

40 Gbit/s 光纤通信系统的光放和色散管理研究

王会义, 曹炼铿, 刘东文

(广东省电信规划设计院有限公司 电信咨询设计院, 广东 广州 510630)

摘要: 伴随着传输距离和传输速率的提升, 光放和色散管理已成为光纤通信系统中非常重要的影响因素。在 40 Gbit/s 光纤通信系统逐渐替代 10 Gbit/s 系统的过程中, 通信系统对非线性抵抗性和色散管理提出了更高的要求。文章通过对 3 种色散管理方案进行对比, 讨论了 40 Gbit/s 光纤通信系统中的不同色散管理方案下的输入光功率对光纤传输系统的 Q 值、误码率和光信噪比的影响, 并且发现中置放大的色散补偿方案具有更好的 Q 值和信噪比, 更适合超长距离光纤通信系统。

关键词: 色散管理; 非线性; 光放大; Q 值

中图分类号: TN915

文献标志码: A

文章编号: 1005-8788(2014)01-0032-02

Discussions on optical amplification and dispersion management in 40 Gbit/s fiber-optic communication systems

Wang Huiyi, Cao Liankeng, Liu Dongwen

(Guangdong Planning and Designing Institute of Telecommunications Co., Ltd., Guangzhou 510630, China)

Abstract: With the increase of transmission range and rate, optical amplification and dispersion management have become important factors in fiber-optic communication systems. Specifically, in the gradual replacement of 10 Gbit/s fiber-optic communication systems by 40 Gbit/s systems, still higher requirements are placed on nonlinear resistance and dispersion management by communication systems. In this paper, three dispersion management schemes are compared and the effects of the input optical power in different schemes on the Q value, BER and SNR of 40 Gbit/s fiber-optic communication systems discussed. It is found that the dispersion compensation scheme with mid-amplification has better Q value and SNR and is more suitable for ultra-long fiber-optic communication systems.

Key words: dispersion management; nonlinearity; optical amplification; Q value

0 引言

随着信息量的快速增长, 光纤通信网的传输速率普遍由 2.5 或 10 Gbit/s 提升到 40 Gbit/s^[1], 各种先进的技术也因此被应用于光纤通信系统中^[2], 这也对光纤通信系统中光纤的非线性和色散等指标提出了一定的要求, 如 OSNR(光信噪比)、色散容限和 PMD(偏振模色散)等技术指标^[3]。在实际光纤通信系统中, 为了提升系统的 Q 值和 OSNR, 普遍采用了色散管理和光放技术, 但已提出的色散管理方案中缺少对光放大器放置方式的讨论。考虑到 DCF(色散补偿光纤)的模场截面积大约是 SMF(单模光纤)的 1/4, 这可能导致光纤通信系统中积累的非线性效应的程度不同。针对上述问题, 本文对色散管理的 40 Gbit/s 光纤通信系统中的光放大器的放置方式进行了研究和讨论, 采用 4 种常见的光信号调制技术, 获得了抑制光纤通信系统中非线性积累的色散管理的光放方案。

1 系统构建和方案

图 1 所示为典型的光纤传输系统简图, 它由发射、链路和接收 3 部分组成。

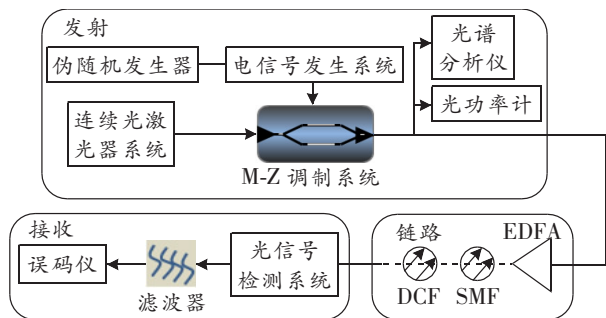


图 1 光纤传输系统简图

根据实际光纤通信系统中 EDFA(掺铒光纤放大器)、SMF 和 DCF 放置方式的不同, 本文将对 3 种色散补偿链路系统方案(前置放大、中置放大和后置放大的色散管理链路单元)进行研究和讨论, 如图 2 所示。这 3 种方案的区别在于 DCF 的位置不同。

收稿日期: 2012-12-03

作者简介: 王会义(1984-), 男, 山东青岛人, 工程师, 硕士, 现主要从事通信网络规划设计以及光纤通信技术的研

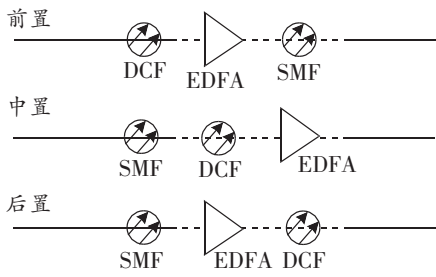


图2 色散补偿链路光放方案

光纤链路的光纤参数如表 1 所示,由表可知,DCF 较 SMF 具有更小的截面积。由于光纤中光信号的非线性与光纤的有效

截面积和输出光功率有关^[4],因此光信号经过 DCF 和 SMF 构成的不同光纤链路时积累的非线性会有差异,最终影响光纤通信系统的技术指标。

表 1 SMF 和 DCF 参数

参数	SMF	DCF
色散/ps/(km·nm)	17	-85
色散斜率/ps/(nm ² ·km)	0.075	-0.300
有效截面积/μm ²	80	20
光纤损耗/dB/km	0.2	0.5

2 结果和讨论

为减少残余色散的影响^[5],对 40 Gbit/s 仿真系统的色散进行了完全补偿,并分别对 4 种常用的光信号码型 MODB(先进光双二进制)、CSRZ(载波抑制归零)、DPSK(差分相移键控)和 DQPSK(正交差分相移键控)进行了讨论和分析。图 3 所示为 4 种光信号对应的光谱图,中心频率均为 193.1 THz。可以看出,在 4 种光信号调制技术的频谱中,DQPSK 光信号的频谱最窄。

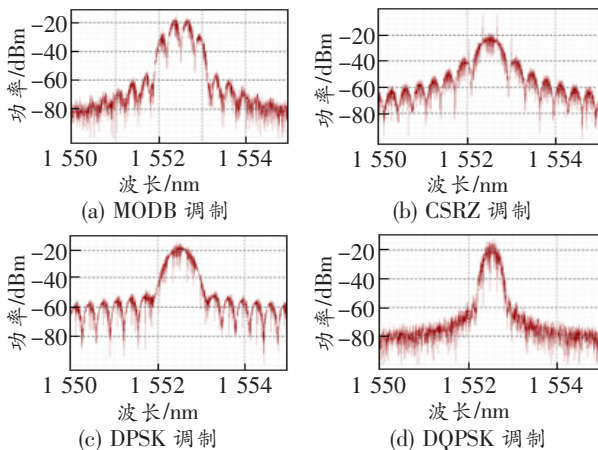


图3 系统仿真实验结果

按照图 1 和 2 所示的光纤链路方案和光纤主参数配置光纤通信系统链路装置,其中,每个色散管理单元中的 SMF 长度为 50 km,DCF 长度为 10 km,EDFA 增益为 15 dB、噪声系数为 6 dBm,光纤链路

总长度为 240 km。在 3 种链路方案下,不同光信号码型的系统 Q 值随入射光功率的变化情况分别如图 4~图 6 所示。可以看出,对于同一种光信号调

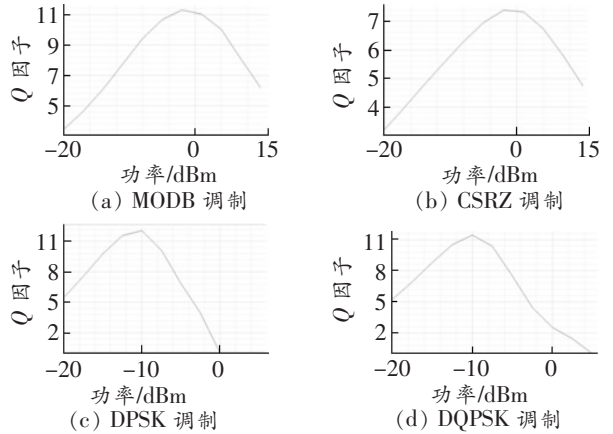


图 4 前置方案下 Q 值随入射功率的变化曲线

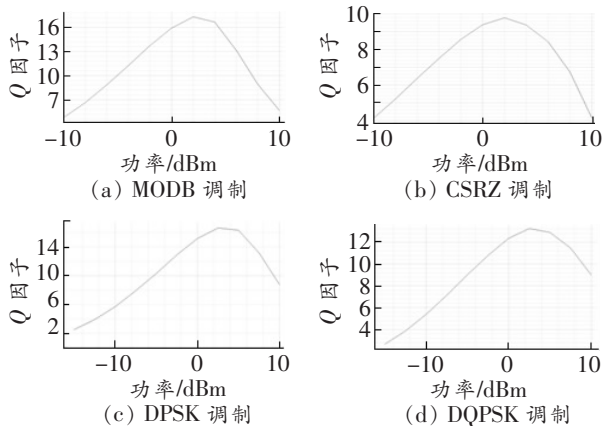


图 5 中置方案下 Q 值随入射功率的变化曲线

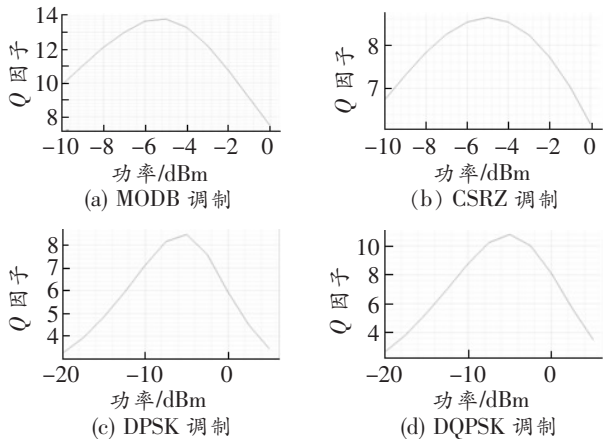


图 6 后置方案下 Q 值随入射功率的变化曲线

制码型,在不同的光放色散管理方案下抵御光纤链路的非线性能力不同。其中,中置方案在入射光功率约为 2 dBm 时,系统 Q 值显著高于其他两种方案,与前置方案相比,Q 值最大提高约 3.02。该结

(下转第 44 页)

心缺失一根空气柱形成内芯,在纤芯左右有两个较小的空气孔,靠近内芯的2环空气孔组成内包层,减小第3环空气孔的直径形成一个与内芯同轴的环形外芯结构。采用全矢量有限元法,对这种 PCF 的双折射、色散、非线性、约束损耗和模场等特性进行了数值模拟与分析。研究表明,新设计的同轴双芯 PCF 呈现出高双折射、高负色散可调效应,调整光纤结构参数可以控制其高双折射、高负色散工作波长范围。这种特殊性能的保偏光纤能够有效抑制色散补偿过程中的四波混频等非线性效应,将会在光纤激光器、光纤放大器、光滤波器和相干传感系统中具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 张磊,李曙光,姚艳艳,等. 高双折射纳米结构光子晶

体光纤特性研究 [J]. 物理学报,2010,59(2):1101-1107.

[2] Bouk A H, Cucinotta A, Poli F, et al. Dispersion properties of square-lattice photonic crystal fibers [J]. Opt Express, 2004, 12(20): 941-946.

[3] Kim Soan, Kee Chul-Sik, Lee Chung Ghiu. Modified rectangular lattice photonic crystal fibers with high birefringence and negative dispersion [J]. Opt Express, 2009, 17 (10): 7952-7957.

[4] Liu Y C, Lai Y. Optical birefringence and polarization dependent loss of square and rectangular lattice holey fibers with elliptical air holes: numerical analysis [J]. Opt Express, 2004, 13(14): 225-235.

[5] 张珊珊,张伟刚,刘卓琳,等. 一种高双折射光子晶体光纤及其保偏特性研究 [J]. 光电子·激光,2011, 22 (5): 685-688.

(上接第 33 页)

果证实了降低进入 DCF 的入射光功率有利于降低光纤链路非线性的积累,从而提高光纤传输系统的传输性能。在中置方案中,虽然 MODB 光信号调制和 DPSK 光信号调制下系统的 Q 值优于 DQPSK 光信号调制系统,但是 DQPSK 光信号调制光纤通信系统具有更好的 OSNR,这有利于光纤通信系统传输距离的增加和光纤通信网络建设成本的降低。

进一步对 40 Gbit/s、基于 DQPSK 调制技术的光纤通信系统进行 1 080 km 超长距离传输,得到 $BER = 7 \times 10^{-6}$, $OSNR = 22.26$ dB。图 7 所示为系统 Q 值和 OSNR 随入射功率的变化曲线。由图可知,虽然增大入射光功率有利于提高系统的 OSNR,但是较高的输入功率会使光纤链路中积累的非线性增强,从而降低了系统的 Q 值,增大了 BER。

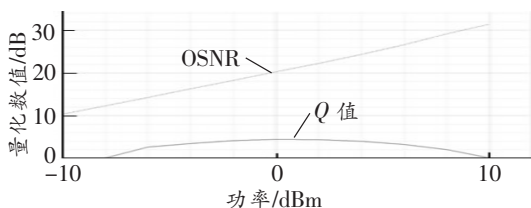


图 7 量化数值(Q 值和 OSNR)随入射功率的变化曲线

用。本文通过对色散管理技术中的光放大器放置方案的进一步讨论,最终得出中置方案的色散管理光纤链路抵御长距离光纤通信系统中的非线性的能力更强,并使系统具有更好的 Q 值和 OSNR,更低的 BER 的结论。这对增加光纤通信系统链路的长度具有积极的指导意义,而且该研究结果可以为实际光纤传输网络的设计和建设提供有益的参考。

参考文献:

[1] 袁伟,王晓媛,武清华. 40 Gbit/s WDM 系统在长途骨干网中的应用 [J]. 光通信研究,2012, (5):14-16.

[2] Luo Z C, Luo A P, Xu W C, et al, Tunable multi-wavelength passively mode-locked fiber ring laser using intracavity birefringence-induced comb filter [J]. IEEE Photonics Journal, 2010, 2(4):571-577.

[3] 董毅,倪延辉,洪华,等. PSNRZ 码在高速光纤通信中的应用研究 [J]. 光通信研究,2011, (4):14-16.

[4] Asobe M, Kanamori T, Kubodera K. Applications of highly nonlinear chalcogenide glass fibers in ultrafast all-optical switches [J]. IEEE J Quantum Electron, 1993, 29(8):2325-2333.

[5] 王会议,陈海嫦. 40 Gb/s 长距离光纤传输系统的残余色散影响研究 [J]. 光通信技术,2012, (11):53-55.

3 结束语

色散管理技术已在实际光纤传输系统中广泛应

40 Gbit/s光纤通信系统的光放和色散管理研究

作者: [王会义](#), [曹炼铿](#), [刘东文](#), [Wang Huiyi](#), [Cao Liankeng](#), [Liu Dongwen](#)

作者单位: [广东省电信规划设计院有限公司](#) [电信咨询设计院](#), 广东 广州, 510630

刊名: [光通信研究](#)

PKU

英文刊名: [Study on Optical Communications](#)

年, 卷(期): 2014(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gtxyj201401010.aspx