

北京航空航天大学

第二十五届“冯如杯”

学生学术科技作品竞赛论文

基于动作识别的身份认证笔

2015 年 4 月

摘要：

当前常用的身份认证方式有口令密码、指纹识别、笔迹识别等，但这些认证方法均存在一些弊端，会留下可供复制伪造的痕迹。考虑到上述身份认证方法的弊端，本文提出了一种新的身份认证方式，在普通中性笔上安装加速度计和陀螺仪，采集用户手书签名的动力学信息，通过识别签名的动作特征来判断是否为其本人。加速度计和陀螺仪的数据经由基于 ARM 的 STM32F103 传递到 PC 机，在上位机上基于 MATLAB 平台采用小波变换对信号进行降噪、插值，并提取特征向量，再采用支持向量机进行分类识别，与当前用户预先声明的身份比对，实现身份认证。每个人签名时握笔的姿势，书写的速度、角度等均不相同，具有强烈的个性，同一个人的签名过程在一定时间内具有较高的稳定性，并且这一过程即便被他人看到也难以模仿，因此手书签名具备身份认证依据所需的唯一性和稳定性。由于我们设计的系统只需识别用户书写时的动作，对用户书写的具体内容没有要求，因此无需写出笔迹，从而不会留下认证过程的笔迹、压力等信息，不留下容易伪造的内容，进一步保证了用户信息的安全性。本系统的认证方式是生活中常用的手书签名，方便记忆，不容易遗失。在此基础上，系统的数据库能动态更新，保证了数据的及时性。因此本系统是一种使用方便安全可靠的身份认证系统。

关键字：身份认证，签名，动作识别，加速度计，陀螺仪

Abstract:

There are deficiencies in all of the current popular identity authentication methods, such as passwords, fingerprint recognition and handwriting recognition, since traces left in the process may be used in forgery. Considering the deficiencies of the methods above, we put forward a new way of user authentication. We install an acceleration meter and a gyro in a gel pen to collect motion information of the user's signature or writing process, which is taken as the standard for our authentication. Data collected by the accelerometer and the gyroscope are sent to PC via STM32F103, which is based on ARM architecture. Then we implement denoising and interpolation with the collected data using MATLAB, after which the Eigen vectors are distracted. Eigen vectors are classified and recognized with the supporting vector machine algorithm. In this way, with the result from the supporting vector machine, we can judge whether the current user being checked is the person he declared to be. By recognizing users' motion characteristics of signature we can judge whether one is what he declared to be. People differ greatly in gestures of holding pens, writing speed, writing angle and the penmanship. Personality can be well revealed in these aspects. The way one signs his/her name remains basically unchanged during some period. What's more, there are great difficulty in forging the motion process for others even with eyewitness of it. Resulting from the points above, this type of authentication is featured with high level of security. At the same time, what we need is the motion process, making it unimportant to sign on the paper or in the air. In this way hardly any trace can be left to become the source of forgery, which raises the security of our approach. The way we used in our system, handwriting signature, is easy to remember. On the basis of these, the database of the system can get updated dynamically to ensure the data is always new. Thus, this is a secure and reliable identity authentication system easy to use.

Keywords: Identity authentication; motion recognition; accelerometer; gyroscope

目录

第一章 引言	1
(一) 创意来源	1
(二) 国内外研究现状	1
第二章 系统组成	3
(一) 硬件部分	4
(二) 软件部分	4
1. 软件设计	4
2. 软件实现	6
第三章 优缺点分析	8
(一) 优点	8
(二) 缺点	8
第四章 创新点	9
结论	10
【参考文献】	11

第一章 引言

(一) 创意来源

当前常用的身份认证方式有密码口令、身份标识物、指纹识别等，但这些认证方法都存在很多弊端。如目前最常用的字符口令密码，其安全性和口令的复杂程度密切相关，设置得简单易记，那么也容易被破解；设得比较复杂，虽然能提高安全性，但却难以记忆。而且用户常常有多个重要账号，为了保证安全性，不同账号就需要尽量设置不同的口令，这使得口令密码更加繁琐难用。近年来出现的短信口令、动态口令牌等新的认证方式，虽然简化了密码的设置，一旦认证装置遗失，很容易造成用户信息泄露，造成个人财产损失。身份标识物与短信密码原理类似，也具有同样的弊端，一旦遗失就会出现安全问题。现在也有不少场景采用指纹识别的认证方式，指纹是每个人独有的长期不变的生物特征，其稳定性和独特性决定了将其作为认证标准是可行的，而且很方便。但用户每次在设备上上进行认证之后，都会残留一定的指纹信息，心存不轨之人可能会复制这些信息，伪造指纹，冒用身份。而且如果用户手指受损，则认证系统就无法正常地进行认证。

名字通常是人们经常写、非常熟悉的字符组合，每个人的签名过程和笔迹都具有强烈个性，且不易改变¹。基于以上原因，在权衡认证方式的便捷性和安全性后，我们提出了一种新的身份认证方式，即通过采集用户签名过程中所用的笔的动力学数据，进行一定处理得到用户的特征数据，以此来判断当前签名者是否为其所声称的人。用户只需使用我们特制的签字笔签字或者书写特定的文字，即可完成认证。不同的人写相同的字时其握笔的角度、运笔的速度、力度乃至最终的字形都不完全相同，而同一个人的书写过程在一定时间内保持较高的稳定性，因此这一生物特征具备唯一性和稳定性，可以用来作为身份认证的依据。

这一产品可以应用在各种需要身份认证的场合，如重要实验室的入口、业务办理确认等场景。

(二) 国内外研究现状

目前市场上利用签名进行识别的产品主要采用静态识别和动态识别两种方

式。

(1) 静态识别

主要采集用户签名过程中特定点的坐标，或直接对最终的笔迹进行图像处理，判断是否为同一人所书。这一认证方式容易留下痕迹，从而给伪造者留下机会。

(2) 动态识别

根据实时签名过程进行验证，主要测量分析签名过程中笔尖的压力、握笔的角度、运笔速度加速度等数据，识别准确度较高。

第二章 系统组成

我们的认证系统分为硬件和软件两个部分。其中硬件部分主要负责采集用户签名时笔的运动特征，并将其传输到上位机；软件部分对硬件传来的数据进行处理，为用户建立数据库，通过硬件的数据对用户进行认证。其工作流程如图 1 所示。

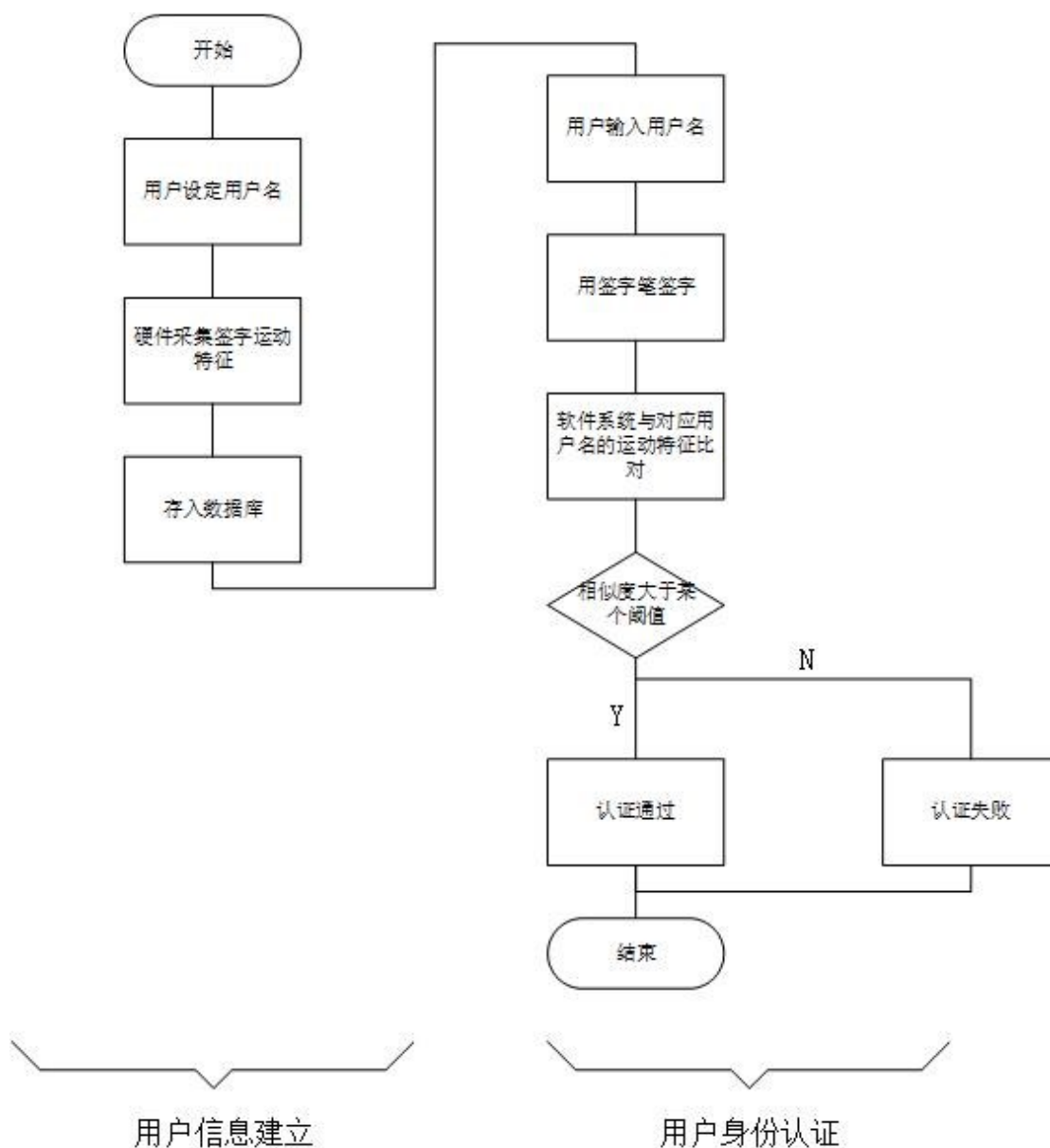


图 1 基于动作识别的签名身份系统工作流程

本产品的工作方式和一般系统相似，首先需要用户设置自己的用户名，然后使用我们设计的专用的签字笔签字，相当于传统的“密码”，系统将用户名和“密码”存储到相应的数据库。当需要进行认证的时候，用户首先输入自己的用户名，

然后使用签字笔书写自己设置的“密码”，系统根据用户名从数据库中调出相应的“密码”，与本次采集到的笔的运动轨迹特征进行比对，如果二者的差别小于某个阈值，则认证通过，否则认证失败。

（一） 硬件部分

为了采集用户签字时的运动轨迹特征，我们在一支普通的笔上安装了加速度计（ADXL345）和三轴陀螺仪（ITG3205）芯片，分别采集签字过程中笔运动的加速度和角速度，二者采样的速率均为 100Hz，由于二者均支持 IIC 串行总线传输数据，因此我们将这两个芯片作为从机，采用 STM32F103 作为主机，相互之间通过 IIC 进行通信，传输数据。STM32F103 接收到来自 ADXL345 和 ITG3205 的数据之后，立刻通过串口将数据传输到 PC 机的软件系统中，交由软件系统对数据进行处理。硬件系统的设计如图 2 所示。

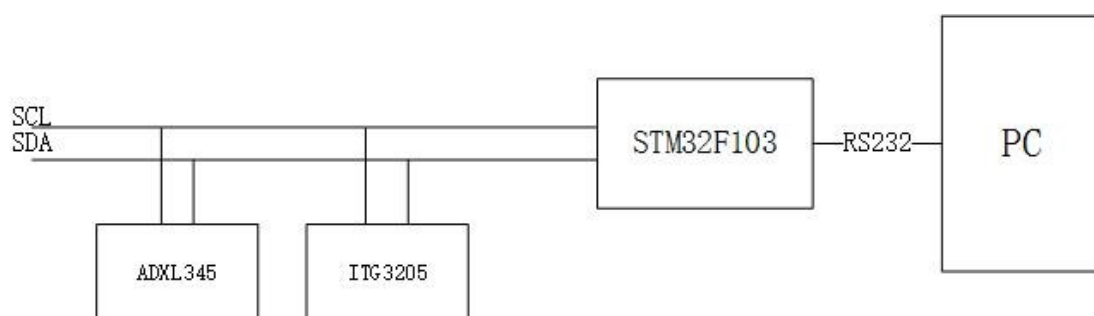


图 2 系统的硬件设计及连接图

（二） 软件部分

1. 软件设计

为了提高传输速度，保证数据正确性，我们对下位机传输的数据做了一定格式处理，增加了校验位。也因此传输到 PC 机的数据格式不能直接拿来用，数据传输到上位机后，先要进行预处理，将数据整理为方便后续计算的格式。

为了让软件能最大程度上自动运行，我们将判断书写开始结束的条件加入了预处理中，当加速度与角速度幅值均大于各自阈值且连续五组数据均满足该条件时，我们认为书写开始。同理，当连续五组幅值均小于相应阈值时，认为书写结束。后续的数据处理只取了书写开始到结束这个时间段内的数据。

采集到的数据分为两类：加速度和角速度。直接得到的是在三个方向上的分量，均存在较大噪声，所以首先进行多信号小波去噪。小波变换具备低熵性、多分辨率、去相关性和选基灵活的特点，且噪声在小波变换后有白化趋势，所以对不同场合不同对象小波去噪均能有较好的效果^[2]。经过多次测试，确定对加速度信号采用'rigrsure'方法，'mln'模式，对角速度信号采用'rigrsure'方法，'one'模式时去噪效果较好。

不同人签名用时长短不一样，所以采集到的实际数据长度也不一样，为了方便后续处理，我们对去噪后的信号进行立方插值以得到等长数据。立方插值是二维空间中最常用的插值方法，相比临近点插值和线性插值效果更好，相比三次样条插值速度更快。插值范围大致为书写动作持续的时间，每次采样取100个插值点。

插值后我们再对六路信号进行多信号多分辨率离散小波变换，得到其小波系数。小波变换具有良好的局域化性质^[3]，利用小波变换对样本采样得到的离散数字信号进行特征提取，将原来采样所得到的高维数据矢量 P 映射成 P' 维矢量($P \ll P'$)，从而降低了分类的难度，而同时又保留各采样数据的主要信息^[4]。我们使用的是7层小波变换，将加速度和角速度分量分开计算。对加速度分量使用'db6'小波，对角速度信号使用'sym8'小波，然后取在第7层的近似系数向量，将3个维度的向量拼接起来作为加速度和角速度各自的特征向量。

通过小波变换得到用户的特征向量后，我们可以将每个用户的信息（即每个用户书写动作的特征向量）事先建立起一个动态数据库，每一个用户都用一个单独的Label标识。

剩下的工作就是当我们进行判断是，由被判断者的动作产生的特征向量与库中的每一个用户的特征值进行匹配，并找到最接近的一个，当判断者判断结果的accuracy低于一定限度时，则认为该人不在库中，为身份冒用者。

如何提供高效准确的判断结果就成为了关键问题，我们选择了支持向量机。

在实际的工程项目中，分类算法相对变化较少，可以采用一些相对稳定和成熟的工具包，而特征提取则和应用领域紧密相关，变化较多，需要利用领域知识进行设计。这种情况下，模型的性能更大程度上依赖于特征提取而不是分类算法

设计，把更多的精力投入到特征提取上是一种常态。而支持向量机技术是当今一种广泛使用的技术，已有多种现有的工具箱可以进行选择，这里我们采用了台湾大学林智仁教授开发设计的 SVM 模式识别与回归的软件包，包括了一对一、多对多等多种模式的选择，并可以获取源码对其进行修改，具有高度的灵活性。

用户不同时候书写动作也不完全一样，因此我们的数据库是动态更新的，对确认为本人的特征向量与存储的特征向量按固定权重比求其加权平均，这样新的数据在特征向量中的权重永远比旧的数据权重高，也符合常理。

2. 软件实现

我们采用 MATLAB 平台实现我们的软件部分。MATLAB 在矩阵运算等方面具有优秀特性。

程序的主窗口分为输入、模式、操作和输出四个部分，如图 3。输入部分用来手动输入程序正确运行所必需的信息，包括下位机所连接端口和当前用户预设 ID。模式部分中为程序运行的两种模式：训练和认证。控制部分的四个按钮可以控制何时开始记录数据，何时停止，以及清除当前录入的数据和将数据存储到数据库中。信息输出部分用来输出识别结果和程序运行状态提示信息。本系统鉴定之前需要几组相应用户的签名数据，训练模式是让正确用户先签名几次，得到其可靠数据建立用户数据库，作为认证的依据。鉴定模式为对未确认身份用户的识别模式，该模式下记录用户签名数据并与数据库中信息比对，找出数据库中最匹配的用户 ID，并与其所声明的身份比对，如果相同则为本人，否则不是本人。



图 3 基于动作识别的身份认证系统

实际使用时，训练模式下，先填写好连接端口和声明的 ID，在用户签名前点击开始，签名完毕点击停止，再点击训练，就能将本次数据存储到数据库中。身份鉴定模式下，类似步骤，只是点击停止后软件就会自动分析出结果：是否本人。

停止按钮能中断程序运行，防止意外情况发生导致程序溢出。

第三章 优缺点分析

（一） 优点

- 不依赖于具体可视的字形，认证时不需写出具体的笔迹，不留下容易伪造的信息；
- 采用线加速度和角速度双重依据，可靠性高，识别准确；
- 认证合格后，能将当前合格信息更新到数据库中，保证数据库内容的及时性；
- 签名的认证形式有广泛的日常生活基础，易于用户接受，方便用户记忆，便捷程度高；
- 硬件成本低，体积小巧，便于推广；

（二） 缺点

- 签名动作会随着时间改变，若长时间未更新数据可能无法识别本人；
- 签名动作无法做到完全一致，需要容忍一定误差。为了应对签名的改变，必须在精度上做出妥协；
- 签名需要一定时间和软硬件设施，不容易在 Internet 上推广为广泛的认证方式；

第四章 创新点

- 解决了传统口令密码难以记忆、容易丢失被盗的问题；
- 解决了指纹识别等生物特征容易通过收集残留信息进行伪造的问题；
- 利用手书签名的生物特征，通过分析常见动作过程来实现认证；
- 形式简单常见，具有广泛生活基础，更容易被接受得到推广；

结论

本文提出了一种基于动作识别的身份认证系统，通过分析手书签名的动力学过程进行身份认证，并予以了实现。该系统基于手书签名方式，但不依赖于签名笔迹，采用线加速度和角速度双重依据，数据库保持动态更新，几乎无需记忆，使用简单，方便用户进行认证的同时保证了认证系统的安全可靠。同时本系统硬件成本低，易于推广。综上，这是一种使用便捷、安全可靠的身份认证系统。

【参考文献】

- [1] 刘建伟, 王育民. 网络安全: 技术与实践[M]. 北京: 清华大学出版社有限公司, 2005.
- [2] <http://baike.baidu.com/view/2314264.htm>
- [3] Daubechies, I. *The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis*. IEEE Transactions on, Information Theory, 1990, 36(5), 961-1005.
- [4] 周维忠, 孙国基. 基于小波系数聚类的特征提取分类方法. 计算机研究与发展[J], 2001, 38(8), 982-987.