



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108809423 B

(45)授权公告日 2019.11.15

(21)申请号 201810578890.2

G06T 7/246(2017.01)

(22)申请日 2018.06.07

G06K 9/62(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108809423 A

(56)对比文件

CN 106230505 A,2016.12.14,全文.

TW 201417519 A,2014.05.01,全文.

US 2012093217 A1,2012.04.19,全文.

(43)申请公布日 2018.11.13

丁德强 等.基于VLC的路车通信系统研究.  
《仪器仪表学报》.2008,第29卷(第4期),第795-798页.

(73)专利权人 华南理工大学  
地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

审查员 高霞

(72)发明人 文尚胜 江佳佳 关伟鹏 陈昕  
李竞宜 刘梓璇

(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)

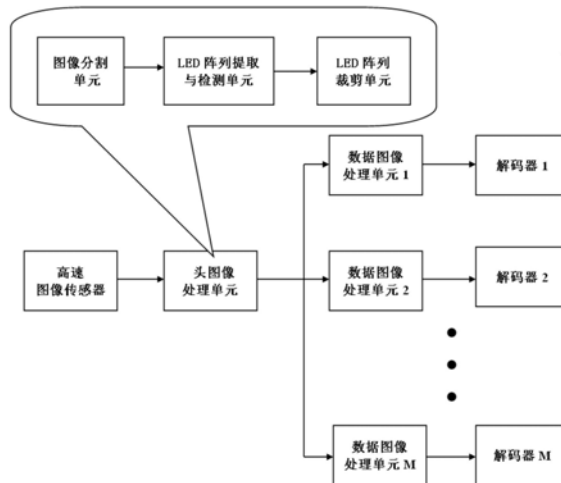
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法,该ITS-VLC信源检测方法是基于发射端和接收端的智能交通系统(ITS)的可见光通信(VLC)过程,发射端包括智能交通系统的基础设施中的多LED阵列以及车载式多LED阵列,接收端包括智能交通系统的车载式的高速图像传感器。信源检测方法是一种新式的基于区域匹配算法的多LED阵列采集方法,其中,区域匹配算法用于寻找两个连续帧之间的对应位置。本发明基于多LED阵列和高速图像传感器,采用基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法,有效提高了信源检测结果的准确性和鲁棒性,具有广阔的应用前景。



1. 一种基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法,其中,ITS-VLC为可见光通信的智能交通系统,其特征在于,所述的检测方法包括下列步骤:

S1、发射端根据输入数据调制出不同照度的LED照明模板,并发射具有二维LED照明模板形式的光信号;其中,所述的步骤S1过程如下:

S101、编码器对输入数据进行信道编码,生成信道编码后的信号;

S102、发射端的倒置LED照明模板插入单元利用信道编码后的信号,产生用于跟踪LED阵列的倒置信号,并传输给脉冲宽度调制器;

S103、脉冲宽度调制器利用信道编码后的信号和用于跟踪LED阵列的倒置信号,生成脉冲宽度调制信号,以产生不同照度的LED照明模板和倒置LED照明模板;

S104、脉冲宽度调制信号被转换成以LED照明模板和倒置LED照明模板的形式存在的二维信号,通过单独调制各个LED的发光度后,各个LED灯并行发送数据信号;

S2、在接收端处,高速图像传感器接收信号后,头图像处理单元将捕获图像拆分成 $m \times n$ 个区域,并对各区域进行图像扫描,其中, $m$ 为 $m \times n$ 个区域排列的行数, $n$ 为 $m \times n$ 个区域排列的列数;

S3、从 $m \times n$ 个区域中提取LED阵列的候选区域,并检测包含有LED阵列的区域,通过区域匹配算法获得两个连续帧之间的对应位置;其中,所述的步骤S3过程如下:

S301、头图像处理单元中的LED阵列提取与检测单元从 $m \times n$ 个区域中提取LED阵列的候选区域,运用区域匹配检测出帧 $f_t$ 中第 $a$ 行第 $b$ 列的区域 $(a, b)$ 和帧 $f_{t-1}$ 中任意同等大小的区域之间的运动矢量,其中, $0 < a \leq m, 0 < b \leq n$ ;

S302、通过以下标准来计算运动向量在帧 $f_t$ 的搜索范围和在帧 $f_{t-1}$ 的搜索范围的相似程度:

$$D(p, q)_{a, b} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} |f_{t-1}(i_{a, b} + i - p, j_{a, b} + j - q) - f_t(i_{a, b} + i, j_{a, b} + j)| \quad (1)$$

其中, $(p, q)_{a, b}$ 是区域 $(a, b)$ 中的候选运动矢量, $i_{a, b}$ 和 $j_{a, b}$ 是区域 $(a, b)$ 左上角像素的坐标, $f_t(\cdot)$ 和 $f_{t-1}(\cdot)$ 分别是帧 $f_t$ 和帧 $f_{t-1}$ 中对应坐标的像素值, $D(p, q)_{a, b}$ 是绝对距离的总和;

由下列运算可以得出最优运动矢量 $(p_{\min}, q_{\min})_{a, b}$ :

$$(p_{\min}, q_{\min})_{a, b} = \arg \min D(p, q) \quad (2)$$

其中, $(p, q)$ 处于运动矢量搜索范围内, $(p_{\min}, q_{\min})_{a, b}$ 使得 $D(p, q)$ 取最小值;

S303、基于任意 $D(p_{\min}, q_{\min})_{a, b}$ 的值表示LED阵列或部分LED阵列的亮度值,通过判断以下条件是否满足来确定所述LED阵列或部分LED阵列是否被包含在区域 $(a, b)$ 里:

$$T \leq \frac{1}{N^2} D(p_{\min}, q_{\min})_{a, b} \quad (3)$$

其中, $T$ 是用于判断所述LED阵列或部分LED阵列是否被包含在区域 $(a, b)$ 里的阈值;

S304、头图像处理单元中的LED阵列裁剪单元和LED阵列提取与检测单元提取的区域 $(a, b)$ 以及其邻近提取区域相关联,如果在捕获图像中,区域面积小于LED阵列的面积,则连通多个被提取的区域 $(a, b)$ ,并将每个连通区域扩大到限制区域为止,进而形成扩展区域,最后将扩展区域的面积裁剪为LED阵列的面积;

S4、数据图像处理单元对LED阵列进行跟踪和位置估计；其中，所述的步骤S4过程如下：

S401、通过包含有发射LED闪烁模板的基于Baker映射的序列，数据图像处理单元从头图像处理单元的处理结果中检测出LED阵列；

S402、通过接收到的LED照明模板及其倒置LED照明模板，产生跟踪LED照明模板，进而利用跟踪LED照明模板，对数据图像进行简单的模板匹配，实现对LED阵列的跟踪；

S403、跟踪完成后，进行LED位置估计，输出每个LED的位置，并从估计位置中提取每个LED的亮度值；

S5、解码器对数据图像处理单元输出的每个LED的位置及其亮度值结果分别进行解码，并输出被恢复的原始数据。

2. 根据权利要求1所述的基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法，其特征在于，所述的步骤S2过程如下：

S201、接收端的高速图像传感器接收信号后，将信号传输给头图像处理单元；

S202、头图像处理单元中的图像分割单元将捕获图像拆分成 $m \times n$ 个区域，并对各区域进行图像扫描，其中，每个区域的大小为 $N \times N$ 个像素， $N$ 为像素排列的行数以及列数。

## 基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通系统及可见光通信技术领域,具体涉及一种基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,LED(发光二极管)凭借着诸多优点成为了一种新型的革命性的光源,比如节能,长寿以及良好的能见度。此外,LED的发光强度可以被控制在人眼难以察觉到的高速状态。基于以上优点,通信领域开始利用LED实现可见光通信(VLC)。可见光通信是一种新型环保的无线光通信技术,不仅可以提供照明,还可以传播数据进行通信。

[0003] LED灯在交通设备的广泛使用以及智能交通系统(ITS)的日益增长的利益为可见光通信的应用提供了一个巨大的机遇。典型的智能交通系统的可见光通信系统主要分为两种,分别是公路基础设施与车辆间的可见光通信系统,车辆与车辆间的可见光通信系统。它们都能在智能交通系统中起到交换安全信息的作用。

[0004] 在发射端基于LED阵列、接收端基于车载式的高速图像传感器的智能交通系统中,发射端闪烁的LED光通过无线光通道并到达车载式的接收端内。接收端将接收到的LED光转换成图像,并通过从图像中提取LED的亮度值来恢复原始数据。高速图像传感器具有诸多优点,尤其是在发射端由多路LED光源构成时,它可以利用本身的空间分离本领将它们分别识别出来。因此,如果给每个LED分配一个数据位,那么传输数据量将会随着发射端上LED灯数量的增多而增大。分别调制完每个LED后,并行数据传输就可以被实现。

[0005] 在现实的交通系统中,车载式的接收端是在移动条件下捕获光源的。为了保持稳定的可见光通信链路,接收端需要在每个捕获图像中分别检测各个光源从而实现各相应数据的接收。

[0006] 传统地,对单LED阵列信源的检测常通过使用帧差法来计算两个连续的捕获帧的差值,从而获得高速闪烁的LED阵列的位置。然而,这种方法极易受到移动车辆振动带来的影响,信源检测结果的准确度比较低,而且容易呈现假阴性(遗失目标LED阵列)和假阳性(将非目标LED阵列错误识别成目标LED阵列)。

[0007] 因此,极为有必要开发一种用于高效的ITS-VLC信源检测方法,提高信源检测结果的准确度和鲁棒性。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是为了解决现有技术中的上述缺陷,提供一种基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法。

[0009] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0010] 一种基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法,所述的检测方法包括下列步骤:

[0011] S1、发射端根据输入数据调制出不同照度的LED照明模板,并发射具有二维LED模板形式的光信号;

[0012] S2、在接收端处,高速图像传感器接收信号后,头图像处理单元将捕获图像拆分成 $m \times n$ 个区域,并对各区域进行图像扫描,其中, $m$ 为 $m \times n$ 个区域排列的行数, $n$ 为 $m \times n$ 个区域排列的列数;

[0013] S3、从 $m \times n$ 个区域中提取LED阵列的候选区域,并检测包含有LED阵列的区域,通过区域匹配算法获得两个连续帧之间的对应位置;

[0014] S4、数据图像处理单元对LED阵列进行跟踪和位置估计;

[0015] S5、解码器对数据图像处理单元的输出结果分别进行解码,并输出被恢复的原始数据。

[0016] 进一步地,所述的步骤S1过程如下:

[0017] S101、编码器对输入数据进行信道编码;

[0018] S102、发射端的倒置LED模板插入单元产生用于跟踪LED阵列的倒置信号,并传输给脉冲宽度调制器;

[0019] S103、脉冲宽度调制器将信号调制成不同照度的LED照明模板;

[0020] S104、脉冲宽度调制信号被转换成二维信号,通过单独调制各个LED的发光度后,各个LED灯并行发送数据信号。

[0021] 进一步地,所述的步骤S2过程如下:

[0022] S201、接收端的高速图像传感器接收信号后,将信号传输给头图像处理单元;

[0023] S202、头图像处理单元中的图像分割单元将捕获图像拆分成 $m \times n$ 个区域,并对各区域进行图像扫描,其中,每个区域的大小为 $N \times N$ 个像素, $N$ 为像素排列的行数以及列数。

[0024] 进一步地,所述的步骤S3过程如下:

[0025] S301、LED阵列提取与检测单元从 $m \times n$ 个区域中提取LED阵列的候选区域,运用区域匹配检测出帧 $f_t$ 中第 $a$ 行第 $b$ 列的区域 $(a, b)$ 和帧 $f_{t-1}$ 中任意同等大小的区域之间的运动矢量,其中, $0 < a \leq m, 0 < b \leq n$ ;

[0026] S302、通过以下标准来计算运动向量在帧 $f_t$ 的搜索范围和在帧 $f_{t-1}$ 的搜索范围的相似度:

$$D(p, q)_{a,b} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} |f_{t-1}(i_{a,b} + i - p, j_{a,b} + j - q)$$

[0027]

$$-f_t(i_{a,b} + i, j_{a,b} + j)| \quad (1)$$

[0028] 其中, $(p, q)_{a,b}$ 是区域 $(a, b)$ 中的候选运动矢量, $i_{a,b}$ 和 $j_{a,b}$ 是区域 $(a, b)$ 左上角像素的坐标, $f_t(\cdot)$ 和 $f_{t-1}(\cdot)$ 分别是帧 $f_t$ 和帧 $f_{t-1}$ 中对应坐标的像素值, $D(p, q)_{a,b}$ 是绝对距离的总和;

[0029] 由下列运算可以得出最优运动矢量 $(p_{\min}, q_{\min})_{a,b}$ :

$$[0030] \quad (p_{\min}, q_{\min})_{a,b} = \arg \min D(p, q) \quad (2)$$

[0031] 其中, $(p, q)$ 处于运动矢量搜索范围内, $(p_{\min}, q_{\min})_{a,b}$ 使得 $D(p, q)$ 取最小值;

[0032] S303、基于任意 $D(p_{\min}, q_{\min})_{a,b}$ 的值表示LED阵列或部分LED阵列的亮度值,通过判断以下条件是否满足来确定所述LED阵列或部分LED阵列是否被包含在区域 $(a, b)$ 里:

$$[0033] \quad T \leq \frac{1}{N^2} D(p_{\min}, q_{\min})_{a,b} \quad (3)$$

[0034] 其中, $T$ 是用于判断所述LED阵列或部分LED阵列是否被包含在区域 $(a, b)$ 里的阈

值；

[0035] S304、LED阵列裁剪单元和LED阵列提取与检测单元提取的区域(a,b) 以及其邻近提取区域相关联,如果在捕获图像中,区域面积小于LED阵列的面积,则连通多个被提取的区域(a,b),并将每个连通区域扩大到限制区域为止,进而形成扩展区域,最后将扩展区域的面积裁剪为LED阵列的面积。

[0036] 进一步地,所述的步骤S4过程如下:

[0037] S401、通过包含有发射LED闪烁模板的基于Baker映射的序列,数据图像处理单元从头图像处理单元的处理结果中检测出LED阵列;

[0038] S402、通过接收到的LED模板及其倒置LED模板,产生跟踪LED模板,进而通过跟踪LED模板和简单的模板匹配,实现对LED阵列的跟踪;

[0039] S403、进行LED位置估计后,输出每个LED的位置,并从估计位置中提取每个LED的亮度值。

[0040] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0041] 1.本发明可以通过亚像素估计来获得两连续帧之间的相对对应位置,从而在多个通信距离范围内显著避免了检测结果的假阴性(遗失目标LED阵列)和假阳性(将非目标LED阵列错误识别成目标LED阵列)。

[0042] 2.本发明能完整而准确地在捕获图像里识别LED阵列,从而实现了高鲁棒性的信源检测。

[0043] 3.本发明有效避免了由车辆移动引起的两个连续帧之间像素到像素的变动的的影响,大大提高了信源检测结果的准确性。

## 附图说明

[0044] 图1是车载式的多LED阵列接收端的基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法示意图;

[0045] 图2是本发明区域匹配的示意图;

[0046] 图3是本发明LED阵列的裁剪的工作示意图。

## 具体实施方式

[0047] 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。

[0048] 实施例

[0049] 如附图1所示,本实施例公开了一种基于区域匹配算法的ITS-VLC信源检测方法,包括以下步骤:

[0050] S1、发射端根据输入数据调制出不同照度的LED照明模板,并发射具有二维LED模板形式的光信号。

[0051] 具体应用实施中,该步骤S1包括以下步骤:

[0052] S101、编码器对输入数据进行信道编码;

[0053] S102、发射端的倒置LED模板插入单元产生用于跟踪LED阵列的倒置信号,并传输给脉冲宽度调制器;

[0054] S103、脉冲宽度调制器将信号调制成不同照度的LED照明模板;

[0055] S104、最后,脉冲宽度调制信号被转换成二维信号,通过单独调制各个LED的发光度后,各个LED灯并行发送数据信号。

[0056] S2、在接收端处,高速图像传感器接收信号后,头图像处理单元将捕获图像拆分成 $m \times n$ 个区域,并对各区域进行图像扫描,其中, $m$ 为 $m \times n$ 个区域排列的行数, $n$ 为 $m \times n$ 个区域排列的列数;

[0057] 具体应用实施中,该步骤S2包括以下步骤:

[0058] S201、接收端的高速图像传感器接收信号后,将信号传输给头图像处理单元;

[0059] S202、头图像处理单元中的图像分割单元将捕获图像拆分成 $m \times n$ 个区域,并对各区域进行图像扫描,其中,每个区域的大小为 $N \times N$ 个像素, $N$ 为像素排列的行数和列数。

[0060] S3、从 $m \times n$ 个区域中提取LED阵列的候选区域,并检测包含有LED阵列的区域,通过区域匹配算法获得两个连续帧之间的对应位置。

[0061] 具体应用实施中,该步骤S3包括以下步骤:

[0062] S301、如附图2所示,LED阵列提取与检测单元从 $m \times n$ 个区域中提取LED阵列的候选区域,运用区域匹配检测出帧 $f_t$ 中第 $a$ 行第 $b$ 列的区域 $(a, b)$ 和帧 $f_{t-1}$ 中任意同等大小的区域之间的运动矢量,其中, $0 < a \leq m, 0 < b \leq n$ ;

[0063] S302、通过以下标准来计算运动向量在帧 $f_t$ 的搜索范围和在帧 $f_{t-1}$ 的搜索范围的相似度:

$$D(p, q)_{a,b} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} |f_{t-1}(i_{a,b} + i - p, j_{a,b} + j - q) - f_t(i_{a,b} + i, j_{a,b} + j)| \quad (1)$$

[0065] 其中, $(p, q)_{a,b}$ 是区域 $(a, b)$ 中的候选运动矢量, $i_{a,b}$ 和 $j_{a,b}$ 是区域 $(a, b)$ 左上角像素的坐标, $f_t(\cdot)$ 和 $f_{t-1}(\cdot)$ 分别是帧 $f_t$ 和帧 $f_{t-1}$ 中对应坐标的像素值, $D(p, q)_{a,b}$ 是绝对距离的总和;

[0066] 由下列运算可以得出最优运动矢量 $(p_{\min}, q_{\min})_{a,b}$ :

$$(p_{\min}, q_{\min})_{a,b} = \arg \min D(p, q) \quad (2)$$

[0068] 其中, $(p, q)$ 处于运动矢量搜索范围内, $(p_{\min}, q_{\min})_{a,b}$ 使得 $D(p, q)$ 取最小值。

[0069] S303、基于任意 $D(p_{\min}, q_{\min})_{a,b}$ 的值表示LED阵列或部分LED阵列的亮度值,通过判断以下条件是否满足来确定所述LED阵列或部分LED阵列是否被包含在区域 $(a, b)$ 里。

$$T \leq \frac{1}{N^2} D(p_{\min}, q_{\min})_{a,b} \quad (3)$$

[0071] 其中, $T$ 是用于判断所述LED阵列或部分LED阵列是否被包含在区域 $(a, b)$ 里的阈值。

[0072] S304、如附图3所示,LED阵列裁剪单元和LED阵列提取与检测单元提取的区域 $(a, b)$ 以及其邻近提取区域相关联。如果在捕获图像中,区域面积小于LED阵列的面积,则连通多个被提取的区域 $(a, b)$ ,并将每个连通区域扩大到限制区域为止,进而形成扩展区域,最后将扩展区域的面积裁剪为LED阵列的面积。

[0073] S4、数据图像处理单元对LED阵列进行跟踪和位置估计。

[0074] 具体应用实施中,该步骤S4包括以下步骤:

[0075] S401、通过包含有发射LED闪烁模板的基于Baker映射的序列,数据图像处理单元从头图像处理单元的处理结果中检测出LED阵列;

[0076] S402、通过接收到的LED模板及其倒置LED模板,产生跟踪LED模板,进而通过跟踪LED模板和简单的模板匹配,实现对LED阵列的跟踪;

[0077] S403、进行LED位置估计后,输出每个LED的位置,并从估计位置中提取每个LED的亮度值。

[0078] S5、解码器对数据图像处理单元的输出结果一一进行解码,并输出被恢复的原始数据。

[0079] 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。



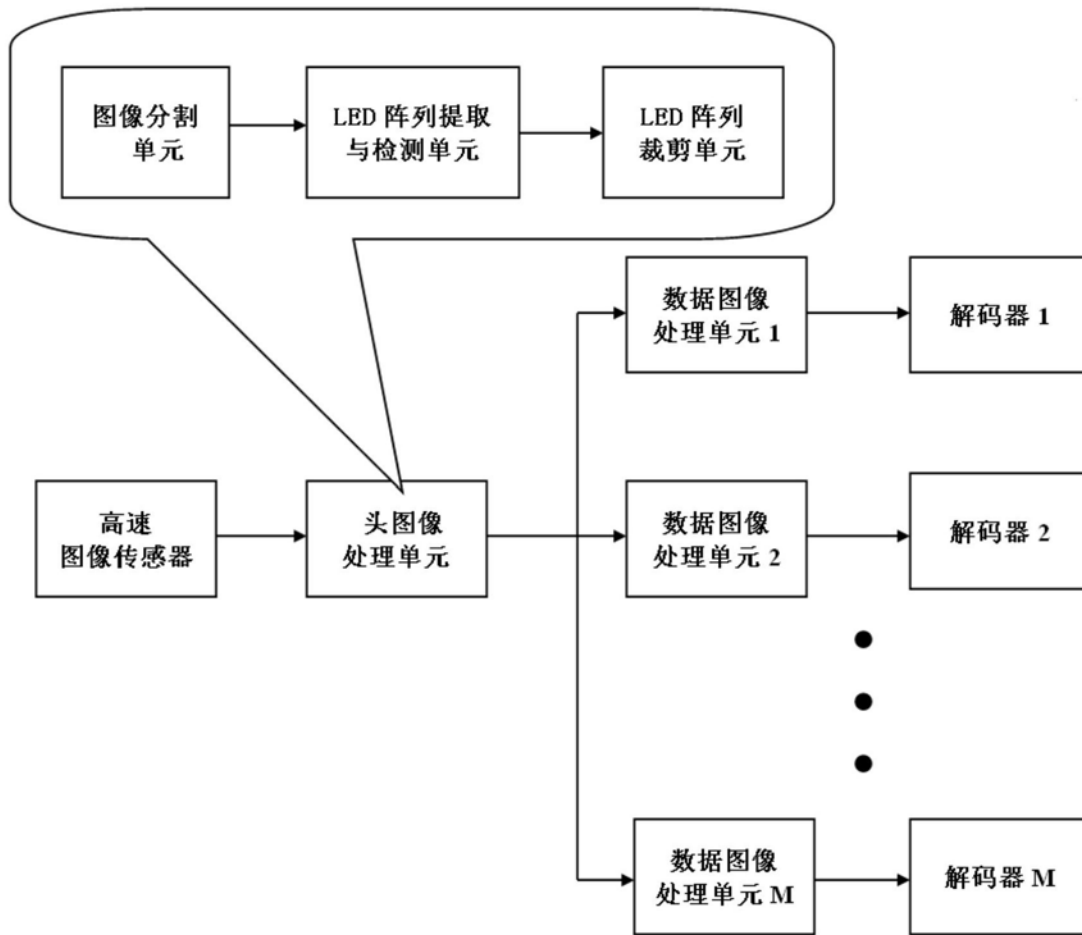


图1

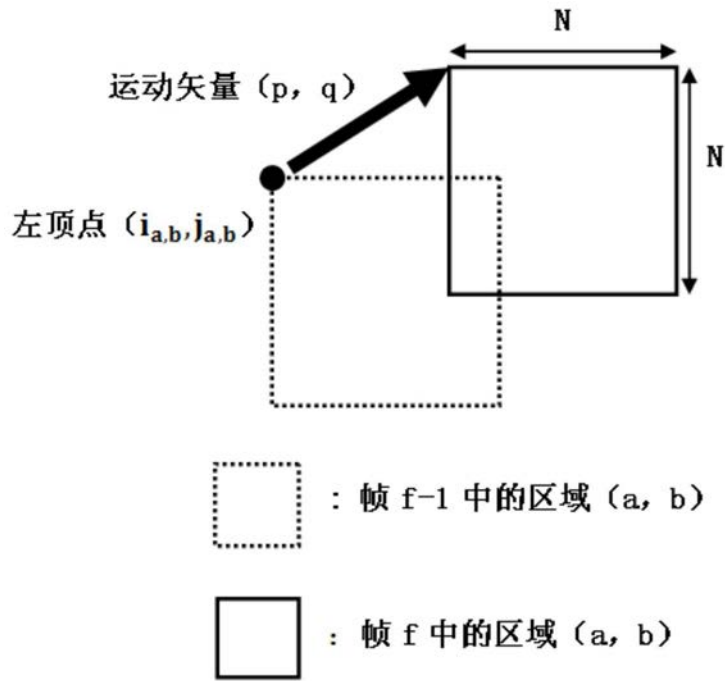


图2

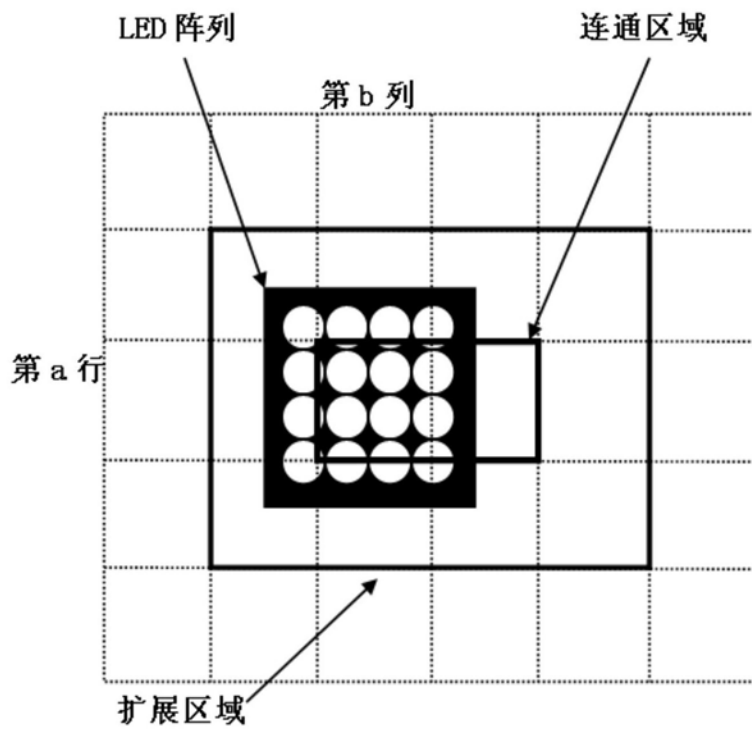


图3