

基于 OCDMA 环形全光网络的自干扰抑制研究

吴英丽¹, 陈胜权^{1,2}, 刘旭明^{1,2}

(1. 桂林航天工业高等专科学校, 广西 桂林 541004; 2. 桂林电子科技大学 计算机系, 广西 桂林 541004)

摘要: 文章提出了一种新的基于环形拓扑结构的光码分多址(OCDMA)接入网络, 对网络的模型、性能进行了分析。设计了一种基于周期性频域编码技术的环形网络的自干扰抑制方案, 并对该方案进行了分析和讨论。试验证明: 该网络允许所有用户同时通信, 并且能提高网络的灵活性和效率。

关键词: 光码分多址; 全光网络; 自干扰

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8788(2008)02-0021-03

Study on the self-interference suppression of OCDMA-based all optical ring network

Wu Yingli¹, Chen Shengquan^{1,2}, Liu Xuming^{1,2}

(1. Guilin College of Aerospace Technology, Guilin 541004 China;

2. Department of Computer Science, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: A novel ring topology-based optical CDMA access network is proposed and its model and performances analyzed. A self-interference suppression scheme based on the cyclical frequency domain coding technology is designed for the ring network, which is analyzed and discussed. The tests prove that the network allows all users to communicate simultaneously and the network efficiency and flexibility are improved.

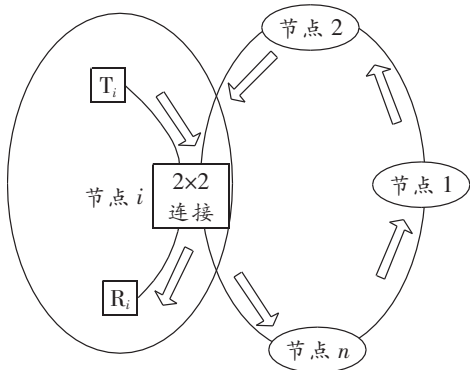
Key words: OCDMA; all-optical network; self-interference

光码分复用(OCDM)技术作为一种全新的光通信复用技术, 有其独特的优势, 它可以更加有效地利用光纤的巨大带宽资源, 不需要全网的时钟同步, 也可以实现灵活的用户接入, 并且使灵活的光交换成为可能。目前, 对光码分多址(OCDMA)的研究大多关注的是星形网络, 鲜见讨论环状 OCDMA 网络的报道。然而, 星形拓扑在通信时非常受限制, 比如要想所有的用户同时通信就很困难。在星形 OCDMA 系统中, 多址干扰(MAI)是影响网络性能的主要因素。在环状网中, 除了多址干扰, 自干扰也是影响网络性能的重要因素。因此, 在分析网络容量时, 多址干扰和自干扰都要考虑。本文重点研究环状网中存在的自干扰问题, 提出网络性能的优化方案, 并设计了一种基于频谱分割的 OCDMA 系统的自干扰抑制方案。

1 网络模型

环状拓扑的 OCDMA 局域网模型如图 1 所示。环中包含了 n 个节点, 每个节点都由带有编码器的发射器、带有解码器的接收器和一个 2×2 的耦合器组成。第 i 个节点(用户)发出的信号经由 2×2 耦合器进入环后, 可以被环中的其他所有用户接收。由图 1 可知, 第 i 个用户发出的信号也能进入该用户自己

的接收器, 但由于地址不匹配, 所以发出的信号不会产生严重的干扰。如果第 $(i-1)$ 个节点发出的光信号进入第 i 个节点的耦合器, 这个信号会被分为两部分: 一部分沿着光纤环继续传输, 另一部分则进入到第 i 个节点的接收器。如果地址匹配, 这个接收器就能正确地将该部分信号解码, 否则, 这部分信号



T_i : 节点 i 发射机 R_i : 节点 i 接收机

图 1 环状拓扑的 OCDMA 局域网模型

对所需的信号来说就是多址干扰。另一方面, 第 i 个节点已经接收到了正确的信号以后, 余下的信号在环中继续存在, 经过一周的传输后能再次进入节点 i , 这就是自干扰。这种网络是鲁棒的并且灵活的, 当某些用户失效时, 所有的其他节点仍能继续工作, 而且所有的用户都能与其他用户通信, 且加入或删除一个或多个节点非常容易。

2 网络分析

耦合率是影响网络性能的相关因子。假设耦合器的耦合率为 0.5,则光信号每经过一个耦合器,其功率将衰减 3 dB。如果第 n 个接收器收到了第 1 个节点发出的信号,其功率将为节点 1 功率的 $1/(2^n - 1)$ 。另一方面,当第 j 个用户发出的信号到达第 i 个节点时,部分光信号经过耦合器进入节点 i 的接收器,余下的信号将在环上继续传输,最后又有部分光信号回到第 i 个节点的接收器并成为自干扰。本文基于图 1 所示的网络进行分析。

假设网络中共有 $k(k \leq 5)$ 个节点,则第 i 个节点接收到的信号功率为 $s_i = a_j f(d_i)$,式中, a_j 为节点 j 发出的功率; d_i 为节点 j 和节点 i 的距离。自干扰为 $I_{\text{self}(i)} = s_i \cdot \alpha^n = a_j f(d_i) \cdot \alpha^n$,式中, α 为耦合率; n 表示节点数目。所有的其他用户产生的多址干扰为 $I_{\text{MAI}} = \beta \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq i}}^k a_m f(d_{im})$,式中, β 为信道间的串扰系数; d_{im} 为节点 m 到节点 i 的距离。如果光纤的损耗为 0.2 dB/km,耦合率为 α ,则 $f(x) = (1 - \alpha)\alpha^x 10^{-0.02xL}$,式中, L 表示用户间的间隔。

考虑多址干扰在环回后将变得相对较弱,则节点 i 处的信干比为 $SIR = s_i / (I_{\text{self}} + I_{\text{MAI}})$ 。

假设每个用户输出的信号功率 (P) 都一样(均为 1),相邻用户间的间隔也一样(均为 L),环的总光纤长度为 10 km。最极端的情况是所有的用户都在同一时刻工作,并且第 1 个用户给第 n 个用户发信息,则此时第 n 个接收器收到的信号为 $S = (1 - \alpha)\alpha^{n-1} \cdot 10^{-0.02(n-1)L}$ 。多址干扰为

$$I_{\text{MAI}} = \beta I_{\text{other}} = \beta \left[(1 - \alpha) \frac{1 - \alpha^{n-1} \cdot 10^{-0.02(n-1)L}}{1 - \alpha \cdot 10^{-0.02L}} \right]。$$

自干扰为 $I_{\text{self}} = (1 - \alpha)\alpha^{n-1} \cdot 10^{-0.02(n-1)L} \cdot \alpha^n$ 。

如果用户较少,则自干扰相比多址干扰将更为严重,原因是当信号再次到达时,只经过了较少的几个耦合器,其功率仍较强。如果用户较多,那么信号经过较多耦合器后到达接收器时将变得很弱,这时多址干扰将成为主要的干扰。耦合率不同时信干比也不同,当 $\alpha = 0.76$ 时,网络的性能较好。因此,为了获得最好的性能,应该选择一个优化的耦合率。

3 自干扰信号抑制研究

3.1 自干扰信号抑制设计

在 OCDMA 环形全光网络中,自干扰信号是一个不可避免的有害因素。当耦合器的分光比比较大

时,自干扰信号就成为系统的主要干扰因素。为了提高系统的信干比,我们设计了一种适用于等间隔非相干频域编码 OCDMA 系统的自干扰信号抑制方案(如图 2 所示)。

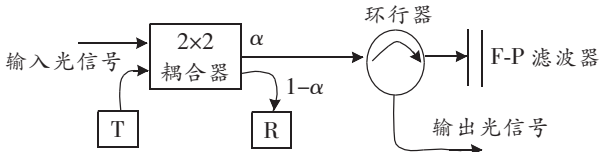


图 2 采用自干扰抑制措施的环形网节点

在等间隔非相干频域编码 OCDMA 系统中,采用 F-P 腔作为编解码器,其不同的 FSR(自由谱域)对应不同的码分信道。在 OCDMA 系统自干扰信号抑制方案中,来自上一个节点的光信号进入 2×2 耦合器后,其中一路进入接收机,另一路进入环行器,然后入射到一个 F-P 腔上,这个 F-P 腔的 FSR 与本节点接收机 R 中的解码器(就是一个 F-P 腔)的 FSR 相同。自干扰信号通过 F-P 腔(部分)泄漏出去,其他的信号被 F-P 腔的镜面发射回来,通过环行器的另一个端口输出,继续向下一个节点传送。这样,自干扰信号就在很大程度上被抑制掉了。

由于这个方案使用了环行器和 F-P 腔,所以不可避免地引入了一定的插入损耗。对于发向接收机 R 的信号来说,经过自干扰抑制器中的 F-P 腔后,相当于对原信号再一次进行滤波,所以此信号还有一定的能量被反射回去。为了减小信号被反射回去的比例,可以减小此 F-P 腔中镜面的反射率,即降低其精细度。

当光信号垂直镜面入射时,F-P 腔输出信号的功率为 $A = \frac{A_0}{1 + \frac{4\rho}{(1-\rho)^2} \cdot \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$,式中, A_0 为某

一频率分量(用 λ 表示)在入射前的功率; φ 为信号在 F-P 腔中行进一个来回后所引起的相位改变量, $\varphi = (2d\pi)/\lambda$, d 为 F-P 腔中两个反射面之间的垂直距离。

3.2 仿 真

设图 2 中 F-P 腔的精细度和信号进行编码时所用 F-P 腔的精细度相同,即镜面的反射率 P 均为 0.8。F-P 腔中两面镜子的垂直距离 $d = 6$ cm。实际上,从 F-P 腔输出的能量只是总信号能量的一部分(在本例中为 50.4%),其余的部分(在本例中为 49.6%)被反射回去了。所以说在镜面的反射率为 0.8 时,可以把自干扰信号降低大约 3 dB。从抑制自干扰信号的角度出发,希望 F-P 腔输出信号的百

分比越大越好。

图 3 为 F-P 腔中镜子的反射率与信号透过百分比之间的关系。从图中可以看出,当镜子的反射率小于 99% 时,透过的能量大约占总能量的一半 (3 dB)。为了增大信号的透过率,可以减小图 2 中 F-P 腔的镜面的反射率(记为 P_2 ,同时把用于信号编码的 F-P 腔的镜面的反射率记为 P_1)。

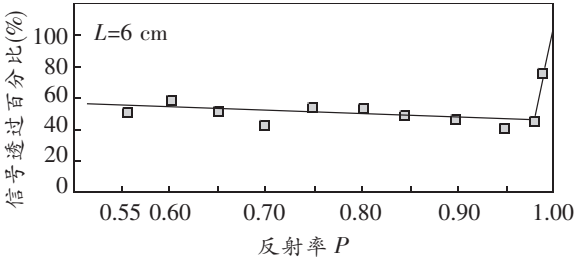


图 3 反射率与信号透过 F-P 腔的百分比的关系

将 P_1 固定为 0.8,改变 P_2 , 信号透过 F-P 腔的百分比的变化如图 4 所示。希望 F-P 腔输出的信号的百分比越大越好。当 P_2 较小时,透过的能量比较多,随着 P_2 的增大,透过 F-P 腔的信号能量的百分比呈减小趋势,不过, P_2 也不宜过小,如果 P_2 太小,容易对其他用户的信号造成损伤(指能量)。

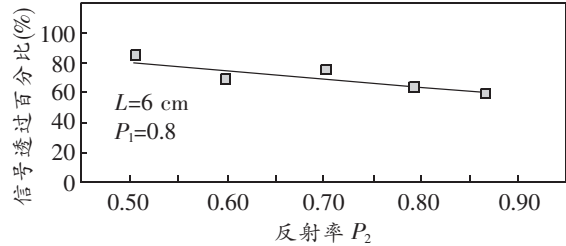


图 4 P_1 固定时, P_2 与信号透过 F-P 腔的百分比的关系

4 结束语

OCDMA 全光网络结构中不仅存在着多址干扰信号,而且还存在着自干扰信号。信号经过目的节点后,在网络中循环一周又重新进入目的节点的接收机,造成一定程度的干扰,存在着远近效应问题,因此需要优化用户发射功率,使每个用户的接收机的信干比基本相等。在基于 OCDMA 技术的环形全光网方案中,每个节点都由一个发射机、一个接收机和一个 2×2 光耦合器组成。调整节点中接收机的解码器,可以与系统中其他任何节点的发射机建立起通信连接,同一个节点中的发射机和接收机可以同时与其他节点进行数据业务传输。

参考文献:

- [1] 尚晓波,胡修林,杨灵. 两种伪随机码同步捕获方法的性能比较 [J]. 通信技术,2001,(9): 90-93.
- [2] Lars Lindh. Synchronization in CDMA Systems [J]. Communication Systems, 2002, (9): 71-73.
- [3] Lin Jiachin. Noncoherent sequential PN code acquisition using sliding correlation for chip asynchronous direct sequence spread spectrum communications [J]. IEEE Transactionson Communications, 2006, 50 (4): 664-676.
- [4] Seokho Yoon, lickho Song, Sun YongKim, et al. A DS-CDMA code acquisition scheme robust to residual code phase ofset variation [J]. IEEE Transactionson Vehicular Technology, 2005, 49 (6): 2 405-2 418.
- [5] Oh Hae-Sock, Han Dong-Seog, Kim Chang-Joo. An environmental robust PN codea cquisitiona rchitecture in DS-CDMA systems [J]. Lightwave Communications Technology, 2004, (2): 201-205.

欢迎订阅 刊登广告