

文章编号 1004-924X(2009)10-2555-06

掌纹图像采集装置的研制

苑玮琦,赵继忠,刘 博,汤永华

(沈阳工业大学 视觉检测技术研究所,辽宁 沈阳 110178)

摘要:掌纹采集装置多采用计算机控制扫描仪或者图像采集卡来采集掌纹图像。为解决现有掌纹图像采集装置速度慢,易受噪声干扰等问题,提出了一种新型的基于数字信号处理(DSP)的掌纹采集装置,设计了掌纹取样机械结构、光学单元和硬件电路。利用TI公司的TMS320VC5509A DSP为控制芯片,扩展了数据存储空间,并控制视频解码器SAA7113H将掌纹图像转换成数字图像,实现了脱机模式下掌纹图像的采集。进行了掌纹图像采集实验并完成了掌纹图像识别,结果表明,采集一幅掌纹图像用时为0.6s,正确识别率为99.47%。该系统具有很高的识别率并具有速度快、成本低等特点。

关键词:数字信号处理(DSP);环形光源;SAA7113H;掌纹采集

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A

Development of palm-print image sampling equipment

YUAN Wei-qi, ZHAO Ji-zhong, LIU Bo, TANG Yong-hua

(Computer Vision Group, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China)

Abstract: Currently, palm-print sampling instruments all take advantage of PCs to control scanners or image sampling cards to achieve the image sampling. To improve the sampling speed and reduce the noise interference, a new instrument based on Digital Signal Processing(DSP) is proposed and its sampling mechanism, optical structure and hardware circuits are designed. A core, TMS320VC5509A DSP of the TI Company, is used as a control element to extend the storage space while a decoder SAA7113H is controlled to convert the real palm-prints into digital images, so that the sampling procedure is achieved in the off-PC state. An experiment for sampling palm-print images is undertaken and the obtained images are recognized. Experimental results indicate that the sampling time by proposed equipment is 0.6 s for one image and the correct recognition rate is 99.47%, which shows that this equipment operates at its highest speed, anti-noise character and recognition rate.

Key words: Digital Signal Processing(DSP); ring illuminator; SAA7113H; palmprint sampling

1 引言

与传统的身份鉴别方式相比,生物特征识别具有传统身份鉴别方式所无法比拟的安全性和可靠性。它不需要随身携带任何证件,记住任何密码,是一种方便、快捷、可靠的识别方法^[1]。而作为生物特征识别中的掌纹识别,与其他生物特征识别方式相比具有如下特征:(1)与指纹、虹膜相比,掌纹的区域较大,包含的信息量更多,容易获得质量较好的掌纹块来提取细节特征。即使在掌纹区域不完整或低分辨率和低质量的掌纹图像上仍可以提取可供身份鉴别的特征;(2)在获取掌纹细节点特征的同时,也容易获得掌纹的几何特征;(3)相对虹膜识别,用户对掌纹识别的接受程度也更高;(4)与人脸识别相比,人脸识别困难主要来源于表情、姿态、尺度、光照和背景等的大幅度变化,并与人脑的认知科学紧密相关^[2],掌纹图像不受这些影响;(5)有人提出了多种生物特征融合识别的方法^[3]提高识别准确度。掌纹容易与手形生物特征相结合,在获取掌纹的同时还可以获取手形特征,实现多模态识别,从而使生物特征识别灵活的应用于多种场合。这些特征使得掌纹识别成为一种很有发展潜力的生物特征识别方法。

构建一个有效的生物特征识别系统,首先要解决的是该生物特征的获取问题,其效果直接影响到该生物特征识别方法的准确性,可靠性以及推广性。香港理工大学的张大鹏教授及其所带领的科研小组于 2000 设计开发^[4]了第一台基于 CCD 和 PC 机的掌纹采集识别装置。该装置的缺点是掌纹图像采集和识别必须要由一台高性能 PC 机来支持,系统成本高,不能实现设备的高集成化。A. Kumar 和 H. C. Shen^[5]于 2002 年设计了基于数码相机的掌纹图像采集装置,该采集装置受外界光源影响较大,同时所需要的高分辨率数码相机的价格较昂贵,且同样依赖高性能的 PC 机来完成识别的需要。北京交通大学采用富士通公司推出的一款告诉 A6 幅面平板扫描仪(fi-60F)制作了掌纹图像采集系统^[6],该系统采集速度较慢,获取一幅图像往往需要 10 s 左右,不利于实现掌纹的实时采集和识别。同时,该方法采集的掌纹图像仍需要高性能的计算机来完成实时识别。

针对以上情况,为体现识别设备高速、便携的优点,本文给出了一种基于 DSP 的掌纹识别系统。该系统由掌纹取样机械结构、光学系统、采集硬件电路三部分组成。

2 掌纹图像取样装置及光学设计

在掌纹图像采集装置中,掌纹图像取样机械结构和光源的设计对获取可识别的掌纹图像起到了重要的作用。优秀的光学系统,可以提高采集图像的质量,从而降低了识别算法的难度,进而提高系统性能。

2.1 掌纹图像取样装置设计

由于手掌是人体最灵活的部位之一,所以即使在相同的采集条件和图像采集过程下,也很难使掌纹采集者每次都保持相同的姿势和位置。同时,为了降低噪声的引入,采集掌纹时要尽可能避免外界光源的干扰。取样装置应该具有解决以上问题的功能。

图 1 为掌纹图像取样装置三维结构示意图。

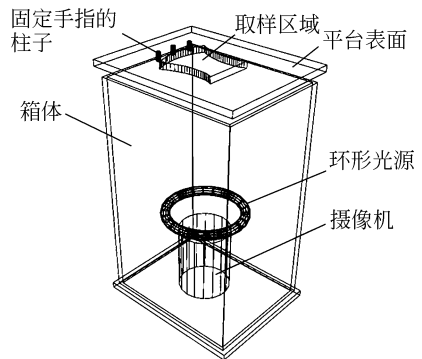


图 1 掌纹图像取样装置三维结构示意图

Fig. 1 Schematic of 3D palm-print image sampling instrument

图 1 为掌纹图像取样装置的三维结构示意图,该装置的各部分名称在图 1 中都做了详细标注。

(1) 平台:在该装置中,设计了一个特殊的“平台”来托住手掌;

(2) 取样区域:根据需要采集的手掌图像区域形状,在“平台”上挖了一个大小适中的洞,如图 1 中所标注的“取样区域”;

(3) 固定手指的柱子:为减少采集过程中平移、旋转、扭曲引起的误差和失真,设计了“固定手

指的柱子”,用于在采集过程中固定手掌的位置和保持伸展状态;

(4) 摄像机及光源组合:“摄像机”镜头对准“取样区域”,“环形光源”安放在摄像机镜头周围。在每次采集过程中,手掌都是平放在平台表面且伸展,手掌与镜头之间的距离是固定不变的,因此,每次采集时无须进行焦距调节。

(5) 箱体:“箱体”防止外界光线对摄像机等光学采集设备的影响,使掌纹图像的采集环境处于一个半封闭状态。同时,“箱体”也起到支撑上述所有设备的功能。

2.2 光源及光学结构的设计

在做机器视觉中,一定会涉及到光源。光源在机器视觉中有很重要的作用,它直接影响到图像的质量,进而影响到系统的性能。光源所起到的作用就是获得对比鲜明的图像。根据手掌自然张开的形状、纹理等特点,通过实验得到光源要采用单色环形光源,照射角度为直射。该环形光源围绕摄像机镜头,以均匀光照亮所要采集的手掌掌纹。通过摄像机镜头和摄像机的光学平面形成掌纹图像,摄像机输出掌纹视频信号到硬件采集电路。

本设计中所采用的环形光源实际就是若干 LED 的环形有序组合。手掌在自然张开情况下是凹形,并非平面。通过实验得出结论:采用低角度照射时所采集到的掌纹图像,在人眼视觉上观察可以具有比较好的掌纹纹理特征。但由于手掌在自然张开下,并不是一个平面。因此,每次采集掌纹时,手掌的略微水平位移或者旋转位移,都会因为手掌的部分遮挡而在手掌上产生不同的区域阴影,这就严重影响了识别效果。对采集到的掌纹图像进行直方图均衡化处理,就可以很清楚的看到这种阴影现象的产生,见图 2。要想得到可以识别的掌纹图像,就应该让 LED 垂直照射到手掌掌纹处,光源的入射角度应该与手掌掌心切线大致垂直,即与法线近似平行,见图 3 所示。垂直照射光源到手掌,光线分布均匀,可以得到很好的掌纹纹理特征,最后采集到的掌纹图像,可以达到很好的识别效果。

环形光源的发光元件选用 ALGaInP 超高亮度红色 LED,ALGaInP 四元系列高亮度 LED 技术比较成熟,具有很高的发光效率、较强的抗静电能力,理论上,寿命可以长达 1×10^5 h。峰值波长

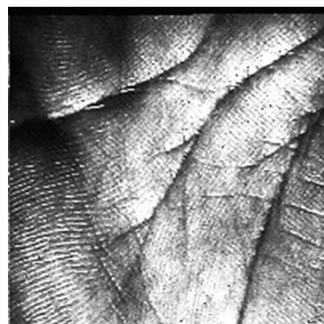


图 2 经过直方图均衡化后的掌纹图像
Fig. 2 Palm-print image after histogram equalization

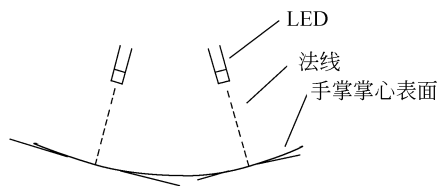


图 3 光源设计

Fig. 3 Optical source design

为 635 nm,主波长为 625 nm,半宽度约 15 nm,色纯度 0.967,具有很好的单色性,接近于单色光。625 nm 波长的另一个优点是接近 CCD 敏感度较高的波长范围,照明效率很高,同时也可以用人眼观察,进行初步的对准等。

2.3 光学摄像机的选择

光学摄像机选取低照度摄像机就可以采集到很好的掌纹图像。系统选取的摄像机信噪比为 50 dB,动态范围为 48 dB,水平分辨率为 480 线, PAL 制式,具有自动亮度控制,白平衡控制及电子快门等功能。这种普通光学摄像机就可以满足图像采集的需要。

3 采集电路硬件设计及分析

基于 DSP 的掌纹识别系统的工作原理:从摄像机拍摄的掌纹模拟视频图像,经过视频解码芯片 SAA7113H 转换为数字图像^[7],然后将转换后的数字图像数据存入到 DSP 外扩的容量为 128 Mb 的 SDRAM 中,作为后续掌纹图像识别的数据来源;因为采用 SPI 加载方式,所以使用了 SPI 读写方式的 E2PROM 作为程序存储器;I²C 总线读写方式的 E²PROM 用来存储掌纹识别特征码。

系统总体框图如图 4 所示。

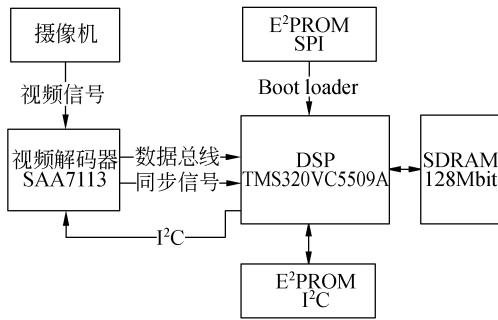


图 4 系统总体框图

Fig. 4 Block of whole system

3.1 图像采集单元

图像采集单元由 2 个部分组成: (1) 黑白 CCD 摄像机; (2) 视频解码模块, 主要使用 SAA7113H 实现模拟视频信号的数字化, 为系统后面的模块提供标准数字信号。由于光学系统的合理设计, 使得掌纹特征屈肌纹、乳突纹和褶皱纹在光照条件下, 用肉眼可以清晰的看到。根据掌纹采集图像的具体需要, 合理配置 SAA7113H 芯片的内部地址为 02H~13H, 40H~5BH 的寄存器, 就可以达到理想的图像采集效果, 采集到清晰的掌纹图像。

对 SAA7113H 的使用主要包括对输入模拟信号的预处理、色度和亮度的控制, 输出数据格式及输出图像同步信号的选择控制等。根据以上的要求, 对 SAA7113H 的工作方式进行配置。首先需要对输入信号进行放大和滤波处理, 因此把 02H 的 FUSE1、FUSE0 位设置为 11, 经过实验验证, 这样处理的好处是可以有效地消除生成的掌纹图像的波纹效果, 提高掌纹图像的清晰度。由于输入视频信号属于 PAL 制式, 需要把寄存器 08H 中的 FSEL(50 Hz、60 Hz 场频选择) 位设置为 0; 同时还要把该寄存器中的 HPLL 位设置为 0, 使 HREF、VREF 信号输出同步, 如果将该位设置为 1, 则生成的图像会发生左右或上下偏移。因为我们只对掌纹灰度图像进行识别, 所以把 11H 寄存器中的 COLO(颜色开关选择) 设置为 0, C 通道被关闭, 只能生成黑白图像。对图像的亮度、对比度的控制可以根据实际要求设置相关寄存器, 对这些寄存器的配置可以按照 CCIR 标准来进行设置。这些关键寄存器配置成功后, 采集到的掌纹图像就可以很好的应用到识别中来。

对其余的寄存器, 可以参考 SAA7113H 的手册来进行配置, 对其中的几个保留寄存器, 把它们设置为 00H 就可以了。

SAA7113H 的寄存器配置是通过控制该芯片上的 I²C 总线读写来完成的。TMS320VC5509A 上具有 I²C 接口, 为读写 I²C 器件提供的方便^[8]。通过调用 CSL 库^[9]中的 I²C 读写函数, 可以很方便的完成 SAA7113H 寄存器的配置, 避免了以往应用 SAA7113H 时, 利用单片机模拟 I²C 接口来完成其寄存器配置的繁琐设计。通过实验, TMS320VC5509A 在应用 I²C 接口功能时, 其频率不可高于 80 MHz。当高于此频率时, 该芯片的 I²C 接口功能不能实现。在 TI 公司提供的技术应用手册上, 这问题并未提出。

调用 CSL, 实现 I²C 接口功能的初始化程序如下:

```
#include <csl.h>
#include <csl_i2c.h>
.....
I2C_Setup init = {
    0, 0x0000, 110, 100, 0, 0, 1
};
.....
main()
{
    .....
    CSL_init();
    I2C_setup(&.init);
    .....
}
```

3.2 图像处理单元

图像处理单元由 DSP、SDRAM、I²C 总线的 E²PROM 组成。

数据存储器的扩展。DSP 芯片要执行的掌纹处理算法, 往往涉及到很大的数据量, 包括掌纹图像和运算过程中的中间变量。对于分辨率为 200×200, 量化 8 bit 的灰度图像, 一帧掌纹图像的数据量就将近为 40 k, 况且 DSP 以字为单位进行存储, 对于 8 bit 数据, 实际占用空间就将近 80 kB 空间。如果再加上中间变量, TMS320VC5509A 的片上 128 k×16-bit 的 RAM 是不能满足这么大数据量存储的需要, 因

此必须外扩存储器。TMS320VC5509A DSP 具有 EMIF (外部存储器) 接口, DSP 可以通过 EMIF 方便的与外部存储器进行连接。外部数据存储器与 DSP 的数据交换效率是影响到系统处理数据的速度一个因素之一, 而数据交换效率与存储器种类、CUP 速度、EMIF 接口的工作方式有关, 综合考虑这些因素, 选择 SDRAM 是一种较佳的方案。本文采用 Micron 公司的 MT48LC8M16A2, 它的容量为 128 Mbit, 结构为 4 Bank \times 4 M \times 8 bit, 速度可以达到 133 MHz。TI 公司提供的 CSL, 为读写 SDRAM 提供了方便。EMIF 的配置可以通过调用 EMIF_config() 函数来实现。在使用该函数 EMIF_config() 和结构体 EMIF_Config 的时候, 只需加上头文件 cslemif.h。

```
#include <cs1.h>
#include <cs1_emif.h>
.....
EMIF_Config emifconfig = {
    0x0030, 0xFFFF, 0x3FFF, 0xFFFF,
    0x00FF, 0x7FFF,
    0xFFFF, 0x00FF, 0x7FFF, 0xFFFF,
    0x00FF, 0x7FFF,
    0xFFFF, 0x00FF, 0x2D22, 0x0410,
    0x07FF, 0x0131,
};
.....
void main (void)
{.....
    CSL_init();
    EMIF_config(&emifconfig);
.....
}
```

外扩 E²PROM。除了外扩数据存储器外, 本文充分利用 DSP 的 I²C 总线接口能力, 外挂一个 E²PROM CAT24WC256, 利用其掉电数据不丢失的特点, 用于存储掌纹识别后的掌纹识别特征码。

3.3 采集速度分析

SAA7113H 视频解码芯片的像素时钟信号为 13.5 MHz, 采集一幅 200 \times 200 的图像图像就

需要时间 40 000 \times (1/13 500 000) \approx 0.002 96 s, 即 2.96 ms, 这是采集时间。还有 DSP 初始化时间, SAA7113H 初始化时间、图像存储时间等。利用 CCS 硬件仿真环境中的 profiler 功能, 可以得到采集一幅掌纹图片总共用 120 819 696 个时钟周期。DSP 以 200 MHz 运行, 那么总时间就是约为 0.6 s 多。这样的采集速度, 与基于扫描仪的掌纹图像采集装置比, 速度提高了 10 多倍。与基于图像采集卡采集掌纹图像方式相比也毫不逊色。

4 掌纹识别

将掌纹灰度图像看作是三维空间下的灰度曲面, 并将该曲面作为特征进行匹配。两幅掌纹灰度图像匹配时, 首先是将两幅掌纹图像对应点的灰度值作差得到差曲面。那么形成的差曲面会有三种情况: (1) 差曲面上每点的值都为 0, 说明两幅掌纹图像完全匹配, 既两幅掌纹图像来自同一个手掌。(2) 差曲面上每点的值相同, 说明两幅掌纹特征曲面平行。这是由上面提到的第二种光照影响造成的。这种情况两幅掌纹图像仍然匹配。(3) 差曲面上的点的值是一个变量。如果变化程度很小, 认为是光照不均造成的, 则两幅掌纹图像仍然匹配。如果变化程度很大, 则两幅掌纹图像不匹配, 说明两幅掌纹图像不是同一个手掌的。因此用差曲面的方差的大小来衡量两张图像否来自同一个手掌。

图 5 就是本文采集到的图像来自 10 个不同手掌, 每个手掌 5 幅图像试验所得到的方差曲线。在阈值选定为 75 时, 误据率为 1%, 误识率为 0.44, 正确识别率为 99.47%。

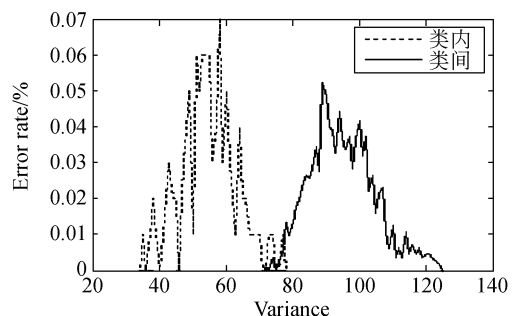


图 5 方差曲线

Fig. 5 Curvature of variance

5 结 论

本文为解决现有的掌纹图像采集装置的速度慢,易受噪声干扰,成本高等缺点,提出了一种基于 DSP 的掌纹图像采集装置,设计了掌纹图像

取样机械结构、光学单元以及采集图像的硬件电路。通过采集实验验证,该装置采集一幅掌纹图像用时约为 0.6 s,正确识别率为 99.47%。系统设计结果遵循了高速、低成本等特点。本系统还可以应用到掌形采集中来,体现了系统的灵活性,具有实际应用价值。

参考文献:

- [1] 浦昭邦,杨帆,陈炳义,等. 虹膜识别技术的发展与应用[J]. 光学 精密工程,2004,12(3):316-322.
PU ZH B, YANG F, CHEN B Y, *et al.* Development and application of Iris recognition technology [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2004, 12(3): 316-322. (in Chinese)
- [2] 聂祥飞,郭军. 利用 Gabor 小波变换解决人脸识别中的小样本问题[J]. 光学 精密工程,2007,15(6): 973-977.
NIE X F, GUO J. Solution of small sample size problem in face recognition using Gabor wavelet transform[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(6): 973-977. (in Chinese)
- [3] 黄玮,韩正臣. 多指指纹采集仪的光学系统设计[J]. 光学 精密工程,2006,14(6):954-958.
HUANG W, HAN ZH CH. Optical system design of multi-finger fingerprint scanner[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(6): 954-958. (in Chinese)
- [4] 邹向前,张大鹏,王宽全. 掌纹识别技术[M]. 北京:科学出版社,2006.
WU X Q, ZHANG D P, WANG K Q. *Palmprint Recognition* [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)
- [5] KUMAR A, WONG D, SHEN H, *et al.*. Personal verification using palmprint and hand geometry biometric[C]. *Proc. of Int'l Conf. on Audio-and Video-based Person Authentication*, 2003:668-675.
- [6] 王萌. 掌纹识别系统的研究[D]. 北京:北京交通大学,2007.
WANG M. *Study on palmprint recognition system* [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2007. (in Chinese)
- [7] PHILIPS. SAA7113H 9-bit video input processor Product data sheet[EB/OL]. www.alldatasheet.com, 2005, 9.
- [8] TI. TMS320VC5509A Fixed-Point Digital Signal Processor Data Manual [EB/OL]. dsp.ti.com. February, 2007.
- [9] TI. TMS320C55x Chip Support Library API Reference Guide[EB/OL]. dsp.ti.com.

作者简介:



苑玮琦(1960—),男,辽宁沈阳人,博士(后),教授,博士生导师,1982年于湖南大学获学士学位,1988年,1997年分别于东北大学获硕士、博士学位,主要从事应用计算机视觉、图像采集与处理系统的研究。E-mail: yuan60@126.com

赵继忠(1979—),男,辽宁沈阳人,硕士研究生,研究方向为机器视觉检测技术。E-mail: zhaojizhong1225@163.com

刘 博(1983—),女,辽宁北镇人,博士研究生,2006年于沈阳工业大学获得学士学位,主要从事生物特征识别关键技术研究。E-mail: liubo0112@hotmail.com

汤永华(1980—),男,山东寿光人,讲师,博士研究生,研究方向为图像处理和嵌入式系统。E-mail: sdsqtyh@163.com