

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06K 9/64 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910066776.2

[43] 公开日 2009年8月26日

[11] 公开号 CN 101515331A

[22] 申请日 2009.4.8

[21] 申请号 200910066776.2

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 刘绍锦 王志乾 赵雁 李建荣
沈铖武 刘畅 耿天文 李冬宁

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

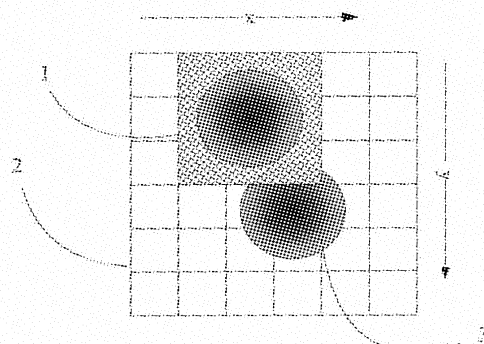
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

一种邻域相关的亚像素定位方法

[57] 摘要

本发明涉及用于对 CCD 光斑进行精确定位的方法，特别是一种邻域相关的亚像素定位方法，其作法是：首先选择合适的目标模板，同时存储每一像素点的灰度值 g_i ；在 CCD 像面选取测量区域，存储测量区域每一像素点的灰度值 g_a ；将目标模板在 CCD 像面选取的测量区域上逐像素移动并同时标准化相关算法计算，记录每一像素点位置的相关系数 $C(x, y)$ ；通过比较找到相关系数最大的像素点位置 (X, Y) ；在所得到的光斑位置坐标 (X, Y) 处相邻区域各取两个点，记录其各自的相关系数，将这些相关系数与各自的坐标值采用邻域细分的方法计算，即可得到最终光斑位置精确坐标值 (X_0, Y_0) 。本发明方法有效的提高了测量精度，同传统方法比较，计算量大大减少并具有很好的抗干扰的特性。



1. 一种邻域相关的亚像素定位方法，其特征在于包括以下步骤：

a) 选择合适的目标模板，模板 1 大小的选取原则是在能够覆盖整个目标的基础上尽量小以减小计算量，大小为 $N \times N$ ；同时存储每一像素点的灰度值 g_t ；

b) 在 CCD 像面选取测量区域，测量区域大小的选择由测量范围决定，大小为 $M \times M$ ；存储测量区域每一像素点的灰度值 g_a ；

c) 将目标模板在 CCD 像面选取的测量区域上逐像素移动并同时按下式进行标准化相关算法计算，记录每一像素点位置的相关系数 $C(x,y)$ ，计算公式如下：

$$C(x,y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S} g_t(i,j) g_a(x+i,y+j)}{\sqrt{\sum_{(i,j) \in S} g_t^2(i,j) \sum_{(i,j) \in S} g_a^2(x+i,y+j)}}$$

式中： $C(x,y)$ 为归一化的相关系数；

g_t 为目标模板中每一像素点的灰度值；

g_a 为测量区域中每一像素点的灰度值；

i,j 分别为从 1 到 N 的序列；

x,y 分别为从 1 到 $M-N+1$ 的序列；

d) 通过比较找到相关系数最大的像素点位置，该点即为光斑位置坐标 (X,Y) ；

e) 在所得到的光斑位置坐标 (X,Y) 处相邻区域各取两个点，其相关系数分别为 $C_{X-2,Y}, C_{X-1,Y}, C_{X+2,Y}, C_{X+1,Y}, C_{X,Y-2}, C_{X,Y-1}, C_{X,Y+1}, C_{X,Y+2}$ ，将这些相关系数与各自的坐标值采用邻域细分的方法计算，即可得到最终光斑位置精确坐标值 (X_0,Y_0) ，计算公式如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} X_0 = \frac{\sum_{i=-2}^2 C(X+i, Y)(X+i)}{\sum_{i=-2}^2 C(X+i, Y)} \\ Y_0 = \frac{\sum_{j=-2}^2 C(X, Y+j)(Y+j)}{\sum_{j=-2}^2 C(X, Y+j)} \end{array} \right.$$

式中：

C 为各点的相关系数；

X, Y 为光斑位置坐标；

(X_0, Y_0) 即为光斑位置精确坐标；

i, j 分别为从-2 到 2 的整数序列。

一种邻域相关的亚像素定位方法

技术领域

本发明涉及用于对 CCD 光斑进行精确定位的方法，特别是一种采用邻域相关的亚像素定位方法。

背景技术

近年来随着我国国防、工业、建筑等领域中技术的发展，常常需要对微小位移或微小变形进行高精度测量，到目前为止，采用的检测方法基本是通过 CCD 成像然后对光斑进行像素定位的方法，因此像素定位算法的选用对于测量精度的提高至关重要。通常情况下像素定位分为粗定位和精定位，粗定位指确定待测目标在图像中特定区域，算法难度较低，现已有大量的识别算法；精定位即亚像素定位，直接同测量精度相关。

常用亚像素定位的方法有很多种，例如矩方法、拟合法、相关法等。在精密光学测量图像处理中常常采用矩方法进行图像的亚像素定位，这种方法依据一个物体在成像前后矩特性不变的原理，适合于圆、椭圆和矩形等中心对称目标的亚像素定位。而矩方法中最为便捷的算法有形心算法和重心算法两种。形心算法在经过图像二值化分割处理后，由于像斑边界部分灰度较低，因此目标边界会存在一些毛刺，这些毛刺将会对算法精度有一定的影响。而重心算法只有对灰度对称分布的目标才能有较为理想的效果，如果目标平面同光轴有较大的夹角后，目标的重心会发生偏移，将会对定位产生较大的误差，另外如果图像中出现其他干扰光斑后，重心法将会产生很大的误差。

函数拟合法是基于最小二乘准则的，常用的拟合方法有多项式、高斯函数和椭圆拟合等。使用拟合法的前提是目标的特性，如图像的灰度分布、阴

影模式的噪声和测量物体等，满足已知或假定的函数形式。通过对离散图像中的目标的灰度或坐标进行拟合，得到目标的连续函数形式，从而确定描述物体的各个参数值对目标进行亚像素定位。但是这种方法适用范围较小，计算量较大。

相关算法特点是适应性强和精度高，但是为了获得亚像素定位精度，需要对以目标为中心的一个小区域采用步长细分的方法，其中每一步上点的灰度采用差值方法来获取。因此相关法的计算量是非常大的，相应每一帧的处理时间较长。

因此发明一种既能够实现较快速处理，同时又具有良好的定位精度和抗干扰能力的像素定位方法具有很高的实用价值，在微小位移、角度测量等领域中具有广泛的用途。

发明内容

本发明的目的是为解决目前常用亚像素定位方法存在的上述缺陷，提出一种邻域相关的亚像素定位方法，既能实现较高的像素定位精度，又具有较为快速的处理速度、抗干扰能力强的特点。

本发明邻域相关的亚像素定位方法，包括以下步骤：

- a) 选择合适的目标模板，模板大小的选取原则是在能够覆盖整个目标的基础上尽量小以减小计算量，大小为 $N \times N$ ；同时存储每一像素点的灰度值 g_i ；
- b) 在 CCD 像面选取测量区域，测量区域大小的选择由测量范围决定，大小为 $M \times M$ ；存储测量区域每一像素点的灰度值 g_a ；
- c) 将目标模板在 CCD 像面选取的测量区域上逐像素移动并同时按下式进行标准化相关算法计算，记录每一像素点位置的相关系数 $C(x,y)$ ，

$$C(x,y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S} g_t(i,j)g_a(x+i,y+j)}{\sqrt{\sum_{(i,j) \in S} g_t^2(i,j) \sum_{(i,j) \in S} g_a^2(x+i,y+j)}}$$

式中： $C(x,y)$ 为归一化的相关系数；

g_t 为目标模板中每一像素点的灰度值；

g_a 为测量区域中每一像素点的灰度值；

i,j 分别为从1到N的序列；

x,y 分别为从1到M-N+1的序列；

d) 通过比较找到相关系数最大的像素点位置，该点即为光斑位置坐标 (X,Y) ；

e) 在所得到的光斑位置坐标 (X,Y) 处相邻区域各取两个点，其相关系数分别为 $C_{X-2,Y}, C_{X-1,Y}, C_{X+2,Y}, C_{X+1,Y}, C_{X,Y-2}, C_{X,Y-1}, C_{X,Y+1}, C_{X,Y+2}$ ，将这些相关系数与各自的坐标值采用邻域细分的方法计算，即可得到最终光斑位置精确坐标值 (X_0, Y_0) ，计算公式如下：

$$\begin{cases} X_0 = \frac{\sum_{i=-2}^2 C(X+i,Y)(X+i)}{\sum_{i=-2}^2 C(X+i,Y)} \\ Y_0 = \frac{\sum_{j=-2}^2 C(X,Y+j)(Y+j)}{\sum_{j=-2}^2 C(X,Y+j)} \end{cases}$$

式中：

C 为各点的相关系数；

X,Y 为像素点位置坐标；

(X_0, Y_0) 即为光斑坐标；

i,j 分别为从-2到2的整数序列。

本发明方法具有处理速度快、定位精度高、抗干扰能力强的优点，在微

小位移、角度测量等领域中具有广泛的应用价值。

附图说明

图 1 为本发明方法像素定位示意图；

图 2 为本发明方法邻域相关法示意图。

具体实施方式

通过以下实施例对本发明方法作进一步详细说明。

一种邻域相关的亚像素定位方法，包括以下步骤：

如图 1 所示，首先选取目标模板 1，模板大小的选取原则是刚好能够覆盖整个目标光斑，以减小处理运算量，大小为 $N \times N$ ，同时存储每一像素点的灰度值 g_t ；

然后，根据测量范围的需要，在 CCD 像面上选取所需的测量区域 2，大小为 $M \times M$ ，为了减小运算量，这一区域面积在保证测量范围要求情况下尽量小，存储测量区域每一像素点的灰度值 g_a ；

将目标模板在选取 CCD 像面测量区域逐像素移动，同时进行相关算法计算，将所得到的相关系数记录于 $C(x, y)$ ，采用的标准化相关法计算公式为：

$$C(x, y) = \frac{\sum_{(i,j) \in S} g_t(i, j) g_a(x+i, y+j)}{\sqrt{\sum_{(i,j) \in S} g_t^2(i, j) \sum_{(i,j) \in S} g_a^2(x+i, y+j)}} \quad (1)$$

式中：

$C(x, y)$ 为归一化的相关系数；

g_t 为目标模板中每一像素点的灰度值；

g_a 为测量区域中每一像素点的灰度值；

i, j 分别为从 1 到 N 的序列；

x, y 分别为从 1 到 $M-N+1$ 的序列。

在得到整个测量区域一系列相关系数后，通过比较找出相关系数 $C(x, y)$ 最大的位置 (X, Y) ，这一位置即是光斑 3 像素位置；

接下来对这一像素位置进行细分，以获得更高的定位精度。选取光斑 3 像素位置点坐标左右上下各两个像素点，根据邻域相关算法计算出光斑 3 位置坐标 (X_0, Y_0) ，计算公式为：

$$\begin{cases} X_0 = \frac{\sum_{i=-2}^2 C(X+i, Y)(X+i)}{\sum_{i=-2}^2 C(X+i, Y)} \\ Y_0 = \frac{\sum_{j=-2}^2 C(X, Y+j)(Y+j)}{\sum_{j=-2}^2 C(X, Y+j)} \end{cases} \quad (2)$$

式中：

C 为各点的相关系数；

X, Y 为像素点位置坐标；

(X_0, Y_0) 即为光斑位置坐标；

i, j 分别为从 -2 到 2 的整数序列。

如图 2 所示，在所得到的光斑 3 位置坐标 (X, Y) 处左右上下邻域各取两个点，其相关系数分别为

$C_{X-2,Y}, C_{X-1,Y}, C_{X+2,Y}, C_{X+1,Y}, C_{X,Y-2}, C_{X,Y-1}, C_{X,Y+1}, C_{X,Y+2}$ ，将这些相关系数与各自的坐标值带入公式 (2) 计算，即可得到细分后的最终精确光斑 3 坐标值 (X_0, Y_0) 。

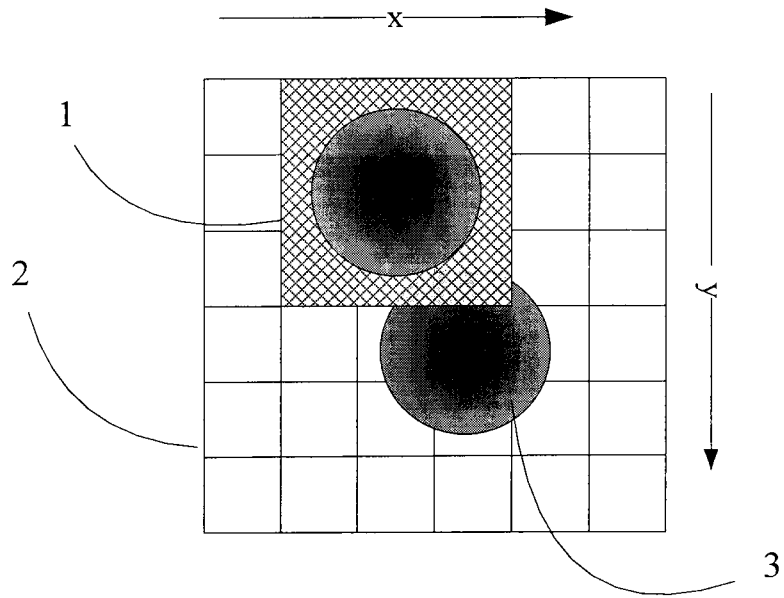


图 1

		$C_{X,Y-2}$		
		$C_{X,Y-1}$		
$C_{X-2,Y}$	$C_{X-1,Y}$	$C_{X,Y}$	$C_{X+1,Y}$	$C_{X+2,Y}$
		$C_{X,Y+1}$		
		$C_{X,Y+2}$		

图 2