

基于特征轮廓的光学触控系统触点识别

柴 硕^{1,2} 王 栋^{2,3} 刘金尧^{1,2} 王晓庆^{1,2} 陈 戈²

(中国海洋大学信息科学与工程学院电子工程系 青岛 266100)¹

(中国海洋大学海洋信息技术教育部工程研究中心 青岛 266100)²

(中国海洋大学图书馆 青岛 266100)³

摘 要 光学触控系统是近年来逐渐兴起的一种触控解决方案,它主要利用计算机视觉中的团块跟踪算法计算出触点信息。在此提出了一种光学触控系统触点识别的改进方法,它通过对摄像头采集到的图像进行双阈值分割、轮廓提取,进而计算出最小外接矩形,根据得到的特征矩形的面积及长宽比,进行无效触点剔除。该方法采用 OpenCV1.0 库,在基本不影响处理效率的前提下,实现了精确的干扰点剔除。

关键词 双阈值分割,特征轮廓,光学触控系统,触点识别

中图法分类号 TP242.6+2 **文献标识码** A

Contacts Recognition of Optical Touch System Based on Features Outlines

CHAI Shuo^{1,2} WANG Dong^{2,3} LIU Jin-yao^{1,2} WANG Xiao-qing^{1,2} CHEN Ge²

(Department of Electronic Engineering, College of Information Science & Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)¹

(Engineering Research Center of Marine Information Technology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)²

(Library, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)³

Abstract In recent years, optical touch system is a gradually rising solution of touch system, and it recognized the touch-point based on the method of mass tracking from computer vision recognition. The paper put forward a new method applied to contacts recognition of optical touch system, first, it carves up the image gathered by the camera by two thresholds and extracts the contours, and then, it computes the minimum external rectangular of the bright spot, at last, it eliminates the invalid contacts based on the area and the aspect ratio of the features outlines. This method using OpenCV1.0, on the premise not-affecting handling efficiency basically, realizes the accurate contacts recognition.

Keywords Double threshold segmentation, Features outlines, Optical touch system, Contacts recognition

1 引言

随着触控手机、3D电视、平板电脑等一系列新技术的成熟,人机交互领域^[1]也迎来了新一轮变革。这些新技术拥有操作简捷、沉浸感强、交互性好等优势,打破了虚拟世界与现实世界之间的界限,而计算机视觉识别^[2]技术作为人机交互变革的幕后英雄,其强大功能也日益为人们所重视。

作为计算机视觉识别技术的前沿代表,OpenCV^[3](Open Computer Vision library)在该领域占据举足轻重的地位。认识到 OpenCV 在数字图像处理领域的突出性能,国内外也出现了很多基于 OpenCV 研发的人机交互系统,其中基于光学的触控技术更是其一大热门应用领域。目前,以 FTIR(Frustrated Total Internal Reflection)受抑全内反射、DI(Diffused Illumination)散射照明、LLP(Laser Light Plane)激光平面、DSI(Diffused Surface Illumination)散射式表面照明等方式搭建的光学触控系统在国内外引起了众多开发者的兴趣^[4],基

于 OpenCV 的光学触控技术也不断走向成熟。Bradski 提出的 Camshift(continuously adaptive mean shift)算法是以颜色直方图为目标模式的目标跟踪算法,这也是多点触控系统中触点追踪算法的雏形。2007 年 John G. Allen 等人将 Camshift 算法与多量化特征空间相结合,提出了改进的目标追踪方法^[5]。美国开源组织 NUI Group 将 Camshift 的改进算法——blobtrack 算法用计算机程序加以实现,其推出的两种开源软件 touchlib、tBeta 更是当前应用最为广泛的光学触控系统触点识别软件,处于当前光学触控研究领域的前沿水平^[6],本文提出的基于特征轮廓的触点识别算法,主要将与这两种软件对比触点识别效果。

2 基于特征轮廓的触点识别

光学触控系统中主要存在两种类型的干扰点:硬件环境不佳导致的大量不规则干扰点、图像帧中存在高亮度的干扰光源(如日光灯、激光器等)。传统的光学触控系统主要采用

本文受科学技术部科技人员服务企业行动项目(2009GJA00047)资助。

柴 硕(1986—),男,硕士,主要研究方向为人机交互与虚拟现实技术,E-mail:kgnt@163.com;王 栋(1979—),男,博士,主要研究方向为人机交互与 MIS 系统;刘金尧(1987—),男,硕士,主要研究方向为虚拟现实;王晓庆(1986—),女,硕士,主要研究方向为计算机网络与人机交互;陈 戈(1965—),男,博士,教授,主要研究方向为卫星海洋大气遥感与海洋信息技术。

touchlib 和 tBeta 两种软件对触点进行识别,这两种软件都存在无法彻底剔除上述两种干扰点的问题,本文通过双阈值分割图像^[7]、特征轮廓判别^[8]的方法,为这两种干扰点的剔除提供了一种可行的方法。

2.1 系统流程图

整个识别过程包括 DirectShow 抓帧、图像二值化后的双阈值分割、提取轮廓、多边形抽象、顶点提取、外接矩形计算等。基本流程图如图 1 所示。

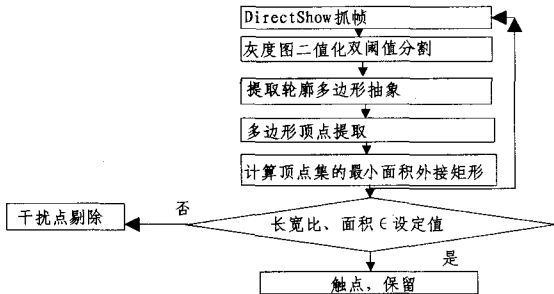


图 1 基本流程图

2.2 双阈值分割

在摄像头通过 DirectShow 抓帧成功之后,所得到的图像需要经过二值化处理。传统的处理软件如 touchlib、tBeta 均设定一可调节阈值,高于该阈值的像素处理为最亮 255,低于该阈值的像素处理为最暗 0。当采集到的图像中存在高亮度的干扰点(如日光灯、激光器)时,这种方法会把这些干扰点也误认为是触点,从而产生误判。

对于此种情况,本文采用双阈值判定的方法提取触点区域。经过抽样统计,触点的亮度值 x 近似遵循正态分布^[9]:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

式中, $f(x)$ 是亮度值 x 的概率密度函数,标准差 $\sigma \approx 2.49$,平均数 $\mu \approx 241$, $x \in [235, 246]$ 。在此设定二值化的双阈值为下限 233,上限 247,按如下公式对图像亮度值 $L(x)$ 进行二值化分割:

$$L(x) = \begin{cases} 0, & x \in [0, 233) \\ 255, & x \in [233, 247] \\ 0, & x \in (247, 255] \end{cases} \quad (2)$$

式中, x 是灰度图像中每个像素的原始亮度值, $L(x)$ 是经过双阈值分割后的亮度值。图像中即使存在超高亮度的干扰点(如日光灯、激光器),由于它们的亮度值一般在 250 以上,因此通过双阈值分割的方法可以将这种干扰点剔除。

2.3 特征轮廓

当源图像中存在大量与触点亮度相近的干扰点时,双阈值分割的方法并不能将其滤除。这些干扰点基本是由于硬件环境不佳(如摄像头感光芯片质量、光学环境等)而产生,具有面积偏小、外形不规则的特征,因此在这里采用提取特征轮廓的方法进一步处理这种干扰点。具体步骤为:

计算所有亮点轮廓—>将轮廓抽象为多边形—>提取多边形顶点—>计算顶点集最小面积外接矩形

通过判断外接矩形的面积、长宽比,可将面积狭小、外形不规则的干扰点剔除,而面积符合设定值、轮廓符合手指触点宽高比的点,则得以保留。

3 试验验证

本方法主要分为 3 个部分:摄像头抓帧、图像处理、干扰点剔除。

3.1 摄像头抓帧

在 OpenCV 中主要有 3 种从摄像头中抓帧的方法: Video for Windows(VFW)、Matrox Imaging Library(MIL)、DirectShow。前两种方法读取视频帧的速率普遍较慢,在未做任何图像处理的情况下,只能达到 30fps 的峰值。本文采用 DirectShow^[10]的方法,经程序测试可达到 64fps 的峰值。

3.2 图像处理

本方法的处理过程如图 2 所示,其中左上窗口为 DirectShow 抓取的原始图像,右上窗口为灰度图像,左下窗口为双阈值分割后的二值化图像,右下窗口是最终处理出的触点图像。本次测试采用 LED 灯作为点光源,模拟光学触控系统中的触点。

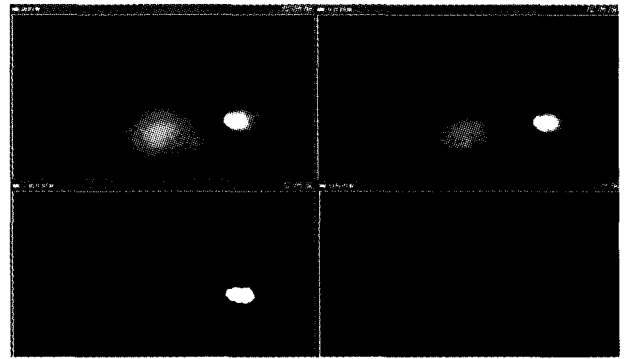


图 2 特征轮廓提取步骤

图 3 是最终处理得出的触点信息,其中内层连线为轮廓抽象成的多边形,各个亮点为多边形顶点,外围矩形框为计算出的最小面积外接矩形^[11]。

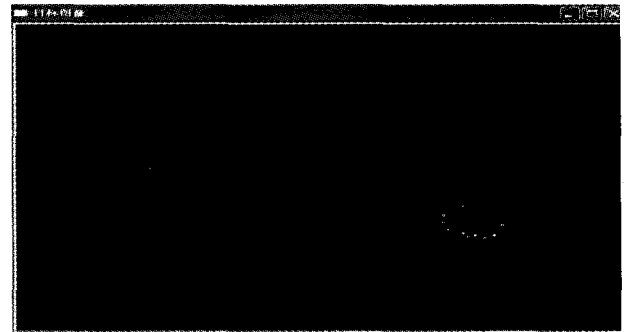


图 3 提取的特征轮廓

3.3 干扰点剔除

本文抓取的图像帧为 752 * 480 像素,设定的宽高比为 [0.6, 1.5],设定的矩形面积范围为 [300, 900],凡是属于这两个范围的亮斑均被视为触点,否则为干扰点剔除。本测试所采用的软硬件环境为:

操作系统: Windows XP SP3

CPU: Intel E2140 1.6GHz

内存: 1G DDR2

显卡: Nvidia Geforce 8600GT 256MB 显存

4 与传统触点识别方法的对比

目前在光学触控系统中应用较多的软件有 touchlib 和 tBeta(又称 CCV),这两种软件识别触点速率较高,并且内置了较多滤波过程,可调节度较大,不过对于硬件环境不佳导致的大量不规则干扰点、图像帧中存在高亮度的干扰光源(如日光灯、激光器等)的情况,这两种软件无法彻底剔除干扰点。下面以日光灯产生的干扰点为例,对比说明本方法相较于 touchlib 和 tBeta 的改进之处。

如图 4 所示,这是 touchlib 对日光灯干扰点的判别情况。图中大的光斑是日光灯光源,小的光斑是红外笔模拟的触点。touchlib 采用的是单阈值的二值化方法,因此对于亮度较高的日光灯光源,无论如何调节 threshold 和 brightness、contrast 的值,都无法将该干扰点剔除,那么运行 mousedriver、OSC 等驱动程序时,这个干扰点信息也会被发送。

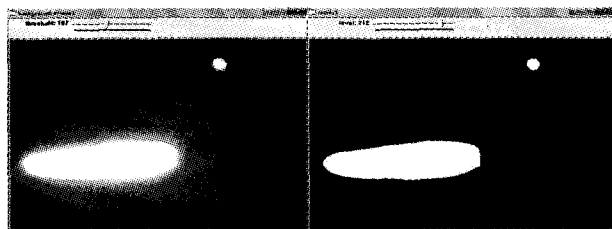


图 4 touchlib 对于超亮干扰点无法剔除

如图 5 所示,这是 tBeta1.3 版本的实验截图,可以看到,对于明显的日光灯光源产生的亮斑,它仍然识别为有效点(id=118),虽然可以通过设置阈值过滤掉面积较大的亮斑,但对于面积较小、但轮廓狭长的干扰点,仍然无法完全滤除。

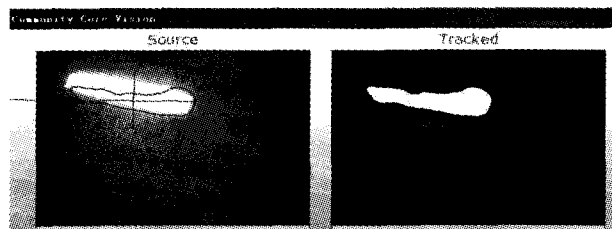


图 5 tBeta1.3 对于轮廓不规则干扰点无法剔除

如图 6 所示,使用本方法对图像进行处理,日光灯的光斑不仅面积超出要求,外接矩形长宽比也超出设定阈值,因此被判定为干扰点剔除。经试验验证,采用该方法之后,图像处理的帧率从 64fps 下降至 50fps,基本不影响触点识别的流畅

性。这种方法较传统触点处理软件的优势在于,它不仅在光斑面积上进行了判断,更增加了特征矩形长宽比的判断,在基本不影响识别流畅度基础上,改善了触点识别的精准度。

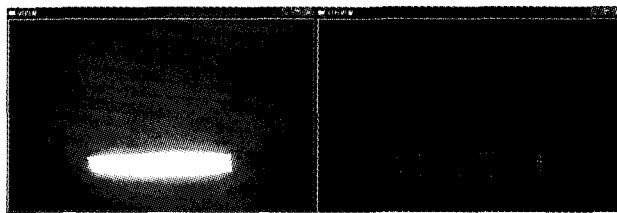


图 6 本方法对于日光灯亮斑的判定

结束语 随着触控手机、平板电脑等新产品的风靡,越来越多的厂商和科研人员将在多点触控领域进行研发,基于计算机视觉技术的超大尺寸多点触摸技术,在近几年中也必将迎来新一轮的技术革新。

参考文献

- [1] 孙一帆. 交互新方式——多点触摸技术初探[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(34): 9801-9802
 - [2] 熊怡, 李利军. 基于计算机视觉的虚拟场景合成方法研究[J]. 计算机工程与设计, 2006, 29(11): 2838-2839
 - [3] 熊显涛, 杜宝江. 机器视觉工具包 OpenCV 开发技术[J]. 计算机与网络, 2008, 19(115): 184-185
 - [4] 齐婷, 王锋. 基于视觉的多点触摸基本技术实现方法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(10): 138-144
 - [5] Allen J G, Xu R Y D, Jin J S, et al. Object Tracking Using Cam-Shift Algorithm and Multiple Quantized Feature Spaces[C]// Proc. Pan-Sydney Area Workshop on Visual Information Processing (VIP2003). Sydney: Australian Computer Society, Inc. Darlinghurst, 2004: 3-7
 - [6] NUI Group. Multi-Touch Technologies[OL]. (2009)[2010], <http://ccv.nuigroup.com/>, <http://nuigroup.com/touchlib/>
 - [7] 李佐勇, 刘传才, 程勇, 等. 红外图像统计阈值分割方法[J]. 计算机科学, 2010, 37(1): 282-287
 - [8] Bradski G, Kaebler A. Learning OpenCV[M]. 于仕琪, 刘瑞祯, 译. 北京: 清华大学出版社, 2009: 246-290
 - [9] 黄永军, 张新生. 关于正态分布的次序统计量的随机序[J]. 应用概率统计, 2009, 25(4): 381-388
 - [10] 吕伟梅, 郑庆华, 黄华, 等. 移动流媒体播放器的设计与实现[J]. 计算机科学, 2008, 35(9): 126-128
 - [11] 吴晓光, 王涤琼, 盛慧. 一种获取图像区域最小外接矩形的算法及实现[J]. 计算机工程, 2009, 30(12): 124-125, 142
- (上接第 424 页)
- [4] 田东平, 徐成虎. 改进的粒子群优化算法的研究和分析[J]. 计算机工程与应用, 2008(4): 56-60
 - [5] 王静宜. 自适应 FIR 滤波器的算法研究[J]. 河北工业大学学报, 2010, 39(1): 51-54
 - [6] 王峰, 邢科义. 系统辨识的粒子群优化方法[J]. 西安交通大学报, 2009, 43(2)
 - [7] 田东平, 徐成虎. 改进的粒子群优化算法的研究和分析[J]. 计算机工程与应用, 2008
 - [8] 袁丽华, 洪华松, 漆新民. 陷波滤波器的设计及其应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2004