

一种基于兴趣群组的混合式 P2P 供应链信任模型

王 磊, 黄梦醒

(1 海南大学 信息科学技术学院, 海南 海口 570228; 2 广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘 要: 提出了一种基于兴趣群组的混合式 P2P 供应链信任模型. 该模型通过企业的兴趣相似度来刻画企业在其偏好领域上的服务行为相似性, 同时采用信任和信誉衰减机制实现对供应链上企业节点的信任评估, 并进行了实验仿真和比较. 结果表明, 利用该模型可以在供应链企业间建立高效、可靠的信任合作, 有效防止企业的败德行为, 从而实现各节点企业的信息共享和资源整合, 提高供应链效率.

关键词: 供应链; P2P 网络; 信任模型; 兴趣群组

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)02-0078-05

A Trust Model of Hybrid P2P Supply Chain Based on Interest Group

WANG Lei, HUANG Meng-xing

(1 College of Information Science & Technology, Hainan University, Haikou 570228, China;

2 Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: This paper analyzed the existing problems in the supply chain system, proposed a trust model of hybrid P2P supply chain based on interest group in order to improve the confidence crisis in the supply chain among enterprises. The model uses interests similarity to characterize the services behavior similarity in the preferences fields for enterprises, and adpots trust and credibility attenuation mechanism to achieve the trust evaluation of node in the supply chain. The experimental simulation results and comparison show that, the model could build efficient, reliable, trust cooperation between enterprises in supply chain, prevent effectively the moral hazard, realize information sharing and resources integration for each node in supply chain, and improve efficiency.

Key words: supply chain; P2P network; trust model; interest group

1 引言

供应链是围绕核心企业, 通过对信息流、物流、资金流的控制, 从采购原材料开始, 制成中间产品以及最终产品, 最后由销售网络把产品送到消费者手中的将供应商、制造商、分销商、零售商、直到最终用户连成一个整体的功能网链结构模式. 现代市场的竞争不再是企业与企业之间的竞争, 而是供应链与供应链之间的竞争. 供应链管理通过企业间的合作及共享资源以达到减少成本、提高产品质量和服务水平、提高企业的市场反应能力和效率, 增强客户满

意度为目的. 因此, 供应链管理(SCM)已成为适应当前网络环境、个性化需求、动态需求、全球化等现代市场特征下的新型管理模式.

供应链管理的核心思想是把供应链看成一个完整的动作过程并对其进行集成管理, 这样能避免或减少各环节之间的延误和浪费. 然而, 目前国内供应链企业间合作的效果差强人意, 其主要原因在于节点企业间互不信任, 存在信任危机. 因此, 如何建立高效的供应链信任评估模型, 加强节点企业间的合作, 提高效率是近年来研究的热点问题.

文献[1]是经典的基于信誉的信任模型 Eigen-

收稿日期: 2012-05-05; 修回日期: 2012-06-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(71161007); 教育部社科基金项目(10YJCZH049); 海口市重点科技计划项目(2010-0067); 海南大学科研启动基金项目(kyqd1042)

Trust,通过节点的全局信任值来获取推荐信任度,但是在全局范围内进行迭代缺乏可行性.文献[2]提出了基于推荐的信任模型,有效解决了模型迭代收敛性问题,然而缺乏有效的惩罚机制.文献[3]提出了基于节点兴趣差异的P2P信任模型,通过节点间的兴趣相似性来确定对推荐的采纳程度,然而缺乏对欺骗行为进行处理和惩罚.文献[4-6]提出了基于分组的信任模型,考虑了节点直接信任度、组内信任度和组间信任度三个方面,并通过引入多个参数来计算节点的总体信任度,同时引入了惩罚机制提高了信任机制的可靠性,但是惩罚机制没有区别对待不同类别的节点.

本文针对上述存在的问题,借鉴人类社会信息建立的思想,通过企业的兴趣相似性来刻画企业在其偏好领域上的服务行为相似性,同时结合全局信任度计算方法,通过组内、组间的直接信任度与推荐信任度的叠加来评估交易节点的可信度,从而进行交易决策.同时引入反馈机制来激励诚信企业节点,惩罚欺骗节点,从而使任意企业节点可以随时的、方便的获取其他节点的全局可信度,大大增强企业的协同能力.

2 基于兴趣群组的混合式P2P网络模型架构

P2P拥有即时信息共享能力,取消了传统的客户端、服务器限制,能够实现信息之间即时有效的通信,并协同解决问题.可以预见,在不久的将来随着电子商务企业的不断增加,现有互联网的C/S或B/S结构将难以适应供应链企业的发展要求,而P2P技术的出现和应用的逐步成熟,将改变目前Internet以大型网络为中心的状态,使得供应链网络中的信息数量、成本资源都向互联网上各节点企业均匀分布.

当前典型P2P网络拓扑结构有三类^[7]: (1)集中式网络模型,有利于网络资源的快速搜索,但是容易遭到攻击,服务器也会因系统扩大而成为瓶颈; (2)分布式模型,解决了抗攻击问题,但是缺乏快速搜索和可扩展性,还会占用较大带宽和消耗大量网络带宽. (3)混合式,即以上两中网络模型的混合,能有效减少网络流量压力并提高安全性,但他的超级节点之间洪泛方式查询也制约检索效率,且超级节点的索引信息缺乏管理和维护.

对于供应链网络来说,在纯分布式结构中,由于信息交换的实质是节点与节点之间直接进行的,如

果缺少中心控制系统跟踪资源的可用性和并行处理问题的能力,整体信息流将非常不易管理,网络将变得混乱.所以,将P2P与服务器模式相结合的混合式结构才能最大限度地满足供应链发展的需求.因此,本文采用混合式P2P网络拓扑结构进行设计,提出一种基于兴趣群组的分层式P2P信任模型.其网络拓扑结构,如图1所示.根据供应链企业的特点将系统中的资源按照不同的主题,分为多个区域.每个区域由相应的管理中心进行管理.

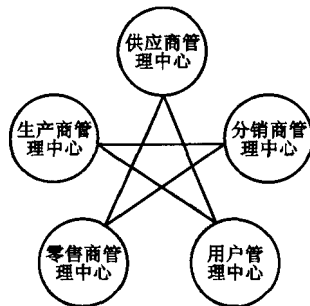


图1 供应链P2P网络拓扑结构

同时,考虑到基于P2P网络与人类社会的相似性及简化供应链企业间信任关系计算的需求,把每个主题域划分为若干个兴趣群组,将拥有相近的“兴趣爱好”的企业节点聚集到同一个兴趣群组内部,群组内节点之间交互频繁,符合Small World网络特性,如图2所示.

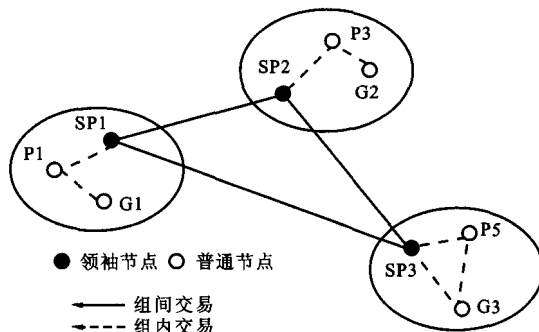


图2 兴趣群组模型的网络结构

模型的管理结合Internet自治系统的管理理念通过层次化、集中式的认证关系来构建管理体系,如图3所示.在该模型网络中,第一层由多个管理中心服务器构成,第二层由每个兴趣群组的领袖节点服务器构成,第三层由普通的企业节点构成,每个普通企业节点根据自身的兴趣加入一个兴趣群组.对企业节点向领袖节点申请,提出加入供应链网络请求,经过注册、核实、认证等步骤后,由领袖节点批准其加入一个兴趣群组,并得到一个由领袖节点签名的数字证书.企业节点在进行交互时,通过数字证书,利用公钥密码原理对交互的另一方企业节点进

行认证,对交互的数据进行加密和签名,以保障数据的机密性和完整性.同时,领袖节点的管理由管理中心进行管理,通过层次化的认证关系构建一个完整、安全的管理体系.

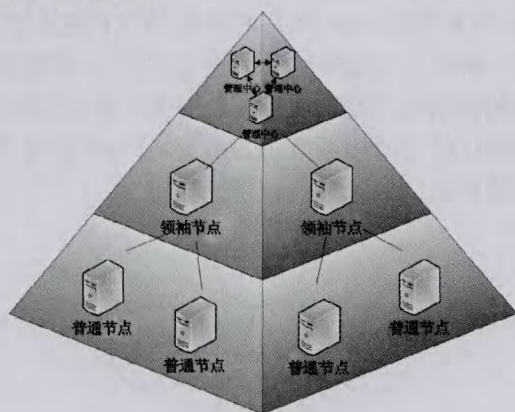


图3 兴趣群组模型的管理结构

综上所述,本模型是在兴趣分组的基础上进行信任度计算,与其他网络结构相比,该模型可以很大程度上降低信任关系的计算复杂度,将不同企业节点分入不同兴趣群组,提高直接交易的机会,提高了网络性能,加强了全局评估的精确性.同时各群组自治,管理自己组内的成员,有利于模型的进一步扩展.

3 基于信誉的信任机制

3.1 信任度计算

(1) 企业节点的兴趣及相似度

根据兴趣的不同,将 P2P 网络环境中节点企业进行聚集,将具有相同或相似兴趣的节点加入到一个兴趣群组内.节点企业的兴趣由一个 n 维向量表示,如节点企业 i 的兴趣可以表示为: $v_i = \{w_1, w_2 \dots w_n\}$, $0 \leq w_i \leq 1$.

节点间相似度的度量方法主要包括:余弦相似度、相关相似度以及修正的余弦相似度^[8].本模型采用余弦相似度的方法来计算企业节点间兴趣的相似度.设节点企业 i 和 j 的兴趣向量表示为 $\vec{i}, \vec{j}$,则企业节点 i 和 j 之间的兴趣相似度 $sim(i, j)$ 为:

$$sim(i, j) = \cos(\vec{i}, \vec{j}) = \frac{\vec{i} \cdot \vec{j}}{\|\vec{i}\| \|\vec{j}\|} \quad (1)$$

由公式(1)可知,当两个向量的夹角为零时,夹角的余弦为最大值 1,即两个企业节点的兴趣相似度最高及有相同的兴趣爱好.

(2) 组内直接信任度

组内直接信任度指资源请求节点 i 和自己有过直接交互的资源提供者 j 在组 g 内至 t 时刻得到的对 j 的评价值,用 $DIT(i, j, g)$ 表示,则有:

$$DIT(i, j, g) = \begin{cases} \frac{\sum_{g \in G, k} [S(i, j, g) \cdot \frac{1}{t(k)^3}] \cdot sim(i, j)}{I(i, j, t)}, & t \neq 0 \\ 0, & t = 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $I(i, j, t)$ 表示至 t 时刻 i, j 节点交互的总次数; $S(i, j, g)$ 表示 t 时间段内 i, j 在组 g 内交易成功的次数. $t(k)$ 是时间系数,对于节点当前、最近的交易其可信度越高. $sim(i, j)$ 相似度系数,相似度越高的节点拥有较高的可信度.

(3) 组间直接信任度

资源请求者 i 与资源提供者 j 在组 g 外通过直接交易得到的对 j 的评价值.用 $DOT(i, j)$ 表示,则有:

$$DOT(i, j) = \begin{cases} \frac{\sum_k [S(i, j) \cdot \frac{1}{t(k)^3}] \cdot sim(i, j)}{I(i, j, t)}, & t \neq 0 \\ 0, & t = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$S(i, j)$ 为 t 时间段内 i 与组 g 外节点 j 交易成功的次数.

(4) 直接信任度

直接信任度为组内直接信任度与组间直接信任度权重之和, α 为权重 ($0 \leq \alpha \leq 1$).

$$DT(i, j) = \alpha DIT(i, j, g) + (1 - \alpha) DOT(i, j) \quad (4)$$

(5) 组内推荐信任度

资源请求者 i 需要了解到资源提供者 j 的评价信息,由于 i 和 j 没有交易记录.但是因为 i 与 j 在同一个组内,可以通过从 j 的交易伙伴获知节点 j 的可信度信息,然后根据这些交易伙伴自身的局部可信度综合得出 j 的全局可信度.

$$RIT(i, j, g) = \sum_{p \in j \text{ 的交易伙伴}, g} [DIT(i, p, g) \cdot DIT(p, j, g)] \quad (5)$$

(6) 组间推荐信任度

如果在某个兴趣组中,没有推荐的节点信息.则需要依靠具有相近兴趣度的群组寻找.组外推荐信任度是资源请求者 i 通过获取组外节点对 j 节点的评价信息来获取资源提供者 j 的评价信息.

$$ROT(i, j, g) =$$

$$\sum_{p \in j \text{ 的交易伙伴}} [DOT(i, p) \cdot DOT(p, j)] \quad (6)$$

(7) 推荐信任度

推荐信任度为组内推荐信任度与组间推荐信任度权重之和, β 为权重 ($0 \leq \beta \leq 1$).

$$RT(i, j) = \beta RIT(i, j, g) + (1 - \beta) ROT(i, j) \quad (7)$$

(8) 综合信任度

综合信任度即为直接信任度与推荐信任度之和, 则为:

$$T(j) = DT(i, j) + RT(i, j) \quad (8)$$

3.2 信誉衰减机制

企业在加强自身管理能力的同时, 必须密切关注供应链中其他企业的经营状况, 并同他们建立有效的沟通和协调机制, 以保证供应链的平稳运行. 但是基于规避风险, 各个企业有其独立的利益和独立的发展经营策略. 有些企业为了能够获取自身利益, 不惜提供虚假的信息来诋毁其他企业, 同时企业“搭便车”的行为也普遍存在.

综合归纳, 供应链节点企业存在三类节点: 诚信节点, 自私节点和恶意节点. 自私和恶意节点的存在将导致企业间缺乏合作进而导致供应链企业间协调失败. 为了有效的抑制恶意节点的行为, 引入黑名单及信誉衰减激励机制, 避免恶意企业节点对其他企业节点的交易造成阻碍. 每个企业节点都保存有一个黑名单, 用来记录和自己交互历史中, 情节特别恶劣的节点. 对于在黑名单上的节点, 资源请求者将不再和它进行交易. 所谓信誉衰减是指当在一段时间内, 节点与其他节点交易总次数小于系统设定的阈值, 节点的信任度开始降低. 而当节点的参与次数增加时, 则信任度停止衰减. 但是, 对于自私企业节点和恶意企业节点应当区别对待, 其中恶意节点衰减的幅度大于自私节点, 即自私企业节点的衰减应当缓慢、平稳, 而不同于恶意企业节点那样剧烈.

设节点 i 在 t 时间段内, 其交互的总次数为 $I(i, t)$, 小于供应链网络中要求的最小交易次数, 则企业节点 i 的信任度按照公式(9)以指数方式衰减:

$$T(i, t) = T(i, t_0) \times e^{\frac{-(t-t_0)}{\lambda}} \quad (9)$$

其中 t_0 为节点参与交互次数高于阈值的最近交易时刻; 其中设定诚信节点、自私节点、恶意节点对应的信任度衰减度分别为 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, 且 $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$. 当自私节点信任度衰减至小于恶意节点的上限时, 将纳入黑名单. 因此, 信誉衰减机制保证了自私节点不能永远“搭便车”行为.

4 仿真实验及结果分析

仿真基于 Java 实现. 仿真环境参数设定 P2P 网络模型中有 1000 个企业节点, 分为 3 种类型, 分别是: 诚信企业节点、自私企业节点和恶意企业节点. 其中诚信企业节点总是提供高质量、良好的服务; 自私企业节点只是一味的从网络中获取服务而不提供服务; 恶意企业节点总是提供虚假、恶意的服务, 碰到此类节点, 交易必然失败. 交易次数为 500, 组内直接信任度的权重 $\alpha = 0.75$, 组内推荐信任度的权重 $\beta = 0.375$. 为了便于说明问题, 在相同参数设置下, 将本文提出的模型与不采用信任机制模型和 EigenTrust 模型进行了仿真实验和比较.

实验 1 抗恶意企业节点交互成功率实验

从交互成功率上看, 只要网络中有恶意企业节点存在, 并且随着网络中恶意企业节点的增加, 3 种模型算法的交互成功率都会逐渐下降. 不采用信任模型由于没有对应的评价体系, 只能盲目的选择交易伙伴, 所以交易成功率低, 下降速度尤其明显. EigenTrust 模型没有对资源类型分组, 推荐信任度和直接信任度的比重不会改变, 因此下降速度次之, 而本文提出的模型能够确保直接信任度的比重, 因此即使恶意节点的比重增大, 仍可以保证较高的交易成功率. 仿真结果如图 4 所示.

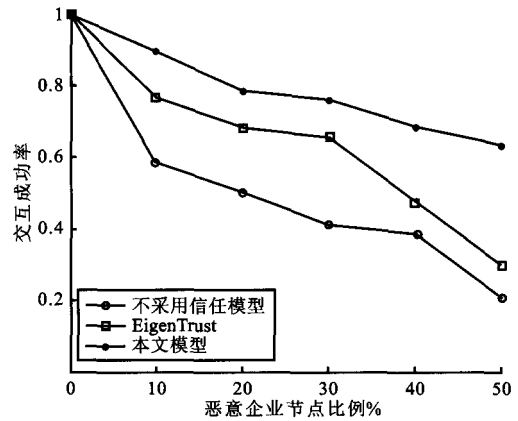


图4 恶意企业节点对交易的影响

实验 2 抗自私企业节点交互成功率实验

本文提出的模型方法随着网络中自私企业节点比例的增加, 交互成功率明显优于其他两种模型, 这是因为, 本文提出的模型采用了信誉衰减机制, 而自私企业节点的自私行为, 将会因此而产生信誉度衰减, 相对于其他两个模型, 即使在自私节点增加到 50% 时也可以保证较高的交互成功率, 同时信誉衰减机制有效的保证了自私节点不能永远的搭便车行

为. 仿真结果如图 5 所示.

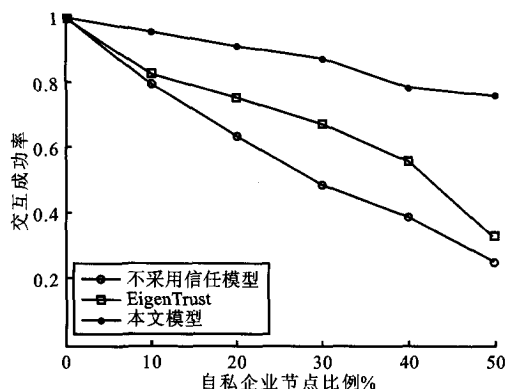


图 5 自私企业节点对交易的影响

5 结束语

本文提出的基于兴趣群组的混合式 P2P 供应链信任模型. 通过企业的兴趣相似度来刻画企业在其偏好领域上的服务行为相似性, 可以加强企业节点之间的合作, 高效的实现节点间的交易. 通过信誉衰减机制, 有效抑制了企业的恶意行为, 从而最大限度的优化整合企业资源, 为企业提供更广阔的发展空间. 仿真实验和比较表明, 在恶意节点、自私节点比例不断增大时, 仍然可以保证较高的交易成功率.

参考文献:

- [1] Kamvar S D, Schlosser M T, Hector Garcia-Molina. The eigen trust algorithm for reputation management in P2P networks[C]// www 2003 proceeding of the 12th international conference on world wide web. USA, NY, 2003.

NY, 2003.

- [2] 窦文, 王怀民, 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.
- [3] 于真, 郑雪峰, 王少, 等. P2P 信任模型研究[J]. 小型微型计算机系统, 2009, 30(9): 1715-1719.
- [4] 施荣华, 辛晶晶. 一种基于群组的 P2P 网络信任管理模型[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(7): 127-131.
- [5] 杨柳, 戴航, 李静华, 等. 基于资源类型分组的 P2P 信任模型[J]. 西北工业大学学报, 2010, 28(6): 932.
- [6] 杨莉, 张毓森, 邢长友, 等. P2P 环境下基于兴趣的分布式信任模型[J]. 东南大学学报, 2011, 41(2): 242-246.
- [7] 陈姝, 方兴滨. P2P 技术的研究与应用[J]. 计算机工程与应用, 2002(13): 20-21.
- [8] 邓爱林, 朱扬勇, 施伯乐. 基于项目评分预测的协同过滤推荐算法[J]. 软件学报, 2003, 14(9): 1621-1628.

作者简介:



王 磊 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为数据与知识工程、供应链管理.

黄梦醒 男, (1974-), 教授. 研究方向为数据与知识工程、电子政务与电子商务、物联网(物流与供应链管理).