

# 一种时空信息联合的运动对象分割算法

张晓燕 马志强 赵宇波 单勇

(空军工程大学电讯工程学院网络工程系 西安 710077)

**摘要** 提出了一种在通用视频序列中联合时空信息分割运动对象的算法。首先,提出匹配加权的全局运动估计补偿算法,以消除动态场景中背景运动对运动对象分割的影响。其次,时域信息提取中,使用基于直方图拟合的显著性检测及对称差分法获得运动对象模板,以克服依据经验设定阈值的缺点并且提高运动对象模板的准确性;空域信息提取中,提出基于粘性形态学梯度修正和相邻区域边缘强度合并的改进分水岭分割算法,以较好地解决分水岭算法的过分割问题,获得有效空间区域分割。最后,利用双阈值比重算法将时域和空域信息结合,提取出运动对象。实验表明,该算法分割结果准确,有效地解决了背景运动、时域信息不准确、空域过分割以及时空信息难以有效结合的问题。

**关键词** 运动对象,时空信息,运动补偿,分水岭算法

中图分类号 TP391.4 文献标识码 A

## Automatic Video Object Segmentation Based on Spatio-temporal Information

ZHANG Xiao-yan MA Zhi-qiang ZHAO Yu-bo SHAN Yong

(Department of Network Engineering, Institute of Telecommunication Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

**Abstract** A novel video moving object segmentation algorithm based on spatio-temporal information was proposed in this paper. The algorithm can extract the moving object from the video sequence with static or global motion background automatically. Firstly, an efficient and accurate global motion compensation method was used to change the motion background to static background. In temporal motion information extracting, the value of background noise variance was estimated by histogram fitting to overcome the shortcoming of setting the value by experience, then the significance test and the symmetrical difference method were applied to achieve accurate moving object mask. In spatial image information extracting, an improved multi-scale watershed algorithm based on viscous morphological gradient correction and edge value merging was employed to segment moving regions which can solve over segment problems greatly. Finally, video object was extracted by performing double threshold ratio operation on spatial and temporal results. Experimental results validate the proposed algorithm.

**Keywords** Moving object, Spatio-temporal Information, Motion compensation, Watershed algorithm

## 1 引言

视频运动对象分割是视频处理到视频分析的关键环节,也是视频标准 MPEG-4 及 MPEG-7 的首要步骤和前提,在模式识别、计算机视觉等领域得到了广泛应用。尽管已经提出了众多的算法,但是,视频运动对象分割算法与视频标准及计算机视觉、模式识别等应用的要求相比还相去甚远。因此,如何从视频序列中准确分割出视频运动对象仍然是一个亟待解决的问题。

目前,提出了许多算法用于自动分割运动对象。总体来说,都是利用运动对象的时空域信息。时域信息提供运动对象的运动属性,主要表现为帧间差、光流场或者运动矢量,据此检测出运动区域、运动方向和大小。空域信息一般通过区

域和边缘获得运动对象的轮廓。文献[1]基于时域的光流场和空域的边缘信息,对运动对象进行了有效分割,但由于涉及光流计算,时间复杂度高,受噪声影响大,故准确性和实时性都需要提高;文献[2]提出了将运动矢量参数模型与图像金字塔算法结合的时空分割算法,取得了较好的结果。但该方法要求计算准确的运动矢量,参数模型的迭代估计也比较耗时;文献[3-7]提出了时域变化检测与空域区域分割结合等运动对象分割算法,这些算法从不同角度对变化检测和区域分割进行了改进,但是该类算法中存在的全局运动估计算法效率差、变化检测阈值难以设定,空间区域容易过分割以及时空信息难以有效结合的问题仍然没有得到有效改进。

为了解决上述问题,本文提出了一种通用视频序列中基于时空信息联合的自动视频运动对象分割算法。实现过程如

到稿日期:2010-06-16 返修日期:2010-11-27 本文受陕西省自然科学基金项目(2010JM8014),博士后科学基金项目(20100471838),博士启动基金项目(KDYBSJJ08301)资助。

张晓燕(1970-),女,博士后,副教授,主要研究方向为图像处理、计算机视觉,E-mail: zxyjwxjxj@163.com;马志强(1968-),男,硕士,副教授,主要研究方向为音视频信息处理;赵宇波(1983-),男,硕士生,主要研究方向为光通信技术;单勇(1976-),男,博士,主要研究方向为图像分析与信息融合。

图 1 所示。

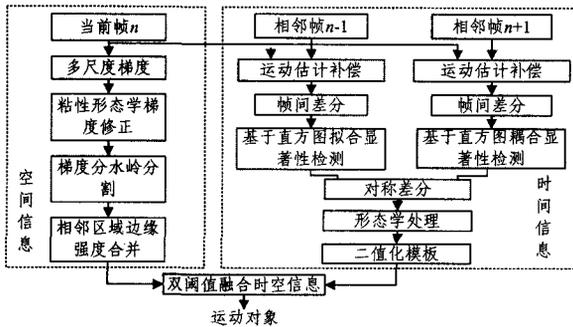


图 1 算法框图

该方法提出匹配加权的全局运动估计补偿算法,来改进全局运动估计的效率及准确性。基于直方图拟合的显著性检测及对称差分法获得运动对象模板,来增加时域信息中运动对象模板的准确性和完整性;提出基于粘性形态学梯度修正和相邻区域边缘强度合并的改进分水岭分割算法,来解决分水岭算法的过分割问题。最后,利用双阈值比重法将时域和空域信息结合,提取出运动对象。实验表明,这种算法具有较高的分割精度。

## 2 匹配加权的全局运动估计与补偿

当摄像机运动时,为了准确提取运动对象,必须进行全局运动估计与补偿以消除摄像机运动的影响。

本文提出匹配加权的全局运动估计与补偿算法,该算法基于摄像机仿射模型,其公式如下:

$$\begin{aligned} x' &= ax + by + e \\ y' &= cx + dy + f \end{aligned} \quad (1)$$

参数  $a, b, c, d$  控制旋转与缩放,  $e, f$  决定平移幅度。

估计全局运动参数  $P = [a \ b \ c \ d \ e \ f]^T$ , 要考虑到视频图像的特点以及计算的精确性、实时性。首先,把图像从边界处向内收缩 10 个像素形成样本点候选区域,并在该候选区域周围选取样本点,以便减少边缘和运动对象对全局运动估计的影响。其次选用 32 个  $4 \times 4$  的小区域为样本点,来提高实时性。

设使用块匹配算法估计出第  $k$  帧中样本点  $(x, y)$  在第  $k+1$  帧中的位置为  $(\tilde{x}, \tilde{y})$ , 而经仿射模型变换到第  $k+1$  帧的位置为  $(x', y')$ , 设  $D$  为所选样本点的集合, 定义样本点集合的误差函数为:

$$E(P) = \sum_{(x,y) \in D} [(\tilde{x} - x')^2 + (\tilde{y} - y')^2] \quad (2)$$

将式(1)代入式(2)得到:

$$E(P) = \sum_{(x,y) \in D} [(\tilde{x} - ax - by - e)^2 + (\tilde{y} - cx - dy - f)^2] \quad (3)$$

则最优全局运动参数就是使式(3)达到最小值的矢量  $P$ :

$$P_{opt} = \arg \min_P E(P) \quad (4)$$

最优全局运动参数可通过最小二乘法对式(4)求最小值而得到。为了消除个别运动目标样本点对带来的误差,提出采用匹配加权函数的方法对结果进行修正。

令  $D_k'$  表示式(1)计算出的样本点在第  $k+1$  帧中的位置集合,  $\tilde{D}_k$  表示由块运动估计得到的样本点在第  $k+1$  帧中位置的集合。定义误差:

$$E_D = D_k' - \tilde{D}_k \quad (5)$$

令  $\mu_D, \sigma_D$  分别为  $E_D$  的均值和方差。为每一个样本点分

配一个权值  $w(D)$ :

$$w(D) = \begin{cases} 1, & \text{if } |e_k - \mu_D| \leq 3\sigma_D \\ 0, & \text{if } |e_k - \mu_D| > 3\sigma_D \end{cases} \quad e_k \in E_D \quad (6)$$

由于目标样本点与背景的运动偏差较大,表现为一些奇异点,其统计特性偏离均值较远。因此可通过加权剔除。

将式(3)修正如下:

$$E(P) = \sum_{(x,y) \in D} w(x,y) [(\tilde{x} - ax - by - e)^2 + (\tilde{y} - cx - dy - f)^2] \quad (7)$$

进行迭代估计出全局运动参数。

得到全局运动参数后,对第  $k$  帧进行全局运动补偿,再和相邻帧进行差分运算,可消除全局运动所引起的差分运算不准确的影响。

## 3 运动对象时域信息提取

运动对象时域信息的提取是通过基于直方图拟合的显著性检测及对称差分法来获得。

### 3.1 直方图拟和估计背景噪声方差

设全局运动补偿后的序列图像为  $f'(x, y)$ , 则时间差分图像为:

$$d_k(x, y) = f_{k+1}'(x, y) - f_k'(x, y) \quad (8)$$

经过全局运动补偿后,差分图像主要是由背景噪声和视频对象的运动产生。通常认为,差分图像中所包含的背景噪声服从零均值高斯分布<sup>[8]</sup>, 可以使用显著性测试获得运动区域, 而显著性测试需要使用背景噪声方差  $\sigma^2$ , 为了改进  $\sigma^2$  依据经验设置的问题, 采用直方图拟和帧差图中背景噪声的零均值 Gaussian 分布, 求出  $\sigma^2$ 。

令  $h(d)$ ,  $d=0, \dots, 255$  为帧差图的直方图, 每个帧差值  $d'$  ( $d' \in [0, 255]$ ) 的概率为:

$$p(d') = h(d') / \sum_{d=0}^{255} h(d) \quad (9)$$

假设帧差图中背景噪声的最大值为  $d_T$  ( $d_T \in [0, 255]$  且  $h(d_T) \neq 0$ ), 用直方图  $h(d)$  拟和背景上方差的分布, 得到背景的概率  $p_B(d_T)$ , 均值  $\mu_B(d_T)$  和方差  $\sigma_B^2(d_T)$  为:

$$p_B(d_T) = \sum_{d=0}^{d_T} h(d) / \sum_{d=0}^{255} h(d) \quad (10)$$

$$\mu_B(d_T) = 0 \quad (11)$$

$$\sigma_B^2(d_T) = \sum_{d=0}^{d_T} d^2 \times h(d) / \sum_{d=0}^{d_T} h(d) \quad (12)$$

帧差值  $d'$  为背景的条件概率为:

$$p(d' | B, d_T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_B^2(d_T)}} e^{-d'^2 / 2\sigma_B^2(d_T)} \quad (13)$$

定义拟和的目标函数为:

$$err = \sum_{d=0}^{255} |p(d' | B, d_T) \times p_B(d_T) - p(d')| \quad (14)$$

当  $err$  的值最小时, 直方图与背景帧差的分布间的拟和效果最佳, 令  $d_B$  为使得  $err$  最小的  $d_T$  值, 则:

$$d_B = \arg \min_{d_T} err \quad (15)$$

取与  $d_B$  对应的  $\sigma_B^2$  为最佳的背景噪声方差值, 即:

$$\sigma^2 = \sigma_B^2 = \sum_{d=0}^{d_B} d^2 \times h(d) / \sum_{d=0}^{d_B} h(d) \quad (16)$$

### 3.2 基于显著性测试获取运动区域

假设相邻两帧在位置  $(x, y)$  上没发生变化(即零假设  $H_0$ ), 则  $(x, y)$  上的帧差  $d_k(x, y)$  服从零均值 Gaussian 分布:

$$p(d_k(x, y) | H_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-d_k^2(x, y) / 2\sigma^2} \quad (17)$$

式中,  $\sigma^2$  为背景噪声方差。为了更好地进行显著性测试, 在以  $(x, y)$  为中心, 大小为  $n \times n$  的窗口  $W(x, y)$  内计算标准化帧差  $d_k/\sigma$  的平方和:

$$\Delta_k(x, y) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{(x, y) \in W(x, y)} d_k^2(x, y) \quad (18)$$

并以此作为测试统计量。

假设两帧图像在窗口  $W(x, y)$  内未发生变化, 则标准化后的帧差  $d_k/\sigma$  服从  $N(0, 1)$  Gaussian 分布, 且空间无关, 而  $d_k/\sigma$  的平方和  $\Delta_k(x, y)$  服从  $\chi^2$  分布, 其自由度等于窗口  $W(x, y)$  内像素的数目  $n^2$ 。

根据显著性测试理论, 在  $\Delta_k(x, y)$  分布已知的情况下, 阈值  $T_\alpha$  由给定的显著性水平  $\alpha = p(\Delta_k(x, y) > T_\alpha | H_0)$  决定。  $\alpha$  的取值与图像噪声相关, 图像噪声小时,  $\alpha$  应取较高值, 反之, 应取较低的  $\alpha$  值。若  $\Delta_k(x, y)$  小于阈值  $T_\alpha$ , 则认为位置  $(x, y)$  属于背景区域, 反之认为它属于运动区域。在实验中, 取  $\alpha = 10^{-2}$ , 并将窗口  $W(x, y)$  设为  $5 \times 5$ , 可得到较理想的效果。

### 3.3 对称差分法获得运动对象模板

对当前帧与前后帧分别求出帧差并分别进行显著性测试可以得到两个运动区域。由于它们都包含有当前帧运动对象区域以及具有不同的显露背景, 因此对运动区域取交集即可获得当前帧运动对象模板。原理如图 2 所示。

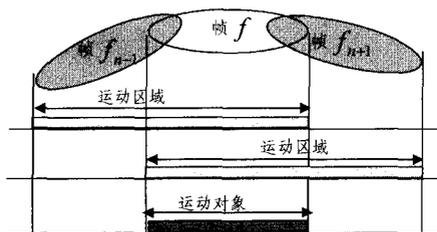


图 2 对称差分法获取运动对象原理图

对称差分法获得的运动区域存在区域模糊、不完整及有一些孤立噪声点。可使用连通组建分析去除噪声小区域, 然后进行形态学运算处理, 去除一些细小的突出, 填补一些小洞和缝隙, 从而得到较完整的运动区域。

图 3 显示了 Forman 序列第 13、14 帧图像、直接帧差图像和全局运动补偿后帧差图像以及对称差分法得到的运动对象模板。从实验结果可以看出, 经过全局运动补偿后的帧差图与直接帧差图像比较, 较好地去除了背景区域的影响, 而经过显著性测试及对称差分处理后, 得到的运动对象时域信息更加准确。



图 3 Forman 时域检测结果

## 4 空域区域信息提取

空间区域信息的提取采用本文提出的基于粘性形态学梯

度修正和相邻区域边缘强度合并的改进分水岭分割算法实现。

### 4.1 形态重建滤波的图像降噪

关闭重建滤波器是一种常用的基于连通算子的形态滤波器:

$$\begin{cases} \text{开重建} & \tilde{\gamma}_N(f) = \gamma^{(rec)}(\gamma_N(f), f) \\ \text{闭重建} & \tilde{\varphi}_N(f) = \varphi^{(rec)}(\varphi_N(f), f) \end{cases} \quad (19)$$

式中,  $\gamma, \varphi$  分别表示形态学中的开运算和闭运算;  $f$  表示重建图像;  $(rec)$  表示重建运算;  $N$  表示运算使用的结构元素的尺寸。

形态开(闭)重建是在标准开(闭)运算的基础上增加了重建过程, 重建过程可恢复图像中那些没有完全被开(闭)运算所滤除的对象边界。如果对图像进行一次开重建滤波后, 再进行一次闭重建滤波, 则图像中包含的细密纹理以及噪声同时被形态开闭运算剔除, 而对象的显著轮廓却在重建过程中得以恢复, 使图像在得到简化的同时保持了主要的轮廓信息。

### 4.2 多尺度形态梯度

为了利用大结构元素和小结构元素的各自优点, 本文采用多尺度的形态学梯度子。假设  $B_i (0 \leq i \leq n)$  为一组正方形的结构元素,  $B_i$  的大小为  $(2i+1) \times (2i+1)$  个像素点, 则多尺度梯度定义为:

$$M_G(f) = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n [(f \oplus B_i) - (f \ominus B_i)] \ominus B_{i-1} \quad (20)$$

本文计算时取  $n=3$ 。由于多尺度形态学梯度是对多个尺度上梯度算子值的平均, 因此比单尺度梯度噪声的敏感性低, 有利于分水岭分割。

### 4.3 粘性形态学运算对梯度修正

通常分水岭变换是在梯度图像的基础上进行的。但在大多数情况下, 由于受梯度图像计算和噪声等因素的影响, 分割效果往往难以令人接受, 主要表现为过分割和区域轮廓的定位不准确。为此对梯度图像进行粘性形态学修正<sup>[9]</sup>。粘性形态学运算是建立在模拟粘性流体溢流特征的基础上。粘性形态学修正的目的在于一方面消除产生过分割的非规则细节及噪声因素, 另一方面保持区域轮廓的准确定位。

梯度修正实际上就是对梯度进行粘性形态学闭运算滤波, 依据粘性闭运算的性质, 对梯度图像中梯度值较小的灰度级采用大半径的结构元素进行闭运算, 以消除因非规则细节和噪声导致的过多局部极小值, 而对梯度值较高的灰度级则采用小半径的结构元素, 这样可以平滑梯度地貌表面, 同时保持区域轮廓的准确定位。因此, 在实际使用时, 将梯度自下而上划分为若干个层面, 每一层对应某一梯度级, 对每一层面采用半径不同的结构元素作闭运算, 消除非规则形状, 并将每一层面的轮廓标记为修正结果。

假定梯度级为  $l$  时, 相应的结构元素半径  $r(l)$  为:

$$r(l) = r_0 [e^{-\alpha l} - e^{-\alpha \max(l)}] \quad (0 \leq l \leq \max(l), 0 < \alpha < 1) \quad (21)$$

式中,  $r_0$  为最大半径,  $\max(l)$  为梯度最大值,  $\alpha$  为调节因子, 实际应用当中, 参数  $\alpha$  的选取应保证当  $l$  取  $\max(l)$  时,  $r(l)$  为最小结构元素半径值, 而当  $l$  取梯度最小值时,  $r(l)$  趋于  $r_0$ 。本文取  $\alpha=0.1, r_0=10$ 。

设对应的层面而经修正后变为  $g_l'$ , 则:

$$g_l' = \varphi(l, r(l)) \quad 0 \leq l \leq (\max(l)) \quad (22)$$

将每一层面的输出进行合并, 即可确定修正后的梯度  $g'$

$$g' = \bigcup_{0 \leq i \leq \max(I)} [g'_i] \quad (23)$$

粘性形态学闭运算实际上是由一系列对应不同梯度灰度级的标准二值闭运算组成。修正后的梯度图像消除了产生过分割的非规则局部极小值,最大限度地保留了区域轮廓部分。

#### 4.4 分水岭变换及区域合并

在修正后的梯度上采用 Vincent 等人的模拟涨水分水岭算法<sup>[10]</sup>进行图像分割,得到区域分割结果。由于仍然存在过分割的问题,需要进一步处理。首先,把分水岭分割算法获得的区域使用区域相邻图 RAG(region adjacency graph)表示,其次采用相邻边缘强度信息进行区域合并。相邻边缘强度的含义为:扫描相邻区域间的边缘像素,如果其梯度值高于预设的阈值  $T_1$ ,则令其为强边缘像素,两个区域间的强边缘像素占相邻边缘像素的比例称为相邻边缘强度。合并算法为:

1) 设定一个区域面积的阈值  $T_{size}$ ,扫描所有区域,记录区域面积小于  $T_{size}$  的区域,从面积最小的区域  $R_i$ (结点  $n_i$ ) 开始:

a) 在  $R_i$  的所有相邻区域中,找出与其相邻边缘强度最小的区域  $R_j$ (结点  $n_j$ );

b) 合并  $R_i$  和  $R_j$  区域,更新区域相邻图 RAG。

2) 重复步骤 1),直到没有区域面积小于  $T_{size}$ 。

算法中  $T_{size}$  的取值决定合并效果,  $T_{size}$  设定越高,合并区域越多,消除过分割越好,但是可能会把一些微弱的重要边缘去掉。同样  $T_1$  的取值也与具体图像有关。因此应用时可根据图像通过实验设定。本文中取  $T_{size} = 50, T_1 = 18$ 。

我们对 Table Tennis 第 1 帧图像用本文的改进分水岭方法进行了分割,并与传统的形态梯度分水岭分割算法进行了比较,结果如图 4 所示。

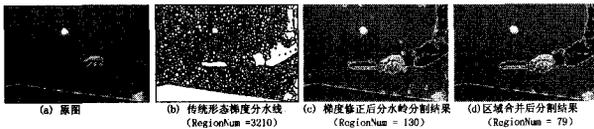


图 4 TableTennis 第 1 帧空间区域分割结果

从图中的分割结果可以看出,基于传统形态梯度的分割方案对图像中的噪声十分敏感,分割结果中存在大量的细小区域,尤其在平坦区域内部也有相当数量的细小区域存在,显然,过分割现象没有得到很好的抑制;使用本文方法后,分割区域明显减少,得到了更有意义的分割,更适于高层次的分析和抽象表达。

#### 5 双阈值比重法运动对象提取

在上述时域运动对象模板及空间区域信息基础上,采用双阈值比重法提取视频运动对象。

设  $\|R_i\|$  表示区域  $R_i$  的像素数,  $\|M_i\|$  表示区域  $R_i$  与视频对象模板  $\tilde{M}(x, y)$  相“与”运算获得的像素数,即区域  $R_i$  中运动的像素数,  $T_{k1}$  和  $T_{k2}$  为比重阈值,且  $T_{k1} > T_{k2}$ 。

若令  $\rho = \|M_i\| / \|R_i\|$ ,假设  $H_0$  表明区域属于背景区域,  $H_1$  表明区域属于运动对象区域,  $H_R$  表明该区域待定,则:

$$R_i = \begin{cases} H_0, & \text{if } \rho < T_{K2} \\ H_1, & \text{if } \rho > T_{K1} \\ H_R, & \text{else} \end{cases} \quad (24)$$

经过上述判定后,区域被分成了 3 种情况,对于待定区域

再进行下述判断:

$$H_R = \begin{cases} H_0, & \text{if } \|R_i \cap O_{k-1}\| / \|R_i\| < T \\ H_1, & \text{else} \end{cases} \quad (25)$$

式中,  $\|R_i \cap O_{k-1}\|$  代表  $R_i$  与前一帧提取的视频对象模板  $O_{k-1}$  相“与”得到的像素数,  $T$  为设定的阈值。在本文实验中,取  $T_{k1}, T_{k2}$  和  $T$  分别为 0.3, 0.15 和 0.5。

在进行初始帧的视频对象提取时,因为没有可供参考的视频对象,所以仍然采用单阈值法,后续帧的分割采用双阈值法。经过上述判断得到运动对象后,还需要后处理。使用小区域去除的方法把误判的背景区域去除掉,再使用形态结构的闭运算及填充运算得到完整的视频运动对象。

#### 6 实验结果及分析

为了验证本文算法的效果,选择 MPEG-4 的几组 QCIF 格式、大小为  $176 \times 144$  的测试图,在 VC++6.0, 2.83GHz CPU, 1.0GB RAM 的 PC 机开发环境下进行测试,结果如图 5 和图 6 所示,还用本文的算法和 Kim 算法<sup>[11]</sup>对 Silent 和 Claire 序列进行了分割并对比了结果,如图 7 所示。

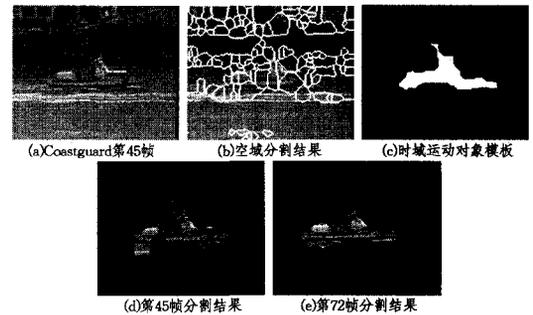


图 5 Coastguard 序列分割结果



图 6 Akyio 序列分割结果

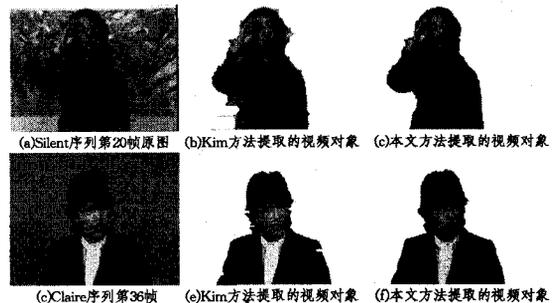


图 7 本文方法与 Kim 方法提取视频对象对比

在 Coastguard 序列中,摄像机随着船只运动,形成了背景的运动。因此首先要进行全局运动补偿后再进行时域运动

(下转封三)

- [8] Lin Chi-sheng, Chang Jui-chuan, Liu Bin-da. A Low-Power Pre-computation-Based Fully Parallel Content-Addressable Memory [J]. IEEE J. Solid-State Circuits, 2003, 38(4): 654-662
- [9] Liu S C, Wu F A, Kuo J B. A novel low-voltage content-addressable-memory(CAM) cell with a fast tag-compare capability using partially depleted(PD) SOI CMOS dynamic-threshold(DT-MOS) techniques [J]. IEEE J. Solid-State Circuits, 2001, 36: 712-716
- [10] Lin P F, Kuo J B. A 1-V 128-kb four-way set-associative CMOS cache memory using wordline-oriented tag-compare (WOTC) structure with the content-addressable-memory(CAM) 10-transistor tag cell[J]. IEEE J. Solid-State Circuits, 2001, 36: 666-675

(上接第 278 页)

区域检测和空间分割。从图 5 中可以看出,由于水纹和船上小旗对时域运动区域检测的影响,分割结果虽然能够完整提取出前景对象,得到对象的主要轮廓,但是边缘定位还不够准确,有待于进一步的提高。Coastguard 序列由于进行了全局运动补偿,处理速度约为 12 帧/s,基本满足实时性。

图 6 是 Akyio 序列的分割结果,Akyio 序列是背景静止的头肩序列,时域检测的运动对象区域准确,空间也得到了较好的分割,所以得到了较好的分割结果。Akyio 序列不用进行全局运动补偿,空间分割区域合并量小,处理速度约为 26 帧/s,满足实时性。

图 7 中,Silent 序列是背景复杂、局部运动快速的图像序列,而 Claire 序列是背景简单的头肩序列,运动较缓慢,从实验结果来看,本文的算法都得到了准确的视频运动对象分割结果。而且本文方法的准确性高于 Kim 提出的方法。

**结束语** 提出了一种在通用视频序列中联合时空信息分割运动对象的算法。对于运动背景,采用匹配加权的全局运动估计算法,消除了背景全局运动的影响;在时域检测中,使用基于直方图拟合的显著性检测及对称差分法来获得运动对象模板,克服了依据经验设定阈值的缺点,提高了运动对象模板的准确性;在空间区域分割中,对分水岭算法从形态重建滤波、多尺度形态梯度计算、粘性形态学修正及区域合并等方面进行了改进,克服了分水岭算法易受噪声影响及过分割问题,得到了有效的区域分割;最后使用双阈值比重法提取出视频运动对象。从实验结果来看,本文算法对运动背景、静止背景和复杂背景的图像序列都能够进行较好的分割,实时性较好,而且,通过对彩色图像每个像素的 R、G、B 取权值平均后,该算法也可用于彩色图像。但是,由于运动补偿的精度有限,在纹理丰富的背景区域和明显边缘处,会有大的运动误差,对运动背景视频图像序列的分割结果形成了一定影响,因此时域

(上接第 289 页)

- [5] The 35th Top500 List [EB/OL]. <http://www.top500.org>, 2010
- [6] Franck Cappello INRIA. Fault Tolerance & PetaScale Systems; Current Knowledge, Challenges and Opportunities [C] // EuroPVM/MPI 2008. LNCS 5205. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008
- [7] Plank J S, Li Kai, et al. Diskless Checkpointing. IEEE Transaction on Parallel and Distributed Systems [J]. 1998, 9(10): 972-986
- [8] Chen Zi-zhong, Fagg G E, Gabril E, et al. Building Fault Survivable MPI Programs with FT-MPI Using Diskless Checkpointing

- [11] Austin T, Larson E, Ernst D. SimpleScalar. An infrastructure for computer system modeling [J]. IEEE Computer, 2002, 35(2): 59-67
- [12] Burger D, Austin T M. The SimpleScalar Tool Set [R]. CS-TR-97-1342, 1997
- [13] 张浩, 林伟, 周永彬, 等. 通用处理器的高带宽访存流水线研究 [J]. 计算机学报, 2009, 32(1): 142-150
- [14] Clark L T, Choi B, Wilkerson M. Reducing Translation Lookaside Buffer Active Power [C] // ISLPED. 2003: 10-13
- [15] 屈文新, 樊晓桢. “龙腾”R2 微处理器存储管理单元的设计与实现 [J]. 西北工业大学学报, 2007, 25(1): 137-141

分割准确性还需要进一步改进。如何进一步改进全局运动估计算法的准确性,提高运动对象分割结果还应做进一步研究。

## 参考文献

- [1] 张泽旭, 李宗宗, 李宁宁. 基于光流场分割和 Canny 边缘提取融合算法的运动目标检测 [J]. 电子学报, 2003, 31(9): 1299-1302
- [2] 彭小宇, 杨明, 邹北骥, 等. 基于局部图金字塔的不规则块匹配视频分割方法 [J]. 计算机科学, 2008, 35(4): 233-237
- [3] Chien S Y, Huang Y W, Hsieh B Y, et al. Fast video segmentation algorithm with shadow cancellation [J]. IEEE Trans. on Circuits Systems for Video Technology, 2004, 14(5): 732-748
- [4] 张晓波, 刘文耀, 吕大伟. 基于时空信息的自动视频对象分割算法 [J]. 光电子激光, 2008, 19(3): 384-387
- [5] 杨高波, 张兆扬, 余圣发. 一种基于小波分解和分水岭变换的视频对象自动分割算法 [J]. 通信学报, 2005, 26(3): 7-13
- [6] 李宏, 李翔, 胡可成. 基于时空融合的视频分割算法研究 [J]. 信号处理, 2009, 25(1): 72-76
- [7] Tsaig Y, Averbuch A. Automatic segmentation of moving object in video sequences: a region labeling approach [J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, 12(7): 597-612
- [8] Aach T, Kaup A, Mester R. Statistical model-based change detection in moving video [J]. Signal Processing, 1993, 31(2): 165-180
- [9] Meryer F, Vachier C. Image segmentation based on viscous flooding simulation [C] // Proceedings of ISMM 2002. CSIRO, Sydney, 2002: 69-77
- [10] Vincent L. Morphological gray scale reconstruction in image analysis; applications and efficient algorithms [J]. IEEE Trans. on Image Processing, 1993, 12(2): 176-201
- [11] 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

[C] // Proceedings of the 10th ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming (PPoPP). Chicago, Illinois, 2005: 213-223

- [9] Vaidya N H. A Case for Two-Level Distributed Recovery Schemes [C] // ACM SIGMETRICS Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems. Ottawa, Canada, 1995: 65-73
- [10] Hwang K, Hai Jin, Chow E, et al. Designing SSI Clusters with Hierarchical Checkpointing and Single I/O Space [J]. IEEE Concurrency, 1999, 7(1): 60-69
- [11] Oracle. Lustre [EB/OL]. <http://www.sun.com/software/products/lustre/index.xml>, Jun. 2010