

图像拼接在红外在线监测系统中的应用

杨 龙,吴福虎,汤 进,罗 斌

(安徽大学 计算机科学与技术学院,安徽 合肥 230039)

摘 要:图像拼接是图像处理领域的一个热点。图像拼接技术就是将多幅有重叠区域的图像融合为一幅图像,以便更好地增强监视和侦察之类的视觉感知。红外在线监测以远距离、非接触、实时、快速等方式获取设备的运行状态信息,进而及时地排除故障。文中提出了基于图像拼接的红外在线监测系统组成方案,描述了图像拼接的基本概念及其应用价值,最后使用 Harris 角点提取算法实现了红外图像拼接,证明了图像拼接技术在热故障的在线监测中有很高的应用价值。

关键词:图像拼接;角点提取;红外诊断

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)12-0194-04

Application of Image Mosaic on Infrared Online Monitoring System

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

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

Abstract: Image mosaic is a hot research topic in the field of image processing. The technique of image mosaic 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 online monitoring system acquires the running status information of equipments by the remote, non-contact, real-time, fast method and etc., and then timely trouble shooting. In this paper, a composition program of infrared online monitoring system based on image mosaic is proposed. It firstly describes the basic concept and application value of the image mosaic, then completes the image mosaic using Harris corner detection algorithm, which has proved that the technique of image mosaic has a vital application value on thermal faulty on-line monitoring system.

Key words: image mosaic; corner detection; infrared diagnostics

0 引 言

变电系统负担着电力变送工作,高电压大电流的线路长期工作,即使是优良的绝缘介质也会出现不可预期的问题而导致事故。电力系统有别于其它行业,维护不能随意中断生产,这就要在事故发生之前作好充分的预测——在事故发生前解决故障,重点是变电站设备的预防性的巡检工作。绝大部分事故的原因就是绝缘老化、失效产生的,其外观表现为:在故障出现之前数小时都比正常工作时发热多许多。这种高压设备的热故障是引起大面积停电等事故的主要诱发因素,长期以来如何高效地在线监测高压设备一直是电力系统一个有意义的课题。

目前,红外热成像诊断技术在电力部门的应用已

日趋成熟,其灵敏度高可达0.1度,无论是电力设备的内部故障(如避雷器内部受潮),还是电力连接点的热故障,都已发挥了巨大的作用^[1]。通过红外热像仪的红外图像对高压设备的温度场分布及其变化来检测高压设备的热故障被实践证明是一个有效的办法。因此,如果能准确的在事故之前得知场地内各设备的温度分布情况,也就掌控了绝大多数电力设备的运行状况。由于红外技术在电力行业取得了突出的应用效果,各地电力用户纷纷采用。

红外热像诊断技术的应用,解决了电网中的大量热性故障问题,经济效益和社会效益显著。由于该技术是对设备表面辐射的红外光像进行非接触、远距离热成像检测,不受电场干扰,因此具有直观、准确、灵敏度高、快速、安全、应用范围广等特点,已成为电力设备健康状态监测和故障诊断的重要手段。建立基于红外热像仪的监控监测系统当今电业部门的一个重要方向。

文中提出,将数字图像拼接技术应用于红外在线监测系统中,对两幅或多幅红外热像图应用图像拼接技术以显示被测目标的完整形状和准确位置,填补了

收稿日期:2011-05-23;修回日期:2011-08-27

基金项目:国家自然科学基金(61073116);安徽省高校自然科学研究重点项目(KJ2010A006)

作者简介:杨 龙(1987-),男,硕士研究生,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;罗斌,教授,研究方向为图像处理与模式识别。

由于硬件本身和现场具体环境所带来的目标不能在一幅红外热图像中完整显示的缺点,从而大大地提高了热故障点定位的准确性和可靠性。

1 红外在线监测系统

由于红外热像诊断技术的快速发展,现在到处都可见到便携红外点温仪、便携式红外热成像仪等红外设备。但采用便携式红外热成像仪进行设备接点过热检查也存在一些问题。如:不能连续的存储和记录数据,数据不能实时的传输记忆和存储,由于其便携的特性,依靠电池的电力供应往往是限制了测量区域。因此远程电力红外视频监控系统应运而生。远程电力红外视频监控系统可克服便携式红外热成像仪使用过程中的一些不足,做到对电力设备实时监测,确保监测范围或指定的目标设备红外热图像的监控、温度场的数据的采录、存储及分析。

红外在线监测系统是在待测目标(例如电力系统和电路板的生产线等)正常工作的情况下,对其实施非接触、被动式、智能化的实时监测。

数字图像拼接在红外在线监测系统模拟框图如图 1 所示。首先,利用热像仪对设备不通部分拍摄两幅或者多幅图像(图像之间必须要重合部分);其次,对两路图像分别进行图像去噪、图像增强等预处理;然后利用图像拼接技术进行拼接;最后,对拼接过后的热图像进行红外诊断,将诊断结果反映给控制人员,这样可以利用诊断结果来控制流水线的工作状态。

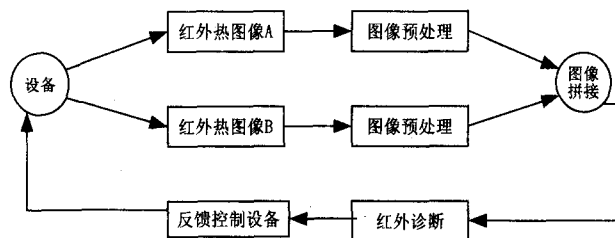


图 1 系统组成结构图

2 数字图像拼接

2.1 图像拼接技术

图像拼接就是将若干幅有重叠区域的图像拼接成为一个视角更广的大幅图像。重叠部分可以由固定照相机的转轴旋转获得;也可以由固定照相机的光心水平摇动镜头^[2]获得。目前在数字化风景展示、虚拟场景漫游、医学图像分析等方面都有广泛的应用。

图像配准是图像拼接的基础,也是核心技术。图像配准的方法有基于区域的拼接和基于特征的拼接两类。基于区域的配准方法是分别对两幅图像的每个像素点进行比较,找出最佳变换矩阵。由于是对所有像素点进行比较,所以计算量特别大,并且这类方法对图

像的旋转、光照的差异都很敏感。而基于特征的图像匹配方法,是找两幅图像之间对应的特征点,其计算量相对基于区域的配准方法较小。目前较多的特征提取方法有:SIFT 算法^[3,4] 以及其改进算法^[5]、Harris 算法^[6]、SUSAN 算法等。基于特征的匹配方法利用了图像中特征较稳定的某些点、线或边缘^[7]等进行匹配,大大压缩了匹配过程中所需的信息量,使得计算量较小、速度较快。而且对图像灰度变化具有一定的鲁棒性,故而是目前研究最多、应用最广的一类图像匹配方法。但常见的基于图像特征的匹配算法中也有些不足之处,例如:匹配的精度不高、计算量大、稳定性不好,容易受到噪声、图像信息分布等因素的影响,速度慢,以及对特征点的准确性和稳定性的依赖程度较高等等。

另外一种在图像拼接中使用非常广泛的方法就是基于频域的方法:文献[8,9]提出了一种基于 FFT 的相关算法^[8,9],先把图像进行二维离散傅里叶变换,然后进行傅里叶反变换后可得到在空间域里面的相关函数,最后由空间域的相关函数即可找出待拼接图像中最佳的匹配位置。文献[10,11]还提出以傅里叶变换为基础的相位相关算法^[10,11]。基于频域的算法对图像间的亮度变化不敏感,而且所获得的相关峰尖突出,具有一定的鲁棒性和较高的配准精度。此外,一种基于小波变换与数学形态学的方法也可以应用到图像拼接中去^[12]。

针对角点匹配的不足,在匹配算法中加入新的匹配因素,如角点值,角点间距离等因素对匹配的结果进行进一步的验证,从而保证匹配的精度,消除角点检测不稳定性等带来的影响。综合考虑目前较为常用的几种角点的性质和特点,文中选用计算量较少、稳定性较好的 Harris 角点来提取图像的特征点。由于使用了角点的特性,使得图像匹配转化成为角点匹配,从而避免了大量的繁重计算,大大提高了匹配速度。最后将此算法应用于红外图像拼接中,验证了文中算法的实际意义。

2.2 Harris 角点

Harris 算子是由 M. J. Stephens 和 C. Harris 共同提出的一种基于信号的角点特征提取算子。它由来于 Moravec 角点检测算子。其表示方法如下:

$$M = G(\tilde{s}) \otimes \begin{bmatrix} g_x^2 & g_x g_y \\ g_x g_y & g_y^2 \end{bmatrix}$$

$$I = \det(M) - k \cdot \text{tr}^2(M), k = 0.04$$

其中, g_x 为 x 方向上的梯度, g_y 为 y 方向上的梯度, $G(\tilde{s})$ 为高斯模板, \det 为矩阵的行列式, tr 为矩阵直迹, k 为默认常数。矩阵 I 中每一点的元素值对应

于原图相应点的兴趣值。

角点从一定程度上反映了图像的局部灰度特征。每一种基于角点的图像处理方法都是用角点代表其邻域图像块进行各种操作,这样的好处是能简化复杂度,提高速度。同样,笔者也采用这种思想。但是,这样的弊端是:相对于图像本身所包含的复杂信息,角点反映出来的信息始终有限,严格来说,任何角点都不能代表图像进行匹配。但是在实际情况中往往只涉及平滑的自然图像,针对这样的图像可以用角点很好地近似描述。

2.3 基于角点的匹配算法

由于在实际应用中,对于相同热像仪拍摄设备的不同部分的两幅图像而言,它们绝大多数只存在上下左右的平移变化,也就是说它们只存在刚性变化。

设 A 和 B 为两幅待拼接图像,用相同的阈值 R_0 提取其角点集,分别为 $C_A = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ 和 $C_B = \{c'_1, c'_2, \dots, c'_n\}$ 。由于 A 和 B 区域重叠的大小未知,所以图像匹配问题就可以转化为分别从 CA 和 CB 中寻找最佳匹配子集 C^A 和 C^B 。

a) 角点值匹配。

若图像 A 和 B 匹配,则两幅图像的角点的角点值相同。因此,若 CA 和 CB 中存在相同角点值的角点,则它们有可能是相互匹配的角点。但由于在获取图像中,往往会有光照、噪声等因素的影响,角点值往往不可能相等,匹配条件可以适当的放宽:

$$|R(c_i) - R(c'_j)| \leq \delta$$

其中 $\delta > 0$ 为可容忍误差,则 c_i 和 c'_j 是可能相互

匹配的角点。使用如上公式,我们能在 CA 和 CB 找到子集 $C_1 = \{c_1, c_2, \dots, c_i\}$ 和 $C'_1 = \{c'_1, c'_2, \dots, c'_k\}$ 。由于角点不一定能一一对应,因此得到的两个匹配子集中角点的个数可能不同。

b) 角点间距匹配。

上述过程后仍然存在误匹配的角点,我们可以根据对应的两个角点与各自邻域内其余对应角点间的距离应相同,剔除 C_1 和 C'_1 不满足条件的角点,进一步得到子集 C_2 和 C'_2 :

设 c_i 和 c'_i 是一对已经匹配的角点,取其最近的 K 个角点, c_i 和 c'_i 到其邻域各角点的距离按降序排列为 $\{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ 和 $\{d'_1, d'_2, \dots, d'_k\}$ 。如果 $\{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ 和 $\{d'_1, d'_2, \dots, d'_k\}$ 在偏差允许范围内一一对应相等,则认为 c_i 和 c'_i 是一对匹配点。否则就认为 c_i 和 c'_i 不是一对匹配点。

经过上述步骤,两个角点集的数目可能还不相同,为了简化计算可以直接剔除“一对多”对应的角点,使得两个子集角点数目相同。

3 实验及结果分析

由于光照条件的不同,待拼接图像(正在运行的变电站设备,见图 2)在图像的总体亮度上有可能存在一定的差异。若此时将两幅图像不采用任何方法地简单拼接起来则会在图像的拼接处出现明显的拼缝,影响效果。

为了消除拼缝,在拼接处平滑,可以使用渐入渐出法进行平滑拼接(见图 3)。

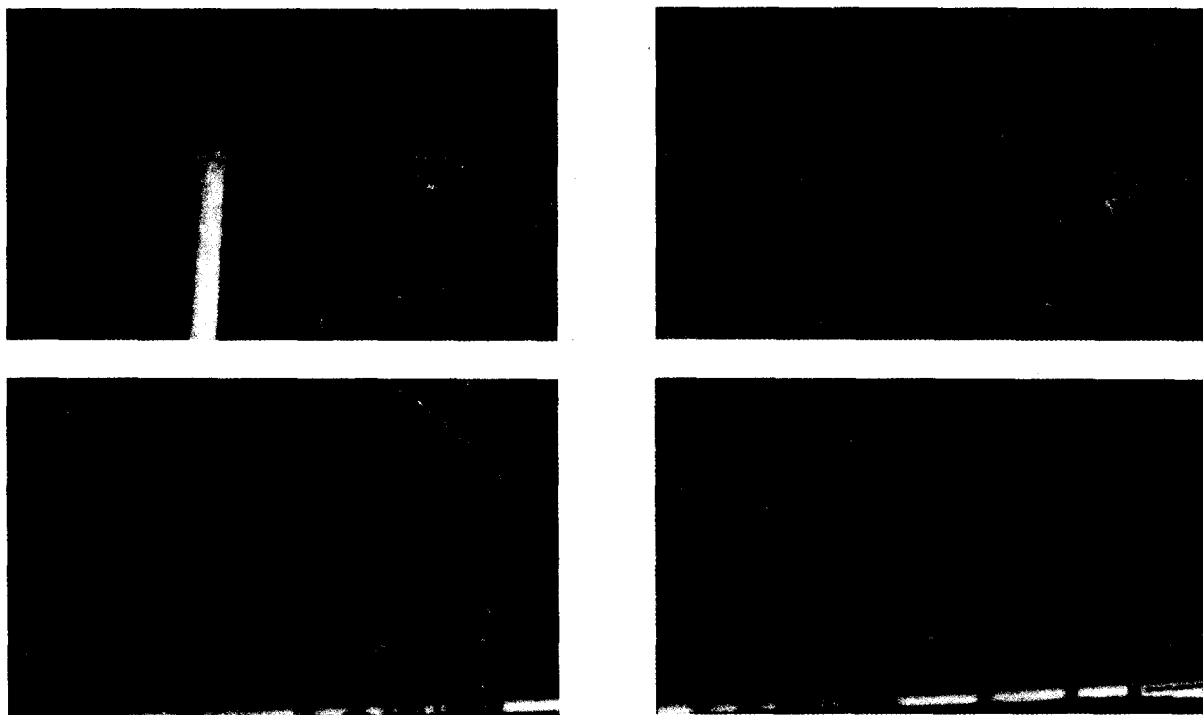


图 2 待拼接的图像

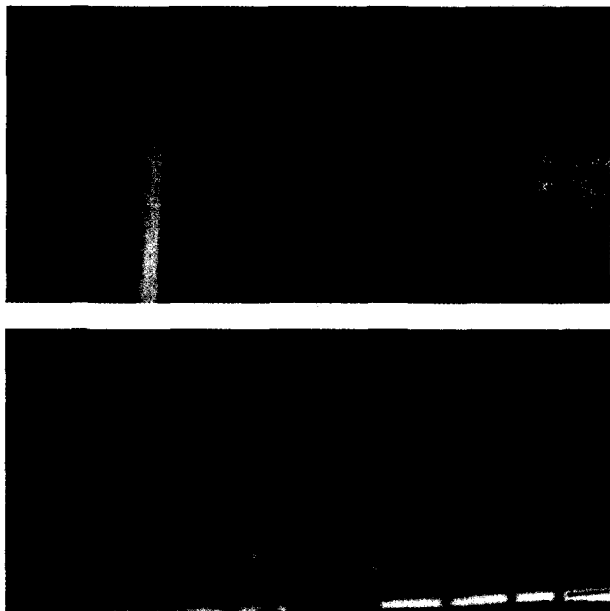


图3 拼接后的图像

试验分析:

试验所用的图像是使用浙江大立 DM60 红外热像仪在变电站现场拍摄的红外热像,大小为 320×240 。从上面的两组试验中可以看出,使用相位相关实现红外热图像的拼接的可行性,并且使用了文中方法实现两幅图像的无缝拼接。在这两组试验中我们使用拼接方法把整个设备显示在同一幅图像中,这样在诊断时更加准确、更加全面、更有说服力。

4 结束语

在红外在线监测系统中应用数字图像拼接技术,使得我们能在一幅红外热图像中完整的现实一个设备的整体运行情况。为诊断提供了更加可靠的对比数据,同时也节省了硬件开销,解决了数据冗余的问题,使诊断结果更加准确、更加精确、更具有说服力。

参考文献:

- [1] 许仲仁,唐上林. 红外热成像技术在线故障诊断[J]. 电力设备,2004,5(3):75-77.
- [2] Grefen P, Ludwig H, Dan A, et al. An Analysis of Web Services Support For Dynamic Business Process Outsourcing[J]. Information and Software Technology, 2006, 48: 1115-1134.
- [3] Lowe D G. Object recognition from local scale invariant features[C]//Proceedings of the Seventh International Conference on Computer Vision. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1999: 11-50.
- [4] Reddy B S, Chatterji B N. An FFT-based technique for translation, rotation, and scale invariant image registration[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1996, 5(8): 1266-1271.
- [5] 李云霞,曾毅,钟瑞艳,等. 基于 SIFT 特征匹配的图像拼接算法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(1): 43-45.
- [6] 章毓晋. 图像工程: 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [7] Zomet A, Levin A, Peleg S, et al. Seamless image stitching by minimizing false edges[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2006, 15(4): 969-977.
- [8] 许雷,张恒义,虞亚军,等. 一种基于相位相关法及数学形态学方法的眼底血管图像自动拼接方法[J]. 生物医学工程杂志, 1998, 15(3): 286-290.
- [9] Li H, Manjunath B S, Mitra S K. A contour based approach to multisensor image registration[J]. IEEE Trans Image Processing, 1995(4): 320-334.
- [10] Hu M K. Visual Pattern Recognition by Moment Invariants[J]. IEEE Transaction on Information Theory, 1962, 8(1): 179-187.
- [11] 俞辉,侯在克,何旭莉,等. 一种基于轮廓特征的图像拼接算法设计与实现[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2003, 27(2): 114-118.
- [12] 赵唯,李端义. 基于小波变换与形态学的一种边界重叠图像的拼接算法[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2001, 11(6): 3-5.
- [8] Resolver-to-Digital Converter AD2S83 data manual[M]. [s. l.]: Analog Devices Inc, 1995.
- [9] 高峰,孔祥伟,倪世宏,等. 自整角机模/数转换器与 51 单片机接口设计[J]. 仪表技术, 2004(6): 60-61.
- [10] 刘焕平. MSC-51 单片机与 RS-232C 串行口连接[J]. 石家庄职业技术学院学报, 2002, 14(4): 27-28.
- [11] Circuit Applications of the AD2S80 and AD2S81 Resolver to Digital Converters[M]. [s. l.]: Analog Devices Inc, 2000.
- [12] 袁保伦,陆煜明,饶谷音. 基于 AD2S82A 的多通道测角系统及与 DSP 接口设计[J]. 微电机, 2006, 40(7): 47-48.
- [13] 贾转红,朱清林,敖发良. PC 机与多台单片机实时通信系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 8(1): 12-13.
- [1] 孙海善,丛中旖. 用 AD2S82A 实现雷达方位角的数字变换[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006(5): 42-45.
- [2] 彭俊峰,姬建伟,宋家友,等. 三种轴角数字转换电路的分析和比较[J]. 微计算机信息, 2006, 22(6-2): 8-9.
- [3] 孟凡涛. 全数字交流伺服系统中旋转变压器信号的处理[J]. 电力电子技术, 2002, 36(1): 51-53.
- [4] 黄卫权,王宏健. 多级旋转变压器轴角粗、精机组合软件方法[J]. 自动化技术与应用, 2002, 21(4): 47-48.
- [5] 周新伟,房立清. 基于单片机轴角信号的处理和传输[J]. 微计算机信息, 2009, 22(1-2): 99-100.

(上接第 193 页)

业大学, 2009.

- [2] Analog Devices, Inc. COMS 125MHz Complete DDS Synthesizer AD9850[S]. 2004.
- [3] 孙海善,丛中旖. 用 AD2S82A 实现雷达方位角的数字变换[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006(5): 42-45.
- [4] 彭俊峰,姬建伟,宋家友,等. 三种轴角数字转换电路的分析和比较[J]. 微计算机信息, 2006, 22(6-2): 8-9.
- [5] 孟凡涛. 全数字交流伺服系统中旋转变压器信号的处理[J]. 电力电子技术, 2002, 36(1): 51-53.
- [6] 黄卫权,王宏健. 多级旋转变压器轴角粗、精机组合软件方法[J]. 自动化技术与应用, 2002, 21(4): 47-48.
- [7] 周新伟,房立清. 基于单片机轴角信号的处理和传输[J]. 微计算机信息, 2009, 22(1-2): 99-100.