

基于纹理结构的指纹匹配算法

王水鱼, 刘武

(西安理工大学 自动化与信息工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 为克服传统细节点匹配模型的不足,对指纹的纹理结构进行了分析,利用指纹纹线的不同结构作为指纹图像的特征。提出了一套基于指纹纹线轮廓的特征提取和匹配算法,并且采用了分步匹配,减少了拒判时间,该算法具有平移、旋转不变性。由于利用了指纹的结构信息,对低质量指纹图像有一定的适应度。实验结果表明,该算法具有相当高的识别率和较强的鲁棒性。

关键词: 纹理结构;特征匹配;分步匹配

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)02-0045-02

Algorithm of fingerprint matching based on texture structure

Wang Shuiyu, Liu Wu

(Faculty of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Texture structure of fingerprint is analyzed to overcome the drawback of traditional minutiae matching model and the feature of fingerprint image is described by using the different ridge structure. An algorithm of feature extraction and matching based on fingerprint ridge contour is proposed, and this method which using step-by-step match reduces the time refused to sentence and has the transition and invariance. The algorithm has a certain degree on the fingerprint image result from the structure information of fingerprint. The experimental results show that the proposed algorithm has a high recognition rate and robustness.

Key words: texture structure; feature matching; matching step-by-step

自动指纹识别系统(AFIS)一般包括指纹图像采集、指纹图像增强、特征提取和特征匹配几部分,其中,特征提取和匹配在整个系统中占有很重要的地位。目前,大多采用基于细节点的匹配模型,这种方法用细节特征来表示指纹图像,具有存储量小、算法简单、匹配速度快等特点,但仅对质量较好的图像有很好的效果,并且只利用了指纹的局部特征,没有利用指纹丰富的结构信息,忽略了大量可用于识别的宏观特性。由于指纹是一个纹理图像,其方向场稳定、规律,蕴含了纹线的轨迹、曲率等重要信息,受变形噪声等因素的影响较小,因此本文利用指纹纹线的结构信息,提出了一套基于纹线结构的特征提取和匹配算法。

1 图像预处理

指纹图像的预处理包括图像分割、图像增强、二值化、细化等环节,可以使其纹线结构清晰化,尽量突出和保留固有的特征信息,避免产生伪特征信息,得到指纹图像的纹理图。

由于噪声和边界的影响,经过预处理后的指纹纹理

图像中有些纹线是孤立的或分小段连续的,而这些纹线不属于指纹的有效纹线结构,因此,可以将这两种断开的纹线连接起来组成连续的纹线。算法如下:如果两条纹线段A和B之间是断开的,但纹线A的端点 (X_a, Y_a) 在纹线B的端点 (X_b, Y_b) 的邻域内(一般取 7×7 的邻域),就认为这两条纹线有可能合并为一条纹线,是否能合并为一条纹线取决于这两条纹线在各自端点处的斜率 k 是否相等。以计算纹线A在端点处的斜率 k 为例,其计算如下:

$$k = \arctan\left(\frac{Y_{a+k} - Y_a}{X_{a+k} - X_a}\right) \quad (1)$$

其中 (X_{a+k}, Y_{a+k}) 是纹线A上以 (X_a, Y_a) 为起点的第 K 个点, K 值一般较小($K=4$),如果 $|k_a - k_b| \leq \theta_d$ (θ_d 为阈值),则可以将纹线A和B的端点用平滑的线连接起来,完成对纹线的修正。

2 选择脊线并采样

一幅指纹图像中有20~30个分叉点,模板指纹图像和待识别指纹若有13个以上的分叉点对应匹配,则可

《微型机与应用》2011年第30卷第2期

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

以认为两幅指纹图像匹配。如果有分叉点所在的脊线匹配,则认为分叉点对应匹配,即两幅指纹图像匹配。在此选择分叉点所在的脊线进行匹配,主要基于以下两点考虑:第一,如果对所有脊线均进行离散采样,就会使算法较为复杂和繁琐,存储的数据量较大;第二,考虑到从指纹图像中提取的分叉点可信度要高于端点,所以选择分叉点所在脊线进行离散采样。脊线采样点示意图如图1所示。

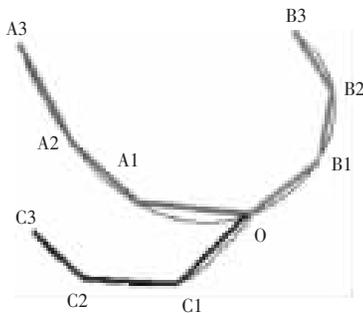


图1 脊线采样

采样过程如下:O点为脊线分叉点,沿着分叉点所在的两条脊线分别进行采样,每隔D个像素点采样一次,并记录采样点坐标。A1、A2、A3、B1、B2、B3、C1、C2、C3分别是三条脊线上的采样点。由图1可以看出采样间隔越小越接近真实脊线,若间隔D=1则可恢复原脊线,但采样间隔越小数据量越大,故在此选择D=5。

3 特征提取

3.1 脊线特征

以分叉点为标准点,计算出第k+1个采样点和第k个采样点所在直线与第k个采样点和第k-1个采样点所在直线的夹角 θ_k ,故由 θ_k 和D值唯一确定第k+1个点,依次可以确定唯一的脊线,所以将 θ_k 作为整条脊线的特征,如图2所示。

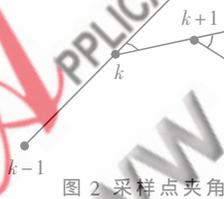


图2 采样点夹角

3.2 分叉点特征

分叉点脊线夹角如图3所示。

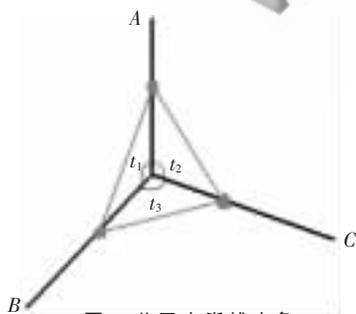


图3 分叉点脊线夹角

图中A(x_a, y_a)、B(x_b, y_b)、C(x_c, y_c)分别是每条脊线上的第一个采样点,则(x_i, y_i)相对于X轴的夹角为:

$$k = \arctan \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \quad (2)$$

三个夹角分别定义为:

$t_1 = |k_B - k_A|$, $t_2 = |k_C - k_B|$, $t_3 = |k_A - k_C|$,并将 t_1 、 t_2 、 t_3 从大到小排列。在此假定 t_1 、 t_2 、 t_3 是按大小排列的,则三个夹角存在如下关系:

$$t_1 > t_2 > t_3, \sum_{k=1}^3 t_k = 2\pi$$

对其他分叉点做同样的处理,将 t_1 、 t_2 、 t_3 作为分叉点特征进行指纹的初匹配。

对于分叉点t的第一条纹线以以下形式进行存储:($t_1, t_2, t_3; t_1\theta_1, t_1\theta_2, t_1\theta_3, \dots, t_1\theta_n$);对于分叉点t的第二条纹线以以下形式进行存储:($t_1, t_2, t_3; t_2\theta_1, t_2\theta_2, t_2\theta_3, \dots, t_2\theta_m$);对于分叉点t的第三条纹线以以下形式进行存储:($t_1, t_2, t_3; t_3\theta_1, t_3\theta_2, t_3\theta_3, \dots, t_3\theta_n$)。

4 匹配

4.1 初匹配

用模板中的分叉点信息和待匹配指纹图中的分叉点信息先进行初匹配。如果在待匹配图像中有一点分叉点p与t点满足:

$$\sum_{k=1}^3 |p_k - t_k| \leq \text{threshold} \quad (3)$$

则认为p点与t点初步匹配。

若两幅图像中匹配的分叉点个数小于阈值Q,则可以判定两枚指纹不匹配;如果匹配的分叉点个数大于阈值Q,则进入脊线匹配阶段。如此采用两次匹配可以减少拒判时间。

4.2 脊线匹配

若通过了初匹配,则继续对p点和t点的三条脊线进行匹配。为了保证更高的准确性,两条匹配脊线的长度不能相差过大,设定 $|n_p - n_t| \leq 1/3 \min(n_p, n_t)$ 为判断条件,若不满足则放弃对此条脊线的匹配。

对p点和t点的三条脊线进行匹配。

第一条对应脊线: $|p_1\theta_k - t_1\theta_k| < \phi \quad k=1, 2, \dots, \min(n_p, n_t)$

第二条对应脊线: $|p_2\theta_k - t_2\theta_k| < \phi \quad k=1, 2, \dots, \min(m_p, m_t)$

第三条对应脊线: $|p_3\theta_k - t_3\theta_k| < \phi \quad k=1, 2, \dots, \min(u_p, u_t)$

统计每条脊线上符合上述条件的采样点的数目n,若 $n/m \geq T$ (T为设定的阈值),则认为此脊线对匹配,重复以上步骤,统计纹线匹配对的数量M,若 $M/N \geq Q$ (N是参与匹配的所有纹线数量)则可以判定这两幅指纹图像是匹配的。

5 实验结果

一个自动指纹识别系统的性能评价参数有:识别速度、正确率CR(Correct Rate)、误识率FAR(False Accepted Rate)和拒识率FRR(False Reject Rate)。其计算公式分别为:

$FAR = \text{不该识别而识别的次数} / \text{匹配总次数}$;

$FRR = \text{该识别而没有识别的次数} / \text{匹配总次数}$;

$$CR=1-(FAR+FRR);$$

FAR 和 FRR 是相互矛盾的, 当 FAR 增大时 FRR 就会减小。对于不同的系统需求, 可通过改变判决阈值来满足。

为了验证本文算法的有效性, 采用 FVC2002 公布的指纹库进行实验。该数据库包含了 800 枚灰度指纹图像, 图像来自 100 个不同的手指, 每个手指有 8 个采样图像。本文实测总数为 $[(8 \times 7) / 2] \times 100 = 2800$ 次, 得到的实验结果识别率为 97.74%, 误识率为 0.36%, 拒识率为 1.9%, 并且相对于直接匹配算法本算法减少了拒判时间。实验结果证明了该算法的有效性。

本文在研究前人算法的基础上, 利用指纹纹线的结构特征来表示指纹图像, 由于利用了指纹的结构信息, 弥补了传统的利用细节点方法进行匹配的缺陷, 克服了图像平移和旋转所带来的影响, 对低质量图像表现出了很好的适应性, 并且采用了分步匹配, 减少了拒判时间, 综合了多种判别条件, 在一定程度上降低了拒识率。通过与传统算法的比较, 本算法在整体上表现出了很好的鲁棒性, 但是如果指纹粘连和断裂很多, 对纹理结构影响很大时, 该算法的识别率会有所下降, 所以提高抗噪和抗干扰能力是需要进一步研究的内容。

参考文献

[1] 张洪光, 刘雪梅. 指纹识别中的一种局部向量匹配算法

[J]. 计算机工程, 2002, 28(4): 106-108.

- [2] 范俐捷, 王岩飞, 高鑫. 一种新的基于灰度的图像匹配方法[J]. 微计算机信息, 2007, 23(10-3): 296-297, 8.
- [3] 尹义龙, 宁新宝, 张晓梅, 等. 一种基于纹线相似度的指纹匹配算法[J]. 模式识别与人工智能, 2002, 15(4): 502-506.
- [4] 孟祥萍, 武增光, 赵玉兰. 基于纹理结构的指纹识别算法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(13): 3136-3138.
- [5] 罗西平, 田捷. 自动指纹识别中的图像增强和细节匹配算法[J]. 软件学报, 2002, 13(5): 942-956.
- [6] CHEN Z, KUO C H. A topology-based matching-algorithm fingerprint authentication[J]. IEEE International Carhanan Conference on Security Technology, 1991, 31(2): 84-87.
- [7] 王秋平. 自动指纹识别系统的研究与实现[D]. 扬州: 扬州大学, 2006: 45-48.

(收稿日期: 2010-10-25)

作者简介:

王水鱼, 男, 1958 年生, 教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向: 电路与系统、信号采集系统与电子测量技术。

刘武, 男, 1986 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理与指纹识别。