

多摄像机图像拼接自动色彩均衡算法

林景亮¹, 陈岳林²

(1. 桂林电子科技大学 机电工程学院, 广西 桂林 541004; 2. 桂林电子科技大学 信息科技学院, 广西 桂林 541004)

(jl_lin@126.com)

摘要:针对多摄像机视频图像,分析了图像拼接技术中存在的问题,讨论了目前图像处理中常用的图像色彩均衡算法,提出了一种基于图像像素均值统计的亮度和色彩均衡处理算法。首先提取相邻两摄像机同步帧图像的重叠区域并对重叠区图像进行通道分离(RGB),把其中一幅作为参考图像,另一幅作为目标图像,分别统计两幅图像各颜色通道像素均值差,用差值强制修正整幅目标图像。然后对修正后的图像和参考图像(整幅图像)进行颜色空间转换(RGB到HSV),再次统计两幅图像亮度通道(V通道)均值差,用差值强制修正整幅目标图像亮度。实验结果证明,该算法能有效校正相邻摄像机图像的亮度和色差,对后期的拼接融合处理起到了很好的改善效果。

关键词:图像拼接; Wallis 变换; 均值统计; 颜色空间转换; 色彩均衡

中图分类号: TP39 **文献标志码:** A

Automatic color equalization algorithm of multi-camera image mosaic

LIN Jing-liang¹, CHEN Yue-lin²

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin Guangxi 541004, China;

2. School of Information and Technology, Guilin University of Electronic Technology, Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: Automatic color equalization is a very important technology for image processing. The paper proposed a new color and brightness equalization algorithm based on image pixel-mean statistical after the analysis of the problems in images mosaic, and current image color equalization algorithms which were commonly used in image mosaic were also discussed. Firstly, overlaps were extracted from two adjacent camera simultaneous frame images, and channels (RGB) were separated latterly. Then one camera image was used as a reference image, the other one as the target image, and the color channel's pixel-mean were counted before the whole target image was corrected. Finally, color space was conversed (RGB to HSV) for both revised image and reference image (whole image), and their brightness channel (V channel) pixel-mean difference was calculated to correct target image's brightness again. The results show that the algorithm can correct the adjacent camera image brightness and color difference effectively, and makes a good improvement for image mosaic at later period.

Key words: image mosaic; Wallis transform; mean statistics; color space transformation; color equalization

0 引言

随着计算机技术和数字视频技术的快速发展,多摄像机图像拼接融合技术有了广泛的应用,如遥感测绘、安防监控、虚拟现实等^[1-3]。实时图像拼接一般要求多部摄像机同步获取图像,且相邻摄像机图像有重叠的部分,通过重叠区域对应点对计算图像投影矩阵,从而拼接成全景图像。由于摄像机或拍摄环境的不同,所拍摄图像的亮度、色调等会存在一定差异,给后期的处理造成很大影响(比如重叠区的接缝)^[3]。

色彩均衡常用的方法有模型匹配方法、直方图匹配方法和基于均值和标准差统计的方法。模型匹配方法是使用简化的光照成像模型来建立原始图像和目标图像之间的逐点变换关系,常见的变换关系有 Gamma 变换^[4]、乘加结合的变换^[5]和乘性变换^[6]等,但不同摄像机图像间的亮度和颜色特性并不一定符合简化的成像模型,因此不适合处理待拼接的图像。直方图匹配算法是一种常用的色彩均衡方法,它可以通过改变直方图的形状来校正图像间亮度和颜色的差异^[7-8]。文献[9]中使用直方图匹配算法来校正多摄像机视频图像间的亮色差,该方法分别统计了原图和参考图的亮度 Y 及色度 U/V 直方图,然后根据累积分布函数的形状差异建立亮度色映射

函数。文献[10]中使用基于局部直方图匹配的方法来校正多点视频图像的亮度和色彩,但容易产生块状效应,需要建立低通滤波器来消除。

文献[3]中提出,虽然直方图匹配法也可以使不同影像具有与标准影像近似的均值和方差,但它是靠直接改变直方图的形状来实现的。当影像间存在不同特征时,在直方图上反映为直方图形状的差异,当这种差异较大时,直方图匹配会改变原有灰度级之间的相对距离。于是他们提出了一种基于 Wallis 变化的色彩均衡处理方法。但此方法在处理颜色变化较大的图像时,会出现颜色突变的现象。在研究中发现,当特征点点对配准精确时,经仿射变换后得到的图像重叠区域重叠精度非常高,而重叠区域是同一场景在不同摄像机图像中的影像,它的图像像素均值可以准确表达两图像的总体亮色差。基于此,本文提出了一种针对图像拼接的色彩均衡处理方法。

1 基于 Wallis 变换的方法

Wallis 变换是一种比较特殊的滤波器,实际上,它是一种局部影像变换,经变换处理后的图像将与参考图像具有相似的像素均值和标准偏差。目前,Wallis 变换已经广泛应用于图像处理领

收稿日期:2010-06-25;修回日期:2010-08-06。

作者简介:林景亮(1985-),男,广东湛江人,硕士研究生,主要研究方向:图像处理、模式识别、人脸识别; 陈岳林(1964-),男,浙江慈溪人,教授,主要研究方向:图像处理、模式识别、CCD 测量。

域,如影像匹配和图像融合等^[11]。其具体算法如下。

1) 计算两幅图像的像素均值:

$$Mean = \frac{1}{N} \sum_i^h \sum_j^w (data[i, j, k]) \quad (1)$$

其中: $N = h \times w$, $k = 0, 1, 2, 3$ 。Mean 为全局均值, N 为像素总数, h, w 分别为图像的像素高和宽, $data[i, j, k]$ 为图像中坐标为 (i, j) 的像素值, k 为要计算的颜色通道标志位, $k = 0$ 表示计算所有通道。

2) 计算标准偏差 std:

$$std = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

其中: x_i 表示图像像素值, \bar{x} 表示图像像素均值。

3) Wallis 变换:

$$f(x, y) = [g(x, y) - Mean_g] \frac{c \times std_f}{c \times std_g + (1 - c) \times std_f} + bMean_f + (1 - b)Mean_g \quad (3)$$

其中: $g(x, y)$ 和 $f(x, y)$ 分别为原始影像和 Wallis 变换结果影像的灰度值; $Mean_g$ 和 std_g 分别为原始影像的局部灰度均值和标准偏差; $Mean_f$ 和 std_f 分别为结果影像局部灰度均值和标准偏差的目标值; $c \in [0, 1]$, 为影像方差的扩展常数; $b \in [0, 1]$, 为影像的亮度系数, 当 $b \rightarrow 1$ 时, 影像均值被强制到 $Mean_f$, 当 $b \rightarrow 0$ 时, 影像均值被强制到 $Mean_g$ 。

在典型的 Wallis 变换中, $c = 1, b = 1$, 此时式(3)变为:

$$f(x, y) = [g(x, y) - Mean_g] \times (std_f / std_g) + Mean_f \quad (4)$$

图像的标准差是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标, 也可用来评价图像反差的大小。一般来说, std 越大, 表示图像的信息量增加得越多。实验发现, 利用标准差对图像色彩相差较大的图像进行校正时, 会产生不可预测的结果, 如图 2(d) 所示。

2 基于均值统计的方法

本文在 Wallis 变换的基础上, 提出一种基于图像像素均值的线性修正方法, 充分利用了拼接图像的重叠区域。因为人的视觉对亮度的敏感程度远大于对色彩浓淡的敏感程度, HSV 颜色空间比 RGB 颜色空间更符合人的视觉系统, 所以算法分两次在图像的不同颜色空间对图像进行均值差值统计和修正处理。

2.1 算法原理

1) 计算两幅图像的像素均值 $Mean_{dest}$ 和 $Mean_{refer}$, 计算公式见式(1)。

2) 计算两幅图像均值差值:

$$Diff = Mean_{dest} - Mean_{refer} \quad (5)$$

其中: $Mean_{dest}$ 和 $Mean_{refer}$ 分别为目标图像和参考图像的像素均值, $Diff$ 为其差值。在 RGB 空间, $Diff$ 为重叠区域的均值差。

3) 修正目标图像像素值:

$$Newdata = \begin{cases} data[i, j, k]_{dest} + \text{abs}(Diff), & Diff < 0 \\ data[i, j, k]_{dest} - \text{abs}(Diff), & Diff \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

其中: $\text{abs}(Diff)$ 为差值的绝对值, $Newdata$ 为修改后的像素值, $data[i, j, k]_{dest}$ 为修改前的像素值, k 为颜色通的标志位。修正前, 由于不知道那幅图像质量更好, 需要设定一个阈值 M 进行判断。

4) 临界判断:

$$data[i, j, k]_{dest} = \begin{cases} 0, & Newdata \leq 0 \\ Newdata, & 0 < Newdata < 255 \\ 255, & Newdata \geq 255 \end{cases} \quad (7)$$

$data[i, j, k]_{dest}$ 为修正后图像对应点的像素值。

2.2 算法处理流程

算法流程图中的编号表示处理次序, 第一次处理利用的是 RGB 颜色空间(重叠区), 第二次处理是 HSV 颜色空间(整幅图像)。利用图像重叠区域统计图像亮色差, 优点有两个: 首先是重叠区域是真实场景的同一区域, 它能真正体现摄像机图像的差异; 其次是可以减低计算量。而修正图像针对的是整幅图像, 目的是为了使得校正后的图像能整体平滑过渡。

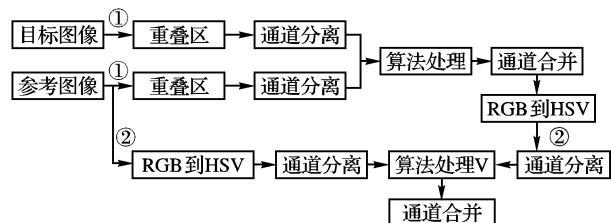


图1 算法流程

3 实验结果与分析

为了验证本文方法的性能, 选择了两组摄像机视频图像, 在 Intel Core(TM)2 Duo CPU E7400 2.80 GHz 2.79 GHz, 内存为 3.00 GB, Windows XP 32 位操作系统环境下进行仿真实验。实验结果如图 2~3 所示, 实验所用图像使用 LDS-Q262 摄像机进行采集, 视频图像大小为 640×480 像素, 提取的重叠区域大小为 150×360 像素。

3.1 仿真实验

视频图像实验如图 2、3 所示, 图 2 为第一组视频, 图 3 为第二组视频。

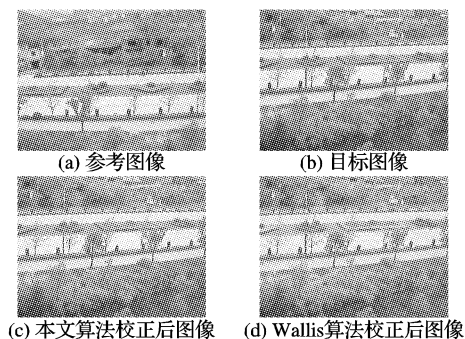


图2 色彩偏差较大处理效果

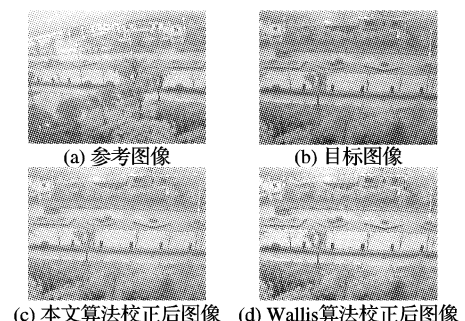


图3 亮度偏差较大处理效果

3.2 实验结果分析

在多摄像机图像拼接中, 对视频图像处理的目的是使得目标图像的色彩和亮度和参考图像趋于一致。从图 2~3 可见, 对于色彩偏差较大的图像, 经本文算法处理后虽然无法还原到参考图像(图 2(c)), 但比使用 Wallis 变换要好(图 2(d)), 纹理更加清晰。对于亮度相差较大的图像, 使用 Wallis 变换处理, 图像亮度得到很好的修正(图 3(d)), 但偏离了参

(下转第 3251 页)

量。实验结果表明本文提出的算法性能估计准确度高,同时时间复杂度显著降低。在有零点情况下估计时间仅为实际嵌入操作的1/4;而在无零点情况下更减少到1/8。本文提出的性能估计方法为直方图平移技术在高清图像/视频等大尺寸/海量媒体上的可用性提供了一种快速、有效的判决依据。

参考文献:

- [1] COX I J, MILLER M L, BLOOM J A. Digital watermarking[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [2] MINTZER F, LOTSPIECH J, MORIMOTO N. Safeguarding digital library contents and users: Digital watermarking[J/OL]. [2010-05-01]. <http://www.dlib.org/dlib/december97/ibm/12lotspiech.html>.
- [3] HONSINGER C W, JONES P W, RABBANI M, *et al.* Lossless recovery of an original image containing embedded data: U. S. Patent 6278791[P]. 2001-08.
- [4] FRIDRICH J, GOLJAN M, DU R. Invertible authentication[C]// Proceedings of SPIE Photonics West, Security and Watermarking of Multimedia Contents III. California, USA: SPIE, 2001: 197-208.
- [5] TIAN J. Reversible data embedding using a difference expansion[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(8): 890-896.
- [6] VLEESCHOUWER C D, DELAIGLE J F, MACQ B. Circular interpretation of bijective transformations in lossless watermarking for media asset management[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2003, 5(1): 97-105.
- [7] ALATTAR A M. Reversible watermarking using the difference expansion of a generalized integer transform[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(8): 1047-1156.
- [8] NI Z, SHI Y Q, ANSARI N, *et al.* Robust lossless image data hiding[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Taipei: IEEE, 2004: 2199-2202.
- [9] CELIK M U, SHARMA G, TEKALP A M, *et al.* Lossless generalized-LSB data embedding[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(2): 253-266.
- [10] NI Z, SHI Y Q, ANSARI N, *et al.* Reversible data hiding[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2006, 16(3): 354-361.
- [11] HWANG J, KIM J W, CHOI J U. A reversible watermarking based on histogram shifting[C]// Proceedings of International Workshop on Digital Watermarking. Jeju Island, Korea: Springer, 2006: 348-361.
- [12] XUAN G, YAO Q, YANG C, *et al.* Lossless data hiding using histogram shifting method based on integer wavelets[C]// Proceedings of International Workshop on Digital Watermarking. Jeju Island, Korea: Springer, 2006: 323-332.
- [13] WU X. Reversible semi-fragile watermarking based on histogram shifting of integer wavelet coefficients[C]// Proceedings of Digital Ecosystems and Technologies. Cairns, Australia: IEEE, 2007: 501-505.
- [14] TSAI P, HU Y C, YEH H L. Reversible image hiding scheme using predictive coding and histogram shifting[J]. Signal Processing, 2009, 89(6): 1129-1143.
- [15] LIN C C, TAI W L, CHANG C C. Multilevel reversible data hiding based on histogram modification of difference images[J]. Pattern Recognition, 2008, 41(12): 2582-3591.
- [16] TAI W L, YEH C M, CHANG C C. Reversible data hiding based on histogram modification of pixel differences[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2009, 19(6): 906-910.

(上接第3237页)

考图像。相比,本文算法处理后图像与参考图像更加接近(图3(c)),也就更有利于拼接后的进一步处理(如接缝消除)。

4 结语

本文提出了一种针对多摄像机图像拼接的图像亮度和色度的校正方法。它充分利用了图像的重叠区域,在不同颜色空间对图像亮度进行均值统计和校正。与基于Wallis变换方法相比,算法简单,且不会出现颜色突变的情况。实验结果表明,作为图像拼接的预处理,本文算法不仅能使相邻摄像机图像亮度趋于一致,而且能提高图像的纹理细节,有效地改善了主观质量。仿真实验中处理的是从摄像机获取的动态图像,在实时拼接中,摄像机的震动和特征点对的重匹配精度对图像处理结果有很大影响。因此,寻找可靠的具有抗震动功能的图像处理方法是下一步的研究工作。

参考文献:

- [1] CHEN S E. QuickTime VR—An image-based approach to virtual environment navigation[C]// Proceedings of the 22nd Annual ACM Conference on Computer Graphics. Los Angeles: ACM Press, 1995: 29-38.
- [2] CHIANG M C, BOULT T E. Efficient image warping and super-resolution[C]// WACV'96: Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1996: 56-61.
- [3] 王密,潘俊. 面向无缝影像数据库应用的一种新的光学遥感影像色彩平衡方法[J]. 国土资源遥感, 2006, 70(4): 10-14.
- [4] SAKAUE S, TAMURA A, NAKAYAMA M. Adaptive gamma processing of the video cameras for the expansion of the dynamic range[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1995, 41(7): 555-562.
- [5] CHANG Y C, REID J F. RGB calibration for color image analysis in machine vision[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1996, 5(10): 1414-1422.
- [6] CHEUNG H K, SIU W C, FENG D G. Novel illumination compensation scheme for sprite coding[C]// Proceedings of International Conference on Signal Processing. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 1223-1226.
- [7] FECKER U, BARKOWSKY M, KAUP A. Luminance and chrominance compensation for multi-view sequences using histogram matching[EB/OL]. [2010-01-01]. http://www.lms.lnt.de/publications/web/lnt2005_40.pdf.
- [8] FECKER U, BARKOWSKY M, KAUP A. Histogram-based prefiltering for luminance and chrominance compensation of multiview video[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008, 18(9): 1258-1267.
- [9] DOUTRE C, NASIOPOULOS P. Color correction preprocessing for multiview video coding[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2009, 19(9): 1400-1405.
- [10] 陈建乐,刘济林,叶建洪,等. 多视点视频中基于局部直方图匹配的亮度和色差校正[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(11): 1992-1999.
- [11] 王智均,李德仁,李清泉. Wallis变换在小波影像融合中的应用[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(4): 338-342.