

文章编号: 0258-7025(2001)09-0854-03

无源光网络的初步升级方案*

齐江 乔耀军 陈树强 管克俭

(北京邮电大学光通信中心 北京 100876)

摘要 利用 1310 nm/1550 nm 粗波分复用器(CWDM)与 1550 nm 光纤型带内耦合器(OFIBC),提出了无源光网络(PON)的初步升级方案,CWDM 与 OFIBC 复用器大的通带间隔与温度不敏感性保证了可以采用现行的无制冷的 F-P 腔激光器,实验表明根据 OFIBC 的通带,选择激光器中心波长,系统可以达到具有较小的功率损耗与串扰。

关键词 无源光网络,波分复用,串扰,功率代价

中图分类号 TN 929.11 文献标识码 A

A Novel Initial WDM Upgrade Scheme of a Passive Optical Network

QI Jiang QIAO Yao-jun CHEN Shu-qiang GUAN Ke-jian

(Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

Abstract An all-optical passive WDM upgrade of a passive optical network (PON) with an optical-fiber in-band WDM Coupler and a coarse WDM as multiplexers and demultiplexers is proposed and demonstrated. Using F-P lasers as the light source, the OLT and ONU can provide two additional wavelengths. The experiment demonstrates that the scheme can be with less optical power loss and crosstalk through selecting the proper wavelength of F-P lasers.

Key words passive optical networks, WDM, crosstalk, power penalty

1 引言

基于 ATM 技术的功率分束无源光网络(PS-PON)由于其低成本,可以灵活分配带宽而成为接入网发展的重点,正在电信网中逐步推广,随着宽带用户业务的进一步增加和波分复用(WDM)技术在骨干网和城域网中的迅速发展,无源光网络(PON)中引入 WDM 技术已经成为可能。与 PS-PON 相比,波分复用-无源光网络(WDM-PON)具有保密性、高容量、易升级等特点。但同时由于接入网对成本敏感,目前的波分复用-无源光网络方案多采用对宽带光源(如发光二极管(LED))进行频谱分割作为光源和具有较大温度系数的列阵波导光栅(AWG)作为远端节点(RN)和光线路终端(OLT)侧的复用和解复用器^[1-4]。在以上方案中,频谱分割导致很大的插入损耗与线性串扰,同时无源光网络中要求远端节点没有温控,列阵波导光栅具有较大的温度

系数,必须采取信道温度监控技术。以上缺点导致波分复用-无源光网络方案目前很难达到实用要求^[5]。考虑到以上波分复用-无源光网络的缺点以及无源光网络的升级是逐步进行的,我们提出了结合 WDM 技术与 PS-PON 技术的复合无源光网络(CPON)的初步升级方案,方案中采用廉价的 1310 nm/1550 nm 粗波分复用器与 1550 nm 波段内光纤型带内耦合器(OFIBC),上述复用器/解复用器,由于很大的通带间隔保证了很低的插入损耗与较大的信道间隔高度,同时低廉的价格对无源光网络系统成本增加很小。采用复合无源光网络方案可以对目前工作在 1310 nm 波段的无源光网络系统在 1550 nm 波段提供两个波长,RN 中的无源器件对温度的不敏感性保证上下行可以采用无制冷的 F-P 腔激光器。用调制速率为 622 Mbit/s F-P 腔激光器对上述系统进行实验,对 WDM 引入的插入损耗与信道间串扰的功率代价进行了测量。

* 国家自然科学基金(No. 6997707)与教育部优秀年轻教师基金资助项目。

收稿日期:2000-07-03;收到修改稿日期:2000-08-09

2 网络结构及原理

CPON 的网络下行结构如图1所示,为了避免

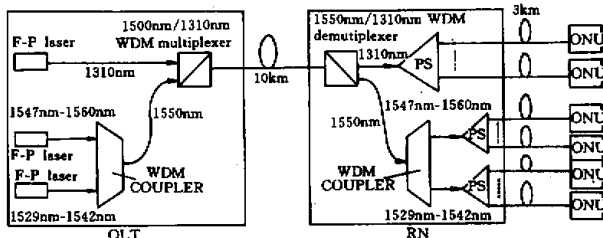


图1 CPON网络下行结构

Fig.1 Downstream architecture of CPON network

相同波长之间的相干瑞利后向散射,上下行采用空分方式,上行网络结构与下行相同。光线路终端侧光源采用中心波长分别位于 1310 nm, 1547~1560 nm 与 1529~1542 nm 的 F-P 腔无制冷激光器, 1550 nm 窗口的激光器经过光纤型复用器进行频谱分割后与 1310 nm 的激光器经过 1310 nm/1550 nm 粗波分复用器复用。在远端节点,首先经过 1310 nm/1550 nm 粗波分复用器解复用器, 1310 nm 的光直接进行无源功率分束, 1550 nm 波段经过光纤型复用器解复用后进行无源功率分束。我们对上述方案测量了 WDM 引入所导致的功率损耗与串扰的功率代价。光纤型复用器为 E-TEK 公司 BWDM360, 具体参数如下: 信道间隔高度 > 25 dB, 回波损耗 > 55 dB, 偏振敏感度 < 0.1 dB, 插入损耗 < 4.0 dB, 对温度不敏感。实验测得光纤型复用器的通带特性如图 2 所示。1310 nm/1550 nm 粗波分复用器为武汉邮电科学研究院 WDM-H-A 型隔离度解复用器, 参数如下: 信道间隔高度 > 40 dB, 回波损耗 > 55 dB, 偏振敏感度 < 0.2 dB, 插入损耗 < 0.5 dB, 工作温度范围为 -20℃ ~ +70℃。远端节点中光纤型复用器要求与 OLT 侧光纤型复用器通带一致, 避免信道失配造成大的光功率损耗。光纤型复用器信道宽度达 13 nm, 适当选取 OLT 侧 F-P 腔激光器中心波长, 可以减小频谱分割导致的功率损耗。1550nm F-P 腔激光器中心波长分为 1548 nm, 1532 nm, 相应自由谱域(FSR)为 1.6 nm, 1.2 nm。出纤功率为 -4 dBm, -2.6 dBm。中心波长为 1548 nm 激光器的调制速率为 622 Mbit/s。光纤为普通 G652 单模光纤, OLT 与远端节点之间长度为 10 km, 远端节点与 ONU 之间光纤长度为 3 km。频谱分割的波分复用器-无源光网络方案中主要考虑两方面问题: 1) 频谱分割以及 WDM 器件引入导致的功率损耗。2) WDM 信道间的串扰^[5]。下面分别分析 CPON 中的

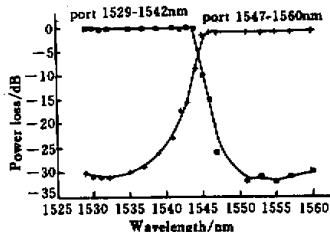


图2 OFIBC的通带特性

Fig.2 Passband of OPIBC

光功率损耗与串扰。

2.1 CPON的光功率损耗

由于 1310 nm 与 1550 nm 信道间距足够大, 可以忽略粗波分复用器信道间的串扰, 假定粗波分复用器只对系统引入一定的插入损耗, OLT 侧 F-P 腔激光器经过光纤型复用器频谱如图 3(a), (b) 所示; 实验测得的各项功率损耗如表 1 所示, 由图 3 与表 1 可以看出, 由于实验用的 F-P 腔激光器波长不在光纤型复用器通带中心, 频谱分割导致主要的功率损耗。由于光纤型复用器的通带宽度达 13 nm, 正确地选择激光器波长, 可以进一步降低频谱分割导致的功率损耗。

2.2 CPON的信道间串扰

波分复用-无源光网络中信道间的串扰是制约其发展的另一个重要因素。在无源光网络中引入 WDM 器件, 由于各 ONU 传输路径不同, OLT 侧接收不同的 ONU 光功率动态范围较大, 信道间的串扰问题必须加以考虑。根据文献[5]计算线性串扰模型, 线性串扰引起的功率代价为

$$\Delta P = -10 \cdot \lg(1 - 1/10^{0.1SIR})$$

式中 $SIR = 10 \cdot \lg(P_s/P_c)$ dB, SIR 定义为信号串扰比, P_s 为信号光功率, P_c 为串扰功率。如图 4 所示,

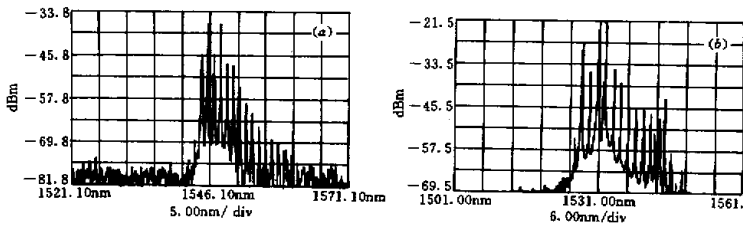


图3 波长为 1548 nm (a) 和 1532 nm (b) 激光器经过光纤型复用器的输出频谱

Fig. 3 Output spectrum of the laser through OFIBC

(a) with the wavelength 1548 nm; (b) with the wavelength 1532 nm

表 1 WDM-PON 功率损耗

Table 1 Optical power loss of WDM-PON

Wavelength/nm	Output power/dBm	CWDM loss/dB	OFIBC loss/dB	13 km SMF/dB	ONU receiver power/dBm
1548	-4	2×0.5	6	4	-15 ~ -20
1532	-2.6	2×0.5	8	4	-15.6 ~ -20
1321	0	2×0.5	1	5	-7 ~ -10

为了避免串扰引起的功率代价有较大的变化,要求 $SIR \leq 7$ dB, 实验中测得 1310 nm 信道串扰为 -30 dB, 1548 nm 信道的串扰为 -17 dB, 1532 nm 信道串扰为 -18 dB, 按照 ITU 关于 ATM-PON 的 G.983 建议, 无源光网络中光功率的动态范围 (ODR) 为 15 dB, 可以计算出相应的功率代价分别为 0.14 dB, 4.3 dB, 3.2 dB. 1548 nm 信道调制信号为伪随机码 $2^{11} - 1$, 速率为 622 Mbit/s, 实验中接收机灵敏度为 -35 dBm, 测得功率代价如图 4 所示。可以看出串扰引起 4 dB 的功率代价, 导致系统光功率动态范围减少。进一步的方案可以采用通道间隔带宽宽的光纤型复用器, 以降低信道间的串扰, 并且 F-P 腔激光器中心波长应位于光纤型复用器通带的中心, 减小激光器在隔离带宽内的功率。

3 结论

利用粗波分复用器与光纤型带内 WDM 耦合器, 我们提出了无源光网络的初步升级方案, 并测量了由于 WDM 引入系统所产生的损耗与串扰, 结果表明通过正确选择 F-P 腔激光器的中心波长, 实际系统具有较小的功率损耗与功率代价。

参考文献

- U. Hilbk, G. Bader, H. Bunning *et al.*. Experiment WDM upgrade of a PON using an arrayed waveguide grating. European Conference on Optical Communication (ECOC), Oslo, 1996, Web.1.5
- B. Glance, K.-Y. Liou, U. Koren *et al.*. A single-fiber WDM local access network based on amplified LED transceivers. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1996, 8(9): 1241~1242
- K.-Y. Liou, J. B. Stark, U. Koren *et al.*. System performance of an eight-channel WDM local access network employing a spectrum-sliced and delay-line-multiplexed LED source. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1997, 9(5): 696~698
- K.-Y. Liou, U. Koren, E. C. Burrows *et al.*. A WDM access system architecture based on spectral slicing of an amplified LED and delay-line multiplexing and encoding of eight wavelength channels for 64 subscribers. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1997, 9(4): 517~519
- R. D. Feldman, E. E. Harstead, S. Jiang *et al.*. An evaluation of architectures incorporating wavelength division multiplexing for broad-band fiber access. *J. Lightwave Technol.*, 1998, 16(9): 1546~1559

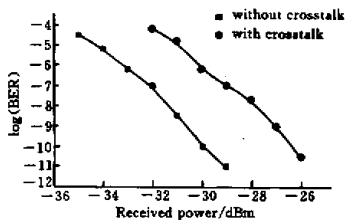


图 4 串扰引起的光功率代价

Fig. 4 Optical power penalty due to the crosstalk