

电子商务系统信任管理研究综述

张 宇, 陈华钧, 姜晓红, 盛 浩, 于 彤, 周林华

(浙江大学计算机学院, 浙江杭州 310027)

摘 要: 信任在电子商务系统的开发和实现过程中扮演了十分重要的角色. 本文对计算机领域和电子商务系统相关的信任管理模型进行综述, 介绍了不同领域信任计算的基本框架和方法, 对信任模型进行分类并描述了不同类别中具有代表性的信任模型, 然后对这些模型进行了分析和比较, 最后总结出信任管理模型的一些特点和性质.

关键词: 信任; 声望; 政策; 信任网络; 电子商务

中图分类号: TP309 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2008) 10-2011-10

A Survey of Trust Management for E commerce Systems

ZHANG Yu, CHEN Hua jun, JIANG Xiao hong, SHENG Hao, YU Tong, ZHOU Lin hua

(College of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract: Trust plays an important role in the development and implementation of e commerce systems. This survey gives an overview of existing trust research related to e commerce systems, and presents some basic frameworks and methods of trust computing. Different types of trust models are presented and some influential examples of trust management systems are described. We also analyze and compare these models afterwards. In the end, the features and qualities of trust management models are concluded.

Key words: trust; reputation; policy; web of trust; e commerce

1 引言

随着互联网进入成熟发展阶段, 人们的生活越来越离不开网络, 电子商务也有了飞速的发展. 越来越多的用户意识到网上购物所带来的方便和快捷, 纷纷选择这种区别于传统模式的新型购物方式. 以国内最大的在线购物网站淘宝网为例, 截至 2007 年上半年就拥有超过 3990 万的用户, 这个数量还在不断的攀升^[1]. 由此可见, 电子商务有着广阔的发展前景和巨大的上升空间. 但是由于互联网的开放性, 任何人在任何时间、任何地点都可以在网上发布消息或是出售商品, 因此网上购物的信任和安全成为制约电子商务进一步发展的一个至关重要的问题^[2]. 一些用户因为遭受不法卖家的恶意欺骗从此不再选择网上购物, 一些用户的网上银行账户遭窃而损失惨重, 还有一些用户由于缺乏经验而无法买到称心如意的商品. 研究表明信任机制的引入可以有效地提高电子商务市场的质量^[3], 因此我们需要提供一个完善的信任管理机制来保证用户网上购物的安全并为商家提供一个公平有序的交易平台.

信任管理是一个非常重要的研究领域, 它涉及到社

会学、心理学、人工智能、管理学等多个方面. 近几年来, 越来越多的学者都开始在该领域进行研究, 也取得了很多研究成果, 国际上发表的论文数量大幅的增加, 但是目前关于电子商务系统中信任模型的综述非常少, 而且最近的发表时间也截止到 2004 年, 因此我们认为非常有必要对这个领域的研究工作进行全面总结. 本文将系统地介绍信任管理的研究历程, 特别是展现最近几年的发展动态和最新的研究成果.

在计算机领域, 很多学者在不同的应用系统中都对信任管理进行了深入的研究, 例如安全系统的访问控制, 多智能体系统, P2P 系统和语义网等等. 在这些研究中, 很多信任模型和算法都是通用或值得借鉴的, 因此我们在这篇综述中所参考的文献将不仅仅局限于电子商务这一个领域, 而是将介绍所有和其相关的在不同应用中的信任管理模型.

2 信任的属性

信任是一个复杂的概念, 因为应用场景的不同而具有很多不同的含义. 为了介绍不同的信任模型, 下面我们来看看信任的一些属性:

收稿日期: 2007-08-03; 修回日期: 2008-06-30

基金项目: 国家科技支撑计划重大项目“现代服务业服务基础技术研究”(No. 2006BAH02A01); 国家重大项目(No. 51306030101); 国家 863 高技术研究发展计划项目“中国中医药科学数据网格服务应用”(No. 2006AA01A123).

1. 信任是多维的. 以在线购物为例, 顾客对卖家的评价可能包括对其产品的质量、价格、服务态度、快递的速度等多个方面的评价.

2. 信任是领域相关的. 不同的人擅长不同的领域, 例如电脑专家就不一定精通音乐, 而主任医师也可能不知道如何修理汽车, 因此信任需要限制在某一个或某几个特定领域中讨论才有意义.

3. 信任是主观的. 不同生活环境, 不同文化背景的人往往会有不同的价值取向和判断标准, 因此对同一事物, 不同的人可能会有截然不同的看法.

4. 信任不是完全可传递的. A 信任 B , B 信任 C , 并不一定能就推导出 A 信任 C . 对于信任的传递性, 我们将在后面进行详细讨论.

5. 信任是动态变化和非单调的. 一个智能体对另一个智能体的信任程度不是一成不变的, 而是根据该智能体近段时间内的服务质量进行动态调整的.

6. 信任是在人际网络之间相互传递并为小团体之间的信任决策来提供依据的.

信任是一个非常大的研究课题, 它包括信任的建立, 信任的管理和安全等相关问题. 在这篇文章中, 我们将集中讨论信任的管理. 从管理的机制方面, 信任模型总的可以分为两大类: 基于政策的信任模型和基于声望的信任模型. 从信任模型的整体架构上来看, 也可以分成两类: 集中式的信任模型和分布式的信任模型. 在这篇综述中, 我们会根据上述的分类方法对一些有代表性的信任模型进行逐一的介绍. 我们还将介绍一下基于社会网络分析的信任模型和语义网上的信任模型, 之所以对这两种信任模型单独介绍是因为信任的研究是从社会学起源的, 基于社会网络分析的模型主要是利用社会学的研究成果, 因此可以提供更多的借鉴和参考. 而语义网是最近几年才兴起的新的研究热点, 语义网上的信息是机器可以理解的, 因而语义网上信任模型的研究具有其独特的特点. 由于基于不同标准进行分类, 因此同一个模型可能会在不同的分类中重复提到, 我们将侧重介绍该信任模型的主要特点.

3 基于政策的信任模型

基于政策的信任模型主要解决的问题是授权 (authorization) 和访问控制 (access control), 其目标是根据一组证书 (credentials) 和一组政策 (policies) 来决定一个陌生的用户是否应该被信任. 在基于政策的信任管理中, 信任的建立过程是通过获得一定数量的证书并通过采用一些政策来进行访问控制的. 尽管证书这个术语在基于政策的信任模型中常常出现, 但是直到现在还没有一个准确的定义, 它往往用来指代一个关于实体的签署声明. 例如当我们想要登录某个网上论坛时, 一个合法的

用户名和密码就是可以进入该论坛的证书. 根据系统的政策, 上述的信息是被论坛管理员所信任的, 因此该用户被允许登录到系统中来. 近年来, 随着基于互联网的服务的广泛使用, 用户个人资料 (例如姓名、性别、电话、电子邮件等等) 被泄露的机会明显增加了. 这些个人信息对于服务的访问控制是必须的, 但是一旦泄露出去就可能会引起隐私相关方面的问题. 为了解决这个问题, Bonatti 等人提出了一个在互联网上规范服务访问控制和个人资料泄露的方法^[4], 该方法包含一个统一正式的框架来阐明和推理服务的访问控制和用户信息的泄露, 而且还提供了一个方法使得各方可以进行需求方面的通信而同时能够避免隐私的泄露.

通常情况下, 在互联网上访问敏感资源都需要用户进行注册. 正如我们上文所描述的, 服务器要求用户提供规定的一些个人信息, 然后注册程序生成一个用户名和密码的组合, 一个 Cookie 或是类似的东西用来访问敏感资源. 在语义网上, 通过利用适当的语义标注、规则导向的访问控制政策、以及自动的信任协商, 这种显式的注册的步骤就可以被省略掉^[5].

Blaze 等人开发了第一代的信任管理系统 PolicyMaker^[6]. PolicyMaker 是根据策略和凭证来进行信任决策的, 它接受一组局部的政策声明, 一系列的证书和一个字符串来描述一个值得信赖的动作. 外部的程序能够识别 DSA 和有 PGP 符号的 PolicyMaker 的断言, 然后通过一个简单的互联网 email 应用程序将 X.509 和 PGP 证书的格式转换成 PolicyMaker 的断言. PolicyMaker 一个很重要的好处是通过对外展示一个信任管理的界面, 它要求安全服务的设计者和实现者能够显式地考虑信任管理问题. 当上下文环境恰当的时候, PolicyMaker 鼓励利用复杂安全概念, 并且它能够在政策设计、证书和信任关系之间进行必要的协调.

PeerTrust 可以用来表达不同种类访问控制的政策, 在分布式 e-learning 的环境下, 利用 PeerTrust 政策语言能够自动地协商和建立信任^[7]. 在 PeerTrust 的基础上, PROTUNE 将分布式信任管理政策和临时的商业规则以及访问控制行为合并起来, 提出了一个临时信任协商框架. PROTUNE 的规则语言扩展了 PAPL, PAPL 曾被公认为是截至 2002 年时最完整的信任协商的政策语言. 该框架的特色是提供了一个强大的声明性元语言来驱动一些关键的协商决策和监控协商的完整性约束^[8].

REFEREE 信任管理系统主要是面向 Web 上的内容^[9]. REFEREE 为 Web 客户和服务器提供了一个通用的政策评估机制和信任政策语言. 在 REFEREE 系统中, 所有信任决策都是通过政策控制来实现的, 也就是说 REFEREE 是一个用政策来制定政策的系统.

Levien 等人提出了一种利用信任度量的方法来抵

制进攻的模型 *Advogato*^[10]. 信任度量 (trust metrics) 这个术语来源于心理学和社会学领域, 表示小组中的一个成员被其他成员信任程度的度量. 信任度量可以被抽象成一种在计算机上可执行的模式, 从而使得这种方法在很多领域有不同的应用, 例如: P2P 系统的文件交换、互联网上的网页排序、电子商务卖家的信任评价、推荐系统等等. 信任度量的基本假设是: 和陌生人相比, 你更相信你的朋友. 你朋友的朋友可能比任意一个陌生人更加可信, 至少你的朋友信任他, 而你对陌生人却一无所知. 信任度量一个很重要的性质是能够抵御攻击, 从而能够对付团体中的恶意节点. 在基于声望的信任模型中, 信任度量的方法也常常被采用, 我们将在下文中进行详细的介绍.

4 基于声望的信任模型

基于声望的信任管理起源于电子商务领域, 其中最具有代表性的是 *eBay*^[11] 和 *Amazon*^[12] 的信任模型, 现在这种方法已经被广泛地推广到 P2P 系统、多智能体系统、移动自组织网络以及最近很受关注的语义网等领域. 基于声望的信任模型根据用户自己直接的交互经验、其他用户的意见、推荐或者是两者合成得到的结果来形成对另一个节点的信任评价.

当顾客和商家进行在线交易的时候, 仅仅凭借过去的直接经验是不可能评价所有其他用户的, 因此常常面临遭受损失的风险. 在这种情况下, 我们需要借助于其他的信息来源. 通常有两种方式: 一种是咨询一个集中式的第三方权威. 第三方权威可能与被询问的用户有过交互的经验或者保存有其声望的信息, 从而可以提供相应的信任评价. 但是由于互联网上资源的多样性和复杂性, 因此无法找到一个集中的第三方权威能够提供所有的声望信息. 另一方面作为第三方权威, 往往要面临信誉受损的风险, 因此目前大部分模型都采用的是另外一种方法——分布式的信任模型: 用户不依赖一个中心权威进行信任决策, 而是通过获取的声望信息, 由智能体自己来进行信任评估. 因为不存在中心权威, 所以只有智能体之间依靠相互合作并根据过去的行为来确定哪些节点是可信的^[13].

进行信任决策的信息往往不是单方面的, 早在 1994 年, Marsh 就提出了一个信任计算模型^[14], 这个模型后来被普遍认为是第一个比较全面、正式的信任模型. Marsh 用一组变量来描述信任, 包括重要性、效用、能力和风险等等, 而且还给出了一种合成信任的方法, 同时 Marsh 强调时间也是合成最后信任值的一个关键变量. 由于该模型需要确定很多变量, 而在真实的情况下这些变量又很难获得, 所以现在的研究者并没有按照 Marsh 的模型继续研究下去, 但是他所提出的一些理念

至今还被广泛的应用, 比如信任值可以被量化成一个连续的变量以及信任的几种类型等等.

Abdul Rahman 和 Hailes 将信任 (trust) 和声望 (reputation) 合并到一起进行虚拟团体中的信任计算^[15]. 在他们的模型中, 信任被定义为智能体执行某个特定操作的主观概率, 而声望被定义为基于观察和过去的经验, 一个智能体对另一个智能体未来行为好坏的一个预期. 信任来源于智能体自己过去直接交互的经验和知识, 而声望来源于其他智能体的意见和推荐, 最后利用加权平均的方法将这两个参数合并成最后的信任评价. 在这个模型中, 一个最大的问题在于如何确定加权平均的权重, 因为权重不同最后的结果将会完全不同, 而权重的确定是非常主观和不确定的.

Yu 提出的模型和 Abdul-Rahman 的模型很类似, 当一个智能体评估一个通信者的可信度的时候, 将局部的证据 (过去直接交互的经验) 和其他智能体对该通信者的评价合并在一起考虑^[13]. 但是不同的是 Yu 利用证据理论来传播和合并一个智能体对其他智能体的信任评价, 从而使得模型更具说服力.

在文[16]中, Huynh 等人提出了一个在开放多智能体领域进行信任评估的计算模型 FIRE. FIRE 将多个信任组件集成起来, 其中包括直接交互信任值, 基于角色信任值, 基于观察的声望值和验证过的声望值等四个主要的参数, 最后用加权平均的方法来计算最终的信任评价. 在最后信任值合并的过程中, FIRE 模型和 Abdul-Rahman 的模型所采用的方法是一样的, 只不过 FIRE 模型的信任部件更加细化. FIRE 一个最主要的优点是能将多种不同的评价方式综合考虑, 从而可以在信息非常少的时候也能给出相应的评价. 但是 FIRE 是一个静态参量模型, 所有参数都需要重新设置来适应不同的领域, 因此模型的可扩展性和适应性较差.

在文[17]中, Wang 等人提出了利用贝叶斯网络来描述信任度的不同方面并将这些方面合成起来. 贝叶斯网络是利用统计学的方法来代表不同要素之间概率关系的一个关系网络, 它的理论基础是贝叶斯规则. 在该模型中, 作者基于不同的信任双方对信任进行了进一步的细分: 1. 用户对自己的智能体的信任, 2. 对服务提供者的信任, 3. 对提供推荐的智能体的信任, 4. 对所在小团体的信任. 实验表明, 在 P2P 网络中, 相互之间进行经验交流的智能体比相互之间不通信的智能体的性能要好, 而且利用适应个体差异的信任值来进行信任计算可以进一步地提高性能.

在网格的环境中, 为了避免节点在信任决策过程中的主观随意性, 陈等人提出了一个基于贝叶斯函数的信任模型^[18]. 通过信任模型对节点的分析 and 判断, 采纳其中推荐能力最强的中间节点作为推荐者, 并搜索出到资

源节点的信任链路,然后利用贝叶斯函数对经由信任链路获得的资源节点的每种属性进行综合评估,最后确定是否访问该资源节点.该模型的主要特点是减少了信任链路上中间节点的主观随意性的判断,请求者可以根据自己的需要自主地进行信任决策,因而具有一定的灵活性.

计算一个节点声望值的最好的方法是根据过去直接交互的经验,但是很多情况下这样的信息是无法获得,因为在巨大的信任网络中,节点之间的交互往往比较稀疏.为了解决这个问题,一种方法是借助于智能体之间的社会网络关系来获取声望信息^[19],另一种是对不同的信任评价进行归类从而降低稀疏度^[20].在文[21]中,Golbeck等人就通过信任网络(web of trust)的连通关系来计算信任度.起始节点将询问请求发送到它的邻居,如果这些邻居没有相关的信息,那么就再向邻居的邻居逐步地扩展开来.在搜索路径上,信任度低的节点所提供的信任评价将被忽略,最后起始节点会平均所有评价价值,然后四舍五入为0或者1(0代表不信任,1代表信任).该模型是建立在人与人之间的社会网络基础上,它的有效性在应用程序 TrustMail 中得到了验证.

在信任管理领域中,一个关键的问题是研究信任的传递,而在这个问题上不同领域的学者尚有争议.Christianson 和 Harbison 认为信任值是高度主观的二元值,所以是不可传递的.在安全领域里这个观点得到了普遍的认同,因为实践证明这种传递的信任往往是不可靠的^[22].Finin 等人认为当信任管理的范围限定在基于推荐的信任领域时,信任就是条件性部分可传递的^[23].Olsson 认为信任只有当知道所有相关的用户都使用同一个信任度量并且这个度量和信任者与被信任者都是无关的情况下才是可传递的^[24].Stewart 等人研究在万维网上信任是如何通过超链接在不同组织之间进行传递的^[25].研究发现顾客们倾向于认为在值得信赖的组织 and 陌生组织之间存在超链接就意味着两者之间存在着某种关系,而这种联系往往会提升陌生组织的信任等级而降低值得信赖组织的信任等级.

信任传递研究中最有代表性就是 EigenTrust 模型和 Richardson 信任模型.EigenTrust 根据节点过去的信誉历史,在 P2P 网络中计算一个类似 PageRank^[26]的全局信任值,用户可以根据这个全局信任值来选择交易对象,从而规避恶意节点并将他们孤立起来^[27].一个节点的全局信任值是根据信任网络中其他节点对他的局部信任值加权平均计算出来的,而权重就是这些节点本身的全局信任值.EigenTrust 需要预先选定一些信誉高的节点作为起始节点,一旦这些节点不能工作或是退出网络,那么 EigenTrust 模型就无法正常工作了.Richardson 的信任模型利用路径代数来计算信任的传递从而量化

信任值和不信任值,和 EigenTrust 计算全局信任值不同,Richardson 模型计算的是针对每个节点个体的个性化的信任值,而且他的模型可以十分有效地抵抗外界环境的噪音^[28].

通过 eBay 和 Epinions^[29]的实践经验,Guha 等人认为不信任 and 信任同样重要^[30],于是他们首次提出了将不信任度的传递也引入到信任计算当中,从而可以从信任网络中挖掘出更多潜在的信息并做出更为精确的预测.研究不信任传递中的一个关键问题是,如果 A 不信任 B 并且 B 不信任 C,通过不信任的传递,那么 A 是否应该信任 C 呢?似乎两种答案都可以有相应合理的解释,A 不信任 B, B 不信任 C,敌人的敌人是朋友,从站在什么立场的角度上看,似乎 A 应该信任 C.但是从另一个角度来说,A 不信任 B,那么连 B 都不信任的人就更加不值得信任了,所以 A 也不信任 C.为了解决上述问题,Guha 等人在算法中提出了 4 个参数:不信任度的传播,迭代的方法,信任度从连续到离散值的转换以及信任度的原子传递,每个参数对应于 3 种不同的方式,从而一共组合产生出 81 种不同的模式.他们在 Epinions 网站上进行了大量的实验,从而总结出在不同环境下准确度最高的模式.

针对 EigenTrust 模型需要预先选择起始信任节点的缺点,Song 等人提出了一个基于模糊逻辑推理的 P2P 的声望系统 PowerTrust.通过分析 eBay 的真实数据,Song 证明了 eBay 上用户的交易次数符合幂律分布,而对某个节点信任评价起决定作用的是只占整个用户中一小部分的超级客户.在合成最后的信任值时,PowerTrust 将所有一度邻居的评价聚合起来,同样是采用加权平均的方法,只不过 PowerTrust 的权重是由三个变量的模糊值来确定的:节点的信用值、交易的时间、交易的数量.由于采用模糊逻辑,因此 PowerTrust 可以更好地解决 P2P 系统中信任计算的不确定性、模糊性和信息的不完全性等问题^[31].

为了解决非结构化的 P2P 网络中信任管理,周等人又在 PowerTrust 的基础上提出了利用“闲谈”(Gossip)来进行信任计算的模型 GossipTrust^[32].GossipTrust 利用节点之间相互传递的“小道消息”并行地计算所有节点的全局信任值.每个节点的局部的信任值可以快速地聚集成全局信任值,经过几个周期的迭代,全局信任值就可以收敛到一个确定的值.GossipTrust 模型解决了非结构化的 P2P 系统中的信任计算问题,而且具有较强的可扩展性和健壮性,但是由于在传递“小道消息”的过程中,会带来很大网络通信负载,因此该模型在繁忙的网络中不适用.

在文[33]中,作者认为在电子商务领域,信任管理的特点是商家、顾客和所有交易中介之间需要互相信

任. 根据这一特点, 该文中引入了量化信任值的概念并提出了一个检验电子商务交易的一个可度量模型. 和 PowerTrust 类似, 该模型也是基于模糊逻辑的. 根据顾客过去交易的历史和交易金额的大小来确定对未来交易进行检验的权重. 过去交易历史越好, 交易的金额越小, 那么被检验的机率也就越小, 反之亦然. 这篇文章提出了一个信任评估的新方法, 但是所给出的度量模型中权重的确定缺乏足够的理论依据和证明. 而且在信任传递的过程中, 作者提出可以采用减法, 最小值以及平均值等多种方法对信任矩阵进行合并, 但是并没有给出选择不同方法的根据.

Liang 等人提出了一个以电子商务为背景的 P2P 的个性化的信任模型——PET^[34]. PET 模型将信誉评估和风险评估集成到一起, 把信誉评估建模成长期的信任度, 而风险评估建模成短期的信任度. 通过设置各自的权重来进行最后的信任度的计算.

Ranchurn 等人开发了一个基于置信度和信誉值的模型^[35], 通过利用模糊集来指引智能体对过去的交互进行评价并重新建立彼此之间的关系. 通过分析某个智能体的过去交互的历史来获取它的置信度, 而通过从社区中其他智能体处获取的经验得出该智能体的信誉值. 这个模型采用悲观的策略来评价信息来源的信任值, 因而有可能会系统导致系统中值得信任的智能体不被信任.

Cai-Nicolas 等人提出在某个特定的领域, 例如书籍和电影推荐系统, 利用信任度和用户兴趣爱好相似度之间的关联可以提高推荐系统的有效性和准确性^[36]. 基于类似的想法, 李等人提出了一个基于 P2P 环境下的全局信任模型 SWRtrust^[20], 该模型对不同节点的评分赋予不同的权重, 而该权重是根据节点之间评分行为的相似度计算出来的. 李等人利用两个节点评分向量的余弦夹角函数来计算相似度, 并采用归类的方法来解决向量稀疏的问题. 通过使用相似度加权模型, 可以避免伪装的恶意节点的攻击.

在上面的叙述中, 我们总结了一些典型的基于声望的信任模型. 根据计算方法的不同这些模型又可分为全局信任模型和局部信任模型. 全局信任模型为网络中的每个节点计算一个类似于 PageRank 的全局信任值, 该信任值是这个节点唯一的一个信任评价, 它综合网络中所有其他节点的看法. 比较有代表性的全局信任模型有 EigenTrust, PeerTrust, PowerTrust, SWRtrust 等等. 在局部信任模型系统中, 节点利用信任网络通过询问有限的其他节点以获取对某个节点的信任评价, 再结合自己和该节点直接交互的历史来确定该节点的信任值, 因此对于同一个节点, 可能有多个不同的甚至相差悬殊的局部信任评价. 比较有代表性的局部信任模型有 Richardson 模型, RSWC 模型, FilmTrust 和 FIRE 模型等等. 这两种模型

各有优缺点, 通常来说信任是主观的, 因此全局信任模型往往不能很好地体现节点之间的差异性和个性化, 但是却拥有较小的计算成本并能避免恶意节点之间的协同作弊^[20]. 而局部信任模型通过节点之间消息通信或广播的方式来进行交互, 往往只能获得小部分节点的信任评价, 因此评价结果可能不够全面, 但是局部信任模型更能体现个性化的信任计算, 而结果也可能更符合个体的需求.

5 集中式的信任模型

传统情况下, 信任都是以集中式的模式来进行管理的, 典型的例子是采用一个可靠的第三方或是权威. 在这一小节中我们将介绍几个典型的集中式的信任模型.

在我们日常生活中广泛使用的 eBay 和 Amazon 等在线购物网站都采用的是集中式的信任模型. 这些网站利用简单的加减和求平均值的方法对在线的买家、卖家进行信任评估, 集中地建立和维护信任关系. 在文[37]中, 作者通过分析 eBay 在线购物网站中大量的真实数据, 指出了 eBay 这个集中式信任模型的几个不足: 1. 大约只有一半的用户在交易会后会提供反馈, 2. 几乎所有的评价都是正面的, 顾客不愿意对卖家进行负面评价除非是出于报复心理. 由此可见这样的评分结果对于其他顾客而言并没有很大的参考价值, 因此也无法为将来的交易提供可靠的借鉴. 但是研究人员也指出 eBay 的信誉系统仍然可以在某种程度上发挥作用, 一是由于广大用户相信它的奖惩作用, 因而大部分人都会自觉地遵守相应的服务规范. 二是如果 eBay 可以快速地对恶意节点采取行动, 那么就可以避免进一步的危害. 通过上面的分析, 我们知道一旦一些恶意用户了解到 eBay 信任管理模型的漏洞而进行欺诈的话, 那么后果将会非常可怕, 因此很有必要为在线交易系统提供更加有效的信用管理模型.

SPORAS 也是一个集中式的信任模型, 它对 eBay 等在线信任模型进行了改进, 为松耦合的在线社区提供了一个信任机制. 在 SPORAS 中, 新用户的信任值最低, 根据以后交易的表现, 信任值不断地累加. 无论某个节点的信用有多差, 其累积的信任值都不会比新来的用户低. 当根据其他节点的反馈对该节点声望值进行更新时, 都反映了最近一次交易的信任度, 因此可以看出 SPORAS 模型对信任的评价更注重近期的历史信用度^[38], 这样可以有效地避免用户信誉榨取的现象. 同时交易价值越大, 所承担的风险也越大, 因此在文[39]中对 SPORAS 模型进行进一步的改进, 将用户反馈评分、近期信用度、评分人的信用度、交易价值和评分时间权重等因素都集成到信任模型中加以考虑.

Gil 等人提出了一个基于语义网的集中式的信任评

估模型——THELLIS^[40]。该模型根据每个用户对信息资源的独立反馈来形成对信息资源的信任评价。用户可以对信息资源进行标注来显式或隐式地表达它的可信度和可靠度,系统将这些评价集中起来并将这些平均的反馈结果展示给用户。THELLIS 的信任评估是建立在用户反馈结果平均的基础上的,所以它提供的可信度参考结果缺乏个性化的观点,因此该系统提供的结果只有当用户的意见和大众的意见达成一致的时候才有效。

集中式的信任模型可以最大程度地降低节点之间交互的网络开销,但是也存在着很大的问题。集中式的模型需要有个中心权威来衡量节点的可信度并为用户提供相应的标准,用户为什么要相信这个中心权威?如果这个中心权威是邪恶的怎么办?这个中心权威会不会因为利益等方面的原因而造假?即使一些知名网站具有很高的信誉度,可以避免让用户产生上述的疑问,但是也存在着单点失败的可能。一旦由于某种原因,中心权威无法正常工作,那么整个信任系统也陷入瘫痪。而且由于互联网上的信息量极其巨大而且还在迅速地增长,单单依靠一个集中式的权威来进行信任管理显然是不可行的。所以目前绝大多数的研究人员都采用的是分布式的信任模型,这些分布式的信任模型我们在几种分类中已经一一介绍,这里就不再单独进行介绍了。

6 基于社会网络分析的信任模型

人和人之间的信任关系是个典型的社会学问题,社会学家和心理学家已经对人类社会的信任问题进行了深入的研究,也积累了很多研究成果^[41]。在研究计算机领域的信任管理时,很多学者都借鉴了社会学领域的研究成果。在这一节中,我们将介绍基于社会网络分析的信任模型。

Sabater 等人提出了一个基于声望的信任系统 Regret^[42],这个系统有一个分等级的本体结构,利用社会网络分析可以将各种不同类型的声望综合起来计算出最终的节点信任值。

Golbeck 等人就利用社会网络分析来建立语义网上的信任模型^[43],该模型扩展了 Friend Of A Friend (FOAF)^[44]的描述规范并定义相应的信任本体,并根据小世界原理(Small World)通过信任网络计算用户之间的信任值。这种对信任量化的算法就是我们前面提到的信任度量方法(trust metrics)。基于这个信任模型,Goibeck 等人开发了 FilmTrust^[45],利用社会网络中的信任关系作为电影评价的权值从而为用户提供一个个性化的电影评论网站。

为了提高信任推荐的准确度,一些模型通过分析用户的相似度来进行信任计算,通常有两种方法:一种是匹配过去的历史记录,例如 FilmTrust, BiLServ 等需要用

户手工输入一些档案资料,包括兴趣、爱好、专长、过去的评价等等,然后通过匹配这些资料描述来提供最合适的推荐^[46,47]。Kautz 等人提出的基于社会信息过滤的个性化推荐系统 Ringo^[48]也属于这一种, Ringo 首先通过比对不同用户的历史记录,找出一组相似的用户,然后根据这组用户的评价生成最终的推荐结果。第二种方法是在开放的环境中进行信息挖掘,例如 ReferralWeb 就是利用数据挖掘技术从互联网上公开的资料例如学术论文,学校部门里的成员构成等获取的社会网络来构建信任模型的。使用这种方法比让用户自己填写资料能够获得更多的社会关系的信息。通常一个用户只会注意到自己社会网络中很小的一部分,当通过社会网络分析来进行信任计算时,就可以扩展到更大的群体,发现更多的人员关联和隐藏的信任信息。借助于小世界原理, ReferralWeb 通过重建、可视化和搜索 WWW 上的社会网络来获取专家的推荐^[48]。

7 语义网上的信任模型

随着语义网^[49]概念的引入,使得计算机能够理解信任的描述词汇和进行信息的语义标注。越来越多的学者开始关注未来语义网上信任管理机制的自动建立^[50]。

早在 1998 年, Tim Berners-Lee 就提出数字签名是解决语义网上信任问题的一个有效方法^[51]。在 2000 年的 XML 会议上,他又提出了语义网的 7 层架构模型^[52],信任层(trust layer)作为金字塔的最顶层,是一个十分重要的概念:当用户对互联网上的操作、安全以及所提供的信息拥有信任的时候,那么整个互联网就能够最大限度地发挥它的作用和潜能^[53]。Palmer 也曾经指出虽然目前关于语义网上的信任描述比较少,但是未来这将是语义网上一个非常重要的课题^[54]。O'Hara 认为信任是语义网视图中的核心,他总结出语义网上的智能体能够采取的 5 种信任管理的策略:乐观式,悲观式,中央式,调查式和传递式^[55]。乐观式是假设节点都是可信任的,只有当有证据证明某个节点是不可信的时候才决定不信任对方。而悲观式正好相反,直到证明某个节点是可信的才和该节点进行交互。集中式的信任模型需要依赖一个中心的权威来决定哪些节点是可信的,这种策略我们在前面的小节中详细地讨论过。调查式是节点之间互相传递消息和进行推荐,通过比较和调查,来决定相信哪个节点的消息和推荐。传递式是利用节点之间的社会网络和小世界原理来传递信任消息并做出最后的决策。

在语义网上,信任管理的另一个重要作用是当各种不同的信息资源同时存在时,智能体和自动推理机能够做出正确的判断。作为一个开放的系统,人们通过网页、博客、wiki 或是其它各种文件可以很容易地向互联网上

增加信息. 日常生活中, 人们根据过去的经验和知识对网上的信息进行甄别从而形成信任决策. 随着本体论和资源描述框架的引入, 分布式网络中的元数据是机器可理解的, 使得智能体可以自动地进行信息处理. 智能体还可以在信任网络中交换信任消息并通过信任链进行通信, 同时语义网还可以利用推理和学习的能力来主动寻找可靠的信息^[56].

Golbeck 等人将整个语义网看作是一张巨大的图(Graph), 把网络上的资源或对象看作是图中的顶点(Vertex), 而把谓词(predicate)看作是节点之间的有向边(Edge). 通过本体论来定义信任和声望, 利用谓词关系映射的图进行信任的传递, 最后用量化的方法来计算任意两个实体之间的信任度^[21, 43].

由于语义网的引入, 使得智能体自己能够从外部环境中获取知识, 来扩展自己的知识库. 而其中一个关键的问题是如何从开放、动态的语义网上发现值得信赖的资源. 在文[23]中, 作者同样利用了小世界原理, 将个人和某个节点之间的交互经验和这个节点的声望信息集成起来形成最后的信任评价. 在模型中, 作者定义了一个信任的本体, 这个本体是基于一个智能体的知识库的拓扑结构, 包括社会知识和领域知识.

Finin 等人提出了一个在语义网上发掘数据起源和进行信任推理的框架^[57], 该框架提出了在语义网上如何描述和获取信任和数据起源的信息, 并介绍了如何用获取的信息来发现语义关联并加速信息发现的过程. Finin 等人指出人与人之间的信任关系可以通过 2 个步骤来获得: 一是基于常识的规则, 从尚未加工过的语义网上的数据中抽取社会关系, 另一种是利用个性化的规则从已经抽取或者已经存在的社会网络中来推理信任关系.

在语义网上, 除了计算智能体之间的信任度, Heymans 等人还提出了基于逻辑编程进行偏好推理的框架^[58]. 每一个智能体都可以向任意的知识源提出是或否的问题, 当不同的知识源的回答有冲突的时候, 系统根据扩展的答案集的语义来提供不同的解决冲突的策略, 当一个智能体表达出对某个策略的偏好时, 该框架就能够推论出该智能体对不同策略偏好的排序.

在文[56]中, 我们提出了一个语义网上的声望链式模型——RCSW. RCSW 将成对的信任度因子和可靠度因子整合起来形成最终的信任评价. 信任度因子是基于过去交互的经验, 用来表明在某个智能体的眼中, 另一个智能体完成某个任务或是提供某项服务的能力. 而可靠度因子表明的是在信息传递的过程中, 一个智能体认为其邻居智能体所提供的信息的准确度概率, 智能体利用可靠度因子来决定采纳哪个节点的信息以及如何采纳. 我们基于中医药的文献库定义了一个信任本体, 该

本体用 OWL 语言^[59]来描述并可以被机器所理解和自动处理. 最后还介绍了 RCSW 模型在语义网上的推理功能并给出了相应的实例.

对于未来电子商务的发展, 一些研究者也做了大胆的预测. 在 2002 年, Ford 就预言在 2009 年 8 月 Google 将依靠语义网打败 Amazon 和 eBay 而成为世界上最大的独立在线交易市场^[60]. 利用 RDF^[61]来描述卖家要出售和买家要购买的商品, 然后利用网络爬虫自动地搜索、分析并将匹配的买家和卖家联系起来, 从而为用户提供一个巨大的交易平台. 当然 Ford 也意识到单单把匿名的买家和卖家联系起来是远远不够的, 因此他还提出了一个进行信誉评估的方法: 借助于 Google 强大的搜索能力来穷尽所有的第三方认证和评价, 哪怕某个卖家有一丁点儿的不诚实, Google 都可以让其暴露出来. 虽然, 从目前语义网的研究和发展状况来看, 在电子商务领域, 距离 Google 彻底打败 Amazon 和 eBay 还有很大的一段距离, 而且这个预言是否能够真正实现还是一个未知数, 但是这仍然预示了电子商务未来一个新的发展方向, 而 Ford 所提出的信任管理方法也给我们一个新的启迪.

8 结论

在这篇综述中, 我们总结了在计算机领域和电子商务相关的一些典型的信任管理模型, 介绍了在不同应用中信任计算的框架和方法, 并根据不同的标准对这些信任模型进行了分类, 然后本文对每一类的模型进行了简要的介绍和比较. 下面我们针对这些模型进行以下的总结:

(1) 定义

在不同的应用领域, 对信任的定义往往不同. 信任的定义大体上可以分成两类, 一种是基于政策的定义, 另外一种是基于声望定义. 前者主要是和认证以及访问控制等安全问题相关, 而后者往往和用户的声望以及信誉评价相关.

(2) 目的

基于政策的信任管理的主要目的是制定相应的安全策略和建立完善的安全机制, 从而保证在系统访问过程中的安全和隐私保护. 基于声望的信任模型的主要目的是研究各个节点之间相互的信任评价, 从而为节点之间未来的交互提供可靠的依据. 对于电子商务系统来说, 这两种信任管理都是十分必要的. 用户登录系统的访问控制, 网上银行的安全等等需要一个完善的安全信任机制来保证, 而用户利用基于声望的信任模型则可以有效地避免恶意卖家的欺骗, 从而购买到更称心如意的商品.

(3) 度量

对于信任值的度量, 不同的模型采用不同的方法,

有的模型采用布尔变量^[17, 43, 21], 有的模型采用模糊逻辑值^[31, 43], 还有的采用 0 到 1 的实数^[37, 56, 62]或-1 到 1 的实数^[14, 16, 27, 42], 另外还有采用离散的等级来表示信任值的等等^[15, 43, 45].

(4) 方法

在这篇综述中, 我们介绍了很多信任计算的方法. 在安全领域, 利用证书和认证的方法来决定一个用户的信任值. 在互联网上的应用程序中, 采用密钥、数字签名等进行访问控制. 在 P2P 或者多智能体领域, 节点之间利用过去交互的经验, 他人的意见和推荐, 以及节点之间的信任网络来计算和推理信任值.

(5) 算法

在计算节点信任值时, 有的模型采用路径代数, 有的模型利用贝叶斯网络, 有的模型用证据理论, 有的模型用概率分析, 还有的模型利用信任矩阵的特征值. 各种不同的算法之中用到最多还是加权平均的方法, 虽然不同的模型在平均的过程中对信任组件的划分不尽相同, 但是算法的基本思想是一致的: 就是通过加权平均来综合不同方面的意见来形成最后的信任评价.

参考文献:

- [1] 网购渐成主流, 淘宝网上半年成交 157 亿[OL]. http://tech.tom.com/2007-07-17/06MA/30846418_03.html, 2007.
- [2] J Rutter. From the sociology of trust towards a sociology of 'E-trust'[J]. International Journal of New Product Development and Innovation Management, 2001: 371–385.
- [3] A Jøsang, S Hird, E Faccar. Simulating the effect of reputation systems on eMarkets[A]. In Proc. of the First International Conference on Trust Management[C]. Berlin: Springer Verlag, 2003.
- [4] P Bonatti, P Samarati. Regulating service access and information release on the web[A]. In Proc. of the 7th ACM conference on Computer and communications security[C]. New York: ACM Press, 2000. 134–143.
- [5] R Gavrilaoie, et al. No registration needed: How to use declarative policies and negotiation to access sensitive resources on the semantic web[A]. In Proc. first European Semantic Web Symposium[C]. Berlin: Springer Verlag, 2004. 342–356.
- [6] M Blaze, J Feigenbaum, J Lacy. Decentralized trust management[A]. In Proc. 17th IEEE Symposium on Security and Privacy[C]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1996. 164–173.
- [7] W Nejdl, D Olmedilla, M Winslett. PeerTrust: Automated trust negotiation for peers on the semantic web[A]. In Proc. of Workshop on Secure Data Management in a Connected World[C]. Berlin: Springer Verlag, 2004.
- [8] P Bonatti, D Olmedilla. Driving and monitoring provisional trust negotiation with metapolicies[A]. In Proc. of International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks[C]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2005. 14–23.
- [9] Y Chu, J Feigenbaum, B LaMaccia, P Resnick, M Strauss. REFEREE: Trust management for web applications[J]. World Wide Web Journal, 1997, 2(2): 127–139.
- [10] Advogato's Trust Metric[OL]. <http://www.advogato.org/trust-metric.html>.
- [11] eBay Web Site[OL]. <http://www.ebay.com>.
- [12] Amazon.com[OL]. <http://www.amazon.com>.
- [13] B Yu, M P Singh. An evidential model of distributed reputation management[A]. In Proc. of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems[C]. New York: ACM Press, 2002. 294–301.
- [14] S P Marsh. Formalising Trust as a Computational Concept[D]. Scotland: University of Stirling, 1994.
- [15] A Abdul Rahman, S Hailes. Supporting trust in virtual communities[A]. In Proc. of the Hawaii International Conference on System Sciences[C]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2000.
- [16] D Huynh, N R Jennings, N R Shadbolt. Developing an integrated trust and reputation model for open multi agent systems[A]. In Proc. of 7th Int Workshop on Trust in Agent Societies[C]. 2004. 65–74.
- [17] Y Wang, V Julita. Bayesian network based trust model[A]. In Proc. the IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence[C]. IEEE Press, 2003. 372–378.
- [18] 陈建刚, 王汝传, 王海艳. 网格资源访问的一种主观信任机制[J]. 电子学报, 2006, 34(5): 817–821.
Chen Jian gang, Wang Ru chuan, Wang Hai yan. A subjective trust mechanism of resource access in grid[J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(5): 817–821. (in Chinese)
- [19] J Sabater, C Sierra. Reputation and social network analysis in multi agent systems[A]. In Proc. of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems[C]. New York: ACM Press, 2002. 475–482.
- [20] 李景涛, 荆一楠, 肖晓春, 王雪平等. 基于相似度加权推荐的 P2P 环境下的信任模型[J]. 软件学报, 2007, 18(1): 157–167.
Li Jing tao, Jing Yi nan, Xiao Xiao chun, Wang Xue ping, et al. A trust model based on similarity weighted recommendation for P2P environments[J]. Journal of Software, 2007, 18(1): 157–167. (in Chinese)
- [21] J Golbeck, J Hendler. Accuracy of metrics for inferring trust reputation in semantic Web based social networks[A]. In Proc. of International Conference on Knowledge Engineering and knowledge Management[C]. Berlin: Springer Verlag, 2004. 116–131.

- [22] B Christianson, W S Harbison. Why isn't trust transitive[A]. In Proc. of International Workshop on Security Protocols[C]. London: Springer-Verlag, 1996. 171– 176.
- [23] L Ding, L Zhou, T Finin. Trust based knowledge outsourcing for semantic web agents[A]. In Proc. of IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence[C]. IEEE Press, 2003. 379– 387.
- [24] Trust Metric [OL]. <http://moloko.itc.it/trustmetrics/wiki/moin.cgi/TrustMetric>.
- [25] K J Stewart, Y Zhang. Effects of hypertext links on trust transfer[A]. In Proc. of the 5th International Conference on Electronic commerce[C]. New York: ACM Press, 2003. 235– 239.
- [26] L Page, S Brin, R Motwani, T Winograd. The PageRank Citation Ranking: Bring Order to the Web[R]. 1998, Stanford University.
- [27] S D Kamvar, M T Schlosser, H GarciaMolina. The eigenTrust algorithm for reputation management in P2P networks[A]. In Proc. of the Twelfth International World Wide Web Conference[C]. New York: ACM Press, 2003. 640– 651.
- [28] M Richardson, R Agrawa, P Domingos. Trust management for the semantic web[A]. In Proc of the 2nd International Semantic Web Conference[C]. Berlin: Springer Verlag, 2003. 351– 368.
- [29] Epinions.com [OL]. <http://www.epinions.com>.
- [30] C N Ziegler, G Lausen. Propagation models for trust and distrust in social networks[J]. Information Systems Frontiers, 2005, 7(4 5): 337– 358.
- [31] S Song, K Kwang, R Zhou, Y Kwok. Trusted P2P transactions with fuzzy reputation aggregation[J]. IEEE Internet Computing, 2005, 9(6): 24– 34.
- [32] R Zhou, K Hwang. Gossip-based Reputation Aggregation for Unstructured Peer-to-Peer Networks[A]. In Proc. of IEEE International on Parallel and Distributed Processing Symposium [C]. IEEE Press, 2007. 1– 10.
- [33] D W MANCHALA. E-commerce trust metrics and models [J]. IEEE Internet Computing, 2000, 4(2): 36– 44.
- [34] Z Liang, W Shi. PET: a personalized trust model with reputation and risk evaluation for P2P resource sharing [A]. In Proc. of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences[C]. Washington: IEEE Computer Society, 2005.
- [35] S D Ramchurn, C Sierra, L Godo, N R Jennings. Devising a trust model for multi agent interactions using confidence and reputation[J]. International Journal of Applied Artificial Intelligence, 2003, 18 (9 10): 833– 852.
- [36] C Ziegler, J Golbeck. Investigating interactions of trust and interest similarity[J]. Decision Support Systems, 2007, 43(2): 460– 475.
- [37] P Resnick, R Zeckhauser. Trust among strangers in internet transactions: empirical analysis of eBay's reputation systems [J]. The Economics of the Internet and E-commerce, 2002, Volume 11 of Advances in Applied Microeconomics: 127– 157.
- [38] G Zacharia, A Moukas, P Maes. Collaborative reputation mechanisms in electronic marketplaces[J]. Decision Support Systems, 2000, 29(4): 371– 388.
- [39] 张巍, 朱艳春. C2C 网上拍卖中的信任计算模型研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(13): 5– 7.
Zhang Wei, Zhu Yanchun. Trust computing model for C2C online auctions [J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(13): 5 7. (in Chinese)
- [40] Y Gil, V Ratnakar. Trusting information sources one citizen at a time[A]. In Proc of the First International Semantic Web Conference[C]. London: Springer-Verlag, 2002. 162– 176.
- [41] T H Ho, K Weigelt. Trust Among Strangers[R]. Experimental Social Science Laboratory (Xlab). Paper XL05 001. 2004.
- [42] J Sabater, C Sierra. REGRET: A reputation model for gregarious societies[A]. Fourth Workshop on Deception Fraud and Trust in Agent Societies[C]. 2001. 61– 70.
- [43] J Golbeck, B Parsia, J Hendler. Trust Networks on the Semantic Web[A]. In Proc of Cooperative Information Agents VII [C]. Berlin: Springer-Verlag, 2003. 238– 249.
- [44] The Foaf Project[OL]. <http://www.foafproject.org/>.
- [45] J Golbeck, J Hendler. FilmTrust: movie recommendations using trust in web based social networks[A]. In Proc. of IEEE Consumer Communications and Networking Conference[C]. IEEE Press, 2006. 282– 286.
- [46] J Golbeck. Generating predictive movie recommendations from trust in social networks[A]. In Proc of the Fourth International Conference on Trust Management[C]. Berlin: Springer Verlag, 2006. 93– 104.
- [47] Bibserv [OL]. <http://www.bibserv.org/>.
- [48] H Kautz, B Selman, M Shah. ReferralWeb: Combining social networks and collaborative filtering[J]. Communications of the ACM. 1997, 40(3): 63– 66.
- [49] Semantic Web[OL]. <http://www.semanticweb.org/>.
- [50] B Matthews, T Dimitrakos. Deploying trust policies on the semantic web[A]. In Proc of the 2nd International Conference on Trust Management[C]. Berlin: Springer-Verlag, 2004. 369– 375.
- [51] T Berners Lee, Semantic Web Road Map [OL]. 1998: <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>.
- [52] T Berners Lee. Semantic Web [OL]. <http://www.w3.org/2000/Talks/1206xml2k-tbl/>, 2000.
- [53] G Antoniou, F V Harmelen. A Semantic Web Primer[M]. The MIT Press, 2004.
- [54] S B Palmer. The Semantic Web: An Introduction [OL].

<http://infomesh.net/2001/swintro/#trustAndProof>, 2001.

- [55] K O' Hara, H Alani, Y Kalfoglou, N Shadbolt. Trust strategies for the semantic web[A]. In Proc of ISWC Workshop on Trust, Security, and Reputation on the Semantic Web[C]. 2004.
- [56] Y Zhang, H Chen, Z Wu, X Zheng. Develop a computational trust prototype for the Semantic Web[A]. In Proc. of the 22nd International Conference on Data Engineering workshops[C]. IEEE Computer Society, 2006. 57- 63.
- [57] L Ding, P Kolari, T Finin, A Joshi, Y Peng, Yelena Yesha. On homeland security and the semantic Web: a provenance and trust aware inference framework[A]. In Proc of the AAAI Spring Symposium on AI Technologies for Homeland Security [C]. AAAI Press, 2005.
- [58] S Heymans, D V Nieuwenborgh, D Vermeir. Preferential reasoning on a web of trust[A]. In Proc of the 4th International Semantic Web Conference (ISWC2005) [C]. Berlin: Springer Verlag, 2005. 368- 382.
- [59] OWL Web Ontology Language Reference [OL]. <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, 2004.
- [60] P Ford. August 2009: How Google beat Amazon and Ebay to the Semantic Web [OL]. <http://www.ftrain.com/google-takes-all.html>, July, 2002.
- [61] RDF Primer [OL]. <http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>, 2004.
- [62] R V Guha, R Kumar, P Raghavan, A Tomkins. Propagation of Trust and Distrust[A]. In Proc of the 13th international conference on World Wide Web[C]. New York: ACM Press, 2004. 403- 412.

作者简介:



张 宇 女, 1982 年生于辽宁沈阳, 浙江大学计算机学院博士研究生, CCF 学生会员. 主要研究方向为信任管理、电子商务和社会计算.
Email: yzh@zju.edu.cn



姜晓红 女, 1966 年生于浙江杭州, 浙江大学计算机学院副教授, 博士, 硕士导师. 主要研究方向为分布式系统、虚拟环境、图象处理.



陈华钧 男, 1978 年生于湖北汉川, 浙江大学计算机学院副教授, 博士, 主要研究方向为网络计算和语义网.



盛 浩 男, 1985 年生于浙江宁波, 浙江大学计算机学院硕士研究生, 主要研究领域为电子商务和信任计算.



于 彤 男, 1981 年生于辽宁沈阳, 浙江大学计算机学院博士研究生, CCF 学生会员, 主要研究领域为语义万维网、数据挖掘、生物医学信息学.



周林华 男, 1973 年生于浙江江山, 浙江大学计算机学院博士研究生, 主要研究方向为语义 Web、网络计算、数据管理.