

无向双环网络 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 的直径求解改进算法

边琼芳, 邵伟鹏

(安徽工业大学 计算机科学系, 安徽 马鞍山 243002)

摘要: 利用计算机算法研究无向双环网络直径在国内外文献中尚不多见, 文献[1]中提出了一种算法, 并成功实现, 其不足之处是利用数据库存取中间结果, 严重影响了计算速度, 当 N 值很大时需要计算的时间过长。针对这一不足, 提出利用数组取代数据库来存取中间结果的改进算法。实验结果表明该算法较文献[1]算法极大地提高了运算速度, 并列出了两个 N 大值直径分布图。

关键词: 无向双环网络; 紧优; 直径; 算法; 族

中图分类号: O157.6; TP302

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)05-0135-03

An Improved Algorithm to Calculate Diameter Undirected Double-Loop Networks $G(N; \pm 1, \pm s)$

BIAN Qiong-fang, TAI Wei-peng

(Dept. of Computer Science, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China)

Abstract: There are few reports using simulation to research the diameter of double-loop networks. Reference[1] presented an algorithm, and realized the simulation. But the disadvantage of this algorithm is using database technology to keep middle results and this seriously affected the calculation speed. When N becomes very large, it spends too much time calculating. In response of the disadvantage, presents an improved algorithm that uses an array to replace the database for keeping medium results. The result of experiments indicated that the improved algorithm improved the speed of calculations, and lists the two diameter distribution maps of N .

Key words: undirected double loop networks; tight optimal; diameter; algorithm; family

0 引言

无向双环网络是计算机互连网络或通讯系统的一类重要拓扑结构, 广泛应用于计算机局域网和各种平行处理结构, 其图论模型是指这样一个无向图 $G(N; \pm 1, \pm s)$: 它的每个顶点记为 $0, 1, 2, \dots, N-1$, 每个顶点 i 相邻于节点: $i \pm 1 \pmod{N}$ 和 $i \pm s \pmod{N}$, 其中 s 是自然数, 且 $1 < s < N$ 。记 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 的直径为 $d(N; \pm 1, \pm s)$, 并记 $d(N) = \min\{d(N; \pm 1, \pm s) : 1 < s < N\}$ [1]。现在已知的 $d(N)$ 的一个下界是 [2]: $\text{lb} = \lceil 3N \rceil - 2$, 这里 $\lceil x \rceil$ 表示不小于 x 的最小整数。设 Z 是非负整数集合, 对于 $k \in Z$, 若 $d(N; \pm 1, \pm s) = d(N) = \text{lb}(N) + k$, 则称 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 为 k 紧优。一个被广泛关注的问题是: 寻找紧优(或 k 紧优)双环网络的无限族 $\{N(t) : t \in Z, t \geq t_0\}$, 对任何 $t \geq$

t_0 , 都存在 $s(t)$ 使得 $G(N(t); s(t))$ 为紧优(或 k 紧优)的 [2~8]。现有文献 [2~10] 主要是采用数学方法来研究双环网络, 大量的研究精力放在寻找紧优(或 k 紧优)双环网络的无限族 $\{N(t) : t \in Z, t \geq t_0\}$ 上。文献 [1] 提出了无向双环网络 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 直径求解算法, 借助计算机可以准确算出各 s 值的紧优直径。文献 [1] 算法明显的不足之处是利用数据库来存取中间结果, 严重影响了计算速度, 当 N 值很大时需要计算的时间过长, 如取 $N = 1000$ 时, 采用文献 [1] 算法, 要计算时间按天数来记, 不利于直径求解。

1 双环网络的直径

双环网络 $G(N; 1, s)$ 的直径记为 $d(N; 1, s)$, 由 $G(N; 1, s)$ 所确定的 N 个方格组成 L 形区域。这个 L 形区域即为具有参数 (l, h, x, y) 的一个 L 形瓦, 其直径 $\tilde{d}(L(l, h, x, y)) = \max\{h + l' - 2, l + h' - 2\}$, 再记面积为 N 的所有 L 形瓦中直径的最小值为 $\tilde{d}(N)$ 。由 $G(N; 1, s)$ 确定的 L 形瓦记为 $L(G(N; 1, s))$ 。根

收稿日期: 2007-08-20

基金项目: 国家自然科学基金(60473142)

作者简介: 边琼芳(1977-), 女, 浙江诸暨人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为信号与图像处理等; 邵伟鹏, 硕士, 讲师, 研究方向为信号与图像处理等。

据各符号的定义可知 $d(N; s) = \tilde{d}(G(N; 1, s))$, $d(N) \geq \tilde{d}(N)$, 则双环网络的直径求解问题可以转化为 L 形瓦的直径求解问题^[8]。

无向双环网络 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 的直径记为 $d(N; \pm 1, \pm s)$, 一个无向双环网 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 称为最优的(optimal), 如果 $d(N; \pm 1, \pm s) = d(N)$ 。Wong 给出 $d(N)$ 的一个下界: $lb(N) = (2N - 3) / 2$ 。后将上述结果改进为: $lb(N) = \hat{a}(2N - 1 - 1) / 2\hat{a}$, 这里 $\hat{a} X \hat{a}$ 表示不小于 X 的最小整数。称 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 是紧优的, 如果 $d(N; \pm 1, \pm s) = lb^{[1]}$ 。

2 改进仿真算法描述

step1: 构建 1 个 $N * 3$ 的数组 Node[,], 初始化为 Node[i, 0] = N, Node[i, 1] = Node[i, 2] = 0, 其中 $0 \leq N$;

step2: 从 $N = 0$ 开始, 发出四条边, 分别为 $i \rightarrow i - 1(\text{mod}N)$ 、 $i \rightarrow i + 1(\text{mod}N)$ 、 $i \rightarrow i + N + s(\text{mod}N)$ 和 $i \rightarrow i + N - s(\text{mod}N)$, 去访问第 i 行, 标记 Node[i, 2] 为 1;

step3: 从访问第 i 行出发, 分别再发出四条边去访问其他节点, 检查被访问点是否已访问(Node[i, 1] 是否等于 4), 若是, 标记 Node[i, 2] 为 4, 若不是, 标记 Node[i, 2] 为 1。检查所有节点是否至少有一个入度, 若是, 到 step5; 若不是, 到 step4。

step4: 从刚才标记为 Node[i, 2] = 1 的所有行分别出发, 发出四条边 $i \rightarrow i - 1(\text{mod}N)$ 、 $i \rightarrow i + 1(\text{mod}N)$ 、 $i \rightarrow i + N + s(\text{mod}N)$ 和 $i \rightarrow i + N - s(\text{mod}N)$ 去访问其它点, 检查被访问点是否已访问(Node[i, 1] 是否等于 4), 若是, 标记 Node[i, 2] 为 4, 若不是, 标记 Node[i, 2] 为 1。检查所有节点是否至少有一个入度, 若是, 到 step5; 若不是, 到 step4。

step5: 退出循环, 输出循环次数, 即为 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 的直径 $d(N; \pm 1, \pm s)$ 的值, 终止。

3 改进仿真算法实现

选用 VC# 作为实现语言, 实现了一个 L 形瓦仿真程序。这里给出仿真生成 L 形瓦的主要代码:

```
for(s=2;s<n;s++)
{
    int i1=0;
    for(k=0;k<n;k++)
    {
        j=0;
        for(i=k;i>=0;i--) //横坐标从 k 到 0 循环
```

```
node=(i+j*s)%n; //计算 node 值
if(node==0&&i==00&&j==00) //初始 k=0 存入
LWa[0,0]和 M[0]中;
{
    LWa[0,0]=0;
    M[i1]=0;
    i1++;
}
else
{
    for(int j1=0;j1<i1;j1++) //在 M[] 中搜索 node 是否出
现过
    {
        if(node==M[j1])
            goto done; //如果出现过计算下一个 node 值
    }
    LWa[i,j]=node; //如果未出现存入 LWa[i,j] 和 M[] 的
相应位置
    M[i1]=node;
    i1++;
    if(i1>n-1) //如果 M[] 的元素个数大于 n-1, 退出循
环, 输出结果
        goto done1;
}
done:
j++;
}
done1:
..... //输出结果
}
```

4 实验结果

4.1 硬件环境

CPU: Pentium 4-M 1.9G; 内存: 256M。

4.2 实验结果

4.2.1 与文献[1]计算时间比较

对任何 N , 本程序可以在很少的时间内计算出无向双环网络的直径。表 1 和图 1 显示了当 $N = 15, 30, 45, 60$ 时文中算法与文献[1]算法的时间比较, 可以看出, 文中算法极大提高了 L 型瓦的仿真速度, 当 N 值越大时, 本算法的优越性越高。

表 1 文中算法与文献[1]算法的时间比较

时间(s)	N = 15	N = 30	N = 45	N = 60
文献[1]算法	2.633787	12.7283024	29.943056	50.8631376
文中算法	0.020029	0.040058	0.110158	0.130187

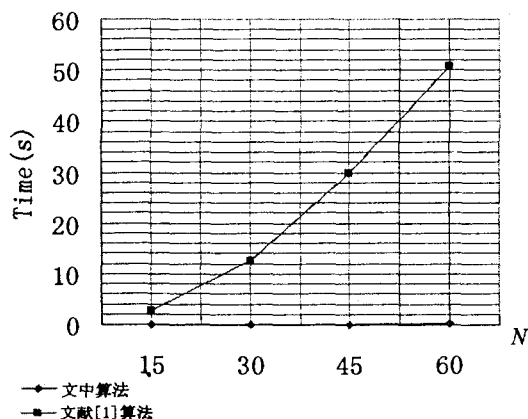
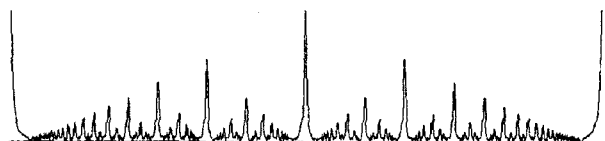


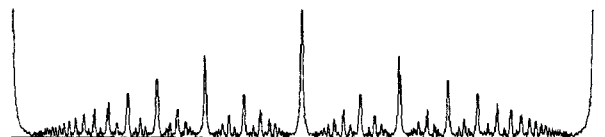
图1 文中算法与文献[1]算法的时间比较图

4.2.2 计算结果

图2和表2分别为 $N = 799$ 时的直径分布图和无向双环网络的 s 值。图3和表3分别为 $N = 800$ 时的直径分布图和无向双环网络的 s 值。

图2 $N = 799$ 时的直径分布图表2 $N = 799$ 时无向双环网络的 s 值

34	39	41	77	83	125	326
473	674	716	722	758	760	765

图3 $N = 800$ 时的直径分布图表3 $N = 800$ 时无向双环网络的 s 值

34	39	41	119	121	279	281	338	359	361	380
420	439	441	462	519	521	679	681	759	761	766

5 结束语

研究无向双环网络 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 往往是通过其等价的 L 形瓦来进行的,文献[1]提出一种 L 型瓦的计算机仿真算法,但是当 N 值较大时,利用该算法仿真时间过长。针对这一不足,提出利用数组取代文献[1]中的数据库来存放中间结果,并利用 VC# 语言成功实现该算法,极大地提高了无向双环网直径的求解速度,有利于 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 紧优直径分布特性研究,为后续研究打好了基础。

参考文献:

- [1] 方木云. 无向双环网络 $G(N; \pm 1, \pm s)$ 的直径求解算法[J]. 微机发展, 2004, 14(12): 132-135.
- [2] 刘焕平, 杨义先, 胡铭曾. 最优双环网的构造[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(12): 72-75.
- [3] 李 乔, 徐俊明, 张忠良. 最优双环网络的无限族[J]. 中国科学, A 辑, 1993, 23(9): 979-992.
- [4] 徐俊明. 计算机互连双环网的最优设计[J]. 中国科学, E 辑, 1999, 29(3): 272-278.
- [5] 徐俊明. 2 紧优双环网无限族[J]. 高校应用数学学报, A 辑, 2000, 15(2): 148-152.
- [6] 徐俊明, 尹治军. 7 类新的 2 紧优双环网无限族[J]. 中国科学技术大学学报, 2002, 32(4): 399-402.
- [7] 徐俊明, 刘 琦. 一类 4 紧优双环网无限族[J]. 中国科学, A 辑, 2003, 33(1): 71-74.
- [8] 刘焕平, 杨义先, 杨放春. 双环网 $G(N; S1, S2)$ 的直径[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(2): 58-61.
- [9] Chen C Y, Hwang F K. Equivalent nondegenerate L-shapes of double-loop networks[J]. Networks, 2000, 36: 118-125.
- [10] Chen C Y, Hwang F K. Equivalent L-shapes of double-loop networks for the degenerate case[J]. Journal of Interconnection Networks, 2000(1): 47-60.
- [11] Akkaya K, Younis M. A survey on routing protocols for wireless sensor networks[J]. Ad Hoc Networks, 2005(3): 325-349.
- [12] Srinivasan T, Chandrasekar R, Vijaykumar Vivek. A Fuzzy, Energy-Efficient Scheme for Data Centric Multi-path Routing in Wireless Sensor Networks[C]// 2006 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks. Bangalore, India: [s. n.], 2006.
- [13] 唐 勇, 周明天, 张 欣. 无线传感器网络路由协议研究进展[J]. 软件学报, 2006, 17(3): 410-421.
- [14] 范新运, 王福豹, 任丰原. 无线传感器网络的路由协议[J]. 计算机测量与控制, 2005, 13(9): 1010-1013.
- [15] 高传善, 杨 珉, 毛迪林. 无线传感器网络路由协议研究综述[J]. 世界科技研究与发展, 2005, 27(4): 1-8.
- [16] Shah R, Rabaey J. Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks[C]// Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conf. Orlando: IEEE Communications Society, 2002: 350-355.
- [17] Al-Karaki J N, Al-Mashagbeh G A. Energy-Centric Routing in Wireless Sensor Networks[C]// Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'06). Pula-Cagliari, Sardinia, Italy: [s. n.], 2006: 948-954.
- [18] Felemban E, Lee C G, Ekici E. MMSPEED: Multipath Multi-SPEED Protocol for QoS Guarantee of Reliability and Timeliness in Wireless Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2006, 5(6): 738-754.

(上接第 134 页)