

一种用于图像拼接的图像序列自动排序算法

赵万金 龚声蓉 刘全 沈向军 刘纯平

(苏州大学计算机科学与技术学院, 苏州 215006)

摘要 为实现全景图拼接中图像序列的自动排序,提出了一种利用相位相关法判断两幅图像是否重叠以及两幅重叠图像的位置关系的完全自动的图像序列排序算法。该算法避免了图像序列排序中的人工干预。实验结果表明,该算法能有效地实现顺序混乱的图像序列的自动排序,并能很好地应用于全景图拼接。

关键词 全景图像 图像拼接 图像序列 自动排序 相位相关

中图分类号: TP391.41 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2007)10-1861-04

An Auto-sorting Arithmetic for Image Sequence Used in Image Mosaics

ZHAO Wan-jin, GONG Sheng-rong, LIU Quan, SHEN Xiang-jun, LIU Chun-ping

(School of Computer Science & Technology, Soochow University, Suzhou 215006)

Abstract An auto-compositor arithmetic of image sequence based on phase correlation is presented in this paper. We use phase correlation to estimate if two images overlapped, and ascertain the relationship of the overlapped images. This algorithm avoids intervening in image sequence by man. The experimental results have shown that the algorithm is effectively, and can be used in Image Mosaics well.

Keywords panorama image, image mosaic, image sequence, auto-compositor, phase correlation

1 引言

图像拼接是把同一场景的相互有部分重叠的一系列图像合成为一张大的宽视角图像^[1-4]的技术。欲实现图像的拼接,则要求输入的序列图像是按照实际场景内容顺序排列的,即每相邻的两幅图像之间都要有重叠部分,这样才能拼接出正确的全景图像。但由于其在拍摄过程以及后续的存储或输入等过程中,有可能使图像的排列顺序变得混乱,致使不能直接进行全景图像的拼接。

目前,各种基于像素灰度差最小化的方法^[1]和基于特征匹配的图像拼接方法^[5]都相继被提出,市场上也已经有不少全景图的制作软件,其中有代表性的为 QuickTime Pro、Photo Stitch 等,但这些算法和软件一般都要求使用者对图像序列进行大量的人工干预,即需要人工将顺序混乱的图像序列首先进行有效的排序。

文献[5]中提出以等距离匹配的思想来实现图像序列的自动排序,但该方法受图像内容和灰度的影响较大,另外,该文中对于头图像和尾图像的确定也没有做很好的说明。

文献[6]中提出了一种改进的基于角点匹配的图像自动拼接算法,但该算法仍然需要手动指定图像间的次序。

要实现图像序列的自动排列,关键是要解决以下3个问题:

- (1) 确定两幅图像间是否有重叠部分,即两幅图像是否是相关的,或者说相关程度是如何的;
- (2) 确定该组图像序列的头图像和尾图像;
- (3) 确定两幅有重叠部分图像的左右位置关系,即图像 A 是在图像 B 的左边,还是在右边。

为此,本文采用基于傅里叶变换位移性质的相位相关法对图像序列进行判断排序。

文献[7]中虽提出了用相位相关法对序列图像进行排序,但其方法在判断两幅图像是否重叠时,需

基金项目:国家自然科学基金项目(60673092);教育部科研重点项目(205059);江苏省高校自然科学基金项目(07KJD520186)

收稿日期:2007-06-05;改回日期:2007-07-05

第一作者简介:赵万金(1983~),男,苏州大学计算机科学与技术学院计算机应用技术专业硕士研究生。主要研究方向为图像处理。

E-mail: 210513088@suda.edu.cn

人为地对阈值进行设置,才能确定两幅图像是否有重叠部分,这不仅影响了算法的自适应性,同时也很难准确地确定阈值。本文的算法不仅避免了阈值的设置,而且整个排序过程无需人为的干预,真正实现了图像序列的自动排序。

2 相位相关法

2.1 相位相关法判断两幅图像是否重叠

相位相关法最早是由 Kuglin 和 Hines 在 1975 年提出的,它利用了傅里叶变换的位移性质,是一种非线性的频域相关算法。由于它只取互功率谱中的相位信息,从而不仅减少了对图像内容的依赖,而且对图像灰度的依赖也较小,并具有一定的抗干扰能力,因此在图像配准领域得到了很好的应用^[8]。

若对两幅数字图像 I_1 和 I_2 进行傅里叶变换 Ψ ,就可得到各图像的傅里叶系数矩阵 F_1 、 F_2 ,两幅图像在频域的相位差可以通过下式计算:

$$\frac{F_1 F_2^*}{|F_1 F_2^*|} = \frac{|F_1| e^{j\phi_1} \cdot |F_2| e^{j\phi_2}}{|F_1| |F_2|} = \frac{|F_1| |F_2| e^{j(\phi_1 - \phi_2)}}{|F_1| |F_2|} = e^{j(\phi_1 - \phi_2)} \quad (1)$$

其中, F^* 表示 F 复数的共轭。

假定图像 I_1 和 I_2 之间相差一个水平平移参数 x ,即图像 I_2 点 r 的像素值为

$$I_2(r) = I_1(r + x) = I_1(r) \delta(r - x) \quad (2)$$

对式(2)进行傅里叶变换可得到

$$\Psi(I_1) = \Psi(I_2) e^{j2\pi fx} \quad (3)$$

可见,对于每一空间频率 f 有

$$e^{j(\phi_1 - \phi_2)} = e^{j2\pi fx} \quad (4)$$

对上式进行傅里叶反变换 Ψ^{-1} ,有

$$d(r) = \delta(r - x) = \Psi^{-1} \{ e^{j(\phi_1 - \phi_2)} \} \quad (5)$$

由式(1)及傅里叶变换的理论可知,该相位谱包含了两幅图像之间位置平移的所有信息,而且它是一个频谱幅度在全频域内为 1 的功率谱。当两幅图像完全相似时,其值为 1,反之为 0。因此,相位相关函数可以用来度量两图像之间的相似程度。如果两幅图像被噪声干扰或者拥有复杂的变换关系,则频谱将从单一峰值分布到其他小峰值,但其最大峰值的位置具备稳定性。

图 1(a)与图 1(b)是大小为 229×334 的具有重叠部分的两幅图像,其中,图 1(b)中加入了噪声,并且具有一定的扭曲变形。图 1(c)是利用相位相关法检测到的峰值。

2.2 相位相关法判断两幅重叠图像的位置关系

由以上分析可知,通过式(5)计算能获得一个频谱的峰值,进一步,由此峰值所对应的像素点能计算出两幅图像的水平平移参数 x ,当一幅图像相对于另一幅图像具有左位移时,则计算出的水平平移量为负值,反之为正值,虽然由此获得的平移量值可能不是相当精确,但已足以满足判断两幅重叠图像位置关系的需要。利用图 1(c)的峰值估计出的图 1(a)与图 1(b)的水平平移参数 $x = 108$ 。

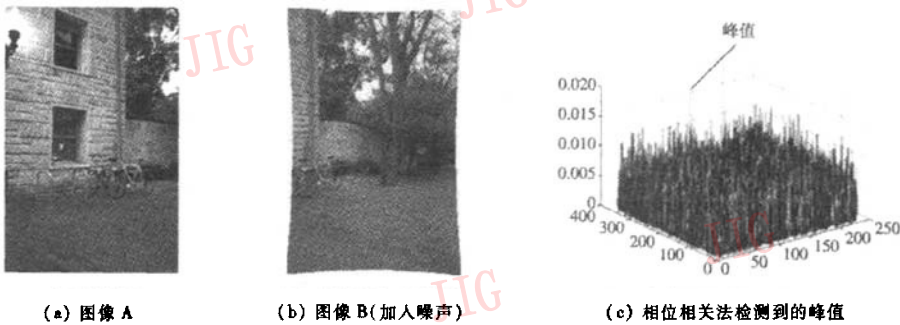


图 1 相位相关法判断图像是否重叠及估计平移参数
Fig. 1 Use phase correlation to estimate if two images overlapped and offset parameters

3 图像序列自动排序算法

由相位相关法原理即可提出以下自动排序

算法:

(1) 头图像和尾图像(最左边图像和最右边图像)以及相邻图像的确定。

对于给定的有 N 幅图像的图像序列,任一图像

可以与其余 $N-1$ 个图像进行计算得到 $N-1$ 个相关度。由于该图像至多会与两幅图像相邻(中间图像),但至少将与其中一幅图像相邻(头图像和尾图像),因此,如果从该图像计算出的 $N-1$ 相关度中选取前两个最大的,则该图像将与这两个相关度所对应的两幅或其中的一幅图像有重叠的部分。对剩余的 $N-1$ 幅图像进行同样的操作,可得到 $2N$ 个“最大”的相关度。而对于该组图像序列中的头图像和尾图像,它们各自所对应的两个相关度中将分别有一个是不符合条件的。很显然,头图像和尾图像所含的这两个不符合条件的相关度相对于其他相关度而言是很小的,当找出这 $2N$ 个相关度中最小的两个相关度,则它们所对应的图像就分别是头图像和尾图像。这样就确定了相邻图像以及头图像和尾图像。

(2) 相邻两幅图像左右位置关系的确定

在相位相关法算法中,当两幅图像确实相关时,其检测结果表现为 δ 脉冲函数,有非常尖锐的相关峰,由此峰值所对应的像素点就可以计算出两幅图像的水平平移参数。其中,当计算出的像素点的水平平移参数 x 值大于图像宽度的一半时,即可用图像宽度减去它再取负。若图像 A 与图像 B 的水平平移量为负,则图像 A 在图像 B 的左边,反之,图像 A 在图像 B 的右边。

这样就完成了该组图像序列的自动排序。

4 实验结果与分析

图 2 是一组大小均为 229×334 的顺序错乱的图像序列,对每两幅图像的相位相关度进行计算的结果如表 1 所示。由此即可得到表 2 所示的每幅图像的最两个相关系数,进而可确定出该组图像序列的头、尾图像(表中用 * 标出),同时根据两幅图像间的平移量来求出两幅图像的左右位置关系。表中相关度系数后面的星号表示该图像为头图像(或尾图像),后面括号中的数值表示两幅图像的水平平移参数。

表 1 各图像间的相位相关度
Tab.1 Images' phase correlation degree

图像序号	1	2	3	4	5
1	/	/	/	/	/
2	0.0165	/	/	/	/
3	0.0332	0.0165	/	/	/
4	0.0163	0.0156	0.0317	/	/
5	0.0237	0.0204	0.0162	0.0157	/

在确定好头、尾图像后,再根据两幅相邻图像的水平平移参数来最终获得一组按内容顺序排列的图像(如图 3 所示)。



图 2 顺序杂乱的图像序列
Fig.2 Unordered image set

表 2 根据相位相关度和平移量的图像自动排序

Tab.2 Image auto-sorting base on the phase correlation degree and offset measures

图像号(图像排序后序号)	相关度				
1(3)	/	/	0.0332(108)	/	0.0237(-108)
2(1)	/	0.0165*	/	/	0.0204(111)
3(4)	0.0332	/	/	0.0317	/
4(5)	0.0163*	/	0.0317(-110)	/	/
5(2)	0.0237	0.0204	/	/	/



图 3 自动排序后的图像

Fig.3 Ordered images set after auto-sorting

5 结 论

本文利用相位相关算法实现了对全景图拼接中顺序杂乱的图像序列按图像内容的自动排序,并避免了排序过程中阈值的设定。由实验结果可看出,本文算法在解决上述问题上取得了较好的效果。

参考文献 (References)

- 1 Shun H Y, Szeliski R. Panoramic Image Mosaics[R]. MSR-TR-97-23, Microsoft Research Center, Seattle, WA, USA, 1998.
- 2 Szeliski Richard. Image Alignment and Stitching[R]. Technical Report MSR-TR-2004-92, Microsoft Research Center, Seattle, WA, USA, 2005.
- 3 Brown M, Lowe D G. Recognizing panoramas[A]. In: Proceedings of the IEEE Ninth International Conference on Computer Vision 2 [C], Washington, DC, USA, 2003, 2: 1218 ~ 1225.
- 4 Xie Kai, Guo Heng-ye, Zhang Tian-wen. A survey of image Mosaics technology[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(4): 630 ~ 634. [解凯,郭恒业,张田文. 图像 Mosaics 技术综述[J]. 电子学报, 2004, 32(4): 630 ~ 634.]
- 5 Hua Shun-gang, Zeng Ling-yi, Ou Zong-ying. Fast algorithm for cylindrical panoramic image mosaic[J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2006, 21(4): 434 ~ 438. [华顺刚,曾令宜,欧宗瑛. 一种快速的柱面全景图像拼接算法[J]. 数据采集与处理, 2006, 21(4): 434 ~ 438.]
- 6 Zhao Xiang-yang, Du Li-min. An automatic and robust image mosaic algorithm[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(4): 417 ~ 422. [赵向阳,杜立民. 一种全自动稳健的图像拼接融合方法[J]. 中国图象图形学报,2004,9(4): 417 ~ 422.]
- 7 Zhao Hui, Chen Hui, Yu Hong. An improved fully-automatic image mosaic algorithm[J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(2): 336 ~ 342. [赵辉,陈辉,于泓. 一种改进的全景图自动拼接算法[J]. 中国图象图形学报,2007,12(2): 336 ~ 342.]
- 8 Zhang Jing, Hu Zhiping, Liu Zhi-tai. Image automatic mosaics based on contour phase correlation[J]. Frontiers of Mechanical Engineering in China, 2007, 2(2): 228 ~ 234.