

基于 TMS320VC5402 实现指纹成像系统的应用研究^{*}

赵慧民, 蒋业文

(佛山科学技术学院机电学院, 广东 佛山 528000)

摘 要: 介绍了自动指纹识别系统的算法原理, 并说明了指纹识别系统采用 TI 的 DSP 芯片 TMS320VC5402 对指纹识别的预处理算法的编程实现。算法的实现采用了 DSP 集成开发环境 (IDE) 为 CCS 2.2。通过采用极值滤波、平滑滤波、拉普拉氏锐化、二值化、查表细化对指纹图像进行预处理, 取得了良好的试验结果。达到了 DSP 实现指纹识别预处理的研究应用目的。

关键词: 指纹识别; DSP; TMS320VC5402; CCS2.2

中图分类号: TP242 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) S1-0178-03

利用生物认证技术进行个人身份鉴定, 取代传统的使用钥匙、身份证、密码等方法, 可广泛应用于银行、机场、公安等领域的出入管理。因此生物认证技术将信息技术与生物技术相结合是本世纪最有发展潜力技术之一, 而指纹识别是其中非常有前景的一种。

数字信号处理 (DSP) 是指利用专用或通用的数字信号处理芯片, 以数字计算的方法对信号进行处理。它具有处理速度快、灵活、精确、抗干扰能力强、体积小等优点。DSP 已经成为一个新的技术领域和独立的学科体系, 当前已形成了有潜力的产业和市场。

结合研究应用的实际情况, 本文选定了 DSP 并利用 DSP 流水线编码作业与指纹识别的结合, 提出了基于 TMS320VC5402 实现指纹成像系统的研究。

1 基于 TMS320VC5402 的指纹识别系统

对于 TMS320VC5402 指纹识别处理系统来说, 可以将指纹处理过程分为 3 个阶段: ① 获取原始指纹图像后, 进行预处理阶段; ② 指纹特征点提取阶段; ③ 指纹识别分析判断阶段。

在上述 3 个阶段中, 指纹图像的预处理阶段尤为重要, 该阶段对图像处理的好坏直接关系到后面 2 个阶段工作的开展。指纹识别的流程框图如图 1 所示。

由于整个指纹识别系统的复杂性, 本文结合 TMS320VC5402 的特点, 重点研究了指纹识别预处理

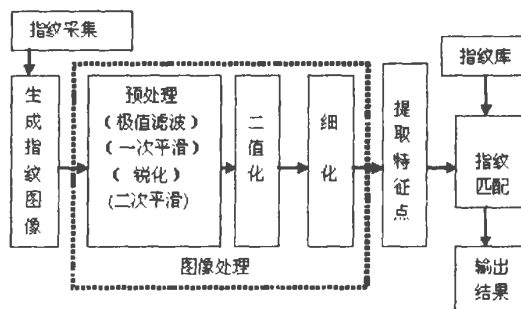


图 1 指纹识别流程框图

Fig 1 The process frame of fingerprint recognition

理算法的 DSP 流水线实现方法。该部分的工作是整个指纹识别系统中最为核心, 最为重要的部分。该部分算法的实现在 DSP 开发平台 CCS2.2 的 C5000 上模拟实现。编程语言采用 DSP 的 C 语言。在模拟的过程中, 由于一个 DSP 的 CYCLE 需要 PC 机多条指令来仿真, 还要考虑各种并行和流水线。有时一个毫秒级的程序需要耗时几十分钟。在本次设计中, 在 PC 运行很快的算法, 如平滑在 CCS2.2 运行 10 min 左右; 但这并不妨碍对指纹识别一系列算法的应用研究。

2 指纹识别算法的软件模拟实现与 DSP 编程实现

在进行硬件设计之前, 需对算法进行模拟测试, 本文充分利用了 CCS2.2 的强大模拟功能, 实现了指纹图像预处理算法的整个过程, 取得了不错的效果。

^{*} 收稿日期: 2004-01-15

作者简介: 赵慧民 (1966 年生), 男, 博士, 副教授; E-mail: zhaohuimin@tom.com

2.1 指纹图像在 CCS2.2 上的输入与输出

在设计中，采用 DSP 开发环境 CCS2.2 对指纹识别算法进行模拟验证，简述如下。

- (1) 寻找一幅指纹图像，*.bmp 格式，如 finger.bmp 指纹图像；
- (2) 用 UltraEdit 32 软件打开该 finger.bmp 指纹图像文件；
- (3) 在 UltraEdit 32 上删除 finger.bmp 的文件头共 0x436 个字节，之所以删除这么多，请查阅 256 色 *.bmp 的文件头结构。从而获得该指纹图像的数据；
- (4) 在该指纹图像的数据上面添加一个 COFF 文件的文件头。设计中，所获取的指纹图像大小为 152×152。在这里给出所添加的文件头。

```
1c 00 03 11 98 00 08 01 7f 01 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 f0 00 00 00 00 00 00 00
00 00 76 61 72 73 00 00 00 00 10 00 00 00 10 00
00 00 20 2D 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00
```

其中 20 2D 表示图像的大小为 0x2D20 字。因为对于一幅 152×152 的指纹图像，共占用 23104=0x5A40 个字节。而 DSP 上的存储单元是以字（16 位）的存储结果。所以该指纹图像的长度应该为 0x2D20 个字。

- (5) 以添加完毕后，以文件名 finger.out 保存。*.out 文件为 TI 的公共目标文件。利用 CCS 中的 File Load Data 可以将 finger.out 的指纹图像放到 DSP 的相应内存中去，本次设计中将 finger.out 存放于 DSP 的数据存储空间。
- (6) 而图像的显示可利用 CCS 中的 Image 菜单，通过设置相关选项可以观察处理前的图像与处理后的图像。本次设计中，正是利用此菜单功能，查看处理前后的指纹图像。

2.2 指纹识别预处理过程算法与 DSP 编程

指纹预处理的目的是使得指纹图像更清晰，边缘明显，以便提取指纹的特征点进行识别，其中包括了指纹的平滑、锐化、二值化等等。本文中采取了极值滤波，改进的平滑滤波进行噪声消除，而不使图像失真；采取拉普拉氏锐化对指纹进行纹线增强，突出边缘信息，为自适应阈值的迭代二值化提供方便。

2.2.1 极值滤波

解梅等^[1]认为极值滤波器的设

计是基于这样一种理念：由于在指纹图像的采集过程中，指纹图像所受到的冲击性噪声表现为一些斑点活则亮点。在一般情况下，可以认为绝大数冲击性噪声是被真实的灰度值所包围。同时噪声污染的像素要远远小于真实灰度值的像素。因此在消除噪声的过程中，无需对大多数没有被噪声污染的像素进行改变处理。只需对那些被污染的像素进行“真实值”代替处理。而这些值的确定可通过图像像素邻域的相关性来确定。在设计中，改进的极值滤波的改进算法表述如下。设有一待像素 s_0 ，其周围 8 邻域像素排列如下：

$$\begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ s_4 & s_0 & s_5 \\ s_6 & s_7 & s_8 \end{bmatrix}$$

先取邻域相关像素的均值 $A_i, i \in \{1, 2, \cdots 8\}$ ，以 4 个像素为一组处理单元。则，

$$\begin{aligned} s_0\{s_0, s_2, s_4, s_5\} \quad A_0 &= (s_0 + s_2 + s_4 + s_5) / 4 \\ s_1\{s_1, s_0, s_2, s_4\} \quad A_1 &= (s_0 + s_2 + s_4 + s_1) / 4 \\ s_2\{s_2, s_0, s_1, s_3\} \quad A_2 &= (s_0 + s_1 + s_2 + s_3) / 4 \\ s_3\{s_3, s_0, s_2, s_5\} \quad A_3 &= (s_0 + s_2 + s_3 + s_5) / 4 \\ s_4\{s_4, s_0, s_6, s_1\} \quad A_4 &= (s_0 + s_4 + s_6 + s_1) / 4 \\ s_5\{s_5, s_0, s_3, s_8\} \quad A_5 &= (s_0 + s_3 + s_5 + s_8) / 4 \\ s_6\{s_6, s_0, s_4, s_7\} \quad A_6 &= (s_0 + s_4 + s_6 + s_7) / 4 \\ s_7\{s_7, s_0, s_6, s_8\} \quad A_7 &= (s_0 + s_6 + s_7 + s_8) / 4 \\ s_8\{s_8, s_0, s_5, s_7\} \quad A_8 &= (s_0 + s_5 + s_7 + s_8) / 4 \end{aligned}$$

于是改进的极值滤波算法可表述如下：

如果 $A_0 > \max(A_i), i \in \{1, 2, \cdots 8\}$ 则：

$$\begin{aligned} s_1 &= s_2 = s_4 = s_0 = \max(A_1, A_2, A_4) \\ s_2 &= s_3 = s_5 = s_0 = \max(A_2, A_3, A_5) \\ s_4 &= s_6 = s_7 = s_0 = \max(A_4, A_6, A_7) \\ s_5 &= s_7 = s_8 = s_0 = \max(A_5, A_7, A_8) \end{aligned}$$

如果 $A_0 < \min(A_i), i \in \{1, 2, \cdots 8\}$ 则：

$$\begin{aligned} s_1 &= s_2 = s_4 = s_0 = \min(A_1, A_2, A_4) \\ s_2 &= s_3 = s_5 = s_0 = \min(A_2, A_3, A_5) \\ s_4 &= s_6 = s_7 = s_0 = \min(A_4, A_6, A_7) \\ s_5 &= s_7 = s_8 = s_0 = \min(A_5, A_7, A_8) \end{aligned}$$

如果 $\min(A_i) \leq A_i \leq \max(A_i), i \in \{1, 2, \cdots 8\}$ ，则将像素原值输出，不做处理。

实验结果表明，该方法能得到与中值滤波类似的效果，达到了初步去除噪声的目的。

3 实际指纹图像预处理效果

依据上面所述指纹识别预处理算法，通过 CCS2.2 的模拟功能，实现了指纹识别预处理的

DSP 处理, 达到了 DSP 处理指纹图像的应用目的, 结果如图 2 所示。

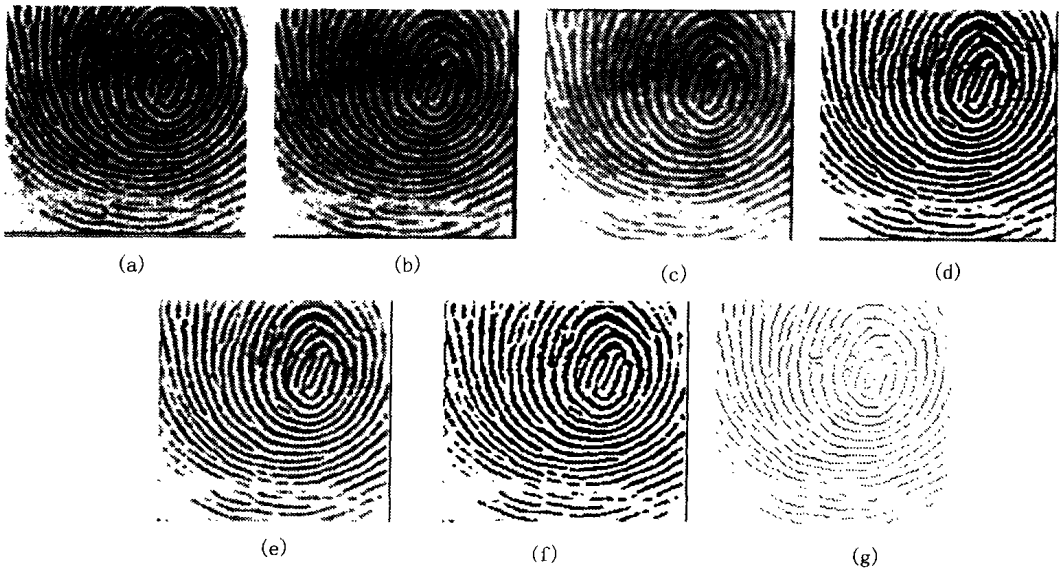


图 2 实际指纹预处理结果

Fig. 2 The results of real fingerprint preprocessing

(a) 原始指纹; (b) 极值滤波后指纹; (c) 第一次平滑后指纹; (d) 拉氏锐化后指纹;
(e) 第二次平滑后指纹; (f) 迭代阈值二值化后指纹; (g) 查表细化后指纹

4 结 论

本文针对 DSP 的 TMS320VC5402 快速、高效的特点, 采取了 DSP 集成开发环境 CCS2.2 对指纹图像进行预处理。在指纹的预处理中, 采用了解梅等^[1]所提出的改进极值滤波对指纹图像进行早期去噪处理, 并根据实验论证的结果, 提出了改进的平滑滤波卷积核对指纹图像进行一次、二次平滑处理。实验结果表明该方法能有效的处理指纹图像的加性噪声, 随机噪声。同时为了使指纹在平滑滤波后, 不至于由于平滑的作用, 丢失边缘数据。通过上述算法对指纹图像的处理, 能得到有效的指纹图

像预处理效果。达到了利用 DSP 对指纹图像进行预处理的应用目的。

参考文献:

[1] 解梅, 马争. 基于脊向指纹滤波算法[J], 电子学报, 2003, 32(1): 5—7.
[2] 姚海根. 图像处理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 268—271.
[3] 勒中鑫. 数字图像信息处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 63.
[4] CASTLEMAN K R. 数字图像处理[M]. 朱志刚, 石定机, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2002: 127, 135—137.

Research on a Fingerprint Recognition
Achievement System Based on TMS VC5402

ZHAO Hui min, JIANG Ye wen

(Department of Electronics Information Engineering, Foshan College, Guangdong Foshan 528000, China)

Abstract: This paper introduces the theorem and algorithm of automatic fingerprint recognition system, which uses the TMS320VC5402 of TI as the core chip for its capability feature to achieve the program of fingerprint recognition. The algorithm of fingerprint recognition uses the IDE that is code composer studio2.2 (CCS2.2). After preprocessing, e.g. exceedingly filter, smoothing, Laplacian sharpening, binalization, thinning, a good experiment result was obtained in this article. And the purpose of using DSP to process the previously processing of fingerprint recognition was achieved.

Key words: fingerprint recognition; DSP; TMS320VC5402; CCS2.2