

对等网络中基于连接度优化的谣传协议

董西广¹, 刘占伟¹, 庄雷²

(1. 河南工程学院 数理科学系, 河南 郑州 451191;
2. 郑州大学 信息工程学院, 河南 郑州 450052)

摘要: 谣传传播算法随机选择邻居节点转发消息, 降低了消息的覆盖范围。根据 Gnutella 网络的小世界及幂规律特性, 提出基于连接度优化的 dbRM 改进协议。dbRM 在搜索的不同阶段, 依据连接度大小来选择消息的转发对象, 跳数较低时优先选择连接度大的节点, 以保证查询有一个必需的覆盖范围, 且有助于消息快速到达目标节点, 跳数较高时优先选择连接度小的节点, 以尽量降低冗余消息的数量, 从而在保持高覆盖率的同时尽量减少冗余消息的开销。分析和实验结果表明, dbRM 能够提供较低负载的查询, 高效应用于 P2P 搜索。

关键词: 对等网络; 谣传传播; 连接度; 小世界; 幂规律

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)09-0043-04

Optimizing Rumor Mongering Protocol Based on Degree in P2P Network

DONG Xi-guang¹, LIU Zhan-wei¹, ZHUANG Lei²

(1. Department of Mathematical and Physical Science, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 451191, China;
2. School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Rumor mongering algorithm selects neighbor nodes to forward messages randomly, reducing the coverage. According to Gnutella network's small world and power law characteristics, propose an improved algorithm dbRM which optimized based on connection degree. On different searching steps, dbRM chooses different nodes to forward messages according to their degrees. For ensuring a high coverage of message and finding the targets quickly, dbRM first select nodes which have biggest degrees when hop is low, and to reduce the redundant messages while keeping the high coverage rate it first select the nodes which have smallest degrees when hop is high. Analysis and simulation results show that the dbRM provides a low overhead broadcasting facility that can be effectively used in P2P searching.

Key words: peer-to-peer network; rumor mongering; degree; small world; power law

0 引言

对等网络作为以文件共享为初始目的的应用, 允许任意终端用户对等体之间直接交换文件, 无须中间服务器的参与, 目前已成为占用因特网流量的主要应用类型。对等网络支持大量用户的能力, 使得 P2P 技术能够花费较低的成本广泛应用于大规模分布式系统。

为了保证对等网络的高效性, 充分利用网络中的各种资源, 系统首先必须能够有效地发现目标资源。早期的 P2P 系统使用中央服务器来存储参与节点的

索引, 这虽然有助于资源搜索, 但中心化的设计存在单点失效和性能瓶颈问题, 严重制约了 P2P 技术的发展。经过不断的完善和发展, Gnutella 无需中央服务器的参与, 它是一种新的纯分布式的文件共享系统, 节点之间的地位是完全对等的, 网络中的一切资源和服务均分散在所有节点上, 从本质上避免了性能瓶颈和单点失效问题, 但同时也因为网络中不再具有严格的拓扑或精确的文件定位信息, 使得原本在客户机/服务器模型中很容易实现的资源搜索问题变得十分复杂。

洪泛机制是当前搜索算法中最重要的策略之一, 在原始洪泛算法中, 节点把收到的查询消息转发给除发送该消息给本节点外的所有邻居节点, 网络中的每个消息都拥有唯一的消息标识符, 消息在到达已经接收过该消息的节点后, 该消息会被该节点作为冗余消息而丢弃掉, 整个搜索的范围受消息生存期 TTL 约束。消息产生时, 被赋予一个初始 TTL 值, 随着查询

收稿日期: 2011-01-21; 修回日期: 2011-04-26

基金项目: 河南省教育科学研究基金项目(2008A520024); 河南工程学院青年基金(Y09059)

作者简介: 董西广(1981-), 男, 硕士研究生, 研究方向为对等网络体系结构; 庄雷, 博士, 博士生导师, 主研领域为网络体系结构。

的逐渐推进,消息每向前 1 跳,TTL 就减 1,当 TTL 值减为 0 或消息变成冗余消息时,该消息被丢弃掉。

洪泛机制的最大优点是能够保证查询的高覆盖范围,Gnutella 网络中若采用标准洪泛搜索策略则可以在 7 跳内到达整个系统中 95% 以上的节点^[1],这对于查全率和查询的有效性至关重要,同时由于查询过程中节点以并行方式转发消息,也有助于消息快速到达目标节点,从而缩短查询和响应时间。正是由于洪泛机制的这些优点,它被广泛应用于非结构化对等网络中。随着 P2P 技术的逐步流行和对等网络规模的不断扩大,洪泛机制在查询过程中所产生的指数级冗余消息已经过多占用了 CPU 计算资源,严重吞噬了有限的网络带宽,制约了网络的进一步发展^[2]。

鉴于 P2P 技术的重要性和搜索技术的不完善性,研究人员在该领域已做了大量工作,在原始洪泛机制的基础上,提出了不少改进算法,如 Gnutella with shortcuts^[3], Iterative Deepening^[4], Rumor Mongering^[5], 其中谣言传播协议也称 Epidemiological 算法或 Gossip 算法,消息在网络中的传播方式非常类似于疾病在易感人群中的传播,即节点从邻居中选择转发消息对象的策略是完全随机的。谣传算法与原始洪泛算法相比,大大减少了开销,但同时也由于消息转发的局限性和过于随机性,使得该算法不能保证传播的高覆盖范围,并且增加了完成查找所需要的时间。

为了改进谣言传播算法的不足,根据 Gnutella 网络的“幂规律”及“小世界”特性,在 Rumor Mongering 的基础上提出基于连接度优化的 dbRM (degree-based Rumor Mongering) 协议。它把整个搜索过程分为两个阶段,在跳数较低时优先把消息转发给连接度较大的邻居,跳数较高时优先把消息转发给连接度较小的邻居。改进算法不再随机选择邻居节点,而是基于节点的度根据消息的跳数在不同阶段按照不同策略来选择转发对象,从而克服了消息转发随机性所带来的局限,优化了 Rumor Mongering 算法的性能。分析和实验结果表明,dbRM 能提供较低负载的查询,高效应用于 P2P 搜索。

1 相关工作

目前 P2P 网络中的资源搜索技术通常包括以下几个方面:中心化索引机制,如 Napster;分布式哈希表机制,如 CAN^[6];启发机制,如 ants-like^[7];洪泛机制,如 Gnutella。

基于中心化索引机制的对等网络,借助于索引服务器来实现查询,中心服务器的存在违背了 P2P 网络中节点完全对等的基本思想,制约了网络的可扩展性,使得网络存在单点失效和性能瓶颈问题^[8];分布式哈

希表机制信息定位准确,效率较高,但系统性能过于依赖哈希函数的优劣,哈希函数的选择非常困难,不适于文本搜索;启发机制具有良好的自适应性,但搜索的覆盖范围不稳定,影响搜索结果的完整性。

原始洪泛搜索策略中,节点发送或收到查询消息时,首先检查本地资源,同时检查消息的合法性,如果该消息不是冗余消息,则尽可能向网络中的所有邻居节点转发该消息,以保证消息可以最大限度地到达系统中的所有节点,有助于增加找到待查信息的可能性。洪泛机制的这种策略使得它在理论上能够保证如果网络中有满足查询条件的结果,则一定可以找到;但同时也为此付出了昂贵的代价,洪泛机制所产生的指数级冗余消息严重浪费了网络资源,包括带宽、CPU 等,降低了系统性能。

Gnutella 协议是基于原始洪泛搜索策略的典型代表,Gnutella 网络中查询资源时,首先搜索本地资源,如果失败,再通过广播方式向所有邻居节点发送查询消息,收到查询消息的节点重复同样的过程,直到搜索成功或 TTL 为 0,整个过程中所有参与消息转发的节点在转发消息时不回传,最终向发送查询请求的源节点返回查询结果,或者搜索成功,或者搜索失败。

Gnutella 作为最重要的网络模型之一,具有非常重要的研究和参考价值,传统洪泛机制所产生的大量冗余消息严重浪费了系统资源,影响了网络性能,使得严格遵守 Gnutella 协议的网络失去实用意义。因此,改进搜索策略以保持在高覆盖范围的前提下尽量降低冗余消息量,一直都是研究的热点。Rumor Mongering 就是 Gnutella 协议的重要改进协议之一。

2 基于连接度优化的谣传协议 dbRM

2.1 谣传协议

Rumor Mongering 协议可简单描述如下:

当节点 p 收到节点 q 发送的查询消息 m 时,如果 p 收到该消息的次数小于 F,则 p 通过将该消息发送给随机选择的 B 个邻居来完成本次消息的传播,否则,丢弃该消息;

When (p receives message m from q)

If (p has received m no more than F times)

p sends m to B neighbors chosen randomly which have not yet seen m

else p drops message m.

参数 B 表示消息在转发过程中每次最多可以选择的邻居节点的数目,参数 F 表示节点收到同一消息的最大有效次数,超过该数值后节点再收到该消息就直接将该消息作为冗余消息丢弃掉,而不再向其它节点发送该消息。假如 F 值为 1,则表示节点只会向它

的邻居节点转发第一次收到的查询消息 m , 后续到达的相同消息将直接被丢弃掉。

2.2 dbRM 协议

谣传协议的思想很简单, 可以通过调整参数 B 和 F 的值, 满足不同的应用环境。事实上, 如果将 B 设为网络中节点的最大连接度数, F 设为 1, 则 Rumor Mongering 将退化为 Flooding, 其实 Flooding 就是 Rumor Mongering 的一个特例。Rumor Mongering 选择消息转发对象时是完全随机的, 这就降低了搜索的覆盖范围, 增加了查询成功所消耗的时间。Gnutella 网络既满足“小世界”特征, 同时节点的度也符合“幂规律”特性, 即少数节点具有较高的度, 多数节点具有较低的度。依据这两个特性, 根据节点的度对 Rumor Mongering 进行优化, 优化时不再随机选择邻居节点作为转发对象, 而是根据连接度的大小, 优先选择连接度大的节点或者优先选择连接度小的节点。

研究表明^[9]: 高连接度优先算法在前 4 跳时候性能明显优于低连接度优先算法, 但是随着跳数的增加, 高连接度优先算法冗余消息数量迅速增大, 效率又低于低连接度优先算法。基于此提出基于连接度优化的分段改进算法 dbRM, dbRM 把整个搜索过程分为两个阶段, 跳数较低时优先选择连接度较大的节点, 以保证消息能够迅速到达目标节点^[10], 跳数较高时优先选择连接度较小的节点, 以降低冗余消息的数量。在前几跳的时候, 绝大部分节点还没有被访问过, 消息到达的节点基本上都是第一次被访问, 优先把查询消息转发给连接度大的邻居节点, 能够保证在拥有较高查询覆盖范围的同时, 加快找到待查信息的速度, 因为在非结构化对等网络中, 通过连接度大的节点找到待查信息的可能性较大^[10]; 后几跳的时候, 大多数节点已经被访问过, 优先把查询消息转发给连接度小的邻居节点, 能够尽量降低冗余消息的数量, 因为连接度小的节点在前几跳中被访问的概率要远远小于连接度大的节点。前几跳时, 网络中的大部分节点都还没有被访问过, 消息到达的节点数量还较少, 此时优先选择连接度较大的节点, 既有助于搜索范围的迅速扩大, 又有助于快速发现目标节点; 后几跳时, 网络中的绝大部分节点可能都已经多次收到过该消息, 尤其是连接度较大的节点, 此时若继续优先将消息发送给连接度大的节点则该消息变成冗余消息的可能性就非常大, 到达新节点的数量就比较少。改进后的 dbRM 协议, 能根据 Gnutella 中节点分布的规律, 有效地把两个阶段的优点结合起来。

dbRM 可以描述如下:

节点 p 收到消息 m 的次数小于 F 次, 若消息的跳数小于或等于 h , 则优先把消息转发给没有收到过该

消息的 $B1$ 个度数最大的邻居节点; 若消息的跳数大于 h , 则优先把消息发送给还没有收到过该消息的 $B2$ 个度数最小的邻居节点。 $B1$ 和 $B2$ 可选取同一个值。

When (p receives message m from q)

If (p has received m no more than F times and the hop of this message is not more than h)

p sends m to $B1$ biggest degree neighbors which have not yet seen m .

Else if (p has received m no more than F times and the hop of this message is more than h)

p sends m to $B2$ smallest degree neighbors which have not yet seen m .

else p drops message m .

3 仿真实验与分析

根据 Gnutella 网络特点, 结合文献[11]中提到的节点分布规律和文献[12]中指出的有关连接度分布特点, 构造了一个由 100 个节点构成的网络 $N1$, 节点平均连接度为 7, 以标准洪泛算法为基础, 表 1 给出了在不同 B 和 F 值的选择下, 传统 Rumor 算法和 dbRM 的消息覆盖率和冗余消息率, 其中 dbRM 算法中的 h 取值为 4。

通过表 1 可以看出, 在同样的 B 、 F 值下, dbRM 与 Rumor 相比其冗余消息百分比基本相同, 但 dbRM 消息覆盖范围明显偏高。实际上, 增加 B 、 F 值可以增加消息的覆盖范围, 因此覆盖率的增加可以间接转换为冗余消息数量的减少, 对于同样的消息覆盖范围, dbRM 冗余消息数量要明显小于 Rumor。例如在同样是 97% 的消息覆盖率的情况下, Rumor 要选择 $B=3$, $F=3$, 对应冗余消息率为 43.1%, 而 dbRM 只需选择 $B=3$, $F=1$, 其开销为 26.6%, 减少 11.5%。

表 1 不同参数下 Rumor 和 dbRM 的消息覆盖率及冗余消息率

B	F	Rumor		dbRM	
		rate of coverage	redundancy rate	rate of coverage	redundancy rate
2	1	67.1%	22.7%	97.2%	23.1%
3	1	83.3%	26.3%	99.1%	26.6%
2	2	90.1%	28.4%	99.8%	28.9%
2	3	96.7%	33.6%	99.9%	33.9%
3	2	97.1%	34.2%	99.9%	34.4%
3	3	99.0%	38.1%	99.9%	38.2%

dbRM 跳数较小时优先把消息转发给连接度大的邻居节点, 以保证消息能够迅速到达目标节点, 快速发现目标, 从而缩短查询时间。

表 2 给出了 Rumor 和 dbRM 两种算法在不同参数下搜索完成的时间。

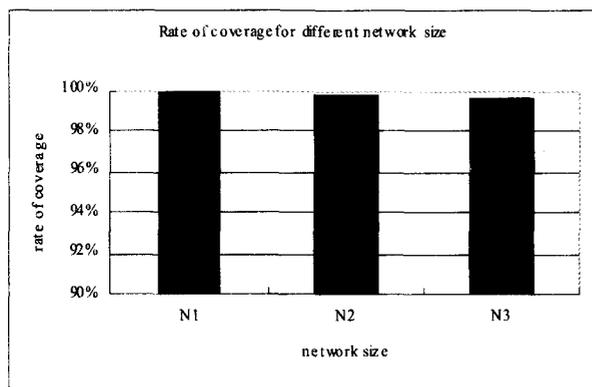
表 2 不同参数下 Rumor 和 dbRM 的搜索时间

B	F	Rumor	dbRM
2	1	24	21
3	1	17	16
2	2	22	16
2	3	20	13
3	2	16	13
3	3	12	15

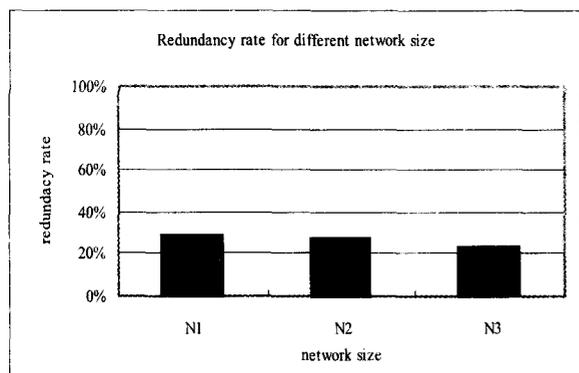
从表 2 可以看出,在同样的 B、F 取值下,dbRM 的搜索时间明显减少,例如 B=2, F=3 时,搜索时间减少 35%。

好的搜索算法要能适用于大规模 P2P 系统,为了考察 dbRM 的可扩展性,依照网络 N1 的特性,另外构造了两个网络 N2 和 N3,其节点数分别为 1000 和 10000,以 B=2, F=2 为例,观察不同网络规模时 dbRM 所产生的消息覆盖率和冗余消息率的变化情况。

从图 1 可以看出网络规模的变化对基于连接度优化的 dbRM 改进算法的消息覆盖率和冗余消息率影响不大,该算法可应用于大规模网络。



(a) 消息覆盖率



(b) 冗余消息率

图 1 不同网络规模下 dbRM 的消息覆盖率和冗余消息率

4 结束语

P2P 网络中高效的资源搜索策略是保证系统有效

性的关键问题。Gnutella 网络作为重要的对等网络模型,对 P2P 技术的发展具有重要意义。谣传协议在转发消息时选择转发对象的局限性和过于随机性,降低了搜索效率,严重影响了网络性能。根据 Gnutella 网络的小世界及幂规律特性,提出基于连接度优化的 dbRM 改进协议,dbRM 能在保持较高覆盖范围的前提下,降低冗余消息量,减少搜索时间,提高搜索效率,且具有良好的可扩展性。

参考文献:

- [1] Ripeanu M, Foster I, Iamnitchi A. Mapping the gnutella network: Properties of large-scale peer-to-peer systems and implications for system design[J]. IEEE Internet Computing, 2002(1):50-57.
- [2] Chawathe Y, Ratnasamy S, Breslau L, et al. Making Gnutella-like P2P Systems Scalable[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM. Germany:[s. n.], 2003:407-418.
- [3] Scipaniukulchai K, Maggs B, Zhang H. Efficient Content Location Using Interest-Based Locality in Peer-to-Peer Systems[C]// Proceedings of IEEE INFOCOM 2003. San Francisco: IEEE Computer Society, 2003:2166-2176.
- [4] Yang B, Molina H G. Improving Search in Peer-to-Peer Systems[C]// Proceedings of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems. Washington: IEEE Computer Society, 2002:5-14.
- [5] Portmann M, Seneviratne A. Cost-effective broadcast for fully decentralized peer-to-peer networks[J]. Computer Communications, 2003, 26(11):1159-1167.
- [6] Ratnasamy S, Francis P, Handley M, et al. A scalable content-addressable network[C]// In ACM SIGCOMM 01. [s. l.]: [s. n.], 2001.
- [7] Schelfhout K, Holvoet T. A pheromone-based coordination mechanism applied in P2P[C]// Proceedings of the Second International Workshop on Agents and Peer-to-Peer Computing. [s. l.]: [s. n.], 2003.
- [8] Tang Chunqiang, Xu Zhichen, Mahalingam M. Search: Information Retrieval in Structured Overlays[C]// First Workshop on Hot Topics in Networks (HotNets-1). [s. l.]: [s. n.], 2002.
- [9] 李建春, 赵宗渠. Gnutella 网络中 Rumor Mongering 协议的改进[J]. 通信学报, 2005, 26(1A):171-173.
- [10] 黄道颖, 黄建华, 庄雷. 基于主动网络的分布式 P2P 网络模型[J]. 软件学报, 2004, 15(7):1081-1089.
- [11] 黄道颖, 刘刚, 张尧, 等. 利用 Gnutella 网络的拓扑特性改进其扩展性[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(26):58-60.
- [12] Stutzbach D, Rejaie R. Characterizing Today's Gnutella Topology[C]// Proceedings of the ACM SIGMETRICS 05. Banff, Alberta, Canada:[s. n.], 2005.