社交网络中感知技术的研究与应用

李建国 汤 庸 姚良超 张文生 方文崇
(中山大学信息科学与技术学院 广州 510275)

摘 要 社交网络已成为互联网上最热门的话题和网络应用亮点,它让用户组织自己的网络链接,维护各种社会关系。社交网络重要的是对个人信息的维护,对网络内他人信息的感知;在社交网络环境下,用户的信息感知程度普遍较低。探索了是否可有效调整CSCW领域中的感知概念以应用到社会网络领域。分析了感知的概念和内涵,对比了CSCW领域的群组与社交网络中的社区,研究了社交网络感知信息的形成过程,从社交网络环境和群组两个方面讨论了感知技术的应用,改善了社交网络中的通信,增强了用户之间的交互性。最后,实现了面向科研工作者的社交网络——学术社区,在学术社区中应用感知技术,帮助研究者发现科研热点或某一领域的研究群体,促进学术交流和创新。

关键词 社交网络,学术社区,关系,感知
中图法分类号 TP393.09 **文献标识码** A

Research and Application of Awareness in Social Network Sites

LI Jian-guo TANG Yong YAO Liang-chao ZHANG Wen-sheng FANG Wen-chong
(School of Information Science and Technology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract Social networks have experienced exponential growth in membership and have become a hotspot for research in recent years. It helps users to organize their friendship links and maintain their social relations. The key point of social networks is maintenance of personal profile and awareness of other users' information in the networks. Considering the lack of awareness information, this paper sought to empirically explore the question of whether the concept of awareness can be fruitfully adapted and applied to the field of social networks. We analysed the concept and connotation of awareness, compared the group in the field of CSCW and social networks, discussed the formation progress of the social networks' awareness information, researched awareness from the aspect of social networks' environment and groups, extended and adjusted the awareness technology to social networks and improved the communication and interactivity in social networks. Finally, we implemented the academic community that is a social network site supporting awareness. It helps researchers find research focus and groups, and advances academic exchange and innovation.

Keywords Social network, Academic community, Relationship, Awareness

1 引言

社交网络(Social networks)起源于网络交友,它让用户组织自己的网络链接(通过建立个人档案和链接他人的个人档案),用户可以作为一个社会的人在网络上呈现自己,描述自己的思想、观点等,并在这个过程中,维护当前的朋友关系,发现新的关系,恢复老朋友的关系。

Boyd和Ellison研究了社交网络的演化历史,给出了社交网络的定义,分析了社交网络的研究热点[1]。Acquisti和Gross以Facebook为例,探讨了社交网络中的感知、信息共享和隐私问题,指出用户对社交网络性质、结构和个人隐私设置等内容感知的重要性[2]。Schmidt和Gellersen通过整合用户浏览Web页面时的信息,感知个人页面的浏览者[3]。Steiny和Harri从社交网络搜索、创新和知识分享的角度分析了社交网络感知,认为社交网络感知是一个多层次的感念,包括用户对周围网络环境的感知、感知的策略和实现感知策略的过程及工具[4]。之后,Steiny又引入了社会上下文的概念,通过社交网络感知可以找到用户的"位置",发现用户的行为、态度、世界观及其社会上下文[5]。Misook Heo提出了在线学习环境中基于关系的社会感知,学生可根据感知信息保护个人隐私[6]。Susanne和Ellen研究了弹性工作环境下计算机支持的社会感知问题[7]。Buder和Bodemer将群体感知引入到CSCL领域以支持在线讨论,并实现了感知工具[8]。Newman从论文的合著关系入手,对来自数据库MEDLINE,NCSTRL等的论文集进行分析,统计了作者数量、平均论文数、合著者数量等,发现了科研合作网中合著者之间的聚类关系,分析了

到稿日期:2009-02-18 返修日期:2009-03-05 本文受国家自然科学基金(60673135),国家自然科学基金重点项目(60736020),广东省自然科学基金(7003721),广东省科技攻关(07B010200052),广州市科技计划资助。
李建国(1982—),男,博士生,主要研究方向为协同软件技术,E-mail:gumpye@163.com;**汤 庸**(1964—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为数据库与协同软件;**姚良超、张文生、方文崇**(1985—),男,硕士生,主要研究方向为协同软件技术。

科研合作网的结构[9]。Miki 等通过研究者之间的超链接来表示学术社区中的知识关系，并建立了本体描述，发现了学术社区中研究群体的结构[10]。Matsuoa 等基于搜索引擎建立了一个社交网络提取系统 POLYPHONET，通过 GOOGLE 搜索引擎实现了关系的提取、群体结构的检测[11]。Mika 建立了 Flink 系统，从网页、FOAF 个人资料等信息资源提取个人信息，并进行基于语义的推理，实现了在线社会网络的提取、聚集、分析和可视化[12]。

从上述文献分析可以看到，用户在面对面的交互时，可以从相互的接触和非正式的交流中收集所需的感知信息。但是在社交网络的环境下，或者不提供社会感知信息，或者非常有限，这样用户对网络内其它用户的信息感知程度普遍较低，丧失了很多互动、合作、参与的机会。只有通过信息的感知，社区内交互的用户才可以了解彼此的状态，挖掘新的或旧的关系。考虑到社交网络中感知信息的缺乏，本文试图探索是否可富有成效地调整感知概念以应用到社会网络领域。本文第 2 节讨论了社交网络的定义和建模；第 3 节从感知的定义入手，在比较 CSCW 和社交网络中群组定义的基础上，研究了社交网络中感知信息的形成过程，从社交网络环境感知和群组感知两方面分别进行了讨论；第 4 节建立了一个面向科研工作者的社交网络——学术社区，并应用了社交网络感知技术。

2 社交网络

社交网络是由许多节点构成的一种社会结构，节点通常是指个人或组织。社交网络代表各种社会关系，经由这些社会关系把人们或组织串连起来，通过互联网的在线交流来获得工作、约会的机会，与其他人分享故事等，它激发了求知欲、机会和商务。用最简单的形式来说，社交网络是一张地图，标示出了所有与节点相关的连接。

2.1 定义

社交网络建立在这样的想法上：有一个可决定的结构使得人们直接地或间接地彼此认识。它是一种基于互联网的服务，允许个人(1)在系统范围内维护一个公开或半公开的个人档案(profile)；(2)建立相互之间共享链接的好友列表；(3)通过好友链接查看系统内其它用户的个人档案[1]。链接的性质和命名可能会因网站的不同而有所不同。图 1 是一个社交网络简图。

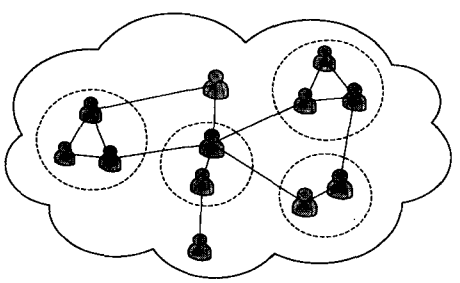

图 1 社交网络简图

2.2 社交网络模型

社交网络根本上是基于关系的，而非基于属性，因而分析的单位不是个体，而是两者(通常更多)之间的结构和连接。举例来说，关系集包括亲属关系(例如兄弟)、社会角色(上司、朋友)、社会活动(出席晚宴)、感受(爱、恨等)、信息交换(经济业务)、普遍的行为(穿着同样的牛仔裤)。社交网络中存在一个或多个特定类型的相互依存，如价值观、理想、观念、金融交流、友谊、血缘关系或贸易，由此产生的社交网络图结构往往是非常复杂的。根据关系的复杂度，社交网络可以分为单一关系的社交网络和多关系的社交网络。

2.2.1 单一关系模型

单一关系模型的社交网络中只存在一种类型的连接，一般指好友关系，可用有向图表示。用户作为有向图的顶点，用户之间的连接(关系)作为有向图的边。

SingleSNM:DG (V_{SN}, E_{SN})

其中，V_{SN} 表示顶点集，E_{SN} 表示边集。如果 $A,B\in V_{SN}$ 且 A,B 之间存在连接，则边 $AB\in E_{SN}$。

2.2.2 多关系模型

多关系模型的社交网络中存在多种类型的连接，如好友、同事、同学、亲属等；或者是同一关系的不同程度的描述，如最好的朋友、一般的朋友、熟人、刚认识的人和陌生人等，表示了不同程度的好友关系。我们使用有向染色图来建模多关系社交网络。用户作为有向染色图的顶点，用户之间的连接(关系)作为有向染色图的边，不同类型的关系作为颜色集。

MultiSNM:CG (V_{SN}, E_{SN}, C)

其中，V_{SN} 表示顶点集，E_{SN} 表示边集，C 表示颜色集。如果 A, $B\in V_{SN}$ 且 A,B 之间存在连接，则边 $AB\in E_{SN}(c)$, $c\in C$。

3 社交网络中的感知

通信是社交网络中用户考虑的首要问题。一般面对面(face to face)的交流是非常容易的事情，但是在网上交流却不是这么简单了。为了维持在线的人与人之间的关系，计算机支持的社交网络软件提供了很多工具，如论坛、博客、维基百科、即时信息等，用户可以从多方面获得帮助。如果能合理利用网络通信来获取网络中的感知信息，则可以大大地增加用户交流和决策的效率，因此将感知引入社交网络中。简单地说，社交网络中的感知是用户在虚拟网络环境下对周围一切内容的感知。

3.1 感知

自 20 世纪 90 年代初以来，感知的概念在 CSCW 领域已占有相当重要的地位。人们对这一概念的认识一直比较模糊，但有一些共识，即对一个人或一个群组的周围物质世界和社会环境上下文的认知。不同的文献中对感知的理解有很大的多样性，一般可以分为环境感知和群体感知[13]，前者是对人的周围物质环境的认知(例如在实际或虚拟世界导航时的空间线索)，后者是对人的社会环境的认知(如在真实或虚拟环境中关于其他人的存在、状态或活动)。

在现实世界中，人们通过感知来了解周围的环境，它是一切行为的开始，也是人们行为的指标。按照认识论的原则，感知通常被定义为一种知识，对某种事实的认知。感知是了解目前所有与自己有关的信息，为自己下一步的决策和行动提供指导。它包括以下 3 层含义：感知是关于动态环境的知识，它应随环境的变化而变化；感知是通过环境中收集到的信息来实现的；感知是一种手段，它是为某一目的服务的。

3.2 社交网络与 CSCW 中的群组

不同的群组定义了不同类型的个人之间的合作方式。CSCW 中的群组是以正式方式定义的，群组成员合作来解决

一个共同、特定和明确的任务。社交网络中的群组(又称社区)是非正式的,体现了一种更高的组织凝聚力和公共社会价值,是非正式地组织在一起的一群人,他们用一种共享的工作方法共同完成某一项活动。社区是由相互联系频繁的一些个体组成的集合,它是社会网络的子集。社区目的各不相同,社区成员以与现实中的社交网络相似的方法进行自我选择、自我组织。在识别社区的过程中,社区内的成员个体通常共享一些属性,比如爱好、社会职能、职业等。社交网络与 CSCW 中群组的主要不同如表 1 所列。

表 1 社交网络与 CSCW 中群组的比较

群组参数	社交网络	CSCW
基础	兴趣、社会关系	任务
目标	没有确定目标	有确定目标
结构	非结构化	结构化
组织	非正式、松散的	正式、严密的

在 CSCW 领域,感知已经得到广泛的应用和研究,被分为环境感知和群体感知,感知的定义已经相对明确。但是在社交网络中,感知的内容、方式与 CSCW 领域中的感知有较大不同。基于上述不同,我们研究了社交网络中的感知技术。社交网络中的感知,简单地讲是用户在虚拟网络环境中对周围一切内容的感知,同样可分为环境感知和群体感知,但是涵义却有很大不同。环境感知是指对网络虚拟环境的感知,包括社交网络的规模、结构、性质和特征;群体感知是指对社交网络用户的感知,包括用户身份、共享的资源、用户活动(如添加好友、发表日志、共享照片等动作)。

3.3 感知信息的形成过程

跟现实社会人与人面对面的交互不同,社交网络中人与人的交互依赖的是单一的通信媒介——计算机。虽然计算机作为媒介有很多的优点,如有巨大的存储容量、信息恢复能力、数据分布性等,但在以人机交互实现人人交互的过程中,人与计算机的接口使社交网络成员之间的通信和感知产生了很大的瓶颈。计算机似乎很难为网络在线用户同时呈现尽可能多的感知信息。即使可以,也很可能造成用户的屏幕混乱,使用户难以捕捉有用信息来形成正确感知,因此感知信息的形成是一个复杂的过程。图 2 描述了感知信息的形成过程,主要由 4 部分组成。

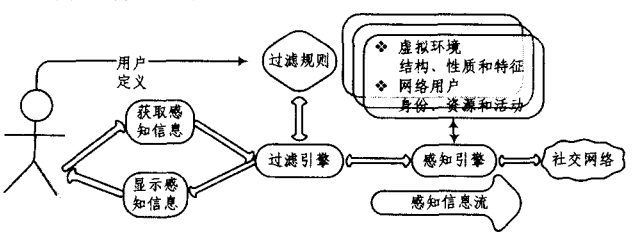

图 2 感知信息形成过程

1)获取感知信息:用户提出获取感知信息的请求,可以是显式请求,如查找有共同兴趣的用户;或者隐式请求,如系统自动列出用户可能认识的人。感知信息的种类很多,为避免大量信息给用户造成困扰,需要预先定义过滤规则,帮助用户获取需要的感知信息。

2)过滤引擎:收集来的信息,需要进行信息过滤,形成最后的感知信息,存储到持久化数据库里或者反馈给相关用户。有关信息过滤机制,一种是基于用户自定义规则的过滤,另一种是基于感知强度的计算。对过滤机制的初步考虑是,利用用户的个人信息以及自定义的规则过滤感知引擎获取的信息。用户可以自定义过滤规则,定制自己所需要的感知信息,以便获得个性化的感知效果,避免冗余信息的干扰,提高信息感知的效率,使感知对社区用户的支持更自然、和谐和人性化。

3)感知引擎:提供信息感知的方法和工具,分析社交网络的结构和特征、社区的规模、个人在社区中的"位置",获取网络用户的身份、资源和活动。感知引擎随社交网络的不同而变化。

4)显示感知信息:感知信息经过过滤机制处理后,以某种方式显示给社交网络用户。

3.4 社交网络环境感知

环境感知是对社交网络虚拟环境的感知,包括社交网络的规模、结构、性质和特征等。本文从社区规模、个人中心度和网络集中性 3 个方面来描述虚拟的网络环境,使用户对所处的社交网络环境有深入的了解。

3.4.1 社区规模(Community scale)

本文以社区成员数量及社区内的信息数量作为评估社区的准则,提出了下面几种测量方法,这些方法都非常直观,让用户可以非常好地感知社区。

(1)成员数量

社区成员数量是指对社区感兴趣、参与社区讨论的用户数量。成员数量大的社区被认为是流行的,也是多功能的。

(2)线索数量

社区线索的数量表明了社区中话题的数量。如果线索数目大,就认为有足够的多样性来满足不同用户需要,且社区较活跃。

(3)近期信息发布的频率

社区近期信息发布的频率昭示了社区近期的活力。近期频率不是指在所有线索的数量下的频率,而是根据社区中最近出现的 50 则信息的持续时间计算出来的,对于评估社区当前活跃性是很有意义的。

3.4.2 个人中心性(Individual Centrality)

在图论和网络分析方面,有多种方式来度量一个顶点在一个图内的中心度。中心度决定了一个顶点在一个图内的相对重要性(例如某人在一个社会网络内是中心)。在网络分析方面有 3 种度量中心度的方式:度中心、中介度和亲近度[14]。

中心度(Degree Centrality)用来测量社区内一个节点的活动度,指的是一个节点的直接连接边数。一般地,一个用户的直接连接越多,说明他越活跃。

中介度(Betweenness)描述了节点在其它节点之间的最短路径上出现的次数。次数越多,中介度越高。

亲近度(Closeness)定义了一个节点与可达节点之间的平均最短路径。节点亲近度越高,距离其它节点越近。亲近度高的节点处在一个很好的位置,可以监测网络中的信息流——它们对网络中正在发生的事情有最好的可视性。

3.4.3 网络集中性(Network Centralization)

个人网络中心性提供了深入了解个人在网络中位置的方式。进一步分析所有中心节点之间的关系,可了解网络的整体结构。一个集中式网络主要有一个或几个核心的节点,如果这些节点被删除或损坏,网络会迅速分裂,形成无关的子

网;核心节点具有很高的中心度和中介度,当被禁用或取消时,可能导致连接失败。而一个非集中式网络则不会发生单点故障,这种网络面对许多蓄意攻击或随机故障时非常有韧性,当多个节点连接失败时,仍然允许其余的节点互达[14]。

3.5 基于关系的群体感知

社交网络是一个由众多节点组成的社会结构,它代表一些个人或一些组织以及他们在一定领域中的关系,它建立在关系和信任强弱的基础之上。关系可以分为强联系,即在同一个网络中不同人之间建立的直接联系;弱联系,即两个人通过另外一个人建立起来的联系。

个人之间的连接基于信任、亲密程度、专业、兴趣等,这些在现实生活中是无法度量的,因为关系的强弱本来就是一个模糊的概念。在线社区的连接性比现实世界要强,因为它可以很快地搜寻某一个跟自己有相同兴趣的人。其次,他们是基于相同的兴趣而连接到一起的,因此他们的关系更加有可能联系得紧密一些。

群体感知是指对社交网络内用户的感知,包括用户身份、共享的资源、用户活动(如添加好友、发表日志、共享照片等动作)。感知过程中关键是确定与其他用户的感知强度,本文提出一个简单的感知强度计算函数:

$$\forall A,B\in V_{SN},\ \mathrm{Awareness}(A,B)=1/\mathrm{ShortestPath}(A,B)$$

其中,A,B 表示社交网络中的用户。

在感知强度计算的基础上,用户可以有选择地感知,获取彼此之间感知强度大的用户的个人档案、资源及活动。

4 学术社区

社交网络针对不同的人群有着不同的定位。最初的社交网站用于交友,面向年轻人及大学生的社交网站也很受欢迎,比如美国的 Facebook、中国的校内网等。目前还没有面向科研工作者、定位到学术研究服务的社交网络,而已有的学术数据库,如 SCI,ACM,IEEE,CNKI 等,都是基于论文管理和论文引用的。在研究社交网络的基础上,结合科学研究的特点,建立了基于个人科研信息的社交网络——学术社区。学术社区面向科研工作者和科研团队,包括教授、学者、科研机构等,提供社交网络服务,管理个人和团队学术信息和资源,分享论文写作、投稿经验,对期刊、会议的评价等,可以帮助研究者发现科研热点或某一领域的研究群体,促进学术交流和创新。

4.1 学术社区的抽象表示

将学术社区映射到有向图上,顶点表示个人,顶点信息包括个人档案以及与个人关联的各种学术资源,有向边表示学术社区中的关系。关系有多种,包括社会关系,如导师-学生关系、同实验室关系等;兴趣关系,基于相同研究兴趣的资源共享关系、合著关系等。用户在学术社区交互的过程中,基于各种关系形成了不同的科研群组,这些群组及其中存在的关系对应有向图中的子图。学术社区和有向图的映射关系如表 2 所列。

表 2 有向图与学术社区的映射关系

有向图	学术社区
顶点	个人档案,包含个人共享的学术资源
有向边	关系,包括社会关系、学术关系、共同兴趣等
有向子图	科研群组,包括学术团队、科研实验室等

4.2 系统设计

图 3 描述了学术社区的系统设计,底层实现了个人信息的管理、Web 信息的挖掘、社交网络分析和信息的感知,是上层应用的基础。上层应用主要包括即时通讯、邮件系统和 Web 应用。下面重点介绍底层的 4 个主要模块。

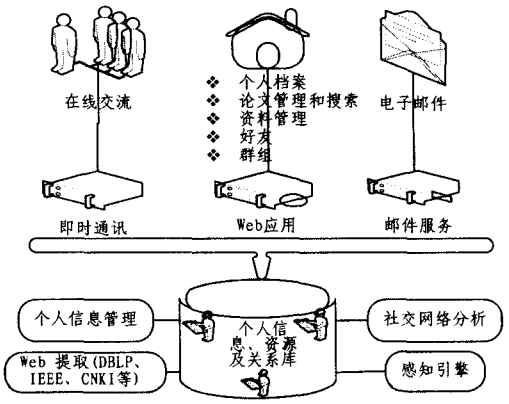

图 3 系统设计图

4.2.1 人信息管理

人信息管理提供了个人信息组织管理功能,其目的是便于记录、跟踪和管理各种个人信息,直接管理和控制个人信息(如个人日志、私人电子邮件、通讯录或行程安排等)。

4.2.2 Web 提取

使用 Web 提取工具 Web-harvest,实现了从 DBLP,IEEE,CNKI,Google Scholar 等学术引擎上提取论文的基本信息。Web-Harvest 是一个 Java 开源 Web 数据抽取工具,可以把 Web 页面转化为半结构化的 XML 文档,然后从 XML 文档提取有用的数据。Web-Harvest 主要是运用了像 XSLT,XQuery,正则表达式等技术来实现对 text/xml 文档的操作。

4.2.3 感知引擎

在社交网络的环境下,用户对网络内其它用户的信息感知程度普遍低。通过信息的感知,用户可以作为一个社会的人在网络上呈现自己,描绘自己的看法、思想和观点。

感知引擎实现了在线用户对社区内有用信息的感知,提供了以关系为基础的逐项分享各种感知信息的方法,为社区用户提供了查看彼此状况和信息的途径。同时,提供了隐私保护机制,使用户在学术社区内能够有选择地显示某些信息,同时有能力隐藏敏感信息。

4.2.4 社交网络分析

社交网络分析用来监视节点、节点之间的连接,发现社区结构、特征和性质,是社交网络信息感知的一部分。节点之间可以有很多种连接,连接可能很强也可能很弱、可能私有或开放。节点还可能在不同群组之间移动,这种运动可能是丰富或稀落、单向或双向的,分析人员能为任何存在联系的用户绘制关系矩阵和社交图,社交网络分析还能发现在网络内部的下层结构,例如在一个大的社区中的群组。

结束语 在深入研究社交网络的基础上,讨论了基于有向图的单一关系社交网络模型和基于有向染色图的多关系社交网络模型。社交网络中的感知问题是本文的重点,首先讨论了一般情况下感知的含义,比较了社交网络与 CSCW 中群组的不同以及由此引起的感知方式变化,给出了社交网络感知信息的形成过程,主要有 4 个步骤:获取感知信息、感知信

息过滤、信息感知和显示感知信息。从社区规模、个人中心性和网络集中性3个方面讨论了社交网络环境感知，在社交网络模型的基础上研究了基于关系的群体感知。最后，介绍了面向科研工作者的社交网络——学术社区，给出了它的系统结构，介绍了各个部分的主要功能，并在学术社区内应用了感知技术，帮助社区内的研究者发现科研热点或某一领域的研究群体，促进了学术交流和创新。在未来的工作中，将结合用户体验，考虑用户意见，做深入的理论分析和实验验证，进一步完善感知理论，提高感知的应用效果。

参 考 文 献

[1] Boyd D M, Ellison N B. Social network sites: definition, history, and scholarship[J]. Journal of Computer-Mediated Communication, 2007, 13(1): 210-230

[2] Acquisti A, Gross R. Imagined communities: Awareness, information sharing, and privacy on the Facebook[J]. Privacy Enhancing Technologies, 2006: 36-58

[3] Schmidt A, Gellersen H-W. Visitor Awareness in the Web[C]// Proceedings of the 10th International Conference on World Wide Web(www2001). Hong Kong, China, 2001: 745-753

[4] Steiny D, Oinas-Kukkonen H. Network awareness: social network Search, innovation and productivity in organisations[J]. International Journal of Networking and Virtual Organizations, 2007, 4(4): 413-430

[5] Steiny D. Network Awareness, Social Context and Persuasion [C]// PERSUASIVE2008. LNCS 5033. 2008: 58-70

[6] Heo M. Relationship-based Social Awareness Disclosure[C]// Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06). 2006: 852-853

[7] Susanne B, Ellen C. Computer support for social awareness in flexible work [J]. Computer Supported Cooperative Work (CSCW'06), 2006, 15(1): 1-28

[8] Buder J, Bodemer D. Supporting controversial CSCL discussions with augmented group awareness tools[J]. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 2008, 3(2): 123-139

[9] Newman M E J. The structure of scientific collaboration networks[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2001, 98(2): 404-409

[10] Miki T, Nomura S. Semantic web link analysis to discover social relationships in academic community[C]// Proceedings of the 2005 symposium on applications and the internet (SAINT'05). 2005: 38-45

[11] Matsuoa Y, Morib J, Hamasaki M. POLYPHONET: An Advanced Social Network Extraction System from the Web[C]// Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web (www'06). 2006: 397-406

[12] Mika P. Flink: Semantic web technology for the extraction and analysis of social networks[J]. Journal of Web Semantics, 2005, 3(2): 211-223

[13] Kimmerle J, Cress U. Group awareness and self-presentation in computer-supported information exchange [J]. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 2008, 3(1): 85-97

[14] Valdis K. Social Network Analysis: A Brief Introduction[EB/OL]. http://www.orgnet.com/sna.html, 2006

(上接第67页)

加以保护。通常的方法是对证据计算报文摘要，增加数字签名，附加时间戳等，以便一定程度地保护证据的完整性和真实性。除此之外，利用Shamir秘密共享可以使得在证据遭到部分破坏时仍能恢复证据信息[10]，而采用强访问控制机制将取证服务器和证据数据库与业务系统强制隔离[11]，可以更有力地对证据加以安全保护。

结束语 动态取证最重要的是对网络的动态信息收集和网络安全的主动防御，如果人工来控制取证时机，很容易导致过早开始取证，从而获取大量无关的信息；或者过晚取证导致不能及时加以防御。本文提出的自适应的动态取证机制，可以通过系统组件之间的协作来适时触发取证，并采用影子蜜罐来保护真实服务器并进一步观察、确认和分析攻击过程，提供更完整的证据，提高取证过程的健壮性和智能性，并对证据的可靠性和可信性提供保护。

参 考 文 献

[1] Sommer P. Intrusion detection system as evidence [Z]. Recent Advances in Intrusion Detection-RAID 98

[2] Stephenson P. The Application of Intrusion Detection Systems in a Forensic Environment [C]// Proceedings of the RAID 2000 Conference. Toulouse, France, 2000

[3] Stephenson P. Intrusion Management: A Top Level Model for Securing Information Assets in an Enterprise Environment [C]// Proceedings of EICAR 2000. Brussels, Belgium, March 2000

[4] Payer U. Realtime Intrusion-forensics, a First Prototype Implementation [C]// TERENA Networking Conference. 2004

[5] Yasinsac A, Manzano Y. Honeytraps, a Network Forensic Tool [C]// Sixth Multi-conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando, Florida, USA, July 2002

[6] Berthier R F, Biondi Y, Kaminsky P, et al. Forensics[C]// Proceedings from the Fifth Annual IEEE SMC. June 2004: 22-29

[7] Shanmugasundaram K, Memon N, Savant A, et al. ForNet: A Distributed Forensics Network [C]// Proceedings of the Second International Workshop on Mathematical Methods, Models and Architectures for Computer Networks Security. St. Petersburg, Russia, 2003

[8] Ren Wei, Jin Hai. A framework of distributed agent-based active and real time network forensics system [Z]. DFRWS, 2004

[9] Dugan J B, LyuBell M R. System Reliability Analysis of an N-version Programming Application[J]. IEEE Transactions on Reliability, 1994, 43(4): 513-519

[10] 杨晓元，季称利，秦晴，等. 基于Sharmir秘密共享的安全取证服务器方案[J]. 计算机工程与应用，2005，22：147-149

[11] 孙波，纪建敏，孙玉芳，等. 电子数据证据收集系统保护机制及其发展趋势[J]. 计算机科学，2004，31(7)：9-11