

基于功率谱分析的指纹实时识别系统

陈自宽 张延焯 孙 颖 母国光

(南开大学现代光学研究所, 天津 300071)

摘 要 把实时获取指纹的装置与功率谱分析系统结合起来, 实现完整的指纹实时识别系统. 从实验上研究了相干光源和非相干光源获取指纹的两种情况. 实验表明, 用非相干光源获取指纹的情况具有较好识别效果.

关键词 光电混合处理, 相干噪声, 功率谱分析, 楔环探测器.

1 引 言

指纹识别是模式识别要解决的主要目标之一. 研究指纹识别的方法有两大类, 一类是计算机方法, 另一类是光学方法^[1]. 尽管计算机识别指纹已出现自动的和半自动的识别系统, 但在速度要求很高的场合, 如出入通道控制(access control), 计算机方法是不能胜任的. 光学模式识别以其巨并行的快速变换是进行快速识别的最好选择^[2]. 在光学模式识别中, 功率谱分析方法是一种很有效的方法.

功率谱分析系统(PSAS: Power Spectrum Analysis System)是一种光电混合的基于光学傅里叶变换的光学模式识别系统, 主要由三部分组成: 光学傅里叶变换, 光电转换的楔环探测器(WRD: Wedge-Ring Detector)和微机处理部分.

楔环探测器是许多环和许多楔组成的圆盘型的光电转换器. 楔环探测器的输出就是这些环和楔的对功率谱响应的输出, 共有 64 个数据. 图象经光学傅里叶变换就进行了数据压缩, 楔环探测器对功率谱进一步作数据压缩. 一幅图象在功率谱分析系统的输出就表现为 64 个数据, 构成 64 个分量的矢量, 并称作图象的特征矢量(feature vector). 这一过程, 用模式识别的语言来说就是特征提取. 因此, 功率谱分析系统对图象的识别就转化为对这些特征矢量的识别.

在指纹识别的出入控制中, 首先需要实时获取人手指上的指纹图象, 然后对该指纹图象进行快速识别. 本文把获取指纹的两种实时装置同这种功率谱分析识别系统结合起来, 形成完整的实时指纹识别系统. 这种系统较其它指纹识别系统^[3]具有结构紧凑, 所用元器件较少, 成本较低等优点.

2 基于功率谱分析的指纹识别系统

用相干光实时获取指纹图象的指纹识别系统如图 1. 其中, 实时获得指纹图象是用激光照射三棱镜, 利用光的全内反射原理来实现的^[4].

这一系统在应用中可能碰到的一些问题是:

1) 相干噪声 由于所用光源为激光, 系统直接对由三棱镜反射回来的指纹图象进行傅里叶变换, 这是相干光学处理, 总有相干噪声出现. 其主要来源是按指纹的那个三棱镜表面不总是干净的. 如果每次都细心地把它揩擦得非常干干净净, 这种噪声可以减少.

2) 误判率高 由于该系统只是靠指纹的功率谱来识别指纹, 丢失了很重要的位相信息. 尽管不同指纹的功率谱不一样这一前提还成立, 但由于位相的丢失, 使相近的指纹的功率谱探测结果在特征空间中非常靠近, 难于鉴别开. 此外, 噪声和各种畸变因素的干扰, 使同一手指上的指纹多次重复的结果在特征空间散布在很大范围内, 要把不同手指上的指纹图象分开就会导致很大的误判率.

为了提高系统的精确度, 避免每次输入指纹揩净三棱镜表面的麻烦, 采用非相干光源获取指纹图象, 基于这一思想的指纹识别系统如图 2 所示. 图中所用的光源只是一只普通的发光二极管, 完全可以用一只小电珠代替. 光源的亮度很弱, 以不超过 CCD 接收的饱和为宜.

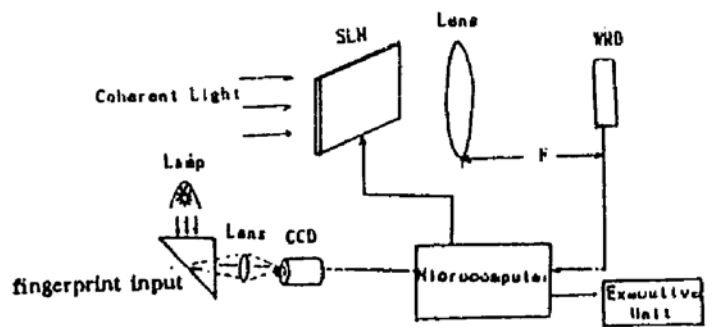
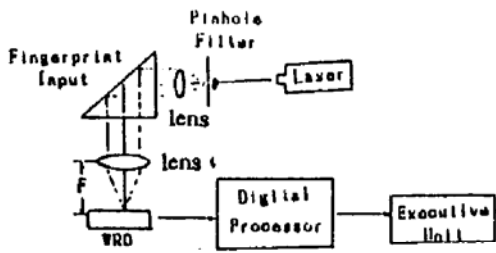


Fig. 1 PSAS-based fingerprint recognition system with fingerprint image acquisition by coherent light

Fig. 2 PSAS-based fingerprint recognition system with fingerprint image acquisition by incoherent light

3 实验结果

采用图 1 所示的相干光获取指纹的系统, 用楔环探测器探测指纹的功率谱, 图 3 给出实验

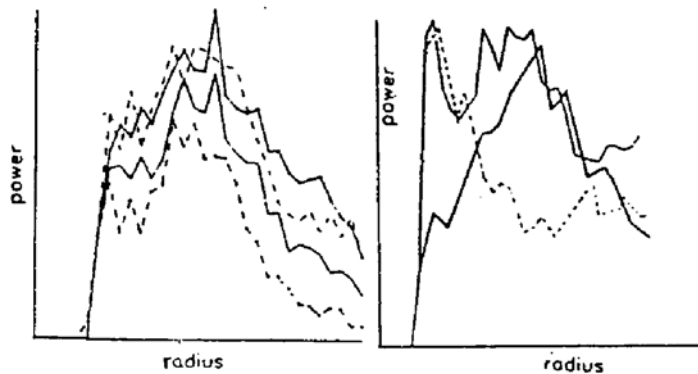


Fig. 3 The WRD outputs related to the power spectrum of fingerprints acquired by coherent light

(a) results related to the same finger, (b) results related to different fingers

中得到的一个楔环探测器径向输出结果。

基于图 1 的指纹识别实验方法是:训练过程以同一指纹多次重复输入的功率谱的楔环探测器径向特征矢量为样本集,求得该样本集的平均样本矢量;识别过程是先实时获取手指上的指纹,得到其楔环探测器特征矢量,然后求该特征矢量与平均样本矢量的均方误差,以误差大小进行识别决策.实验得到的结果如表 1.

Table 1. Experimental results related to coherent system Fig. 1
(decision threshold value = 60.00)

input print number	class label (known)	mean square error	decision
# 1	A	26.63	A
# 2	A	25.43	A
# 3	A	37.54	A
# 4	A	44.90	A
# 5	A	44.67	A
# 6	A	39.54	A
# 7	A	46.78	A
# 8	A	62.89	\bar{A}
# 9	A	56.43	A
# 10	A	39.19	A
# 11	B	78.85	\bar{A}
# 12	B	81.78	\bar{A}
# 13	B	95.46	\bar{A}
# 14	B	92.30	\bar{A}
# 15	B	86.56	\bar{A}
# 16	C	70.34	\bar{A}
# 17	C	65.81	\bar{A}
# 18	C	56.78	A
# 19	C	59.98	A
# 20	C	62.34	\bar{A}
# 21	D	78.74	\bar{A}
# 22	D	58.71	A
# 23	D	57.97	A
# 24	D	63.14	\bar{A}

\bar{A} represents not A

1~# 4 training images from finger A, # 5~# 10 test images from finger A
11~# 15 test images from finger B, # 16~# 20 test images from finger C,
21~# 24 test images from finger D.

采用图 2 所示的非相干光获取指纹的系统,计算机实时获取指纹图象后直接送功率谱分析识别系统.图 4 是同一手指三次输入的功率谱,获取指纹图象采用非相干光源.图 5 是三个不同手指的情况.

采用图 2 的指纹识别实验研究结果如表 2.与图 1 的指纹识别实验方法相比,两种方法

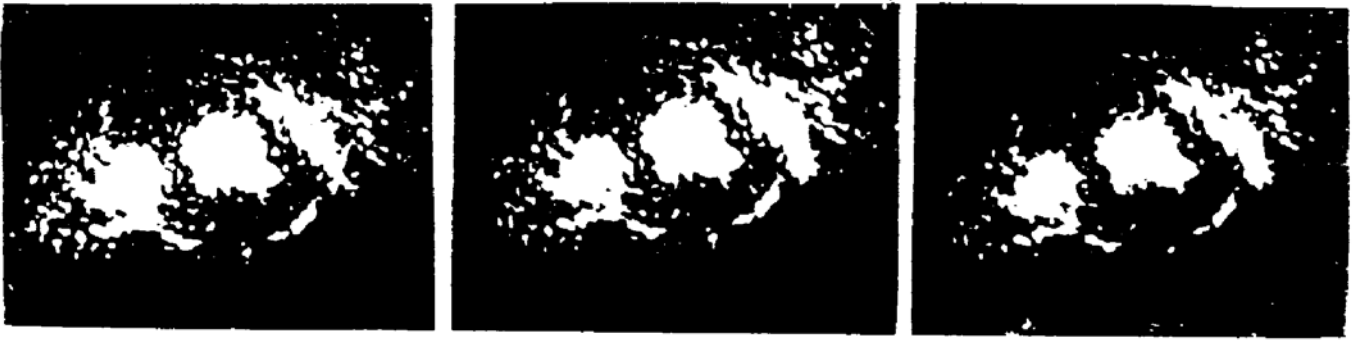


Fig. 4 The optical power spectrum related to the same finger with fingerprint acquisition by incoherent light

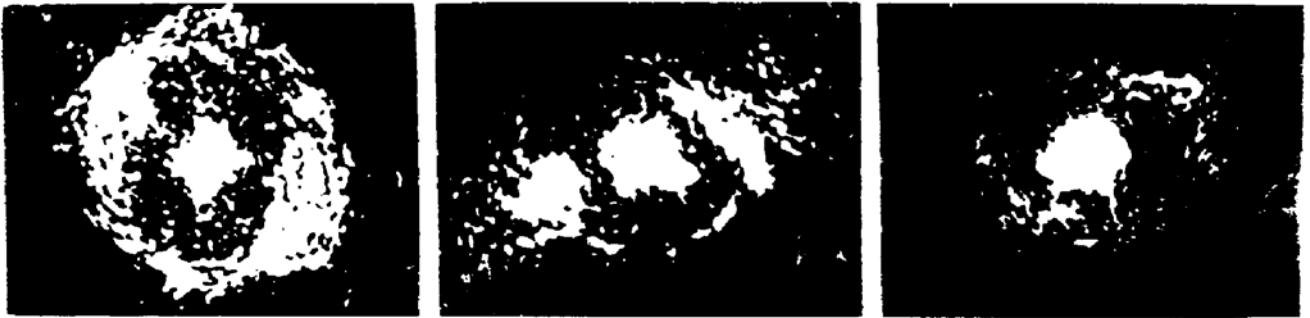


Fig. 5 The optical power spectrum related to different fingers with fingerprint acquisition by incoherent light

的主要区别是获取指纹图象所用的光源不同. 实验结果表明采用非相干光比用相干光获取指纹具有更好的识别结果. 但由于功率谱分析识别系统的局限性(表现为位相丢失), 即使用非相干光源的指纹识别系统也未能达到 100% 识别精度.

Table 2. Experimental results related to fingerprint acquisition by incoherent light

input print number	class label (known)	mean square error	decision
# 1	A	7.12	A
# 2	A	6.47	A
# 3	A	10.44	A
# 4	A	12.67	A
# 5	A	12.76	A
# 6	A	13.34	A
# 7	A	11.78	A
# 8	A	17.12	A
# 9	A	12.13	A
# 10	A	8.34	A
# 11	B	31.34	\bar{A}
# 12	B	36.54	\bar{A}
# 13	B	40.78	\bar{A}
# 14	B	41.00	\bar{A}
# 15	B	36.67	\bar{A}
# 16	C	32.56	\bar{A}

input print number	class label (known)	mean square error	decision
# 17	C	31.55	\bar{A}
# 18	C	28.30	\bar{A}
# 19	C	29.90	\bar{A}
# 20	C	26.24	\bar{A}
# 21	D	34.02	\bar{A}
# 22	D	35.34	\bar{A}
# 23	D	18.25	A
# 24	D	32.04	\bar{A}

\bar{A} represents not A

1~# 4 training images from finger A, # 5~# 10 test images from finger A.
11~# 15 test images from finger B, # 16~# 20 test images from finger C,
21~# 24 test images from finger D.

从上面的实验研究可看到, 用非相干光获取指纹图象并经计算机作简单的预处理能大大提高识别的准确度, 这对指纹识别来说是非常重要的. 从实验研究的结果来看, 基于功率谱分析的指纹识别系统的准确度并不是很高, 其原因是: ① 每次输入的指纹图象的压力变形、接触面不能完全重合, 因而每次输入的指纹不完全相同. ② 指纹功率谱探测丢失了很重要的位相信息. ③ 楔环探测器所做的特征提取又丢失一部分信息. 但这种系统具有结构紧凑, 所用元件较少, 识别过程简便快速的优点.

参 考 文 献

- [1] Marce Eleccion, Automatic fingerprint identification (digital processing and optical correlation are the two basic systems vying for shares of a widening market). *IEEE, Spectrum*, 1973, 10(9): 36~45
- [2] Andrew K. Hrechak, James A. Mchugh, Automated fingerprint recognition using structural matching. *Pattern Recognition*. 1990, 23(8): 893~904
- [3] Kenneth H. Fielding, Joseph L. Horner, Charles K. Makakau, Optical fingerprint identification by binary joint transter correlation. *Opt. Engng*, 1991, 30(12): 1958~1961
- [4] [美]杨振寰著, 母国光, 羊国光, 庄松林译, 光学信息处理. 天津, 南开大学出版社, 1986

PSAS-Based Real-Time Fingerprint Identification

Chen Zikuan Sun Ying Zhang Yanxin Mu Guoguang

(The Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin, 300071)

(Received 31 May 1993; revised 30 August 1993)

Abstract This paper presents a hybrid pattern recognition system for real-time fingerprint recognition, which is based on the power spectrum analysis (PSAS). In order to acquire the fingerprint images from personal finger, the two cases related to incoherent light and coherent light are investigated. Experimental results show that the system related to fingerprints acquired by incoherent light has better performance.

Key words hybrid processing, power spectrum analysis, wedge-ring detector.