

# 基于视觉的多点触摸基本技术实现方法

齐 婷<sup>1,2</sup>, 王 锋<sup>1</sup>

(1. 昆明理工大学 云南省计算机技术应用重点实验室, 云南 昆明 650051;

2. 昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650051)

**摘 要:**高性能的图像处理技术是基于视觉的多点触摸技术的关键,对于特征点的检测和跟踪是完成多点触摸系统的基础。文中主要介绍了几种算法用来解决特征点的识别和跟踪的问题。首先,图像轮廓变换算法用来分析手指与屏幕的接触区域,以及在此基础上采用中心计算算法确定特征点的中心坐标;再次,最小距离优先(MDF)算法对在两个相邻图像中的相应的特征点进行识别和跟踪,为随后的事件检测和手势识别提供了前提条件。实验结果表明,算法的性能满足多点触摸系统的实时要求。

**关键词:**基于视觉;多点触摸;特征点识别;特征点跟踪

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)10-0138-03

## A Recognition and Tracking Method in Vision - Based Multi - touch Technique

QI Ting<sup>1,2</sup>, WANG Feng<sup>1</sup>

(1. Yunnan Key Laboratory of Computer Technology Applications, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China;

2. College of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The fundamental technique of vision - based multi - touch technique is the high performance image processing, the basic of the multi - touch system is the blob recognition and tracking. In this paper, several algorithms are introduced to resolve the problems of blob recognition and tracking. Image contour transformation algorithm is adopted to analyze the existence of finger contact area and a centroid calculation algorithm is used to calculate the coordinate value of center point of the blob; Minimum Distance First (MDF) algorithm is designed to identify and track the corresponding blob in two sequential images and prepares for touch events and gesture recognition. The experiment result shows that the performance of the algorithms fully meets the requirement of real time multi - touch system.

**Key words:** vision - based; multi - touch; blob recognition; blob tracking

## 0 引 言

多点触摸技术是人机交互领域中的一项技术,它支持多于两个以上的手指同时与屏幕接触并进行操作。从1983年贝尔实验室发表的第一篇关于多点触摸技术的文章,以及在同一年第一个基于视觉的多触点系统 Video Place/Video Desk<sup>[1]</sup>的诞生(它可以跟踪多个手指和手,并且通过一套手势使人机进行交流),到苹果公司在2007年发布的iphone<sup>[2]</sup>和微软公司的surface,多点触摸技术在不断地发展。

2005年,Jeff Han等人利用受抑全内反射(FTIR)<sup>[3]</sup>的现象,提出了一种低成本的有效的多点感应技术。同时,作为微软surface的开发基础的漫射照明(DI)也是一种容易实现的多点感应技术。

FTIR和DI<sup>[4]</sup>一般都采用摄像机作为信息的获取源。为了满足多点触摸设备的要求,摄像机必须有较高的分辨率和采集速度(一般为30帧/秒)。同时,软件系统是个包含了图像的采集,接触区域分析,中心点坐标值计算和相应接触点检测等多个处理函数的复杂系统。为了便于基于视觉的多点触摸技术的研究,NUI Group开发了一个开源的多触点软件 touchlib,用于FTIR/DI多点触摸设备。为了方便讨论,把由摄像机采集到的图像中的接触区域称作特征点<sup>[5]</sup>。文中主要介绍特征点的识别和跟踪算法的设计和实现,以及

收稿日期:2009-02-21;修回日期:2009-05-19

**作者简介:**齐 婷(1984-),女,硕士研究生,从事多点触摸技术中关于图像处理的研究;王 锋,教授,从事网络安全技术、人机交互技术的研究。

在此基础上的碰触事件的检测和手势识别的实现思想。

## 1 特征点处理

当手指接触屏幕时,接触区域和非接触区域将会以不同的灰度级或者颜色表现在图像中,图 1 显示的是从 DI 多点触摸设备采集到的图像(文中的实验数据均来自利用环境光源的 DI 多点触摸设备)。其中,左侧的图像是由摄像机采集到的原始图像,右侧的是经过预处理后的结果。预处理后,特征点的灰度值接近 255。

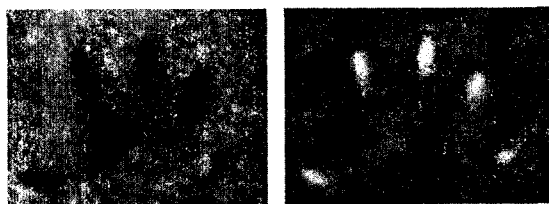


图 1 DI 多点触摸设备采集的图像

### 1.1 图像处理流程

图像处理流程如图 2 所示。

图像采集:由摄像机捕捉原始图像。

转化:将原始图像转化成为灰度图。

背景去除:将背景从图像中抽离。

过滤:经过调整,使图像中只留下明亮的特征点。

校对:用于特征点检测的最后图像状态。

在校对之后,系统就能检测到特征点的存在,并在此基础上进行特征点的跟踪以及碰触事件的检测。

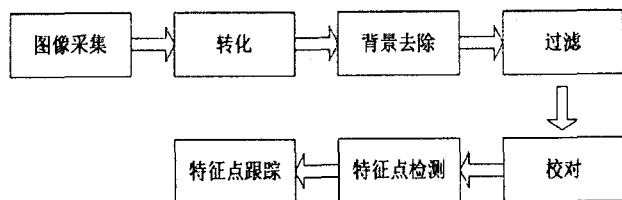


图 2 图像处理流程

### 1.2 特征点检测

特征点检测的目的是为了确定手指与屏幕的接触区域。在 FTIR 或 DI 多点触摸系统中,一般都会设置一个红外线光源对接触屏幕的物体进行探测,同时在屏幕背后的装有红外线滤镜的摄像机对反射或散射回来的红外线进行采集。当手指接触屏幕时,光线会明显的增强,特征点就很容易被检测到。

被检测到的特征点根据其自身的像素值,通过算法被分成两类:前景(一般像素值不为 0)和背景(像素值为 0)。在处理过程中,特征点检测函数主要是从图像中区分并提取具有相同灰度级的像素。然后,通过调用 OpenCV 中的轮廓线函数生成特征点的轮廓图。

如图 3 所示:左边的图像中每个亮点代表可能的特征点,右边的图像是根据左边的特征点生成的轮廓图。

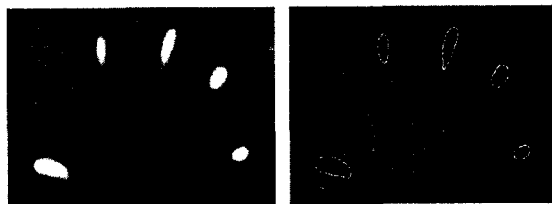


图 3 检测到的特征点和生成的轮廓图

经检测到的特征点分散在整个图像中,通过一个中心点计算算法来确定其各自坐标值。如图 4 所示:  $X_{center}$ ,  $Y_{center}$  代表特征点中心的坐标值<sup>[6]</sup>。

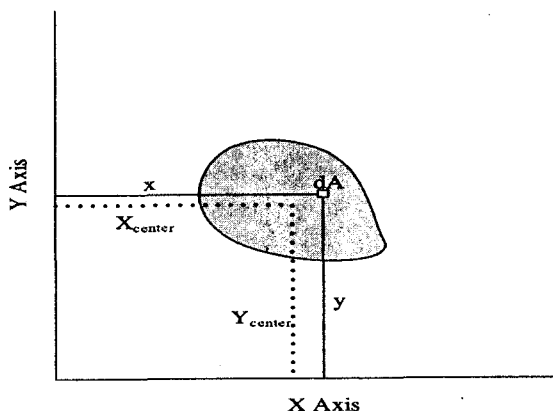


图 4 中心点坐标计算

使用公式(1)进行计算。

$$x_{center} = \int_A x dA / A, y_{center} = \int_A y dA / A \quad (1)$$

### 1.3 特征点跟踪

前面已经介绍了特征点的检测以及其坐标值的计算。为了获得信息以便去识别特征点的动作,必须跟踪每个特征点的移动和状态。特征点跟踪程序的任务包括相应触点的识别、碰触事件的检测和从低级驱动到高级应用事件转换。

#### 1.3.1 对应特征点分析

对应的特征点是指一系列图像中的由同一个手指产生的特征点。需要在两张相邻图像的诸多特征点中,根据已经获得的坐标信息,来确定相应的特征点(因为现在能利用的只有特征点的坐标值,所以相应特征点的识别是存在困难的)。

采用最小距离优先算法(MDF)<sup>[6]</sup>,在一系列图像中识别相应的特征点。假设在第一幅图像中有  $m$  个特征点,在第二幅图像中有  $n$  个特征点,在第一幅图像中的所有坐标被储存在一个二元数组:  $(x_{oldi}, y_{oldi}), 1 \leq i \leq M$ 。在第二幅图中,所有的坐标存储在另外的二元数组  $(x_{newj}, y_{newj}), 1 \leq j \leq N$ 。

根据下面给出的等式(2),对两幅图像中的特征点

的坐标进行两两计算,得出它们之间的距离,并将其存储在—个动态二元组  $D(i, j)$  中。

$$D(i, j) = \sqrt{(x_{old_j} - x_{new_j})^2 + (y_{old_i} - y_{new_j})^2} \quad (2)$$

经过计算和比较,两幅图像中距离最小的就被当作对应的特征点,如图 5 所示:P1 和 P2 是第一幅图像中的特征点,C1,C2 和 C3 是第二幅图中的特征点,经过计算,P1 与 C1,P2 与 C3 为对应特征点。

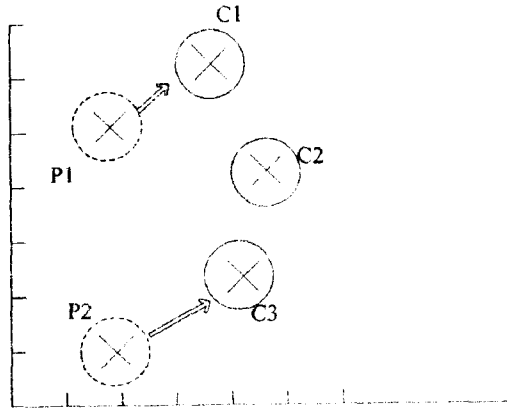


图 5 对应特征点

### 1.3.2 事件检测

多点触摸软件系统应该有检测碰触事件的能力,例如手指的按下和抬起。在对应点检测可行的基础上,碰触事件的检测是很简单的。通过特征点数量的改变,所有的事件都可以被分析。在表 1 中给出了三种情况。 $M$  是第一幅图像中特征点的数量, $N$  是第二幅图中的数量。如果  $M = N$ ,没有碰触事件发生;如果  $M$  大于  $N$ ,有指头从屏幕上离开;如果  $M$  小于  $N$ ,有更多的指头触摸得到了屏幕。

表 1 事件分析

序号	情况	事件	描述
1	$M = N$	无	
2	$M > N$	手指抬起	$(M - N)$ 个手指抬起
3	$M < N$	手指按下	$(N - M)$ 个手指按下

### 1.3.3 手势识别

手势是由一个或者两个或者更多的特征点的运动和碰触事件组成的,类如图像的转化、扭转,按比例拉伸及缩小。目前的实现方式是,采用一个代表八个方向的数字序列定义一个手势,然后将其存储在数据库中,捕捉到的手势将会利用字符串相似度算法与数据库中的序列进行计算,选择相似度最小的手势,作为输出结果<sup>[7]</sup>。

如图 6 所示:上图定义为八个方向,下图是对采集到的手势信号做字符串相似度比较。

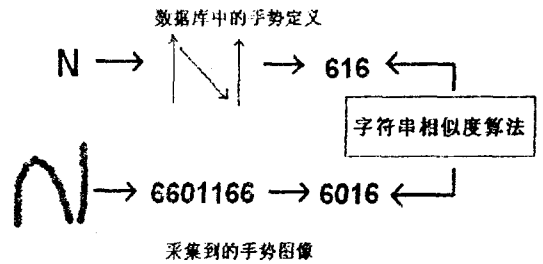
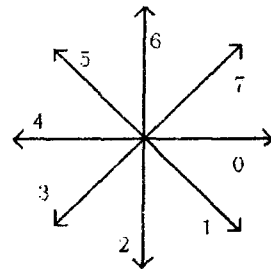


图 6 方向图与字符串

## 2 结束语

### 2.1 存在的问题

(1)在图像处理中,噪音和干扰的去除是非常关键的问题。照明的质量会直接影响到图像的质量,人的手掌的阴影也会成为干扰因素。在研究中,转化为灰度图的处理过程中,有两种方法被用来减少噪音和干扰。一种是利用固定的阈值,另一种是自适应阈值:在每幅图像中,背景的平均值和噪音值都会被计算,阈值 = 背景平均值 + 3 \* 噪音值。但是动态阈值并不如意,其计算速度满足不了实时系统的要求。

(2)根据灰度值来提取特征点时,人眼很容易辨别出来的几个独立的特征点,软件可能会将其鉴别成一个特征点。甚至,一个特征点的某部分处于背景像素的状态,在分析的时候会被当作背景来对待。这将会引起识别错误。

### 2.2 未来的工作

现在的研究知识解决了最低层次的触点的检测和跟踪的问题,还存在许多工作需要继续进行研究。

(1)高性能的特征点跟踪。现在使用最小距离算法分析相应特征点,随着触点数量的增多,处理速度明显跟不上,应该考虑一种数量独立性的方法。

(2)大尺寸面板和多触点情况。随着多点触摸的飞速发展,更大尺寸的多点触摸板将会被广泛应用。尺寸的扩大意味着信息采集的工作量增大,用作图像采集的摄像机的数目也将增加,由此带来的对图像的处理任务会加重,涉及到图像的切割及拼接。所以高

(下转第 144 页)

式,图像能够很好地反应像素邻域对该像素的影响。从 Lena 图像的分割结果可以看出,方法 1 肩部的头发和帽子饰物的轮廓以及脸部的轮廓明显优于方法 2 的分割结果,从保持区域一致性来看方法 1 亦优于方法 2。对于脑部 MR 图像,可以看出,在脑白质与脑灰质界限不明显的模糊区域,采用方法 1 的分割结果好于方法 2 的分割结果。方法 1 与方法 3 在两种图像的分割结果上基本一致,但是方法 1 所用时间较少。

为了能够客观地描述实验结果,采用分割后的一致性  $U$ 、区域对比度  $C$  和形状测量  $S$  及 PCNN 迭代次数<sup>[4]</sup>作为分割效果的客观评价准则,3 种评价准则是客观定量的,其值越大,分割的有效性越好,结果如表 1 所示。

表 1 采用方法 1 与方法 2 的实验客观评价

图像	模型	迭代次数	区域一致性 $U$	区域对比度 $C$	形状测量 $S$
Lena	方法 1	11	0.99831	0.20815	0.47523
Lena	方法 2	13	0.95541	0.10154	0.47332
Lena	方法 3	30	0.99753	0.20805	0.47533
脑部 MRI	方法 1	12	0.99543	0.18024	0.48274
脑部 MRI	方法 2	14	0.95424	0.09237	0.47537
脑部 MRI	方法 3	31	0.99437	0.18026	0.48267

从表 1 中可以看出采用方法 1 的分割结果在区域一致性、区域对比度及形状测量方面均优于方法 2 的结果。同样基于最大模糊熵,传统的 PCNN 与该文的改进 PCNN 模型相比,收敛时间要长,改进的 PCNN 有着更快的收敛速度,一般的分隔时间仅为 15~25 秒左右。传统的 PCNN 与改进的 PCNN 均能找到最优阈值,差别仅在于收敛步数。改进 PCNN 由于选用了新的阈值下降函数  $g(n)$  并简化了接受部分,收敛的速度得到了明显的提高。

(上接第 140 页)

性能的图像处理算法值得深入研究。

### 2.3 小结

特征点的检测和跟踪在基于视觉的多点触摸技术中是两个很重要的部分。在文中,特征点的识别和跟踪算法都能满足实时系统的要求。

#### 参考文献:

- [1] Krueger M, Gionfriddo T, Katrin H. VIDEOPLACE - An Artificial Reality[C]//In Proc. CHI 1985. [s. l.]: ACM Press, 2002:35-40.
- [2] 陈忠民.指尖上的科技由 iPhone 谈多点触摸屏技术[J].微型计算机,2007(8):161-165.
- [3] Han J Y. Low - Cost Multi - touch Sensing Through Frustrated Total Internal Reflection[C]//In Proc. UIST2005. [s.

### 5 结束语

文中对传统的 PCNN 网络模型进行了改进,简化了 PCNN 的网络结构,减少了网络的参数的数量,从而减轻了人为参数设定困难;通过简化网络,使网络有着更快的收敛速度;采用线性方式动态调整阈值的方法以克服时间段难以划分的缺点,依据图像的模糊特性提出了用最大模糊熵准则来判断迭代次数以确定最终分割结果。实验结果表明,文中算法的收敛速度快,分割准确度高,对复杂的脑部 MRI 图像也有着较好的分割效果。

#### 参考文献:

- [1] Johnson J L, Padgett M L. PCNN Models and application [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1999, 10(3): 480-498.
- [2] 卢桂馥,刘金飞,王 勇,等.基于微粒群算法和脉冲耦合神经网络的图像分割算法[J].计算机技术与发展,2008, 18(7):90-92.
- [3] 马义德,戴若兰,李 廉.一种基于脉冲耦合神经网络和图像熵的自动图像分割方法[J].通信学报,2002,23(1): 46-51.
- [4] 张煜东,吴乐南.基于二维 Tsallis 熵的改进 PCNN 图像分割[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(4):579-584.
- [5] 刘 勃,马义德,钱志柏.一种基于交叉熵的改进型 PCNN 图像自动分割新方法[J].中国图象图形学报,2005,10(5):579-584.
- [6] Cheng H D, Lui Y M. Automatic bandwidth selection of fuzzy membership functions[J]. Information Science, 1997, 103:1-21.
- [7] 毕英伟,邱天爽.一种基于简化 PCNN 的自适应图像分割方法[J].电子学报,2005,33(4):647-650.
- [8] [s. l.]: ACM Press, 2005:115-118.
- [4] Getting Started With MultiTouch[EB/OL]. 2008-05-22. <http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982/>.
- [5] Sookman S, Imaging M. Blob Analysis and Edge Detection in the Real World[EB/OL]. 2009. [http://archive.evaluationengineering.com/archive/articles/0806/0806blob\\_analysis.asp](http://archive.evaluationengineering.com/archive/articles/0806/0806blob_analysis.asp).
- [6] Wang Feng, Ren Xiangshi, Liu Zhen. A Robust Blob Recognition and Tracking Method in Vision - based Multi - touch Technique[C]//Parallel and Distributed Processing with Applications, 2008. ISPA apos; 08. International Symposium. [s. l.]: [s. n.], 2008:971-974.
- [7] Muller L Y L. Multi - Touch displays: design, applications and performance evaluation [EB/OL]. 2008-07-02. [http://staff.science.uva.nl/muller/multitouch\\_thesis/multitouch\\_presentation.pdf](http://staff.science.uva.nl/muller/multitouch_thesis/multitouch_presentation.pdf).