

一种自动分割视频对象的新方法

刘振霞, 张晓燕

(空军工程大学电讯工程学院, 陕西西安 710077)

摘要: 提出了一种视频对象自动分割及跟踪方法。该算法首先进行相邻帧差分检测和canny边缘提取, 得到相邻帧差分边缘模板; 其次在相邻帧差分边缘和当前帧边缘的基础上, 检测出视频对象的初始边缘模板。然后分为快变和慢变两部分进行跟踪, 并对视频对象边缘模板更新以适应对象的运动; 最后根据跟踪更新出的视频对象二值边缘模板, 通过文中提出的填充技术及模板轮廓修正得到精确的视频对象模板提取出视频对象。实验验证表明, 该算法对目标的整体运动和局部形变都有较强的适应性。此外, 算法还具有简便、准确性高的特点。

关键词: 视频对象; 变化检测; 差分边缘; 二值边缘模板

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1009-3516(2006)03-0061-04

自动视频对象的分割方法大致可分为光流法、运动跟踪法和帧间差运动检测法^[1]。光流法^[2]受到光流可靠性的影响, 对噪声极为敏感, 计算复杂。运动跟踪法^[3]的思想是根据视频对象的先前状态来估计它的当前状态, 特征的选取决定其准确性和有效性。利用帧间差特征的运动检测时空法是一种简单、直接、快速、且适用性广的方法^[4], 缺点是易受到噪声的干扰并且由于缺少空间边缘信息而使得对象边缘不准确。

本文提出一种利用边缘信息分割视频对象的新方法。首先对相邻帧进行差分检测和边缘检测。其次通过差分边缘、当前帧边缘检测出视频对象的初始边缘模板, 并分为快变和慢变两部分进行跟踪和更新以适应视频对象的旋转和形状改变。最后, 在跟踪更新的视频对象边缘模板基础上利用本文提出的填充算法及对象轮廓的精确修正, 获得对象模板提取出视频对象。本文算法对视频对象的局部性变和整体移动都具有很好的鲁棒性。不仅可对视频对象进行精确的提取, 同时还可得到更加丰富的对象边缘信息。

1 预处理

原始视频数据通常都包含很多与视频内容无关的噪声, 有的还存在摄像机运动而造成的全局运动。因此, 为了提高视频对象分割的效率和准确性, 首先对视频序列进行去噪和背景的运动估计和补偿。本文用中值滤波器进行去噪, 因为中值滤波器可以保护图像边缘并且可以有效的去除噪声。

对于背景存在全局运动的序列, 采用6参数的仿射变换模型补偿进行。变换公式如下式所示。

$$x' = ax + by + e, \quad y' = cx + dy + f \quad (1)$$

参数 a, b, c, d 控制旋转与缩放, e, f 决定平移幅度。通过把补偿误差的绝对值和最小设为目标函数, 迭代求解出参数进行背景运动补偿。全局补偿后, 运动背景问题就转化成静止背景问题, 因此, 本文下面讨论的算法主要针对静止背景。

2 获取视频对象初始边缘模板

2.1 求取二值差分图像

收稿日期: 2005-10-20

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2004F14)

作者简介: 刘振霞(1961-), 女, 山西兴县人, 副教授, 主要从事数据通信技术研究。

采用当前图像 I_t 和前一帧图像 I_{t-1} 按式(2)来求差分图像 d_t 。

$$d_t = wI_t(p) - wI_{t-1}(p) \quad (2)$$

按式(3)对 d_t 取阈值,得到二值图像 D_t 。

$$D_t(p) = \begin{cases} 1 & \text{if } |d_t(p)| \geq T_D \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

其中, p 是图像中的任一点, w 是一个平滑滤波的窗口函数(实现 3×3 的中值滤波)。 T_D 是一个与噪声强度有关的阈值,可根据视频系统的应用场合具体确定,一般在 5-10 之间。

2.2 计算边缘图像

选择 Canny 算法^[6]进行当前帧边缘检测,其主要计算步骤是:①高斯平滑滤波;②求取梯度,包括幅值和方向角;③非极大值抑制;④双阈值处理。算法是“最优边缘检测”的一种,它可以得到单像素宽度边缘,因此我们使用 Canny 算子检测边缘。

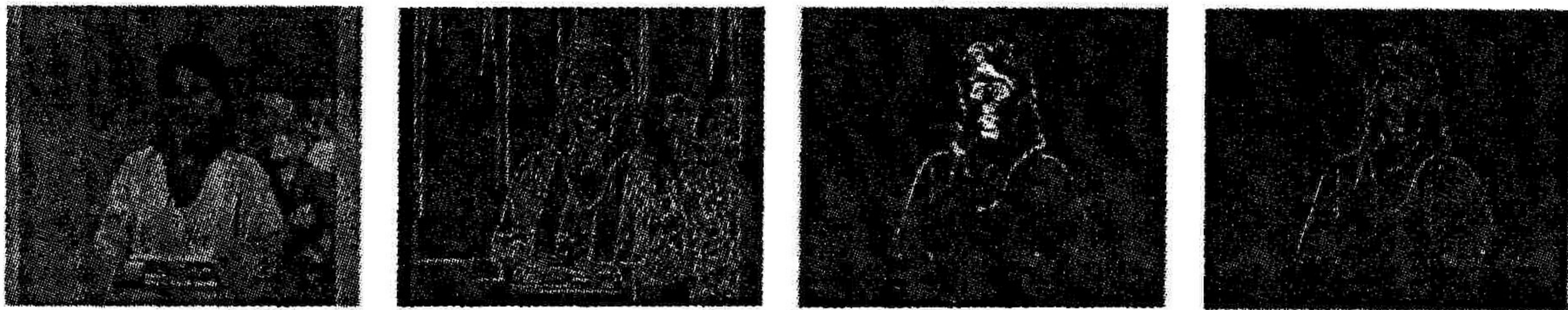
2.3 初始边缘模板

定义 $D_n = \{d_1, \dots, d_m\}$ 是相邻帧差分边缘的像素点集, $E_n = \{e_1, \dots, e_k\}$ 为当前帧的边缘点集, $O_n = \{m_1, \dots, m_l\}$ 为视频对象初始边缘模板,则 $l \leq k$ 且 $O_n \subseteq E_n$ 。因为视频对象的边缘模板在相邻帧差分图像内及其附近,因此可用式(4)提取出视频对象的初始边缘模板。

$$O_n = \{e \in E_n \mid \min_{x \in D_n} \|e - x\| \leq T_{int}\} \quad (4)$$

T_{int} 是距离阈值,一般可取 0-1 个像素。

图 1 显示了 Alex 序列的原图像, Canny 边缘图像, 二值差分图像(此处通过第 0 帧与第 2 帧获得), 以及得到的初始边缘模板。从图 1(a) 和图 1(d) 的比较可以看到, 本文获取的初始边缘模板去除了背景边缘, 较好地保留了运动对象边缘。



(a) Alex 第 2 帧原图像

(b) Canny 边缘图像

(c) 差分图像

(d) 第 2 帧初始边缘模板

图 1 Alex 序列的原图像、Canny 边缘图像、差分图像及初始边缘模板图

3 边缘模板跟踪与更新

视频对象在序列中由于运动会使形状发生改变。必须在后续帧中跟踪并更新对象边缘模板,使其适应对象形变,从而准确的提取视频对象。本文的方法是将视频对象运动分为慢变和快变两部分,对应对象的刚体与非刚体运动,分别进行跟踪,然后将这两部分的结果合并得到的更新后的视频对象二值边缘模板。

设 O_{q+1}^{slow} 为新模板的慢变部分, t 是 q 帧的对象边缘模板 Q_q 与 $q+1$ 帧的边缘图像 E_{q+1} 之间的 Hausdorff 距离^[7], $Q_q \oplus t = \{O + t \mid O \in Q_q\}$ 是将 q 帧的对象边缘模板 Q_q 按照计算出的 t 进行的距离平移变换。于是 O_{q+1}^{slow} 可按照式(5)进行计算。

$$O_{q+1}^{slow} = \{e \in E_{q+1} \mid \min_{x \in Q_q \oplus t} \|e - x\| \leq T_s\} \quad (5)$$

T_s 是距离阈值,可取 1-2 个像素。因为慢变部分表明视频对象的微小运动,所以应在 Q_q 的基础上获得。

视频对象的快变运动表明了对应的非刚体运动以及新出现部分的运动。新模板得快变部分 O_{q+1}^{rapid} 就是要将对象的这些部分检测出来,按照式(6)进行计算:

$$O_{q+1}^{rapid} = \{e \in E_{q+1} \mid \min_{x \in D_n} \|e - x\| \leq T_r\} \quad (6)$$

即把边缘图像 E_{q+1} 中所有与 $q+1$ 与 q 帧的差分边缘的距离小于 T_r 的像素检测出来。 T_r 的设定可参照 T_{int} 。

最后,将慢变部分与快变部分合并得到更新后的对象边缘模板。如式(7)所示。

$$Q_{q+1} = O_{q+1}^{slow} \cup O_{q+1}^{rapid} \quad (7)$$

由于将对象运动分为慢变和快变两部分,就可以对对象的快速运动以及突然停止进行很好的跟踪。

4 提取视频对象

视频对象的提取可以在跟踪得到的对象二值边缘模板的基础上进行。但是,由于视频对象的边缘模板不是完全连续的轮廓边缘,因此,不能直接用来进行视频对象的提取,本文提出了一种精确的提取算法。用 Clair 序列第 10 帧为例说明了视频对象提取过程。

4.1 简单填充

首先对视频对象的二值边缘模板的每一行找到第一个和最后一个边缘点之间的所有水平候选点,进行水平填充,然后对每一列找到最上端和最下端的边缘点之间的候选点,进行垂直填充。最后再重复一次水平候选点的填充得到填充模板并提取出对象轮廓曲线。图 2 显示了 Clair 序列第 10 帧的简单填充过程。

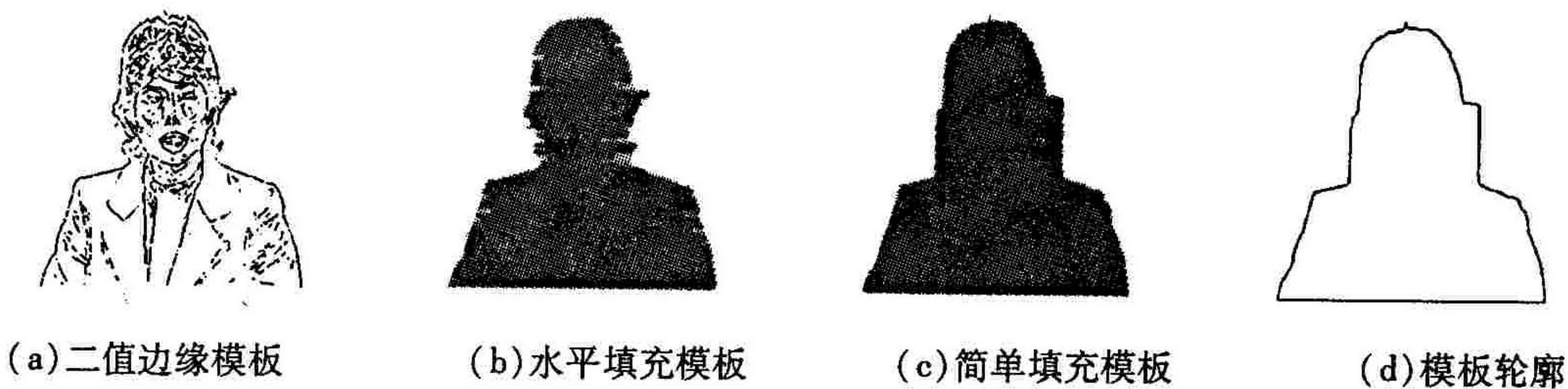


图 2 Clair 序列 10 帧的简单填充过程图

4.2 轮廓精细处理

把简单填充获得的模板轮廓与视频对象的二值边缘模板的轮廓比较发现,大部分轮廓点是相符的,但是也存在部分模板轮廓不符合对象轮廓,因此必须加以修正,从而更准确的提取视频对象。使用下述算法进行轮廓修正:

步骤 1:对视频对象的二值边缘模板按照与填充获得的模板轮廓的一致性分配不同权值。分为 3 种情况:①一致:权值为无穷;②不一致:权值取很小值;③其它:权值介于上述两者之间。

步骤 2:从模板轮廓上去除一段需修正的轮廓。参照权值,利用 Dijkstra 最短路径^[8]算法填补模板轮廓空隙。

步骤 3:重复步骤 2 直到完成所有不正确模板轮廓的修正。

最后使用修正后的正确模板轮廓,结合序列图像提取出视频对象。图 3 说明了 Clair 序列第 10 帧的模板轮廓的修正过程。很显然,经过对模板轮廓精细处理后,可以准确的提取出视频对象。

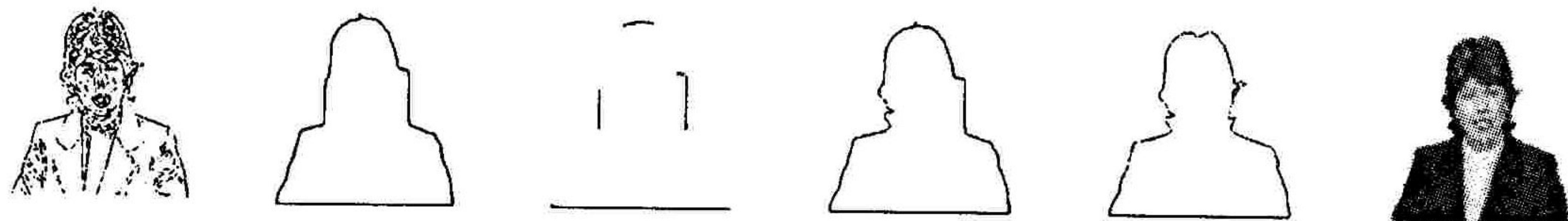


图 3 Clair 序列第 10 帧的模板轮廓修正过程图

5 实验结果及评价

用本文算法对标准序列 Silent 和 Alex 进行了实验,结果如图 4 和图 5 所示。



图 4 Silent 序列第 3 帧原图、二值边缘模板及提取的 VOP 图

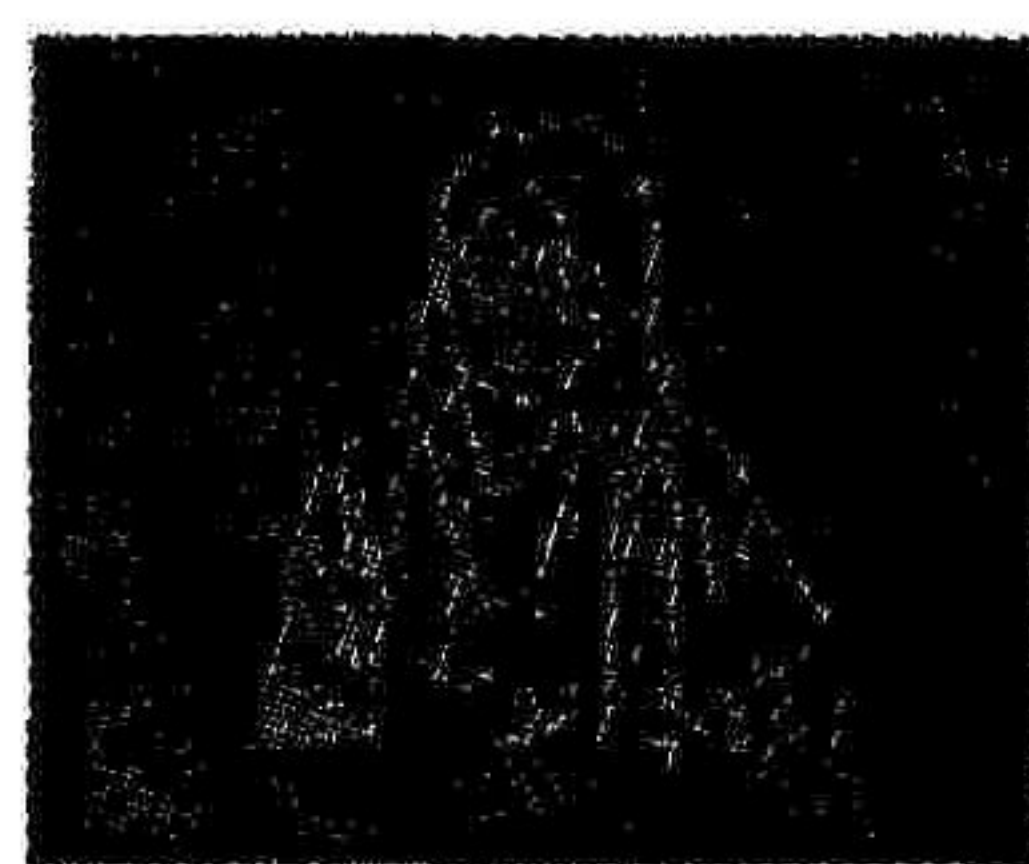
Silent 序列背景烦乱,运动对象的运动较复杂。但是用本文算法得到了较好的分割结果。Alex

序列背景也较复杂,视频对象的帧间运动较小,本文的算法也获得了较满意的结果。

本算法对开始的相邻帧进行差分检测,得到差分模板,并在此基础上结合当前帧边缘检测出视频对象初始边缘模板。通过分为快变和慢变两部分进行模板跟踪与更新,适应视频对象的刚体运动及形变。进一步用本文提出的填充算法和精确的模板轮廓修正算法得到对象轮廓,完成视频对



(a) Alex(frame 75)



(b) 二值边缘模板



(c) 提取的 VOP

图 5 Alex 序列第 75 帧原图、二值边缘模板及提取的 VOP 图

象的分割。该算法实现容易,具有很好的实时性、准确性和抗干扰性。并且对形状变化和对象的快速移动有很好的鲁棒性。

参考文献:

- [1] 季白杨, 陈 纯, 钱 英. 视频分割技术的发展[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(1): 36 - 42.
- [2] Wang J, Adelson E. Representing Moving Images with Layers[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1994, 3(5): 625 - 638.
- [3] Zhong D, Chang S F. An Integrated Approach for Content - Based Video Object Segmentation and Retrieval[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 1999, 9(8): 1259 - 1268.
- [4] Meier T, Ngan K N. Automatic Segmentation of Moving Objects for Video Object Plane Generation[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 1998, 8(5): 525 - 538.
- [5] Chien S Y, Huang Y W, Ma S Y. Fast Video Segmentation Algorithm with Shadow Cancellation, Global Motion Compensation, and Adaptive Threshold Techniques[J]. IEEE Trans on Multimedia, 2004, 6(5): 732 - 748.
- [6] Canny J F. A Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligent, 1986, 11(6): 679 - 698.
- [7] Huttenlocher D P, Klanderman G A, Rucklidge A J. Comparing Images Using the Hausdorff Distance[J]. IEEE Trans Pattern Anal. Machine Intell, 1993, 15: 850 - 863.
- [8] Dijkstra E W. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs[J]. Numer Math, 1959, (1) 269 - 271.
- [9] Kim C, Hwang J N. Fast and Automatic Video Object Segmentation and Tracking for Content - based Application[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, 12(2): 122 - 129.
- [10] Neri A, Colonnese S, Talone P. Automatic Moving Object and Background Separation[J]. Signal Processing, 1998, 66(2): 219 - 232.
- [11] 陶晓燕, 刘振霞, 王元一. 基于小波子带的 PCA 人脸识别方法研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2004, 5(3): 65 - 66.

(编辑: 门向生)

A New Method of Automatic Segmentation of Video Object

LIU Zhen - xia, ZHANG Xiao - yan

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: A full automatic segmentation of video object and tracking scheme based on edge features is proposed in this paper. First of all, change detection and Canny edge detection are applied to get accurate difference edge mask of the inter frame. On the basis of difference edge mask and current edge mask, a binary edge model of the video object is initialized. It is then tracked and updated throughout the sequence to accommodate rotation and changes in shape of the tracked object. At last, these binary models are used to guide the actual video object plane (VOP) extraction by a two - step filling technique. The algorithm is robust to the entire motion and local deformation of object. Experiment results and object evaluation demonstrate that the proposed algorithm is computationally efficient and accurate.

Key words: video object; change detection; difference edge; binary edge model