

基于 ROI 块匹配的全景图像拼接鲁棒性方法

王 晶, 游志胜, 钟 灵

(四川大学 计算机学院 图形图像研究所, 四川 成都 610064)

摘 要: 提出了一种鲁棒性全景图像拼接方法。首先,为了缓和光照条件变化进行直方图均衡化;其次,利用相位相关的方法提取种子点,即重叠区域的高度纹理点,因为感兴趣区域(ROI)被限定在重叠区域,所以能得到更精确的对应点;最后,用加权块匹配算法(BMA)来最小化相机转动产生的图像扭曲问题。通过多种类型全景图像的峰值信噪比(PSNR)与其他算法相比,证明该方法具有很强的鲁棒性。

关键词: 全景图; 图像拼接; ROI; 块匹配; 鲁棒性

中图法分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2007)01-0229-03

Robust Method for Panorama Mosaic Based on Block Matching in ROI

WANG Jing, YOU Zhi-sheng, ZHONG Ling

(Institute of Image & Graphic, School of Computer Science, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

Abstract: This paper presents a robust method for constructing a panorama from images. Firstly, in order to mitigate the variation of the illumination conditions, the histograms of the overlapped areas are equalized. Secondly, extracting the seed points, the highly textured point in the overlapped area, by using phase correlation. Because ROI is restricted within overlapped areas, more accurate correspondences are obtained. Finally, the weighted Block Matching Algorithm (BMA) is used to minimize image distortion caused by camera rotation. Comparing the performance of the methods which is Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) with multi-types images, results demonstrates the robustness of the method.

Key words: Panoramic Images; Image Mosaics; ROI; Block Matching; Robustness

全景图像拼接是在固定视点用照相机或者摄像机旋转拍摄得到的重叠图像拼接生成 360° 无缝全景图像的绘制技术;它是基于图形绘制 IBR (Image-Based Render) 的研究热点与关键技术。近年来,研究人员进行了大量且有意义的工作,提出了许多有效的图像拼接方法,但是各种算法都存在局限性。Dai 等人^[1]运用几何特征,如角、边与线导出投影变换,该方法虽然能计算更加精确的变换,但提取合适的图像特征比较困难,而且其对应点的迭代处理计算量大;Szeliski 等人^[2,3]提出在图像投影后直接用最小化来平滑缝隙的方法,即 $image_3(x) = d(x) \times image_1(x) + (1 - d(x)) \times image_2(x)$, 其中 $0 < d(x) < 1$, $d(x)$ 为水平方向重叠距离的函数,拼接区域宽度为 D 。该算法虽然简便,不需要获取对应特征点,但是迭代计算相当耗时,而且存在两个问题:①加权平均是一种平滑变换,会导致图像模糊不清,并且也不一定能保证边界的非可见性,即不能保证无缝;②未决定如何选择拼接区域宽度 D 。

本文提出利用种子点的方法来计算两幅图像重叠区域的投影变化。种子点是第一幅图中重叠区域的最高纹理像素,通过利用块匹配(BMA)的方法来找出第二幅图像的对应点。为了使算法具有更高的鲁棒性,首先,使用直方图均衡化来缓和光照条件变化等图像差异;其次,加权函数在 BMA 算法中的使用,可以最小化由于相机旋转产生的图像扭曲等问题。

图 1 展示了算法的工作流程。①提取给定图像的重叠区域,利用重叠区域进行直方图均衡化;②第一幅图像的重叠区

域划分为四个子区域,每个区域选取一个种子点;③运用加权 BMA 算法来检测第二幅图像的对应点,计算估计焦距;④利用估计焦距将图像投影到圆柱体坐标,用双线性加权函数来消除图像融合的边缘。

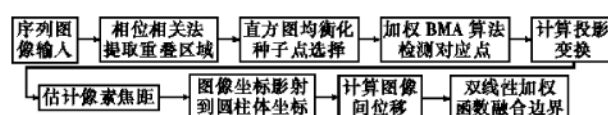


图 1 基于 ROI 块匹配的图像拼接算法流程

1 图像投影变换

因为感兴趣区域(ROI)被限定在重叠区域,所以可以得到更精确的对应点。首先计算四个种子点,然后进行投影变换计算。

1.1 提取重叠区域

Brown, Reddy 和 Chatterji 等人描述了一种能对准两幅彼此相关图像的高效方法——相位相关法(Phase Correlation)。这种方法用二维傅里叶变换每幅图像,计算图像间每频率的相位差,然后进行反傅里叶变换,通过二维变换能估计出重叠区域的大小^[4]。

1.2 直方图均衡化选择种子点

使用直方图均衡化来缓和光照条件变化等图像间的差异,如图 2 所示。

传统全景图拼接方法是用几何特征点和优化来计算序列

图像间的投影变换,其使用的迭代算法相当耗时而且畸变较大。在许多视觉应用中,基于纹理的特征经常被用来代替基于几何的特征。Shi 和 Tomasi^[5]利用基于纹理的特征来追踪特征点;此外,Lhuillier 和 Quan^[6]运用种子点提出了一种 Quan 式密度匹配算法。本文提出利用块匹配来计算两幅图像重叠区域的投影变换的方法,为了进行投影变换计算,四个种子点必须在重叠区域内,其中任何三点都不共线。重叠区域被划分为四个子区域,每个子区域中最大特征量被选择为种子点。在式(1)中,种子点 q_i 是第 i 块子区域中最大特征量的点:

$$q_i = \arg \max_k [\sigma_{k,i}^2], 0 \leq i \leq 3 \quad (1)$$

$$\sigma_{k,i}^2 = \sum_g^{G_{\max}} g^2 \times h_g - M_{k,i}^2$$

其中, $\sigma_{k,i}^2$ 是特征量, $M_{k,i}$ 是第 i 个子区域第 k 块均值, h_g 是灰度级 g 的直方图值, $G_{\max}$ 是最大灰度级,通常为 255。

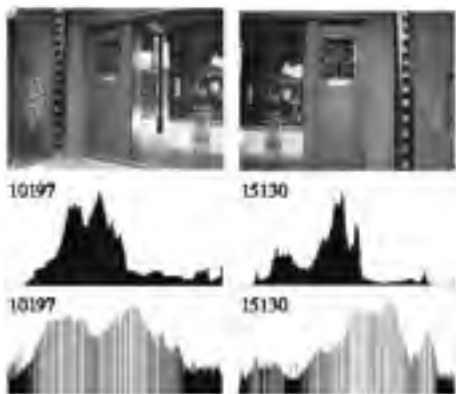


图2 近距离复杂背景图像及均衡前后的直方图

1.3 检测对应点

通过直方图均衡化后,所有图像拥有了近似相同的亮度和对比度。这样在以后的操作中不必考虑图像间亮度和对比度差异就可以进行相同的比较计算。因此,对给定图像间的重叠区域进行均衡化。

为了实现更加鲁棒性的对应点检测算法,采取加权 BMA 算法。因为相机在旋转过程中,图像会扭曲,这种扭曲随着沿最小扭曲量方向的搜索位置单调递增^[7]。因此,加权函数 ($w_{i,j}$) 的引用,使小畸变区域的错误减少,大畸变区域的错误增多。式(2)定义了加权块匹配规则,式(3)定义了加权函数是与块的中心距离成正比。

$$E(dx, dy) = \sum_{(i,j) \in B} |I(x+i, y+j, k) - I(x+i+dx, y+j+dy, k+1)| \times w_{i,j} \quad (2)$$

$$w_{i,j} = d_{i,j}/D, -7 \leq i, j \leq 7 \quad (3)$$

$$d_{i,j} = \sqrt{i^2 + j^2}$$

其中, $I(x, y, k)$ 是第 k 幅图像 (x, y) 像素的灰度级, dx 与 dy 分别是块的偏移量, $d_{i,j}$ 是到块中心的距离,而 D 是它的最大距离。

2 全景图像拼接

圆柱体模型的全景图被广泛应用是因为使用它相对简单,同时又不影响全景图像浏览的真实性。由于立方体模式过于简单,该模式在展示全景图时存在明显的边界痕迹,降低了全景图像的真实性;球面模式虽然相对扩大了全景图浏览的视

野,可是也相应增加了算法复杂度和图像采集的难度。当相机焦距已知时,每幅图像便能投影到圆柱体坐标中。Szeliski 和 Shum^[1]详细描述了怎样从投影变换中估计焦距的方法。

2.1 圆柱体坐标变换

为了建立圆柱体全景图像,实景图像的世界坐标系 $P(X, Y, Z)$ 被映射到二维圆柱体平面坐标系 (θ, v) 中:

$$\theta = \tan^{-1}(X/Z), v = Y / \sqrt{X^2 + Z^2} \quad (4)$$

其中, θ 是旋转角度, v 是扫描线。由于仅仅知道 $p(x, y)$, 式(4)应当被修改,将相机等式 $x = f \times X/Z, y = f \times Y/Z$ 带入式(4),便可得到平面坐标的变换:

$$\theta = \tan^{-1}(X/f), v = y / \sqrt{x^2 + f^2} \quad (5)$$

2.2 图像缝合

Szeliski 等人的算法虽然消除了明显的拼接边界,但重叠区域出现重影、模糊现象,拼接处会有明显的一条缝。优化算法则采用颜色拟合的方法来调和相邻图像的亮度,生成无缝的合成图像。首先,两边以 2.1 节的相位相关法提取的 ROI 像素区域作为矫正区;然后,运用双线性插值方法,同时引入一个阈值 K ,若平滑前的灰度值与加权平均值的差值小于 K ,则取插值;反之,则取平滑前的灰度值。这样就完成了相邻图像间的平滑过渡,大大减轻了它们之间的拼接痕迹。

3 实验结果

本文提出的鲁棒性全景图拼接方法对四组图像进行了试验,如图 3~图 6 所示,可以看出该方法拼接的不同类型的全景图像。试验系统的环境是一台 Windows NT 操作系统下的 PC 工作站, CPU P3 1GHz, 256MB RAM, 显卡(硬件支持 OpenGL 加速), 使用 Microsoft Visual C++ 6.0, 16×16 块被用于种子点选择,搜索范围是 32×32。



图3 复杂背景图像的全景图(黄龙溪古镇)



图4 文字图像的全景图(四川大学体育馆)



图5 近距离具有凹凸表面图像(四川大学体育馆2楼门)



图6 远距离大场景图像(四川大学体育馆远距离)

为了对比该算法的性能,笔者将得到全景图像的峰值信噪比(PSNR)与其他算法相比较。PSNR 仅在两幅图像的合成区域测量,如果投影变换的效果更精确,其 PSNR 的值应该越大。因此,PSNR 是对于图像投影变换精确性的很好说明。图 7 比较了图像失真的效果,图 8 比较了方法的性能时间。

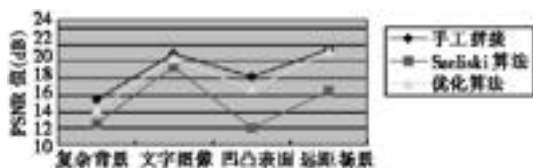


图7 对不同类型图像的各种算法性能图像质量比较

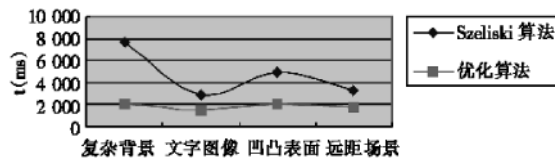


图8 对不同类型图像的各种算法性能时间比较

4 结论

本文提出了一种简便高效,对光照环境变化、图像扭曲、不同类型图像都具有鲁棒性的柱面全景图拼接方法。通过对ROI区域的选择与加权BMA算法,节约了计算时间,同时克服了抖动、光照差、扭曲等对全景图的影响,与原有图像拼接算法相比较,该优化方法在一定高速下能得到更高质量的图像。

参考文献:

- [1] Dai X, Khorram S. A Feature-based Image Registration Algorithm Using Improved Chain-code Representation Combined with Invariant Moments[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 37(5):2351-

(上接第226页)

仿真实验结果表明,系统最高工作频率可达到115.9MHz,完成一个 8×8 图像子块变换需要161个时钟周期,平均每个周期处理 $64/161 \approx 0.39$ 个像素,其处理能力大约为46M像素/秒。对于MP@ML层级的MPEG-2图像(760×576),处理速度可达到105fps,在速度与资源使用上获得了良好的平衡。与目前使用相同芯片的类似的商业IP核^[13]相比较,笔者所使用的逻辑单元只有他们的89%,频率则为他们的112%。

另外,当采用与文献[14]所使用的相同的FPGA芯片(xc2v250cs144-6)进行综合时,本设计的工作频率为96.3MHz,比文献[14]提高了20%,并且该设计可进行IDCT计算,文献[14]提出的设计则不具有IDCT功能。

7 结论

实验表明,本文提出的通过延长时钟周期数,简化各周期内的操作,从而提高DCT/IDCT变换速度的方法是可行的、有效的。仿真实验结果表明,与目前使用相同芯片的类似的商业IP核相比较,笔者所提供的方法可以降低约10%的资源使用率,同时可以提高10%的运行速度。

参考文献:

- [1] L V Agostini, S Bampi, I S Silva. Pipelined Fast 2D DCT Architecture for JPEG Image Compression[C]. SBCCI'01, the 14th Symposium on Integrated Circuits and Systems Design, 2001. 226-231.
- [2] 司马苗,周源华. 基于FPGA的二维DCT变换的实现[J]. 红外与激光工程, 2003, 32(4):436-439.
- [3] Y Zeng, G Bi, A R Leyman. New Polynomial Transform Algorithm for Multidimensional DCT[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2000, 48(10):2814-2821.
- [4] S Yu, E E Swartzlander Jr. DCT Implementation with Distributed Arith-

2362.

- [2] Szeliski R, Shum H Y. Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Texture-mapped Models[C]. Los Angeles, California: Proc. of SIGGRA PH'97, 1997. 251-258.
- [3] Shum H Y, Szeliski R. Construction and Refinement of Panoramic Mosaics with Global and Local Alignment[C]. Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision, 1998. 953-958.
- [4] Reddy B S, Chatterji B N. An FFT-based Technique for Translation, Rotation and Scale-invariant Image Registration[J]. IEEE Trans. Image Process, 1996, 5(8):1266-1271.
- [5] Shi J, Tomasi C. Good Features to Track[C]. Proceedings of the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conference, 1994. 593-600.
- [6] Lhuillier M, Quan L. Image Interpolation by Joint View Triangulation[C]. Proceedings of the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conference, Fort Collins, USA: 1999. 139-145.
- [7] Huang Y, Zhuang X. An Adaptively Refined Block Matching Algorithm for Motion Compensated Video Coding[J]. IEEE Trans. Circ. Syst. Vid. Technol., 1995, 5(1):56-59.

作者简介:

王晶(1982-),男,四川眉山人,硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理、虚拟现实、模式识别、信息融合等;游志胜(1945-),男,四川成都人,中国图像图形学会副理事长,教授,博导,主要研究方向为数字图像处理、计算机视觉与模式识别等;钟灵(1982-),男,四川宜宾人,硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理、计算机视觉等。

- metic[J]. IEEE Transactions on Computers, 2001, 50(9):985-991.
- [5] A M Shams, W Pan, A Chidanandan, et al. A Low Power High Performance Distributed DCT Architecture[C]. ISVLSI 2002, IEEE CS Conference on VLSI, 2002. 26-34.
- [6] H EL-Banna, A A EL-Fattah, W Fakhr. An Efficient Implementation of the 1D DCT Using FPGA Technology[C]. ECBS'04, the 11th IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-based Systems, 2004. 24-27, 356-360.
- [7] 付宇卓,季振洲,胡铭曾. MPEG-2编码器中一种新型的DCT/IDCT结构[J]. 高技术通讯, 2000, 10(7):45-50.
- [8] C Loeffler, A Ligtenberg, G Moschytz. Practical Fast 1D DCT Algorithms with 11 Multiplications[J]. ICASSP'89, Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1989, 2(5):988-991.
- [9] W A Chen, C Harrison, S C Fralick. A Fast Computational Algorithm for the Discrete Cosine Transform[J]. IEEE Transactions on Communications, 1977, 25(9):1004-1011.
- [10] M Rabbani, P Jones. Digital Image Compression Techniques[M]. SPIE Press, 1991.
- [11] CCITT/ITU T. 81-1992, Digital Compression and Coding of Continuous-Tone Still Images: Requirements and Guidelines[S].
- [12] CCITT/ITU T. 83-1994, Digital Compression and Coding of Continuous-Tone Still Images: Compliance Testing[S].
- [13] Barco Silex. Bidimensional DCT/IDCT[EB/OL]. <http://www.altera.com.cn/products/ip/dsp/transforms/m-bar-bidimensional.html>, 2005.
- [14] 孙阳,余锋. 一种用于实时视频处理的高速二维DCT的电路设计和实现[J]. 微电子技术, 2003, 31(2):20-24.

作者简介:

罗天煦(1980-),男,湖南湘潭人,硕士,主要研究方向为SOC测试与设计;邓继顺(1959-),男,湖南永兴人,博导,主要研究方向为SOC测试与设计。