

基于 MBF200 的嵌入式系统指纹预处理算法研究

龙占超, 吴 畅, 徐 俊

(华中科技大学 电子与信息工程系, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 随着指纹识别技术的不断发展以及嵌入式系统应用的日益广泛, 人们对于如何将指纹识别技术用于嵌入式系统的研究也越来越多。文中针对 MBF200 采集到的指纹图像的特点, 讨论了一种用于嵌入式系统的指纹图像预处理算法。介绍了嵌入式指纹识别系统的硬件平台, 再依据由该系统采集到的指纹图像的特点, 提出通过纹线跟踪来增强指纹图像, 并对现有的细化后纹线跟踪去伪特征算法作了改进, 调整了去伪顺序。实验表明, 该算法具有快速处理的良好效果, 满足嵌入式系统的要求。

关键词: MBF200; 嵌入式系统; 预处理; 纹线跟踪; 去伪顺序调整

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2006)02-0200-03

Research for Fingerprint Pretreatment Algorithm of Embedded System Based on MBF200

LONG Zhan-chao, WU Chang, XU Jun

(Electronics and Information Department, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the development of the fingerprint identification technology and the ubiquity of the embedded system application, the research for how to use the fingerprint identification technology in the embedded system becomes more and more. Aiming at the feature of fingerprint image acquired by MBF200, an algorithm of fingerprint image pretreatment used in embedded system is discussed in this paper. Introduce the hardware platform of the embedded fingerprint identification system, and present a method that enhances fingerprint image with track following according to the feature of fingerprint image acquired by this system, also make improvement to the current algorithm of removing spurious minutiae after thinning, viz. adjust the sequence of removing spurious minutiae. As is shown from the experiment, this algorithm has a good effect on fast treatment, and satisfies the request of embedded system.

Key words: MBF200; embedded system; pretreatment; track following; sequence of removing spurious minutiae adjustment

0 引 言

人的指纹具有唯一性和稳定性的特征, 为实现安全、方便的身份认证提供了物理条件。因此, 对指纹识别技术的研究也越来越多。随着指纹采集芯片的出现, 指纹识别技术也已经开始应用于嵌入式系统中。可以预见, 指纹识别将成为嵌入式系统应用的一个重要领域。然而, 受制于处理器的运算速度, 现有的一些指纹识别算法并不适合用于嵌入式系统。因此, 如何设计和移植适于嵌入式系统的指纹识别算法, 成为该类设计的核心问题。

文中使用的指纹识别系统是用 TMS320C5402 的 DSP 来控制 MBF200 采集指纹数据, 然后由 DSP 实现指纹识别, 该系统的结构^[1]如图 1 所示。MBF200 是 FUJITSU 公司的一款电容式固体指纹采集芯片, 它有一个 256 * 300 的传感阵列, 分辨率为 500dpi, 采到的是一幅 256 个等级的灰度图像, 其中每个像素是 8 个 bit。针对

MBF200 采集到的指纹图像的特点, 文中讨论了一种适于嵌入式系统的预处理算法。

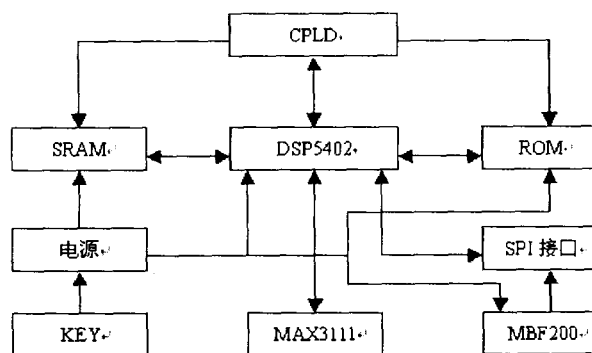


图1 指纹识别系统框图

预处理一般包括: 增强、细化和细化后的去伪特征。其中, 增强所耗费的时间在预处理乃至整个指纹识别过程中占据了很大的比例。如何在保证质量的前提下, 提高增强速度, 成为预处理算法移植到嵌入式系统中的关键问题。目前, 大多数的指纹增强算法都是基于 Gabor 滤波^[2], 并在其基础上进行改进。该类算法对于质量较差的

收稿日期: 2005-05-19

作者简介: 龙占超(1965—), 男, 湖南常德人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为指纹识别算法。

指纹图像具有很好的增强效果,但由于需要计算局部方向场、频率场和大量的模板卷积,所以运算量非常大,速度也很慢,不适于在嵌入式系统上实现。

文中针对 MBF200 采集到的指纹图像存在孤立噪声孔、噪声块的特点,提出用纹线跟踪^[3]来进行增强处理。相比 Gabor 滤波而言,由于需要处理的目标像素数量较少,处理过程也更简单,因此速度有了明显提高。同时,针对现有细化后的纹线跟踪去伪特征算法^[4,5],在用改进的 OPTA 算法^[6,7]细化后,调整了去伪顺序,减少了运算量,也提高了细化后去伪的准确性。上述算法,取得了较好的预处理效果,并大大提高了处理速度,适合移植到嵌入式系统中。

通过设置 MBF200 中的 PGC, DTR, DCR 这 3 个参数,可以使得采集到的指纹图像的纹线(黑)和背景(白)有明显的差异,便于进行二值化处理。该算法围绕二值化后的二值图像展开讨论。

1 算法原理分析

预处理是指纹识别的关键步骤,是特征提取和匹配的基础。依据图像的特点,在二值化后,用纹线跟踪的方法来增强,并在细化后,调整去伪顺序,再进行跟踪去伪,完成预处理。

1.1 纹线跟踪方法的原理分析

纹线跟踪分为 8-连接和 4-连接两种,由于这两种方法原理相同,因此在这里只介绍 8-连接方法:

假定非目标像素为白,目标像素为黑。

a. 按照一定条件,定义跟踪起始点为 P0。跟踪起始点一定是目标像素,但对于不同情况,跟踪起始点的定义可以不同。

b. 按顺时针方向对图像进行扫描,寻找符合条件的跟踪起始点 P0,然后从该像素 8 邻域中选择一个非目标像素点开始跟踪,这里假定 $d=5$ 开始跟踪(这里 d 为图 2 中的 8 邻域像素的序号,用来表示方向)。从 d 开始按逆时针方向进行 8 邻域像素点的查找,找到下一个由白变黑的边界点,记为 $d1$,再由 $d1$ 开始继续跟踪,跟踪的下一个点从以 $d1$ 为中心的 8 邻域中的 $d+1$ 开始,其中 $d=$

4	3	2
5	P0	1
6	7	8

图 2 以 P0 为中心的 8 邻域像素

$(d1+3)\%8+1$ 。重复上述步骤,直至满足跟踪结束条件,结束此次跟踪。

c. 继续寻找符合条件的跟踪起始点,返回到 b,如果没有符合条件的跟踪起始点,则整个跟踪结束。

4-连接方法在步骤 b 中把查找 8 邻域像素点改为查找 4 邻域像素点即可。

从以上原理分析可知,8-连接纹线跟踪方法可以跟踪具有 8-连接关系的若干像素。同理,4-连接方法可以跟踪具有 4-连接关系的若干像素。

1.2 原始指纹图像的特点分析

原始指纹图像的局部图如图 3 所示。



a 原始图像

b 处理后

图 3 纹线跟踪增强前后的局部指纹图像

由图 3a 可见,指纹图像存在大量孤立的噪声孔、噪声块,同时纹线的粗细不均。二值化后,这些特征依然存在。如果不经处理而直接细化,噪声孔、噪声块会在细化后形成小孔和孤立短线、孤立点,粗细不均的纹线在细化的时候则会形成毛刺、纹线交叉,因此会产生大量的伪特征。

Gabor 滤波依据纹线局部的特性,可以很好地去除这些孤立噪声孔、噪声块,并使纹线变的比较均匀,但它涉及的运算量非常大,处理速度很慢。文中针对孤立噪声孔、噪声块的特点,采用纹线跟踪的方法处理,不仅处理速度快,而且同样具有很好的效果。

对于孤立噪声孔,观察发现,形成这些孤立噪声孔的像素具有以下特点:

a. 定义形成一个孤立噪声孔的全部像素(白)为一个集合 S ,则 S 中的像素两两都是 4-连通的。

b. 对于 S 中的任一像素(白),它的 8 邻域中的像素(黑)的个数不少于 4。

c. 按照 4-连接关系, S 中的像素(白)均被外部像素(黑)隔离开,与其他 S 之外的像素(白)是互不连通的。

依据上述特点,采用 4-连接纹线跟踪算法,按照特点 b 的条件定义跟踪起始点,并设置适当的结束条件,就可以跟踪并消除孤立噪声孔。

孤立噪声块也具有与孤立噪声孔同样的特点。但是,对于像素(黑),在填充为像素(白)时,由于必须保证纹线连接性不被破坏,故对于孤立噪声块的定义更严格,必须使 8-连接条件下 S 中的像素(黑)与外部像素(黑)互不连通。因此,对于孤立噪声块的消除,是采用 8-连接纹线跟踪算法。

经过上述处理,消除了孤立噪声孔、噪声块,提高了指纹图像的质量,如图 3b 所示,在细化后就不会产生小孔、孤立短线和孤立点,从而大大减少了伪特征。

对于纹线粗细不均将导致的伪特征,则在细化以后解决。

1.3 细化后指纹图像的特点分析

对于经上述增强处理得到的指纹图像,采用改进的 OPTA 算法细化。由于算法本身的原因和纹线粗细不均,使得细化后的指纹图像会产生大量毛刺及少量纹线交叉,如图 4a 所示。

细化后指纹图像为单像素宽,像素之间是 8-连接

的,而毛刺和纹线交叉的长度有限,故采用 8-连接纹线跟踪算法来判断并去除毛刺、纹线交叉。

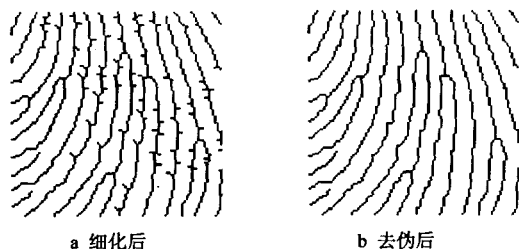


图 4 细化及去伪后的指纹图像

现有的纹线跟踪去伪算法,是对所有像素点按顺序循环搜索一次,找到分叉点,然后从它的 3 个方向同时进行跟踪判断并去伪。文中对于跟踪去伪顺序作了调整,采用的是对所有像素点按顺序循环搜索 8 次,每次只在一个方向上进行跟踪判断并去伪。实验证明,这样处理,不仅运算量更小,而且准确性更高。分析如下:

a. 运算量的比较。

一个分叉点,必然对应 3 个分支方向,则所有分叉点的分支方向必然是对应分布在 8 邻域方向上。对于伪分叉点,有 1 个伪分支,有 2 个真分支。对于真分叉点,有 3 个真分支。对所有伪分叉点,将其按照伪分支方向分类,则按照伪分支方向的不同,可以分为 8 类,设每一类的伪分叉点数为 $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8$ 。对所有真分叉点,设其总数为 n_0 。

(整个处理) = (所有像素不带操作的循环) + (循环内的跟踪操作)

现有算法的运算量:需要跟踪 $(n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8 + n_0) * 3$ 次所有像素做不带操作的循环 1 次。

调整顺序的运算量:需要跟踪 $(n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8) + n_0 * 3$ 次所有像素做不带操作的循环 8 次。

实验证明,在分叉点很多的情况下,循环内的跟踪操作的时间,远大于所有像素不带操作循环的时间。因此,显然调整后运算量更小,速度更快。

b. 准确性的比较。

对于个别情况,现有的纹线跟踪去伪算法会导致错误。而调整了去伪顺序后,可以避免这种错误。说明如下:

如果在一个较短的指纹纹线中间有一个毛刺,如图 5a 所示,从分叉点出发,则可能 3 个分支方向的像素长度均在跟踪步长内,从而都会被消除,于是出现了错误。而调整了顺序后,由于一次只跟踪一个方向,则当前只有一个方向会被消除,同时,这个伪分叉点也将不复存在,不会在下一次被跟踪到,因此这条纹线就被正确地保留了。通常形成水平或垂直毛刺的可能性更大,依据这一特点,先进行这些方向的跟踪,准确性则会提高。

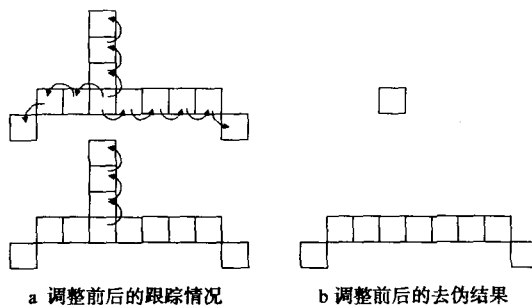


图 5 跟踪去伪顺序调整前后的跟踪情况比较

2 实验结果

文中所讨论的算法,均在 PC 上用 MATLAB 仿真通过,且采用 DSP 的 C 语言来进行嵌入式系统的算法移植。对原始指纹图像进行预处理,PC 上的仿真实验结果如图 6 所示。



图 6 指纹图像预处理的不同阶段比较

3 结 论

文中提出的预处理算法,用纹线跟踪来做增强处理,有效地去除了孤立噪声孔、噪声块,相比 Gabor 滤波而言,在处理速度上有了很大的提高,同时在现有的细化后纹线跟踪去伪算法的基础上,采用调整去伪顺序的方法,不仅减少了运算量,而且提高了准确性。实验证明,该算法速度很快,且有良好的处理效果,适合于移植到嵌入式系统中。

参考文献:

- [1] 徐俊,龙占超. MBF200 在指纹采集系统中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005(2): 40-42.

(下转第 205 页)

明文字,生成完整的索引文件。实际操作时,首先应将所有制作好的库图像放到同一目录下。

下表是一个完整的化石索引文件的例子(hs.idx):

HS1. BMP,化石(未分)
HS2. BMP,生物碎片
HS3. BMP,有孔虫
HS4. BMP,蜓
HS5. BMP,海绵
HS6. BMP,古杯
HS7. BMP,单体珊瑚
HS8. BMP,群体珊瑚
HS9. BMP,苔藓
HS10. BMP,腕足
HS11. BMP,腹足
HS12. BMP,双壳
HS13. BMP,菊石
HS14. BMP,三叶虫
HS15. BMP,介形虫
HS16. BMP,棘皮
HS17. BMP,笔石
HS18. BMP,层孔虫
HS19. BMP,藻类
HS20. BMP,植物
HS21. BMP,脊椎动物
HS22. BMP,遗迹化石
HS23. BMP,鱼类
HS24. BMP,无脊椎动物化石
HS25. BMP,藻类化石
HS26. BMP,孢粉及微古化石
HS27. BMP,人类活动遗迹地点
HS28. BMP,古陶器
HS29. BMP,石器产地

符号的制作,一般以 32×32 像素为大小制作,然后建库。特殊符号可依比例大小设定。由于每个人的作图习惯不一致,用户完全可以根据自己最适合的方式建库。

6 小 结

野外素描模块的功能特点可归纳如下:

(上接第 202 页)

- [2] Lin Hong, Wan Yifei, Jain A. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(8): 777-789.
- [3] 谷口庆治. 数字图像处理基础篇[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [4] 刘文星, 王肇圻, 母国光. 纹线跟踪及其在细化指纹后处理中的应用[J]. 光电子·激光, 2002, 13(2): 184-187.

(1) 针对野外素描图绘制特点, 利用 Windows 的画图工具进行二次开发, 形成了基于栅格的绘图环境, 便于绘制流畅的素描曲线(见图 5)。另选配了小巧的手写板和手写笔, 方便野外携带, 同时使得系统操作更符合平时的书写习惯。

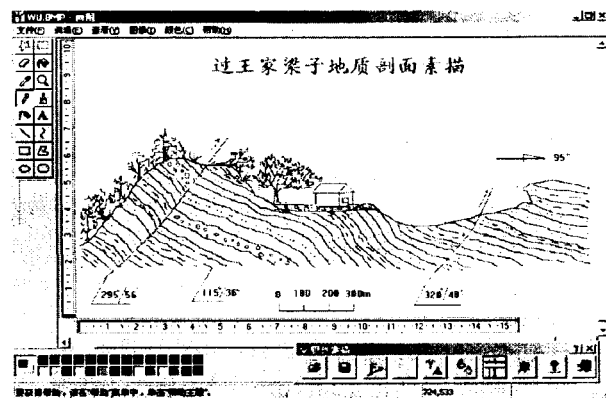


图 5 野外素描图示意图

(2) 为方便作图, 特制作了一个可随时调用的图例符号库。该库包括构造符号、岩性符号、矿物化石符号及作图常规符号 4 大类 100 余种符号。并且各符号库可根据实际情况随时增删。

(3) 实现了本模块与 GIS 系统的集成, 可随时在相应素描点处调出使用。绘制出的素描图可与相应素描点建立热连接, 供使用者随时调出观察与分析。

对于已经用手工绘制的素描图, 也可在室内扫描输入, 再入库建立素描点关联关系。

参考文献:

- [1] 地质部普查委员会. 普查须知[M]. 北京: 地质出版社, 1955.
- [2] 翟建山. 野外地质素描图的计算机处理[J]. 中国煤炭, 2000, 26(4): 26-27.
- [3] 吴冲龙, 汪新庆, 刘 刚. 地质矿产点源信息系统设计原理与应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [4] 袁艳斌, 韩志军, 刘 刚. 基于 GIS 的 1:5 万区调野外空间数据快速采集技术[J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 348-352.
- [5] 刘 刚, 韩志军. 基于 VB 的数字浮动标尺开发方法[J]. 微机发展, 2000, 10(1): 48-50.

- [5] 王芙蓉, 罗 源, 胡佳曦. 指纹图的特征增强与去伪的分级处理算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(6): 1-3.
- [6] 王业琳, 宁新宝, 尹义龙. 指纹图像细化算法的研究[M]. 南京大学学报(自然科学版), 2003, 39(4): 468-475.
- [7] 冯星奎, 李林艳, 颜组泉. 一种新的指纹图像细化算法[J]. 中国图像图形学报, 1999, 4A(10): 835-838.