

· 光电工程系统技术 ·

WDM 光网络中一种基于 SRLG 限制的动态共享保护算法研究

胡刚毅, 毛期俭, 颜 红

(重庆邮电大学光纤通信技术重点实验室, 重庆 400065)

摘 要: WDM 光网络中引入了共享风险链路组(SRLG)的概念, 要求工作通路和保护通路不能处于同一个 SRLG 之中. 提出了一种基于 SRLG 限制的动态共享通道保护算法, 即满足 K 对业务的动态链路权重配置(K-Dynamic Link Weight Configuration, K-DLWC)算法, 该算法的关键在于为链路定义了 2 个动态权重. 在计算工作通路和保护通路时, 它能综合解决 SRLG 限制、局部最优等关键问题.

关键词: SRLG; 共享通路保护; K-DLWC; 局部最优化;

中图分类号: TN915.63

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)02-0030-03

Dynamic Shared Path Protection Algorithm Based on SRLG Constraint in WDM Optical Network

HU Gang-yi, MAO Qi-jian, YAN Hong

(Key Lab of Optical Fiber Communication Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: The concept of Shared Risk Link Group (SRLG) is introduced in WDM optical networks, in which the work path and the protection path should be disjointed with SRLG. A new dynamic shared path protection algorithm based on SRLG constraint is proposed, which meets the K pairs services called K-Dynamic Link Weight Configuration (K-DLWC) algorithm. The key function of this algorithm is to make the definitions of two dynamic weights of a link. The algorithm can be used to synthetically cope with some important problems such as SRLG constraints and local optimization in calculating the work path and the protection path.

Key words: SRLG; shared path protection; K-DLWC; local optimal

近年来,随着数据业务需求的不断增加,网络的链路速率已经发展到 10 Gb/s,甚至更高,因此基于波分复用(Wavelength Division Multiplexing, WDM)技术的光网络以其扩展性好、传输速率高和容量大等优点,在骨干网中得到了广泛的应用.随着 WDM 技术的飞速发展,网络的容量也越来越大,这势必导致网络故障的影响也越来越严重.在 WDM 光网络中,链路的失效将导致大量数据的丢失,使很多业务中断.因此 WDM 光网络的生存性问题成为了网络

设计的重要部分^[1].网络生存性设计主要包括保护和恢复 2 种方案,由于保护方案具有快速的恢复时间,因此,在通信技术日益发展的今天,研究采用保护方案的光层的生存性设计不仅具有重要的实用价值,而且具有理论意义.

光通路保护策略是一种有效的光路保护机制,其为每个光路请求建立 2 条“物理分离”的路径,即工作通路和保护通路,一旦业务的工作通路出现了故障,业务可以立刻倒换到其保护通路上. IETF 针

收稿日期:2009-03-13

基金项目:国家“863 计划”资助项目(2005AA122310);重庆市科委资助项目(2005AC2089);重庆市教委资助项目(KJ070511)

作者简介:胡刚毅(1982-),男,湖南衡阳人,硕士,主要研究方向为光网络的多层保护及算法;毛期俭(1946-),男,四川开江人,教授,主要研究方向为下一代网络技术.

对此提出了共享风险链路组 (Shared Risk Link Groups, SRLG) 的概念,其定义了一组链路共享同一个物理资源.

1 SRLG 算法概述

SRLG 是指共享相同的物理资源(也就是具有共同失效风险)的一组链路, SRLG 可以通过物理链路的路由信息自动导出,也可以由网络操作者人工指定. 每个 SRLG 都对应一个唯一的标识,称为 SRLG 标识. 网络操作者可以通过指定物理链路属于不同的 SRLG 来满足不同的可靠性要求. 例如,可以指定同一光纤中的所有波长属于同一 SRLG,也可以指定同一个光缆中的所有光纤属于同一 SRLG. 为某种业务流建立 2 条 SRLG 分离的工作通道和保护通道可以降低其一起失效的危险,从而提高其抗毁能力. 即要求工作通路和保护通路属于不同的 SRLG 标识,属于不同的 SRLG,从而保证了 2 条通路没有共享风险,这样便可以大大降低它们同时失效的可能性. 那么,一旦工作通路失效便可以将业务流切换到保护通路上继续传输^[2].

针对 SRLG 算法,目前主要考虑 2 个方面.(1) 同一个连接请求的工作通路和保护通路必须处于不同的 SRLG 中.(2) 保护通路共享同一资源(如波长资源)的,则其工作通路必须处在不同的 SRLG 组中. 满足上述 2 个要求的共享通路保护算法称为基于 SRLG 限制的共享通路保护算法. 基于 SRLG 限制的多路由问题已被证实是 NP-完全问题^[3]. 现有的文献提出了一些整数线性算法和启发式算法^[4],其中,整数线性算法时间复杂度大,且难以处理有多个 SRLG 的大规模网络,而启发式算法也有进一步改进的空间. 近年来,很多文献提出了一些基于 Dijkstra 算法的动态链路权重配置算法. 该算法虽然能够较好地解决链路阻塞问题和动态负载均衡问题. 但是其算法可行度较低,资源浪费较大^[1].

在综合国内外研究成果的基础上,提出一种动态链路权重配置(DLWC)算法的改进算法,即满足 K 对业务的动态链路权重配置算法(K -DLWC 算法).

1.1 基本网络模型和定义

给定 WDM 光网络的物理拓扑 $G(L, E, R)$, 其中 L 为节点集, E 为单向链路集, R 为全网中所

有 SRLG 组构成的集合,每条物理链路由 2 条方向相反的单向光纤链路组成. $|L|, |E|, |R|$ 分别为网络的节点数、单向链路数目以及 SRLG 个数. 并且假设网络中的光纤链路具有相同的波长数 M . R_e 表示链路 E 所属的 SRLG 构成的集合. 网络中的业务连接请求动态的到达. 并且假设 1 个时间点网络中只到达 1 个请求. 业务连接请求的源目节点之间的工作路由为 W , 源目节点之间的保护路由为 P .

1.2 链路权重函数

业务连接请求到达时,该算法首先根据当时网络中各链路的负载情况,更新各条链路作为工作通道和保护通道的的权值. 链路 E 的工作权值函数用 E_w 表示,定义如下

$$E_w = \begin{cases} \infty & \text{若 } F_L = 0 \\ \theta \times C / F_L & \text{其他} \end{cases}$$

式中, C 为容量,一般 C 为常数; θ 为每条光纤链路上的物理权值; F_L 为当前光纤信道上的余下波长信道数, F_L 的最大值即为 M ^[1].

2 K-DLWC 算法的主要思想

以图 1 的拓扑网络为例描述该算法的主要思想,假设业务请求都从源节点 1 进入. 宿节点是 4, 设每 2 个节点之间是一条光纤信道,每根光纤信道上包含 M 个波长信道. 图 1 中的虚线圈代表 2 条链路属于同一个 SRLG 标识. 令所有节点的请求的带宽均为一个波长.

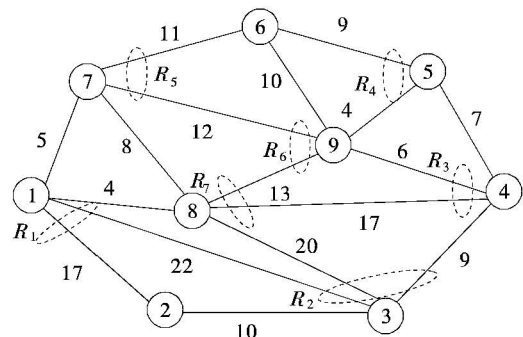


图 1 网络拓扑图

因为要考虑一个局部较优的方案,当业务请求到达源节点时,不立即为其选通路,而是等待一定的

时间,这个时间即为业务的最大容忍时间,假设这个时间为 T .而在 T 时间内,假设有 K 个业务请求到达,那么统一考虑这 K 个业务请求,按照如下的算法步骤为这 K 个业务选路.其目标是使得这 K 个到达宿节点的总的链路的代价值之和最低.

步骤 1:业务请求到达时,从源节点到宿节点使用 Dijkstra 算法计算 N 条工作通路(N 的值即第一个源节点与相邻的下一个节点的连接光纤信道数).根据 SRLG 的第一个条件的限制,并且找到与这 N 条工作路由 SRLG 不相关的 N 条保护通路.如果能够找到,则转至步骤 2,否则视为没有业务请求.每一条工作通路和自己的保护通路视为一组,即有 N 组,这 N 组按工作通路和保护通路的代价值之和进行排序.同时动态更新链路权值.

步骤 2:第 2 个业务请求到达时.源节点从可选通路中选择 N 组通路(每组 2 条,即工作通路和保护通路,并且 SRLG 不相关),此 N 组通路跟步骤 1 中的 N 组通路的权值存在对应约束关系.并且按权值进行排序.同时动态更新链路权值.

步骤 3:第 K 个业务请求到达时(K 值是第 1 个业务请求到达时,不为其立即选路,第 1 个业务请求所能容忍的最大延迟 T 时刻的到达业务请求数).分配 N 组可供选择通路.此 N 组通路跟前面的 $N^*(K-1)$ 组通路的权值存在对应约束关系. N 组通路按权值进行排序.

步骤 4:对应所有 K 个业务请求的权值排序中,选择一组满足 K 个业务请求并且总的权值之和为最小的一组通路.因为第 1 个业务请求有 N 组备选通路,这样选出来的应该有 N 个.

步骤 5:在步骤 4 中 N 个权值之和中找出权值最小的某一组,那么这一条通路就是满足总的 K 个业务请求的最佳通路.

3 仿真与结论分析

图 2 是将波长信道 M 值作为横坐标,代价函数作为纵坐标绘制出的仿真效果图,考虑实际情况并为了便于算法分析,在仿真时所设 C 的值为 $C = 0.1$.

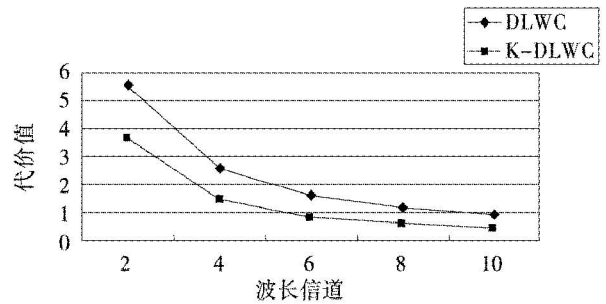


图 2 K-DLWC 算法代价值比较

由于算法复杂度的限制,为便于比较,图 2 中只分别绘出了 K 为 2 的业务请求的代价值的情况.从仿真图 2 中可以看出,对于多个从源节点到目的节点的业务请求,用 K -DLWC 算法设计出来的局部业务请求的总的代价值之和明显优于 DLWC 等其他算法的代价值之和.业务请求在进行选路时,利用该算法选择工作通路和保护通路,在满足业务请求的前提下,该算法能大大降低源宿节点之间的权值,从而降低源宿节点之间的传输成本以及传输延时.同时该算法能较好地提高资源占用率,改善链路负载率,提高局部动态负载均衡等多个问题.但是,在利用该算法时,考虑了传输代价值也要考虑其对传输延时的制约.局部业务请求 K 的值是一个关键,值得进一步深入研究.

参考文献

- [1] 杨桂荣,张沛,等.一种基于 SRLG 限制的动态共享通道保护算法[J].光通信研究,2007,(4).
- [2] 何荣希,张治中,李乐民,等.IP/MPLS over WDM 网中基于共享风险链路组限制的共享通路保护算法[J].电子学报,2002,30(11):1638-1642.
- [3] Hu J Q. Diverse routing in optical Mesh networks[J]. IEEE Transactions on Communications,2003,51(3):489-494.
- [4] Guo Lei, Yu Hongfang, Li Lemin. Dynamic shared 2 path protection based on SRLG constraints in WDM Mesh networks [A]// ICCAS 2004 [C]. Chengdu, China: IEEE PRESS, 2004.