文章编号: 1001-4543(2018)04-280-05 DOI: 10.19570/j.cnki.jsspu.2018.04.005

基于 8PSK 和 16PSK 调制的全双工 RoF 系统研究

季幸平, 王建军, 邵宇丰, 汪志峰

(上海第二工业大学 计算机与信息工程学院, 上海 201209)

摘 要: 误码率 (bit error rate, BER) 是信号传输质量的重要衡量指标, 为了对比分析 8 进制相移键控 (eight hexadecimal phase shift keying, 8PSK) 与 16 进制相移键控 (sixteen hexadecimal phase shift keying, 16PSK) 信号的传输性能, 建立了一个全双工光载无线通信 (radio over fiber, RoF) 链路模型。系统的下行链路是对基于马赫增德尔调制器 (Maher-Zehnder modulator, MZM) 的抑制奇次边带两路信号, 分别进行 8PSK 和 16PSK 调制。上行链路是取下行链路中一路未被调制的抑制奇次边带信号, 作为上行基带信号的载波信号, 节约系统的成本。该系统分别在不同的光信噪比 (optical signal to noise ratio, OSNR) 和不同传输距离条件下, 仿真分析了下行链路两种调制信号的光谱图及误码率曲线, 通过分析接收信号的星座图和误码特性证明: 与 16PSK 信号相比, 当 OSNR $>$ 25 时, 8PSK 信号误码率量级可以达到 10^{-4} ($\lg \mathrm{BER} \leqslant -3$), 当传输距离为 40 km 时, 8PSK 的误码率为 4.8×10^{-3} ($\lg \mathrm{BER} = -2.32$), 仍然可以有效传输数据信息。且在不同 OSNR 和不同传输距离条件下, 8PSK 的误码率均低于 16PSK, 因此 8PSK 具有更可靠的传输性能, 且更适用于远距离传输。

关键词: 光载无线通信; 8PSK 调制; 16PSK 调制; 光信噪比; 误码率; 远距离传输

中图分类号: TN929.1 **文献标志码**: A

Research on Full-Duplex RoF System Based on 8PSK and 16PSK Modulations

JI Xingping, WANG Jianjun, SHAO Yufeng, WANG Zhifeng

(School of Computer and Information Engineering, Shanghai Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: The bit error rate (BER) is an important measure of signal transmission quality. In order to study and analyze the transmission performance of eight hexadecimal phase shift keying (8PSK) and sixteen hexadecimal phase shift keying (16PSK) signals, a full-duplex radio over fiber (RoF) link model is built in this paper. For the down link, the RoF system with suppression of even order sidebands based on Maher-Zehnder modulator (MZM) is proposed and uses 8PSK and 16PSK to modulate.In the meanwhile, a sideband of downlink is employed as the carrier of uplink baseband signal to save the cost of the system. Under different optical signal to noise ratio (OSNR) and different transmission distances conditions, the spectrum diagram and error rate curves are obtained. By analyzing the constellation and error characteristics of the received signal, it is proved that compared with 16PSK, when the OSNR is greater than 25, the 8PSK signal BER can reach 10^{-4} ($\lg \mathrm{BER} \leqslant -3$). When the transmission distance is 40 km, the 8PSK BER is 4.8×10^{-3} ($\lg \mathrm{BER} = -2.32$), data information can still be transmitted efficiently. And under different OSNR and different transmission distances, the BER of 8PSK is lower than 16PSK, so 8PSK has more reliable transmission performance and is more suitable for long-distance transmission.

Keywords: radio over fiber; 8PSK modulation; 16PSK modulation; optical signal to noise ratio; bit error rate; long-distance transmission

收稿日期: 2018-07-12
通信作者: 王建军 (1971–), 男, 黑龙江哈尔滨人, 副教授, 博士, 主要研究方向为大功率 LED 电源、机器人系统。
E-mail: jjwang@sspu.edu.cn
基金项目: 国家自然科学基金 (6117064), 上海市教委科研创新项目 (15ZZ101), 上海第二工业大学重点学科 (XXKZD1605), 上海第二工业大学内涵建设项目 (A11NH170301), 校研究生基金项目 (EGD17YJ0049) 资助

0　引言

光载无线通信 (radio over fiber, RoF) 应用了高频无线电波和光纤低损耗的特点, 实现了高速大容量的宽带传输, 并能够充分发挥几十的频谱资源, 具有较低的传输损耗、巨大的带宽、抵抗电磁干扰等优势, 是近年来的研究热点。在数字通信技术中, 其信号调制技术在复杂电磁环境中的通信对抗、干扰识别、无线电频谱监测等领域中尤为重要 [1]。为了满足用户日益增长的大容量需求, 多进制相移键控 (MPSK) 调制具有较高的频谱效率和良好的抗噪声性能, 在相同的带宽下, 能够得到比二进制信号更大的通信容量, 而得到广泛的应用。

针对上述情况, 建立了一个全双工 RoF 链路模型。系统的下行链路是基于马赫增德尔调制器 (Maher-Zehnder modulator, MZM) 的抑制奇次边带的 3 路信号, 其中两路分别进行 8 进制相移键控 (eight hexadecimal phase shift keying, 8PSK) 与 16 进制相移键控 (sixteen hexadecimal phase shift keying, 16PSK) 调制。使用光载波抑制调制方法相比较单、双边带调制而言, 具有更高的带宽利用率和接收机灵敏度, 并且可以避免周期性衰落, 实现系统的稳定传输 [2-3]。而另一路信号则作为上行基带信号的载波信号, 使得基站端不需要添置额外的激光源, 从而降低了系统的成本。该系统分别在不同的光信噪比 (optical signal to noise ratio, OSNR) 和不同传输距离条件下, 仿真分析了下行链路两种调制信号的光谱图及误码率曲线, 通过分析接收信号的星座图和误码特性证明: 与 16PSK 信号相比, 当 OSNR > 25 时, 8PSK 信号误码率量级可以达到 10^{-4} ($\lg \mathrm{BER} \leqslant -3$), 当传输距离为 40 km 时, 8PSK 的误码率为 4.8×10^{-3} ($\lg \mathrm{BER} = -2.32$), 仍然可以有效传输数据信息。且在不同 OSNR 和不同传输距离条件下, 8PSK 的误码率均低于 16PSK, 因此 8PSK 具有更可靠的传输性能, 且更适用于远距离传输。

1　RoF 全双工链路模型

RoF 全双工链路模型系统原理框图如图 1 所示。在中心站处, 本振信号为 20 GHz, 由激光器发出连续激光源传输至 MZM 中, 设置 MZM 的调制参数, 从而得到抑制奇次边带调制信号, 该信号光谱图如图 2(a) 所示。 用波分解复用器取 3 路调制信号,

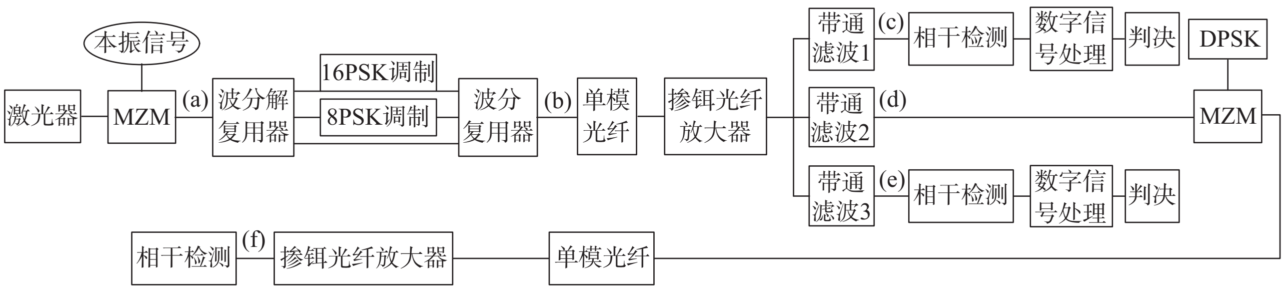

图 1　RoF 系统框架示意图

Fig. 1　System framework diagram of RoF

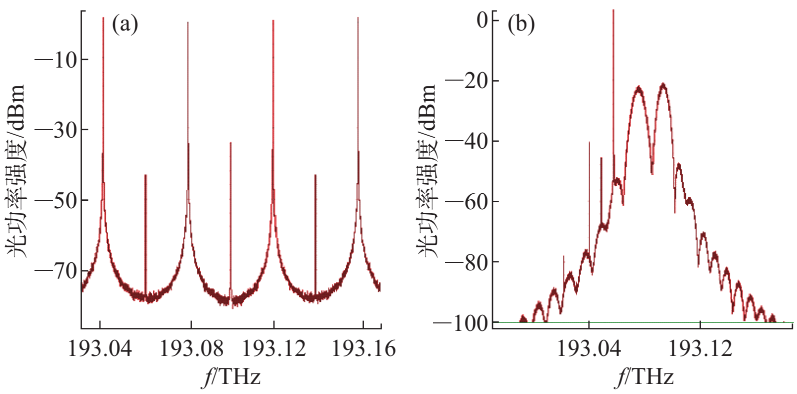

图 2　(a) 抑制奇次边带调制信号光谱图; (b) 经过单模光纤后的 3 路信号光谱图

Fig. 2　(a) Spectrum diagram of the suppression odd-order sideband modulation signals; (b) Spectrum of three signals after passing through a single-mode fiber

其中两路分别由 16PSK 和 8PSK 进行调制, 然后由波分复用器汇入标准单模光纤信道中。光谱图如图 2(b) 所示。在基站端, 由 3 路不同中心频率的光带通滤波器进行滤波, 其中两路被调制信号分别进行相干检测恢复出原始数据, 未被利用的一路信号作为上行链路的载波信号, 采用差分相移键控 (DPSK) 调制方式, 然后传输送入中心站, 节约基站成本, 简化系统复杂度。

2 系统设计与仿真结果

本文采用 Optiwave 搭建了图 1 所示的基于载波抑制 RoF 系统。在中心站, 设置连续激光源中心频率为 193.1 THz, 偏振角为 45°, 射频信号为 20 GHz, MZM 驱动消光比为 30 dB。设置 MZM 的两个直流偏置电压分别为 0 V、4 V, 调制电压为 π, 射频电压为 1 V。3 路信号的中心频率分别为 193.04、193.08 和 193.12 THz。用波分解复用器分离 ± 1 阶边带信号, 并分别加载由 16PSK、8PSK 调制的数据信息, 另一路 −3 阶边带信号不做任何处理, 然后由复用器一同汇成一路传输信号经过 20 km 单模光纤传输至基站端。在基站端, 设置 3 个贝塞尔带通滤波器的中心频率依次为: 193.08、193.04 和 193.12 THz。图 3 所示分别为基站端 3 路传输信号的光谱图。

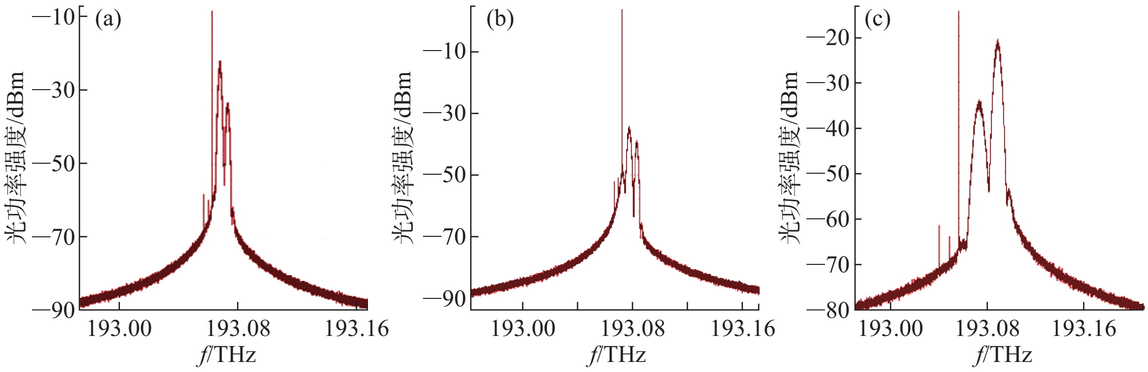

图 3 (a) 16PSK 调制信号光谱图; (b) 8PSK 调制信号光谱图; (c) −3 阶边带信号光谱图
Fig. 3 (a) 16PSK modulated signal spectrum; (b) 8PSK modulated signal spectrum; (c) Spectral map of the −3 sideband signal

16PSK 与 8PSK 的误码率曲线如图 4 所示, 红色曲线为 8PSK 调制信号, 黑色曲线为 16PSK 调制信号。由图可知, 随着光信噪比的增大, 误码率随之减小。由星座图可以看出, 当 OSNR < 25 时, 16PSK 信号星座图模糊不能正常传输, 在 OSNR ⩾ 25 时, 可以正常传输, 并且当 OSNR 达到 29 时, 16PSK 的误码率达到 7.5×10^{-4} (lg BER = −3.12)。相比 16PSK 信号而言, 在 20∼29 的 OSNR 条件下, 8PSK 星座图虽有些许误差, 但均可正常传输。当 OSNR 为 29 时, 8PSK 的误码率为 2.7×10^{-4} (lg BER = −3.56)。8PSK 调制信号的误码率始终低于 16PSK 调制信号。因此, 8PSK 具有更低的误码率, 更高的传输性能。图 5 所示为在 OSNR 为 29 dBm 时, 8PSK 与 16PSK 调制信号在不同传输距离条件下的误码率曲线图。由图 5 可以看出, 随着传输距离的增加, 两路信号的误码率逐渐增大。由星座图可以看出, 当传输距离为 40 km 时, 两路信号相位虽然有误差, 但是仍然可以有效传输数据信息, 8PSK 调制信号的误码率为 4.9×10^{-3} (lg BER = −2.31), 16PSK 调制信号的误码率为 9.8×10^{-3} (lg BER = −2.01)。但当传输距离为 45 km 时, 两路信号误码率骤然增加, 星座图相位模糊, 无法正常传输数据。但 8PSK 调制信号的误码率始终低于 16PSK 调制信

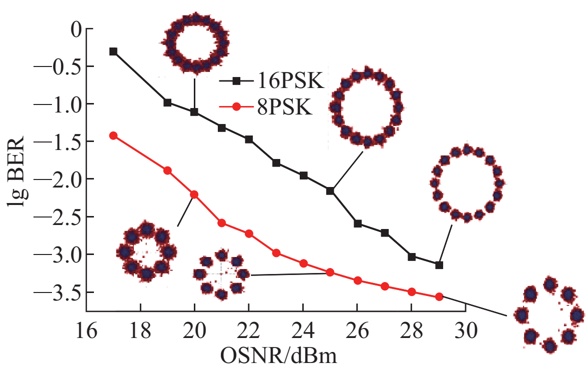

图 4 随 OSNR 的增加, 8PSK 与 16PSK 信号误码率曲线及星座图
Fig. 4 Bit error rate curve and constellation diagram of 8PSK and 16PSK signals with increasing OSNR

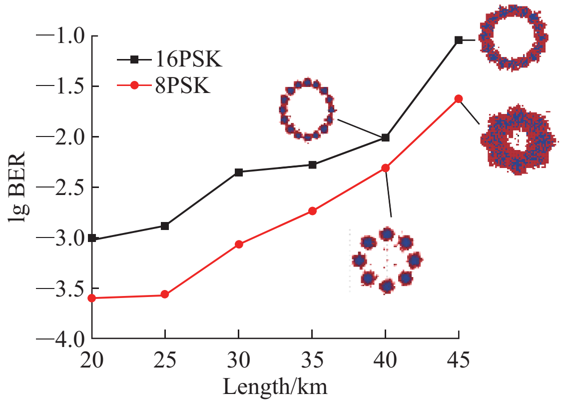

图 5　随传输距离的增加, 8PSK 与 16PSK 信号误码率曲线星座图

Fig. 5　Bit error rate curve and constellation diagram of 8PSK and 16PSK signals with increasing transmission distance

号。因此, 8PSK 增加了通信容量, 更适合于远距离传输。

在上行链路端, 取 −3 阶边带信号作为载波信号, 在 20 km 的单模光纤情况下, 得到随 OSNR 增大的误码率曲线如图 6 所示。可以看出误码率均在 10^{-9} 以上, 可以实现高质量信号传输。

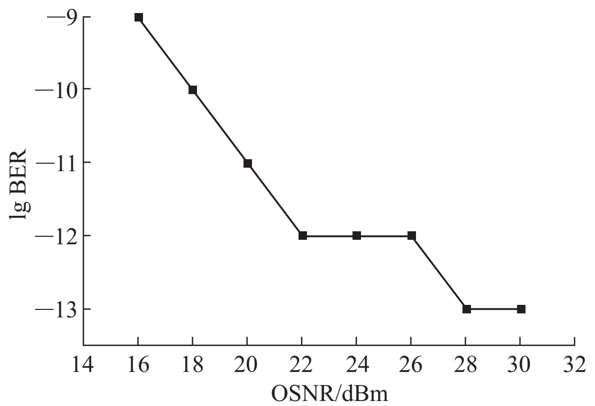

图 6　随 OSNR 的增加, DPSK 误码率曲线图

Fig. 6　Bit error rate curve of DPSK signal with increasing OSNR

3　结　论

本文为了对比分析 8PSK 与 16PSK 信号的传输性能, 建立了一个全双工 RoF 链路模型。系统的下行链路是对基于 MZM 的抑制奇次边带两路信号, 分别进行 8PSK 和 16PSK 调制。上行链路是取下行链路中一路未被调制的抑制奇次边带信号, 作为上行基带信号的载波信号, 节约系统的成本。该系统分别在不同的 OSNR 和不同传输距离条件下, 仿真分析了下行链路两种调制信号的光谱图及误码率曲线, 通过分析接收信号的星座图和误码特性证明: 与 16PSK 信号相比, 当 OSNR > 25 时, 8PSK 信号误码率量级可以达到 10^{-4} (lg BER⩽ −3), 当传输距离为 40 km 时, 8PSK 的误码率为 4.8×10^{-3} (lg BER = −2.32), 仍然可以有效传输数据信息。且在不同 OSNR 和不同传输距离条件下, 8PSK 的误码率均低于 16PSK, 因此 8PSK 具有更可靠的传输性能, 且更适用于远距离传输。

参考文献:

[1] 王惠, 刘开贤, 陈新桥. 同时传输多波段信号的 RoF 全双工系统 [J]. 光通信技术, 2018(1): 50-52.

[2] 姚小莉, 秦会斌. 基于 Matlab 的 MPSK 通信系统的仿真研究 [J]. 物联网技术, 2017, 7 (6): 25-26.

[3] 张馨月, 武保剑, 耿勇, 等. 基于相敏放大的 MPSK 信号再生性能研究 [J]. 光电子 · 激光, 2017(8): 836-842.

[4] 张建明, 娄淑琴, 曾璐璐. 全双工光载无线通信链路模型研究 [J]. 红外与激光工程, 2015, 44(5): 1598-1604.

[5] 邵宇丰, 李佳, 程黎黎, 等. 四种级联差分相位调制码的 100 Gbit/s 传输 [J]. 中国激光, 2009, 36(3): 574-580.

[6] 章伟飞. RoF 系统 60 GHz 毫米波产生方法的研究 [J]. 现代企业教育, 2010(10): 116-117.

[7] 陈丹, 柯熙政, 张拓, 等. 基于 16PSK 调制的副载波无线光通信实验研究 [J]. 中国激光, 2015, 42(1): 197-204.

[8] 张肇敏. 高速相干光通信系统中高频谱效率调制及信号损伤恢复算法的研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.

[9] 冯天雨, 杨家玮. 8PSK 调制解调技术实现的研究 [J]. 重庆邮电学院学报 (自然科学版), 2005, 17(4): 440-443.

[10] LU J H, LETAIEF, K B, et al. M-PSK and M-QAM BER computation using signal-space concepts [J]. Communications IEEE Transactions on, 1999, 47(2): 181-184.

[11] ZHU D, MATHEWS V J, DETIENNE D H. A likelihood-based algorithm for blind identification of QAM and PSK signals [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2018, 17(5): 3417-3430.

[12] GUNTURKUN U. Exploiting the fast spectral roll–off of CPM side–lobes to improve bandwidth efficiency in satellite communications [J]. IEEE Communications Letters, 2017, 21(7): 1461-1464.

[13] LIU A L, YIN H X, WU B. High-efficient full-duplex WDM-RoF system with sub-central station [J]. Optics Communications, 2018, 414: 72-76.

[14] SILVA N A, PINTO A N. Role of amplifiers gain on the achievable information rate of M-ary PSK and QAM constellations [J]. Optics Communications, 2017, 383: 215-

222.

[15] KIM H S, PHAM T T, WON Y Y, et al. Simultaneous wired and wireless 1.25 Gb/s bidirectional WDM-RoF transmission using multiple optical carrier suppression in FP LD [J]. Journal of Lightwave Technology, 2009, 27(14): 2744-2750.

简 讯

上海第二工业大学教师获 “曙光计划” 项目资助

近日, 2018 年度上海市 “曙光计划” 项目名单公布, 共有 57 个项目入选, 我校工学部吴子华主持的项目 “纳米热电材料内热电效应耦合及其对性能的影响” 获得资助, 资助金额为 15 万元。

上海市 “曙光计划” 是自 1994 年起设立的上海高校中青年科研骨干资助计划, 旨在加强上海高校中青年科研骨干队伍建设, 培养和造就一批科研创新人才, 增强上海高校知识创新能力。20 多年来, “曙光计划” 已成为上海高校高水平人才培养计划中的品牌。