

# 融入防火功能的无源接入网

饶云江<sup>1</sup>, 补冲<sup>1,2</sup>, 冉曾令<sup>2</sup>

(电子科技大学宽带光纤传输和通信网技术教育部重点实验室 成都 611731)

**【摘要】**提出一种融入防火功能的无源光接入网架构。该架构利用中心波长一致的低反射率光纤布拉格光栅(FBG)作为温度传感器,将温度传感信号融入现有的以太无源光网络(EPON)商用系统中(不改变EPON构架),并使用光时域反射计(OTDR)技术定位温度升高的FBG。该架构对通信信号的光功率和畸变几乎没有影响且构架中多个FBG温度传感器中心波长一致,不需要复杂且昂贵的FBG波长解调技术,占用通信带宽小,能以较低的成本实现准分布式火警预报,拥有很好的应用前景,从而为运营商提供增值服务。

**关键词** 以太无源光网络; 光纤布拉格光栅; 火警预报; 光时域反射计; 无源光接入网

**中图分类号** TP212.14

**文献标识码** A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-0548.2011.06.012

## Intelligent Passive Optical Access Network with Fire Alarming Services

RAO Yun-jiang, BU Chong, and RAN Zeng-ling

(Key Laboratory of Ministry of Education for Broadband Optical Fiber Transmission and Communication Networks Technology, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 611731)

**Abstract** A novel passive optical access network with fire alarming services is proposed in this paper. The architecture uses the fiber Bragg gratings (FBGs) with the same central wavelength and low reflectivity as sensors. Sensing signals are integrated into the Ethernet passive optical network (EPON) system without changing its architecture. In addition, the optical time domain reflectometer (OTDR) technology is used to position. This architecture has almost no impact on the power and the distortion of the optical communication signals. By using FBGs with the same central wavelength, complex and expensive FBG's wavelength demodulation technology is not necessary.

**Key words** EPON; fiber Bragg grating; fire alarming; OTDR; PON

光纤布拉格光栅作为一种新型的传感器具有良好的稳定性、可靠性和对电磁波的不敏感性,且尺寸小、线宽窄,能在高温、腐蚀性或危险性环境下使用。FBG能被波分复用,即许多FBG能串联在一根光纤上,实现准分布式传感系统<sup>[1-4]</sup>。近几年,已有将多种增值业务融入PON的报道,如文献[5]报道了在不同光网络单元(ONU)使用不同波长的FBG检测网络故障,从光链路终端(OLT)注入ONU的光到达不同分支,当某分支断裂时,该分支FBG反射光消失;文献[6]报道了使用可调激光器和FBG的故障检测系统。但上述系统不能实现故障定位,也没有其他增值服务。文献[7]提出以相位敏感光时域反射计( $\Phi$ -OTDR)与EPON技术结合提供安防业务,可同时实现故障检测与入侵定位。本文提出融入防火功能

的新型无源光接入网系统,在不改变现有EPON商用系统的前提下,使用中心波长一致的低反射率FBG和OTDR技术,实现火灾定位与报警功能。该系统不需要复杂的FBG波长解调技术,成本低,具有很好的应用前景。

### 1 实验原理

系统融合方案如图1所示。由于EPON中通信波长上行1310 nm,下行1490 nm,所以实验中使用的光源(1550 nm)不会影响通信信号。本文使用单波长窄线宽激光器,传感信号的探测在各个ONU处并行处理。激光经调制后,在下行方向与传输OLT的正常通信信号经WDM复用,通过10 km光纤到达1×n的分束器,再经分束器到达各个ONU分支,在

收稿日期: 2010-01-30; 修回日期: 2011-06-09

基金项目: 国家863项目(2007AA01Z245)

作者简介: 饶云江(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事光纤传感与通信技术等方面的研究。

ONU右侧通过WDM将通信信号与传感信号分开。在传感网上串联中心波长一致的低反射率(3%~10%)FBG, FBG的中心波长比传感光波长短, 有0.3~2 nm的波长差; 传感网通过ONU支持直接铺设到用户, 以达到准分布式检测温度的目的; 光纤传

感信号处理部分设在ONU处, FBG反射信号经过A/D卡进行空间域到时间域的转化, 从而完成空间位置上的分布式监测任务。处理后的信号再通过ONU的数据接口融合到ONU上行数据, 传输到中心控制站或者服务器, 用于给用户提供服务。

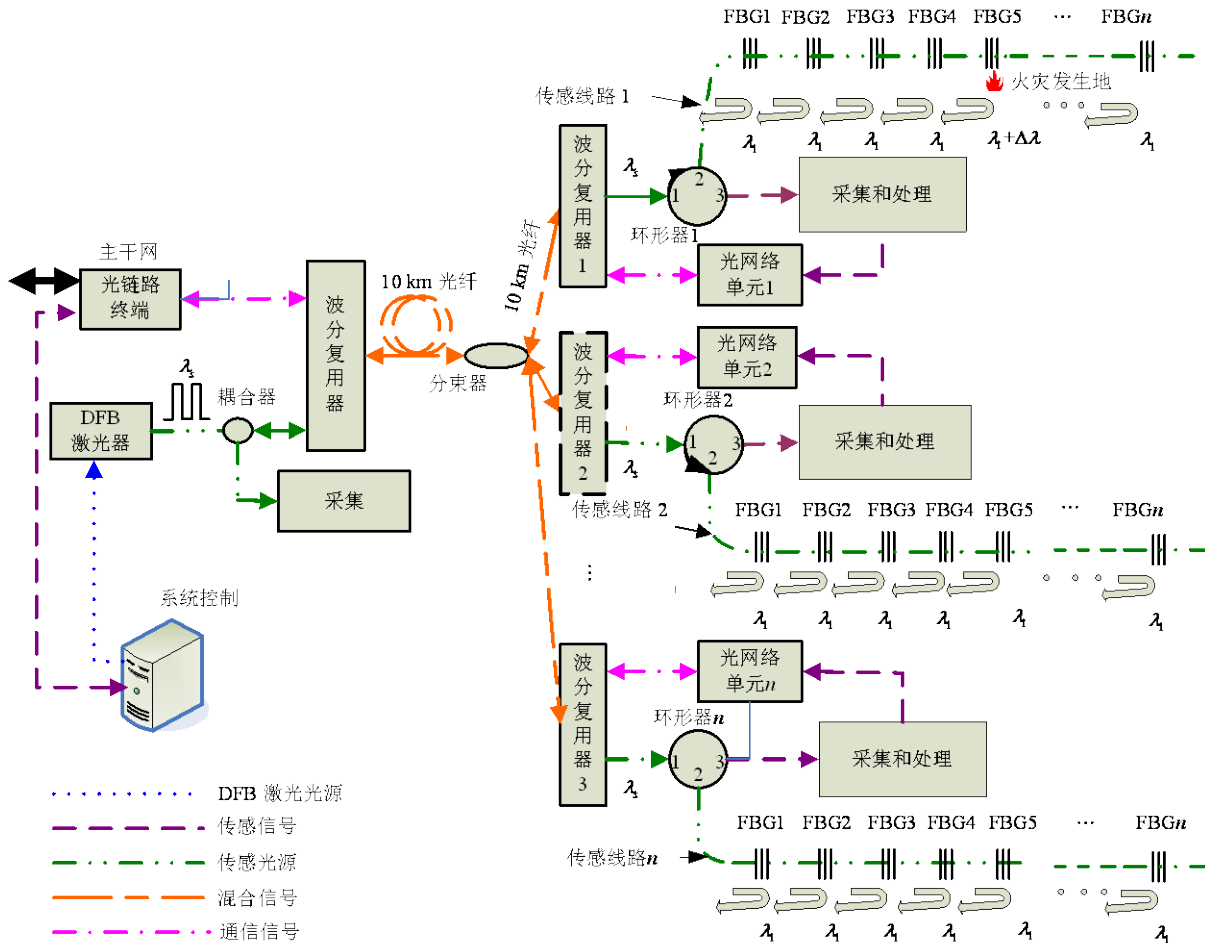


图1 融入防火功能的以太无源光网络系统构架

图2为FBG的反射谱, 由Bragg衍射原理<sup>[8-12]</sup>, 温度变化会引起反射光中心波长的改变。在1 550 nm波段, FBG对温度的敏感系数为10 pm/°C, 因此在正常温度下, 系统设计的FBG中心波长与DFB激光器中心波长不一致。FBG返回的光谱功率较小, 当温度升高时, FBG中心波长向长波长方向移动, 逐渐靠近DFB的中心波长, 功率也逐渐增大。由于本文系统主要用于防火, 所以不需要知道具体温度, 当返回的功率大于预先设定的门限(如50 °C时返回的功率值)时即报警, 根据OTDR原理, 可对火灾点进行定位。由于FBG反射率较低, 保证了一条传感线路可串联多个FBG, 传感距离得以增加, 大部分的传感信号不会被反射回来。同时使用中心波长相同的FBG(FBG中心波长之间误差±25 pm), 占用通信带宽小, 不影响通信信号。

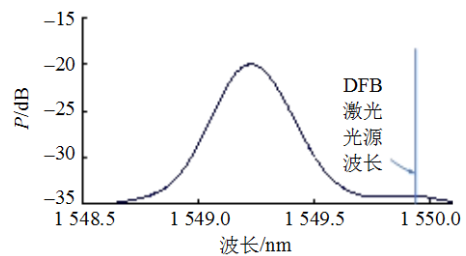


图2 FBG的反射谱

本文系统可以有效地共享光缆资源且不改变原有通信架构, 有良好的兼容性。利用传感光源波长的光, 还可以监测网络安全状况。在OLT到ONU的光路上传感光与光纤接入通信信号共享光缆, 通过测试传感器波长的传输状态实现通信网络的安全状况分析。

## 2 实验实施及结果分析

本文系统的EPON为GW EP3002-BAB-EP110, OLT到分束器之间距离为10 km, ONU1到分束器之间距离为10 km。作为演示, 本文使用一个ONU, 并在传感路线串联5个中心波长(中心波长为1 549.2 nm, 误差±25 pm)相同的FBG, 带宽为0.2 nm, 反射率为3%~10%; 使用一个1×4的分束器将信号传到各个ONU分支, 并在ONU分支使用一个插入损耗小于0.5 dB的WDM用于分开通信信号与传感信号。分开后的传感信号进入一个插入损耗小于0.8 dB的环形器, 经FBG反射回的信号从环形器3端口输出, 由A/D卡进行空间域到时间域的转化。实验中采用中心波长为1 550 nm的DFB(distributed feedback)激光器作为光源, 该光源由TTL信号调制, 调制电压为4 V, 占空比为0.01%, 重复频率为1 kHz。

正常情况下采集到的信号与分别加热FBG1、FBG2、FBG3、FBG4和FBG5时采集到的信号的对比如图3所示。从图中可以看出, 由于FBG的中心波长比DFB激光波长短, 所以正常情况下反射回的信号较弱。当FBG1~FBG5分别被加热到70 °C时, FBG受温度影响, 波长向靠近DFB中心波长方向移动, 返回的信号增大, 加热后的信号功率是加热前信号功率的10倍, 由返回信号时域上的信息, 即可以知道是哪个FBG被加热。加热FBG的信号在ONU端被检测, 若超过预先设定的门限值, 则由软件实现的报警信号通过T1/E1从ONU1传到ONU2或者传到OLT端监控中心。同时, DFB激光器到WDM之间通过一个耦合器接收主干光路上返回的OTDR信号, 检测OLT到ONU段光路上通信网络的安全状况。

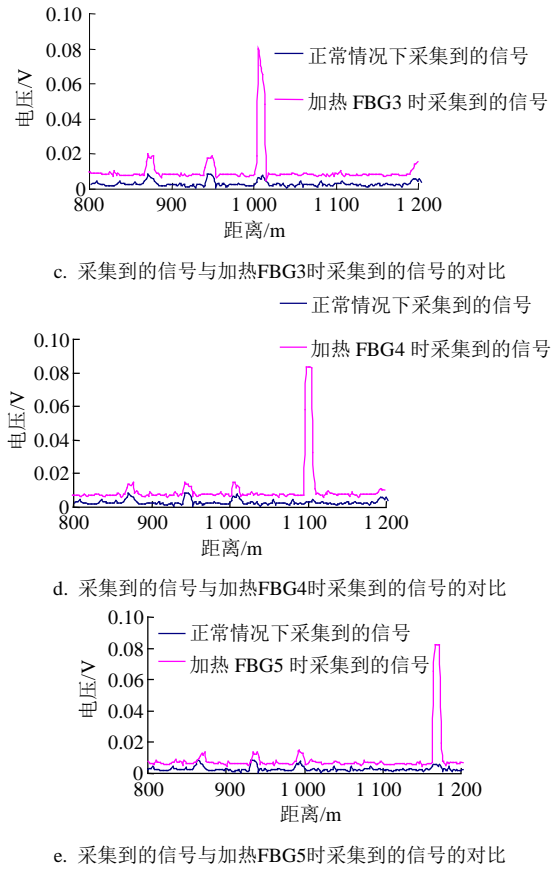
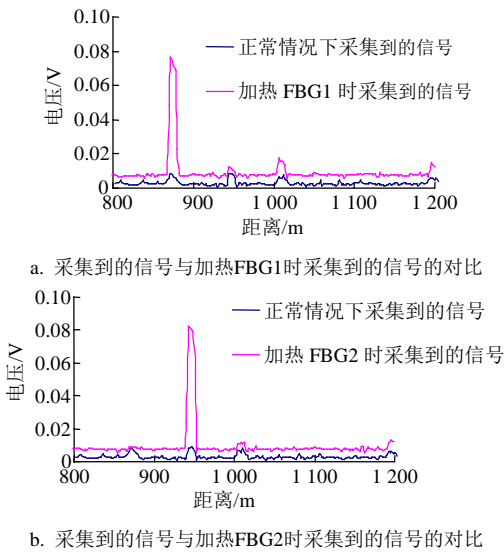


图3 正常情况下采集到的信号与加热FBG1、FBG2、FBG3、FBG4和FBG5时分别采集到的信号的对比

图4所示为温度与输出信号强度间的关系。实验中单独对FBG5施加不同温度, 温度范围从30 °C~90 °C。为了更准确地看到电压变化(与实验室温度、噪音等其他因素无关), 纵坐标采用比值形式, 即得到的电压实际值均同时除以一个基准电压, 而该基准电压与实验环境有关, 每次实验环境不同, 相应的输出信号强度也不同, 但它们的比值在不同环境下是固定的, 以该值作为阈值的判定值。从图中可以看出, 当温度增加, 返回信号强度增加, 其增加的幅度并不是线性的, 与DFB激光器的光谱有关。

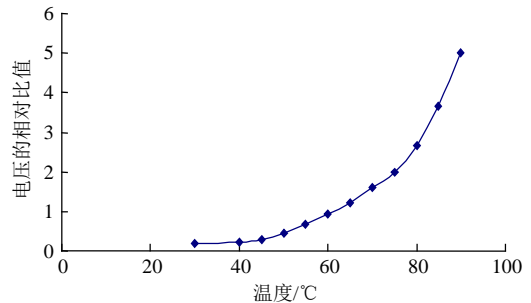


图4 温度与输出信号强度间关系

随机选择一支FBG, 使加热温度稳定在80 °C, 持续观察150 min后得到的数据, 再由图4换算成对应的温度值, 将温度值绘制成时间-温度图, 如图5

所示,从图中可以看出,该系统稳定性很好。

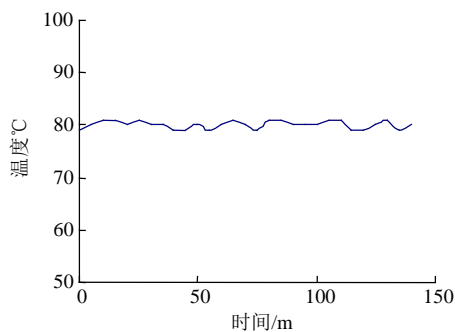


图5 同一温度下系统的稳定性

为了测试1 550 nm传感信号对OLT端到ONU端1 490 nm通信信号的影响,本文测量了眼图。采用Anritsu MP1763C产生为随机码来驱动1 490 nm光发射机,使用WDM复用1 490 nm和1 550 nm信号,并一起传入从OLT到ONU之间的光纤信道,最后由WDM解复用。随机信号的速率为1.25 GB/s,使用Agilent 54846A示波器测试眼图,示波器的采样率为20 Gs/s。图6为测试结果,由图可知,加入和不加入传感信号眼高分别为40.34 mV和41.78 mV,说明传感信号对S带信号的光功率和畸变几乎没有影响。

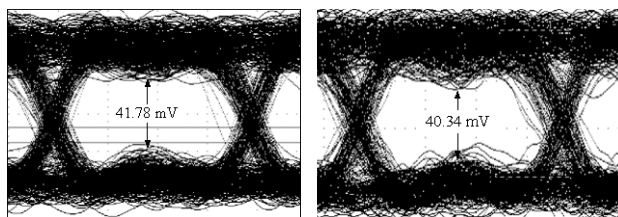


图6 从OLT到ONU的眼图

### 3 结论

本文首次提出了智能化的融入防火功能的无源光接入网系统,该系统能实现对火灾的报警及定位,并可检测出从OLT端到ONU端的光纤是否断裂。使用中心波长一致的低反射率FBG作为火警传感器,占用通信带宽小,且可串联多个FBG实现准分布式传感。由眼图实验可知,温度传感信号对通信信号的光功率和畸变几乎没有影响,且只需探测出温度

是否超过预设的门限值,不需要复杂且昂贵的FBG波长解调系统,成本很低;不改变现有EPON构架,有望在光纤到户(field of fiber to home)中有重要的应用。

### 参 考 文 献

- [1] ERDOGAN T. Fiber grating spectra[J]. Lightwave Technology, 1997, 15(8): 1277-1294.
- [2] RAO Yun-jiang. Recent progress in applications of in-fiber bragg grating sensors[J]. Optics and Lasers in Engineering, 1999, 31: 297-324.
- [3] 饶云江, 王义平, 朱涛. 光纤光栅原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 1-15.
- RAO Yun-jiang, WANG Yi-ping, ZHU Tao. Principle and Application of Fiber Bragg grating[M]. Beijing: Science Press, 2006: 1-15.
- [4] DU W C, TAO X M, TAM H Y. Fiber bragg grating cavity sensor for simultaneous measurement of strain and temperature[J]. IEEE Photonics Technol Lett, 1999, 11: 105-108.
- [5] YEH C H, SIEN C. Optical fiber-fault surveillance for passive optical networks in s-band operation window[J]. Optics Express, 2005, 13(14): 5494-5498.
- [6] CHAN C K, CHEN Lian-kuan, SONG Jian, et al. A practical passive surveillance scheme for optically amplified passive branched optical networks[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 1997, 9(4): 526-528.
- [7] RAN Zeng-ling, RAO Yun-jiang. Intelligent passive optical access network capable of providing security and branch-fault-locating services[J]. The 14th Optoelectronics and Communications Conference. Hong Kong: Convention and Exhibition Centre, 2009: 13-17.
- [8] OTHONOS A, KALLI K. Fiber Bragg gratings: Fundamentals and applications in telecommunications and sensing[M]. Michigan: Artech House, 2007: 23-27.
- [9] ZHAO Yong. Optical fiber gratings and sensing technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2007: 4-28.
- [10] MOREY W W, MELTZ G. Fiber optic bragg grating sensors[J]. SPIE, 1992, 1169: 98-107.
- [11] WANG Guo-dong, CHEN Wei-you, LIU Cai-xia, et al. Study on transmission of sampled chirped fiber bragg grating[J]. Optoelectronics Technology, 2003, 23(3): 178-181.
- [12] RAO Yun-jiang. In-fibre bragg grating sensors[J]. Meas Sci Technol, 1997, 8: 355-375.

编辑 张俊