



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109004981 B

(45)授权公告日 2020.02.18

(21)申请号 201810861653.7

H04B 10/516(2013.01)

(22)申请日 2018.08.01

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 105992006 A,2016.10.05,全文.

申请公布号 CN 109004981 A

CN 104993867 A,2015.10.21,全文.

(43)申请公布日 2018.12.14

US 2014056589 A1,2014.02.27,全文.

(73)专利权人 华南理工大学

审查员 袁晨

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

(72)发明人 文尚胜 黄谋潇 关伟鹏 陈洲楠

康亦琛 陈世桓 陈艺荣

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有

限公司 44245

代理人 李斌

(51)Int.Cl.

H04B 10/116(2013.01)

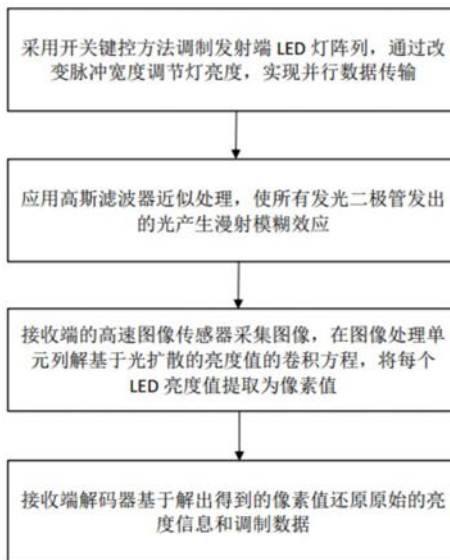
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,包括以下步骤:采用开关键控方法作为发射端LED灯阵列的调制方案,为每个LED灯分配数据,通过改变脉冲宽度调节灯亮度,实现并行数据传输;应用高斯滤波器近似处理,使所有发光二极管发出的光产生漫射模糊效应;接收端使用高速图像传感器采集图像,列解基于光扩散的亮度值的卷积方程,将每个LED亮度值提取为像素值;接收端解码器基于得到的像素值还原原始亮度信息和调制数据。该发明通过考虑光漫射造成的模糊效应,图像传感器解调性得以提高,较传统的基于阈值的处理方法误码率更低,提高了对图像模糊的抵抗性,增强了视觉可见光通信检测的实用性,能在复杂情况下实现准确检测。



1. 一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,其特征在于,所述的视觉可见光通信检测方法包括下列步骤:

S1、采用开关键控方法作为发射端LED灯阵列的调制方案,为每个LED灯分配数据,通过改变脉冲宽度调节灯亮度,实现并行数据传输;

S2、应用高斯滤波器近似处理,使所有发光二极管发出的光产生漫射模糊效应;

S3、接收端使用高速图像传感器采集图像,在图像处理单元列解基于光扩散的亮度值的卷积方程,将每个LED亮度值提取为像素值;

S4、接收端通过解码器基于解出得到的像素值还原原始的亮度信息和调制数据。

2. 根据权利要求1所述的一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,其特征在于,所述的步骤S1的过程如下:

S11、发射端编码器采用开关键控方法对规格为 $M \times N$ 的LED灯阵列进行数据调制;

S12、将经过开关键控方法调制后的数据信息分配给每一个LED灯,以实现并行数据传输。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,其特征在于,所述的开关键控方法中,定义开状态时数据为1,定义关状态时数据为0。

4. 根据权利要求1所述的一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,其特征在于,所述的步骤S2的过程如下:

S21、建立高斯滤波器模型,定义二维高斯滤波器函数如下:

$$h_g(p, q) = \frac{1}{2\pi\sigma_g^2} \exp\left(-\frac{p^2 + q^2}{2\sigma_g^2}\right)$$

式中,  $\sigma_g^2$  为该高斯滤波器函数的方差,  $p$  为相距原点的垂直分量,  $q$  为相距原点的水平分量;

S22、用定义的高斯滤波器函数处理未模糊化的输出像素值,得到对应的LED灯亮度值处理后的结果 $G_{p,q}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,其特征在于,所述的步骤S3的过程如下:

S31、将每个LED灯亮度值由自身亮度值和邻近漫射光线共同表示,列写出 $M \times N$ 个相应的卷积方程:

$$R'_{L(m,n)} = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} S'_{u,v} G_{p_m(u),q_m(v)}$$

式中,  $m, u$  为所在行数, 满足  $0 \leq m \leq M-1, 0 \leq u \leq M-1$ ,  $n, v$  为所在列数, 满足  $0 \leq n \leq N-1, 0 \leq v \leq N-1$ ,  $R'_{L(m,n)}$  为接收端所接收的图像中对应位置的亮度值,  $S'_{u,v}$  为从LED灯阵列中对应的LED灯接收到的信号,  $G_{p_m(u),q_m(v)}$  为对LED阵列进行二维高斯滤波处理后的结果;

S32、通过同时计算列写出的 $M \times N$ 个卷积方程,得到所有LED灯对应的 $S'_{m,n}$ ,即第 $m$ 行、第 $n$ 列LED灯对应的卷积方程计算得到的信号值,其中 $m$ 和 $n$ 满足  $0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,其特征在于,

所述的步骤S4的过程如下：

S41、接收端解码器接收并验证卷积方程的计算结果 $S'_{m,n}$ ， $S'_{m,n}$ 为第m行、第n列LED灯对应的卷积方程计算得到的信号值，其中m和n满足 $0 \leq m \leq M-1$ 、 $0 \leq n \leq N-1$ ；

S42、解码器通过比较 $S'_{m,n}$ 与0.5的大小还原调制数据，其中，还原比较函数定义如下：

$$D(m,n) = \begin{cases} 1, & S'_{m,n} \geq 0.5 \\ 0, & S'_{m,n} < 0.5 \end{cases}$$

## 一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信技术领域和计算机视觉领域,具体涉及一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,被誉为“绿色照明”的半导体照明技术迅速发展。与传统的白炽灯等照明光源相比,LED具有低功耗、寿命长、尺寸小、绿色环保等优点。与此同时,LED更具有调制性能好、响应灵敏度高等优势。可将信号以人眼无法识别的高频加载到LED上进行传输,且LED发出的光频段不需要许可授权,可以实现低成本高宽带且传输速率高的无线通讯,进而催生出一门能够实现照明与通信一体化的技术——可见光通信技术。

[0003] 随着LED在照明、显示上替代传统光源,使得这些设施在原有基础上具备了传输信息的功能。另外,由于图像传感器在可见光通信领域的应用,使得接收端除了能够接收到数据外还能够准确判断发射端与接收端的相对位置,这就为可见光通信应用于室内导航、机器人或车辆之间的精确控制、准确的位置测量等提供了可能。

[0004] 可见光通信技术在智能家居、智能汽车、智能办公室、绿色信息通信技术、个性化医疗服务、无线电频率识别、无线局域网、安全系统、无钥匙大门、智能机器人等领域有广阔的应用前景。应用可分为室内应用和室外应用两大类。其中室外应用中可用于智能交通系统,包括车辆与车辆之间、车辆与路灯等基础设施之间信息的传递。前者可以传递路况、刹车等信息进而有效避免交通事故,后者可将车辆车速、车牌等相关信息传递到交通检测系统中,实现对车辆信息的采集工作。

[0005] 因此,寻求一种可靠的视觉可见光通信检测方法就变得极为必要,以便准确地检测识别目标、提高对图像模糊的抵抗性、降低数据传输的误码率,增强可见光通信的实际可用性。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是为了解决现有技术中的上述缺陷,提供一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法。

[0007] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0008] 一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法,所述的视觉可见光通信检测方法包括下列步骤:

[0009] S1、采用开关键控方法作为发射端LED灯阵列的调制方案,为每个LED灯分配数据,通过改变脉冲宽度调节灯亮度,实现并行数据传输;

[0010] S2、应用高斯滤波器近似处理,使所有发光二极管发出的光产生漫射模糊效应;

[0011] S3、接收端使用高速图像传感器采集图像,在图像处理单元列解基于光扩散的亮度值的卷积方程,将每个LED亮度值提取为像素值;

[0012] S4、接收端通过解码器基于解出得到的像素值还原原始的亮度信息和调制数据。

[0013] 进一步地,所述的步骤S1的过程如下:

[0014] S11、发射端编码器采用开关键控方法对规格为 $M \times N$ 的LED灯阵列进行数据调制;

[0015] S12、将经过开关键控方法调制后的数据信息分配给每一个LED灯,以实现并行数据传输。

[0016] 进一步地,所述的开关键控方法中,定义开状态时数据为1,定义关状态时数据为0。

[0017] 进一步地,所述的步骤S2的过程如下:

[0018] S21、建立高斯滤波器模型,定义二维高斯滤波器函数如下:

$$[0019] \quad h_g(p, q) = \frac{1}{2\pi\sigma_g^2} \exp\left(-\frac{p^2 + q^2}{2\sigma_g^2}\right)$$

[0020] 式中,  $\sigma_g^2$  为该高斯滤波器函数的方差,  $p$  为相距原点的垂直分量,  $q$  为相距原点的水平分量;

[0021] S22、用定义的高斯滤波器函数处理未模糊化的输出像素值,得到对应的LED灯亮度值处理后的结果 $G_{p,q}$ 。

[0022] 进一步地,所述的步骤S3的过程如下:

[0023] S31、将每个LED灯亮度值由自身亮度值和邻近漫射光线共同表示,列写出 $M \times N$ 个相应的卷积方程:

$$[0024] \quad R'_{L(m,n)} = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} S'_{u,v} G_{p_m(u),q_m(v)}$$

[0025] 式中,  $m, u$  为所在行数, 满足  $0 \leq m \leq M-1, 0 \leq u \leq M-1$ ,  $n, v$  为所在列数, 满足  $0 \leq n \leq N-1, 0 \leq v \leq N-1$ ,  $R'_{L(m,n)}$  为接收端所接收的图像中对应位置的亮度值,  $S'_{u,v}$  为从LED灯阵列中对应的LED灯接收到的信号,  $G_{p_m(u),q_m(v)}$  为对LED阵列进行二维高斯滤波处理后的结果;

[0026] S32、通过同时计算列写出的 $M \times N$ 个卷积方程,得到所有LED灯对应的 $S'_{m,n}$ ,即第 $m$ 行、第 $n$ 列LED灯对应的卷积方程计算得到的信号值,其中 $m$ 和 $n$ 满足  $0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1$ 。

[0027] 进一步地,所述的步骤S4的过程如下:

[0028] S41、接收端解码器接收并验证卷积方程的计算结果 $S'_{m,n}$ ,此处的 $S'_{m,n}$ 为第 $m$ 行、第 $n$ 列LED灯对应的卷积方程计算得到的信号值,其中 $m$ 和 $n$ 满足  $0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1$ ;

[0029] S42、解码器通过比较 $S'_{m,n}$ 与0.5的大小还原调制数据,其中,还原比较函数定义如下:

$$[0030] \quad D(m, n) = \begin{cases} 1, & S'_{m,n} \geq 0.5 \\ 0, & S'_{m,n} < 0.5 \end{cases}$$

[0031] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0032] (1) 本发明考虑了光漫射的模糊效应,误码率较传统的基于阈值的开关键控调制方法更低,提高数据传输的准确性。

[0033] (2) 本发明使用高斯滤波器产生模糊效应,通过列解基于光扩散的亮度值的卷积方程,还原得到原始数据,提高了图像传感器的解调性能。

## 附图说明

- [0034] 图1是本发明中公开的基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法流程图；  
 [0035] 图2是本实施例中基于模糊效应的视觉可见光通信检测系统结构图；  
 [0036] 图3是本发明中高斯滤波器处理后灯漫射示意图。

## 具体实施方式

[0037] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

### [0038] 实施例

[0039] 本实施例公开了一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法，具体参见图1，图1是本实施例中公开的一种基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法的流程图，所述的基于模糊效应的视觉可见光通信检测方法具体包括下列步骤：

[0040] S1、采用开关键控方法作为发射端LED灯阵列的调制方案，为每个LED灯分配数据，通过改变脉冲宽度调节灯亮度，实现并行数据传输；

[0041] S2、应用高斯滤波器近似处理，使所有发光二极管发出的光产生漫射模糊效应；

[0042] S3、接收端使用高速图像传感器采集图像，在图像处理单元列解（就是列出方程，然后解方程）基于光扩散的亮度值的卷积方程，将每个LED亮度值提取为像素值；

[0043] S4、接收端解码器基于解出得到的像素值还原原始的亮度信息和调制数据。

[0044] 其中，步骤S1的过程如下：

[0045] S11、发射端编码器采用开关键控方法对规格为M×N的LED灯阵列进行数据调制，其中，使用的开关键控方法开状态时数据为1，关状态时数据为0；

[0046] S12、将经过开关键控方法调制后的数据信息分配给每一个LED灯，以实现并行数据传输；

[0047] 其中，步骤S2的过程如下：

[0048] S21、建立高斯滤波器模型，该二维高斯滤波器函数定义如下：

$$[0049] \quad h_g(p, q) = \frac{1}{2\pi\sigma_g^2} \exp\left(-\frac{p^2 + q^2}{2\sigma_g^2}\right)$$

[0050] 式中， $\sigma_g^2$ 为该高斯滤波器函数的方差，p为相距原点的水平分量，q为相距原点的水平分量。

[0051] S22、用定义的高斯滤波器函数处理未模糊化的输出像素值，得到对应的LED灯亮度值处理后的结果 $G_{p,q}$ ，如图3，使光漫射模糊效应重现。

[0052] 其中，步骤S3的过程如下：

[0053] S31、每个LED灯亮度值可由自身亮度值和邻近漫射光线共同表示，即可列写出M×N个相应的卷积方程：

$$[0054] \quad R'_{L(m,n)} = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} S'_{u,v} G_{p_m(u),q_m(v)}$$

[0055] 式中,  $m$ 、 $u$ 为所在行数, 满足  $0 \leq m \leq M-1$ 、 $0 \leq u \leq M-1$ ,  $n$ 、 $v$ 为所在列数, 满足  $0 \leq n \leq N-1$ 、 $0 \leq v \leq N-1$ ,  $R'_{L(m,n)}$ 为接收端所接收的图像中对应位置的亮度值,  $S'_{u,v}$ 为从LED灯阵列中对应的LED灯接收到的信号,  $G_{p_m(u),q_m(v)}$ 为对LED阵列进行二维高斯滤波处理后的结果。

[0056] S32、通过同时计算列写出的  $M \times N$ 个卷积方程, 得到所有LED灯对应的  $S'_{m,n}$ , 即第  $m$ 行、第  $n$ 列LED灯对应的卷积方程计算得到的信号值, 其中  $m$ 和  $n$ 满足  $0 \leq m \leq M-1$ 、 $0 \leq n \leq N-1$ 。

[0057] 其中, 步骤S4的过程如下:

[0058] S41、接收端解码器接收并验证卷积方程的计算结果  $S'_{m,n}$ , 须为1或0, 此处的  $S'_{m,n}$ 为第  $m$ 行、第  $n$ 列LED灯对应的卷积方程计算得到的信号值, 其中  $m$ 和  $n$ 满足  $0 \leq m \leq M-1$ 、 $0 \leq n \leq N-1$ 。

[0059] S42、解码器通过比较  $S'_{m,n}$ 与0.5的大小还原调制数据, 其中, 还原比较函数定义如下:

$$[0060] \quad D(m,n) = \begin{cases} 1, & S'_{m,n} \geq 0.5 \\ 0, & S'_{m,n} < 0.5 \end{cases}$$

[0061] 上述实施例为本发明较佳的实施方式, 但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制, 其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化, 均应为等效的置换方式, 都包含在本发明的保护范围之内。

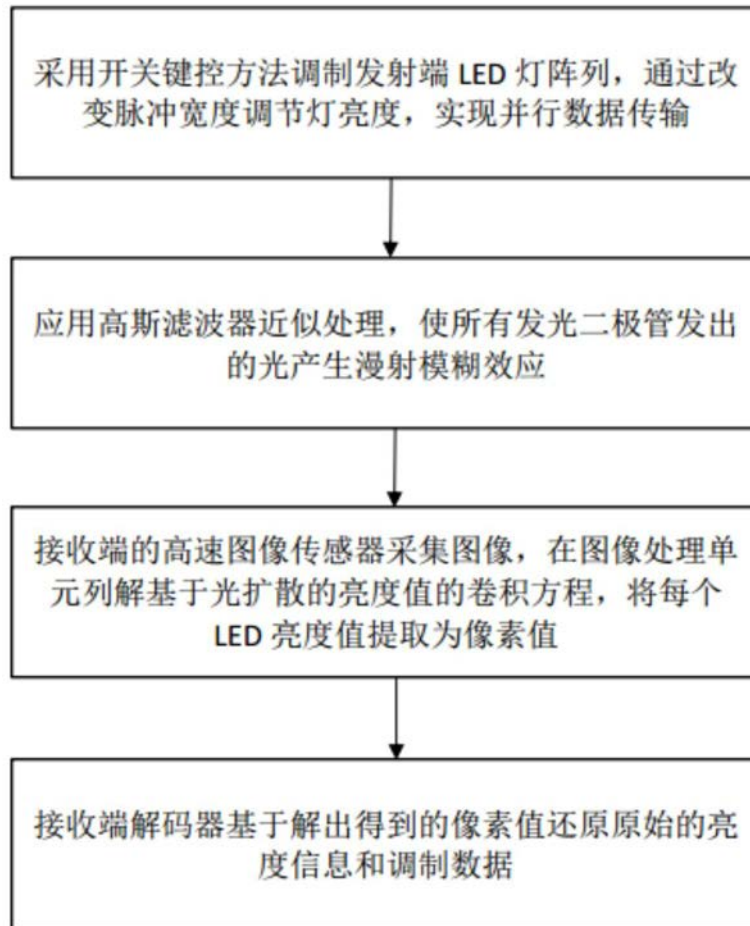


图1



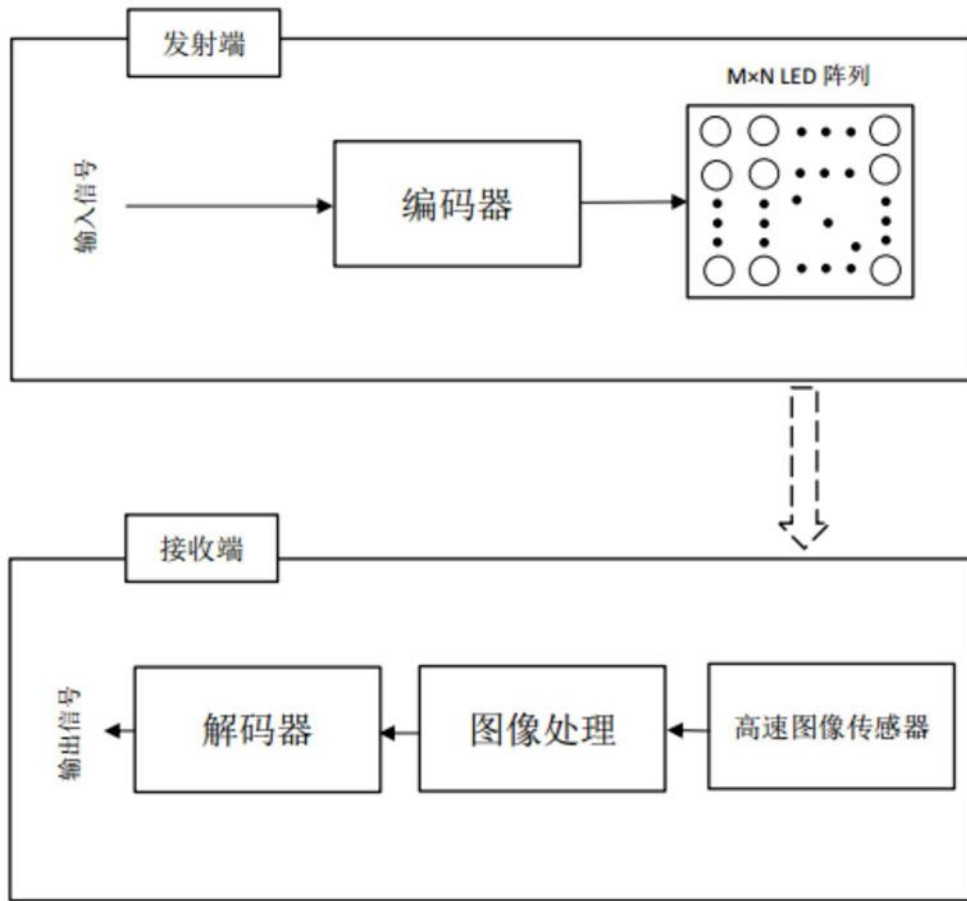


图2

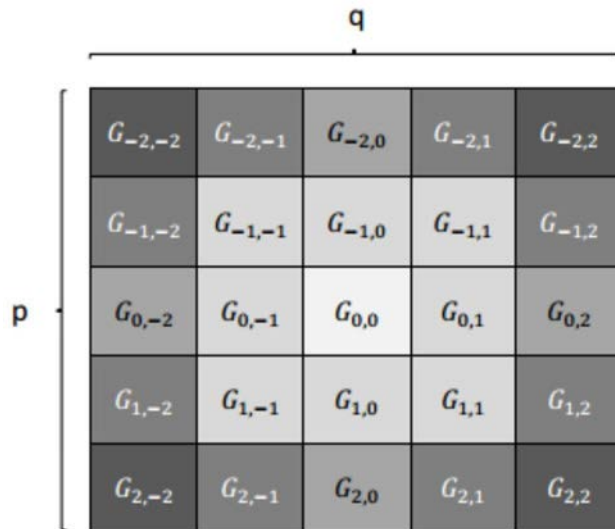


图3