

基于双路发送的可见光音视频混合传输

董德壮¹,万生鹏^{1,2*},尹玺¹,熊新中¹,谭超¹

(1.南昌航空大学 江西省光电检测技术工程实验室,南昌 330063;

2.南昌航空大学 无损检测与光电传感技术及应用国家地方联合工程实验室,南昌 330063)

摘要:在可见光音视频的实时传输中,系统对速率要求较高。为了降低传输速率,在发送端利用现场可编程门阵列(FPGA)调制模块分别采集视频数据和语音数据,然后加载至对应的发光二极管(LED)驱动电路,将2路LED发出的光同时投射到光电探测器上;接收端根据光/电转换之后的电压信号进行强度判别,分离出语音数据和视频数据,分别传输至对应的终端。实验证明该系统在传输速率相对较低的情况下可以进行实时音视频的传输。

关键词:可见光通信;信号强度;调制/解调;现场可编程门阵列;混合传输

中图分类号:TN253 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-5561(2020)12-0025-04

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2020.12.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Visible light audio-video hybrid transmission based on two-way transmission

DONG Dezhuang¹, WAN Shengpeng^{1,2*}, YIN Xi¹, XIONG Xinzhong¹, TAN Chao¹

(1. Jiangxi Engineering Laboratory for Optoelectronics Testing Technology, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China;

2. National Engineering Laboratory for Nondestructive Testing and

Optoelectric Sensing Technology and Application, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: In the real-time transmission of audio and video in visible light, the system requires high speed. In order to reduce the transmission rate, video data and audio data are collected by field programmable gate array (FPGA) modulation module at the transmitting end, and then loaded into the corresponding light emitting diode (LED) driver circuit, the light from two LEDs is projected to the photodetector at the same time, and the receiving end separates the audio data and video data according to the intensity of the voltage signal after the photoelectricity conversion, and transmits them to the corresponding terminal. Experimental results show that the system can transmit real-time audio and video at a relatively low transmission rate.

Key words: visible light communication; signal intensity; modulation and demodulation; field programmable gate array; hybrid transmission

0 引言

可见光通信使用发光二极管(LED)灯作为光源,具有通信和照明的双重功能^[1-5]。目前,可见光通信已经成为无线通信领域的热点研究方向,其应用前景非常广阔^[6-9]。

收稿日期:2019-12-18。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61465009、61067005)资助;江西省主要学科学术和技术带头人资助计划项目(20172BCB22012)资助。

作者简介:董德壮(1993—),男,河南开封人,硕士生,现就读于南昌航空大学测试与光电工程学院,光学工程专业,研究方向为可见光通信。主要从事可见光室内定位的算法仿真和系统验证,以及可见光音视频通信的信道编码研究工作。

*通信作者:万生鹏(E-mail: sp.wan@163.com)。



现有的可见光通信技术,大部分只进行单种实时语音数据传输或者单种视频传输通信,或者在一个系统里只能单独传输一种数据。特别对于视频数据的传输,由于其庞大的数据量,要想进行实时传输,对硬件和软件的要求都比较高^[10],而采用其它技术(如利用软件对音视频数据进行编码)又较为复杂^[11-12]。

为了在相对较低的速率下进行可见光实时音视频通信,本文提出一种利用双路发送端混合发送语音数据和视频数据,接收端根据接收信号强度进行判别的实时可见光音视频通信系统。

1 系统设计方案

可见光音视频通信系统框图如图1所示。整个

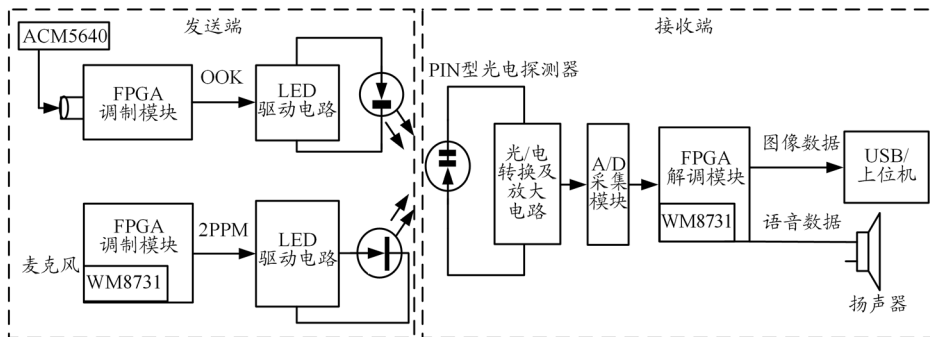


图1 可见光语音视频通信系统框图

系统分为发送端和接收端两大模块。发送端由ACM5640摄像头、现场可编程门阵列(FPGA)调制模块和LED驱动电路组成;接收端由光/电转换放大电路、模/数(A/D)采集模块、FPGA解调模块、上位机和扬声器组成。其中,FPGA模块内嵌WM8731语音编/解码芯片。系统工作流程如下:首先,FPGA调制模块驱动ACM5640摄像头,并配置摄像头的相关寄存器,使其输出JPEG格式的视频数据进行开关键控(OOK)调制之后加载至LED驱动电路。然后,FPGA调制模块驱动WM8731语音编码芯片,将语音数据通过麦克风输入WM8731内部,对语音数据进行脉冲幅度调制(2PPM)后加载至对应的LED驱动电路。将这2路LED光同时投射到PIN型光电探测器上,接收端通过光/电转换与放大后,A/D采集模块将采集的数据传给FPGA内部进行解调恢复,分离出2路数据。最后,将视频数据通过USB传给上位机,语音数据经WM8731解码后外接扬声器。这样,系统的实时语音视频传输流程完成。

2 发送端系统设计

2.1 视频数据采集和编码

本系统视频采集采用的是ACM5640型500万像素高清摄像头模块。该模块具有单电源3~5V供电输入、最高500万像素视频输出能力;带双LED补光灯,支持自动对焦、JPEG等功能。

利用FPGA对摄像头进行驱动,通过配置相关寄存器,使视频数据输出格式为JPEG。JPEG格式的数据采集与其它方式不同,JPEG格式是将视频数据均匀地分成1024个8位数据为一帧进行采集的,且相邻的2组数据之间时间不固定。采集视频数据的时钟为48MHz,考虑到电路实际的传输速率,选用FPGA的异步先进先出(FIFO)对视频数据进行缓存,并采用OOK进行调制。

在实际电路传输速率为5Mb/s的情况下,本文设置FIFO读使能为en,当en为高电平时读出16个8位数据时,en变为低电平,此时不再进行读操作。当16个数据进行并/串转换之后,en再次变为高电平,继续读出,反复循环,直至FIFO数据读完为止。对读出来的16个数据首先进行位拼接,将拼接完成的数据设置为data1,然后

编码成帧,这里以01010101作为帧头。在en读出数据期间,输出设置为高电平,不仅保证LED的亮度,而且方便判断帧头,利于解调。

2.2 语音数据采集和编码

语音数据的采集用的是WM8731音频编/解码芯片,由于它的高性能耳机驱动器、低功耗设计、可控采样频率和可选择的滤波器,使得WM8731编/解码芯片广泛应用于便携式的音频场合。

相对于视频数据,语音数据量较少,即使实时传输声音,也无需对语音数据进行缓存处理。但是,为了提高传输效率,此处对语音信号进行2PPM,将二进制1转换为10,0转换为01,所以调制之后的数据并不会出现连续3个1或者3个0。

在调制之前,首先要对调制的一帧数据宽度进行计算,利用FPGA驱动WM8731,配置相关寄存器,输出一组16位的数据,时间约为20μs。2PPM后位宽为16×2=32位,再加上帧头1110,所以一帧数据总共36位。将产生的语音数据输入编码模块,完成并/串转换并加载至LED驱动电路,接收端对其进行光/电转换。

2.3 LED驱动电路

将编码成帧视频数据和语音数据分别加载至LED驱动电路,便可以在照明的同时传输数据。LED驱动电路如图2所示,前置电压放大和电流驱动采用AD811芯片和NPN型三极管组成。经检测,在传输速率为5Mb/s的情况下,码元并没有出现明显失真,符合通信要求。

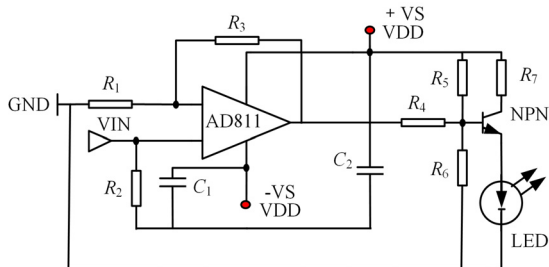


图2 LED驱动电路

3 接收端系统设计

3.1 光/电转换及放大电路

光/电转换电路由光电探测器和电压放大电路组成。考虑到响应频率、光电灵敏度等因素, 这里选用型号为 S6968 的 PIN 型光电二极管, 响应频率可以达到 50 MHz。电压放大电路同样采用 AD811 视频运算放大器。光/电转换及放大电路图如图 3 所示, OUT 端连接 A/D 采集模块。

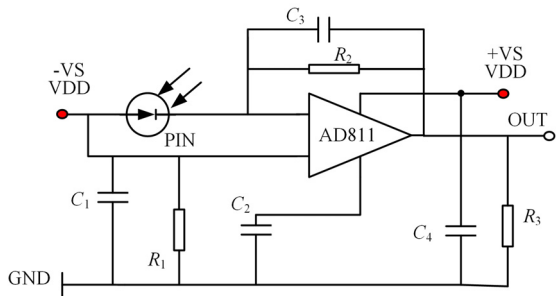


图 3 光/电转换及放大电路

3.2 A/D 采集模块

本实验 A/D 采集模块采用的是型号为 AL-INX9226、12 位并行 A/D 采集卡, 它由 2 片 AD9226 芯片构成, 采样速率可以达到 50 Mb/s。经测试, A/D 采集模块符合实验要求。

3.3 光强判别处理

将 A/D 采集的数据传输至 FPGA 内部, 通过对光强的判别处理, 分离出对应的视频数据和语音数据。

由于接收端采集的光强度是视频数据和语音数据的叠加, 所以相对单个 LED 进行接收时, 发送端与接收端之间的距离也大大增加。为了方便对光/电转换之后的数据进行分离, 可以设置 2 路不同 LED 驱动电压, 调制输出为以下 2 种光/电转换的情形 (如图 4 和图 5 所示), 以便于接收端阈值判别处理。其中, 蓝色为语音数据, 绿色为视频数据, 黄色为经过光/电转换之后所采集的波形, 可以看出, 叠加之后的波形与原来的数据呈一一对应关系。经过光/电转换之后的波形

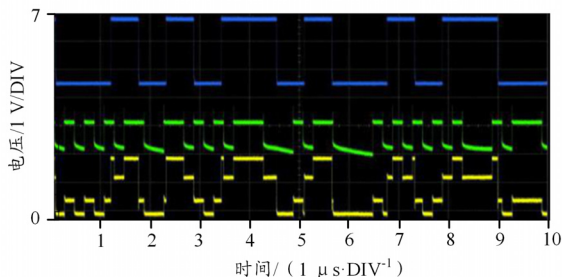


图 4 混合后接收端信号 (黄色) 1

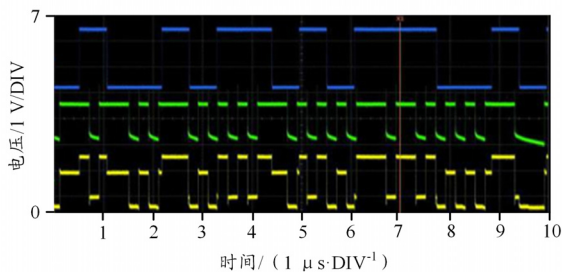


图 5 混合后接收端信号 (黄色) 2

呈 4 种状态, 即高、中高、中低和低。图 4 中, 中高状态为低电平, 中低状态为高电平; 图 5 则相反, 中高状态为高电平, 中低状态为低电平。然后, 对经过光/电转换之后的数据进行阈值判别, 分离出对应的视频数据和语音数据。

图 6 是图 4 简化后的状态图。可以看出, 与视频数据相比, 语音数据的阈值判别比较简单, 直接选取中高状态和中低状态之间任意值 B 作为阈值即可; 而对于视频数据恢复, 则需要高状态与中高状态之间的阈值 A 、中低状态和低状态之间的阈值 C 共同决定, 对于视频数据的高电平判别为大于 A 或小于 B 大于 C , 低电平为小于 C 或大于 B 小于 A 。

图 7 是图 5 简化后的状态图。相比图 6 的阈值判别, 此时视频数据的恢复比较简单, 而语音数据的恢复则复杂, 但方法类似。视频数据的阈值还是选取中高状态与中低状态之间的任意值 b 作为阈值。对于语音数据恢复, 则需要高状态与中高状态之间的阈值 a 、中低状态和低状态之间的阈值 c 共同决定。语音数据的高电平判别为大于 a 和小于 b 大于 c , 低电平为小于 c 和大于 b 小于 a 。

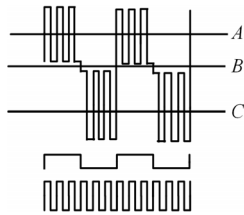


图 6 混合后接收端信号简化 1

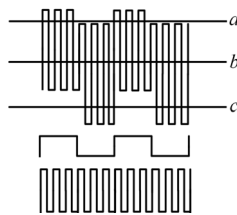


图 7 混合后接收端信号简化 2

4 实验结果

本文将分离出来的视频数据和语音数据分别进行串/并转换, 恢复为原来的 16 位语音数据和 8 位 JPEG 视频数据, 语音数据通过 FPGA 解调模块内部的 WM8731 音频解码芯片, 外接扬声器便可以听到实时

董德壮, 万生鹏, 尹玺, 等: 基于双路发送的可见光音视频混合传输

语音; 对于视频数据, 通过 USB 模块写进上位机, 便可以显示实时的视频。

实验系统实物如图 8 所示, 通过对 LED 位置的调整, 不仅可以进行语音数据的传输, 还可以进行视频数据传输。

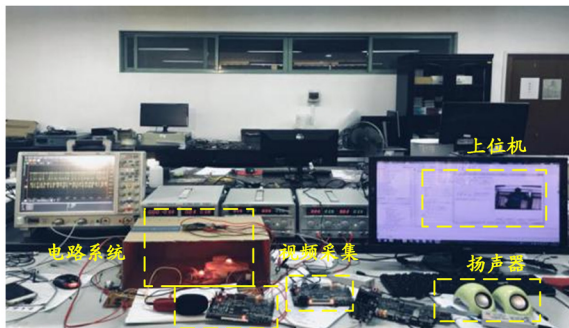


图 8 系统实物图

5 结束语

针对可见光通信系统, 本文提出一种利用双路发送端混合发送语音数据和视频数据, 然后根据接收信号强度进行判别的实时可见光音视频通信系统。实验证明在传输速率为 5 Mb/s 的情况下, 通过对光强的判别处理, 可以进行语音视频实时传输, 且相对于单种视频或者语音数据的传输, 通信距离也有所增加。本实验实际通信距离为 15 cm, 若采用大功率 LED 或聚光型探测器, 可以提高通信距离。

参考文献:

- [1] HAO W, KAMEZAKI M, YAMAGUCHI K, et al. A Preliminary Experimental Analysis of In-Pipe Image Transmission Based on Visible Light Relay Communication. [J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2019, 19(21): 7-9.
- [2] DONG Junming, ZHU Yijun. Convex relaxation for illumination control of multi-color multiple-input-multiple-output visible light communications with linear minimum mean square error detection. [J]. Applied optics, 2017, 56(23): 12-13.
- [3] ASMAA I, TAWFIK I, KHALED E M, et al. Odd clipping optical orth-ogonal frequency division multiplexing for VLC system[J]. International Journal of Communication Systems, 2019, 32(16): 4-5.
- [4] 胡国永, 陈长缨, 陈振强. 白光 LED 照明光源用作室内无线通信研究 [J]. 光通信技术, 2006, 30(7): 46-48.
- [5] 段吉海, 黄智伟. 基于 CPLD/FPGA 的数字通信系统建模与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [6] 张伟, 李霞明. 帧同步电路的 VHDL 设计[J]. 微计算机信息, 2008, 24(12): 246-247.
- [7] 任鑫, 李洪祚, 王岩. 脉冲位置调制对脉冲式光纤激光器调制速率的影响[J]. 光学学报, 2014, 34(7): 41-48.
- [8] 骆宏图, 陈长缨, 傅倩, 等. 白光 LED 室内可见光通信的关键技术[J]. 光通信技术, 2011, 35(2): 56-59.
- [9] 闫伟才. 基于室内 LED 光源的无线通信技术研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2011.
- [10] 迟楠. LED 可见光通信技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [11] 刘芳. 基于 DirectShow 的可见光实时音视频传输系统[D]. 南京: 南京邮电大学, 2014.
- [12] 李伟. 基于自由空间光通信语音传输系统的研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2010.