

基于 Camshift 的人脸跟踪算法

余九华, 王敬东, 李 鹏

(南京航空航天大学 自动化学院, 江苏 南京 210016)

摘 要: Camshift 跟踪算法具有很好的实时性, 但是也存在不能实现自动跟踪, 跟踪过程中鲁棒性不强, 遇到遮挡问题跟踪失效, 只能进行单人跟踪等问题。针对这些问题, 提出了基于改进 Camshift 的人脸跟踪算法, 该算法结合了 Adaboost 人脸检测算法并改进了原算法中的颜色直方图模型。以实际人脸检测与跟踪实验为例, 证明了该算法在人脸自动检测跟踪过程中具有速度快、准确度高, 同时可以跟踪多个人脸, 能有效克服跟踪过程中遮挡问题等。

关键词: Camshift; Adaboost 算法; 人脸检测; 人脸跟踪

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)09-0012-04

Face Tracking Algorithm Based on Camshift

SHE Jiu-hua, WANG Jing-dong, LI Peng

(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Camshift tracking algorithm has the advantage of better real-time, but the algorithm can't realize automatic tracking, bad robustness in tracking procedure, tracking failure when occlusion occurrence, only can realize single face tracking, etc. Aiming at these problems, presents the method of face tracking based on Camshift algorithm. The algorithm is improved by integrating with Adaboost face detection and color histogram model. By actual face detection and face tracking as example are taken, this algorithm has advantages of quick speed and good accuracy, meanwhile realize multi-human face tracking and overcome occlusion problem in the process of tracking.

Key words: Camshift; Adaboost algorithm; face detection; face tracking

0 引言

随着电子商务与人们安全意识的增强, 特别是美国 9.11 事件以来, 人们对确认个人身份有了很高的要求。利用生物特征来识别个人身份的技术被赋予了很高的期望。而人脸识别技术因人脸获取比指纹虹膜等生物特征的获取更容易被人们接受, 成为了最有潜力的生物身份验证手段, 人脸检测与人脸跟踪技术作为人脸自动识别系统的先决条件, 有着十分重要的作用和研究的意义。同时人脸检测与人脸跟踪也不仅仅局限于人脸识别的范畴, 在图片视频检索、视频监控、人脸表情分析等方面都有着广泛的应用前景。人脸检测与跟踪的研究已成为计算机视觉与模式识别领域的研究热点之一。

现在关于人脸跟踪算法有四种思路: 利用运动信息跟踪^[1]、利用彩色信息跟踪^[2]、利用参数模型或模板对整个人脸进行相似跟踪^[3]和利用人脸的局部特征进

行跟踪^[4]。刘明宝等人利用彩色信息成功地实现了人脸跟踪, 算法不受人脸姿势限制, 但是这种算法有时不能把人脸和手等肤色相近的目标分开。G. D. Hager 等人对人脸建立了低价参数模型, 对光照进行补偿, 并可容忍部分遮挡。P. M. Antoszczyszyn 等人对人的眼睛和嘴等器官建立模型, 准确地跟踪了这些器官。C. Kervran 等人则利用器官的多级 Markov 模型, 获得了准确的跟踪结果。但是这些算法的跟踪速度, 特别是在获得较精确位置的要求下, 都还有待提高, 所以很难应用到实时的视频图像跟踪。

Camshift^[5]跟踪算法能够实现实时跟踪, 可以对具有特定颜色的目标进行跟踪。在背景简单的情况下能够取得很好的跟踪效果。但当解决复杂动态变化背景下人脸跟踪问题(如视频监控)时, 由于噪声干扰、大面积类似肤色干扰及可能出现的遮挡等问题, 单靠 Camshift 算法是不能胜任的, 其次 Camshift 是一种半自动的跟踪算法, 搜索窗口需要手动选取, 且同一时刻只能跟踪一个人脸, 这样使得其实用性受到了限制。针对这些问题, 结合一种快速的人脸检测算法 Adaboost^[6]算法对其进行了改进。利用 Adaboost 人脸检

收稿日期: 2007-12-29

作者简介: 余九华(1982-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向为数字图像处理; 王敬东, 副教授, 研究方向为数字图像处理、计算机测控。

测算法定位人脸的位置和范围,从人脸检测阶段转换到人脸跟踪阶段,在人脸跟踪过程中遇到遮挡比较严重的情况下重新转换到人脸检测阶段,通过这两个阶段的相互切换使得该算法对人脸的自动跟踪和遮挡问题得到了较好的解决,同时通过启动多个 Camshift 跟踪器解决了多人脸跟踪问题。

1 Camshift 算法

1.1 颜色概率分布

Camshift 算法首先需要建立被跟踪目标的颜色概率模型,文中通过颜色直方图反向投影生成肤色概率分布图像。首先选择初始搜索窗口的大小和位置,统计出该区域中肤色图像 H 分量的直方图,然后把该颜色直方图作为概率查找表,将输入的视频图像转化为肤色概率分布图,形成过程如图 1 所示。

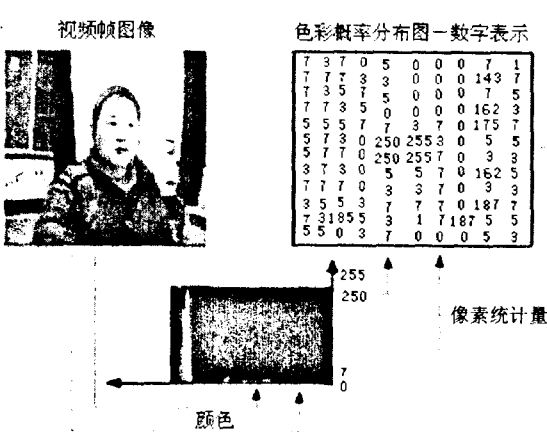


图1 颜色概率分布图形成过程

1.2 Camshift 算法

建立被跟踪目标的颜色概率模型后,可将视频图像转化为颜色概率分布图,然后在第一帧图像初始化一个矩形搜索窗,对以后的每一帧图像,Camshift 能够自动调节搜索窗的大小和位置,定位被跟踪目标的中心和大小,并且用当前帧定位的结果来预测下一帧图像中目标的中心和大小。

Camshift 算法是一种动态变化分布的密度函数梯度估计的非参数方法。对离散概率分布,其算法流程如下:

(1) 在颜色概率分布图中选取大小为 S 的搜索窗。

$$(2) \text{ 计算零阶矩 } M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (1)$$

$$\text{计算 } x \text{ 和 } y \text{ 的一阶矩 } M_{01} = \sum_x \sum_y xI(x, y) \quad (2)$$

$$M_{10} = \sum_x \sum_y yI(x, y) \quad (3)$$

式中, $I(x, y)$ 是坐标为 (x, y) 的像素值, x 和 y 的变化范围为搜索窗的范围。

(3) 计算搜索窗的质心为 (x_c, y_c) :

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad (4)$$

$$y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (5)$$

(4) 重新设置搜索窗的大小 S 为上面搜索窗区域内颜色概率分布的函数。

(5) 重复(2),(3),(4)直到收敛(质心变化小于给定的阈值)。

在计算步骤(2)和步骤(3)的同时,通过计算二阶矩,可得到被跟踪目标的长轴、短轴和方向角。

$$\text{二阶矩: } M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I(x, y), M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I(x, y), M_{11} = \sum_x \sum_y xy I(x, y) \quad (6)$$

$$\text{令 } a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2, b = 2(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c),$$

$$c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2 \quad (7)$$

目标长轴的方向角为:

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{b}{a - c} \right) \quad (8)$$

图像中目标的长轴和短轴的长度计

算公式:

$$l = \sqrt{\frac{(a + c) + \sqrt{b^2 + (a - c)^2}}{2}}$$

$$w = \sqrt{\frac{(a + c) - \sqrt{b^2 + (a - c)^2}}{2}} \quad (9)$$

当用 Camshift 算法对特定颜色的目标进行跟踪时,不必计算每帧图像所有像素点的颜色概率分布,只需计算比当前搜索窗大一些的区域内的像素点的颜色概率分布,这样可大大减少计算量。视频序列一帧一帧变化时,就形成了连续的跟踪。

2 改进的 Camshift 算法

实验表明,利用 Camshift 进行人脸跟踪时会出现如下问题:

(1) 通过颜色直方图建立反向背景投影图时背景区域和目标区域方差太小,导致跟踪不够稳定。

(2) 算法为半自动的跟踪算法,人脸的位置和大小需要手动选取。

(3) 在跟踪窗口中出现遮挡时,跟踪容易失败。

(4) 人脸跟踪时,每次只能跟踪一个人脸。

针对跟踪不够稳定的问题,通过加权直方图得以解决。Camshift 算法中是通过目标 H 通道上的值进行采样,从而得到目标的色调(Hue)直方图,将该直方图保存下来作为目标的颜色直方图模型。在跟踪的

过程中,对视频图像处理中的每一个像素,通过查询目标的颜色直方图模型,可以得到该像素作为目标像素的概率,图像处理区域之外的其他区域作为概率为 0 的区域,概率为 1 的像素设置为 255,概率为 0 的像素值设为 0,其他的像素转换为相应的灰度值。在对人脸跟踪时,由于采用的矩形框不仅包含了目标还包括了部分背景区域,因此通过该直方图转化为颜色概率分布图时不能很好地定位目标,原算法及改进的算法人脸定位如图 2 所示。

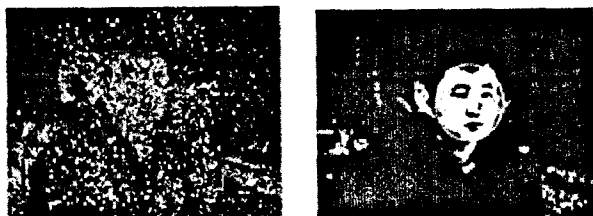


图 2 原算法与改进的算法得到的概率分布图

目标区域与背景区域方差越大,跟踪愈稳定。相应目标点的权值最高,使目标最大限度地成为密度极值区,文中通过加强人脸区域的权值,以提高跟踪的鲁棒性。由于人脸区域像素的 H 值范围比较固定,所以可以采用设置阈值,在采样得到的 H 值所占总 H 值中最大的视为人脸的 H 值,其它的视为背景的 H 值,而且 H 值为人脸 H 值设置其投影到视频帧中的值为 255,即最大亮度,其余值设为 0,即把反向背景投影图转换为二值图,增强了算法的抗干扰能力,从而提高了跟踪的鲁棒性。

针对 Camshift 算法为一种半自动的跟踪算法,即初始搜索窗口需手动选取的问题,采用了一种实时的人脸检测算法——Adaboost 算法,对人脸跟踪进行初始化操作。Adaboost 算法是 Paul Viola 和 Michad Jones 于 2001 年提出来的。利用该算法可以将弱学习算法提升为强学习算法。基本思想是对训练失败的训练样本赋以较大的权值,让学习算法在后续的学习中集中对比较难的训练样本进行学习。具体训练过程和检测过程参见文献[6],文献中采用的层次型人脸检测器结构,层次型监测器分为多层,每一层都是 AdaBoost 算法训练得到的一个强分类器,经过阈值调整,使得每一层都能让几乎全部人脸样本通过,而拒绝了大多数的非人脸样本,靠近后面的各层,虽然采用大量的特征来排除近似人脸的非人脸候选图像的干扰,但是需要处理的窗口数目很少,对于整体运算时间的耗费很小,在保证检测效果的同时,提高人脸的检测速度。

在文献[6]条件下检测速度能够达到 15 帧每秒,另外由于人脸的黄金比例是 1:1.618,在检测的过程中对人脸的宽和高的比作一个限制,文中设定的范围

是 1:1.2~1:1.8,另外通过对最小最大人脸的限制,也对搜索的范围进行了约束。从而优化了人脸的检测性能,提高人脸检测的准确率。文中利用差分法及肤色阈值的限制使检测速度达到 22 帧每秒。基本上能够达到实时检测出人脸的要求,从而实现了人脸位置的自动定位,使 Camshift 跟踪算法从一个半自动的跟踪算法转换为全自动的跟踪算法。

针对 Camshift 在跟踪过程中遇到遮挡或者跟人脸颜色相近的肤色干扰时往往会导致跟踪失败的问题,文中利用元素个数约束机制,在搜索到人脸后记录搜

索窗口内像素的个数,根据公式 $S = 2 * \sqrt{\frac{M_{00}}{256}}$, (S 表示包括人脸的窗口大小, M_{00} 表示图像的零阶矩)得到搜索窗的初始窗口的大小,作为搜索窗口的初始位置和大小,系统进入跟踪阶段。在跟踪过程中,通过计算得到的窗口的大小与初始化时保留的初始窗口的大小相比较,当得到的大小超过初始窗口大小的 1.5 倍或是低于初始窗口的 0.6 倍时,说明在跟踪过程中遇到了近色干扰或者遮挡情况,这时重新启动人脸检测功能,当人脸重新出现时,检测出人脸的位置,重新进入 Camshift 跟踪阶段,从而避免了 Camshift 跟踪算法在遇到遮挡或者干扰情况时跟踪失效的情况。

针对原算法不能同时跟踪多个人脸的问题,文中采用的是设置多个 Camshift 跟踪器。在人脸检测阶段会存在检测到多个人脸的情况,则跟踪的时候要为每个人脸区域分配一个跟踪器,每个跟踪器负责自己的跟踪对象。当跟踪的人脸消失时,该跟踪器便不再起作用。当所有的人脸都消失后,系统自动转入人脸检测阶段,重新开始对每一帧输入图像检测是否有人脸,当检测到人脸时重新转换到跟踪状态,人脸增加时,相应地增加 Camshift 跟踪器,从而实现了多人脸的跟踪。

除以上提到的四个问题外,Camshift 中对饱和度和亮度没有充分利用,文中用反复实验的方法如图 3 所示,图 3(a)(b)(c)(d) 对应的饱和度和亮度分别为 (30,255) 与 (10,255)、(30,255) 与 (90,201)、(60,255) 与 (10,255)、(71,255) 与 (88,243) 范围发现在不同的环境下,通过适当调节 S 饱和度和亮度 V 达到最佳值,能够在跟踪过程中去除噪声干扰,提高跟踪过程的精确度。

3 实验结果及分析

实验中,根据实验环境设置饱和度范围为 (71, 255),亮度范围为 (88,243)。图 4 为原算法的跟踪结果,由图 4(a)和 4(b)可知原算法在跟踪过程中遇到遮挡时会导致跟踪失效,图 4(c)和图 4(d)说明当出现与



图 3 饱和度和亮度对跟踪目标的影响

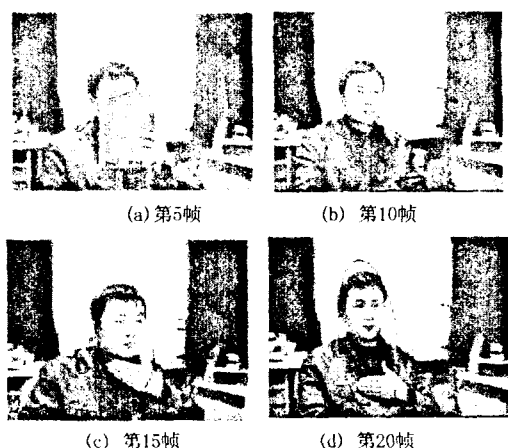


图 4 原算法在遮挡和干扰情况下的跟踪结果

人脸肤色相近干扰时(如人手跟踪)鲁棒性降低。图 5 采用的是改进的肤色模型及引进了 Adaboost 人脸检测算法,由图 5(a)(b)可以看出改进后的算法首先检测出人脸的位置并对其进行定位,然后转到 Camshift 跟踪阶段,从而实现了改进算法的自动跟踪。从图 5(c)可以看出在遮挡不太严重的时候仍能进行跟踪,当遮挡严重时如图 5(d)跟踪失效,这时启动人脸检测机制,当遮挡结束重新检测出人脸如图 5(e)并进行跟踪图 5(f)。图 5(g)则显示了改进的算法在有肤色近似干扰时,仍保持了较好的鲁棒性。图 6 从 a~e 连续 5 帧表明改进后的 Camshift 算法能实现多人脸跟踪。通过图 5 和图 6 可以看出,改进的算法在原有 Camshift 的基础上,实现了自动目标跟踪和多人脸的跟踪,遇到遮挡干扰时也能够对人脸进行可靠的跟踪。



图 5 改进算法的情况下干扰和跟踪结果

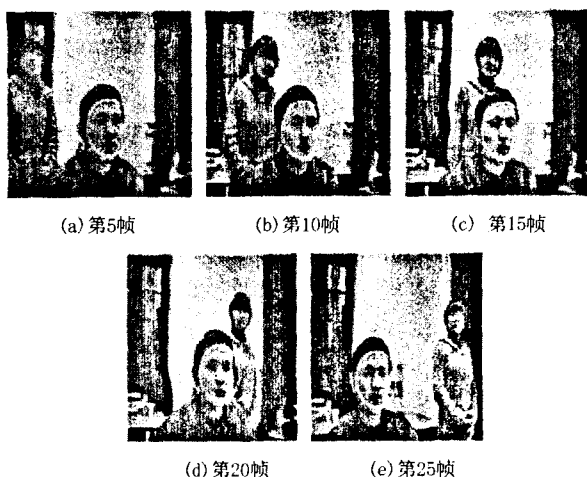


图 6 改进算法的情况下多人脸跟踪结果

文中实验中视频读入时采用 VFW (Video For Windows) 时,由于其采用的是消息机制,速度较慢,测试发现读入速度只有 25 帧/s 左右,而通过使用 Directshow^[7,8] 技术后视频的读入速度提升到 40 帧/s。从而视频读入速度的提高对视频分析速度的实现起了支撑作用。

4 结束语

文中提出的一种改进的 Camshift 人脸跟踪算法,通过改进原算法的颜色直方图并引入 Adaboost 人脸检测算法,实现了 Camshift 算法的自动跟踪,有效地克服了在遮挡情况下跟踪失败的情况,保证了复杂背景情况下的可靠跟踪,提高了跟踪的可靠性,通过启动多个 Camshift 跟踪器实现了多人脸跟踪的情况。同时引进了 Directshow 技术进行视频的读入,使得本系统有一个较佳的性能。实验表明改进的 Camshift 算法具有较高的鲁棒性,满足实时性的要求,在银行检测、安检等场合具有较好的应用前景。

参考文献:

[1] 周 杰,卢春雨,张长水,等.人脸自动识别方法综述[J].

(下转第 18 页)

```

int fs_id;
char fs_name[20];
float fs_grades;
public:
    f_student(int, char[], float); //学生成绩输入的成员函数
    void s_show(); //成绩显示成员函数
    friend class f_teacher; //声明类 f_teacher 是类 f_student 友元类
    ~f_student() {cout << "this student class over!" << endl;} //析构函数
};

```

3) 类的成员函数文件(functionp.cpp):

```

#include<iostream.h> //预处理命令
#include<iomanip.h>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>
#include<time.h>
#include<string>
using namespace std;
#include "e:\project1\hfunction.h" //类的头文件
f_teacher::f_teacher(int ftid, char ftname[]) //f_teacher 的构造函数
{
    ft_id = ftid;
    strcpy(ft_name, ftname);
}
void f_teacher::t_show()
{ cout << "教师工作证号码:" << ft_id << "教师姓名:" << ft_name << endl; }
void f_teacher::assign_grades(f_student &ts) //f_student 的友元函数
{ float n;
    cout << "显示该学生的原成绩:" << ts.fs_grades << endl;
    cout << "输入修改的成绩:";
    cin >> n;
    ts.fs_grades = n; //教师修改学生成绩
}

```

```

f_student::f_student(int fsid, char fsna[], float fsgr) //f_student
的输入成员函数
{
    fs_id = fsid;
    strcpy(fs_name, fsna);
    fs_grades = fsgr;
}
void f_student::s_show() //f_student 的显示成员函数
{
    cout << "学生学号:" << fs_id << endl;
    cout << "学生姓名:" << fs_name << endl;
    cout << "学生成绩:" << fs_grades << endl;
}

```

4 结束语

通过上述分析和程序实例,可以清晰地看到教师类(f_teacher)作为学生类(f_student)的友元类可以对学生的成绩随时加以修改,然而学生只能浏览个人成绩,于是实现了我们的预期要求即利用友元实现数据库的授权管理模式。

参考文献:

- [1] Stevens A. Wiley's Teach C++ [M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [2] Pohl I. Object - Oriented Programming Using C++ [M]. 2nd Edition. [s.l.]:Addison - Wesley Pub Co,2004.
- [3] Stroustrup B. The C++ Programming Language [M]. 3rd Edition. [s.l.]:Addison - Wesley Pub Co,1997.
- [4] Rabin M O. Efficient dispersal of information for security, load balancing, and fault tolerance[J]. Journal of the ACM, 1989, 36(2):335 - 348.
- [5] Dongarra J. The Top 10 Algorithms[J]. IEEE Computing in Science & Engineering, 2000, 2(1):22 - 23.
- [6] 张志勇. 委托授权在 PMI 体系架构中的研究与应用[J]. 计算机工程, 2006, 32(5):152 - 154.
- [7] 聂青. 现代程序设计 C++ 数据结构面向对象的方法与实现[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002.

(上接第 15 页)

电子学报, 2000, 28(4):102 - 106.

- [2] 刘明宝, 姚鸿勋, 高文. 彩色图像的实时人脸跟踪方法[J]. 计算机学报, 1998, 21:527 - 531.
- [3] Hager G D, Belhumeur P N. Efficient region tracking with parametric models of geometry and Illumination[J]. IEEE Trans. PAMI, 1998, 20:1025 - 1039.
- [4] Antoszczyszyn P M, Hannah J M, Grant P M. Tracking of the motion of important facial features in model - based coding[J]. Signal Processing, 1998, 66:249 - 260.
- [5] Bradski G R. Computer vision face tracking as a component of

a perceptual user interface[C]//Proceedings of IEEE Workshop Applications of Computer Vision. Princeton, NJ: IEEE, 1998:214 - 219.

- [6] Viola P, Jones M J. Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features[J]. Computer Vision and Pattern Recognition, 2001, 1:8 - 14.
- [7] 陆其明. DirectShow 开发指南[M]. 北京:清华大学出版社, 2003.
- [8] 刘伟玮. Visual C++ 视频/音频开发实用工程案例精选[M]. 北京:人民邮电出版社, 2004:311 - 312.