

# 基于二维码的可见光并行通信系统信号调制技术

陈治平 梁忠诚 马正北 钱 晨 曹 捷

(南京邮电大学光电工程学院, 江苏 南京 210046)

**摘要** 为了完善基于 LED 阵列的可见光并行通信系统,探索与之相配的信号调制方案,进行了实验并得出了相关结论。结合可见光并行通信系统的特点以及快速响应(QR)二维码的特征,采用 QR 码作为可见光并行通信的信息发送方式,研究了基于二维码的动态可见光并行通信系统的调制方案和译码图像处理技术。实验结果表明,该系统能动态发射 QR 码图像,便于接收,经过一定的图像处理,能正确译码。

**关键词** 并行通信;信号调制;图像处理;快速响应二维码

**中图分类号** TN919 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL201239.s105008

## Modulation Technology of the Visible Light Parallel Communication System Based Upon 2D-Bar Code

Chen Zhiping Liang Zhongcheng Ma Zhengbei Qian Chen Cao Jie

(College of Opt-Electronic Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications,  
Nanjing, Jiangsu 210046, China)

**Abstract** In order to make the visible light parallel communication system that is based upon LED arrays more perfect, and explore a suitable modulation technology, some experiments have been conducted and some conclusions are gotten. According to the feature of the visible light parallel communication system and quick response two dimensional (QR 2D) bar code, QR code is used as the information transmit mode of the visible light parallel communication system, and then the modulation scheme of the visible light parallel communication system is studied that is based upon 2D-bar code and the decoded techniques of QR code which is transmitted from the LED arrays. The experimental results demonstrate that QR code images can be transmitted dynamically, received expediently and decoded exactly by the way of the image processing.

**Key words** parallel communication; modulation; image processing; quick response two dimensional code

**OCIS codes** 060.4510; 170.4090; 100.2000

## 1 引 言

可见光通信(VLC)是一种建立在白光 LED 高速发光响应特性基础上的新兴光无线通信技术。这项技术可以把通信能力构建在 LED 照明之中,与此同时,减轻射频(RF)频带的拥挤程度,可为光通信提供一种全新的宽带接入方式<sup>[1,2]</sup>。与射频无线通信相比,VLC 具有无电磁干扰、发射功率高、信道容量大、设备兼容性好等突出优点。从 LED 照明系统中获得无线通信能力的可能性已经从实验得到证

明,将无线通信能力嵌入未来 LED 照明系统中是一个发展方向,很可能是光无线接入网的一个发展目标<sup>[3]</sup>,目前已受到业界的广泛重视。

但现有的高频率响应的 LED 价格昂贵,且使用仅限于实验室中,这势必成为提高 VLC 速率的一个限制因素。为此,曾尝试提出一种基于快速响应(QR)码的并行通信系统<sup>[4]</sup>,由一个 LED 阵列同时传送多路信号从而提高系统的传输速率。本文将简单介绍该并行通信系统的信号调制与接收过程。研

**收稿日期**: 2011-11-20; **收到修改稿日期**: 2012-02-08

**基金项目**: 国家自然科学基金(60878037)资助课题。

**作者简介**: 陈治平(1984—),男,硕士研究生,主要从事可见光通信方面的研究。E-mail: czp10033@163.com

**导师简介**: 梁忠诚(1958—),男,博士,教授,博士生导师,主要从事微流控光学、光信息存储技术、无线光通信技术等方面的研究。E-mail: zliang@njupt.edu.cn(通信联系人)(中国光学学会会员号:Z100091)

究开发的成果是二维码产品的延伸和扩展,截止到2010年底,手机二维码用户量已经突破2亿户,市场普及率达到53%,为手机二维码服务提供商创造的收入规模将超过16亿。相关研究的成果将具有较大的社会效益。

## 2 QR 二维码特点和结构

快速响应码,是由日本 Denso 公司于1994年9月研制的一种矩阵式二维条码,它除具有其他二维条码的共同特点——信息容量大、可读性高、可表示汉字及图像等多种格式信息之外,还具有下列特点<sup>[5]</sup>:超高速识读、全方位识读、高效表示汉字。

每个QR码符号是由正方形模块组成的一个正方形阵列,它由编码区域和功能图形组成。功能图形是用于符号定位于特征识别的特定图形,不用于数据编码,它包括位置探测图形(寻像图形)、分隔符、定位图形和校正图形,符号的四周留有宽度至少为4个模块的空白区。鉴于这种特殊的结构拥有完美的定位功能,我们已经将其应用到VLC并行通信系统中。相关论述请查询文献<sup>[4]</sup>。

## 3 可见光并行通信系统介绍

国外对可见光并行通信已经展开了大量的研究,其主要是对利用LED实现智能交通(ITS)、移动导航及定位等方面的研究<sup>[6~8]</sup>。其思想基本都是将信息调制后加载在LED显示阵列上发射出去,利用高速摄像机对LED阵列发射的信号进行探测,再进行相应的图像和信息处理,从而还原出信息,其原理如图1所示。

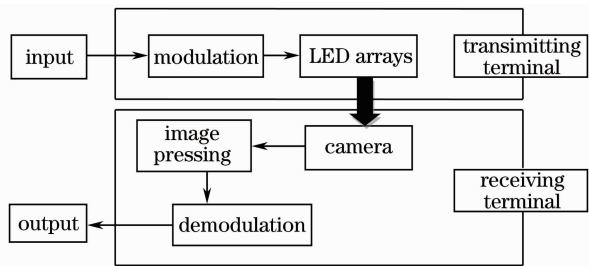


图1 LED阵列通信系统原理图

Fig. 1 Schematic diagram of the communication system based upon LED array

由于LED现在广泛的应用于交通信号灯、汽车尾灯、显示等领域,随着交通路线上摄像机的大量安装,对可见光并行通信系统的应用提供了广泛的空间。在现有资源的基础上,不需要经过大量的设备更换,便可以投入使用。在智能交通和平安社区存在

大量的摄像机,利用摄像机实现对动态LED显示阵列进行读取,并应用于智能交通系统中的交通信号灯、汽车尾灯、显示等领域,可实现智能交通诱导、收费站汽车身份识别等。图2为智能交通示意图<sup>[9]</sup>。

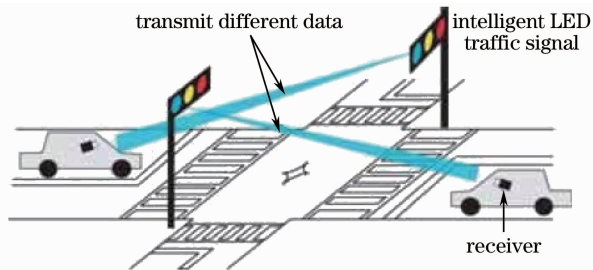


图2 智能交通系统示意图

Fig. 2 Schematic diagram of intelligent transportation system

将二维码应用在LED阵列通信中,利用LED阵列动态的显示二维码信息,在接收端利用高速摄像机获得二维码图像后,再进行图像处理 and 译码,可还原出信息源中的信息,从而实现一种可见光并行通信系统。

本系统本质上是一种光学图像直接通信系统,为了延长传输距离,可以在接收端配置较大口径的接收透镜<sup>[10]</sup>。利用QR二维码作为LED阵列显示的二维码,为了便于以后将相关研究成果推广到手机应用中,研究使用手机识别LED阵列显示的QR码,使用的二维码生成工具为中国移动的QR码标准,该QR码生成工具的网址为www.mayacode.com。图3(a)为使用该QR码生成工具生成的标准QR码,图3(b)为LED阵列显示的该QR码实验发射实物图。

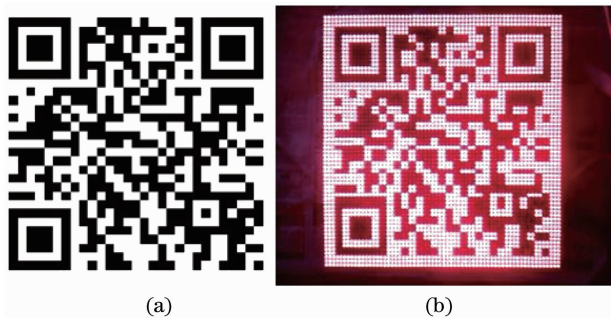


图3 QR码LED阵列

Fig. 3 LED array

## 4 实验及结果分析

### 4.1 实验

在实验中,将基于红色LED光源的普通室内广告牌阵列改装成一个可调控的正方形LED阵列,把

要发送的原始 QR 码图片预先装入此阵列的控制软件里。可以通过调节时间列参数来控制每幅 QR 码的停留时间,从而控制信息的发送速率。

接收端可采用高频摄像机或者照相机,为了能和应用广泛的手机通信结合起来,实验中接收端采

用的是带有照相功能的普通手机。只要根据发射端每幅 QR 码的停留时间调节接收端的帧速就可以接收到全部 QR 码图像。实验中为了方便肉眼观察设定发射端停留时间为 1 s,接收端手机设定为 1 s 间隔的连拍模式。接收效果图如图 4 所示。

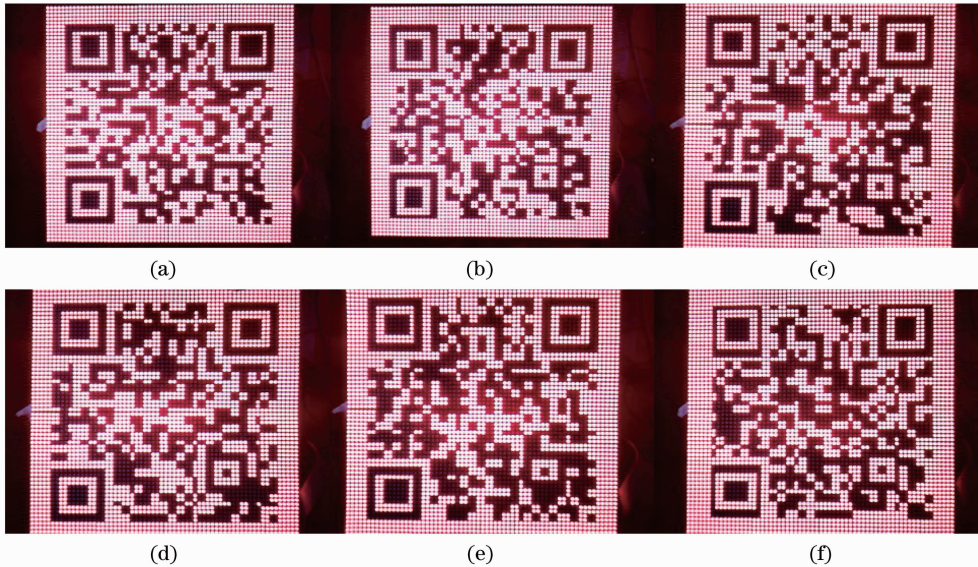


图 4 接收端效果图  
Fig. 4 Receiving end

对图像再分别进行灰度处理、滤除噪声、二值化操作后,得到的结果如图 5 所示。对图 4(a)使用 QR 码译码软件,可得解码结果图如图 6 所示。随后分别对其他码图解码最终可译出原存储的数据信息是一段宋词,内容为

“京口北固亭怀古  
辛弃疾  
千古江山,英雄无觅,孙仲谋处。舞榭歌台,风流总被雨打风吹去。斜阳草树,寻常巷陌,人道寄奴曾住。”。



图 5 处理后的 QR 码 LED 阵列图像  
Fig. 5 Processed image

#### 4.2 结果分析

通过实验了解到该系统的影响因素如下:

1) 传输速率: LED 发射屏的响应速度一般都在兆的数量级以上,而接收端摄像机的帧速目前最



图 6 解码结果图

Fig. 6 Result of decoding

高才到千帧每秒的数量级,因此整个系统的速率很大程度上受接收端摄像机帧速影响,不过可以通过扩大 LED 阵列面积以增大带宽。因此,该系统的传输速率与接收端摄像机的帧速和 LED 阵列的面积成正比。

2) 误码率:由于本系统是基于大气信道的图像传输原理,所以接收到的图像的清晰程度直接影响误码率。进而可得最终影响因素为传输距离、空气质量和接收端摄像机的性能。

3) 信噪比:由于本系统是基于可见光直接传输,所以除了 LED 阵列所发出的 QR 码外,其他所有可见光线都将视为噪声光。另外本系统主要应用在室外,所以白天情况下噪声将主要来自太阳发出的白光,可以通过提高 LED 阵列光强或直接用红光等其他颜色的光进行调制以大幅降低噪声干扰。

本实验为可行性实验,很好地证明了以普通的单色 LED 显示屏为发射端、以对载有信息的 QR 码图像进行连续发射为动态调制方式、以普通手机作为接收装置的 VLC 并行通信系统的有效可行性。

## 5 结 论

采用可控 LED 发光阵列分时显示多幅 QR 码图像来传递信息的调制方式,可以实现一种连续发射的动态可见光并行通信系统。对接收到的图像进

行灰度处理、滤波、二值化等简单处理后,得到一个接近标准的 QR 码图像,能够准确译码,取得了较满意的效果。下一步,将分别从提高传输速率、降低误码率及增大信噪比等 3 个方面对该系统进行改善性研究;设计特殊的光学天线加载到接收端以延伸接收距离,扩展可见光并行通信系统的应用范围。

## 参 考 文 献

- 1 Y. Tanaka, T. Komine, S. Haruyama *et al.*. Indoor visible communication utilizing plural white LEDs as lighting[C]. 12th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2001, **2**: 81~85
- 2 T. Douseki. Abatteryless optical-wireless system with white LED illumination[C]. 15th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2004. 2529~2533
- 3 D. O'Brien, L. B. Zeng, Le M. Hoa *et al.*. Visible light communications: challenges[C]. Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. 1~5
- 4 Li Liangliang. Research on visible light parallel communication system's scheme and key technology[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2011  
李亮亮. 可见光并行通信系统方案及关键技术研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2011
- 5 GB/T18284. State criteria of the People's Republic of China—quick response code Es3[S]. Beijing: The State Criteria Press, 2000  
GB/T18284. 中华人民共和国国家标准——快速响应矩阵码(QR Code)Es3[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000
- 6 S. Arai, S. Mase, T. Yamazato *et al.*. Experiment on hierarchical transmission scheme for visible light communication using LED traffic light and high-speed camera[C]. Baltimore Vehicular Technology Conference (VTC2007), 2007. 2174~2178
- 7 I. E. Lee, M. L. Sim, F. W. L. Kung. A dual receiving visible light communication system for intelligent transportation system [C]. Shanghai: Circuits and Systems for Communications (ICSC 2008), 2008. 698~702
- 8 T. Saito, S. Haruyama, M. Nakagawa. A new tracking method using image sensor and photo diode for visible light road-to-vehicle communication [C]. Gangwon-Do: 10th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT 2008), 2008. 673~678
- 9 Toshiaki Hara, Shinya Iwasaki, Tomohiro Yendo *et al.*. A new receiving system of visible light communication for ITS[C]. Istanbul: 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2007. 474~479
- 10 Zhu Yijia, Li Liangliang, Liang Zhongcheng *et al.*. The optical system design and application of micro 2D barcode[C]. SPIE, 2010, **7849**: 78492K

栏目编辑:马 沂