

对等网络技术研究

吴国庆

(扬州市信息中心, 江苏 扬州 225009; 南京邮电学院 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘要:随着对等网络(P2P)技术的广泛应用,人们对P2P应用模式的需求也越来越大。相对于传统的C/S模式,P2P具有非中心化、扩展性好、性价比高、健壮性强以及负载均衡等优点。越来越多的组织和个人将P2P技术应用于互联网文件共享领域。文中归纳了P2P技术的起源及其发展过程,分析P2P的分类及相关情况,介绍了P2P在各个领域的广泛应用以及P2P安全信任模型的发展状况。从P2P概述、P2P分类、P2P应用现状、P2P安全模型和P2P发展面临的问题这五个方面介绍了P2P的研究现状,探讨了其不足之处,并且分析其原因。给出了对P2P领域发展前景的展望。

关键词:P2P;网络体系结构;信任模型;分布式哈希表

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)07-0100-04

Peer-to-Peer Network Research

WU Guo-qing

(Information Center of Yangzhou, Yangzhou 225009, China;

Sch. of Computer, Nanjing Univ. of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: As peer-to-peer applications are widely applied, the demand for P2P application model is also growing. Compared to traditional client/server (C/S) model, P2P is off-center, scalability, high performance-price ratio, strong robustness, load balancing, and so on. Thus, more and more organizations and persons are applying P2P technology into file sharing field. Mainly concludes the origin and development of P2P technique, analyzes category of P2P network and other associations and introduces extensive applications of P2P technique in each field as well as the development of P2P trust model. Researches on P2P are introduced from five aspects in this paper. Additionally, some disadvantages of research on P2P are discussed and the causes are explained at the same time. Meanwhile, prospects of P2P field are shown as an end.

Key words: peer-to-peer; architecture; trust model; DHT

1 P2P概述

P2P技术,也称为对等网络(Peer to Peer)技术,是一种网络结构的思想。它与目前网络中占据主导地位的客户端/服务器(Client/Server)结构的一个本质区别是,网络结构中不再有中心节点。在P2P网络中每一个节点既是客户机,也是服务器^[1]。

P2P技术并不是近几年才诞生的新技术,它其实是因特网的本质特征之一^[2]。通过建立网页以及在网页中引入链接,可以点击相关链接来访问其他的网页。但是在Yahoo和Google建立了搜索引擎和门户网站后,人们上网的方式被改变了。人们习惯于到一个地

方去获取所有信息,这种模式阻碍了用户之间进行真正的交流。与之相反,P2P的目标就是要把控制权重新交还到用户手中。利用P2P技术,用户之间可以直接共享存储于本地的文件和数据,甚至可以共享包括CPU处理能力在内的计算机资源。P2P技术有效地增进了用户间的联系与交流。

P2P体现了Internet的本质。在P2P技术的推动下,因特网的存储模式将由现在的“内容位于中心”模式转变为“内容位于边缘”模式^[3]。从这个角度看,P2P带来了几个改变:首先,客户不再需要将文件上载到服务器,而只需要使用P2P技术将其共享信息发布出去;其次,运行P2P的个人电脑不再需要固定IP地址和永久的因特网连接,用户可以随时地加入到P2P网络中,其活动不再受到固定IP地址的限制。用户的身份也和IP地址没有任何关系。最后,P2P完全改变过去控制因特网的客户机/服务器(Client/Server)模式,消除客户机和服务器二者之间的差别。

收稿日期:2007-10-17

基金项目:国家自然科学基金(60572131,60573141);江苏省科技攻关项目(BE2007058)

作者简介:吴国庆(1971-),男,硕士,研究方向为计算机网络与信息化工程。

2 P2P 网络分类研究

P2P 系统可以根据网络的集中程度(degree of centralization)和对覆盖网络(overlay network)的认识进行分类。

2.1 基于集中程度的 P2P 分类

目前,主要可以分为如下三类^[4~6]:

- * 完全分布式结构(Purely Decentralized Architectures)。

在该结构中,所有的节点不论其能力大小、所在位置和提供资源情况,一律承担同样的责任。所有的节点既是服务器又是客户机,被称为 servents(SERVER 和 client 的结合)节点,它们完成同样的任务,完全没有中央服务器的存在。

- * 半分布式结构(Partially Decentralized Architectures)。

在该结构中,部分节点承担较大的责任,被称为超级节点(supernodes),它们作为本地服务器给本地节点提供文件共享服务,同时提供与其他超级节点的连接。作为超级节点的节点是动态选择的,没有单点失效性(一旦无效就被别的节点代替)。

- * 混合分布式结构(Hybrid Decentralized Architectures)。

在该结构中,存在一个服务器或者服务器群集(Cluster of Servers)作为中央服务器促进节点间的协作,甚至可以提供诸如文件查询之类的服务。这种方式的最大的隐患在中央服务器上,如果该服务器失效,整个系统就会瘫痪。

2.2 基于覆盖网络的 P2P 分类

基于覆盖网络的 P2P 网络主要分为三种^[6~8]:

- * 非结构化网络(Unstructured Networks)。

该网络认为覆盖网络是一个完全随机图,数据的放置与覆盖网络的拓扑结构完全无关,节点之间的链路没有遵循某些预先定义的拓扑来构建,网络中的查询是完全随机的。非结构化网络的查询性能和可扩展性较差,网络利用率较低。但是它可以方便地调节瞬态节点并且能够很好地适应文件共享的需要。

- * 结构化网络(Structured Networks)。

目前结构化网络更多地用于理论研究。在该网络中,拓扑结构和主机内容紧密相连。文件(或文件指针)被存储在 P2P 系统的专门位置,并且提供文件标识到文件位置的映射机制。最新的研究成果体现在采用分布式散列表(通常使用分布式哈希表, Distributed Hash Table, 简称 DHT)的结构化拓扑网络。

- * 松散结构化网络(Loosely Structured Networks)。

该网络是结构化网络和非结构化网络的一种混合。在该类网络中,映射是存在于文件位置和拓扑结构之间,但是并没有完全说明它们之间的映射情况,因此可能导致搜索失败。

3 P2P 应用现状

P2P 技术在实际中的应用多种多样,但是主要有如下三类^[9]:

- * 内容共享(Content Sharing)。

- * 分布式计算(Distributed Computing)。

- * 协作(Collaboration)。

大多数 P2P 应用,会属于上面的某一类,下面将详细解释。

3.1 内容共享

内容共享包括许多不同的应用类型,其中最常见、最广泛的应用是文件共享或者叫做文件下载,所谓文件共享,就是文件副本(Copy)的传递。P2P 文件共享技术使任意两台向连接的计算机直接共享文档、多媒体和其他文件成为可能。把 P2P 的思想真正发扬起来的是以 Napster 为代表的 P2P 文件共享, Napster 就是将 P2P 文件共享技术投入使用的最好例子,以致现在有很多人把 P2P 技术与 P2P 的文件共享等同起来。

截至目前, P2P 的文件共享经历了 3 代。

3.1.1 第一代文件共享 - Napster

在 Napster 模型中,一群高性能的中央服务器保存着网络中所有活动对等节点地址信息及其共享资源的目录信息。当需要查询某个文件时,对等节点会向一台中央服务器发出文件查询请求。中央服务器进行相应的检索和查询后,会返回符合查询要求的对等节点地址信息列表。查询发起对等节点接受到应答后,会根据网络流量和延迟等信息进行选择,与合适的对等节点直接建立连接,并开始文件传输^[10]。

以 Napster 为代表的第一代文件共享应用,还有中央服务器,但后来因为版权问题,夭折了。

3.1.2 第二代文件共享 - Gnutella

与 Napster 模型相比, Gnutella^[11,12]中取消了中央服务器为核心的目录式结构,主要通过通过对等节点与相邻节点之间的连接遍历整个网络体系。在该模型中,为了查找某个文件,对等节点首先向与之相邻的所有活动节点以广播方式发送一个查询请求包。其他对等节点在接收到该查询请求包后,检查本地是否有符合查询请求的文件内容,如果有,则按查询请求包的发送路径返回一个查询响应包。

第二代 P2P 文件共享系统完全无中心,靠随机试探、历史记录等方式来实现网络发现、信息搜索,系统

效率较低。

3.1.3 第三代文件共享系统 - BitTorrent 等

第三代文件共享系统是目前最常见的 P2P 文件下载系统,它们的主流协议是 BitTorrent(BT)^[13]、eDonkey^[14]、eMule、Gnutella、Fastrack 等。它们将中心与分布的优势有机地结合,利用中心,完成 Peer 发现、信令传递等工作,利用分布的 Peer 完成文件的传输。FastTrack 在北美使用较多,eDonkey 是欧洲流行的一类软件,BT 在亚洲应用最广泛,Gnutella 是客户端种类最多的协议。这四大主流协议都有很多开放源码的软件。

3.1.4 内容共享的其他应用 - P2P Streaming、P2P Voice

P2P Streaming 是经过 P2P 文件下载风暴洗礼后,大家都看好的一类 P2P 应用。目前在网络电台、网络电视方面有软件展示。P2P 技术在这方面也主要应用在媒体数据的传播上。与文件下载不同的是,由于流播放的时序要求,播放客户端要 Buffer 的内容在下载的时候会要求有更高的优先级。同时由于 Streaming 的模式和文件下载的模式不同,使得 Streaming 应用有比文件下载更好的特点。对 P2P Voice^[15]来说,P2P 技术在这方面的应用就是现在最流行的 VOIP,即基于 IP 的语音技术。VOIP 是以 IP 分组为传输平台,对模拟的语音信号进行压缩、打包等一系列的特殊处理,使之可以采用无连接的 UDP 协议进行传输。VOIP 应用最典型的代表是 IPPhone、Skype、Telnet 等。

3.2 分布式计算

分布式计算^[16](Distributed Computing)是 P2P 技术的另一个重要应用。在分布式计算中,共享的资源是计算能力,节点之间的直接交互受到限制,或者干脆不存在直接交互。简单的说,分布式计算就是把原来需要超级计算机处理的庞大任务进行分块,并通过位于系统控制中心的调度软件对分块任务进行调度和管理,分发给许多普通计算机来执行其具体运算操作,操作完成后再将结果返回给控制中心。

3.3 协作

协作包括人力之间的协作^[17]。在这些应用中,人们以实时方式彼此交互,包括即时信息交流、音频、可视化通讯等。协作系统(Collaborative System)构成了完全另外一种类型的 P2P 网络:一群一起工作的用户相互间共享着不同的因特网资源,它们通过协同工作完成一项共同的任务。和文件共享形式不同,协作系统中的一个用户可以在同一时刻将一个信息多点传送到若干个用户,适用于这种应用的最佳架构目前仍在研究之中。

3.4 电子商务

基于 P2P 技术的直接性和易扩展性,该模式很适合用于用户之间的商品买卖,目前它主要可以被应用于金融服务:电子商务集市和广告行销等方面^[18]。

除了以上介绍的几种应用之外,还有一些无法预见或无法定论归类的应用模式。因为作为一项新兴技术,人们对 P2P 的认识还很不完整,而完整的认识还需要在实践探索中逐渐形成。

4 P2P 安全信任模型

安全问题一直是伴随互联网发展的重要问题。P2P 网络与传统的 C/S 网络不同,P2P 是一个“瞬态网络”,网络中的节点可以随意地加入和退出,用户可以任意地登陆到一个网络中,共享其中的资源,因此网络中存在更大的随机性和不确定性,会造成网络带宽和信息存在的不稳定。另外,网络和节点的负载平衡也是应考虑的问题,通讯量的增加将影响网络的鲁棒性,即洪水般的恶意请求引发的拒绝服务攻击可能导致系统的崩溃。因此,在 P2P 网络中系统安全面临着巨大的挑战。

下面是几种具有代表性的信任模型。

模型 1 基于局部推荐的信任模型^[19]。

在该模型中,一个节点的信任度通过询问有限的其他节点来获取。此时,往往采取简单的局部广播的手段,这种方法获得的信任度往往是局部和片面的。

模型 2 基于 PKI(Public - Key Infrastructure)的信任模型^[20]。

在该模型中,存在少数的中心节点负责整个网络的监督,定期通告违规的节点,中心点的合法性通过 CA 颁发的证书加以保证。这类系统是中心依赖的,在可扩展性、单点失效性等方面存在问题。

模型 3 基于声望的安全信任模型^[21]。

在该模型中,节点的信任度(PeerTrust)通过节点间相互交易之后的反馈来计算的。该模型主要是用在 P2P 网络的电子商务交易中。

模型 4 基于角色行为的安全信任模型^[22]。

在该模型中,指定节点基于角色的信任度(Role-based Trust Value)与它在系统中的地位是成比例的,节点的地位取决于它与其它节点的关系,提供一个函数来综合计算一个节点的信任度。该模型具有可扩展性、动态性和安全性。

模型 5 基于推荐的全局信任模型^[23,24]

在该模型中,一个节点的信任度由与它交易的其余节点来评估。信任度反应了网络中的其余对等节点对某个给定节点的信任程度,该信任度基于它们之间

的历史交易过程获得。

5 P2P 面临的问题及未来发展展望

P2P 网络系统的开发,面临着许多问题,首先就是上文提到的涉及安全性的问题,另外还有一系列特殊问题亟待解决:

* 在 P2P 共享网络中普遍存在的侵犯版权问题^[25,26]。

* 在一个无中心的环境中如何选择可靠的资源,即如何建立节点之间的信誉问题。

* P2P 带来的新型网络病毒传播模式防阻断问题。

* 基于 P2P 的隐蔽通讯与隐私保护问题。

* P2P 网络服务健壮性与抗毁能力等等。

互联网造就了网络共享,网络共享又造就了 P2P 传输方式,近几年来 P2P 的发展异常火爆,目前最新的研究成果就是采用分布式哈希表(DHT)的结构化拓扑网络,但是 DHT 网络并不能够一直保持数据的高度有效性^[27],未来 DHT 网络将致力于提高 DHT 网络中数据的有效性,同时将成本减到最低。此外,还会研究新的 DHT 算法以改进网络的路由性能^[28]。

P2P 与网格都是新的分布式计算模型,未来 P2P 技术将继续关注如何把 P2P 协议和模型更好地处理网格计算,以提高网格的可扩展性、连通性以及资源发现等。将 P2P 与网格技术协同与互补以构建更高性能的分式系统^[29]。

总之,体现 Internet 本质的 P2P 技术具有强大的生命力和广阔的发展前景,互联网已经进入 P2P 时代。

参考文献:

- [1] Lua K, Crowcroft J, Pias M, et al. A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes[J]. IEEE Communications Survey and Tutorial, 2005,7(2):72-93.
- [2] 程学旗,余智华,陆天波,等. P2P 技术与信息安全[J]. 信息技术快报,2004,2(3):1-16.
- [3] Li Zupeng, Huang Daoying, Liu Zinrang, et al. Research of Peer-to-Peer Network Architecture[C]// Proceedings of ICCT(1). [s.l.]:[s.n.],2003:312-315.
- [4] Soldani C. Peer-to-peer behaviour detection by TCP flows analysis[R/OL]. Faculty of Applied Sciences, University of Liege. 2004-05. http://www.run.montefiore.ulg.ac.be/~soldani/P2P_Behaviour_Detection.pdf.
- [5] Zhuang Zhenyun, Liu Yunhao, Li Xiao. Dynamic Layer Management in Super-Peer Architectures[C]// Proceedings of the 2004 International Conference on Parallel Processing (ICPP'04). [s.l.]:ACM,2004.
- [6] Li Juan, Vuong S. An Efficient Clustered Architecture for P2P Networks[C]// Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. [s.l.]:ACM,2004.
- [7] Singh A, Liu Ling. A hybrid topology architecture for P2P system[M]. [s.l.]:IEEE,2004:475-480.
- [8] Doval D, O'Mahony D. Overlay networks: A scalable alternative for P2P[J]. Internet Computing,2003,7(4):79-82.
- [9] Barkai D. Technologies for Sharing and Collaborating on the Net[M]. [s.l.]:IEEE,2002.
- [10] 刘德刚,周刚,向金海. 基于 Napster 架构的 P2P 空间数据共享研究[J]. 微计算机信息,2007(27):219-220.
- [11] Ripeanu M, Foster I. Mapping the Gnutella Network: Properties of Large-Scale Peer-to-Peer Systems and Implications for System Design[J]. IEEE Internet Computing, 2002,6(1):168-173.
- [12] Ripeanu M. Peer-to-Peer Architecture Case Study: Gnutella Network[M]. [s.l.]:IEEE,2002.
- [13] Yang Weishuai, Abu-Ghazaleh N. GPS: A General Peer-to-Peer Simulator and its Use for Modeling BitTorrent[C]// Proceedings of the 13th IEEE International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems. [s.l.]:IEEE,2005.
- [14] Guirado-Puerta A M, Malgosa-Sanahuja J, Garcia-Haro J, et al. Peer-to-Peer traffic measurement, analysis and management in an institutional network[M]. [s.l.]:IEEE, 2004.
- [15] Zink M, Mauthe A. P2P streaming using multiple description coded video[C]// Euromicro Conference, 2004 Proceedings. [s.l.]:IEEE,2004.
- [16] Ji Lichun, Deters R. Coordination and enterprise wide P2P computing[C]// Services Computing. 2005 IEEE International Conference. [s.l.]:[s.n.],2005:141-148.
- [17] Eikemeier C, Lechner U. Peer-to-Peer and group collaboration do they always match? [M]. [s.l.]:IEEE,2004.
- [18] Kuno H, Lemon M, Karp A. Transformational interactions for P2P e-commerce[C]// System Sciences, 2002. HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference. [s.l.]:IEEE,2002.
- [19] Cornelli F. Choosing reputable servants in a P2P network[C]// Lassner D. Proc. of the 11th Int'l World Wide Web Conf. Hawaii: ACM Press, 2002:441-449.
- [20] Berket K, Essiari A, Muratas A. PKI-Based Security for Peer-to-Peer Information Sharing[C]// Proceedings of the Fourth International Conference on Peer-to-Peer Computing. [s.l.]:IEEE,2004.
- [21] Li Xiong, Liu Ling. PeerTrust: Supporting Reputation-Based Trust for Peer-to-Peer Electronic Communities[J].

系;DURM 单个用例下的具体流程对应特征模型对应用例特征下的功能特征以及相互关联,进而在产品开发阶段对应大粒度构件的子构件以及配置文件。例如,DURM 的活动图可以最终在产品开发时与工作流程定义相联系。这样,产品的需求分析以及设计开发都有机地结合起来,需求过程复用实现的同时也为开发过程复用打下了基础。

6 结束语

以简化需求分析过程,实现过程复用为目的,对软件产品线的需求分析过程进行了研究与改进,包括基于领域用户需求模型简化产品需求分析过程、采用改进原型法以及建立需求复用库优化产品需求获取过程以及采用本体思想简化产品需求分析过程。在以上研究基础上,开发实现了一套基于 SVG 技术的图形化需求建模工具并在 D2G 平台中进行了应用验证。进一步的研究工作包括研究根据领域用户需求模型的用例文档自动生成技术以及撰写产品规格说明书阶段的文档自动生成技术等,以此进一步简化需求过程。

参考文献:

- [1] Clements P, Northrop L. A Framework for Software Product Line Practice[M]. Version 30. PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2001.
- [2] 江 瑜. 基于软件产品线的需求分析研究[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(8): 1778 - 1780.
- [3] Clements P, Northrop L. 软件产品线实践与模式[M]. 张莉, 王 雷译. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [4] STARS. DARPA STARS Overview: Product - Line Process [EB/OL]. 1996 - 03. <http://www.asset.com/stars/darpa/>
- [5] Soren, Lauesen. 软件需求[M]. 刘晓辉译. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [6] Ralph R, Young. 有效需求实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [7] Kang K, Cohen S. Feature - Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study (CMU/SEI - 90 - TR - 021) [M]. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1990.
- [8] Sommerville I, Sawyer P. Requirements Engineering: A Good Practice Guide[M]. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd., 1997.
- [9] Jacobson I, Griss M, Jonsson P. Software Reuse: Architecture, Process, and Organization for Business Success [M]. New York, NY: Addison - Wesley, 1997.
- [10] Jr. Ecklund E, Delcambre L, Freiling M. Change Cases: Use Cases That Identify Future Requirements [C] // Conference Proceedings of the OOPSLA 96. San Jose, CA: ACM Press, 1996: 342 - 358.
- [11] 张 伟, 梅 宏. 一种面向特征的领域模型及其建模过程[J]. 软件学报, 2003, 14(8): 1345 - 1356.
- [12] Brost W N. Construction of Engineering Ontology for Knowledge Sharing and Reuse [D]. Enschede: University of Twente, 1997.
- [13] 杜英国, 周少云, 孙艳琼. 基于本体的领域分析[J]. 电脑知识与技术, 2006(6): 136 - 138.
- [14] Ding Y, Foo S. Ontology research and development: Part 2 - A review of ontology mapping and evolving[J]. Journal of Information Science, 2002, 28(52): 375 - 388.
- [15] 王 仲, 董 欣, 陈晓鸥. SVG——一种支持可缩放矢量图形的 Web 浏览语言规范[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(12): 1039 - 1043.
- [16] IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2004, 16(7): 843 - 857.
- [22] Khambatti M, Dasgupta P, Ryu K D. A Role - Based Trust Model for Peer - to - Peer Communities and Dynamic Coalitions[J]. Proceedings of the Second IEEE International Information Assurance Workshop (IWIA'04). [s. l.]: IEEE, 2004.
- [23] 窦 文, 王怀民, 贾 焰, 等. 构造基于推荐的 Peer - to - Peer 环境下的 Trust 模型[J]. 软件学报, 2004, 15(4): 571 - 583.
- [24] Zhang Zhen, Wang Xiao - ming, Wang Yun - xiao. A P2P Global Trust Model based on Recommendation [C] // Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Guangzhou: [s. n.], 2005: 18 - 21.
- [25] Kalker T, Epema D H J, Hartel P H. Music Sharing - Copyright - Compliant Music Sharing in P2P Systems [M]. [s. l.]: IEEE, 2004.
- [26] Taima K. Can We Ever Charge Napster Users? [M]. [s. l.]: Siemens Corporate Research, IEEE, 2002.
- [27] Knezevic P, Wombacher A, Risse T. Enabling High Data Availability in a DHT [M]. [s. l.]: IEEE, 2005.
- [28] Xu Zhiyong, He Xubin, Bhuyan L. Efficient File Sharing Strategy in DHT Based P2P Systems [M]. [s. l.]: IEEE, 2005.
- [29] Zhang Qian, Sun Yu, Liu Zheng, et al. Design of a distributed P2P - based grid content management architecture [M]. [s. l.]: IEEE, 2005.

(上接第 103 页)