

嵌入式人脸识别系统的设计与实现

刘 爽

(清远职业技术学院, 广东 清远 511510)

摘 要: 对嵌入式人脸识别系统的设计原理进行研究, 重点探讨了人脸识别的特征提取、特征降维和识别技术等问题, 并给出嵌入式人脸识别系统的完整设计方案. 采用具体人脸库数据对设计的人脸识别系统进行仿真对比实验, 实验结果表明, 相对于 PC 构架的人脸识别系统, 嵌入式人脸识别系统提高了人脸识别平均正确率和效率, 携带方便, 具有很高的商业价值.

关键词: 人脸识别系统; 硬件设计; 软件设计; 嵌入式系统

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)03-0174-04

Design and Implementation of Face Recognition System Based on Embedded

LIU Shuang

(Qingyuan Polytechnic, Qingyan 511510, China)

Abstract: This paper studies the embedded face recognition system design principles, focusing on the feature extraction of face recognition, feature dimension reduction and identification technology, and gives the embedded face recognition complete system design. Using a specific face image data on the design of the face recognition system simulation experiments, the experimental results show that, compared with the PC framework of the face recognition system, embedded face recognition system has improved face recognition average correct rate and efficiency, easy to carry, have very high commercial value.

Key words: face recognition system; hardware design; software algorithms; embedded system

1 引言

目前, 对人脸识别系统进行了大量的研究, 并取得了许多研究成果^[1]. 但主要是基于 PC 架构的识别技术, 对于一些特殊场合, 便携性和灵活性不够^[2]. 为此引入了基于嵌入式技术的人脸识别系统. 但是嵌入式硬件与传统 PC 硬件具有很大的差别, 同时人脸样本的采集、筛选和识别算法直接影响基于嵌入式的人脸自动识别系统的性能^[3].

本文深入探讨嵌入式人脸识别系统进行设计, 并实现了人脸识别算法, 为嵌入式技术在脸识别中的应用提供参考.

2 嵌入式人脸识别系统的设计原理

2.1 硬件系统设计

在嵌入式人脸识别系统中, 硬件系统是实现其各项功能的载体, 系统结构如图 1 所示.

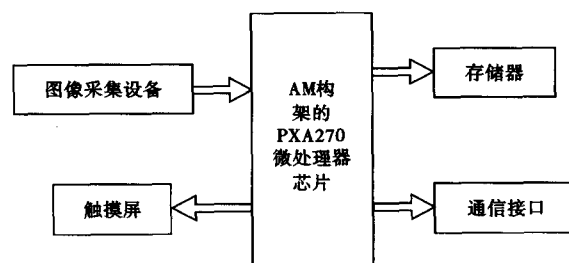


图 1 嵌入式人脸识别系统的硬件结构示意图

微处理器芯片是嵌入式人脸识别系统的中心控制单元,微处理器芯片选择对人脸识别系统开发周期和识别性能有着十分重要的影响。微处理器芯片主要从微控制器的类型、性能、外围器件、总线宽度、开发工具、成本、功耗等方面进行综合比较。本文的微处理器芯片选择 ARM 构架的 PXA270 微处理器。PXA270 微处理器是奔腾公司生产的高性能、低功耗的微处理器,其 CPU 支持多种外围设备,支持双指令和多种嵌入式操作系统。PXA270 微处理主要包括核心板和底板两大部分。核心板包括 PXA270 微处理器、PXA2700G 图形加速卡、64MSDRAM、32M 闪存、CPLD 和底板实现连接的扩展接口;底板主要包括触摸屏、网口、USB 口、串口、音频、MMC/SD 电源与电池管理等接口^[4]。PXA270 微处理的框架如图 2 所示。

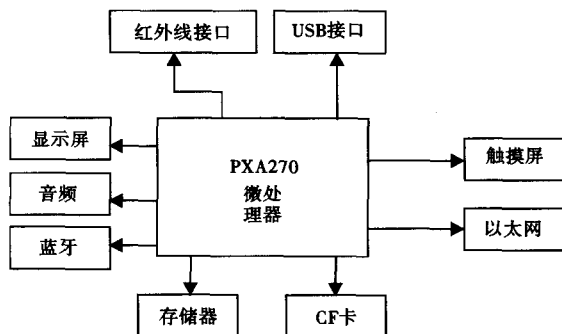


图 2 PXA270 微处理的框架结构图

以 PXA270 微处理为核心的嵌入式人脸识别系统硬件设计流程如下:

首先通过摄像头采集对人脸图像进行采集,然后将其传输到硬件系统中,通过主控芯片对人脸图像进行预处理并提取出关键识别特征,特征一般包括纹理、颜色、边缘特征等,并这些特征保存到系统存储器中,最后通过一定的人脸识别算法对人脸进行识别,将识别结果通过通信接口输出到接收端。

2.2 软件系统设计

人脸自动识别软件系统设计大致包括 5 个方面内容:

(1) 人脸图像采集。在各种不同的场景条件下,对人脸图像信息进行采集。由于该过程受到光照、噪声各种遮挡等因素影响,因此需要进行图像预处理,消除这些不利因素对人脸识别精度的影响。

(2) 人脸特征提取。通过采用一定的方法对人脸图像特征进行提取。

(3) 人脸识别。将获得的人脸特征与人脸库的人脸进行匹配。如果与人脸库中的特征相匹配,那么

就认为是同一个,否则就认为不是同一人。

综合上述可知,脸自动识别软件系统的工作流程如图 3 所示。

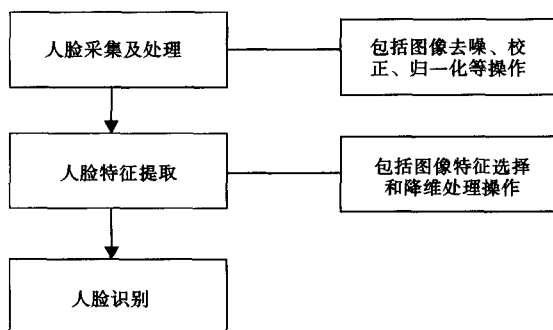


图 3 人脸识别软件系统的处理流程图

3 嵌入式人脸识别系统实现

3.1 人脸视频的采集

对人脸视频进行采集是嵌入式人脸自动识别的第一步,本系统采用中星微芯片 USB 摄像头。首先打开 USB 摄像头,设置视频格式和尺寸,进行视频采集,将采集到的人脸图像进行转换,获得人脸图像。其采集流程如图 4 所示。

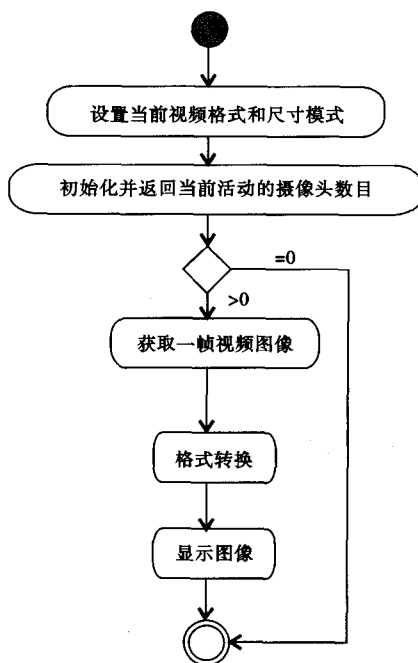


图 4 人脸视频的采集流程

3.2 人脸图像的预处理

在人脸图像采集中,由于受到摄像头分辨率、光照、环境等因素影响,获得的人脸图像常含有噪声、不利信息,且人脸平移和旋转对人脸识别正确率有不利影响,为了消除这些不利因素,必须对人脸图像

进行预处理,获取高质量人脸图像,有利于后续操作^[5].主要包括人脸图像灰度化和校正处理.本文系统的图像灰度化处理方式为:

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.148 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, Y 为图像的灰度值, U 和 V 为图像的色调.

对灰度处理后的人脸图像采用 Harris 角点计算算法对人脸图像的倾斜进行校正.

3.3 人脸特征提取

需要对经过预处理的人脸图像进行特征提取,选择一些有利于人脸识别的特征,这一步是人脸识别最为关键步骤,获得人脸特征质量的优劣对人脸自动识别结果起着决定性的作用.本系统采用 Haar-Like 进行特征提取.

Haar-Like 方法由 Rainer Lienhart 等人提出,每个特征由 2~3 个矩形组成,分别检测人脸图像的边界、细线、中心特征,其如图 5 所示^[6].

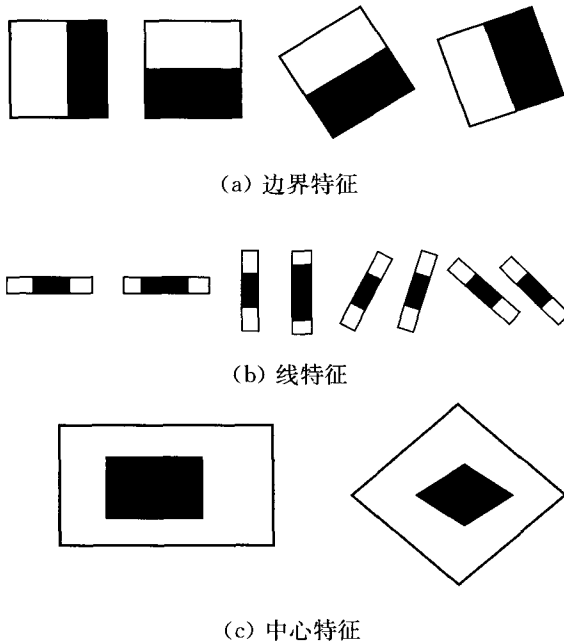


图 5 基于 Haar-Like 的人脸特征提取

Haar-Like 提取的特征可以采用如下方式进行表示:

$$feature_j = \sum_{i \in (1, \dots, n)} \omega_i * RectSum(r_i) \quad (2)$$

其中, n 表示组成 $feature_j$ 矩形个数, $RectSum(r_i)$ 表示矩形 r_i 所围图像的灰度积分, ω_i 表示矩形的权.

3.4 人脸特征的降维处理

通过采用 Haar-Like 进行特征提取后,获得了人脸的人脸特征,这些特征之间具有多重共线性关系,信息重复量比较大,因此采用主成分分析(PCA)对其进行降维处理,具体处理流程如下:

(1) 人脸图像的大小为 $l \times h$,将图像按列相连组成 M 维的更向量,即 M 表示人脸图像的维数.

(2) 设人脸训练样本集共有 N 个样本, X_j 为第 j 个人脸图像的人脸图像向量,则人脸训练样本集的总体散布矩阵为:

$$S_t = \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)(X_i - \mu)^T \quad (3)$$

式中, μ 为人脸训练样本集的平均特征向量.

(3) S_t 是一对称矩阵,通过对其进行对角化,并对 X 进行线性变换,这样就可以得到协方差矩阵:

$$\sum Y = YY^T = W^T XX^T W = \Lambda \quad (4)$$

通过式(4)线性变换后,协方差阵变成了对角,消除人脸图像特征之间的冗余信息.

(4) 将 W 的每个列向量正交归一化,记为 W_i ,人脸向量 P_i 在由 $[W_i]$ 组成的子空间中的投影 $Q = W^T P_i$,则人脸向量 P_i 重构为:

$$P_i = WQ = \sum_{i=1}^k W_i Q_i + \sum_{i=k+1}^k W_i Q_i \quad (5)$$

(5) 将人脸特征值按升序排列,选取最大的 K 个特征值对应的特征向量作为人脸识别算法的输入,将人脸图像特征向量降到 K 维.

3.5 人脸识别器设计

由于传统人脸识别算法采用特征向量进行辨识,易出现误判,然而基于“大数定律”的人工神经网络需大量人脸样本进行网络训练,当样本较小时,其学习性能不好,容易出现过拟合,局部最优等问题^[7].支持向量机(SVM)是一种小样本、非线性的机器学习方法,其具有回归和分类功能,因此本系统采用 SVM 对提出的最优特征进行学习,建立人脸识别模型,并对待测人脸样本进行识别,该算法比较容易实现,人脸识别精度高,十分适合嵌入式系统的应用.流程如图 6 所示.

4 仿真实验

4.1 仿真数据

为了检验本文提出的嵌入式人脸识别系统的性能,同时为了使系统识别结果具有可比性,采用基于 PC 架构的人脸识别系统作为对比系统.仿真人脸库为 FERET 人脸数据库,该数据库包括不同种

族、年龄、性别、光照和表情共 176 张人脸图像. 部分人脸图像如图 7 所示.

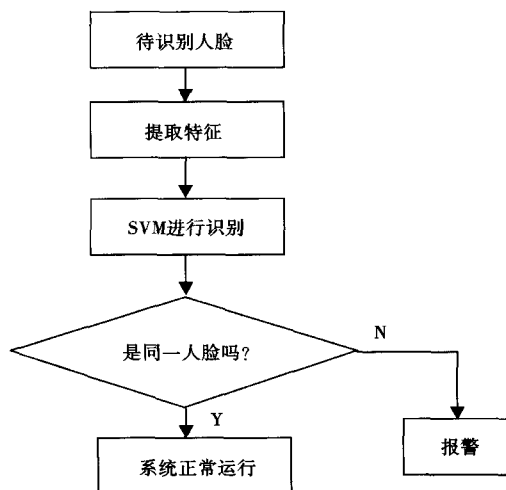


图6 SVM算法的人脸识别流程图

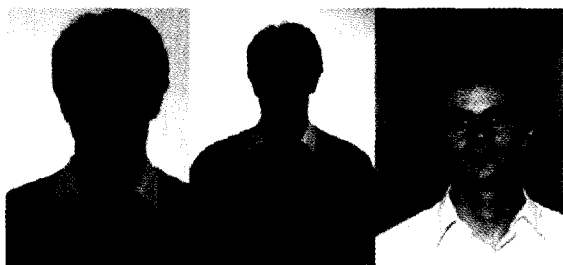


图7 FERET数据库的部分人脸图像

4.2 人脸图像预处理

采用上述人脸预处理技术对选择的人脸进行预处理,得到如图8所示的结果.



图8 人脸预处理结果

4.3 实验结果与分析

采用 Haar-Like 方法对预处理人脸图像进行特征提取,然后采用 PCA 进行对特征进行降维处理,最后进行人脸识别. 两种系统的人脸平均识别正确率、误识率和识别时间如表 1 所示. 从表 1 可知,本文提出的嵌入式人脸识别系统提高了人脸平均识别

正确率,降低了人脸的误识率,最重要的是识别时间大大减少,十分适合于实时、在线的人脸检测系统. 对比结果表明,本文提出的嵌入式人脸自动识别系统是一种有效、高效的人脸识别方法.

表1 两种人脸识别系统的性能比较

评价指标	PC 系统	嵌入式系统
平均识别率	87.85%	89.96%
误识率	10.77%	5.14%
平均识别时间	0.80 s	0.75 s

5 结束语

针对传统人脸识别技术的不足,本文以 PXA270 微处理器为核心搭建了一个人脸嵌入式的人脸识别系统. 采用 PC 构架的人脸识别系统与本文提出的嵌入式人脸自动识别系统进行仿真对比实验. 实验结果表明,本文提出的系统有效的提高了人脸平均识别率,减少了人脸识别的时间,在基于人脸识别的安全领域有着广泛的应用前景.

参考文献:

- [1] 谈书才,黄景涛. 基于 LLE 和 LS-SVM 的人脸识别方法 [J]. 微电子学与计算机,2010,27(7):110-113.
- [2] 周激流,张晔. 人脸识别理论研究进展 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报,1999,11(2):180-184.
- [3] 朱冰,朱敏. 嵌入式人脸识别门禁系统设计与实现 [J]. 制造业自动化,2010(11):39-41.
- [4] 杨勇,田侃. 基于 Gabor 特征和 EHMM 的人脸识别方法 [J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2011,23(3):355-363.
- [5] 焦斌亮,陈爽. 基于 PCA 算法的人脸识别 [J]. 计算机工程与应用,2011,37(8):201-204.
- [6] 凌旭峰,杨杰,叶晨洲. 基于支撑向量机的人脸识别技术 [J]. 红外与激光工程,2001,30(5):318-324.
- [7] 舒双宝,罗家融,徐从东,等. 一种基于支持向量机的人脸识别新方法 [J]. 计算机仿真,2011,28(2):280-283.

作者简介:

刘爽 女,(1979—),学士学位,讲师. 研究方向为模式识别.