

文章编号:1001-5078(2014)01-0077-03

· 光纤及光通讯技术 ·

光纤无线电系统中两路毫米波信号的同时产生

税奇军,唐炳华,张 莉

(四川文理学院物理与工程技术系,四川 达州 635000)

摘 要:随着信息技术对通信系统的容量、带宽、安全性以及灵活性的要求越来越高,当今通信网络逐渐不能满足这种需求,光载毫米波系统已经成为目前国内外的研究热点。通过理论建模,在光载毫米波信号系统的发送端利用两平行的马赫-曾德尔调制器分别对两射频信号进行调制,经过长距离的光纤传输之后,在接收端利用两个光电探测器分别进行探测,通过仿真在接收端同时产生了两束高质量的毫米波信号,并得到了解调之后的基带信号的眼图。

关键词:光载毫米波;马赫-曾德尔调制器;毫米波;眼图

中图分类号:TN929.11 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2014.01.017

Research on the generation of two millimeter wave signal in radio over fiber system

SHUI Qi-jun, TANG Bing-hua, ZHANG Li

(Department of Physics and Engineering Technology, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou 635000, China)

Abstract: With the development of information technology, it requires more power for the capacity, bandwidth, security and flexibility of the communication system. However, the communication network today gradually can't meet this need, so the radio over fiber system has become a research hotspot at home and abroad. Through theoretical modeling, two RF signals are modulated respectively by using the two parallel Mach-Zehnder Modulators on the transmitting side of the radio over fiber system. After a long-distance optical fiber transmission, the signals are detected by using two photodetectors to on the receiving end. The two high quality beams of millimeter wave signals are produced by simulating. In the meanwhile, the eye diagram of the demodulation baseband signal is obtained.

Key words: radio over fiber; Mach-Zehnder modulator; millimeter wave; eye diagram

1 引 言

随着信息技术对通信系统的容量、带宽、安全性以及灵活性的要求越来越高,当今通信网络逐渐不能满足这种需求。光纤虽然能够提供巨大的带宽,但其灵活性太差。无线通信利用传统的射频和微波信号能够实现移动性,但不能提供高速数据传输和足够的安全性,更关键的是26~75 GHz频率段的毫米波信号目前未被使用,这一频率段极有可能成为第四代移动通信系统工作的主要频率段。结合光纤通信和无线通信的优点,光载毫米波系统已经成为目前国内外的研究热点^[1-8]。

2 理论模型

光载毫米波系统中的关键技术包括毫米波信号

的产生、传输和接收,其中对毫米波信号产生的研究目前主要集中在系统中一路毫米波信号的产生,本文将重点讨论光载毫米波系统中如何同时产生两路毫米波信号的情况,其工作原理如图1所示。

激光器通过分光器将两束激光分别送入马赫-曾德尔调制器1和马赫-曾德尔调制器2上,将基带信号1和基带信号2通过乘法器分别加载到射频信号1和射频信号2上,将两路加载有基带信号的

基金项目:四川省教育厅自然科学基金项目(No. 13ZA0102)资助。

作者简介:税奇军(1976-),男,讲师,硕士,研究方向为光通信及微波光电子学。E-mail: qijunshui@126.com

收稿日期:2013-05-22

射频信号分别送入马赫-曾德尔调制器1和马赫-曾德尔调制器2上。将两路经过马赫-曾德尔调制器的信号通过耦合器送入光纤进行传输。在接收端分别利用光电探测器1和光电探测器2对光信号进行探测,经过低通滤波器之后同时产生毫米波信号1和毫米波信号2。在图1中经过双驱动马赫-曾德尔调制器的光场分别为^[9]:

$$E_1 = j \frac{1}{2} E_{in}(t) \left\{ e^{j\left[\pi \frac{V_{DC1} + V_{RF} + \cos(\omega_{RF1} + \varphi_1)}{V_{\pi}}\right]} + e^{j\left[\pi \frac{V_{DC2} + V_{RF} + \cos(\omega_{RF1} + \varphi_2)}{V_{\pi}}\right]} \right\} \quad (1)$$

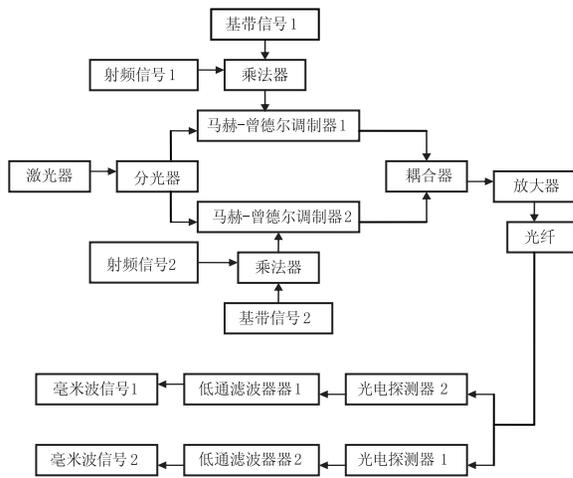


图1 两路毫米波信号产生的工作原理图

$$E_2 = j \frac{1}{2} E_{in}(t) \left\{ e^{j\left[\pi \frac{V_{DC1} + V_{RF} + \cos(\omega_{RF2} + \varphi_1)}{V_{\pi}}\right]} + e^{j\left[\pi \frac{V_{DC2} + V_{RF} + \cos(\omega_{RF2} + \varphi_2)}{V_{\pi}}\right]} \right\} \quad (2)$$

式(1)和式(2)中的 V_{DC1} 和 V_{DC2} 分别为两电极的直流偏置电压; φ_1 和 φ_2 分别为两电极上射频驱动电压的初始相位,在分析中对马赫-曾德尔调制器采用抑制载波调制,所以其初始相位差等于 π 。 ω_{RF1} 和 ω_{RF2} 分别为射频信号1和射频信号2的角频率。两路信号经过光纤传输之后在光电探测器1和光电探测器2上探测到的电流分别为:

$$i_1 = \frac{(1+\gamma)^2}{(1+\gamma^2)} t_1 GRP e^{-\alpha L} d_1\left(t - \frac{\Delta\tau_1}{2}\right) d_1\left(t + \frac{\Delta\tau_1}{2}\right) J_2^2(\pi m) \cos(2\omega_{RF1}(t + \Delta\tau_1)) \quad (3)$$

$$i_2 = \frac{(1+\gamma)^2}{(1+\gamma^2)} t_2 GRP e^{-\alpha L} d_2\left(t - \frac{\Delta\tau_2}{2}\right) d_2\left(t + \frac{\Delta\tau_2}{2}\right) J_2^2(\pi m) \cos(2\omega_{RF2}(t + \Delta\tau_2)) \quad (4)$$

式(3)和式(4)中 L 和 G 分别是光纤的长度和光放大器的增益; $\Delta\tau_i$ 分别是信号1和信号2经过光纤的群时延; d_i 分别是基带信号1和基带信号2; R 是光电探测器的响应度; t_i 分别是马赫-曾德尔调制器1和马赫-曾德尔调制器2的插入损耗。

$$\gamma = \frac{\sqrt{\varepsilon} - 1}{\sqrt{\varepsilon} + 1} \quad (5)$$

式(5)中, ε 为马赫-曾德尔调制器的消光比。由式(3)和式(4)可以发现在接收端同时产生了频率分别为 $2\omega_{RF1}$ 和 $2\omega_{RF2}$ 的毫米波信号。

3 仿真分析

实验系统采用连续激光器,其工作波长为 1550 nm,输出功率为 -3 dBm。射频信号1和射频信号2的频率分别为 14 GHz 和 17 GHz。马赫-曾德尔调制器的消光比为 25 dB 并且其插入损耗为 6 dB。经过光纤长度为 50 km 传输之后,在接收端采用光电探测器1和光电探测器2探测,经过低通滤波器之后同时产生的毫米波信号频谱如图2、图3所示,接收端接收到的基带信号的眼图如图4、图5所示。

由图2、图3可以发现经过光电探测器1和光电探测器2之后分别产生了质量较高的频率分别为 28 GHz 和 34 GHz 的毫米波信号,并且由射频信号1和射频信号2携带的基带信号在接收端的误码率为 10^{-9} ,满足正常通信系统的要求。

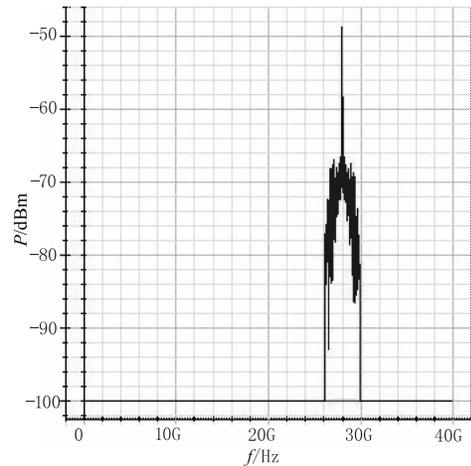


图2 毫米波信号1的频谱

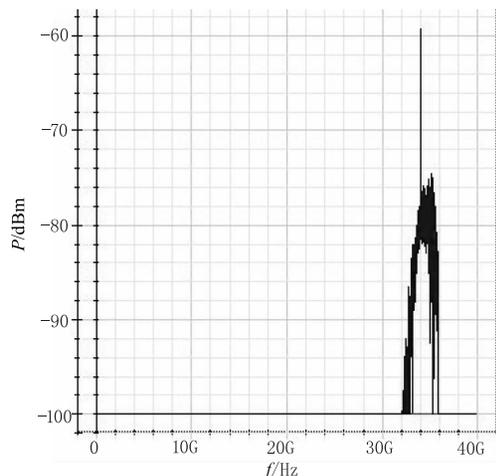


图3 毫米波信号2的频谱

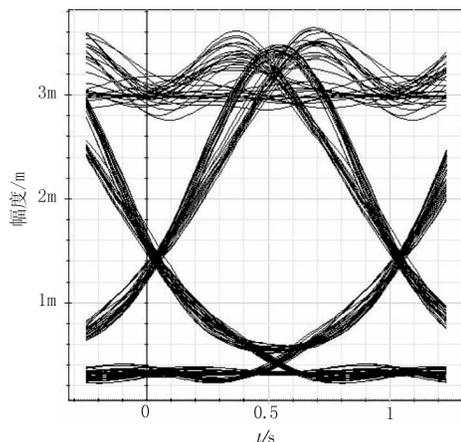


图4 基带信号1的眼图

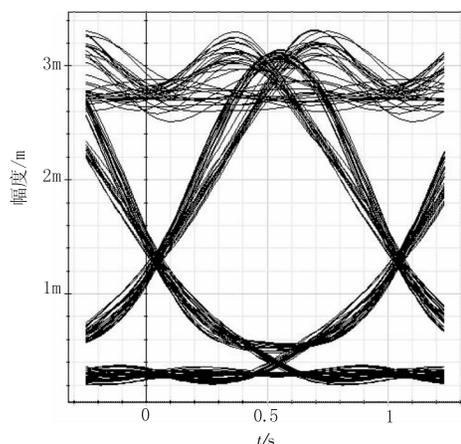


图5 基带信号2的眼图

4 结论

在光载毫米波信号系统中利用两个平行的马赫-曾德尔调制器对加载两个基带信号的射频信号进行调制,经过远距离的光纤传输之后,通过仿真发现在接收端同时产生了频率为发送端射频信号两倍频率的高质量的两束毫米波信号,并且在接收端以很小的误码率恢复出了基带信号,这为光载毫米波系统中多路毫米波信号的产生的研究提供了进一步的参考。

参考文献:

- [1] G Heliotis, LP. Chochliouros, G Agapiou. Fibre optic networks; the case of the FUTON programme[J]. The Journal of The Institute of Telecommunications Professionals, 2008, 2(3): 113 - 118.
- [2] Chowdhury A, Chuang K, Hunk Chang Chien, et al. Field demonstration of bi-directional millimeter wave RoF systems inter-operable with 60 GHz multi-gigabit CMOS transceivers for in-building HD video and data delivery [C]. Optical Fiber Communication Conference, 2011, 1 - 3.
- [3] HSU R C J, AYAZI A, HOUSHMAND B, et al. All-dielectric photonic-assisted radio front-end technology [J]. Nature Photonics, 2007, 1: 535 - 538.
- [4] Ayazi A, Hsu R C J, Houshmand B, et al. All-dielectric photonic-assisted wireless receiver. Optics Express [J]. 2008, 16(3): 1742 - 1747.
- [5] Nguyen L V T, Hunter D B. A photonic technique for microwave frequency measurement [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2006, 18(10): 1188 - 1190.
- [6] Zhou Bo, Zhang Hanyi, Zheng Xiaoping, et al. Developing status of microwave photonics [J]. Laser & Infrared, 2006, 36(2): 81 - 84. (in Chinese)
周波, 张汉一, 郑小平, 等. 微波光子学发展动态 [J]. 激光与红外, 2006, 36(2): 81 - 84.
- [7] Li Dong, Wang Zhihui, Zeng Wenfeng, et al. Research on delivering characteristic of unbalanced fiber Mach-Zehnder interferometer based 3 × 3 coupler [J]. Laser & Infrared, 2010, 40(8): 884 - 886. (in Chinese)
李东, 王志怀, 曾文锋, 等. 基于 3 × 3 耦合器的非平衡光纤 Mach-Zehnder 干涉仪传输特性研究 [J]. 激光与红外, 2010, 40(8): 884 - 886.
- [8] Dong Yi, Zhao Yubo, Zhao Shanghong, et al. Influence of mixed modulations on the performance of optical fiber communication system [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(4): 436 - 439. (in Chinese)
董毅, 赵宇波, 赵尚弘, 等. 不同调制方式混传对光纤通信系统性能的影响 [J]. 激光与红外, 2012, 42(4): 436 - 439.
- [9] Mahmoud Mohamed; Xiupu Zhang; Salah Kuwairi, Optical multiple millimeter-wave signal generation using frequency quadrupling for radio-over-fiber systems [C]. SPIE, 2012, 8412 (84120U): 1 - 7.