

doi:10.13756/j.gtxyj.2016.02.007

光通信系统与网络技术

基于智能 P 圈的多播业务光保护方案

刘 非,褚兵兵,沈建华

(南京邮电大学 通信与信息工程学院,南京 210003)

摘要:生存性是 WDM(波分复用)光网络的核心技术之一,对多播业务而言,IpC(智能 P 圈保护)是一种具有快速、高效等特点的保护算法。文章提出一种 EIpc(增强型智能 P 圈)保护方案,包括分段和路径 IpC 算法,分段和路径 IpC 算法分别为每个分段和路径寻找新的 P 圈。理论分析和仿真结果表明,路径 IpC 在资源利用率、P 圈构造个数以及圈平均覆盖度等方面最优,分段 IpC 次之,传统(链路)IpC 最低。在先验效率方面,链路 IpC 最优,分段 IpC 次之,路径 IpC 最低。

关键词:波分复用;生存性;多播;P 圈

中图分类号:TN915.01

文献标志码:A

文章编号:1005-8788(2016)02-0022-02

Efficiency-Score Based Intelligent P-cycle Protection of Multicast Sessions in WDM Networks

LIU Fei, CHU Bin-bin, SHEN Jian-hua

(School of Communications and Information Engineering, NJUPT, Nanjing 210003, China)

Abstract: Survivability is one of the most important promising technologies in Wavelength Division Multiplexing(WDM) networks. The P-cycle based dynamic multicast protection scheme (IpC) is widely accepted as a good solution due to its fast restoration time and high capacity efficiency. This paper presents an improved IpC mechanism named EIpc including both the segment IpC and the path IpC algorithm simultaneously. The main feature of EIpc is to use segment IpC algorithm to find a new P-cycle for a segment and path IpC algorithm to find a new P-cycle for a path, respectively. Theoretical analysis and simulation results show that the path IpC has better performance in resource utilization, the number of P-cycle(s) and the P-cycle's average coverage, than the segment IpC and the classical(link) IpC. However, the link IpC has a higher average AE than the segment IpC and the path IpC.

Key words: WDM; Survivability; Multicast; P-cycle

0 引 言

在 WDM(波分复用)网络中研究支持多播业务的生存性机制已成为业界高度关注的重点^[1]。光网络中的多播连接需要将信息从源节点通过全光通路传送到多个目的节点,利用分光器可以构建树状路由来传送多播连接。因此可将多播保护技术分为链路保护、自共享保护、分段保护以及路径保护等^[2-5]。大量文献证明,光网络中单链路故障是各类业务失效的主要原因,因此本文主要关注支持多播业务的光网络中单链路故障及其对策。

P 圈是一种高效的光网络保护策略,具有快速的环网恢复速度和有效的网状恢复容量等特点^[6]。DpC(动态 P 圈)方案是从候选 P 圈中选择 P 圈来保护多播树^[7],其缺点是候选 P 圈为预先计算,无法满足动态恢复的要求。IpC(智能 P 圈)方案是在多播树建立后,为多播树上每条链路动态计算 P 圈^[8],其缺点是基于链路保护的需占用较多的

网络资源。本文提出了一种 EIpc(增强型智能 P 圈)保护方案,包含分段和路径 IpC,能提供基于分段和路径的保护。

1 EIpc 工作原理

1.1 分段 IpC 算法

假定 WDM 网状网的物理拓扑为 $G=(V,E)$,其中 V 为节点集, E 为链路集。给定一个多播请求 $r(s,D)$,其中 s 是该多播请求的源节点, $D=\{d_1,d_2,\dots,d_k\}$ 表示该多播请求的目的节点集合, k 表示该多播请求的目的节点个数。当多播请求 r 到达时,建立多播树 T , T 上的链路集合表示为 E_T ,分段集合表示为 E_D 。分段 IpC 算法的主要目标为:建立 P 圈集合 PC 以使 E_D 中每个分段都可以被集合中的 P 圈保护。

当有向分段 $u \rightarrow v$ 是 P 圈的跨接分段或分段 $v \rightarrow u$ 在 P 圈上时,该分段可以被该 P 圈保护,即若节点 u 和节点 v 均在 P 圈上,则该 P 圈可以保护该

收稿日期:2015-11-01

作者简介:刘非(1990—),男,安徽宣城人。硕士研究生,主要研究方向为光通信与光网络。

通信作者:沈建华,教授。E-mail:shenjiah@njupt.edu.cn。

分段。假设多播树 T 建立后, P 圈 c 可以保护 T 上的某些分段。定义先验效率 ER_D 为

$$ER_D = \frac{|PS_{(c)}|}{|c|}, \quad (1)$$

式中, $PS_{(c)}$ 表示 E_D 中可以被 c 保护的元素集合, $|c|$ 表示 c 中的链路数目。 ER_D 值越大, c 的效率越高。该方案具体流程如下:

(1) 对于 E_D 中的每个分段, 有两种方法对其进行保护: 即为其找一条新的 P 圈或者扩展集合 PC 中已有的 P 圈;

(2) 找到步骤(1)所有 P 圈中 ER_D 值最大的 P 圈 p , 将 p 加入集合 PC 并移除 E_D 中所有被 P 圈保护的元素;

(3) 将 p 与 PC 中的其他 P 圈混合以减少 P 圈使用的波长;

(4) 当集合 E_D 为空时, PC 即为所求; 否则, 重复上述步骤。

1.2 路径 IpC 算法

当多播请求到达时, 多播树 T 被建立, T 上的路径集合表示为 E_P 。定义先验效率 ER_P 为

$$ER_P = \frac{|PP_{(c)}|}{|c|}, \quad (2)$$

式中, $PP_{(c)}$ 表示 E_P 中可以被 c 保护的元素集合。 ER_P 值越大, c 的效率越高。

对于多播树 T , 路径 IpC 算法主要目标为: 建立 P 圈集合 PC , 以使 E_P 中每条路径都可以被集合中的 P 圈保护。该方案的具体流程与分段 IpC 算法相似, 不同点为需要保护的是 E_P 中的每条路径。

2 仿真和结果分析

仿真拓扑为 14 个节点、20 条链路的 NSFNET (美国国家科学基金网)。每条链路的权重设为 1, 对于每个多播请求, 随机选择源节点和目的节点。当多播请求到达时, 使用 Prim(普里姆)算法建立多播树。分别对链路 IpC、分段 IpC 和路径 IpC 寻找 P 圈集合。仿真中每次实验重复 1 000 次, 并计算在每个目的节点数目下每种方案所使用的波长总数、构造 P 圈个数总和、圈平均覆盖度以及平均 P 圈先验效率。

图 1 所示为三种算法所对应的仿真结果。由图可以看出: 当目的节点数变化时, 三种算法使用的波长数、构造 P 圈个数总和及平均 P 圈先验效率总体呈上升趋势。而在目的节点数目相同的情况下, 路径 IpC 具有最佳的资源利用性能和最少的 P 圈构

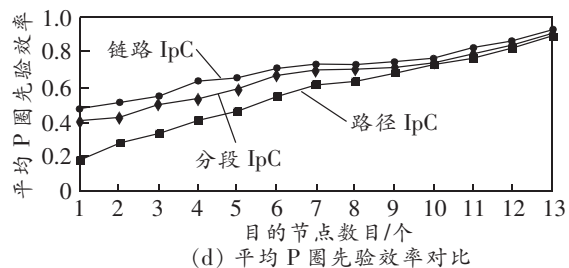
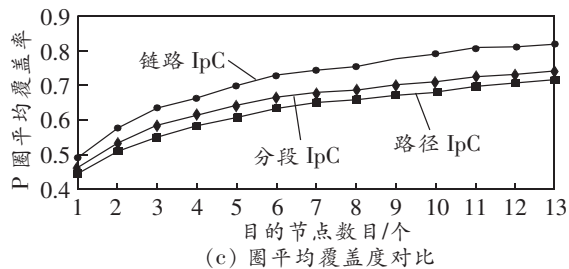
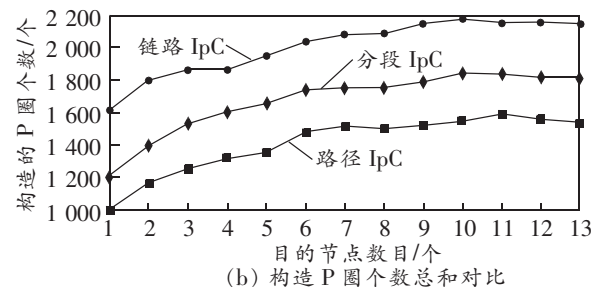
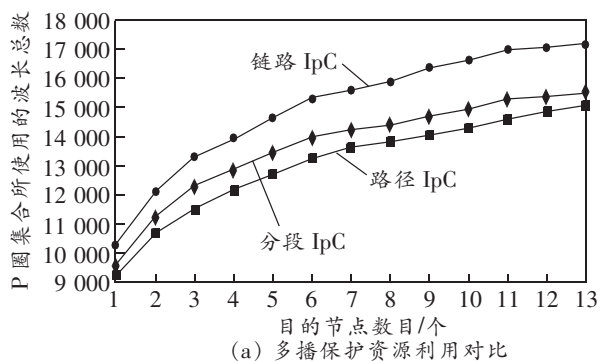


图 1 三种算法的仿真结果

造个数, 分段 IpC 次之, 链路 IpC 最低; 而链路 IpC 的平均先验效率最大以及具有最佳的圈平均覆盖度, 分段 IpC 次之, 路径 IpC 最小。

3 结束语

本文研究了基于智能 P 圈的保护方案, 提出了包括分段 IpC 和路径 IpC 的 EIpc 方案, 以保护动态多播业务。分段和路径 IpC 的主要特点分别是寻找保护分段或保护路径集合中元素的 P 圈集合。仿真结果表明, 在资源利用率、P 圈构造个数以及圈平均覆盖度等方面, 路径 IpC 具有最佳性能; 在先验效率方面, 链路 IpC 最优, 分段 IpC 性能居于路径和链路 IpC 之间。

(下转第 36 页)