

跳频扩时光码分多址系统误码率上限的研究

陈 允, 邱 昆, 张崇富

(电子科技大学 宽带光纤传输与通信网技术教育部重点实验室 成都 610054)

【摘要】在对跳频扩时光码分多址系统是否使用光学硬限幅器的误码率上限进行理论分析的基础上,通过仿真给出了误码率随影响系统性能的各个参数以及有无光学硬限幅器时的变化曲线,并给出了相应的分析,得到了结果:减少码片之间的碰撞概率以及使用光学硬限幅器能有效地改善系统的性能。

关键词 光码分多址; 光学硬限幅器; 跳频扩时码; 误码率上限

中图分类号 TN914.53 文献标识码 A

Investigation of Upper-Bounds on BER of OCDMA Systems Using Time Spreading/Wavelength Hopping Codes

Chen Yun, Qiu Kun, Zhang Chongfu

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

Abstract The upper-bounds on BER of OCDMA systems using the time spreading/wavelength hopping codes is investigated with or without using the optical hard limiter. The thorough investigation and analysis on the performances of the systems is performed by simulation and it gets some valuable results. Reducing hit probability between codes and using optical hard limiter can effectively improve the performances of the system.

Key words OCDMA; optical hard limiter; time spreading/wavelength hopping codes; upper-bound on BER

光码分多址(Optical Code-Division Multiple Access, OCDMA)是将码分多址和光纤通信相结合的一种通信技术,它允许用户随机、异步地高速接入网络,网络设计灵活,具有很强的技术优势和广阔的应用前景。跳频扩时(Time Spreading/Wavelength Hopping, TS-WH)码是一种二维OCDMA码集,其每个地址码序列不仅在时域上扩展,同时还在波长域上扩展,有效地克服了一维码集码字长度较长、用户数少的缺点,且跳频扩时系统的实现比一维系统简单,是目前最有可能实现的OCDMA系统之一。到目前为止,对TS-WH码字的研究大都是在可用波长数等于码长或码重等特定情况下进行的,没有对跳频扩时码的误码率进行研究。

本文基于文献[1]的理论模型基础,对TS-WH码是否使用了光学硬限幅器的误码率上限进行分析。

1 理论分析

假定地址码的自相关旁瓣值为1,码字间的互相关不超过 $2^{[1]}$ 。在基于光纤信道的OCDMA系统中主要的干扰来自多用户干扰(Multi-user Access Interference, MAI),而其他噪声对系统的影响很小;对于OCDMA系统,码片异步系统的误码率性能优于码片同步系统,当假定码片同步时可得到系统的误码率上限^[2]。所以本

收稿日期:2004-05-08

基金项目:国家863计划资助项目(2001AA122071)

作者简介:陈允(1980-),男,硕士生,主要从事光纤通信、光码分多址技术方面的研究。

文在分析中只考虑多用户干扰对系统的影响,并假定系统是码片同步的。这样不仅能简化计算,而且能得到系统的误码率上限值。

对TS-WH码,只有当两个码片脉冲在时间上碰撞而且它们都使用同一个波长时,才出现干扰。所以一个地址码的码片上受到另一个地址码的码片碰撞的概率为 K^2/FL (其中包括了碰撞两次的概率), K 和 F 分别表示地址码的码重和码长, L 为可用的跳频波长数。假定用户发送(0,1)数据的概率都为1/2,则可以得到碰撞所产生的干扰强度 I_{cs} 的概率密度函数为:

$$P_{I_{cs}}(I_{cs}) = p_0 \mathbf{d}(I_{cs}) + p_1 \mathbf{d}(I_{cs} - 1) + p_2 \mathbf{d}(I_{cs} - 2) = \\ (1 - \frac{K^2}{2FL}) \mathbf{d}(I_{cs}) + [\frac{K^2}{2FL} - \frac{K^2(K-1)^2}{8F^2L^2}] \mathbf{d}(I_{cs} - 1) + [\frac{K^2(K-1)^2}{8F^2L^2}] \mathbf{d}(I_{cs} - 2) \quad (1)$$

式中 p_0 、 p_1 和 p_2 分别为没有发生碰撞、只发生一次碰撞和发生两次碰撞的概率。

当网络中有 N 个同时接入的用户数时,在接收端 i 所受到的干扰 I_i 是来自于其他 $N-1$ 个用户干扰的叠加,所以产生干扰强度 $I_i=n$ 的方式有 $\sum_{i=0}^{[n/2]} C_{N-1}^{n-i} C_{n-i}^{2i}$ 种, $[\cdot]$ 表示不超过 $n/2$ 的最大整数。当干扰强度大于门限值时就会出现误码,所以得到系统的误码率上限值为:

$$BER = \frac{1}{2} \sum_{n=Th}^{(N-1)} \sum_{i=0}^{[n/2]} \frac{(N-1)!}{(n-2i)! i!(N-1-n+i)!} P_2^i P_1^{n-2i} P_0^{N-1-n+i} + \\ \frac{1}{2} \sum_{n=N}^{2(N-1)} \sum_{i=n-N+1}^{n/2} \frac{(N-1)!}{(n-2i)! i!(N-1-n+i)!} P_2^i P_1^{n-2i} P_0^{N-1-n+i} \quad (2)$$

光学硬限幅器(Optical Hard Limiter, OHL)是一种有效减少信道干扰的非线性元件^[2],当在OCDMA系统的接收端的光学相关器前使用一个OHL时,只有当产生碰撞的码片数超过门限值时才出现干扰。与文献[1, 2]的分析方法相同,可得到使用OHL的误码率上限值为:

$$BER = \frac{1}{2} \frac{K!}{(K-Th)! Th!} \prod_{m=0}^{Th-1} (1 - q^{(N-1-m/2)}) \quad (3)$$

式中 $q = 1 - \frac{K}{2FL}$ 。

对一维光正交码,由文献[2]可得到系统分别在没有使用和使用了OHL的误码率上限值为:

$$BER = \frac{1}{2} \sum_{i=Th}^{N-1} C_{N-1}^i (\frac{K}{2F})^i (1 - \frac{K}{2F})^{N-1-i} \quad (4)$$

2 仿真结果与分析

分别对式(2)~(4)进行了仿真,仿真结果如图1~5所示(仿真参数已标识在图中)。

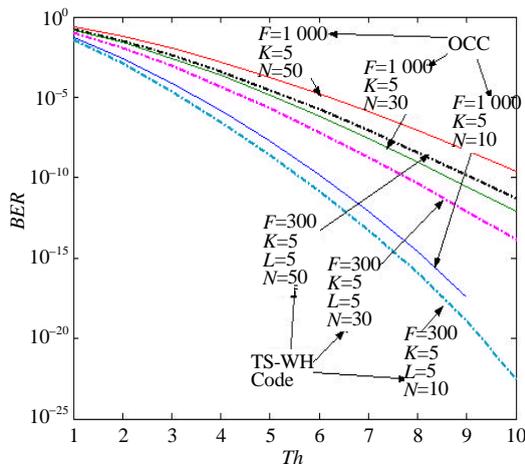


图1 TS-WH码与OCC在不同接入用户数的误码率

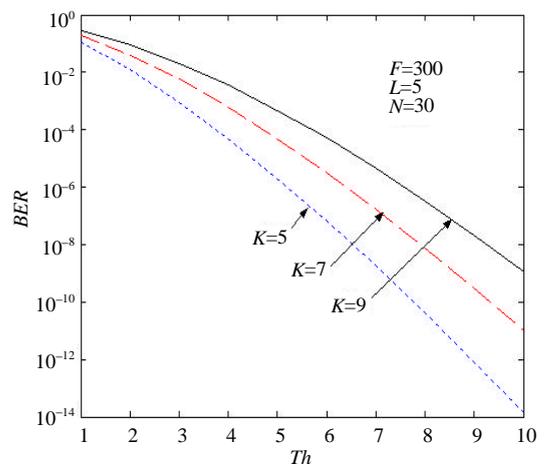


图2 TS-WH码在不同码重值的误码率

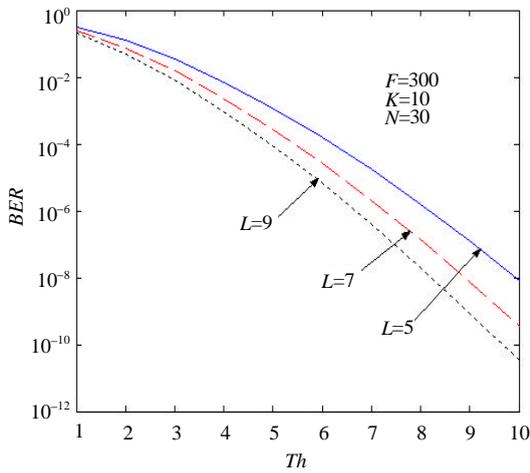


图3 TS-WH码在不同跳频波长数的误码率

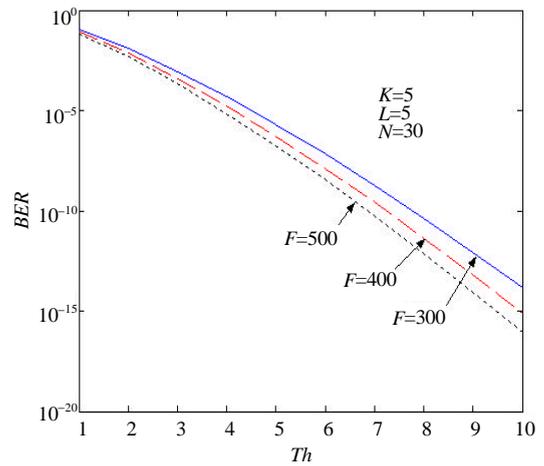


图4 TS-WH码不同码长值的误码率

对仿真图形进行分析可得到如下的结论：1) 在图1可以看到，在相同码重和接入用户数的情况下，TS-WH码不仅误码率性能比一维OOC码的性能有所提高，而且码长大大减少。这样便能在保证系统总体性能不变的同时，减少了对编解码器的要求，使系统更易于实现。2) 由图1可以看到，在其他条件不变的情况下，随着接入用户数 N 的增加，系统的误码率性能不断恶化。3) 由图2~4可以看到，在其他条件不变的情况下，随着码重 K 的增加、跳频波长数 L 的减少或码长的减少，系统的误码率性能不断恶化。这是因为随着码重 K 的增加、跳频波长数 L 的减少或码长 F 的减少，码片之间的碰撞概率 K^2 / FL 也随之增大，从而导致性能的恶化。4) 由图5可看到，在其他条件不变的情况下，使用OHL能有效地改善系统的性能，这是由于使用了OHL后，能压制造成系统误码的一些模式^[3]，从而达到改善系统性能的目的。5) 从图1~5可以看到，在其他条件不变的情况下，随着门限值 Th 的增加，系统的误码率性能不断得到改善。

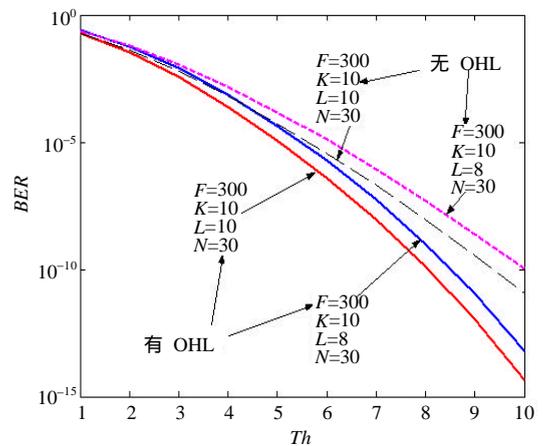


图5 TS-WH 码有无 OHL 时的误码率

3 结 论

通过对跳频扩时OCDMA系统的性能分析和参数仿真可以看出该系统有效克服了一维系统码字长度较长、用户数少、对编解码要求较高的缺点，跳频扩时OCDMA系统是一种很有发展前景的OCDMA系统。

参 考 文 献

[1] Scong-Sik M, Yong-hyub W. Upper-bounds on bit error rate of OCDMA systems using the time spreading/wavelength hopping codes[C]. LEOS 2000 13th Annual Meeting. IEEE, 2000. 2 : 814-815
 [2] Salehi J A. Code division multiple-access techniques in optical fiber networks-part II: systems performance analysis[J]. IEEE Trans Commun, 1989, 37(8): 834-842
 [3] Salehi J A. Code division multiple-access techniques in optical fiber networks-part I: fundamental principles[J]. IEEE Trans Commun, 1989, 37(8): 824-833

编辑 漆 蓉