

全光传送网的光交叉连接节点的结构分析*

罗启彬** 邱 昆 张宏斌

(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】提出了一种新的光交叉连接节点结构,分析表明该结构可使连接节点的每条输入光纤里复用的多个光信道能更灵活地选择路由,并交叉连接到指定的输出光纤。PTDS应用软件上仿真结果显示了该结构具有多信道灵活交叉连接功能,同时结构的交叉串扰指标也能达到规定的要求。

关键词 波分复用; 光传送网; 光交叉连接; 交叉串扰

中图分类号 TN929.11

随着通信业务的迅速增长,要求通信网络的传输容量进一步扩大,并对网络的灵活性、交互性、生存性提出了更高的要求。采用光波分复用技术(WDM),不但可以充分利用光纤的巨大带宽资源,同时也解决了传统通信网络中传输容量的瓶颈问题^[1],因此WDM技术被认为是当前利用光纤资源中最具吸引力的一种方式;另一方面,为了满足网络灵活性、生存性的要求,还应在波分复用的基础上结合各种光交换技术,如光交叉连接设备(OXC)等,才能提供大容量且能动态路由的光传输通道,使节点具有灵活的路由选择和波长分配功能,由此构成的光传送网络将成为未来Internet骨干网的核心传输方式^[2]。

光交叉连接设备的核心是光交换单元,它能使光纤中复用的多路光信号灵活地交叉连接到各自的目的地,还可实现网络的动态重构和自愈^[3]。因此光交叉连接设备在WDM光传送网中起着至关重要的作用,文献[4~6]讨论了几种光交叉连接(OXC)结构,本文提出了一种更有效的OXC交换单元结构,仿真结果显示这种结构的各项指标都能达到要求。

1 OXC结构比较

OXC节点的基本功能是在各输入端和输出端光纤上复用的WDM信号之间建立全光的通道互连模式。目前OXC中有两种基本的交换方案:空分交换和波分交换。

1.1 基于空分交换单元OXC

在空间域上完成输入信号和输出信号交换功能的一般是无源光器件,它具有插入损耗较小、可靠性高、工作稳定等优点。波分复用器/解复用器+空分光开关矩阵的OXC结构是其中的一种,如图1所示。输入的WDM复用信号在进入OXC交换单元前必须先解复用成一组分离的单波长信号,然后在OXC的交换单元内实现具体的单波长信号在空间域上的全光交叉连接,任一输入信号都能交叉连接到所需的输出端口,包括本地信号的上下路功能,最后复用单元把交叉连接的各波长信号复用起来向前传输。其中空分交换单元一般采用机械光开关、波导型光开关、光分送耦合开关,还可增加波长变换器以支持虚波长通道。

1.2 基于波分交换的OXC

R.Sabella和E.Lannene于1996年提出这种OXC的结构^[7],如图2所示。它采用一个大的星型耦合器把所有的输入信号耦合在一起,然后利用可调谐滤波器选出所需的波长到输出端。显然这种OXC结构对星型耦合器及可调谐滤波器的要求都很高,若星型耦合器的失效将引起整个OXC的瘫痪。

2000年12月7日收稿

* 中国高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目

** 男 28岁 硕士生

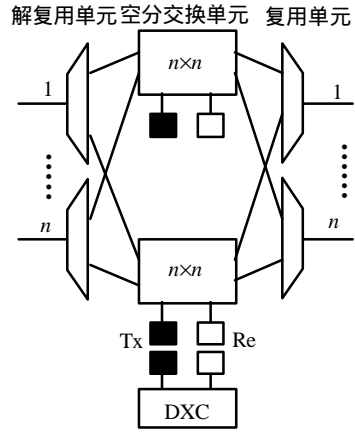


图1 基于空分交换单元的OXC

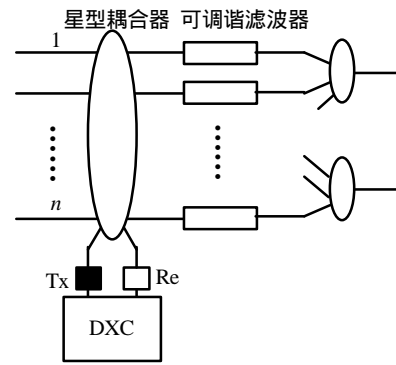


图2 基于波分交换单元的OXC

2 基于阵列光交换开关的OXC光交换单元

由于OXC的关键部分是光交换单元，它对光信号从输入端到输出端灵活选路起决定性作用。基于空分交换单元的OXC比较适合于静态业务，而基于波分交换的OXC能适应动态业务，但其稳定性和可靠性很难保证。本文提出另一种基于阵列光交换开关的OXC的光交换单元结构(如图3所示)，它能很好地适应业务动态路由的需求，而且结构简单，易于集成化，交叉串扰小。

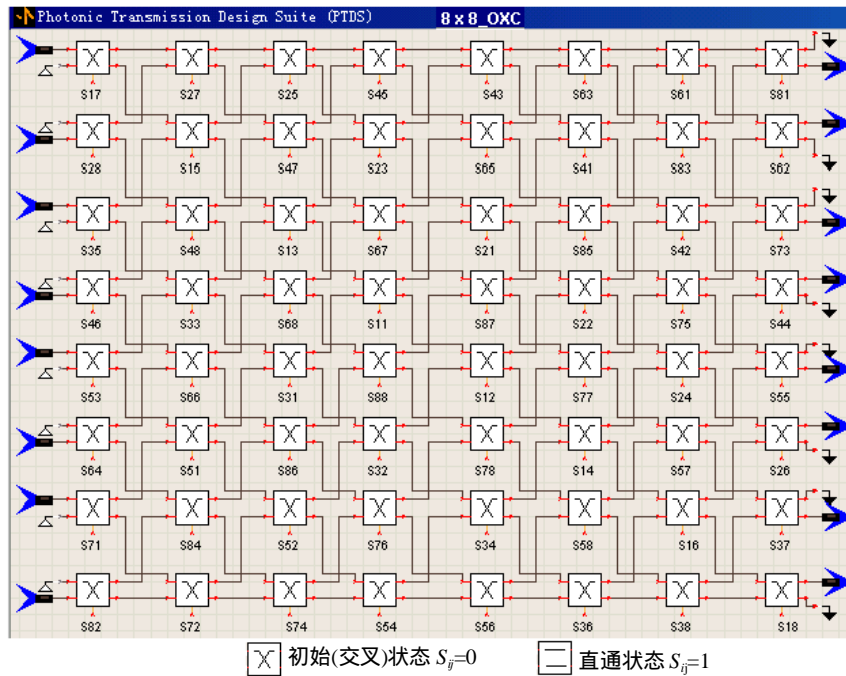


图3 OXC 的阵列光交换单元示意图

采用光开关阵列，每个光开关控制一路光信号的输入和其输出的连接，因此，通过控制光开关阵列，就可以控制任一输入端到输出端的连接，即任一输入信号可以交叉连接到任一输出端口，因而保证了业务在节点处灵活的动态路由。

可用矩阵来表示光开关单元的光通路由状态，图3是一种8×8阵列光交换开关矩阵的OXC光交换单元示意图，它包括8个输入端口，8个输出端口。矩阵的行号表示输入的光通道编号，列号表示输出的光通道编号。矩阵元 S_{ij} 的取值为0或1， $S_{ij}=1$ 表示第*i*号输入端口与第*j*号输出端口连接，0则表示没有连接。例如，根据目前业务的状况，要使输入端口1的输入信号交叉连接到输出端口5，

只需将控制光开关 S_{15} 从初始的交叉状态($S_{15}=0$)转换到直通状态($S_{15}=1$)即可;若下一时刻需输入信号1和输出端8连接,转换相应的光开关 S_{18} 即可满足要求。每次通信完毕,光开关均回复到初始状态。

由于 $\forall i \in [1,8]$ 均有 $\sum_{j=1}^8 S_{ij} = 1$ (i, j 均为整数), $\forall j \in [1,8]$ 均有 $\sum_{i=1}^8 S_{ij} = 1$ (i, j 均为整数),即在任何一个

输入端口到其相应输出端口的光连接通路上,仅有一个光开关处于直通状态,其余光开关均处于交叉状态。因此,对于 8×8 的光交换单元,每次只需控制其中的8个光开关,就可完成从任一输入到输出的交叉连接。

3 仿真结果

利用PTDS软件对本文提出的 8×8 光交换单元进行仿真,假设8个输入端口的中心波长均为193.10 THz,图4只显示了输入端口3的光波长信号。若使输入端口3的光波长信号从输出端口5中输出,如图5所示,输入端口7的信号从输出端口1中输出,如图6所示,只需将光开关 S_{35} 和 S_{71} 的状态置为1,其余的光开关状态相应均为0即可。

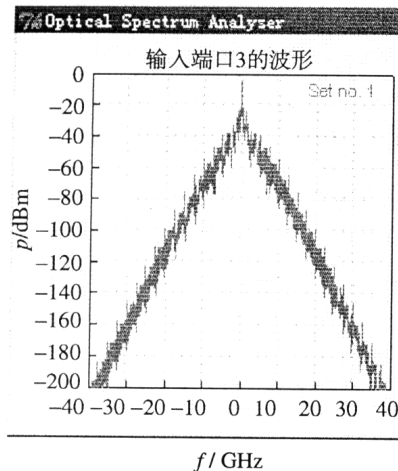


图4 输入端口3的波形信号

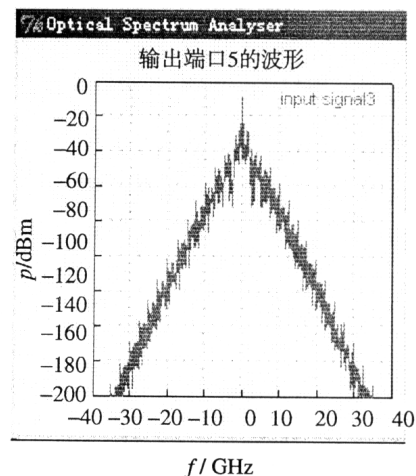


图5 输出端口5的波形信号(来自输入端口3)

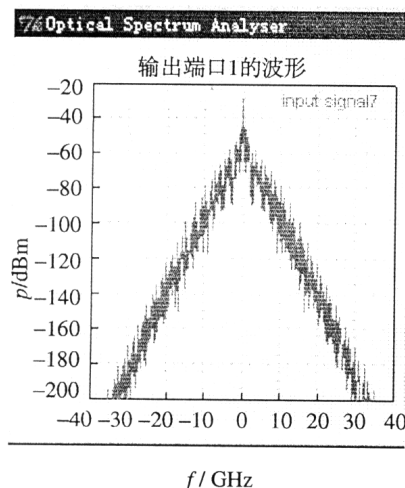


图6 输出端口1的波形信号(来自输入端口7)

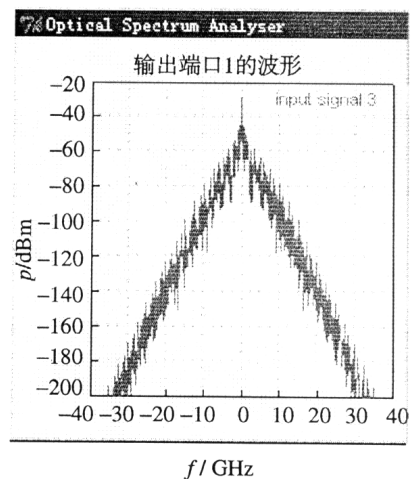


图7 输入端口3的波形信号从输出端口1输出

在下一时刻,通信业务发生变化,要求输入端口3的光波长信号从输出端口1中输出,如图7所示,则将控制开关 S_{31} 的状态置为1,其余光开关的状态全置为0,就可完成通信要求。注意每次通信完毕,光开关均需回复到初始状态(即交叉状态 $S_{ij}=0$)。

4 性能分析

仿真时每个光开关的交叉串扰均为50 dB, 插入损耗设为3.0 dB, 输入信号的平均功率是1 mW, 从图5~7的输出光谱可以看出输出信号的功率约为-20 dBm, 小于输入信号(1 mW)。这是由于器件的插入损耗引起的, 输出信号的波形没有失真, 系统的交叉串扰和信噪比都能满足要求。

阵列光交换单元结构简单、易于实现、易于集成化; 同时, 支持波长通道和波长模块化(即不需改动现有的OXC结构, 就能通过增加每条链路中复用的波长数来进行网络的扩容), 但不具有链路模块化和广播发送能力, 属于可重构无阻塞型的OXC结构。

5 结束语

本文提出的阵列光开关交换单元能满足业务信号从输入端口到任意输出端口动态路由的需求, 使OXC的交叉路由更灵活, 且结构简单、易于集成化, 输出信号的信噪比能达到规定的要求。

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 Bjerring Andrew K, Arnaud Bill Jt. The role of optical Internet in new public network. *Telecom Mag*, 1999
- 3 Zhang Tao, Qiu Kun, Qiu Qi. ATM photonic switch architecture based on WDM technology. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China*, 1998, 27(4): 371~374 [张涛, 邱昆, 邱琪. 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]
- 4 Watanabe A, Okamoto S, Sato K. Optical cross-connect node architecture with high modularity for photonic transport networks. *IEICE Tran Commun*, 1994, E77-B: 1 220~1 229
- 5 Fujiwara M. Advanced photonic switching technology for communications. *IEICE Tran Commun*, 1995, E78-B(5) : 644~653
- 6 申云峰, 张杰, 顾晓仪. 光交叉连接节点结构的比较. *电信科学*, 1997, 13(5): 20~24
- 7 Iannone E, Sabella R. Optical path technologied: a comparison among different cross-connect rachitectures. *J Lightwave Technol*, 1996, 14(10): 2 184~2 196

Research of OTN's Optical Cross-connect Architecture

Luo Qibin Qiu Kun Zhang Hongbin

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

Abstract It is very important of optical cross-connect (OXC) in OTN based on WDM, which is correlated with resource distribution, flexibility, survivability of OTN. A kind of OXC architecture is presented in this paper. The architecture is capable of flexible routing and cross-connecting for optical-channels, which is proved by means of photonic transmission design suite(PTDS) software. The parameters of insertion-loss and cross-talking meet with the requests.

Key words wavelength-division multiplexing; optical-transmission networks; optical cross-connect; cross-talking