

EDC 均衡器优化 XFP 光模块传输性能的研究

周志勇^{1,2}, 高繁荣^{1,2}, 田 军^{1,2}

(1. 光纤通信技术和网络国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉电信器件有限公司, 湖北 武汉 430074)

摘要: 文章研究了电色散补偿(EDC)均衡器对长距离 10 Gbit/s 小型可插拔式(XFP)光模块性能的改进。根据测试需要搭建测试台位: 光发射部分采用 80 km 电吸收调制器(EML)光源, 接收部分采用雪崩光电二极管+跨阻放大器(APD+TIA)的光电探测器, EDC 均衡器对光电探测器输出的码流采用色散补偿算法来优化线路特性。将 80 km EML 光源加入 EDC 均衡器后, 传输距离延长到了 120 km。

关键词: 光通信; 电色散补偿; XFP 光模块

中图分类号: TN929.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8788(2010)05-0044-03

Study on optimization of the transmission capability of XFP modules by EDC equalizer

Zhou Zhiyong^{1,2}, Gao Fanrong^{1,2}, Tian Jun^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Telecommunication Devices Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper studies the optimization of the transmission performances of a XFP module by using an Electronic Dispersion Compensation (EDC) equalizer. A test platform is set up as required in tests, on which 80km EML light source is used as the optical transmitting part, an APD+TIA photoelectronic detector as the receiving part and the EDC equalizer performs the dispersion compensation algorithm for the code stream from the photoelectronic detector to optimize the line characteristics. When the light source is directed into the equalizer, the transmission range is extended to 120 km.

Key words: optical communication; EDC; XFP module

0 引 言

随着光纤通信的发展,数据业务的倍增,带宽需求也在稳步增长。当前运营商的主要目光已转移到 10 Gbit/s, 同时在关注着更高速率的 40 Gbit/s 甚至 100 Gbit/s 技术。不过对这种高速传输而言,色散,也就是由于不同波长的传输速度不同造成的信号展宽,是一个巨大的障碍。而电色散补偿(EDC)技术的成熟,提供了低成本、高性能的电域色散补偿方法,通过保持信号的完整性和高质量而极大地延长了传输距离,提升了网络效率,进而实现了对现有企业和城域服务传输网进行无缝且高性价比的升级,推动了 10 Gbit/s 光网络的发展。

1 电色散补偿原理分析

单模光纤的色散主要有色度色散(CD)和偏振模色散(PMD)两种^[1-3], 分别由不同波长或不同偏振模式的光在光纤中传播的速度不同而产生。10 Gbit/s 光通信系统主要受到 CD 的影响, 光学补偿方法有光纤光栅补偿法、色散补偿光纤法和光子晶体光纤法。PMD 的补偿方法有利用偏振度作为

反馈信号控制偏振控制器进行补偿的方法等。

电均衡是有效减少传输过程中色散对信号损伤的一种技术。在实际应用中, EDC 技术有两种不同的使用方案: 一种是在发射端加入色散补偿模块, 对电/光转换之前的电信号进行预处理; 另一种是在光传输系统接收端加入补偿模块, 对光/电转换后的电信号进行滤波处理。由于第一种方法自适应能力差, 一般很少采用。EDC 是一种后补偿手段, 由于色散而展宽的光脉冲经过探测器转换为电脉冲, 并由互阻放大器进行放大之后, 在电域得到均衡, 从而消除色散带来的码间干扰。EDC 主要有下面几种结构: 前馈均衡器(FFE)、判决反馈均衡器(DFE)和最大似然系列估计器(MLSE)。文中的 EDC 均衡器是前馈均衡器和判决反馈均衡器的组合。前馈均衡器的结构如图 1 所示。

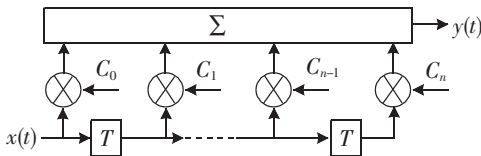


图 1 前馈均衡器结构图

前馈均衡器是基于横向滤波器的, 输入信号被

多级延迟,各级延迟后的结果与原始输入信号加权求和,其结果作为滤波器的输出。前馈均衡器的传输函数可表示为

$$y(t) = \sum_{i=0}^n C_i x(t - iT) \text{ ,}$$

式中, $x(t)$ 为输入信号; $y(t)$ 为输出信号; T 为每级延迟时间, 是固定的, 为码元长度; C_i 为每阶的加权系数, 根据光纤色散的特点调整 C_i , 可以得到最佳的均衡效果。

前馈均衡器是一种线性均衡器,对于失真程度较低、眼图未完全闭合的信号有较好的均衡效果。

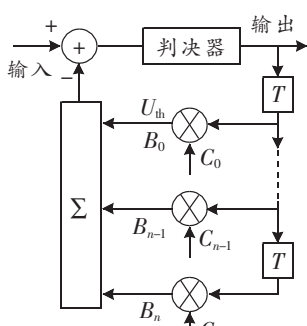


图 2 判决反馈均衡器结构

特加权后反馈,用于后续比特的判决^[4]。判决条件为

$$x(t) - \sum_{i=0}^n C_i I_{k-i} > U_{\text{th}} \text{ 时 } I_{i+1} = 1 ,$$

式中, I_{k-i} 为已判决的比特; I_{i+1} 为待判决的比特; U_{th} 为判决门限。根据光纤色散的特点调整 C_i , 可以得到最佳的均衡效果。

总色散量随着光纤长度、波长等改变,因此不同的线路有不同的色散量,这要求均衡器能够动态调整加权系数^[5]。在理论分析上,EDC 均衡器可以通过补偿由于色散因素导致的信号劣化,提高信号传输性能,增大信号的传输距离。

2 EDC 均衡器对长距离 XFP 光模块的性能改进测试

为了适应市场对模块的低成本和小型化的要求,EDC生产厂家一般将 EDC 功能和时钟数据恢复功能集成在一个芯片里,制作成具有自适应均衡和时钟数据恢复功能的芯片,均衡器结构为 FFE+DFE,本实验的 EDC 均衡器芯片集成有 EDC 功能和时钟数据恢复功能,采用 $0.18\ \mu\text{m}$ BICMOS 技术, $6\ \text{mm} \times 6\ \text{mm}$ 的塑料焊球阵列(PBGA)封装。该 EDC 均衡器的测试框图如图 3 所示。

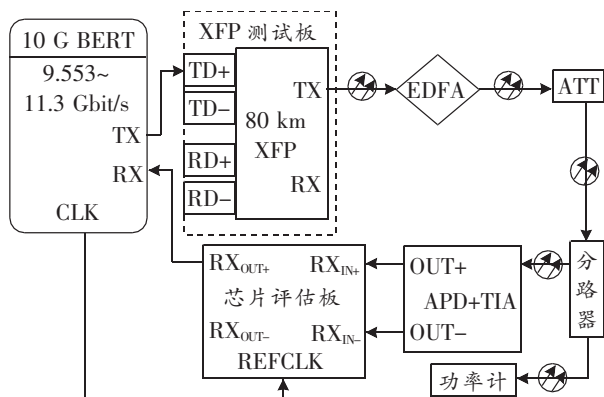


图 3 EDC 均衡器的测试框图

本实验中的传输光源选用武汉电信器件公司的 80 km XFP 光模块。80 km XFP 光模块接收 10 G BERT 误码仪发出的电信号,并将其转换为光信号,通过 TX 口接入光纤中进行传输。一般由 80 km XFP 光模块输出的 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 光信号功率为 0 dBm,经衰减系数 α 近似为 0.18 dB/km 的 G.655 光纤传输 100 km 后的光信号功率衰减为 18 dBm,光信号送入分路器后被分为两路功率相等的信号,每路光信号的输出功率比输入功率又衰减了 3 dBm,由此可以计算得到不加 EDFA 时,进入雪崩光电二极管+跨阻放大器(APD+TIA)的光信号功率为-21 dBm,此时的光信号功率较低,不便于灵敏度的测试。所以在本实验中,传输距离达 100 km 以上时,都要用 EDFA 进行光信号的放大。在短距离传输中,为防止传输光功率过大,超出接收器件的允许范围而损坏光模块的 ROSA 器件,需要用到衰减器(ATT),该 ATT 同时也可以用于调节光信号的强度,来进行灵敏度的测试。APD+TIA 光电信号转换器用于将线路光信号转换为电信号并送至具有 EDC 均衡器的芯片评估板的 $\text{RX}_{\text{IN}+}$ 和 $\text{RX}_{\text{IN}-}$ 口,APD+TIA 选用线性 TIA,以适应 EDC 芯片的线性补偿的需要。芯片评估板通过自带的图形用户界面(GUI)控制程序设置 EDC 均衡器的运行参数,实现链路最优化处理,并将处理后的电信号送至误码仪检测误码。根据 EDC 均衡器的需要,芯片评估板需要外接 155 MHz 的参考时钟。在本实验中,测试速率选择 9.953 Gbit/s;具有 80 km 电吸收调制器(EML)的 XFP 光模块;配有 EDC 均衡芯片,对 APD+TIA 的接收电信号进行均衡处理后,可以将传输距离延长到 125 km。图 4 所示为 80 km XFP 光模块发射的光信号传输眼图。其中(a)是在 XFP 测试版的 TX 口测得的背靠背眼图(传输距离为 0 km);(b)是光信号经过 125 km 传输后,进入

APD+TIA 前测得的眼图,由于色散的影响,信号劣化很严重,已经不能满足 OC-192/STM-64 模板的要求。

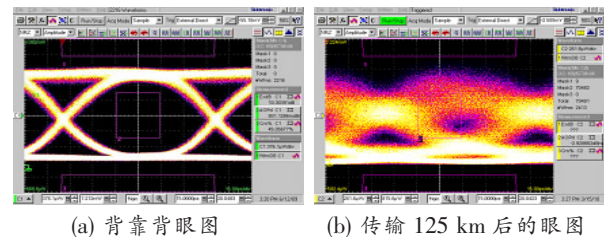


图 4 光信号传输眼图

用 10 G BERT 误码仪测试传输灵敏度,测试框图如图 3 所示,测试条件为:信号速率为 9.953 Gbit/s,信号码型为 $2^{23}-1$ 阶伪随机码。测试结果的对比如表 1 所示。

表 1 有 EDC 均衡器和无 EDC 均衡器的接收灵敏度对比

传输距离	无 EDC 灵敏度/dBm	带 EDC 灵敏度/dBm
背靠背	-24.65	-25.62
75 km	-23.90	-25.99
100 km	-18.50	-24.71
125 km	-15.20	-24.20

从表 1 可知,具有 80 km EML 的 80 km XFP 光模块发射的光信号传输 100 km 后,由于光纤中色散的影响,传输性能不再符合传输通道代价的要求,而加了 EDC 均衡器后,传输 125 km,通道代价为 1.42 dB,光模块的传输性能得到了明显的改善。

3 结束语

本文对 EDC 均衡器优化长距离 XFP 光模块的性能进行了研究与分析,并设计了简单易行的测试方案,通过对比加有 EDC 均衡器的测试数据和未加 EDC 均衡器的测试数据,可以得出这样的结论,EDC 均衡器能够优化光模块的传输性能,实现更长距离的传输,为 10 Gbit/s 光网络建设节约了更多成本。

参考文献:

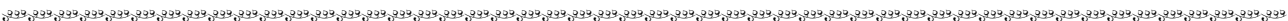
[1] WINTERS J, GITLIN R D. Electrical signal processing for techniques in long-haul fiber-optic systems [J]. IEEE Communication Transaction, 1990, 38(9): 1439-1453.

[2] NIELSEN T, CHANDRASEKHAR S. OFC 2004 workshop on optical and electronic mitigation of impairments [J]. Lightwave Technology, 2005, 23(1): 131-141.

[3] BULOW H. Electronic equalization of transmission impairments [A]. Optical Fiber Communication Conference and Exhibit [C]. Anaheim, California: OSA IEEE/Communications Society, IEEE/LEOS IEEE/Lasers and Electro-Optics Society, 2002, 12(7): 24-25.

[4] 陈文电, 徐坤, 伍剑, 等. 40 Gbit/s 光纤通信系统中自适应判决反馈均衡器的补偿性能 [J]. 半导体光电, 2006, 27(1): 63-67.

[5] PROAKIS J G. Digital Communications [M]. New York: McGrawHill, 1995.



(上接第 39 页)

体系上的一个平滑升级,其采用的系统组成与 1 G-EPON 基本相同,关键技术主要集中在升级后两端收发光器件的研制上。本文针对 10 G-EPON 标准 IEEE802.3av,对 10 G-EPON 光器件的关键技术做了分析,对于我们所研制的非对称 10 G-EPON ONU BOSA 样机进行了全面的测试分析,测试结果表明,该器件完全符合 10 G-EPON 标准的要求。

参考文献:

[1] 马壮. 10G EPON 产业链已就绪 [N]. 通信产业报, 2009-4-27(40).

[2] 沈成彬. 10G EPON 将在 FTTB/C/N 率先应用 [N].

通信产业报, 2009-4-13(52).

[3] 胡保民. 10G EPON 的研究 [J]. 光电工程, 2006, 33(9): 106-109.

[4] 徐红春. 10G-EPON 的关键技术研究 [EB/OL]. <http://www.c-fol.net/news/content/22/200907/20090730161102.html>, 2009-07-30.

[5] IEEE P802.3av(tm)-2009, Part 3: Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications [S].

[6] 黄章勇. 光纤通信用光电子器件和组件 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.

[7] 祝宁华. 光电子器件微波封装和测试 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.