

## P2P 网络中基于随时间推移的风险值评估的信任管理模型

郭一凡\*, 李 腾, 郭玉翠

(北京邮电大学 理学院, 北京 100876)

(\*通信作者电子邮箱 09212578@bupt.edu.cn)

**摘 要:**针对现有的对等(P2P)网络信任管理模型中存在的问题:忽视短期交易时间与长期交易时间对信任值的不同影响以及缺少对交易对象资源的具体风险分析,在现有信任管理模型的基础之上,以不同用户对同一种类资源所提供的资源品质和风险作为关注点,引入风险值评估的概念,建立了基于随时间推移的风险值评估的信任管理模型。仿真结果表明,该模型使得恶意节点的行为得到有效控制,对交易资源的分析量化更加深入,进一步有效地帮助用户筛选出最优的交易者。

**关键词:**信息安全;对等网络;信任管理模型;风险因子;风险值评估

**中图分类号:**TP309.2;TP301.6 **文献标志码:**A

### Trust management model based on value-at-risk evaluation with changing time in P2P network

GUO Yi-fan\*, LI Teng, GUO Yu-cui

(School of Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** The trust management models in Peer-to-Peer (P2P) network mainly have two problems. For one thing, the different influences on value of trust between short-term trading and long-term trading are usually ignored. For another, the lack of the specific risk analysis on trading resources exists. Consequently, focusing on the quality of different nodes and its opposite risk value, this paper introduced the concept of risk factor with setting up its value and proposed a trust management model based on evaluation of value-at-risk with changing time. From the simulation results, a higher efficiency on resisting malicious actions in P2P network is achieved, and it has confirmed to select better traders effectively with a deeply quantitative analysis of trade resources through the model.

**Key words:** information security; Peer-to-Peer (P2P) network; trust management model; risk factor; value-at-risk evaluation

## 0 引言

传统的信息管理主要依赖信息安全技术,专家指出信息安全是“三分技术,七分管理”,因此,有效的信息安全管理是信息安全中最具能动性的组成部分<sup>[1]</sup>。针对网络用户对信息传输速率和资源共享范围日益增长的需求,对等(Peer-to-Peer, P2P)网络便应运而生,并已成为和万维网一样的重要互联网形式。然而,P2P网络迅速普及的同时也出现了一些待解决的问题,由于其天生的匿名性与开放性,对网络节点攻击的开销所需甚少,因而P2P网络资源信息安全与信息管理的便成为亟待解决的重要课题。

通常的模型算法,依据网络中节点交易的成功次数和失败次数这样相对容易采集的数据,刻画各节点的信任值,以判断节点间的交易资源是否安全可靠<sup>[2-4]</sup>。在以信任值作为重要分类依据的算法<sup>[5-7]</sup>中,主观逻辑方法<sup>[8]</sup>理论最为完善,尤其在无线网络领域应用甚广<sup>[9]</sup>。但该方法的信任值分类出发点在于用户,缺少对交易资源品质和风险的关注,往往忽视交易时间对信任值的影响<sup>[10-11]</sup>。同时,考虑到整个交易环境的主观信任的模糊性和动态性<sup>[12]</sup>,近年来,基于模糊理论构建的P2P网络信任管理模型<sup>[13]</sup>也是层出不穷。但鲜有文章对交易对象资源进行具体风险量化分析。

本文针对上述问题从两方面进行了改进:一方面,考虑短

期交易时间与长期交易时间对信任值的不同影响;另一方面,通过计算机模拟,利用概率统计的手段,引入风险值评估的概念,对不同的资源进行合理归类划分,帮助用户筛选出最优的交易者。

## 1 基于随时间推移的信任值管理模型

### 1.1 直接信任值的计算

根据网络信息,采集各节点之间一段时间内在P2P网络中交易的数据,包括成功交易的次数和失败交易的次数以及历史上所有的成功交易的次数和失败交易的次数。以节点*i*与节点*j*为例,定义两者历史上所有的成功交易的次数为 $P_{ij}$ , $X_{ij}$ 为其中成功交易的次数, $Y_{ij}$ 为其中失败交易的次数。

#### 1) 绝对信任值。

通过上述基本变量的解释,考虑到短期交易时间与长期交易时间对信任值的不同影响,本文进行如下定义。

以节点*i*与节点*j*为例,设定某一时刻 $t_0$ 为初始时刻,经过时间 $\Delta t$ 后,至 $t$ 时刻( $t = t_0 + \Delta t$ ),定义时间 $\Delta t$ 内,交易成功率 $SE_{ij}(t)$ ,交易失败率 $FE_{ij}(t)$ ,显然

$$SE_{ij}(t) + FE_{ij}(t) = 1$$

其中:

$$SE_{ij}(t) = \frac{X_{ij}(t)}{P_{ij}(t)}$$

收稿日期:2012-03-03;修回日期:2012-05-17。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60973146),北京邮电大学大学生创新研究基金资助项目。

作者简介:郭一凡(1990-),男,天津人,主要研究方向:信息与计算科学、信息与网络安全;李腾(1990-),男,北京人,主要研究方向:数学与应用数学;郭玉翠(1962-),女,北京人,教授,博士,主要研究方向:偏微分方程、通信和信息安全。

$$FE_{ij}(t) = \frac{Y_{ij}(t)}{P_{ij}(t)}$$

$P_{ij}(t)$  为  $\Delta t$  时间内节点  $i$  与  $j$  在 P2P 网络中所有交易次数,  $X_{ij}(t)$  为其中成功交易的次数,  $Y_{ij}(t)$  为其中失败交易的次数。故而, 利用上述变量, 即得  $t$  时刻节点  $i$  对节点  $j$  的绝对信任值  $Q_{ij}(t)$ :

$$Q_{ij}(t) = \alpha \frac{X_{ij}}{P_{ij}} + (1 - \alpha) \frac{X_{ij}(t)}{P_{ij}(t)}; \alpha \in (0, 1) \quad (1)$$

式(1)可以写成:

$$Q_{ij}(t) = \alpha \frac{X_{ij}}{P_{ij}} + (1 - \alpha) SE_{ij}(t); \alpha \in (0, 1)$$

其中:  $\alpha$  为权系数, 如果用户节点  $i$  针对节点  $j$ , 侧重关注时间  $\Delta t$  内与节点  $j$  的交易情况, 则  $\alpha$  取趋向于 0 的数; 如果用户节点  $i$  针对节点  $j$ , 侧重关注长时间以来与节点  $j$  的交易情况, 则  $\alpha$  取趋向于 1 的数。一般情况下取  $\alpha = 0.4$ , 进而绝对信任值的取值范围是  $[0, 1]$ 。

## 2) 可信程度。

在 P2P 网络中, 即使节点间曾经保持着良好的记录, 但随着时间的推移, 节点间的可信程度会不断下降。

故而, 定义  $t$  时刻, 节点  $i$  对节点  $j$  的可信程度记为  $S_{ij}(t)$ , 进而对模型进行简化假设, 假定单位时间内可信程度的下降情况与可信程度呈负相关, 且是线性变化的, 即:

$$\frac{d(S_{ij}(t))}{dt} = -\delta \cdot S_{ij}(t)$$

得到:

$$S_{ij}(t) = S_{ij}(t_0) \cdot \exp(-\delta(t - t_0))$$

其中:  $S_{ij}(t_0)$  为初始信任度, 通常取不超过 1 的正值, 从而可信程度的取值范围是  $(0, 1]$ 。

## 3) 直接信任值。

通过前两步的计算, 最终得到  $t$  时刻, 节点  $i$  对节点  $j$  的直接信任值  $DT_{ij}(t)$ :

$$DT_{ij}(t) = S_{ij}(t) \cdot Q_{ij}(t)$$

显然, 直接信任值的取值范围是  $[0, 1]$ 。

由以上算法可看出, 根据节点间在全局中的交易信息, 通过考虑短期交易时间与长期交易时间对信任值的不同影响, 为资源需求者的判断提供信息, 比单纯考虑成功交易率更具合理性, 同时兼顾用户信息的时效性, 能帮助资源需求者得到更理想的结果。

## 1.2 间接信任值的计算

本节设计间接信任值的算法, 利用全局中的直接信任值, 通过推荐节点, 算出初次交易时资源需求者对资源提供者的间接信任值。

计算间接信任值的意义在于, 资源需求者与资源提供者进行资源的交互没有十足的把握或对资源提供者提供的信息持怀疑态度, 并且没有与之交易过的经历, 因此需要借助推荐节点对资源提供者的信任度进行判断, 从而使得资源需求者能够和综合信任值最高的被推荐者进行交易, 达到提高交易效率的效果。

设  $i$  是资源需求者, 与有  $i$  联系且与  $j$  有联系的推荐节点集合记为  $S_1$ , 与有  $i$  无联系但与  $j$  有联系的推荐节点集合记为  $S_2$ , 继而得到  $t$  时刻, 节点  $i$  对节点  $j$  的间接信任值  $RT_{ij}(t)$ :

$$RT_{ij}(t) = \beta \cdot \frac{1}{|S_1|} \sum_{k=1}^{|S_1|} DT_{kj}(t) + (1 - \beta) \cdot \frac{1}{|S_2|} \sum_{k=1}^{|S_2|} DT_{kj}(t); \beta \in (0, 1)$$

其中  $\beta$  为权系数。如果用户节点  $i$  针对节点  $j$ , 从未有直接的交

易经历, 或侧重关注时间  $\Delta t$  内与节点  $j$  的有交易信息但与节点  $i$  无联系的那些节点与  $j$  的交易情况, 则  $\beta$  取趋向于 0 的数; 如果用户节点  $i$  针对节点  $j$ , 在时间  $\Delta t$  内, 有一些直接的交易经历, 或侧重时间  $\Delta t$  内与节点  $j$  的有交易信息且与节点  $i$  有联系的那些节点与  $j$  的交易情况, 则  $\beta$  取趋向于 1 的数。进而间接信任值的取值范围也是  $[0, 1]$ 。

## 1.3 综合信任值的计算

通过对直接信任值与间接信任值的计算, 最终得到  $t$  时刻, 节点  $i$  对节点  $j$  的综合信任值  $T_{ij}(t)$ :

$$T_{ij}(t) = \gamma \cdot DT_{ij}(t) + (1 - \gamma) \cdot RT_{ij}(t); \gamma \in (0, 1)$$

显然, 综合信任值的取值范围是  $[0, 1]$ 。一般情况下取  $\gamma = 0.45$ 。

综上, 基于随时间推移的信任值管理的模型, 很大程度上弥补了缺乏对信任值的计算进行时效性和有效性分析的不足, 同时也为后面基于随时间推移的风险值评估的信任管理模型奠定了基础。

## 2 基于风险值评估的信任管理模型

针对资源进行风险评估, 本文主要从以下三个方面入手: 资源需求者节点对资源提供者节点的综合信任值、资源价值风险因子和资源活跃度风险因子。进而, 对不同节点提供的资源进行风险值评估, 最终, 对不同节点提供的资源进行风险等级划分。具体流程如图 1 所示。

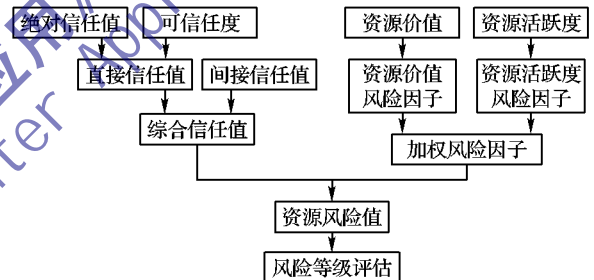


图1 基于风险值评估的信任管理机制的基本流程

## 2.1 资源价值的风险因子

在 P2P 网络中, 用户节点之间在进行资源交互时, 不同的资源对应的价值是不同的。例如, 在某些论坛或社区, 当资源需求者向资源提供者提出有下载要求的申请时, 会被提示下载相应的资源会被扣除对应的积分。此时, 积分值的不同代表着对应的资源价值不同, 积分越高, 价值越大。同时, 还有一些资源交互网站, 依据用户对资源的贡献率判定, 而用户在下载资源时, 不同资源的大小不同, 因而, 同样是同一种类的资源, 不同用户提供的资源大小不同, 自然对应的价值也不同。故而, 用户在甄别不同的资源时, 不得不顾及资源的价值, 以及由此可能带来的风险大小。

若资源价值的度量是积分制的, 自然积分值的取值是有序的离散值。定义积分值的取值集合为  $C_1, C_1 = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ , 其中  $e_i (i = 1, 2, \dots, n)$  是对应离散的积分值的取值。定义资源价值对应的风险因子系数的取值集合为  $W_1, W_1 = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ , 即得每一个积分值  $e_i$  对应的风险因子系数  $\omega_i$ :

$$\omega_i = \frac{e_i - \min e_i}{\max e_i - \min e_i}$$

此时, 资源价值对应的风险因子系数的取值范围是  $[0, 1]$ 。

若资源价值的度量是流量制的, 即按照下载资源的大小来评判资源价值, 以及其潜在的风险。显然, 资源容量大小的取值, 是无序较稠密的, 这里近似认为容量大小的取值, 是连续分布的。同时, 对于大量的离散随机取值, 本文认为容量大

小的取值分布近似服从正态分布。定义流量值的取值集合为  $C_2, C_2 = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}, e_i \in [0, M]$ , 其中  $e_i (i = 1, 2, \dots, n)$  是对应离散的流量值的取值。这里,  $M$  是交互网站所能支持的共享资源大小的上界。

进而, 对流量值的取值集合  $C_2$  进行等间隔划分, 划分为  $m$  个子区间, 分别统计落在每个区间内的资源数量, 记作  $p_i (i = 1, 2, \dots, m)$ , 以每个子区间的中间值, 作为该区间对应资源大小的平均值, 记作  $M_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 。则该网站资源大小的平均值记为  $\bar{C}$ ; 资源大小的标准方差记为  $\sigma$ , 即:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^m p_i}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{\left(\sum_{i=1}^m p_i\right) - 1} \left(\sum_{i=1}^m p_i \cdot (M_i - \bar{C})^2\right)}$$

定义资源价值对应风险因子系数的取值集合为  $W_2, W_2 = \{0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9\}$ , 即得每一个流量值  $e_i$  对应的风险因子系数  $\omega_i$  (见表1)。

表1 流量值与对应风险因子系数的关系表

流量值 $e_i$ 落在的区间	$\omega_i$
$[0, \bar{C} - 2\sigma)$	0.1
$[\bar{C} - 2\sigma, \bar{C} - \sigma)$	0.2
$[\bar{C} - \sigma, \bar{C})$	0.4
$[\bar{C}, \bar{C} + \sigma)$	0.6
$[\bar{C} + \sigma, \bar{C} + 2\sigma)$	0.8
$[\bar{C} + 2\sigma, M]$	0.9

## 2.2 资源活跃度的风险因子

无论在社交网站, 还是社区论坛, 资源的活跃度都具有重要的参考价值。以资源交互网站为例, 资源需求者在筛选资源时, 普遍会选择一段时间内点击率和下载量较高的热门资源。但与此同时, 有些用户会担心有些不良节点和恶意节点可能会联合起来协同作弊, 将一些不良的资源的点击率和下载量“炒高”, 由此来影响资源需求者在筛选资源时做出正确的判断, 继而埋下了风险的种子。

为了解决上述问题, 本文依据用户对各资源提供者的信任程度和单位时间内最大交易衰减率, 对资源潜在的风险值进行预估评价。

一方面, 用户在筛选资源对资源提供者有足够的信任或近期有良好的交易记录, 那么其提供的资源风险就较低。同样对资源提供者的信任等级及对应的风险值进行划分。

以用户节点  $i$  为例, 记  $m(i)$  为用户  $i$  可以接受的最小信任值,  $n(i)$  为大于用户  $i$  可以接受的最小信任值的所有用户的平均值。即: 若资源提供者的信任值大于  $n(i)$ , 定义信任等级为 I 级, 对应风险值为区间  $[0, 0.4]$  内的随机数; 若资源提供者的信任值小于  $n(i)$  且大于若资源提供者的信任值大于  $n(i)$ , 定义信任等级为 II 级, 对应风险系数为区间  $[0.4, 0.6]$  内的随机数; 若资源提供者的信任值小于  $m(i)$ , 定义信任等级为 III 级, 对应风险系数为区间  $[0.6, 1]$  内的随机数。

另一方面, 为了排除恶意节点的干扰, 本文引入单位时间内最大交易衰减率作为评价指标。如果恶意节点联合起来, 使得不良资源点击率和下载量虚高, 前期会有一些良性节点进行交易, 必然会有良性节点对其做出不良评价, 当不良评价累积到一定量后, 势必会影响其下载量, 那么随着时间的推移, 必然会在某一段时间内, 不良资源的下载量迅速下降, 其单位时间内交易衰减率明显大于正常的交易浮动的衰减率。

故而, 本文以此为出发点, 同样对单位时间内最大交易衰减率及对应的风险系数进行划分。记  $\mu$  为网络中所有用户正常的交易浮动的衰减率的平均值,  $\sigma$  为网络中所有用户正常的交易浮动的衰减率的均方差。若资源的单位时间内最大交易衰减率落在区间  $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$  内, 对应风险系数为区间  $[0, 0.4]$  内的随机数; 若提供者资源的单位时间内最大交易衰减率落在区间  $(\mu - 2\sigma, \mu - \sigma) \cup [\mu + \sigma, \mu + 2\sigma)$  内, 对应风险系数为区间  $[0.4, 0.6]$  内的随机数; 若提供者资源的单位时间内最大交易衰减率落在区间  $(-\infty, \mu - 2\sigma) \cup [\mu + 2\sigma, +\infty)$  内, 对应风险系数为区间  $[0.6, 1]$  内的随机数。

最终, 依据当前网络资源的实际情况及其可能潜在风险, 将各资源提供者的信任程度和单位时间内最大交易衰减率对应风险系数进行合理的加权平均, 得到当前时刻资源活跃度的风险因子系数。

## 2.3 加权风险系数

通过对资源价值风险因子系数与资源活跃度风险因子系数的标定, 定义  $t$  时刻, 节点  $j$  的资源  $N_k$  的资源价值风险因子系数记为  $\omega_{ij}^{(N_k)}(t)$ , 资源活跃度风险因子系数记为  $\omega_{2j}^{(N_k)}(t)$ , 加权风险因子:

$$\omega_j^{(N_k)}(t) = \rho \cdot \omega_{ij}^{(N_k)}(t) + (1 - \rho) \cdot \omega_{2j}^{(N_k)}(t); \rho \in (0, 1)$$

其中:  $\rho$  为权重因子, 通过调整对资源价值风险主体与资源活跃度风险主体的推荐声誉比重, 从而因地制宜, 针对当前网络资源的可能潜在风险, 以有效地消除不良资源所带来的影响。同时, 加权风险系数的取值范围是  $[0, 1]$ , 保证了风险系数的一致性。

## 2.4 资源风险值

资源风险值的构建是该模型的重要部分, 也是对用户资源进行潜在风险分析的量化方式与手段。由于考虑到交易资源提供者节点自身信任值与资源的自身价值、资源活跃度的潜在风险, 本文参考信息论中自信息概念, 一方面表示节点自身信任值不确定性, 另一方面也是节点自身信任值信息量的度量, 进而, 得到资源风险值的评估。

因此, 以用户  $i$  作为资源需求者, 以用户  $j$  作为其中一个资源提供者, 定义  $t$  时刻, 节点  $j$  的资源  $N_k$  的资源风险值:

$$W_{ij}^{(N_k)}(t) = -\omega_j^{(N_k)}(t) \cdot \lg(T_{ij}(t))$$

资源风险值是对资源集合本身所含潜在风险这一信息量多少的度量。显然资源风险值的取值是大于 0 的。例如,  $t$  时刻, 用户  $i$  作对用户  $j$  的综合信任值  $T_{ij}(t)$  为 0.5, 此时用户  $i$  与用户  $j$  的交易资源  $N_k$  的加权风险系数  $\omega_j^{(N_k)}(t)$  为 0.4, 那么对用户  $i$  来讲, 节点  $j$  的资源  $N_k$  的资源风险值为 0.4。所以, 本文通过对资源风险值的构造, 从而为资源需求者提供更全面的信息保障。

综上, 本节通过构造资源风险值以及对资源风险的评估, 并针对资源价值风险和资源活跃度风险对应特征, 有效实现了以资源品质和潜在风险作为中心, 对交易资源量化深入分析, 为用户提供有效资源筛选的目的。依据资源需求者资源风险值和风险等级(下文定义)为判断依据, 帮助选择出最优交易者, 对文献[2-4]中的模型进行了一定程度的改进。

## 3 仿真实验

为进一步评价本文模型, 本文在单机环境下使用 Matlab 软件模拟 P2P 网络环境中资源交互的情况, 并对数据进行简化处理, 仿真环境为 AMD Athlon P360 双核 2.30 GHz CPU, 2 GB 内存, 32 位 Windows 7 平台。模型中设置了 10 000 个随机节点, 节点数据模拟现实网络, 其中不良节点随机分布于所有节点中, 本文试图去发现其分布规律及由微小参数扰动带



来的有效交易节点比例的变化特征,以验证模型的合理性。

### 3.1 不良交易节点的分布情况及其应对策略

本文模型中,通过对资源风险值的构造,基本上完成了对资源提供者资源潜在风险情况的量化标定。但为使用户对网络中各资源风险值有一个横向清晰的比较,本文引入资源风险等级的概念,以帮助用户节点对资源潜在风险有一个全面直观的了解。

同样,本文对大量无序的随机风险值进行统计处理,依据概率论中的相关知识,视大量无序的随机风险值分布近似服从正态分布,并将数据归类处理,最终得到资源风险值与资源风险等级的对应关系(见表2)。

表2 资源风险值与资源风险等级对应关系表

资源风险值对应的区间	对应风险等级	风险等级描述	交易建议
$[0, \mu_w)$	I	资源基本无风险	可交易
$[\mu_w, \mu_w + \sigma_w)$	II	资源风险较低	可交易
$[\mu_w + \sigma_w, \mu_w + 2\sigma_w)$	III	资源有一定风险	慎重考虑
$[\mu_w + 2\sigma_w, +\infty)$	IV	资源风险较高	建议不交易

注: $\mu_w$ 表示统计资源风险值的平均值, $\sigma_w$ 表示统计资源风险值的标准差。

本文通过对10000个随机节点(其中包含1000个不良节点)进行仿真实验,得到对应不同风险等级的网络交易资源在所有交易节点提供的资源的分布情况和不良节点在不同风险等级的交易资源的分布情况(见图2~3)。

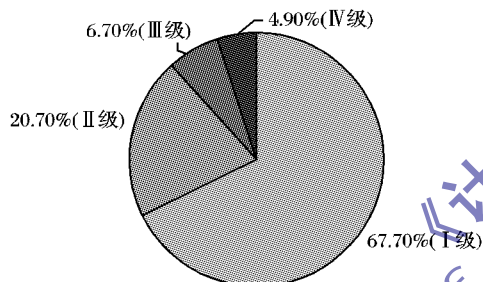


图2 不同风险等级的网络交易资源在所有交易资源的分布

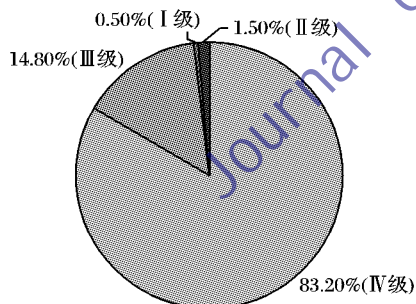


图3 不良节点在不同风险等级的交易资源的分布

由图2~3可知,在当前网络资源中,风险等级为I级和II级的节点资源比例分别为67.7%和20.7%,其在不良节点资源中所占的比例分别为0.5%和1.5%。而风险等级为III级和IV级的节点资源比例分别为6.7%和4.9%,其在不良节点资源中所占的比例分别为14.8%和83.2%。由此可见,风险等级为I级和II级的交易资源在当前网络环境下占绝大多数(其比例88.4%),而其在不良节点资源中所占的比例仅为2%,故而本文对此类资源的建议:可进行交易。与此同时,风险等级为III级和IV级的交易资源在当前网络环境下处于少数状态,其在不良节点资源中所占的比例分别为14.8%和83.2%,故而本文建议用户对此类资源的交易慎重考虑,若是没有迫切的需求,建议最好不要进行交易。

### 3.2 微小参数扰动带来有效交易节点比例的变化特征

本实验在不良节点所占比例不断增加前提下,通过微小

调整直接交易比例,探究 $\gamma$ 取值的不同对网络中有效交易节点比例的不同影响情况。由图4可看出,随着不良节点所占的比例不断增加,模型的有效交易节点比例呈递减态势;当不良节点比例达到一定值时,推荐信任 $\gamma$ 值对不良节点的遏制作用开始显现,有效交易节点比例不再递减,而是小幅波动。而且,仿真结果表明,当 $\gamma = 0.45$ 时,网络中的有效交易节点比例普遍相对较高。

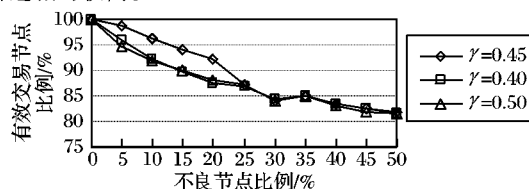


图4 不良节点比例与有效交易节点比例对应曲线

## 4 结语

本文实验证明,通过建立风险值评估的信任管理模型,以不同用户对同一种类资源所提供的资源品质和风险作为关注点,对资源进行风险值评估,使得信任模型的信任值计算时效性更高。仿真结果也表明,该模型对网络中的协同作弊和恶意节点资源起到了很好的抑制作用,对其他网络节点的积极行为起到了促进作用。与此同时,针对不同的交易网站,其首要风险因子不尽相同,风险值的刻画亦不同。因而,如何针对具体的交易网络建立风险管理模型,将是下一步研究的内容。

### 参考文献:

- [1] 牛少彰,李剑.信息安全概论[M].2版.北京:北京邮电大学出版社,2007:34.
- [2] 唐文,胡建斌,陈钟.基于模糊逻辑的主观信任管理模型研究[J].软件学,2003,14(8):1401-1408.
- [3] 李佳伦,谷利泽,杨义先.一种新的P2P网络的信任管理模型[J].北京邮电大学学报,2009,32(2):71-74.
- [4] 陆峰,郑康峰,钮心忻,等.构建风险敏感的对等网安全信任模型[J].北京邮电大学学报,2010,33(1):33-37.
- [5] JOSANG A, ROSS H, SIMON P. Trust network analysis with subjective logic [C]// Proceedings of the 29th Australasian Computer Science Conference. New York: ACM Press, 2006: 85-94.
- [6] RAMAYYA K, MICHAEL D, ZHULEI T, et al. The impact of free-riding on peer-to-peer networks [C]// HICSS '04: Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2004: 1-10.
- [7] DU RUI-ZHONG, TIAN JUN-FENG, WANG ZI-XIAN, et al. A trust model of P2P network based on reputation and risk [C]// WCSE '09: Proceedings of WRI World Congress on Software Engineering. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2009: 382-386.
- [8] 张光华,张玉清. P2P网络信任管理研究综述[J]. 计算机科学, 2010, 37(9): 6-12.
- [9] JOSANG A. A logic for uncertain probabilities [J]. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems, 2001, 9(3): 279.
- [10] 李俊青,李元振.基于贝叶斯网络的时间感知的P2P信任管理模型[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(23): 5971-5975.
- [11] 吕上,郭玉翠,左赛哲. P2P网络中考虑交易时间间隔的信任管理模型[J]. 软件, 2011, 32(5): 41-44.
- [12] CHANG E, THOMSON P, DILLON T S, et al. The fuzzy and dynamic nature of trust [C]// INDIN 2005: Proceedings of 3rd International Conference on Industrial Informatics. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2005: 161-174.
- [13] SONG S, HWANG K, ZHOU R. Trusted P2P transactions with fuzzy reputation [J]. IEEE Internet Computing, 2005, 9(6): 24-34.