非结构化 P2P 网络拓扑结构的改进机制

许 松
XU Song

中国民航飞行学院 现代教育技术中心,四川 广汉 618300
Modern Education Technology Centre,Civil Aviation Flight University of China,Guanghan,Sichuan 618300,China
E-mail:songtao-i@163.com

XU Song.Improved mechanism of unstructured P2P network topology structure.Computer Engineering and Applications, 2009,45(10):110-112.

Abstract: The unstructured P2P network becomes more and more popular with the easily global deployment and supporting fuzzy key match,but the unstructured P2P network has poor scalability because of the flood broadcasting.This paper puts forward a balanced binary tree as the unstructured P2P network topology structure based on the existing problems of the unstructured P2P network topology structure,designs the corresponding algorithm of network peer insert,leave,and resources search,and shows the improved results by corresponding simulation.

Key words: Peer-to-Peer network;Balanced Binary Tree(AVL);searching algorithm

摘 要:非结构化的 P2P 网络由于方便的全局部署和支持模糊匹配,而越来越受到欢迎,但是非结构化的 P2P 网络采用了洪泛的广播方式,因而导致网络的缩放性比较差,该文则在研究非结构化 P2P 网络拓扑结构存在问题的基础之上,提出采用平衡二叉树作为非结构化 P2P 网络的拓扑结构,设计相应的网络节点加入,节点退出,资源搜索等算法,并通过相应的仿真来展示改进的效果。

关键词:P2P 网络;平衡二叉树;搜索算法
DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.10.033 **文章编号**:1002-8331(2009)10-0110-03 **文献标识码**:A **中图分类号**:TP393.02

为了满足大规模网络应用的需求,集合和协同日益丰富的分布资源,互联网系统的模式发生了从 C/S 模式到 P2P[1-2](Peer-to-Peer,P2P)模式的转变。P2P 网络中各个节点逻辑对等,同时充当客户端和服务器的角色,节点之间无需借助中间服务器即可直接共享和交换资源。P2P 网络的出现使网络计算模式从集中式向分布式转移,网络应用的核心从中央服务器向网络边缘的终端设备扩散。P2P 模式能让互连网上的闲散资源得到充分的利用,网络的容错性能也大大提高。在 P2P 网络中,信息的传播更加迅速,同时也优化了网络的带宽利用情况。

P2P 的本质目的是实现资源共享,而资源共享的前提是找到并定位资源,这就是 P2P 系统的关键,即资源的索引问题。对于文件共享系统,索引问题就是对于给出的一个关键字,找到相应的文件,并且给出这些文件的位置。解决这个问题的常用策略是建立一个覆盖网络(Overlay Network,ON),它是位于应用层的。在这个覆盖网络上,通过具体的分配和路由机制实现索引。

目前覆盖网络的拓扑结构可以根据耦合度分为非结构化[3-4]和结构化拓扑[5-7],结构化网络只支持精确搜索,但是不利于网络的全局部署;而非结构化网络相对来说非常容易进行网络的全局部署,也支持模糊搜索,所以应用范围很广,但由于非结构化网络采用洪泛的报文传播方式,所以会导致网络的缩放性不好。在分析非结构化网络拓扑结构所存在的问题之上,采用平衡二叉树[8]来重新构造非结构化网络,通过设计相应的网络节点加入,网络节点退出,资源搜索算法来提高非结构化网络的性能。

1 平衡二叉树

平衡二叉树,又称为 AVL 树,或者是一棵空二叉树,或者是具有下列性质的二叉树:

(1)它的左、右子树高度之差的绝对值不超过 1;

(2)它的左、右子树都是平衡二叉树。

二叉树上节点的平衡因子(balance factor)定义为该节点的左子树的高度减去右子树的高度,因此,平衡二叉树上所有节点的平衡因子只可能是-1,0 和 1。

根据以上平衡二叉树的定义,可知采用平衡二叉树来构造的非结构化 P2P 网络拓扑结构, 必须先从根节点开始构建,然后从根节点衍生出相应的左右孩子节点,左右孩子节点继续通过递归算法来衍生出它们的孩子节点,在衍生的过程中,需要保证整棵二叉树的平衡,最后生成一棵平衡二叉树,如图 1 所示,对于任意一个拥有 n 个节点的平衡二叉树 P2P 网络,其高度为 O(lb n)。

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60879022)。
作者简介:许松(1975-),男,讲师,主要研究领域为计算机网络、现代教育技术。
收稿日期:2008-10-29 **修回日期**:2008-12-05

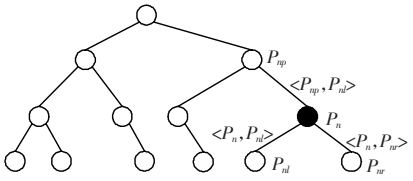


图 1　节点和网络

2　平衡二叉树网络拓扑结构的算法设计

2.1　节点加入

节点加入网络分为单点加入和多点加入两种情况,单点加入是基础,故首先考虑单点加入。根据加入时网络中节点的数目,又可将单点加入分为两种:

(1)网络中无节点

这种情况表明该节点是第一个加入网络的节点,直接成为根节点。在节点加入前,节点首先在网络内广播,若在指定的时间内没有响应报文,那么该节点就认为自己是网络中的唯一节点,作为根节点。

(2)网络中已存在节点

大多数情况下,网络当中是存在节点的,因此当一个新的节点需要加入网络的时候,新节点首先在网络内进行广播,收到该广播报文的网络节点,若该网络节点已经有了左右孩子,则忽略该报文;若该网络节点没有左右孩子或者是只有一个孩子,那么该网络节点则向新的节点发出一个响应报文。新节点会收到多个响应报文,然后根据报文提供的信息,选择一个节点作为他的孩子,加入网络。

从以上的分析可以发现,单点加入网络时,网络向节点提供一个或者多个可以放置的位置,并交由节点自己选择。如图 2 所示,新加入的节点会收到多个节点的响应报文,该节点会从所有的节点里面找出平衡因子最大的节点,比如图中的虚拟节点 a,b,c 的父节点,然后根据返回的应答报文到达的先后顺序来确定,最先到达的报文的节点将作为新节点加入位置的父节点。

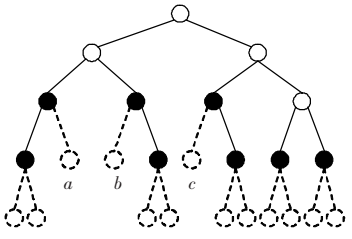


图 2　节点加入算法

2.2　节点退出

节点退出有正常退出和异常退出两种情况,本节仅考虑正常退出的情况,异常情况暂不作考虑。当一个节点请求退出网络时,该节点需要通知其相关联的所有节点,同时为了保证平衡二叉树的网络结构,网络可能需要进行调整。节点退出情况可以采用以下策略:任意一个节点申请的退出,若它的平衡因子大于等于 0,则向左子树以及右孩子发送退出消息,由左子树选择一个叶子节点,该叶子节点替代该申请退出的节点的位置。若它的平衡因子小于 0,则向左孩子以及右子树发送退出消息,由右子树选择一个叶子节点替代该申请退出的节点位置。

对于任意一个拥有 n 个节点的平衡二叉树 P2P 网络,当有一个节点 Pm 申请退出该网络时,则需要选择其子树一个叶子节点替代它的位置。设需要选出的节点为 Px,这里使用递归来找到这个替代节点:

步骤 1　令 P=Pm;

步骤 2　若 P 的平衡因子 B>0 或 B=0 且存在左子树,则选择左子树,令 T=Tl;若平衡因子 B<0 选择右子树,令 T=Tr;若平衡因子 B=0 且不存在左子树,则 Px=P,算法结束;

步骤 3　令 P=P_{Troot},即所选择的子树的根节点,继续步骤 2。

图 3 中,节点 a 退出,首先进入步骤 1,令 P 为节点 a,节点 a 的平衡因子为 0 且存在左子树,则选择左子树作为 T。进入步骤 3,令 P 为左子树的根节点 r,继续步骤 2,此时 P 的平衡因子为 1,大于 0,选择左子树作为 T。再次进入步骤 3,令 P 为此时左子树的根节点 r',继续步骤 2,P 的平衡因子为 0 且不存在左子树,则最终得到替代节点 a 的叶子节点 r'。

节点 b 退出,首先进入步骤 1,令 P 为节点 b,节点 b 的平衡因子为–1,小于 0,则选择右子树作为 T。进入步骤 3,令 P 为右子树的根节点 r'',继续步骤 2,此时 P 的平衡因子为 0 且不存在左子树,则最终得到替代节点 b 的叶子节点 r''。

至此,采用平衡二叉树构造的 P2P 网络拓扑结构基本构架成功。

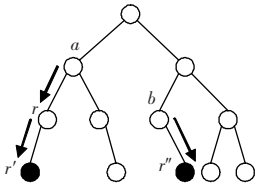


图 3　节点退出算法

2.3　资源搜索

通过前面的网络节点加入和网络节点退出算法已经形成了一棵平衡二叉树,而构建平衡二叉树的目的就是为了便于资源的搜索,因此在这里需要设计平衡二叉树网络拓扑结构上的资源搜索算法,现将搜索算法描述如下:

P_n 表示平衡二叉树的 P2P 网络的某一个节点,它首先向它的关联节点集合 RN_n 发出一个搜索请求 REQ_n,随后由 RN_n 中的节点分别进行转发,并按照节点的关联转发节点集合 RTN_n 进行转发,其后所有接到搜索请求的节点都按照节点的关联转发节点集合 RTN_n 进行转发,直到所有节点无节点可转发,资源搜索完成。

如图 4,节点 P_1 发起搜索请求时,首先向其关联节点集合 RN_1={P_0,P_3,P_4}发送请求消息,如图中的箭头①所示。随后,节点 P_0 向其关联转发点集合 RTN_0={P_2}转发搜索请求,节点 P_3 向其关联转发节点集合 RTN_3={P_7,P_8}转发搜索请求,节点 P_4 向关联转发节点集合 BTN_4={P_9}发搜索请求,如图中的箭头②所示。接着,依次如图中的箭头③和④向其余节点转发搜索请求,直

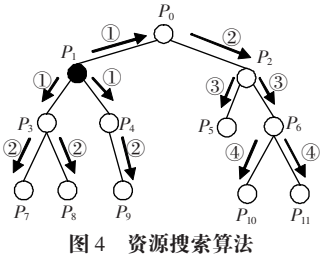
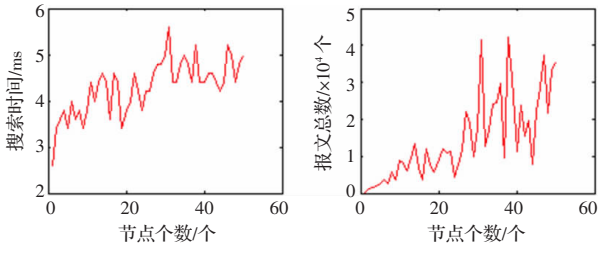


图 4　资源搜索算法

至遍历整个网络,完成资源的搜索请求。任意一个节点的搜索请求都可以完全遍历该网络,且不会产生回路。

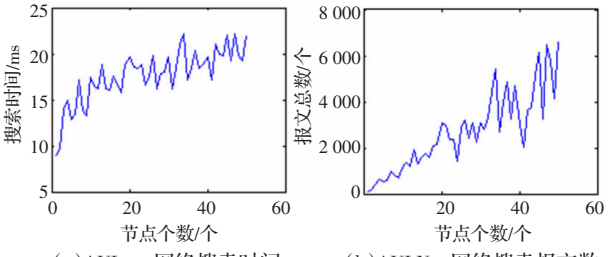
3　仿真分析

实验仿真结果如图 5,图 6 所示。搜索时间表示搜索到目标节点所需要的时间。报文总数表示直到搜索到目标节点,所有节点交互的报文数量之和,可通过其反映网络流量,以表明搜索过程中对网络资源的耗占。



(a)Gnutella 网络搜索时间　(b)Gnutella 网络搜索报文数

图 5　Gnutella 网络的仿真结果



(a)AVLnet 网络搜索时间　(b)AVLNet 网络搜索报文数

图 6　AVLNet 网络的仿真结果

从图 5 和图 6 中看出：较于非结构化的 Gnutella 网络,平衡二叉树 AVLNet 网络的搜索时间耗费比 Gnutella 网络要大,同等节点情况下是其时间耗费的 4~5 倍;但是平衡二叉树搜索报文耗费比 Gnutella 网络要小很多,在同等节点情况下基本为其的 1/3 左右,节省了大量的网络资源。再者,这里的仿真是假定网络带宽无限大的情况下作出的,而实际环境中的网络带宽有限,Gnutella 网络的搜索耗时也会由于大量报文引起的网络堵塞而大大增加,因此平衡二叉树网络在搜索上更显优势。

4　结论

基于非结构化 P2P 网络拓扑结构所存在的问题,提出采用平衡二叉树来构造非结构化的 P2P 网络拓扑结构,并设计相应的网络节点加入,网络节点退出和资源搜索算法,通过仿真与 Gnutella 比较在资源搜索方面的性能。相比于结构化网络,平衡二叉树的网络拓扑结构的简单性决定了其应用布置的方便性和可用性,具有较高的实用价值,而相比于目前大量应用的非结构化网络,平衡二叉树网络优异的流量特性,更能很好地适用于流媒体网络。

参考文献:

[1] Eng Keong Lua,Crowcroft J.A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes[J].Communications Surveys & Tutorials,2005,7(2):72-93.

[2] Kant K,Lyer R,Tewari V.A framework for classifying Peer-to-Peer technologies[C]//Proc of 2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID'02).[S.l.]:IEEE Society Press,2002:368-376.

[3] Chawathe Y,Ratnasamy S,Breslau L,et al. Making gnutella-like p2p systems scalable[C]//Proc of ACM SIGCOMM.Yatin Chawathe:[s.n.],2003.

[4] Clark I,Sandberg O,Wiley B,et al.Freenet:a distributed anonymous information storage and retrieval system[C]//Proc of ICSI Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability. Berkeley:[s.n.],2000.

[5] Stoica I,Morris R,Karger D,et al.Chord:a scalable peer-to-peer lookup service for internet applications[C]//Proc of the 2001 ACM SIGCOMM Conference.San Diego:[s.n.],2001:149-160.

[6] Rowstron A,Druschel P.Pastry:scalable,decentralized object location and routing for large-scale peer-to-peer systems[C]//Proc of IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms.Heidelberg:[s.n.],2001.

[7] Ratnasamy S,Francis P,Handley M,et al.A scalable content addressable network[C]//Proc of the ACM SIGCOMM 2001 Technical Conference.San Diego:[s.n.],2001:161-172.

[8] 朱宇.平衡二叉树的选择调整算法[J].中国科学院研究生院学报,2006,23(4):527-533.

(上接 109 页)

因为 $t_u \neq t_v$,所以 3 和 $aba0b0$ 保持不变,调用 Shortest_Path_Algorithm_of_Crossedcube(01100110,01011110),依次将(3,$aba0b0$,01001110),(3,$aba0b0$,01010110)添加到 $P^*(u,v)$ 中。最后将 v 添加到 $P^*(u,v)$ 中,此时 $P^*(u,v)$ 中的节点就是 u 到 v 的一条最短路上的所有节点。

4　结束语

本文针对 RCP(n)互联网络中节点编码的特点,在理论分析的基础上采用逐步分解编码,依次寻找路径的方法,给出了寻找 RCP(n)中任意两个节点间最短路的一个多项式算法。从而为 RCP(n)上作进一步的通讯性能方面的研究和研发提供了理论依据,因此给出的算法具有一定的理论意义和应用价值。

参考文献:

[1] Efe K.A variation on the hypercube with lower diameter[J].IEEE Trans on Computers,1991,40(11):1312-1316.

[2] 黄新,高太平.基于交叉立方体环连接的 Petersen 图互联网络研究[J].中北大学学报,2006,27(2):141-143.

[3] Elzinga R J,Gregory D,vender Meulen K N.Addressing the Petersen graph[J].Discrete Mathmatics,2004,286(3):241-244.

[4] 王雷,林亚平,夏巍.双环 Petersen 图互联网络及路由算法[J].软件学报,2006,17(5):1115-1123.

[5] Chang C P,Sung T Y,Hsu L H.A new shortest path routing algorithm and embedding cycles of crossed cube[C]//Proceedings of the 1997 International Symposium on Parallel Architectures,Algorithms and Networks(ISPAN'97),1997:125-137.