

两种OCDMA系统中OMAI的研究*

李月卉** 邱 昆

(电子科技大学 宽带光纤传输与通信系统技术国家重点实验室 成都 610054)

【摘要】光多址干扰是影响时域振幅编码和跳频扩时OCDMA系统误码率和用户数的主要原因。该文分别在时域振幅编码和跳频扩时两种OCDMA系统中对光多址干扰问题进行研究,提出通过改良码系采用色散管理的技术、选用适当的线路码及合理使用光限幅器等方法来减小光多址干扰。

关键词 光码分复用; 时域振幅编码; 跳频扩时; 光多址干扰

中图分类号 TN929.11 文献标识码 A

Study of OMAI in Time-Amplitude Encoding and Frequency-Hopping/Time-Spreading OCDM System

Li Yuehui Qiu Kun

(State Key Laboratory of Broadband Optical Fiber Transmission and Communication Networks, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract In time-amplitude encoding and frequency hopping/time-spreading OCDM system, OMAI is the main factory witch affecting the BER and number of users. This paper is about how to decrease OMAI in these two system with technologies of improving code series, managing Dispersion, selecting line-code and proper using hard-limiter.

Key words optical code division multiple-access; time-amplitude encoding; frequency hopping/time-spreading; optical multiple-access interference

作为实现全光网络的方案之一,光码分复用(optical code division multiple-access, OCDMA)系统正日益引起人们的关注。与电CDMA系统相比,光码的单极性决定了光CDMA系统对于码系的要求远比相应的电域更加苛刻。光多址干扰(optical multiple access interference, OMAI)是OCDMA系统的主要干扰源,对采用强度调制/直接检测(IM/DD)的OCDMA系统而言,由于发往不同地址(用户)的信号重叠在同一波长和时间段上传输,当所采用的码系不完全满足正交条件时,必然存在发往不同用户的光信号之间的相互干扰,即光多址干扰(optical multiple access interference, OMAI)。因此,OCDMA系统是一种干扰受限系统,当同时接入的用户数较多,超过一定阈值时,系统性能下降,误码率增大。此外,考虑到系统实际情况,光源和光纤信道中的色散和非线性效应引起的多址干扰不容忽略。本文针对时域振幅和跳频扩时OCDMA系统,从码型设计、色散控制、提高接收技术等方面来寻求减小光多址干扰的方法。最后,根据Shannon公式在光域的拓展提出如能通过其他复用手段,突破光域编码的单极性,从而间接利用电领域的成熟优良码系的编码方案,将是一种实用高效的解决光多址干扰的办法。

1 时域振幅OCDMA系统中多址干扰问题的研究

1.1 地址码的设计

以开关键控光纤码分复用网络系统为例,假设所采用的码系满足以下相关关系。

2002年11月26日收稿

* 国家863计划项目,编号:2001AA122071

** 女 27岁 硕士生 主要从事光码分多址技术方面的研究

$$\mathbf{q}_{xx}(t) = \sum_{i=0}^{l-1} x_i \cdot x_i^* t = \begin{cases} \mathbf{w} & t=0 \\ \mathbf{I}_a & 1 \leq t \leq l-1 \end{cases}$$

$$\mathbf{q}_{xy}(t) = \sum_{i=0}^{l-1} x_i \cdot y_i^* t = \begin{cases} \mathbf{I}_c & 0 \leq t \leq l-1 \end{cases}$$

式中 x, y 为码序列中任意两个码字; l 为码长; \mathbf{w} 为码重, 下标 i, j 则表示时间位移; t 为任意整数。对于理想的地址码, 自相关 \mathbf{I}_a 为 1, 互相关 \mathbf{I}_c 为 0。当互相关不为 0 时, 将会引起光多址干扰。在没考虑色散和非线性效应时, 地址码的选取侧重于高编码效率、大容量、自相关和互相关性能好, 光正交码(OOC's)就是在这种前提下提出并广泛使用的地址码之一。光正交码(n, \mathbf{w}, l)是一组(0, 1)序列, 其码长为 n , 码重为 \mathbf{w} , 互相关 $\mathbf{I}_c=0$ 和自相关 $\mathbf{I}_a=1$, 被认为在非相干光处理中具有最小的相关值。在此基础上产生了严格光正交码(SOOC's)^[1], 通过对 OOC's 加以限制, 以严格保证 $\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_c = 1$ 的关系在完全异步通信和超快交换过程中仍然成立。考虑到色散和非线性效应后, 在能够承载相同用户数时, 应尽量选取同一地址码组中具有相对较小码重的地址码。在地址码的设计中, 不仅要自相关和互相关性能好, 还要考虑与光解码器输出自相关峰值位置相邻码片处的峰值也要尽量小, 因此这对地址码的设计提出了更高的要求。

1.2 采用色散管理技术

二阶色散导致的光脉冲展宽是时域振幅编码 OCDMA 系统性能下降的主要原因。与采用普通单模光纤相比, 采用色散位移光纤时系统光脉冲展宽减小, 相邻码片间相互作用也减小, 系统误码率性能提高, 接近于理想情况。除直接在网络中采用色散位移光纤外, 普通单模光纤搭配色散补偿光纤也是消除色散影响的方法之一。在所报道的 OCDMA 实验中^[2,3], 色散位移光纤或者单模光纤搭配色散补偿光纤的方案是提高系统性能的常用方法。

1.3 线路码型设计

可以采用归零码(RZ)来减小相邻脉冲之间的互相作用。在相同传信率条件下, 采用 RZ 意味着需要更窄的光脉冲, 在普通单模光纤中将会导致更严重的色散现象。如果在不改变脉冲宽度的情况下使用 RZ, 将意味着系统传信率下降。因此, 这是一个需要折衷考虑的方案。还可象其他光通信系统克服色散那样^[4], 设计针对 OCDMA 系统的线路码来克服脉冲展宽。

1.4 改善接收机的检测技术

在 OCDMA 系统中, 光限幅器的作用主要是用来减小光多址干扰, 把超过限幅器阈值的光脉冲能量消去, 从而消除大部分多用户干扰信号, 由色散导致的相邻光脉冲的影响也会部分消除, 系统性能得到提高。还可重新设计光限幅器, 使其不仅是一个阈值器件, 还是一个再生、再整形器件, 这意味着限幅器具有色散补偿功能。

2 跳频扩时 OCDMA 系统中多址干扰问题的研究

2.1 码型设计

跳频扩时 OCDMA 系统方案所构造的二维跳频扩时码组在时间和波长上选择各自的伪随机地址码, 通过两者适当组合, 达到码组优化, 使组合后的跳频扩时码保留了原有码组的优点。为克服一维码组稀疏的缺点, 在时间上对伪随机地址码的选择应尽量选取码长和码重之比较小的地址码。因此, 与其他地址码相比, 本文采用易于生成的素数码, 使每个素数码可以分割为 p 个等长度子序列, 每个子序列中仅包含一个脉冲来扩展, 扩展后的素数码码长与码重之比为素数 p , 但扩展后的素数码不能应用于异步 OCDMA 系统, 而是通过在波长码组的选择上来克服。在波长码组的选择上, 应选取同一码字中没有相同波长的码组, 使互相关峰值尽量小。与时域振幅编码 OCDMA 系统相比, 跳频扩时系统最大的特点在于同一个用户分配了不同波长资源而不是一个用户占用一个波长或波段。在实际应用中, 近年来基于光纤光栅编解码器的跳频扩时系统实验研究受到了较多的关注, 尽管还需实践的进一步验证和发展, 但广阔的应用前景和技术进步已经明确了 OCDMA 系统的这一发展方向。

2.2 对群速度失配的补偿措施

目前在光的波分复用系统、时分复用系统中, 主要考虑二阶以上色散对系统的影响, 而忽略一阶色散

即群速度失配的影响,但在跳频扩时OCDMA系统中必须首先考虑群速度失配问题,对群速度失配进行补偿采用的两种方法:1)采用色散位移光纤;2)对于采用普通单模光纤的系统,可以在接收端通过动态调整多波长光纤光栅中各子光栅的间距来实现,这可由光栅上附加可调谐装置来调整,3)在接收端解码器采用AWG输入光信号与输出光信号,对群速度失配的补偿如图1所示。从图中可看出不同波长的光脉冲经第一个AWG,在空间位置上分开,通过不同长度的光纤延迟线补偿由群速度失配造成的光脉冲之间的位置偏移,光纤延迟线的长短由不同波长光脉冲的群速度决定。同时光纤的长度需要根据所采用的码字来决定。这样,经过补偿后的光脉冲经过第二个AWG后,在空间位置上合路,由第二个AWG的输出端口输出自相关光信号。

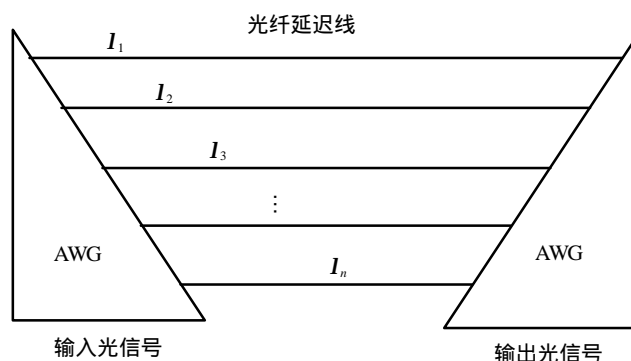


图1 群速度失配的补偿措施图

2.3 采用光限幅器减少多用户干扰

同时域振幅编码OCDMA系统一样,跳频扩时OCDMA系统也可采用光限幅器来尽量降低多用户干扰,尤其是在收、发端均采用光限幅器时,系统误码性能有较大提高。

3 结束语

综上所述,考虑OCDMA系统性能时,除从编码角度考虑码组的选取外,还应考虑实际应用中的色散和非线性效应带来的影响,根据不同的编码体系,采取适当的管理技术的处理方法减小多址干扰。另外,通过其他复用手段,突破光域编码的单极性,间接利用电领域的成熟优良码系的编码方案,将是实用高效的解决光多址干扰的方法之一。

参 考 文 献

- [1] Zhangjian Guo. Design of a special family of optical CDMA address code for full asynchronous data communication[J]. IEEE Transaction on communication, 1999, 47(7): 967-973
- [2] Sotobayashi H, Kitayama K. 1.24 Gb/s, 40 km optical code division multiplexing transmission by using spectral bipolar coding of broadband incoherent light[C]. OFC' 99, WE7, San Diego, 1999
- [3] Chang C C, Sardesai H P, Weiner A M. Code-division multiple-access encoding and decoding of femtosecond optical pulses over a 2.5-km Fiber Link[J]. IEEE Photonics Tech. Lett, 1998, 10(1): 171~174
- [4] Enrico Forestieri, Giancarlo P. Novel optical line codes tolerant to fiber chromatic dispersion[J]. J. Lightwave Tech, 2000, 19(11): 1 675-1 684

编 辑 刘文珍