

iOS 平台下人脸识别系统实现研究

刘彦伯, 韩家新

LIU Yanbo, HAN Jiabin

西安石油大学 计算机学院, 西安 710065

School of Computer, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China

LIU Yanbo, HAN Jiabin. Research of development of face recognition system based on iOS platform. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(22): 204-207.

Abstract: A face recognition system based on Apple company's embedded operating system-iOS is proposed. Through the research of AdaBoost face detection algorithm based on Haar-like features, the real-time face detection is achieved. An improved method of face recognition based on hidden markov model is put forward. This method uses singular value compression to subtract the character of the face image, which not only reduces the amount of data storage and computational complexity but also solves the inefficient caused by processing large number of data of image in embedded system. The experiment result shows that rapid detection, high real-time performance and high recognize rate can be acquired in this method, which can be used as the base of other types of face recognition application software system in iOS platform.

Key words: iOS platform; face detection; singular value compression; hidden Markov model; face recognition

摘 要: 设计了一个基于苹果公司嵌入式操作系统 iOS 平台下的人脸识别系统。通过对基于 Haar-like 特征的 AdaBoost 人脸检测算法的研究, 实现了实时人脸检测。提出了一种改进的基于隐马尔科夫模型的人脸识别方法, 此方法采用奇异值压缩抽取人脸图像特征作为观察序列, 减少了数据的存储量和计算量, 解决了嵌入式系统中由于图像处理数据量大造成的低效。实验结果证明, 该系统检测速度快, 实时性强, 识别率高, 可以作为 iOS 平台上其他类型人脸识别应用软件开发的基础。

关键词: iOS 平台; 人脸检测; 奇异值压缩; 隐马尔科夫模型; 人脸识别

文献标志码: A **中图分类号:** TP391 **doi:** 10.3778/j.issn.1002-8331.1203-0338

1 引言

当今社会, 随着计算机的集成性和移动互联网的高速发展和应用, 智能移动设备开始走进我们的日常生活。越来越多的人开始接触并拥有智能移动设备。所谓的智能移动设备就是指智能手机, 平板电脑, 以及一些有着高性能硬件且具有独立操作系统的小型多媒体设备。苹果公司生产的智能移动设备, 实行一体化设计, 设备硬件与软件系统能够很好地结合, 有着良好的用户体验效果。所以本文选用运行 iOS 操作系统的 iPhone4 作为平台进行研究。如何编写应用软件将这些新型高科技的数码产品充分利用成为计算机应用技术未来的重要研究方向之一。人脸识别技术是计算技术研究的一个热门领域, 是利用计算机对人脸图像进行分析, 并提取识别信息来进行身份识别的一门技术。它涉及到了图像处理、计算机视觉、模式识别等学科, 需要进行大量复杂的运算。本文提出的基

于奇异值压缩的隐马尔科夫模型人脸识别方法能够很好地减少数据的存储量和计算量, 使得人脸识别这类复杂的算法能够在嵌入式环境中更好地运行。

2 AdaBoost 人脸检测算法

2.1 Haar-like 特征与积分特征

Haar-like 特征指使用一些简单的矩形特征来作为人脸特征的表示。常用的 Haar-like 特征有边缘特征、线性特征和中心特征如图 1 所示。

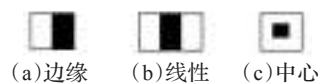


图1 Haar-like 特征

特征值是指图像上两个或多个形状大小相同的矩形内部所有像素灰度之和的差值, 统一采用白的矩形区域所

基金项目: 西安石油大学研究生创新基金(No.2011cx110524)。

作者简介: 刘彦伯(1988—), 男, 硕士研究生, 主要研究领域为图像处理与模式识别; 韩家新(1969—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要研究领域为图像处理与模式识别、人工智能。E-mail: askeric@126.com

收稿日期: 2012-03-14 **修回日期:** 2012-05-28 **文章编号:** 1002-8331(2013)22-0204-04

CNKI 出版日期: 2012-07-16 <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20120716.1500.002.html>

有像素灰度之和减去黑色区域的所有像素灰度之和。也可根据实际情况的不同扩展出新的 Haar-like 特征模板^[1]。

这种基于矩形的特征可以用积分图像计算。积分图像是一种能够描述全局信息的矩阵表示方法。积分图像的构造方式是位置 (i, j) 处的值 $ii(i, j)$ 是原图像 (i, j) 左上角所有像素之和^[2]。

2.2 AdaBoost 算法与级联分类器

AdaBoost 算法的基本思想是将多个弱分类器集成成为一个强分类器。最后的强分类器的判决结果是所有弱分类器的判决结果的加权和^[3]。

级联分类器是由多层强分类器级联构成的。其每一层都是由 AdaBoost 算法训练得到的强分类器。从第一层开始,若分类得到正确结果则触发第二层分类器的分类,以此类推,则疑似人脸的窗口依次通过各层分类器,就确认为人脸。反之,如果被检测的窗口在某一层被判断为非人脸,就停止对该窗口的检测,进行下一个窗口的检测。如图 2 所示。

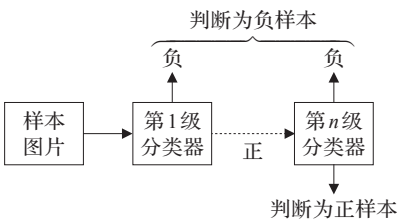


图2 级联分类器判断人脸

级联结构的分类器在设计上通常采用逐级复杂的原则实现的。最初的几层分类器比较简单,一层由一个到几个分类器组成。这样设计是为了快速排除明显不是人脸的子窗口,减少后续的检测目标,从而提高检测速度。为了实现对于大小不同的目标区域的搜索,将分类器设计为可以进行尺寸改变。这就能够避免直接对图像进行缩放,减小了计算工作量,提高了检测速度^[3]。

3 改进的人脸识别方法

3.1 人脸的隐马尔科夫模型

隐马尔科夫模型 (Hidden Markov Model, HMM) 是从语音识别技术中发展出的一种统计技术。它提供了一种基于训练数据提供的概率而自动构造的识别系统技术,包含两个相关过程:隐含不可见的有限状态马尔科夫链,具有初始状态概率分布和状态转移概率矩阵;一组与概率有关的状态概率密度函数^[4]。设 π 为初始状态概率矢量, A 为状态转移概率矩阵, B 观察值概率矩阵, HMM 解决的三个基本问题包括:

- (1) 给定观察序列 $O = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ 和模型 $\lambda = (\pi, A, B)$, 计算 $P(O|\lambda)$ 。
- (2) 给定观察序列 $O = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ 和模型 λ 。如何选择一个对应状态序列 $X = \{q_1, q_2, \dots, q_M\}$, 使得 X 能够合理地解释观察序列 O 。
- (3) 如何调整模型参数 $\lambda = (\pi, A, B)$, 使得 $P(O|\lambda)$ 的值

最大。

在选择正面人脸特征时可将脸部分为五个区域:前额、眼睛、鼻子、嘴巴、下巴。给每个区域分配一个 HMM 状态,图 3 是一个人脸的 HMM 模型^[5]。

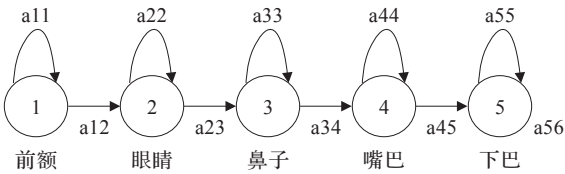


图3 人脸识别的HMM模型

3.2 基于奇异值压缩的人脸特征提取

对于每一张人脸图像,定义其宽度为 W , 高度为 H 。将人脸图像划分为相互重叠的窗口,每个窗口的高度为 L 。相邻窗口重叠部分的高度为 P 。如图 4 所示。

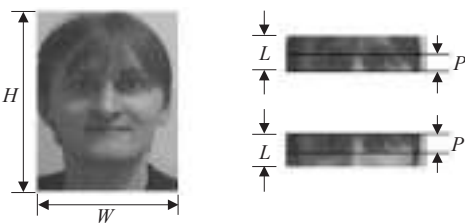


图4 特征抽取方法

从人脸图像抽取的划分总数为观察矢量数 T , T 的值有公式 (3) 给出。参数 L 和 P 的选择会影响到系统的识别率^[5-6]。

T=(H-L)/(L-P)+1 (3)

可以直接采用采样窗口内的灰度值作为观察向量,则观察向量的大小为 $L \times W$ 。采用灰度值作为观察向量有两个缺陷:首先灰度值对光照变换、图像旋转及噪声等非常敏感;其次这种大型的观察向量直接导致计算复杂度的增加。文献[6]提出了一种关于奇异值分解的特征抽取方法。将采样窗口进行奇异值分解,将其分解成只包含几个非零值的奇异值矩阵作为观察序列,既能够保持原有图像的特征,也能够对图像特征进行有效的降维压缩,极大地减少了计算的复杂度。

本文中的人脸识别算法是在嵌入式系统环境中实现的。因此识别过程中计算的复杂度直接影响着系统的实时性。与直接灰度法相比,奇异值分解法能够将观察序列进行降维,降低计算复杂度。但是许多基于奇异值分解的人脸识别方法都是以该 $p(m \times n)$ 维图像矩阵的全部非零奇异值个数)个奇异值作为观察量。这其中包含了大量与特征分类无关的冗余信息,不仅降低分类识别效率,而且会极大影响识别的计算复杂度。因此有必要对奇异值分解的特征进行有效压缩处理。文献[7]中证明了对奇异值进行适当压缩不会影响图像原有特性。本文选择了一种基于阈值的奇异值压缩方法。

设人脸矩阵 A 的非零奇异值为 $\sigma_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 。已知阈值 T , 按下面的方法处理 σ_i 。

if ($\sigma_i \geq T$) $\sigma_i \in X$ else $\sigma_i = 0$

X 为非零奇异值构成的有效集合, 较小的奇异值被忽略掉。利用 X 重构生成的新的人脸矩阵是原始矩阵在 F -范数下的一个降秩的最佳逼近^[7], 因此在保证原始图像特性的前提下, 实现了奇异值特征的有效压缩。阈值 T 的选择必须适中, 本文选择将总体分布均值作为压缩阈值 T , 即:

$$T = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^r \sigma_i \quad (4)$$

其中 p 为非零奇异值的个数。这种方法在奇异值分解的基础上再次对观察向量进行压缩, 并保证了原有图像特征的性质, 降低了识别时计算的复杂度。

3.3 人脸图像 HMM 训练与识别

系统中为采集到的每个人的人脸建立一个 HMM 模型。HMM 训练就是要对每个人确定一组优化的 HMM 参数。每个模型用多幅人脸图像进行训练。训练步骤如下:

(1) 对人脸图像进行采样并用 3.2 中的奇异值压缩方法计算出观察序列。

(2) 建立一个 HMM $\lambda = (\pi, A, B)$, 确定模型初始状态数, 允许的转台转移和混合高斯概率成分个数。

(3) 将训练数据进行均匀分割, 与 N 个状态对应, 计算出模型的初始参数。

(4) 用 Viterbi 算法分割取代均匀分割, 并利用分段 K 均值聚类方法求出混合高斯模型参数, 迭代调整初始模型参数。

(5) 用 Baum-Welch 算法对 HMM 参数进行重估, 待其收敛, 得到训练的 HMM 参数模型^[8]。

在识别时通过训练得到的每个人的 HMM 参数模型计算观察序列 O 的概率 $P(O|\lambda)$, 并取最大值作为识别结果^[9], 过程如图 5 所示。

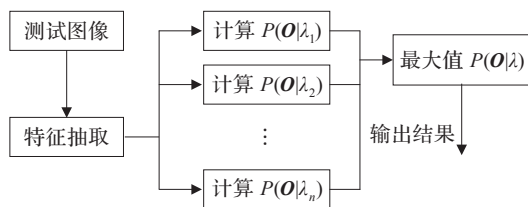


图5 HMM 识别过程

4 系统设计与实现

系统是基于苹果公司的 iOS 操作系统实现的, 开发环境 Xcode 4.2 必须在 Mac os X (苹果 PC 操作系统) 上运行, 本文选择 VMware Workstation 6.0 在 Windows XP 环境下进行虚拟机搭建。此外, 还使用了 OpenCV 视觉库进行辅助开发。OpenCV 实现了大量的计算机视觉通用算法可以减少开发时间增加开发效率。

4.1 iOS 程序运行原理

进行 iOS 编程主要采用两种重要的范例: 面向对象编程和模型—视图—控制器 (MVC) 设计模式。iOS 编程主要采用 Objective-c 作为编程语言。Objective-c 是一种面向对象编程语言, 伪多重继承 (通过调用转发协议) 是 Objective-c 的一个重要特性, 这可以使得子类能从多个父类继承行为

和数据类型。

MVC 模型将屏幕对象的外观和行为分开。屏幕上的视图没有内在含义。视图控制器充当媒介, 将用户交互 (如按钮单击) 与应用程序中的目标方法 (模型) 连接在一起。应用程序提供和保存有意义的数据, 并通过生成某种有用的结果来相应交互^[9]。

4.2 系统结构设计

本文设计的系统均在 iPhone 模拟器上进行调试。而 iPhone 等其他一些智能移动设备大多都采用触摸式的操作方法。所以在软件设计时一定要考虑到简洁, 易操作。系统设计主要包括四个部分。分别是人脸图像采集, 人脸图像管理, 参数设置, 帮助四个部分。

人脸图像采集: 主要是通过摄像头进行实时人脸检测, 并能对检测到的人脸进行识别或将其保存到指定的人脸库中。

人脸图像管理: 主要对采集到的人脸图像进行管理。包括添加、删除人脸库, 删除人脸库的图像, 对人脸库中的图像进行训练等功能。

参数设置: 对 HMM 中涉及到的一些初始参数进行设定。

帮助: 提供帮助信息, 指导用户如何使用本系统。

4.3 人脸检测的软件实现

级联分类器可以通过 OpenCV 视觉库中的 Haartraining 程序训练实现。为了提高开发效率, 本文采用的是 OpenCV 库中的分类器 haarcascade_frontalface_alt_tree.xml 进行实验。OpenCV 库在向 iOS 移植后一些与摄像头有关的功能函数无法应用。但这些功能可以通过 iOS 本身的 API 进行实现。

在 OpenCV 库中的图像处理及机器学习算法中输入的图像数据都是 IplImage 类型的结构体变量。通过 iPhone 摄像头采集的图像类型为 UIImage 结构体。所以, 在对图像进行处理之前与之后都要进行类型转换。系统设计了两个函数来实现这个功能:

(1) 在图像处理前的转换函数: `-(IplImage *)iplImageFromUIImage:(UIImage*)image`。

(2) 在图像处理后的转换函数: `-(UIImage *)UIImageFromIplImage:(IplImage*)image`。

整个检测过程如图 6。

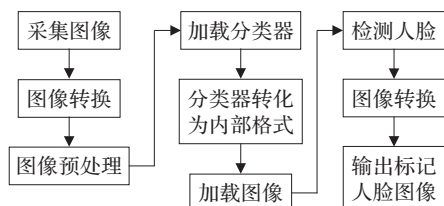


图6 人脸检测流程图

在进行检测前要对采集到并经过类型转换的图像进行预处理。首先通过函数 `cvCvtColor` 获取源图像的灰度图像, 再通过函数 `cvEqualizeHist` 将灰度图像进行直方图均值化。加载分类器时使用 `cvLoad` 函数加载训练好的分类器。载入分类器后使用函数 `cvHaarDetectObjects`, 该函数

使用针对某种目标训练的分类器在图像中找到包含目标物体的矩形区域,函数的返回值为CvSeq的指针,它指向了人脸区域作为一序列的矩形框的数组。采集图像中的人脸就会通过这些矩形框标出,如图7(a)所示。



图7 实时人脸识别

通过对采集图片的人脸检测,可利用iPhone强大的硬件功能,直接在手机端进行训练或识别,本文设计了三个类来实现:

- (1)Face类:在类中声明了一个CvEHMM类型的私有成员变量。CvEHMM是OpenCV提供的隐马尔科夫模型的结构体,主要包括了状态转移概率矩阵和观察值概率矩阵。此类的主要功能是对指定人脸库中的图像进行训练,并将训练数据存入文件。
- (2)Person类:此类是对单个人脸库的描述,它成员变量包含一个整型变量代表人脸库的编号,一个字符串数组代表姓名,以及一个Face类的对象来操作人脸库中的图像。
- (3)FaceRecognition类:在此类中定义了一个Person类型的线性表。主要功能是在程序加载时将人脸库中的训练数据载入到线性表中的每个Person对象中。在进行识别时使用函数cvEViterbi对提取的图像特征和每个Person对象对应的训练数据进行计算,取最大值对应的Person对象的姓名作为识别结果输出提示,如图7(b)所示。

4.4 实验结果测试与分析

程序测试是在iPhone 4真机上进行测试,iPhone 4采用主频为1 GHz的苹果A4处理器,操作系统采用iOS 4。采用测试的图片都是由iPhone 4自带的前置摄像头获取。对于实时检测到的人脸点击导航栏中的“识别”按钮,就能够快速识别出对应人脸库中的人。

为了测试本文提出奇异值压缩的人脸特征抽取方法,选择ORL人脸数据库进行实验。ORL人脸数据库是由40个人的400幅图像组成,每人10幅。取每人5幅进行训练,5幅进行测试。训练样本与测试样本均为200幅人脸图

像。分别使用三种不同的特征抽取方法进行测试,实验数据是在iPhone模拟器下获得。测试结果如表1。

表1 不同特征抽取下所有测试图片的识别结果

特征抽取方法	识别率/(%)	特征抽取时间/s	分类时间/s	总时间/s
直接灰度	87.6	10.85	28.27	39.12
奇异值分解	95.7	14.36	21.60	35.96
奇异值压缩	96.4	17.57	15.71	33.28

5 总结与展望

本文提出了一种基于奇异值压缩的HMM人脸识别方法。再此方法下实现了一个基于iOS平台下的人脸识别系统。最后在实验中与其他特征抽取方法进行比较。结果说明通过对特征抽取方法的改进能够进一步提高识别分类的时间和识别率。本文中实现的人脸识别技术经过修改还能在iPad2、iPod touch4等运行iOS操作系统的智能移动设备上使用。如今,智能手机、平板电脑等其他一些智能移动设备以爆炸式的数量增长,移动互联网时代已经来临。如何为这些高科技设备编写方便用户的应用软件是把握这个时代的关键。人脸识别技术应用广泛,将其与便携的智能移动设备相结合,可以将其作为一种简洁方便的认证方式,方便用户使用。

参考文献:

[1] Bradski G,Kaebler A.Learning OpenCV[M].于仕琪,刘瑞祯.北京:清华大学出版社,2009.

[2] 王斌,郭攀,张坤,等.基于计算机视觉技术的人脸检测系统设计[J].电子设计工程,2011,19(16):38-41.

[3] 李闯,丁晓青,吴佑寿.一种改建的AdaBoost算法—AD Ada-Boost[J].计算机学报,2007,30(1):103-109.

[4] 江艳霞,周宏仁,敬忠良.基于拉普拉斯脸和马尔科夫的视频人脸识别[J].计算机工程,2007,33(1):204-206.

[5] Bevilacqua V,Cariello L,Carro G,et al.A face recognition system based on Pseudo 2D HMM applied to neural network coefficients[J].Soft Comput,2008(12):615-621.

[6] 刘小军,王东峰,张丽飞,等.一种基于奇异值分解和隐马尔科夫模型的人脸识别方法[J].计算机学报,2003,26(3):340-344.

[7] Liu Jlanghua,Chen Jiapin,Cheng Junshi.Hybrid SVM/HMM method for face recognition[J].Journal of Donghua University, 2004,21(1):34-38.

[8] 甘俊英,张有为.一种基于奇异值特征的神经网络人脸识别新途径[J].电子学报,2004,32(1):170-173.

[9] Sadun E.The iPhone developer's cookbook[M].张彩霞,易磊,译.2版.北京:人民邮电出版社,2010:21-22.