



第二十二届“冯如杯”创意大赛

多屏指示激光笔系统

多屏指示激光笔系统

摘要

现今多媒体教学设备的运用,极大方便了课堂教学。本文将现今多媒体教学中只能单屏指示的激光笔系统,设计成一种多屏指示激光笔系统。使用者手持红外激光笔对任意的显示屏进行点击控制,由图像获取装置拍摄显示屏,获取包括红外激光笔发出的红外激光点在内的显示屏图像,再由图像处理模块处理并得到激光点在显示屏中的位置,然后再由计算机发出指令,对自主设计的激光发生器电路进行自动控制,实现另一屏幕同位置点的自动显示。

关键词: 激光笔 图像识别 红外线滤镜 自动控制 单片机

Laser Pointer Multi-screens Indicating System

Abstract

Nowadays, teaching becomes more efficient because of the using of various multimedia resources. This paper focuses on improving current laser pointer indicator system which can only point on one screen, to a laser pointer multi-screens indicating system. The user can operate laser pointer to point and click random display screen. Images of infrared laser pointer dot and display surface are captured by image acquisition equipments which are made up of infrared camera, ordinary camera, spectroscope and infrared filter or made up of infrared camera, infrared filter and drive setting. Corresponding relation between image coordinates and display coordinates is constructed in image processing module used by image recognition technology. A point in image is converted to a point in screen according to above relation, and then computer is controlled to show cursor execute crick, execute double click and move cursor operation in corresponding coordinate position based on infrared laser point occurrence and persistence. Then, the computer outputs commands to automatically control the independent design electric circuit laser generator diagram to realize indicating the point in the same position of another screen.

Keywords: laser pointer multi-screens indicating automatically control
infrared filter singlechip

目录

1	引言.....	1
2	系统组成.....	1
3	实现原理.....	2
3.1	图像处理模块识别红外激光点	2
3.2	图像处理模块对图像进行定位	2
3.2.1	边缘检测	2
3.2.2	确定屏幕坐标	3
3.2.3	激光点逻辑坐标的确定	4
3.3	机控激光发生器的设计.....	5
4	预计实验结果	7
5	对缺陷的解决方案	7
6	结束语.....	7
7	参考文献.....	7

图表目录

图 1	图像获取装置	1
图 2	显示黑色小矩形	3
图 3	显示白色小矩形	4
图 4	屏幕中激光点位置	4
图 5	坐标转换示意图	5
图 6	系统结构简图	6
图 7	系统软件流程图	6

公式目录

公式 1	2
公式 2	3
公式 3	3
公式 4	5
公式 5	5

1 引言

现今，多媒体技术的使用，提升课堂教学能动性和效率，而激光笔的使用则令讲员从窄小的讲台解放出来，实现了远距离指示。随着技术的不断发展，又出现了 RF 射频激光笔、红外激光笔和翻页激光笔以及红外激光笔遥指虚拟触摸系统^[1]，和与鼠标结合的技术方法实现遥指功能^[2]。但其缺点是设备复杂，成本较高，本文介绍一种低成本实现多屏指示的系统，使得“一笔多指”得以实现。

2 系统组成

根据红外激光笔遥指虚拟触摸系统^[1]中所介绍的：多屏指示激光笔系统由计算机系统、红外激光笔、图像获取装置、图像处理模块，机控定点激光发生器组成。其中计算机系统包括显示设备（多个显示屏或墙面），计算机主机；红外激光笔具有一个红外激光发射按键，可发射指向显示屏的红外光；图像获取装置安装在显示设备的前方，用于获取包括红外激光笔发出的红外激光点在内的显示屏图像；图像处理模块单独设置，用于控制计算机系统显示红外激光笔发出的红外激光点并执行对应操作。

图像获取装置由识别可见光的普通摄像头、识别红外激光的红外光摄像头、半透分光反光镜、红外线滤镜组成（实验的图像获取装置通过USB口接到安装了图像处理模块的计算机上。图像处理模块处理摄像头拍摄的图像，捕捉红外激光点的位置），如图1所示，红外线滤镜置于半透分光反光镜与红外光摄像头之间；半透分光反光镜反射由显示屏发出的光，并经由普通摄像头拍摄，由图像处理模块获取图像坐标与显示屏坐标的对应关系；半透分光反光镜透射由显示屏发出的光经由红外线滤镜滤除可见光，经由红外光摄像头拍摄，再由图像处理模块完成对红外激光笔发出的红外激光投射到显示屏上形成的光点的识别和定位。

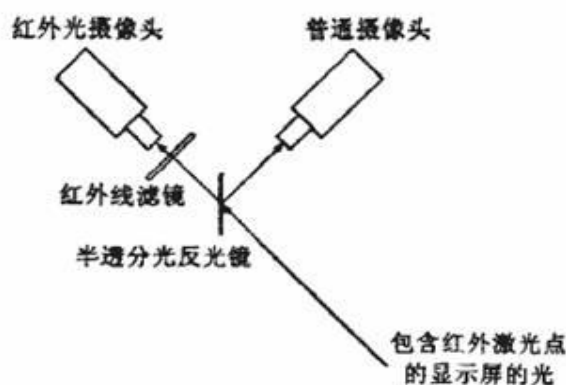


图 1 图像获取装置

具体实施中，用于识别可见光的普通摄像头和用于识别红外激光的红外光摄像头进行同步拍摄，拍摄的图像范围完全一致，且其图像坐标也完全一致。由于拍摄反射光时图像会形成倒置，因此两个摄像头在垂直方向上反相安装。

3 实现原理

使用者手持红外激光笔对任意的显示屏进行远距离指示和控制。由图像获取装置拍摄显示屏，获取包括红外激光笔发出的红外激光点在内的显示屏图像，再由图像处理模块处理显示屏图像确定图像坐标与显示屏坐标对应关系，并识别出红外激光点及其在显示屏中的位置，将坐标信号传输到计算机中，计算机将此信号加载在指令上传输到机控定点激光发生器中，实现多屏指示。

3.1 图像处理模块识别红外激光点

图像处理模块首先利用红外光摄像头识别红外激光笔发出的红外激光。红外光是一种不可见的光，人眼无法识别。普通的摄像头在拍摄时，为防止红外光干扰造成图像颜色偏差，都有一层过滤膜，将红外光滤除，因此其拍摄的图像跟人眼看到的一样，都没有红外光部分。要识别出红外激光笔发出的红外激光，只能使用特殊的红外光摄像头。红外光摄像头没有过滤膜，其拍摄的图像上既有可见光部分，也有红外光部分。因此可以配置红外线滤镜滤去可见光，这样红外光摄像头拍摄的显示屏图像上或者有一点或者什么都没有：当用户按下红外激光笔上的按键并指向显示屏时，图像上有一点，该点就是红外激光笔发出的红外激光点；当用户不按键或者按键时红外激光不指向显示屏，则图像上什么也没有。由于红外光摄像头拍摄的是由红外线滤镜过滤之后的显示屏图像，即只有显示屏上的红外光部分，因此识别红外激光点准确无误。

3.2 图像处理模块对图像进行定位

图像处理模块的第二个任务是定位，确定普通摄像头拍摄的图像坐标与显示屏坐标的对应关系，由于要求普通摄像头和红外光摄像头拍摄的图像完全一致，因此，实际上也确定了红外光摄像头拍摄的图像坐标与显示屏坐标的对应关系。

3.2.1 边缘检测

首先，要对摄像机拍摄的屏幕图像进行边缘检测。安徽大学李志^[3]的研究表明三个边缘检测算子中Roberts算子算法简单，边缘检测效果较好，可以用于大屏幕的图像边缘检测。具体方法为：Roberts 边缘检测算子采用的是图像中对角线方向相邻两个像素点的灰度值之差的平方根来近似的，这是一种利用局部差分算子寻找边缘的算法。算子表达式如下：

$$G(i, j) = \sqrt{(f(i, j) - f(i+1, j+1))^2 + (f(i+1, j) - f(i, j+1))^2}$$

公式 1

式中， $f(i, j)$ 表示边缘检测处理前像素 (i, j) 点的灰度值，而 $G(i, j)$ 则表示检测处理后的像素点 (i, j) 的灰度值。如果用卷积模板表示，则上式转换成如下形式：

$$G(i, j) = |G_i| + |G_j|$$

公式 2

其中,

$$G_i = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad G_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

3.2.2 确定屏幕坐标

然后需要找屏幕坐标, 将屏幕上以白色为背景显示20*16黑色小矩形将投影屏幕进行分区。设这些小矩形的宽度, 高度分别为: $width, height$ 。 d_{row} 是以整个屏幕横向左右边缘各保留20 个像素后剩下宽度范围, 平均选取20 个点的相邻两点之间距离。 d_{col}

是以整个屏幕上下边缘也各留20 个像素点后剩下高度范围平均选取16个点的相邻两点之间的距离。如果 $d_{col} > d_{row}$, 则 $width = height = d_{row} / 3$, 否则 $width = height = d_{col} / 3$ 。并将之前平均选取的这16*20 个点作为小矩形的左上角坐标点。那么每个小矩形中心点坐标(x_i, y_i) 为:

$$\begin{cases} x_i = x_{top}^i + width \\ y_i = y_{top}^i + height \end{cases}$$

公式 3

上式中 (x_{top}^i, y_{top}^i) 对应小矩形左上角点的坐标, $width, height$ 分别为小矩形的宽和高。



图 2 显示黑色小矩形



图 3 显示白色小矩形

将小矩形中心点的坐标存入数组 $nScreenPt[N]$, $N=320$, 然后对摄像头捕获到得图3所示的帧图像从上到下, 从左到右逐行扫描, 找到图像上这些黑色小矩形的中心点在图像成像平面上的坐标, 写入数组 $nCameraPt[N]$ 。接着在屏幕上以黑色背景显示 20×16 白色小矩形将投影屏幕进行分区如图4所示。重复同样的工作, 得到数组 $nScreenPt[N]$, $nCameraPt[N]$ 的另一组值, 将这两次值取平均值作为各自数组的最终结果存入数组, 并将结果写入到文件名为“zuobiao.txt”的文本文件中。这样在第一次使用找坐标操作后, 下次使用系统时就不许要再进行找坐标操作, 在第二步中的摄像

头坐标和投影幕坐标转换时只要通过读取“zuobiao.txt”文件内容就可以得到 16×20 个点的屏幕坐标和对应的图像坐标值。

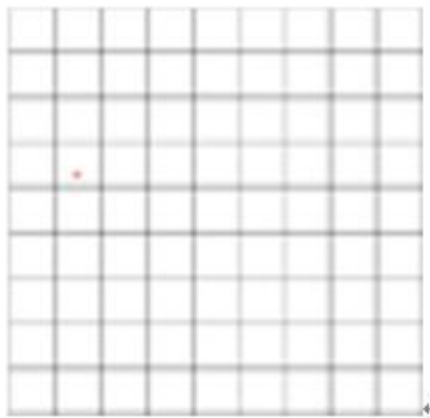


图 4 屏幕中激光点位置

3.2.3 激光点逻辑坐标的确定

接下来是激光点的逻辑坐标值的确定。系统找完坐标以后或者不是第一次运行时, 在系统运行使用时, 每当激光点打到投影幕上时, 通过前面几张介绍的知识识别和跟踪到视频采集图像上的激光点坐标值。然后查找坐标文件中对应的摄像头图像成像屏幕的坐标, 从 16×20 个点的第二行的点开始, 由该点以及与其相邻的上方的点, 右边的点和右上对角线的点, 计算这四点与激光点坐标在图像平面上的X 坐标值之差和Y 坐标值之差的绝对值之和为 d_i 。一直扫描到图像坐标的

倒数第二个点，即数组nCameraPt[N]的319 个元素，计算出最小的 d_i 。激光点在图像屏幕上就落在由最小的 d_i 所对应的四个点构成的小矩形区域，如图5 所示。

然后根据存储在“zuobiao.txt”中的摄像头拍摄图像的成像平面坐标点数nCameraPt[N]和投影平面逻辑坐标点数nScreenPt[N]的对应关系找到激光点在投影屏幕所在区域的四个逻辑点的坐标。

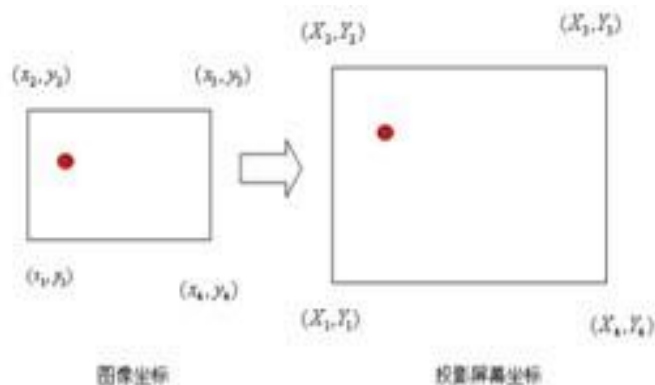


图 5 坐标转换示意图

根据上一步确定的激光点所在的矩形区域利用对角线法来确定激光点在投影屏幕中的逻辑坐标值。具体算法如下：如图5 所示设激光点在摄像头图像成像平面的坐标为 (x, y) （通过上一步已经求解到该值），其在投影屏幕的坐标为 (X, Y) 可以通过如下公式来进行求解：

$$\begin{cases} X' = X_1 + (x - x_1)(X_3 - X_1) / (x_3 - x_1) \\ Y' = Y_1 + (y - y_1)(Y_3 - Y_1) / (y_3 - y_1) \\ X'' = X_2 + (x - x_2)(X_4 - X_2) / (x_4 - x_2) \\ Y'' = Y_2 + (y - y_2)(Y_4 - Y_2) / (y_4 - y_2) \end{cases}$$

公式 4

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 和 (x_4, y_4) 是激光点在图像屏幕小矩形的左下角，左上角，右上角，右下角的坐标点值， $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3)$ 和 (X_4, Y_4) 是对应的投影屏幕小矩形相应的四点坐标值。令

$$\begin{cases} X = (X' + X'') / 2 \\ Y = (Y' + Y'') / 2 \end{cases}$$

公式 5

这样便可求得图像中的激光点在投影屏幕中逻辑坐标值，实现激光点的准确定位。

3.3 机控激光发生器的设计

何树荣，许振丰研究的自动确定方位的激光束指示器^[4]为本设计提供了思

路。本设计使用的仪器有半导体低功率激光器，平面反射镜，转盘，竖直轴，精密减速箱，步进电机与单片机。与何树荣的设计相比，因本作品不涉及隧道的开发，与地轴的测量无关，因此去掉了霍尔位置传感器。如图：

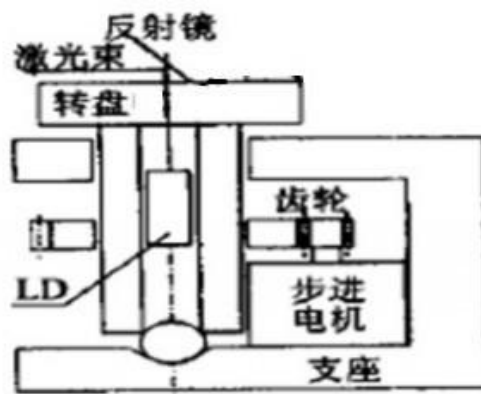


图 6 系统结构简图

半导体激光二极管 LD 安装在管形立轴内，调整其位置，使出射光线初始方向与水平轴线重合。如果位于立轴上端的平面镜与立轴的交角为 45 度，则从 LD 射出的光束经此平面镜反射后，将变成水平光束射出，并保持在立轴轴线与平面镜法线构成的平面内，依平面镜旋转而指向某一方向。

而平面镜旋转需要依靠驱动装置，驱动装置由单片机实现直接控制由计算机实现间接控制。只要计算机将前一步确定的激光点在显示屏上的具体坐标信息传输给单片机，单片机再将所需旋转的指令传输给驱动步进装置，便可使平面镜转动。

首先，根据输入方位角的数据，计算当前方位与所要求位置的差值，按照差值的大小，分别选择粗定位及细定位流程，这样就可以区别处理快速粗定位和平缓细定位，使机械传动能兼顾解决迅速转动及精密定位的矛盾。在找寻出激光束的指示方向后，单片机再发出指令，转过预定的角度。根据以上的流程，就能把激光束指向了设定的方向，从而实现了绝对方位角的激光束定向。

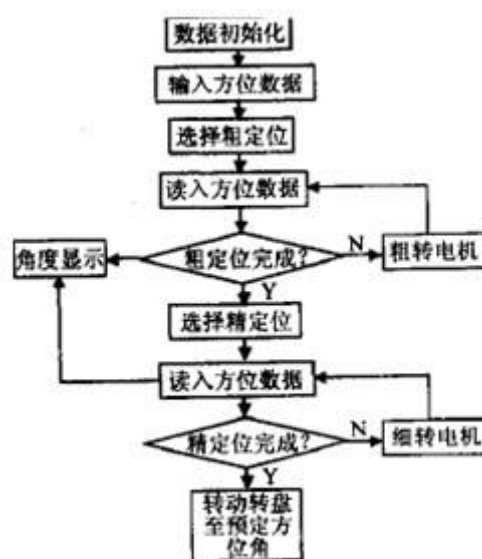


图 7 系统软件流程图

4 预计实验结果

本设计可行性较高，但是问题预计出现在三个方面：

首先，在屏幕的分区上，有可能出现畸变。其次是激光发生器的单片机的选择设计上是个难点。最后是以多屏中的以哪一屏为用户的指示屏不能确定，这就对图像获取装置的准确扫描定位提出了很高的要求。

5 对缺陷的解决方案

第一是畸变问题，在基于图像识别的人机交互系统^[3]中已经有了空间几何位置校正的解决方案。

第二和第三个问题还需要进一步查阅资料，继续研究。

6 结束语

本文设计了一种可以多屏指示的激光笔系统。虽然中国科学院电子研究所的彭海良^[2]等人已经申请了能使光标时刻跟踪激光点的带无线鼠标左右键的来控制大屏幕红色激光笔，但是此专利中使用的仪器过多，使其成本大大超过用户的承受能力，实用性较低。本文中仅是使用较少的仪器来尽量压缩成本，达到低成本，高效率的目的。若是能够将单片机以及驱动装置缩小尺寸装入激光笔中，就能够更加轻松地完成课堂教学任务了。本设计的理念也可以延伸拓展至相关需要处理“一对多”系统的模型上。

7 参考文献

- [1] 刘政怡，吴建国，李炜. 红外激光笔遥指虚拟触摸系统[A]. 计算机工程与设计，2010(5)
- [2] 彭海良，许光奎，周强，洪隆昌. 大屏幕非接触式控制方式. 发明专利申请公开说明书，2004（10.6）
- [3] 李志. 基于图像识别的大屏幕人机交互系统研究，2010（3）
- [4] 何树荣，许振丰. 自动确定方位的激光束指示器[A]，光学技术 2003（7）