

doi:10.13756/j.gtxyj.2016.02.006

光通信系统与网络技术

启发式 P 圈构造算法的研究和改进

尼俊红, 刘辛彤

(华北电力大学 电子与通信工程系, 河北 保定 071000)

摘要:针对经典 P 圈构造的 Grow 算法的缺陷, 提出一种改进的 NewGrow 算法, 利用先验效率对备选圈进行筛选, 并在实际网络拓扑中进行了仿真。结果表明, 该方法提高了备选 P 圈的质量, 减少了构造 P 圈的数量, 减轻了网络节点的负担, 提高了网络资源利用率。

关键词: P 圈; 构造算法; 先验效率

中图分类号: TN915.01

文献标志码: A

文章编号: 1005-8788(2016)02-0019-03

Research and Improvement on the Algorithm of Heuristic P-cycle Construction

NI Jun-hong, LIU Xin-tong

(Electronics and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071000, China)

Abstract: To solve the defects of P-cycle generating algorithm named Grow, a NewGrow algorithm is proposed in this paper. It first calculates all optional cycles' AE, and then expands the selecting candidate P-cycles. The simulation is conducted in the network topology. The simulation results show that the new method can improve the quality of P-cycles, and reduce the number of P-cycles, as well as the burden of network nodes and improve the network resource utilization.

Key words: P-cycle; generating algorithm; prior efficiency

0 引 言

在光网络中, 生存性技术尤为重要。P 圈作为一种有效的光网络生存性保护技术, 具有环网保护、快速恢复和网状保护高资源利用率的特点。

P 圈的构造算法是 P 圈的基础, 本文针对 P 圈的 Grow 算法, 提出了 NewGrow 算法, 进行了相关指标的对比分析, 并在实际网络拓扑中进行了仿真。

1 P 圈算法相关指标

1998 年, W. D. Grover 和 D. Stamatelakis 提出了 P 圈(预置圈)的概念^[1], P 圈保护是利用网状网中的空闲链路资源预先设置的环形通道。其优势在于具有与环形结构相近的恢复速度以及与网状结构相近的资源利用率。P 圈的构造是 P 圈保护的基础, 可以为下一步的 P 圈配置提供优良的备选圈。P 圈的构造是将网络拓扑中可能的基本圈和 AE(先验效率)高的扩展圈作为备选圈, 常用的启发式 P 圈构造算法包括 SLA(跨接链路算法)、Sp-add(增加跨接链路算法)和 Grow 算法。

1.1 P 圈评价指标

P 圈的评价指标包括 AE、P 圈个数、圈覆盖度以及圈的代价。AE 能够直观地体现 P 圈的保护能力, 同时也是评价指标中最重要的部分^[2]。AE 定

义为一个 P 圈所能提供的保护链路数与该 P 圈所占链路数之比^[2]。其计算公式为

$$AE(P) = \frac{\sum_{k \in S} X_{p,k}}{\sum_{k \in S, X_{p,k}=1} C_k},$$
$$X_{p,k} = \begin{cases} 2 & k \text{ 是跨接链路} \\ 1 & k \text{ 是圈上链路} \\ 0 & k \text{ 不是圈上链路也不是跨接链路} \end{cases},$$

式中, S 为该网络拓扑中所有链路的集合; C_k 为该 P 圈上任意一条圈所消耗的代价, 即一个波长的空闲容量; $X_{p,k}$ 为该 P 圈可以为链路 k 提供的保护波长数。

P 圈的个数是 P 圈构造过程中不能忽视的衡量指标, 在覆盖整个网络拓扑的前提下, 应保证所构造的 P 圈数量尽可能少, 这样不但可以降低网络管理的复杂度, 还可以减少网络节点的负担^[3]。

对于链路型 P 圈而言, 圈覆盖度^[4]是一个 P 圈能保护的链路个数与网络中所有链路数 N 的比值,

$$\text{即圈覆盖度} = \frac{\sum_{i \in S} A_{p,i}}{|N|},$$

式中, $A_{p,i}$ 表示该 P 圈能否保护链路 i , 若 i 为圈上链路或者跨接链路, 则 $A_{p,i}$ 为 1, 若 i 既不是圈上链路也不是跨接链路, 则 $A_{p,i}$ 为 0。圈覆盖度反应了圈的保护广度, 其值越高, 说明该 P 圈的保护范围越广, P 圈性能越好。

圈的代价指的是该 P 圈所占用资源的多少,圈的代价 = $\sum_{i \in S} C_i \cdot F_{p,i}$, 式中, C_i 表示该 P 圈在链路 i 上的代价值, $F_{p,i}$ 表示网络拓扑中链路 i 的权值,即链路 i 的代价^[5]。

1.2 三种经典 P 圈算法的性能比较

SLA^[6]的扩张过程如图 1 所示。以链路 BF 构造出基本圈 BCFAB,其中包含一条跨接链路 BF,计算得 $AE = (4 + 2)/4 = 1.5$,圈覆盖度 = $5/9 = 55.56\%$ 。

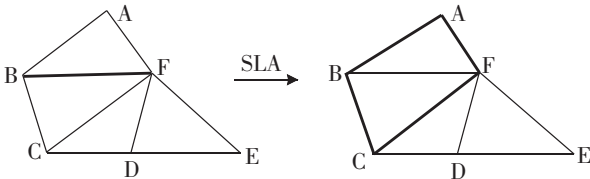


图 1 SLA 扩张过程

Sp-add 算法^[7]的扩张过程如图 2 所示。对 SLA 扩张后的基本圈 BCFAB 中链路 CF 进行扩张,得到圈 BCD FAB,其中包含两条跨接链路 BF、CF,计算得 $AE = (2 \times 2 + 5)/5 = 1.8$,圈覆盖度 = $7/9 = 77.78\%$ 。

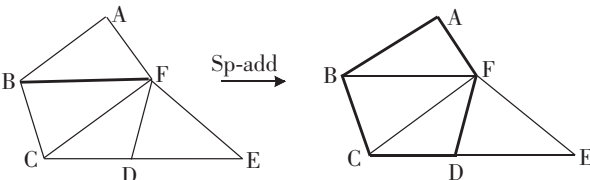


图 2 Sp-add 算法扩张过程

Grow 算法的扩张过程如图 3 所示。对经过 Sp-add 扩张后的圈 BCD FAB 中的链路 FD 继续进行扩张,得到圈 BCDEFAB,其中包含 3 条跨接链路 BF、CF 和 DF,计算得 $AE = (3 \times 2 + 6)/6 = 2$,圈覆盖度 = 100% 。

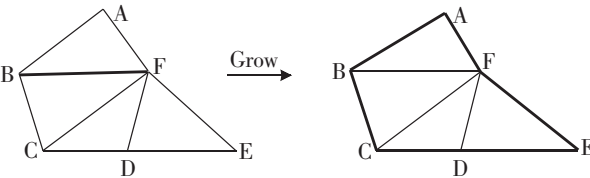
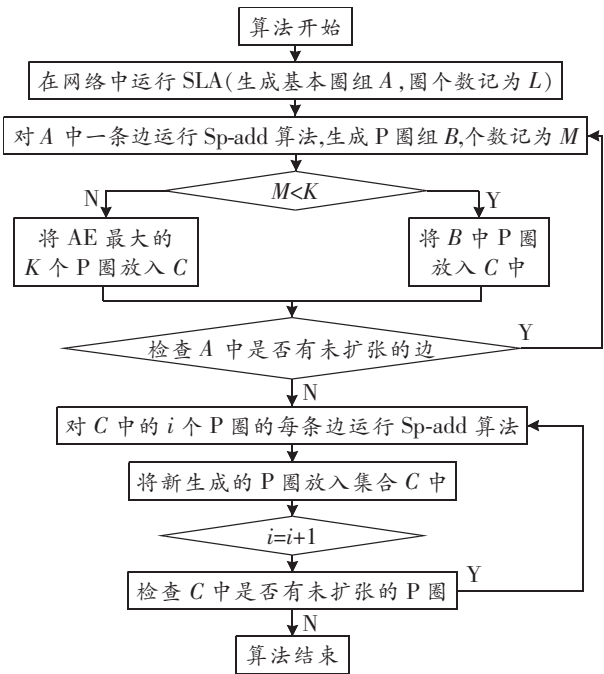


图 3 Grow 算法扩张过程

从 AE 和圈覆盖度两个衡量指标来看,3 种算法构造 P 圈的性能优越程度依次为:Grow 算法 > Sp-add 算法 > SLA。网络拓扑较为复杂时,Grow 算法对圈进行扩张的过程中,没有对 P 圈的 AE 进行选择,导致 AE 低的 P 圈也被扩张,增加了工作时间,同时也使最终构造的备选圈总体质量不高。

2 NewGrow 算法

将改进的 Grow 算法命名为 NewGrow 算法, NewGrow 算法考虑了 AE 的大小,对 Sp-add 算法扩张之后 P 圈的 AE 进行排序,引入参数 K (K 代表备选圈中选取的 AE 较高的 P 圈个数)。按照 AE 的大小对 K 个 P 圈继续进行扩张,这样可以避免将 AE 不高的 P 圈也进行扩张,在减少工作量的同时也提高了 P 圈的整体性能,使构造出的备选 P 圈更为优良。NewGrow 算法流程如图 4 所示。



注: C 为新备选圈组

图 4 NewGrow 算法流程图

3 算法的仿真结果和性能比较

仿真采用 COST239 网络拓扑模型(11 个节点, 26 条边),如图 5 所示。

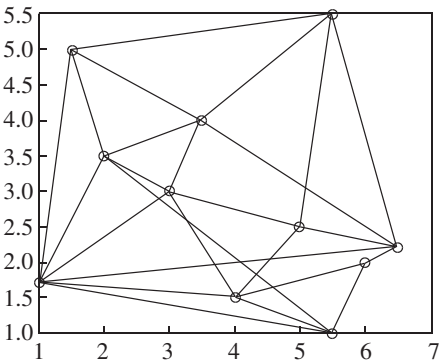


图 5 COST239 网络拓扑图

使用 MATLAB 软件对 COST239 网络拓扑进行仿真。通过 K 值的选取,将 NewGrow 算法最终构造的 P 圈质量与 Grow 算法进行比较,验证 NewGrow 算法的性能。

图 6 所示为两种算法 P 圈个数对比。由图可见,NewGrow 算法构造的 P 圈个数明显少于 Grow 算法,网络节点负担较轻。图 7 所示为两种算法平均 AE 对比。由图可见,当 K 值取 1 或 2 时,NewGrow 算法构造出的 P 圈平均 AE 要高于 Grow 算法;当 K 值取 3~5 时,NewGrow 算法构造出的 P 圈平均 AE 要小于 Grow 算法。图 8 反映了当 K 值为 2~4 时,NewGrow 算法构造的 P 圈平均覆盖度要高于 Grow 算法,其中当 K 值取 2 时,圈的平均覆盖度最大,表示该 P 圈提供的保护范围广,性能最好。由图 9 可知,当 K 值取 1~3 时,NewGrow 算法构造 P 圈的单位代价平均 AE 高于 Grow 算法。综合图 6~9,可判断出当 K 值取 2 时,即对 AE 较高的前两个 P 圈继续进行扩张后得到的备选圈组

的性能要优于 Grow 算法构造的备选圈组。

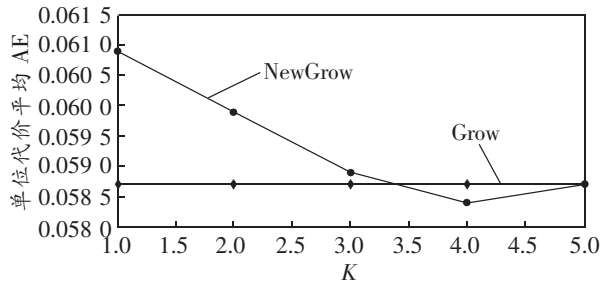


图 9 两种算法单位代价平均 AE 对比

4 结束语

本文对光网络中 P 圈构造算法进行了改进。针对应用较广的 Grow 算法存在的不足,提出了一种改进的 NewGrow 算法。NewGrow 算法在对圈进行扩张时,以 AE 作为依据,对 AE 高的 P 圈进一步扩张,舍弃 AE 较低的 P 圈,提高备选 P 圈组的整体质量。仿真结果表明,当 K 值为 2,即对备选 P 圈中 AE 较高的两个 P 圈进行进一步扩张后得到的 P 圈组,整体性能要优于经典 Grow 算法。

参考文献:

- [1] Grover W D, Stamatelakis D. Cycle-oriented distributed preconfiguration: ring-like speed With mesh-like capacity for self-planning network restoration [C]// ICC 1998. Atlanta, GA:IEEE, 1998:537—543.
- [2] Grover W D, Doucette J. Advances in optical network design with p-cycles: Joint optimization and pre-selection of candidate p-cycles [C]//IEEE LEOS Summer Topicals Meetings 2001. MontTremblant, Quebec, Canada:IEEE, 2002: 49—50.
- [3] 姚晓宇,徐荣青,李亚玲. 一种基于 P 圈的启发式构造算法的研究 [J]. 光通信技术,2010,34(9):16—19.
- [4] 张沛,邓宇,黄善国,等. WDM 网络中 p 圈保护算法 [J]. 北京邮电大学学报,2007,30(1):127—131.
- [5] 江雪敏. WDM 光网络及多层网络生存性的研究 [D]. 成都:电子科技大学,2007.
- [6] ZHANG H, YANG O. Finding protection cycles in DWDM networks [C]//ICC 2002. New York, USA: IEEE, 2002: 2756—2760.
- [7] Doucette J, He D, Grover W D, et al. Algorithmic Approaches for Efficient Enumeration of Candidate p-Cycles and Capacitated p-Cycle Network Design[C]// DRCN 2003. Edmonton,Canada: IEEE, 2003: 212—220.

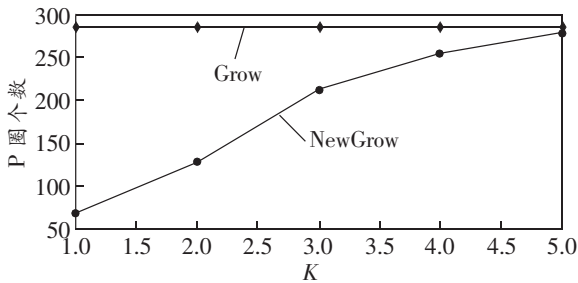


图 6 两种算法 P 圈个数对比

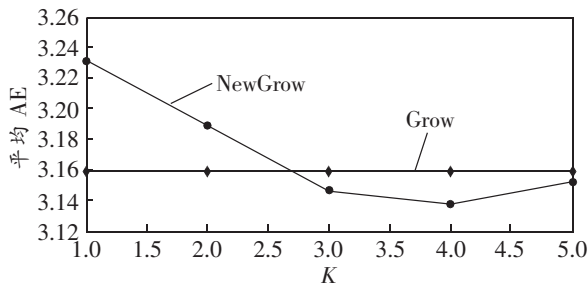


图 7 两种算法平均 AE 对比

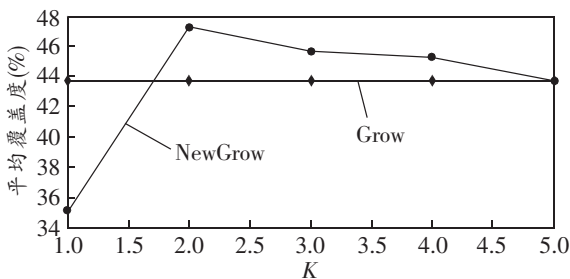


图 8 两种算法圈覆盖度对比