

## DM642.....在指纹识别系统中的 应用

注：山西省科技攻关资助项目（项目编号：2007031127）

摘要：本文在收集整理指纹识别技术的文献资料基础上，根据系统的实现要求及目前技术的发展情况，确定了以TI公司的数字信号处理器DM642为核心的系统设计方案，发挥DM642中EDMA进行数据传输的优势，构建了一个由主控电路(包括主控DSP芯片DM642)、输入通路(指纹图像采集部分)、输出通路、人机交互设备等综合而成的自动指纹识别系统硬件平台，通过改进的指纹预处理算法的实验验证运行，结果比较，证明了该系统稳定，运行效果良好，图像处理的速度能达到系统的实时性要求。

关键词：EDMA；Radon 变换；方向图；方向滤波器

中图分类号：TP311 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2008)11-0044-04

许建 王福明

### 一、引言

随着计算机与信息技术的不断发展，生物识别技术的应用越来越广泛。在各种生物识别技术中，指纹识别是目前生物检测学中应用最广泛、发展最成熟的、最有前景的一种识别技术。然而，通用的指纹识别系统主要是采用图像采集卡将图像传送到PC上，在PC上通过软件运行各种指纹预处理、特征提取、匹配等算法。程序缺乏并行性，这样就使得很多图像处理效果不错但时间复杂度较大的算法在实际应用中受到了限制，同时数据的读取、存储操作都比较缓慢。系统的运行速度受到了严重影响。于是如何实现实时、快速指纹识别成为当前的一大难题。随着DSP芯片集成度、稳定性、运算速度、数据吞吐量等性能的不不断提高，采用DSP实现快速指纹识别，将软件算法嵌入到DSP中实现，充分利用DSP的高速度和并行性，可以大大提高系统的运行速度，达到图像处理的实时性<sup>[1]</sup>。

### 二、系统硬件平台的构建

本次设计的指纹识别系统主要完成指纹采集、预处理、显示等功能。为了满足实时性的要求，数字处理部分必须采用高速处理芯片滑<sup>[2]</sup>。本设计选用了TMS320C642 定点DSP。其高速性能特点包括：

- ①存储空间最大可扩展到4GB，完全满足各种图像处理系统所需的内存空间，CPU 主频600MHZ，峰值性能可达到5760M IPS；
- ②外扩了32M Bytes的SDRAM，工作时钟为100MHz，可用来存储程序、数据和视频信息；
- ③外扩4M Bytes的Flash存储器，用来固化程序；
- ④具有Velcoci TI先进VLEW结构内核；
- ⑤ 64位的高性能外部存储器接口(EM IF)，可驱动4个片选地址空间，支持8、16、32、64位宽度的同步和异步访问；

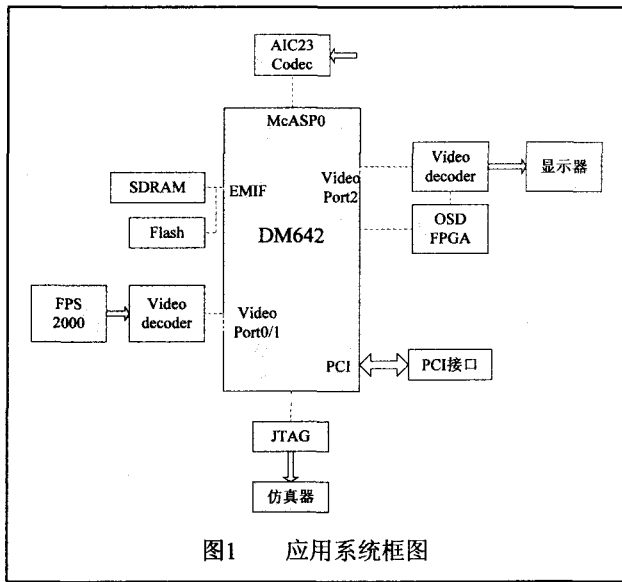


图1 应用系统框图

⑥采用流水线操作实现高速率、高效率。

以DM642为核心,结合音、视频编解码器及FPS2000、显示器等外设,完成数字信号实时处理,系统的整体结构框图如图1所示。

前端通过FPS200指纹传感器获得指纹图像,经过解码器的数字化处理后,形成数字并行码流以EDMA传输方式将数据传送到DM642芯片,该芯片对图像进行实时的处理后数据自动通过EDMA将结果输出,通过编码器形成码流后传送到显示器显示结果。整个系统的实现过程中,为了满足实时性的要求,我们充分利用了DM642芯片中EDMA(扩展的直接存储器访问)的传输方式进行边传输边处理,提高数据的处理速度。EDMA作为负责片内L2存储器与其他外设之间的数据传输控制器,其最大的优势在于可以直接访问存储器而不占用CPU的时间,这样就能够节省系统进行图像处理的时间<sup>[3]</sup>。为了动态及时的更新图像,至少要开设3个视频缓冲区进行数据的交替处理运行。例如,开设1、2、3三个视频缓冲区,CPU开始运行阶段,在EDMA工作方式下三个缓冲区轮流存放更新的视频数据。在开始图像处理时,应用程序的视频处理任务将会向CPU申请一个缓冲区,假设此时将1区的最新视频数据交给处理程序使用,则其他两个区继续存储更新的视频数据,当处理程序完成使用,将向EDMA控制器发送“切换”命令,以切换缓冲区,开始处理2区的数据,此时,1、3区中的数据开始依次轮流更新。同样,当CPU发送命令处理3区中数据时,1、2区中的数据进行更新。如果图像处理的数据量较大,还可以连续申请两块缓冲区,这样数据处理的速度也会有所提高。在运用了EDMA方式进行数据传输后,系统运行速度加快,能够满足实时性的要求。

### 三、指纹图像预处理算法

#### 1、扩展像素值动态范围

对图像做局域动态范围扩展,目的是消除图像因为采集按压力度不均匀而导致的局部灰度差别。在做过局域动态扩展之后,连续纹线上的灰度变化难免会变大,有必要作进一步的平滑<sup>[4]</sup>。

##### (1) 局域动态范围扩展

使用一个滑动窗口遍历整个指纹图像,按照下式计算并重置窗口内像素的灰度。

$$N(i, j) = F\left\{\left[\frac{O(i, j) - m_2}{(m_1 - m_2)}\right]255\right\} \quad (1)$$

式中:  $N(i, j)$ —窗口内处理之后的像素灰度值;

$O(i, j)$ —处理之前的像素灰度值;

$m_1$ —窗口内灰度最大像素值;

$m_2$ —窗口内灰度最小像素值;

$F$ —用来取最接近结果的整数的函数。

##### (2) 平滑处理

使用一个滑动窗口遍历整个指纹图像,对纹线上的灰度进行平滑。若该窗口内的灰度变化小于预设阈值M,则说明该窗口处于脊线或者谷线上,使用中值滤波对其进行平滑;若灰度变化大于预设阈值M,则说明该窗口处于脊线和谷线的分界线上,不做任何操作。

#### 2、计算方向场

首先对均衡化后的图像进行分块,分块大小为 $8 \times 8$ 或 $16 \times 16$ 。对每个图像块进行Radon变换,并且假设在图像块内的指纹脊线在几何上具有互相平行的关系,也就是该分块内的脊线具有相同的角度,实验表明这种假设是合理的。又因为Radon变换就是将原始图像变换为它在各个方向上的投影表示,所以在Radon域内,最大值的点所在的列就对应于一定的脊线方向,其关系如图1所示。图1中,脊线*i*表示图像块中的任意脊线,它与x轴的交角为 $\alpha$ ,此时第*j*条采样直线与脊线*i*垂直,即在Radon域内最大值点所在的列为第*j*列,第*j*条采样直线与采样起始线的夹角为 $\beta$ ,采样直线从起始点开始沿顺时针方向旋转<sup>[5]</sup>。

由采样直线和图像平面的关系我们可以得出 $\beta$ 的值,然后根据图1所示的脊线与采样平面之间的关系,可以计算出脊线的方向 $\alpha$ 为:

$$\alpha = 135^\circ - \frac{\pi}{2n}(j-1) \quad (2)$$

另外,指纹图像在受到噪声的影响下会使得对指纹方向场的计算出现偏差,这就需要进行进一步修正,以消除噪声的影响。根据纹线具有缓变性的特点,对求出的方向场进行平

滑处理,采用块操作的方法将相邻图像块的方向场变化控制在一定范围内,从而,低质量的指纹图像也可以获得较正确的方向场。

### 3、设计方向滤波器

指纹图像的重要特点就是纹线的方向性,所以说方向滤波是最有效的滤波方法。本文利用前面获取方向图,采用O'Gorman等人设计的方向滤波器模板<sup>[6]</sup>,供不同的方向像素点选择。设计思想是使指纹纹线在切向平滑、在法向锐化,以消除指纹图中纹线的断裂和叉连。方向滤波的关键就是滤波器的选择,下面是涉及滤波器时的一些注意事项:

(1)在设计滤波器模板的模板时,模板尺寸的选择要合适。要求大小为一个或者一个半的纹线周期,并且为奇数,这样模板就可以通过中心点关于X轴和Y轴对称。

(2)为了提高脊线和谷线的灰度方差,达到边缘锐化的效果,在垂直于纹线方向上中央部分系数为正,两边系数为负,因此滤波器模板中所有系数的代数和应为零。

(3)方向滤波器是由平均滤波器和分离滤波器组合而成的。平均滤波器主要是连接脊线中出现的断裂,分离滤波器主要除去图像中的叉连。平均滤波器的系数满足 $A>B>C>D>0$ ,分离滤波器的系数应满足 $A+2B+2C+2D=0$ 。一个基本的方向滤波器(如图2所示)应该同时具备两种功能,它相当于平均滤波器加上分离滤波器,所以它的系数是平均滤波器和分离滤波器的系数之和<sup>[7]</sup>。

(4)水平方向滤波器的模板示意图(如图2)所示。以 $n=7$ 为例,其他方向的方向滤波器模板可以通过旋转得到。滤波器模板大小为 $n \times n$ , $n$ 由指纹图像中脊线和谷线的宽度以及实验条件决定,边宽一般是3~10个像素。

(5)由于指纹是具有方向性和谷脊交替性的特殊图像,所以要根据像素点方向不同而采用不同的方向滤波模板。

这样在选取滤波模板以后,就对图像进行滤波,将整个图像分成 $\omega \times \omega_0$ 的小块,根据上面计算得到的低频指纹方向图判断每一小块的方向,采用相对应的滤波模板进行滤波。

## 四、实验验证结果

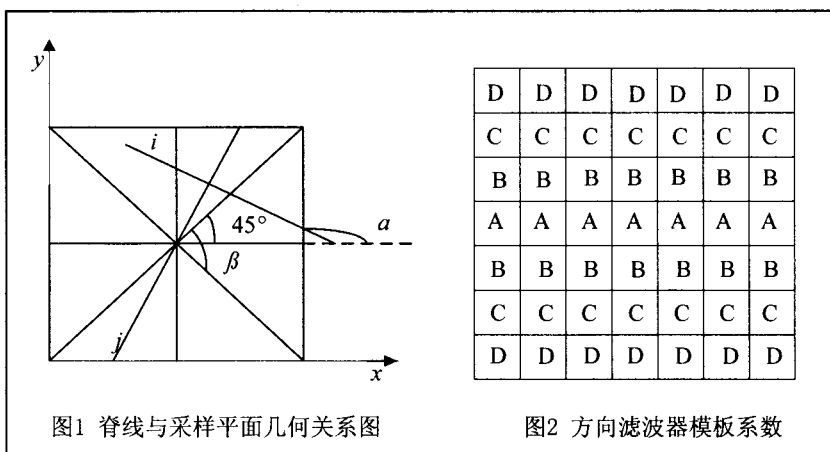
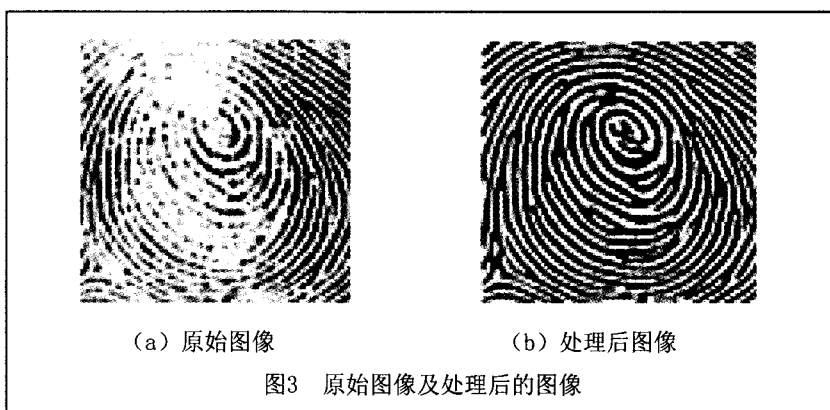


图1 脊线与采样平面几何关系图

图2 方向滤波器模板系数



(a) 原始图像

(b) 处理后图像

图3 原始图像及处理后的图像

从图3给出的实验结果来看,系统速度上满足了实际的要求,其对每帧图像的处理速度约为0.25s,且对改进的指纹预处理算法的实现能够给出较好的结果。

同时由实验的结果可以看出原始指纹图像的纹理不够清晰,亮度也不均匀;经过预处理之后,实现了连接断开的脊线,使脊线和谷线得到分离,且亮度均匀,大致体现了原指纹图像的真实纹线结构。处理后的图像可以直接用于特征点匹配。系统软件编程和调试是在Code Composer Studio 2.2 (CCS2.2)环境下完成的,代码完全由C语言实现。

## 五、结语

本文在对 DSP 以及指纹图像预处理技术的学习和掌握的基础上,合理的运用了 DM642 芯片的性能特点,完成了基于 DM642 的指纹识别系统的初步设计,并通过对指纹图像与处理算法的运行及验证,证明了系统运行稳定,图像处理效果良好,当然本系统并不完善,只是对指纹识别预处理部分进行了算法改进及验证,对识别过程中更为重要的特征提取和匹配算法的改进与实现还需要更加深入的研究。

## 参考文献:

- [1] 李方慧, 王飞, 何佩琨等. TMS320C6000系统DSPs原理与应用. 第二版. 北京:电子工业出版社, 2002.
- [2] 王旭宇等. 基于DSP的实时数字图像处理平台. 光学技术, 2004, 30(5):630-632, 636
- [3] 张锐, 吴婉兰, 吴庆宪, 等. DM642在数字图像处理系统中的应用[J]. 计算机应用与软件. 激光与红外, 2008, 25(1):211-212.
- [4] Josef Strom Bartunek, Mikael Nilsson, Jorgen Nordberg etc. Adaptive Fingerprint Binarization by Frequency Domain [J]. Analysis, Signals, Systems and Computers, 2006, Fortieth Asilomar Conference on, Oct.-Nov. 2006, 598-602.
- [5] Bazen A M, Gerez S H. Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprint [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 2002, 24(7):905-919.
- [6] O'Goman L, Nickerson J V. An approach to finger2print filter design [J]. Pattern Recognition, 1989, 22(1):29-38.
- [7] 武妍, 杨磊. 一种改进的基于方向滤波的指纹图像增强算法[J]. 华中科技大学学报, 2007, 35(2):22-25.

#### Application of DM642 in fingerprint identification system

**Abstract:** To meet the needs of modern technology and system realization, a fingerprint identification system is designed on basis of gathering and classifying information about fingerprint identification. The system uses digital signal processor DM642

from TI as core for bringing into play the advantages of EDMA in data transmission. A hardware platform of system is established which consists of management portion(including DM 642),input channels(collecting fingerprint ),output channels and human-machine communicating equipment. By running the new enhanced algorithm for fingerprint image pre-process , the conclusion is obtained that the system is good in stability and operation and the image processing speed can meet the requirements of real-time system process.

**Keywords:** EDMA; Radon transform; direction-map; direction filters

#### 作者简介:

许建, 中北大学现代教育技术与信息中心在读研究生, 研究方向: 图像处理与模式识别

地址: 山西省太原市中北大学 1064# 邮编: 030051

E-mail dzjianxu@126.com 电话: 13834508342

王福明, 中北大学现代教育技术与信息中心教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向: 结构振动信号分析与处理、设备故障诊断

读者服务卡编号 010□

(上接 40 页)

#### The optimization model of multi-sensor resource management based on information gain and target threat degree

**Abstract:** Aiming at the optimization of multi-sensor resource management for air defense warfare informatization, the multi-sensor resource management process is analyzed, and the optimization model is proposed based on the information gain and the target threat degree. Through calculating the information entropies of sensors to the goals, the maximal information gain of each sensor to each goal can be obtained. Taking it as the cost function, in view of target threat degree, the optimized assignment of the multi-sensors to the multi-goals can be implemented by using linear programming technology. The simulation results indicate the validity of the model.

**Keywords:** air defense war; multi-sensor resource management;

information gain; target threat degree

#### 作者简介:

白剑林: 陕西三原空军工程大学导弹学院博士生, 主要从事传感器管理及信息处理研究。

联系地址: 陕西三原空军工程大学导弹学院研二队(713800)

电话: 13571066447 029-84789372

E-mail:baijianlin\_2004@163.com

孙 炜: 空军工程大学导弹学院(陕西西安 713800), 空军装备研究院情报所(北京 100085)

读者服务卡编号008□