

一种新的基于图像主轮廓的配准算法

A New Image Registration Algorithm Based on Main Contour

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院)雷 凯^{1,2} 刘艳滢¹ 王延杰¹ 邢忠宝¹ 尹立敏^{1,2}

LEIKAI LIU YANYING WANG YANJIE XING ZHONGBAO YIN LIMIN

摘要:文中提出了一种新的图像配准方法,可以很好解决图像配准中的平移和旋转问题(刚性变换问题)。算法的实现是首先得到待配准两幅图像的轮廓特征点(本文使用 SUSAN 边缘检测算法);再剔除虚假的特征点(噪声点)后,根据像素间的连通性判别准则,得到图像的主轮廓;最后以两幅图像的主轮廓信息,配准图像。实验证明,算法实现速度快,精度较高。

关键词:图像配准;主轮廓;SUSAN;边缘检测

中图分类号:TP391.41 文献标识码:A

Abstract: A new algorithm about image registration is presented in this paper, which has solved translations and rotations transformations (so-called rigid transformations) problems in image registration process well. This approach is as followed: first, we use SUSAN edge-detected method to obtain the feature points (interesting points) of the two images, and from which, we eliminate the bad-feature points (the noise points); second, by using connectedness-judged criteria, acquire the main outlines of the two images; third and last, we use the information extracted from the main outlines to register the two images. The experiments have test the effect of the approach.

Key word: image registration, main contour, SUSAN, edge detect

技术创新

引言

图像配准是将取自同一目标区域的两幅或多幅影像,在空间位置上对准。这些影像或者来自不同传感器,或者是由同一传感器在不同时刻获取。图像配准作为图像拼接、电子稳像和图像融合等领域中的关键技术之一,快速高精度的图像配准算法一直是众多研究学者追求的目标。

目前,典型的图像配准算法大致可分为基于灰度的和基于特征的。基于灰度的图像配准算法计算量大,耗时长,对光照条件敏感。基于特征的图像配准方法可以在一定程度上克服上述的缺点,主要体现在:图像的特征点比图像的像素点要少很多,因此大大减少了匹配过程的计算量;图像的特征点对于图像形变、光照不均等有较好的适应能力,算法的鲁棒性强。常用图像特征包括点特征、轮廓特征、区域特征等等。

图像的轮廓是一个较稳定的图像特征,当图像发生平移和旋转变换时,其仍能保持较好的对应关系。图像的主轮廓反映了图像主要边缘的信息,是图像的总轮廓,其对应于数字图像上若干条较长的边缘(包含的特征像素点数量多)。较之细小的边缘,图像的主轮廓,特征提取更稳定,对应关系更好。针对图像配准中的刚性变换问题(平移和旋转变换),本文提出基于图像主轮廓的图像配准算法。首先提取图像的边缘特征点,进而得到图像的主轮廓;然后,利用轮廓的形状签名,配合不变矩和轮廓的长度等描述子,实现特征匹配,获得配准参数。

1 算法的描述

1.1 边缘特征点的提取

雷凯:博士研究生

针对边缘提取问题,方法很多。简单的,可以使用梯度算子,比如 Roberts 算子、Sobel 算子和 Laplas 算子等,获得图像的轮廓;复杂些的,也可使用小波分解的方法,利用分解的高频分量重构图像的边缘(细节信息)。前者,在使用梯度算子提取图像轮廓时,需要进行图像分割,合适的分割域值选取是一个问题。后者,算法实现相对复杂,算法计算量大。

本文使用 SUSAN 算法,提取图像的边缘特征点。与其它许多已有算法相比较,SUSAN 算法具有如下优点:其可以直接对于原始图像进行处理,不需求导,所以算法的抗噪声能力较强,运算速度较快。圆形的 SUSAN 模板具有各向同性,可以抵抗图像的旋转变换。使用 SUSAN 算法提取图像的轮廓,可以直接得到轮廓的二值图像,不需要再进行域值分割。配合 SUSAN 算法的重心判据和边缘判据,可以剔除大量的虚假特征点,获得较细的边缘。下面简述一下 SUSAN 算法的原理。

1.1.1 SUSAN 算法的原理

如图 1 所示:(a)为一个矩形在白色背景下,一圆模板,在该图像上滑过,置于图中五个不同的位置。将模板中的各点与其核心点(当前点)的灰度值,用下面的相似比较函数(公式 1)比较。得到与核心点灰度相似的集合区域称为核值相似区(univalue segment assimilating nucleus, USAN)。图(b)中模板的白色区域即为五个不同位置的 USAN 区。

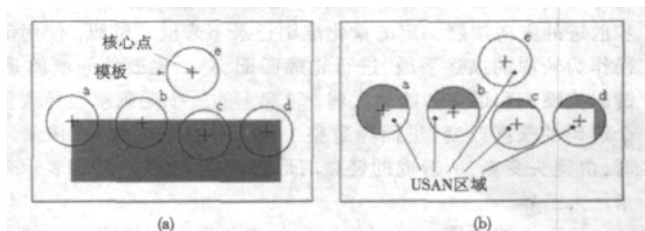


图 1 五个不同位置的圆模板及其所对应 USAN 区域

$$c(x, y) = \begin{cases} 1 & |I(x, y) - I(x_0, y_0)| \leq t \\ 0 & |I(x, y) - I(x_0, y_0)| > t \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)中, $I(x_0, y_0)$ 和 $I(x, y)$ 分别是核心点与模板中其它点的灰度值, t 是确定相似程度的一个重要域值。域值 t 的选取要根据图像中目标与背景的对比程度来确定。

由图(b)可以看出:模板在平坦区域, USAN 区最大;在边缘处, USAN 区大小降为一半;而在角点附近, USAN 区变得更小。可以得出结论:该点的 USAN 区越小, 该点在图像上灰度差别就越大。SUSAN 算法正是根据这一原理, 检测图像上的特征点。

1.1.2 SUSAN 算法的重心判据和边缘判据

重心判据:如果当前点为噪声点, 那么其 USAN 区域的重心与模板的中心应近似重合。

边缘判据:由 SUSAN 算法的边缘检测原理, 轮廓边缘的方向应垂直于 USAN 重心与模板中心的连线。因此, 为了获得较细的边缘, 可以在 USAN 重心与模板中心的连线方向上, 取初始响应最大的特征点, 作为轮廓的边缘点。

1.2 基于连通性准则获得图像主轮廓

使用 SUSAN 算法提取边缘特征点时, 由于图像景物的复杂性(例如图像中含有草地、树林等图像区域), 就会在这样的复杂区域中, 检测到数目很多的特征点(其它的特征点检测方法也多存在这一问题)。这些细小轮廓特征点的存在, 会给后续的特征匹配, 带来很大困难。可以利用图像的连通性判别准则, 去除这些细小边缘的影响, 仅保留图像的主边缘信息进行匹配。

图像的连通性(链接性)是指图像上具有相同值(一般为 1)的两个像素邻接的情况。常用的邻接有 4 邻接、8 邻接和 m 邻接(混合邻接)。混合邻接的引入, 可以消除 8 邻接时常常发生的二义性。针对本文是要提取出图像的主要边缘点, 可使用 8 邻接模型。在两幅图像中, 在满足 8 邻接条件下, 剔除所包含特征像素点数量少于指定域值的细小轮廓。

1.3 基于改进形状签名的主轮廓匹配

在提取出两幅图像的主轮廓后, 要进行特征匹配。特征匹配的目的就是尽可能地建立两幅图像上特征之间的一一对应关系, 进而获得图像的配准参数。针对图像的平移和旋转变换情况, 本文提出基于形状签名的轮廓匹配方法, 具体步骤如下:(参见图 2)

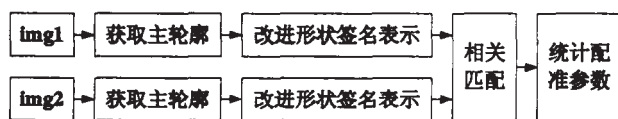


图 2 轮廓匹配的步骤

1.3.1 轮廓的量化描述:链码与形状签名

在轮廓匹配前, 需要对其进行量化描述(不同的表达方式), 以便于后面的相似性度量。链码是最直接也是目前最常用的对轮廓细节的描述手段。在使用爬虫法搜索连通边界时, 将每一步前进的方向按照一定的量化准则记录下来就是链码。使用链码作为轮廓的描述手段, 进行轮廓匹配, 一个主要的问题就是:链码抗噪声和形变的能力太弱。轮廓上的一个毛刺就会导致整个链码的长度改变, 进而导致整个波形分布的变化; 图像采集时, 由镜头变焦, 所造成的轻微的形状变化, 也会给链码表示带来巨大差异。

基于上述原因, 可以使用形状签名来克服链码表示的不

足。与轮廓的链码表示类似, 形状签名也是一种轮廓的描述方法。最基本的形状签名就是轮廓上边界点到轮廓形心的距离随角度(与水平方向的夹角)变化的关系曲线。

像轮廓上的毛刺对于形状签名而言, 影响很小。从图 3 中我们可以明显看到, 轮廓的形状签名较之链码表示, 更稳定, 更方便后续的相关计算。

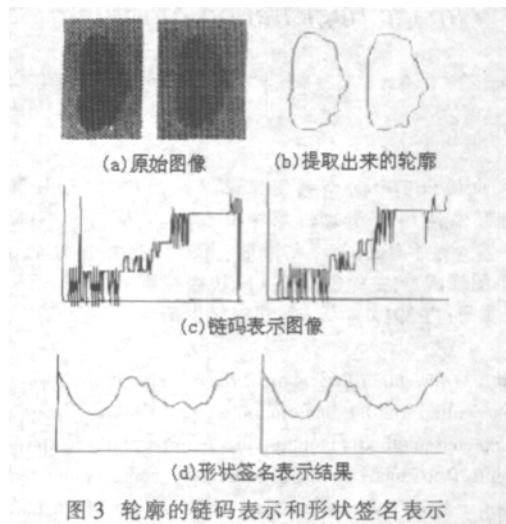


图 3 轮廓的链码表示和形状签名表示

1.3.2 形状签名的相关匹配

1) 对于第一幅图像中的每一个轮廓 $C_1(i)$, 将其和第二幅图像中的所有长度相近的轮廓 $C_2(j)$, 两两计算其形状签名曲线的峰值相关系数 ρ_{ij} 。若存在 $\rho_{ij} > 0.8$, 就认为这两条形状签名曲线所代表的轮廓是一个匹配对。得到两幅图像的轮廓匹配对集合。

2) 对于每一个匹配对, 记录其相关峰值位置的坐标, 图像的旋转参数, 可以由该坐标值获得。图像的平移参数, 可由轮廓形心坐标的差值给出。

3) 对于每一个匹配好的轮廓对, 分别计算其原始图像中对应于轮廓位置上的像素, 相对于该轮廓形心的一阶矩和二阶矩。用得到的结果, 衡量该匹配对。对差异较大的匹配对, 将其从匹配对集合中剔除。

4) 可以进一步使用统计聚类的方法消除误匹配和假匹配的轮廓对。每一对匹配好的轮廓, 都可以给出一组配准参数, 将得到的配准参数, 按相同或相近原则聚类。正确的匹配对给出的配准参数是相同或相近的; 错误的匹配对给出的配准参数, 其分布是杂乱无章的。因此, 取包含轮廓匹配对多的聚类集合, 对该集合的配准参数, 取其平均值, 作为图像的最终配准参数。

2 实验结果

为了验证算法的有效性, 作了大量实验, 下面给出其中一个典型的实验。实验目的是寻找测试图像相对于原始图像的配准参数。实验中, 已知测试图像相对于原始图像旋转了 90 度。

使用本文的算法, 首先提取两幅图像的 SUSAN 边缘(如图 4 所示); 然后通过轮廓形状匹配和统计聚类获得配准参数。检测得到, 旋转参数:89.7; 平移参数:0。实验结果和真实配准参数非常接近。

3 结论

本文针对图像配准中的平移和旋转变换情况, 提出基于图像主轮廓的配准算法。(下转第 240 页)

等 Agent 在目的地成功注册后,再从邮箱转发到 Agent,从而保证了通信的可靠性。

2、移动 Agent 迁移的自由性。在整个迁移过程中,都没有要求移动 Agent 停止移动的算法,移动 Agent 是否迁移,由自身省决定,完成迁移后,只是向 Home 注册一下地址。

3、通信效率分析。在原算法中,所有的消息都要通过邮箱转发一次。在改进算法中,只有那些移动 Agent 没有收到的消息被转发,有两种极端情况:最坏情况下,移动 Agent 在节点没有收到 Sender 发送的任何消息,这时改进算法退化为原算法,即所有的消息都被邮箱转发一次,在通信上只多了一些控制信息。最好的情况下,Sender 发送的消息都被移动 Agent 直接接收了,即没有通信失效现象发生,这时移动 Agent 只产生一个通知前一个节点销毁信箱的额外通信量。总体上改进算法在通信效率上优于原算法。

4 结语

通信机制是移动 Agent 研究领域广泛关注的一部份,寻址和消息的可靠传输又是移动 Agent 通信中的两个难题。本文创新点是在分析了现有的基于邮箱的移动 Agent 通信机制基础上,提出了一种能够保证消息可靠、高效地传输的改进算法。改进的通信机制不需要迁移邮箱,而是采用预留信箱的方式(该信箱能够随需要自动销毁)。一方面保证了通信的可靠性,即当某个信箱所在节点发生故障后,不影响其他节点消息的接收;另一方面,通过移动 Agent 直接接收部分消息(Agent 在不迁移的时候自己接收消息,而不是把所有的消息都先发送到信箱)来提高通信效率。但是在改进算法中,移动 Agent 寻址方式还是采用集中式寻址,对 Home 的依赖性较强,找到一种更好的寻址方式是我们进一步要做的工作。

参考文献

- [1]陶先平,冯新宇,李新等. Mogent 系统的通信机制[J]. 软件学报, 2000, 11(8):1060-1065.
 - [2]Tanenbaum AS, Van Steen M. "Distributed systems principles and paradigms" Prentice Hall Inc.,2002.57-66
 - [3]Baumann J, Hohl F, Stra er M, Rothermel K. Mole - Concepts of a mobile Agent system [J]. Special Issue on Applications and Techniques of Web Agents, 1998. 536 - 554.
 - [4]Desbiens, J. Lavoie, M. Renaud, F. "Communication and tracking infrastructure of a mobile Agent system" Proc. 31st Ann. Hawaii Int'l Conf. System Sciences(HICSS 98), IEEE CS Press, Los Alamedas, Calif., 1998, pp. 54-63.
 - [5]魏衍君,沈祥鸿.基于移动 Agent 的分布式入侵检测系统设计与实现[J]微计算机信息 2006 5-3:43-45.
 - [6]Feng XY, Cao JN, Lu J. Chan H. "An efficient mailbox - based algorithm for message delivery in mobile Agent systems". In: Picco GP, ed. Mobile Agents. LNCS2240, Springer-Verlag, 2001.135-151.
- 作者简介:王继曾(1950-),男(汉族),山东招远人,兰州理工大学计算机与通信学院教授,硕士生导师,研究方向为自然语言理解、信息处理、智能机器人。
- Biography:WANG Ji-zeng(1950-), male, Han nationality, professor of college of computer and communication at Lanzhou University and Technology. His main research interests include natural language understanding, intelligent robot (730050 甘肃兰州 兰州理工大学 计算机与通信学院) 王继曾

满自斌

(School of Computer and Communication, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050) WANG Ji-zeng, Man Zi-bin
通讯地址:(730050 兰州 兰州理工大学计算机与通信学院 04 研)满自斌

(收稿日期:2006.1.3)(修稿日期:2007.2.5)

(上接第 268 页)

算法以 SUSAN 边缘为配准依据,通过形状签名曲线的相关运算,实现轮廓匹配,最终配准图像。实验结果表明:算法配准精度高,实现速度较快,可以较好的解决图像配准中的平移和旋转问题。



图 4 实验图像及其 SUSAN 边缘

创新观点:针对图像配准中的平移和旋转变换情况,本文提出基于图像主轮廓的配准算法。算法以 SUSAN 边缘为配准依据,通过图像主轮廓的形状签名曲线的相关运算,实现轮廓匹配,结合统计聚类的方法,最终配准图像。实验结果表明:算法配准精度高,实现速度较快。

参考文献

- [1] 数字图像处理(第二版) 冈萨雷斯 [美] 电子工业出版社 2003.3
 - [2]SMITH S M. BRADY J M. SUSAN- A New Approach to Low Level Image Processing [J]. International Journal of Computer Vision, 1997 23(1).
 - [3]俞辉 一种基于轮廓特征的图像拼接算法设计与实现 石油大学学报 Vol.27 No.2
 - [4] 基于图像的精密测量与运动测量》于起峰 陆宏伟 刘肖琳 科学出版社 2002.7
 - [5]贺彬 不同视点海底图像拼接算法[J]微计算机信息 2005, 12, 152-154
- 作者简介:雷凯(1978-),男,吉林省伊通县人,博士研究生,主要从事数字图像处理。
- Biography:Lei Kai(1978-), male, Born in Yitong town of Jilin Province, graduate student, Major in digital image processing research, E-mail: lei_kai@163.com.
- (130033 吉林长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所)雷凯 刘艳滢 王延杰 邢忠宝 尹立敏
- (100039 北京 中国科学院研究生院)雷凯 尹立敏
- 通讯地址:(130033 吉林 吉林长春市东南湖大路 16 号中科院 长春光机所图像室)雷凯

(收稿日期:2006.1.3)(修稿日期:2007.2.5)