

基于指纹识别的电力信息系统身份认证的研究

针对电力信息系统用户名与密码身份认证方式存在信息安全隐患的问题,设计了一种基于指纹与密码的双特征身份认证系统。给出了该系统的整体结构方案与运作流程,研究分析了指纹图像采集、预处理、特征提取和特征匹配等指纹图像处理环节的原理及实现方法,应用指纹采集模块TFS-M71与Visual C++ 6.0开发平台分别完成了指纹身份认证系统中硬件与软件的设计,并对整个系统进行了仿真,验证了双特征身份认证系统的可行性。

王素丽¹ 李 阳² 王秀清¹ 袁 星² 车方圆¹/1.天津科技大学电子信息与自动化学院 2.北京理工大学信息与电子学院



王素丽/硕士研究生

电力系统正逐步向着智能化、自动化发展,同时智能配电、智能终端等逐渐投入应用,因此信息系统成为了电力系统智能化过程中至关重要的一部分。目前,电力信息系统主要使用用户名和密码的身份鉴别方式,而这种方式具有易遗忘、易破解等缺点,存在信息安全隐患,因此已经不能满足信息安全的需求。此外,电力系统信息安全等级保护中明确指出,主要网络设备、应用系统等应对同一用户采用两种或两种以上认证技术组合的方式来实现用户身份的鉴别^[1]。指纹识别作为身份认证技术之一,采用每个人独一无二的指纹特征来验证用户的身份,这种直接使用人的物理特征来表示一个人数字身份的方法几乎不可能被仿冒,因此本系统以Visual C++ 6.0作为开发平台,采用TFS-M71指纹采集模块,将指纹识别技术应用到信息系统身份认证中,构建指纹与用户名、密码相结合的双特征登录系统。

关键词/Keywords

电力系统 ·
指纹识别 ·
身份认证 ·
特征匹配 ·

系统整体结构设计

本系统将指纹识别技术应用到电力信息系统身份认证环节,主要包括用户注册与用户登录两个功能模块。注册是将用户信息存储到数据库的过程;而登录是将密码、采集的指纹样本与数据库中存储的用户信息进行比对的过程。系统整体设计框图如图1所示。

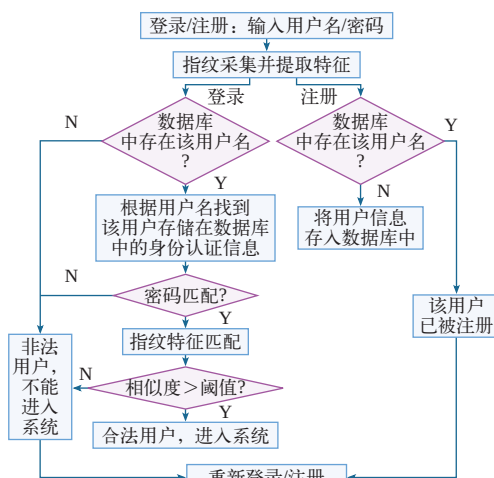


图1 系统设计框图

首先输入用户名与密码,并将采集到的用户指纹特征信息作为样本,选择登录或注册。在登录功能模块中,根据用户名在数据库中快速查询并判断是否为注册用户。如果是非注册用户,则不能进入系统;如果是注册用户,则根据用户名快速查询到该用户存储在数据库中的密码与指纹特征信息。若密码验证正确,则进一步进行指纹特征匹配,将采集到的特征信息样本与数据库中的模板进行比对,当相似度大于设定值时,该用户双特征验证成功,可以登录系统^[2]。

国家自然科学基金资助项目 (61071207)。

指纹图像采集

本系统通过指纹采集模块TFS-M71获得指纹图像，TFS-M71指纹模块采用分体结构，由指纹处理主板和指纹传感器两部分组成。处理主板以ST公司的STM32F205RC高速数字处理器为核心，具有低功耗、快速稳定的特点；指纹传感器采用高准确度光学指纹采集头TFS-D400，指纹感应灵敏，识别速度快，认假率小于0.001%，拒真率小于0.1%，且指纹输入时间小于0.1 s。TFS-M71指纹模块具有指纹录入、图像处理、特征值提取和指纹比对等功能，在本系统中，主要利用该模块获得指纹图像，并通过USB转TTL接口线传输到PC，系统的硬件设计原理如图2所示。

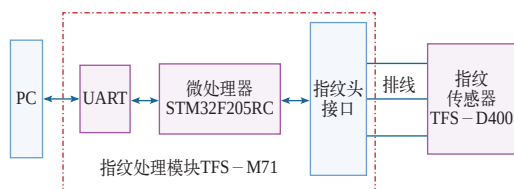


图2 系统的硬件设计原理

模块的通信接口是UART串口，为了使模块的UART串口与PC的USB通信接口相连，需要在PC与模块之间增加USB转串口，即实现计算机USB接口到通用串口之间的转换，所以增加了一个USB-TTL转换板。该转换板使用PL2303HX芯片，工作频率为12 MHz，符合USB 1.1的通信协议，可以直接将USB信号转换为串口信号。

当PC通过串口传输采集指纹命令时，TFS-M71对用户进行三次指纹录入，并融合三次的录入结果，最终得到一个指纹图像。指纹采集流程如图3所示。

主机向指纹模块发送CMD=0x01命令，指纹模块开始第一次采集指纹，若在TIMEOUT时间内指纹输入没有完成，采集超时，则返回ST_TIMEOUT应答指令，结束采集；若在TIMEOUT时间内指纹采集完成，则发送ST_SUCCESS应答指令；若采集的指纹不能被识别，则返回ST_FALL应答指令，结束采集。主机依次分别发送CMD=0x02与CMD=0x03命令，完成指纹的第二

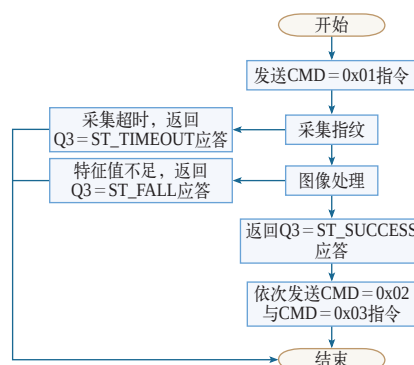


图3 指纹采集流程

与第三次采集^[3]，最后融合三次的结果得到最终的指纹图像。

指纹图像预处理

考虑到指纹图像获取设备存在不足及环境因素对图像获取有影响，为了后续能够准确地提取指纹特征值，应首先对采集到的灰度指纹图像进行预处理。指纹图像预处理主要包括指纹图像场的计算、图像分割、均衡、平滑、二值化与细化等^[4]。指纹图像场是一个场强和场能呈周期性变化的特殊波动场，其中强度场、梯度场、方向场和频率场分别描述的是明暗、纹线脊谷变化、纹线走向和纹线间隔。指纹图像场的计算主要是为图像分割、平滑等做准备。

1. 指纹图像分割

指纹图像分割是将指纹对象与背景分离，并删除背景图像。指纹对象的强度场值和梯度值较高，而背景的相应值较低，因此可以通过计算各点的强度场值和选择合适的阈值来区分指纹对象与背景。

2. 指纹图像的平滑

指纹传感器在采集指纹图像的过程中，同时也会采集到周围的灰尘、污渍等噪声嘈杂点。为了去除图像噪声等干扰，需要参考周围像素，用指纹对象周围相关像素平均模板对其进行平滑处理。

3. 指纹图像二值化

二值化是使指纹图像黑色的脊线区域更黑，灰度达到0；白色的谷线区域更白，灰度达到255，从而使指纹图像变成黑白两色图像。如果一

个点的切向灰度和小于法向灰度和,则此点为黑点且在脊线上;相反则为白点且在谷线上。通过此方法可首先确定点在脊线上还是谷线上,然后使脊线点灰度为0,谷线点灰度为255,最终实现图像的二值化。

4. 指纹图像细化处理

在指纹图像中,指纹特征值以特征点的形式存在,而二值化后的指纹纹线宽度由几个像素点构成,此时进行特征提取还是比较困难的,因此需要对指纹图像进行进一步细化处理,得到宽度为单像素点的指纹图像。采用查表法可以分别实现图像水平和垂直方向的细化,将某点周围8个像素点的黑白颜色分别用0、1表示,然后通过已经归纳出的模板表判断是去掉还是保留。

原指纹图像与预处理后的细化指纹图像如图4所示。



图4 原指纹图像(左)和预处理的指纹图像(右)

指纹图像的特征提取与比对

1. 指纹图像的特征提取

指纹特征包括总体特征中心点和三角点以及细节特征端点和叉点等。可以通过某点周围8个点所有相邻2个点差绝对值的和来判断是端点还是叉点。若和为 2×255 ,则为端点;若和为 6×255 ,则为叉点。中心点与三角点统称为奇异点,描述了指纹的整体特征,便于指纹特征点比对时确定相对坐标系。可以采用方格算法提取奇异点,以某点为中心,分别在 5×5 和 3×3 的方格内沿逆时针方向形成两条闭合曲线,计算闭合曲线的Poincare值,即周围平均方向场差,若里外两圈方向场差相等,则此点为奇异点。

由于指纹采集受到噪声的影响,所以需要去除伪指纹特征点。在获取的指纹特征点中搜索所有的端点和叉点,对这些点进行边缘特征检测,

判断是否靠近图像边缘区域,边缘区域的端点为伪端点;检查这些端点和叉点周围的方向场是否变化剧烈,变化剧烈很可能是虚假点;检测完毕后,去除伪端点和叉点,并重新统计端点和叉点的数量,将端点和叉点装配到特征点拓扑结构中,最终完成指纹细节特征的获取。

2. 指纹图像特征匹配

指纹匹配是指纹预留模板图像与输入样板图像中所有特征点匹配。将指纹图像的特征点集合在一起形成拓扑图,通过对拓扑图特征点的比来实现指纹比对。指纹图像拓扑结构由中心点、三角点以及方向场等数据的集合装配组成,完整、准确地描述了指纹的数字内容。在进行特征点的比对之前,应首先确定两幅拓扑图的平移量和旋转量,将两幅指纹图像进行叠合对准,即将采集的指纹图像与模板图像放在相同坐标系统的同一个比对起点,因此该比对方法允许采集到的指纹图像存在角度旋转,是高效且准确的。

指纹特征拓扑图中的每个特征点由单像素点构成,相比于灰度指纹图像的多像素点,不仅降低了指纹图像的信息维度,而且也提高了特征提取、特征比对的准确率。在对指纹特征比对前,首先需要对提取的特征点进行分类,同类的特征点构成相应的分支拓扑结构,继而分别对分支拓扑结构进行特征比对,进一步降低了指纹特征的信息维度,大大提高了比对的速率。特征点可以由方向、曲率和位置三个属性表示,分别为特征点的朝向、纹路方向改变的速率和特征点的坐标。当对两个特征点进行比对时,若模板特征点与样板特征点的角度误差、距离误差和曲率误差均在上限内,则两个特征点匹配。将匹配特征点的分数相累加,若在合格阈值内,则指纹图像匹配成功,特征点匹配的流程如图5所示。

PC软件设计与仿真

本系统通过Visual C++ 6.0编程完成了PC端的身份认证测试,实现了用户注册与登录功能。该软件主要负责的任务有:①通过USB接口接收来自TFS-M71指纹模块的指纹信息,并通过图形用户

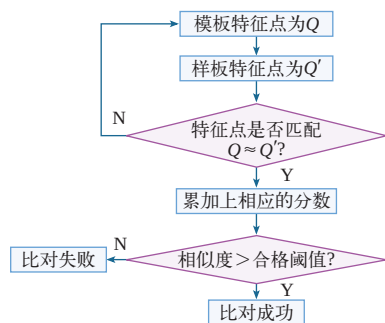


图5 特征点匹配流程

接口GUI加以显示；②对接收到的指纹图像进行预处理并提取指纹特征；③通过ADO连接Access数据库，配合SQL语句实现对数据库的一系列操作，包括用户名、密码和指纹特征的存储入库、检索等；④实现口令、指纹特征与数据库中认证信息的匹配；⑤显示身份认证的结果。

图6为用户注册界面，输入用户名、密码与用户权限。其中用户权限分别为管理员、企业员工和消费者，用数字1、2和3表示。选择指纹录入的功能项，单击注册按钮，将用户名、密码与用户权限存储到数据库中，返回用户名、密码注册完成的信息，同时初始化指纹采集模块，获得指纹图像，对指纹图像进行预处理、特征提取，最终将指纹特征也存储到数据库中，完成用户的双特征注册。

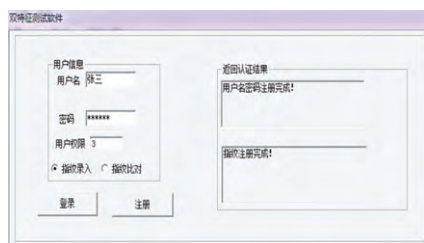


图6 用户注册界面

图7为用户登录界面，输入用户名与密码，选择指纹比对的功能项，单击登录按钮，在用户名、密码正确的基础上，初始化指纹模块，获得指纹特征，与数据库中相应的指纹信息进行1:1匹配，返回密码正确、指纹比对成功的信息，最终完成了用户的双特征认证。

多组测试实验均能完成用户口令、指纹信息的双特征身份认证，返回用户注册、登录成功或



图7 用户登录界面

失败的信息。指纹模块运行稳定，能快速地完成图像的采集与上传。

结束语

信息化和网络化不断推动电力行业向信息时代发展，同时也带来了许多隐患，数据与信息安全防护迫在眉睫。本系统设计的基于指纹与密码的双特征身份认证系统，采用了Visual C++ 6.0编程语言与TFS-M71指纹采集模块，通过仿真验证了该系统可以高效、准确地实现身份认证功能，提高了电网信息系统身份认证环节的安全水平。此外，该系统的设计为将双特征身份认证应用到B/S架构中打下了基础。进一步编写网页代码调用联机指纹识别算法的dll函数库，通过浏览器采集指纹并访问后台服务器的指纹数据库，完成指纹的联机比对，最终实现远程指纹身份认证。该双特征登录系统也可以广泛应用于其他行业的信息系统登录中，提高其信息安全水平，具有很高的应用前景。

参考文献

- [1] 韩颖, 吴文敬. 第三级等级保护信息系统的安全设计[J]. 通信技术, 2012, 45(8): 77-79.
- [2] 何国辉, 甘俊英. 基于多生物特征识别的网络身份认证研究[J]. 计算机应用研究, 2006, 23(10): 119-121.
- [3] 陈立定, 任志刚. 基于VC++的指纹识别系统的设计与实现[J]. 自动化与仪表, 2011, 26(7): 60-63.
- [4] 孙萍. 基于AT89S52的指纹识别系统的设计[J]. 电气应用, 2010, 29(9): 74-76.

(收稿日期: 2014-12-29) EA