

一种静态背景下的运动目标提取算法

刘永 戴礼荣 宋彦

(中国科学技术大学电子工程与信息科学系, 合肥 230027)

摘要 为了对静态背景下的运动目标进行快速、准确的提取, 提出了一种新的运动目标自动提取算法. 该算法在传统的亮度信息的基础上, 通过引入色差信息来作为预分割的参考, 取得了较好的预分割效果; 然后通过改进传统的canny算法, 使之能处理含有时间关系的两帧图象, 以此来获得物体的精细边缘; 最后设计了一种辅助边缘提取方法, 结合精细边缘, 以此来得到运动物体的连续边界. 实验表明, 这是一种快速稳健的分割算法.

关键词 计算机图象处理(520·6040) 视频分割 连通区域 Canny算法

中图分类号: TP391.41 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)07-0759-05

An Algorithm for Object Segmentation in Static Scene

LIU Yong, DAI Li-rong, SONG Yan

(Dept. of Electronic Eng. and Information Sci., University of Sci. and Tec. of China, 230027 Hefei)

Abstract In this paper a novel algorithm is proposed for automatic segmentation of moving objects. Quick and precise abstraction of the moving objects enables a high level understanding and analysis of video contents and is very important in context-based video coding (MPEG-4). Different from traditional approaches in which only luminance information is used, color information is also used in this algorithm as a reference in preprocess and the preprocess result is good. Traditional canny algorithm is improved here and is added a new ability to process two temporal correlative frames by which we get objects' refined but uncontinuous edges. An approach is proposed to get auxiliary edges by which refined edges are mended to be continuous edges of moving objects. Experimental results show that it's a fast and effective algorithm.

Keywords Video object segmentation, Connected area, Canny algorithm

0 引言

在MPEG4等新一代压缩编码标准中, 基于任意形状对象的编码已成为非常重要的内容^[1]. 由于基于对象的编码需要首先把视频图象分割成不同的对象或者把运动对象从背景中分离出来, 然后才能针对不同的对象采取不同的编码方式, 以达到较高的压缩比, 因此视频对象的自动分割是新一代编码技术中的研究热点和难点.

静态背景的图象序列是视频中比较有代表性的种类, 特别在监控领域, 静态背景的视频是其主要内容. 由于监控智能化要求对监控内容进行有效的识别和分析, 其中运动目标提取是一个重要的内容, 所

以其提取质量的好坏直接关系到分析和识别结果的准确与否.

1 预分割

对于静态背景下的运动目标提取, 可以利用以阈值化算法和特征空间聚类为主要手段的并行方法^[2]来处理图象序列中的所有像素. 运动目标的范围可通过计算前后两帧图象的差值大致确定, 这种方法被称之为差图象方法或直接方法^[2]. 在进行图象分割时, 传统的差图象方法中的灰度分量得到广泛的应用, 因为它包含了图象的大多数信息. 而当灰度非常接近的时, 颜色信息则往往呈现出显著的区分作用. 尽管基于感知的颜色模型(CIE, HVC,

HSV)更适合于图象的表达和分析^[3],但本文选择了 YCrCb 颜色模型,原因在于:(1)对机器而言,不具备直接感知特征的 YCrCb 模型的颜色差别同样可以通过 CrCb 分量得以体现;(2)由于大多数原始视频数据是 YCrCb 格式的,因此其直接利用可以省去转换工作^[4].引入色度分量后,新的差图象定义如下

$$G_n(i, j) = \max\{|Y_n(i, j) - Y_{n-1}(i, j)|, |U_n(i, j) - U_{n-1}(i, j)|, |V_n(i, j) - V_{n-1}(i, j)|\} \quad (1)$$

$$O_{n-1}(i, j) \cup \bigcup_{0 \leq i \leq 2} G_{n-1}(i, j) \quad (2)$$

在这里,分别用 U 和 V 表示 Cr 和 Cb 分量,可通过式(2)的结果来确定运动框架,实验表明,结合上一帧的提取结果 $O_{n-1}(i, j)$ 和连续 3 次的运动信息(即差图象)能够比较准确地确定物体框架,并且不使物体落在框外,试验中, $O_0(i, j)$ 和 $G_n(i, j) (n \leq 0)$ 都赋予 0 值.

预分割轮廓的计算分如下两步进行:

(1)在运动框架内,计算当前帧和背景帧(保存经过确认的属于静态背景的灰度和色度信息,起始状态下通常将第 1 帧当作背景帧)的像素灰度和色度变化值,像素变化值 $C_n(i, j)$ 定义如下

$$C_n(i, j) = \max\{|Y_n(i, j) - \tilde{Y}(i, j)|, |U_n(i, j) - \tilde{U}(i, j)|, |V_n(i, j) - \tilde{V}(i, j)|\} \quad (3)$$

其中, $\tilde{Y}(i, j)$, $\tilde{U}(i, j)$ 和 $\tilde{V}(i, j)$ 是内存里不断更新的背景帧中各像素的灰度和色度值.对 $C_n(i, j)$ 可运用阈值化方法来得到初步提取结果,阈值 $T_n(i, j)$ 随着每次检测结果的不同而更新,其计算式如下

$$T_n(i, j) = \begin{cases} 10 & (i, j) \in M_{n-1} \\ 5 & (i, j) \in M_{n-1} \end{cases} \quad (4)$$

其中, M_{n-1} 是上一帧运动目标的提取结果.

(2)运动目标在移动过程中对背景造成遮挡.如果初始状态下物体就落在图象序列中,那么物体移动后应该及时把新显露出的背景收集到背景帧里(背景掩盖问题);如果物体的运动停止,即重新成为静物,此时也应该能够及时被归纳入背景的范围(物体遗留问题).本文利用如下连通区域标注的方法来检测出来的框内备选区域作区分:

① 和运动信息(差图象)出现相互重叠的部分被认为是正在运动的物体.

② 和运动信息(差图象)没有互相重叠的部分

是新显露的背景或者是运动停止的部分,它们在背景更新时被收集到背景帧里.

预分割的流程和结果分别见图 1 和图 2.

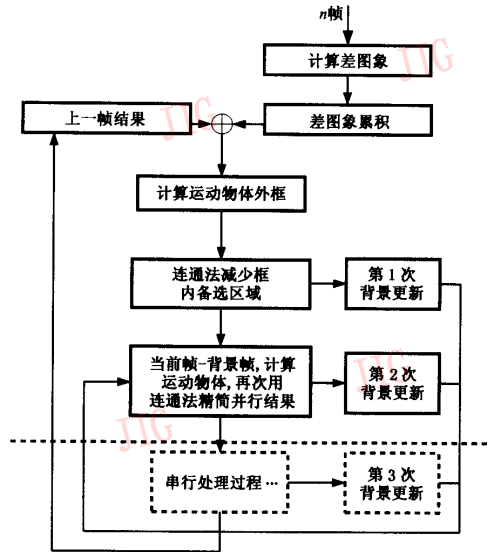
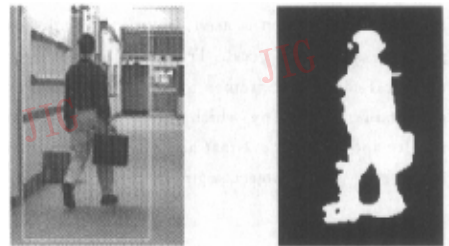


图 1 预分割流程



(a) 运动框架

(b) 预分割轮廓

图 2 Hall monitor 第 47 帧的预分割所得的运动框架和预分割轮廓

2 边缘处理和运动目标的获得

由于目标物体在运动的同时,周围景物的亮度发生了变化,且这些变化区域和运动物体紧密相连,因此预处理部分无法将它们和运动目标区分开来.本节提出一种获得精细边缘和辅助边缘的算法,联合两者最终可得到连续的边界.

2.1 精细边缘的获得

Canny 算子是一种广泛使用的边缘检测方法,本文主要利用其无多重响应这一特点,即检测出的结果是单边缘的^[5].尽管 Canny 处理步骤中有高斯

平滑过程,但噪声不能完全避免,且这些噪声会对后面的处理结果产生影响.为了抑制噪声,首先应从范围上减小它的影响,由于本文的 Canny 处理过程都是在预处理部分所确定的运动框架内进行的,并且取预分割轮廓内的部分作为边缘检测的结果,从而屏蔽了预分割轮廓外的噪声.

以往 Canny 算子大多用于静态图象的边缘提取,不含有时间信息.为了使它在运动图象序列里能够检测变化的内容,本文改进了传统的 Canny 算子,使其输入是含有时间关系的两帧图象,输出是变化部分的物体边缘.在本文中,输入是当前帧和背景帧,对背景帧则在运动框架内用传统 Canny 来提取背景边缘,然后把背景边缘点作为搜索停止的条件加入到改进的 Canny 算子的搜索步骤里:如果改进的 Canny 算子在搜索过程中遇到这些点,那么就停止搜索,否则继续搜索.

在复杂背景的情形下,由于运动目标边缘和背景边缘频繁交错,所以上述算法得到的运动目标边缘很不连续.基于 Canny 算子的单边特性,本文再次对 Canny 算子的搜索过程加以改进:如果发现运动目标边缘的备选点和背景边缘点重叠,则继续探测下一个备选点:

(1) 如果下一个备选点没有继续和背景边缘重叠,则下个备选点和当前备选点都被确认为精细边缘.

(2) 如果下一个备选点继续和背景边缘重叠,则认为运动目标的这段边缘到此为止.图 3 是改进后的 Canny 算法中边缘搜索的流程.

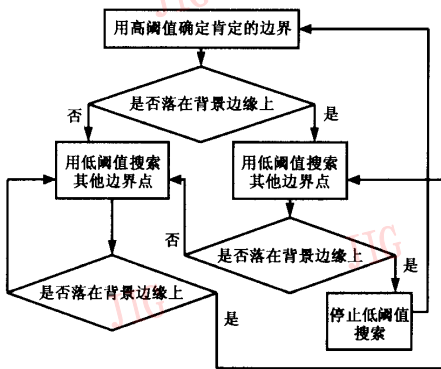


图 3 改进的 Canny 搜索流程

图 4(a)是当前帧用 Canny 算法得到的结果减去背景边缘中重叠部分所得的结果,图 4(b)是用改进的 Canny 算法得到的结果,两者的运算量都约为 2 个传统 Canny 过程,但可以看出,改进的 Canny

算法能够有效地得到前景变化的信息,轮廓比用传统 Canny 算法得到的结果连续很多.表 1 是 Hall monitor 序列用改进前后的 Canny 算法得到的效果对比.

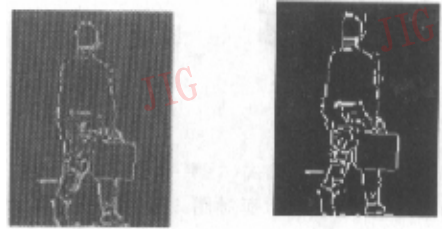


图 4 两种 Canny 方法的结果比较

表 1 改进前后 Canny 算法得到的精细边缘断裂的统计

帧号	算法	
	原 Canny	改进 Canny
41 帧	40	19
42 帧	39	19
43 帧	33	13
44 帧	47	26
45 帧	34	18
46 帧	36	16

2.2 辅助边缘的获得

虽然利用改进的 Canny 算子获得的精细边缘在连续性方面得到了改善,但是在复杂背景情况下,易出现目标边缘和背景边缘连续重叠的情况,改进后的 Canny 算子在搜索过程中,无法利用其单边特性来越过由连续两个以上重叠像素而造成断裂.

很多情况下,运动目标内部的灰度或色度的变化剧烈,其得到的精细边缘,除了物体的外部轮廓外,还有些内部细节.由于这些物体内部边界的方向随机分布,有时和物体边缘方向接近,其梯度也有可能超过物体边缘,因此传统的边界生长方法容易寻错边界,为此,提出了一个生成辅助边缘的方法.其最大差值图象的定义为

$$F(i, j) = \max\{f_n(Y(i, j)), f_n(U(i, j)), f_n(V(i, j))\} \quad (5)$$

$$f_n(A(i, j)) = \max\{|A(i, j) - A(i+k, j+l)| \mid -T \leq k, l \leq T\} \quad (6)$$

式中, T 表示了差值算子的作用范围.

图 5(a)是一个含有边缘的像素矩阵,其边缘位置在对角线上,像素值(亮度或者色度)分布如图 5(b)所示.通过式(5)和式(6) ($T=1$)的计算,即可得到最大差值图象矩阵(图 5(d)),图 5(c)其显示了边缘宽度.最大差值图象带来了如下一些好的性质:

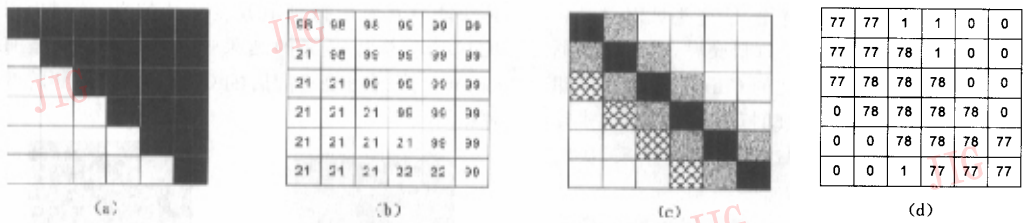


图 5 最大差值图象

(1) 宽边缘. 如果式(6)中 $T=1$, 则图 5(d) 中显示的边缘宽度是 2.5, 而对图 5(b) 作一次微分运算只能得到宽度为 1 的边缘. 容易证明, 当 T 取值为 m 时, 将得到宽度为 $2.5m$ 的边缘.

(2) 强连接性. 如果边缘不连续, 则由性质(1)和图 5 可知, 当 $T=1$ 时, 若能够对宽度为 1 和 2 的断裂部分予以连接, 则容易证明, 当 T 取值 m 时, 可以对宽度在 $2m$ 以内的断裂予以连接.

(3) 针对运动目标边缘和背景边缘部分重叠的情况, 如果对当前帧和背景帧都作最大差值图象, 则在没有运动目标遮挡的部分将得到相同的最大差值图象; 但在运动目标边缘和背景边缘重叠部分, 由于运动目标和被遮挡背景在灰度、色度上的不同, 因此最大差值图象是宽度相同, 而幅度不同的边缘.

联合最大差值图象像素值定义如下

$$E_n(i, j) = |F_n(i, j) - F_{Back}(i, j)| \quad (7)$$

F_n 和 F_{Back} 分别是当前帧和背景帧的最大差值图象.

对 E_n 作平滑处理之后, 在与预分割轮廓对应的范围内, 从外向内运用区域生长算法来剔除生长算法蔓延的部分, 这样就得到了辅助边缘(如图 6 所示). 由最大差值图象的性质(1)可知, 辅助边缘大体分布于精细边缘的外侧; 由性质(2)和区域生长的前提条件可知, 边缘是连续封闭的.

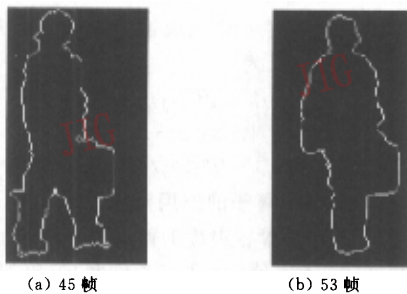


图 6 Hall monitor 45, 53 帧的辅助边缘

2.3 运动目标的最终获取

最终对运动目标的描述是在遍历辅助边缘的过程中, 通过修补精细轮廓来完成的, 处理流程如图 7 所示.

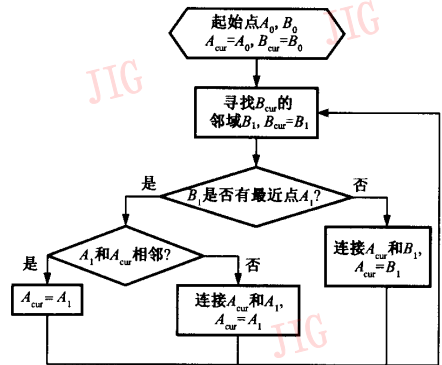


图 7 精细边缘修补过程

B_0 是辅助边缘上的任一点, 也是起始点, A_0 是距离 B_0 最近的精细边缘上的一点, B_{cur} 点和 A_{cur} 点记录了辅助边缘和精细边缘走过的路线, 初始值设为 B_0 和 A_0 . 从 B_0 开始:

(1) 在辅助边缘上搜索 B_{cur} 的相邻点 B_1 , $B_{cur} = B_1$.

(2) 寻找距离 B_1 最近的精细边缘上的点, 此时要分如下两种情况:

① 如果在一定半径范围内没有精细边缘的点, 则连接 A_{cur} 和 B_1 连线经过的点归入精细边缘, 用 B_1 作为新的 A_{cur} .

② 如果在半径内找到了精细边缘上的最近点 A_1 , 则通过判断其是否和 A_{cur} 相邻, 再分别作如下处理:

1) 如果相邻, A_1 直接归入精细边缘, 则 A_{cur} 的坐标值等于 A_1 ;

2) 如果不相邻, 则连接 A_1 和 A_{cur} , 并将连线记入精细边缘, A_{cur} 的坐标值等于 A_1 .

(3) 修补流程的结束条件是精细边缘的 A_{cur} 或者辅助边缘上的 B_{cur} 又回到起点, 否则循环运行此过程。

由上面的精细边缘的修补过程可知, 最终连续的精细边缘由如下 3 个可能的部分组成: (1) 修补前的精细边缘; (2) 精细边缘上短小的断裂处的直线段; (3) 与精细边缘上大的断裂处对应的大轮廓上的边缘以及两端直线连线。

另外, 由上面的算法得到的结果是封闭和单边的。Hall monitor 序列中得到的部分提取结果如图 8 所示。



图 8 Hall monitor 序列部分提取结果

4 结 语

本文将引入的色差分量作为对象挖掘的信息; 通过修改搜索法则得到一个带有时间信息的 Canny 算子, 从而使提取出的变化部分边缘的连续性得到较大提高; 由于通过引入最大差值图象来得到了封闭单边的辅助边缘, 并利用辅助边缘设计修补算法来得到了连续封闭单边的精细边缘, 从而取得了比较理想的提取效果。

由于辅助边缘有较强的连接作用(辅助边缘性质 2), 因此在显示出良好的修复效果同时, 也容易连接距离很近的精细边缘, 如图 8 中的第 1 个结果。下一步我们将针对这方面做一些工作, 以保留更多的细节信息。

参 考 文 献

- 1 MPEG-4 Video Group. MPEG-4 video verification model version 10.0[S]. ISO/IEC JTC1/SC19/WG11 Document MPEG98/N1992, February 1998.
- 2 章毓晋. 图象分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- 3 Cucchiara R, Grana C. Detecting objects, shadows and ghosts in video streams by exploiting color and motion information[A]. In: Proceedings of IEEE 11th International Conference on Image Analysis and Processing [EB/OL], www.ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isNumber=20665, 2001; 360~365.
- 4 Fan Jianping, Yau D K Y. Automata image segmentation by integrating color-edge extraction and seeded region growing[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 2001, 10(10): 1454~1466.
- 5 Canny J. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6): 679~698.



刘 永 1976 年生, 2000 年获中国科学技术大学电子工程与信息科学系学士学位, 现为该系硕士研究生。主要研究方向为数字视频处理和多媒体技术。



戴礼荣 1962 年生, 副教授, 1983 年获西安电子科技大学电子工程系学士学位, 1985 年获合肥工业大学通信电子系统专业硕士学位, 1996 年获中国科技大学通信与信息系统专业博士学位。主要研究方向为多媒体通信、语音信号处理、人机语音对话的研究及 DSP 技术应用。



宋 彦 1972 年生, 讲师, 1997 年获中国科学技术大学电子工程与信息科学系硕士学位, 1997 年至今留校任教。主要研究方向为语音、图象、多媒体信息处理。