

基于 8-ASK 调制的可见光通信系统研究

梁 刘, 蔡喜平*, 李子川, 王克鑫

(黑龙江大学 物理科学与技术学院, 哈尔滨 150080)

摘要:从提高可见光通信(VLC)的通信速率和系统的实用性出发,研究了基于八进制幅移键控(8-ASK)调制解调的 VLC 系统。通过 Optisystem 和 Matlab 联合仿真,确定在保证低误码率情况下八进制为多进制调制中的最优进制数。设计了 VLC 系统发射端、接收端和判决再生电路,进行了 8-ASK 调制的可见光通信实验研究。实验证明了在保证低误码率的情况下通过该方法提高通信速率的可行性。

关键词:可见光通信;白光 LED;通信速率;八进制幅移键控(8-ASK)

中图分类号:TN915.62 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-5561(2018)02-0042-04

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2018.02.012

Research on visible light communication system based on 8-ASK modulation

LIANG Liu, CAI Xiping*, LI Zichuan, WANG Kexin

(School of Physics Science and Technology, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract: In order to improve the VLC system communication rate and the practicality of the system, a VLC system based on 8-ASK modulation-demodulation scheme is studied in this paper. In the premise of low bit-error-rate, 8-ASK is determined to be the optimum scale in the multi-scale modulation through the simulation based on Optisystem and Matlab. The transmitter, receiver and decision regeneration circuit are designed and VLC communication experiments based on the 8-ASK modulation are conducted. Results of the experiments show the feasibility of improving the communication rate through this method in the case of low bit-error-rate.

Key words: visible light communication; white LED; communication rate; 8-ASK

0 引言

由于 LED 生产技术的不断提高及可见光通信(VLC)本身具有诸如节能环保、不受频谱使用许可限制、短距离通信安全保密和无电磁干扰等许多优点^[1,2],使得 VLC 在室内定位(室内行人导航、室内准确定位)、智能交通运输系统、VLC 高速数据传输、航空通信和水下通信等方面的应用取得了突破^[3,4]。从通信数据量来看,云计算、消费电子和移动通信技术的不断发展导致了用户数据需求呈指数级增长。如果全球

数据量以目前的速度增长,单纯依靠射频(RF)技术已无法满足需求^[5]。因此,未来通信网络必须建立在不同通信手段(射频、毫米波和光通信)的互通互融基础之上^[6]。VLC 是以白光 LED 为光源的无线可见光通信,它具有很高的通信速率,是未来通信网络实现高通信速率的一个重要手段。本文从提高 VLC 系统通信速率和系统的实用性出发,提出基于 8-ASK 调制解调的 VLC 系统,并进行了通信实验研究。

1 多进制幅移键控(MASK)调制技术

目前,VLC 系统常用强度调制/直接调制(IM/DD)方式,主要包括脉冲位置调制(PPM)、差分脉冲位置调制(DPPM)、开关键控(OOK)、脉冲宽度调制(PWM)、正交频分复用(OFDM)和无载波相位幅度调制(CAP)

收稿日期:2017-08-16。

基金项目:黑龙江大学研究生创新科研项目资金(批准号:YJSCX2017-182HLJU)资助。

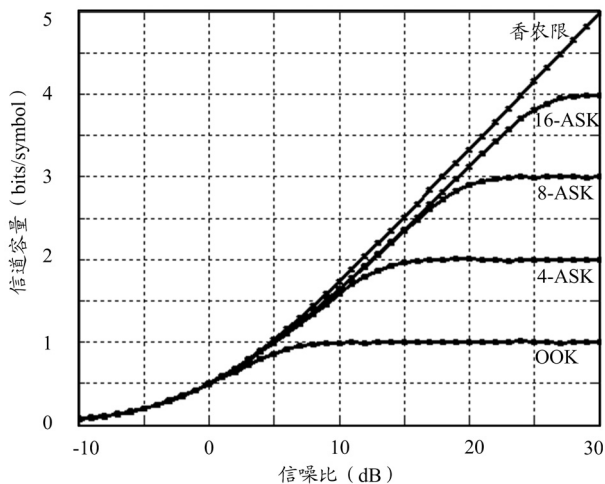
作者简介:梁刘(1992-),男,硕士研究生,主要研究方向为光电信息技术。

*通信作者:蔡喜平(E-mail: xipingc@hotmail.com)。

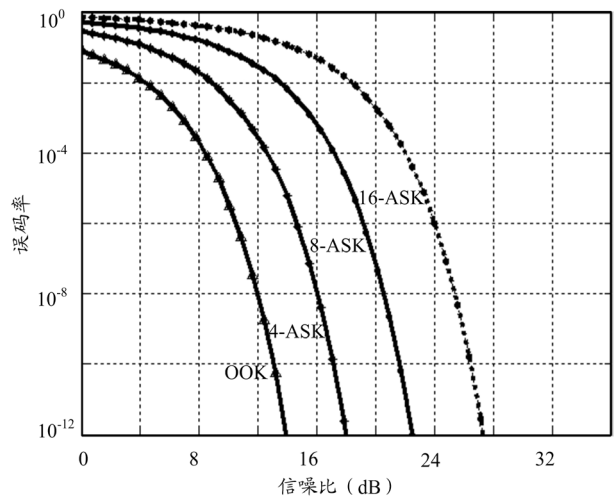
等^[7,8]。提升 VLC 系统通信速率的方法通常包括进一步提升信号速率、增加传输链路的数量以及提升同一个码元中携带的比特数量这 3 个方面,可以采用光源滤波技术、WDM 技术、MIMO 技术或高阶调制技术。采用滤波技术滤掉荧光型 LED 响应较慢的黄光分量也可以在一定程度上提高系统通信速率^[9];WDM 技术需要采用 RGB-LED,但 RGB-LED 价格较荧光型 LED 昂贵,且驱动相对复杂^[3,10];成像 VLC-MIMO 系统由于受成像探测器速率的影响,其通信速率并不高^[11];高阶调制如 OFDM 技术在提高系统通信速率的同时也增加了系统的复杂程度^[12]。所以,对于实用 VLC 系统,选择一种合适的调制方式至关重要。

MASK 调制技术用不同电平值表示不同信号。在 VLC 系统中,OOK 调制模式下 LED 每次闪烁只能传递一位信息,而在 MASK 调制模式下每次闪烁能传递 $\log_2^M$ (M 代表进制数) 位信息。因此,相较于 OOK 系统,8-ASK 调制系统的通信速率是 OOK 的 3 倍;更有意义的是,与 OOK 系统相比,MASK 系统在相同速率传递条件下其脉冲宽度是 OOK 系统的 $\log_2^M$ 倍,这能减少码间串扰^[13]。因此,本文提出基于 MASK 调制方式的 VLC 系统。但是,MASK 系统的误码率会随着进制数 M 的增加而提高,所以 M 的选择一定要根据实际情况认真考量。

本文根据实验条件,运用 Optisystem 和 Matlab 仿真软件,对不同 M 下 VLC 系统的信道容量、误码率和眼图进行仿真,以确定最佳进制数。Optisystem 和 Matlab 仿真环境设置如下:伪随机序列码长 2048,该伪随机码用于 OOK、4-ASK、8-ASK 和 16-ASK 调制解调仿真,FSO 信道按照文献^[14]设置,衰减系数设定为 2dB/km,探测器采用型号为 ps025 的 PIN,设定其



(a) 不同进制数下系统信道容量



(b) 不同进制数下系统误码率

图 1 不同进制数下系统信道容量和误码率曲线图

光谱响应度为 0.55A/W (波长为 800nm)。仿真结果如图 1 和图 2 所示。

图 1 表明,当信噪比为 20dB 时,8-ASK 的信道容量是 OOK 的 3 倍,同时其误码率小于 10^{-6} 。因为荧光型 LED 受响应较慢的黄光影响,其 3dB 带宽只有 1MHz 左右^[13]。图 2 仿真结果显示,当通信速率为 1MHz 时,16-ASK 调制模式下接收端眼图已经不可分辨。本文根据图 1 和图 2 仿真结果,得出 8-ASK 能在保证低误码率情况下有较高通信速率。

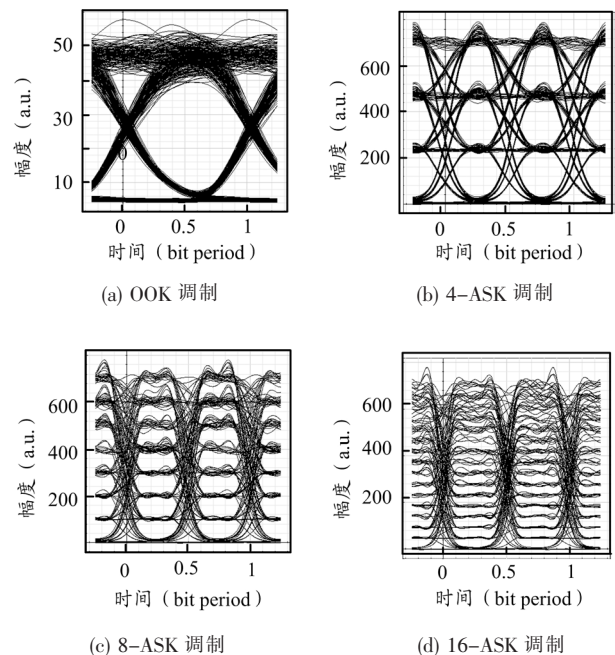


图 2 不同进制数下系统接收端眼图

2 基于8-ASK调制解调的VLC系统结构

基于8-ASK调制解调的VLC系统结构如图3所示,包括LED驱动模块、PIN接收模块和模数转换器组成的信号判决再生模块。数据先经过串并转换及8-ASK调制,再把信号传到LED驱动电路,其中LED是功率为3W的白光LED。在接收端,PIN接收到的光信号经过放大后送到判决再生模块。判决再生模块核心器件是模数转换器TLC5510,信号被判决再生前,先将信号电平调整到0.6~2.6V之间,使其在TLC5510的判决范围之内。

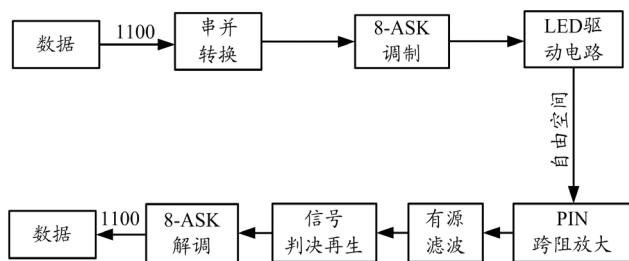


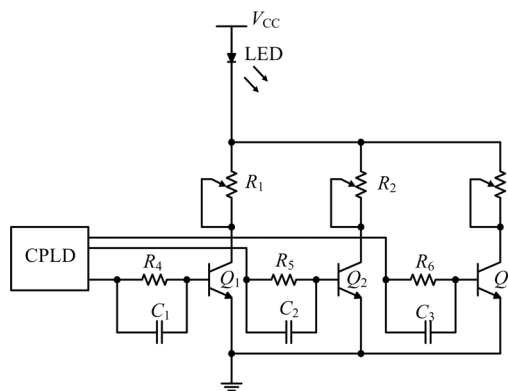
图3 基于8-ASK调制可见光通信系统结构

2.1 LED驱动端

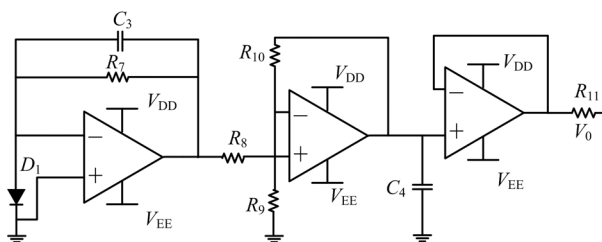
国内外大多数VLC通信实验的LED驱动电路使用BIAS-T模块,但其成本很高且可驱动电流较小^[15]。本文设计了用于8-ASK可见光通信的LED驱动电路,其电路图如图4(a)所示。该驱动电路由三路2SC5551构成的开关电路组成,2SC5551特征频率为3.5GHz,集电极电流可高达300mA,2SC5551的这些特点使得LED驱动电路有较好的高频特性。电路中电容 C_1 、 C_2 和 C_3 起加速作用,当 C_1 、 C_2 和 C_3 取值合适时,能使得开关电路具有更好的高频特性。电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 控制三极管集电极电流大小,当 R_1 、 R_2 和 R_3 取值合适时能保证LED有8种亮度。

2.2 PIN接收端

PIN接收电路由两级运放电路和有源滤波器组成,两级级联放大能使增益稳定,其电路图如图4(b)所示。其中第一级放大为光生弱电流放大,采用了OPA657跨阻型运放芯片设计电路,OPA657芯片除了具有高速和低噪声的特点,它还能提供1.6GHz带宽增益积以及700V/ μ s的压摆率。 R_7 的取值决定了放大倍数,本文 R_7 取20k Ω 时, C_3 理论值为0.2pF,但是电阻的寄生电容典型值为0.2pF,所以实际电路中并未加上 C_3 。信号经二级放大和有源滤波之后接入TLC5510构成的判决再生电路,TLC5510满量程为2V,精度为78.4mV,能在一定范围起到自动增益的效果。



(a) 驱动端电路图



(b) 接收电路图

图4 LED驱动端和PIN接收端电路图

3 系统测试与结果分析

我们按照图5搭建VLC系统,对其进行测试。首先,对LED驱动端进行测试,用复杂可编程逻辑器件(CPLD)设计信号源,当LED驱动端单路通信速率为1.5MHz时,驱动端眼图清晰,眼睁开较大,因此驱动端理论上可实现4.5MHz的带宽。然后,对PIN接收端进行测试,当信道距离为38cm时,信号接收稳定,接收信号电压最小差值为200mV,大于TLC5510的精度值;同时,TLC5510能准确解码。测试结果如图6所示。



图5 VLC通信系统实验设备

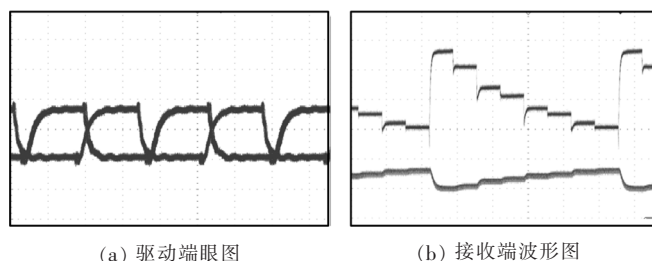


图6 VLC系统LED驱动端和PIN接收端波形图

异步串行通信测试时,PC1(个人电脑)与串并转换模块以及PC2与解调模块通过串口线相连。PC1发送文本信号到串并转换模块,调制模块驱动LED发光,信号经自由空间传到PIN,最后经由解调模块将文本信号解调出来。Quartus II内置的SignalTap软件能通过JTAG线将解调模块采集到的信号实时显示到PC屏幕,供分析调试。通信测试中,文本信息能准确无误从PC1传输到PC2。

异步串行通信测试中通信距离为38cm,选用更大功率的LED并增大驱动电流可以延长通信距离。文献[13]提出了四进制幅移键控(4-ASK)调制方法,本文根据实际仿真结果提出8-ASK调制解调方法,能进一步提高通信速率。文献[16]的实验结果表明,OOK调制方式在信噪比为5dB时,误码率为 10^{-6} 。文献[17~19]提出的基于OOK调制方式的VLC系统受制于LED的3dB带宽,通信速率都只有1MHz左右。文献[20]仿真结果表明,OFDM调制方式在信噪比为20dB时,误码率大于 10^{-3} 。本文提出基于8-ASK调制的VLC系统通信速率能达到4.5MHz,同时误码率小于 10^{-6} 。

4 结束语

目前关于VLC系统通信速率提高的研究越来越多,本文从系统的实用性着手,提出了8-ASK调制解调方法,并通过仿真不同进制数下系统的信道容量、误码率和眼图确定8-ASK能在保证系统低误码率情况下有较高通信速率。本文设计的VLC系统发射端、接收端和判决再生电路完整地展现了基于照明与通信的VLC系统,进一步增加了系统实用性。但本文设计的VLC系统信道距离只有38cm,距离实用还有一定距离。因此,增大通信距离,进一步提高基于8-ASK的系统通信速率,将是下一步的研究重点。

参考文献:

- [1] GARCIA G C, RUIZ I L, GOMEZ-NIETO M A. State of the Art, Trends and Future of Bluetooth Low Energy, Near Field Communication and Visible Light Communication in the Development of Smart Cities [J]. Sensors, 2016, 16(11): 1-38.
- [2] RAJBHANDARI S, MCKENDRY J J D, HERRNSDORF J, et al. A review of gallium nitride LEDs for multigigabit-per-second visible light data communications [J]. Semiconductor Science and Technology, 2017, 32(2): 1-40.
- [3] 宋小庆,赵梓旭,陈克伟,等.可见光通信应用前景与发展挑战[J].激光与光电子学进展,2015,52(8):30-38.
- [4] 王虹,蔡喜平.基于白光LED的可见光通信研究进展[J].半导体光电,2014,35(1):5-9.
- [5] WANG C X, HAIDER F, GAO X, et al. Cellular architecture and key technologies for 5G wireless communication networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(2): 122-130.
- [6] AYYASH M, ELGALA H, KHREISHAH A, et al. Coexistence of WiFi and LiFi toward 5G: concepts, opportunities, and challenges[J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(2): 64-71.
- [7] 迟楠. LED可见光通信技术[M].北京:清华大学出版社,2013.
- [8] 刘洋,章国安.可见光通信调制方式及其性能研究[J].激光与光电子学进展,2014,51(9):61-67.
- [9] LANGER K D, VUCIC J, KOTTKE C, et al. Advances and prospects in high-speed information broadcast using phosphorescent white light LEDs [C]// Proceedings of the International Conference on Transparent Optical Networks. June 28-July 2, 2009, S. Miguel, Azores. Piscataway: IEEE, 2009.
- [10] 汪广业,邹念育,王金鹏,等.基于波分复用技术的LED可见光通信的研究[J].光通信研究,2016(2):67-70.
- [11] 李荣玲,商慧亮,雷雨,等.高速可见光通信中关键使能技术研究[J].激光与光电子学进展,2013,50(5):40-50.
- [12] 冯海燕,王旭东,吴楠,等.一种新的可见光通信光OFDM方法[J].光通信研究,2016(3):58-61.
- [13] 高家利.基于预失真四进制幅移键控调制的可见光通信系统[J].光电子·激光,2014,25(8):1502-1505.
- [14] 汤玲利,陈名松,汪永辉.基于RGB LED调制技术仿真研究[J].光通信技术,2014,38(2):60-63.
- [15] 许笑,陈名松,汤玲利.基于RGB LED可见光通信的实验研究[J].激光与光电子学进展,2015,52(10):71-77.
- [16] 张建昆,杨宇,陈弘达.室内可见光通信调制方法分析[J].中国激光,2011,38(4):131-134.
- [17] 李茹,张涛,朱秋煜,等.基于FPGA的OOK可见光通信系统设计与实现[J].工业控制计算机,2016,29(12):106-107.
- [18] 王莘迪.基于白光LED的室内无线通信的研究[D].兰州:兰州交通大学,2014.
- [19] 王世举.基于白光LED的室内可见光通信系统研究[D].郑州:郑州大学,2016.
- [20] 罗亚赛,梁进波,郎磊.可见光通信中多载波调制技术比较分析[J].无线电工程,2015,45(1):72-75.

欢迎刊登广告