

基于在线社会网络的网络协议增强机制研究

郑倩冰 朱培栋 王永文 徐 明

(国防科学技术大学计算机学院 长沙 410073)

摘 要 在线社会网络已得到广泛应用,综合利用在线社会网络的社会关系信息和拓扑特征可以明显增强各层网络协议功能、性能和安全特性而使其成为新的研究热点。主要研究基于在线社会网络的网络协议增强机制,在分析现有增强机制特点的基础上,对它们进行了分类。然后,深入分析了各类增强机制的关键技术,总结相关研究存在的不足,最后提出一种集成社会感知平面的网络协议增强模型。

关键词 在线社会网络,社会关系,拓扑特征,网络协议增强,社会感知平面

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

Research on Network Protocol Enhancing Mechanisms Based on Online Social Networks

ZHENG Qian-bing ZHU Pei-dong WANG Yong-wen XU Ming

(School of Computer Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract Online social networks have developed rapidly. The social relationships and topology characteristics of online social networks can be used to enhance the function, performance and security of network protocols, so it becomes a hot research topic. The network protocol enhancing mechanisms based on online social networks were explored. Firstly the existing enhancing mechanisms based on their features were classified. Then the critical techniques used in these approaches were studied and the weaknesses of related research were summarized. Finally a network protocol enhancing model based on social-aware plane was proposed.

Keywords Online social networks, Social relationship, Topology characteristics, Network protocol enhancing, Social-aware plane

1 引言

近几年来,随着 Web2.0 技术的兴起,在线社会网络(Online Social Networks)作为一种新型信息网络在互联网上迅速发展。在线社会网络是人们利用社会网络服务建立的人与人、人与物之间的逻辑网络。2010 年 7 月,Facebook 全球活跃用户达到 5 亿,超过了美国的人口。在线社会网络能够提供各种社会网络服务,如交友、共享文件、游戏、即时通讯、邮件、在线论坛、信息发布等,其空前的规模给互联网的应用带来了极大的影响。与此同时,在线社会网络已成为学术界新的研究方向和热点。国际顶尖会议 SIGCOMM 从 2009 年开始将在线社会网络列入征文主题,INFOCOM 也于 2011 年将在线社会网络列入征文主题。

用户在不同的在线社会网络环境下与其他用户或事务会产生不同的连接关系,如相同兴趣用户间连接关系、真实社会关系用户间连接关系、买家卖家及买卖物品间连接关系、移动用户的位置关系等。这些关系与真实社会中的关系类似,但又有明显的区别。因此,研究人员开始针对在线社会网络的拓扑特征进行分析,并且利用这些关系和网络拓扑特征,对网络协议的功能、性能及安全特性进行改进。

本文主要总结关于在线社会网络社会关系和拓扑特征的研究工作,并分析基于以上研究工作的网络协议增强机制。在分析现有增强机制特点的基础上,对它们进行分类;通过分析各类增强机制的关键技术,发现其存在的问题;针对这些问题,提出一种网络协议增强模型,并给出未来工作展望。

2 在线社会网络的结构分析

社会网络研究的是一定范围内个人与个人之间的关系,网络中的节点代表个人,连接则代表按一定方式定义的人与人之间的关系。在线社会网络则是人们利用社会网络服务建立的人与人、人与物之间的逻辑网络,既在一定程度上反映真实的人际关系,又与传统的人际交往有很大的区别^[1]。一般来说,在线社会网络包含如下特征^[2,3]:

- (1) 用户是一类有半公开个人信息或数据的实体;
- (2) 用户能够与其他用户或者其他用户提供的内容建立连接;
- (3) 用户能够通过其他用户提供的数据以及建立的连接浏览整个在线社会网络。

对于在线社会网络的研究近几年才刚刚兴起。在线社会网络的结构分析包括在线社会网络的社会关系信息和拓扑特

到稿日期:2010-07-04 返修日期:2010-09-28 本文受国家自然科学基金(60873214),863 高科技研究发展计划(2006AA01Z213)资助。

郑倩冰(1977—),女,博士,讲师,CCF 会员,主要研究方向为 P2P 网络、在线社会网络,E-mail:qianbing@nudt.edu.cn;朱培栋(1971—),男,博士,教授,主要研究方向为网络协议和路由协议;王永文(1977—),男,博士,副教授,CCF 会员,主要研究方向为高性能计算机系统结构;徐 明(1964—),男,博士,教授,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究方向为无线网络、移动通信技术。

征信息的研究。研究者普遍采用传统的社会网络分析方法^[4]和复杂网络理论对在线社会网络进行分析。

2.1 在线社会网络的社会关系信息相关研究

与社会网络相似,在线社会网络可以划分为两大类:个体网络和整体网络。个体网络是指以某个用户为核心,通过此用户与其他用户之间的联系形成的网络;而整体网络是指网络中不存在明显的以某一用户为核心的网络。

在线社会网络中需要研究的社会关系信息包括个体网络中的以个人为中心的社会关系信息、整体网络中的个人与群体之间的关系以及群体与群体之间的关系、个人或群体在使用在线社会网络服务时的动态行为。

美国斯坦福大学 Bebo White 教授在 2009 年 12 月召开的 PICom 国际会议的主题报告^[5]中提出了在线社会网络的用户在不同在线社会网络环境下与其他用户或事务会产生不同的连接关系,如相同兴趣用户间连接关系、真实社会关系用户间连接关系、买家卖家及买卖物品间连接关系、移动用户的位置关系等。这些关系与真实社会中的关系类似,但又有明显的区别。

同时,研究者对在线社会网络的用户的行为了模式进行了研究。Alan^[6]通过收集 Flickr 在线社会网络的生长数据,发现在线社会网络中新的链接通常由度数大的节点来创建,即“富者越富”现象。大部分用户也将回应连接请求,与请求用户创建一条连接,即互惠指数高。Lei^[7]发现在共享知识类型的在线社会网络中用户提交数据请求的行为有日循环和周循环两种模式。链接预测(Link Prediction)问题^[8]是社会网络的重要研究问题,即在社会网络中哪些实体之间有可能会在不久的将来产生新的链接。Song^[9]针对在线社会网络中的连接预测问题展开了研究,综合多种测量方法进行更精确的预测。在在线社会网络中,对于那些已经存在的链接,能否预测其在下一个较短的时间段内将会继续存在还是消失,国内学者北京交通大学万怀宇等^[10]针对这一问题提出社会网络中的链接稳定性预测问题并展开研究。

2.2 在线社会网络的拓扑特征信息相关研究

关于在线社会网络拓扑特征的分析,近年来国外学者运用与社会网络分析和复杂网络分析相似的技术,用图来表示在线社会网络。这样,在线社会网络可以抽象为一个由点集 V 和边集 E 组成的图 $G=(V, E)$,其中,点表示用户,边表示用户之间的某种联系。

相关研究主要针对在线社会网络的网络规模、节点度数、度分布、聚类系数、异配性等要素及网络模型进行分析。

美国 RICE 大学的 Alan 博士^[3]2007 年首次大规模地收集了 4 大广受欢迎的在线社会网络 Flickr, YouTube, LiveJournal 和 Orkut 的用户公开数据,其中用户数据规模上百万。Alan 博士对收集的数据进行分析,发现在线社会网络具有小世界、无尺度和高聚类性的特征。HP 实验室的 Golder^[11]等研究了在线社会网络 Facebook,发现其结点数度的中值为 144,均值为 179.53,这跟社会网络理论预测的“150 法则”很接近^[12]。国内研究学者北京大学的伏锋等^[13]分析了国内最大的在线大学生交友网——校内网,分析结果证明校内网具有小世界特性,该连通子社区的节点度相关系数表现出正相关,即好友数多的用户倾向于跟类似的用户建立联系,这跟现实的社会网络是一致的。上海交通大学的胡海波

等^[1]综述了近年来复杂网络理论在在线社会网络研究中取得的进展,解释了在线社会网络中异配性即度数大的节点倾向于和度数小的节点相连产生的根源,指出了在线的和现实的社会网络的形成具有不同的底层机制。

3 基于在线社会网络的网络协议增强机制

早期研究者对社会网络的特征进行了各种分析,出了很多有益的结论和模型,如六度分离推断^[14]、小世界网络模型^[15]等。这些结论和模型被应用到社会活动的各个领域,包括家庭与社区、企业权力与经济结构、政治与政策网络、知识、声望及创新的扩散等。

而如何将在线社会网络的结构分析研究成果应用到网络协议的增强上,是一个崭新的研究领域。目前研究者已部分利用在线社会网络的拓扑特征和社会关系信息提高了路由性能,改善了网络搜索的性能,提高了网络应用系统的安全特性。

3.1 利用社会关系信息增强网络协议

目前被利用的社会关系主要是朋友关系、陌生人关系、共同兴趣爱好关系。这些社会关系被用来提高路由和网络搜索的性能。

利用在线社会网络提高路由性能。Miklas^[16]将无线移动网络中的手持移动设备者之间的社会关系分为朋友和陌生人,通过这种社会关系来提高系统的性能和请求命中率,同时可以通过一小部分移动节点拒绝与陌生人的通信,以减缓蠕虫的传播。Augustin^[17]发现让移动节点保留其在在线社会网络上的部分移动用户朋友的通信信息,利用社会网络的适航性(navigability)就可以提高移动节点的路由效率。Hui 等人^[18]通过让容忍网络(Delay Tolerant Networking)中的每个移动节点指定自己属于的一个或多个社会团体,通过寻找目的节点的社会团体再层层转发来提高路由性能。Marti 等人^[19]利用社会网络中的社会关系改进 P2P 网络中的路由,提高命中率,减少延迟。

利用在线社会网络改善网络搜索的性能。在线社会网络中相邻节点或同一社区的用户兴趣相同, Yahoo My Web, Google Co-opand 利用这个性质帮助用户搜索更感兴趣的信息。为了改善基于超链接搜索引擎的性能, PeerSpective^[20]通过统计在线社会网络中用户的搜索和点击情况提高传统 Web 搜索的搜索效率。国内学者哈尔滨工业大学郎君等^[21]依据同名的不同人物具有不同的社会网络的思想实现人名检索结果的重名消解。

3.2 利用拓扑特征信息增强网络协议

在线社会网络中的部分拓扑特征已被用来抵御分布式的安全攻击和提高 Email, IM 等网络应用系统的安全性。

利用在线社会网络抵御分布式系统中的安全攻击。在 P2P 网络中,恶意节点创建多个假身份,通过控制系统的大部分节点来削弱冗余备份的作用。然而这些假身份却没有真实的社会关系。因此,在恶意节点和多个真实节点之间存在不成比例的小商割点。Yu^[22]发现了这一特性并利用它来限制恶意节点创建不同身份的个数,增强系统的安全特性。国内学者陈端兵等利用 P2P 僵尸网络的拓扑特征,找出其关键节点、桥梁节点以及关键通讯边,以有效控制僵尸网络病毒和黑客攻击指令的传播^[23]。

利用在线社会网络提高 Email, IM 等网络应用系统的安全性。在 Email 网络应用中, 所有用户之间的邮件发送和接收的关系可以构成一个邮件社会网络。如果把每个用户看作一个节点, 用户之间的邮件发送和接收关系看作不同方向的边, 整个邮件应用网络可以看作是一个有向的拓扑图。Boykin^[24]发现可以利用垃圾邮件发送者在拓扑图上的特征: 出度高和簇系数低来识别垃圾邮件发送者。Lam^[25]在 Boykin 的基础上进行改进, 将发送邮件的个数设为对应边的权, 将邮件社会网络看作有向带权拓扑图。他根据发送者发送边的权和接收边的权以及发送者与接收者的交互程度等特征来识别垃圾邮件发送者。浙江大学黄文良^[26]提出基于社会网络的垃圾短信过滤算法。

3.3 相关研究分析

相关研究说明, 利用在线社会网络的社会关系信息和拓扑特征信息可以增强网络协议的功能、性能和安全特性。

当前的研究工作利用的社会关系和拓扑特征还有待进一步挖掘, 增强的效果和范围还有很大的发展空间。用户在不同的在线社会网络环境下会有不同的纽带关系, 如果能够综合利用用户的不同上下文环境信息资源和拓扑特征, 将对其其他网络各层协议功能的增强、性能和安全特性的提高大有帮助。

同时, 研究人员^[27]还发现, 不同在线社会网络中形成的各种纽带关系和拓扑特征不仅可以增强应用层协议, 还可以为应用层以下的各层网络协议提供帮助。而目前的研究绝大部分主要集中在网络应用协议, 对应用层以下网络协议的研究却很少。为了达到增强各层协议功能、性能和安全特性的目的, 需要提出新的理念和方法。

4 一种基于社会感知平面的网络协议增强模型

为了统一利用在线社会网络相关信息增强各层网络协议, 提出了“社会感知平面”的概念, 设计了集成社会感知平面的网络协议增强模型。

集成社会感知平面的网络协议增强模型如图 1 所示。社会感知平面和网络协议各层不是上下层的关系。每层协议都可以和社会感知平面进行通信, 以便利用社会感知平面增强协议功能提高协议性能和安全特性。社会感知平面包含社会关系统一模型、社会关系获取、节点间的交互协议、协议增强机制这 4 个模块。

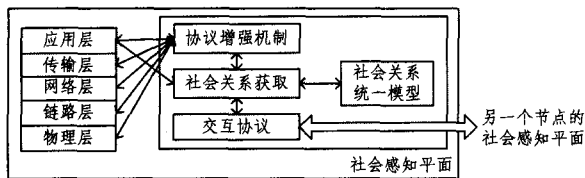


图 1 集成社会感知平面的网络协议增强模型

社会关系统一模型可以将在线社会网络中有利于增强网络协议的社会信息和拓扑特征进行统一的表达, 以便利用各个节点和不同层的协议。

协议增强机制模块将各类信息有效地利用, 为各层协议增强提供有用的数据。如在物理层, 无线设备可以根据设备之间的亲属关系来协调自己的频率, 以得到更好的性能 and 安全性。在数据链路层, Wi-Fi 访问点的认证协议可以根据节点之间的社会关系是熟人还是陌生人来选择不同的认证方

式, 从而提高协议性能。在网络层, IP 协议可以根据下一跳节点的链接稳定性来选择更合适的路由。在传输层, TCP 协议可以根据节点之间的社会关系或节点的中心度来决定拥塞控制机制的参数配置。

社会关系获取模块通过获取自身和其他节点的信息为协议增强机制模块提供所需的数据。

节点间的交互协议规定了不同节点之间交互社会关系信息的通信细节。不同节点之间的信息交互是节点获取所需社会关系信息和拓扑特征信息的重要途径。

结束语 利用在线社会网络的社会关系和拓扑特征信息来提高各种网络应用系统的性能和安全性, 正成为新的研究热点。本文主要研究基于在线社会网络的网络协议增强机制, 阐述了在线社会网络的社会关系和拓扑特征的相关研究, 并对基于在线社会网络的各种网络协议增强机制进行分类, 分析了当前研究普遍存在的问题, 即目前研究没有充分利用在线社会网络中挖掘出的信息, 同时基于在线社会网络的各种网络协议增强机制绝大部分集中在应用层, 对于应用层以下的网络协议很少涉及。针对相关研究存在的问题, 本文提出了一种基于社会感知平面的网络协议增强模型, 未来工作将对实现这一模型的关键技术做进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 胡海波, 王科, 徐玲, 等. 基于复杂网络理论的在线社会网络分析[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2008, 5(2): 1-14
- [2] Boyd D, Ellison N B. Social network sites: Definition, history, and scholarship[J]. Journal of Computer-Mediated Communication, 2007, 13(1): 210-230
- [3] Mislove A. Online Social Networks: Measurement, Analysis, and Applications to Distributed Information Systems[D]. Rice University, 2009
- [4] 林聚任. 社会网络分析: 理论、方法与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009
- [5] White B. The Future of Online Social Networking—Opportunities and Challenges[R]. PICOM, 2009
- [6] Mislove A, Koppula H S, Gummadi K P, et al. Growth of the Flickr Social Network[C]// Proc. of the 1st ACM SIGCOMM Workshop on Social Networks, Seattle, WA, 2008: 25-30
- [7] Guo Lei, Tan En-hua, Chen Song-qing, et al. Analyzing Patterns of User Content Generation in Online Social Networks[C]// Proc. of ACM SIGKDD'09. New York: ACM, 2009: 369-378
- [8] Liben-Nowell D, Kleinberg J. The Link Prediction Problem for Social networks[C]// Proc. of the 12th International Conference on Information and Knowledge Management, New York: ACM, 2003: 556-559
- [9] Song Han Hee, Cho Tae Won, Dave V, et al. Scalable Proximity Estimation and Link Prediction in Online Social Networks[C]// Proc. of Internet Measurement Conference '09. New York: ACM, 2009: 322-335
- [10] 万怀宇, 林友芳, 黄厚宽. 社会网络中的链接稳定性预测问题研究[J]. 北京交通大学学报, 2009, 33(5): 99-103
- [11] Golder S, Wilkinson D, Huberman B. Rhythms of social interaction: messaging within a massive online network[C]// Proc. of 3rd International Conference on Communities and Technologies '07. Berlin: Springer, 2007: 41-66

(下转第 117 页)

参考文献

- [1] Wang Yao, Wenger S, Wen Jian-tao, et al. Error resilient video coding techniques[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2000, 17(4):61-82
- [2] Wang Yao, Zhu Qin-fan. Error control and concealment for video communication; a review[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(5):974-997
- [3] He Zhi-hai, Cai Jian-fei, Chen Chang-wen. Joint source channel rate-distortion analysis for adaptive mode selection and rate control in wireless video coding[J]. IEEE Transactions on CSVT, 2002, 12(6):511-523
- [4] Ru Cong-chong, Yin Liu-guo, Lu Jian-hua, et al. UEP Video Transmission Based on Dynamic Resource Allocation in MIMO OFDM System[C]//Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC'07). 2007:310-315

(上接第 83 页)

- [12] Dunbar R I M. Coevolution of neocortical size, group size and language in humans[J]. Behavioral and Brain Sciences, 1993, 16(4):681-735
- [13] Fu F, Chen X, Liu L, et al. Social dilemmas in an online social network; the structure and evolution of cooperation[J]. Physics Letters A, 2007, 371(1/2):58-64
- [14] Milgram S. The small World problem[J]. Psychology Today, 1967, 2:60-67
- [15] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. Nature, 1998, 393:440-442
- [16] Miklas A G, Gollu K, Chan K, et al. Exploiting Social Interactions in Mobile System[C]//Proc. of 9th Intl. Conference on Ubiquitous Computing. Heidelberg: Springer, 2007:409-428
- [17] Chaintreau A, Fraigniaud P, Lebar E. Opportunistic Spatial Gossip over Mobile Social Networks[C]//Proc. of the 1st ACM SIGCOMM Workshop on Social Networks. New York: ACM, 2008:73-78
- [18] Hui P, Crowcroft J, Yoneki E. BUBBLE Rap: Social Based Forwarding in Delay Tolerant Network[C]//Proc. of 9th ACM International Symposium on Mobile Ad-hoc Networking and Computing. New York: ACM, 2008:241-250
- [19] Marti S, Ganesan P, Garcia-Molina H. SPROUT: P2P routing with social networks[C]//Proc. of International Workshop on

(上接第 95 页)

- [4] Pickands J. Statistical Inference Using Extreme Order Statistics[J]. The Annals of Statistics, 1975, 3:119-131
- [5] Beck C, Cohen E G D. Supertatistics[J]. Physica A, 2003(332): 267-275
- [6] Cohen E G D. Supertatistics[J]. Physica D, 2004(193):35-52
- [7] Beck C, Cohen E G D, Harry L. Swinner from time series to superstatistics[J]. Phys. Rev., 2005, 72:056133
- [8] Mahoney M, Chan P. An analysis of the 1999 Darpa/Lincoln Laboratory Evaluation Data for Network Anomaly Detection[C]//Proceeding of Recent Advances in Intrusion Detection (RAID) Lecture Notes in Computer Science. 2003, 2820:220-237
- [9] Ye N, Chen Q. An Anomaly Detection Technique Based on A ChiSquare Statistic for Detecting Intrusion into Information System, Quality and Reliability Engineering International[J]. 2001, 17:105-112
- [10] Tan K M C, Maxion R A. Determining the Operational Limits of an Anomaly-based Intrusion Detector[J]. IEEE J. Sel. Areas

- [5] Fang Tao, Chau L-P. Efficient content-based resynchronization approach for wireless video[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2005, 6(7):1021-1027
- [6] 邱锦波, 冯候, 喻莉, 等. 基于宏块重要性测度的重同步方法[J]. 计算机科学, 2010, 37(5):81-83
- [7] Lambert P, Neve W D, Dhondt Y, et al. Flexible macroblock ordering in H. 264/AVC[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2006, 17(2):358-375
- [8] MPEG-4 Standard[S]. ISO IEC 14496-2, 2003
- [9] Zhang Rui, Regunathan S L, Rose K. Video Coding with Optimal Inter/Intra-mode Switching for Packet Loss Resilience[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(6):966-976
- [10] Cheng Liang, Zarki M E. Perceptual quality feedback based progressive frame-level refreshing for robust video communication[C]//Proceedings of 2004 IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC'04). 2004:2047-2052

Peer-to-Peer Computing & DataBases. Heidelberg: Springer, 2004:425-435

- [20] Mislove A, Gummadi K P, Druschel P. Exploiting social networks for Internet search[C]//Proc. of the 5th Workshop on Hot Topics in Networks, 2006
- [21] 郎君, 秦兵, 宋巍, 等. 基于社会网络的人名检索结果重名消解[J]. 计算机学报, 2009, 32(7):1365-1373
- [22] Yu Hai-feng, Gibbons P B, Kaminsky M, et al. SybilLimit: a near-optimal social network defense against Sybil attacks[C]//Proc. of the 2008 IEEE Symposium on Security and Privacy. Picataway, NJ: IEEE, 2007:885-898
- [23] 陈端兵, 万英, 田军伟, 等. 一种基于社会网络分析的 P2P 僵尸网络反制策略[J]. 计算机科学, 2009, 36(6):101-104
- [24] Boykin P O, Roychowdhury V P. Leveraging social networks to fight spam[J]. Computer, 2005, 38(4):61-68
- [25] Lam H Y, Yeung D Y. A Learning Approach to Spam Detection based on Social Networks[C]//Proc. of the Fourth Conference on Email and AntiSpam. Mountain View, California, USA, 2007
- [26] 黄文良, 刘勇, 钟志强, 等. 基于复杂网络的垃圾短信过滤算法[J]. 自动化学报, 2009, 35(7):990-996
- [27] Aharony N, Reed D P, Lippman A. Social Area Networks: Data Networking of the People, by the People, for the People[C]//Proc. of International Conference on Computational Science and Engineering. February. Picataway, NJ: IEEE, 2009:1148-1155

Commun, 2003, 21(1):96-110

- [11] Sommer R, Paxson V. Enhancing Byte-level Network Intrusion Detection Signatures with Context[C]//CCS '03: Proceedings of the 10th ACM Conference on Computer and Communications Security, 2003:262-271
- [12] DARPA 99 Intrusion Detection Data Set Attack Documentation [DB/OL]. <http://www.ll.mit.edu/IST/ideval/docs/1999/attackDB.html>
- [13] He Di, Leung H. Network Intrusion Detection Using CFAR Abrupt-Change Detectors[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008, 57:490-497
- [14] Paxson V, Floyd S. Wide Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling[J]. IEEE/ACM Trans. Networking, 1995, 3(3):226-244
- [15] Dupuis D J. Estimating the Probability of Obtaining Nonfeasible Parameter Estimates of the Generalized Pareto Distribution[J]. Journal of Statistical Computation and Simulation, 1996, 54:197-209
- [16] Rasmussen P F. Generalized Probability Weighted Moments: Application to the Generalized Pareto Distribution[J]. Water Resources Research, 2001, 37(6):1745-1751