

基于特殊数列的懒洪泛 P2P 搜索技术

孙晓莉, 禹继国

(曲阜师范大学 计算机科学学院, 山东 日照 276826)

摘 要:非结构 P2P 网络中的搜索方法大都是直接地或者间接地对洪泛技术做了改进。全光网络中有三种懒洪泛技术, 分别是门槛洪泛、指数洪泛和斐波那契洪泛。但是这三种技术是针对网络状态更新信息的分发, 而不是资源搜索。把这一思想引入到 P2P 领域, 提出了无结构 P2P 网络中基于特殊数列的懒洪泛搜索技术, 方法是对资源的流行度进行分析以实现选择性的洪泛。不是将所有查询发给所有的邻居, 而是只有资源的流行度到达一定值时才洪泛。这种技术大大提高了搜索的性能。仿真结果显示这种方法在搜索成功率、开销和延迟方面都有了较大的改进。

关键词:无结构 P2P; 数列; 搜索

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)07-0117-04

New Lazy Flooding Searching Techniques Based on Special Progressions in Unstructured P2P Networks

SUN Xiao-li, YU Ji-guo

(Department of Computer Science, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

Abstract: Most of searching methods in unstructured P2P networks are all directly or indirectly improved from flooding technique. In all optical networks there are three lazy flooding methods: threshold flooding, exponential flooding and fibonacci flooding. However, the three methods are used to disseminate the information of updated network status, not used to search a resource. On the ground of the former work, put forward new lazy flooding techniques based on special progressions for unstructured P2P networks, it analyzes the popularity of a resource in order to decide when to flood. It floods only when the popularity of a resource reach a certain value. It significantly improves network performance due to selected flooding. Simulation results show that the method improves searching success rate, cost and delay.

Key words: unstructured peer-to-peer; progression; searching

0 引言

互联网资源的“成长性”、“自治性”和“多样性”给虚拟计算环境中的资源定位带来了巨大的挑战。非结构化 P2P 资源定位方法由于其简单性和易用性, 目前在 Internet 上得到了大量的应用。然而, 盲目搜索 (blind search) 方法在搜索过程中具有很大的盲目性, 导致当资源请求节点距离资源共享节点较远时将产生大量的冗余信息, 无法迅速准确地定位资源。近年来, 提出了很多提示性搜索 (informed search) 技术, 其主要思想是由各资源共享节点发布共享信息, 并在网络中

传播和维护这些共享信息, 用于指导资源定位消息的转发^[1]。

搜索意味着定位想要的信息。大多数系统支持简单的借助关键字或者标识符的对象查询。很多数据也存在副本。有的系统只要求找到一个数据项的副本就可以了, 而有的系统要求找到的数据越多越好。P2P 系统中搜索算法所期望的特点是: 高质量的查询结果、每个节点维护尽可能少的路由状态信息、高的路由效率、支持复杂查询等^[2]。

洪泛法^[3,4]是无结构 P2P 网络最朴素、最直接的路由方法, 也是大部分现存无结构 P2P 网络实际采用的方法。每个收到查询消息的节点将消息发送给它的所有邻居节点, 消息的上一跳节点除外。当消息到达目的地或者跳数限制 TTL 用完时不再往前传送。因此洪泛法的路由覆盖范围是一个以 TTL 值为半径的圆。洪泛法的网络开销是随着跳数限制指数增加的, 见图 1。Gnutella 是一种流行的无结构的分布式 P2P

收稿日期: 2009-11-04; 修回日期: 2010-02-14

基金项目: 国家自然科学基金 (10471078); 山东省中青年科学家奖励基金 (2005BS01016); 山东省科技攻关计划项目 (2009GG10001014); 山东省教育科研项目 (J07WH05)

作者简介: 孙晓莉 (1984-), 女, 硕士研究生, 研究方向为对等计算、计算机网络与通信; 禹继国, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为对等计算、无线网络、优化理论与算法设计等。

应用。它采用的就是洪泛的方法来定位资源。但是直接的洪泛会导致巨大的搜索开销。在 2000 年 8 月, Gnutella 团体规模增加如此的大, 因此通过拨号连接到因特网的用户由于他们转发的查询太多而发生阻塞。尽管无结构 P2P 体系结构由于容错、自组织、节点到达和离开的费用低而非常吸引人, 但是对这样的网络的扩展也是非常重要的。

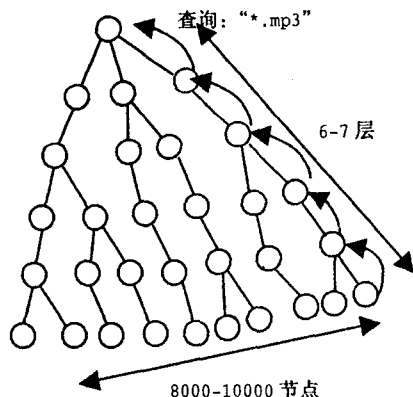


图 1 洪泛路由的巨大开销

文中提出了基于特殊数列的懒洪泛搜索技术。为了区分提出的懒洪泛搜索技术, 把以前的洪泛技术称为全洪泛。懒洪泛的思想是非常简单的, 假设要搜索资源的流行度是 p , 网络节点数为 N , 其中有 M 个节点有这个共享资源, 那么流行度 p 定义为 M/N , 设定一个阈值 T (T 除以节点数 N), 对于满足一定条件的单调递增的数列 $\{b_n\}$, $b_1 > T$, 当 $p < T$ 时才执行全洪泛, 对于其他的 p 值, 只有当 $p = b_i$ 时才执行懒洪泛。当 p 较小时, 说明这个资源不是很盛行, 只有一小部分节点有这个共享资源的副本, 在这种情况下执行全洪泛。而当这个共享资源非常流行时就没有必要把查询这个资源的消息发给所有的邻居。主要使用三种数列, 分别是: 等比数列、斐波那契数列和大衍数列, 在使用的过程中对它们进行了改造。

1 无结构 P2P 网络中的搜索技术

全洪泛的过程在前面一部分已经介绍过了, 它的缺点是会产生大量的消息, 扩展性不好。优点是简单。为了解决全洪泛的问题, 提出了许多新的机制, 像迭代加深^[5]、K-行者随机走^[6,7]、直接的 BFS^[5]、智能搜索^[8,9]等。所有这些方法都是基于 BFS 或者基于 DFS 的。搜索可以分为确定性搜索和非确定性搜索。迭代加深、本地索引^[5,10]、路由索引^[11]、Bloom Filter^[12]属于确定性搜索; 其他的方法都属于非确定性搜索。搜索也可以分为盲目搜索和提示性搜索。迭代加深、K-行者随机走、修正的随机 BFS^[8]和两层 K-行者随机走属于盲目搜索; 其他的都属于提示性搜索。本节主

要介绍迭代加深、K-行者随机走、直接 BFS、本地索引搜索技术。

迭代加深^[5]也称为扩展环, 实际上是一种试探性的洪泛法。它不固定一个具体的 TTL。查询者首先以一个小的 TTL 值做洪泛查询, 如果查到则成功结束, 否则查询者增加 TTL。这个方法一直继续下去直到查询成功。其覆盖范围是一个逐渐变大的圆。迭代加深比全洪泛要高效一些, 但是没有改变洪泛的本质。

随机走指的是节点收到查询消息时只随机选择一个邻居节点发送该消息, 直到数据被找到或者跳数限制用完。这种方法减少了消息花费但是有较长的搜索延迟。K-行者随机走^[5]一次派出 k 个行者, 这 k 个行者分别走自己的路。K-行者随机走方法减少了路由延迟, 但是如果某个行者很早找到所要的数据时, 那么其他行者在走就没有什么意义了。

直接 BFS^[5]的思想是查询节点把查询消息发送给了一个邻居子集。这些邻居将查询消息发送给所有的邻居。为了选择好的邻居, 一个节点必须保持一些简单的静态数据。这种方法减少了路由花费, 降低了查询恢复的时间, 但是只有源节点才可以智能地选择邻居子集, 而其他节点不能这样做, 消息副本并没有减少。

在本地索引^[5,10]搜索方法中每个节点在离它 k 跳内的所有节点上保持数据的索引。每个节点可以直接回答在它索引中的任何数据请求而不需要求助其他节点。所有节点使用同样的深度列表。深度范围内的节点检查本地索引, 深度范围外的节点把查询发送给所有邻居而不检查本地索引。

2 笔者的方法

2.1 流行度的维护

设计中需要知道资源的流行度 p , 但是网络中资源的流行度随着时间的变化而变化, 这是由节点的到来和离开或者由于资源的用尽/删除/复制而造成的。采用集成的方法通知节点资源流行度的变化会引起大的花费, 采用文献[13]中的方法来维护资源流行度的估计。假设网络中有 n 种不同的资源, 每个节点在一个流行度表中维护每个资源的流行度, 表的第 i 行对应第 i 种资源的流行度。当一个节点 A 加入网络时, 它需要初始化它的流行度表。这个节点选择一个邻居 B , 并要求 B 发送来 B 的流行度表, B 就把它的流行度表转发给 A 。这样从 L 个最近的对这个资源的搜索的反馈就可以更新一个资源的流行度。

2.2 数列及其变形

等比数列 $\{a_n\}$, $a_n = a_1 * q^{n-1}$, a_1 是数列的首项, q 是公比。“斐波那契数列”的发明者, 是意大利数学

数列昂纳多·斐波那契(Leonardo Fibonacci, 生于公元1170年, 卒于1240年)。他被人称作“比萨的列昂纳多”。1202年, 他撰写了《珠算原理》(Liber Abaci)一书。他是第一个研究了印度和阿拉伯数学理论的欧洲人。斐波那契数列指的是这样一个数列: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...。大衍数列来源于《乾坤谱》中对易传“大衍之数五十”的推论, 该数列元素是: 0, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 32, 40, 50, ...。

对于上面的三种数列, 用 $\{c_n\}$ 表示它们, 下面对这个数列进行变形以适应网络。假设系统有 N 个节点, 对于流行度为 p 的资源 s , 假设系统中在某一时刻有 M 个节点拥有这个资源或者到这个资源的指针, 那么 $p = M/N$, 同时假设对于洪泛设定的 TTL 值, 令 $T = \text{TTL}/N, 0 < T \leq k$ 。对于 $\{c_n\}$, 让每一项都除以 N 得数列 $\{c_n/N\}$, 在数列 $\{c_n/N\}$ 中取第一项大于等于 T 以后的数构成一个新数列 $\{b_n\}$, 有 $0 < T \leq b_1 < b_2 < \dots < b_i \leq k$ 。

2.3 懒洪泛技术

在网络动态环境下, 估计了每个资源的流行度, 并在每个节点维护了一张资源的流行度表, 当节点 A 在某个时刻要查询资源 s , A 首先在自己的流行度表中相应项查找这个资源的流行度, 假设查到流行度为 p , 那么 A 将 p 与 T 比较, 如果 p 小于 T 就从 A 开始执行全洪泛, 就是把查询发送给所有的邻居, 直到 TTL 用尽或者在 TTL 限制内找到了所要查询的资源; 如果 p 大于等于 T , 则比较 p 是否等于某个 b_j , 如果等于就把查询发送给随机选择的它的 k 个邻居, 见算法 1。

算法 1:

SelectedFlooding(Node A , Source s , Threshold T)

Begin

$p = \text{QueryPopularityTable}(A, s);$

if ($p < T$) AllFlooding(A, s);

else for each $b_j < k$

if ($p = b_j$) LazyFlooding(A, s);

endif

endfor

endif

End

3 性能分析

用于仿真的随机图中有 10000 个节点, 节点的度服从幂律分布, 节点平均度和幂律指数分别为 3.5 和 3, 这些值和 Gnutella 网络的实际值相近^[14]。对于具有流行度为 p 的一个资源, 假设系统中有 $p \times 10^4$ 个节点拥有这个资源。主要关注搜索成功率、搜索开销和搜

索延迟, 搜索开销以一次查询中转发的数据包来衡量。关于等比数列取 $a_1 = 1, q = 2$ 。从搜索的成功率、搜索花费和搜索延迟三个方面给出比较, 见图 2、3 和 4。从图中可以看出基于大衍数列的懒洪泛技术的搜索成功率最高, 其次是基于斐波那契数列的和基于等比数列的。相应的, 基于大衍数列的搜索花费和延迟最多。

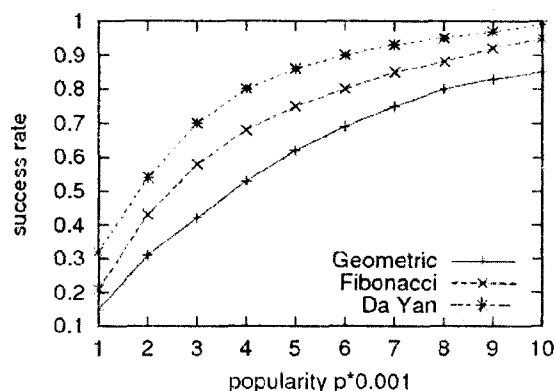


图2 搜索成功率

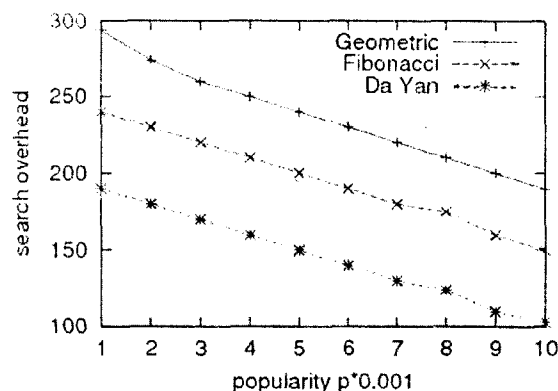


图3 搜索开销

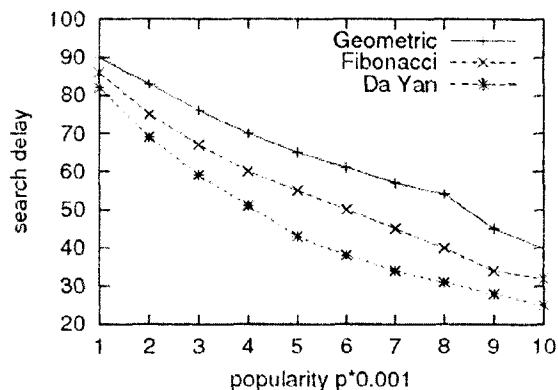


图4 搜索延迟

4 结束语

文中把全光网络中关于网络状态更新信息的分发技术“懒洪泛”借用到无结构 P2P 网络中来, 提出了这种新颖的搜索技术。搜索过程中考虑被搜索资源的流行度, 当流行度小于等于设定的阈值时才洪泛, 当流行

度大于阈值时,只有当其值等于设定的值时才使用 K-行者随机走的方法搜索,因为当流行度大时网络中这个资源比较盛行,就没有必要执行全洪泛,这样可以提高搜索效率,减少多余信息的数量。

参考文献:

- [1] Zhang Yiming, Lu Xicheng, Zheng Qianbing, et al. An efficient search algorithm for large-scale P2P systems[J]. *Journal of Software*, 2008, 19(6): 1473-1480.
- [2] Li X Q, Wu J. Searching techniques in peer-to-peer networks[M]//Handbook of Theoretical and Algorithmic Aspects of Sensor, Ad Hoc Wireless and Peer-to-Peer Networks. [s.l.]: CRC Press, 2005.
- [3] 陈贵海,李振华. 对等网络: 结构, 应用与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 77-79.
- [4] 王 炯. 对等网络中搜索算法与资源最优分布策略的研究与应用[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2005.
- [5] Yang B, Garcia-Molina H. Improving search in peer-to-peer networks[C]//Proc. of the 22nd IEEE International Conference on Distributed Computing (ICDCS'02). Vienna, Austria: [s. n.], 2002: 5-6.
- [6] Lv Q, Cao P, Cohen E, et al. Search and replication in unstructured peer-to-peer networks[C]//Proc. of the 16th ACM International Conference on Supercomputing (ACM ICS'02). New York, NY, USA: ACM Press, 2002: 84-95.

- [7] 庞庆元,林亚平. 在非结构化 P2P 网络中的搜索算法研究[J]. *计算机工程与设计*, 2006, 27(21): 4049-4051.
- [8] Kalogeraki V, Gunopulos D, Zeinalipour-Yazti D. A local search mechanism for peer-to-peer networks[C]//Proc. of the 11th ACM Conference on Information and Knowledge Management (ACM CIKM'02). McLean, VA, USA: ACM Press, 2002: 300-307.
- [9] 沈 洁, 胡金初. P2P 搜索新技术: 智能搜索技术[J]. *微机发展* (现更名: 计算机技术与发展), 2005, 15(11): 91-93.
- [10] 夏启刚, 谢高岗. 无结构 P2P 网络搜索方法及其改进[J]. *计算机应用研究*, 2005(9): 256-260.
- [11] 庄 明, 董健全. 基于 P2P 的路由选择技术的研究[J]. *计算机工程*, 2006, 32(6), 134-136.
- [12] Rhea S C, Kubiawowa J. Probabilistic location and routing [C]//Proc. of the 21th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM'02). New York, NY, USA: [s. n.], 2002.
- [13] Bisnik N, Abouzeid A A. Optimizing random walk search algorithms in P2P networks[J]. *Computer Networks*, 2007, 51: 1499-1514.
- [14] Ripeanu M, Foster I, Iamnitchi A. Mapping the gnutella network: properties of large-scale peer-to-peer systems and implication for system design[C]//1st International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS'02). Cambridge, MA, USA: [s. n.], 2002.

(上接第 116 页)

击时产生的水花飞溅、融合、水体反弹、剧烈变形、自由表面变形等复杂物理现象。研究表明, SPH 方法是一种新的有效模拟自由表面流动的数值方法, 对于其它的自由表面流动现象, 如溃坝坍塌、孤立子爬坡等也应有较好的模拟效果, 这正是下一步研究的问题。

参考文献:

- [1] Lucy L B. A numerical approach to the testing of the fission hypotheses[J]. *The Astronomical Journal*, 1977, 82(12): 1013-1024.
- [2] Gingold R A, Monaghan J J. Smoothed particle hydrodynamics: Theory and application to non-spherical stars[J]. *Mon Not Rastr Soc*, 1977, 181: 375-389.
- [3] Monaghan J J. Simulation of free surface flows with SPH[J]. *Journal of computational physics*, 1994, 110: 399-406.
- [4] Shao Songdong, Edmond Y M L. Incompressible SPH method for simulating Newtonian and non-Newtonian flows with a free surface[J]. *Advances in Water Resources*, 2003, 26: 787-800.
- [5] Colagrossi A, Landrini M. Numerical simulation of interfacial flows by smoothed particle hydrodynamics [J]. *J Comput*

Phys, 2003, 191: 448-475.

- [6] Oger G, Doring M, Alessandrini B, et al. Two-dimensional SPH simulations of wedge water entries[J]. *J Comput Phys*, 2006, 213: 803-822.
- [7] Koshizuka S, Oka Y. Moving-particle semi-implicit method for fragmentation of incompressible fluid[J]. *Nuclear Science and Engineering*, 1996, 123: 421-434.
- [8] 韩 旭, 杨 刚, 强洪夫. 光滑粒子流体动力学——一种无网格粒子法[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2005: 136-137.
- [9] Cueto-Felgueroso L, Colominas I, Mosqueira G, et al. On the Galerkin formulation of the Smoothed Particle Hydrodynamics method[J]. *Int. J. Numer. Meth. Engng*, 2004, 60(9): 1475-1512.
- [10] 徐迎庆, 苏 成, 李 华, 等. 基于物理模型的流水及波浪模拟[J]. *计算机学报*, 1999, 19(增刊): 153-159.
- [11] 谭维炎. 计算浅水动力学——有限体积方法的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [12] 陈前华, 邓建松, 陈发来. 滴水涟漪的计算机动画模拟[J]. *计算机研究与发展*, 2001, 38(5): 524-528.
- [13] 吴 献, 董兰芳, 卢德唐. 一种采用物理模型的实时溃坝动画算法[J]. *小型微型计算机系统*, 2009, 30(1): 121-124.