

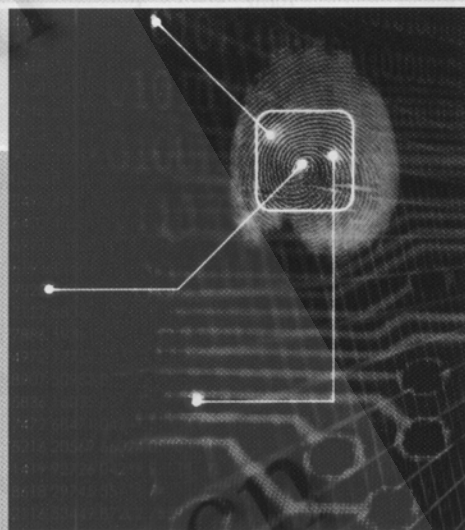
指纹识别方法及其应用

Method to Identify Fingerprints and Its Application

吕知辛 黄遵令 (山东大学计算机科学与技术学院 250100)

摘要: 本文论述了用模式识别的方法进行人体指纹识别达到对人的辨识和验证的过程,对指纹的特征、提取方法、特征的预处理以及对识别结果的影响等进行了分析,简单介绍了作者在利用指纹识别进行身份验证方面的研究进展和已经实现的一部分应用结果,并对指纹识别的应用前景作了概括性的展望。

关键词: 指纹识别 特征提取



目前社会的各个领域,对人的身份识别或验证需求已经越来越多,像银行系统需要对储户的身份进行认证,宾馆要对房客的身份进行验证等。而辨识人的身份可以有多种方法来实现,但主要是通过辨别人的各种身份特征来实现的,如人的面容、声纹、味纹,甚至可以使用人的血管纹路、视网膜图纹对人的身份进行验证,但在人的若干身体特征中,指纹具有人各不同的特定性、终身不变的稳定性、触物留痕的客观性、分类储存的规律性和人的身份认定的绝对性,还有指纹特征目前的易获取性,因此,采用指纹特征的识别方法是最普遍也是最成熟的途径。

所谓指纹即指人的手指端皮肤的纹路。一个人的指纹绝少与另一个人的相同,而且指纹从人的出生之日就已经定型,不会随着年龄的增长而发生改变。早期的指纹识别是靠人的眼睛来实现的,这样既对人的眼睛的要求较高(必须具有相当的识别经验),也因为各种客观原因造成识别率的低下;由于计算机技术的飞速发展,指纹识别的工作已经完全可以交给计算机去自动完成。但这需要用到模式识别的大量技术才可以实现。

像其他的识别过程一样,指纹识别也要涉及到以下的几个步骤:

指纹图像的提取;

对获取的图像进行预处理;

指纹特征的分析;

指纹特征的提取;

指纹特征数据的保存;

活体指纹与已有指纹样本的比对;

输出比对的结果。

1 指纹图像的提取

早期的提取过程是被提取者将指纹按压在白纸上,再通过扫描仪输入计算机的方式进行指纹图像的采集。这种方法的实时性较差,不适应目前人们的生活节奏。因此,现在大家普遍接受的方法是使用专用的指纹提取设备进行活体指纹的实时采集,既方便、快捷,又利于指纹的及时重采(当发现采集到的指纹图像不好时进行二次采集),保证了采集的效果,给后面的各个步骤提供方便。目前这样的设备一般有几类:光学采集器、半导体采集器和超声波采集器。光学采集器和半导体采集器存在一定的缺陷,如人的手指表皮过于湿润、干燥、开裂,或由于长期从事体力工作导致的指纹纹线基本磨平的人

(如老年妇女及长期从事钳工工作等), 对他们的指纹的采集会出现较大的困难, 超声波指纹采集器可以透过表皮直接采集到人的真皮指纹, 这就使它采集到的指纹图像的可信程度大大提高。这正是我们把原本应该属于光学类采集器的超声波采集器单独分出来的原因所在。

2 指纹图像的预处理

原始指纹图像不可避免地存在噪声, 这将直接对识别结果产生极大地损害。因此, 我们必须对已经得到的指纹原始图像进行预处理。在预处理时使用了以下几个步骤:

(1) 去噪: 因手指的脏污、湿润等原因造成的指纹图像的模糊不清, 必须祛除噪声, 以提高指纹图像的清晰度。

(2) 二值化处理: 即将获取到的指纹的灰度图像转换成二值图。

(3) 细化: 将前面两步已经处理过的指纹图像中指纹的纹线(也称为指纹的脊背)的宽度降到最小。细化的优越性是可以去除原纹线上的毛刺, 使纹线更加清晰, 尽量减少因为毛刺生成的伪交叉点、断点等, 从而使提取的指纹特征中含有大量的伪特征。

(4) 修复: 指纹图像上指纹纹线的断纹和粘连有多种原因, 如: 被采集的人存在刀伤、手指表皮开裂; 采集过程中因按压用力不均; 去噪处理不当; 手指本来就存在的自然断点和连接点等。对前几种情况, 必须需要及时修复, 以免由此产生伪特征。修复是对指纹图像的后处理过程。

3 特征提取

实际上, 人对某个模式进行识别时, 总是按照其特征进行的, 因此对待识别的物体, 首先对它进行特征分析, 判断出可以从中获取哪些特征, 并且分析出哪些是可以对识别的结果产生直接影响的主要特征。对指纹图像来讲, 目前可以从中提取到的特征有100多个, 但我们不可能将如此多的特征都用于识别中。在识别的过程中, 特征的增加可能会使识别的准确性得到改善, 但其代价也会随之急剧增长, 必须要在识别率和代价之间寻找一个较好的平衡点。我们在此问题上采用的是模式识别中的序贯分类的方法。在识别的问题上, 当特征选择的工作完成以后, 全部识别工作就已经完成了一大半, 而且识别率和拒识率也基本上可以确定一个大概了。若用于民用环境的指纹识别系统, 特征的选取最多应控制在10个左右。

指纹的纹型是适应指尖的球状表面和半圆型顶端以及横向的指间屈肌线生长的, 除了少数的弓型纹之外, 绝大多数的箕、斗型纹是由中心花纹系统、外围线系统和根基线系统组成的, 在三方面纹线汇合处形成三角区。

中心花纹系统是指中心部分的花纹, 又称内部花纹, 由箕型线、

螺旋型线、环型线、曲型线或几种混合纹线组成;

外围线系统是指从上面和侧面包围着中心花纹的弓型线;

根基线系统是指中心花纹的下部与指间屈肌纹并行的横线;

三角区是三方面纹线汇集的区域, 位于指纹的两侧。

三角区的分布位置一般有三种形式:

指纹的左侧或右侧有一个三角区

指纹的左右两侧各有一个三角区

一个指纹有三个以上的三角区, 其中两个分布在指纹的左右两侧, 其余的位于指纹的中间区域, 个别情况可能会位于指纹的上部。

多数情况下三角区的上下支纹包围着中心花纹, 有时也会引申到中心花纹之中。

人的指纹特征一般可分为两类: 总体特征和局部特征。

这些特征一般包括: 基本纹路图案, 如环型、弓型、螺旋型(即我们民间俗称的斗、簸箕、双箕斗)等。若仅仅依靠基本纹路图案特征进行指纹的识别是远远不够的, 因为大多数人的指纹的纹路图案都是这三种或其变种。除基本纹路之外, 还有模式区特征, 包括包含以上纹路的区域的大小、核心点(核心点位于纹路的渐进中心, 也是读取指纹和识别指纹时的中心参考点)、三角点(位于从核心点开始的第一个分叉点或断点、或两条纹路的会聚处、孤立点、折转处或指向这些奇异点、三角点提供的指纹纹路的计数和开始跟踪的位置)、式样线(指包围模式区的纹路线开始平行的地方所出现的交叉纹路, 通常很短就中断, 但它的外侧线开始连续延伸)、纹数(模式区内纹路的数量)、节点(因指纹纹路并不是连续平滑笔直的, 而是经常出现中断、分叉或折转。这些断点、分叉点和折转点就是节点, 恰恰是这些节点提供了指纹唯一性的确认信息特征)。以上介绍的若干特征中, 只有节点特征是属于局部特征, 其他特征都属于总体特征。

指纹的节点有以下四种不同的特性:

(1) 分类: 即节点的类型。节点有以下几种类型, 其中最典型的和最常用的是终结点和分叉点:

- ① 终结点: 某条指纹的纹路在此终结的地方;
- ② 分叉点: 某一条纹路在此分开成为两条或多条纹路;
- ③ 分歧点: 原本两条平行的纹路在此分开变得不平行的点;
- ④ 孤立点: 某条极短的纹路, 以至可以看作是一个点;
- ⑤ 环点: 原本是一条纹路, 分开成为两条后不久又合并成为一条形成的一个小环称为环点;
- ⑥ 短纹: 较短的但还不至于看成孤立点的纹路。

(2) 方向: 纹路从节点处延伸的方向;

(3) 曲率: 纹路弯曲的程度, 描述的是纹路方向改变的速度;

(4) 位置: 节点的位置坐标, 一般采用相对坐标描述, 即相对于

某个三角点或特征点的坐标。

另外,指纹中心点和指纹轴线的确定在识别中也是非常重要的因素。

4 识别方法

指纹的识别从应用上可以分成两类

(1) 辨识: 辨识相当于从若干人组成的人群中去寻找某人或判断某人是否属于该群体的问题。这样的问题我们通常把它称之为“他是谁?”(Who are you?)的问题,也称一对多的识别问题。

(2) 验证: 验证是判断某个人是否如他所宣称的那个人,即是判断该人身份的正确性。这样的问题我们通常称之为“他是不是他?(You are you?)”的问题,也称一对一的识别问题。

对第一类,要将采集到的新指纹与系统样本库中已有的所有指纹进行比较,看其与哪一个或哪几个匹配的程度大。目前,符合这种类型的指纹识别系统仅在公安系统中用于查找罪犯,在其他领域鲜有达到实用的产品面世。基于上述现实,也根据目前的众多应用领域的需求,我们的工作基本是针对一对一的识别问题所做的研究。

对于一对一的验证问题,首先应该确定的是当前指纹与已有的哪一个指纹进行比对的问题。目前较普遍的方法是先输入一个ID号,由此确定要比对的指纹,然后再来进行特征的比对过程。验证的过程实际上就是一个决策的过程。针对不同的使用要求,可以采用不同的决策方法。指纹验证的结果只有两个:匹配上认为是正确的,匹配不上认为是错误的,只有极个别的情况会存在既不是正确的也不是错误的情况(拒识),因此指纹验证是一个两类别的分类识别问题,我们可以根据使用对象的不同或使用目的的不同,采用基于最小错误率的贝叶斯决策方法,或限定一类错误率条件下使另一类错误率为最小的两类别决策方法。验证错误也仅有两种可能:

① 把正确的误认为是错误的;即本来应该是这个人,但系统把他当作其他人了,而拒绝其身份的认同;

② 把错误的识别成了正确的;即认错人。在银行系统中,出现第二种错误时造成的损失要远大于第一种错误,那么针对银行的指纹识别系统就应该首先要求限定出现第二种错误的误识率在某个事先给定的很小的常数以内,然后再要求出现第一种错误的误识率尽可能地小。在大多数场合下,必须要求限定某一类的错误率,比如,在考试领域中,对甲考生而言,如果将一个非甲考生识别为甲考生(替考),我们还可以通过其他的方法进行补救,可以通过事后检查等手段;但是如果将甲考生错误的识别为非甲考生,而取消其参加考试的权力的话,对该考生的损失将是不可挽回的。因此,我们在考虑识别的算法时,必须充分考虑到这些因素,选择合适的算法,使识别的风险降到最低。即在判断时,将正确判断为错误的

风险比将错误判断为正确的要小。

指纹的比对和识别主要依靠指纹细节特征的匹配,一般采用特征的相似形度量的方法,即由细节特征的比对结果计算出指纹指间的相似程度,以数值表示,称为相似度。事先给定一个阈值,若相似度超出该阈值,认为验证合格,否则就认为验证不通过。由于不可能做到每次按捺指纹的方位完全一致,为了准确提取指纹的细节特征,就必须首先对所得到的每枚指纹进行定位,即确定该枚指纹的参考坐标系。在绝大多数情况下,参考坐标系的原点就是指纹的中心点,再由中心点处指纹纹线的分布确定坐标系的方向。指纹的定位采用的是由指纹图像的灰度函数推导出指纹纹线的方向图和不可定向图完成的。

5 实现方法及主要技术

目前国内同类产品基本上是对国外已有产品的集成或采用OEM方式进行的生产,我们是将自己的识别方法移植到硬件上,从根本上拥有自主知识产权。硬件CPU采用的是目前流行的DSP,而且系统将IC卡的读写装置集成到一起,将每个人的指纹特征信息存放在个人的IC卡上,减少对系统存储的要求。另外,考虑到指纹识别的特点,在预处理之后,指纹图像仅保留16级灰度图像,从而大大减少了指纹图像的存储空间;而保存在IC卡上的指纹仅仅为指纹的特征信息。为提高指纹特征信息采集的质量,使用超声波指纹采集器;超声波的方法不仅可以从中获取传统的指纹特征,还可以获取到被采集人的汗腺和微细血管等其他特征,进一步提高了识别的准确性。为避免人为因素或其他各种因素造成的意外,提高本系统的可靠性,对每个被采集人采集四枚指纹,这四枚指纹应分别位于人的左手和右手。另外,为防止个别的拒识给用户带来不必要的麻烦,在IC卡上还存储了被采集人的个人图像,便于特殊情况下的辅助决策。IC卡分为接触式和非接触式两种,根据用户的需要仅仅更换IC卡的卡座或读写头即可。在识别方法上,我们打破了原有的句法模式识别和统计模式识别的局限,采用将句法和统计结合的方法,并采用了部分神经网络模式识别的方法。通过这种结合,并对特征进行合理的选择及描述,实践证明,可以大大提高对指纹的识别速度,而且使得拒识率和误识率大大改善。

另外一个对识别效果影响极大,又被大多数人所忽略的问题是:针对同一枚指纹,多次采集存在很大的差别!实际上,这主要是由于采集的环境—如湿度等—所造成的。为了解决这一问题,我们在被测者的初次指纹采集时,除了保存用于识别的那些常规特征信息以外,将被测者的指纹环境也作为一个次要特征予以保存,那么,当下次测试时,就可以两次采集环境的不同,使采集器预先进行调整,适应被测者的指纹环境,提高一次识别率。

该系统目前已经过测试,其性能指标如下:

6 改进设想

作为一个使用的系统,必须考虑其成本,因此,我们对成本的降低进行了一些进一步的设想,如可以将IC卡的方式进行替换,换成成本非常低廉的条码,用它来储存受试者的指纹特征信息和其他的身份特征信息。

另外,目前在指纹识别领域中,虽然已经出现了许多实际的应用,但最关键的问题是还没有一个统一的接口标准。例如,就指纹考勤机而言,要想将不同厂家生产的机器所产生的数据结果采集到一起就是一件困难的事情。因此,指纹识别系统的数据标准和接口标准的尽快推出,也是影响指纹识别应用发展的一个至关重要的问题。

参考文献

- 1 《模式识别及其应用》,傅京生,(K.S.Fu)。
- 2 《模式识别》,边肇祺、张学工等著,清华大学出版社。
- 3 《数字图像处理及模式识别》,沈庭芝、方子文著。
- 4 《中华指纹学》,赵向欣 著。
- 5 《指纹检验与档案管理》,田舒勇 著。

参数名称	具体参数指标
指纹一次入库率	大于99%
指纹按捺一次识别率	正规按捺大于95%,任意按捺大于70%
单枚拒识率	小于1%
4枚联合拒识率	≈0%
单枚指纹误识率	小于0.01%
4枚联合误识率	≈0%
单枚指纹采集时间	小于1秒
单枚指纹比对时间	小于0.2秒
指纹采集窗口尺寸	20mmX20mm
指纹图像分辨率	508DPI
指纹图像灰度级	256级
单枚指纹特征数据量	小于1024字节
指纹特征存储方式	数字签名方式加密存储
IC卡连接方式	接触式或非接触式可选
LCD显示内容	比对成功的手指编号和比对结果的可信度,同时伴有指示灯说明比对结果和比对的手指编号
电源支持	交流电220V,直流电5V
信息存储方式	DES方式加密存储
整机体积	200mmX150mmX30mm
整机重量	小于1000克