

基于肤色和边缘轮廓检测的手势识别

路 凯 李小坚 周金祥

(北方工业大学机电工程学院, 100041, 北京)

摘 要 本文采用视频图像处理技术进行人手识别, 利用肤色分割和 Freeman 链实现边缘轮廓的提取. 本算法可快速、高效地识别几种基本手势. 利用序列图像特征性进行机器人导航.

关键词 肤色分割; Freeman 边缘检测; 手势识别

分类号 TP242.6

肤色信息在人手图像处理中含有重要信息, 利用肤色信息可达到图像分割的目的, 此外, 使用 Freeman 链码可实现边缘轮廓的提取.

该算法主要包括肤色分割和边缘跟踪两部分, 其中肤色分割是根据肤色在不同彩色空间的分布聚集到一个小范围的性质来实现的.

1 肤色分割

基于肤色彩色信息的检测, 主要是根据肤色在空间分布的特点, 快速找到手可能的候选区域, 缩小后续细检测的范围. 其检测过程为:

(1) 彩色空间的转换.

在计算机视觉中, 彩色空间主要有 RGB, HSV, HSI, YIQ, YUV 等. 根据 Enamin D. Zarit 等人^[1]对肤色在这些彩色空间的分布, 以及在检测中性能的分析, 本文选择在 HSV 彩色空间中进行肤色检测. 其转换公式:^[2]

$$H = \begin{cases} H_1 / 360 & \text{if } B \leq G \\ (360 - H_1) / 360 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

其中,

$$H_1 = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\}$$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$

$$V = \frac{\max(R, G, B)}{225}$$

(2) 肤色分割模型.

通常物体的色度和饱和度由构成物体的材料所具有的光线吸收和反射特性决定, 而亮度明显地受光照和视觉的影响. 因此, 根据色度和饱和度分割图像较为可靠. 在 HSV 空间中, H 和 S 分量分别描述着物体的色度和饱和度, 通过对大量肤色和非肤色在 H 和 S 空间分布的分析, 建立的肤色分割公式如下:

$$F = \begin{cases} 0 & \text{if } H_d < H < H_u \text{ and } S > S_u \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

其中, F 为分割后得到的图像通过训练样本获得的与肤色在 H 和 S 分布有关的参数, 利用 (2) 式对彩色图像进行分割, 得到二值图像.

(3) 人手候选区域的确定.

由于自然界中存在着类似肤色的信息, 利用上述方法分割得到的候选区域较多. 为进一步缩小后续搜索范围, 需抛弃一些非常小的肤色候选区域和非常狭长的候选区域, 而得到手的候选区域.

得到手区域的候选区后进行边缘识别, 即利用 Freeman 链实现边缘跟踪.

2 边缘跟踪

Freeman 提出如图 1 所示的不同斜率方向的 8 个小直线段作为基元,通过这 8 个方向的编码描述线条图,即为 Freeman 链码.图中方格中心即为光栅点或像素中心.

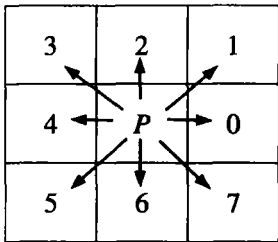


图1 Freeman 链码

本文将直线链码识别的思想应用到人手的识别中. Freeman 的约束条件,即在绘制或遍历一条直线的时候,只需要进行两个方向的移动,其中一个方向一定是单独出现的.这样,在理想状况下识别直线的过程中,当在一个单独出现的方向上识别到某一个像素后,下一个像素点的方向实际就是已知的(即为另一个链码方向).计算机处理的图像是经过采样、量化等数字过程后形成的离散图像,离散空间中的直线呈现出连续空间的直线所不具备的一些特性. Freeman 总结了这些特征,并提出了数字直线的链码应遵循的 3 条准则^[3](简称 Freeman 准则).

基于 Freeman 准则,我们编写了一个算法.整个算法流程是:Line Sub Cell、Line Cell 和 Line Segment 分别表示存储线段子元、线段元和线段结构.整个算法分 4 个阶段.其中第 1 阶段和第 3 阶段较为重要.第 1 阶段,首先需扫描二值图像,定位边界跟踪起点 $P_i, i = 0, 1$,将 P_i 作为第 1 个像素保存到线段子元 Line Sub Cell 中.第 2 阶段,先判断 $i = i + 1$,利用文献[4]中提出的边界跟踪算法顺时针(或逆时针)跟踪得到下一边界点 P_i ,若跟踪回到起始点,则算法结束;否则,判断 P_i 是否属于当前线段子元 Line Sub Cell.若属于,则将 P_i 保存到 Line Sub Cell 转到第 2 阶段;否则,当前线段子

元 Line sub Cell 即为一完整的线段子元,执行第 3 阶段.第 3 阶段若线段元 Line Cell 中无线段子元,则将 Line Sub Cell 作为 Line Cell 的第 1 线段子元加入 Line Cell;否则,判断线段子元 Line Sub Cell 是否属于线段元 Line Cell,若属于,将 Line Sub Cell 加入 Line Cell,然后将 Line Sub Cell 置空,并将 P_i 加入 Line Sub Cell 中,转第 2 阶段;否则,Line Cell 为一完整的线段元,执行下一阶段.第 4 阶段,若当前线段 Line Segment 中无线段子元,则将 Line Cell 作为 Line Segment 的第 1 线段元加入 Line Segment;否则,根据下面的准则判断 Line Cell 是否属于 Line Segment.若不属于,则 Line Segment 为一完整直线段,保存该直线段并置空 Line Segment,然后,无论 Line Cell 是否属于 Line Segment 均将 Line Cell 加入 Line Segment,并分别用当前的线段子元 Line Sub Cell 和点 P_i 初始化线段元 Line Cell 和线段子元 Line Sub Cell 并转回第 2 阶段.(链码值相同且为偶数的像素的集合称为一个线段子元;由一个或多个线段子元构成线段元中各链码至多有 2 个取值,这 2 个不同取值的链码的方向相差 45 称为线段元).

由于跟踪起点可能位于一条线段中的不确定的位置,因此对于图像中的某一直线边界,本算法处理后可能得到两条较短线段,合并这两条较短线段便可构成图像中的曲线边界.结束后,如有需要可进行一个线段合并计算,线段合并的方法较为简单,即判断两线段的端点是否相邻(或接近),并且两线段的偏转角是否接近.若满足上述条件即可将两线段连接起来,形成一条较长的线段.以此可看出,线段合并的过程具有抑止噪声的功能.

根据检测到的线段的偏转角或长度,不同的应用需要选择出所需的线段,从而达到定位目标物体的目的.在跟踪过程中若某一像素已被标记过或跟踪达到图像的边界,则边界跟踪结束.

3 实验结果

本实验采用有限状态自动机进行手势匹

配,根据应用程序的特点,为每个应用程序定义不同的手势.手势遵循既容易识别,又符合用户的交互习惯.4 种基本手势定义为: Point, Reach, Click 和 Ground,如图 2 所示.手势图像根据提取的特征向量被初步分配到某个类中,分配规则如下:

Point rule : $\text{number}(\text{Tip}) = \text{land distance}(\text{Tip}, \text{COG}) > d_0$

Reach rule : $L \cdot W \cdot T_{\text{area}} - \text{or number}(\text{Tip}) \geq 4$

Ground rule : $\text{number}(\text{Tip}) = 0$

用 Ground 规则不能区分 Click 类和 Ground 类,因为 Click 只是两个 Point 之间的一个 Ground 手势.在实验程序中预定义了几种手势,建立了手势的采样匹配库.

图 2(b) reach 是经过实验得到的手的处理结果,表示的含义为机器人前进 5m.图 2(d) point 为经过图像检测后的实验结果,表示含义为机器人开始启动,然后再前进.

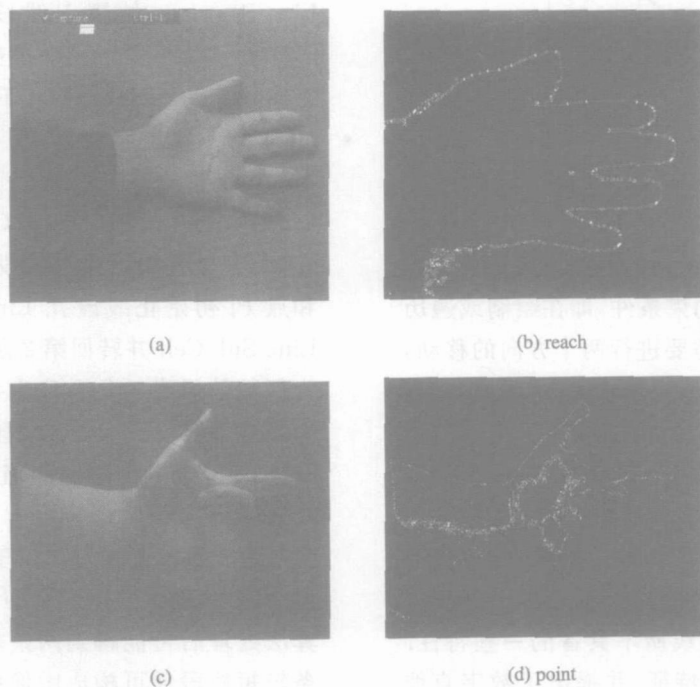


图 2 实验结果图

4 动态人手的跟踪

动态人手的跟踪,是基于人手的基本特征跟踪,就是在图像序列的每对相邻两帧图像中为一组自动选取的特征点,计算其相应的平移向量 d 值.

在完成人手检测基础上,采用序列图像实现人手的动态跟踪.根据颜色的聚类,选择标定的颜色为人手的颜色特征,然后进行颜色的聚类,得到手的整体概念,设置时钟,进行图像序列的控制,每次刷新的频率为 ms 级,这样可以

实现实时跟踪.

彩色图像序列跟踪算法的具体步骤^[5,6]:

- (1) 在序列的第 1 帧图像中进行手的初始化,主要采样手的颜色特征信息;
- (2) 对随后的图像,分别在 3 个彩色通道中使用 Sobel 算子计算 x 和 y 方向的梯度,并且,计算同前 1 帧图像的色彩强度差,比较后得出手的移动位置和距离;
- (3) 迭代计算每个特征点的偏移,更新图像,并判断是否跟踪成功,将错误点丢弃;
- (4) 循环 (2) 和 (3) 直至整个图像序列结束.

5 结论

通过基于 Freeman 准则和人体肤色检测相结合的算法,利用肤色的灰度的二值化分割,

直接处理分割后手的二值图像,跟踪目标物体的边界,完成手的轮廓的检测,从而使得本算法的检测结果能精确定位到人手边界轮廓,利用序列图像的特征实现机器人的导航。

参 考 文 献

- 1 Enamin D Zarit ,Boaz J Super , Francis K H Quek. Comparison of Five Color Models in Skin Pixel Classification. ICCV '99 International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-time Systems ,1999 ,58 -63
- 2 Yangjiang Wang ,Baozong Yuan. A Novel Approach for Human Face Detection from Color Images under Complex Background. Pattern Recognition , 2001 , 34 (10) : 1983-1992
- 3 Freeman H. Boundary encoding and processing. In Picture Processing and Psychopictorics , New York :Academic , 1970 ,241-266
- 4 曹洋,项龙江,徐心和.基于全局视觉的轮式移动机器人轨迹跟踪控制.(M) 机器人,2004,26(1)
- 5 韩晓微,范立南,李彦平,徐心和.一种足球机器人色标识别方法.工程图学学报,2005,(3)
- 6 刘勇奎.计算机图形学的基础算法.北京:科学出版社,2001

Hand Signal Recognition Based on Skin Color and Edge Outline Examination

Lu Kai Li Xiaojian Zhou Jinxiang

(College of Electromechanical Eng. , North China Univ. of Tech. , 100041 , Beijing , China)

Abstract This paper deals with the issue of hand signal recognition with the aid of video vision technique and the realization of the extraction of edge outline by skin color division and Freeman chain. This approach has the advantages of discerning some basic hand signals expediently and efficiently and of navigation by robot using characteristics of array of pictures.

Key Words skin color division ; Freeman edge examination ; hand signal recognition