

doi: 10.7690/bgzd.2014.02.003

基于图像拼接的全景目标检测技术

陆天舒, 毛征, 郑利苹, 彭超

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100124)

摘要: 针对战场指挥车等战地车辆内作战人员需要在车内实时了解外部战场动向的问题, 提出一种基于图像拼接的全景目标检测技术研究。利用监控转台摄像头获得全景图像并检测运动物体, 以此模拟战场实际情况。首先使转台进行水平 360° 旋转, 同时使用安装在转台上的摄像头采集实时图像, 利用转台转速与扫描场时间等参数对图像进行预处理, 从而削弱前后两场信号叠加造成的边缘模糊。最后对前后两帧图像进行灰度值相关匹配, 并检测出全景图像上的运动物体。实验结果表明, 该技术可以实现全景图像拼接并在全景图中标出视场内运动物体的位置。

关键词: 灰度相关; 图像拼接; 光电目标检测

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Panorama Target Detection Techniques Based on Image Mosaic

Lu Tianshu, Mao Zheng, Zheng Liping, Peng Chao

(College of Electronic Information & Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Aiming at the battlefield command vehicle operators needing to know the outdoor battlefield situations in real time, put forwards the panorama target detection technology based on image mosaic technology. Use monitoring rotation platform camera to acquire panorama image and detect motive object, and simulate battlefield practical situation. At first, the rotation platform rotates 360° in horizontal orientation, at the seam time use camera to acquire real time image, then carry out image pretreatment based on parameters such as rotation platform rotating speed and scanning field time. Therefore the fuzzy edge caused by signal overlay is reduced. At last, carry out gray level correlation matching of two images and detect the motive objects on panorama image. The test results show that the technology can realize panorama image mosaic and label motive object location in panorama image.

Keywords: correlation of gray level; image mosaic; photo-electronic target detection

0 引言

基于现代高科技条件下的战争对武器系统的高层次要求, 在战场车辆内的作战人员需要在车内全面了解车外各个方向敌军动态, 并使敌方目标能够被自动识别及跟踪, 使作战人员有充足时间对敌方动态作出反应。此时需在车上安装全景摄像设备, 将以车辆为中心, 360° 视场范围内战场情况提供给车内作战人员。利用图像拼接技术将 360° 摄像设备采集到的各个视景方向图像合成为一幅 360° 全景图像, 同时利用动态目标检测技术将全景图像上的动态目标标示出来, 方便作战人员对敌方态势作出适时反应。该套摄像设备还应该配有方位识别装置, 例如罗盘等, 这样就可以在获得车外图像的同时得到该幅图像的视场方位, 将多个单一图像拼接成一副全景图像的同时, 也将每一副图像的方位信息进行合成, 得到全景图像的方位坐标轴, 这样就使得全景图像显得更为清晰明了, 方便作战人员观测。对于被检测出来的运动目标也可标示出它的方位坐标, 做到一目了然。

目前已知可用于获取车外图像的方式有 2 种:

一种是使摄像设备按匀速进行水平 360° 旋转, 旋转的同时连续采集图像, 将这些图像按拍摄顺序拼接成为全景图像^[1], 这种情况下摄像设备只使用单一摄像头, 硬件构造简单; 另一种是使用多个摄像头, 将 360° 水平视场均匀分为若干个方向, 每一个摄像头采集一个固定方向的图像, 将这些图像按方位顺序拼接成为全景图像^[2]。针对这 2 种图像获取方式之间的差异, 图像信号传输及数字采集设备也略有不同。采用单一摄像头的情况下只需单路信号传输以及一个模拟转数字设备, 如数字图像采集卡或 A/D 转换芯片等。而采用多个摄像头进行图像获取时, 则需要进行多路图像信号传输以及多个模拟转数字设备或者对多个摄像头获取的图像信号进行分时复用传输, 设备更为复杂。同时, 对应于这 2 种图像获取方式的运动目标检测技术也存在差异。

笔者提出一种基于图像拼接的全景目标检测技术研究, 采用上述第一种图像采集方式, 利用图像拼接技术生成全景图像, 利用运动目标检测技术获取视场范围内的运动目标, 并标示在全景图像上。

收稿日期: 2013-08-26; 修回日期: 2013-09-24

作者简介: 陆天舒(1988—), 男, 北京人, 硕士, 从事光电目标检测与图像拼接技术研究。

1 图像灰度相关函数法

在实施图像拼接的过程中，待拼接的两幅或多幅图像间必定存在重叠区域，图像拼接技术便是利用这些重叠区域特征对待拼接图像进行配准，最终生成新的图像^[3]。待拼接图像的重叠区域越复杂，该区域内所含特征种类越多越明显^[4]。

图像特征有很多种，如灰度、边界、轮廓、显著特征(如角点、线交叉点、高曲率点)、统计特征(如矩不变量、中心)、高层结构描述与句法描述等^[5]。图像的特征是图像配准的四要素之一，另外 3 个要素是相似性度量、搜索空间和搜索策略。相似性度量的任务是选择用来衡量配准图像特征相似性的度量参量，经典的相似性度量包括相关函数、欧氏距离、Hausdorf 距离以及互信息。搜索空间由估计参数组成，是所有可能的变换组成的空间，搜索空间与两幅图像间的相对位置变化有很紧密的关系，图像搜索空间的确定就是图像间几何关系的确定，即图像变换模型的确定^[6]。

由于所采集的图像是在 360°全视场范围内，不同方向上采集到的图像中光照情况有所区别，所以要尽量避免光照对灰度特征造成影响。根据实际情况，采用去均值相关函数算法^[7]作为图像配准计算公式，可以较好地解决光照亮度变化的影响，

$$r(u,v) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{u+i,v+j} - \bar{f}) \times (t_{i,j} - \bar{t})}{[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{u+i,v+j} - \bar{f})^2]^{1/2} [\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (t_{i,j} - \bar{t})^2]^{1/2}} \quad (1)$$

$$\bar{f} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f_{u+i,v+j}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N t_{i,j}$$

式中 $f_{u+i,v+j}$ 是以像素点 (u,v) 为中心，大小为 $M \times N$ 的像素块中像素点 $(u+i,v+j)$ 的灰度值， $r(u,v)$ 为相关系数。 $r(u,v)$ 取值范围为 $[-1,1]$ ， $|r(u,v)|$ 值越大，说明两像素块间的线性相关程度越高， $|r(u,v)|$ 值越接近 0，说明两像素块间的线性相关程度越低。通常 $|r(u,v)| > 0.8$ 时，认为两像素块间具有很强的线性相关性。

利用灰度相关函数进行图像配准的过程如图 1 所示。选取其中一张待拼接图像的某一像素块作为模板，将模板在另一张待拼接图像内进行遍历搜索并代入去均值相关函数公式计算灰度相似性，将每次计算的相似性系数逐一比对后，就可得出相关系数最大值的坐标，该坐标即为最佳匹配位置。利用

该最佳匹配位置完成图像拼接。

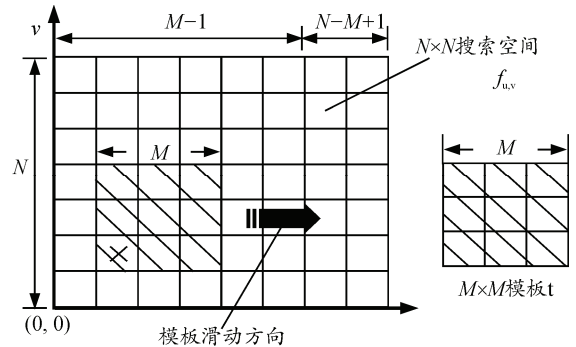


图 1 单帧匹配过程

当实现两幅图像拼接时，假定摄像头顺时针水平旋转，每帧图像分辨率设定为 720×576 ，采用第 n 帧(图 2(a))与第 $n+1$ 帧(图 2(b))进行拼接，如图 2 所示。在第 n 帧中取图像正中间靠左区域 20×576 的像素块，将这个像素块在第 $n+1$ 帧图像左侧区域内进行遍历搜索配准。每遍历一个位置，采用式 (1) 进行一次灰度特征相似性计算。遍历完成后，利用得到的最佳匹配点，将两幅图像对其进行图像融合，最终得到新图像，如图 2(c)所示。

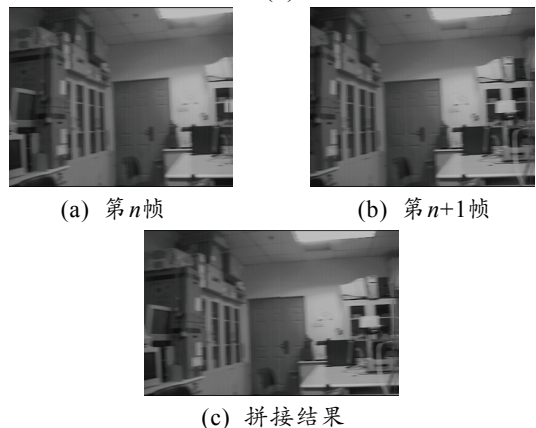


图 2 两幅图像进行拼接

2 运动目标检测算法

在全景图像中实现运动目标的自动检测，可对进行图像观测人员起到提示作用并加快作战人员的应对时间。常用运动目标检测方法有帧差法、背景差分法、块匹配法、光流法和运动能量法等^[8]。在本次研究中，由于拼接生成的全景图像分辨率较大，因此笔者决定采用帧间差分法作为本次实验的运动目标检测算法。

帧间差分法^[9]利用当前帧图像与背景图像做差来提取出图像中的运动区域。在差分图像中，灰度不发生变化的背景部分被减掉。此方法对动态环境有很好的适应性，差分图像受光线变化影响小，检测有效而且稳定。另外由于本研究中数据量较大，

利用该方法计算简便的特点，也可很好地解决研究中所遇实际情况。

图像差分之后，还需要进行阈值分割，将差分图像变成二值图像，这样就能够将运动目标与背景图像区别开来了。通过阈值分割

$$O_k(i, j) = \begin{cases} 1, & |I_k(i, j) - B(i, j)| \geq T \\ 0, & |I_k(i, j) - B(i, j)| < T \end{cases} \quad (2)$$

可将运动目标与背景区分。其中： $I_k(i, j)$ 为第 k 帧图像 (i, j) 处像素值； $B(i, j)$ 为 (i, j) 处背景像素值， T 为预先设定的阈值； O_k 阈值分割结果。由于背景中噪声干扰，这时需采用图像形态学中对二值图像腐蚀和变换来消除干扰。

然后，需要对分割出的运动目标进行连同区域检测，用于判断目标大小及位置。笔者采用基于递归的二值图像连通区域像素标记算法^[10]，通过等价对来确定运动目标数量及各个目标大小与位置。

最后，在全景图像上标出运动目标，这样就完成了目标检测任务。

3 奇偶场校正

现行的电视制式都采用隔行扫描法，一帧图像分为奇数场和偶数场两场^[11]。在高分辨率数字图像系统中，通常要对视频信号奇偶场进行识别。数字视频采集卡会将两场信号按奇偶场两场信号合成为一帧图像。

实验中，由于摄像头需要水平 360° 连续旋转，因此连续采集的两场信号间存在位移差。当这两场信号被合并成为一帧时，就会呈现出隔行错位情况，如图 3(a) 所示，这将大大影响图像配准精度，所以要对此种情况进行校正。



(a) 奇偶场校正前 (b) 奇偶场校正后

图 3 隔行错位与校正

实验所使用的摄像头采用 PAL 制，每秒扫描 50 场（即 25 帧），则可知两场信号间隔为 20 ms。由于摄像头云台的旋转速度是人为设定值，则可由式 (3) 算出在某一固定角速度旋转时，两场图像信号间的像素位置差。

$$\Delta p_{ix} = \frac{r_h}{\beta} \times \omega \times \Delta t \quad (3)$$

其中： Δp_{ix} 为像素位置差； β 为摄像头视场角； r_h 为摄像头分辨率； ω 为云台角速度； Δt 为两场信号间隔时间。在实施图像拼接前，需将两场图像像素位置差进行校正，结果如图 3(b) 所示。

4 系统结构与实验

全景目标检测实验的硬件框图如图 4 所示。

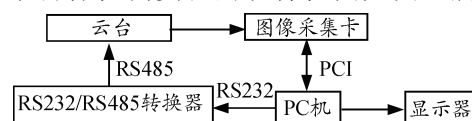


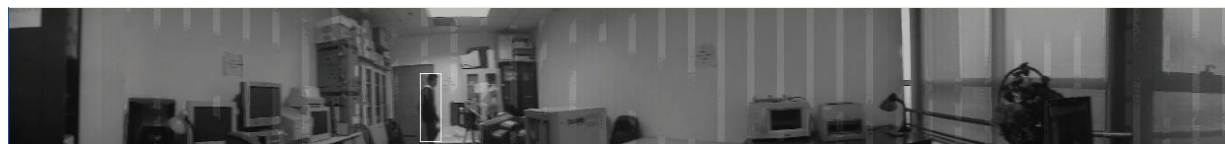
图 4 实验硬件组成框图

根据上述框图建立实验模型，利用监控云台、PC 机（装有数字视频采集卡）对实际拍摄到的大量连续图像进行处理，均得到了较好的实验结果，部分实验结果如图 5、图 6 所示。

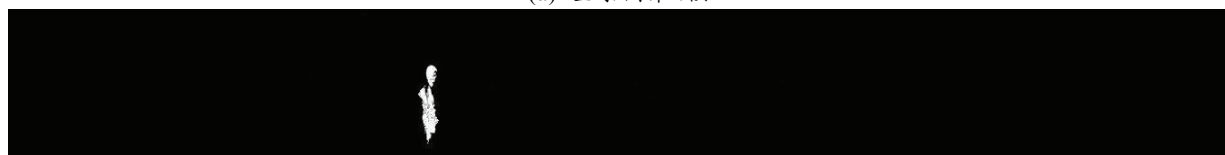
图 5 为视景中无运动物体时的全景拼接结果图；图 6 为视景中有运动目标的全景拼接与检测结果图。两图均清晰无误，检测结果较好。



图 5 无运动物体时全景拼接结果



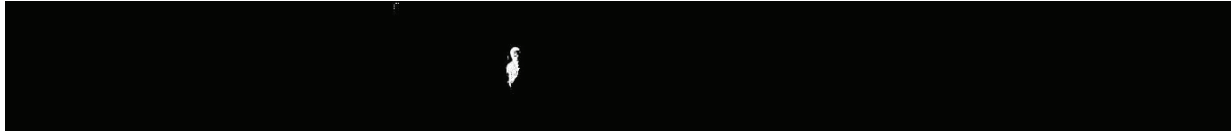
(a) 全景图第 n 帧



(b) 全景图第 n 帧目标分割图



(c) 全景图第n+1帧



(d) 全景图第n+1帧目标分割图

图 6 有运动物体时全景拼接与检测结果

5 结论

全景图像目标检测中，各设备间的相互协作非常重要，云台旋转控制、图像采集处理以及图像算法实施等各模块间应严格按照时间顺序执行，对软件编写的要求很高。观察实验结果可以得出：笔者提出的基于图像拼接的全景目标检测研究技术可以用于战场车辆全景观测，有较好的实验效果，可使作战人员清晰明了地观测车辆周围情况，并对视场范围内敌方运动目标迅速做出应对。该技术适用于指挥车等各类作战车辆。另外，该算法计算量小，检测速度快，便于硬件实现，在图像拼接及运动目标检测时能达到实时性的要求。

单一摄像头全景目标拼接技术虽具有硬件构造简单的优点，但不适宜进行高速图像拼接，在拼接速度上稍逊于多摄像头全景拼接技术。

参考文献：

[1] Yang Ping, Mao Zheng. Development of Electronic Panoramic Mirror Based on Image Mosaics[C]. Symposium on Photonics and Photo-electronics, SOPO

(上接第 6 页)

其中， $\lambda_1(t)$ 、 $\lambda_2(t)$ 分别为 A 组和 B 组的行为差错率。由上式知，非致命武器给人带来的心理效应值是一个介于[0,1]之间的数。无非致命武器心理作用时， $\lambda_1(t)=\lambda_2(t)$ ，心理效应值 $\rho=0$ ；有非致命武器心理作用时， $\lambda_2(t)>\lambda_1(t)$ ， $0<\rho<1$ 。 ρ 值越接近于 1，就表示该非致命武器的心理效应值越大。

3 结束语

对人心理活动的挖掘和探索充满了挑战性和未知性，笔者瞄准非致命武器作用对象的心理应激过程，对非致命武器心理效应的这一研究视域“盲点”进行了初步的探索和剖析，可为指挥员在处突、反恐时使用非致命武器提供有意义的参考和指导。

参考文献：

[1] 徐军华. 非致命武器使用的合法性与合理性分析[J]. 法

2010.
 [2] 苗立刚. 视频监控中的图像拼接与合成算法研究[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(4): 857-861.
 [3] 余宏生, 金伟其. 数字图像拼接方法研究进展[J]. 红外技术, 2009, 31(6): 348-353.
 [4] 王伟, 陆佩忠. 数字图像拼接技术[J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(7): 1347-1352.
 [5] 刘莹, 曹剑中, 许朝晖, 等. 基于灰度相关的图像匹配算法的改进[J]. 应用光学, 2007, 28(5): 536-540.
 [6] 谭康. 图像拼接技术研究与应用[D]. 南京理工大学, 2006.
 [7] 吴良, 王天成, 毛征. 空中目标搜索与跟踪算法验证系统的实现[J]. 国外电子测量, 2008, 27(12): 44-47.
 [8] 潘征. 基于视觉的多目标检测与跟踪技术[D]. 北京理工大学, 2003.
 [9] 李敏. 视频监控系统中运动目标检测方法研究[D]. 西北大学, 2008.
 [10] 徐正光, 鲍东来, 张利欣. 基于递归的二值图像连通域像素标记算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(24): 186-188.
 [11] 李赤卫, 刘上乾. 电视奇偶场控制信号的形成[J]. 电子技术, 1992(3): 12-13.

 学评论, 2010, 5(3): 88-90.
 [2] 郑传芹. 应激模式及其致病的中介机制[J]. 邵阳师专学报, 1989, 6(3): 48-52.
 [3] 邹涛, 姚树桥. 国外医学精神病学[J]. 慢性应激的心理生理中介机制, 2001, 28(2): 109-111.
 [4] 赵陕东, 马永忠. 非致命武器与警用器材[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2005: 35-39.
 [5] 刘鸣, 马剑, 苏晓明, 等. 动态干扰光对人的视觉、心理、情绪的影响[J]. 人类工效学, 2009, 15(4): 23-24.
 [6] Pyszczynsky T, Solomon S. In the of 9/11: The psychology of terror[M]. Washington, DC: American Psychological Association, 2003: 93-96.
 [7] 熊卫, 龚传鹏, 张建军, 等. 对四川 5.12 地震伤员的心理救援及思考[J]. 医学与社会, 2009, 22(1): 56-57.
 [8] 黄寒砚, 王正明. 武器毁伤效能评估综述及系统目标毁伤效能评估框架研究[J]. 宇航学报, 2010, 5(3): 88-90.
 [9] 陆凡, 谢晴. 高技术武器装备维修保障力量建设之思考[J]. 兵工自动化, 2012, 31(5): 13-15.