

高速光纤通信系统中级联光放的研究

刘东文,王会义,谢桂月

(广东省电信规划设计院有限公司,广州 510630)

摘要:通过对高速光纤通信系统中两个光放大器级联产生的非线性效应影响的研究,优化了光纤通信系统中的二级级联放大器的设计,使得高速光纤通信系统的 Q 值提高 3.3, OSNR 提高 1.2dB,进而增加了系统的传输距离和稳定性,并对实际工程建设具有一定的参考价值。

关键词:光放大;光纤非线性; Q 值

中图分类号: TN24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-5561(2013)05-0007-03

Researching optimal OA cascades in high speed fiber communication system

LIU Dong-wen, WANG Hui-yi, XIE Gui-yue

(Guangdong Planning and Designing Institute of Telecommunications CO., LTD., Guangzhou 510630, China)

Abstract: Based on the research of nonlinear effect formed by double optical amplifiers, the design of secondary OA cascaded is optimized in the high speed fiber communication system, which the system parameters of the Q value and the OSNR are respectively increased 3.3 and 1.2dB. What's more, the transmitting distance and the system stability are enhanced. It has good reference value to engineering construction.

Key words: optical-amplifier; fiber nonlinear; Q factor

0 引言

2002 年, 中国电信建设了第一个 10Gb/s 波分复用(Wavelength Division Multiplex, WDM)环网系统, 而后, 又从 10Gb/s 密集波分复用(Dense Wavelength Division Multiplex, DWDM)系统提升至 40Gb/s DWDM 系统。2012 年, 国内外通信设备商华为、烽火、中兴和阿朗等开始推出 100Gb/s DWDM 系统。可见底层的光纤传输网络的传输速率和容量正在迅速地提高和增大。先进的光调制技术和检测技术保证了光信号可以在光纤链路中顺利传输, 同时也对光纤传输网中负责信息传递的 DWDM 系统提出了新的要求。由于传输距离和速率的提升, 要求在高速光纤通信系统中建设的光放(Optical Amplifier, OA)数量不断增加, 以保障光信号可以顺利到达接收端。然而, 现网中部分 DWDM 系统采用的是基于色散管理的二级级联光放的方法, 不仅增加了系统的自发辐射噪声, 而且伴随着先进调制

技术的发展, 光信号在传输时受到光纤非线性的影响更加显著^[1]。针对该问题, 本文对高速光纤通信系统中的级联 OA 进行了研究, 并对级联 OA 采用了一种简单的前置方案优化设计, 使得光纤传输系统的 Q 值提高 3.3, 光信噪比(Optical Signal Noise Ratio, OSNR)提高 1.2dB。

1 系统构建和设计方案

典型的光纤通信系统简图如图 1 所示。光纤通信系统包含三部分: 光纤通信系统发射装置、光纤通信系统链路装置和光纤通信系统接收装置。图 1 中, 二级级联 OA 分别由前置放大器(PA)和线路放大器(LA)构成, 对应增益分别为 5dBm 和 10dBm, 自发辐射噪声为 6dBm。光纤参数如表 1 所示。从表 1 可以看出, SMF 和 DCF 具有不同的色散和色散斜率, DCF 的有效截面积较小, 对应的光纤损耗值也相对较大, 且 DCF 对应较小的有效截面积更容易产生非线性效应^[2]。图 2 为考虑实际工程后, 给出的两种简化后的二级级联放大设计方案。图 2 中, 方案一采用了 PA 先补偿部分由

收稿日期: 2013-01-17。

作者简介: 刘东文(1975-), 男, 本科, 主要从事光纤传输网规划设计及通信工程规划设计的管理工作。

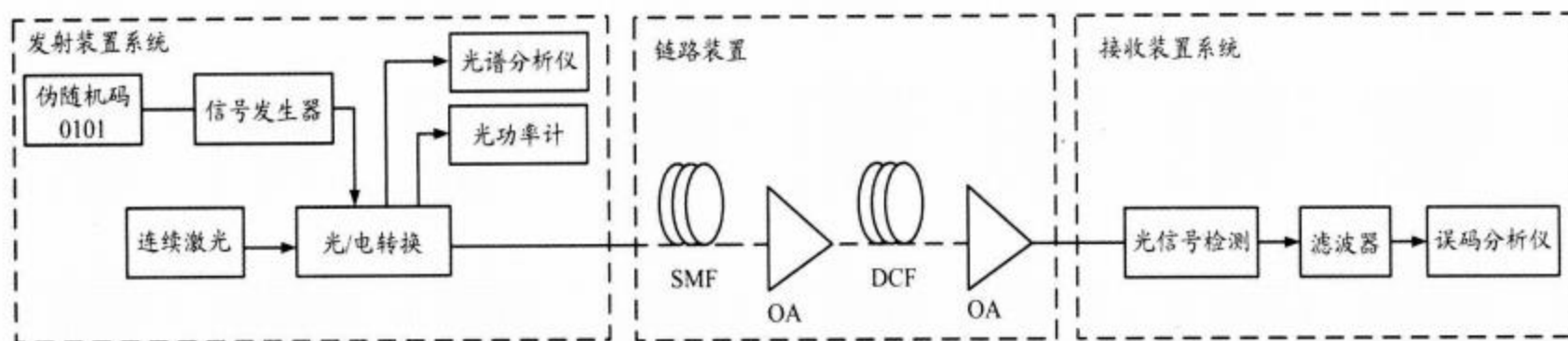


图1 光纤通信系统简图

表1 SMF 和 DCF 参数设置

参数	SMF	DCF
色散($\text{ps} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$)	17	-85
色散斜率($\text{ps} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{nm}^{-2}$)	0.075	-0.3
有效截面积(μm^2)	80	22
光纤损耗($\text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$)	0.2	0.5

SMF 产生的衰减,然后光信号经 DCF 进入 LA;方案二采用了 LA 先补偿 SMF 产生的衰减,然后光信号经 DCF 进入 PA。

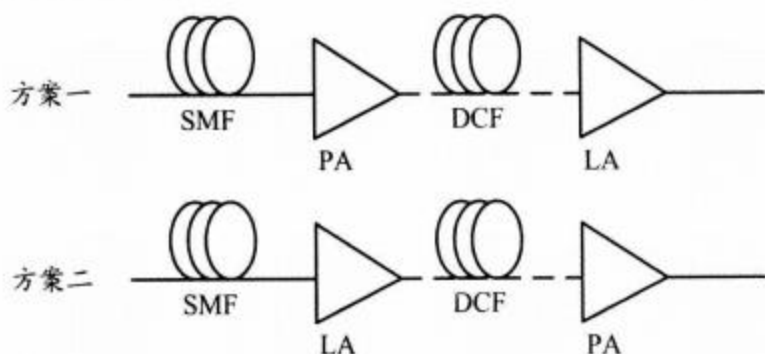
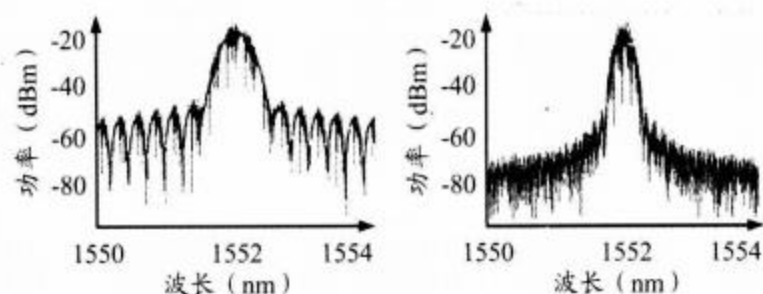


图2 二级级联光放设计方案

2 结果和讨论

光纤通信系统构建时考虑了光纤链路的残余色散^[2],以便更接近实际光纤传输系统。目前,高速光纤通信系统的调制技术有多种,本文对 40Gb/s 系统中两种常用的光信号调制技术进行了讨论,即差分相移键控(differential phase shift keying, DPSK)光信号调制技术和差分四相相移键控(differential quadrature phase shift keying, DQPSK)光信号调制技术。图3为两种调制技术对应的光信号光谱图,中心频率均为 193.1THz,输出功率为 0dBm。从图3可以看出,这两种光信号光谱宽度比基于强度接受的光纤通信系统具有更窄的频谱宽度,能更好地抵御光纤色散和非线性效应。

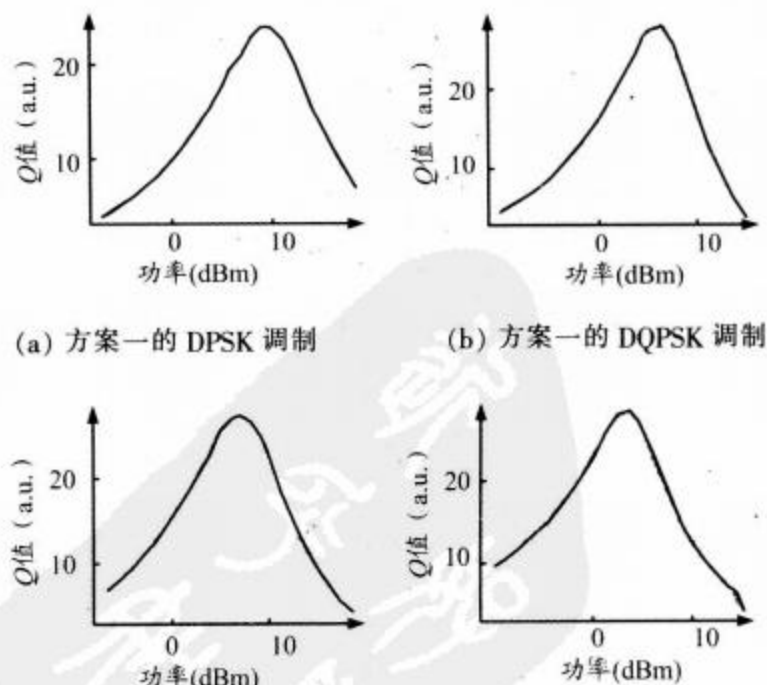
根据图1、表1和图2所示的光纤通信系统简图、光纤链路参数配置和二级级联放大的链路方案,搭建



(a) DPSK 调制光信号光谱 (b) DQPSK 调制光信号光谱

图3 光信号光谱图

系统仿真模型。系统仿真模型中,SMF 长度为 50km, DCF 长度为 10km,BA 和 LA 增益分别为 5dBm 和 10dBm,噪声系数为 6dBm,采用等间隔放大方式连接系统链路,系统链路长度为 300km。实验分别配置了图2所示的两种二级级联 OA 的设计方案,得出系统 Q 值随入射功率的变化曲线,其曲线图如图4所示。从图4可以看出,在相同入射功率条件下方案一比方案二具有更好的 Q 值,更能抵御光纤通信系统产生的非线性干扰。对比图4(b)和图4(d),Q 值的最大差值为 3.3,从而可以得出,方案一通过降低从 SMF 进入 DCF 的光功率,有效增强光纤通信系统对于积累的非线性效应的抵御能力,提高光纤通信系统传输光信号的稳定性^[4]。



(a) 方案一的 DPSK 调制 (b) 方案一的 DQPSK 调制 (c) 方案二的 DPSK 调制 (d) 方案二的 DQPSK 调制

图4 Q 值随入射功率的变化曲线

实验进一步研究了方案一和方案二在光纤通信系统中 OSNR 的变化情况,其 Q 值随 OSNR 的变化曲线如图 5 所示。从图 5 可以看出,由于方案一降低了光信号产生的非线性干扰,所以在相同的光放噪声系数下,方案一具有更好的 OSNR,其 OSNR 大约增加了 1.2dB。这也进一步说明了方案一比方案二具有更好的光信号透过性,能使光信号传输更远的距离。该设计方案对实际的波分工程具有一定的指导意义。

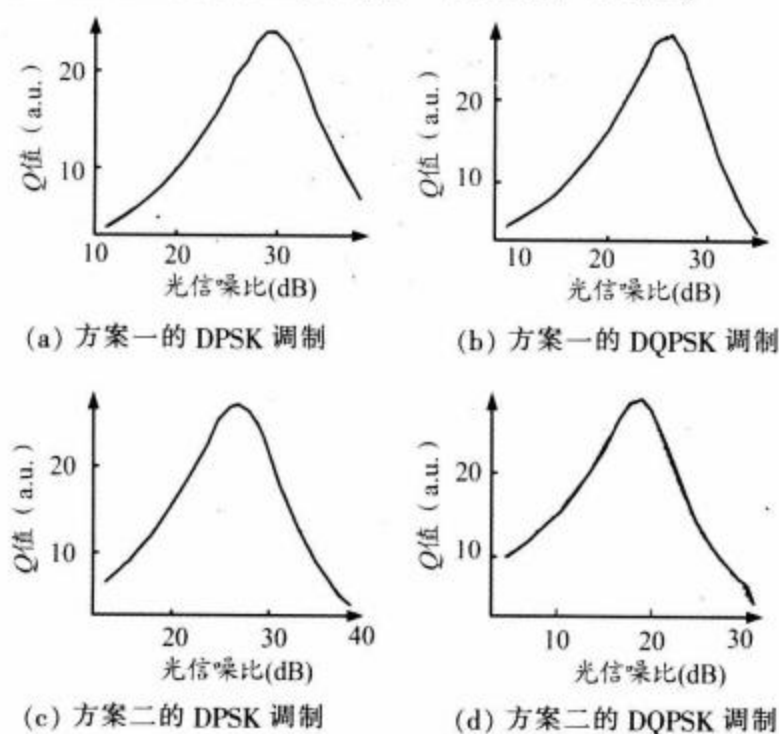


图 5 Q 值随 OSNR(dB) 的变化曲线

3 结束语

多级联光放已在实际 DWDM 系统中广泛应用,本文通过对二级级联光放进行优化设计,使得光纤通信系统的 Q 值提高 3.3、OSNR 增加 1.2dB,从而增强了光纤通信系统抵御光纤非线性的能力和光信号穿透能力,有利于系统传输距离的增加,改善了由于 OSNR 的限制造成的建设成本上升。因此,对于实际光纤传输工程建设,采用级联方案一的优化设计更有利于提高系统的安全性、稳定性和抗干扰能力。

参考文献:

- [1] QI Juan, ZHAO Yu, XIE Changsong, et al. On the mitigation of the Differential Decoding Penalty in 100G PDM-QPSK Digital Coherent Receivers for multirate WDM Transmission [J]. IEEE Photonics Journal, 2012, 24(6): 428-430.
- [2] WANG Hui-yi, XU Wen-cheng, LUO Ai-ping, et al. Controllable dissipative soliton and Q-switched pulse emission in a normal dispersion fiber ring laser using SESAM and cavity loss tuning mechanism [J]. Opt. Commun., 2012, 285(7): 1905-1907.
- [3] 王会义, 陈海娣. 40Gb/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, 36 (11): 53-55.
- [4] 殷爱蕊, 焦曰里, 陈燕燕. 40Gb/s 光 DQPSK 传输系统性能分析 [J]. 光通信技术, 2010, 34(1): 46-49.

参考文献著录规则(二)——期刊、论文集、专利文献、学位论文的著录格式

◆期刊的著录格式:

[序号] 著者. 题名[J]. 刊名, 出版年份, 卷(期): 起-止页码.

[1] 蒋超, 张沛, 张永军, 等. 基于 SRLG 不相关的共享通路保护算法[J]. 光通信技术, 2007, 31(7): 4-6.

[2] DIANOV E M, BUFETOV I A, BUBNOV M M, et al. Three-cascaded 1407nm Raman laser based on phosphorus-doped silica fiber[J]. OPTICS LETTERS, 2000, 26(6): 402-404.

◆期刊(无卷)的著录格式:

[序号] 著者. 题名[J]. 刊名, 出版年份(期): 起-止页码.

[1] 周可, 冯丹, 王芳, 等. 网络磁盘阵列流水调度研究[J]. 计算机学报, 2005(3): 319-325.

◆论文集的著录格式:

[序号] 著者. 题名[C]//著者. 专题名: 其他题名. 出版地: 出版者, 出版年: 起-止页码.

[1] 白书龙. 植物开花研究[C]//李承森. 植物科学进展. 北京: 高等教育出版社, 1998: 146-163.

◆专利文献著录格式:

[序号] 专利申请者或所有者. 专利名称: 专利国别, 专利号[文献类型标志]. 公告日期或公开日期[引用日期]. 获取和访问路径.

◆学位论文著录格式

[序号] 作者. 题名[文献类型标志]. 保存地: 保存者, 年份.

[1] 李洁. 促进我国国家创新系统中知识流动的政策分析[D]. 北京: 中国科学院文献情报中心, 2004.