

## 改进的实时图像拼接方法

李 阳<sup>1</sup>, 林 意<sup>2</sup>

(1. 江南大学 物联网工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 数字媒体学院, 江苏 无锡 214122)

(Liliyaya\_001@163.com)

**摘 要:**通过分析比较不同配准算法的优缺点,提出一种基于灰度相关与特征点相结合的实时图像拼接方法。算法首先对图像进行自适应缩放,调整为需要输出的大小,然后用基于特征边缘点方法确定配准方向和大体位置,用基于灰度相关方法准确定位最佳匹配点,最后通过加权平均法对重叠图像进行融合处理。实验结果表明,算法能准确地对图像进行拼接,具有实时性和高效性。

**关键词:**图像拼接;图像配准;图像融合;灰度相关;特征相关;全景图

**中图分类号:** TP391.41 **文献标志码:** A

## Improved method of real-time image mosaic

LI Yang<sup>1</sup>, LIN Yi<sup>2</sup>

(1. School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China;

2. School of Digital Media, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

**Abstract:** A new real-time image mosaic method based on gray correlation and feature points was proposed by analyzing and comparing the advantages and disadvantages of different registration algorithms. Image was zoomed adaptive to the required size of need for output. The direction of registration and general location of potential were determined by the method based on feature points. Best match point was determined accurately by the method based on gray correlation. Finally the overlapping images were fused by weighted average. The experimental results show that the new algorithm can mosaic the image correctly and in real-time efficiency.

**Key words:** image mosaics; image registration; image fusion; gray correlation; feature correlation; panoramic image

### 0 引言

数字图像拼接是指将具有重叠区的多幅数字图像进行无缝拼接得到高分辨率或者宽视角图像的过程。该技术被广泛应用于运动分析、虚拟现实技术、遥感图像分析、医学图像分析、全景图生成等领域。主要配准算法有基于灰度相关、基于特征相关、基于相位相关、基于变换模型等几种。现在主要研究动向为实时图像拼接、自动图像拼接、彩色图像拼接和3D图像拼接处理<sup>[1]</sup>。

实时图像拼接有着广阔的应用前景,例如车载图像全景拼接、监控图像拼接等。实时图像拼接重点要求就是实时性,需要有效、快速地完成指定区域的图像拼接。

关于图像拼接方法,最早的方法是选取重叠区域作为模板,在其他图像中搜索相似对应块,匹配对应位置,但是这个方法计算量太大。

文献[2]利用小波分解改进了模板拼接的方法,得到了较高的匹配速度,但对于经过缩放的图像并不能很好地完成拼接。文献[3]根据特征点进行匹配,在边缘检测部分和匹配过程中损失大量图像信息,匹配精度较低,无法满足实时图像拼接的要求。

本文提出了一种基于灰度相关与特征点相结合的实时图像拼接方法,在保证拼接质量符合要求的基础上大大降低了计算量,能快速有效地完成指定区域的图像拼接,还能对不同大小的图像自适应进行缩放拼接,具有一定的实用价值。

### 1 实时图像预处理工作

针对不同照相机拍摄的图像,由于视点离同一物体距离不同,拍摄的图片大小不一。在匹配之前要先将不同大小的图像缩放成相同大小,由于是进行实时的图像拼接,对缩小算法也有要求:在保证尽量不损失信息的前提下,还需要快速、简单、有效的缩放。文献[4]采用的近邻取样和邻域平均相结合的算法,具有算法简单,失真较小的特点,但是这个方法在缩小比例较大的时候效果最好,而在实际中缩小的比例一般都很小,而且在处理轮廓很细的图像时失真较大。文献[4]的算法思想如下,设原图像坐标为 $(x_0, y_0)$ ,该点像素值为 $f_0(x_0, y_0)$ ,目标坐标为 $(x, y)$ ,该点像素值为 $f(x, y)$ 。缩小比例假定为 $K$ , $K$ 在 $(0, 1)$ 区间取值。对原图像像素值作式(1)变换:

$$\begin{cases} x_0 = \text{ceil}(\frac{x}{k}) \\ y_0 = \text{ceil}(\frac{y}{k}) \end{cases} \quad (1)$$

再对每个点做一个低通滤波,滤波器采用的是图1中的带有权值和距离成反比的滤波器。

实际上这个低通滤波的过程就是邻域平均的思想,而低通滤波的过程主要是为了消除高频干扰,在多次实验的过程中发现:在缩小比例很小的情况下像素跳跃现象不明显,高频干扰也小,因此在选择滤波器的时候,可以采用模板较小的滤

收稿日期:2010-05-20;修回日期:2010-08-15。

作者简介:李阳(1986-),男,山东潍坊人,硕士研究生,主要研究方向:数字图像处理、模式识别; 林意(1963-),男,江苏无锡人,教授,主要研究方向:数字图像处理、计算机辅助几何造型。

波器或者不采用滤波过程,这样消除了因为滤波器造成的边缘细节模糊的缺点;同时速度更快,符合了实时性的要求。

0	0	1	0	0
0	2	3	2	0
1	3	4	3	1
0	2	3	2	0
0	0	1	0	0

图1 带有权值的低通滤波器

在实时图像拼接过程中不同图片间的大小不一,比例  $K$  也在时刻变换,所以这个缩小的比例  $K$  应该是自适应的,这里以图片的高度  $h$  为认定为调整图片的标准。假定  $h_z$  为需要输出的图片的标准高度,先使用式(2)保存  $N$  张图片的高度  $h$  到数组  $h[n]$  中:

$$h[n] = [h_0, h_1, \dots, h_n] \quad (2)$$

同时使用式(3)创建数组  $k[n]$  保存自适应的缩放比例:

$$k[n] = [h_0/h_z, h_1/h_z, \dots, h_n/h_z] \quad (3)$$

## 2 图像匹配技术

### 2.1 图像匹配位置的选择

使用基于图像特征的匹配算法粗略计算图像匹配的位置,这样可以取得较快的匹配速度。假定待拼接的两幅图像分别为  $P_1$  和  $P_2$ ,宽分别为  $W_1, W_2$ ,而图像的高度由准备工作已经变为相同的  $h_z$ 。现在建立待拼接图片边界示意图(图2),需要判断  $P_1$  的上下左右四条边界  $A_1, B_1, C_1, D_1$  之一完整地存在  $P_2$  中,在普通情况下这其中的对应关系存在以下四种情况: $A_1$  与  $D_2, B_1$  与  $C_2, C_1$  与  $B_2, D_1$  与  $A_2$ ,所以可以简化普通的位置提取方法。由于在上文自适应的缩放比例中认定以  $h$  为调整图片的标准,所以这里对应关系只可能是:情况一,  $B_1$  对应于  $C_2$ ,如图2,或者情况二,  $C_1$  对应于  $B_2$ ,如图2。

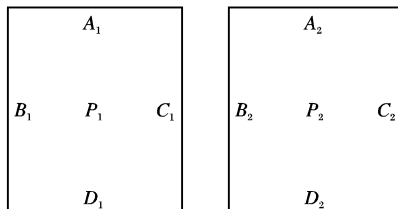


图2 待拼接图片边界示意图

即在拼接过程中可能出现的效果为图3、4中的两种情况。

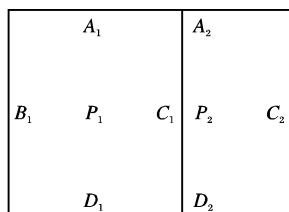


图3 情况一

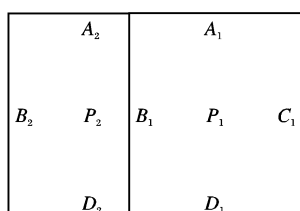


图4 情况二

分别记录  $P_1$  的左边界  $B_1$  坐标  $(0, i)$  和右边界  $C_1$  坐标

$(W_1 - 1, i)$ ,  $W_1$  是图片  $P_1$  的宽,由此使用式(4)和(5)对原始图像  $P_1$  的  $B_1$  和  $C_1$  像素值进行记录:

$$B_1[h_z] = [B_{11}, B_{12}, \dots, B_{1h_z}] \quad (4)$$

$$C_1[h_z] = [C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1h_z}] \quad (5)$$

考虑到拼接过程的实时性要求用较快的速度做出检测,因此选择分别对  $B_1$  和  $C_1$  进行一维边缘检测,得到边缘点,若没有边缘点,则记录梯度值大于规定阈值的点为边缘点;而且要求保存边缘点数量定为最少3个,小于3的情况则可以自动修改  $T$  值,保证边缘点数量达到3个。由式(6)定义数组  $Left[3]$  和  $Right[3]$  分别保存左右边界的边缘点及边缘点坐标。

$$Left[m] = \begin{cases} i, & \frac{B_{i+1} - B_i}{B_i - B_{i-1}} \geq T \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$Right[n] = \begin{cases} j, & \frac{C_{j+1} - C_j}{C_j - C_{j-1}} \geq T \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

其中:  $T$  表示可以限制边缘点数量的阈值,  $m, n$  分别为边缘点的顺序,在保存过程中顺序加1且  $m \leq 3, n \leq 3$ ,这样成功提取了左右边界各3个特征点坐标和顺序。只需要在  $P_2$  中对应  $i$  和  $j$  的位置的6行分别求纵向一阶导数。由式(7)以  $Right[3]$  为例建立搜索模板,对  $P_2$  进行遍历:

$$Flag\_Right = \begin{cases} i, & \sum_{n=0}^3 \frac{P_2[i][Right[n] + 1] - P_2[i][Right[n]]}{P_2[i][Right[n] + 1] - P_2[i][Right[n]]} \geq 3T \\ \text{exit, 其他} \end{cases} \quad (7)$$

其中  $Flag\_Right$  定义为判定右侧匹配成功后在  $P_2$  图中的横坐标,匹配方向为图4所示。若没成功则由式(8)进行  $Left[3]$  左侧建立搜索模板进行遍历:

$$Flag\_Left = \begin{cases} i, & \sum_{m=0}^3 \frac{P_2[i][Left[m] + 1] - P_2[i][Left[m]]}{P_2[i][Left[m] + 1] - P_2[i][Left[m]]} \geq 3T \\ \text{exit, 其他} \end{cases} \quad (8)$$

同样的,其中  $Flag\_Left$  定义为判定左侧匹配成功后在  $P_2$  图中的横坐标,匹配方向为图3所示。由于遍历过程中只进行3行的检索与比对,所以速度将会提高很多。

在有匹配方向以及匹配的大体位置的前提下,再进行基于图像灰度相关的匹配时就不需要利用全部可用的图像灰度的信息。下一步基于图像灰度相关的精确匹配将会事半功倍。

### 2.2 图像精确匹配

通过上面的算法得到了匹配方向及粗略的匹配坐标,接下来需要完成的是找到最佳匹配点。假定计算出的匹配方向为图3所示。则  $P_1$  与  $P_2$  需要在  $Flag\_Left$  左右位置进行拼接。直接拼接可能会由于在一维边缘检测或者本身图片的差异造成较大的偏差,这是由基于图像特征匹配算法本身压缩图像信息量决定的。所以还需要在上面的基础上在  $Flag\_Left$  小范围精确定位拼接位置。进行小范围定位需要用基于图像灰度相关的匹配方法,由于需要的信息量本身就很少,所以匹配速度将会很快。

围绕  $Flag\_Left$  左右3列的点为可能的精确匹配点,采用的序贯相似度检测算法(Sequential Similarity Detection Algorithm, SSDA),该算法用  $\iint |f - t| dx dy$  来作为匹配尺度。

现在以图像  $f(x, y)$  中的点  $(u, v)$  的非相似度来进行精确匹配。非相似度由文献[5]中修改的式(9)计算。

$$m(u, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m |f(k+u-1, l+v-1) - t(k, l)| \quad (9)$$

其中  $0 < u \leq 3, 0 < v \leq h_2$ 。如果想更快地进行匹配,可以对  $v$  只随即选取 3 个值进行判定即可。遍历选定的 3 列后选择  $m(u, v)$  值最小的点为最佳匹配点,更新  $Flag\_Left$  值,认定该列为无缝拼接的位置。

### 2.3 图像融合处理

如图 3 直接将  $P_1$  和  $P_2$  进行平移即可完成图像的拼接。但是由于两幅图像在之前进行过缩放变换或者由于亮度的差异,进行简单的平移拼接可能产生一定的模糊或者局部点的差异,为避免这些情况发生,必须对其进行图像融合处理来提高拼接后图像的质量。

考虑到实时图像拼接要求的实时高效性,本文采用式(10)的加权平均法:

$$f(x, y) = \begin{cases} f_1(x, y), & 0 < x < Flag\_Left \\ f_1(x, y) \times d + f_2(x, y) \times (1 - d), & Flag\_Left < x < W_1 \\ f_2(x, y), & W_1 < x < W_2 \end{cases} \quad (10)$$

其中:  $W_1$  和  $W_2$  分别为图片  $P_1$  和  $P_2$  的宽,  $d$  为计算重叠区域的权值。

## 3 实验结果

图 5 分别为对江南大学北门不同视场固定相机的 3 幅图像,其中图 5(c)调整了焦距较近,也就是经过需要经过缩放才能进行配准的图片,图 6 为由 3 幅图像拼接后的全景图像(以图 5(a)的宽为调整标准)。图 6(a)是仅采用基于特征边缘点拼接的结果图。图 6(b)是仅采用基于灰度值 SSDA 算法拼接的结果图(这其中图像融合处理使用的都是加权平均法)。图 6(c)是拍摄的全景图处理后的结果。由于拼接的 3 幅图扩大了横向的视场角,受相机因素影响无法拍摄水平与垂直方向比例失调的图像,因此拍摄的全景图需要进行纵向裁剪处理后才能与拼接后的图片进行比对。

实验图片使用了包含平移和拉伸情况下的多组实验图片进行评测,对应于标准图,得到的融合结果参数对比如表 2。

表 1 融合结果参数对比

算法	标准差	匹配运行时间/s
本文算法	31.23	0.05
基于特征边缘点	35.62	0.15
SSDA	30.52	0.50

由实验结果可知,在仅使用基于边缘点拼接的图片中,图 5(b)和缩小后的图 5(c)拼接出会有较小的模糊边缘,而使用本文算法与使用 SSDA 后的算法效果相似,但运行时间却要长很多。

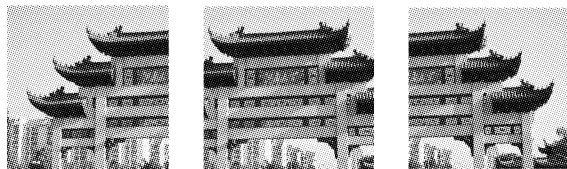
由此看见,首先对选定边界列进行一维边缘检测,匹配目标图像来确定大致的匹配位置,将匹配位置定位在特定的几列,然后再进行特定位置的精确匹配。由于是在粗匹配中压缩了部分无用信息,而在精确匹配中又是将匹配范围内的全部信息利用,因此虽然速度提高了,但是精确度并未下降很多。

## 4 结语

基于图像特征点的匹配方法提取了图像的显著特征,大大压缩了图像的信息量,只有一小部分的图像灰度信息被使用,对特征提取和特征匹配的错误非常敏感,而基于灰度相关的图形匹配方法对图像灰度变化比较敏感,计算复杂度高,运算花费时间较多,对于目标的旋转、缩放等没有很好的适应性。

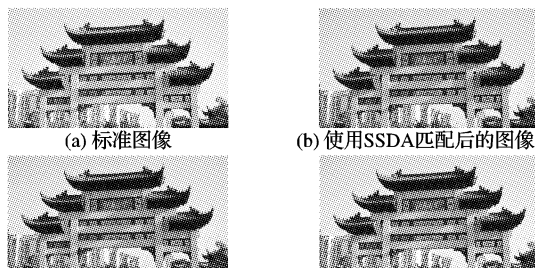
本文用基于图像特征点的匹配方法首先对选定边界列进行一维边缘检测,匹配目标图像来确定大致的匹配位置也就是 2.1 节中的匹配方向,然后再进行精确的匹配,使用基于图像灰度相关的匹配算法,本文选用的是 SSDA 来进行匹配,避免直接利用图像全部灰度信息。

实验结果表明,文中所提算法在保留了基于图像灰度相关匹配算法本身较高的精度和鲁棒性的同时,也继承了基于图像特征点匹配算法的高效性,减小了计算量,提高了运算速度,有较高的实用价值,能有效快速地完成实时图像拼接。而在处理旋转后的图像拼接中效果并不理想,在接下来的研究工作中需要继续完善。



(a) 第一幅取景图 (b) 第二幅取景图 (c) 焦距调整后第三幅取景图

图 5 拼接图像



(c) 使用基于特征点匹配后的图像 (d) 使用本文算法拼接后的全景图像

图 6 不同方法拼接后的图像

### 参考文献:

- [1] 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): 348-352.
- [2] 张强, 唐璠. 一种基于特征点匹配的图像拼接算法[J]. 计算机系统应用, 2009, 18(3): 31-34.
- [3] 於时才, 吕艳琼. 一种图像快速配准算法的研究[J]. 图像与信号处理, 2009, 39(4): 448-450.
- [4] 江少锋, 杨素华. 一种简单高效的图像缩小算法[J]. 南昌航空工业学院学报, 2003, 17(4): 68-71.
- [5] 那彦, 焦李成. 基于多分辨分析理论的图像融合方法[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007: 79-100.
- [6] YIN SONG-FENG, CAO LIANG-CAI, LING YONG-SHUN, et al. One color contrast enhanced infrared and visible image fusion method[J]. Infrared Physics & Technology, 2010, 53(2): 146-150.
- [7] ZHANG QIANG, GUO BAO-LONG. Multifocus image fusion using the nonsubsampling contourlet transform[J]. Signal Processing, 2009, 89(7): 1334-1346.
- [8] LI SHU-TAO, KWOK J T, WANG YAO-NAN. Using the discrete wavelet frame transform to merge landsat TM and SPOT panchromatic images[J]. Information Fusion, 2002, 3(1): 17-23.