

Design and Implementation of Indoor Visible Light Communication System Based on Illuminated LED

Rongxin Zeng*, Xinyuan Luan, Zhaotian Sun

Shanghai Aviation Electric Co., Ltd., Shanghai
Email: idsictfzrx@foxmail.com

Received: May 24th, 2019; accepted: Jun. 6th, 2019; published: Jun. 13th, 2019

Abstract

Visible light communication, as a new type of wireless communication, can meet the requirements of LED lighting at the same time to provide communication functions, in line with the modern concept of environmental protection and energy saving. In this paper, an improved scheme is proposed based on the existing lighting system, and a set of visible light communication system is designed and implemented. Through the actual test, the system can carry out real-time HD video transmission; the average transmission rate of the network port is 75 Mbps.

Keywords

Visible Light Communication, Illumination LED, Transmission Rate, Photodiode

基于照明LED的室内可见光通信系统的设计与实现

曾荣鑫*, 栾新源, 孙兆田

上海航空电器有限公司, 上海
Email: idsictfzrx@foxmail.com

收稿日期: 2019年5月24日; 录用日期: 2019年6月6日; 发布日期: 2019年6月13日

摘 要

可见光通信作为一种新型的无线通信方式, 可在LED灯满足照明的同时提供通信功能, 符合现代绿色环保
*通讯作者。

保的节能理念。对此,本文在已有照明系统的基础上提出改进方案,设计并实现了一套可见光通信系统。经过实际测试,该套系统可进行实时高清视频传输,网口端平均传输速率为75 Mbps。

关键词

可见光通信, 照明LED, 传输速率, 光电二极管

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着无线通信技术不断发展,用户对于无线互联网的需求也在不断增长,更快、更可靠、更低时延的5G技术将会是移动通信技术解决方案。然而随着5G技术将采用更高的频段,剩余可用的无线电频谱资源将越来越少,新型的可见光通信(Visible Light Communication, VLC)技术由于具有宽频谱、低成本、高保密性、绿色环保、无辐射等优点,可对无线通信覆盖盲区(地铁、隧道、矿井、机舱)作补充,未来可与Wi-Fi形成技术互补,因此该技术一直是高校、研究院和企业的研究热点[1][2][3][4]。而照明系统作为现代生活环境的基础性设施,可在照明的同时利用光通信技术为光源提供通信的附属价值。对此,本文针对照明LED的室内可见光通信系统展开研究。

2. VLC 系统

2.1. VLC 系统简介

VLC 系统是利用光作为信息载体的一种无线通信方式,即光源光强随着控制信息的变化而改变,当光强变化频率高于人眼的闪烁临界频率时,则光源可同时满足照明与通信服务[5][6]。一般来说,VLC 系统由信源、调制解调器、光源驱动电路、光源、信道、光电探测器、小信号放大电路等组成[7][8],整体结构如下图1所示:

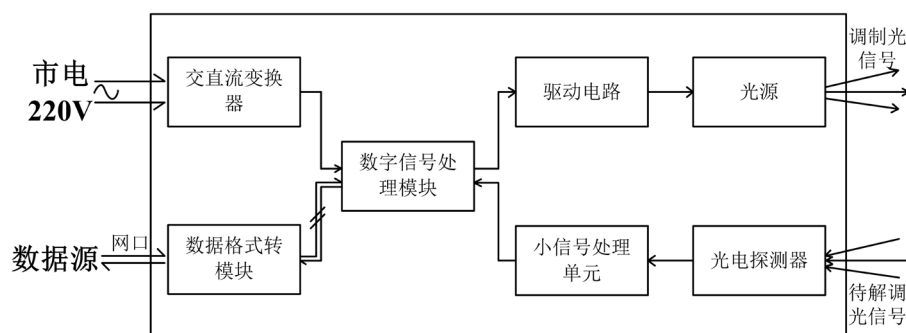


Figure 1. Principle structure of the VLC system transceiver terminal

图 1. VLC 系统收发终端原理结构

VLC 系统通过网口进行对外数据交换,上下行链路则是通过调制光信号进行数据传输。在上行链路中,数据源数据格式转换完成后得到原始基带数据,然后通过数字信号处理模块实现信道编码及算法调制,再通过驱动电路将调制信号叠加到光源的直流供电中,最后将数据以调制光信号的方式发射出去;

在下行链路中, 首先由光电探测器将光信号转换为电信号, 然后经过信号处理单元完成微弱信号放大和滤波, 再进行解调和信道译码后得到原始数据, 最后将数据转换成 TCP/IP 包通过网口传输出去。

对此, 本文针对室内照明环境下设计一套 VLC 系统, 通过对照明光源进行改装, 实现照明与通信功能, 并在此基础上粗略探究不同光源对实际通信速率的影响, 进而得出适合室内 VLC 系统的光源。以下为系统实现的主要模块设计过程。

2.2. 数字信号处理模块

数字信号处理模块为整个 VLC 系统的核心, 包括了信道编解码、调制解调、校验与纠错等过程, 此处选用电力载波芯片。该芯片是一颗高性能、低功耗、高集成度的 32 位 MCU 芯片, 内置 Cortex M0 内核, 主频高达 125 MHz, 内置 256 Kbyte SRAM, 支持 RTOS 操作系统、TCP/IP 协议栈和各种复杂协议及算法, 频率范围 2 MHz~28 MHz, 自适应跳频, 有效避开电力线噪声; 物理层传输速率最高可达 240 Mbps; 可实现实时多路高清视频的传输。同时又具有丰富的对外接口, 如多达 48 个 GPIO、SPI、UART、A/D、I2C、I2S、PWM、SDIO、Ethernet 等接口。可通过 4 线 SPI 接口连接外置的 SPI Flash, 支持在 Flash 上直接运行程序, 节省 SRAM, 并通过 16 Kbyte 指令 Cache 实现高速、零等待的程序运行。其内部结构如图 2(a)所示, 基带信号处理模块如图 2(b)所示:

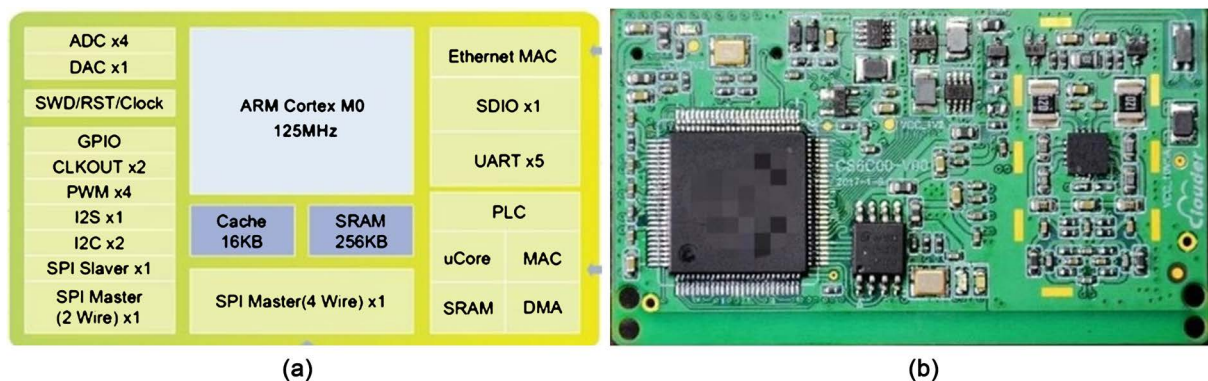


Figure 2. Baseband signal processing module. (a) CR600 structure diagram; (b) Module physical map
图 2. 基带信号处理模块。(a) CR600 芯片结构图; (b) 模块实物图

2.3. 光电探测器

此处的光电探测器选用灵敏度较高、响应速度快、光谱响应范围大的 PIN 管, PIN 管相对于 APD 管和 PMT 光电倍增管来说, 其成本较低、使用方便, 其性能也满足一般 VLC 系统的通信要求, 实物如图 3(a)所示。该光电探测器是一种高速、低暗电流的硅 PIN 光电二极管, 频谱响应范围为 400 nm~1100 nm, 响应时间为 1.2 ns, 频谱响应曲线如图 3(b)所示。

2.4. 小信号处理单元

小信号处理单元主要完成微安级电流—电压信号的转换, 以便后续信号处理。另外在一定的光照范围内, 距离和位置改变时, 调制光信号存在强弱差异, 因此需要设计 AGC 自动增益调节。电路基本结构如图 4 所示。

2.5. 驱动与光源

驱动电路主要实现将已调制好的数据信息加载到光源驱动上, 使得数据可以光的形式发送出去, 因

此采用如图 5(a) 的类 Bias-Tee 结构，即交流信号负责传信息，直流电负责光源供电。光源选用常见的筒式白光 LED，电功率为 7 W，光源头可以上下左右调节，方便对准。改装后的灯具如图 5(b) 所示，灯具左侧为光源，右侧为探测器。

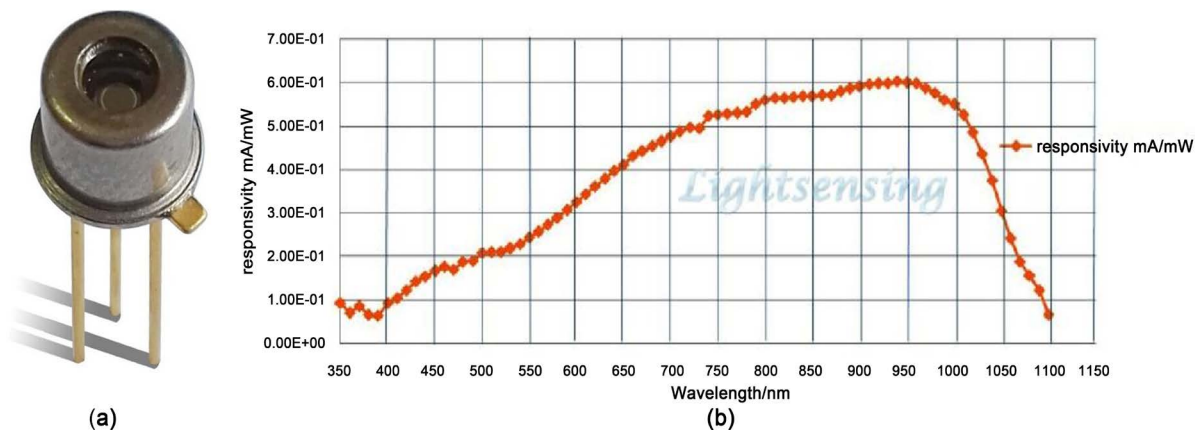


Figure 3. Photodiode. (a) PIN; (b) Relative spectral sensitivity vs. Wavelength
图 3. 光电探测器。(a) PIN 管实物；(b) PIN 管频谱响应曲线

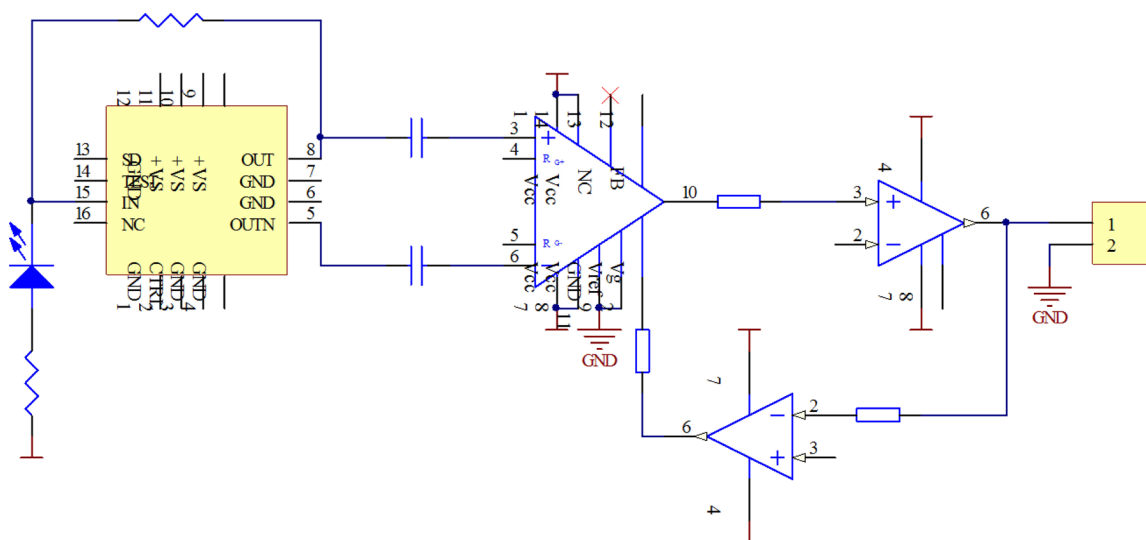


Figure 4. Small signal processing unit
图 4. 小信号处理单元

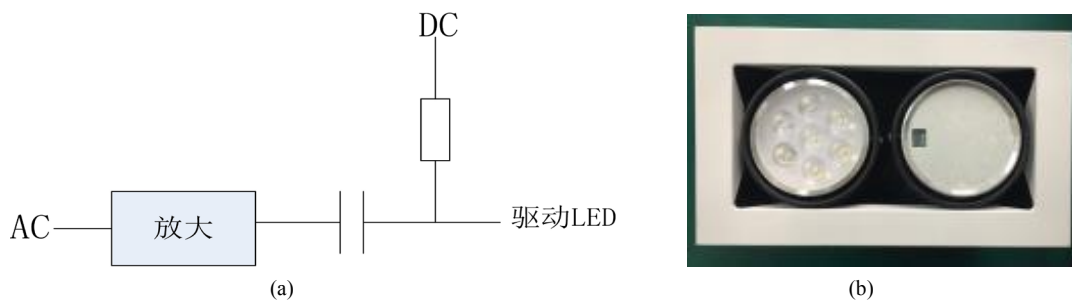


Figure 5. Light source. (a) Bias-Tee structure; (b) Retrofit lamp
图 5. 光源。(a) 驱动电路结构；(b) 改造后灯具

3. 系统测试与分析

3.1. 测试平台搭建

VLC 系统设计完成后，需要对其进行功能和性能测试。测试时，需要保持上下行链路中的光源与探测器中心位置在同一水平线。系统测试拓扑如图 6 所示：

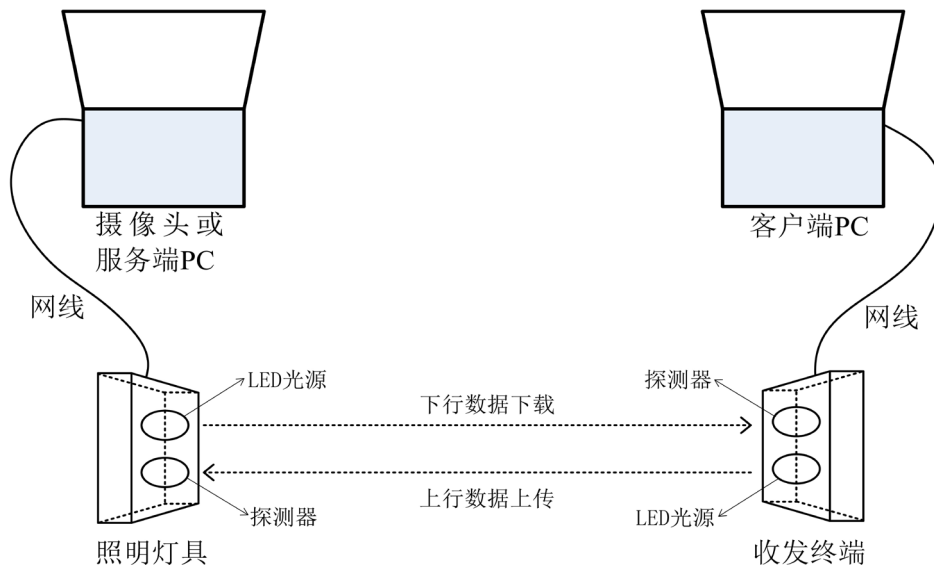


Figure 6. System test topology
图 6. 系统测试拓扑

3.2. 功能测试

此处的功能测试是用摄像头进行实时超高清视频传输，所有按系统测试拓扑连接，收发两端距离 3 m。测试期间可用障碍物遮挡传输光路，并在 PC 上查看视频传输情况。测试连接和 PC 客户端结果如图 7 所示。

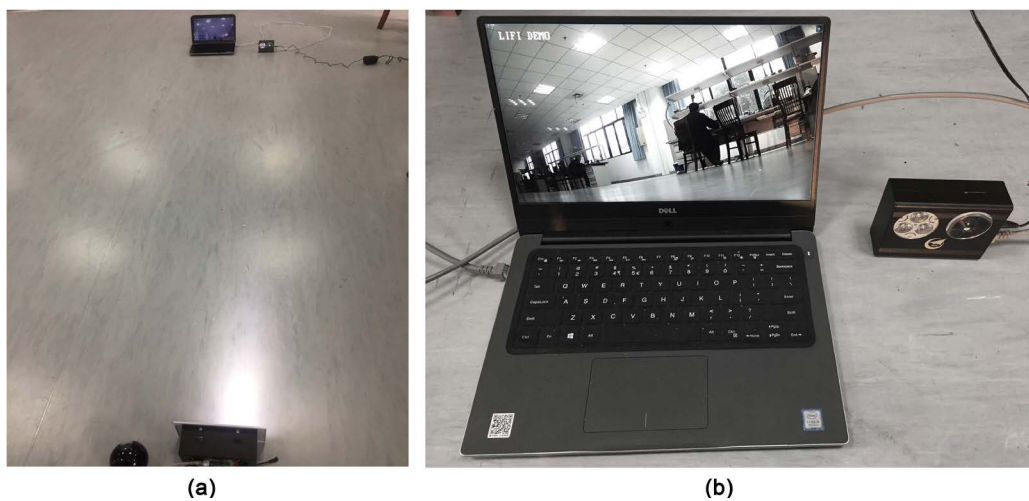


Figure 7. Real-time HD video transmission test. (a) System physical connection; (b) Client video
图 7. 实时高清视频传输测试。(a) 系统实物连接；(b) 客户端视频

经过测试, 该套 VLC 系统具备数据上传与下载功能, 当有障碍物遮挡传输光路时通信中断, 障碍物移除后通信恢复, 符合 VLC 系统的特点, 且满足系统设计功能要求。

3.3. 性能测试

性能测试是对数据传输速率测试。为测试实际的数据传输速率, 此处采用 PC 直连收发终端网口进行端到端测试, 测速软件为 JPref, 一台 PC 做服务端, 另一台做客户端。JPref 测试时走 TCP 协议, 缓冲区长度设置为 2 Mbits, TCP 窗口大小设置为 56 Kbytes, MSS 设置为 1 Kbytes。分别对白光和混色金黄光两种光源测试 6 次, 每次 10 s, 测试结果如图 8、图 9 所示。

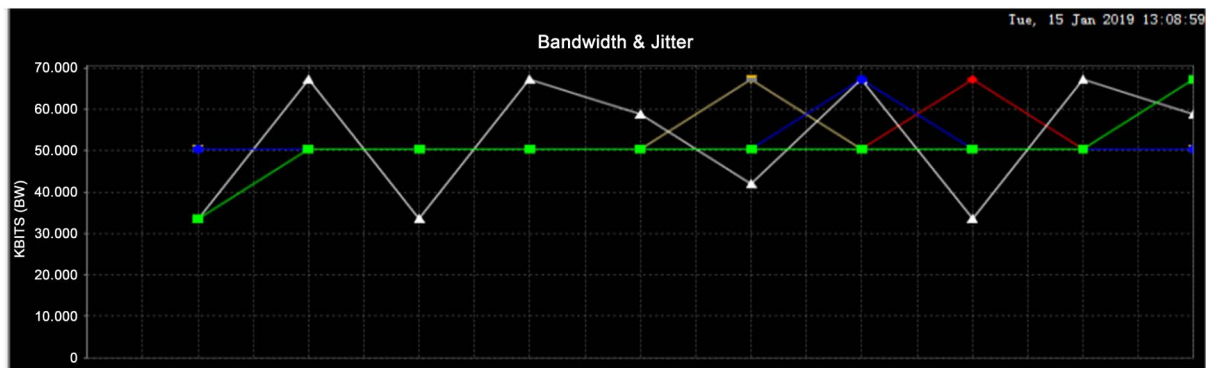


Figure 8. Curve: White LED speed test
图 8. 白光 LED 测速结果曲线

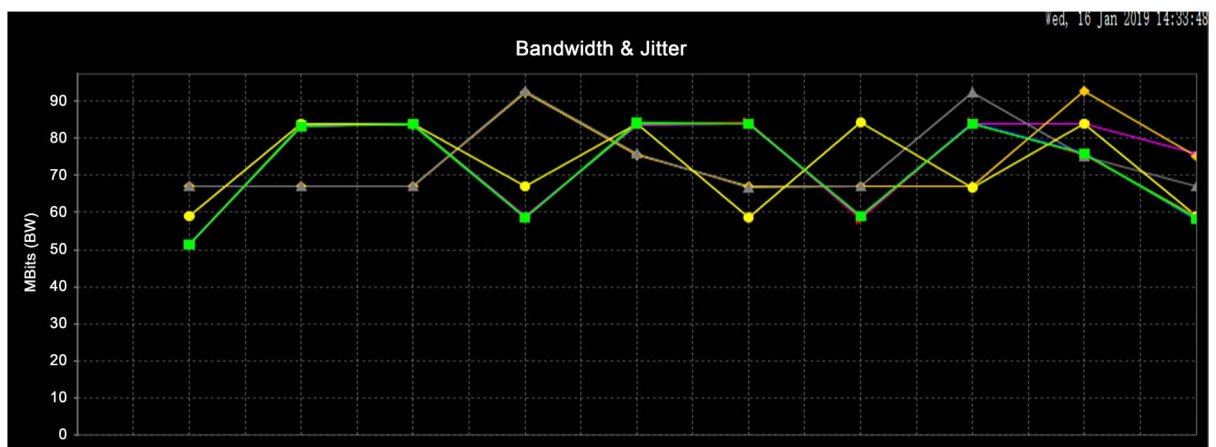


Figure 9. Curve: Golden light LED speed test
图 9. 金黄光 LED 测速结果曲线

3.4. 结果分析

以上结果可以看到, 光源为金黄光时, 其整体平均传输速率要比白光高, 大概为 75 Mbps。由于金黄光是由黄绿光与红光混色而成, 其 PIN 管的整体响应要比蓝光激发荧光粉产生的白光更好, 因此整体传输速率更快是符合原理的。

4. 结论

本文针对照明 LED 设计了一套室内可见光通信系统, 经过实测, 系统平均传输速率为 75 Mbps, 可

满足短距离的室内无线通信需求。

基金项目

上海市经信委软件和集成电路产业发展专项(170550)资助项目。

参考文献

- [1] 赵晗. 现代无线通信技术的发展现状及未来发展趋势[J]. 企业技术开发, 2011, 30(16): 86+89.
- [2] 傅民仓, 冯立杰, 李文波. 短距离无线网络通信技术及其应用[J]. 现代电子技术, 2006(11): 15-17+20.
- [3] 何胜阳. 室内可见光通信系统关键技术研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [4] 谭家杰. 室内 LED 可见光 MIMO 通信研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [5] 魏承功. 基于白光 LED 的室内可见光通信系统研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春理工大学, 2008.
- [6] 富容国, 常本康, 钱芸生, 詹启海. PIN 光电二极管探测器响应特性测试[J]. 光学与光电技术, 2007(1): 11-17.
- [7] 丁德强, 柯熙政, 李建勋. VLC 系统的光源布局设计与仿真研究[J]. 光电工程, 2007(1): 131-134.
- [8] 赵亚红, 李伟华, 吴伟陵. 正交多载波调制(OFDN)技术及其应用[J]. 电讯技术, 2001(1): 92-95.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5450, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: oe@hanspub.org