

P2P 网络信誉机制研究综述

吴鹏 吴国新 方群

(东南大学计算机网络和信息集成教育部重点实验室 南京 210096)

(东南大学计算机科学与工程学院 南京 210096)

摘要 随着 P2P 技术应用日益广泛,大量存在的恶意行为严重影响了 P2P 系统的可用性和服务质量。已有工作表明,建立信誉机制是解决该问题的有效方案。首先介绍 P2P 信誉机制的主要研究内容,然后重点从信誉信息的存储和共享技术、信誉信息的聚合算法、信誉信息的激励方式 3 个方面对当前的研究工作进行了总结和比较,最后探讨了信誉机制的主要设计原则。

关键词 P2P,信誉,激励,设计原则

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Survey of Reputation Mechanism in Peer-to-Peer Network

WU Peng WU Guo-xin FANG Qun

(Key Laboratory of Computer Network and Information Integration, Southeast University, Ministry of Education, Nanjing 210096, China)

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract Peer-to-Peer(P2P) technology has been widely used in file-sharing, distributed computing, e-market and information management. One of the fundamental challenges for P2P systems is the ability to manage risks involved in interacting and collaborating with prior unknown and potentially malicious parties. Reputation systems can successfully minimize the potential damages to the P2P systems by computing the trustworthiness of a certain peer from that peer's behavior history. This paper focused on the issue of reputation mechanism. Firstly the contents of reputation mechanism were introduced. Next several key technologies of reputation mechanism were discussed, such as storage, share, aggregation and incentive. Finally this paper put forward the essential design principles of the ideal reputation mechanism.

Keywords Peer-to-peer, Reputation, Incentive, Design principles

1 引言

随着 Internet 的广泛普及、端用户系统资源的丰富以及网络带宽的快速增加,传统的 Client/Server 网络应用模式中服务器的性能瓶颈以及单点失效的问题不仅限制了端系统资源的充分利用,同时越来越无法满足新的分布式应用的需求。而 P2P 技术在协同工作、流媒体服务、分布式信息或资源共享、大规模并行计算等方面显示出的独特优势,使其成为新的发展热点。

虽然 P2P 应用日益广泛,但目前 P2P 网络中存在着大量的自私自利行为,例如“搭便车”(Free Riding)问题和“公共悲剧”(Tragedy of Common)问题,以及大量的欺诈、伪造等恶意行为,严重影响了 P2P 网络的可用性和服务质量^[1,2]。

由于 P2P 网络的特点与人类社会具有较高的相似性,因此可以借鉴人类社会中存在的信誉体系,在 P2P 网络中对节点的历史交互行为进行信誉评价,标识出的可靠节点,在多个同样服务可选的情况下,选择信誉较高的节点。建立有效的信誉机制,是提高 P2P 网络整体可用性和可靠服务质量的有

效解决方案。

本文主要研究 P2P 网络信誉机制中的几个关键技术。首先介绍 P2P 网络信誉机制的主要研究内容,接着重点总结和比较各种不同的信誉模型在几个关键技术方面的不同处理方法;然后根据 P2P 网络的特点和实际的应用需求,总结 P2P 网络信誉机制的主要设计原则;最后是结束语。

2 信誉机制的研究内容

P2P 信誉系统的目标是根据节点过去的行为,最大程度地准确预测出其未来行为。一般来说,通过直接交互收集信誉评价信息(以下简称信誉信息)计算节点的信誉评价价值(以下简称信誉值)进行预测较为准确,但是需要和每个节点进行交互才能掌握一手的信息,其中还包括恶意节点,这样的做法并不现实,同时也会给系统带来不必要的负担。因此,节点可以通过信誉系统共享它们的交互经验(信誉信息),使得整个 P2P 网络中的节点可以利用共享的信誉信息有效地侦测出恶意节点并且孤立它们,从而提高 P2P 网络的合作性。

对信誉信息的处理是 P2P 信誉系统的关键技术和核心

到稿日期:2008-07-22 返修日期:2008-10-27 本文受国家 863 高技术研究发展计划基金项目(2007AA01Z422)资助。

吴鹏(1979—),男,博士生,主要研究方向为 P2P 网络、信任管理等;吴国新(1956—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机网络等;方群(1972—),男,副教授,博士生,主要研究方向为 P2P 网络安全与信任管理等。

问题:信誉信息如何存储如何共享;获得的信誉信息如何聚合计算出信誉值;如何激励节点提供信誉信息。提高处理信誉信息各环节的准确性和有效性是当前 P2P 信誉系统的主要研究内容。我们重点从信誉信息的存储和共享技术、信誉信息的聚合算法、信誉信息的激励方式 3 个方面对当前的研究工作进行总结和比较。

3 信誉信息存储和共享技术

P2P 信誉系统对节点进行信誉评价时,通常需要在 P2P 网络中搜集和聚合分散的信誉信息,因此信誉信息的存储和共享方案很大程度上决定了系统的效率和准确性。

在 P2P 网络中,节点间随机产生交互,节点的信誉信息零星存储于网络各处,一般由交互节点自身存储,或交由第三方节点存储。信誉信息的存储方式主要有以下几种:

(1) 集中式存储^[3]。所有的信誉信息集中存储到一个地方,方便信誉信息的共享和管理,但是容易引起单点失效问题,同时也有悖于 P2P 网络的本质要求。

(2) 信誉接收端存储^[4,5]。每个节点存储其他节点对自己评价的信誉信息,方便需要其信誉信息的节点找到信誉信息,但是节点为了得到更好的信誉可能去篡改信誉信息,或者剔除差的信誉信息,这样严重影响信誉信息的真实性,给系统带来损失。

(3) 信誉发布端存储^[6]。每个节点存储自己对其他节点评价的信誉信息,降低了信誉信息被篡改或者删除的可能性,但不便于信誉信息的共享,同时也存在节点的欺诈、共谋等恶意行为。

(4) 分布式存储^[7,8]。利用 HASH 表结构将信誉信息分散存储到网络上各个节点,这样使得信誉信息的共享方便灵活,但是需要有效安全的算法,一方面减少网络开销,另一方面又可以保证信誉信息的安全性。文献[7]使用 DHT 结构存储信誉信息。文献[8]提出基于 d-tree 结构的 DHT 构件 Terrace 存储信誉信息。但是,现有的分布式存储方案仍然存在一些问题:在存储节点信誉信息时,没有考虑信誉信息存放点间的异构性。某些高可信节点的信誉信息可能存放在低可信节点上,高可信度通常意味着高访问量,存放点需要面对的是频繁的信誉信息更新及计算,这对于计算能力、网络带宽等都非常有限的低可信存放点而言,可能成为严重的负载。在应付节点间大规模交易的情况下,分布式存储方案可能出现较高的消息开销。另外,现有的方案没有充分考虑安全性问题,对于信誉信息存放点本身的恶意行为,文献[7,8]都没有考虑。

在信誉系统中,不仅要考虑信誉信息的存储还需要考虑如何共享节点的信誉信息才能够有效安全地计算节点的信誉值。信誉信息的共享方式主要有以下几种:

(1) 本地共享。每个节点仅使用自身所积累的同其他节点的交互经验,节点间并不共享关于其他节点的信誉信息。本地共享方式中每个节点都维护了自己的信誉信息库(表),其中仅存放了同其他节点的交互历史记录,节点间也从来不交换任何的信誉信息,因此,给系统带来的网络流量较小。只使用自己的交互经验来确定其他节点的可信度增大了第一次交互失败的风险。同时,如果节点能够找到一些高可信的节点并与之重复交互,那么本地共享方式也是可行的^[9]。

(2) 部分共享。每个节点仅向网络中的部分节点共享信誉信息,最常见的就是仅仅在邻居节点间进行信誉信息的交换。文献[4]中的信誉信息共享方式类似本地共享,但是当本地没有同某个节点的交互经验时,节点将根据网络的信誉关系图执行基于树状的搜索算法,查询其他节点维护的交互经验。通过搜索查询,可以构建一个信誉关系链,共享信誉信息。该方案的搜索过程的网络开销较大。文献[10]中节点通过闲谈(Gossip)方式周期性地同其他节点交换自身维护的直接经验,该方案可以通过调整交换的频率和交换节点的数量来调整网络开销。文献[4,5]研究表明,通过可传递的信誉关系链找到节点共享的信誉信息比随机询问节点获得的信誉信息更加可靠。

(3) 全局共享。该方案假定存在一个搜集机制,可以搜集网络中每个节点的交互经验,并全局共享。文献[3]是通过一个权威的中心集中存储所有信誉信息并全局共享。P2P 网络更希望采用无中心的模式,如文献[7,8]以对等的方式处理网络中每个节点所报告的对其他节点的信誉信息,并通过迭代计算节点全局唯一的信誉值。方案需要大量的消息交换,而且每次节点信誉信息的更新都会引起信誉值的重新迭代计算,这将使系统开销加重,在大规模网络环境中缺乏工程上的可行性。

计算某个节点信誉值时,节点需要搜集分散在各处的信誉信息,包括自身维护的(本地共享)、可信节点维护的(部分共享)、网络中所有节点维护的(全局共享)。信誉信息从本地共享到部分共享,再到全局共享,信誉系统可以更加准确地计算出节点的信誉值,但同时增加了网络的开销,降低了信誉信息的可靠性,也增加了信誉系统的管理复杂度^[11,12]。

4 信誉信息聚合算法

在 P2P 信誉系统中,节点完成信誉信息的搜集过程后,下一步将对获得的大量信誉信息进行聚合计算,进而得到信誉值。信誉信息的聚合算法是信誉系统的关键步骤和组件。在当前 P2P 信誉机制研究工作中,主要有以下几种典型的信誉信息聚合算法。

(1) 平均值算法^[13]。在平均值算法中,聚合的信誉值定义为: $r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n tr_{kj}$, 其中 r_{ij} 是聚合的节点 i 对节点 j 的信誉值; tr_{kj} 是节点 k 对节点 j 的信誉值; n 是搜集到对节点 j 做出交互行为信誉评价的节点总数量。在该算法中, tr_{kj} 的可靠性完全依赖于节点 k ; 如果节点 k 是诚实的,那么该值较为可靠;反之则可能是任意值。注意到,平均值算法为所有的信誉值赋予相等的权重,因此,没有权重更新带来的通信和存储的开销。平均值算法是所有聚合算法中最简单的一种。

(2) 半加权算法^[14]。在半加权算法中,聚合的信誉值定义为: $r_{ij} = w_i \times \frac{\sum_{l=1}^k t_{li} \times tr_{li}}{\sum_{l=1}^k tr_{li}} + w_i \times \frac{\sum_{l=1}^n tr_{li}}{n}$, 其中 w_i 表示来自熟悉节点信誉值的权重; w_i 表示来自陌生节点信誉值的权重; t_{li} 表示赋予节点 l 提供的信誉值的权重,更新满足公式 $t_{li} = \alpha \times t_{li}^{old} + (1-\alpha) \times e_i$, t_{li}^{old} 和 t_{li} 分别表示上一次和当前对节点 l 提供的信誉值采用的权重, α 称为学习因子,取值为 $[0, 1]$, e_i 表示新的信誉信息,当预测的行为与节点实际行为相差很大时, e_i 取值为 -1 , 否则为 1 。

(3) 加权大多数算法^[15]。在加权大多数算法中,聚合的

信誉值定义为: $r_{ij} = \sum_{l=1}^k (tr_{ij} \times \frac{t_l}{\sum_{n=1}^k t_n})$, 其中信誉值权重 t_m 更新满足公式 $t_m = \theta t_m^0$, 其中 t_m^0 和 t_m 分别表示上一次和当前对节点 n 提供的信誉值采用的权重, θ 满足公式 $\theta = 1 - (1 - \beta) |tr_{ij} - s|$, 其中 s 表示节点 i 对节点 j 最新的信誉值, β 是一个常量, 取值为 $[0, 1]$ 。

半加权算法和加权大多数算法的基本思想都是为不同节点提供的信誉信息赋予不同的权重, 加权计算得出信誉值, 同时根据交互结果在下一轮信誉值计算时动态地调整相应的权重。

(4) 相似度算法^[16]。在相似度算法中, 聚合的信誉值定义为: $r_{ij} = \sum_{l=1}^k (tr_{ij} \times \frac{S(il)}{\sum_{n=1}^k S(in)})$, 其中

$$S(in) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{r \in US(i,n)} (\frac{\sum_{v=1}^{I(i,r)} tr_m - \sum_{v=1}^{I(n,r)} tr_m)^2}{I(i,r) I(n,r)}}{|IJS(i,n)|}}$$

表示节点 i 和信誉提供者节点 n 之间的相似度; $IJS(i,n)$ 表示节点 i 和节点 j 有共同交互经验的节点集合; $I(i,r)$ 表示节点 i 和节点 r 间已完成交互的总数量。由以上定义可以看出, 节点 i 和节点 n 的相似度是基于与它们都有交互的节点信誉值差的均方根计算出来的。

(5) 基于社会网络的迭代算法^[7,8]。在基于社会网络的迭代算法中, P2P 网络节点间的信誉关系被映射为带权的有向图, 图中的点表示 P2P 网络的节点, 图中的有向边表示节点间根据交互行为建立的信誉关系, 有向边上的权值表示节点完成交互后得到的信誉值。一个节点 i 计算对一个非邻居节点 j 的信誉值, 是通过聚合其他节点的信誉值完成的。聚合步骤如下:

- (a) 计算出从节点 i 到节点 j 的所有路径;
- (b) 分别聚集每条路径上的信誉值;
- (c) 整合在每条路径上聚集到的信誉值, 聚合完成后的值就是节点 i 对节点 j 的信誉值。

文献[7]中, 根据 P2P 网络中节点给出的信誉向量, 沿信誉关系链反复迭代乘, 直到所有节点的信誉值收敛为稳定的值。节点 i 计算对节点 j 的信誉值定义为: $r_{ij} = \sum_{k=1}^n tr_{ik} \times tr_{kj}$, 矩阵表示为: $\vec{r}_i = C^T \times \vec{r}_i$, 其中 C 表示矩阵 $[tr_{ik}]$ 。如果信誉值矩阵 C 是不可约和非周期性的, 那么全局唯一信誉值就是对应于 C 的左主特征向量。这种根据信誉关系所形成的链或环来迭代计算信誉的算法又称为流(Flow)模型算法。但是此类算法在计算时开销较大, 还存在迭代的收敛性问题。

(6) 基于概率统计的算法。P2P 网络的信誉机制也可以使用概率统计方法解释, 节点 i 计算对节点 j 的信誉值反映的是节点 i 认为节点 j 将采取交互合作行为的可能性。因此聚集信誉值算法可以采取基于概率统计的方法, 常用的是贝叶斯估计和最大似然估计。在贝叶斯估计算法^[17-19]中, 利用 beta 密度函数聚合信誉值, 聚合的信誉值定义为: $r_{ij} = \frac{p+1}{P+n+2}$, 其中 p 表示正面信誉评价的数量, n 表示负面信誉评价的数量。文献[19]为近期和远期、正面和负面的信誉信息赋予不同的权重, 使得聚合的信誉值更加准确。文献[20]使用最大似然估计方法计算节点的信誉值。

5 信誉信息激励方式

实现信誉机制是抑制 P2P 网络中节点自私行为的有效

方案, 但是在 P2P 信誉系统中也大量存在节点的自私行为, 主要表现为自私节点仅使用其他节点提供的信誉信息, 却不向其他节点提供信誉信息。因此在 P2P 信誉系统中需要引入激励机制鼓励节点积极地提供真实有效的信誉信息。现有研究工作主要通过虚拟货币机制实现信誉信息的激励提供。文献[21]给出一个鼓励节点提供信誉信息的激励方案, 节点间可以出售或购买其他节点的信誉信息, 对于提供不真实信誉信息的节点, 获得的货币将减少, 直接影响其使用系统提供的信誉信息, 从而达到激励的作用。另外, 有一些方案中将信誉视为可交换的虚拟货币, 如文献[22]实现的信誉管理框架。

6 信誉机制设计原则

结合 P2P 网络的特点和实际的应用需求, 构建 P2P 信誉机制需要考虑以下主要设计原则。

(1) 匿名性。匿名性是 P2P 技术的重要特性。隐藏节点的真实身份可以在一定程度上保护节点免受恶意行为的攻击, 同时也使得节点更可能积极地参与网络的交互。然而在信誉系统中如果完全实施节点匿名, 那么将无法准确地记录节点的交互行为, 直接影响信誉系统的有效性。由于信誉和匿名之间固有的折中性, 目前没有信誉系统可以实现完全的匿名性, 只是为每个节点分配假名(pseudonym), 隐藏节点的真实身份。

(2) 抗攻击性。抗攻击性是指信誉系统抵御系统内节点(善意节点和恶意节点)主动或被动发起的恶意行为攻击的能力。由于恶意攻击行为种类繁多, 特别是恶意节点勾结共谋, 对 P2P 信誉系统危害极大。健壮信誉系统既要能抑制目前现有的攻击方式, 还要能适应地学习、分析、预测和处理未来恶意节点的攻击行为。抗攻击性是衡量一个信誉系统性能优劣的重要指标。

(3) 可靠性。可靠性是指信誉系统根据节点共享的信誉信息计算出的信誉值能够准确预测节点真实行为的能力。信誉应当能够侦测出不真实的信誉信息, 例如恶意地扩散诽谤或夸大其他节点的信誉信息。另外信誉信息的聚合过程也应该保证信誉值计算的准确一致性。

(4) 可扩展性。可扩展性是指信誉模型适应 P2P 系统节点数量增加的能力。节点数量的增加意味着节点间有更多的交互、更多的信誉信息、更多的信息共享和存储。因此给信誉系统带来更多的存储、通信和计算等开销。因此, 信誉系统应当具有良好的可扩展性。要提高信誉系统的可扩展性, 需要考虑通信带宽成本、信誉信息存储成本、负载均衡等问题。

(5) 容错性。P2P 技术的一个重要特点是不断变化的拓扑结构, 节点随时都会加入、离开系统。在信誉系统中, 容错性是指系统适应动态拓扑结构调整的能力。当节点加入或离开系统时, 不仅需要建立新的信誉关系, 而且信誉值和信誉信息也需要在节点间复制备份以确保它们的可用性, 否则信誉信息的缺失将破坏信誉系统的有效性。然而, 信誉信息的复制备份一方面可能破坏节点个人信誉信息的隐私, 另一方面可能破坏信誉系统的存储和共享方案。

(6) 激励机制。在信誉系统中需要引入适当的激励机制, 一方面激励节点积极地提供真实的信誉信息, 以及参与信誉

(下转第 52 页)

- [21] Zhang H J, Zhou L H, Zhai H M. A balance route arithmetic based cooperative game theory[J]. Computer Science, 2006, 33(12):43-45
- [22] Wang X W, Liu C, Cui J Y, et al. A fair QoS multicast routing scheme for IP/DWDM optical Internet[A]//McKinley P, ed. The 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops. Los Alamitos; IEEE Computer Society, 2005:624-629
- [23] Chen Ping, Dong Tian-lin. A fuzzy genetic algorithm for QoS multicast routing[J]. Computer Communications, 2003, 26(6):506-512
- [24] Wedde H F, Farooq M, Zhang Yue. BeeHive: An efficient fault-tolerant routing algorithm inspired by honey bee behavior[A]//Proceedings of the Fourth International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence (ANTS 2004), Lecture Notes in Computer Science[C]. 2004, 3172:83-94
- [25] 朱·弗登博格, 让·梯若尔. 博弈论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2003: 10-23
- [26] Odlyzko A. Paris metro pricing: The minimalist differentiated services solution[A]//IEEE/IFIP IWQoS'99[C]. 1999: 559-561
- [27] 杨纶标, 高英仪. 模糊数学原理及应用(第三版)[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001: 76-79
- [28] Cormen T H, Leiserson C E, Rivest R L, et al. Introduction to Algorithms[M]. 2nd ed. Cambridge, USA: MIT Press, 2001: 497-503

(上接第 28 页)

信息的存储,另一方面激励节点在交互时采取合作行为累积良好的信誉。

结束语 近年来 P2P 网络迅猛发展,但由于 P2P 网络存在潜在的安全隐患,为了保证整个系统的安全性、公平性、可靠性等需求,在 P2P 系统中引入信誉机制来保障系统的可用性。本文介绍了信誉系统的主要研究内容,重点从信誉信息的存储和共享技术、信誉信息的聚合算法、信誉信息的激励方式 3 个方面对当前的研究工作行总结和比较,并探讨了信誉系统的主要设计原则。

需要强调的是,由于 P2P 网络和人类社会存在许多相似性,P2P 网络中节点具有高度的自主性、动态性和不确定性,这就决定了构建 P2P 信誉机制相当复杂。目前在实际应用中还没有一个通用的完美解决方案,对信誉机制的研究还有待进一步的深化。未来的工作主要是结合多学科领域知识,设计一个尽可能完善的 P2P 信誉系统。

参 考 文 献

- [1] Adar E, Huberman B A. Free riding on Gnutella [R]. CSL-00-3. Xerox Palo Alto Research Center, 2000
- [2] Feldman M, Laiz K. Quantifying disincentives in peer-to-peer networks[C]//workshop on economics of peer-to-peer systems. Berkeley, CA. Springer-Verlag, LNCS 2735, 2003:117-122
- [3] Resnick P, Kuwabara K, Zeckhauser R, et al. Reputation systems[J]. Communications of the ACM, 2000, 43(12):45-48
- [4] Lee S, Sherwood R, Bhattacharjee B. Cooperative peer groups in NICE[C]//IEEE INFOCOM. San Francisco, 2003
- [5] Liao C Y, Zhou Xuan, Bressan S, et al. Efficient Distributed Reputation Scheme for Peer-to-Peer Systems [C]// Web and communication technologies and internet-related social issues, HIS 2003. Springer-Verlag, LNCS 2713, 2003:54-63
- [6] Selcuk A A, Uzun E, Pariente M R. A Reputation-Based Trust Management System for P2P Networks[C]//Cluster Computing and the Grid, CCGrid 2004. Chicago, Illinois, 2004
- [7] Kamvar S D, Schlosser M T, Garcia-Molina H. The EigenTrust algorithm for reputation management in P2P networks[C]//Proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web. Budapest, Hungary, 2003
- [8] 窦文. 信任敏感的 P2P 拓扑构造及其相关技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2003
- [9] Marti S, Garcia-Molina H. Identity crisis: anonymity vs reputation in P2P systems[C]//Proceedings of IEEE 3rd International Conference on Peer-to-Peer Computing. 2003
- [10] Buchegger S, Boudec J L. Performance analysis of the CONFIDANT protocol[C]//Proceedings of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing. Lausanne, Switzerland, 2002
- [11] Cornelli F, Damiani E, Paraboschi S. Choosing reputable servers in a P2P network[C]//Proceedings of the 11th International Conference on World Wide Web. Honolulu, Hawaii, USA, 2002
- [12] Marti S, Garcia - Molina H. Limited reputation sharing in P2P systems[C]//Proceedings of the 5th ACM Conference on Electronic Commerce. New York, NY, USA, 2004
- [13] Liang Z, Shi W. Enforcing cooperative resource sharing in un-trusted peer-to-peer environment[J]. ACM Journal of Mobile Networks and Applications (MONET), 2005, 10(6):771-783
- [14] Wang Y, Vassileva J. Bayesian network-based trust model[C]//Proceedings of IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence, WI 2003. Halifax, Canada, 2003
- [15] Yu B, Singh M P, Sycara K. Developing trust in large-scale peer-to-peer systems[C]//Proceedings of First IEEE Symposium on Multi-Agent Security and Survivability. 2004
- [16] Xiong L, Liu L. PeerTrust: Supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities [J]. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 2004, 16(7):843-857
- [17] Buchegger S, Boudec J L. 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 (P2P Econ). Harvard University, Cambridge, MA, 2004
- [18] Ismail R, Jøsang A. The beta reputation system//Proceedings of the 15th Bled Electronic Commerce Conference. 2002
- [19] 吴鹏, 吴国新, 方群. 一种基于概率统计方法的 P2P 系统信任评价模型[J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(3):408-416
- [20] Despotovic Z, Aberer K. Maximum Likelihood Estimation of Peers' Performance in P2P Networks[C]//Proceedings of the Second Workshop on the Economics of Peer-to-Peer Systems. 2004
- [21] Jurca R, Faltings B. An Incentive Compatible Reputation Mechanism[C]//Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems. Melbourne, Australia, 2003
- [22] Gupta R, Somani A K. Reputation Management Framework and its Use as Currency in Large-Scale Peer-to-Peer Networks[C]//Proceedings of the Fourth International Conference on Peer-to-Peer Computing. 2004