

基于确定性理论的P2P系统信任模型

侯孟书, 卢显良, 任立勇, 吴 劲

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】借鉴确定性理论中的不确定推理,提出了一种新的P2P系统信任模型。该模型根据节点的历史交易情况,运用C-F模型计算节点的可信度,节点依据计算结果与可信度高的节点进行交易,在节点间建立信任关系。分析及仿真表明该模型能有效地隔离恶意节点,提高交易成功率。

关键词 对等网络; 确定性理论; 可信度; 推荐

中图分类号 TP393 文献标识码 A

A Trust Model of P2P System Based on Confirmation Theory

HOU Meng-shu, LU Xian-liang, REN Li-yong, WU Jin

(School of Computer Science and Engineering, UEST of China 610054)

Abstract This paper presents a novel global trust model based on confirmation theory. The reputation is calculated by C-F model according to the bartering history, and then the peer decides to download the sharing file from which the peer has good reputation. Analyses and simulations show that the model can discard the malicious peer from peer-to-peer system effectively and improve the rate of successful barter greatly.

Key words peer-to-peer network; confirmation theory; reputation; recommend

由于对等网络(Peer-to-Peer Network, P2P)系统的开放、匿名、用户不为自身的行为担负责任等特点,导致P2P系统的服务质量(QoS)严重下降。更有甚者,一些节点还滥用P2P资源传播广告、病毒等不真实的文件。解决上述问题的一个有效途径就是评定节点的信任等级。目前,P2P系统的信任模型大致分为两类:一是如文献[1-5]介绍的基于局部信息的信任模型,这类模型通过查询有限的节点,然后计算出节点的可信度;二是如文献[6-7]介绍的基于全局信息的信任模型,这类模型通过邻居节点间相互满意度的迭代,获取节点的全局可信度。本文基于确定性理论中的不确定推理提出了一个新的P2P全局信任模型,该模型既克服了基于局部信息信任模型的信息局部性,也克服了基于全局信息信任模型的计算复杂性。仿真实验表明,该模型能有效地隔离欺骗节点,提高交易成功率。

1 确定性理论^[8]

C-F(Certainty Factor, C-F)模型是肖特里菲等人在确定性理论基础上,结合概率论和模糊集合论等方法提出的一种基本的不确定性推理方法。在C-F模型中,知识是用产生式规则表示的,其一般形式为IF E THEN H ($CF(H, E)$),其中 E 是知识的前提条件, H 是知识的结论, $CF(H, E)$ 是知识的可信度,其取值范围是 $[-1, 1]$,

收稿日期:2005-09-10

基金项目:信息产业部电子工业生产发展基金资助项目([2002]1106)

作者简介:侯孟书(1971-),男,博士,讲师,主要从事分布式文件系统、计算机网络、P2P计算等方面的研究。

1], 定义为 $CF(H, E) = MB(H, E) - MD(H, E)$, 其中 MB 称为信任增长度, 表示因为与前提条件 E 匹配的证据的出现, 使结论 H 为真的信任增长度。 MD 称为不信任增长度, 它表示因为与前提条件 E 匹配的证据的出现, 对结论 H 的不信任增长度。在实际应用中 $CF(H, E)$ 的值由领域专家直接给出。在本文中, 节点 E 作为信任的前提条件, 节点 H 作为信任的结果, 则 $CF(H, E)$ 作为节点 E 对节点 H 的信任程度。

2 节点全局可信度

定义 1 设 $CF(H, E) = \frac{S_{HE} - F_{HE}}{S_{HE} + F_{HE}}$ 表示节点 E 对节点 H 的推荐度; S_{HE} 表示在节点 E 看来, 与节点 H 交易成功的次数; F_{HE} 表示在节点 E 看来, 与节点 H 交易失败的次数。当 $S_{HE} = 0$ 时, $CF(H, E) = -1$; 当 $F_{HE} = 0$ 时, $CF(H, E) = 1$, 故 $-1 < CF(H, E) < 1$ 。当 $CF(H, E) < 0$ 时, 表示节点 E 对与节点 H 的交易失败的次数大于成功的次数。如果与 H 交易的多数节点都是失败的次数大于成功的次数, 最终会导致 H 的全局可信度小于 0。

定义 2 设 $CF(H)$ 表示节点 H 的全局可信度, H 的全局可信度是由与节点 H 交易的所有节点的推荐度综合计算得来的。在下文中为叙述方便, 全局可信度简称为可信度。

首先, 从与节点 H 交易的节点中任取两个节点 E_1 和 E_2 , 来计算节点 H 的局部可信度。因为有:

$$CF_1(H) = CF(H, E_1) \times \max\{0, CF(E_1)\} \quad (1)$$

$$CF_2(H) = CF(H, E_2) \times \max\{0, CF(E_2)\} \quad (2)$$

合并式(1)和(2)得:

$$CF_{1,2}(H) = \begin{cases} CF_1(H) + CF_2(H) - CF_1(H) \times CF_2(H) & CF_1(H) \geq 0 \text{ 且 } CF_2(H) \geq 0 \\ CF_1(H) + CF_2(H) + CF_1(H) \times CF_2(H) & CF_1(H) < 0 \text{ 且 } CF_2(H) < 0 \\ [CF_1(H) + CF_2(H)] / [1 - \min\{|CF_1(H)|, |CF_2(H)|\}] & CF_1(H) \text{ 与 } CF_2(H) \text{ 异号} \end{cases}$$

如果还有与节点 H 交易的节点, 例如节点 E_3 , 则将 $CF_{1,2}(H)$ 与 $CF_3(H)$ 合并, 依次进行下去, 直到全部合并为止。最后得到节点 H 的可信度。

定义 3 信任度 $T_{HE} = \alpha CF(H, E) + (1 - \alpha) CF(H)$ 表示节点 E 对节点 H 的信任度, 其中 $0 < \alpha < 1$ 。当 $\alpha = 0$ 时, $T_{HE} = CF(H)$ 表示节点 E 对 H 的信任仅仅取决于其他节点的意见; 当 $\alpha = 1$ 时, $T_{HE} = CF(H, E)$ 表示节点 E 对 H 的信任取决于自己交往的历史, 而不考虑其他节点的意见。一般说来, 设定 $\alpha = 0.5$ 。

3 节点可信度的计算

可信度的计算分两步完成。第1步是在交易完成后, 节点将推荐度写入P2P系统中的某些节点; 第2步是在系统中的节点收到推荐度后, 根据C-F模型计算节点的可信度。可信度的具体计算步骤如下。

$$1) CF(H, E) = \frac{S_{HE} - F_{HE}}{S_{HE} + F_{HE}} \quad // \text{节点 } H \text{ 和节点 } E \text{ 交易完成后, 节点 } E \text{ 计算对 } H \text{ 的推荐度;}$$

Put(Hash(ID_H), $CF(H, E)$) // 节点 E 将对 H 的推荐度写入以 Hash(ID_H) 为路径位置的节点上。

2) FOR 所有与 H 交易的节点 I ,

$CF(E_i) = \text{Get}(\text{Hash}(ID_{E_i}))$ // 获得 E_i 的可信度;

$CF_i(H) = CF(H, E_i) \times \max\{0, CF(E_i)\}$ // 计算节点 E_i 对节点 H 可信度的影响。

IF($CF_i(H) >= 0$ && $CF(H) >= 0$),

$$CF(H) = CF_i(H) + CF(H) - CF_i(H) \times CF(H)$$

ELSE IF ($CF_i(H) < 0$ && $CF(H) < 0$)

$$CF(H) = CF_i(H) + CF(H) + CF_i(H) \times CF(H)$$

$$\text{ELSE } CF(H) = [CF_i(H) + CF(H)] / [1 - \min\{|CF_i(H)|, |CF(H)|\}]$$

ENDFOR

由于节点的每次交易都触发可信度计算, 增加了节点负担, 从而影响P2P系统的性能。在实际应用中, 可引入可信度生命期, 只有当节点的可信度超过了设定的生命期时才进行可信度计算, 从而降低计算量,

提高工程可行性。

4 试验结果

为分析所提出的信任模型,本文建立了仿真环境。仿真的应用场景是文件共享,即节点通过一定的策略查找所需文件,并从所有声称拥有该文件的节点中选择可信度高的节点下载该文件。

首先,比较不同规模的欺骗节点对引入信任模型的RP2P系统(Reputation P2P System)和没有引入信任模型的NP2P系统(No-Reputation P2P system)的影响。比较结果如图2所示。从图中可以看出,随着欺骗节点的增加,引入信任模型的P2P系统的下载成功率仍然维持在一个较高的水平,即使欺骗节点达到50%,其下载成功率仍然接近80%。而没有引入信任模型的P2P系统下载成功率较低,当欺骗节点达到50%时,其下载成功率仅仅接近25%。其次,为了了解欺骗节点与P2P系统中交易数量的关系,需进行如下仿真实验。设欺骗节点占整个P2P系统的20%,P2P系统共进行10 000次查询;平均每10 min完成200次查询,查询在50 min内完成;每次查询仅引起一次交易,交易总数为10 000。仿真实验结果如图3所示。从图中可以看出,随着时间的推移,欺骗节点的交易数量下降很快。这是因为系统刚刚建立时,只有发起节点的信任度为1,其它节点的信任度为-1,节点交易有较大的盲目性,给欺骗节点以可乘之机,随着P2P系统的发展,信任模型逐渐建立起来,导致欺骗节点的交易数量急剧下降,达到了从P2P系统中隔离欺骗节点的目的。

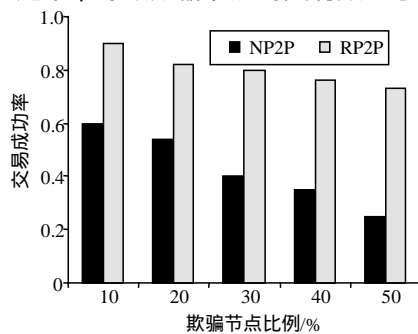


图2 交易成功率随欺骗节点的变化情况

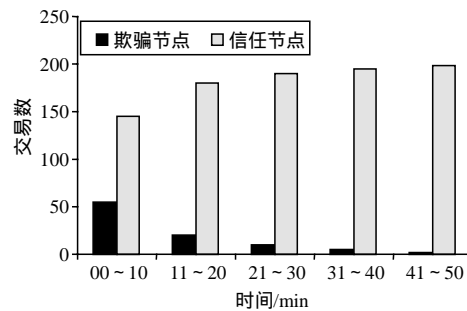


图3 交易数随时间变化的情况

5 结论

本文针对P2P系统中的信任问题提出了基于确定性理论信任模型。在该信任模型中,根据确定性理论的C-F模型来计算节点的可信度,节点根据提供查询结果的节点可信度来决定是否交易。通过分析和仿真说明,该模型能有效提高交易成功率,隔离欺骗节点。

参 考 文 献

- [1] Aberer K, Despotovic Z. Managing trust in a peer-2-peer information system[C]. In Ninth International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM), Atlanta, 2001
- [2] Damiani E, Vimercati D, Paraboschi S, et al. A reputation-based approach for choosing reliable resources in peer-to-peer networks[C]. In 9th ACM Conference on Computer and Communications Security, Washington DC, 2002
- [3] Clip2 Company. Gnutella. <http://www.clip2.com/gnutella.html>, 2004-08-15
- [4] Cornelli F, Damiani E, Vimercati D, et al. Choosing Reputable Servents in a P2P Network[C]. In Proc. of the 11th Int'l WWW Conference. Honolulu, 2002
- [5] Lee S, Sherwood R, Bhattacharjee B. Cooperative peer groups in NICE[C]. In IEEE Infocom., San Francisco, 2003
- [6] Kamvar S D, Schlosser M, Garcia M H, Eigenrep: Reputation management in p2p networks[C]. In Proc. of the 12th Int'l WWW Conference, Budapest, 123-134
- [7] 窦文. 信任敏感的P2P拓扑构造及其相关技术研究:[博士学位论文][D]. 长沙:国防科学技术大学, 2003
- [8] 王万森. 人工智能原理及其应用[M]. 北京:电子工业出版社 2000

编辑 熊思亮