

基于虹膜识别技术的嵌入式信息采集系统的设计

孙 弋,丁 睿,陈 旻
(西安科技大学 通信与信息工程学院,陕西 西安 710054)

摘 要:针对传统身份识别的局限性,钥匙、卡片和身份证容易丢失和仿造,密码容易遗忘等问题,设计一款基于虹膜识别技术的嵌入式信息采集应用系统,实现对虹膜信息的采集、录入、注册,身份认证等功能。系统以嵌入式微处理器(advanced RISC machines,ARM)为核心设计了系统的硬件电路,采用虹膜传感器实现人体虹膜信息的采集,并以 Windows CE 为平台完成了应用软件的开发。可用于公司门禁系统、海关机场安检、刑事身份鉴别等。
关键词:虹膜识别;嵌入式微处理器(ARM);Windows CE 操作系统;embedded visual c++(EVC)
中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-825X(2010)04-0487-05

Design of an embedded system of information acquisition based on iris identification technology

SUN Yi, DING Rui, CHEN Yang
(Department of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, P. R. China)

Abstract: In view of the limitation of traditional identification, it is easy to lose and copy keys, cards or ID cards, and it is easy to forget the password, so we designed an embedded application system based on the iris identification technology, which can realize the functions of gathering, inputing, and registering the iris information and identification. The hardware circuit was designed by using advanced RISC machines(ARM) embedded microprocessor as the core. The iris sensor was used to gather the iris information, and the development of software was accomplished with the embedded OS Windows CE. The system can be used on the company entrance guard system, customs security of airport and criminal identification.
Key words: iris identification; advanced RISC machines(ARM); the OS of Windows CE; embedded visual c++(EVC)

0 引 言

随着社会的发展,身份识别的重要性正日益显现,而传统的身份识别方式由于其固有的局限性已远远不能满足要求,并面临着安全性能的挑战,利用钥匙、卡片和身份证等所拥有的令牌方式,存在易于丢失、被窃和仿造等安全隐患;利用密码等所知道的口令方式,则存在易于遗忘和被攻击的问题,更为严重的是这些传统识别方式无法区分真正的拥有者和取得身份标识物的冒充者。而利用人体自身所具有的物理特征,如生物特征识别技术,可以避免上述问题,因为这些特征具有稳定性、永久性、唯一性和安

全性等独特优势^[1]。与其他生物特征相比,虹膜是一种更稳定、更可靠的生理特征。并且,由于虹膜是眼睛的外在组成部分,因此基于虹膜的身份鉴别系统对使用者来说可以是非接触的。据统计,到目前为止,虹膜识别的错误率是各种生物特征识别中最低的。所以,虹膜识别已在众多领域有了广泛地应用,如公司日常考勤,刑事身份鉴别,机场海关安检,信息安全等关键领域。

本文设计了一种基于虹膜传感器的嵌入式信息采集应用系统,包括前端通过虹膜传感器的采集系统(镜头、图像传感器、图像处理设备)及终端控制系统(主要包括基于 ARM920T 内核的三星 S3C2410CPU、存储模块、LCD 触摸显示模块、电源部分和信息采集处理软件),2 部分通过 RS232 接口相连。现有虹膜识别的后端信息采集管理系统普遍基于 PC 平台,不便于移动,对现场信息采集及数据分析有一定困难。随着软硬件资源的成熟与完善,嵌入式系统的应用得

收稿日期:2009-11-23 修订日期:2010-06-09
基金项目:国家科技部中小企业技术创新基金(08C26226102362)
Foundation Item:The small and medium enterprise Technological Innovation Foundation of Ministry of science and Technology of China(08C26226102362)

到了迅猛的发展。基于 Windows CE 的嵌入式系统设备通常具有体积小、重量轻、功耗低、网络功能强大、用户界面友好和稳定性好等优点,本系统设计的基于虹膜传感器的嵌入式信息采集应用系统,能够进行现场身份信息采集和数据录入分析。

1 虹膜识别原理

1.1 虹膜识别技术简介

人的眼睛由巩膜、虹膜和瞳孔 3 部分构成。巩膜即眼球外围的白色部分,约占总面积的 30%;眼睛中心的黑色部分为瞳孔,约占 5%;虹膜位于巩膜和瞳孔之间,包含了最丰富的纹理信息,占据 65%。外观上看,虹膜由许多腺窝、褶皱、色素斑等构成,是人体中最独特的结构之一^[1]。虹膜的形成由遗传基因决定,人体基因表达决定了虹膜的形态、生理特征、颜色和总的外观,是最可靠的人体生物身份标志,具有唯一性、稳定性、可采集性、非侵犯性等优点。虹膜识别就是通过这种人体生物特征来识别人的身份。在包括指纹在内的所有生物特征识别技术中,虹膜识别是目前最为精确的一种。

1.2 虹膜图像的获取

本系统使用了一种面部/虹膜组合光学成像装置,包括以下成像光路系统:用于眼睛视觉反馈的可见光成像光路系统、用于虹膜成像的近红外光成像光路系统和用于眼睛位置定位信息获取的面部成像光路系统,并且设有对该光学成像装置进行实时闭环反馈控制的图像处理控制单元。本装置使用的光学成像方法,包括眼睛位置跟踪和定位,以及快速获取最高质量的虹膜纹理图像。

1.3 虹膜识别算法

在虹膜图像的采集过程中,由于各种不确定因素的存在,拍摄到的图像往往有很大的变化,例如不均匀的光照条件会引起虹膜图像亮度的不均匀分布等。因此,在特征提取以前,必须进行预处理来减少各种不定因素带来的影响。整个预处理过程分为以下 3 个部分:虹膜定位、虹膜归一化、图像增强,如图 1 所示^[2]。

1.3.1 虹膜定位

虹膜定位就是在一幅眼部图像中找到虹膜图像的内外圆的圆心和半径,将虹膜割离出来,虹膜内圆是虹膜与瞳孔的交界,而虹膜外圆是虹膜与白色巩膜的交界。主要定位算法有:Daunman 的圆周差分方法、Wildes 等采用的 Hough 变换的方法和梯度最优算法^[3]。本系统采用 Wildes 的梯度最优算法^[3],与前两者的最大不同在于它使用椭圆来模拟瞳孔形

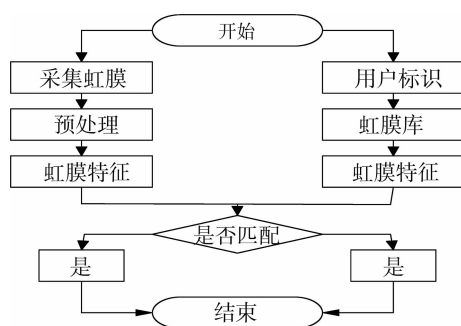


图 1 虹膜识别流程框图

Fig. 1 Flow chart of Iris Identification

状,能更好地提取虹膜图像。

1.3.2 虹膜图像归一化

不同人的虹膜大小不一样,即使是同一个人的虹膜,在不同时间和环境下,大小也会发生变化。这主要是由于瞳孔随光照的变化所造成的。虹膜归一化的目的就是将虹膜区域的大小调整到固定的尺寸,减少由于瞳孔缩放所造成的影响。

1.3.3 图像增强

由于设备的原因,使得虹膜图像上的光照不能完全按均匀分布,这样将会影响纹理分析的效果,为了更好地提高识别效果,对展开后的虹膜图像进行局部的直方图均衡化,从而实现图像的增强^[4],减少非均匀光照的影响^[5]。

1.3.4 虹膜特征提取与匹配

采用 Daunman 的二维 Gabor^[6]复小波所具有的较好的方向和频率选择性来进行虹膜图像的纹理特征提取,Daunman 采用汉明距的方法来进行特征匹配^[7]。汉明距为

$$HD = \frac{1}{N} \sum (codeA \otimes codeB) \quad (1)$$

(1) 式中: N 为编码长度^[2]; $codeA$ 为虹膜特征码 A ; $codeB$ 为虹膜特征码 B 。

2 虹膜信息采集应用系统的组成及工作原理

虹膜信息采集应用系统主要包括传感器信号采集系统、图像处理系统和数据分析与事务管理系统 3 个部分,如图 2 所示。传感器信号采集系统负责对虹膜信息进行定位、采集;图像处理系统采用高性能数字信号处理(digital signal processing, DSP)芯片对所采集的虹膜图像进行预处理与特征提取;数据分析与事务管理系统为基于 ARM9 的嵌入式终端,负责将用户虹膜特征信息与其姓名及其标识(identification, ID)联系起来,然后一并存储在数据库中,并创建用户模板,对其信息进行存储、注册与用户身份识别。

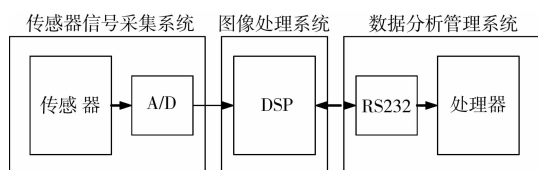


图2 系统组成原理框图

Fig. 2 Block diagram of system composition

3 虹膜信息采集系统硬件设计

虹膜信息采集系统的硬件包括:虹膜采集模块、虹膜识别模块、嵌入式核心处理器、存储单元、用户接口单元和通信接口单元。

3.1 CMOS 光电传感器

由于CMOS型图像传感器具有集成度高、低功耗、价格低廉、成像质量良好等特点,故本系统选用了OmniVision公司的OV7110作为图像传感器。OV7110为灰度数字式CMOS型图像传感器,其分辨率可达到640像素×480像素。试验证明:该种程度的分辨率可以保证比较完善地反映虹膜的细节,足以用作识别判断,可以很清晰地看到眼睛里的虹膜图案。OV7610和OV7110在参数指标、功能方面等基本一致,唯一不同的是7110的输出只有Y分量,即只有灰度值,而OV7610还有U、V分量,即彩色值。因为虹膜的信息主要在于虹膜纹理的不同,所以只需要灰度采集。

3.2 核心处理器的选择

由于本系统需要对采集的虹膜图像信息进行及时响应、快速处理,并需具有海量存储及操作方便、用户界面友好、互联网信息搜索方便快捷等功能及具有良好的扩展性。因此需要核心处理器有强大的处理能力,丰富的接口,支持直接内存存取(direct memory access,DMA)方式,较好的实时性以及较低的功耗。同时为了简化软件开发,需要处理器能够对嵌入式操作系统有较好的支持。基于以上考虑,本系统选择了双核处理器,在图像处理模块选用了ADSP-BF533型DSP,在嵌入式终端部分采用了三星公司的S3C2410处理器。

3.2.1 虹膜图像处理模块

虹膜图像处理部分采用的是ADSP-BF533型DSP,该处理器是Blackfin系列产品中的一员,是一款新型高性能的DSP。专为满足当今嵌入式音频、视频和通信应用的计算要求和低功耗条件而设计的新型16位嵌入式处理器。它基于由ADI和Intel公司联合开发的微信号架构(micro signal architecture,MSA),将一个32位RISC型指令集和双16位乘法

累加(MAC)信号处理功能与通用型微控制器所具有的易用性组合在了一起。

3.2.2 嵌入式核心处理器

嵌入式核心处理器采用S3C2410,S3C2410微处理器是一款由Samsung为手持设备设计的低功耗、高度集成的16/32位RISC处理器,采用272脚现场可编程门阵列(field programmable gate array,FPGA)封装,为手持设备和一般类型应用提供了低价格、低功耗、高性能小型微控制器的解决方案^[8]。工作频率最高达到203MHz,同时具有内存管理单元(memory management unit,MMU),使得处理器能轻松运行Windows CE, Linux等操作系统及进行较为复杂的信息处理。S3C2410A提供了以下丰富的内部设备:分开的16kByte的指令Cache和16kByte数据Cache,MMU虚拟存储器管理,液晶显示屏(liquid crystal display,LCD)控制器(支持STN&TFT),支持NAND Flash系统引导,系统管理器(片选逻辑和SDRAM控制器),3通道通用异步接收/发送装置(universal asynchronous receiver/transmitter,UART),4通道DMA,4通道脉冲宽度调制(pulse width modulation,PWM)定时器,I/O端口,RTC,8通道10位模数转换(analog to digital converter,ADC)和触摸屏接口,IIC-BUS接口,IIS-BUS接口,USB主机,USB设备,SD主卡&MMC卡接口,2通道的串行外围设备接口(serial peripheral interface,SPI)以及内部锁相环(phase locked loop,PLL)时钟倍频器。

3.3 嵌入式外围部件

底板主要提供电源支持与接口扩展。底板直流5V供电,内部转换1.8V供处理器内核使用,转换3.3V供I/O接口电路使用。

通信接口部分包括串行口、以太网口及USB接口,本系统扩展出2个串口,分别用于ARM主控板与虹膜识别模块的通信连接及系统调试。网络接口部分,由于S3C2410内部没有以太网控制模块,所以需要有一个与之匹配的控制芯片,采用Cirrus Logic公司的CS8900A芯片,使用10BASE-T接口实现以太网数据的收发。系统扩展出的USB接口用于外接鼠标,并支持WinCE的USB同步功能。存储单元中FLASH采用K9F1208型NandFlash,容量为64MByte,SDRAM采用2块HY57V561620,容量为64MByte。用户接口部分采用3.5inch的薄膜晶体管型(thin film transistor,TFT)真彩LCD触摸屏,320像素×240像素,直接连接S3C2410的LCD控制器。

系统硬件组成框图如图3所示。

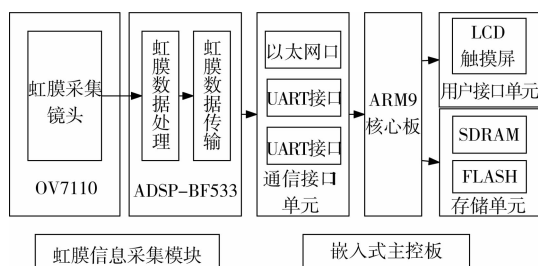


图 3 硬件组成框图

Fig. 3 Block diagram of hardware composition

4 虹膜信息采集系统软件设计

软件设计主要包括 4 部分工作:操作系统的选择及内核的定制与移植、Bootloader 移植、SPI 驱动程序设计、应用程序开发。

4.1 Windows CE 操作系统

本系统选择了 Windows CE 作为底层操作系统。Windows CE 是微软公司嵌入式、移动计算平台的基础,它是一个开放的、可裁剪的 32 位实时嵌入式操作系统,是基于掌上型电脑类的电子设备操作系统,和其他桌面版窗口操作系统相比,它具有可靠性好,实时性高,内核体积小的特点,典型的 Windows CE 设备只有 8—32 MByte 的 ROM,而 Windows CE 的最小内核只有 500 kByte。Windows CE 被设计成高度模块化的一种操作系统,以适应不同类型的智能设备对于操作系统映象大小不同的要求,Windows CE 的图形用户界面相当出色。

4.2 Bootloader 移植

Bootloader 是在操作系统内核或用户应用程序运行前运行的一小段程序。通过这段程序,可以初始化硬件设备、建立内存空间的映射图,为最终调用操作系统内核或用户应用程序准备好正确的环境。

S3C2410 上的 Windows CE 所需要的 Bootloader 分成 2 级来实现,依次为 Nboot (nandflash bootloader) 和 Eboot (ethernet bootloader),分别用来启动加载模式以及下载操作系统。

Boot Loader 的执行顺序^[9]如图 4 所示。

4.3 Windows CE 内核定制与系统移植

Windows CE 内核定制与操作系统移植使用开发工具 Platform Builder,添加适合硬件平台的板级支持包 (board support package, BSP) 及硬件支持,如 USB 鼠标功能、网络驱动、MFC 控件、中文支持等。修改注册表信息 platform. reg,更改适合的网络环境,将其设置为与 PC 机同一网段;加载串行外围设备接口 (serial peripheral interface, SPI) 驱动。配置、

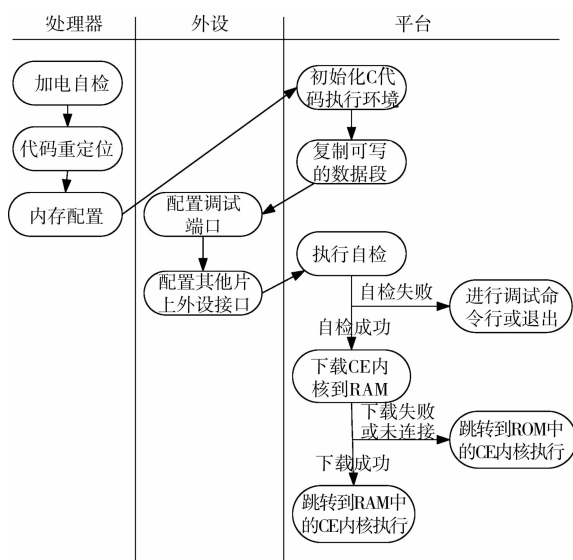


图 4 Boot Loader 的执行顺序图

Fig. 4 Execution sequence chart of Boot Loader

导出软件开发包 (software development kit, SDK) 后,对所定制的操作系统进行编译。将生成的镜像文件通过 Ethernet 下载到目标板上。

4.4 SPI 驱动设计

驱动程序是一个抽象物理设备或者虚拟设备的功能软件,驱动程序管理这些设备的操作并将设备的功能导出给操作系统和应用程序。根据驱动程序导出接口的不同,Windows CE 中驱动可以分为本机设备驱动程序 (native device driver) 和流式驱动程序 (streams device driver)。本机设备驱动适于集成到基于 Windows CE 平台的设备。流式驱动程序也称“可安装驱动程序”,是由设备管理器 (device. exe) 动态加载用户模式的动态链接库 (dynamic link library, DLL)。

在 Windows CE 中,流式驱动程序负责将设备抽象成一个文件,应用程序便能够使用系统提供的应用程序编程接口 (application programming interface, API) (包括 readfile, writefile, IOcontrol 等) 对其进行读写。应用程序使用文件 API 访问设备时,请求经过文件系统 (Filesys. exe) 过滤被送到 device. exe; device. exe 根据请求调相关的流式驱动程序接口,从而完成与硬件的交互。

4.5 应用程序的开发

本系统软件部分主要完成初始化、数据分析处理、上位机显示及操作等功能。主控程序的开发使用 eVC++ 4.0 开发工具, eVC++ 4.0 将 C++ 代码直接编译为 CPU 指令,它使用 win32 应用程序编程接口 (win32 API) 来访问 Windows CE 功能,同时

它还是用 MFC (microsoft foundation classes) 或活动模板库 (active template library, ATL) 帮助开发图形用户界面 (graphical user interface, GUI) 和 COM 应用程序。

首先,通过 CreateFile 函数打开串口,然后进行波特率、停止位、校验位等设置,对所接收数据进行检测,与数据库信息进行比对,通过 UART 口传送给上位机,通过 ReadFile 和 WriteFile 对串口进行读写操作,对录入与识别的信息进行声光报警,实现虹膜信息的获取、用户姓名与 ID 信息的注册、删除及保存等功能,对用户身份进行识别,最后,通过 CloseHandle 函数关闭串口。系统软件流程如图 5 所示。

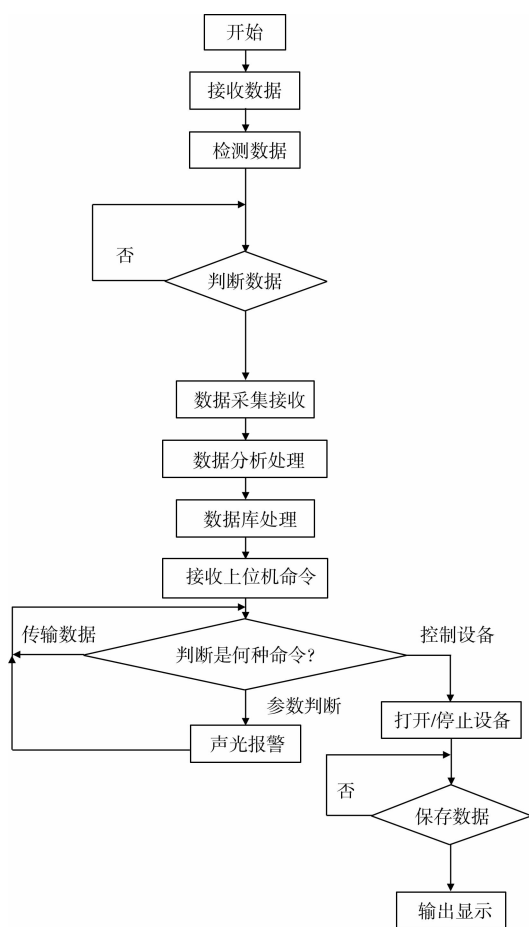


图 5 软件开发流程图

Fig. 5 Flow chart of software development

5 结 论

本文介绍的虹膜信息采集系统,通过采用高性能的嵌入式微处理器 S3C2410 和用于虹膜图像处理的 ADSP-BF533 型 DSP,及功能稳定强大的 Windows CE 操作系统作为软件平台,并利用了生物特征识别中的虹膜识别技术和图像传感器技术,对人

体虹膜信息进行采集与身份识别,各项功能均已通过测试,具有操作简便、对人体无侵害、便携等特点,可以满足公司门禁系统、机场海关安检、刑事侦查及信息安全等领域的需要。

同时,该系统还具有良好的可扩展性。可通过扩展出的以太网接口连接到国家虹膜信息库,进行虹膜信息的查询,并可将所采集的虹膜图像信息进行及时上传。

参考文献:

- [1] 田捷,杨鑫. 生物特征识别理论与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2009:8-13.
- [2] 刘铁根. 嵌入式图像检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,2008:65-68.
- [3] WILDES Richard P, ASMUTH Jane C, GREEN Gilbert L, et al. A machine-vision system for iris recognition[J]. Machine Vision and Applications, 1996, 9:1-8.
- [4] 黄俊洲. 基于超分辨率的虹膜图像增强[D]. 北京:中国科学院自动化研究所,2003.
- [5] ELAD M, FEUER A. Super-resolution reconstruction of image sequences[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(9):817-834.
- [6] MA Li, WANG Yun-hong, TAN Tie-niu. Iris recognition based on multichannel gabor filtering[J]. Proceedings of ACCV 2002, (1):279-283.
- [7] MA Li, TAN Tie-niu, WANG Yun-hong, et al. Efficient iris recognition by characterizing key local variations [J]. IEEE Trans on Image Processing, 2004, 13(6):739-750.
- [8] 孙弋. ARM Linux 嵌入式系统开发基础[D]. 西安:西安电子科技大学出版社,2008:5-7.
- [9] 何宗键. Windows CE 嵌入式系统[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006:86-88.

作者简介:



孙弋(1972-),男,陕西西安市人,教授,博士,主要从事嵌入式系统设计、无线通信终端系统研究。E-mail:sun.yi@xust.edu.cn。



丁睿(1985-),女,陕西西安市人,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式系统设计与应用。E-mail:dingrui0218@163.com。

(编辑:王敏琦)