集中程度越高。若所有的评价来自一个节点,  $H_i$  达到最大值 1;相反,如果是均匀分布,此时为最小值  $1/K$ 。如果某个节点的评价所占的比重超出阈值  $\sigma$ ,则对该节点的推荐信任度做衰减处理。

### 2.5 风险

一笔交易的风险大小由交易失败的概率和失败后的损失两部分决定。风险即是风险概率与风险后果量化后的乘积。甘早斌等提出了风险的定义公式:  $RV = C * P$ ,其中  $RV$  表示风险的大小,  $C$  表示后果严重程度,  $P$  表示交易失败的概率。同时,不同的节点对风险的承受能力可能不尽相同,于是引入风险态度函数  $U = \theta * C^{\frac{1}{\theta}}$ ,其中  $\theta$  是风险承受因子。于是,可以把风险的计算公式改写为:

$$RV = (\theta * C^{\frac{1}{\theta}}) * (1 - C_{ij}) \quad (5)$$

### 2.6 信任策略

我们知道,在 EigenRep 模型中,任意节点的任意一次交易都会在全网络范围内做全局信誉的迭代计算,直到所有节点的全局信誉连续两次迭代的结果小于某个设定的极小值。其复杂度为  $O(n^2)$ ,系统开销太大,不适合大型网络的应用。

针对这个问题,我们考虑按照风险大小来区分全局信誉的计算方式。(1)风险小,且源节点  $S$  与目标节点  $T$  有过直接交易历史的交易,当本地信任度大于系统设定的可交易阈值  $\sigma$  时,即可发出交易请求。(2)风险小,但与目标节点  $T$  没有交易历史的交易,源节点  $S$  将提取节点  $T$  的高可信的  $M$  个邻居的节点评价,由式(3)计算出  $T$  的全局信誉。(3)风险大,且源节点  $S$  与目标节点  $T$  有过直接交易历史的交易,利用本地信任度  $C_{ST}$  和  $N$  个( $N > M$ )邻居节点<sup>[8]</sup>的推荐信任度来计算  $T$  的全局信誉。(4)风险大,且源节点  $S$  与目标节点  $T$  没有直接交易历史的交易,则通过迭代所有节点全局信誉的方式来计算。

通过这种信任策略,系统的开销与交易风险成正比关系,低风险的交易将被更快地完成并占用更小的系统开销;高风险的交易仍然保持较高的安全系数。

## 3 仿真分析及系统实现

本节在 Windows 环境下利用 MATLAB 实现了改进的信任机制,通过与 EigenRep 模型的对比,验证了信誉影响因子和信任策略的有效性。仿真环境: CPU: Intel Core i3-2310M 2.10GHz; 内存: 4G; MATLAB 版本: 7.10.0.499 (R2010a)。

### 3.1 信誉影响因子有效性

本实验将节点间的交易简化为文件共享服务。设网络中有 100 个节点,每个节点拥有若干文件,同时需要其他节点下载自己没有的文件,下载文件的真实性是判断这次交易是否成功的唯一标准。节点的初始全局信誉设为 0.5,诚信节点总是提供真实的文件,恶意节点提供真实文件的概率低于 0.6。实验在不同恶意节点比例下测试了交易成功率,实验结

果如图 1 所示, EigenRep 信任模型由于没有对节点的欺骗行为做出信誉惩罚修正, 因此容易受到恶意节点的攻击, 在恶意节点增多后, 交易成功率下降较快。本文引进了时间衰减因子  $N(t)$ 、集中度衰减  $H_i$ 、恶意欺骗惩罚衰减  $p$ , 能有效地修正节点的全局信誉, 交易成功率明显优于 EigenRep 模型。

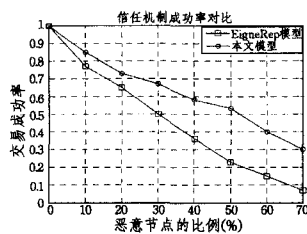


图 1

### 3.2 系统性能开销

实验环境同上节, 模拟 100 个节点的 1000 次交互, 其中恶意节点数设为 10 个, 忽略文件下载的耗时, 只计算信任计算的时间。实验结果如图 2 所示, 由于 EigenRep 每次都需要迭代计算全网络范围的全局信誉, 系统开销比较大, 一个节点的 1000 次交互需要将近 200ms; 本文的策略结合了风险控制, 1000 次交互不到 100ms, 系统开销改进明显。

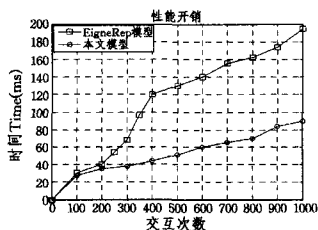


图 2

### 3.3 系统实现

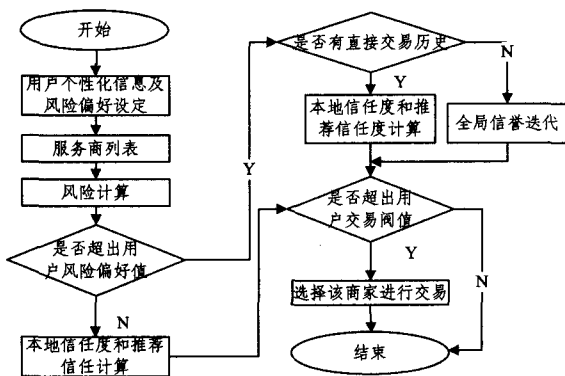


图 3

系统的总体流程图如图 3 所示。当消费者设定好自己所需要的服务后, 系统会自动搜索网络中提供该服务的商家, 根据交易的风险等级选择相应的信任计算策略来计算它们的信

誉, 从中选择最优的商家来进行交易。

该系统使用 Java 语言开发, 开发工具是 MyEclipse 9.0, 数据库是 MySQL 5.5.27。系统界面如图 4 所示。

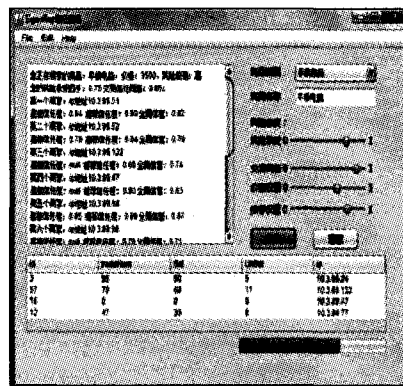


图 4

结束语 在 EigenRep 信任模型的基础上, 针对模型没有对信誉做出惩罚修正的缺点, 本文引入了多个影响因子, 对节点的全局信誉做出修正, 使得节点的全局信誉更客观, 能有效抵御恶意节点的欺骗行为。针对模型系统开销大的问题, 本文提出了一种改进的信任策略, 实验证明该策略能在有效降低性能开销的同时保证交易成功率。最后, 利用该策略实现了一个电子商务平台。

### 参考文献

- [1] Kamvar S D, Schlosser M T. EigenRep: Reputation Management in P2P Networks[C]// Lawrence S, ed. Proc. of the 12<sup>th</sup> Int'l World Wide Web Conf (WWW 2003). Budapest: ACM Press, 2003:123-134
- [2] Xiong L, Liu L. PeerTrust: Supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2004, 16(7): 843-857
- [3] 窦文, 王怀明, 贾焰, 等. 构造基于推荐的 Peer-to-Peer 环境下的 Trust 模型[J]. 软件学报, 2004, 15(4): 571-583
- [4] Marsh S. Formalizing trust as a computational concept [D]. Department of Computer Science and Mathematics, University of Stirling, Stirling, Scotland, 1994
- [5] 汪丽芳, 王茜. 一种改进的基于向量的 P2P 电子商务信任模型 [J]. 计算机科学, 2008, 35(8): 300-303
- [6] 蒋黎明, 张琨, 徐建, 等. 信任网络中的依赖关系分析与消除[J]. 计算机科学, 2011, 38(6): 70-73
- [7] 姜守旭, 李建中. 一种 P2P 电子商务系统中基于声誉的信任机制[J]. 软件学报, 2007, 18(10): 2551-2563
- [8] 甘早斌, 丁倩, 李开, 等. 基于声誉的多维度信任计算算法[J]. 软件学报, 2011, 22(10): 2401-2411

(上接第 83 页)

- [9] Guo W, Gong J Y, Jiang W S, et al. OpenRS-Cloud: a remote sensing image processing platform based on cloud computing environment[J]. Sci China Tech Sci, 2010, 53(suppl. 1): 221-230
- [10] Boschetti L, Roy D P, Justice C O. Using NASA's World Wind virtual globe for interactive internet visualization of the global MODIS burned area product[J]. Int J Remote Sens, 2008, 29(11): 3067-3072
- [11] Kempler S, Lynnes C, Vollmer B. Evolution of information mana-

- gement at the GSFC earth sciences(GES) data and information services center(DISC), 2006-2007[J]. IEEE T Geosci Remote, 2009, 47(1): 21-28
- [12] 虚拟化专题写作组. 系统虚拟化: 原理与实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009
- [13] 杨任农, 白娟, 等. 基于 SQLite 的 LOD 模式海量影像数据管理系统的设计与实现[J]. 计算机工程与科学, 2009, 10(33): 140-144