

一种近红外手背静脉图像识别算法

吴作凌, 陈 雄, 郑英杰

(复旦大学 电子工程系, 上海 200433)

摘 要: 为了避免传统静脉图像识别中分割细化步骤的错误, 文中提出了一种基于分水岭算法的近红外手背静脉图像识别方法. 该方法利用分水岭算法从灰度静脉图像中取得静脉的骨架特征, 根据骨架的交叉点和端点等特征点, 运用改进的 Hausdorff 距离来计算手背静脉模式的相似度. 在手背静脉样本库上进行测试, 取得了 0.1% 的错误概率 (EER). 实验结果表明该算法可以作为一种有效的身份认证方法.

关键词: 手背静脉; 分水岭; Hausdorff 距离

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)10-0114-03

Palm - Dorsal Vein Biometrics Based on Watershed Algorithm

WU Zuo-ling, CHEN Xiong, ZHENG Ying-jie

(Department of Electronic and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: A novel approach based on watershed algorithm to near infrared palm - dorsal vein image recognition is presented to avoid errors introduced in traditional vein image skeletonization stage. Skeletonization is performed directly on gray - scale vein image using watershed algorithm in our method. We use modified Hausdorff distance to evaluate the matching degree of vein patterns. Experiments were conducted on our own palm - dorsal vein image database and the results are satisfactory with 0.1% error equation rate (EER), which indicates our method is a potentially usefull biometric.

Key words: palm - dorsal vein; watershed algorithm; modified Hausdorff distance

1 引言

生物特征识别技术是利用人体所固有的生理或行为特征来进行身份认证的一项技术^[1]. 静脉识别技术^[2]作为一种新兴的生物特征识别技术逐渐受到普遍的重视^[3]. 该技术利用人体皮肤下的静脉分布结构作为人体所固有的生理特征来进行身份识别, 由于每个人的皮下静脉的分布情况都不一样^[4], 而且在一定时期内, 该分布情况都是保持稳定的. 除此之外, 除非经过手术入侵外, 入侵者很难拷贝或者改变静脉模式, 因此静脉分布特征可以作为个人身份认证的生理特征.

然而由于静脉分布于表皮下面, 传统的图像采集系统很难获得清晰的静脉图片. 近红外技术可以利用血管中的血红蛋白会吸收近红外光的特性, 利

用感红外相机来获取红外光照射下的手背静脉图像, 对手背静脉进行识别^[5-6].

2 系统描述

由于到现在为止, 没有一个公共的手背静脉库来供研究者研究使用, 因此文中自制了一个手背静脉图像采集仪, 如图 1 所示. 该仪器主要利用了手背静脉血管中的血红蛋白吸收近红外光波的特性, 当用 850nm 的红外发光二极管照射手背时, 由于血红蛋白吸收此波段红外光, 所以用带有波长为 850nm 的红外滤光镜的低照度黑白 CCD 摄像机可拍摄手背静脉血管的阴影图像, 采用的是反光取图而不是透射光取图. 然后通过视频采集卡将采集到的图片传入到计算机进行处理和识别. 自制的采集仪采集到的手背静脉图片如图 2(a)所示.

收稿日期: 2009-08-10; 修回日期: 2009-10-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(60671062, 60571052); 国家重点基础研究项目(2005CB724303)

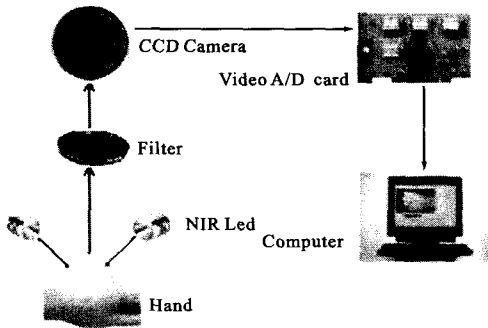


图1 手背静脉图像采集系统框图

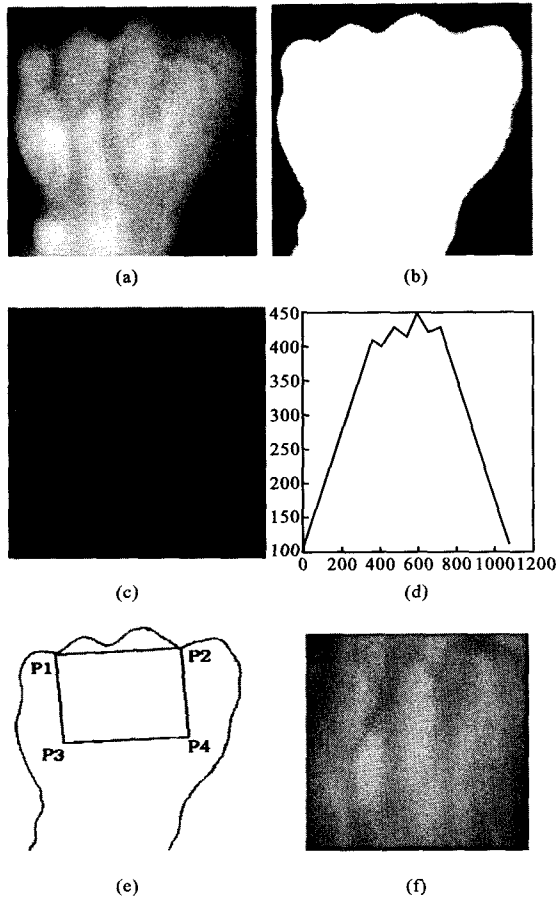


图2 近红外手背静脉图像的预处理步骤

3 手背静脉图像预处理

为了准确的提取手背静脉信息,首先对采集到的手背静脉图像进行预处理.预处理主要包括手背静脉感兴趣区域提取、归一化以及滤波去噪^[7].

利用文献[2]的ROI提取算法加以改进后得到了手背静脉图像的感兴趣区域,该方法分为以下步骤:①将图像进行二值化处理得到图2(b);②利用形态学方法对其进行边界提取得到图2(c);③依次计算手背轮廓的点到手腕中心点的距离,结果如图

2(d)所示,可以得到如图手背小指和无名指以及中指和食指之间的凹点P1、P2;④如图2(e)利用上述两个凹点P1、P2确定的线段取 200×200 像素大小的块,即得到感兴趣区域,如图2(f)所示.为了去除图像噪声信息,采用了2D的高斯滤波器对图像进行滤波,采用的高斯滤波器的标准偏差为3.0,最后预处理完得到的静脉图像样本结果.

4 分水岭算法获取静脉脊线

文中采用的基于形态学的分水岭算法^[8]是对图象进行三维可视化为基础:其中两个是坐标,另一个是灰度级.运用地形学的概念找出不同局部最小值点的集合,这些集合也称为“汇水盆地”或者“分水岭”,不同汇水盆地之间的大坝就对应于分水岭的分割线,这些大坝就可以将图像分割为若干不重叠的区域.静脉图像直接从灰度图出发,利用分水岭算法很容易地得到一个像素宽的、连续的边界.

但是分水岭算法存在过分割问题,所以文中先采用形态学高帽和低帽的办法对图像进行对比度增强,在确定所有局部最小值点坐标后再用分水岭算法提取分割线,具体的分割线很好的描述了静脉的细化骨架特征,结果如图3所示.

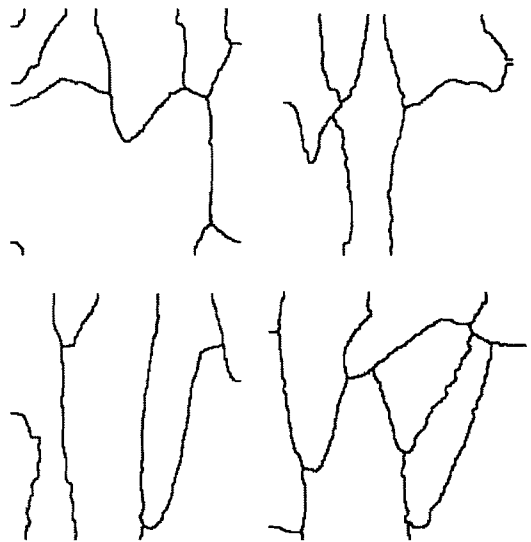


图3 经分水岭算法后细化的静脉骨架图

5 静脉特征匹配

文中采用的静脉特征是静脉骨架的交叉点和端点,端点和三叉点的求取是通过遍历图像的所有 3×3 像素的图像块,如图4所示.

如果一个图像块的中心像素 P_0 等于1,而且 N

$= \sum_{i=1}^8 |P_{i+1} - P_i| = 8$, 其中 $P_9 = P_1$, 则 P_0 为交叉点; 由分水岭算法得到的分割线端点都在图像边界上, 因此只需要遍历图像边缘就可得线段端点.

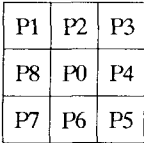


图 4 图像块 3×3 像素

静脉特征的匹配是通过比较待认证静脉特征点集和已注册静脉特征点集之间的改进的 Hausdorff 距离(MHD) 来衡量的. Hausdorff 距离^[5] 是用于描述两个点集 $M^p = \{m_1^p, m_2^p, \dots, m_k^p\}$ 和 $T^p = \{t_1^p, t_2^p, \dots, t_k^p\}$ 之间的相似度, 可以作为匹配图像形状相似度的有效工具, 具体定义为两个点集之间的最大最小距离:

$$H(M^p, T^p) = \max(h(M^p, T^p), h(T^p, M^p))$$
 (1)

其中 $h(M^p, T^p) = \max_{m_i^p \in M^p} \min_{t_j^p \in T^p} \|m_i^p - t_j^p\|$, 改进的 Hausdorff 距离(MHD)^[10] 如下:

$$h(M^p, T^p) = \frac{1}{N_m^p} \sum_{m_i^p \in M^p} \min_{t_j^p \in T^p} \|m_i^p - t_j^p\|$$
 (2)

当然文献[2]采用了线段 Hausdorff 距离来加入局部的角度结构信息, 也取得了很好的效果, 但是计算量会相对大很多.

6 实验及结果

实验采用自制手背静脉图像采集仪拍摄的静脉图像数据库, 摄取了 53 个人手背 159 张(每个人三张)手背静脉图像. 实验结果如图 5 所示.

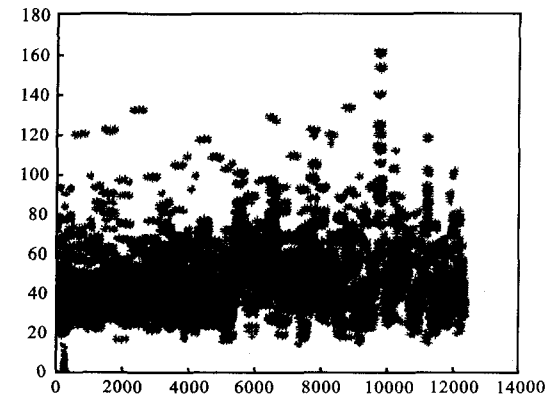


图 5 相同人和不同人之间的改进 Hausdorff 距离
根据上述实验结果, 在不同的阈值下所计算出

来的 FAR 和 FRR 曲线如图 6 所示. 可以看出当阈值选择 14.9 的时候, 等错率(EER)大约为 0.1%.

由于没有统一的公共库用来研究, 不同文献的算法实验结果比较只作为参考, 具体如表 1 所示.

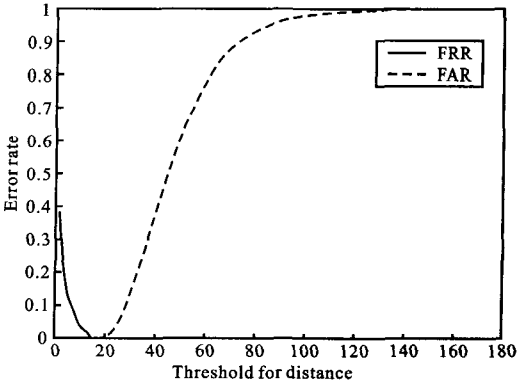


图 6 不同改进 Hausdorff 距离值的错误曲线

表 1 不同文献的算法实验结果比较

文献的库(图片采集模式)	EER
文中近红外静脉库(反射光采集)	0.1%
文献[7]远红外静脉库	2.3%
文献[6]近红外静脉库(透射光采集)	2.23%
文献[1]近红外静脉库(反射光采集)	0%

综上实验结果, 文中算法用自制的手背静脉图库进行实验, 等错率(EER)在取阈值为 14.9 的时候达到了 0.1%, 虽然未达到文献[1]的 0% 等错率, 但是文中算法的等错率满足了一般系统的需求, 而且计算复杂度相对较低. 如果随着库的注册样本数的增加, 就不一定能有效的达到这个识别率, 文中的算法还有待改进. 一种可解决的办法是同时拍摄样本的近红外和远红外图片, 利用两组静脉图片的融合特征来进行识别.

7 结束语

文中利用近红外技术获取了手背静脉的图像, 然后对采集的图像进行预处理, 运用分水岭算法来获取手背静脉细化结构特征, 将静脉骨架的交叉点和端点作为特征, 用改进的 Hausdorff 距离评价静脉特征的相似度, 在自制的手背静脉图像库上取得了良好的效果, 达到了 0.1% 的等错率. 该方法很有效的提取了手背静脉的局部特征, 并且运用节约了特征匹配的算法复杂度.

(下转第 119 页)

$$s \sum_{q=1}^Q |x_{q,k} - 1| + \sum_{k=1}^{K-1} x_k \quad (8)$$

式中,决策空间如下: $0 \leq a_k \leq x_k \leq b_k \leq 1, k = 1, 2, \dots, K-1$. K 是指标的总数; P 是参与权重评判的教师的总数; Q 是参与权重评判的学生的总数; s 是教师的权限常数; t 是学生的权限常数, $x_{p,k}$ 是由第 p 个老师决定的第 k 个指标的权重; $x_{q,k}$ 是由第 q 个学生决定的第 k 个指标的权重; a_k 是第 k 个指标的最小权重; b_k 是第 k 个指标的最大权重.

4.2 实验结果与分析

用新的算法来解决权重优化问题^[5]. 用式(5)来描述问题,试验数据来自对湖南商学院计算机与电子工程学院学生的问卷调查和个人评价. 为了测试新算法的有效性,以试验数据为基础,新算法的计算结果与标准微粒群算法的对比如表1所示.

表1 两种算法的各指标的权重平均值和误差对比

	平均值 (新算法)	平均值 (PSO)	误差 (新算法)	误差 (PSO)
专业素质	0.5455	0.5485	0.0119	0.0159
思想道德素质	0.2445	0.2485	0.0118	0.0218
身体素质	0.0505	0.0525	0.0009	0.0016
心理素质	0.0596	0.0505	0.0005	0.0015
发展性素质	0.0999	0.0999	0.0002	0.0022

由此可见,由新算法计算出的指标权重能反映出计算机与电子工程学院学生的综合素质,而且还可以根据不同学院的具体条件设计相应的评估指标,然后在给定的测试值的基础上运行评估计算,可

以较好地反映学生的综合素质. 与给定的测试值相比较,由新算法计算出的指标权重在进行学生综合素质测评中能更公正地反映出学生的综合素质.

5 结束语

除了具有 PSO 算法的优点之外,新的算法扩充了搜索空间,且不太复杂. 通过分析权重优化的测试结果,表明新的算法在功能优化方面具有更大的功效,在处理优化问题方面,新的算法明显优于标准 PSO 算法.

参考文献:

- [1] Fan S K S, Zahara E. A hybrid simplex search and particle swarm optimization for unconstrained optimization [J]. Eur. J. Oper. Res., 2007, 181(2): 527-548.
- [2] Ho S L, Yang S Y, Ni G Z, et al. An improved PSO method with application to multimodal functions of inverse problems [J]. IEEE Trans. on Magn., 2007, 43(4): 1597-1600.
- [3] 周鲜成, 申群太, 王俊年. 基于微粒群的颜色量化算法 [J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(3): 51-54.
- [4] 范纯利. 大学生综合素质测评研究综述 [J]. 湖北第二师范学院党报, 2008, 25(6): 75-77.
- [5] 周鲜成, 申群太, 王俊年. 基于微粒群的图像增强算法研究 [J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(4): 42-44.

作者简介:

何 静 女, (1972-), 硕士研究生, 讲师. 研究方向为智能算法.

(上接第 116 页)

参考文献:

- [1] Wanga L, Leedhamb G, Cho D. Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics [J]. Pattern Recognition, 2008(41): 920-929.
- [2] Miura N, Nagasaka A, Miyatake T. Feature extraction offinger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personl identification [J]. Mach. Vis. Appl., 2004(15): 194-203.
- [3] Fujitsu Laboratories Ltd. Fujitsu Laboratories develops technologyfor world's first contactless palm vein pattern biometric authentication ystem [EB/OL]. [2009-11-10]. <http://pr.fujitsu.com/en/news/2003/03/31.html>
- [4] Jain A, Bolle R M, Pankanti S. Biometrics: personal identification in networked society [M]. New York: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [5] Ruchlidge W J. Efficiently locating objects using the Hausdor distance [J]. Int. J. Comput. Vision, 1997(24): 251-270.
- [6] Lin C L, Fan K C. Biometric verification using thermalimages of palm-dorsa vein patterns [J]. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., 2004, 14(2): 199-213.
- [7] 林喜荣, 庄波, 苏晓生, 等. 人体手背血管图像的特征提取及匹配 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2003, 43(2): 164-167.
- [8] Gonzalez R C, Woods R E. Digital image processing [M]. Boston: Prentice Hall, 2003: 500-506.

作者简介:

吴作凌 男, (1984-), 硕士研究生.
陈 雄 男, (1964-), 博士, 副教授, IEEE 机器人协会会员. 研究方向为智能控制理论与系统、多机器人系统、移动机器人控制与运动规划、传感器网络等.
郑英杰 男, (1986-), 硕士研究生.