

文章编号:1672-058X(2011)04-0390-04

基于人脸识别的门禁系统设计与实现

朱超平

(重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院,重庆 400067)

摘要:人脸识别技术是生物技术和计算机技术的复合应用,市场对门禁的安全性和可靠性的要求也越来越高;提出了一种基于 ARM9 处理器的快速人脸检测门禁系统设计方案;首先选择实用有效特征,简要介绍人脸检测和人脸识别算法的基本原理,针对该算法实现原理详细阐述硬件系统设计方案;最后在设计的硬件系统上进行算法移植,并开发门禁系统控制软件,实现了嵌入式快速人脸识别门禁系统的研制。通过分析测试结果,系统可靠运行高、速度快,能够实现门禁系统的功能。

关键词:人脸识别;PCA;ARM9;门禁系统

中图分类号:TP216

文献标志码:A

1 算法简介

人脸检测算法是人脸识别算法的基础,算法选取几个特征矩形训练模板,得到人脸检测最合适的矩形特征。

1.1 PCA 特征选取

主元分析(Principal Components Analysis, PCA)的思想源于 K-L 变换,其目标是将某个高维向量,通过一个特殊的特征向量矩阵,也称为 K-L 变换矩阵,投影到一个低维的向量空间中,从而将高维向量降为低维向量,这些低维向量表示了样本点空间中方差最大的方向,代表样本原来的主要信息,具有很强的区分能力。主元分析法在模式识别领域应用非常广泛,本文将其用于人脸识别,通过求样本矩阵的协方差矩阵,然后计算协方差矩阵的特征向量,这些特征向量就可以构成这个投影矩阵^[1]。特征向量的选择取决于协方差矩阵的特征值的大小。

1.2 PCA 训练算法

设训练样本集中有个样本,其中,样本 i 的像素灰度值组成的向量称为 x_i ,其维数为样本图像的像素总数。由个样本的向量构成一个样本向量集合: $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,则该样本向量集的平均向量可以利用式(1)来定义,各个样本的偏差定义为式(2)。通过样本的偏差矩阵 D 定义为式(3),其中 D 的维数是 $n \times p$, p 代表每个样本向量的维数,利用式(4)计算样本集合的协方差矩阵 K , K 的维数是 $p \times p$ 。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$y_i = x_i - \bar{x} \quad (2)$$

$$D = \{y_0, y_1, \dots, y_{n-1}\} \quad (3)$$

$$K = D^T D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i y_i^T \quad (4)$$

最后计算协方差矩阵 K 的特征值 λ_i 所对应的特征向量 v_i , 这些特征向量都是正交的, 它们组成了人脸空间的正交基, 利用它们的线性组合可以重构样本中的人脸图像。其中, 特征值越大所对应的特征向量所包含的图像信息就越多, 可以将特征值按照降序排列, 最大特征值所对应的特征向量称为第一主元, 以此类推。为了实现除维, 可以忽略掉那些特征值比较小的特征向量, 即保留图像的主要成分。最后选取若干个特征值大于 λ_m 所对应的特征向量组成式(5)所示的矩阵。

$$S = [v_1, v_2, \dots, v_m] \quad (5)$$

矩阵 S 是前面提及的变换矩阵, 它的维数是 $p \times m$ 。利用变换矩阵就可以将每一幅人脸图像投影到由张成的特征脸子空间中。

1.3 人脸识别算法

PCA 人脸识别过程过程如下: 将人脸图像样本表征为向量; 计算投影矩阵, 实现投影; 计算投影矩阵的特征值和特征向量, 构造特征脸子空间, 计算训练样本集 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 的平均向量 \bar{x} , 也称为平均脸, 计算每个训练样本与平均脸的偏差; 计算协方差矩阵、协方差矩阵的特征值和特征向量。特征向量在人脸识别领域也称为特征脸, 选取具有最大特征值的 N' ($N' < N$) 个特征向量用于表征人脸, 表示样本向量的维数, 由这个特征向量张成的空间称为特征脸子空间; 将训练图像和待测图像投影到特征空间; 分类与识别。

可以采用多种方法进行分类: 如最近邻方法、曼哈顿距离方法、贝叶斯方法以及最小距离方法等。在此采用最近邻分类方法作为人脸识别分类器, 通过最短欧氏距离作为判定准则, 在搜索空间中寻找与测试样本距离最近的训练样本, 该训练样本所对应的类别便是其所属类别。其中, 测试样本的投影 x 和个样本平均值的投影的欧氏距离可以利用式(6)得到。若距离小于一个给定的阈值, 则个体身份就被接受, 否则就被拒绝。

$$d_E(x, w_k) = \sqrt{(x - w_k)^T(x - w_k)} \quad (6)$$

2 硬件平台设计

门禁系统分为单向门禁系统和双向门禁系统^[2], 单向门禁系统是指仅对进门实施访问控制, 而双向门禁则既对进门访问实施控制, 也对出门访问实施控制。此外, 门禁系统还分为单机门禁系统和网络门禁系统等。在此设计的门禁系统可以满足双向门禁和网络门禁系统的需求^[3,4], 其总体结构如图1所示。在图1中, 若需实现网络门禁系统, 则人脸识别门禁终端会将出入门的访问控制信息通过网络传送到计算机(PC), 从而实施联网控制多个门的访问控制信息。若只是控制单个门, 则所有的访问控制信息直接记录在人脸识别门禁终端^[6]。

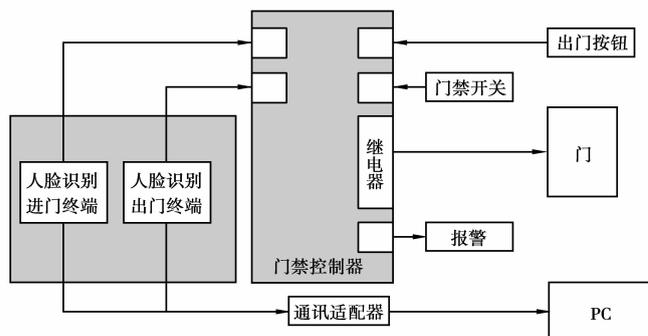


图1 门禁系统总体结构图

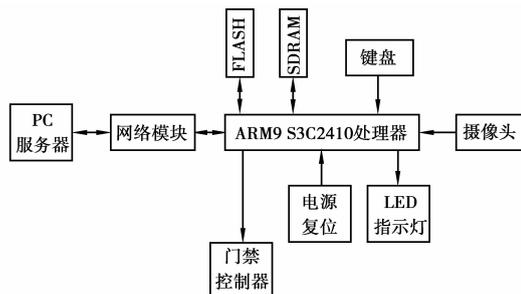


图2 人脸识别门禁系统原理图

人脸识别门禁终端的硬件架构如图2所示。硬件系统以 S3C2410 为核心, 外围芯片由异步 FLASH, SDRAM, 摄像头, 网络芯片, 键盘和 LED 指示灯等组成。

加电后首先进行系统初始化及引导, 将存储在 FLASH 中的程序及数据加载到 SDRAM 中。其中数据主要包括检测定位模板、平均脸矩阵、特征脸模板和比对模板等信息。当有人要通过门时, 通过按键中断给

ARM9 一个中断信号,ARM9 控制摄像头采集图像,采集的图像传到外扩 SDRAM 中,程序在此处理图像后获得人脸特征值,由于系统的识别算法程序获取人脸特征值的临时数据量比较大,系统外扩了一个 60 M 的 SDRAM。人脸检测、各部定位、人脸特征值的获取运算主要在外扩的 SDRAM 中进行。最后将人脸特征值与人脸特征值模板库比对,给出识别结果。根据识别的相似度阈值,ARM9 会通过 URAT 口给门禁控制器发送相应信号,门禁控制器可以发送门锁开启信号或报警信号,ARM9 还可以通过网络接口(RJ45)与 PC 机进行通信,用于将访问日志保存到 PC 中。

3 软件设计

系统加电以后首先要进行初始化,当有人通过门时,利用硬件中断向系统提出请求,系统得到请求后屏蔽中断,向图像传感器发出捕获人像指令,采集图像结束后,图像传感器通过中断方式通知 ARM9 采集完毕,系统开始对人像进行处理和识别,最后通过硬件中断输出识别结果^[6],主程序流程如图 3 所示。

软件执行的具体过程如下:

(1) 加电后,系统完成初始化,存储在 FLASH 中的程序和数据被加载到 SDRAM 中。把文件 pm、mean、facetpl、eyetpl 中读出数据,分别存在变量 Pm、Mean、Facet、Eyet 中,供以后特征提取用。这些数据是预先在 PC 上训练完毕后烧写到 Flash 中。

(2) 图像获取部分直接由 CCD 采集完成,捕获的图像信息存放在变量 fdata 中,获取的人脸图像做大小和灰度的归一化处理。

(3) 对人脸图像进行检测定位,判断图像中是否有人脸,如果有人脸则做出准确的定位。程序对人脸各部分定位的顺序是头部定位、脸部定位、眼睛定位、瞳孔定位。系统的检测、定位部分采用的是基于静态灰度图像,简单背景、光照均匀、正面人脸图像的传统的模板匹配方法。

(4) 定位完毕后进行人脸特征值的提取。首先将人脸定位后的数据减去平均脸 Mean 得到一个数组,该数组在特征脸矩阵 pm 中投影后得到人脸特征值。本系统对特征提取和选择采用 PCA 方法。

(5) 识别时采用计算输入图像矩阵与人脸模板(或眼睛模板)灰度矩阵之间的欧氏距离作用判据。

(6) 如果特征匹配,门禁系统开门,并进行尾随检测,如果有尾随则报警。如果特征不匹配,重新获取图像。

在整个系统中,最为重要的是相似度阈值的选取。系统的相似度是用两个特征向量的余弦夹角来量度的。相似度阈值决定了系统的安全性和效率。相似度阈值过大,会使系统的错误拒绝率(FRR)升高。反之,相似度阈值过小,则使可靠性降低,错误接受率(FAR)会升高^[7-9]。

4 结 语

采用了在 ARM9 控制下 CMOS 图像传感器进行图像采集,并利用改进的 PCA 算法对人脸图像识别,提高了识别效率和正确度,提高了系统的实用性。选择合适的相似度阈值,阈值取 7.46 时整体识别效果较好,图像的采集速度小于 1 s,人脸的识别时间可以在一秒内完成,系统的识别率为 98.5%,其中误识别率为 1.25%。

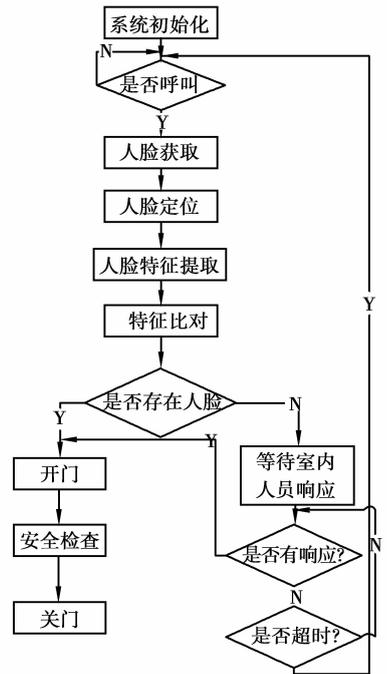


图 3 主程序流程图

参考文献:

- [1] YANG J, ZHANG D V, YANG J Y. TWO Dimensional PCA:A New Approach to Appearance-based Face Representation and Recognition [J]. IEEE Transactions. Pattern Anal. Machine Intell, 2004, 26(1):131-137
- [2] 虞闯,魏新华,张明. 人脸识别技术在门禁系统中的应用[J]. 电脑开发与应用. 2010,23(8):27-28
- [3] 吴思远. 基于 WinCE 的汽车故障监测系统[J]. 重庆工商大学:自然科学版,2009(3):258-262
- [4] 蒋承延,贾恒. 基于 USB 的嵌入式远程视频监控系统设计[J]. 重庆工商大学:自然科学版,2009(6):558-562
- [5] 蒲东兵. 生物识别技术及其嵌入式应用研究[M]. 吉林:吉林大学出版社,2009
- [6] 王江涛,梅雪,林锦国. 基于 PC/104 平台和人脸识别技术的门禁系统设计[J]. 安防系统设计,2010(2):42-43
- [7] 李月静,谢维成,石一兴,等. 基于 SOPC 的实时运动目标检测与跟踪系统[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版),2011,25(4):91-96
- [8] 赵臻,高颖慧,王平. 基于星图识别算法的空间小目标识别[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版),2011,25(4):97-101
- [9] 何国辉,甘俊英. 二维主元分析在人脸识别中的应用研究[J]. 计算机工程与设计,2006,27(4):4667-4673

Design and Implementation of Door Security System Based on Face Recognition

ZHU Chao-ping

(School of Computer Science and Information Engineering,
Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: Face Recognition technology is the composite application of biotechnology and computer technology, the demand for safety and reliability of access control system becomes higher and higher in market. The design scheme of door security system based on ARM9 was presented. Firstly, effective features were selected, and the algorithm of face detection and recognition was briefly introduced, then according to the implementing principle of the algorithm, the design scheme of hardware system was described in detail. Finally, the algorithm was transplanted onto the hardware system, then control software was developed, and imbeded-style and rapid door security system based on face recognition system was implemented. The experimental results demonstrate that the system works reliably and speedly, and the function of door security system was realized.

Key words: face recognition; PCA; ARM9; door security system

责任编辑:李翠薇
校 对:代小红