

一种基于 SIFT 和区域选择的图像拼接方法

张 炜, 刘 伟, 普杰信
(河南科技大学, 河南 洛阳 471003)

摘 要: 提出了一种基于 SIFT 和区域选择相结合的图像拼接方法. 该方法采用改进的尺度不变特征变换(SIFT)特征提取方法获得图像特征点, 并充分利用圆形区域的旋转不变性和互信息量最大原则进行特征点匹配, 避免了传统的图像配准算法计算量过大、特征点匹配不准确等问题, 最后采用加权平均的方法对图像进行融合. 实验表明, 该方法对图像间存在的平移、旋转、明暗强度和噪声干扰等都具有良好的鲁棒性, 可实现高质量的图像拼接.

关键词: 图像拼接; 尺度不变特征变换; 互信息量

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0205-03

An Image Mosaic Method Based on SIFT and Region Selecting

ZHANG Wei, LIU Wei, PU Jie-xin

(Henan Science and Technology University, Luoyang 471003, China)

Abstract: An image mosaic method based on SIFT and Selection Region is described in this paper. It uses scale invariant feature transform (SIFT) to extract invariant features from images mosaic, makes full use of the rotational invariance of circles and the maximum mutual information for feature points matching, this method can avoid a heavy computing load and the inaccurate matching of feature points compared with the traditional registration algorithms, and weighted average method is used to blend images. Experimental results demonstrate that the proposed method is robust to translation, rotate, intensity and noises, and can produce high quality image mosaic.

Key words: image mosaic; SIFT; mutual information

1 引言

图像拼接是将多幅相互间存在重叠的序列图像进行无缝拼接, 合成一幅包含各图像信息的、宽视角场景的高清晰图像. 是基于图像绘制技术 (IBR) 中的一种基本的处理方法, 也是目前计算机视觉、图像处理 and 虚拟现实等领域的热点.

图像配准问题是图像拼接技术的关键. 目前存在很多种图像配准的方法, 一般把图像配准方法分为基于灰度信息的图像配准方法^[1]、基于特征的图像配准方法^[2]和基于变换域的图像配准方法^[3]. 其中最常用的是基于图像特征的配准方法: 首先对两幅图像进行特征提取得到特征点, 通过相似性度量找到匹配的特征点对, 然后匹配得到图像空间坐标变换参数, 最后进行图像配准. 而特征提取和特征匹

配是配准技术的关键. 近年来, 人们在这方面进行了广泛的研究. PIZARRO^[4]等提出了基于 Zernike 矩的特征表示方法进行 Harris 特征点的匹配, 但是只针对图像重合率低, 背景光线变化不大的图像, 而且运算量大^[5]; 文献[6]提出一种基于兴趣点方向特征的图像拼接方法, 对图像间存在任意角度的旋转及平移的情况下, 也能有效地实现图像的光滑拼接, 但是拼接过程计算量大; 文献[7]提出了一种新的基于圆形区域和 Harris 角点检测相结合的图像配准算法, 避免了传统的图像配准算法计算数据过大, 特征点匹配不准确等问题, 但是对于受噪声影响的图像不能实现较好的拼接.

针对以上问题, 文中提出了一种基于 SIFT^[7-8] (Scale Invariant and Feature Transform) 尺度不变特性变换和区域选择的图像拼接方法, 基本思想是首先利用

改进的 SIFT 算法获得图像特征点;其次利用圆型区域的旋转不变性和互信息量最大原则进行特征点匹配^[6];最后在图像融合方面采用加权平均的方法并引入了阈值的概念,实现了重叠区域图像的平滑过渡.

2 特征提取

特征的提取在图像配准过程中非常重要. SIFT 算法是 David G. Lowe 在 1999 年首先提出的用于目标识别的一个方法,首先对两幅图像进行尺度和灰度空间检测,确定关键点位置和所处尺度,然后,用关键点邻域梯度的主方向作为方向特征生成关键的 SIFT 特征向量进行匹配,但是这种算法仍然存在误匹配. 2004 年, Lowe 提出了尺度不变特征变换,使其对尺度、旋转、亮度、仿射、噪音等都具有不变性. SIFT 提取特征点的具体步骤如下:

(1) 尺度空间极值检测

对原图使用不同高斯核,得到一系列高斯卷积图形成高斯金字塔,相邻高斯卷积图作差值,得到高斯差分(Difference of Gaussian, DOG)图像,并形成 DOG 金字塔.

(2) 确定关键点的位置

由于 DOG 值对噪声和边缘较敏感,因此,在上面 DOG 尺度空间中检测到的候选特征点要经过进一步检验才能精确定位为关键点. 用详细的模型来拟合去除不稳定的点,即去除对比度的绝对值低于设定阈值的低对比度特征点和主曲率不满足一定条件的边缘特征点,从而得到关键点.

(3) 确定关键点的方向

计算每幅图像的梯度值和方向以某关键点为中心在其邻域窗口内采样,并用直方图统计邻域像素的梯度方向直方图的峰值代表该关键点处邻域梯度的主方向,作为该关键点的方向.

(4) 建立关键点描述符生成特征向量

选择一中心实心圆点为当前关键点的位置,以当前关键点为中心取 16×16 的窗口,每个小格代表关键点邻域所在尺度空间的一个像素,箭头方向代表该像素的梯度方向,箭头长度代表梯度值,圈代表高斯加权的范围(越靠近关键点的像素梯度方向信息贡献越大).

SIFT 算法中不确定参数很多,它们决定检测关键点的质量和数量,为了减少特征提取部分的时间,应在保证关键点质量的前提下尽量减少关键点的数量,所以为了提高 SIFT 算法的速度,在构建高斯金字塔时减少图像采样形成的组数. 文献[8]要求一般产生 4 个图

像组,文中考虑选择 3 个图像组,经大量实验证明这种做法是正确有效的,实现了高质量的快速拼接.

3 特征匹配

3.1 互信息量

互信息量是信息理论中的常用概念,用于度量 2 个随机变量间的统计相关性,常用于描述一个变量包含另一变量的信息量多少. 互信息量可以用熵描述:

$$K(A, B) = H(A) + H(B) - H(A, B)$$

$$H(A) = - \sum_i p_A(i) \log p_A(i)$$

$$H(B) = - \sum_j p_B(j) \log p_B(j)$$

$$H(A, B) = - \sum_{i,j} p_{AB}(i, j) \log p_{AB}(j)$$

式中, $H(A)$ 和 $H(B)$ 分别为图像 A 和 B 的熵; $H(A, B)$ 为二者的联合熵. 在图像配准过程中,若 2 幅图像的空间位置完全一致,互信息量 $K(A, B)$ 为最大. 基于以上原理,使得经过该空间变换后的 2 幅图像的互信息量最大就可以了.

$$L(A, B) = \frac{H(A) + H(B)}{H(A, B)}$$

$$ECC(A, B) = \frac{2L(A, B)}{H(A) + H(B)}$$

这 2 种归一化互信息量的表现形式,解决了重叠区域互信息量变化敏感的问题.

3.2 区域选择性

传统的图像配准算法中,结合互信息量和区域选择特性的匹配算法经常遇到以下情况:区域选择不满足旋转不变性因而得到的配准区域不准确;算法需要粗配准和精配准两个过程;用逐点选择区域使得算法计算量大、时间长,实时性不能很好的满足.

因此基于以上问题,在区域特性选择上以圆形区域代替方形区域,解决了特征点误匹配问题,并且用角点作为圆心进行匹配,解决了常规算法逐点检测计算量大的问题. 具体步骤如下:

步骤 1: 分别将参考图与待配准图进行平滑去噪,得到参考图 X_1 和待配准图 X_2 ;

步骤 2: 将 X_1 、 X_2 利用 SIFT 进行检测,记录角点坐标 $q_i^1(x, y)$, $i = 1, 2, \dots, m$, $q_j^2(x, y)$, $j = 1, 2, \dots, n$. 其中, m 代表参考图 X_1 中检测的角点个数, n 代表待配准图 X_2 中检测的角点个数;

步骤 3: 分别以角点 q_i^1 、 q_j^2 为圆心,以 r 为半径,在 X_1 、 X_2 中选择圆形区域 Q_i^1 、 Q_j^2 ;

步骤 4: 以 q_i^1 为起始点, Q_i^1 为起始图,对于待配准图 X_2 中的 Q_j^2 , 计算互信息量矩阵 $K(Q_i^1, Q_j^2)$,

并选择矩阵 $K(Q_i^1, Q_j^2)$ 中的最大值点为配准点记为 $q_{\max}^1, q_{\max}^2$, 配准圆为 $Q_{\max}^1, Q_{\max}^2$;

步骤5:在配准圆中分别选择点 q_{i1}^1, q_{j1}^2 , 并使其分别与 $q_{\max}^1, q_{\max}^2$ 的距离相等, 然后计算直线 $q_{i1}^1 q_{\max}^1, q_{j1}^2 q_{\max}^2$ 的斜率, 其中之间的夹角为图像的旋转角;

步骤6:根据计算角度, 旋转待配准图; 根据互信息量最大原则, 寻找旋转图中 $q_{\max}^2$ 的对应点 $q_{\max}^{2'}$, 根据 $q_{\max}^1, q_{\max}^{2'}$ 计算2幅图像间的平移距离。

4 图像融合

将图像进行配准之后, 就是图像融合, 即将配准后的图像根据对应关系合并为一幅图像。一般情况下, 由于采样时间、采样角度和光照强度等因素易使两幅图像重叠区域出现明暗强度和变形程度的差异, 为了为了使融合后的图像具有视觉一致性而且没有明显的接缝, 目前常采用 Szeliski^[9] 加权平均法对图像进行融合。假如 f_1, f_2 分别代表两幅待融合的图像, f 为融合后的图像, 那么有

$$f(x, y) = \begin{cases} f_1(x, y) & (x, y) \in f_1 \\ d_1 f_1(x, y) + d_2 f_2(x, y) & (x, y) \in f_1 \cap f_2 \\ f_2(x, y) & (x, y) \in f_2 \end{cases} \quad (1)$$

式中, d_1 和 d_2 表示权重值, 一般取 $d_i = \frac{1}{\text{width}}$, width 表示重叠区域的宽度, 并且满足 $d_1 + d_2 = 1$, $0 < d_1 < 1$, $0 < d_2 < 1$ 。重叠区域内, d_1 由1渐变为0, d_2 由0渐变为1, 由此实现了重叠区域由 f_1 到 f_2 的平滑过渡。

但是, 采用这种方法融合的图像可能由于图像重叠部分中个别对应像素灰度值的差异而使得融合后的图像在此处的灰度值出现跳变。为了使融合后的图像更加平滑, 可以对式(1)做改进, 引入阈值 E 来控制两幅图像重叠区域对应像素灰度值的差异。改进后的算法融合的图像像素 f 表示如下:

$$f(x, y) = \begin{cases} f_1(x, y), & (x, y) \in f_1 \\ f_1(x, y), & |f_1 - f_2| > E, d_1 > d_2, \\ & (x, y) \in (f_1 \cap f_2) \\ d_1 f_1(x, y) + d_2 f_2(x, y), & |f_1 - f_2| \leq E, d_1 > d_2, \\ & (x, y) \in (f_1 \cap f_2) \\ f_2(x, y), & |f_1 - f_2| > E, d_1 < d_2, \\ & (x, y) \in (f_1 \cap f_2) \\ f_2(x, y), & (x, y) \in f_2 \end{cases} \quad (2)$$

为验证本方法的有效性, 以两幅图像为例进行实验。实验条件: PIV 2.4GHz, 512MB, VC++ 6.0, WinXP, Matlab7.0。从实验结果可以看到, 文中方法得到的正确匹配点数量最多, 而且在图像存在旋转的情况下效果更明显。

5 结束语

文中提出了一种基于 SIFT 和区域选择的图像拼接方法。该方法通过 SIFT 尺度不变特性变换进行特征点检测, 采用基于圆型区域的旋转不变性和互信息量最大原则提取出两幅图像的正确匹配对, 能有效缩短运行时间、减少运算量, 而且对存在噪声、平移和任意角度旋转的图像都能够实现光滑拼接, 因此具有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] Kybic J. High-dimensional mutual information estimation for image registration using control point and intensity[J]. IEEE Transaction on Image, 2004, 13(8):1115-1127.
- [2] Zitova B, Flusser J. Image registration methods: a survey [J]. Image and vision computing, 2003, 21(11):977-1000.
- [3] 田伟刚, 郭雷, 黄雷. 一种应用于图像配准中的点特征匹配算法[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(3):172-174.
- [4] 仵建宁, 冯宗哲, 郭宝龙. 一种基于相位相关优化的图像拼接方法[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(1):117-120.
- [5] Pizarro O, Singh H. Toward largearea mosaicing for underwater scientific application[J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2003, 28(4):651-672.
- [6] 李晓娟, 郭宝龙. 一种基于兴趣点方向特征的图像拼接方法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(12):26-28.
- [7] 刘贵喜, 王蕾. 基于区域选择和特征点匹配的图像配准算法[J]. 光电子·激光, 2007, 18(8):999-1002.
- [8] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110.
- [9] 仵建宁, 郭宝龙, 冯宗哲. 一种基于兴趣点匹配的图像拼接方法[J]. 计算机应用, 2006, 26(3):610-612.

作者简介:

张 炜 女, (1984-), 硕士研究生. 研究方向为模式识别与智能系统。

刘 伟 男, (1969-), 副教授. 研究方向为通讯信号处理。

普杰信 男, (1959-), 教授. 研究方向为计算机视觉与模式识别。