

基于兴趣社群的 P2P 网络节点自治管理方法

蔡诗维, 钟 诚

(广西大学 计算机与电子信息学院, 广西 南宁 530004)

摘 要:随着 P2P 应用领域的扩大及用户群体的迅速扩张, 对 P2P 网络进行节点管理、安全协同是保障其正常运行的重要条件之一。根据 P2P 节点的自组织及自治性与人类社会自治管理的对应关系, 通过设计自组织社群构造算法, 动态配置节点, 给出一种基于兴趣社群的 P2P 网络节点自治管理方法。在 JXTA 平台上的实验结果表明, 所提出的方法改善了 P2P 网络节点的可管理性, 具有良好的自适应性与安全性。

关键词:P2P 网络; 安全; 兴趣社群; 自治管理

中图分类号:TP393.08

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)03-0161-04

A Self-Governing Management Approach in P2P Network Based on Interest Community

CAI Shi-wei, ZHONG Cheng

(School of Computer and Electronics and Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: With the violent expansion of P2P technique application as well as its customer community, peer management and cooperative work become very important to the security running of P2P network. According to the similarity between the self-organization of peer in P2P system and the autonomy of human society, proposes a self-management approach in P2P network based on interest community by designing an algorithm of constructing self-organizing community and deploying dynamically the peers. The experiment result on JXTA platform shows that the proposed approach can improve the feasibility of managing P2P network and obtain good self-adaptation and security.

Key words: peer-to-peer network; security; interest community; self-governing management

0 引 言

随着 P2P 网络技术在互联网上的崛起以及其在文件共享、多媒体播放等众多领域的迅速应用, 使得包括微软、IBM、SUN、惠普等许多著名的公司和企业都投入到对 P2P 技术的研究之中。有人说 P2P 技术将是第三代互联网的基石。

P2P 网络的基本特征是符合小世界 (Small-world) 理论和幂次 (Power-law) 法则^[1]。从狭义上讲, 小世界理论是指: 在一个人群众数众多的社会中, 按照某种方式来建立人与人之间的关系链, 如果平均最短关系链的链长远远小于人群的人数的话, 那么这个人就被认为是一个“小世界”。按照“六度分离”理论, 平均只要通过 5 个人, 人们就能与世界上任何一个

角落的任何一个人发生联系。应用“小世界”现象分析 P2P 网络, 可以得出如下结论: ① 短链效应普遍存在; ② 人们仅使用局部信息就可以发现短链。幂次法则是指大部分个体间的联系发生在极少数的个体之间。幂次法则是复杂系统重要的自组织现象。幂次规律分布在实际网络中体现的含义可以解释为: 网络中少数节点具有较高的“度”, 多数节点的“度”较低, 度数高的节点同其他节点的联系较多, 通过它找到待查信息的概率较高。复杂网络中个体间的非线性互动关系所构成的复杂系统在总体上能呈现简单的形式规则 (自组织现象)。与传统的互联网技术相比, P2P 技术带来的主要变化是网络信息内容从“中心”走向“边缘”, 也就是说内容不是存储在几个主要的服务器上, 而是存储在网络中的各个节点上。P2P 的核心理念是节点间平等, 即普通节点不但具有与可变连接合作的能力, 而且具备一定或完全的自治能力。这种技术一方面调动了“边缘”节点的积极性, 使之重新成为互联网的中心; 另一方面, 由于缺乏对网络自身、用户及内容的有效管理

收稿日期: 2007-06-21

基金项目: 广西科学基金 (桂科基 0575014)

作者简介: 蔡诗维 (1978-), 男, 湖北武汉人, 硕士研究生, CCF 学生会员, 主要研究网络与信息安全; 钟 诚, 博士, 教授, CCF 高级会员, 主要研究网络与信息安全、并行与分布计算。

与监控,使得目前的 P2P 网络陷入了“无政府状态”的困境。在 P2P 网络中,节点具有匿名性与高度的动态性,可以匿名地加入或退出网络,在这种状况下,由于节点间缺乏有效的管理机制,网络中的恶意节点得不到应有的监控与管理,所以通过 P2P 系统传播的病毒扩散速度快、波及范围大、覆盖面广。目前,绝大多数 P2P 网络系统没有从网络整体的角度考虑安全问题的解决,而是将维护安全的责任更多地交给了每一个 P2P 的参与者。但是,P2P 参与者之间没有进行必要的自治协同,P2P 网络存在的安全问题日益严重,传统的基于服务器模式的安全策略在 P2P 网络上也起不到应有的作用。因此,提高 P2P 网络的自治管理与安全能力显得尤为迫切。

Dave Winner 曾经论断 P2P 中的 P 是人(people),而人类现实社会生活中的经验也确实已经有很多被应用在网络上,如 B2C、B2B 都是将现实世界中人们习惯的工作方式、贸易方式移植到互联网上。从人的角度来讲,人类社会存在着一些诸如区域自治、自行管理、社区联防等管理策略。人类社会的区域自治有以下特点:① 自治区域具有自组织、自适应性,具有相同兴趣爱好或从事同类工作的人形成一个社会群体;② 区域内的管理者一般由区域内德高望重或者交际面较广的人来担当;③ 自治区域的安全域普遍采用联防管理策略,即由区域内所属人员有组织地共同维护自治区域的安全;④ 区域最终将发展成稳定的层级自治管理式区域。

通过对比可以发现,P2P 网络动态变化的自治性与人类社会的区域自治具有相同的属性。文中根据人类社会区域自治的原理,提出一种基于兴趣社群的 P2P 网络节点自治管理方法。

1 P2P 网络兴趣社群的构建

一般来说,兴趣相象的人总是喜欢相类似的事物,他们总是在网上寻找相类似的东西。网络社群的发展规律基本类同于现实社会。虚拟的网络社群由具有共同兴趣的参与者组成。参与者通过网络进行互动交流,寻找一群彼此兴趣相投的伙伴,并能够共同讨论相关的主题。Rheingold 认为虚拟社群是社会中的一个聚合体^[2]。事实上,P2P 网络通常都是以自组织的方式建立起来的,并允许节点自由地加入和离开。P2P 网络也需要自组织,主要原因有:① P2P 网络需要可扩展,网络用户数、负载数等都难以预测;② P2P 网络需要容错故障,P2P 网络使用规模的增长使其故障率增加,这就需要对系统进行自维护与自修复;③ P2P 网络资源节点的间歇连接性,P2P 系统在较长时

间内保持完整的预定义拓扑结构是很困难的,需要处理由于节点连接和断开而引起的变化;④ P2P 网络的分布管理。在复杂、波动的环境中管理这些节点需要成本,P2P 网络在节点间采取分布管理方式。

基于 P2P 网络的“小世界”理论,根据对等网络中节点表现出的兴趣建立社群,使得具有相似兴趣的节点基本在同一个社群内且相互之间的距离接近^[3]。以“小世界”理论为依据,研究基于兴趣的 P2P 拓扑结构的方法主要有两种:一是主动挖掘已知节点共享的内容,定期探测相邻节点的兴趣,与兴趣相似节点建立直接连接,形成动态的拓扑结构^[4]。二是按照用户搜索资源的行为来划分,根据近期查询相似资源的概率来确定节点的兴趣,利用反馈的信息进行拓扑连接^[5]。这些研究都是基于兴趣节点间是完全对等的,而没有考虑节点间的差异,未能充分利用社群的潜在优势。依据幂次法则及网络上普遍存在的“二八”法则,80% 的资源由 20% 的节点提供,社群中普遍存在着性能“好”的节点与性能“差”的节点。为了提高数据分发能力,自动适应不断变化的网络环境,社群内节点采取动态分层的方式进行数据传输与信息管理。群内分层的目的是让性能优异的节点处于组内的上层,优先获取数据流,以便数据流能通过这些高输出带宽的节点尽快传播给群内的各成员^[6]。

文中提出的建立 P2P 社群自组织的思想是,在节点自身兴趣相近的基础上,不通过环境也不通过其他外部系统来增加管理控制,而是在社群内强化自治管理,P2P 网络的普通节点和管理节点根据自身的兴趣来确定及动态调整节点所属的社群,以实现资源的最优组合与搜索效率的最大化。节点的配置原则如下:① 普通节点加入社群时,应以返回查询结果多的社群优先考虑为当前节点的社群,返回的查询结果多也就意味着社群内具有相同兴趣的资源多。② 管理节点选择返回跳数大的社群以普通节点的身份加入,普通节点选择跳数小的社群以注册的方式加入;管理节点加入更远处的社群可以提高资源的效用,而普通节点加入较近的社群可以提高资源搜索的效率。③ 节点之间应形成一种长期的安全协同关系,社群内统一相近或相似的兴趣资源,对外采取统一的安全策略,对内则由普通节点与管理节点组共同对社群内的恶意节点进行监控与清除。基于兴趣的社群自组织安全管理结构如图 1 所示。

传统的 P2P 文件共享系统专注于技术问题的研究,因此不能衡量社区的作用。而现实的社群现象(例如友谊、信赖、主人翁感)可能至少与技术问题一样重要,可能对 P2P 共享系统的可用性和实用性有很强的

正面影响^[7]。在社群内,安全管理层与普通节点层均参与社群的管理,但由于其本身属性的不同,相应的管理权限也有较大的区别。给出一个表征恶意节点 k 的评估值 T_k ,其中每个管理节点的权重系数为 α ,管理节点 j 用 P_j 表示,管理节点 P_j 对恶意节点 k 的评估为 αP_{jk} ;每个普通节点的权重系数为 β ,普通节点 i 用 O_i 表示,普通节点 O_i 对恶意节点 k 的评估为 βO_{ik} 。由管理节点与普通节点共同对恶意节点评估的表达式为:

$$T_k = \alpha P_{jk} + \beta O_{ik} \quad (1)$$

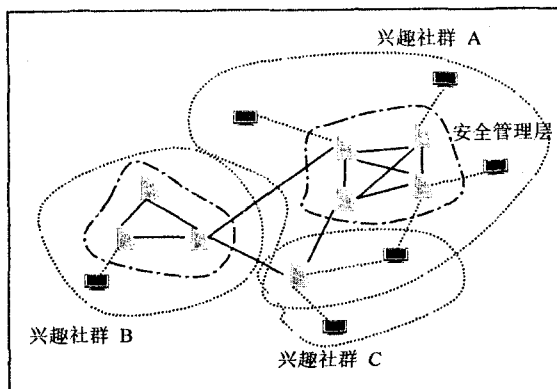


图1 基于兴趣社群的自组织安全管理结构

当节点 k 的评估值 T_k 达到给定阈值 T 时,该节点在社群内被标识为不可信任节点并将自动地被打上删除社群标识。

2 基于JXTA P2P网络节点自治管理方法

JXTA使用UUID来标识对等节点、共享资源、公告和服务等,UUID在本地域内是惟一的,是作为内部标识符使用的。JXTA本身提供的安全技术主要包括基于账号和密码的用户登录、认证框架、访问控制、加密、以TLS/SSL为模型的网络安全等。

利用JXTA提供的技术,在P2P网络环境中实现了节点自治管理的模型,其主要工作机制如下:①利用JXTA提供的XML结构的资源公告信息所提供的描述,节点自主选择申请加入最近的社群,在获得批准后链接上一个管理节点,并获得群内的UUID号。②在社群内创建一个社群监视器,该监视器作为社群服务而加载在各个成员上,用于监督群内各成员状况。③群内成员均参与群的管理,若发现群内恶意节点则对其进行标记,其他成员通过消息看到标记后,依据自身的判断提供参考意见。系统依据公式(1)计算节点的评估值。④当节点标记的评估值达到阈值 T 时,该节点将被定义为恶意节点,系统自动清除节点的信息,删除其获得的群信任状及在群内的UUID。

根据上述节点自治管理模型的工作机制,在JXTA平台上搭建了系统的基本框架并采取如下方法对

恶意节点进行标记:

```
peerRemoveButton.addActionListener(new ActionListener()
{
.....
if( $T_k < T$ )
{ SortedListModel list = (SortedListModel) peerRemoveList.getModel();
list.removeElement(peer + " (" +  $T_k$  + " X)");
 $T_k = T_k + a$ ;
list.addElement(peer + " (" +  $T_k$  + " X)");
System.out.println("cost timelillis: " + System.currentTimeMillis()); }
else
{ SortedListModel list = (SortedListModel) peerList.getModel();
list.removeElement(peer);
peerList.setModel(list);
groupHT.put(group, list);
groupList.setSelectedValue(defaultGroupName, true);
peerList.clearSelection();
removeAdvertisement(peer, true); }
..... }
```

社群监视器可以搜索群内所有成员的状况,并利用图示的方法标识节点的评估值。图2显示了社群监视器的工作界面。

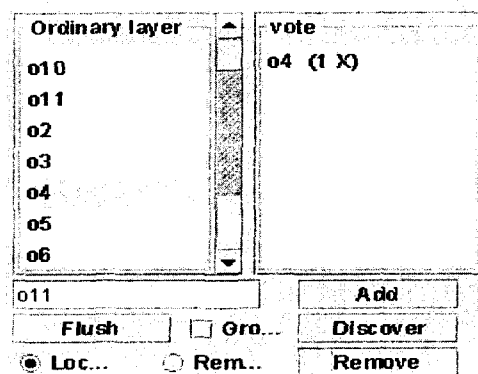


图2 社群监视器工作界面

从图2可以看到,在vote视图内,恶意节点 O_4 被标记为(1X),当标识达到预定的阈值 T 时, O_4 节点将被自动清除出社群。

3 实验

实验使用的计算机为主频2.4GHz的CPU P4,内存512MB,操作系统为WinXP。根据公式(1)的评估方法及已经建立的社群监视器,在JXTA平台上采用Java语言编程,分别对管理节点和普通节点的权重赋予不同的值,对社群构造进行模拟实验。实验模拟了固定阈值 T 为10,50个节点的行为,每个节点都有一

个 UUID 号、群信任状及群标识属性, β 取值为 1, α 分别取不同整数值, 且 $\alpha > \beta$ 。实验结果如图 3 和 4 所示。

从图 3 的实验结果可以看出, 随着管理节点的增加, 社群的搜索效率不断提高, 当管理节点达到 10 个左右时, 社群搜索效率趋于稳态。图 4 的结果表明, 当管理层被赋予较大的权重值时, 系统的安全预警时间缩短, 使恶意节点对社群的危害减轻, 对恶意节点的删除效率提高; 但权重取值过大又会对系统有其他不良的影响, 因为如果恶意节点进入管理层, 而被给予较大的权重值, 那么社群无法对其进行有效的监控与管理。

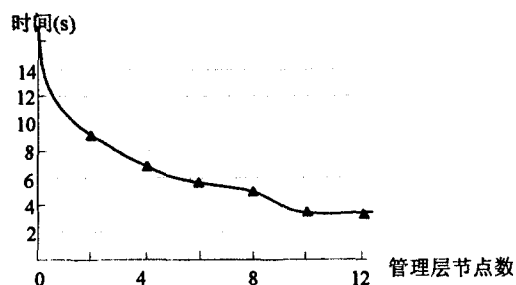


图 3 节点搜索时间

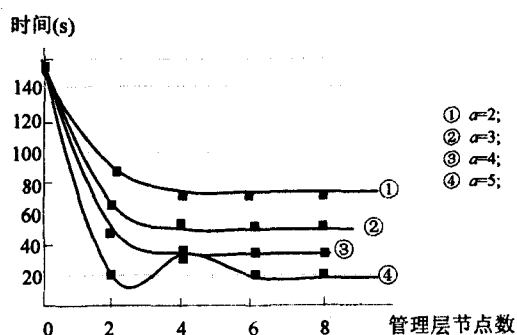


图 4 清除恶意节点所需时间

上述实验结果表明, 兴趣社群的组建缩短了 P2P 网络节点的搜索时间, 有效地提高了节点搜索资源的效率, 降低了搜索路径长度; 而增加管理层的控制, 及时有效地清除恶意节点, 可提高 P2P 网络的可靠性和稳定性。

4 结 语

通过模拟人类社会区域自治的管理体系, 给出一种基于兴趣社群的 P2P 网络节点自组织管理方法。该方法将大规模的 P2P 网络划分为各个小规模的小社群, 在社群内实现分层的自治管理, 管理层在社群内有较大的权重值, 普通节点也赋予了一定的管理与监督功能, 从而促进了整个社群能向安全有序的方向发展。实验结果表明, 兴趣社群结构的 P2P 网络自组织管理方法能提高 P2P 网络搜索的性能, 对恶意节点能进行有效监控与管理, 对最终形成长期协同合作的 P2P 社群起到了良好的促进作用。

参考文献:

- [1] Watts D J, Strongatz S H. Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. Nature, 1998, 393: 440-442.
- [2] 许 骏, 柳泉波, 史美林. 协作社群形成与演化机制——理论与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 唐九阳, 张维明, 肖卫东, 等. 类人类社会基于社区的对等网自组织构造[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(8): 1383-1390.
- [4] Lei Guo, Song Jiang, Li Xiao, et al. Exploiting content localities for efficient search in P2P systems[C]//Proceedings of the 18th Int'l Symposium on Distributed Computing (DISC 2004). Amsterdam, Netherlands: [s. n.], 2004: 349-364.
- [5] Kobayashi H, Takizawa H, Inaba T. et al. A self-organizing overlay network to exploit the locality of interests for effective resource discovery in P2P systems[C]//The 2005 International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2005). Trento, Italy: [s. n.], 2005: 246-255.
- [6] 杨文俊. P2P 网络系统中节点自组织管理机制[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(7): 57-60.
- [7] Pouwelse J A, Garbacki P, Wang J, et al. Tribler: A social based Peer-to-Peer system[J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2007, 19: 1-11.
- [8] McIlraith S A, Son Tran Cao, Zeng Honglei. Semantic Web Services[J]. IEEE Intelligent Systems, 2001, 16(2): 46-53.
- [9] Dietterich T G. Hierarchical Reinforcement Learning with the MAXQ Value Function Decomposition[J]. Journal of Artificial Intelligence Research, 2000, 13: 227-303.
- [10] Gullapalli V. A comparison of supervised and reinforcement learning methods on a reinforcement learning task[C]//Proceedings of the 1991 IEEE International Symposium on Intelligent Control. Virginia, USA: [s. n.], 1991: 394-399.
- [11] 张汝波, 顾国昌, 刘照德, 等. 强化学习理论、算法及应用[J]. 控制理论与应用, 2000, 17(5): 633-642.

(上接第 144 页)

Alternate track papers & posters. New York, USA: [s. n.], 2004: 66-73.

- [5] 欧毓毅, 郭荷清, 许伯桐. Web 服务动态组合的研究[J]. 计算机应用研究, 2006(4): 14-22.
- [6] Wang Ben-Nian, Gao Yang, Chen Zhao-Qian. LMRL: a multi-agent reinforcement learning model and algorithm [C]//Proceedings 3rd International Conference on Information Technology and Applications (ICITA). Sydney, Australia: [s. n.], 2005: 303-307.
- [7] Menasc D A. QoS issues in Web service[J]. Internet Computing, 2002, 6(6): 72-75.