

光电混合实时指纹识别新方法

苏红军 陈学文 陈桢培 高映霞

(四川大学光电系, 成都 610064)

摘 要 在实验上建立了一套基于联合变换相关(JTC)的 $1f$ 光电混合实时指纹识别系统, 用棱镜和 CCD 摄像机结合实现指纹的实时采集, 提出用二次微分边缘提取算法对指纹进行预处理, 用监视器上亮度和对比度调节来实现联合变换功率谱的视觉二值化。该系统结构紧凑、实时性强, 实验表明其识别能力强, 精度高, 有很高的实用价值。

关键词 联合变换相关, 指纹识别。

1 引 言

光学指纹识别是模式识别课题研究的主要问题之一。早期的研究工作主要是利用胶片等手段进行非实时匹配滤波光学相关研究^[1,2], 近年来的一个重要发展方向是实时相关识别^[3,4]。指纹识别中如何实时获取结构清晰、噪声小的指纹图像是识别成功与否的关键。一般获取的指纹在进行识别之前需要经过预处理, 常用的方法是对指纹进行二值化^[3], 用这种方法对指纹进行预处理存在一些问题, 特别是当原始图像具有较大噪声时, 容易丢失信息, 突出噪声。本文介绍一种利用光寻址空间光调制器构成的紧凑的实时 $1f$ 联合变换相关识别系统并结合实时指纹获取装置实现的实时指纹识别方案, 提出了一种有效的指纹预处理方法。实验表明, 这一光电混合指纹识别系统具有实时、灵活、结构紧凑、识别精度高等优点。

2 系统结构

基于联合变换相关的 $1f$ 实时指纹识别系统主要由两部分组成, 一是实时取指器, 二是 $1f$ 实时联合变换相关指纹识别系统。

2.1 实时取指器

利用等腰直角三角棱镜的全反射特性, 可以获得反差较好的指纹图像。这是通过破坏光线的全反射条件来实现的。如图 1 所示, 假设光线从棱镜的一直角边以大于临界角的入射角入射到棱镜的斜面上, 光线将发生全反射, 若将手指按在棱镜的斜面上, 并稍用力使之与棱镜表面紧密

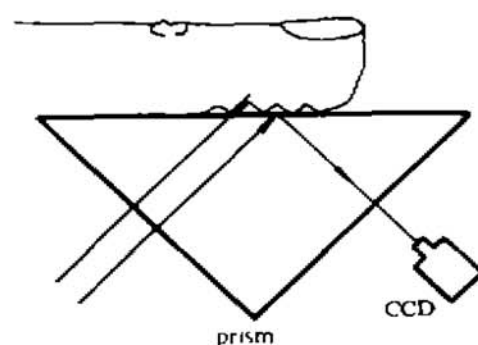


Fig. 1 The principle of obtaining fingerprint

接触, 这时手指上的自然分泌物就充当了良好的光学粘接剂, 与棱镜表面紧密接触的指纹的波峰部分, 破坏了光线的全反射条件, 而没有紧密接触的指纹的波谷部分, 光线仍是全反射的, 这样从反射光线中就可得到较清晰的指纹图像。实验中作者用 CCD 摄像机来对指纹图像进行实时采集, 并通过图像卡送入计算机进行预处理, 如图 2(a) 所示。为确保试验者每次按指纹时不发生大的旋转, 在取指装置中加了一取指限位装置。

2.2 1f 联合变换相关识别系统结构

1f 实时联合变换相关指纹识别装置如图 2(b) 所示。首先将取指器实时采集并经过预处理的待识别指纹和计算机中存储的目标指纹一起送到监视器上并排显示, 这两指纹被成像透镜 L 成像在液晶光阀(LCLV)的写入面上作为联合变换相关系统的输入, 一束准直平行相干光经偏振棱镜(BSP)照射到液晶光阀的读出面上将两输入指纹图像读出, 读出图像经过傅里叶变换透镜 FL 进行光学傅里叶变换, 这样在 FL 的后焦面上就可由 CCD 摄像机记录下它们的联合变换功率谱(JPS), 将这一谱再次送到监视器上显示, 通过与上面同样的过程再进行一次光学傅里叶变换, 完成相关运算, 就可由 CCD 摄像机记录下相关结果。通过对相关结果中相关位置处是否存在明显的亮斑的分析就可对输入指纹是否与目标指纹相同进行判别。

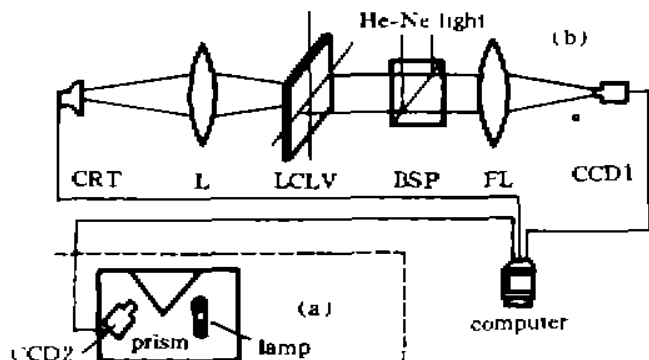


Fig. 2 The experimental setup

实验中发现采用监视器和液晶光阀的组合来作为联合变换相关系统的输入有几个优点: 首先液晶光阀没有栅极结构, 因而不会出现一些不必要的峰, 如假的相关峰, 这正是电寻址 SLM 难以克服的缺点^[5]。其次, 作者发现用监视器上亮度和对比度调节可实现联合变换功率谱的视觉二值化。这一处理的效果类似于计算机对联合变换功率谱进行费时的二值化处理^[5, 7], 可明显改善相关点质量, 使相关峰更锐, 噪声更低。而且这一处理具有实时性。本实验中都采用这一技术对谱进行视觉二值化。

3 指纹的预处理

一般来说, 取指器采集到的指纹中都存在较大的噪声, 如图 3(a) 所示, 可以看到这一原始图像的对比度不好, 有些区域在视觉上不易分开, 直接影响了相关识别的顺利完成, 所以需要原始指纹图像进行预处理。一般文献中都采用二值化方法, 常用的是选取灰度平均值



Fig. 3 (a) Original fingerprint image, (b) the binarized fingerprint, (c) the two-order differentiated fingerprint

作为阈值，图像中灰度高于它的置为 255，低于它的置为 0。图 3(b)是用这种方法对图 3(a)进行处理的结果，可以明显看到，原图中灰度较低的一些信息损失了，而灰度集中且灰度值较高的地方变成了一片，这是单阈值方法不可克服的缺点。

为克服二值化处理方法的不足，作者指出一种新的指纹预处理方法，即采用二次微分边缘提取算法对指纹进行预处理，作者所使用的二次微分算子由 5 个 3×3 的模块组成：

图 3(c)是用这一方法对图 3(a)进行预处理的结果，实验表明这一算子不会突出噪声，且有一定的平滑作用。可以看出，处理后的指纹对比度很好，指纹中的细节结构都表现得很清晰，整个指纹较原图得到了极大的改善。实验中所用的指纹都用这种方法进行了预处理。

			+1	+1	+1			
			+1	+1	+1			
			+1	+1	+1			
+1	+1	+1	-4	-4	-4	+1	+1	+1
+1	+1	+1	-4	-4	-4	+1	+1	+1
+1	+1	+1	-4	-4	-4	+1	+1	+1
			+1	+1	+1			
			+1	+1	+1			
			+1	+1	+1			

4 相关实验结果与讨论

系统对相同和不同指纹进行识别的结果分别示于图 4 和图 5 中。图 4(a)是监视器上显示的两个相同的指纹，左边一个是从计算机中调出的预存储的以预处理过的目标指纹，右边是用取指器实时取样并经过预处理所得的待识别指纹。图 4(b)是它们的视觉二值化联合变换功率谱，即通过预先调节监视器上亮度和对比度来使监视器上显示的联合变换功率谱在视觉上实现二值化。可以看到联合变换功率谱的高频部分存在明显的光栅结构，从联合变换的理论可知这正表征着两输入指纹具有良好的相似性。图 4(c)、(d)分别是相关结果的照片和立体图，为了清晰起见，在图 4(d)中作者去掉了零频，并对结果进行了等距抽样。图 5(d)中亦作了同样的处理。从图 4(c)中可以看到互相关位置处出现了明显的亮斑。图 4(d)说明该相关亮点比较锐。

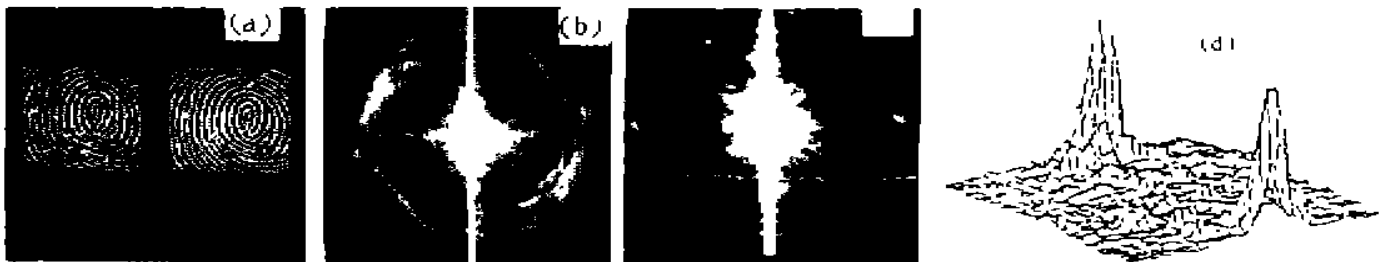


Fig. 4 (a) The same fingerprints, (b) the visually JPS, (c), (d) the resulting correlations



Fig. 5 (a) The different fingerprints, (b) the visually JPS, (c), (d) the resulting correlations

图 5(a)是监视器上显示的经预处理后的两个不相同的指纹。图 5(b)是它们的视觉二值化联合变换功率谱。可以看到其高频部分的光强分布是杂乱的，不再存在明显的光栅结构，这表明两输入指纹的相似性很差，也就是不相同。从图 5(c)中看到相关结果中互相关位置处

没有明显的亮斑出现。图 5(d)说明互相关位置处没有较大的峰出现。

本实验分别对一百组相同指纹和一百组不相同指纹进行了相关识别, 根据这些数据, 对相同指纹, 计算出相关结果中相关亮斑的最大灰度值的平均值为 220, 均方差为 12。其相关结果都与图 4(c)相似, 有明显的亮斑出现。对不相同指纹, 其相关结果中互相关位置处的最大灰度值的平均值为 110, 均方差为 18。它们的相关结果亦都与图 5(c)的结果相似, 没有明显的亮斑出现。在这些实验中, 系统对各类指纹都能正确识别, 还没有出现过误判。

结 论 在实验上建立了一套基于联合变换相关的 1f 光电混合实时指纹识别系统, 用棱镜和 CCD 摄像机结合实现指纹的实时采集, 并提出用二次微分边缘提取算法对指纹进行预处理, 用监视器上亮度和对比度调节来实现变换功率谱的视觉二值化。这一系统结构紧凑、实时性强, 实验表明其识别能力强, 识别精度高, 在实验中没出现过误判别, 该系统有很高的实用价值。

参 考 文 献

- [1] M. Eleccion, Automatic fingerprint identification. *IEEE Spectrum*, 1973, 10(1): 36~45
- [2] D. H. McMahon, G. L. Johnson, S. L. Teeter *et al.*, A hybrid optical computer processing technique for fingerprint identification. *IEEE Trans. Comput.*, 1975, C-24(4): 358~369
- [3] Kenneth H. Fielding, Joseph L. Horner, Charles K. Makekau, Optical fingerprint identification by binary joint transform correlation. *Opt. Engng.*, 1991, 30(12): 1958~1961
- [4] 陈自宽, 张延焯, 孙颖等, 基于功率谱分析的指纹实时识别系统. *光学学报*, 1994, 14(9): 903~907
- [5] J. A. Davis, E. A. Merrill, D. M. Cottrell, Effects of sampling and binarization in the output of the joint Fourier transform correlator. *Opt. Engng.*, 1990, 29(9): 1094~1100
- [6] S. K. Rogers, J. D. Cline, M. Kabrisky, New binarization techniques for joint transform correlation. *Opt. Engng.*, 1990, 29(9): 1088~1093
- [7] A. Tanone, C.-M. Uang, F. T. S. Yu, *et al.*, Effects of thresholding in joint-transform correlation. *Appl. Opt.*, 1992, 31(23): 4816~4822

A New Method for Real-Time Hybrid Fingerprint Identification

Su Hongjun Chen Xuewen Chen Zhenpei Gao Yingxia

(*Opto-electronics Department, Sichuan University, Chengdu 610064*)

(Received 18 December 1994; revised 27 February 1995)

Abstract A real-time optical/digital hybrid system for fingerprint identification based on the 1-f joint transform correlation is developed. The fingerprint is read by using the total internal reflection property of a prism and is pre-processed by two-order differentiation algorithm. The joint transform power spectrum can be binarized visually by adjusting the Monitor. This system is demonstrated, and the experimental results show that it performs well.

Key words joint transform correlation, fingerprint identification.