

P2P 资源搜索算法概述

A Summary of Peer-to-Peer Resources Search Algorithm

李红玉, 覃海生

LI Hong-yu, QIN Hai-sheng

(广西大学计算机与电子信息学院, 广西南宁 530004)

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

摘要:在介绍 P2P 的网络体系结构的基础上, 分析 P2P 搜索算法的优缺点, 阐述非结构化 P2P 网络和结构化 P2P 网络采用的搜索算法, 为高性能的 P2P 搜索算法的提出奠定基础。

关键词: P2P 资源搜索 泛洪 分布式哈希表

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2006)04-0240-04

Abstract: The P2P network architecture is introduced. The advantages and disadvantages of P2P search algorithm are analyzed. The search algorithms of unstructured P2P networks and structured P2P networks are discussed.

Key words: peer-to-peer, resource search, flooding, DHT

随着网络技术的飞速发展和 Internet 在社会生活各个领域中的广泛应用和迅速普及, 信息量和用户数量与日俱增, 使得现有的 C/S 模式无法满足和支持大规模的网络应用, 由此产生了 P2P 技术。P2P 即 Peer-to-Peer, 也称为对等计算或对等网络, 它不同于 C/S 模式, 不需要中央服务器的支持, 计算节点在功能上是对等的, 既可以充当客户机享用其他节点提供的服务, 又可以充当服务器为其他节点提供服务, 允许计算节点之间直接交流和协作。P2P 技术改变了人们使用网络的方式, 它可以有效地均衡负载, 充分地利用 Internet 边缘的闲置资源, 包括计算、存储和带宽等, 具有很好的自组织能力和可扩展性, 财富杂志将其列为影响 Internet 未来的四项科技之一^[1]。

P2P 计算并不是一个全新的技术, 早在 1969 年 Internet 的前身 ARPANET 刚出现的时候, 网络的应用模式就是 P2P, 计算机对等相连共享网络资源。随着 Internet 规模的剧增, 为了便于管理, 很多应用

逐步演变成层次式和 C/S 模式。直到 1999 年, 共享音乐 mp3 的软件 Napster 的流行才使得 P2P 重新受到关注。目前 P2P 技术已经广泛地应用于文件共享、对等计算、协同工作、即时通信等诸多领域。

P2P 是未来网络的关键技术, 要想充分地利用 P2P 网络中的各种资源, 关键问题是有效地搜索到资源, 高效的资源搜索机制是 P2P 技术的研究重点。本文在介绍 P2P 网络体系结构的基础上, 分析 P2P 搜索算法的优缺点, 简述非结构化 P2P 网络和结构化 P2P 网络采用的搜索算法, 为高性能的 P2P 搜索算法的提出奠定基础。

1 P2P 的网络体系结构

P2P 网络是构建于现存的底层物理网络基础之上的网络, 所以又称为 P2P 覆盖网络。P2P 网络通常有两种划分标准, 一种是按照服务器的集成度来划分, 另一种是按照 P2P 网络的拓扑结构进行划分。

按照服务器的集成度即网络中是否存在中央服务器的标准, 可将 P2P 网络划分为集中式 P2P 网络、完全分布式 P2P 网络和混合式 P2P 网络, 如图 1 所示。(i)集中式 P2P 网络。该网络存在一个中央目

收稿日期: 2006-07-17

作者简介: 李红玉(1981-), 女, 吉林省吉林市人, 硕士研究生, 主要从事计算机网络与并行分布式计算研究。

录服务器,目录服务器负责管理和维护网络中所有节点的目录信息。它不像传统的 C/S 模式那样把所有节点的信息都保存在中央目录服务器上,它的服务器只存储每个节点的索引信息,而节点的所有具体信息都保存在节点本身。集中式 P2P 网络的典型代表是 Napster(<http://www.napster.com>)。(ii) 完全分布式 P2P 网络。该网络与集中式 P2P 网络的主要区别就是不存在中央目录服务器,网络中所有节点在功能上是对等的,既是客户机又是服务器,节点通过与其邻居节点之间的连接组成整个网络,不再需要中央服务器的协调。完全分布式网络中的节点称为 *servent*,*servent* 一词由 *Server* 和 *Client* 合并组成,即 $\text{servent} = \text{server} + \text{client}$,它代表既有客户机的功能,又有服务器的功能。完全分布式 P2P 网络的典型代表是 Gnutella(<http://gnutella.wego.com>)。(iii) 混合式 P2P 网络。该网络融合了集中式 P2P 网络和完全分布式 P2P 网络的优点而形成。在混合式 P2P 网络中,选择网络中那些具有较高带宽、较大内存和较强的 CPU 处理能力的节点作为“超级节点”,超级节点可以存储其周围一部分节点的数据信息,作为这些节点的中央服务器,那么这部分网络就相当于集中式 P2P 网络,而且这些超级节点再以完全分布式的方式互相连接构成一个 P2P 网络,称为混合式 P2P 网络。混合式 P2P 网络中超级节点的选择是动态的,它们同普通节点一样可以随时离开网络,一旦网络发现某个超级节点不再工作,就会采用另一种选择机制重新选择一个高性能的节点担任超级节点。混合式 P2P 网络的典型代表是 Kazaa(<http://www.kazaa.com>)。

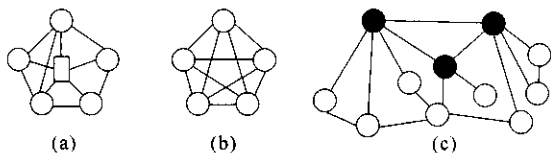


图1 按服务器的集成度划分的 P2P 网络

□: 服务器; ○: 节点; ●: 超级节点

(a) 集中式 P2P 网络, (b) 完全分布式 P2P 网络, (c) 混合式 P2P 网络

P2P 网络按照其覆盖网络的拓扑结构可划分为非结构化 P2P 网络和结构化 P2P 网络,如图 2 所示。(1) 非结构化 P2P 网络。该网络中的节点随机地连接在一起,节点之间的连接是不规则的,无需遵循特定的原则,这种结构的网络具有很强的动态性,每个节点保存的是自身共享的文档。(2) 结构化 P2P 网络。该网络中的节点之间连接成规则的拓扑结构,

节点的加入和退出需要遵循一定的原则。在这种结构网络中文档存放的位置是固定的,每个节点存储的文档不一定是其自身共享的或者是感兴趣的,节点和文档之间存在一个映射关系。

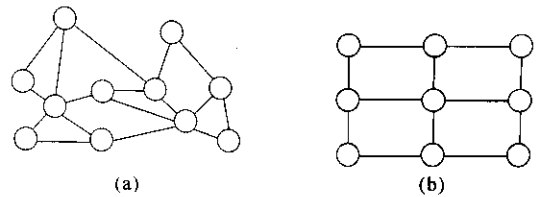


图2 非结构化 P2P 网络(a)和结构化 P2P 网络(b)

2 P2P 资源搜索算法分析

P2P 搜索算法主要分为集中目录式搜索算法、泛洪搜索算法和分布式哈希表搜索算法三类。(1) 在集中目录式搜索算法中,网络中所有节点共享的文档目录被存储在一个中央目录服务器上,新加入的节点将其要共享的文档目录上传到中央目录服务器上,并由服务器对这些目录信息进行索引,查询时节点向目录服务器发起搜索请求,由目录服务器检索其存储的文档索引目录后返回匹配文档的节点地址给发起节点,然后文档的传输就在两个节点之间直接进行,不需要再通过中央目录服务器。(2) 在泛洪搜索算法中,发起节点向其所有的邻居节点广播查询请求,邻居节点再向自己的邻居节点广播,这个过程不断地进行下去,直到 TTL (Time-to-live) 值为 0,搜索过程结束。TTL 是为限制搜索范围而给消息设置的一个初值,消息每经过一个节点,TTL 值减 1。(3) 在分布式哈希表 (Distributed Hash Table, DHT) 搜索算法中,网络中的所有文档和节点都被分配了唯一的标识符,文档的唯一标识符是通过文档内容的关键字进行哈希变换得到的,节点的唯一标识符是通过节点的地址进行相同的哈希变换得到的,文档存储在具有和文档标识符最接近的节点标识符的节点里,查询时节点将查询请求转发给与预搜索的文档标识符最为接近的邻居节点,直到查询条件满足或者无法转发时,搜索过程结束。

在这三类 P2P 搜索算法中,集中目录式搜索算法的查询思想简单,具有较高的查询效率,可以提供快速准确的搜索服务,但是存在的明显缺点就是中央目录服务器的系统瓶颈问题和可扩展性较差。泛洪搜索算法的优点是搜索实现方式简单,但是在泛洪搜索算法中,节点没有对文档进行精确定位,所以要想搜索到查询结果,要经过整个网络或者是一个很大的搜索范围,这样导致网络产生大量的冗余搜

索包,网络流量随着节点数目的增加呈指数级增长,占用大量带宽,带来了很大的网络负载,而且需要花费很长时间才能返回查询结果,可扩展性较差。分布式哈希表搜索算法在一定程度上解决了P2P系统的大规模性和可扩展性的问题,但是由于查询完全基于节点的精确匹配,所以很难支持模糊的和灵活的多关键字查询,而且需要维护大规模的网络拓扑结构。基于P2P网络的动态性和大规模性,我们通常称集中目录式搜索算法和泛洪搜索算法为第一代P2P搜索算法,称分布式哈希表搜索算法为第二代P2P搜索算法。

3 非结构化和结构化P2P网络采用的资源搜索算法

3.1 非结构化P2P网络采用的资源搜索算法

非结构化P2P网络采用集中目录式搜索算法和泛洪搜索算法,但是主要以泛洪搜索算法为主。由于泛洪搜索算法容易产生大量的网络流量,带来很大的网络负载,所以目前对泛洪搜索算法进行了很多改进,主要体现在改进查询请求的转发策略和节点拓扑结构的构造两个方面。一方面基于查询请求的转发策略的改进。这一改进的思想是不同于泛洪搜索算法那样把查询请求转发给所有的邻居节点,而是有选择地转发给邻居节点的一个子集,这种转发策略的改进可以减少网络中的消息流量,减少被访问的节点,这样便节省了带宽,提高了响应速度,达到快速地搜索到所需资源的目的。基于这一思想改进的算法主要有迭代泛洪算法、启发式泛洪算法、有向宽度优先搜索算法和随机步搜索算法。迭代泛洪算法即逐步加深搜索算法^[2],这种搜索算法的实现过程是进行多次泛洪搜索,每次搜索的深度限制依次递增,即每次搜索的TTL值都大于前一次搜索,当查询结果满足要求或者已经达到最大的深度限制时,就不再继续下一个深度优先搜索,搜索过程结束。启发式泛洪算法的搜索思想是把查询请求转发给邻居节点中过去表现优秀的那些节点,因为基于过去表现优秀、能提供很好的搜索请求的节点在将来的查询中也会表现优秀的假设。与其搜索思想类似的是有向宽度优先搜索算法,同样是根据节点记录的关于其邻居节点的历史信息,将查询请求转发给邻居节点中能返回较多结果的有限个节点,从而使得能在较短的时间内查询到结果,减少了通信量。随机步搜索算法同样属于盲目搜索^[3],但是与其他算法不同的是随机步搜索算法将查询请求转发给

邻居节点中的一个,一个随机步定义为一个搜索进程, n 个随机步进程同时搜索将大大降低了网络带宽的消耗,提高搜索的效率和系统的可靠性。

另一方面基于节点拓扑结构构造的改进。改进其一就是引入了“超级节点”的概念^[4]。因为超级节点被视为其周围一部分节点的中央服务器,负责这部分节点的索引、搜索和维护工作,所以查询了一个超级节点就相当于查询了一部分节点,从而避免了在泛洪搜索算法中出现的大量冗余搜索包的问题,明显地提高了搜索的效率。另一个主要的改进就是基于节点表现的兴趣组织网络^[5]。因为每个节点所共享的文档都表现出某种特定的兴趣,兴趣相似的节点保存的内容也相似,通过深度挖掘每个节点的兴趣,使得兴趣相近能够互相满足查询要求的节点聚集在一起,这样节点可以在自己的临近找到结果,而不需要把查询请求转发到远处,查找的范围小,使得消耗的带宽少,访问的节点数目少,便节省了计算资源的消耗,从而提高了搜索的响应速度和查全率。

3.2 结构化P2P网络采用的资源搜索算法

P2P网络的发展过程可以概括为从具有中央服务器的集中目录式P2P网络发展到采用泛洪搜索算法的完全分布式的非结构化P2P网络再到基于分布式哈希表搜索算法的结构化P2P网络。可见,结构化P2P网络是P2P网络发展到一定阶段的产物,它采用分布式哈希表搜索算法。基于P2P网络的大规模性和动态性以及分布式哈希表搜索算法的快速查找的性能,使得结构化的P2P网络的分布式哈希表搜索算法成为P2P搜索算法研究中的重点。在这种算法中,网络中的节点逻辑上构成具有某种规则的拓扑结构,每个节点通过对其标识符进行哈希变换被映射到这一拓扑结构中的某一个位置,文档也通过同样的哈希变换被映射到此拓扑结构中,节点负责管理映射到其上的文档,利用这种规则的拓扑结构,实现了节点之间的快速查找。这里简要介绍三个典型的分布式哈希表搜索算法Chord^[6]、CAN^[7]和Tapestry^[8]的实现方式。

Chord是麻省理工学院设计的基于DHT的可扩展的信息资源定位和路由协议,是基于逻辑环的拓扑结构。Chord中的文档和节点通过一致性哈希变换得到了唯一的标识符,网络中所有的节点根据标识符的大小,从小到大以顺时针的方向构成一个圆环的拓扑结构,文档被存储在大于或者等于文档标识符的节点标识符的节点里,查找时,节点通过依次查找其后继节点便可以找到查询结果,非常适合

大规模的 P2P 网络。

内容可寻址网络 CAN (Content-Addressable Network) 也是基于 DHT 的查找和路由算法,它是基于一个虚拟的 d 维笛卡儿坐标空间实现其数据组织和路由查找功能的。虚拟空间由该网络中的节点动态的划分,每个节点负责一块独立的不相交的区域,查找时,知道目标节点的坐标后,节点就将查询请求转发给当前节点四邻中坐标最接近目标节点的节点,直到得到搜索结果为止。CAN 的独特之处是采用了多维的标识符空间实现 DHT 算法,搜索算法直接并且简单,具有很好的可扩展性。

Tapestry 是分层路由和组织结构的查找算法,它为面向广域网的分布式应用提供了一个分布式查找和路由定位基础平台。Tapestry 中每个节点拥有一个邻居表,记录邻居节点的信息,查找时,它是基于文档标识符的后缀进行路由,即从标识符的最后一位开始依次向前一步一步逼近目的节点的标识符,达到最大程度的匹配。Tapestry 可以适应 P2P 网络的动态变化的特性。

4 结束语

随着网络技术的飞速发展和个人计算机性能增强,互联网的计算机模式正经历着从 C/S 模式向 P2P 模式的转变,P2P 应用已经成为占用互联网带宽最多的网络应用。本文在介绍 P2P 网络体系结构的基础上,分析 P2P 的资源搜索算法的优缺点,阐述了非结构化 P2P 网络和结构化 P2P 网络的搜索算法,为高性能的 P2P 搜索算法的提出奠定良好的基础。

参考文献:

[1] GONG L. Peer-to-Peer networks in action[J]. IEEE

Internet Computing, 2002, 6(1): 37-39.

- [2] YANG ,GARCIA-MOLINA. Improving Search in Peer-to-Peer Networks: Proceedings. of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'02), June 2002[C]. Vienna: [s. n.], 2002: 5-15.
- [3] QIN LV, PEI CAO, EDITH COHEN, et al. Search and Replication in Unstructured Peer-to-Peer Networks: Proceedings of 16th ACM International Conference on Supercomputing (ICS'02), June 2002[C]. New York: [s. n.], 2002: 84-95.
- [4] YANG B, H GARCIA-MOLINA. Designing a Super-peer Network: Proceedings of the 19th International Conference on Data Engineering, March 2003 [C]. Bangalore: [s. n.], 2003: 49-62.
- [5] 杨舰, 吕智慧, 钟亦平等. 一种基于兴趣域的高效对等网络搜索方案[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(5): 804-809.
- [6] STOICA, I MORRIS, R KARGER, et al. Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications: Proceedings of the ACM SIGCOMM[C]. San Diego: [s. n.], 2001: 149-160.
- [7] SYLVIA RATNASAMY, PAUL FRANCIS, MARK HANDLEY, et al. A scalable content-addressable network: Proceedings of ACM SIGCOMM'01, 2001 [C]. San Diego: [s. n.], 2001: 161-172.
- [8] ZHAO B Y, HUANG L STRIBLING, J RHEA S C, et al. "Tapestry: A Resilient Global-Scale overlay for Service Deployment "Selected Areas in Communications [J], IEEE, 2004, 22(1): 41-53.

(责任编辑: 凌汉恩 邓大玉)