

基于主动轮廓模型提取运动目标的图像分割技术

朱莉 朱音 黄贤武

(苏州大学通信与电子工程系, 江苏 苏州 215021)

摘要: 复杂背景下的运动目标分割技术是近年来多媒体通信技术的热点之一。文中提出一种基于 SNAKE 模型的运动目标分割技术。首先, 利用运动检测的方法, 从视频图像中粗略提取出运动目标; 然后再利用 SNAKE 模型收敛到更为精确的物体边缘。模拟实验的结果表明, 该方法对运动目标的提取有较好的分割效果。

关键词: 图像分割, 运动检测, 主动轮廓模型

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2004)01-0106-03

Moving Object Segmentation Method Based on Snake Model

ZHU Li, ZHU Yin, HUANG Xian-wu

(Department of Communication and Electronic Engineering, Suzhou University, Suzhou 215021 China)

Abstract: Moving object segmentation technology in complex background is one of the hottest points in multimedia communication recently. In this paper, a method of moving object segmentation based on Snake is proposed. Firstly, the method of motion detection is used to obtain an approximate moving object, then, snake model is employed to extract moving object with precision. The examination results show that by the proposed method good results can be obtained.

Key words: Image segmentation, Motion detection, Snake

1 引言

在面向对象的图像压缩和基于内容的图像数据库查询中, 将图像分割成不同的对象区域。在这些运用中, 分割是为了进一步对图像进行分析、识别、压缩编码等操作, 分割的准确性直接影响后续任务的有效性, 因此具有十分重要的意义。

从人工参与程度的角度来看, 图像的分割可以分为人工、半自动和自动共三种类型。人工分割是完全依靠操作者勾画出分割区域的轮廓, 费时费力, 重复性差; 半自动分割是由计算机进行底层的分割, 然后通过人工的方式标记同属于同一个目标的区域, 然后由计算机将这些区域合并成为一个视频目标; 自动分割的方法可以完全依赖计算机自动地从视频序列中分割出运动目标。

本文提出的方法可以在复杂的背景之下实现对前景运动目标的准确分割, 流程如图 1 所示。

2 运动分割

在运动目标的提取中, 运动检测的方法得到了广泛的应用, 但该方法存在其固有的遮挡与显露、孔径匹配误差等问题, 使得运动目标的分割不尽人意。尤其是遮挡与显露的背景图像在运动检测中会被认为是运动区域而加以分割, 这样, 假若物体的运动矢量较大, 会导致分割出来的运动区域包含相当一部分的伪运动区域。特别是在复杂场景的情况下, 背景显露遮挡部分的梯度明显而复杂, 不仅会使得使用梯度信息作为收敛参数的后续 SNAKE 方法无法收敛到精确的运动物体边缘上, 而且会影响收敛的速度和效果。故而, 去除运动检测所造成的显露遮挡现象在本方法中尤为重要。

本文提出的方法可以克服运动场的运动遮挡现象, 具体描述如下。

在理想情况下, 不考虑噪声的影响, 视频序列图像 $I=\{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ 中的每一帧均可由运动图像部分 $M=\{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ 覆盖于静止背景 S 之上而获得。 $D=\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 表示序列图像的帧差, 根据连续时刻 $t-1, t, t+1$ 的三帧图像 $I(t), I(t+1)$ 和 $I(t+2)$, 可以得到 $t, t+1$ 时刻序列图像的帧差:

$$D(t)=I(t+1)-I(t) \quad (1)$$

$$D(t+1)=I(t+2)-I(t+1) \quad (2)$$

定义 $P(t_1, t_2)$ 表示帧差 $D(t_1)$ 在视频图像 $I(t_2)$ 上的

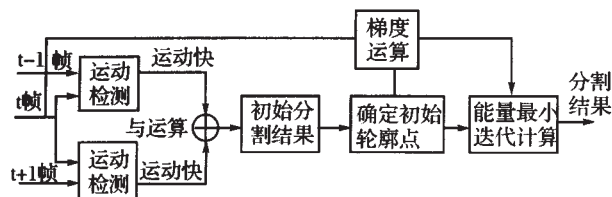


图 1 图像自动分割法流程图

收稿日期: 2003-06-04

投影图像。

定义 $U(t)$ 表示运动物体从 $t-1$ 到 t 时刻, 由于运动造成的 t 时刻视频图像 $I(t)$ 显露的背景部分。

定义 $C(t)$ 表示运动物体从 t 到 $t+1$ 时刻, 由于运动造成的 t 时刻视频图像 $I(t)$ 被遮挡的背景部分。

因此, 可得:

$$P(t, t+1) = M(t+1) + U(t+1) \quad (3)$$

$$P(t+1, t+1) = M(t+1) + C(t+1) \quad (4)$$

式中 $P(t, t+1)$ 表示帧差 $D(t)$ 在视频图像 $I(t+1)$ 上的投影图像, $P(t+1, t+1)$ 表示帧差 $D(t+1)$ 在视频图像 $I(t+1)$ 上的投影图像; $U(t+1)$ 表示运动物体从 t 到 $t+1$ 时刻, 由于运动造成的 $t+1$ 时刻视频图像 $I(t+1)$ 的背景显露部分; $C(t+1)$ 表示运动物体从 $t+1$ 到 $t+2$ 时刻, 由于运动造成的 $t+1$ 时刻视频图像 $I(t+1)$ 的背景遮挡部分; 而 $M(t+1)$ 表示真实的运动物体。它们之间的相互关系可如图 2(a) 和 (b) 所示。

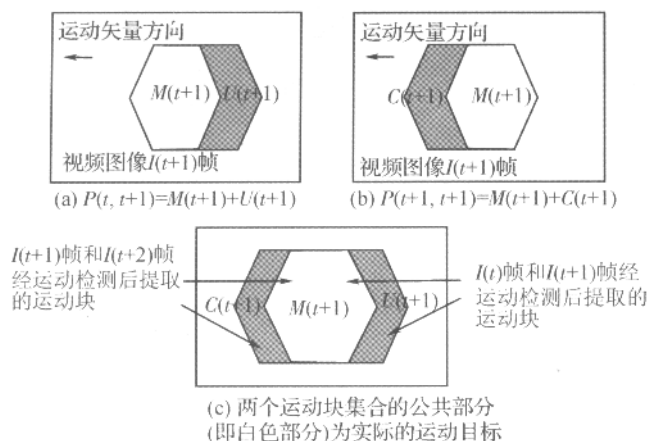


图2 视频图像关系

视频图像 $I(t+1)$ 帧的前序运动所形成的背景显露与后序运动所形成的背景遮挡不相重叠, 故而对两幅帧差进行与操作, 如图 2(c) 所示, 可剔除伪运动信息而获得不包含遮挡显露部分的运动区域, 使得后续 SNAKE 算法可以收敛到运动物体的正确边缘并提升收敛速度。

为了使检测的结果不受随机因素的影响而有更强的鲁棒性, 考虑设定一个大小为 8×8 像素大小的检测窗, 并将检测窗内的像素差值之和记为:

$$\Delta^2(t) = \sum_{k \in w} (d_k(t+1) - d(t))^2 \quad (5)$$

通过计算 Δ^2 是否大于某一阈值而判断该子图像是否运动。用公式描述如下:

$$J(N) = \begin{cases} 1, & \Delta^2 \geq t_0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

其中, N 表示一个 8×8 像素的视频序列图像子块, $J(N)=1$ 表示该区域是运动区域, $J(N)=0$ 表示该区域是静止区域。

这样, 问题的关键是如何求得阈值 t_0 , 一种方法是依据经验确定; 另一种方法可以通过在视频图像中确定一个静止区域, 估算其值: 一般而言, 运动区域集中在视频图像的中下方, 而视频图像的上方一般为静止区域。因此, 我们假设视频序列顶部的 8 个像素行为静止区域, 在这个范围内估算阈值。8 个像素行的范围恰好是一排检测窗的区域, 通过对多个检测窗内的像素差值之和求最大值, 可以获得阈值 t_0 (参见式 (7) 和式 (8))。

$$\Delta_i^2(t) = \sum_{k \in w_i} (d_k(t+1) - d_k(t))^2 \quad (7)$$

$$t_0 = 10 \times \max(\Delta_1^2, \Delta_2^2, \dots, \Delta_n^2, \dots) \quad (8)$$

式 (7) 计算出静止区域中第 i 个检测窗的像素差值之和, 式 (8) 中 \max 表示求最大值计算。由试验可知, 运动区域的像素差值之和比静止区域像素差值之和两个数量级, 因此, 为了提高算法的容错性, 可将阈值扩大十倍。

3 主动轮廓模型

Kass 于 1988 年提出的主动轮廓模型使用能量函数获得分割目标。使用该模型所获得轮廓是闭合的, 并且由于在能量函数中采用积分运算, 具有较好的抗噪性, 对目标的局部模糊也不敏感, 因而适用性较广。但这种分割方法容易收敛到局部最优, 为此, 我们要求初始轮廓应尽可能靠近真实轮廓; 前文的运动检测已经求得了运动物体的大致轮廓, 随后的操作就是先设定初始轮廓点, 然后, 应用能量函数进行迭代运算, 使得轮廓点逼近目标的真实轮廓, 最后, 将轮廓点相连, 便得到分割出的目标轮廓。

3.1 轮廓点的自动确定

在本文中, 我们针对视频图像的特征, 将应用在静态图像中的 SNAKE 自动确定初始化轮廓点的算法, 结合运动信息运用到视频图像的分割中, 并改进了修正准则函数, 从而实现了视频图像中的运动目标设定初始轮廓点的方法。

轮廓的初始化算法的目的是用来确定一个接近实际物体轮廓的点集, 算法具体描述如下。

步骤 1: 找寻运动像素块的形状中心 $g(x, y)$ 。

$$x = m_{10}/m_{00} \quad y = m_{01}/m_{00} \quad (9)$$

m_{00} : 运动块的总数

m_{10} : 运动块中心像素 X 方向坐标累加和

m_{01} :运动块中心像素Y方向坐标累加和

步骤2: 将运动像素块的形心作为射线中心,构建N条射线,射线的另一端与图像的边界相接。两条连续射线的角度为 $2\pi/N$;

步骤3: 每一条射线,实际便是一个点集 $L_j=\{P_{ji}(x,y), i=1,2,\dots,n_j\}$, $P_{ji}=g(x,y)$,由于物体边缘的灰度级别较高,所以初始轮廓点 P_s 的设定条件之一应是使得灰度级大于某一个阈值,又考虑到SNAKE模型具有向内收缩的趋势,故而将初始轮廓点设在物体轮廓的外部,准则函数如下。

准则1: 在射线上灰度值大于梯度阈值的点集中,将距离中心点最远的点设为初始轮廓点。公式表述如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{\partial}{\partial x} P_{ji}(x,y) \right| + \left| \frac{\partial}{\partial y} P_{ji}(x,y) \right| \geq T_g \\ P_s = \max_i \{ |P_{ji}(x,y) - g(x,y)| \} \end{array} \right. \quad (10)$$

其中, T_g 便是设定的梯度阈值,在本方法中,按照经验设为100即可。

步骤4: 如果图像中的噪声过大,采用上述方法设定P点集,会使精度有所下降。为了减弱噪声的影响,可以通过执行平滑操作来获得更加精确的初始轮廓点。由试验可知,两个相邻的轮廓点的距离不应过大,否则应加以修正。修正准则如下:

准则2: P_s 是点集P上的一点,若 $|P_s - P_{s+1}| + |P_s - P_{s-1}| < 2 \times T_d$,则不做修改;反之,若用线段 L_j 上同时满足准则一和准则二的点 P_k 来代替 P_s 。

$$\text{其中 } T_d = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{i+1} - P_i)}{n}, \quad P_1 = P_{n+1} \quad (11)$$

公式(10)变为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{\partial}{\partial x} P_{ji}(x,y) \right| + \left| \frac{\partial}{\partial y} P_{ji}(x,y) \right| \geq T_g \\ P_k = \max_i \{ |P_{ji} - P_{s+1}| + |P_{ji} - P_{s-1}| \} \end{array} \right. \quad (12)$$

3.2 能量函数

SNAKE算法定义的能量函数主要由内部能量函数 E_{int} 和外部能量函数 E_{ext} 组成:

$$E_{snake} = \sum_{i=1}^n (E_{int}(i) + E_{ext}(i)) \quad (13)$$

$$E_{int}(i) = \alpha_i |P_i - P_{i-1}|^2 + \beta_i |P_{i+1} - 2P_i + P_{i-1}|^2 \quad (14)$$

$$E_{ext}(i) = -|\text{grad}f(x,y)|^2 \quad (15)$$

内部能量函数考虑轮廓自身的连续性和各点曲率的大小,函数的第一项用来限制SNAKE点间的距离,使两点之间的距离不可过大或过小,相当于张

力;函数的第二项则约束该点与相邻两点所成的夹角,若系数置零,则意味着该点的曲率可以取任意值。外部能量函数主要涉及到图像的一些具体变化,本文则使用梯度函数来代替。

4 试验结果

根据上述理论分析,本文对CUP图像序列作了测试。该图像序列中每一帧图像的运动矢量均大于16像素/帧。图3是采用三帧运动检测法提取运动图像块的结果。



图3 三帧运动检测法提取结果

运动检测的误差会引起目标边缘的少许缺损,如图3(c)中杯子的边缘并不完全包含在所提取出的运动图像块中,所以我们还必须对这一结果进行边缘扩充,方法是:对提取出的运动图像块的边缘再进行一个块大小的扩充。经过多次实验结果证明,扩充后的图像块基本上包含了整个运动目标。如图4所示,虽然经扩充后的运动图像块仍附带有一些背景图像,但从总体上来说,还是较好地解决了由显露遮挡现象引起的包含过多背景的问题。



图4 经过扩充后的结果

对于经运动检测后所得到的分割结果,使用主动轮廓模型将运动目标收敛到更为精确的结果。图5和图6是分别对两帧运动检测法和三帧运动检测法所得到的运动图像块设定SNAKE初始轮廓点和最后的SNAKE收敛结果。

(下转第113页)

作为单片机系统软件,还包括系统上电初始化,系统上电自检,自检结果报告,中断处理程序等。

系统工作状态分为自检状态、自试验状态、故障检测状态、参数整定状态等。自检状态下系统对实时钟、RAM、NVRAM、输出继电器等硬件设备进行检查。自试验状态下系统模拟故障波形,输入到故障诊断电路,给出模拟波形下的系统按照用户设定的故障诊断规则和参数计算出的故障段判断结果,用户可以参考计算结果验证配电网设计的正确性。故障检测状态是系统正常运行的状态,没有故障发生的情况下,总是显示前一次故障的信息,一旦有故障发生立即给出故障报告,并将故障段输出到继电器输出电路,当用户按任意键时系统显示正常工作画面,当上位机返回故障清除信号后清除故障输出继电器。参数整定状态下,用户可以选择不同的菜单进行定时、设置网络拓扑结构、设置故障诊断参数、设置故障继电器的输出数据形式、设置故障输出方法(选择故障继电器输出或通过串行口输出)。

5 结束语

本文依据一种基于变电站出线断路器二次重合闸时间的10 KV和35 KV线路故障点位置诊断方法建立了一种状态机模型,使用ALTERA EPM7128 EPLD器件实现了此状态机,使用MCS51系列单片

机研制了智能故障检测装置。试验表明此智能故障检测仪能够满足分段检测电力线路故障段的要求,系统运行稳定,较国外同类型产品有人机界面友好操作方便,适用性更广的特点,所采用的故障检测原理为电力线故障检测提供了一种新思路。我国大部分电网已经配备了与本文所述原理相似的设备,但只是起隔离故障点的作用,此智能故障检测仪能够与大部分这种类型的闭锁设备配合使用,实现故障定位的功能,因此应用前景广阔。

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心.电力系统继电保护实用技术问答.1997, 5, 第1版.中国电力出版社,1997.23-25.
- [2] 贺家李.电力系统继电保护原理.1994年10月第3版.北京:水利电力出版社,1994.3-6
- [3] 王渺等.面向对象的变电站故障定位及恢复处理智能系统.红水河,1998,第17卷第4期:61-63
- [4] 赵跃进等.单片机在小型变电站故障检测与报警中的应用.计算机工程与设计,1999,第18卷第6期:48-52
- [5] 冯祥.MCS-51单片机与p1d可编程器件接口设计.半导体技术,2001,第26卷第3期:30-31
- [6] 周伶.240×64点阵式液晶显示模块的应用.电机电器技术,2001,2001年02期:32-35

胡 军 男,(1975-),讲师,博士研究生。

(上接第108页)



(a) 两帧运动检测法, 叠加 SNAKE 初始轮廓点

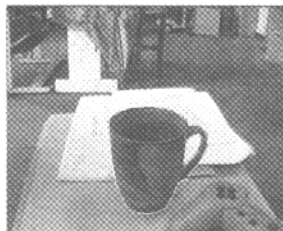


(b) 两帧运动检测法, SNAKE 收敛结果

图5



(a) 三帧运动检测法, 叠加 SNAKE 初始轮廓点



(b) 三帧运动检测法, SNAKE 收敛结果

图6

对比图5和图6的试验结果,我们发现,相对于两帧运动检测法,三帧运动检测法更多地摒弃了由于运动显露遮挡问题所造成的伪运动块,故而所得到的SNAKE初始轮廓点更接近运动物体的真实轮廓,因此,可收敛到更为精确的运动物体的边缘。

参考文献

- [1] P. C. Yuen, G. C. Feng, J. P. Zhou, A contour detection method: Initialization and contour model, Pattern Recognition Letters 20(1999), 141-148
- [2] 潘锦辉,廖庆敏,林行刚 视频序列中运动目标的自动提取,清华大学学报(自然科学版)2001年 第41卷 第4/5期 M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos.
- [3] Snakes:Active contour models. Proceedings of First International Conference On Computer Vision,1987,259-269