

对等网络中搜索策略的研究^{*}

李晓戈 杨寿保

(中国科学技术大学计算机科学系 合肥230026)

Research on Searching Policy in Peer-to-Peer Networks

LI Xiao-Ge YANG Shou-Bao

(Department of Computer Science, University of Science & Technology of China, Hefei, 230026)

Abstract Being supported by distributed computing technology, Peer-to-Peer (P2P) computing may be one of the most important technology that influences the Internet in the future. Searching problem seems to be more important in P2P environment for lacking of centralized service in communication. In this paper, we will firstly analyze goals and mechanism of searching system in P2P networks. Our research will then focus on searching policy. We will present a data based technique in data spreading.

Keywords P2P networks, Search engine, Client/Server, Query active area

1 引言

对等计算(peer-to-peer, P2P)可简单地定义为通过直接交换共享计算机资源和服务,对等计算机兼有客户机和服务器的功能。虽然 P2P 这个术语是现在才发明的,但 P2P 本身的基本技术的存在时间却至少存在30年了。应当说 P2P 是当今从集中式计算向分布式计算发展趋势的产物之一,出现了一些有影响力 and 启发性的应用,从而吸引了大家的目光。在很大程度上,P2P 计算与那些分布计算所面临的问题是重叠的一调整并监控网络中独立节点的动作,并确保鲁棒性,以及节点间的可靠通讯。但并非所有的分布计算都是 P2P 计算。比如象 SETI@home (加州伯克利大学发起的一个寻找外星人的分布式计算计划)^[1]或 distributed.net 中不同的项目,这些分布计算几乎没有考虑网络节点中的对等交互,因此并不能认为是真正意义上的 P2P 应用。然而由于分布计算和 P2P 面临很多相同的问题,这就值得我们了解一些分布计算方面的内容。对于这类不能算是 P2P 技术的分布计算,用“面向对等点”的应用(peer-oriented)来命名可能更合适^[2]。

P2P 是对当前盛行的客户机/服务器模式的一个很好的补充。它的对称性可以提供利用大量闲置资源的机会,包括大量计算处理能力以及海量储存潜力。P2P 可被用来通过网络实现数据分配、控制及满足负载平衡请求。除了可帮助优化性能之外,P2P 模式还可用来消除由于单点故障而影响全局的危险。P2P 模式在企业采用,可利用客户机之间的分布式服务代替一些费用昂贵的数据中心功能。用于数据检索和备份的数据存储可在客户机上进行。P2P 可消除客户机/服务器模式造成的瓶颈问题。但是由于缺乏中央服务器对数据的控制和管理,P2P 系统的实现面临很多问题,其中有一点是如何构造一个数据与地域无关的网络环境,数据不再是属于某些特定的服务器。这一点对我们下面探讨对等网络下的搜索策略很重要。

2 搜索机制中的几个问题

2.1 P2P 的网络模型

就拓扑结构而言,有的是比较纯粹意义上的 P2P,如 Gnutella、Freenet,可被称之为单纯型 P2P(如图1);有的为了提高通信效率,设立了目录服务器,可称为混合型 P2P(如图2),如 Napster。有人甚至把一些 IM(即时信息工具)也归为 P2P,从严格意义上说,还依赖服务器来通信的应当不算。P2P 网络结构决定的一个问题是点对等发现服务,即 P2P 应用程序中的对等点如何能够彼此发现对方和与对方交互,关于这方面,在文[4]和[5]中有深入的探讨。点对等发现服务的方式是决定搜索机制效率的重要原因之一。

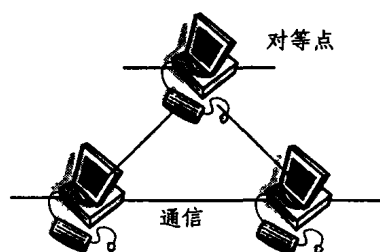


图1 单纯型 P2P

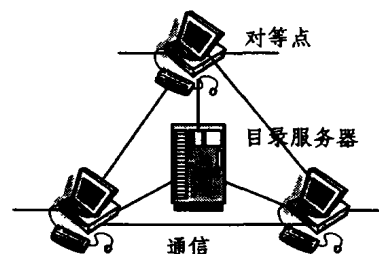


图2 混合型 P2P

^{*} 本文受到国家863项目(项目编号2002AA104560)的支持。李晓戈 硕士研究生,研究方向:计算机网络及应用、信息安全。杨寿保 教授,博导,研究方向:计算机网络及应用、信息安全与密码学。

下面介绍两个有代表性的应用模型:

A. Gnutella^[3]

Gnutella 是一个基于 GNU 许可的开放源项目,最初是由美国在线的 Nullsoft 部门开始的。Gnutella 允许用户与其他 Gnutella 节点直接联系,不经过中心,或者中央目录服务,或者认证机构。没人拥有 Gnutella 网络,和没人能关闭或者监视别人在寻找什么文件。任何孤立的 Gnutella 节点失败后可以在网络上迅速自动恢复。虽然 Gnutella 利用几个服务器来暂存点对点的连接信息,方便新使用者加入,但运行时并无集中管理,是完全分散的,任何一个节点拥有完全相等的能力。

B. Freenet

Freenet 起源于1997年由爱丁堡大学信息学部的 Ian Clarke 发起的一个研究项目。它也是属于分散型,其架构与 Gnutella 类似,但目标有所不同。Freenet 追求的是数据的匿名访问和传播功能,而后者更注重分布式环境下的搜索功能,提供某种灵活性,允许每个站点以自己擅长的最复杂的方式为分布式搜索作贡献^[7]。

2.2 搜索机制的目标和约束条件

搜索机制的目标具体而言与传统网络是类似的,主要包含对搜索结果的数量、返回的时间、结果的匹配性等指标的满足程度。一些目前的搜索引擎的技术也可以移植到 P2P 下,如访问数据库、精确匹配等技术。但是对等网络中的搜索功能的实现方法还是与传统网络环境有很大不同,搜索的深度也有很大区别,在后面的对搜索策略的详述中也可以看出这一点。

在约束条件方面,首先要说明的是我们现在所做的分析和研究是基于目前的 IT 基础设施,主要指网络环境。这方面而言,由于目前的网络设备和协议大多是为客户机/服务器结构设计的,这就给对等网络的设计带来一些不利的因素,如 Gnutella 就是建立在 HTTP 协议之上,但 HTTP 是一个不对称的协议,并不适合于对等网络环境。

还有,对等网络的安全问题也是必须考虑到的,P2P 的安全问题比传统环境下更有挑战性,这当然也与应用的目标有关。目前由于使用 P2P 的人数激增,对等网络已经成为病毒传播的重要途径。病毒可以在共享的对等网络空间中复制自己或感染文档。这样的模式使恶意攻击中的双向通讯变得更为简便。一个病毒撰写者还可以通过对等网络更新其程序。另外,还要注意网络负载和各节点的负载均衡,因为对等网络中各个节点直接通信,而且不存在集中式服务器扮演搜索引擎的角色,通信量的增加可能威胁系统的稳定;洪水般的请求引发的拒绝服务攻击可能导致系统崩溃。

2.3 搜索策略

传统搜索引擎的原理是由搜索引擎公司提供服务器,人们在需要搜索信息的时候向服务器发出指令,由服务器把检索出来的相关目录通过一定的排序方法返回给用户。在这里,我们只讨论完全对等网络环境下的搜索问题,其在实现上与传统网络有很大区别。P2P 下的搜索如图3所示,首先是节点 A 请求某个数据,沿途请求的节点 B、C、D、E 检查自己有没有同请求匹配的数据,没有就转发,一直到 F 节点有该数据,则响应请求,所以问题在于建立怎样的机制能从 A 开始最快找到 F。

为了实现在对等网络环境下建立的搜索机制既有比传统网络下更广更深的搜索能力,也要能提供相当于传统网络下

的搜索效率。在现行的模型中以 Gnutella 和 Freenet 为典型代表,探讨一些改进搜索效率的方法。应该指出的是:决定搜索机制的效率最重要的是应用模型的目标。例如,Freenet 平台的设计比较注重匿名访问,通信的加密以及防止数据文件的伪造品的传播。提高对称搜索机制的效率不仅需要把现有的搜索引擎技术加以利用,对等网络平台也应当提供相应的充分支持,所以我们认为,“有利于搜索”应当成为对等网络设计的主要目标之一。

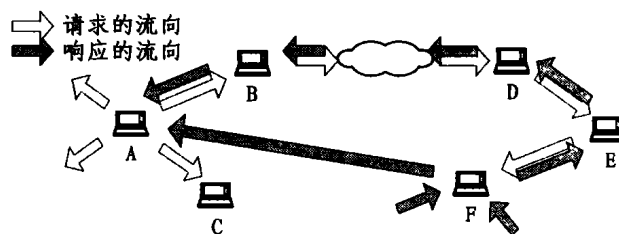


图3 搜索策略图

我们的策略是基于两个基本观点:一是应尽量减少搜索时经过的节点数,这样可以直接减少请求消息的通信和处理时间;二是数据应倾向流向对其更感兴趣的区域。我们假定如果某个对等点最近请求过某个数据文件,那么该数据或指向该数据的标识更应该朝着该节点的方向移动,我们把该节点所在的一定范围的区域称为某数据的请求活跃区。例如,在美国某个节点发行了一首新的拉丁风格歌曲,显然拉丁语系的听众更感兴趣去下载,所以当数据主动流向这些请求活跃区更有利于提高搜索效率

2.3.1 请求的发送策略 请求的发送策略是指以何种策略发送请求,才能获得更好的实现搜索目标。这是目前研究的热点,因为这是在对等网络下开发搜索引擎的首要问题。Gnutella 平台采用有深度限制的宽度优先(BFS)策略,深度是指消息能在网络中跨越的跳数(hops),也就是消息的生存期(TTL)。每个节点把接到的生存期内的请求消息传给自己所有相邻节点。Freenet 平台则采用深度优先(DFS)的策略,当然也有深度限制。每个节点把接到的请求发给自己相邻的一个节点。然而,Clarke(Freenet 的创始人)说搜索的速度可谓相当的快,象传统的搜索引擎一样每个搜索都花上几秒钟,Freenet 中采用的简单快取系统不比 ISP 为了存取网页而采用的精致的快取系统逊色^[7]。

因为以上的两种策略比较极端,在文[6]中,提出一些折衷的解决方案:Iterative Deepening 和 Directed BFS,是针对应用目标和利用 BFS 及 DFS 的优点所做的优化。

2.3.2 数据的扩散策略 数据扩散策略是指数据或指向数据的标识的移动策略。基于上面提出的数据向数据请求活跃区移动的思想,我们采取类似深度优先的策略,具体分为以下两个方面实现:

(1) 当一个对等点接到一个数据请求,并发现自己有数据可以满足这种请求,如图3中当节点 F 接到来自节点 A 的请求,并发现自己有所请求的数据,那么这个对等点 F 一方面直接与请求源节点 A 联系(当然,前提是协议允许请求包中有源节点的地址),尽量减少对该请求的响应时间,之后两点直接传输数据。我们认为这一点对通信效率很重要,后面提到的 Gnutella 通信效率不高就是因为这个原因。另一方面对等点 F 再发一个响应包沿原搜索路径返回(如图3中 F→E→D→B→A),中间节点则记录下响应包中目的节点(如图3中 D

点)的地址再转发,目的是通知原路上各个节点,本节点(如图3中F点)有某个数据文件,那么以后这些中间节点(如图3中B、D点)就可以直接同F通信,从而减少以后搜索该数据经过的节点数,而数据也流向请求活跃区。在Freenet中,采用沿原路径返回数据文件,而不是请求的响应包,这就极大地扩散了数据文件,但也加重了网络的负担。而在Gnutella中,也采用沿原路径返回方法,但是可以选择返回请求响应包或者数据文件。响应包没有通知中间节点的功能,请求源和请求目的地也没有直接通信。

(2)当对等点要加入或退出网络,或是更新文件时,它也要通知别的节点,这也是数据扩散的一种方式。在文[6]中提出了一种“本地目录”的方法:每个节点维持一个简单目录,以保存以该节点为中心,以某定长为半径的圆周范围内对等点的数据信息。这是针对当前典型应用平台的一种优化。这显然是一种基于宽度优先的扩散策略。这是让数据向各个方向扩散。我们认为在一个物理松散的网络环境下,更应该强调数据的相关性、更加面对用户的需求。基于前面提到的第二个基本观点数据应尽量流向请求活跃区,我们采取折衷式的深度优先的策略:将加入、退出、更新信息发给直接相邻节点,而其相邻节点的一个子集(一个向本节点请求频率高的集合)再以同样方式转发出去,消息生存期(TTL)当然是有限制的。结果自然也是流向请求活跃区。

通过以上几个方面的处理,结果是每个对等点的本地目录信息保存的是几方面的内容:

- 直接相邻节点的信息。
- 本节点曾经向其请求过数据的对等点信息。
- 曾经转发过请求,并有成功响应的目的节点信息。
- 曾经向本节点请求过数据的节点的信息。

可见,目录服务维护了许多数据的关联信息。这样使得相应的对等网络具有动态的自适应性:它可以使网络的拓扑结构向着有利于用户需求的方向变化,可以使一些更有能力的节点提供一些相对集中的服务,具有类似传统集中式结构下服务的优点。这些策略都是努力创造一个基于数据的、与地域无关的网络环境。

2.4 挑战

数据搜索策略与对等网络的路由机制有关。在实际应用

中,路由问题并不容易解决,P2P网络的离散性和动态性是其一切困难和挑战的源泉。目前,Gnutella网络被组织为一种二层结构,超级节点路由其中大部份数据,一般节点则基本上不负责路由数据。芝加哥大学的研究人员对Gnutella进行彻底的研究后发现Gnutella在互联网上的运行效率不够高,原因是它的基础架构不符合互联网最基本的拓扑学原理:互联网连接的方式是使数据从纽约通过芝加哥传输到旧金山,Gnutella则没有考虑到互联网基本的拓扑结构,可能使数据绕道东京,再被传输到旧金山。这就提出了有关路由的问题是如何使P2P网络的拓扑结构能自适应最佳的互联网物理网络。

结束语 目前业界关于P2P的应用迅速增加,包括搜索引擎、文件共享和管理、在线协作、分布式计算等,但大多倾向于采取混合式的网络结构,即提供集中式服务来提高通信的效率。通信的一个重要方面是如何搜索对方节点,搜索机制的效率问题是其中的难点,本文主要在对搜索策略的探讨中提出一些改进效率的方法,为建立高效的P2P平台探索一些新的思路。P2P并不一定能成为以后互联网的主流平台之一,但是研究P2P为寻找更成熟的互联网计算平台是一个有益的探索,对等搜索问题也是一样。

参考文献

- 1 Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies. O'Reilly. Andy Oram
- 2 Sundsted T. The practice of peer-to-peer computing: Introduction and history A new-fangled name, but an old and useful approach to computing. <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/java/j-p2p/part1/index-eng.shtml>
- 3 Gnutella's website: www.gnutella.com
- 4 Sundsted T. The practice of peer-to-peer computing: Discovery. <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/java/j-p2p/part5/index-eng.shtml>
- 5 Sundsted T. The practice of peer-to-peer computing: IP Multicast-based discovery. <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/java/j-p2p/part6/index-eng.shtml>
- 6 Yang B, Garcia-Molina H. Improving Search in Peer-to-Peer Networks. <http://www-db.stanford.edu/peers/>
- 7 Oram A. Gnutella and Freenet Represent True Technological Innovation <http://www.oreillynet.com/pub/a/network/2000/05/12/magazine/gnutella.html>

参考文献

- 1 赵沁平. DVENET分布式虚拟环境. 科学出版社, 2002
- 2 何红梅. 分布式虚拟战场环境系统结构的研究与实现:[博士论文]. 北京航空航天大学, 2000. 3
- 3 <http://www.ieee.org/ieeexplore>
- 4 IEEE Standard for Distributed Interactive Simulation- Application Protocol (IEEE Std 1278. 1-1995)
- 5 IEEE Standard for Distributed Interactive Simulation-Communication Services and Profiles (IEEE Std 1278. 2-1995)
- 6 <http://www.dmsi.mil>
- 7 IEEE Std 1516. 1-2000 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)-Federate Interface Specification
- 8 吕良权. 分布式交互仿真应用程序开发工具DVE-Link的研究与实现:[硕士论文]. 北京航空航天大学, 1999. 3
- 9 Myjak M D, Clark D, Lake T. RTI Interoperability Study Group Final Report. 99F-SIW-001
- 10 Fujimoto R S. Time Management in the High Level Architecture [J]. SIMULATION, 71(6): 388~400

(上接第21页)

RTI具有技术领先或者满足仿真系统具体要求的特殊之处。这种状况已经开始妨碍HLA的进一步应用发展。所以,尽快确立一套RTI性能量化指标,同时研究一套RTI到RTI网络交互协议,让不同厂家之间的RTI可以互操作,这不仅会促进HLA的应用,也可能使我国在HLA研究和应用领域达到世界领先地位。

结论 和DIS标准相比,HLA体系结构具有许多明显的优点,这表明HLA是仿真发展的方向,它代表了分布式虚拟现实的未来。但是HLA标准本身尚不完善,导致现有的一些RTI运行效率不高,不同厂家的RTI与RTI之间也无法实现互操作。这些问题是今后HLA与RTI研究的重点。确定“RTI性能量化评价指标”和“RTI到RTI的网络交互协议”可以解决这些问题,是当前HLA/RTI研究领域的重要课题。