

文章编号:1001-9081(2009)03-0652-03

一种基于信誉的双向选择机制

张国华,黄烟波

(中南大学 信息科学与工程学院,长沙 410083)

(zhangguohua1984@yahoo.com.cn; ybhuang@csu.edu.cn)

摘 要:针对 P2P 网络中信誉模型公平性有所欠缺,节点不能很好被激励的问题,提出一种基于信誉的双向选择机制 BDS_R。BDS_R 同时给予请求节点、服务节点选择的权利,以刺激节点积极贡献优质资源、提高交易成功率。实验结果表明,以信誉为基础的双向选择机制具有较高的成交率,在避免网络资源浪费、减少网络流量开销、激励节点方面起到了一定的成效。

关键词:P2P; 信誉; 双向选择; 激励机制

中图分类号: TP393.08 **文献标志码:** A

Bi-directional selection mechanism based on reputation

ZHANG Guo-hua, HUANG Yan-bo

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: A bi-directional mechanism, BDS_R, was proposed to deal with the deficient fairness and low effectiveness in trust model. The BDS_R mechanism granted the selection freedom to the request peer and service peer for providing better services actively and increasing the transaction success rate. Experimental results show that: bi-directional selection mechanism based on trust has higher transaction success rate, and better performance in avoiding network resource waste, reducing network flow, and motivating peers.

Key words: P2P; trust; bi-directional selection; incentive mechanism

0 引言

P2P 网络在协同工作、分布式信息共享、大规模并行计算等方面显示出的独特优势,使其成为 Internet 中最重要的应用系统之一,但其自身特性也带来了缺陷:一是,P2P 系统无中心化的结构使其只能依赖于节点之间的合作,但合作会消耗自身资源降低性能,所以每个节点都试图最大化自身利益,最小化自身资源消耗;二是,所有节点都能充当服务节点,共享资源,当其中混有恶意节点时,P2P 服务的可靠性得不到保证。

目前针对这两方面问题的研究主要集中在如何建立有效的激励机制上,也就是将节点对网络的贡献与其网络收益相联系,使对系统贡献大的节点相对于贡献少的节点更容易得到丰富的资源。但其自组织、无中心集中管理的特性同样也造成了激励机制实施困难,如何构建及量化激励机制,鼓励节点直接或间接互惠,促进节点合作等依然是目前需不断研究探讨的问题。文献[1]提出的基于直接互惠的激励机制,简单易行,但每个节点对其他节点历史信息的维护仅存在于一次或有限几次 session 中;文献[2]提出的基于分数的激励机制,鼓励空闲用户转发资源,提供资源和收益之间的间接映射,利于资源积极传播,但无法促使那些已经获得预期服务质量的节点进一步贡献资源;基于信誉值迭代的激励机制^[3-6]把节点的信誉值分布式存放在其他节点的历史记录中,避免了文献[1]中的问题,但节点间共享交易记录、信誉值等带来了大量的网络开销,同时容易导致高信誉节点形成 hot-spot,低信誉节点闲置带宽,造成网络负载不均衡。另外,由于 P2P

系统中节点具有双重身份,现有激励机制认为考虑一种身份即可代表每个节点,通过服务节点拒绝提供服务就可刺激节点积极共享优质资源提高信誉度,因而都只从服务节点的角度出发,而忽略了请求节点因要求服务种类不同而具有不同要求,并不是有供必求,同等对待必对请求节点有欠公平,同时也给恶意节点提供了 white washing 的机会。

针对上述问题,本文提出了一种基于信誉的双向选择机制 BDS_R,根据节点的信誉提供不同的服务质量,考虑请求节点的内在要求,同时给予服务节点、请求节点双向选择的权限,刺激节点贡献资源,提高信誉保持信誉。

1 基于信誉的双向选择机制 BDS_R

本文采用分布式 Hash 的方法存放节点的历史记录,为描述方便,以共享资源为例来进行相关说明。

定义 1 如果节点 l 为节点 i 提供了资源,称节点 l 为节点 i 的服务提供者。

定义 2 如果节点 l 计算且存储节点 i 信誉值,称节点 l 为节点 i 的档案点。

定义 3 五元组 $R_i = (T_i, ID_i, ID_j, E, Q_i)$ 是节点 i 的档案点 l 的属性集,其中: T 是节点 i 信誉值; ID_i 是提供服务的节点 ID; ID_j 是从 i 处下载了资源,提交服务评价的节点 ID; E 是具体的服务评价; Q_i 为节点 i 对本次交易的确认。

定义 4 三元组 $P^i = (w^i, livetime^i, p_i^i)$ 是节点 i 的属性集,其中: w^i 是节点 i 此时拥有的空闲带宽; p_i^i 是节点 i 提供服务时要求请求节点信誉达到的最低门限值; $livetime^i$ 是节点 i 的在线时间,根据软件系统自动记录的在线时长与上线

收稿日期:2008-09-25;修回日期:2009-01-08。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60673164)。

作者简介:张国华(1984-),女,湖南常德人,硕士研究生,主要研究方向:P2P 算法、P2P 信誉机制; 黄烟波(1959-),男,湖南邵阳人,教授,主要研究方向:网络安全、P2P 网络。

次数计算得出,其计算公式如下:

$$livetime^i = uptime/time \quad (1)$$

1.1 基于双向选择的服务过程

搜索到符合要求的资源后,如何根据实际情况对服务进行过滤完成客户请求,即是本文解决的主要问题。本文采用基于信誉值的双向选择服务机制,一方面以获得更优的服务,另一方面给予节点不同的待遇,利于对节点起到激励与惩罚的作用。

一次典型的服务过程如下:

1) 资源请求节点 A 通过资源搜索算法,得到提供资源的节点列表集 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, 给 B 中各节点发送消息请求服务。

2) B 中的节点,如果此时拥有的空闲带宽 $w^{b_i} (1 \leq i \leq n)$ 为零,发送忙等信号。 A 等待一个时间周期 T 后,再向 B 发送请求消息,当请求次数达到一定阈值仍未得到响应时,放弃请求;当某节点的 $w^{b_i} (1 \leq i \leq n)$ 不为零时,则向请求节点 A 的档案点提交信誉查询请求,得到反馈后,根据服务节点响应选择机制决定是否响应 A 的请求,得到服务节点响应列表 B' 。

3) 若 B' 中节点个数 $|B'| < r (0 \leq r \leq n)$, 说明资源为热门资源,请求节点较多,空闲带宽较少;或自身信誉相对较低,愿意提供资源的服务节点较少。为了满足需求,请求节点别无选择,直接发送连接请求,获取资源。若 $|B'| \geq r (0 \leq r \leq n)$, 说明响应请求的节点较多,请求节点为了提高所获资源的正确性与有效性,选择较好的服务提供者,向 B' 中各节点的档案点提交信誉查询请求,接受反馈。

4) A 根据请求节点选择机制选出信任的节点集 B'' , 发送连接请求获取资源,且附送 A 公钥。

5) 服务结束后, A 根据对节点 $b_i (1 \leq i \leq n)$ 提供服务的满意程度生成评价信息,用自己的私钥加密,进行数字签名后提交给 b_i 的档案点,以防止节点恶意攻击,无交易行为的节点给档案点发送虚假评价信息造成信誉失真。

6) 接收到评价信息的档案点向对应节点发送服务确认请求,即提取 A 公钥,得到公钥后,对其评价信息的数字签名进行验证,检测是否存在交易行为。若存在,本次交易的确认值 Q_i 置为真,根据评价信息更新信誉值。

交互过程如图1所示。

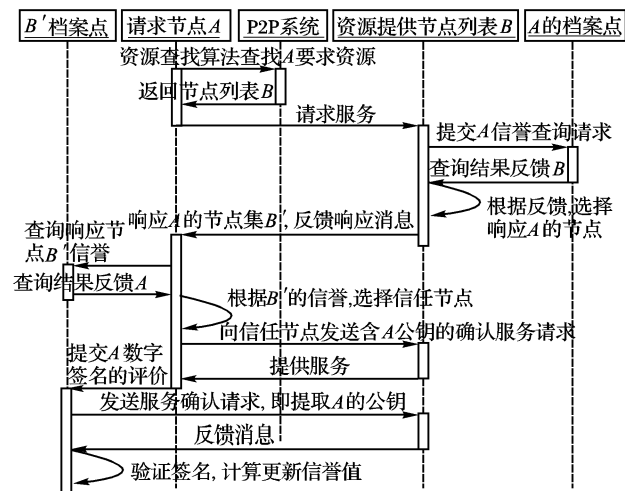


图1 基于双向选择的服务过程

1.2 服务节点响应选择机制

为了使系统资源更好地传播,并对节点起到激励惩罚作用,服务节点选择信誉较好的节点提供服务。

当服务提供者 b 收到节点 A 的请求后,根据 A 的信誉值大小计算提供服务的响应概率 P 。概率 P 应具有如下性质:节点 A 的信誉值 T 越低,它的请求就越容易被服务节点拒绝,即 P 是 T 的单调递增函数。本文采用式(2)的分段函数确定不同情况下的 P 值。

$$P = \begin{cases} 1, & T_A \geq T_b \\ \frac{\ln \frac{1}{1-T_A} - \ln \frac{1}{1-p_l^b}}{\ln \frac{1}{1-T_b} - \ln \frac{1}{1-p_l^b}}, & p_l^b \leq T_A < T_b \\ 0, & T_A < p_l^b \end{cases} \quad (2)$$

当 T_A 大于 T_b , 以概率 1 响应 A , 即 A 的信誉高于 b 时, b 积极提供资源,因为向比自身信誉高的节点提供服务,能更快地提升自己的信誉,类比人类社会中,人们总是希望获取比自己地位高的人的好评从而快速提升自己地位。当 T_A 低于服务提供者的最低门限值 p_l^b 时, b 将 A 的请求包丢弃,不响应,所以此时 A 因信誉值过低得不到服务。为了能获得所要资源, A 必将通过积极参与网络活动,提高信誉值。当 T_A 介于两者之间时,本文利用式(2)计算出响应 A 的概率 P 。当 $T_A \rightarrow T_b$ 时 $P \rightarrow 1$, 当 $T_A \rightarrow p_l^b$ 时 $P \rightarrow 0$, 即根据节点的信誉值提供不同的待遇来刺激节点提高自身信誉值。流程如图2所示。

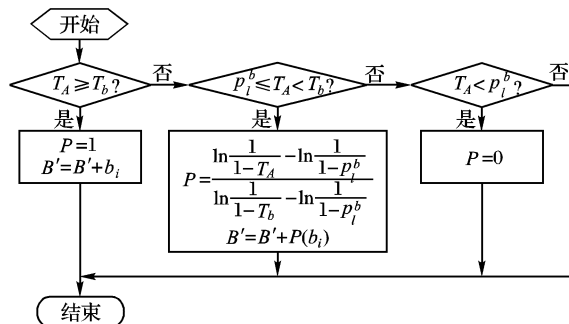


图2 服务节点响应流程

为了避免 white washing 问题,对新节点采用惩罚机制,其初始信誉赋值为 p_l , 使其不能一开始就享受较好的服务,必须通过贡献资源而增加其信誉值;且信誉度较低,被请求节点筛选掉的概率较大,减缓了节点通过提供服务提高信誉的速度,间接刺激节点不敢降低信誉值。

1.3 请求节点选择机制

对于不同的请求节点,因各自内在要求不同,其关心的服务质量属性必存在差异,如果有供即求,同等对待不能保证得到的服务满足其需求,造成对请求节点的不公,且容易让恶意节点钻空提升信誉。因而,当有多个节点响应交易请求时,本文提出了一种新的基于信誉度的选择算法,较以往不同的是选择依据不再只是单纯的机器性能好坏或信誉值高低,而是根据请求节点的内在要求综合考虑响应节点的一系列信息,如信誉值、在线时间、空闲带宽、本地安全策略等,筛选出一组满意的节点进行请求,避免消耗大量网络资源获取的服务不尽人意,同时减少被欺诈的概率。流程如图3所示。图中基数 k 是动态变化的,大小由请求节点的本地安全策略决定,如资源的敏感性、丰富程度、交易大小、重要程度等。若某资源为极敏感资源,如应用软件等,其相关的安全策略可以制定为 $k = 80\%$; 若同时系统中此类资源相当丰富,可以制定 $k = 60\%$ 或设置更低;而对于一般性资源,如电影、音乐等安全要求不是很高且又比较稀少时,安全策略可以制定为 $k = 90\%$

甚至 $k = 95\%$, 依此类推。这样, 在保证获取资源的情况下, 尽可能地提高获得的资源质量。

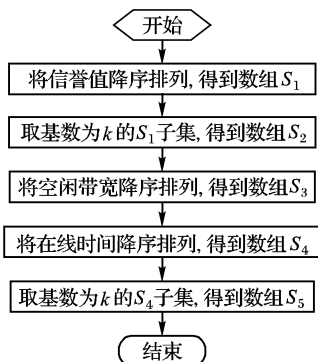


图3 请求节点选择流程

2 实验结果及分析

本文基于斯坦福大学开发的查询周期仿真器^[7]实现了 BDS_R。实验中采用 DHT 方式存储信誉值。同时实现了 EigenRep^[3] 方案和单向信誉选择方案 DS_R。初始设定自私节点、无私节点、恶意节点的比例分别为 70%, 20% 和 10%, 在联合欺诈的攻击模式下, 对 BDS_R、EigenRep、DS_R 方案产生的消息流量和节点的成功请求率进行了比较分析。

图 4 为 500 个周期后 3 种方案的流量统计图, 由图可以看出 3 种方案的网络流量差异很大。在 100 个节点时, 流量比较接近, 随着节点数增多, 差异越来越明显; 到 800 个节点时, EigenRep 由于节点交易、信誉计算以及节点间共享交易记录、信誉等带来了大量的网络流量, 流量高达 774 687, 远远超过了另外两种。基于信誉的单向选择 DS_R 方案, 由于采取了服务节点对低信誉节点拒绝提供服务的惩罚策略, 减少了流量。随节点增多选择余地更大, 拒绝服务的概率更大, 因而上升趋势较 EigenRep 慢。BDS_R 虽信誉计算以及节点间共享交易记录, 信誉等同样会带来网络流量, 但由于每次交互都存在大量的约束条件, 只有双方都满意时才交互, 大大减少了因交易带来的网络流量。

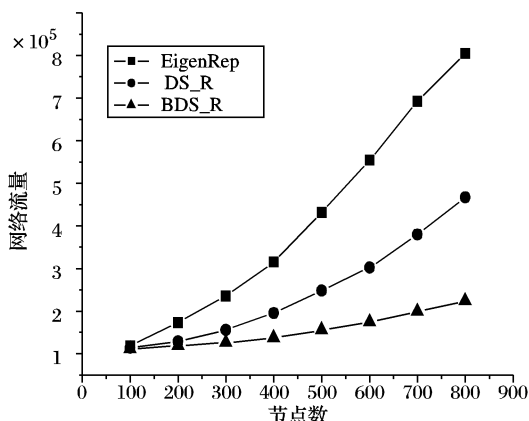


图4 网络流量

成功下载率 (SDR): 如果节点 i 尝试了 λ 次得到了有效文件, 则 $SDR_i = 1/\lambda$, 否则 $SDR_i = 0$ 。令 V_{good} 为某一周期发起请求且收到响应的合作节点集合, 则:

$$SDR = \sum_{i \in V_{good}} SDR_i / |V_{good}| \quad (3)$$

如图 5 所示, BDS_R 的成功下载概率总是高于 EigenRep 和 DS_R, 且稳定于 0.9, 因为本文提出的双向选择机制降低了节点从恶意节点下载文件的可能性。尽管在开始恶意节点未被识别出来, 由于它们总是积极贡献资源, 且不断地接受请

求并给出响应, 在其联合欺骗下, SDR 有所下降。但到 300 周期后, 由于其恶意行为, 导致信誉急速下降, 不再受欢迎, 因而在第 400 个周期时, 三种机制的成功下载率都有较大的提高。但 EigenRep 和 DS_R 中, 由于约束有限, 节点很容易提升信誉, 因而反复作恶, 导致 SDR 曲线成锯齿状且徘徊于 0.7 到 0.8 之间, 不能进一步提高; BDS_R 由于约束条件的限制, 很难在短时间内提高信誉, 信誉提高后也不敢再轻易作恶, 因而波动不大, 保持稳定上升。

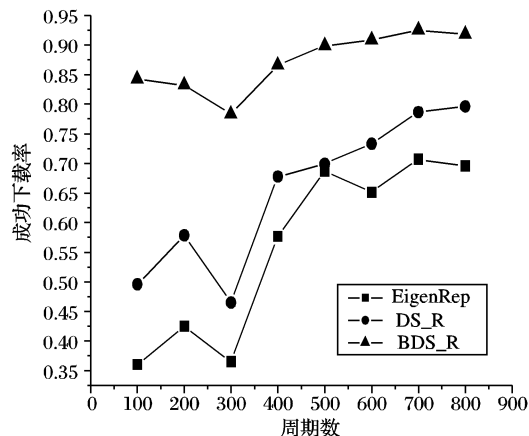


图5 成功下载概率

3 结语

本文提出了一种基于信誉的双向选择机制, 根据节点的信誉提供不同服务质量。考虑进请求节点的内在要求, 保证系统的公平合理。通过服务节点的选择, 避免节点请求集中到信誉最高的节点, 出现服务热点, 形成负载不平衡; 同时有利于在消耗同样网络带宽的条件下, 把资源提供给信誉较好的请求节点, 促进资源传播和减少网络流量消耗。此外对低信誉节点的概率不响应, 也激励节点积极贡献资源提升信誉保持信誉, 有利于网络的良性发展。

参考文献:

- [1] COHEN B. Incentives Build Robustness in BitTorrent[EB/OL]. [2008-09-01]. <http://bitconjurer.org/BitTorrent/bittorrentco-n.pdf>.
- [2] HABIB A, CHUANG J. Incentive mechanisms for peer-to-peer media streaming[C]// Proceedings of International Workshop on Quality of Service 2004. Washington, DC: IEEE Computer Society Press, 2004: 171-180.
- [3] KAMVAR S D, SCHLOSSER M T. The eigentrust algorithm for reputation management in P2P networks[C]// Proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web. New York: ACM Press, 2003: 640-651.
- [4] 肖波, 靳桅, 侯孟书. 基于遗传算法的 P2P 激励机制[J]. 西南交通大学学报, 2005, 40(3): 417-421.
- [5] KAZAA[EB/OL]. [2008-09-01]. <http://www.kazaa.com>.
- [6] BURAGOCHAN C. A game theoretic framework for incentives in P2P systems[EB/OL]. [2008-09-01]. <http://www.csu.csh.e-du/~suri/psdir/incentives.pdf>.
- [7] Stanford P2P Sociology Project[DB/OL]. [2008-09-01]. <http://p2p.stanford.edu/www/demos.htm>.
- [8] 黄冠尧, 洪佩琳, 李津生, 等. 利用双重信誉度抵制 P2P 文件共享系统中的 white washing 现象[J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(10): 1054-1059.
- [9] 路卫娜, 杨寿保, 郭磊涛. 基于信誉感知的网络资源交易机制[J]. 中国科学技术大学学报, 2007, 37(9): 1054-1059.
- [10] 林剑标, 吴慧中. 一种基于 QoS 约束的信任模型研究[J]. 信息与控制, 2007, 36(4): 427-433.