一种面向软件服务的信任评估方法

曲永花[1,2], 窦万峰[1,2], 徐育雄[1,2]

(1.南京师范大学 计算机科学与技术学院, 江苏 南京 210097;
2.江苏省信息安全与保密工程研究中心, 江苏 南京 210097)

[摘要] 由于分布式系统没有授权的控制中心, 对系统中可信的软件服务的请求存在一定的困难, 需要用可行的方法对软件服务做出客观准确的信任评估. 提出一种符合信任动态性的软件服务的直接信任度评估方法, 引入衰减因子, 使直接信任度在无论有无新的上下文被检测到的情况下都会随时间动态进化. 在对全局信任度更新中同样引入衰减因子, 以体现信任的动态性. 针对推荐信任度评估, 提出一个两级过滤 TLF(Two-Level Filtering)方法, 根据深度阈值和信任程度阈值尽可能减少请求的深度并摒弃危险的推荐, 一定程度上降低了使用软件服务的潜在风险, 同时也节约了信任评估的计算资源.

[关键词] 信任评估, 两级过滤, 软件服务
[中图分类号] TP393 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2010)02-0063-05

A Method of Trust Valuation for Software Service

Qu Yonghua[1,2], Dou Wanfeng[1,2], Xu Yuxiong[1,2]

(1. School of Computer Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;
2. Jiangsu Research Center of Information Security & Privacy Technology, Nanjing 210097, China)

Abstract Without any authorized control centers in the distributed systems, the difficulties always exist for requesting trusted software service. It needs a feasible method to make an objective and accurate assessment for software service. In this paper, a direct trust valuation method that meets the dynamic nature of trust in the software service is proposed. The method computes the trust degree by introducing an attenuation factor that makes the direct trust of a software service evolve dynamically with time no matter how a new case in the context is detected. Similarly, this attenuation factor is also used to compute the global trust to adjust the dynamic change of the trust. For indirect assessment of trust, a method of two-level filtering is suggested which cuts down the request depth and dangerous recommendation according to the threshold of depth and trust. To a certain extent, the method reduces the potential risk of the use of software services and saves the computing resources of the trust valuation at the same time.

Key words trust evaluation; two-level filtering; software service

随着 Internet的普及, 计算机网络由原来的静态的较封闭性的结构, 逐渐发展为具有高度动态性、协作性、开放性的分布式网络结构[1]. 加入到网络中的用户可相互共享文件. 提供各种服务等, 提高了网络资源的利用, 极大发挥了网络服务的优点. 但正是由于网络用户的不确定性和分布性等特点, 使得网络中各用户之间交互的安全稳定有一定的困难. 分布式网络服务与人类社会有很大的相似性, 因此可以借鉴人类社会中存在的信任体系, 在多个服务可选的情况下, 选择信任值高的服务进行交互.

1 相关工作

由于分布式网络中服务提供等应用逐渐增加, 加之分布式网络开放性的特点, 暴露出网络服务低效率、低安全等种种问题, 需要采用准确高效的方法对提供的服务做出可信评估. 近年来, 众多国内外专家学者针对分布式网络中的信任评估, 使用不同的数学方法和工具进行了大量研究[2-4].

收稿日期: 2009-11-20
基金项目: 江苏省高校自然科学基金(07KJD52112).
通讯联系人: 窦万峰, 博士后, 副教授, 研究方向: 协同软件开发、计算机支持的协同工作等. E-mail: douwanfeng@njnu.edu.cn

Florina[5]等人提出的 PTM 采用改进的证据理论进行建模,信任推导和进化的规则体现了一种严格的惩罚性,使得信任值得到困难、失去容易,但文中没有给出直接信任度的计算方法,并且对实体间的每一次交互都要进行一次信任评价,增大了系统的负荷. 文献[6]对信任评估中的直接信任的计算引入了时间因子,体现了信任的动态性,对推荐节点集合使用计算平均距离的方法进行了过滤,但文中实体间每次交互的结果只分为成功(1)和失败(-1)两种,不符合信任主观模糊性的特点,交互结果应当有程度之分,不能简单地认为成功或失败,且推荐实体的过滤方法计算较为复杂. 徐锋[7]等人将信任抽象成一个由信任评估主体对客体的主观期望和客观经验共同作用的函数,并提供了一个合理的方法用于综合直接经验和第三方推荐经验,是一个较完整的评估模型,但缺少对时间因素的考虑,使得模型中的信任评估缺少必要的动态性. 文献[8]引入局部和全局名誉表,解决了冒名、协同作弊等问题,但在交易的结点查询中没有考虑有效的查询方法和时间因素. 李小勇[9]等对直接信任评估中加入了时间衰减函数,但衰减函数的计算实际缺少"时间"的因素,只和"交互次数"相关,即衰减函数是交互次数的函数,当实体间在长时间内没有进行交互,则计算公式中的时间因子不起作用,而信任值在一段时间后,无论实体间有无交互都应当变化. 徐文栓[10]等人在信任关系的度量中考虑了多种相关因素,集成了信誉和风险分析机制,但对推荐信任的计算只是简单的算术平均,不能抵御恶意推荐,也没有考虑无交互情况下的信任的变化,不符合信任的动态性.

针对上述问题,本文提出符合信任动态性的软件服务的直接信任度评估方法,引入基于时间的衰减因子,使直接信任度在无论有无新的上下文被检测到的情况下都会随时间动态进化. 对全局信任度的更新同样引入衰减因子,进一步体现信任的动态性. 针对间接信任度评估,提出两级过滤 TLF(Two-Level Filtering)原则,根据深度阈值和信任程度阈值尽可能减少请求的深度,并摒弃危险的推荐,从路径的查询以及推荐实体的过滤两方面来抵御恶意推荐实体,一定程度上降低了使用软件服务时可能遭遇的潜在风险,同时也节约了计算及存储资源.

2　信任度的计算

信任是一个很难严格定义的概念,在不同的环境里会有不同的表述,各研究学者也没有达成统一的概念. 有的研究强调上下文相关性[11],认为"于某服务 X,一个实体 A 对实体 B 的信任是一种可测量的 A 对 B 在一定时期内,一定相关内容上(和服务 X 相关)的行为的信任". 有的则强调动作的影响性[12],认为"…信任是对 agent执行某种动作的概率的特殊反映,这种动作和内容会影响我们的行为…". 本文认为信任是表现出对一定时间、上下文中对提供服务方的诚实、可信、能力、可靠性等的主观期望. 在网络环境中,加入其中的每一个计算机实体,它提供服务(主体)或从其他计算机实体(客体)获得服务.

2.1　直接信任度计算

实体间的直接信任度是在一段时间内两个交互实体的交互经验的评估. 许多文献对交互结果单一地评价为满意(值为 1)和不满意(值为 0),这不能表现评价的主观模糊性,它的值有可能是介于 0和 1之间的其他值,表示满意和不满意的程度.

两实体在计算直接信任度前,对每次交互结果的评价 e_k 称为交互印象,表示两实体一次交互中主体对客体的服务的满意程度. 不同的主体,由于自身原因,可能对相同的服务存在不同的交互印象.

首先要设定交互时间限制 H,表示经过时间 H 进行一次直接信任度的评价. 在时间段 H 内两实体的交互记录可表示为 $\{e_1, e_2, e_3, \cdots, e_h\}$,其中 h 表示交互次数,e_k $(1 \leqslant k \leqslant h)$ 表示每一次的交互印象,$0 \leqslant e_k \leqslant 1$,$e_1$ 是在时间段 H 内最早的交互印象,e_h 是时间段 H 内最后一次的交互印象. 假设两个实体 X 和 Y,X 使用 Y提供的服务,根据人们的行为习惯,在 X 与 Y的交互过程中,随着时间的流逝,实体 X 比较信任最近的交互印象,因而在计算直接信任度时,对最近的交互印象采纳较大的权重. 本文用衰减因子 δ_k来表示对交互印象的采纳程度,也称为采纳权重:

$$\delta_k = \frac{1}{1 + \frac{t - t_k}{s}}, \quad 1 \leqslant k \leqslant h. \tag{1}$$

式中,t_k表示实体 X 和实体 Y第 k次交互时的时间,t表示当前时间,s表示衰减速率因子,与具体的应用环

境有关, 可以看出衰减因子与交互时间到当前评价时间的时间间隔成反比.

两实体的直接信任度 T_d 可用以下公式来计算:

$$T_d = \begin{cases} \sum_{k=1}^{h} \delta_k \cdot e_k / h, & h \neq 0 \\ 0, & h = 0 \end{cases} \tag{2}$$

2.2 推荐信任度计算

当两个实体之间没有直接交互经验时, 主体要通过其他实体的推荐得到关于客体的服务信息.

在图 1中, 实体 X 要使用 Y提供的服务, 但 X 没有关于 Y的直接信息, 要通过其他实体如 B、D 的推荐, 才能对 Y有所了解, 从而决定是否信任 Y, 进而决定是否使用其提供的服务. 在每条推荐路径上都存在多个推荐者, 只有和服务提供者 Y有直接交互的实体 (称为最终推荐实体, 如图 1中的 G_i, $i = 1, 2 \cdots m$), 才有"真正的"资格对服务请求者 X 提供推荐. 因为在实体 G_i (最终推荐实体) 与 Y 的直接交互中, G_i所请求的服务与主体 X 所请求的服务是同类型服务, 而推荐路径上的其他推荐者均不是针对此类服务做出的推荐, 否则请求者可以直接请求推荐者拥有的服务, 与推荐者进行直接交互.

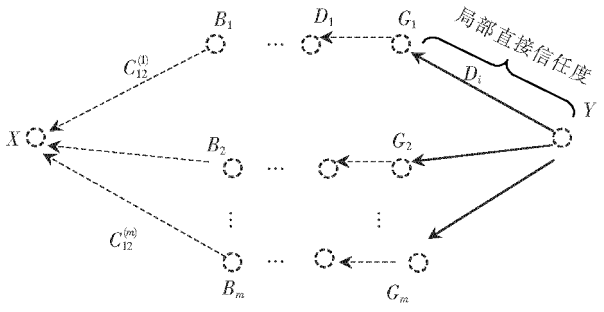

图 1 推荐信任

Fig.1 Recommended trust

据此可以把每条推荐路径上的实体间的交互经验分为两类: 一类是最终推荐实体与服务提供者交互得出的局部直接信任度, 用 D_i ($1 \leqslant i \leqslant m$) 表示; 另一类是路径上推荐实体之间的推荐采纳值 $C_{pl}^{(i)}$, 表示推荐实体 p 对被推荐实体 l的推荐值的采纳程度, 其中 $1 \leqslant p \leqslant n-1$, $l = p+1$, 也称 $C_{pl}^{(i)}$ 为采纳因子[7]. 目标就是综合每条推荐路径上的这些采纳因子, 以确定对局部直接信任的采纳程度, 最后综合各条路径, 计算出全局推荐信任值.

在求取全局推荐信任值时, 本文提出两级过滤原则 TLF(Two-Level Filtering). 第一级过滤是设定请求推荐深度 L. 服务请求者要想获得推荐, 首先得向推荐者发出请求, 当请求者向邻居结点请求推荐时, 其请求推荐的深度是 1, 查看请求深度达到预设的值 L 时的推荐者, 若此实体还不是最终推荐实体时, 则丢弃此条推荐路径链. 这样可以避免不必要的计算开销, 节约计算资源, 提高计算速度. 第二级过滤是仿照现实生活中人际交往的信任情况, 对每条通向最终推荐实体的路径, 其中若某个实体对后继实体的采纳程度低于可承受的信任阈值 β (β根据不同的主体或不同的应用环境, 可自行规定其值), 则丢弃从这个实体之后的推荐路径, 有效地降低请求的风险.

经过两级过滤之后, 首先计算单条推荐路径上的综合采纳因子:

$$C^{(i)} = \sqrt[n]{\prod_{p=1}^{n-1} C_{pl}^{(i)}} \cdot \rho_i, \quad i = 1, 2, \cdots m, \quad l = p+1. \tag{3}$$

式中, $C_{pl}^{(i)}$ 表示第 i条推荐路径上当前推荐实体 p 对它的后继实体 l的采纳因子. $\rho_i = \dfrac{C_{12}^{(i)}}{\sum_{j=1}^{m} C_{12}^{(j)}}$, 表示对第 i条路径的综合采纳因子的权重, $C_{12}^{(i)}$ 表示主体 (即服务请求者) 的邻居结点. 主体对直接交互经验有更大的把握, 对这些交互经验会择优选取, 对单条推荐路径的综合采纳因子加权, 有效避免了路径上的虚假推荐.

单条推荐路径的推荐信任值 (即局部推荐信任值) R_i 按下式计算:

$$R_i = C_i \cdot D_i, \quad i = 1, 2, \cdots, m. \tag{4}$$

式中, C_i 等价于 $C^{(i)}$, 说明对于单条推荐路径上的最终推荐实体, 对服务提供者的直接信任度的采纳程度是 C_i.

则 m 条推荐路径的信任值 (即全局推荐信任值) T_R:

$$T_R = \sum_{i=1}^{m} C_i \cdot D_i / m. \tag{5}$$

2.3 信任度综合计算

在整个网络中,为了对其中的某个实体进行较全面的信任评价,不仅考虑其他实体对此实体的直接交互经验,也要参考其他推荐实体对此实体的推荐交互经验.因此本文采取直接信任度和推荐信任度综合评价的全局信任度计算:

$$T = \omega_1 T_d + \omega_2 T_R, \quad \omega_1 + \omega_2 = 1, \tag{6}$$

式中, ω_1和 ω_2分别是对直接信任值和推荐信任值采取的权重.如果一个实体比较自信,不太相信推荐的信任评价,则会相应设置 $\omega_1 > \omega_2$;若实体不太自信,则可能会设置 $\omega_1 \leqslant \omega_2$.

3 信任度的更新

服务请求者和服务提供者交互后,需要对服务提供者进行信任度的更新,以表示对服务提供者最近时期的信任情况.对实体的全局信任度更新如下:

$$T_{new} = \alpha T_{old} \cdot \eta + (1 - \alpha) T_{in}, \tag{7}$$

式中, T_{new}是实体交互之后更新的信任度; T_{old}是实体交互之前旧的信任度; T_{in}是交互时新增加的信任度,即在一定时间段内实体间新的交互得到的信任值; α是学习比率, $0 \leqslant \alpha \leqslant 1$; $\eta = \delta_{ik}$体现了对原信任值的衰减.当实体间新的交互数为 0时,即新增加的信任值为 0时,全局信任值也是自动进化更新的.在相当长的时间内如果实体间没有交互经验,信任的衰减降低至某一可承受阈值,说明此值对评价实体不再起有力贡献,则丢弃对此信任值的存储以节约存储资源.

4 结语

本文对网络软件服务的信任度计算进行研究,仿照人类社会中的信任特点,考虑到实体间信任值随时间衰减的特性,增加了有效的衰减因子,使信任值符合“时间越久,越不可信”的特点,其中包括无交互时的情况,只要时间流逝,信任值就随之降低,充分体现了信任的动态性特点.在推荐信任的计算方面,提出两级过滤的方法,尽可能摒弃对请求服务存在潜在危害的推荐路径,综合推荐信任值时不是用简单的算术平均,而是根据人们一般更相信自己的直接交互信息来设置权重,一定程度上提高了推荐实体的查找效率,同时降低了获得恶意服务的风险.信任的更新通过设置衰减因子 η保证了整个网络实体信任的实时动态性,用户及时获得最近的信任信息,从而获得较准确的信任评价.下一步的研究工作将考虑对分布式系统中的实体增加有效的激励机制,鼓励实体提供正确的信任评价,以及将软件服务评价的计算和决策进行结合,扩大其应用等.

[参考文献] (References)

[1] 徐光佑,史元春,谢伟凯. 普适计算[J]. 计算机学报, 2003, 26(9): 1 024-1 050.
Xu Guangyou, Shi Yuanchun, Xie Weikai. Pervasive/ubiquitous computing[J]. Chinese Journal of Computers, 2003, 26(9): 1 042-1 050. (in Chinese)

[2] Blaze M, Feigenbaum J, Ioannidis J, et al. The role of trust management in distributed systems security[C]//Secure Internet Programming: Issues for Mobile and Distributed Objects. Berlin: Springer-Verlag, 1999: 185-210.

[3] Beth T, Borcherding M, Klein B. Valuation of trust in open network[C]//Proceedings of the European Symposium on Research in Security (ESORICS). Brighton: Springer-Verlag, 1994: 3-8.

[4] 史磊. 基于用户兴趣和模糊性的 P2P信任机制研究[D]. 大连: 大连理工大学计算机科学与技术学院, 2007.
Shi Lei. Research on trust mechanism based on user interest and fuzziness in peer-to-peer environment[D]. Dalian: School of Computer Science and Technology, Dalian University of Technology, 2007. (in Chinese)

[5] Ahennarez F, Marin A, Campo C, et al. PTM: A pervasive trust management model for dynamic open environments[C/OL]//Proc of the 1st Workshop on Pervasive Security, Privacy and Trust. Boston, 2004. http://jerry.c-lab.de/ubisec/publications/PSPT04_PTM.pdf

[6] 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.
Wu Peng, Wu Guoxin, Fang Qun. A reputation-based trust model based on probability and statistics for P2P systems[J]. Jour-

nal of Computer Research and Development, 2008, 45(3): 408-416. (in Chinese)
[7] 徐锋, 吕健, 郑玮, 等. 一个软件服务协同中信任评估模型的设计[J]. 软件学报, 2003, 14(6): 1 043-1 051.
Xu Feng, Lü Jian, Zheng Wei, et al. Design of a trust valuation model in software service coordination[J]. Journal of Software, 2003, 14(6): 1 043-1 051. (in Chinese)
[8] 张春瑞, 江帆, 徐恪. 面向对等网络应用的信任与名誉模型[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2005, 45(10): 1 436-1 440.
Zhang Chunrui, Jiang Fan, Xu Ke. P2P-oriented trust and reputation model[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology Edition, 2005, 45(10): 1 436-1 440. (in Chinese)
[9] 李小勇, 桂小林. 可信网络中基于多维决策属性的信任量化模型[J]. 计算机学报, 2009, 32(3): 405-415.
Li Xiaoyong, Gui Xiaolin. Trust quantitative model with multiple decision factors in trusted network[J]. Chinese Journal of Computers, 2009, 32(3): 405-415. (in Chinese)
[10] 徐文栓, 辛运帏, 卢桂章, 等. 普适计算环境下信任管理模型的研究[J]. 计算机科学, 2009, 36(2): 103-106.
Xu Wenshuan, Xin Yunwei, Lu Guizhang, et al. Research on the trust management model for pervasive computing[J]. Computer Science, 2009, 36(2): 103-106. (in Chinese)
[11] Olmedilla D, Rana O, Matthews B, et al. Security and trust issues in semantic grids[C]//Proceedings of the Dagstuhl Seminar: Semantic Grid: The Convergence of Technologies, 2005.
[12] Alfarez R, Stephen H. Supporting trust in virtual communities[C]//Hawaii International Conference on System Sciences 33. Hawaii: Maui, 2000: 453-455.

[责任编辑: 严海琳]