



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107764271 B

(45) 授权公告日 2023.09.26

(21) 申请号 201711130032.3

(22) 申请日 2017.11.15

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107764271 A

(43) 申请公布日 2018.03.06

(73) 专利权人 华南理工大学  
地址 511458 广东省广州市南沙区环市大道南路25号华工大广州产研院

(72) 发明人 吴玉香 关伟鹏 阮映枫 谢灿宇

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

专利代理师 李斌

(51) Int. Cl.

G01C 21/20 (2006.01)

G01C 11/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107292266 A, 2017.10.24

CN 104537691 A, 2015.04.22

CN 105160703 A, 2015.12.16

CN 101714256 A, 2010.05.26

US 5627905 A, 1997.05.06

JP H07249127 A, 1995.09.26

王爱丽等.融合光流速度场与背景差分的自适应背景更新方法.《中国铁道科学》.2014,第35卷(第6期),第131-133页.

刘龙等.一种新的基于吉布斯随机场的视频运动对象分割算法.《自动化学报》.2007,第33卷(第6期),第611-612页.

审查员 朱先花

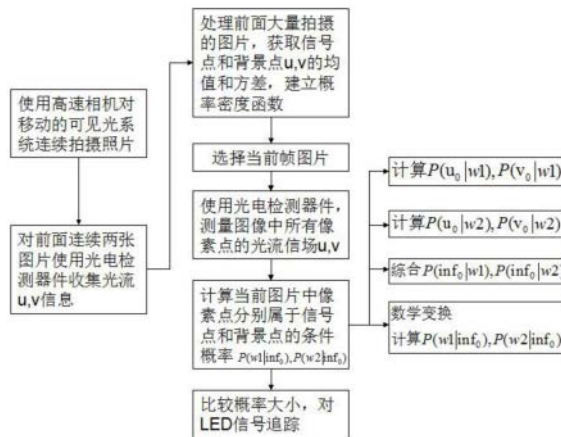
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于光流的可见光视觉动态定位方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于光流的可见光视觉动态定位方法及系统,通过光流将图像灰度的变化和二维速度场联系起来,用光流场反映待测像素点运动的方向和速度,利用图像的光流场信息,能够在图像拍摄较模糊,信号点与背景点信号强度差异较小时,依然能够较为准确检测出运动LED信号点,做到高效、快速的对移动中的LED信号进行定位,极大提高了定位的准确度。



1. 一种基于光流的可见光视觉动态定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:对移动中的可见光通信系统,利用高速相机在极短的时间内连续拍摄大量包含有移动中的LED信号点图片;

步骤2:任意选择其中连续两帧图像中LED信号点和背景点的光流信息,记录图像二维运动场的速度矢量 $u$ 和 $v$ ,分别计算他们的均值和方差,按照高斯分布得出概率密度函数;

步骤3:类似于步骤2,获取当前帧图像中所有像素点的光流信息 $u$ 和 $v$ ,建立当前图片的二维光流场;

步骤4:综合利用步骤2和3中获得的数据,根据概率密度函数和数学公式的变换,分别计算当前帧图片中,所有的像素点属于信号点和背景点的条件概率 $P(w_1)$ 和 $P(w_2)$ ;

步骤5:通过比较两者大小,识别、确定待测像素点的类型属于信号点或背景点,利用结论对LED信号点进行定位;

所述步骤2具体包括以下步骤:

步骤21:对于前面若干帧连续拍摄的图像,针对某一像素点,分析前面连续两帧连续拍摄的图像,得出光流基本方程;

步骤22:根据H-S光流法,假设光流在整个图像上平滑变化,得出光流场全局平滑性约束方程;

步骤23:根据光流基本方程和全局平滑性约束方程,得出的光流约束因子全局平滑约束因子,当二者都达到最小值的前提下,即 $E = \iint (e^2 + \lambda^2 e_g^2) dx dy$ , $e^2$ 为光流约束因子、 $\lambda^2$ 为控制全局平滑性参数、 $e_g^2$ 为全局平滑性约束因子,能够达到理想的光流场估计;

步骤24:根据对E取最小值估计结果,可得一组方程组,求解该方程组得出 $u, v$ ,并写成迭代式;

步骤25:依此,根据前面几帧图像计算出有关该像素点的若干 $u$ 和 $v$ 的值,分别计算其均值和方差;按照高斯分布,得出其概率密度函数。

2. 根据权利要求1所述的基于光流的可见光视觉动态定位方法,其特征在于,所述步骤4具体包括以下步骤:

步骤41:根据在前面若干帧图像中获得某一待测像素点有关 $u, v$ 的概率密度函数,分别考虑该像素点在属于信号点 $w_1$ 和背景点 $w_2$ 的条件下,该像素点在当前图像中取得特殊值 $u_0$ 和 $v_0$ 的概率 $P(u_0|w_1)$ 和 $P(u_0|w_2)$ , $P(v_0|w_1)$ 和 $P(v_0|w_2)$ ;

步骤42:用独立性原理的计算公式,计算该待测像素点在信号点和背景点的条件下取得特定 $u_0$ 和 $v_0$ 的综合概率 $P(\inf_0|w_1)$ 和 $P(\inf_0|w_2)$ ;

步骤43:利用贝叶斯公式对上述取值概率在运算系统中进行计算,分别得出该像素点在当前帧图片中属于LED信号点和系统背景点的概率 $P(w_1|\inf)$ 和 $P(w_2|\inf)$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于光流的可见光视觉动态定位方法,其特征在于,步骤5中,比较像素点在当前帧图片中属于LED信号点和系统背景点的概率 $P(w_1|\inf)$ 和 $P(w_2|\inf)$ ,当该点属于LED信号点的概率较大时,即判断该点为LED信号点,反之则为系统背景点。

4. 根据权利要求1所述的基于光流的可见光视觉动态定位方法,其特征在于,光流基本方程为 $I_x u + I_y v + I_t = 0$ 。

5. 根据权利要求1所述的基于光流的可见光视觉动态定位方法,其特征在于,光流约束

因子为 $e^2 = I_x u + I_y v + I_t$ ;光流场全局平滑性约束因子为 $e_g^2 = u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2$ 。

6. 一种基于权利要求1所述方法的可见光视觉动态定位系统,其特征在于,包括:获取子系统、传输子系统、计算与识别子系统和多个传感器;传感器与获取子系统、传输子系统、计算与识别子系统之间均实现电气连接;

获取子系统包括高速相机、LED驱动电路和LED灯具,用于检测待测像素点的光流场信息 $u$ 和 $v$ ;

传输子系统为一段自由空间,用于把移动中LED灯具发出的可见光信号传输给光电检测器件;

计算子与识别子系统包括光电检测器件、智能设备,通过光电检测器件将可见光信号相关信息输入智能设备,进行运算,对待测像素点进行分类、定位。

7. 根据权利要求6所述的可见光视觉动态定位系统,其特征在于,LED驱动电路为由电学元件组成的硬件电路组成,通过电气连接封装在PCB板上;LED灯具由LED芯片通过COB封装技术封装在PCB板上;LED驱动电路和LED灯具模块之间使用电气连接。

8. 根据权利要求6所述的可见光视觉动态定位系统,其特征在于,各子系统通过CPU和储存器与传感器连接,传感器通过封装进行电气连接到PCB板上。

## 一种基于光流的可见光视觉动态定位方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光通信技术领域,特别涉及一种基于光流的可见光视觉动态定位方法及系统。

### 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。将信号以人眼无法识别的高频加载到LED上进行传输,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。

[0003] 随着现代通信技术的高速发展,对动态目标的识别追踪成为了图像处理 and 计算机视觉处理领域中的热门话题。对于移动中的可见光通信系统,尤其是高速移动时,加上环境中各种物品及遮挡的出现,将会对视觉检测造成干扰,产生大量冗余信息和观测噪声。因此,如何准确、高效的对移动中的可见光通信系统定位,是其中一大挑战。大多数传统的视觉定位技术对动态目标的识别追踪时,多采用识别信号强度的算法,计算较为繁杂,定位速度较慢;而且尤其是当该系统正高速运动时,在有效去除观测噪声、提高定位的精度方面也有较大不足。因此,极有必要提出一种新型方法对可见光视觉进行动态监测。

### 发明内容

[0004] 本发明的主要目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种基于光流的可见光视觉动态定位方法,通过光流将图像灰度的变化和二维速度场联系起来,用光流场反映待测像素点运动的方向和速度,利用图像的光流场信息,能够在图像拍摄较模糊,信号点与背景点信号强度差异较小时,依然能够较为准确检测出运动LED信号点,做到高效、快速的对移动中的LED信号进行定位,极大提高了定位的准确度。

[0005] 本发明的另一目的在于提供一种基于光流的可见光视觉动态定位系统。

[0006] 本发明的目的通过以下的技术方案实现:

[0007] 一种基于光流的可见光视觉动态定位方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1:对移动中的可见光通信系统,利用高速相机在极短的时间内连续拍摄大量包含有移动中的LED信号点图片;

[0009] 步骤2:任意选择其中连续两帧图像中LED信号点和背景点的光流信息,记录图像二维运动场的速度矢量 $u$ 和 $v$ ,分别计算他们的均值和方差,按照高斯分布得出概率密度函数;

[0010] 步骤3:类似于步骤2,获取当前帧图像中所有像素点的光流信息 $u$ 和 $v$ ,建立当前图片的二维光流场;

[0011] 步骤4:综合利用步骤2和3中获得的数据,根据概率密度函数和数学公式的变换,分别计算当前帧图片中,所有的像素点属于信号点和背景点的条件概率 $P(w_1)$ 和 $P(w_2)$ ;

[0012] 步骤5:通过比较两者大小,识别、确定待测像素点的类型属于信号点或背景点,利

用结论对LED信号点进行定位。

[0013] 优选的,所述步骤2具体包括以下步骤:

[0014] 步骤21:对于前面若干帧连续拍摄的图像,针对某一像素点,分析前面连续两帧连续拍摄的图像,得出光流基本方程;

[0015] 步骤22:根据H-S光流法,假设光流在整个图像上平滑变化,得出光流场全局平滑性约束方程;

[0016] 步骤23:根据光流基本方程和全局平滑性约束方程,得出的光流约束因子全局平滑约束因子,当二者都达到最小值的前提下,即  $E = \iint (e^2 + \lambda^2 e_g^2) dx dy$ ,能够达到理想的光流场估计;

[0017] 步骤24:根据对E取最小值估计结果,可得一组方程组,求解该方程组得出u,v,并写成迭代式;

[0018] 步骤25:依此,根据前面几帧图像计算出有关该像素点的若干u和v的值,分别计算其均值和方差;按照高斯分布,得出其概率密度函数。

[0019] 优选的,所述步骤4具体包括以下步骤:

[0020] 步骤41:根据在前面若干帧图像中获得某一待测像素点有关u,v的概率密度函数,分别考虑该像素点在属于信号点w1和背景点w2的条件下,该像素点在当前图像中取得特殊值 $u_0$ 和 $v_0$ 的概率 $P(u_0|w1)$ 和 $P(u_0|w2)$ , $P(v_0|w1)$ 和 $P(v_0|w2)$ ;

[0021] 步骤42:用独立性原理的计算公式,计算该待测像素点在信号点和背景点的条件下取得特定 $u_0$ 和 $v_0$ 的综合概率 $P(\inf_0|w1)$ 和 $P(\inf_0|w2)$ ;

[0022] 步骤43:利用贝叶斯公式对上述取值概率在运算系统中进行计算,分别得出该像素点在当前帧图片中属于LED信号点和系统背景点的概率 $P(w1|\inf)$ 和 $P(w2|\inf)$ ;

[0023] 优选的,步骤5中,比较像素点在当前帧图片中属于LED信号点和系统背景点的概率 $P(w1|\inf)$ 和 $P(w2|\inf)$ ,当该点属于LED信号点的概率较大时,即判断该点为LED信号点,反之则为系统背景点。

[0024] 具体的,光流基本方程为 $I_x u + I_y v + I_t = 0$ 。

[0025] 具体的,光流约束因子为 $e^2 = I_x u + I_y v + I_t$ ;光流场全局平滑性约束因子为 $e_g^2 = u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2$ 。

[0026] 一种基于光流的可见光视觉动态定位系统,包括:获取子系统、传输子系统、计算与识别子系统和多个传感器;传感器与获取子系统、传输子系统、计算与识别子系统之间均实现电气连接;

[0027] 获取子系统包括高速相机、LED驱动电路和LED灯具,用于检测待测像素点的光流场信息u和v;

[0028] 传输子系统为一段自由空间,用于把移动中LED灯具发出的可见光信号传输给光电检测器件;

[0029] 计算子与识别子系统包括光电检测器件、智能设备,通过光电检测器件将可见光信号相关信息输入智能设备,进行运算,对待测像素点进行分类、定位。

[0030] 优选的,LED驱动电路为由电学元件组成的硬件电路组成,通过电气连接封装在PCB板上。

[0031] 优选的,LED灯具由LED芯片通过COB封装技术封装在PCB板上。

[0032] 优选的,LED驱动电路和LED灯具模块之间使用电气连接。

[0033] 优选的,各子系统通过CPU和储存器与传感器连接,传感器通过封装进行电气连接到PCB板上。

[0034] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0035] 本发明方法,不同于大多数传统的动态视觉定位技术,而是创造性的选择分析在可见光系统中更加容易区分信号点和背景点的光流的移动情况,克服了在系统移动的过程中,尤其是高速运动时,拍摄图像由于系统的运动导致图像中像素点不清晰,可见光信号点的信号强度与背景点的信号强度无法准确区别判断等问题。

[0036] 因此本发明所提出的技术,对于处理高速移动的可见光通信系统,通过采用光流法,通过概率检验,依然能够对待测像素点的移动情况进行较为准确的判断,对LED信号点做到精确定位。这种动态视觉定位技术,具有很高的可操作性,并且能够快速运算,极大的提高了定位的速度。

[0037] 本专利公开的这种基于光流的可见光视觉动态定位技术,创新的提出了可见光动态视觉检测的中图像的二维运动场——光流场的概念。该技术对移动中的可见光系统中LED信号能够做到较为精确、快速的定位,尤其是对于高速移动中的系统。因此,该技术在图像处理 and 计算机视觉处理领域,尤其是对于动态目标的检测方面,具有广阔的应用前景。

## 附图说明

[0038] 图1为实施例1基于光流的可见光动态视觉定位方法的流程图。

[0039] 图2为实施例2基于光流的可见光定位系统的示意图。

[0040] 图3为实施例2获取子系统中高速相机等器件工作示意图。

[0041] 图4为获取的光流场信息示意图。

## 具体实施方式

[0042] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0043] 实施例1

[0044] 一种基于光流的可见光视觉动态定位方法,包括以下步骤:利用高速照相机对移动中的可见光通信系统连续拍摄,输出一系列包含有LED点的照片,提取并保存所有图片中像素点的光流场信息。根据图像传感器清晰捕获的LED信号,对于前面多张图像中,不断的任意选择其中连续两帧图像中所获取背景点及LED点的光流,建立该条件下的光流场,分别得出两者的概率密度函数;依据以上概率分布,计算得出对于在当前帧图片中所有像素点的光流场信息,在取得当前值时,分别在属于背景点或信号点的条件下的取值概率;最后利用数学变换公式,可计算出当前图片中像素点属于背景点或LED信号的概率大小;然后通过比较二者大小,对待测的像素点进行分类,最后将LED点的准确位置定位为具有最大概率属于LED信号的像素点处。

[0045] 具体的,假设一共有连续拍摄的若干帧图片,每帧图片中都有部分像素点为LED信号点,并可以进行移动,其余点全部为背景点。

[0046] 首先用光电检测器件探测LED信号点运动的轨迹,对于前面若干组中任意选择的连续两帧图像,由于拍摄的间隔时间极短,可近似认为图像的灰度不发生变化,即物体在同一位置的像素灰度保持不变,检测出图像中所有像素点的光流场,得出基本光流方程: $I_x u + I_y v + I_t = 0$ ;因此设光流约束因子 $e^2$ ,为: $e^2 = I_x u + I_y v + I_t$ ;其中各符号表示像素点 $(x, y)$ 在 $t$ 时刻的成像灰度 $I(x, y, t)$ ,  $u = \frac{dx}{dt}$ ,  $v = \frac{dy}{dt}$ ,  $I_x = \frac{\partial I}{\partial x}$ ,  $I_y = \frac{\partial I}{\partial y}$ ,  $I_t = \frac{\partial I}{\partial t}$ 。

[0047] 根据H-S光流法,假设光流在整个图像上平滑变化,得出光流场全局平滑性约束方程。因此,得出全局平滑性约束因子 $e_g^2$ ,为: $e_g^2 = u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2$ ,其中 $u_x = \frac{\partial u}{\partial x}$ ,  $u_y = \frac{\partial u}{\partial y}$ ,  $v_x = \frac{\partial v}{\partial x}$ ,  $v_y = \frac{\partial v}{\partial y}$ 。

[0048] 根据光流基本方程和全局平滑性约束方程,得出的光流约束因子、全局平滑约束因子,综合考虑有,当二者都达到最小值的前提下才能得到理想的光流场估计,正确得出光流信息 $u, v$ ;有, $E = \iint (e^2 + \lambda^2 e_g^2) dx dy$ ,其中 $\lambda^2$ 为控制全局平滑性参数。

[0049] 因此,得出方程组,计算有:
$$\begin{cases} (\gamma^2 + I_x^2)u + I_x I_y v + I_x I_t = \lambda^2 \bar{u} \\ (\gamma^2 + I_y^2)v + I_x I_y u + I_y I_t = \lambda^2 \bar{v} \end{cases}$$
,其中一般设 $\gamma^2 = \frac{1}{3} \lambda^2$ ,

$\bar{u}, \bar{v}$ 为 $t$ 时刻光流分量 $u, v$ 的平均值。

[0050] 解该方程组,并写成迭代式有:
$$\begin{cases} u^{n+1} = \bar{u} - I_x \frac{I_x u^n + I_y v^n + I_t}{\gamma^2 + I_x^2 + I_y^2} \\ v^{n+1} = \bar{v} - I_x \frac{I_x u^n + I_y v^n + I_t}{\gamma^2 + I_x^2 + I_y^2} \end{cases}$$
,即可得出 $u, v$ 。其中 $n$ 为迭

代次数, $u^0, v^0$ 为光流的初始估计值,一般为零。

[0051] 储存背景点和信号点的 $u, v$ 信息,进一步的分别计算其方差和均值,按照高斯分布建立 $u, v$ 的概率密度函数:

$$[0052] \quad P_i^n(u_i^n | w_j) = \frac{1}{\sigma_{u,j} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma_{u,j}^2} (u_{i,n} - \mu_{u,j})^2}$$

$$[0053] \quad P_i^n(v_i^n | w_j) = \frac{1}{\sigma_{v,j} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma_{v,j}^2} (v_{i,n} - \mu_{v,j})^2}$$

[0054] 接下来,对于当前帧图片,用 $w_1$ 代表信号,用 $w_2$ 代表背景点,在智能设备中继续运行该定位系统,将采集到的像素点的 $u, v$ 记录为 $\text{inf}_i^n = (u, v)$ ,其中 $i=1$ 表示第 $i$ 个像素点, $n$ 表示第 $n$ 帧的图像, $n=1, 2, 3, \dots$ ;

[0055] 再用光电检测器件探测出当前帧图片中某一待测点的光流场,记录 $u, v$ ,依据概率密度函数,得出该像素点此时分别作为信号点和背景点的条件下, $u, v$ 取得相关值的概率,记录为 $P_i^n(u_i^n | w_j), P_i^n(v_i^n | w_j)$ 。

[0056] 进一步,考虑到光流场信息 $u, v$ 之间取值相互独立,因此利用独立性原理公式: $P(\text{inf} | w) = P(u | w) * P(v | w)$ 可得到该像素点分别在属于信号点和背景点条件下的综合概率

大小,记录为 $P_i^n(\text{inf}_i^n|w_j)$ 。

[0057] 最后利用贝叶斯公式 $P_i^n(w_1|\text{inf}_i^n) = \frac{P_i^n(\text{inf}_i^n|w_1) * P_i^n(w_1)}{\sum_{j=1}^2 P_i^n(w_j) * P_i^n(\text{inf}_i^n|w_j)}$ , 计算该像素点分别属

于信号点和背景点的概率。其中,在每帧图片中,有:

[0058]  $P_i^n(w_1) = \frac{\text{前一帧图片中LED信号点数目}}{\text{前一帧图片中总像素点数目}}$ ,  $P_i^n(w_2) = 1 - P_i^n(w_1)$

[0059] 进一步的,进行检验。在智能设备中比较 $P_i^n(w_1|\text{inf}_i^n)$ 和 $P_i^n(w_2|\text{inf}_i^n)$ 的大小,如果有 $P_i^n(w_1|\text{inf}_i^n) \geq P_i^n(w_2|\text{inf}_i^n)$ ,则表示该像素点为LED信号点;反之该像素点即为背景点。进一步的,对下一个像素点再次进行上述步骤。

[0060] 最后的,定义每一帧图像中待测像素点 $P_i^n(w_1|\text{inf}_i^n)$ 取值最大的点为LED信号点的中心点,并将可见光定位于此。

[0061] 实施例2

[0062] 一种适用于可见光通信,利用像素点光流场信息进行信号追踪定位的系统,包括:获取子系统,传输子系统,计算与识别子系统。

[0063] 所述获取子系统包括:高速相机、LED驱动电路及LED灯具。高速相机能够在较短时间内连续拍摄大量图像,满足使用光流场对信号点定位的条件。LED驱动电路由电容、电阻、电感等电学元件组成的硬件电路组成,通过电气连接封装在PCB板上。LED灯具由LED芯片通过COB封装技术封装在PCB板上。LED驱动电路和LED灯具等模块之间使用电气连接。

[0064] 所述传输子系统为一段自由空间,用于将LED信号点发出的可见光信号通过高速相机拍摄之后,由高速相机传输给光电检测器件(LED信号点在高速移动时,一边用高速相机拍摄、一边直接将可见光信号传输给光电检测器件),通过光电检测器件将可见光信号相关信息输入智能设备,最后通过识别子系统对待测像素点进行分类和定位。

[0065] 所述计算与识别子系统由光电检测器,计算机等智能设备组成;进一步的,通过CPU和储存器与所述的光电检测器件等传感器和智能设备连接,所述传感器通过封装进行电气连接到PCB板上。

[0066] 所述传感器与所述的获取子系统、传输子系统、计算子系统和识别子系统之间的连接均实现电气连接。

[0067] 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。



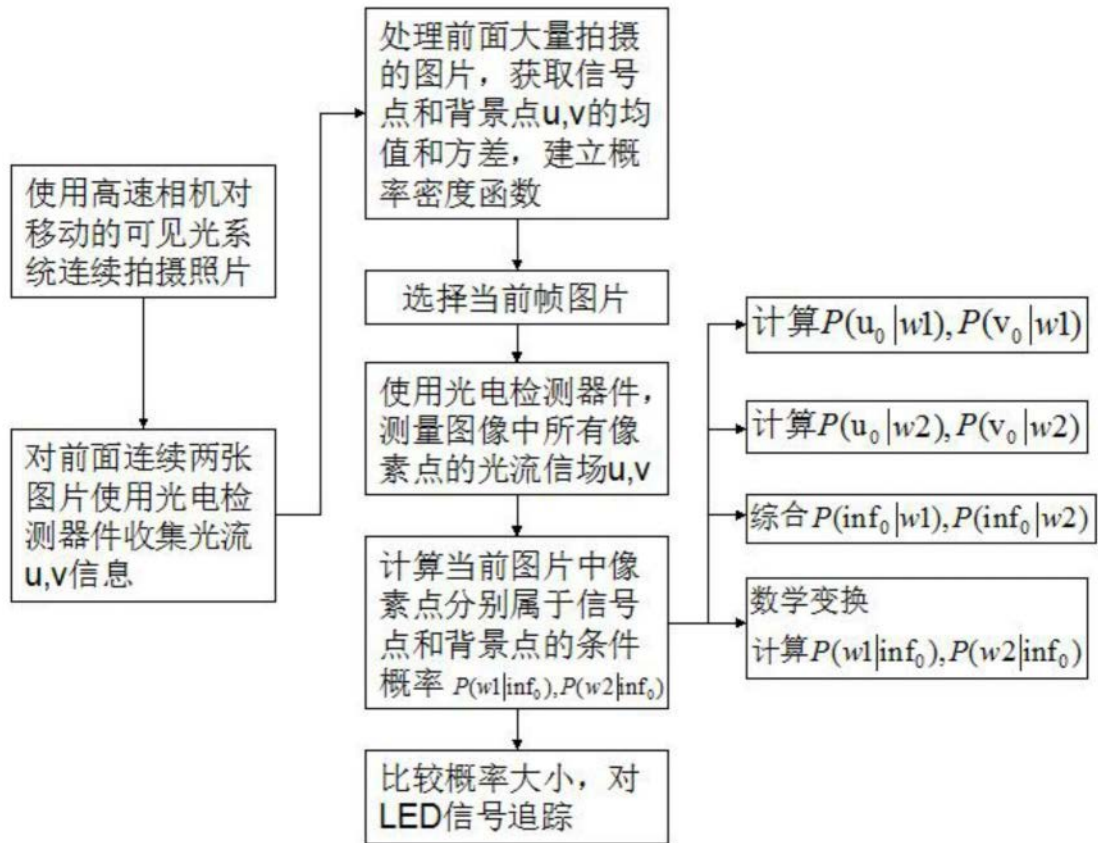


图1

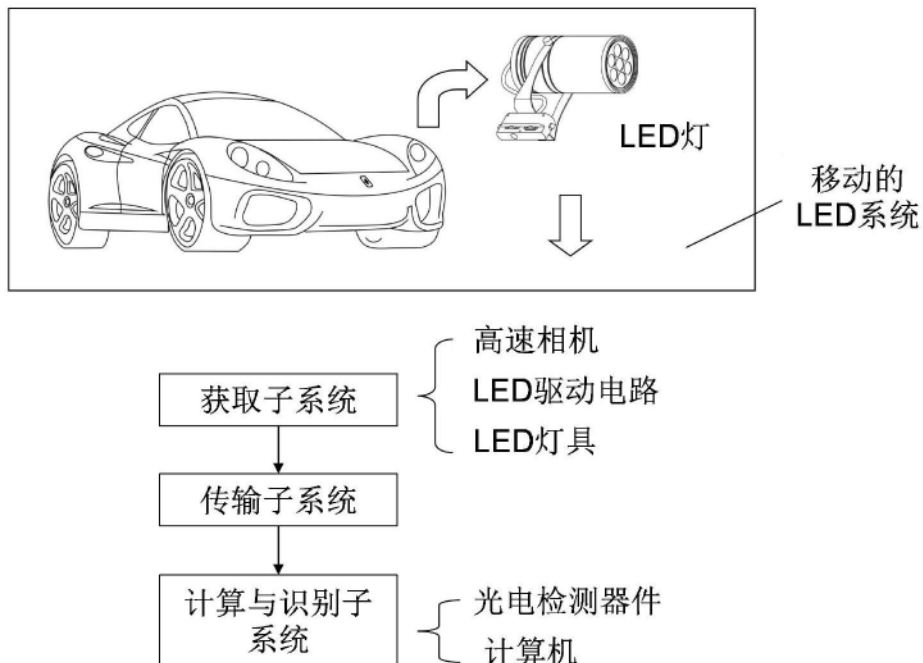


图2

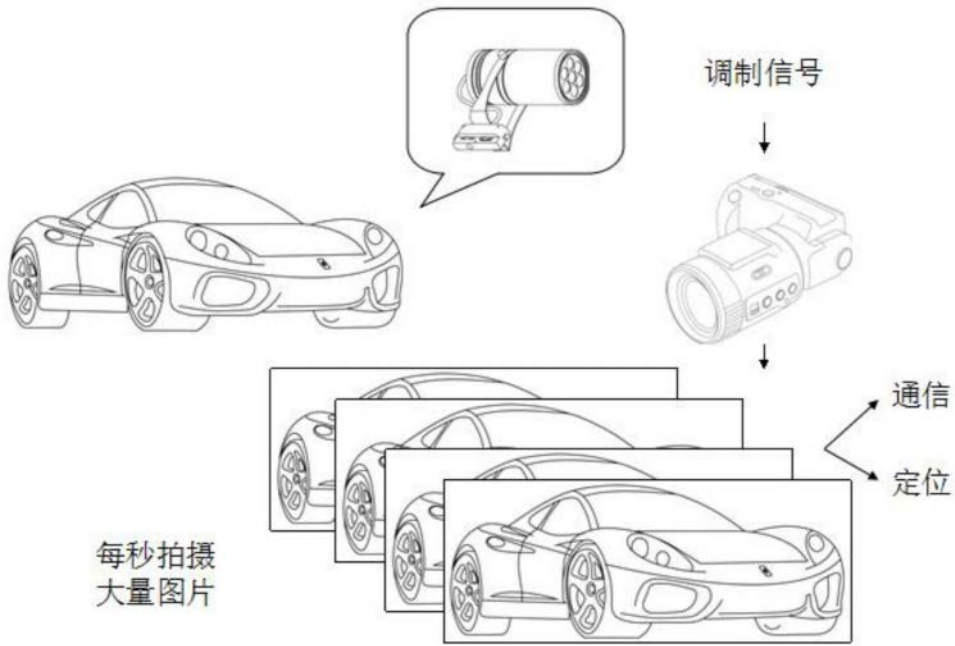


图3

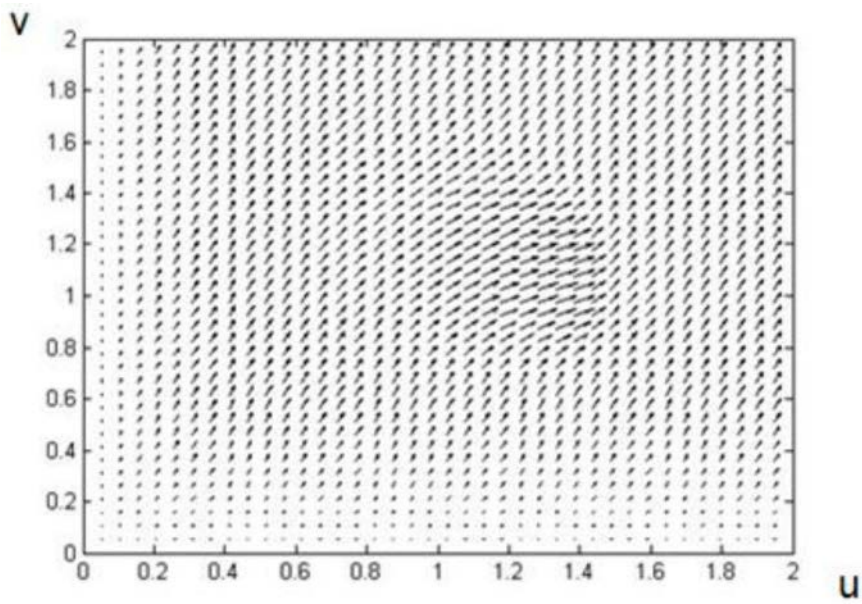


图4