

一种新型的多业务光载无线系统

潘 武,李 柚,雷 达,尹怡辉

(重庆邮电大学 光电工程学院,重庆 400065)

摘要:文章提出一种使用单一信道加载不同传输速率业务的光载无线系统方案。使用外调制器实现双边带调制,利用光栅滤波器分离左右边带和载波,经过强度调制对左右边带分别加载速率为 1.25 和 1.5 Gbit/s 的两种业务。仿真结果显示,信号经过 50 km 的光纤传输后,系统传输性能良好。该方案提高了单一信道的带宽利用率,增强了系统的灵活性。

关键词:光载无线系统;外调制;多业务

中图分类号:TN92

文献标识码:A

文章编号:1005-8788(2011)06-0060-03

A novel multi-service radio-over-fiber system

Pan Wu, Li You, Lei Da, Yin Yihui

(College of Optoelectronic Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: This paper presents a novel Radio-over-Fiber(ROF) system scheme for carrying services with different transmission rates in a single channel. Double sideband modulation is realized by using external modulators and the sidebands and carrier are separated by grating filters. The two sidebands carry two kinds of services with different rates of 1.25 and 1.5 Gbit/s respectively in intensity modulation. Simulation results show that the system performances are good after the signals are transmitted for 50 km in an optical fiber. This scheme can improve the bandwidth utilization ratio of single channels and enhance the system flexibility.

Key words: radio-over-fiber system; external modulation; multi-service

0 引言

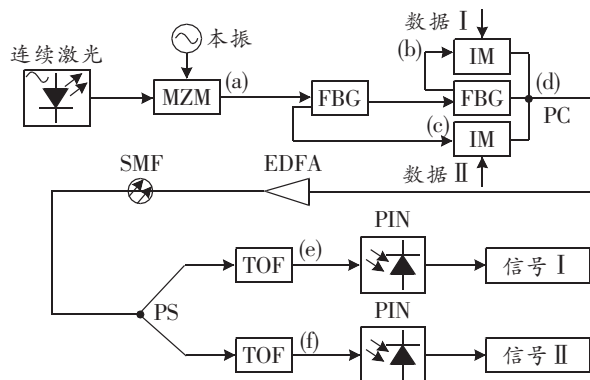
ROF(光载无线)系统是一种结合了光纤通信技术和无线通信技术的系统,它利用了光纤的大容量、低损耗的特性,用频率为数十吉赫兹的毫米波作为扩大无线通信带宽的工具,实现吉比特量级无线业务的传输。ROF 系统满足了用户对高性能图像、声音和视频业务的需求,可以实现多用户、超宽带和高速率的无线通信,是突破当前无线通信“瓶颈”的关键,因此成为人们关注和研究的热点^[1-2]。目前对多业务 ROF 系统的研究工作主要集中在 WDM-ROF(基于波分复用的光载无线)系统上^[3-4],但 WDM-ROF 系统使用 WDM 器件对不同信道的业务信号进行复用,存在一定程度上的信道间干扰,没有充分利用信道的带宽。

本文提出一种基于外调制器的新型多业务 ROF 系统设计方案,使用 20 GHz 的 LO(本振)信号,通过外调制器产生双边带调制的光毫米波载波,分离两个边带,进行强度调制,加载不同速率的业务(速率分别为 1.25 和 1.5 Gbit/s),经过光纤传输后,在基站分离出两种不同业务。此方案实现了在一个 ROF 信道中同时传输两种不同速率的业务,

提高了单一信道的带宽利用率,增强了 ROF 系统的灵活性。

1 系统工作原理

多业务 ROF 系统的工作原理图如图 1 所示。本方案使用双臂 MZM(马赫-曾德调制器)来生成毫米波,可以通过调整偏压和相位获得 3 种调制方式:DSB(双边带)、SSB(单边带)和 OCS(光载波抑制)。设输入射频信号为 $V(t)=V_m \cos(\omega_{RF} t)$,将



注:PC:功合器;PS:功分器;SMF:标准单模光纤;IM:强度调制;
PIN:光电二极管;EDFA:掺铒光纤放大器;
FBG:光纤布拉格光栅;TOF:可调谐光滤波器

图 1 多业务 ROF 系统的工作原理图

收稿日期:2011-05-16

基金项目:重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2010BB2414)

作者简介:潘武(1966-),男,四川大英人,教授,博士,主要研究方向为光电子技术及系统、光通信器件及系统等。

此信号均分为两部分,分别加到 MZM 的两个臂上,假设加到下臂的信号发生 θ 的相移,则调制器输出光场为

$$E(t) = \frac{1}{2} \{ \cos[\omega_c + \gamma\pi + \alpha\pi\cos(\omega_{RF}t)] + \cos[\omega_c + \alpha\pi\cos(\omega_{RF}t + \theta)] \}, \quad (1)$$

式中, ω_c 为激光的中心频率; ω_{RF} 为射频本振的频率; $\alpha = V_m/V_\pi$ 为归一化幅度; $\gamma = V_{dc}/V_\pi$; V_m 为加载到调制器上的射频信号电压; V_{dc} 为上下两臂偏置电压之差; V_π 为调制器半波电压。将式(1)进行贝塞尔函数展开,得到

$$E(t) = \frac{1}{2} \{ J_0(\alpha\pi) [\cos(\gamma\pi) + 1] \cos(\omega_c t) - J_0(\alpha\pi) \sin(\gamma\pi) \sin(\omega_c t) - J_1(\alpha\pi) \cos(\gamma\pi) \times [\sin(\omega_c - \omega_{RF})t + \sin(\omega_c + \omega_{RF})t] - J_1(\alpha\pi) \sin(\gamma\pi) [\cos(\omega_c - \omega_{RF})t + \cos(\omega_c + \omega_{RF})t] - J_1(\alpha\pi) [\sin((\omega_c - \omega_{RF})t - \theta) + \sin((\omega_c + \omega_{RF})t + \theta)] + \dots \}, \quad (2)$$

式中, $J_0(\cdot)$ 和 $J_1(\cdot)$ 分别为零阶和一阶贝塞尔函数,在频谱中对应光载波和一阶边带。当下臂驱动信号延时 $\theta = \pi$,且两臂偏置电压为 $V_\pi/2$ 时,实现双边带调制方式,此时简化式(2)得到

$$E(t) = \frac{1}{2} \{ J_0(\alpha\pi) [\cos(\omega_c t) - \sin(\omega_c t)] - J_1(\alpha\pi) \times [\cos(\omega_c - \omega_{RF})t + \cos(\omega_c + \omega_{RF})t] + J_1(\alpha\pi) \times [\sin(\omega_c - \omega_{RF})t + \sin(\omega_c + \omega_{RF})t] + \dots \}. \quad (3)$$

对式(3)进行傅里叶变换,得到光功率谱为

$$P(\omega) = \frac{\pi}{4} \{ J_0^2(\alpha\pi) \delta(\omega + \omega_c) + J_1^2(\alpha\pi) [\delta(\omega + \omega_c - \omega_{RF}) + \delta(\omega + \omega_c + \omega_{RF})] + \dots \}. \quad (4)$$

由式(4)可知,DSB的两个边带分别为 $(\omega_c - \omega_{RF})$ 和 $(\omega_c + \omega_{RF})$,使用 FBG 滤出两个边带,分别进行强度调制,加载不同速率的信号 $A_1(t)$ 和 $A_2(t)$ 后再进行合波得到

$$P(\omega) = \frac{\pi}{4} \{ J_0^2(\alpha\pi) \delta(\omega + \omega_c) + J_1^2(\alpha\pi) [S_1(\omega)^2 \delta(\omega + \omega_c - \omega_{RF}) + S_2(\omega)^2 \delta(\omega + \omega_c + \omega_{RF})] + \dots \}, \quad (5)$$

式中, $S_1(\omega) = F(A_1(t))$ 和 $S_2(\omega) = F(A_2(t))$ 分别为 A_1 和 A_2 的傅里叶变换。二阶及以上边带由于功率太低而忽略,因此拍频后可以获得与本振频率相同的两个加载了不同速率业务的毫米波,实现

ROF 系统的单信道多业务传输功能。

根据以上原理,在中心站采用 20 GHz 本振驱动 MZM,获得双边带光毫米波载波,通过两个 FBG 分别滤出左右两个边带,进行 IM,再分别加载不同速率的信号,合波后经过光纤传输到基站,使用 PS 分成两路信号:一路信号使用 TOF 滤除右边带,经过 PIN 探测,获得携带 1.25 Gbit/s 数据的 20 GHz 毫米波(信号 I);另一路信号使用 TOF 滤除左边带,经过 PIN 探测,获得携带 1.5 Gbit/s 数据的 20 GHz 毫米波(信号 II)。两路加载不同速率的毫米波信号进入接收机,下变频后即可恢复出基带信号。

2 系统仿真结果

使用 OptiSystem 软件搭建系统并进行了仿真,图 1 中各点对应的频谱图如图 2 所示。连续波激光器输出光波的中心频率为 193.1 THz,功率为 0 dBm。使用 20 GHz 的本振射频信号驱动双臂 MZM,产生 DSB 调制方式的光毫米波载波(见图 2(a)),两个 FBG 的中心频率分别为 193.08 和 193.12 THz,即两个一阶边带的中心频率,以便滤出左、右两个边带(见图 2(b))和(c)),分别对其进行 IM,得到速率为 1.25(数据 I)和 1.5 Gbit/s(数据 II)的两种非归零码。

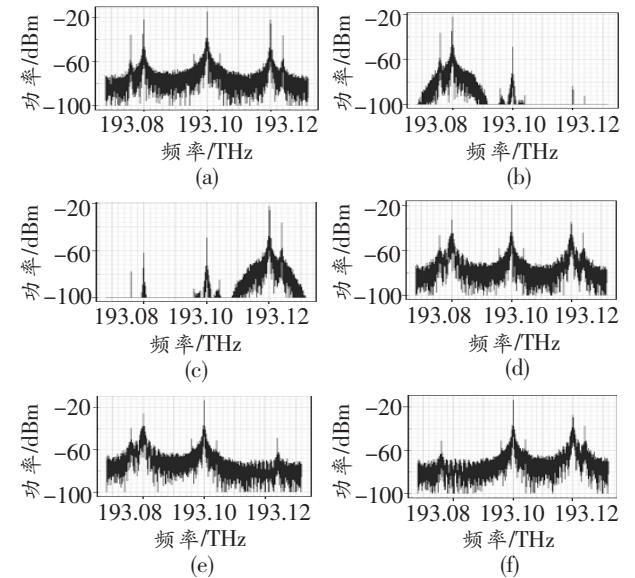


图 2 系统工作原理图中各点对应的频谱

调制后的两个边带与光载波合波后(见图 2(d))经过 EDFA 放大,进入 SMF 传输;在基站,光信号被分成两路,一路使用中心频率为 193.12 THz 的 TOF 滤除右边带(见图 2(e)),通过 PIN 检测出携带数据 I 的毫米波信号 I,另一路使用中心频率为

193.08 THz 的 TOF 滤除左边带(见图 2(f)),通过 PIN 获得携带数据 II 的毫米波信号 II;在接收机端,获得的两路毫米波通过电学乘法器与 20 GHz 的解调本振相乘,经过低通滤波器后恢复出基带数据信号。从图 2(e)和(f)中可以发现,由于 IM 导致载波边带比较大,会对基带信号的恢复造成影响,可以使用滤波、放大等方法降低载波边带比后再进行信号检测。

图 3 所示为保持接收功率恒定为 -17 dBm 时两种业务 BTB(背靠背)传输 20 和 50 km 后的眼图。两种业务传输 50 km 后的眼图虽然扰动略有增强,但仍然呈张开状态,传输性能良好。

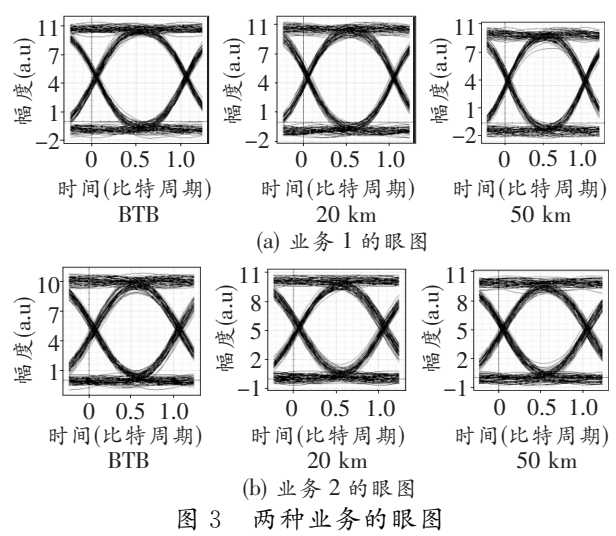


图 4 所示为接收光功率与 BER(误码率)的曲线图。从图中可以发现,在 BER 为 10^{-10} 量级时,业

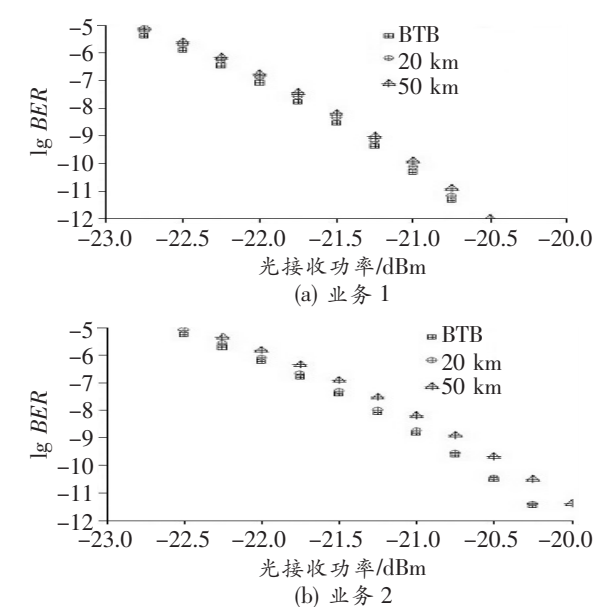


图 4 两种业务接收功率—误码率曲线

务 1(速率为 1.25 Gbit/s)传输 20 km 后功率代价 <0.25 dB,传输 50 km 后的功率代价 <0.5 dB;同时业务 2(速率为 1.5 Gbit/s)传输 50 km 后的功率代价 <1 dB。由于两种业务速率不同,1.25 Gbit/s 的低速率信号的眼图和功率代价等性能均优于 1.5 Gbit/s 的高速率信号,与正常通信情况相符。以上结果表明,两种 20 GHz 的毫米波业务传输性能较好,满足无线通信要求。

3 结束语

本文提出并仿真实现了一种在单一信道中传输两种不同速率业务的多业务 ROF 系统方案。仿真结果显示,两种业务传输 50 km 后眼图仍然清晰不闭合,业务 1(速率 1.25 Gbit/s)和业务 2(速率 1.5 Gbit/s)的功率代价分别 <0.5 和 1 dB,传输性能较好,满足通信要求,证明了该系统的有效性和可靠性。以上结果表明,多业务 ROF 系统能有效提高信道利用率,增强系统灵活性。在此基础上,可以进行不同频率、不同调制方式和不同业务兼容的多业务 ROF 系统拓展,这些将在未来的通信中发挥重要作用。

参考文献:

[1] Huang Mingfang, Yu Jianjun, Jia Zhensheng, et al. Simultaneous Generation of Centralized Lightwaves and Double/Single Sideband Optical Millimeter-Wave Requiring Only Low-Frequency Local Oscillator Signals for Radio-Over-Fiber Systems [J]. Journal of Lightwave Technology, 2008, 26(15):2653-2662.

[2] Tsekrekos Christos P, Kuri Toshiaki, Kitayama Ken-ichi. Distribution of Millimeter-Wave and Baseband Services Over an Integrated Reconfigurable Access Network Platform [J]. Journal of Lightwave Technology, 2010, 28(19):2783-2790.

[3] Kuri Toshiaki, Toda Hiroyuki, Olmos J J Vegas, et al. Reconfigurable Dense Wavelength-Division-Multiplexing Millimeter-Waveband Radio-Over-Fiber Access System Technologies [J]. Journal of Lightwave Technology, 2010, 28(16):2247-2257.

[4] Olmos J J Vegas, Kuri Toshiaki, Kitayama Ken-ichi. Reconfigurable Radio-Over-Fiber Networks: Multiple Access Functionality Directly Over the Optical Layer [J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2010, 58(11):3001-3010.