

# 基于边缘相关的红外热像配准

吴福虎, 罗斌, 汤进, 杨龙

(安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230039)

**摘要:**图像配准是图像处理领域的一个热点。图像配准技术可以将多幅有重叠区域的配准成为一幅图像,以便更好地增强监视和侦察之类的视觉感知。由于红外成像具有被动工作、抗干扰性强、目标识别能力强、全天候工作等特点,红外检测诊断技术应运而生。已被多数发达国家用于军事、工业等各行各业。文中针对红外热像配准技术,结合红外热像的特点和目前较为常见的图像配准算法,应用边缘相关算法对红外热像进行配准,使得诊断结果更精确、更有说服力,并且实验说明了方法的可行性和有效性。

**关键词:**红外热像;图像配准;图像拼接;Canny算子

**中图分类号:**TP31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)07-0088-03

## Infrared Image Registration Based on Edge Correlation

WU Fu-hu, LUO Bin, TANG Jin, YANG Long

(College of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:** Image registration is a hot research topic in the field of image processing. The technique of image registration is to fuse multiple images with overlapping regions into a single image, in order to better enhance visual perception such as the surveillance and reconnaissance. The infrared detection and diagnosis technology has emerged because of its good property of working passively, anti-jamming, high target recognizing ability and working for 24-hour. It has been applied to military, industrial and other industries of many developed countries. Use edge correlation algorithm to register infrared thermal imaging integrating the characteristics of infrared imaging and the current image registration algorithms. The registration algorithm provides more precise, more persuasive results. The experiments illustrate the feasibility and effectiveness.

**Key words:** thermal infrared; image registration; image stitching; Canny operator

## 0 引言

电力系统是由大量的电气设备组成的,随着电力系统朝着高电压、大容量的方向发展,保证电力设备的安全运行越来越重要,因此迫切需要对电力设备进行状态检修。随着科学技术的发展,红外检测诊断技术也随之而产生,红外诊断技术是一种在线监测并可以在通电状态下进行检测的高科技检测技术,它集光电成像技术、图像处理技术以及计算机技术于一身,通过接收物体发出的辐射(红外辐射)将其热图像显示在成像设备上,从而准确判断物体表面的温度场的分布情况,它的优势是准确、快速、实时等。红外图像拼接是预警周视扫描中的一项研究内容,同时也是针对目

前国内红外热像仪成像分辨率较低的一种解决办法。

图像拼接技术主要过程有两个步骤:图像配准和图像融合,其中图像配准是核心。经过三十多年的发展,图像配准技术在很多领域都取得了非常好的研究成果,在医学图像领域的主要应用有生物医学研究领域的血细胞、子宫颈涂片和染色体等的显微镜图像的分类,医学诊断领域的肿瘤检测和病变部位定位等,在民用和军用遥感图像处理领域的主要应用有环境监测和城市研究、天气预报、多光谱分类、目标的定位和辨认以及合成超分辨率遥感图像等,而应用最为广泛的是计算机视觉和模式识别领域<sup>[1,2]</sup>,主要应用有目标识别、运动跟踪与估计、三维重建、图像分割等,并且在资源分析、雷达目标跟踪领域都有很好的研究成果。

到目前为止,国内外学者已经提出很多种图像配准的算法。每种方法都有自身的特点和一定的应用领域。总的来说,可以分为三类:基于像素的图像配准方法<sup>[3]</sup>、基于区域的图像配准方法<sup>[4]</sup>和基于特征点的图像配准方法<sup>[5-7]</sup>。

图像配准技术从诞生发展到现在已经有三十多年

收稿日期:2011-12-14;修回日期:2012-03-17

基金项目:国家自然科学基金(61073116,61003038);安徽省教育自然科学基金重点基金(KJ2010A006)

作者简介:吴福虎(1986-),男,硕士研究生,研究方向为图像处理与模式识别;罗斌,教授,研究方向为图像处理与模式识别;汤进,副教授,研究方向为图像处理与模式识别。

的历史,图像配准技术主要有两种方法。第一种方法主要考虑两幅图像在亮度上的一致性,通过比较两幅图像的亮度差来找到差值最好的位置,这种方法不用进行特征选取以及特征匹配,但是因为匹配的局部性,在像素偏移很大的情况下,这种方法的结果并不理想。另外一种方法是考虑图像的特征,它从两幅图像中选取特征,这些特征可以是图像的边缘、角点、轮廓、纹理等,再根据特征之间的相似性进行匹配,采用优化计算两幅图像之间的变换参数。一般采用模板匹配的方法来进行图像配准,模板匹配是指在两幅图像中选择同样大小的窗口,如果满足我们的特征相似度计算,那么就认为这两个特征是匹配的。相似度的计算主要有灰度、小波系数、Fourier 频谱、直方图以及链码等<sup>[8-10]</sup>。但到目前为止,对于图像配准而言还没有一种适合所有情形和领域的通用方法。

文中在详细分析了红外技术在电力设备上的应用特点,结合红外热图像配准的特点,提出了一种基于边缘相关的红外热像配准方法。

## 1 基于边缘相关的红外热像配准

传统的灰度匹配法是归一化的灰度匹配法,其原理是将图像看作是一系列二维信号,并采用统计相关的方法进行相似性度量以判定两幅图像的对应关系,搜索最佳缝合位置。如果采用全图区域搜索,由于时间巨大,其每一个位置的计算就需要 300ms。无法满足实际应用。

而目前应用较为广泛的基于 SIFT 特征点算法<sup>[11,12]</sup>在众多方面的优势是传统的配准算法难以比拟的,SIFT 特征提取算法的主要思想是:

第一步,在尺度空间中查找特征点,特征点位置的计算是通过采用曲面拟合的方法得到的;

第二步,根据领域范围内特征点梯度的主方向生成它的描述子。为了确保旋转不变性,将平面坐标系的坐标轴旋转到特征点的主方向;

第三步,选取以特征点为中心  $8 \times 8$  的窗口,再将窗口分成 16 个  $2 \times 2$  的小窗口,统计小窗口内每个点的梯度方向并在 8 个方向上累加得到一个种子点。由于每个种子点对应 8 个方向的梯度信息,因此每个特征点都可以得到一个  $16 \times 8 = 128$  维的向量。

得到两幅图像中的 SIFT 特征点之后,通过双向查找特征描述子之间的最小欧式距离进行匹配。但其时间复杂度非常大,难以满足工程需要。所以文中结合特征点配准方法,先提取图像的边缘特征点,再利用边缘特征点对进行相关计算。

综合目前比较常用的图像边缘提取算法,文中选用 Canny 边缘提取算法。Canny 算子是 Canny 于 1986

年提出的,这种边缘检测算子的边缘检测效果非常好。其主要思想是采用高斯函数计算图像的梯度并寻找其局部最大值。利用两个阈值分别检测出强边缘和弱边缘,当两种边缘连接时,就输出弱边缘。因此,这种边缘检测算子受噪声的影响较小,在边缘检测和噪声中找到较好的平衡点,从而能够检测出真正的弱边缘。

Canny 认为一个优良的边缘检测算子应具有以下 3 个特性:好的检测性能、好的定位性能和唯一性。根据以上 3 个准则,Canny 推导出最优边缘检测算子的一个近似实现是:边界点位于图像被高斯函数平滑后的梯度幅度的极大值点上。该算法的实现过程如下:

- (1) 高斯滤波;
- (2) 使用边缘算子求取梯度值及梯度方向;
- (3) 非极大值抑制;
- (4) 对梯度图像进行双阈值处理并进行边缘连接。

用  $IR(x, y)$  表示待边缘提取图像,与高斯平滑滤波器进行卷积计算得到的结果是一个平滑数据表达式:

$$IR_f(x, y) = G(x, y, \sigma) * IR(x, y)$$

其中  $\sigma$  表示高斯函数的散布参数,控制着平滑程度系数。

文中选用 Sobel 边缘提取算子对  $IR_f(x, y)$  分别求取 X、Y 方向上的梯度,分别得到  $G_x$  和  $G_y$ 。幅值和方位角使用直角坐标系到极坐标系的转换公式来计算:

$$G_{IR} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\theta_{IR} = \arctg(G_x/G_y)$$

上式中的反正切函数是用 2 个参量表示角度,其取值范围是  $0 \sim 2\pi$ 。也可以根据偏导数计算来确定梯度值的幅度和方向。

因此基于边缘相关的配准算法具体计算步骤如下:

Step 1: 对两幅图像使用 Canny 算子进行边缘提取得到其边缘图像  $IR_1, IR_2$ ;

Step 2: 计算  $IR_1, IR_2$  重合区域像素的均值  $avg1, avg2$ ;

Step3: 遍历重合区域,计算  $\sum (IR_{1ij} - avg1)^2 + \sum (IR_{2ij} - avg2)^2 + \sum (IR_{1ij} - avg1)(IR_{2ij} - avg2)$

Step4: 计算相关系数

$corr =$

$$\frac{\sum (2 * avg1 * avg2) * 2 \sum (R_1 - avg1) * (IR_2 - avg2)}{(avg1 * avg1 + avg2 * avg2) (\sum IR_1 * IR_1 + \sum IR_2 * IR_2)}$$

Step5: 比较,迭代,寻找最优解。

## 2 实验结果

鉴于 Opencv 在图像处理方面的强大优势,文中选用 Opencv2.0 作为实验平台。

图 1 为 Canny 边缘提取结果,表 1 为  $\sigma$  取值不同时两幅图像 Canny 边缘提取时间。

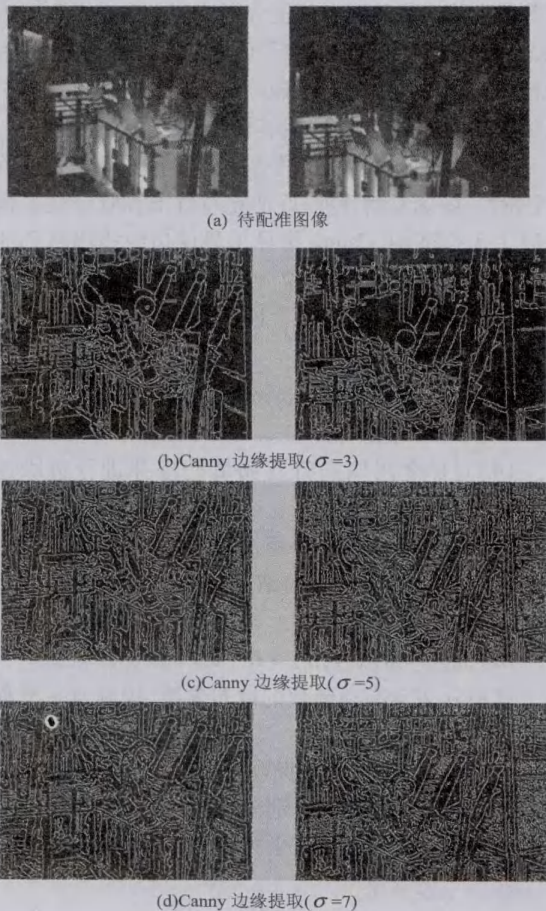


图 1 Canny 边缘提取结果

表 1  $\sigma$  取值不同时两幅图像 Canny 边缘提取时间

$\sigma$ 取值	3	5	7
时间(ms)	3.6	6.4	7.3

综合边缘提取效果和时间两方面因素,文中选取  $\sigma=3$  进行相关配准计算。

(1) 运行中的电力设备如图 2 所示:

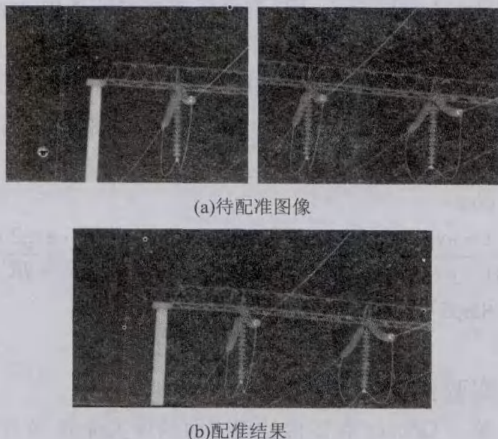


图 2 图像配准与结果(1)

(2) 运行中的电力设备图像如图 3 所示:



图 3 图像配准与结果(2)

实验结果分析见表 2:

表 2 文中算法与 SIFT 特征点配准算法时间分析(ms)

	实验(1)	实验(2)
传统的归一化灰度相关	6781.3	6962.4
SIFT 特征点配准算法	1303.7	1307.6
文中算法	594.7	563.4

在图像融合阶段,选用渐入渐出的平滑效果实现无缝拼接,由于传统的全图区域相关所耗费时间巨大,故采用较为普遍的模板匹配实现图像配准。从上表中可以看出,文中算法在时间上比传统的归一化灰度相关和 SIFT 特征点配准算法具有非常大的优势,也说明了文中算法的可行性和有效性。

### 3 结束语

文中结合国内外的研究方法,针对红外图像的特点和特殊性以及其应用价值的广泛性,使用了基于边缘相关的图像配准算法实现了红外热像的图像配准,实验证明文中使用的方法是一种实时性较好,并且具有一定实际应用价值的方法。

#### 参考文献:

- [1] 徐伟业,虞相宾.小波图像边界处理方法的研究[J].计算机应用与软件,2003(3):35-37.
- [2] 王小睿,吴信才,李 军.模拟退火算法的改进策略在模板匹配上的应用[J].小型微型计算机系统,1997,18(8):32-37.
- [3] 朱永松,国澄明.基于相关系数的相关跟踪算法研究[J].中国图象图形学报,2004,9(8):963-967.
- [4] Szeliski R, Shum Heung-Yeung. Creating full view panoramic image mosaics and environment Maps[C]//Proceedings of the ACM SIGGRAPH Conference on Computer Graphics. [s. l.]:[s. n.],1997:251-258.

流 3 的平均分组到达率为 2.2Mbps, 业务流 2 的分组到达率由 2.2Mbps 增加到 4Mbps, 缓存空间设置为 1Mb, 三个队列的初始权值设为  $\omega_1 = 1, \omega_2 = 2, \omega_3 = 4$ 。PDDRR 及 DWRR 的实验结果如表 1 所示。从表中的数据可以看出 PDDRR 算法明显地改善了 DWRR 算法应对突发流的能力, 且低优先级业务的突发不会影响高等级业务的服务质量。

表 1 PDDRR 及 DWRR 丢包率的对比

Class	3	2	1
DWRR 丢包率	0.0568	0.3403	0.4391
PDDRR 丢包率	0.0399	0.2716	0.4187
降低百分比	29.75%	20.19%	4.65%

#### 4 结束语

文中提出的 PDDRR 算法主要基于轮询调度及比例时延区分服务模型, 对 DWRR 算法进行了很大的改进, 根据负载的状态动态地调整各队列的服务权值, 不仅提高了 DWRR 算法的时延性能, 同时也改善了应对突发流的能力。实验表明, 该算法在各队列平均分组到达率不超过给定阈值时保证队列的比例时延区分; 当存在业务突发时能够有效地减少突发流对高等级业务的影响, 提高了网络的整体性能。

#### 参考文献:

- [1] Dovrolis C, Stiliadis D, Ramanathan P. Proportional Differentiated Services: Delay Differentiation and Packet Scheduling [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002, 10(1): 12-26.
- [2] Ippoliti D, Zhou Xiaobo, Zhang Liqiang. Packet Scheduling with Buffer Management for Fair Bandwidth Sharing and Delay Differentiation [C]//International Conference on Computer Communications and Networks. [s. l.]: [s. n.], 2007: 569-574.
- [3] Leung M K H, Lui J C S, Yau D K Y. Adaptive Proportional Delay Differentiated Services: Characterization and Performance Evaluation [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2001, 9(6): 801-807.
- [4] Ji Liang, Arvanitis T N, Woolley S I. Fair Weighted Round Robin Scheduling Scheme for DiffServ Networks [J]. Electronics Letters, 2003, 39(3): 333-335.
- [5] Dovrolis C, Ramanathan P. A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model [J]. IEEE Network, 1999, 13(5): 26-34.
- [6] Lai Yuancheng. Packet Schedulers to Provide Proportional Delay Differentiation and Reduce Packet Queueing Delay Simultaneously [C]//IEEE International Conference on Communications. [s. l.]: [s. n.], 2004: 1968-1972.
- [7] 孙 祺, 高振明, 李 骐. 比例区分服务模型下的绝对时延保证 [J]. 计算机应用, 2004, 24(9): 70-73.
- [8] 李双庆, 许 峰. 支持区分服务的自适应队列调度管理 [J]. 计算机应用, 2007, 27(S1): 170-171.
- [9] 王胜灵, 侯义斌, 黄建辉. PFWRR: 能实现比例公平的增强型 WRR [J]. 计算机学报, 2008, 31(5): 775-782.
- [10] Wei Jianbin, Xu Chengzhong, Zhou Xiaobo. A Robust Packet Scheduling Algorithm for Proportional Delay Differentiation Services [C]//Global Telecommunication Conference. [s. l.]: [s. n.], 2004: 697-701.
- [11] Venkataramanan V J, Lin Xiaojun. On Wireless Scheduling Algorithms for Minimizing the Queue-overflow Probability [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2010, 18(3): 788-801.
- [12] 宋 玲, 刘勃兰. NS2 中添加路由协议的研究与实现 [J]. 通讯和计算机, 2006, 3(10): 33-37.
- [5] Schmid C, Mohr G, Bauckhage C. Evaluation of Interest Point Detectors [J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 37(2): 151-172.
- [6] Koenderink J J. The structure of images [J]. Biological Cybernetics, 1984, 50(5): 363-370.
- [7] Zhang Bin, He Saixian. Improved Edge-detection Method Based on Canny Algorithm [J]. Infrared Technology, 2006, 28(3): 165-169.
- [8] Kuglin C, Hines D. The phase correlation image alignment method [C]//Proc of IEEE Conference on Cybernetics and Society. New York: [s. n.], 1975.
- [9] de Castro E, Morandi C. Registration of translated and rotated images using finite Fourier transforms [J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987, 9(5): 700-703.
- [10] Reddy B S, Chatterji B N. An FFT-based technique for translation, rotation and scale-invariant image registration [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1996, 8(5): 1266-1271.
- [11] Lowe D G. Distinctive Image Features from Scale-invariant Key Point [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [12] Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector [C]//Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference. [s. l.]: [s. n.], 1988.

(上接第 90 页)