

# WDM 双纤双向自愈环网的研究\*

李中桂\*\* 邱 昆 张宏斌 薛 飞

(电子科技大学宽带光纤传输与通信系统技术国家重点实验室 成都 610054)

**【摘要】** 在光传输设计软件 PTDS 平台上建立了一个三节点的双向双纤环网,通过改变光纤的损耗和改变仿真系统中光功率计的接收功率来模拟单处光纤故障,仿真了该环网在给定的波长分配策略和保护策略下在单处光纤故障下的自愈性能。仿真结果的分析表明,采用该方案设计的环网具有较好的自愈性能,为环形网络的设计提供了依据。

**关键词** 环网; 光传输设计套件; 自愈; 仿真

**中图分类号** TN913.24

由于信息社会的飞速发展,使得宽带、大容量、高性能、低价格的传输网络成为大势所趋<sup>[1]</sup>。基于 WDM 技术的光传送网络充分利用了光纤巨大的带宽<sup>[2]</sup>,具有良好的可扩展性和可重构性,将成为未来宽带容量的主干网络。同时,由于 WDM 光传送网大容量高速率的传输特性,一旦发生通信中断,则可能给用户造成灾难性的损失。因此必须采用一系列有效的措施来提高 WDM 光传送网络的可靠性,使其在故障时有足够的生存能力,以保护业务的安全。

## 1 WDM 环形网络的生存性

WDM 光传送网的生存能力是指 WDM 光网络中的光缆线路、节点设备在发生故障时,系统仍能自动地按照预先设定的原则或方案为业务提供其他替代的传输路由以确保业务能正常进行的能力<sup>[3]</sup>。在进行网络规划和设计的时候,要充分考虑网络的生存性,设计具有良好的业务恢复能力的网络是一个基本的要求。

环形网络是一种常见的通信网络拓扑形式。和网状网结构相比,环形网络在保持较高生存性的同时更容易实现和管理,因此广泛应用于同步数字体系(SDH)传送网中。环形结构的 WDM 环形网络的实现方式多种多样,按节点间波长通道来去业务的传输方向的不同,可以分为单向环和双向环。即针对一个节点而言,在同一条传输通道中,如果来业务的波长传输方向与去业务的波长传输方向相同(如都是顺时针传输或都是逆时针传输),则这种环称为单向环;如果传输方向相反,则为双向环。按连接环路中相邻节点的光纤数目不同,环形网络又可以分成单纤环、两纤环、四纤环和多纤环。其中在单纤环中不容易实现保护功能,故很少使用,环网保护中多采用多纤环。本文讨论了一个双向双纤的环形网络,在该环形网络结构中,分别由在两根光纤上反向传输的波长建立环路节点之间的双向通信通道。在节点不提供波长转换能力的情况下(通常都是如此),考虑到环路保护的需要,内环的保护波长保护外环的工作容量,外环的保护波长保护内环的工作容量<sup>[4]</sup>。

双纤双向两纤环的主要优点是提供了波长重用的能力,即在同一网络中不同节点对之间使用相同的波长进行通信而互不影响。这样在网络波长总数不变的情况下,能够提供比单向两纤环更多的通信通道,从而大大提高了环形网络波长资源的使用效率,也提高了网络的生存性。

## 2 仿真系统构成

PTDS(Photonic Transmission Design Suite)是由德国 VPI 公司开发的专门用于光传输设计的软

2001 年 7 月 11 日收稿

\* 高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助

\*\*男, 22 岁, 硕士生

件, 为用户提供了功能强大的操作界面。本仿真的系统包括了三个用光纤互联的双向节点, 每个节点的内部结构如图 1 所示, 其中包括了两组复用/解复用器和两个 OADM, 都是双向节点。由一个光功率计监控外环光纤中的光功率, 并与一预设值进行比较从而模拟光纤的通断。如果监测到的光功率低于某预定值, 表明光纤发生故障, 将发出倒换指令给相邻节点, 控制环网节点中的光开关进行倒换。各个节点的输入信号包括需要上路的信号以及 OADM 的控制信号和光开关的控制信号, 还有从光纤中来的信号; 输出信号包括下路信号和从光纤中输出的信号。节点中的 OADM 采用的是解复用器 + 光开关 + 复用器的结构, 如图 2 所示。外环光纤复用了 4 个波长, 其频率分别是 193.15 THz, 193.25 THz, 193.35 THz, 193.45 THz。内环光纤也复用了 4 个波长, 其频率分别是 191.65 THz, 191.75 THz, 191.85 THz, 191.95 THz。正常情况下, 外环和内环光纤中复用的波长都用来传输业务。系统中其余一些相关参数见表 1。

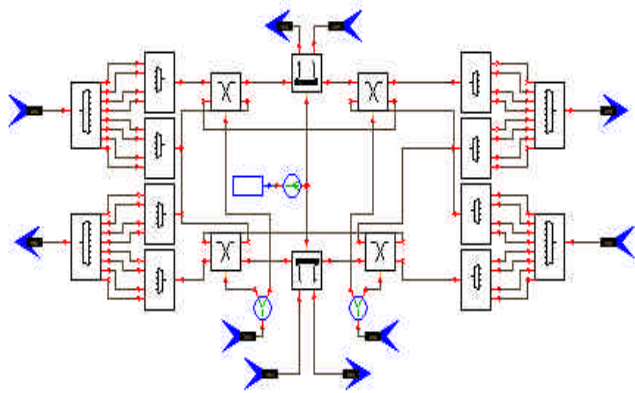


图 1 环网的网络节点内部结构

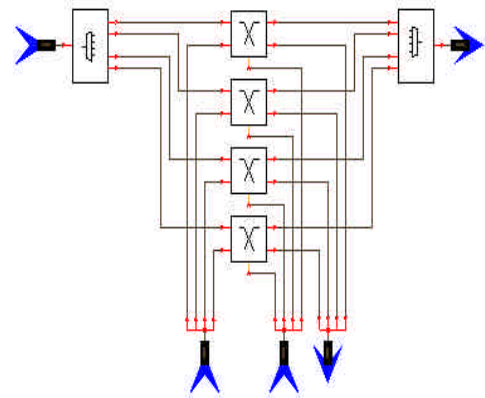


图 2 网络节点内 OADM 的内部结构

表 1 仿真系统部分参数

通道间隔/GHz	插入损耗/dB	通道间串绕/dB	单向通道数	信号码率/Gbps
100	0	1 000	8	10

### 3 保护倒换原理

环网正常工作时, 内外环均用所复用的 4 个波长传输业务, 如图 3 和图 4 所示。当出现故障时(本实验仅考虑单处光纤链路故障, 这是在网络中最经常出现的情况), 通过控制信号控制故障链路两端的节点内部的光开关使信号发生倒换, 从而达到恢复业务的目的, 提高了网络的生存性, 倒换后的信号如图 5 所示。

通过比较从光纤来的光信号的强度和一给定阈值, 如果低于该阈值, 就表明这段光纤出了故障, 这时就产生相应的控制信号来控制故障光纤两端的两个节点内的光开关执行相应的倒换操作, 使内环和外环的光通道均能继续传输。实验中用一个交互仿真模块控制光功率计模块接收到的光功率, 当接收的光功率小于某一个预定值(本实验中是  $1 \mu\text{W}$ )时表明光纤发生了故障, 从而可以模拟光纤故障, 控制相应模块产生倒换信号控制相应的网络节点进行倒换操作。

### 4 仿真结果和讨论

从图 3 可以看出, 在环网正常工作时, 外环工作光纤和内环保护光纤各自携带了 4 个波长, 且波长范围不同。其平均功率均为  $1 \text{ mW}$ , 每路波长信号的比特率是  $10 \text{ Gbps}$ 。当光纤发生故障时, 光功率计接收到的光功率立即变小。在与阈值比较之后, 发出倒换指令给邻近的两个节点。倒换后, 外环的信号通过开关被复用进内环, 内环的信号倒换进外环, 每根光纤复用 8 个波长, 其信号频谱示于图 5。由图 5 可以看出, 此时外环和内环的业务均能正常传输, 达到了环网保护的目, 提高了系统的生存性。从仿真试验还可以看出几个问题。第一是在环网保护的时候的倒换判

据的选择问题。本例中是选择接收光功率作为倒换判据,但在实际系统中由于某一区段常常存在光放大器,这时放大器的 ASE 噪声可能使此判据失效。常用的另一种倒换判据是光信号的传送质量如光信噪比,然而在线监测光信噪比目前还是很困难的。因此,倒换判据的选择还是个值得研究的问题。

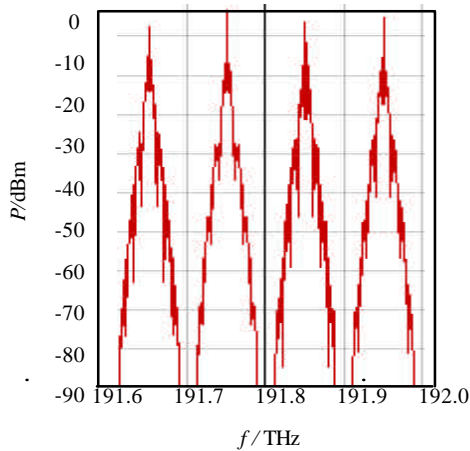


图 3 环网正常工作保护光纤中信号情况

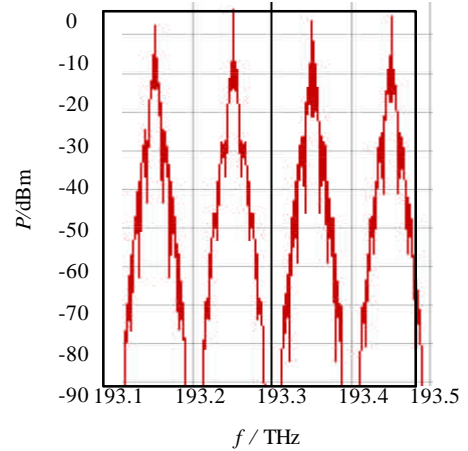


图 4 环网正常工作工作光纤中信号情况

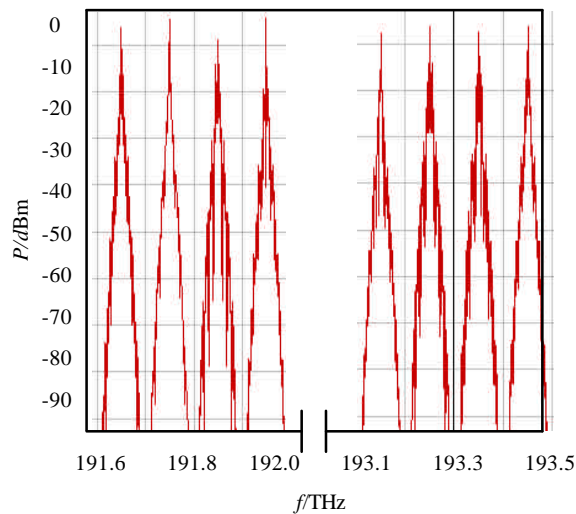


图 5 倒换后工作光纤和保护光纤中的信号情况

第二个问题是倒换的协调问题。本仿真中倒换信号是直接传给两个需要执行倒换操作的节点,然而在实际中不可能是这种情况。因此如何快速有效地将倒换指令传给要执行倒换操作的节点是一个需要进一步深入讨论的问题。第三个十分重要的问题是功率管理问题。由本仿真试验采取的倒换策略可知,执行倒换操作后,两节点之间的信号的传输距离将增加整个环路的长度。在本仿真实验中,为方便起见,在环路中没有加入光纤,然而在实际的网络中,信号的传输距离显著增加必然引起光功率预算的变化。而这个变化明显与采用的保护策略有关,如何预算环路的光功率也是一个待讨论的问题。

## 5 结 论

本文在 PTDS 软件平台上仿真了一个双向双纤环网的自愈。通过仿真,发现在本文给定的波长分配和保护倒换策略下能够较好保护环中的业务,使环网具有较高的生存性。同时通过对仿真结果的分析,给出了有待进一步讨论的问题,为自愈环网的设计提供了思路。

## 参 考 文 献

- 1 Hu Ming, Li Lemin. A reservation distribution method of channels for wavelength division Multiplexing networks. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 1998, 27(3):256~260[胡明, 李乐明. 一种预约式波分复用网信道分配方法. 电子科技大学学报, 1998, 27(3):256~260]
- 2 Zhang Tao, Qiu Kun, Qiu Qi. ATM photonic switch architecture based on WDM technology. Journal of Electronic Science and Technology of China, 1998, 27(4):371~374[张涛. 邱昆. 一种基于波分复用的 ATM 光交换结构. 电子科技大学学报, 1998, 27(4):371~374]
- 3 罗启斌. WDM 光传送网关键技术研究 [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2000
- 4 顾畹仪. 全光通信网. 北京: 北京邮电大学出版社, 1999

## Simulation of Survivability of Bi-directional Two-fiber Ring Network on PTDS Platform

Li Zhonggui    Qiu Kun    Zhang Hongbin    Xue Fei

(National Key Lab of Optical Fiber Transmission and Communication Networks, UEST of China Chengdu 610054)

**Abstract** The broad applications and extensive research interests have been placed on ring networks due to its excellent performance in network survivability and its simplicity. A three-node, bi-directional, two-fiber ring network is implemented on the basis of PTDS platform, and a simulation for single fiber failure can be realized through changing the fiber loss and then the receiving power of powermeter of the simulation system. The survivability of the ring network on a single fiber failure is simulated under the given policy for RWA(routing and wavelength assignment). The analysis of simulation result indicates that the ring network introduced in this paper has excellent survivability and the result is helpful in designing the ring network.

**Key words** ring network; photonic transmission design suite; survivability; simulation