

文章编号:1672-058X(2011)06-0598-04

一种基于 CCD 的嵌入式虹膜识别系统设计

朱超平

(重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院,重庆 400067)

摘要:通过普通摄像头得到的虹膜图像的纹理通常是模糊的,不能直接用于虹膜识别;先对虹膜图像获取、内外边缘定位,然后采用基于 B 样条的 FFD 模型对图像进行配准,采用小波变换对图像进行融合,然后对图像进行二值化和特征提取处理;对虹膜识别中的算法进行改进,提出了一种嵌入式虹膜识别算法,对该算法的实验表明,算法运算速度快,精度高,性能稳定,适合在嵌入式系统中应用。

关键词:虹膜图像;虹膜识别;嵌入式系统

中图分类号:TP216

文献标志码:A

在各种生物识别技术中,虹膜识别技术是目前生物检测学中研究最深入、应用最广泛、最有前景的一种识别技术。它通过分析虹膜的纹理特征,从中抽取详尽的、人体独一无二的特征点进行识别,具有极高的安全性、实用性、可行性^[1]。一个完整的虹膜识别算法由图像采集、质量评估、图像配准,图像预处理、增强和特征提取等步骤,分别实现定位、归一化、展开、二值化、增强处理、特征值提取和编码等功能。这些算法在嵌入式系统中应用均存在资源占用大,运算量大,速度慢等缺点。在此提出了一种适用于普通摄像头的嵌入式系统的虹膜识别算法。

1 虹膜图像处理

通过普通的摄像头得到的虹膜图像常常出现模糊等问题,不能直接用于虹膜识别,需要通过图像融合来清晰化图像,以便获得更为丰富的图像信息。虹膜是位于黑色瞳孔与白色巩膜之间的环状组织,其内外边缘可以近似的看作圆形,但是这两个圆并不是同心的。根据这些特点,其预处理的具体步骤是首先使用阈值分割来提取内外两个圆的轮廓,然后根据这个轮廓再使用 HOUGH 变换提取出。

1.1 虹膜内边缘的确定

通过普通摄像头采集到的虹膜图像,阈值分割可初步地将瞳孔分割出来,但考虑到算法的抗干扰能力,应对不同光照情况下阈值分割图像的差异情况予以充分考虑,对于光照均匀程度所带来的噪声与干扰也能够很好处理。在此对阈值分割后的图像进行精确取点,然后采用 Hough 变换来确定圆的圆心和半径。

Hough 变换是对图像进行某种形式的坐标变换,把原始图像中给定形状的曲线或直线的检测问题变成寻找变换空间的峰点问题,也即把检测整体特性变成检测局部特性的问题。

用向量 \vec{C} 表示 $a-b-r$ 极坐标空间中的点(a, b 为图像中心点, r 为半径),则图像中圆(a_i, b_i, r_i)上的点组对应于 $a-b-r$ 空间中的向量 \vec{C} 。在图像中选取 N 个点组,得到包括 $\vec{C}_0, \vec{C}_1, \dots, \vec{C}_{N-1}$, N 组来自同一圆上的点组对应的向量相同,向量组中不同编号的向量可能相同。向量组中出现次数最多的向量就是图像中圆的参量。用数组 $P[n]$ ($n=0, \dots, N-1$) 表示向量组中向量 \vec{C}_i ($0 \leq i \leq N-1$) 出现的次数,则有:

$$P[n] = \sum_{i=0, i \neq n}^{N-1} k_i \quad (1)$$

收稿日期:2011-03-20;修回日期:2011-04-15.

作者简介:朱超平(1977-),男,四川邻水人,讲师,从事组件技术和嵌入式系统研究.

式(1)中若 $\vec{C}_i = \vec{C}_n$, 则 $kk = 1$, 若 $\vec{C}_i \neq \vec{C}_n$, 则 $kk = 0$ 。由此可得出 $P[n]$, 即图像中圆的参量值。根据实际应用, 把 $KK = 1$ 的条件改为: $|\vec{C}_i - \vec{C}_n| = \delta$, δ 为一微小增量。

1.2 虹膜外边缘的确定

虹膜环量积分算子是检测虹膜外边缘的一种有效手段。为了克服虹膜文理对环量线积分的影响, Daugman 算法采用编码公式:

$$h\{\text{Re}, \text{Im}\} = \text{sgn}\{\text{Re}, \text{Im}\} \iint_{\rho\phi} I(\rho, \phi) e^{-i\omega(\theta_0 - \phi)} \cdot e^{-(r_0 - \rho)^2 / \alpha^2} \cdot e^{(\theta_0 - \phi^2) / \beta^2} \rho d\rho d\phi \quad (2)$$

式(2)中: $h\{\text{Re}, \text{Im}\}$ 可看作比特的复值表示, 其实部和虚部均为 0 或 1; $I(\rho, \phi)$ 为原始图像的极坐标表示, α , β 为多尺度小波参数; ω 为频率; $(\rho_0 - \theta_0)$ 为当前变换区域中心的极坐标。

在实际嵌入式开发中, 将算法式(2)改为将环量线积分求 $r_0 - t/2 < r < r_0 + t/2$ 的圆状区域的面积分:

$$\max(r, x_0, y_0) \left| \frac{\partial}{\partial r_0} G(r_0) \times \left[\int_{r_0 - t/2}^{r_0 + t/2} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{\pi(r_0 + t/2)^2 - \pi(r_0 - t/2)^2} ds dr \right] \right| \quad (3)$$

经离散化处理可得:

$$\max(r, x_0, y_0) \left| \frac{1}{\Delta r} \sum_k \{ [G_0((n - k)t) - G_0((n - k - 1)t)] \right. \\ \left. \sum_l \sum_m I\{l(kt + l\Delta t) \cos(m\Delta\theta) + x_c, l[(kt + l\Delta t) \sin(m\Delta\theta) + y_c]\} \right| \quad (4)$$

式(4)中: Δt , $\Delta\theta$ 分别为 t , θ 增长的步长; n , k , l 和 m 分别为求卷积时高斯函数的中心、圆环中心和圆环的宽度、旋转角度等参数的增量。

本算法充分利用已求得的瞳孔中心的位置参量, 假设虹膜外边缘的圆心和瞳孔中心相差 N ($N = 1, 2, 3, \dots$) 个像素, 这样整个区域内的搜索简化为 $N \times N$ 的矩阵区域内进行搜索, 算法的复杂度和精度由 N 的取值来确定, 经过这样的假后, 将减少算法的运算时间和运算复杂度^[2]。

为了进一步减少系统搜索的开销, 在此提出一种两步搜索的方法:

(1) 粗搜索半径。设点 (x_c, y_c) 为搜索点, 以 t 为半径增量, 依次计算式(3)所示的环量面积分算子, 在搜索空间内求得通过环量面积分的最大值, 初步确定圆心和半径 (x_c, y_c, r_0) 。

(2) 精确搜索圆半径。再以 (x_c, y_c) 为圆心, 在 $r_0 - t/2 < r < r_0 + t/2$ 区域内使用式(2)精确搜索, 确定圆的精确大小。

1.3 虹膜图像配标

采用基于 B 样条的 FFD 配准算法是一种基于参数模型的配准方法, 其核心思想是: 变形操作是作用于物体所嵌入的变形空间, 而不是直接作用于物体; 如果变形空间被改变了, 则嵌入其中的物体自然随之改变。该模型是通过操纵分布在图像区域上的控制点网格来完成非线性变形的。

控制点网络的分辨率确定了变形的自由度, 大间距的控制点能够模拟全局的非线性变形, 小间距的控制点可以模拟高度的局部变形, 但是小间距的精细网格的计算复杂度很大。为了在非线形变形程度和计算代价之间达成最好的折中, 可以采用分级多分辨率方法, 控制网络的分辨率随图像分辨率由粗到细。最后采用梯度下降法优化参数。

标准的非参数方法是最小化下面的目标函数:

$$E(u) = D(I, Ju; u) + \omega \|\Delta u\|^2 \quad (5)$$

其中 $D(I, Ju; u)$ 是图像 I 和 J 之间的相似性测度, u 将 J 其到 I 的位移场。调整位移函数的方法主要有标准的曲率法和基于梯度的调整。

1.4 图像融合

完成配准工作后, 再进行图像融合。对配准后的图像采用小波变换进行融合, 其中小波基函数为 DB 小波^[3]。

1.5 虹膜图像的展开

为了便于对虹膜图片分析, 一般的系统中都要将其展开成矩形。展开的过程中, 必然会出现新的图像

中某些点无法与原图像中的点进行匹配的情况,通常情况下应进行插值处理,在此中采取双线性内插法。使用极坐标的优点是眼睛旋转的变化,可转变为 θ 方向的平移。

1.6 虹膜图像的二值化

由于设备的原因,使得虹膜图像上的光照不能完全按均匀分布,这样将会影响纹理分析的效果,为了更好地提高识别效果,对展开后的虹膜图像进行局部的直方图均衡化,从而实现图像的增强,减少非均匀光照的影响。提取边缘后的虹膜图像经归一化后,采用高斯拉普拉斯算子进行二值化,再由数学形态学处理,确定出特征点。

1.7 图像特征提取与匹配

采用 Daunman 的二维 Gabor 复小波所具有的较好方向和频率选择性进行虹膜图像的纹理特征提取, Daunman 采用汉明距的方法来进行特征匹配。汉明距为:

$$HD = \frac{1}{N} \sum (codeA \otimes codeB) \quad (6)$$

式(6)中: N 为编码长度,取值为 $720 * 50$, $codeA$ 和 $codeB$ 为分别为虹膜特征码 A 和 B 的第 j 位编码; \otimes 为“异或”运算,当 A 和 B 对应的码字相同时(都是 1 或 0),则异或值为 0; A 和 B 对应的码字不同时,则异或值为 1^[4]。

对于来自同一个虹膜的两幅图像 HD 较小;来自不同虹膜的两幅图像 HD 较大。

实际操作时,由于噪声影响及前面处理过程中不可避免地会引入误差,故在匹配决策时,需设定一个阈值,小于此阈值的两幅图像则认为属于同一个虹膜;反之,则认为属于不同的虹膜。

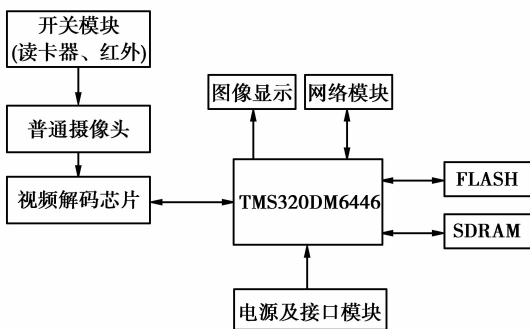


图 1 硬件电路结构框图

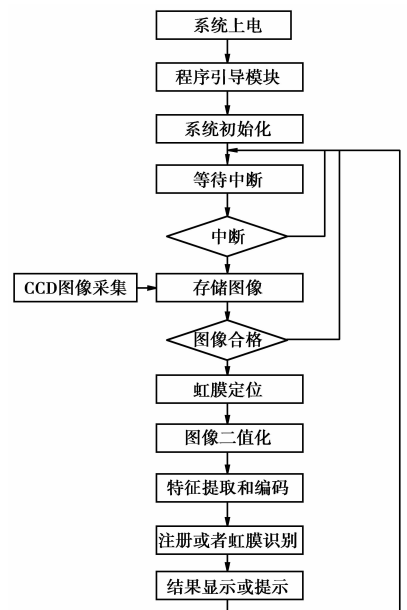


图 2 算法流程图

2 虹膜识别系统的组成

基于 TMS320DM6446 型的 DSP 虹膜识别系统的硬件电路主要包括: TMS320DM6446 DSP 处理器、普通摄像头、FLASH 和 SDRAM 存储接口、LCD 显示器和网络模块接口电路^[5]。硬件结构框图如图 1 所示。摄像头采用普通摄像头,对采集到的图像进行定位,并利用基于 B 样条 FFD 模型配准的虹膜图像融合,然后 TMS320DM6446 进行展开和二值化处理,最后对图像进行特征提取,和存在 FLASH 的虹膜图像进行比对,如果本地虹膜库没有,通过网络模块查找远程虹膜库^[6]。

3 软件设计

系统上电后,DSP 程序引导模块开始加载程序,初始化模块将对系统片内外设及片外设备进行初始化配置,数据传输控制模块主要负责数据的实时传输,保证数据的完整性;数据处理模块主要负责对前面采集的数据进行预处理,通过网络模块接口,实现与远程服务器间的数据通信。系统主程序运行在 DSP 中,完成虹膜图像处理的全部算法,其过程是:先用摄像头拍摄眼睛图像,然后进行图像预处理(虹膜定位、融合,增强等),再对虹膜特征进行分析,与存储的虹膜特征进行模式匹配,最后得出识别结果如图 2 所示。在这过程中,虹膜定位、虹膜融合和特征分析是重要的部分。对理论算法的复杂度优化和平衡嵌入式系统有限的硬件资源,使本系统具有较好的可用性和实用性。

4 结 论

在此针对实时虹膜识别技术的应用提出了一种基于普通摄像头的嵌入式虹膜识别系统,重点研究了通过普通摄像头获取图像以后,对图像内外边缘定位,利用基于 B 样条 FFD 模型配准的虹膜图像融合,得到合格的图像。在此基础之上,对图像进行归一化、增强处理,并优化虹膜特征提取算法,提高算法运算速度和识别精度。基于这种虹膜识别算法开发的嵌入式虹膜识别系统具有体积小、功耗低、稳定性高等特点,具有很好的实用价值。

参考文献:

- [1] 刘铁根. 嵌入式图像检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,2008
- [2] 孙弋,丁睿,陈晔. 基于虹膜识别技术的嵌入式信息采集系统的设计[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2010,22(4):448-449
- [3] GAUGM AN J G. Wavelet demodulation codes, statistical independence, and pattern recognition, Institute of mathematics and its application[C]. London, Horwood, Proc 2nd IMAIP, 2000:244-260
- [4] PARK K R, KIM J. A real time focusing algorithm for iris recognition camera [J]. Systems, Man, and Cybernetics, PartC: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 2005, 35(3):441-444
- [5] 陈颖,王军华,陆亨立. 基于 DSP 的虹膜识别系统设计[J]. 微计算机信息, 2006, (22)2:148-149
- [6] 贺代春. 基于对称分形的虹膜图像压缩算法[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版, 2009(5):477-479

Design and Implementation of Embedded Iris Recognition System Based on CCD

ZHU Chao-ping

(School of Computer Science and Information Engineering,
Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The textures of iris images taken by an ordinary camera are usually blurred and can not be directly used for iris recognition. Firstly, iris images are taken and inside and outside edges are positioned, then FED Model based on B-spline is used to register the images and wavelet transform is used for image fusion, then the images are processed by binaryzation and feature extraction. This paper improves the algorithm for iris recognition and proposes embedded iris recognition algorithm. The experiment on this algorithm shows that the arithmetic speed of the algorithm is rapid, highly accurate and stable and that this system is fit for being used in embedded system.

Key words: iris image; iris recognition; imbedded system

责任编辑:代小红