

激光笔交互式输入系统研究与应用

常丹华, 赵国立, 杨峰明

(燕山大学信息科学与工程学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要:目前投影仪和大屏幕应用广泛,但传统的基于键盘和鼠标的人机交互将演讲者束缚在计算机旁,不能实现演讲者与听众近距离交流。为解决此问题,提出一种激光笔交互式输入系统。利用 CCD 摄像头拍摄投影屏幕,通过视频采集卡传送到计算机并进行实时处理,计算出屏幕的坐标,采用 Windows API 函数实现对屏幕内容的标注等功能。在激光笔投影点坐标提取部分,针对以往背景更新算法无法适应场景光照条件快速变化的问题,提出了自适应背景更新算法。实验结果表明,该系统操纵方便,具有较强的实用性和适应性。

关键词:激光笔; CCD; 目标检测; 自适应背景更新

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-5078.2011.11.024

Research and application of laser pen interactive input system

CHANG Dan-hua, ZHAO Guo-li, YANG Feng-ming

(Institute of Information Science and Technology, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: Projectors and large screens are used widely at present. In most cases, the speaker is confined to the side of the computer because the traditional human-computer interactions are realized with keyboard and mouse. To solve this problem, a laser pen interaction input system is presented. Use CCD camera to image the projection screen at first, then transfer the video to computer via capture card and process it real-timely, calculate the screen coordinates and use Windows API functions to mark the screen contents. In the part of laser pen projection point coordinates extraction, it is put forward the adaptive background updates algorithm. Experimental results show that this system has the advantages of convenient operation, strong practicability and wide adaptability.

Key words: laser pen; CCD camera; target detection; adaptive background updates

1 引言

目前投影仪和大屏幕在教学、展示、会议、演讲等各个方面得到了广泛应用。但是,演讲者与计算机之间的交互,仍局限于键盘和鼠标,这种传统的交互方式将演讲者限制在计算机旁,不能自由地走动,因此许多研究者开始研究新的人机交互方式以适应人们的需求。文献[1]主要从光笔投影点的坐标精确性上进行研究,提出基于网格细分的屏幕坐标校准方法,设计并实现基于激光笔的交互系统。文献[2]、[3]设计实现了基于激光笔的远程人机交互系统,在使用前即训练出关于环境和激光点的

特征,并融合多种信息特征来检测激光点,该方法存在一定的漏识率。文献[4]中提出一套复杂的人机交互系统,但该系统在适应场景变化方面存在一些不足。

本文提出一种激光笔交互式输入系统,能够让演讲者利用激光笔在远处同计算机进行交互,并对系统中光点检测与提取部分进行研究,在以往背景更新算法的基础上进行改进,提出自适应

作者简介:常丹华(1948-),女,教授,硕士生导师,主要研究方向为图像处理,CCD处理及应用。

收稿日期:2011-05-12

背景更新算法。通过算法的改进有效提高系统对光照条件变化的适应性,也相应的提高了光点检测的正确率。

2 系统综述

激光笔交互式输入系统的基本思想是:利用 CCD 摄像头拍摄大屏幕,通过视频采集卡同步传送给计算机,计算机通过图像处理技术,得到激光笔投影点在图片中的坐标。经坐标转换得到在投影点相对于大屏幕的坐标,最后采用虚拟鼠标及 Windows API 等相关函数实现对屏幕内容的画线及标注等功能。整个交互式系统主要由图像采集模块、光点检测与提取模块、坐标转换模块和同步显示模块四部分组成。交互系统配置图如图 1 所示,本系统的流程图如图 2 所示。

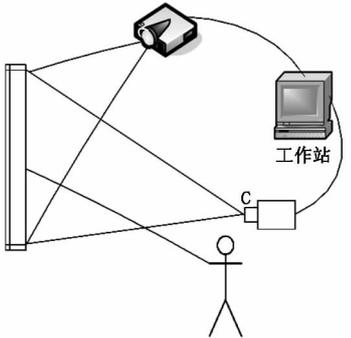


图 1 系统配置图

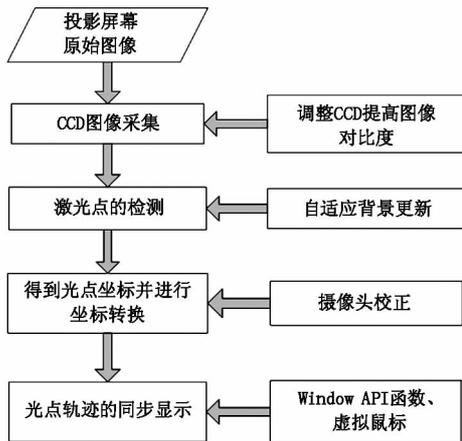


图 2 系统流程图

3 图像采集及处理

通过激光笔投影点的运动实现交互式输入,首先要在 CCD 实时拍摄的视频中检测出激光笔投影点。由于光点目标所占的区域非常小,模式特征不明显,采用模式特征来检测并跟踪激光笔投影点的效果不理想^[4],文献[1]中在摄像头前加红色滤光片,能够抑制除红光以外的其他光线,但当背景中也

含有同激光点类似的红色区域时就很难进行区分,在光点的检测部分其根据光点颜色特征进行阈值分割,对图片中每一个像素进行比对,则增加了系统的处理时间,很难达到实时性处理。

系统中激光笔投影点虽然很小,但是相对于背景有很大的光强度。本文根据光点的这一特性,通过调整 CCD 相面亮度及分辨率,降低背景中的高频分量,对光点又不会产生很大的影响又提高光点与背景的对比度。

CCD 正常拍摄的图片 and 经过提高对比度的图片分别图 3、图 4 所示。对应两幅图片的频域直方图如图 5、图 6 所示。频域直方图的横坐标轴为离散余弦变换(DCT)系数,纵轴为数量。通过两个频域直方图的对比,经过处理后的图片具有更少的高频分量,图片中目标与背景的对比度有了明显的提高。

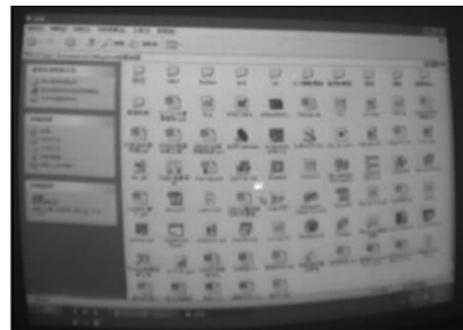


图 3 CCD 正常拍摄图片

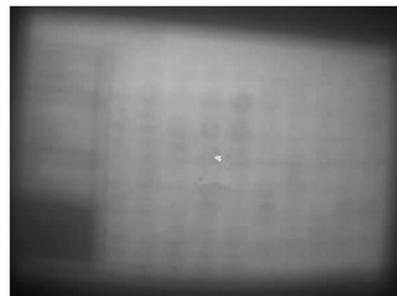


图 4 对比度调整后图片

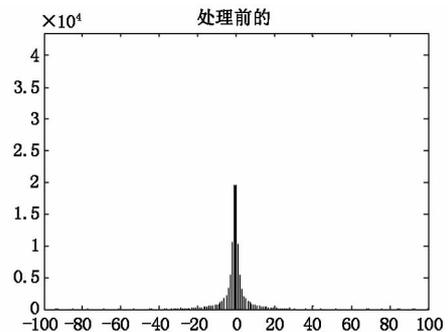


图 5 图 3 的频域直方图

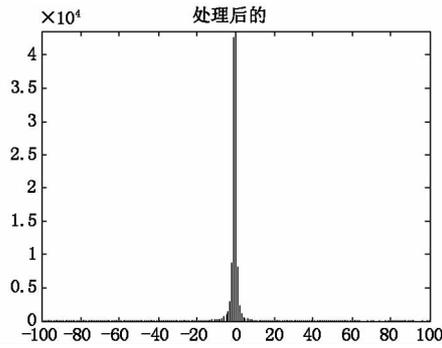


图6 图4的频域直方图

4 光点检测与提取

4.1 现有背景更新算法

系统中光点提取部分可视为运动目标检测,而运动目标检测的关键是如何建立背景模型和实时的更新模型参数以适应背景变化。常用的背景更新算法有多帧平均法、选择更新法、随机更新法。多帧平均法简单,但数据量庞大。选择更新法对光线的变化有较强的适应性,但当光线条件变化强烈时,整个图像区域会被系统认为是运动物体而不做更新,并且受阈值选取的影响较大。文献[5]中 Stauffer 等人提出,利用混合高斯模型进行背景更新,虽在处理光照条件变化时获得较好的效果,但其采用的固定更新速率难以适应目标运动快慢变化。文献[6]采用 Kalman 滤波,对每个像素构建一个模型,其背景自适应能力缓慢。文献[7]中采用的自适应混合高斯模型背景更新算法,其只能适应场景变化相对较慢的情况,不能适应场景的快速变化。

4.2 自适应背景更新算法

本文运动光点提取部分,采用背景差分法提取运动光点。为提高系统对光照条件的适应性,在原有背景更新算法的基础上做出改进,提出自适应背景更新算法,此算法能够根据场景光照条件的变化,有效的自动更新背景模型,提高了对光照条件突变的适应性。

背景差分算法如式(1)所示:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{if } |F_n(x,y) - B_c(x,y)| > \xi_n \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

其中, F_n 为第 n 帧图像; B_c 为背景图像; F_n 为得到的差分图像; ξ_n 为阈值。

背景差分算法中,背景更新很重要,一般的背景更新法^[8],通过以下过程实现。

首先由背景差分和帧间差分来共同设置一运动参数 Ω_n ,其中 ξ_b, ξ_f 为阈值:

$$M_n^B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |F_n(x,y) - B_c(x,y)| > \xi_b \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

$$M_n^F(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |F_n(x,y) - F_{n-1}(x,y)| > \xi_f \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

$$\Omega_n = M_n^F \& M_n^B \quad (4)$$

然后根据 Ω_n 取样 F_n 和 B_c 计算出第 n 幅图片的瞬时背景图 $IB_n(x,y)$:

$$IB_n(i,j) = \begin{cases} F_n(x,y) & \text{if } \Omega_n(x,y) = 0 \\ B_c(x,y) & \text{if } \Omega_n(x,y) = 1 \end{cases} \quad (5)$$

最后设定一个更新系数 δ_n 计算出背景更新公式:

$$B_c = \delta_n \times IB_n + (1 - \delta_n) \times B_c \quad (6)$$

更新系数 δ_n 对背景更新有很大的影响,通常 δ_n 取为固定值0.1,但是固定的更新系数^[8]会产生一些问题。比如当前帧融入背景太快时会使预估计的背景中产生一些镜像,解决这一问题最直接的方法就是选取一个更低一点的更新系数 δ_n ,但是这样一来就需要更多的帧去适应光照条件的变化。

为此提出自适应的背景更新算法,即设计一个能够根据光照条件变化,进行自适应的更新系数 δ_n 。即,当光照条件变化非常快时,此时应该选用一个高一点的更新系数 δ_n ,因为更新系数 δ_n 越高,用来适应光照条件变化所需要的帧数就越少,反之亦然。本文中自适应更新系数 δ_n 计算公式如公式(7)~(10)所示,首先在 F_n 与 F_{n-1} 之间的正常光照变化系数是可以计算出来的,因此可以用它来调整自适应更新系数 δ_n 。移动的红外光点不应该被当做光照的变化,正常的光照变化系数由其他静止区域计算所得。

$$\delta_n^* = \frac{\Psi_n}{\Phi_n} \quad (7)$$

$$\Phi_n = \sum_{(x,y)} 1 - M_n^B(x,y) \quad (8)$$

$$\Psi_n = \sum_{(x,y): M_n^B(x,y)=0} |F_n(x,y) - F_{n-1}(x,y)| \quad (9)$$

$$\delta_n = 0.9 \times \delta_{n-1} + 0.1 \times \delta_n^* \quad (10)$$

式中, δ_n^* 代表 F_n 与 F_{n-1} 之间的正常光照变化系数; Φ_n 为 F_n 相对于背景的静止区域; Ψ_n 为在符合 $M_n^B(x,y) = 0$ 的点中,相邻帧间的正常光照变化区域。因此光照条件的突变就可以产生一个更高的 δ_n^* ,这样我们就可以一种平稳的方法通过自适应调节 δ_n 得到平滑的变化背景。

通过改进 δ_n , 进行背景的自适应更新, 使系统很好地适应了光照条件的变化, 达到背景的平滑快速更新。

4.3 光点坐标计算

经过目标检测处理后, 对图片进行相应二值化及滤波去噪等处理, 最后计算出光点坐标的精确位置。经过自适应滤波等相关处理后的图像为 $\Gamma_n(x, y)$, 二值化后的图像为 $G(x, y)$, 阈值为 T , 根据阈值 T 分割目标与背景, 当坐标 (x, y) 位置的像素大于阈值 T 则认为是目标, 否则认为是背景。经过二值化处理后, 能分割出图像的目标像元, 再根据分割出的全体目标像元位置数据和目标像元大的总点数, 计算出目标的形心。在一个 $M \times N$ 的窗口中, 求所有 $G(x, y) = 1$ 的坐标加权平均, 则坐标 $(\Delta X, \Delta Y)$ 就是当前帧中的目标形心坐标, 有以下公式求得:

$$\Delta X = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^M x \cdot G(x, y)}{\sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^M G(x, y)} \quad (11)$$

$$\Delta Y = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^M y \cdot G(x, y)}{\sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^M G(x, y)} \quad (12)$$

式中, $G(x, y)$ 是图像在 (x, y) 点的像元灰度值; M, N 分别为跟踪窗内的 x 方向和 y 方向的像元数。

通过以上处理得到光点的坐标只是相对于图片的坐标, 需要通过摄像头标定、透视转换等知识将坐标转换为屏幕坐标, 然后通过虚拟鼠标、Windows API 相关函数实现对屏幕内容的画线及标注等功能。

5 实验结果

激光笔投影点检测部分实验结果对比如图 7 所示: 图 7(a) 为视频中第 50 帧图片, 无明显光照条件变化, 图 7(d) 为第 100 帧图片, 其光照条件突然发生变化。采用混合高斯模型背景更新算法所得结果图如图 7(b)、图 7(e) 所示, 采用本文算法所得结果图如图 7(c)、图 7(f) 所示。通过对比, 当光照条件发生突变时, 本文中算法能够更准确的提取光点目标。

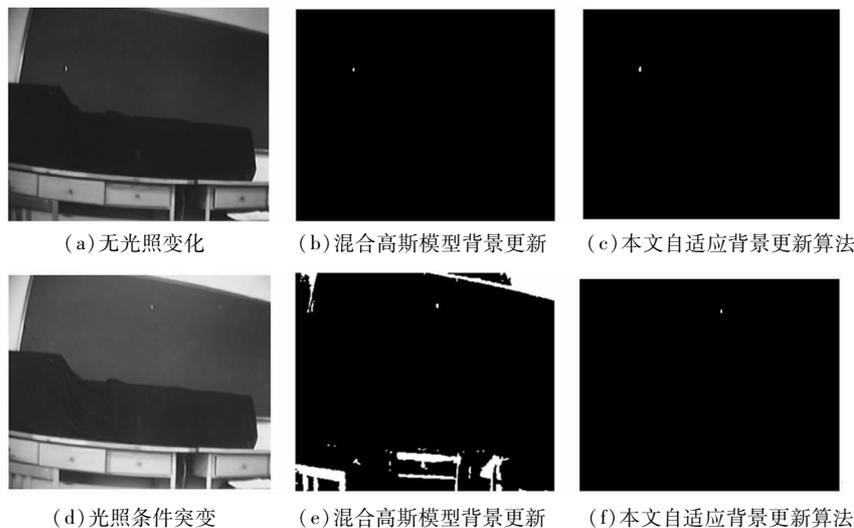


图7 算法更新实验结果对比图

与以往类似系统相比, 本系统在光点检测正确率上有了明显提高, 具体参数对比如表 1 所示。

表 1 三种光点检测系统系数对比

光点检测系统	正确检测率 /%	误识率 /%	漏识率 /%
文献[2]中光点检测系统	50	10	40
文献[3]中光点检测系统	81	4	15
本文中光点检测系统	97	1	2

利用本文中激光笔交互式输入系统, 通过激光笔控制实现在屏幕上画圈功能。所得结果如图 8 所示。

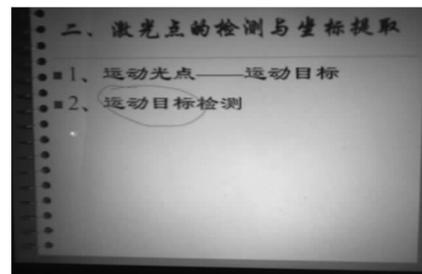


图8 通过本系统用激光笔在屏幕上画圈

6 结束语

本文提出的激光笔交互式输入系统, 通过激光笔与计算机进行交互, 实现了利用激光笔对屏幕内容的标注、控制鼠标操作等功能, 从而使演讲者摆脱

传统交互方式的限制。整个系统操纵方便,简单实用,能够适用于教学、会议、演讲等各种场合。在光点检测部分,对传统背景更新算法进行改进,提出自适应背景更新算法,使得系统在适应场景条件方面具有较强的适应性。与以往类似系统相比,本系统具有更强的实用性。

参考文献:

- [1] Sun Zhenying, Wang Yigang, Ye Lexiao. Research on human-computer interaction with laser-pen in projective vision[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine, 2009, 6(26): 77 - 79. (in Chinese)
孙振赢,王毅刚,叶乐晓. 投影显示中光笔交互技术的研究[J]. 机电工程, 2009, 6(26): 77 - 79.
- [2] Kirstein C, Muller H. Interaction with a projection screen using a camera-tracked laserpointer[C]. IEEE Computer Society, 1998.
- [3] Liu Fang, Lin Xueyin, Shi Yuanchun. Remote human-computer interaction using laser pointer[J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 11(8(A)): 1356 - 1360. (in Chinese)
刘芳,林学闻,史元春. 基于激光笔的远程人机交互技术[J]. 中国图像图形学报, 2003, 11(8(A)): 1356 - 1360.
- [4] Olsen D R, Nielsen T. Laser pointer interaction[C]// Proceeding of Association for Computing Machinery Computer Human Interaction Conference: Human Factors in Computing Systems, Scattle, WA, USA; 2001: 17 - 22.
- [5] Stauffer C, Grimson W E L. Learning patterns activity using real time transactions pattern and machine tracking[J]. IEEE Analysis Intelligence, 2000, 22(8): 747 - 757.
- [6] Christ Ridder, Olaf Munkelt, Harald Kirchner. Adaptive background estimation and foreground detection using kalman-filtering[C]//Proceedings of the Intl Conference on Recent Advances Sinmechatronics, Istanbul, Turkey, 1995: 193 - 199.
- [7] Huang Xinjuan, Zhou Jiemin, Liu Bo-yang. Moving objects detection approach based on adaptive mixture Gaussian background model[J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(1): 71 - 74. (in Chinese)
黄鑫娟,周洁敏,刘伯扬. 自适应混合高斯背景模型的运动目标检测方法[J]. 计算机应用, 2010, 30(1): 71 - 74.
- [8] S Gupte, O Masound, R F K Martin, et al. Detection and classification of vehicles[J]. IEEE Trans. Intell. Transport. system, 2002, 1(3): 37 - 47.