

基于双远心镜头的虹膜图像采集方法

宋 辉,王明威

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院,辽宁 沈阳 110870)

摘 要:信息完整的虹膜图像可以提高不同虹膜间的差异性,有助于提升识别系统的准确性,也有利于分析虹膜纹理的细节特征。但是由于设备、环境和人为等因素的影响,采集到的虹膜图像不可避免地会出现光斑,这些光斑会造成部分虹膜信息缺失。因此,高质量的虹膜图像对整个虹膜识别系统至关重要。文中研究了完整的虹膜图像采集方法,利用双远心镜头其特殊的光学结构和较宽的景深,消除视差和畸变等由镜头带来的影响,并结合图像拼接、融合的方法得到信息完整的虹膜图像。最后将经过该系统得到的虹膜图像与未进行拼接的虹膜图像进行识别匹配的比较实验。结果表明,文中方法得到的虹膜图像有较高的匹配率,并且纹理丰富、信息完整,可以提升识别系统的有效率。

关键词:虹膜识别;图像拼接;完整性;双远心镜头

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)08-0065-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.08.014

Iris Image Acquisition Method Based on Bilateral Telecentric Lens

SONG Hui, WANG Ming-wei

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology,
Shenyang 110870, China)

Abstract: The complete information iris image can improve the otherness between different iris, which is helpful to improve the accuracy of the recognition system, and also to analyze the detail feature of iris texture. But, in virtue of the equipment, environment, man-made and other factors, the acquisition of the iris image will appear some spots inevitably which will cause the missing part of the iris information. Therefore, high quality iris image is very important to the whole iris recognition system. In this paper, the complete iris image acquisition method is studied. It uses the special optical structure and the wide depth of field of the bilateral telecentric lens, elimination of the influence of parallax and distortion caused by the lens, and applies the method of image stitching and anastomosing to get the complete iris image. Finally, the comparison test is carried out on the recognition and matching of the iris image stitching and one no stitching. Experimental results indicate that the matching rate of the iris image obtained by the method is high, with rich texture and complete information, and the efficiency of the recognition system is also promoted.

Key words: iris recognition; image stitching; integrity; bilateral telecentric lens

0 引言

虹膜的纹理、颜色信息非常复杂,每个人的虹膜都是唯一的并且具有非常高的稳定性,很难被仿造,因此虹膜识别技术在身份证明、安全识别等方面应用广泛^[1]。在虹膜识别过程中,信息完整的虹膜图像是后续图像处理、特征信息提取、识别匹配的重要基础,因此文中主要研究高质量的虹膜图像采集方法。

在虹膜采集过程中,点光源对虹膜的照射会产生光斑,而光斑的产生会造成部分虹膜图像信息缺失。目前主要的解决方法有三种:第一种是忽略光斑造成

的信息缺失,利用剩余部分的纹理特征进行识别工作,但是这样会影响后续的图像处理、特征信息提取和匹配,会降低系统整体的识别效果;第二种是通过改变光源与虹膜的位置将光斑限制在没有虹膜纹理的区域,但是由于虹膜的采集是活体拍摄,这种方法在拍摄时难度较大,需要注意的问题很多,不适宜虹膜拍摄;第三种是利用多幅图像的拼接,对多幅带有光斑的虹膜图像进行拼接,从而获得纹理完整的虹膜图像,但是对虹膜图像应用拼接技术有一定的困难,原因是对虹膜图像的采集会产生相对运动,造成运动模糊、离焦等现

收稿日期:2015-10-29

修回日期:2016-02-25

网络出版时间:2016-06-22

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61271365)

作者简介:宋 辉(1980-),男,讲师,研究方向为视觉检测及安全识别。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160622.0844.042.html>

象,严重影响拼接效果。

为解决以上问题,文中采用双远心镜头,利用其独特的光学特性和较宽的景深,消除视差和畸变带来的影响,从而提高整体的识别效率。

1 完整虹膜图像的获得

1.1 图像拼接

图像拼接是依据几幅图像的相同部分,经过模型变换确定坐标关系,再进行裁剪和拼接,最后将拼接的边缘部分进行融合消除缝隙^[2]。

图像拼接按照拼接方法可以分为两类:区域法和特征法^[3]。文中实验采用的是基于形状的模板匹配法,利用 halcon 软件实现图像的拼接融合,具体流程如图 1 所示。

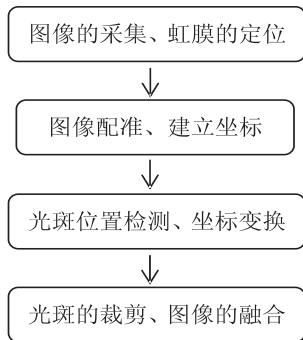


图 1 虹膜图像拼接流程图

1.2 图像配准

图像配准的主要过程是首先提取每一幅图像的特征点,然后通过灰度、边缘、轮廓等特征点进行坐标变换^[4],最后根据其坐标变换的关系进行图像配准。其中配准的关键是快速准确地找出几幅图像之间的运动情况,确定变换关系。根据不同的图像信息可以将配准方法分为三类:灰度、变换域、特征法^[5]。文中实验应用的是基于特征的形状匹配法,利用虹膜图像的纹理形状、斑块、裂缝等匹配特征找到正确的匹配位置,完成图像间的配准^[6]。在 halcon 软件中使用 create_shape_model、find_shape_model 这两个算子进行形状匹配。实验中使用的是两张虹膜图像的匹配,首先在其中一张虹膜图像中的虹膜部分寻找感兴趣区域(ROI),该 ROI 区域要避免有光斑,并以该 ROI 区域建立一个模板,然后在另一张虹膜图像中以 ROI 为搜索模板寻找匹配,从而得到行坐标 Row,纵坐标 Column,旋转角度 Angle,这样就确定了两张图像的坐标关系。

1.3 变换模型

在完成配准后就可以找到虹膜图像间相对应的位置,然后就要确定待拼接的虹膜图像间的坐标变换关系^[7];由于文中采用的虹膜图像采集方法只是旋转光源,相机与被测者之间的位置关系没有发生明显的改

变。实验使用的变换模型是相似变换,它对平移、旋转、放缩运动有很好的效果,图像中图形的大小、外形等不会发生改变,其结构为:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_1 & k_2 \\ k_3 & k_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} k_1 & k_2 \\ k_3 & k_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r\cos\theta & -r\sin\theta \\ r\sin\theta & r\cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & 0 \\ 0 & d \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中, $(x, y), (x', y')$ 分别是变换前后的坐标; θ 是旋转角度; r 是各项同性缩放; a 和 b 是坐标变换的平移因子; c 和 d 是水平方向和竖直方向的比例因子^[8]。

在 halcon 中使用 hom_mat2d_rotate 算子进行模型变换,根据图像配准得到的数据 Row 和 Column 就是式(1)中的 a 和 b ; Angle 就是旋转角度 θ ; c 和 d 为 0。依据这些就可以得到变换之后的坐标,完成两幅图像的配准。

1.4 图像融合

由于拼接图像之间的灰度存在差异,因此在拼接的缝隙处就会出现很明显的断层。图像融合可以改善这种效果,在不损失断层周围图像信息的前提下,消除断层并使缝隙的过渡平滑^[9]。该实验使用的是 gen_projective_mosaic 拼接算子,该算子是把多幅输入图像拼接为一个马赛克图像,最后输出参数 MosaicMatrices2D,它包括由一组 3×3 的变换矩阵控制位置的图像。之后的融合采用基于像素级融合的加权平均法,它以图像的灰度值为基础,先计算重叠部分的权值,再计算其平均值,即得到缝隙处的灰度值^[10]。以 g_1 和 g_2 为两幅待拼接的虹膜图像, g 为拼接之后的虹膜图像,可以得到重叠部分的灰度值关系式:

$$g(x, y) = p_1 g_1(x, y) + p_2 g_2(x, y) \quad (3)$$

$$(x, y) \in (g_1 \cap g_2)$$

其中, $p_1 = 1 - p_2$ 。 p_1 和 p_2 是两幅图像灰度值的权值,其大小分别为两幅图像重叠部分的点到各自重叠区域边缘的距离。

2 虹膜图像的采集

2.1 双远心镜头的选择

系统采用了定焦双远心镜头,它具有独特的平行光设计,并且改善了传统镜头由于视差所带来的问题,消除畸变并把误差控制在 0.1% 以下^[11]。此外它还有很高的分辨率,较宽的景深。同时选取 LED 点光源来弥补双远心镜头对光通量的要求,配以 CMOS 彩色相机并通过 USB 连接计算机与相机。在拍摄过程中,通过计算机实时调整人眼位置,使用计算机控制并拍摄虹膜图像。

在工业图像处理中使用最多的是物方远心镜头,它的入射光瞳被放在镜头像方的焦平面上^[11],所以在成像时,只有平行于主光轴的光线被接收用于成像^[12],其他光线都会被光栅遮挡。这样的好处是可以使镜头有较宽的景深,并且物体可以在一个固定的范围内任意移动而不造成在成像时放大倍率的变化^[13]。但是由于远心镜头只接收平行光线,相同条件下通光量会减少,而虹膜的拍摄需要达到一定的通光量,因此就需要选择一个合适口径的远心镜头。

实验选取的是镜头型号为 BT2348 的双远心镜头,该镜头的放大倍率为 0.184,镜头的直径为 75 mm,景深为 20 mm,相机的光学尺寸为 1/1.8 英寸(6.40 mm * 4.80 mm)。虹膜的大小在 40 mm * 28 mm 左右,实验测量的物距为 280 ~ 300 mm,镜头放大倍率公式为:

$$M = Y/h = 4.8/28 = 0.171$$

(4)

其中, Y 为靶面高度; h 为被测物体高度。

虹膜图像的纹理细节比较多,因此对物体的可分辨精度也有一定要求,利用公式计算被测物体可分辨尺寸 x :

$$x = B/M = 3.2 \times 10^{-3}/0.171 = 0.0187\text{ mm}$$

(5)

其中, B 为相机像元尺寸; M 为镜头放大倍率。

2.2 照明光源的设计

在自然光条件下,虹膜图像会有很多的反光点并且纹理不清晰,因此需要设计一个照明系统对人眼虹膜部分进行均匀的照明,既要保证可以拍摄到虹膜的纹理、颜色、色斑等结构,还要求系统光照不会造成人眼的不适;另外由于文中使用的是双远心镜头,光照系统还需要满足其对通光量的要求。不同类型的光源对图像的质量有不同的影响,评价一个光源的好坏要看光源的对比度、鲁棒性、亮度、均匀性、可谓无形以及寿命等因素。目前,在各种机器视觉光源中使用较多的是 LED 光源,它的亮度稳定、形状种类多、发光效率高

并且可靠性强。因此,文中采用的是一款白光 LED 光源,之所以使用白光就是为了保留虹膜图像的颜色信息,这款光源的功率为 0.3 W,光源发光强度在 1 500 ~ 1 800 mcd。

本系统采用 2 个 LED 作为光源,分别安放在双远心镜头两侧,因此两个光源的水平距离在 75 mm 左右,照射的光线与主光轴的角度为 30°,使光源直射点在瞳孔之外,这样就不会造成瞳孔的收缩和人眼的不适。

根据公式(6)计算光源与镜头最近的拍摄距离。

$$S_1 = (L - R)/2\tan\theta = 51.96\text{ mm}$$

(6)

相应的,利用公式(7)计算最远拍摄距离。

$$S_2 = (L + r)/2\tan\theta = 61.48\text{ mm}$$

(7)

其中, L 为光源与主光轴距离; R 为虹膜直径; r 为瞳孔直径。

2.3 拍摄过程参数

双远心镜头只接收平行于主光轴的光线,而对于虹膜的拍摄需要一个较大的通光量,这就对拍摄时相机的参数、周围的环境有一定要求。图 2 为在适当参数下拍摄的虹膜图像。

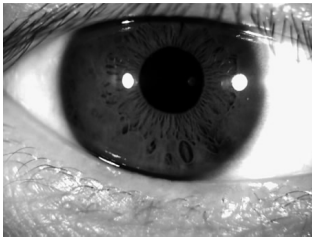


图 2 文中采集到的虹膜图像

实验选取的相机是维视 MV3000uc,使用的增益在 1 ~ 127,快门速度(曝光时间)在 400 ~ 600 ms,视频采集模式有两种,即 mode1 (1024 * 768)、mode2 (640 * 480),AD 转换级别有 level 0 ~ 3 四种,分别是原始亮度的 2 倍、1 倍、1/2、1/4。在实验室条件下,以不同参数拍摄同一虹膜得到的结果见表 1。

表 1 同一虹膜在不同参数下的结果

视频模式	采集速度	快门速度	增益	AD 转换级别	实验室环境	结果
mode1	high	600	8	level 1	日光灯	不清楚
mode1	high	500	32	level 0	日光灯	不清楚
mode1	high	450	16	level 1	窗帘	暗
mode2	normal	400	32	level 2	窗帘	较暗
mode2	normal	400	32	level 1	日光灯窗帘	亮
mode2	normal	350	16	level 1	日光灯窗帘	较亮
mode2	normal	350	8	level 1	窗帘	清楚

由实验可以得出,在实验室条件下使用 mode2 模式,AD 转换水平为原始亮度的一倍,采集速度为 normal 等几项参数,再调节快门速度和增益,就可以得到清晰的虹膜图像。

对于虹膜图像中出现的光斑问题,在 Wildes 设计的虹膜采集系统中,以漫射光作为光源,利用偏光器与漫射光源模拟自然光,有效地减弱了人眼对光源的反射,避免了光斑的形成;漫射光源是由于入射光线照射

到粗糙的平面上,造成反射光线无规则地向不同方向反射所形成的。

在该系统中采用了双远心镜头,由于其特殊的光路设计,只有平行于主光轴的光线才会被接收用于成像,而漫射光源发射的光线是不规则的,不能保证有足够的平行于主光轴的光线被双远心镜头用于成像,而且虹膜图像的采集在通光量较低的情况下不能清楚地显示出虹膜的纹理特征。因此系统没有采用漫射光作为光源,而是采用了两个 LED 光源。图 3、图 4 为改变光源方向连续拍摄的同一虹膜图像。

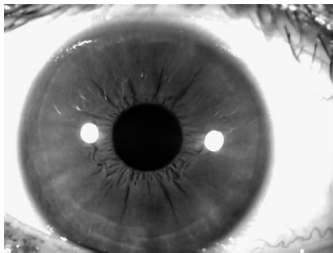


图 3 待拼接虹膜图像 1

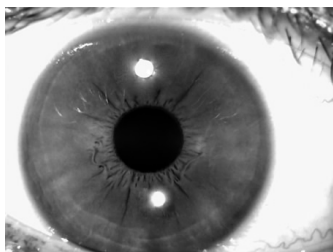


图 4 待拼接虹膜图像 2

其中增益过大会产生噪声,严重影响图片的质量;快门速度即曝光时间,其值越大相机的反应越慢,不利于调节焦距;并且日光灯、外界的自然光对虹膜的成像干扰很大,要避免这些外界灯光的干扰,最好是选择白天有窗帘遮挡的房间拍摄,因为窗帘的遮挡会挡住阳光的直射但又不会使房间过暗,减轻光源对眼睛的刺激。图 5 为拼接后的虹膜图像。

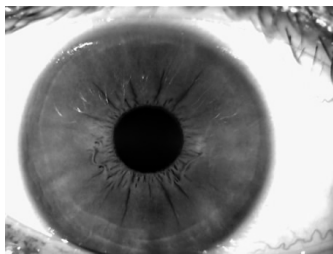


图 5 拼接后的图像

2.4 匹配识别验证

目前使用较多的特征采集方法有:二维 Gabor 小波、拉普拉斯金字塔、过零点检测法。文中实验采用的是基于二维 Gabor 小波法,它可以同时提供时域、频域的相位特征^[14],然后将其进行编码,最后利用海明距离来完成匹配。

二维 Gabor 小波表达式如下:

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\delta_x\delta_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1^2}{\delta_x^2} + \frac{y_1^2}{\delta_y^2}\right) + 2\pi jFx_1\right]$$

$$\begin{cases} x_1 = x\cos\alpha + y\sin\alpha \\ y_1 = -x\sin\alpha + y\cos\alpha \end{cases} \quad (8)$$

3 实验结果及分析

最后文中将经过实验得到的虹膜图像与未拼接的带有光斑的虹膜图像进行匹配率的比较。实验拍摄了 210 组(105 人)的虹膜图像,其中每组有两幅待拼接的图像样本;根据文中方法得到了 210 幅虹膜图像,其中成功匹配的有 208 幅,匹配率为 99.05%,未匹配成功的图像都是由于虹膜颜色过深,纹理被遮掩严重无法识别。未拼接的虹膜图像采集了 420 幅,其中成功匹配的有 404 幅,匹配率为 96.19%。实验结果表明,文中的虹膜图像采集方法的匹配率较高,有利于后续的算法处理和识别匹配。

实验过程中,首先在虹膜图像的采集上,由于文中方法需要对同一虹膜进行连续两次拍摄,所以拍摄的时间较长,每次平均为 4~5 s,并且光源对虹膜有一定刺激;其次是在图像拼接过程中,由于虹膜瞳孔的收缩,待拼接的两幅虹膜图像的瞳孔部分大小会有略微不同。这些都是需要改进的地方。

4 结束语

虹膜图像的采集是虹膜识别系统的第一步,高质量的虹膜图像是整个识别系统性能的基础。文中实验的主要目的是得到完整的、信息无缺失的虹膜图像,通过采用双远心镜头,利用其独特的平行光设计和较宽的景深,消除视差、畸变带来的影响,同时加以适当的参数控制以及图像的拼接融合技术,解决光斑所带来的信息缺失等问题。经过实验验证,该方法得到的虹膜图像在虹膜识别系统中有较高的识别匹配率,质量高、纹理特征完整。

参考文献:

- [1] 蔡丽欢,廖英豪,郭东辉. 图像拼接方法及其关键技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3): 1-4.
- [2] 冷晓艳,薛模根,韩裕生,等. 基于区域特征与灰度交叉相关的序列图像拼接[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(5): 602-605.
- [3] 潘兵,俞立平,吴大方. 使用双远心镜头的高精度二维数字图像相关测量系统[J]. 光学学报, 2013, 33(4): 97-107.
- [4] 白宗文. 基于 HALCON 与图像拼接的文物修复系统设计与实现[J]. 电子设计工程, 2013, 21(9): 24-26.
- [5] Dufournaud Y, Schmid C, Horaud R. Image matching with

层次上进行分析的功能。

参考文献:

- [1] Gatzoura A, Sanchez-Marre M. A case-based recommendation approach for market basket data[J]. IEEE Intelligent Systems, 2015, 30(1): 20-27.
- [2] Buczak A L, Gifford C M. Fuzzy association rule mining for community crime pattern discovery[C]//Proc of ISI-KDD 2010. USA: ACM, 2010.
- [3] Aguinis H, Forcum L E, Joo H. Using market basket analysis in management research[J]. Journal of Management, 2013, 39(7): 1799-1824.
- [4] Basuchowdhuri P, Shekhawat M K. Analysis of product purchase patterns in a co-purchase network[C]//Proc of fourth international conference of emerging applications of information technology. [s. l.]: [s. n.], 2014: 355-360.
- [5] Gupta N, Yadav M L. An implementation and analysis of DSR using market basket analysis to improve the sales of business[C]//Proc of 5th international conference of the next generation information technology summit. [s. l.]: [s. n.], 2014: 82-86.
- [6] Zhou Le, Li Junjie, Huang Zhexue. Balanced parallel FP-growth with MapReduce[C]//Proc of IEEE youth conference on information computing and telecommunications. [s. l.]: IEEE, 2010: 243-246.
- [7] Kim H K, Kim J K. A product network analysis for extending the market basket analysis[J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(8): 7403-7410.
- [8] Birtolo C, de Chiara D, Losito S, et al. Searching optimal product bundles by means of GA-based engine and market basket analysis[C]//Proc of IFSA world congress and NAFIPS annual meeting. Edmonton, AB: IEEE, 2013: 448-453.
- [9] Bhalodiya D, Patel C. An efficient way to find frequent pattern with dynamic programming approach[C]//Proc of Nirma university international conference on engineering. [s. l.]: [s. n.], 2014: 1-5.
- [10] Cavique L. Next-item discovery in the market basket analysis[C]//Proc of conference on artificial intelligence. [s. l.]: [s. n.], 2005: 198-199.
- [11] Trnka A. Market basket analysis with data mining methods[C]//Proc of international conference on networking and information technology. [s. l.]: IEEE, 2010: 446-450.
- [12] Chena Y L, Tang K, Shena R J, et al. Market basket analysis in a multiple store environment[J]. Decision Support Systems, 2005, 40(2): 339-354.
- [13] Sarkan M O, Akcakoca A, Kucukakdag C, et al. Alarm correlation using Apriori algorithm[C]//Proc of signal processing and communication applications. [s. l.]: [s. n.], 2015: 1602-1605.
- [14] Zaki M J. Scalable algorithms for association mining[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2000, 12(3): 372-390.
- [15] Han J, Pei H, Yin Y. Mining frequent patterns without candidate generation[C]//Proc of conference on the management of data. New York, NY, USA: ACM Press, 2000.
- [16] Agrawal R, Imieli'nski T, Swami A. Mining association rules between sets of items in large databases[C]//Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD international conference on management of data. [s. l.]: ACM Press, 1993: 207-216.
- [17] Zhang Chun-Sheng, Li Yan. Extension of local association rules mining algorithm based on apriori algorithm[C]//Proc of 5th IEEE international conference on software engineering and service science. [s. l.]: IEEE, 2014: 340-343.
- [18] Chang Rui, Liu Zhiyi. An improved apriori algorithm[C]//Proc of international conference on electronics and optoelectronics. [s. l.]: [s. n.], 2011: 476-478.
- [19] Saxena P, Pant B. Inter-transactional pattern discovery applying comparative apriori and modified reverse apriori approach[C]//Proc of IEEE 8th international conference on intelligent systems and control. [s. l.]: IEEE, 2014: 300-305.
- [10] Wildes R P. Iris recognition: an emerging biometric technology[J]. Proceedings of the IEEE, 2002, 85(9): 1348-1363.
- [11] 方贤勇, 潘志庚, 徐丹. 图像拼接的改进算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(11): 1362-1365.
- [12] Ma L, Tan T N, Zhang D X. Personal identification based on iris texture analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(12): 1519-1533.
- [13] 胡正平, 王成儒, 于莉娜. 基于改进随机 Hough 变换的虹膜定位算法[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(5): 477-479.
- [14] 鞠波. 基于远心镜头的高精度视觉测量仪[J]. 兵工自动化, 2014, 33(8): 82-86.

(上接第 68 页)

- scale adjustment[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2004, 93: 175-194.
- [6] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant key points[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [7] 贾志强, 孟浩, 王磊, 等. 基于 DSP 的虹膜图像采集系统[J]. 应用科技, 2006, 33(11): 1-3.
- [8] 李星光, 孙哲南, 谭铁牛. 虹膜图像质量评价综述[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(6): 813-824.
- [9] 谭杰, 王殊铁, 王慧芳, 等. 基于 Halcon 的图像拼接算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(12): 184-187.