

基于软构件的人脸识别系统的开发与集成

赵 佳, 冷 璐, 钟福金

(西南交通大学 信号与信息处理四川省重点实验室, 四川 成都 610031)

摘 要: 本文系统分析了经典的和最新的局部二值模式人脸识别算法, 结合基于特征的构件模型, 设计了人脸识别软构件, 并将构件应用到了人脸识别系统开发中. 这些构件具有通用的接口和标准, 能被不同的组织和个人用于二次开发, 实现了软件的复用, 减少了系统开发需要的成本. 此外, 本文还论述了将这些构件集成于人脸识别系统的方法, 对比了集成于系统内的各种算法的识别性能.

关键词: 人脸识别; 局部特征; 软件复用; 构件模型; 系统集成

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)05-0043-04

Development and Integration of Face Recognition System Based on Software Component

ZHAO Jia, LENG Lu, ZHONG Fu-jin

(Key Laboratory of Signal and Information Processing of Sichuan Province,
Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: This paper analyzed the classic and the latest face recognition algorithms based on local binary pattern. According to the characteristics of various algorithms and combing with feature-based component model, we designed software components for face recognition and applied these components to the development of face recognition system. These software components with a uniform interface and standard can be used by different organizations or individuals for secondary development, implementation of software reuse. Furthermore, the developed software components reduce the costs of secondary development and improve work efficiency. Besides, the paper also presented the method of assembling these components into an integrated system for face recognition. Finally, the recognition performance of various algorithms in the integrated system was compared.

Key words: face recognition; local binary pattern; software reuse; component model; system integration

1 引言

人脸识别系统要求采集成本低、实用性强、采集信息无需接触、没有侵犯性、不需要使用者的配合、操作简单、认可度高、人机交互性强等特点.

局部二值模式人脸识别算法只利用局部目标区域的信息构造特征量, 受图像变换影响较少, 可在图像发生尺度、旋转、光照、视角以及模糊等变换中保证特征描述的不变性, 因此, 受到了相关研究人员的

广泛关注^[1]. 但现阶段开发的人脸识别系统普遍存在重复劳动, 开发代价大、开发周期长、互操作性差、扩展困难、难于维护、不能支持快速原型设计等. 基于构件的软件开发 CSD(component-based software development)能很好地解决上述问题.

本文将经典的和最新的局部二值模式人脸识别算法以构件的形式实现, 可以被不同的组织或个人使用, 减少了重复劳动, 系统的维护方便, 有利于人脸识别算法理论的完善, 有利于人脸识别算法实用

收稿日期: 2012-07-10; **修回日期:** 2012-08-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(60971104); 四川省青年科技基金后续资助项目(09ZQ026-091); 高等学校博士学科点专项科研基金(20090184110008); 中国博士后科学基金(20110491736)

化的发展,也有利于人脸识别系统的升级和拓展.

2 系统集成框架

局部二值模式人脸识别系统的集成分为训练和测试两个阶段,如图 1 所示. 训练阶段需要从人脸库中读取人脸图像,然后进行图像的预处理,接着用不同的算法提取人脸特征,把特征值保存到训练样本直方图矩阵中. 测试阶段需要从人脸库获取测试人脸图像,为了保证条件的相同,需要进行与训练阶段一样的操作,把得到的人脸特征值保存到测试样本直方图矩阵中. 最后将测试样本直方图中的人脸特征数据与训练样本直方图中的特征数据进行匹配运算,判断测试样本的类别,当所有的测试样本判断结束后,统计系统识别率.

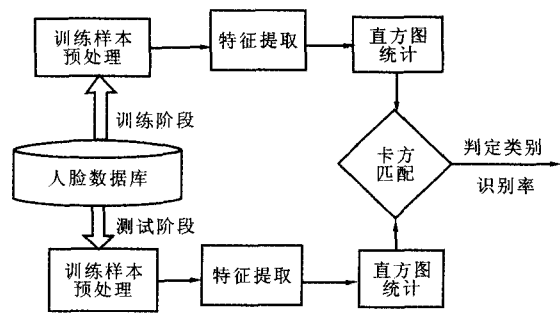


图 1 人脸识别系统框架

人脸识别系统中,关键的一步是特征提取. 本文采用的人脸特征提取算法是局部二值模式(LBP)算法^[2]、LBP 统一模式算法^[3]、以及由 LBP 算法派生出来的局部方向模式(LDP)算法^[4]、中心对称的 CS-LBP 算法^[5]、改进的中心对称局部二值化(ICS-LBP)算法^[6]、改进的 LBP(ILBP)算法^[7]、自适应的

LBP (ALBP) 算法^[8], MCS-LBP 算法^[9].

在本文中,通过对各种局部二值模式人脸识别算法进行分析后,搭建了系统框架,设计了基于各种算法的软构件,并且利用软构件集成了人脸识别系统. 在图像受到光照、噪声、遮挡等外界环境的影响下,不同算法的处理速度、复杂度、识别精度、稳定性、适应性存在着差异. 本文主要对比了集成于系统内的识别算法的特征值存储量、识别率和稳定性.

3 软构件设计

构件是应用系统中可以明确辨识的软件组成部分,它可以是被封装的对象、类、一些功能模块、软件框架(或体系结构)、文档、分析件、领域分析、设计模式等. 可复用构件是功能独立并且可以复用的构件. 它分为构件类和构件实例,通过导入构件类的参数控制生成实例,通过实例的组装和控制来构造相应的应用系统.

构件的分类方法有很多种,按照构件的用途和结构,针对各种局部二值模式人脸识别算法将构件分为表 1 所示的四层.

- (1)基础构件:实现系统界面的控件类构件.
- (2)原子构件:最小粒度构件,实现单一的功能,通常是将特征空间中的某一特征直接映射为一个构件.
- (3)组织构件:复用原子构件集成,一个或几个组织构件能完成一个特定的任务.
- (4)框架构件:系统最高层次的构件,由组织构件复用构成,协调组织构件构成应用系统.

表 1 不同层次对应构件表

构件层	构件子层	构件
基础构件	系统界面的组成	MFC 中的各类控件
原子构件	图像读取后以像素数据的形式存储	人脸库图像读取, 构件
	预处理读入的图像	预处理算法构件
	图像的任意分块	图像的任意分块构件
组织构件	匹配得出识别结果	匹配算法构件
	图像任意读取与预处理	由图像读取与预处理构件、样本的任意选取构件集成
框架构件	图像分块	由图像读取与预处理构件、图像的任意分块构件集成
	人脸识别系统的实现	图像读取、预处理构件、任意选择图像构件、特征提取构件、匹配算法构件集成

各个构件之间存在着不同的映射关系,原子构件之间都是一一映射关系,而框架构件之间存在一对多的映射关系.

3.1 基础构件

基础构件包含了人脸识别系统界面所需要的所

有控件构件,是局部二值模式人脸识别算法实用化过程中必须要调用的构件. 基础构件包括窗口、按钮、列表、静态编辑框、组合框、复选框等基本构件.

3.2 原子构件

原子构件主要实现比较单一的功能,它主要实

现图像读取、预处理、图像的任意分块、特征值匹配等功能。

图像读取构件、预处理构件、图像的任意分块构件、特征值匹配构件是各种人脸识别算法实现都必须要用到的构件。图像读取构件的输入是:训练/测试图像的存储地址;对应的输出是:训练/测试图像像素数据的存储地址。预处理构件的输入是:训练/测试图像像素数据的存储地址;对应的输出是:预处理后图像数据的存储地址。图像的任意分块构件的输入是:预处理后图像数据的存储地址,分块的行,分块的列;对应的输出是:任意分块后图像数据的存储地址。匹配算法构件的输入是:训练样本/测试样本特征值的存储地址;对应的输出是:识别率的值。这些构件可以被研究其他人脸识别方法的个人或者机构调用,避免了代码的重复实现,提高了该领域的发展速度和效率,有利于人脸识别算法的扩展和延伸,有利于人脸识别系统走向实用化。

3.3 组织构件

原子构件就像分散的零件一样,组织构件是原子构件基础上集成的有一定功能的构件,结合局部二值模式人脸识别算法的特点,组织构件包括读取任意张图像并预处理的构件,读取任意张图像并任意分块的构件等。

3.4 框架构件

框架构件由组织构件或者原子构件组合而成,是系统的最高层次框架,它在组织构件的功能上实现了系统的应用,具有最高的复用价值,实现了系统的功能。

局部二值模式识别算法构件是框架构件的核心,包括 LBP 构件、LBP 统一模式构件以及以噪声和光照鲁棒性为目的设计的 LDP 构件、CS-LBP 构件、ICS-LBP 构件、ILBP 构件、N-LBP 构件、LTP 构件、ALBP 构件、MCS-LBP 构件。训练阶段各种算法构件的输入是:训练样本数据的存放地址、总的样本类别数、训练样本的个数、特征值维数、图像分块数;对应的输出是:特征值的存放地址。测试阶段各种算法构件的输入是:测试样本是存放地址、总的样本类别数、测试样本个数、特征值维数、图像分块数;对应的输出是:特征值数据存放地址。

局部二值模式人脸识别算法构件的调用框图如图 2 所示。其中除了人脸特征提取构件,其余的都是可以被复用成子空间等其他人脸识别算法的构件,节约了开发时间,提高了开发效率。

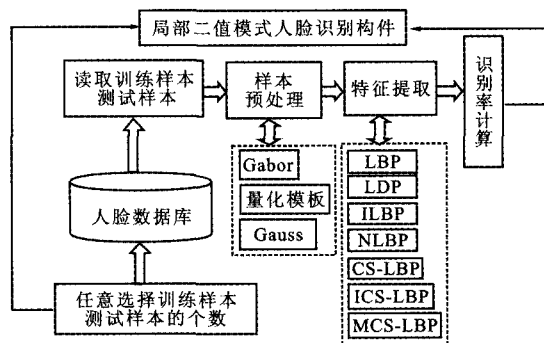


图2 人脸识别算法构件

4 软构件集成系统

4.1 构件集成系统的优势

基于构件的软件系统设计会用到已有的构件,因此其设计过程与传统的软件设计有所不同。整个构件的开发过程应该首先对构件使用者进行需求分析,根据分析的结果选择合适的构件,然后解决构件之间的不兼容的问题,接着部署构件,将构件集成系统,构建系统以后还要根据构件的发展情况对构件进行更新,完成系统的升级。在系统中,因为使用的是自行设计的构件,构件之间有良好的兼容,构件质量有保障,因此在使用构件进行系统设计的时候最重要的是系构件的部署,以及构件之间的通信。

4.2 构件集成的方案

图 3 给出了构件与系统之间的关系。其中,构件库里面存有人脸识别算法的可复用构件,在对需求进行分析后,设计出应用算法的构件,然后按照系统框架集成,完成应用系统开发。

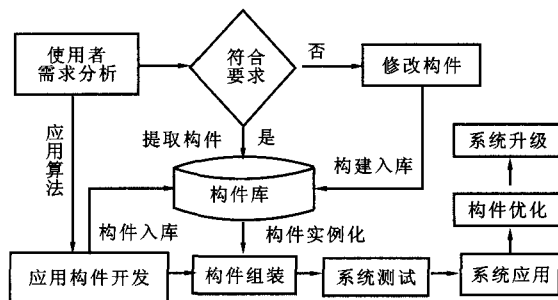


图3 构件集成结构框图

以 LBP 算法的实现为例,根据对使用者的分析,从构件库中提取出样本的任意选取构件、图像读取及预处理构件、图像任意分割构件、匹配算法构件,设计出 LBP 应用算法构件,然后按照系统集成框架集成,系统测试结束后便开发出了 LBP 算法的人脸识别系统。

当系统中只需要实现一种算法时,可以选择小

粒度的原子构件或基本构件,当一个系统中需要集成多种人脸识别算法时,就需要选择大粒度的框架构件,以提高复用效率和降低复用成本.

5 实验结果

实验中,人脸图像库是人脸识别领域应用广泛的 ORL 数据库和 Yale 数据库. ORL 数据库含有 40 个人的人脸图像,每个人有 10 张样本. Yale 数据库包含 15 个人的人脸图像,每个人有 11 张样本.

在 ORL 库中,训练样本个数为 5,样本均分为 4×4 个子块. 10 次实验后结果取均值,实验结果如表 2 所示. 在 Yale 库中,训练样本个数为 5,样本图像均分为 10×10 个子块. 10 次实验后结果取均值,实验结果如表 3 所示. 实验结果表明随着算法的改进,特征值的存储量明显变小,并且随着图像变化模式的增加,改进算法之间识别率的差异越大,稳定性差异也越来越明显.

表 2 识别性能(ORL)

人脸识别算法	直方图 特征维数	识别率
LBP	256	$95.3\% \pm 0.019$
LBP 统一模式	59	$84.9\% \pm 0.0587$
LDP	56	$99.0\% \pm 0.0064$
CS-LBP	16	$99.5\% \pm 0.0093$
ICS-LBP	16	$90.2\% \pm 0.0562$
ILBP	512	$94.2\% \pm 0.0267$
NLBP	256	$99.2\% \pm 0.0160$
MCS-LBP	32	$96.4\% \pm 0.0227$

表 3 识别性能(Yale)

人脸识别算法	直方图 特征维数	识别率
LBP	256	$96.7\% \pm 0.0059$
LBP 统一模式	59	$91.3\% \pm 0.0163$
LDP	56	$93.4\% \pm 0.0093$
CS-LBP	16	$97.3\% \pm 0.0072$
ICS-LBP	16	$94.9\% \pm 0.0118$
ILBP	512	$95.3\% \pm 0.0082$
NLBP	256	$96.9\% \pm 0.0074$
MCS-LBP	32	$96.2\% \pm 0.0091$

6 结束语

本文针对人脸识别系统的开发各自孤立、开发成本高、开发周期长、软件移植性差、软件维护难、软件升级慢等问题,分析了经典的和最新的局部二值模式人脸识别算法,结合基于特征的构件模型,设计

了局部二值模式人脸识别系统的软构件. 这些构件极大方便了人脸识别软件开发人员开发新的人脸识别系统,提高了开发效率.

参考文献:

- [1] 刘伟锋,李树娟,王延江. 人脸表情的 LBP 特征分析[J]. 计算机工程与应用,2011,47(2):149—152.
- [2] Ojala T, Pietikainen M, Maenpaa T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(7):971—987.
- [3] Hadid A. The local binary pattern approach and its applications to face analysis[C] // First Workshops on Image Processing Theory, Tools and Applications. Sousse, 2008:1—3.
- [4] Jabid T, Kabir M H, Chae O. Local directional pattern—A robust image descriptor for object recognition [C] // Seventh IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS). Boston, 2010: 482—487.
- [5] Heikkilä M, Pietikäinen M C Schmid. Description of interest regions with local binary patterns[J]. Pattern Recognition, 2009, 42(3): 425—436.
- [6] Wu Xiaosheng, Sun Junding. An effective texture spectrum descriptor[C] // Fifth International Conference on Information Assurance and Security. China: Xian, 2009: 361—364.
- [7] Jin Hongliang, Liu Qingshan, Lu Hanqing, et al. Face detection using improved LBP under bayesian framework [C] // Third International Conference on Image and Graphics. China: Guangzhou, 2004:306—309.
- [8] Guo Zhenhua, Zhang Lei, David Zhang, et al. Rotation invariant texture classification using adaptive LBP with directional statistical features[C] // Proceedings of IEEE 17th International Conference on Image Processing. HongKong, 2010:285—288.
- [9] 陈雨丝. 基于背景差分的光照鲁棒性运动目标检测与跟踪技术研究[D]. 成都:西南交通大学信息与技术科学学院,2011:23—25.

作者简介:

赵 佳 女,(1986—),硕士研究生. 研究方向为生物特征识别与身份认证.

冷 璐 (1982—),博士研究生. 研究方向为生物特征识别与身份认证.

钟福金 (1980—),博士研究生. 研究方向为生物特征识别与身份认证.