

一种有效的多点感知检测算法

赵红毅

(西安理工大学 高等技术学院, 陕西 西安 710082)

摘 要: 提出一个基于红外视觉的多点触摸检测的图像处理算法. 首先对红外图像进行预处理, 采用提出的改进的带系数的 OTSU 法来进行图像分割, 获取目标区域. 然后对递归填充的多触点算法进行改进, 提出使用此采用扫描区域填充法来实现多触点检测. 实验表明, 此算法能够准确地实现特征点的检测和识别并且算法实时性效果极好.

关键词: 红外图像; 多点触摸; 特征点检测; 图像处理; 人机交互

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)10-0066-03

An Effective Multi-touch Recognition and Detection Algorithm

ZHAO Hong-yi

(Faculty of High Vocational Education, Xi'an University of Technology, Xi'an 710082, China)

Abstract: In this paper, primarily, the infrared images captured by FTIR system are pre-processed. The image of foreground and background are segmented by OTSU's method with a coefficient. Scan area filling method is adopted to recognize the multi-contact area. The result shows that the performance of the system fully meets the requirements of real time and accuracy.

Key words: infrared image; multi-touch; blob recognition; image processing; HCI

1 引言

触摸屏是目前最简单、方便、自然的一种人机交互方式. 作为一种使多媒体信息或控制改头换面的设备, 触摸屏赋予了多媒体系统崭新的面貌, 是极富吸引力的全新多媒体交互设备^[1]. 文献[2]中认为利用红外反射来实现多点触摸的技术(统称为红外反射多点触摸技术)具有一定的优势. 文献[3]中提出了基于受抑全内反射的多点触控技术. 文献[4]中采用积分投影法较好的实现了单个特征点的检测与跟踪, 没能实现多点识别. 本文在利用 FTIR 技术获得红外触摸图像的基础上, 提出了一种基于扫描区域填充法的特征点检测算法进行多触点识别, 具有识别准确, 实时性好的优点.

2 红外图像处理

2.1 图像预处理

相比可见光图像, 由于受到成像技术和设备的

限制, 红外图像对比度低、信噪比差^[5], 把前景和背景分割出来具有一定难度, 需要对图像进行平滑滤波处理, 降低其噪声. 本系统选用 3×3 的方形窗口进行中值滤波. 从图 1 可知, 从红外摄像机采集的原图像有明显的噪声干扰, 经过 3×3 中值滤波器处理后的图像中噪声更少, 模糊程度低, 滤波效果好.

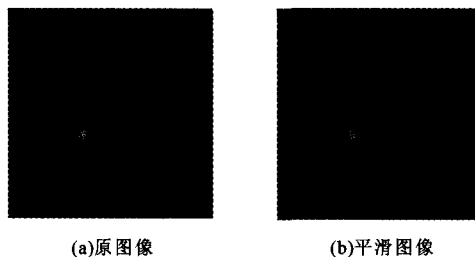


图 1 中值滤波

2.2 图像分割

图像分割即图像二值化, 是目标检测, 跟踪与识别的前提条件, 是图像处理的关键技术. 通过图像分割, 用户可提取出原图像中感兴趣的对象(也称之为

前景),为后续的图像处理提供必要数据.本文中采用带系数的 OTSU 法是基于图像灰度统计特性,能实现自适应选择阈值,分割效果好,速度快,算法简单.

2.2.1 OTSU 法

最大类间方差法是一种自适应的阈值确定方法,又叫大津法,简称 OTSU 法. OTSU 法以图像的灰度直方图为依据,以前景和背景类间方差最大为阈值选取准则,性能良好,简单快速,是一种常用的自适应阈值分割法.其基本思想如下:设原始灰度图像共有 L 个灰度级,灰度级为 i 的像素点数为 n_i ,则图像的总像素为 $N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i$,将直方图归一化:

$p_i = \frac{n_i}{N}$,显然 $\sum_{i=0}^{L-1} p_i = 1$. 设图像按灰度值 T 分为两类: C_0 类(灰度级为 0 到 T) 和 C_1 类(灰度级为 $T+1$ 到 $L-1$). 那么 C_0 类和 C_1 类的出现概率分别为

$$w_0 = P_r(C_0) = \sum_{i=0}^T p_i = w(T) \quad (1)$$

$$w_1 = P_r(C_1) = \sum_{i=T+1}^{L-1} p_i = 1 - w(T) \quad (2)$$

显然 $w_0 + w_1 = 1$. 两类的均值为

$$u_0 = \sum_{i=0}^T \frac{ip_i}{w_0} = \frac{u(T)}{w(T)} \quad (3)$$

$$u_1 = \sum_{i=T+1}^{L-1} \frac{ip_i}{w_1} = \frac{u - u(T)}{1 - w(T)} \quad (4)$$

其中 $u(T) = \sum_{i=0}^T ip_i$, $u = u(L-1) = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i$, u 表示全图像均值,与阈值无关. C_0 类和 C_1 类的均方差为

$$\sigma_{C_0} = \sum_{i=0}^T \frac{(i - u_0)^2 p_i}{w_0} \quad (5)$$

$$\sigma_{C_1} = \sum_{i=T+1}^{L-1} \frac{(i - u_1)^2 p_i}{w_1} \quad (6)$$

那么类间方差为

$$\begin{aligned} \sigma_B &= w_0 (u_0 - u)^2 + w_1 (u_1 - u)^2 \\ &= w_0 w_1 (u_1 - u_0)^2 \end{aligned} \quad (7)$$

使 T 在 $[0, L-1]$ 范围内依次取值,使得 σ_B 最大的 T 即为 OTSU 法确定的最佳阈值^[6]. 为了更好地满足系统实时性要求,可以将 T 的取值间隔设为 3 而不会影响分割效果.

如图 2 所示,传统的 OTSU 法对于直方图呈现双峰分布的图像或者当图像中目标和背景分布比较均匀且目标和背景类偏差相差不大的情况下可以取得较好的效果. 在本系统中,相机采集的红外图像噪声干扰明显,灰度差小,边缘模糊,使得图像的灰度

直方图分布不一定出现明显的峰和谷,并且触点目标很小,使得红外图像中目标和背景分布极不平衡. 如图 3 所示,原图像的直方图呈单峰分布,前景和背景大小差距太大,因此采用传统的 OTSU 法进行图像分割,会产生阈值漂移现象,将目标像素误分成背景,造成目标无法提取.

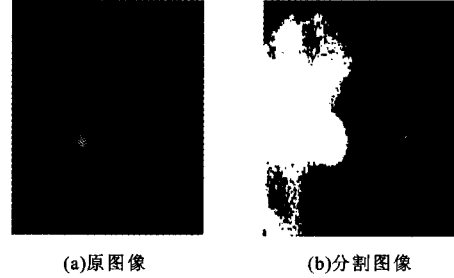


图 2 OTSU 法分割图像

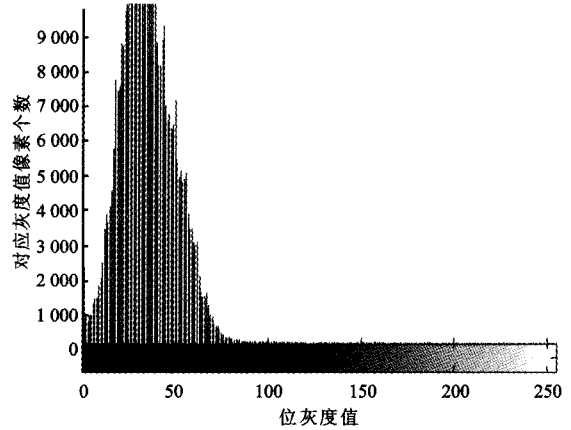


图 3 原图像直方图

2.2.2 改进的 OTSU 法

由上述讨论可知,在本系统中,采用传统的 OTSU 法不能自适应分割出目标和背景,提取有用信息. 如果将传统 OTSU 法确定的最佳阈值乘以一个经验系数,可以将阈值提升到接近理想阈值,图像分割效果将明显改善. 图 4 中展示的是原图像在不同系数下的自适应分割结果. 从结果可以看出,当系数是 1 时,即不做提升时,无法提取目标信息. 当系数是 1.5 时,系统可以分割出较理想的目标点,但存在目标点扩大和背景噪声不干净的问题. 当把系数设置为 2 时,系统可以很好的分割出目标点,无背景噪声,保留较准确的目标信息. 经过对 100 幅不同对比度图像的实验,最终确定本系统中经验系数为 2.

3 多触点检测算法

3.1 递归填充算法

此算法的基本原理是:设 (x, y) 为八连通区域

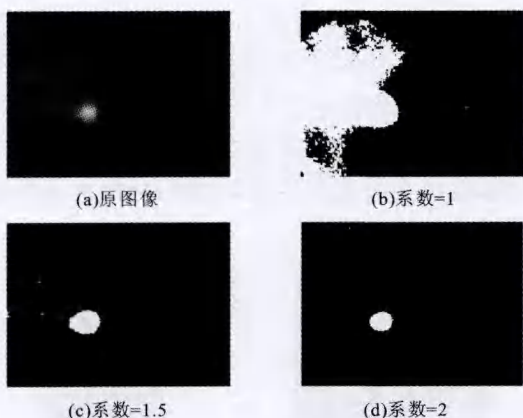


图4 改进的 OTSU 法分割图像

内部的一点, $I(x, y)$ 为区域内部所有像素的灰度值. 现在取 (x_0, y_0) 为种子点, 要将整个区域填充为新的灰度值 K , 递归填充算法的过程是: 先判别点 (x, y) 的像素 $I(x, y)$ 与种子点 (x_0, y_0) 的像素 $I(x_0, y_0)$ 的绝对差值是否满足约束条件, 如果满足, 则说明该像素位于区域内部, 则标记灰度值为 K , 并对上、下、左、右、左上、右上、左下、右下这八个方向像素点作递归填充; 否则说明该像素的灰度值在区域外或已被填充过, 不再进行处理.

递归填充算法简单, 表达清楚, 易于实现. 但由于在八连通情况下需反复递归 8 次, 其执行效率不高, 对于实时性要求较高的场合不适用. 从减少递归次数的角度出发, 对算法进行改进, 提高算法执行效率.

3.2 扫描区域填充法

上述递归填充算法效率低的主要原因是, 并未考虑像素间的相关性, 而是孤立地对一个个像素进行检测. 扫描线算法则利用了像素之间的连贯性, 将扫描线上位于区域内部的相邻像素作为一个区段来考虑, 只选一个像素作为代表入栈, 从而极大地减少了对栈空间的需求, 并且显著提高了执行效率.

假设要填充一个八连通区域, 扫描线算法^[7]的基本思想是: 首先填充当前扫描线上位于区域内部的一个区段, 它的像素灰度值为 old_value , 现将 new_value 作为区域填充的新灰度值; 然后确定与这一区段相邻的上、下两条扫描线上位于区域内部的区段, 分别将他们的最右端像素作为种子点保存起来. 反复进行这一过程, 直到保存的区段都填充完毕为止. 借助堆栈时, 先将堆栈初始化为空栈, 上述算法执行步骤如下:

(1) 从包含种子像素的堆栈中取出区段的种子像素;

(2) 沿着扫描线, 对种子像素的左、右像素进行

填充, 直至遇到边界像素为止;

(3) 区段内最左和最右的像素记为 x_{Left} 和 x_{Right} , 在 $x_{Left} < x < x_{Right}$ 中, 检查与当前扫描线相邻的上、下两条扫描线是否全为边界像素或已填充过;

(4) 如果这些扫描线既不包括边界像素, 也不包含已填充的像素, 则在 $x_{Left} < x < x_{Right}$ 中, 把每一像素段的最右像素取作为种子像素, 并压入堆栈;

(5) 初始化时, 向堆栈压入一个种子像素, 并在堆栈为空时结束.

4 实验结果

图 5 中显示的是多触点检测结果. 算法上首先进行减低分辨率法快速找到种子点, 然后进行区域扫描填充算法分割图像, 最后采用双阈值和带权重的中心坐标法计算中心点坐标. 从实验结果来看, 系统对五个触点都能识别到, 确定的中心点坐标也比较准确. 理论上, 系统可以实现任意多点的识别.

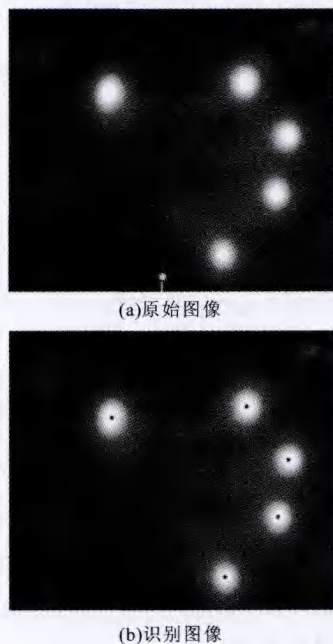


图5 多触点识别实验结果

5 结束语

本文研究的是一种基于视觉的红外反射触摸技术, 它实现简单, 成本低, 可行性高, 在大尺寸的交互上具有明显优势. 在触点检测方面, 红外图像不同于可见光图像, 噪声影响明显, 文中采用可以将图像前景和背景准确分割的带系数的 OTSU 法. 触摸点的检测采用扫描区域填充法, 利用了像素间的相关性, 减小运算量, 提高效率, 实现了实时地多点检测, 识别准确. 实验表明本算法合理有效.

(下转第 72 页)

宽度下,表 2 中测试时间显然比表 3 中各算法的测试时间小. 两表中最大的 W 时,表 2 中的 W=48 比表 3 中的 W=64 小,但表 2 中的测试时间比表 3 中的小,具体数值如下:与 SA 算法相比测试时间数值减少了 67 817 μ s,幅度减少近 14. 97%;与 ILP 算相比值减少了 79 740 μ s,幅度减少近 17. 32%;与启发式算法相比数值减少了 79 740 μ s,幅度减少近 18. 76%.

表 3 文献[1,6]中 p93791 在 B=3 时实验结果

W	$w_1+w_2+w_3$	测试时间/ μ s		
		ILP 算法	SA 算法	启发式算法
16	3+5+8	1 771 720	1 764 006	1 786 200
24	8+9+7	1 187 990	1 184 907	1 209 420
32	23+4+5	887 751	884 980	887 751
40	23+5+12	698 583	713 039	741 965
48	15+10+23	599 373	594 579	599 373
56	10+23+23	514 688	513 540	514 688
64	46+9+9	460 328	452 875	473 997

5 结束语

本文在 TAM 分组策略的基础上,建立了以测试时间和测试功耗两者为目标的优化模型,通过染色体编码实现对 IP 核的分组,采用并串相结合的测试机制,选用 ITC'02 SoC Test Benchmark 中代表性较强的 p93791 作为验证对象,应用多目标遗传算法进行了求解. 从数据分析可知,通过对 TAM 通道进行适当的分组,不仅可以提高 TAM 通道利用率,减少测试总线的数量,也有利于对测试时间的优化.

且本文所建立的优化模型,对测试时间与测试功耗优化具有较好的效果.

参考文献:

[1] Iyengar V, Chakabartyk, Marinissen E J. Test wrapper and test access mechanism cooptimization for system on chip [J]. Journal of Electronic Testing: Theory and Applications, 2002(18):213-230.

[2] Samii S, Larsson E, Chakrabarty K. Cycle—accurate test power modeling and its application to SoC test scheduling[C]//Pro of International Test Conference. Santa Clara, California, IEEE,2006 .

[3] Harmanani H M, Salamy H A. Power—constrained system on a chip test scheduling using a genetic algorithm[J]. Journal of Circuits, Systems, and Computers, 2006, 15(3): 331-349.

[4] 汪滢,许东宁. SOC 测试时间与测试功耗协同优化[J]. 微计算机信息, 2009,25(11-2): 27-29.

[5] 谈恩民,王鹏. 基于 NSGA—II 算法的 SOC 测试多目标优化研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2011,25(3): 226-231.

[6] 王艳梅. 基于数字 IP 核的 SOC 测试结构研究[D]. 桂林:桂林电子科技大学,2003.

[7] 崔逊学. 多目标进化算法及其应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2008.

作者简介:

谈恩民 男,(1966-),教授. 研究方向为计算机辅助测试和集成电路可测试性设计.

李清清 女,(1987-),硕士研究生. 研究方向为计算机辅助测试和集成电路可测试性设计.

(上接第 68 页)

参考文献:

[1] 颜焯. 在力感应触摸屏上手写签名系统的设计[D]. 北京:北京邮电大学,2011.

[2] 陈江江. 多点触摸交互技术硬件系统分析、优化与应用[D]. 上海:上海大学,2009.

[3] Han Jerfferson Y. Low cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection[C]//UIST2005. USA, Stanford: ACM press, 2005:115-118.

[4] Zheng Wei, Wei Liu, Qing He, et al. The design of infrared touch screen based on MCU[C]// ICIA 2011. China, Shenzhen,2011.

[5] 李建福. 红外图像中人体目标检测、跟踪及其行为识别研究[D]. 重庆:重庆大学,2010.

[6] 胡斌,宫宁生. 一种改进的 Otsu 阈值分割算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(12):153-155.

[7] 伏玉琛,周洞汝. 计算机图形学[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2003:82.

作者简介:

赵红毅 男,(1975-),硕士,讲师. 研究方向为嵌入式系统及计算机图像处理.