

WDM 光网络中的共享通道保护方法

王健全¹, 张永健², 顾婉仪¹

(11 北京邮电大学, 北京 100876; 21 国际关系学院 北京 100091)

摘要: 本文提出了全光网中提高资源利用率的共享保护方法, 并把此方法与专用的预选路由保护方法做了比较, 此外, 从光纤数, 波长数, 业务强度, 共享程度和拓朴结构对该保护方法做了详细的分析. 结论表明共享保护通道可以极大提高网络的性能, 使得网络阻塞率减低, 提高网络资源利用率.

关键词: 全光网; 生存性; 保护/恢复; 共享

中图分类号: TN91317 文献标识码: A 文章编号: 0372-2112 (2004) 05-0852-03

Shared Channel Protection in All Optical WDM Networks

WANG Jianquan¹, ZHANG Yongjian², GU Wangyi¹

(11 Optical communication center, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing 100876, China;
21 University of International Relations, Beijing 100091, China)

Abstract: A share protection method was proposed in all optical networks, and compared with pre-routing protection method in the number of fiber and wavelength, traffic intensity, share degree and topology. The result is that the share channel protection can improve the performance of network, decrease the network blocking ratio and enhance the network utilization.

Key words: all optical network; survivability; protection/restoration; shared

1 引言

网络的生存性和健壮性的重要性已经得到了广泛共识, 这一点对于 WDM 网络尤其重要. 因为在光网络中, 如果一条光纤出现故障, 那么在这条光纤上传输的所有路径都断了, 即高达上百 Gb/s 甚至几个 Tb/s 的业务都将丢失, 这导致了流量严重损失. 因此有效生存型算法是减少大量错误的一个必要条件, 大量关于生存性的研究正在进行. 对于应付光纤和链路故障的光层或 IP 层生存性方案大量被提出^[1,2]. 但目前提出的业务保护方式, 基本上都是专用预选路由保护方式^[1,3,4]. 在这种方式下, 保护链路的选择问题就变成了在一定约束条件下波长路由分配算法的问题. 保护链路一旦被指定, 整条光路的容量都被用作保护目的或者预先分配的低优先级业务(额外业务), 这使得资源利用率降低, 在重载或者多故障情况下就会发生业务的阻塞. 本文就是基于提高网络资源利用率和网络生存性的目的, 提出一种共享通道的保护方式, 由于目前大多还是采用一个业务占用一个波长, 所以, 为提高网络的实用性, 本文的共享通道保护也基于这一模式.

2 共享通道保护

预选路由保护方法提高了保护倒换速度, 但无法提高资源利用率, 这使其在重载网络中的应用受到限制^[5,6].

如果我们在选择保护通路时, 允许保护通道共享, 这样就会提高资源的利用率, 下面就具体对该思路进行分析和解释.

共享保护通道原则: 首先应遵循文献[5]中提出的关于预

选路由的两条选路原则, 此外, 还应依照以下原则(保护路由仅仅选取一条): (1)如果两个工作链路共享同一物理链路, 即相关. 那么它们的保护通道就不能共享同一通道. 只要两个工作业务有一区段共享就不可以共享保护通道. 这主要为使得在故障情况下, 业务能得到最大概率的保护; (2)分配的工作业务通道不能抢占已经给保护通路分配过的通道. 即保护通道和其他工作业务不能共享同一通道; (3)保护通道的最大共享数应该设置上限, 并非共享通道越多, 性能越好; (4)设定物理链路的权重, 在不同方案下比较阻塞率和总权重, 以便进行代价的比较.

此外按以下思路来分配业务, 分一条工作通路就为其建一条保护通路, 不管是工作通道找不到还是保护通道找不到都认为该业务阻塞, 按最短路由的方式分配路由, 按照 first fit 来选择波长. 这里仅仅考虑波长选择的问题, 不考虑波长变换的情况. 为说明共享保护通道的思路, 以图 1 为例来进行解释.

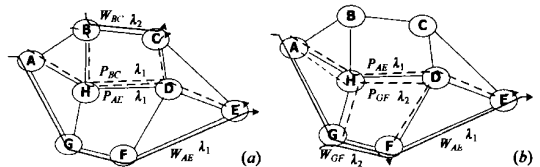


图 1 共享通道保护图解

在图 1(a)中, 从节点 A 到节点 E 业务的工作通道 W_{AE} 为沿 A-Q-Z-F-E 的波长为 λ_1 的通道, 而从节点 B 到节点 C 业务的工作通道 W_{BC} 为两节点间直接连接的波长为 λ_2 的通道. 由于

两业务的工作通道链路不相关, 所以其保护通道可以共享同一通道, 从图中也可以看出两业务的保护通道在链路 L_{HD} 间共享波长为 K_1 的通道. 在图 1(b) 中, 由于从节点 G 到节点 F 业务的工作通道 W_{GF} 与从节点 A 到节点 E 业务的工作通道 W_{AE} 共享了链路 L_{GF} , 所以这两个业务的保护通道不可以共享同一波长通道, 正如图 2(b) 所示, 由于此两业务的保护通道都占用链路 L_{HD} , 所以两保护通路不可以占用同一波长通道, P_{AE} 占用波长通道 K_1 , P_{GF} 占用波长通道 K_2 .

采用了共享通道的保护方法后, 不仅可以保证故障情况下, 保护倒换的时间, 同时提高网络利用率. 在大型网络中, 这种方法的实施可以减低网络的阻塞率, 如果辅之以合理的工作通路和保护通路的选路算法, 可使网络的性能最优化.

2.1.1 性能分析

假设 N 为允许保护通道共享的上限, L 为网络的链路数, m 为系统所使用的波长数, f 为单链路中的光纤数, K 为业务到达速率, L 为业务被服务的速率, 则 K/L 为平均业务强度, 其单位是爱尔兰, R_i^k 表示第 i 光纤上的第 k 波长的利用

情况, 有下述关系: $R_i^k = \begin{cases} 0, & \text{空间} \\ +] , & \text{工作通道占用,} \\ n, & \text{n 个保护通道共享} \end{cases}$ 其中 $n \in F \cup N$.

为分析的方便, 将专用保护方式也归为 $N=1$ 的共享保护方式, 假设业务为随机到达, 到达的模型服从泊松分布, 设单位的时间内仅仅有一条业务到达, 我们研究 60000 单位时间内 N 不同情况下的阻塞率. 下面作详细的分析.

设两条不相关链路同时出故障的概率为 A , 则如果允许保护通道共享通道数为 N , 其可能有业务得不到保护的几率就为 AC^N , 可见 N 越大, 冒险就越大. 还有保护通道共享的方法使算法的复杂度增加了 $(N-1)$ 倍. 另外, 业务阻塞率并不会随着允许共享通道数的增加而显著降低, 因网络拓扑, 光纤数, 波长数以及网络负载都与 N 的选取有关, 所以 N 的选取应该综合考虑到算法复杂性/保护的性和网络阻塞率.

2.1.2 选路流程

业务工作通道选路: 首先按最短路由算法为该业务找到一条工作路由, 按 first-fit 选择一波长 k , 如果在该路由中, $R_i^k = 0$, 则选中该波长, 否则重新选择波长 k , 直到找到一合适的满足条件的波长, 如果没有这样的波长通路则阻塞.

保护通道的选择 (1) 首先按链路不相关的特性为该业务选择一条与已经分配好的工作通道不相关的路由; (2) 在该路由上, 按照 first-fit 选择一波长 k , 如果在该路由中, 有一个 $R_i^k = +]$, 则重新选择; (3) 如果 $R_i^k = 0$, 则选择该波长作为保护通道, 并且将该路由上的 k 波长的值 $R_i^k = 1$; (4) 如果 $0 < R_i^k < +]$, 则再进行下一步判断, 如 $R_i^k = N$, 则重新选择一波长, 否则将本业务的工作通道和占用该路由上 k 波长通道作为保护通道的业务工作通道一一进行比较, 如发现本业务工作通道与其中一业务的工作通道链路相关, 则重新选择一波长, 如全不相关, 则选择该波长作为该业务的保护通道, 同时令 $R_i^k = R_i^k + 1$, 并将其工作通道进行记录; (5) 如果找到符合条件的波长通道作为保护通道则结束, 如果所有的波长都不

符合, 则返回该业务阻塞.

工作通道和保护通道分配流程如图 2 所示:

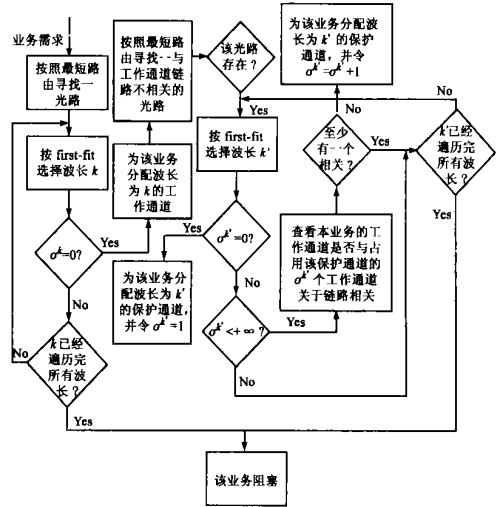


图 2 工作和保护通道的分配流程图

3 数值模拟

考虑到当前国内光网络多为环形网络, 随着网络智能化的发展, 而下一步网络发展的目标就是要逐步向 MESH 网络过渡, 为研究算法的实用性, 本文不采用通用的 NSFNet, CER2 NET 作为参考模型, 而以图 3 所示的 5 节点环形网和 5 节点 MESH 网来分别研究共享保护通道与专用保护通道的性能比较, 以及对不同拓

图 3 所研究的环网和 MESH 网示意图

数, 业务平均到达强度, 共享上限数做出逐一的分析, 以得出有益于我国光网络发展的实用化的结果.

在分析的上述模型中, 假设每个区段的光纤数和光纤中的波长数是相同的, 而具体的分配业务流程按照图 2 所给出的算法来进行. 图 4~ 6 就是对得出数据的处理, 其中图 4 是依据环形网络得出的, 图 5 是依据 MESH 网络得出的, 图 6 是对环形网络和 MESH 网络性能比较的结果. 图 4~ 6 中, f 代表光纤数, m 代表波长数, N 代表共享度, 专用保护时, $N=1$, A_{II} 代表平均业务强度, 分析的对象就是在这些参数变化的情况下, 业务的阻塞率, 以此来分析算法的优劣.

从图 4~ 图 6 中可以看出, 在一个固定网络中, 不管是采用 1:1 的专用保护方式, 还是采用共享通道的保护方式, 业务阻塞率随业务负载强度呈对数式的增长, 当业务负载强度增加到一定值时, 再增加负载, 其阻塞率变化非常缓慢. 图 4、5 告诉我们, 当业务负载强度一定时, 阻塞率随光纤数的增加指数减小, 随着波长数的增加呈线性减小. 此外, 从图 7 中还可以得出, 在 mesh 网中增加光纤数, 波长数要比在环形网中网络的性能改善显著. 此外在同样的负载强度下, 特别是在重载的情况下, MESH 网的阻塞率要远远小于环网的阻塞率. 从分析的例子中不难看出, 两纤 mesh 网的阻塞率要小于四纤环网

网的阻塞率,所以网络连通度是解决阻塞的一个重要手段。对于共享通道对网络性能的改善下面将给出具体的评述。

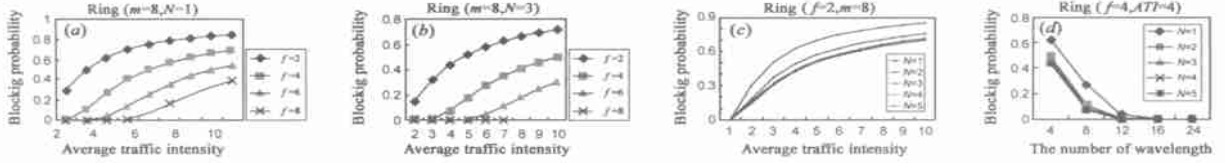


图 4 环形网络中共享保护和专用保护在波长数, 光纤数, 业务强度方面的比较

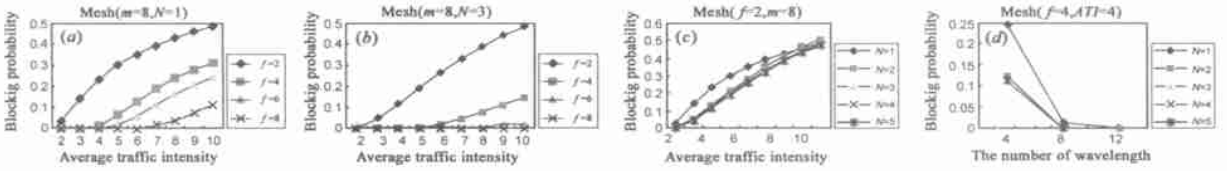


图 5 MESH 网络中共享保护和专用保护在波长数, 光纤数, 业务强度方面的比较

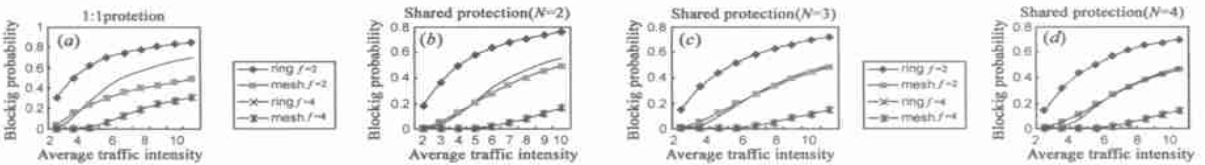


图 6 共享保护在环网和 MESH 网中的比较

从图 4~ 6 可以得出, 共享保护方式可以使得网络的阻塞率降低, 特别是在重载网络中, 共享保护方式可以获得比专用保护方式更好的网络的性能。但是并非 N 越大越好, 网络负载较轻时, 无论是在环网中还是 mesh 网, 当 $N > 2$ 时, 随 N 的增大, 网络的性能改善已经不大。即使当网络负载较重时, 取 $N = 3$ 网络的性能也基本可以达到最优。所以考虑到 N 的增大会使算法复杂度增加, 所以对于一定的网络拓扑, 网络资源以及网络负载有最优的 N 值。此外从图 6 中还可以看出, 相比环网, 在 mesh 网中采用共享保护性能更优, 在一个网络中, 光纤数越多, 波长数越多, 共享体现的优势越弱。所以可以将网络中的最佳 N 表示为: 最优 $N = \{kK / (Lfw)\}$ 。其中, K 为调节系数, G 为网络连通度, K/L 为网络负载, f 为光纤数, w 为波长数。这不理解在网络中, f 增, w 增, 都相当于使得网络资源增加, 从而使网络负载降低, 而网络连通度的增加会使节点间不相关路由增多, 这正好使得共享保护通道发挥优势, K 的取值应该依据具体的网络拓扑来选定。

4 结论

共享保护通道可极大提高网络性能, 使网络阻塞率减低, 提高网络资源利用率。但通道的共享度并非越大越好, 它与网络拓扑, 网络连通度, 光纤数, 波长数, 及业务负载有关系, 所以为了综合考虑网络性能和算法复杂性之间的关系, 对于某一确定的网络, 应依据上述因素和追求的目标选择最佳值。

参考文献:

[1] Gadiraju P, Moufah HT. Channel protection in WDM mesh networks

[J]. High Performance Switching and Routing, 2001 IEEE Workshop on, 2001:26- 30.

[2] Yinghua Ye, Dixit S, Ali M. On joint protection/restoration in IP centric DWDM based optical transport networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2000, 38(6): 174- 183.

[3] Levandovsky D. Wavelength routing based on physical impairments[J]. Optical fiber communication conference and exhibit, OFC 2001, 2: TuG72T1- 3.

[4] Yinghua Ye, Assi C, Dixit S, et al. A simple dynamic integrated provisioning/protection scheme in IP over WDM networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2001, 39(11): 174- 182.

[5] Wang Jianquan, Zhang Ming, Gu Wangyi. Protection method of all optical mesh networks[Z]. APOC2001, Proceedings of SPIE, 2001, 4583: 259- 266.

[6] 王健全, 王东昱, 顾晓仪. WDM 系统中光信噪比的分析[J]. 光子学报, 2001, 30(21): 21- 25.

作者简介:



王健全 男, 1974 年 11 月出生于山西省平遥县, 1997 年于太原理工大学电子信息工程系获得学士学位, 1998 年考入北京邮电大学电信工程学院, 并于 2000 年提前攻读, 从 98 年开始一直从事 WDM 全光网络的研究, 目前研究方向为光节点结构及下一代光网络的控制, 主攻方向为光网络的生存性。