

一种非结构化 P2P 网络有效搜索机制的研究

Research of Effective Lookup Algorithm on Unstructured P2P System

祝玉军 郑 刚 (安徽工程科技学院 计算机科学与工程系 安徽芜湖 241000)

摘 要: 本文在非结构化 P2P 网络搜索法 - 随机漫步搜索的基础上介绍了一种基于参数的自调节搜索机制 (PBAS)。它引进了参数选择机制,通过参数的有效设置,将搜索成功率,网络开销和延迟达到一种平衡的理想状态。仿真结果显示它的性能比无调节的搜索机制更好。

关键词: 非结构化 P2P 搜索 参数

1 引言

随着 P2P 网络应用的日益盛行, P2P 网络搜索技术成为研究的一个热点。根据索引的存储位置和信息定位的受控程度,一般认为 P2P 系统可以分为两类:结构化 P2P 系统,以 Chord^[1] 为代表;无结构化 P2P 系统,以 Gnutella^[2] 和 Freenet^[3] 为代表。在这些系统中,搜索机制的好坏直接影响到系统的性能。结构化系统采用的是严格的结构化搜索,如基于 DHT 的搜索法;无结构系统更偏向的是一种自由化搜索,如泛洪法。本文着重研究非结构化 P2P 网络。

在非结构化 P2P 网络中,对象定位会严重的消耗网络资源,制约了网络的扩展性。因此搜索算法显得非常重要。一种基本的搜索算法是洪泛,它具有响应时间短,搜索成功率高,但是会给网络带来巨大的流量和开销。在泛洪基础上的算法改进也很多,产生了很多有效的搜索算法,随机漫步^[4] 就是其中的一个。随机漫步可以降低多余请求消息的产生,但是无适应的随机漫步在搜索成功率、负载和延迟等方面并不理想。本文针对这个问题提出一种有效的搜索机制。

2 随机漫步搜索法

随机漫步法 (Random walk) 在非结构化网络中是比较普遍的一种资源定位法。一个需要查询资源的结点,我们称为“查询”结点,它向随机选择的邻居发送 k 个查询 (数据包), 每一个查询叫做一个“漫步者”或者“行者”, 每一个漫步者都有一个 TTL (time to live), TTL 的作用是限制漫步者的存在时间。当一个中间结点接

受到一个漫步者,它首先检查它是否有查询的资源。如果有,查询将不再继续,结果被返回给查询结点。如果没有,它检查 TTL,如果 $T > 0$, 就将 TTL 减去一后把漫步者随机发送给它的邻居,如果 $T = 0$, 查询停止。随机走比起泛洪法的优势在于网络开销随着跳数的增加而线性增加,因此它的 TTL 可以设得非常大。在标准的随机漫步法中,查询者只发送出一条消息,这条消息随机往前走,直到结束条件满足。因此,如果想获得高的成功率,就要把 TTL 设的非常大,但是 TTL 太大必定带来过长的时间延迟。针对成功率、开销以及网络延迟的改进,相关的更为有效的算法被广泛研究。在 k 度随机漫步法中,查询结点利用 k 个随机漫步者去搜索资源。漫步者在搜索成功或者 TTL 值减为 0 时结束,在最坏情况下是产生 $k \times \text{TTL}$ 个消息。DBSF^[5] 法中是通过将查询转向那些最有可能返回成功结果的结点来提高执行成功率。智能 BSF^[6] 是利用了一个对等点队列的机制,将查询转向那些“好”的邻居结点。它更关注是否能找到目标而对冗余消息的产生处理的不好。在^[7]中提到的自适应概率搜索 (APS), 每个结点都有一个索引表,索引表的每个条目代表着曾经搜索过的对象和其邻居结点,条目的值代表着邻居结点响应该请求的可能性即概率。搜索者发布 k 个漫步者,结点根据索引表决定向哪个邻居转发。这些搜索机制有的是每个结点都要维护大量的状态信息,比如邻居目录,索引表等,还要执行对这些信息的添加、更新等操作;有的是以组织网络更为复杂为代价换来更高的成功率。

随机漫步搜索法有个典型的特征,就是网络延迟、

开销和搜索成功率与 TTL 和漫步者 k 有直接的关系。k 越大网络延迟和开销会越大, k 太小搜索成功率会降低。TTL 的大小也有类似的情况。这两个参数直接影响着随机漫步搜索法的性能。

3 基于参数的可调节搜索机制

基于参数的可调节搜索法 PBAS (parameter - based adaptive search) 不同与上面提到的或者是一些类似的算法。因为它们更专注结点中的参数信息, 优化这些信息以达到更好的搜索查询。

3.1 建模分析

(1) 成功率, 是指所要搜索的资源能够搜索到的可能性。源结点发起一个资源搜索, 网络中结点拥有这个资源的概率为 P, 这个资源的搜索成功率为 P, 那么存在一个等式。随机漫步度数为 K, TTL 属性值为 T, 一个漫步者不成功的概率为 $(1 - P)^T$, K 个漫步者都不成功的概率为 $(1 - P)^{KT}$, 因此成功的概率

$$P = 1 - (1 - P)^{KT} \quad (1)$$

(2) 期望开销, 是指从一个结点发动一个搜索开始, 消息包在网络中被传输的期望数目。让 Q_i 代表第 i 个漫步者的开销, 那么 $1 \leq Q_i \leq T$ 。假设 $1 \leq Q_i \leq T$, 那么 $Q_i = j$ 表示漫步者在第 j 步访问的节点才拥有资源, 事件发生的概率为 $P(1 - P)^{j-1}$ 。类似地, $Q_i = T$ 的概率为 $(1 - P)^{T-1}$ 。因此可知 Q_i 的数学期望为

$$\begin{aligned} E[Q_i] &= \sum_{j=1}^T j \cdot P[Q_i = j] \\ &= \sum_{j=1}^{T-1} j \cdot P(1 - P)^{j-1} + T(1 - P)^{T-1} \\ &= \frac{1 - (1 - P)^{T-1}}{P} + (1 - P)^{T-1} \end{aligned} \quad (2)$$

如果 Q 表示所有 K 个漫步者的开销, 那么它的数学期望为

$$\begin{aligned} E[Q_i] &= \sum_{i=1}^k E[Q_i] \\ &= k \frac{1 - (1 - P)^{T-1}}{P} + (1 - P)^{T-1} \end{aligned} \quad (3)$$

(3) 期望延迟, 就是指从搜索发起到资源被找到或者搜索失败所用的时间量。让 D 来表示一次搜索的延迟, 显然 $1 \leq D \leq T$ 。我们可以简单地得到 D 的数学期望。

$$E[D] = \sum_{j=1}^T j \cdot P[D = j]$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{j=1}^{T-1} j \cdot (1 - (1 - P)^k) (1 - P)^{k(j-1)} + T \cdot (1 - P)^{k(T-1)} \\ &= \frac{1 - (1 - P)^{k(T-1)}}{(1 - (1 - P)^k)} + (1 - P)^{k(T-1)} \end{aligned} \quad (4)$$

3.2 算法分析

有上面公式(1)、(3)、(4) 清晰地看到成功率、延迟、开销都与参数 k 和 T 有着联系。我们可以通过选取适当的 k 和 T 的值, 得到期望的成功率、延迟和开销。定义如下模型,

$$P \geq 1 - e \quad (0 < e < 1) \quad (5)$$

$$E[Q] \leq \alpha_p \quad (\alpha_p \geq 1) \quad (6)$$

$$E[Q] \leq \beta_p \quad (\beta_p \geq 1) \quad (7)$$

其中上式中 e, α_p , β_p , 表示对一个存在概率为 P 的资源搜索中, 所允许的最低可接受的性能。由(1)(5) 可以得

$$K \cdot T \geq \frac{\log(e)}{\log(1 - P)} \quad (8)$$

一个结点要搜索一个 $P = 0.01$ 的资源, 设定 $e = 0.05$, 也就是设定了搜索成功率要为 0.95, 那么可以算得 $K \cdot T \geq 298$, 取其值为 300, 可以得到很多组 k、T 值, 将得到的 k、T 的值带入公式(3)(4), 得到的值看是否符合公式(6)(7) 的要求, 如果我们设定 $\alpha_p = 175$, $\beta_p = 50$, 那么一个可行的取值是 $K = 2, T = 150$ 。也就是说我们搜索这个资源, 设定 $K = 2, T = 150$ 就可以有一个好的搜索成功率、延迟和开销, 如表 1 所示。

表 1 k、T 选择表

P	e	α_p	β_p	K	T
0.01	0.05	175	50	2	150

在图 1 中描述了 PBAS 的搜索过程。

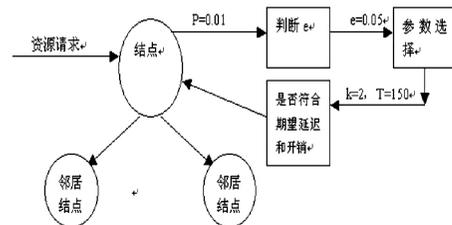


图 1 PBAS 的搜索过程

4 模拟实验

由于不可能在真实的网络环境中进行实验, 我们以模拟试验的方式测试了系统的性能。我们在设定了

比较理想的成功率、延迟和开销后,根据上述的 8 个公式,每个节点都拥有一个 K、T 参数表,如表 2 所示。

表 2 参数表

概率区间	T	K
$[0, 1 \times 10^{-3})$	150	15
$[1 \times 10^{-3}, 2 \times 10^{-3})$	150	13
$[2 \times 10^{-3}, 3 \times 10^{-3})$	150	11
$[3 \times 10^{-3}, 4 \times 10^{-3})$	150	9
$[4 \times 10^{-3}, 5 \times 10^{-3})$	150	8
$[5 \times 10^{-3}, 7 \times 10^{-3})$	150	4
$[7 \times 10^{-3}, 9 \times 10^{-3})$	150	3
$[9 \times 10^{-3}, 1)$	150	2

在模拟分析中,主要考察了 PBAS 和典型的无参数调节的随机漫步搜索法。为了保证数据处理的简单化以及实时有效。我们假设查询包都一样大,发送查询到邻居节点的时间是一定的。模拟建立一个由 10000 个节点任意组成的 P2P 网络。网络中每一个节点和其它节点任意相连。将任意的一个节点作为源点向外发出请求信息。

图 2 看出 PBAS 搜索成功率随着时间的增长并没有随机漫步法高,但是仍然是比较理想的搜索概率,同时从图 3 了解到在网络开销上两者比较大的差别。

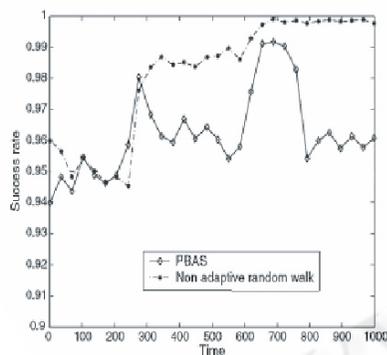


图 2 PBAS 和无调节随机漫步法搜索成功率比较

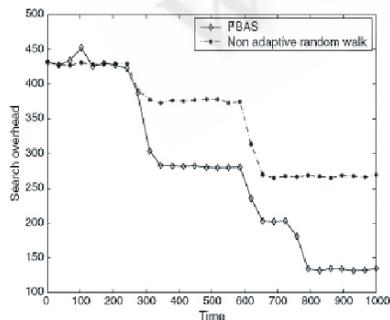


图 3 PBAS 和无调节随机漫步法搜索开销比较

5 结论

提出了一种基于参数的自适应搜索机制,通过对参数的有效设置,使得搜索过程产生更小的网络开销,更低的延迟。PBAS 不再存储网络中邻居节点的信息而是存储网络上所有资源的参数值,需要 $O(n \cdot d)$ 的存储空间, n 是指网络中的资源数量。类似 APS 的搜索机制存储的是邻居节点的信息,需要 $O(n \cdot d)$ 的存储空间, d 指一个结点的平均度数。在存储需求上, PBAS 比其他方法也更为优越。

参考文献

- 1 Stoica I, Morris R, Karger D. Chore: a scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. ACM SIGCOM M. San Diego, USA, 2001.
- 2 Ripeanu M. Peer-to-peer architecture case study: gnutella network. 1st IEEE International Conference on Peer-to-peer Computer (P2P2001). Linkoping, Sweden, 2001.
- 3 Clarke I, Sandberg O, Wiley B. Freenet: a distributed anonymous information storage and retrieval system. The ICSI Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability. Berkeley, California, USA, 2002.
- 4 Lv Q, Cao P, Cohen E, et al. Search and Replication in Unstructured Peer-to-peer Networks. In ICS'02, New York, USA, June 2002.
- 5 Yang B, Garcia-Molina H. Improving search in peer-to-peer networks. Proc. of ICDCS'02, 2002, p. 5.
- 6 Kalogeraki V, Gunopulos D, Zeinalipour-Yazti. D A local search mechanism for peer-to-peer networks. Proc. of Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'02), 2002. 300-307.
- 7 Tsumakos D, Roussopoulos N. Adaptive probabilistic search for peer-to-peer networks. Proc. of Third International Conference on Peer-to-Peer Computing (P2P'03), IEEE, September 2003. 102-109.