

文章编号: 1671-1742(2014)增-0039-06

基于网络图像流的人脸识别系统研究

吕冠儒, 文成玉

(成都信息工程学院通信工程学院 四川 成都 610225)

摘要: 设计了一种基于网络图像流的人脸识别系统。通过采用基于 Haar-like 特征的 Adaboost 人脸检测技术和基于特征脸的人脸识别技术, 实现了实时人脸检测与识别。创新性的结合使用了网络串流、C/S 架构等技术将大量图像数据处理任务交予系统自动完成, 从而解决了传统人脸识别系统由于受到硬件制约而造成的图像数据处理能力低效、适用平台受限等问题。实验表明, 该系统能够在较快的检测速度和高识别率下, 实时的对人脸进行识别, 可以作为云视觉系统应用开发的基础。

关键词: 人脸检测; 人脸识别; VLC; Adaboost

0 引言

随着互联网发展逐渐趋于移动化, 智能移动设备和一些可穿戴设备的出现(谷歌眼镜: Google Project Glass)使得人们希望在工作和生活环境中随时随地的得到信息处理和计算服务, 导致传统的计算机模式已经不能满足日益增长的要求。同时伴随着云计算时代的到来, 如何利用网络将相对单一的新型科技产品和原有的成熟技术结合就成为了计算机应用领域未来重要的研究和开发方向。人脸识别技术是计算机视觉领域一个热门研究方向, 主要是通过将图像转换成数字信号利用计算机对其进行分析处理, 得到用于可进行有效身份信息验证的特征信息。人脸识别技术在监控、设备认证及电子商务安全性等产品方面应用非常广泛。

提出采用在 C/S 架构下的基于网络图像流的人脸识别系统, 可以较好提高系统的图像数据处理能力, 使得复杂的人脸识别算法可以在网络环境中对视频流数据进行实时、高效的识别处理。

1 系统总体设计

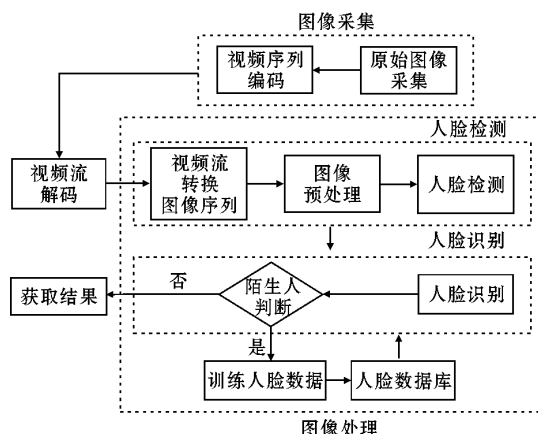


图1 网络图像流人脸识别系统总体架构

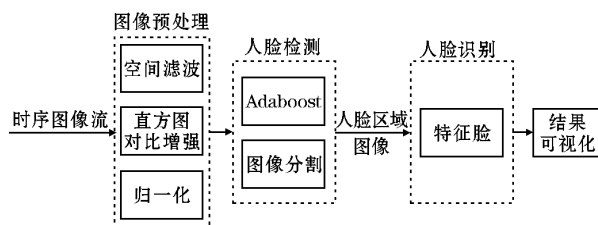


图2 人脸识别流程

基于图像流的人脸识别系统的设计框架如图1所示, 包括以下功能模块: (1) 图像采集模块: 该模块是系统的输入部分, 主要功能是对原始图像进行采集和传输。(2) 图像处理模块: 负责图像显示、图像预处理和人脸检测(如图2所示)以及数据处理过程中的任务调度部分。主要是对解码后的视频流进行实时人脸检测并提取出

收稿日期: 2013-12-19

基金项目: 四川省科技厅苗子工程资助项目(2012zz001)

检测到脸部区域。(3) 识别信息处理与结果可视化: 该模块是系统最后的输出部分。包含了人脸识别和结果的可视化显示两个子模块。其中人脸识别单元是要从检测到的面部区域提取相关人脸特征信息,与系统初始化时从人脸数据库读取的已训练人脸特征信息进行相似度计算。而结果可视化单元则按照相似度最小原则输出从数据库中识别到的最佳人脸图像,后台自动写入日志文件,包括时间是否成功识别、识别人员登记信息等相关信息,并且支持手动查询日志信息。

2 关键技术

2.1 视频网络传输

在网络带宽有限的基础上,为了满足视频图像的高清晰度和实时性,流媒体(Streaming Media)技术(又称串流处理)的兴起和发展则刚好解决了以上问题。通过对采集到原始图像进行压缩,利用网络进行分段传送,从而达到即时传输。为了提高开发效率,本系统选用开源软件 VLC(Video Lan Client)提供的视频播放接口。

VLC 是一个向开发者开放源代码、平台兼容性高的视频播放器^[1]。VLC 支持多种视频、音频的编解码格式并提供多种传输方式。VLC 的核心是 libVLCcore 动态链接库,libVLCcore 管理线程,模块(编解码器,解复用器等),模块功能层,时钟,播放清单和 VLC 的低层控制。在它的上层,是 libVLC,通过该模块,我们可以使用运行库的所有功能。功能模块与 libVLCcore 关联和交互。通过对 VLC 源码研究发现,VLC 的大部分代码是用 C 语言实现(少量 C++ 和汇编),实现了完全的动态模块化功能。

2.2 人脸检测

人脸检测算法的研究由来已久。其中,由 Viola 和 Jones 提出的采用 Haar-like 特征的 Adaboost 算法在维持算法自身稳定性和复杂度的基础上大大改善了检测的速度^[2],但是该算法在复杂环境下的人脸识别能力则受到不同程度的限制。为了解决上述问题,本系统通过先对图像中疑似人体肤色的区域进行分割,去除无关的复杂背景,进而提高 Adaboost 算法的检测效率。

2.2.1 图像分割

肤色是人体的主要信息,具有相对稳定性和区别性。利用肤色可对彩色图片进行图像分割处理,而且对面部表情、人脸旋转的适应性比较高,同时也不依赖于面部细节。

基于肤色的图像分割方法需要使用适合不同肤色和不同光照条件下的肤色模型。在色度空间中,常用的 RGB 表示方法由于要表示颜色和亮度,则导致人脸检测较为复杂。但是如果利用色度空间中肤色的聚类性,便可以将色度和亮度信息分开,从而实现颜色空间的转换。本系统采用 YCbCr 空间作为肤色分布统计的映射空间,该空间具有受亮度影响较小、独立二维分布的优点,能较好区分肤色和非肤色区域^[3]。

对输入彩色图像进行空间转换的公式如下。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$Cb = -0.169R - 0.331G + 0.500B$$

$$Cr = 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

不同的肤色具有相同的 2D 高斯模型 $G(m, V)$:

$$m = (\overline{Cr}, \overline{Cb})$$

$$\overline{Cr} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Cr_i$$

$$\overline{Cb} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Cb_i$$

$$V = \begin{pmatrix} \sigma_{CrCr} & \sigma_{CrCb} \\ \sigma_{CbCr} & \sigma_{CbCb} \end{pmatrix}$$

其中, \overline{Cr} 、 \overline{Cb} 为 Cr 、 Cb 相应的平均值, V 为协方差矩阵。

通过建立相应的肤色模型,能有效的对不同背景、不同光照下的彩色图片进行分割,通过实验得到良好效果,

如图 6 所示。



图 3 (a) 原始 RGB 图片 (b) 转换成 YCbCr 空间并进行分割后的图片

2.2.2 人脸检测

设计的系统采用类 Haar 小波特征和 Adaboost 分类器算法, 针对网络图像实时性高的要求设计该人脸检测模块。

类 Haar 小波特征

Viola 和 Jones 提出利用一种简单矩形特征(如图 3) 对一幅图像中的每个像素进行快速积分计算, 得到相应图像的积分图。该图因类似 Haar 小波则称为类 Haar 小波特征。

矩形特征模板是由两个或多个全等的矩形组合而成。该特征值是通过计算使用矩形窗口对原始图像遍历, 统一将全部白色区域的像素灰度之和减去黑色区域的像素灰度之和。



图 4 Haar 特征矩形特征

为了提高此类矩形特征计算效率, 可以使用积分图计算方法。积分图定义为:

$$ii(x, y) = \sum_{x' < x} \sum_{y' < y} i(x', y')$$

其中, $i(x', y')$ 为图像在点 (x', y') 的像素值, $ii(x, y)$ 为点 (x, y) 的积分图。由上述公式知, 积分图的计算方式就是像素点 $i(x', y')$ 在当前位置左上角所有点的像素和^[4]。

Adaboost 算法

Freund 和 Schapire 等提出了一种基于 Boosting 思想的改进算法: Adaboost 算法^[6]。Boosting 方法是指学习一系列分类器, 每一个分类器对其前一个分类器得出的错误结果给予一个比较大的权重系数。其中, 简单的分类算法形成弱分类器, 通过对样本进行学习的过程中循环迭代使得对分类器的权重值重新赋值。所以这个算法的目标是自动从所有弱分类器集合中挑选出若干弱分类器线性组合成一个强分类器, 如图 5 所示。

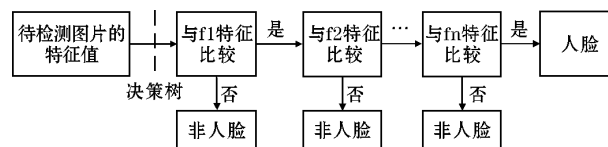


图 5 Adaboost 算法流程图

2.3 人脸识别

由于人脸中特征信息的繁多和系统对检测速度的要求, 在分析国内外文献资料后^[6-7], 系统采用基于代数特征的经典方法 - 特征脸 (Eigenface)。一般而言, 由 M 个像素组成的图像可以视为一个 M 维向量, 该算法认为这个 M 维向量占据了该 M 维空间较小的一个子区域, 因此利用主分量分析 (PCA) 方法对原始数据降维, 简化人脸

图像的表示参数(即维度)。从而较为显著的降低了人脸识别算法的复杂度。

主分量分析(PCA)是一种应用十分广泛的数据降维技术,该方法选择与原数据协方差矩阵前几个最大特征值对应的特征向量构成一组基,以达到最佳表征原数据的目的。因为由主分量分析提取的特征向量返回数据拟合合成图像时,看起来类似人脸,所以这些特征向量被称为“特征脸”。算法过程如下:

把脸部图片训练集合设为 $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3 \cdots \Gamma_n$, 则平均数为:

$$\psi = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \Gamma_i$$

每张脸到平均脸的距离:

$$\phi_i = \Gamma_i - \psi$$

对这些向量使用主成分分析,找到 N 正交向量,用来描述数据的分布,选择第 K 个向量 U_k , 则:

$$\lambda_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_k^T \phi_i)^2$$

这是一个最大值,其中:

$$U_1^T U_k = \delta_{1k} = \begin{cases} 1 & l = k \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

向量 U_k 和标量 λ_k 分别是协方差矩阵的特征向量和特征值。

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \phi_i \phi_i^T = AA^T$$

其中矩阵 $A = [\phi_1 \phi_2 \cdots \phi_N]$ 。而协方差矩阵 C 是 $N^2 \times N^2$ 的实对称矩阵。

构造一个 $M \times M$ 矩阵 $L = A^T A$, 然后找到 L 的 N 特征向量 V_i , 这些向量决定了 N 训练集中人脸图片的线性组合,来形成特征脸 U_1 。

$$U_l = \sum_{k=1}^N V_{lk} \phi_k \quad l = 1, 2, \cdots, N$$

在人脸识别中,由一组特征脸基图像延伸成一个特征脸子空间,任何一幅人脸图像(减去平均人脸后)都可投影到该子空间,得到一个权值向量。计算此向量和训练集中每个人的权值向量之间的欧式距离,当取得最小距离值时,其所对应的人脸信息便为识别出的结果。

3 系统实现

3.1 数据准备阶段

目前,移动终端设备和桌面计算机中运行的操作系统有多种,由于不同设备运行操作系统不一。所设计系统则采用 Client/Server 结构,即服务器端进行图像数据的分析和处理,可同时匹配多种客户端设备。通过利用开源软件 vlc 对多种操作系统的兼容性,提高了本系统的开发效率,同时解决了上述难题。

图像采集单元主要任务就是对视频流进行实时转换。当视频流成功接收会激活回调函数 `libvlc_video_set_callbacks`, 该函数使用双通道异步工作模式。vlc 对象 `libvlc_media_player_t * pMediaPlayer` 读取数据,防止数据循环覆盖和提取当前视频流时可能导致不稳定, `libvlc_video_set_callbacks` 对归一化的两个内存空间交替解锁和上锁,实现安全、实时、高效传输,系统通过设计图像流的数据结构(`struct customfield`)实现了底层空间与用户空间的数据通信。

3.2 人脸检测算法实现

OpenCV 是一种开源的计算机视觉函数库,实现了图像处理和计算机视觉方面很多算法。级联分类器可以

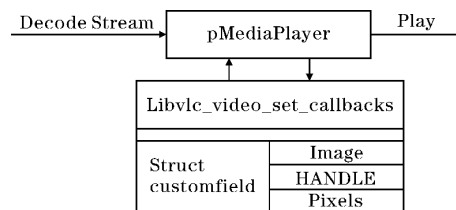


图6 视频流实时转换成图像流

通过 OpenCV 视觉库中的 Haattraining 程序训练实现。本文采用的是 OpenCV 库中的提供的分类器 haarcascade_frontalface_default 进行实验。

OpenCV 库中对于输入的图像数据都使用 IplImage 类型的结构体变量表示,所以在图像处理之前和之后都是使用这个结构体,系统通过设计 FaceDetect 类来定义相关图像处理的成员变量和处理方法。

系统接收到图像序列后,首先系统设计函数 void cvSkinColorDetec(IplImage* src, IplImage* dst) 进行肤色检测,提取疑似人脸区域的图像数据。然后使用函数 void cvCvtColor(const CvArr* src, CvArr* dst, int code) 将彩色图片转换成灰度图,使用 void cvEqualizeHist(const CvArr* src, CvArr* dst) 对其进行直方图均衡化处理。最后利用分类器检测函数 CvSeq* cvHaarDetectObjects(const CvArr* image, CvHaarClassifierCascade* cascade, CvMemStorage* storage, double scale_factor CV_DEFAULT(1.1), int min_neighbors CV_DEFAULT(3), int flags CV_DEFAULT(0), CvSize min_size CV_DEFAULT(cvSize(0, 0)), CvSize max_size CV_DEFAULT(cvSize(0, 0))) 对待检区域是否存在人脸特征进行检测,得到人脸图像序列,并对结果进行归一化处理。

3.3 识别算法实现

本模块主要分两个单元:训练和识别。训练单元首先通过设计函数 CvMat* cvTrainOnline(void) 检测时序 30 张图像中的人脸数据并保存,其中子函数 void learn(char * szFileTrain) 用于实现数据降维(PCA 处理)后利用特征脸(Eigenface)算法对相应人脸特征进行提取,最后,通过训练生成一种新的人脸分类器“newface.xml”,保存在本地数据库中方便识别单元调用。

识别单元在获取检测模块已检测人脸的同时,读取本地数据库中最新的人脸分类器“newface.xml”,使用本文设计函数 int findNearestFace(float * projectedFace, float * Confidence) 对待识别人脸数据 projectedFace 同数据库中已注册的人脸数据进行比对,在相应的维度空间中寻找线性距离最短的特征向量,从而映射出已识别的人脸信息。

3.4 实验结果

图 8 是本系统研究设计的简单主界面,左上窗口是实时接收的网络串流视频,该窗口右侧是一系列功能按钮,第一个编辑栏是注册人脸时手动输入的姓名标签,第二个编辑栏是接收网络视频流的地址,最后边的列表菜单是用于显示当前系统工作状态信息。左下两个窗口是显示了已识别人脸的注册图像。该系统用 MFC 设计实现,运行于 Intel Core I5 CPU2.50Ghz 8GB 的计算机上。实时检测率为 91%,网络延迟范围保证在 2s 左右。无论是在实时传输还是人脸识别方面,本系统基本上能够达到设计的要求。本系统的交互性强,无论是图片还是视频,都可以进行实时人脸识别。



图 7 基于网络图像流的人脸识别系统系统主界面

4 结束语

系统的设计在内部局域网环境下测试成功,实现了视频流和图像流的实时转换,并且能在复杂环境下良好的检测和识别人脸。同时,提供各模块的算法接口,方便后续研发中进行多算法融合。

参考文献:

- [1] 张晓霞. 基于 VLC 的校园信息发布系统[J]. 通信技术, 2011, 07: 86 – 88.
- [2] Viola P, Jones M. Robust real-time face detection [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 57(2): 137 – 154.
- [3] Y Gong, M Sakauchi. Detection of regions matching specified chromatic features, 1995(02).
- [4] 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].
- [5] 黄兴, 王小涛, 陆丽华. 一种快速高效的人脸检测方法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 03: 198 – 201 + 242.
- [6] M Turk, A Pentland. Eigenfaces for Recognition [J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 1991, 3(1).
- [7] T Sim, R Sukthankar, M Mullin, et al. Memory-Based Face Recognition for Visitor Identification [J]. In Proceedings of IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2000.
- [8] 万峰, 杜明辉. Eigenface 算法与 EBGm 算法的适应性比较[J]. 计算机工程与应用, 2005, 26: 69 – 71, 107.