

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

基于步态识别的身份认证系统

2015 年 4 月

摘要:

传统的身份鉴定方法包括对身份特征物品（如钥匙、证件、ATM卡等）进行识别和对身份特征知识（如用户名和密码）进行鉴定，均存在较大安全隐患，一旦身份标识物品被盗或身份标识知识被遗忘，其身份就容易被他人冒充或取代。而近年来兴起并得到广泛应用的生物特征识别如人脸识别，指纹识别等也均因易伪造而存在较大不安全因素，虹膜识别技术由于制造成本高、设备昂贵且难以小型化，并没有得到大规模的应用。而人体步态作为一种长期性形成的生物行为特征具有不可复制的特征，可以做到密钥随身携带，安全性高。

本系统包括足底压力采集系统，通过对有权限的用户长期以来形成的步态生物特征大量采集，形成与该用户匹配的特征数据库。访问时，通过压力采集系统提取目标足底压力分布特征，将采集到的特征数据与数据库数据进行高速比对并匹配结果，完成身份认证。

本系统具有以下优势：（1）密钥难以被盗取复制：步态作为一种生物行为特征，其存在于行走这个动态过程中，即使获取了用户长期的足底压力分布信息，想要通过行为模仿来拷贝密钥，需要很长的时间周期。（2）非接触性识别：与传统的生物识别技术不同，步态识别不需要用户刻意去配合，只要正常行走即可完成密钥的采集和配对过程，主动识别用户。

本系统的创新之处在于足底压力识别，在极大地增加了身份认证的安全性的同时，使识别的准确度也得到很大的提高。

目前在国内对步态识别的研究还处于实验室验证阶段，还没有类似的研究成果进入实用领域。

关键字：步态识别，身份认证，主动识别

Abstract:

Traditional identification methods of identity (including items such as keys, certificates, ATM card) and to identify the identity of the characteristics of knowledge (such as a username and password) were identified, there are greater security risks, once the identity of the stolen goods or the identity of knowledge forgotten, the identity of easily being fake or replace. But the rise in recent years and widely used biometric identification such as face recognition, fingerprint recognition also because of easy to counterfeit and the existence of large safety factor, the technology of iris recognition due to high manufacturing costs, equipment is expensive and difficult to miniaturization, has not been large-scale application. Human gait as a long-term formed biological behavior characteristics have characteristics can not be copied, can be key to carry, high safety.

The system includes the plantar pressure acquisition system, based on the users with permissions long-standing biological characteristics of gait of a large collection of form feature database, matching with the user. Interview, the target characteristics of plantar pressure distribution through the pressure acquisition system will feature extraction, data and database data collected and high speed ratio matching results, completed authentication.

The system has the following advantages: (1) the key difficult to be stolen copy: gait as a biological behavior characteristics, it exists in the walk in the dynamic process, even if the plantar pressure distribution to obtain long-term user information, want to copy the key through the act of imitation, require a long period of time. (2) the non-contact recognition: unlike conventional biometrics, gait recognition, the user does not need to deliberately to match, as long as the normal walking can complete the acquisition and matching process are key, active user identification.

The innovation of this system lies in the plantar pressure identification, identity authentication security and increase in greatly, make the recognition accuracy has been greatly improved.

At present in the domestic research on gait recognition is still in the stage of laboratory

verification, no similar results into practical field

Keywords: gait recognition authentication active recognition

目录

第一章 引言	1
1.1 背景分析	1
1.2 设计目标	2
1.3 相关工作	3
1.3.1 足底压力识别相关工作	3
第二章 作品设计与实现	5
2.1 系统整体方案框图	5
2.2 实现方案综述	5
2.2 系统原理	6
2.2.1 框架	6
2.2.2 向量机	6
2.3 系统模块介绍	7
2.3.1 硬件部分	7
2.3.2 软件部分	13
第三章 性能测试	16
3.1 测试设备	16
3.2 测试目标	16
3.3 功能测试	16
3.3.1 硬件测试	16
3.3.2 软件测试	18
3.3.3 测试结论	23
第四章 创新性说明	24
4.1 步态识别认证方式稳定性高	24
4.2 采样信息隐蔽，不易伪造	24
4.3 主动识别	24

4.4 以生物特征作为私钥加密	24
4.5 安全健康	24
第五章 应用前景	25
总结	26
【参考文献】	27

第一章 引言

1.1 背景分析

传统的身份鉴定方法包括身份标识物品（如钥匙、证件、ATM卡等）和身份标识知识（如用户名和密码）但由于主要借助体外物，一旦证明身份的标识物品和标识知识被盗或遗忘，其身份就容易被他人冒充或取代。

生物识别技术比传统的身份鉴定方法更具安全、保密和方便性。生物特征识别技术具不易遗忘、防伪性能好、不易伪造或被盜、随身“携带”和随时随地可用等优点。原因在于人体特征具有人体所固有的不可复制的唯一性，这一生物密钥无法复制、失窃或被遗忘，利用生物识别技术进行身份认定，安全、可靠、准确。而常见的口令、IC卡、条形码、磁卡或钥匙则存在着丢失、遗忘、复制及被盜用诸多不利因素。另外采用生物“钥匙”，您可以不必携带大串的钥匙，也不用费心去记或更换密码。而系统管理员更不必因忘记密码而束手无策。生物识别技术产品均借助于现代计算机技术实现，很容易配合电脑和安全、监控、管理系统整合，实现自动化管理。生物特征识别技术应用领域广泛，如考勤系统，身份证系统，门禁系统等，密码加强系统等。随着时代的发展，其应用前景将越来越广阔。图1-1给出了生物识别技术的市场潜力。这项数据是国际生物测定组织（IBG）给出的，图中单位为百万美元。从图中不难看出，生物特征识别技术市场前景广阔，增长势头强劲。人体生物特征识别是一项极有发展前景的高新技术。



图 1-1 生物特征识别市场增长

下图为传统身份识别技术与生物特征识别技术的横向比较。从表中可以看出，采用“生物特征”，如用指纹，虹膜，DNA等特征验证身份比采用“密码信息”或“个人持有物”，如钥匙，身份证等更为安全和可靠

表 1-1 传统身份识别与生物识别技术的比较

	密码	物品	生物特征
实例	数字串	钥匙	指纹
可否复制	容易	可以	困难
可否丢失	可以	可以	困难
是否易变	容易	容易	困难

由此可见使用生物特征识别的优势十分明显，也是我们研究的方向，而目前生物特征身份识别的研究主要集中在指纹、掌纹、DNA 等生物特征上，由于提取这类生物特征需要价格昂贵的硬件设备，所以这些技术主要应用于高端的身份识别系统。1996年，Murase和Sakai提出了一种时空相关匹配的方法用于区别不同的步态，1998年，Little和Boyd提出了从光流图像中获取频率和相位特征来识别个人。2000年Shutler等提出了一种基于时间矩的统计步态识别算法。2001年，Hayfron-Acquah等提出了基于人体对称分析的自动步态识别方法。2002年，马里兰大学的Ben-Abdelkader等用步态序列自相似图（Self-similarity plots）来提取步态特征。基于“人体行走运动很大程度上依赖于轮廓随着时间的形状变化”的直观想法，美国的卡耐基-梅隆大学的Collins等直接利用身体轮廓信息识别步态。2003年，南安普顿大学的Foster等提出采用区域度量的方法解决识别步态问题。当前，Begg等将支持向量机算法应用于步态自动识别。

1.2 设计目标

本作品的设计目标为：通过足底压力分布特征识别构建一个身份认证系统，该系统硬件部分由压力采样鞋套、压力数据处理电路、无线传输模块、电脑构成。使用前该系统首先构建用户的足底压力数据库；使用时测试者穿戴上压力采样鞋套行走，系统将采集的信息与数据库中数据对比并判断来者身份，从而控制是否允许来者进入特定区域。

1.3 相关工作

1.3.1 足底压力识别相关工作

步态识别以非接触、难以伪装、可远距离识别等优势得到了广泛关注。目前基于计算机视觉方法的步态识别虽然取得了较高的识别正确率，但易受噪声、衣着等干扰。因此很多学者开始着手于研究触觉步态识别技术，它通过将压力测试板掩埋在地面上，采集行走时足底的触觉信息进行身份识别，这类方法在采集过程中不受外部环境的影响，也不存在复杂背景的分割和遮挡问题，应用价值很高。

根据华中科技大学同济附属医院袁刚等人的研究结果[10]，正常人的动态足底压力分布和年龄、身高、体重、体重指数、足形等多项因素有关。并且足底压力在足部的各个区域分布情况不同，这些差异经过压力传感器采样之后显然可以作为一种身份识别的密钥来使用。

表 1-2 静态足底各部位最大压力分布

部 位	左 足		右 足	
	峰值压力	95% 可信区间	峰值压力	95% 可信区间
足跟	1.10 ± 0.34	1.04~ 1.16	1.06 ± 0.35	0.99~ 1.12
足弓	0.35 ± 0.13	0.32~ 0.37	$0.38 \pm 0.17^*$	0.35~ 0.41
第 1 趾	0.31 ± 0.16	0.28~ 0.34	0.33 ± 0.16	0.30~ 0.36
第 2 趾	0.21 ± 0.10	0.19~ 0.22	0.21 ± 0.10	0.19~ 0.23
第 3~ 5 趾	0.18 ± 0.08	0.16~ 0.19	0.16 ± 0.07	0.15~ 0.18
第 1 跖骨头	0.61 ± 0.22	0.57~ 0.65	0.59 ± 0.21	0.55~ 0.62
第 2 跖骨头	0.73 ± 0.27	0.69~ 0.78	0.68 ± 0.24	0.64~ 0.72
第 3~ 5 跖骨头	0.49 ± 0.23	0.45~ 0.53	0.51 ± 0.20	0.47~ 0.54
平均峰值足压	1.16 ± 0.32	1.11~ 1.22	1.11 ± 0.33	1.05~ 1.16

表 1-3 动态足底各部位最大压力分布

部 位	左 足		右 足	
	峰值压力	95% 可信区间	峰值压力	95% 可信区间
足跟	2.11 ± 0.47	2.04~ 2.19	2.02 ± 0.48	1.94~ 2.09
足弓	0.68 ± 0.31	0.63~ 0.73	0.73 ± 0.39	0.68~ 0.80
第 1 趾	1.57 ± 0.63	1.47~ 1.67	1.68 ± 0.71	1.57~ 1.80
第 2 趾	0.73 ± 0.33	0.68~ 0.78	0.79 ± 0.35	0.73~ 0.84
第 3~ 5 趾	0.46 ± 0.25	0.42~ 0.50	0.45 ± 0.22	0.41~ 0.48
第 1 跖骨头	1.82 ± 0.65	1.72~ 1.93	1.81 ± 1.03	1.65~ 1.97
第 2 跖骨头	2.53 ± 0.68	2.42~ 2.63	2.42 ± 0.67	2.30~ 2.51
第 3~ 5 跖骨头	1.65 ± 0.70	1.54~ 1.76	1.65 ± 0.63	1.55~ 1.75
平均峰值足压	2.74 ± 0.67	2.63~ 2.85	2.73 ± 0.60	2.64~ 2.83

部 位	左 足		右 足	
	峰值压力	95% 可信区间	峰值压力	95% 可信区间
足跟	2.11 ± 0.47	2.04~ 2.19	2.02 ± 0.48	1.94~ 2.09
足弓	0.68 ± 0.31	0.63~ 0.73	0.73 ± 0.39	0.68~ 0.80
第 1 趾	1.57 ± 0.63	1.47~ 1.67	1.68 ± 0.71	1.57~ 1.80
第 2 趾	0.73 ± 0.33	0.68~ 0.78	0.79 ± 0.35	0.73~ 0.84
第 3~ 5 趾	0.46 ± 0.25	0.42~ 0.50	0.45 ± 0.22	0.41~ 0.48
第 1 跖骨头	1.82 ± 0.65	1.72~ 1.93	1.81 ± 1.03	1.65~ 1.97
第 2 跖骨头	2.53 ± 0.68	2.42~ 2.63	2.42 ± 0.67	2.30~ 2.51
第 3~ 5 跖骨头	1.65 ± 0.70	1.54~ 1.76	1.65 ± 0.63	1.55~ 1.75
平均峰值足压	2.74 ± 0.67	2.63~ 2.85	2.73 ± 0.60	2.64~ 2.83

表 1-4 动、静态最大峰值足压与年龄、身高、体重和体重指数的相关分析

峰值足压	年龄	身高	体重	体重指数
动态峰值足压	0.175*	0.021	0.21**	0.245**
静态峰值足压	0.098	- 0.007	0.16	0.185*

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

安徽大学的梁栋等人在基于足底压力图像的静态触觉步态识别[10]中对50人的样本进行了足底压力的采集和识别实验,在一组对三个人的辨别实验中分别对每个人进行三个足部特征点的数据采集,得到了如下数据:

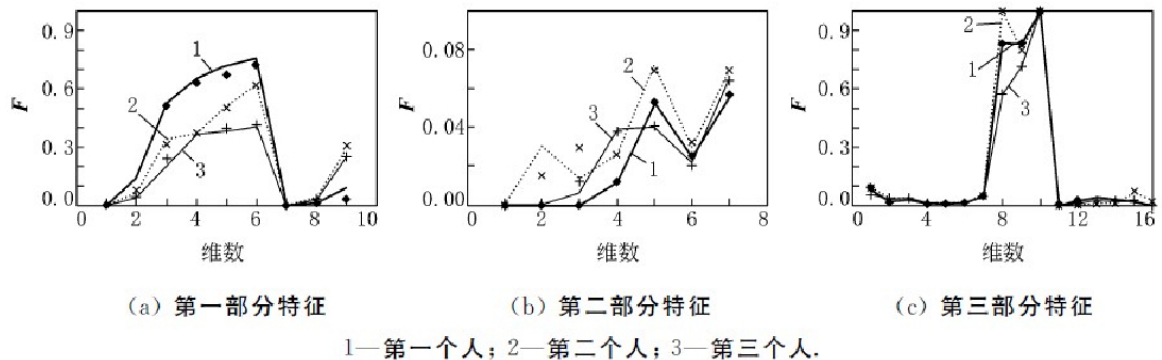


图 1-2 平均特征向量分布曲线

从曲线图可以看出来,不同的人的足底压力分布呈现出不同的分布特征,在一些关键的足底采样部位三条曲线表现出很大的差异,这标明足底压力分布特征用于区别不同的身份是可行的。

第二章 作品设计与实现

2.1 系统整体方案框图

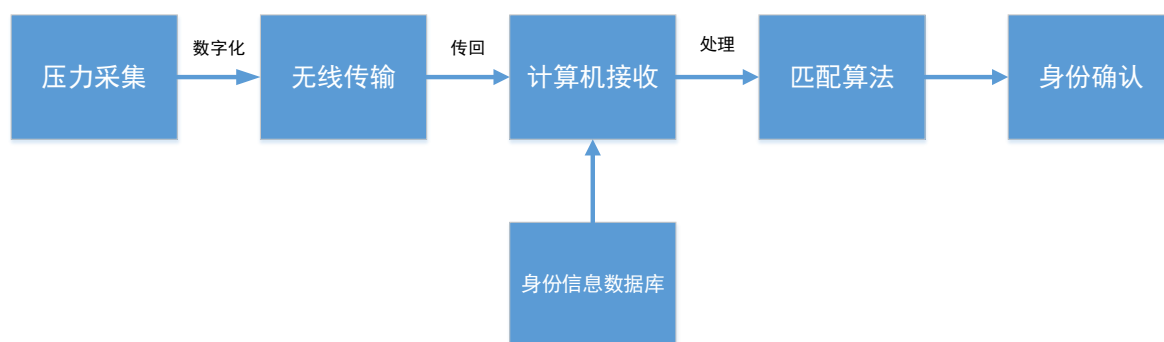


图 2-1 系统整体框图

2.2 实施方案综述

足底压力采集鞋套将采集到的数据通过无线传输模块传输给电脑，生成相应的数据特征向量。通过使用CCA算法在压力数据库中进行检索，如果没有相类似数据，则直接禁止来访者进入；如果数据库中有相类似的数据，则筛选出最相似的10组数据

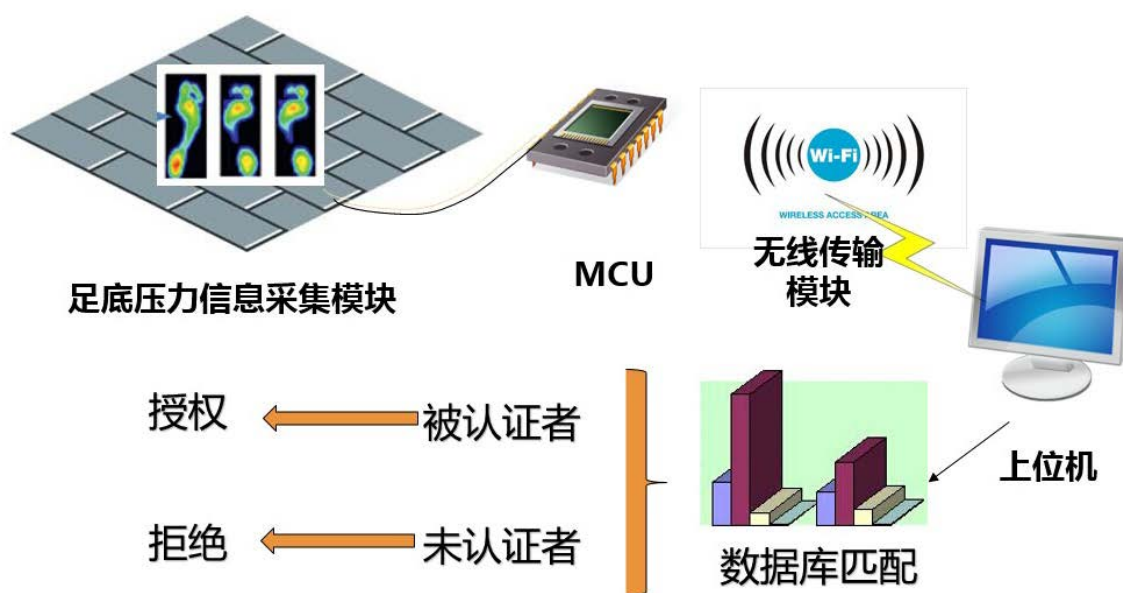


图 2-2 系统整体设计

2.2 系统原理

2.2.1 框架

我们的系统可大致分为两个部分。第一部分为样本采集系统，由压力传感器模块，无线传输模块、数据校验模块、数据包收集模块构成，第二部分样本处理系统，由样本补全模块、降维模块和向量机模块组成。

首先，人在踩过一步时，压力传感器将压力数据通过无线模块发送至主机端口，主机接到数据后送入数据校验模块。数据校验模块将数据进行校验，对于校验成功的数据生成电压包送入数据包收集模块。数据包收集模块根据电压的变化自动开始记录，自动停止记录。当一个人完成完整的一步后，数据包收集模块将样本处理系统。

样本处理系统收到数据后，会根据选定的模式进行操作：

如果用户选择测试模式，那么样本处理系统会输出当前数据收集状况以便调试。如果用户选择识别模式或录入模式，那么样本处理系统会先将样本送入样本补全模块进行补全，避免因未记录的数据而识别失败。补全完成后，样本会被送入降维模块，以生成一个适合向量机处理的特征向量。如果用户选择识别模式，那么向量机模块会用当前的模型计算出用户的 ID，在用户走过一定步数后，系统会统计识别结果，如果某 ID 超过一定比例，则识别最终结果为该 ID，如果没有一个 ID 超过该比例，则识别最终结果为陌生人。如果用户选择录入模式，那么特征向量将被送入数据库。录入完成后，向量机利用所有的特征向量生成新的模型，供下次识别使用。

2.2.2 向量机

向量机是一种数据分类方法。向量机进行训练时，会试图找出若干个超平面，试图将属于不同类别的点分到不同的区块。在输入新的数据时，向量机通过判断数据属于哪个区块决定数据属于何种类别。

2.3 系统模块介绍

柔性薄膜压力传感器采集压力大小信息，并输出到模数转换器。模数转换器对输入信息进行采样、量化，将得到的数字信号传输给单片机。单片机收集整理模数转换器传递来的数字信号，并调用无线传输模块通过串行通信协议发送端发送信号。待无线传输模块接收端接收后发送到计算机

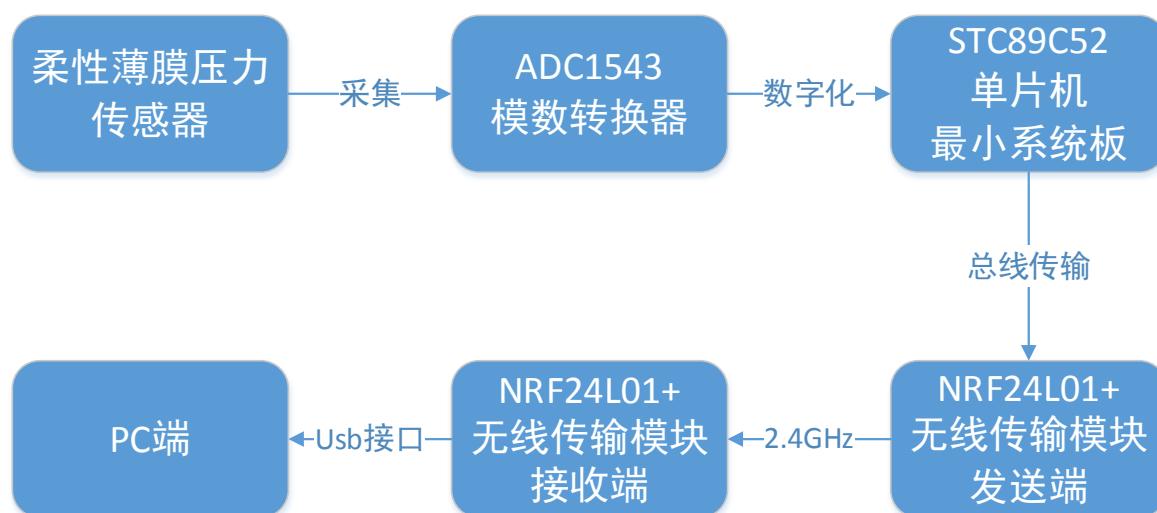


图 2-3 压力采集与传输模块

因此该系统硬件分为压力信息采集模块、MCU 信号处理模块、无线传输模块和计算机，软件部分为压力采集、综合处理的算法。各模块的具体功能实现如下。

2.3.1 硬件部分

2.3.1.1 压力采集模块

传感器在电路中等效为压敏电阻。当压力传感器无外界负载时，电路处于高阻状态。当外界压力施加到传感器上时，电路电阻随之下降。该传感器参数如下

表 2-1 单点压力传感器的设计参数

传感器长度	10mm
PET 厚度	38um
延长线	Wire
可测量压力范围	0-50KG, (可定制 50KG-100KG)
最小测量面积	1.00mmX1.00mm
典型应用性能	
工作电源	Type +5V, Type 5mA (Max)
线性误差	<±3%
重复性	满量程<±2.5%
迟滞性	满量程<±4.5%
漂移	<5%/对数时间量程
反应时间	<5uS
工作温度范围	(-40°C- 60°C)
温度漂移	输出变化每华氏度 0.2%

使用万用表，可以直接通过连接到外部两个端子读取电阻值，电阻数值随外部压力的变化而对应的变化。单点实测压力(KG)与对应实测阻值关系如下图所示。

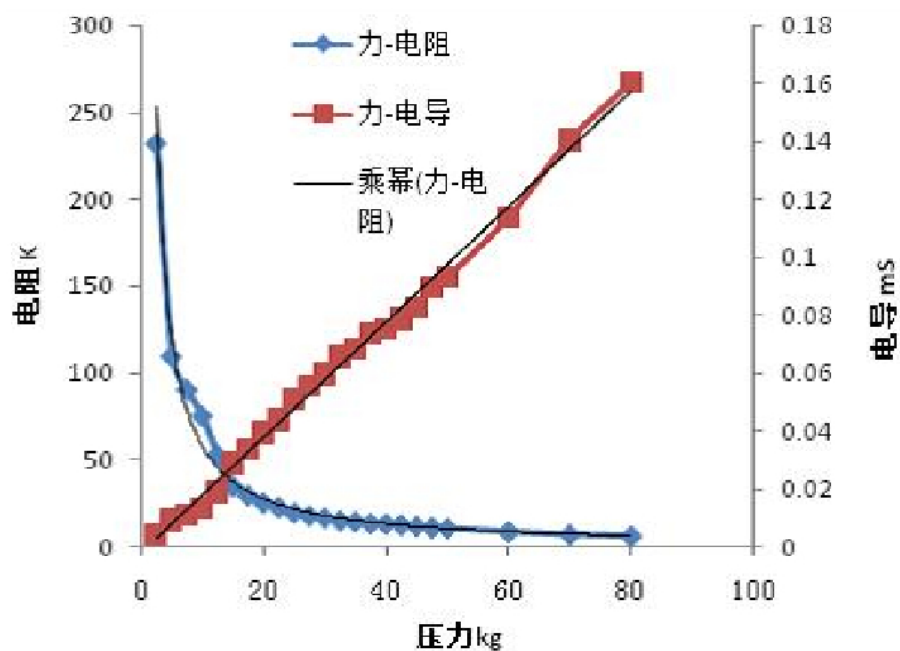


图 2-4 电阻、电导与压力的关系曲线

由上图可知，压力与电阻成反向比率，但是压力与电导是呈现线性的，因此电导可被用于校验计算。

传感器基本电路设计如下。

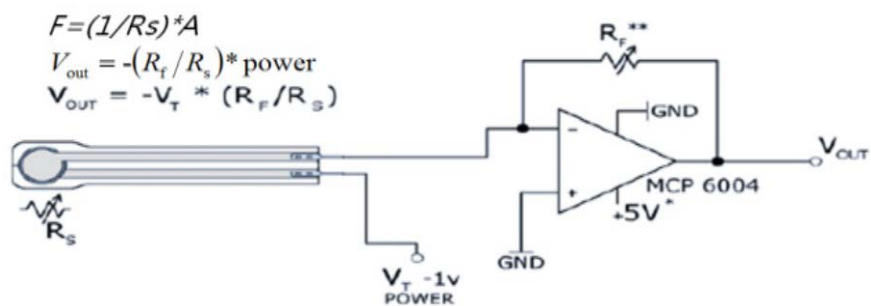


图 2-5 电阻、电导与压力的关系

由单点压力传感器的工作原理可知，传感器电导正比于外界压力。

即：

$$F = \frac{1}{R_s} \times A$$

其中 A 为比例系数。

由反相放大器的工作原理可知

$$V_{out} = -V_T \times \frac{R_F}{R_s}$$

将：

$$F = \frac{1}{R_s} \times A$$

带入上式可得

$$V_{out} = \frac{-V_T R_F}{A} \times F$$

其中 $\frac{-V_T R_F}{A}$ 为常数，所以输出电压正比于外界压力。

压力传感器后连接 AD 转换模块并传回单片机，仿真电路如下。

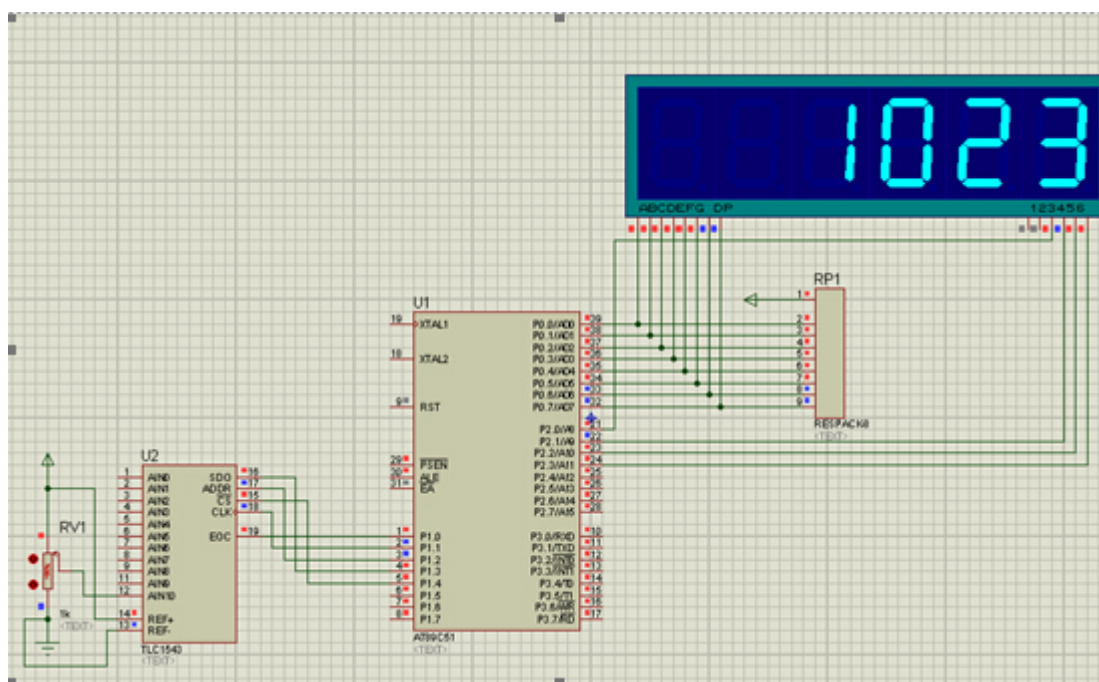


图 2- 6 压力传输仿真电路

其中左侧滑动变阻器替代了压力传感器及其输出电路。

2.3.1.2 无线传输模块

2.3.1.2.a 无线发射与接受芯片

nRF24L01+ (或 nRF24L01P) 是一款工作在 2.4-2.5GHz 世界通用 ISM 频段的单片无线收发器芯片。无线收发器包括：频率发生器、增强型 SchockBurst 模式控制器、功率放大器、晶体振荡器调制器、解调器。输出功率频道选择和协议的设置可以通过 SPI 接口进行设置。

表 2- 2 无线发射与接受芯片参数

参数	数值	单位
最低供电电压	1.9	V
最大发射功率	0	dBm
最大数据传输率	2000	kbps
发射模式下, 电流消耗 (0dBm)	11.3	mA
接收模式下电流消耗 (2000kbps)	12.3	mA
温度范围	-40~ +85	℃
数据传输率为 1000kbps 下的灵敏度	-85	dBm
掉电模式下电流消耗	900	nA

2.3.1.2.b 单片机串行口通信

一般的通信方式有串行和并行两种，在现代单片机测控系统中信息的交换一般采用串行通信方式。为了使计算机和我们所使用的 51 单片机能够使用各自的时钟控制数据的收发过程，我们采用异步串行通信方式使采集的数据在单片机与 PC 机间传输。

我们使用的 51 单片机的串行口是一个可编程全双工的通信接口，具有 UART（通用异步收发器）的全部功能，能同时进行数据发送和接受。该串行口主要由两个独立的串行数据缓冲寄存器 SBUF 和发送控制器、接收控制器、输入移位寄存器以及若干控制门电路组成，51 可以通过特殊功能寄存器 SBUF 对串行接收或串行发送寄存器进行访问，其硬件基本结构如图：

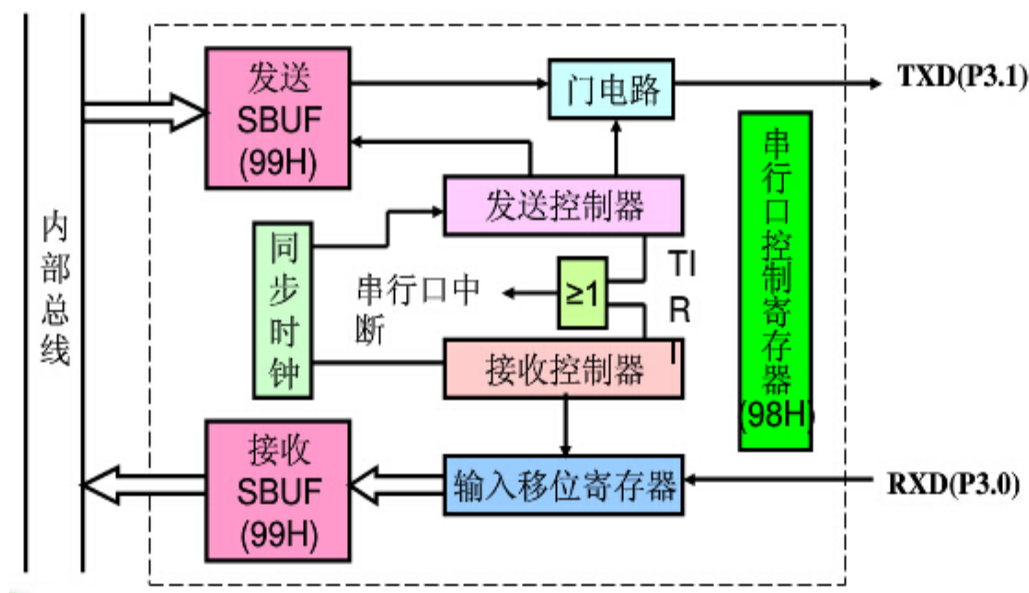


图 2-7 STC89C52 串口通讯原理图

我们采用单片机的串口方式 1 完成数据的传输，方式 1 传送一帧数据共 10 位，1 位起始位（0），8 位数据位，1 位停止位。其数据输入输出时序图如下：

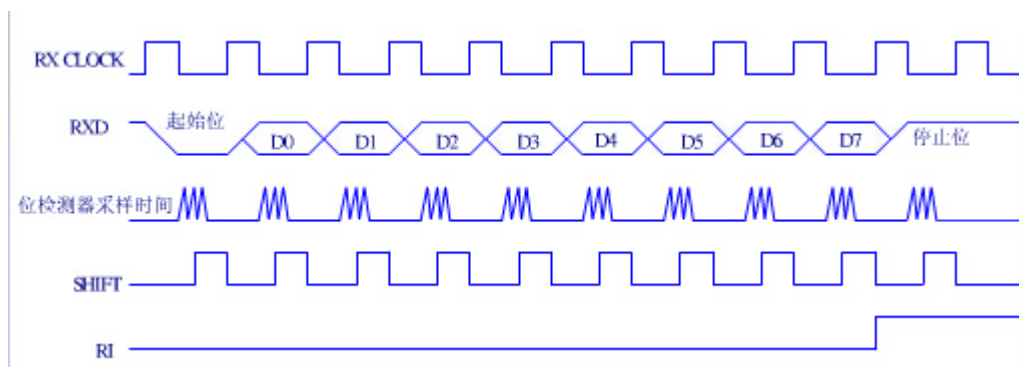


图 2-8 数据接收时序图

单片机最小系统版与 NRF24L01 无线驱动发送模块硬件连接:

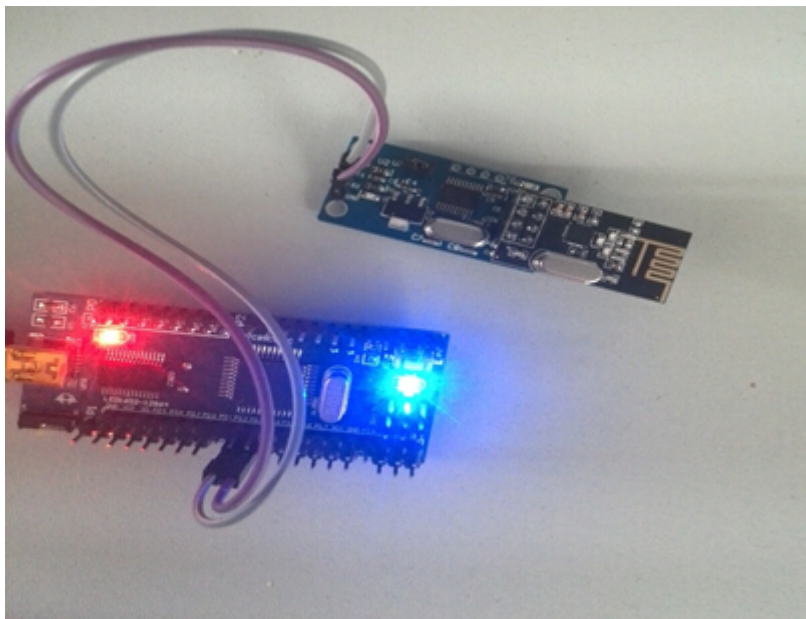


图 2-9 无线模块发射端和单片机连接实物图

2.3.1.2.c NRF24L01 无线驱动模块

NRF24L01 是工作在 2.4GHz~2.5GHz 的 ISM 频段的单片无线收发器芯片，输出功率、频道选择和协议的设置可以通过 SPI 接口进行设置，并完成无线数据传输工作。同单片机连接硬件原理如图：

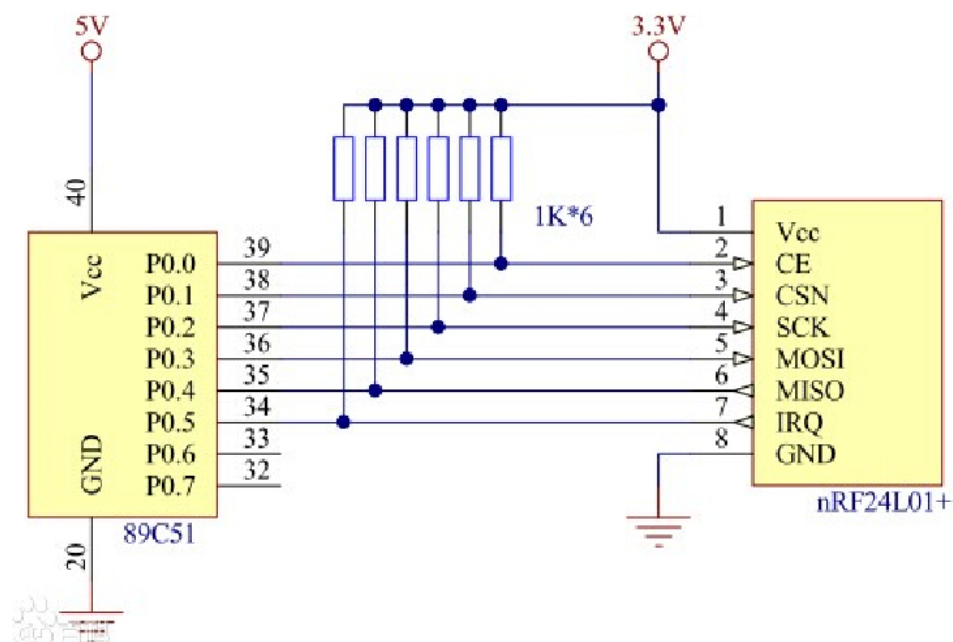


图 2-10 NRF24L01 和 89C52 的连接图

单片机的 TXD 与 RXD 与无线发送模块的 TXD 与 RXD 分别交叉相连，对压力传感器所采集的数据进行无线传输，将数据上传到 PC 机与图像采集所得数据在 PC 机进行整合。

无线驱动接收模块与上位机连接:



图 2- 11 无线模块接手端连接 PC 实物图

2.3.2 软件部分

2.3.2.1 软件设计

2.4.1.a 压力的处理

由于我们采用的压力设备较为简单，因此我们直接拼接关键帧的各个单点压力数值作为特征向量。

2.4.1.b 识别方法

首先由足底压力的特征对数据库中每一个人进行评分，得出候选人名单，然后将名单中的每一人与当前正在测试的人的足底压力分布特征进行对比，最终以得分最高的人作为识别结果。

在对系统进行训练时，求出足底压力的特征向量的典型变量。在进行测试时，根据典型变量算出预测的位置，算出与各记录的压力特征点之间的距离，然后进行排序，去

除过远的记录以防止其干扰。

在获得了候选人之后,我们将处理的通过训练后的支持向量机得出最后的识别结果。

2.3.2.2 软件实现

2.3.2.2.a 使用的程式库:

1) Qt 库

Qt 库是一个跨平台的图形用户界面库。它通过自己的内部绘制各种组件,因此对操作系统的依赖性降到了最低。这便于我们在各个平台上做实验。Qt 库中同时提供了对硬件的一些访问,这样我们不用使用硬件厂商提供的专用库便能实现如拍摄,拍照等功能。Qt 提供了信号-槽机制,提供不同组件之间的交互,这非常适合我们的程序。

2) libsvm 库

Libsvm 库是一个用于构造、训练支持向量机并使用其进行预测的库,支持多种识别模式和内核函数。其接口为 C 语言接口,效率较同类库高,并提供对 Matlab 的接口。

2.3.2.2.b 程序模块设计

1. 主窗口

主窗口提供模式选择,控制面板,综合输出,电压信息和数据包信息,并负责对压力信息进行转换,统计用户信息,以及链接各个模块的信号与槽。其信号与槽较多且意义不大,故不在此处给出。

2. 电压数据采集模块

电压数据采集模块负责打开和关闭串口,监听串口,将原始数据解析为包含时序,端口,电压和校验的电压包,抛出校验失败或者电压值、端口号不正确的电压包,然后将数据发向下一模块。其槽有:

- a. 开始监听
- b. 停止监听
- c. (内部槽)读取原始数据

其信号有:

- a. 电压包已准备好
- b. 发生错误

3. 数据记录模块

数据记录模块负责记录一个周期内的数据。在接收到电压大于阈值的电压包时会自动开始记录，在所有端口的电压均小于阈值电压时会停止记录。其槽有：

- a. 输入电压包
- b. 手动停止（此槽是为防止端口异常而导致无限输入数据从而溢出的情况）

其信号有：

- a. 记录已开始
 - b. 记录已停止
 - c. 警告
4. 样本补全

为了效率，样本补全没有采用信号槽机制，只单一使用了函数。其功能是将样本中无效的数据进行近似拟合，从而让向量机不会产生太大偏差。

5. 识别模块

识别模块负责将特征向量送入向量机，并得出结果产生信号。其槽为：

- a. 识别

其信号为：

- a. 结果已产生

6. 测试模块

测试模块负责将特征向量存入数据库。

7. 向量机交叉校正模块

在需要对向量机进行训练师，校正模块能够确定一个较好的训练参数。它会接受一系列特征向量，在一定的范围内搜索参数，对每一个参数进行样本内的匹配。最后使用匹配最多的参数对向量机进行训练。

第三章 性能测试

3.1 测试设备

表 3-1 测试设备列表

设备	数目
Windows操作系统笔记本	1台
NRF24L01+无线传输模块	2个
STC15F2K60S2单片机最小系统板	1个
薄膜压力传感器	1个

3.2 测试目标

- (1) 测试无线传输模块接收并传输数据情况
- (2) 测试压力传感器单点接收压力与输出值的函数关系。
- (3) 总体测试压力采集综合分析能力

3.3 功能测试

3.3.1 硬件测试

3.3.1.1 无线传输模块测试

为测试无线传输模块的工作情况，将无线传输模块一端与与单片机相连，另一端连接至电脑。通过按键向单片机传输数据，在PC端接收数据，将两者进行比对。传输结果通过PC端生成TXT文本输出。

输入数据列表如下

表 3-2 单片机输入数据表

1. 3	6. 4	33. 34	4	4. 4	5. 3
1000. 4	33. 1	786. 4	43. 32	34. 5	342. 43

输出结果如下

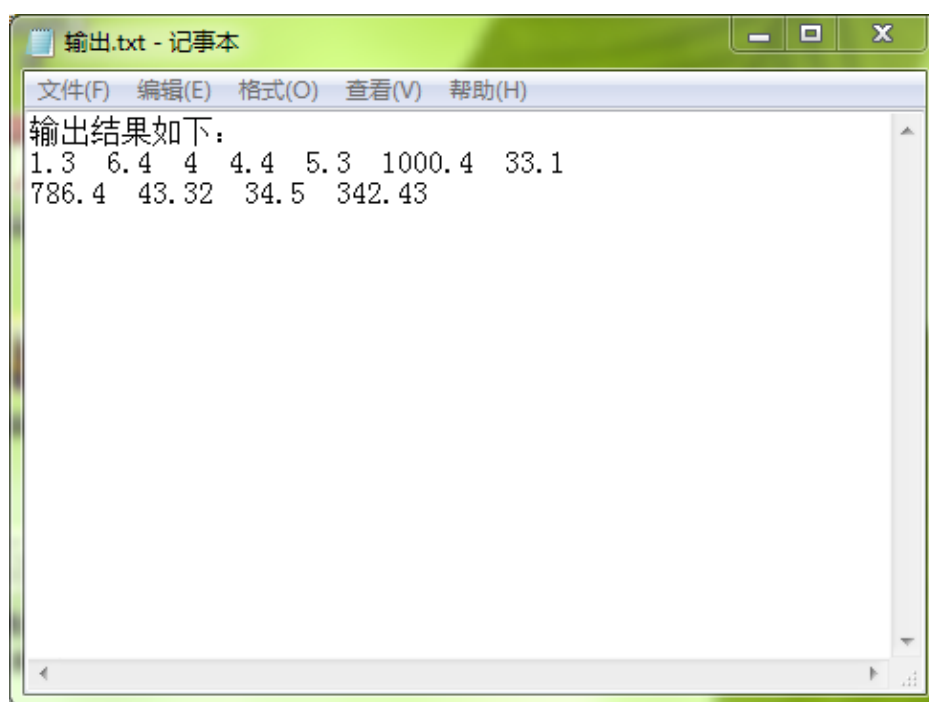


图 3-1 测试无线模块传回 PC 端结果显示

因此，无线传输模块很好地实现了数据传输。

3.3.2.2 单点压力采集模块测试

该部分主要测试压力采样值与实际压力之间的函数对应关系。为了便于观察采样数值，将采样值通过无线传输模块传回电脑，并将采样值输出到屏幕上。绘制出实际压力值与采样值的函数关系如下图所示。

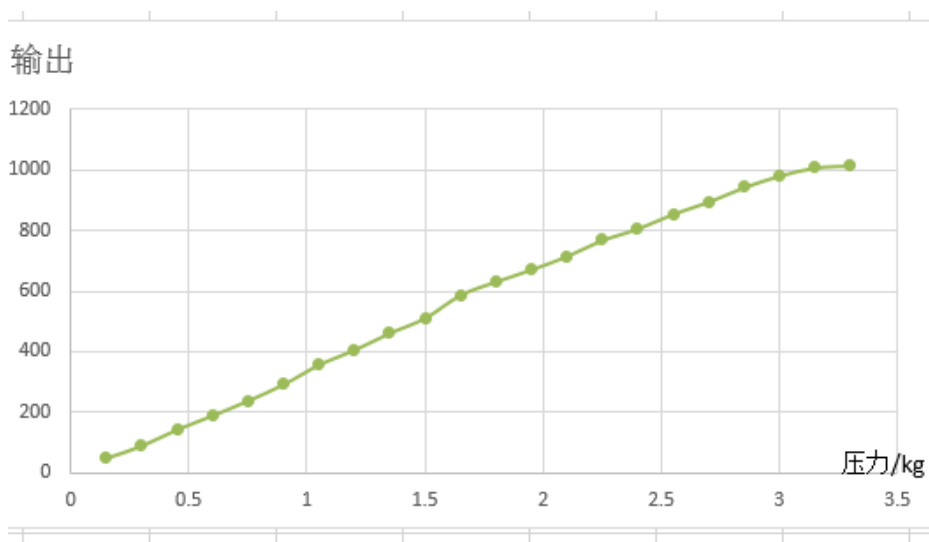


图 3-2-1 压力值与采样值线性拟合曲线

由该图可知，压力值与输出值之间呈现良好的线性关系，因此可通过最小二乘法拟合出一元线性回归函数，从而通过输出值得到采样压力值大小。

3.3.2 软件测试

软件测试部分主要分为两大部分，一部分是对被测者数据信息进行界面显示与数据库生成，另一部分是被测者信息信息的采样。

3.3.2.1 数据库生成

用户进入识别区后摄像机开始对包含用户步态特征的视频流进行采集，同时压力传感器将被识别对象的足底压力信息通过无线模块上传到上位机。录入过程如下：



图 3- 3-2 开始进入录入模式



图 3- 3-3 录入过程



图 3- 3-4 录入结束

3.3.2.2 来访者步态信息的采样

用户进入测试之前当前压力显示为 0，即没有数据传入。软件初始界面如下：

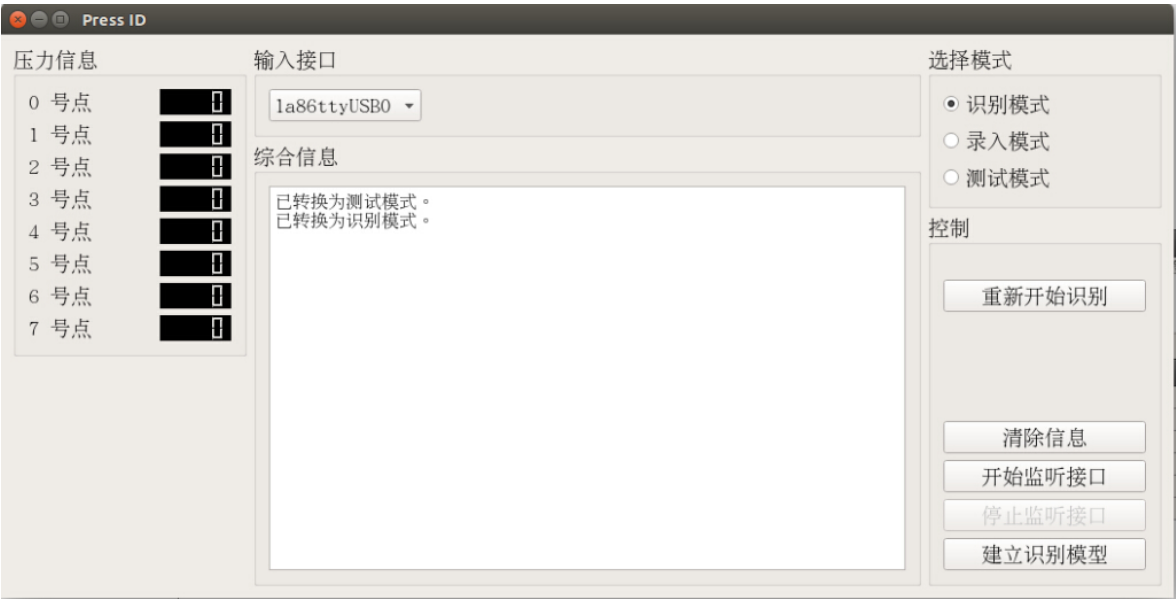


图 3- 3-5 软件初始化界面



图 3- 3-6 用户模型已建立，可以开始进行识别

系统识别流程过程界面如下：

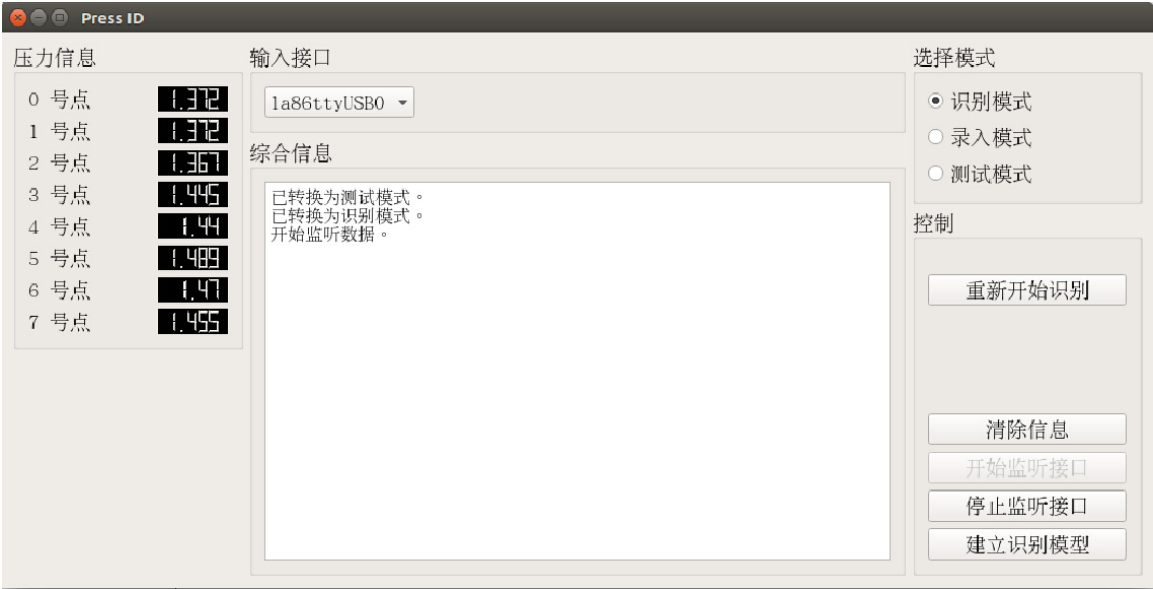


图 3- 3-7 开始监听用户数据

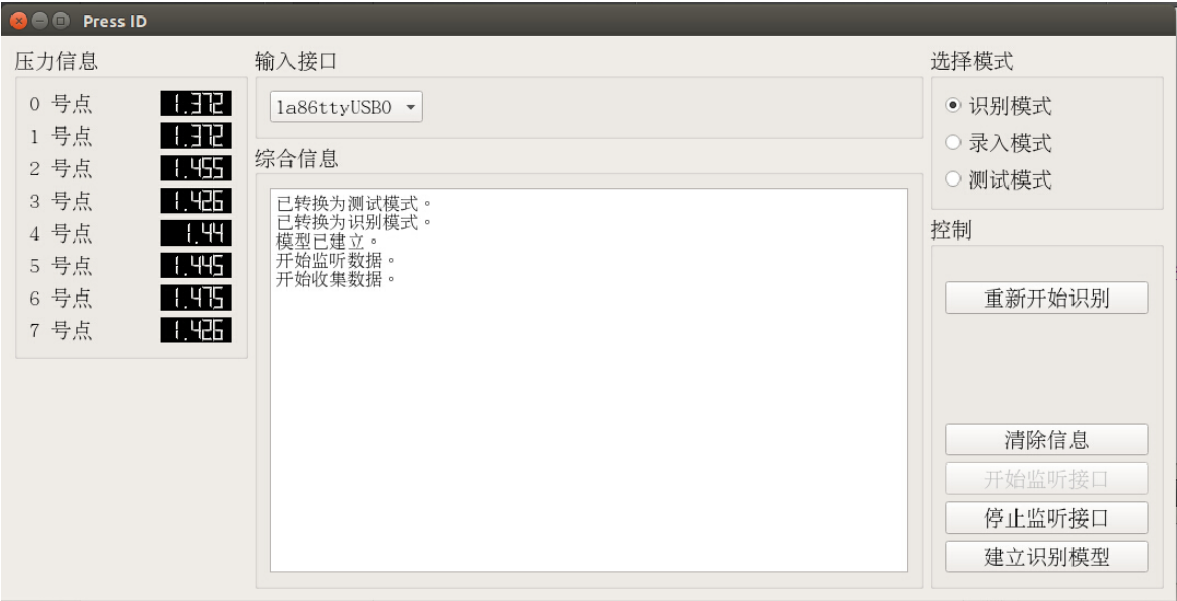


图 3- 3-8 准备开始采集用户数据

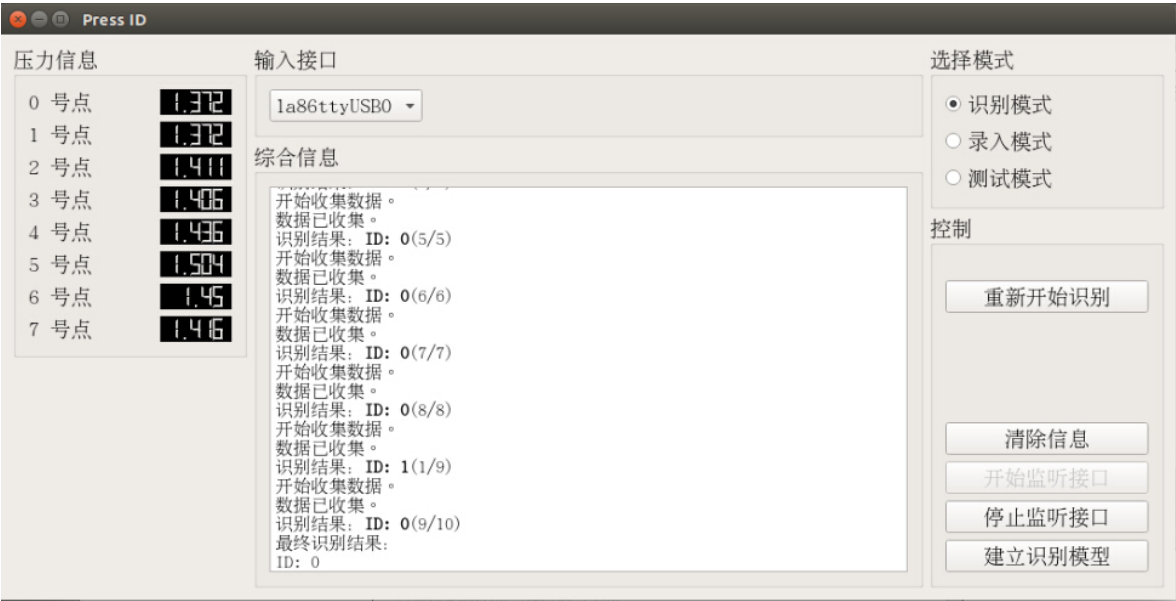


图 3- 3-9 零号用户识别结果

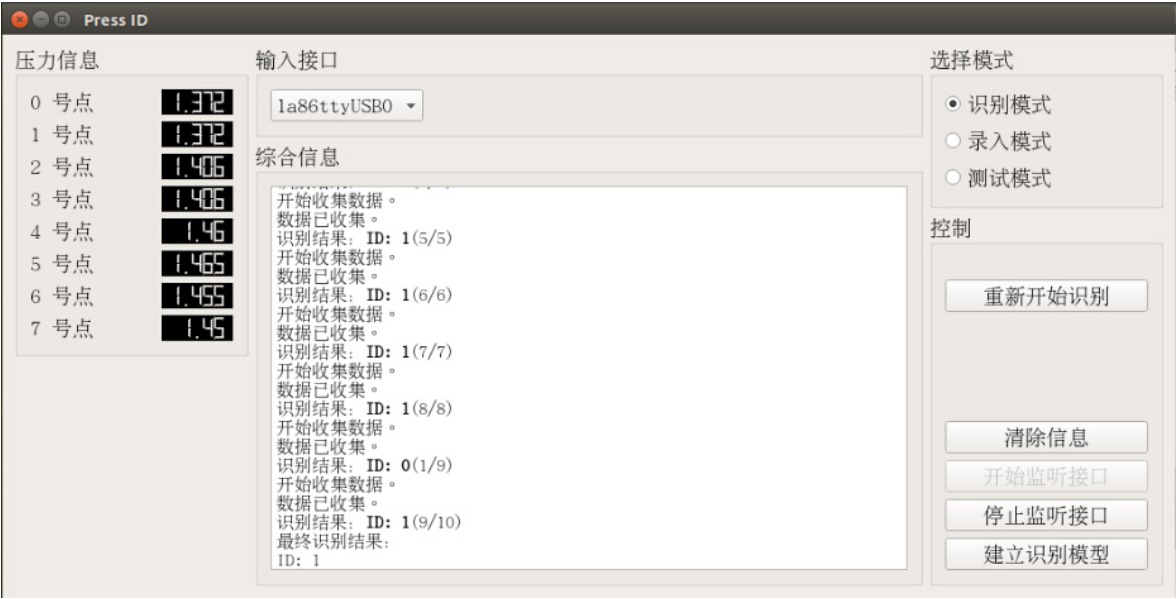


图 3- 3-10 一号用户识别结果



图 3- 3-11 无访问权限的陌生用户的识别结果

3.3.3 测试结论

系统硬件部分工作正常，能够完整实现压力信号的采集、数字化、传回计算机功能。软件部分成功实现设计指标，识别率在测试样本下为100%。

第四章 创新性说明

4.1 步态识别认证方式稳定性高

每个人走路足底压力分布特点已经在其多年的生活中形成习惯，成为一项独一无二的生物特征，并已经形成一种潜意识。由于这些特点不需要用户有意识地操纵，因此排除了用户的情绪、操作误差等因素，具有极高的稳定性。

4.2 采样信息隐蔽，不易伪造

传统的身份识别常常是基于人体某些微小局部的特点进行辨识，因此比较容易伪造。例如，指纹识别可以通过橡胶指模伪造；虹膜识别面部轮廓识别可通过视频图像伪造。这些都是基于人体最显著的特征进行识别，因此很容易被模仿。而基于步态识别的身份认证所采集的步态信息的量化特征相对隐蔽，足底的压力分布特点是很难通过长期练习而模仿的，这提高了系统的安全性。另外该系统一方面通过下肢大范围的采样避免了局部特点的伪造，另一方面通过足底关键点的精细采样更加提高了伪造身份信息的困难度。

4.3 主动识别

使用者不需要可以配合系统进行测试，当使用者走路时系统自动获取使用者的身份信息。

4.4 以生物特征作为私钥加密

可将采集到的步态信息转化为私钥加密要发送的信息，避免了私钥的窃取和泄露。

4.5 安全健康

不同于别的波段的电磁波，超声波对人体没有危害，不存在像红外、紫外、WiFi等对人体健康存在潜在威胁，因此可以放心使用。

第五章 应用前景

我们所设计的基于步态识别的身份认证系统和其他现有的指纹、虹膜、面部识别系统相比，具有稳定性高、使用方便、不易伪造等优点，因此可完全替代现有的身份认证方式。它既可以应用于各种机要涉密场合的门禁系统，又可广泛应用于智能家居、考勤签到等多种场合，具有十分广阔的应用前景。

另外由于步态信息本身属于一种独一无二的生物信息，因此可将其应用于非对称加密的信息传输中，将其作为发送方的私钥对信息进行加密。由于该私钥不需要记忆且不需要手动输入，因此避免了被窃取的风险，而且无法被伪造，具有很高的安全性。本系统还可以做到定域保密的功能，即只能在这个区域，这台机器上，才能加密有用的信息，从而避免了重要信息的泄露。这也使该系统具有更加广泛的使用空间。

总结

信息安全在当今的世界形式下是一个很重要的话题，信息的安全关系到国计民生的各个方面，可以说信息是否安全涉及到每个人的切身利益。然而，信息的泄露却时有发生，军事泄密，商业泄密，个人信息遭到泄露，这些信息泄露很大一部分原因是密码设置不安全，从而被别有用心的人所获取。基于这种状况，我们尝试开发保密性极高的步态识别系统。

本系统从实际出发，分析了现存的传统识别技术和生物识别技术的优缺点，结合已有的对步态识别技术研究进行开发。由于开发的资金有限，我们对系统进行了适当的简化，将实际使用中的底面压力测试板简化为一个可穿戴压力鞋套，降低了百分之九十以上的开发成本，作为一个实验系统，具有很高的性价比。因此，在传感器的选择上我们选用了高精度的柔性薄膜压力传感器，以便于穿戴使用。在模数转换芯片上，我们选择了高速ADC芯片，实现了压力信息的实时采集传回。在硬件MCU上，我们选择了STC15F2K60S2单片机最小系统板，最大程度上减小了系统的体积。为了便于行走而不产生负重感，我们决定使用2.4GHz无线传输技术，从而避免了有线传输。经过一系列的选取，大大提高了系统的便携性，使整个系统可以用于实际的测试使用。

系统的数据处理和交互式界面设计是本系统的灵魂所在，我们参考了已有的步态识别算法设计，使用了Qt库，实现了跨平台的图形交互界面，使用了OpenCV库，利用其内部优秀的数据结构和算法，节省了大量的时间，从而在方法上投入更多精力。最终设计结果实现了处理速度快、延时小、识别度高的设计指标。

步态识别是一个新兴的生物识别技术，现今尚未有大规模的商业应用，本系统验证了步态识别的可行性，不足之处在后续的改进过程中会逐步完善。

【参考文献】

- 【1】 L. Lee and W.E.L. Grimson, “Gait analysis for recognition and classification,” in Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, Washington, DC, May 2002, pp. 148–155.
- 【2】 A. Johnson and A. Bobick, “A multi-view method for gait recognition using static body parameters,” in 3rd Int. Conf. Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, Halmstad, Sweden, June 2001, pp. 301–311.
- 【3】 D. Cunado, M.S. Nixon, and J.N. Carter, “Automatic extraction and description of human gait models for recognition purposes,” *Comput. Vis. Image Understand.*, vol. 90, no. 1, pp. 1–14, 2003.
- 【4】 D.K. Wagg and M.S. Nixon, “On automated model-based extraction and analysis of gait,” in Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, Seoul, Korea, May 2004, pp. 11–16.
- 【5】 L. Wang, T. Tan, H. Ning, and W. Hu, “Silhouette analysis-based gait recognition for human identification,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 25, no. 12, pp. 1505–1518, Dec. 2003.
- 【6】 S.D. Mowbray and M.S. Nixon, “Automatic gait recognition via Fourier descriptors of deformable objects,” in Proc. Int. Conf. on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, Guilford, UK, June 2003, pp. 566–573.
- 【7】 A. Kale, N. Cuntoor, B. Yegnanarayana, A.N. Rajagopalan, and R. Chellappa, “Gait analysis for human identification,” in 4th Int. Conf. Audio- and Video-based Person Authentication, Guilford, UK, June 2003, pp. 706–714.
- 【8】 N.V. Boulgouris, K.N. Plataniotis, and D. Hatzinakos, “An angular transform of gait sequences for gait assisted recognition,” in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Singapore, Oct. 2004, pp. 857–860.
- 【9】 Y. Liu, R. Collins, and Y. Tsin, “Gait sequence analysis using Frieze patterns,” in Proc. Eur. Conf. Computer Vision, Copenhagen, May 2002, vol. LNCS 2351, pp. 657–671.

-
- 【10】 袁刚, 张木勋等. 正常人足底压力分布及其影响因素分析. 中华物理医学与康复杂志.2004.3.
- 【11】 梁栋, 张玮玮等. 基于足底压力图像的静态触觉步态识别. 华中科技大学学报.2013.10.