

基于背景像素值频次最高假设的背景重构算法

齐美彬 王倩 蒋建国 安宝磊

(合肥工业大学计算机与信息学院, 合肥 230009)

摘要 背景重构是背景差分法运动检测的关键问题,为了快速地重构背景,提出了一种新的基于“背景点像素值出现频次最高”假设的背景重构算法,即先在观察时间内抽样若干帧作为训练图像序列,并用帧差法对图像进行处理得到大致运动区域,再利用区域生长法得到较完整的运动区域;然后将各抽样帧内运动区域内的点都标记为前景点,而将其余点标记为背景点;最后,统计每个背景点的不同像素值出现的频次,并选出频次最大的灰度值作为该像素点的背景灰度值。实验表明,该算法能快速有效地重构背景。

关键词 背景差分法 背景重构 区域生长 运动检测

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)04-0723-06

A Background Reconstruction Algorithm Based on the Hypothesis of Background Pixel with Maximum Probability

QI Mei-bin, WANG Qian, JANG Jian-guo, AN Bao-lei

(School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009)

Abstract Background reconstruction is the key to moving detection. So a background reconstruction algorithm based on the hypothesis of background pixel with maximum probability is presented in this paper. First, we calculated the difference between sequential frames which are sampled from a section of video sequences, and get the full moving area by area growing, then label the pixels in moving area as moving points and others as background point. We calculate the mean of the intensity value of the background point in these frames and consider the mean of the intensity value as the background pixel intensity. The results of experiments show that this new algorithm can reconstruct the background quickly and successfully.

Keywords background subtraction, background reconstruction, area growing, motion detection

1 引言

视频序列中运动目标的检测方法有很多,由于摄像机静止时,图像中背景区域固定不动,因此可用光流法^[1,2]、帧差法^[3]和背景差分法^[4]进行运动目标的检测。其中光流法不需要背景的任何先验知识就能实现运动目标的检测和跟踪,但计算量大;帧差法虽能适应环境变化,但分割出的目标不完整,而且当目标运动较快时,容易产生目标重叠,而背景差分法则能很好解决此问题;背景差分法是通过将输入图像与背景进行差分来检测出运动目标,由于其能

保持目标的完整性,且运算量较小,因此得到广泛应用。本研究背景差分法中的关键问题:背景重构。

在利用背景差分法进行运动检测时,必须先进行背景重构,前人已做了大量工作,其中获得背景最直接的方法是采集不含运动目标的图像作为背景,或者将一段图像序列的像素平均灰度作为近似的背景,但易将前景目标混入背景中。

在静止场景中,一个像素点在一段时间内的亮度变化服从高斯分布,如果场景变化缓慢,那么只要用基本的高斯模型就可以适应这种变化,但由于背景往往较复杂,对背景像素仅用一个高斯分布表示是不够的,因此目前大多使用混合高斯分布。文献

基金项目:科技部中小企业创新基金项目(04c26213401216)

收稿日期:2006-08-31;改回日期:2006-11-24

第一作者简介:齐美彬(1969~),男,副教授,现为合肥工业大学计算机与信息学院博士研究生。主要研究方向为数字图像处理与DSP应用。E-mail: qimeibin@163.com

[5]采用 K 个高斯分布 (K 值取 3 ~ 5) 的混合模型来表示背景像素的分布规律, K 值越大, 系统越能表征复杂的场景, 但计算量也将随之增加。文献[6]提出了一种无参数的核密度估计算法, 用来实现背景的建模, 即先保留图像中每个像素亮度值的样本, 然后用这个样本来估计像素亮度分布的密度函数, 但其存储量和运算量都非常大。

文献[7]是利用分级分块背景估计法建立背景, 即利用子块能量和高阶矩判断每一子块是背景子块还是运动子块, 但分块的大小会影响重构背景的质量, 分块过小不能反映高斯分布的特性; 分块过大又会将子块中的小目标恢复到背景中。

另外, 也可以从一组观测图像中, 按照一定的假设选择合适的像素灰度值构成当前背景。文献[8]认为在图像序列中, 稳定状态最长的灰度值是背景像素灰度值, 但如果前景目标运动较慢, 稳定状态最长的灰度值往往是前景目标, 此时就会产生错误结果。文献[9]利用光流场法去掉了由运动目标产生的稳定状态最长的灰度值, 从而得到了正确结果, 但光流场算法复杂、运算量大; 文献[10]认为, 背景在图像序列中总是最经常被观测到的, 文献[11]利用此假设提出了基于像素灰度归类的背景重构算法, 当假设成立时, 其虽能很好地重构背景, 但是当运动物体出现的概率大于背景出现的概率时, 即假设不满足时, 就不能正确重构背景。

文献[9]对抽样的相邻两帧做帧差之后是直接划分每个像素的灰度平稳区间, 但当运动目标运动缓慢或抖动时, 由于帧差只能检测出运动目标的边缘, 所以连续几帧二值化图像中运动物体的内部会出现空洞或边缘不完整, 这时会把前景物体的像素灰度也划分成一个灰度平稳区间, 也就是当前景像素灰度出现的概率大于背景像素灰度出现的概率时, 则前景像素会被当作背景。

一般情况下, 背景像素灰度值出现的概率最大, 由于文献[10]的假设较文献[8]的假设更为合理, 因此本文基于文献[10]的假设进行背景重构, 但是要先去掉运动前景的灰度值, 再选择频次最高的背景灰度值作为该点的背景像素值, 本文在此基础上提出了一种新的背景重构算法。

2 本文背景重构算法描述

本文算法包括以下 4 个步骤: (1) 用 3 帧帧差法得到当前帧的大致运动区域; (2) 用区域生长法

找到完整的运动区域; (3) 判断每一帧的每一像素是背景点还是前景点, 并划分背景点的状态区间; (4) 将平均灰度值相近的归为一类, 并累计区间的长度, 将与最长的区间对应的灰度均值作为该像素点的背景像素值。

2.1 三帧帧差法

已知图像序列 $\{I_1, I_2, \dots, I_N, \dots\}$, 帧差法就是先从该图像序列中等间隔抽取 $N+1$ 帧图像, 记为 $\{m_0, m_1, \dots, m_N\}$ 。 $m_i(x, y)$ 表示在这 $N+1$ 帧图像中的第 i 帧 ($i=0, 1, 2, \dots, N$) 像素点 (x, y) 的灰度值; 然后通过求 3 帧的帧差得到差分图像 D_1 和 D_2 , 其中 D_1, D_2 分别为第 1 帧和第 2 帧图像及第 2 帧和第 3 帧图像的差分图像, 接着对差分图像进行二值化处理, 得到二值化图像 G_1 和 G_2 , 再通过 G_1 和 G_2 的相与来得到大致的变化区域 M_i :

$$M_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{如果 } (G_1(x, y) \cap G_2(x, y)) \neq 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

2.2 区域生长法

该方法就是先用区域生长法检测出完整的运动区域作为前景; 然后只对背景区域的像素进行灰度平稳区间划分, 并进行灰度级归类, 这就避免了对前景像素灰度平稳区间的划分。为了减小运算量并避免阴影等噪声点的影响, 可先对 M_i 进行分割, 然后仅在包含目标的区域内做区域生长。

区域生长时, 先从 M_i 中找到运动区域的边缘点, 然后将每一个边缘点作为种子点, 映射到当前帧的原始图像中, 其生长准则是当种子点与所考虑的像素点灰度值差的绝对值小于或等于某个阈值 T 时, 就将该像素包括到该种子点所在的区域, 算法的邻域系统为八邻域。将区域生长法得到的包含完整运动区域的二值化图像记为 W_i 。

2.3 划分背景点的状态平稳区间

当 $W_i(x, y) = 1$ 时, 则该像素点为前景点; 当 $W_i(x, y) = 0$ 时, 则该像素点为背景点。然后再统计背景点的各灰度值持续出现的帧数, 即可得到各灰度值的状态平稳区间。

在运动物体的静止期间, 帧差法将该物体所在区域像素点判为背景点, 而当物体离开原来位置后, 帧差法也将该区域像素点判为背景点, 因此要区分这两种情况, 否则物体就混入了背景。考虑到背景点与前景点的灰度值一般有较大差异, 因此可以将相邻的两帧原始图像的背景点灰度做比较, 当灰度值差异小于 T (T 可以为运动检测的阈值) 时, 则可

认为此背景点的当前帧与上一帧的状态是连续的;当灰度值差异大于 T 时,则可认为此背景点的当前帧与上一帧的状态不是连续的,此时可将当前帧作为一个新的背景点状态的开始。

最终利用 $W_i(x, y)$ 和相邻两帧的灰度差两个因素来判断当前帧的当前像素点是否属于某个背景点状态的平稳区间。

2.4 背景点状态区间归类及背景灰度值确定

该步骤是先对每一个像素比较各段背景点状态平稳区间的平均灰度值,灰度均值相近的归为一类;然后对属于同一类的背景点状态平稳区间再求均值;最后累计每一类背景点状态平稳区间的总长度,并将与最长的背景点状态平稳区间对应的平均灰度值作为点 (x, y) 的背景像素值,算法结束。

3 实验结果分析

为验证本文算法效果,在 P42.9G PC 上,用标

准 hall_monitor(QCIF) 测试序列对本文算法进行了实验,即从 300 帧中抽样 10 帧进行处理,以获得背景图像,处理 10 帧图像耗时约 25ms,即每帧耗时约 2.5ms,可见满足实时性要求。同时将本文重构背景算法与时间平均法及像素灰度归类法的实验结果进行了比较。如图 1 所示,左边的人顺着摄像机方向渐渐离开摄像机,使得人体内部部分像素点的灰度值出现的概率大于背景灰度值出现的概率。重构结果表明,用本文算法能较好地重构出背景(见图 1(b))。图 1(c)是像素灰度归类法重构的背景,图中显示背景中混入了人;图 1(d)为时间平均法重构的背景,由图 1(a)可见,由于左右两个人都混入了背景,致使背景有明显阴影。图 1(e)为第 258 帧原图;图 1(f)为用本算法对重构背景做运动检测的结果;图 1(g)为用像素灰度归类法对重构背景做运动检测的结果,该图左边出现了虚假目标,图 1(h)为用时间平均法对重构背景做运动检测的结果,该图左边也出现了假目标。

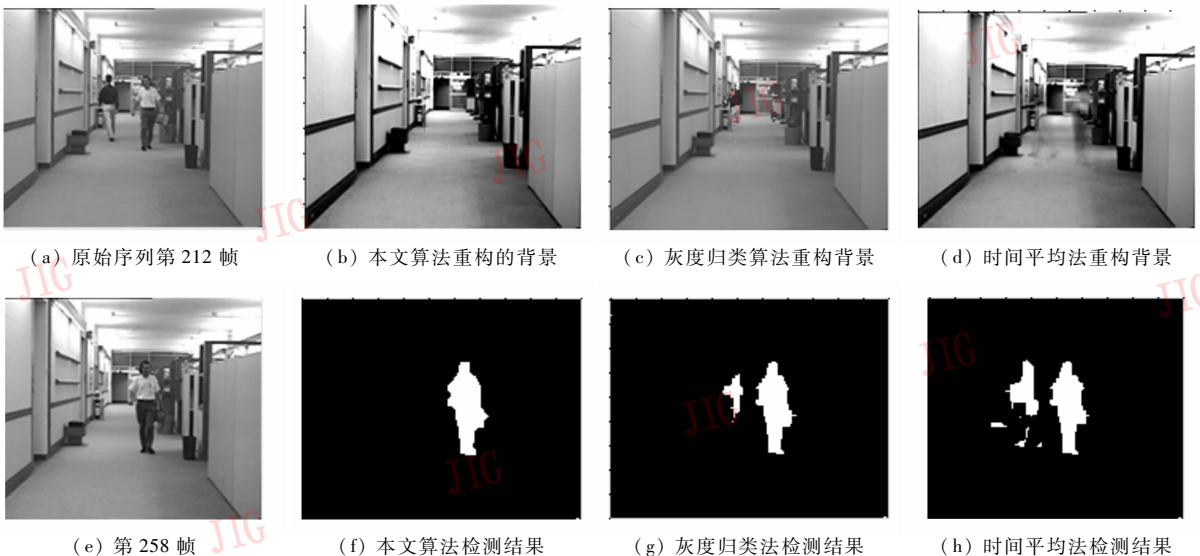


图 1 Hall_monitor.yuv 序列实验结果 1

Fig. 1 Result 1 of hall_monitor.yuv

图 2 是室内自拍序列的实验结果。图 2(a)为自拍序列中的一帧,图像上运动目标较大,且运动缓慢,一共抽样 18 帧用来重构背景。图 2(b)为用本文算法重构出的背景,图 2(c)为用像素灰度归类法重构的背景,该图右侧有少量斑点。图 2(d)为室内自拍序列第 252 帧原图,图 2(e)为用本文算法重构的背景进行运动目标检测的结果;图 2(f)为用像素灰度归类法重构的背景的运动目标检测结果,该图

右侧出现了误检运动点。

图 3 为从交通视频序列中抽样 25 帧重构的背景,该序列左下角不断有车辆出现。图 3(b)为本文算法重构出的背景;图 3(c)为灰度归类法重构的背景,因为相似灰度的车辆不断出现,从而导致该图左下角有长条状的斑点块;图 3(d)为时间平均法重构的背景,该图左下角有明显阴影。图 3(e)为交通监控序列第 176 帧,用 3 种方法进行了运动目标检测。



图 2 室内自拍序列的实验结果

Fig. 2 Result of sequence in the room

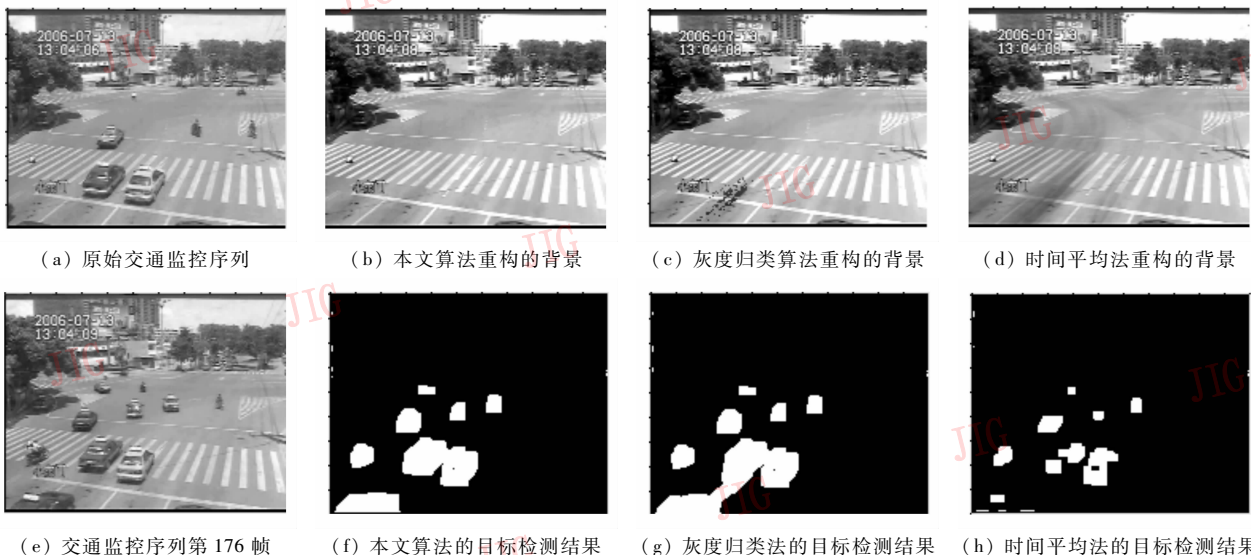


图 3 交通监控序列的实验结果

Fig. 3 Result of traffic sequence

图 3(f) 为用本文算法重构的背景做背景差分的结果, 图 3(g) 为用灰度归类法重构背景做背景差分的结果, 由该图可见, 由于背景上的阴影导致检测出的车体拖尾; 图 3(h) 为用时间平均法重构的背景做背景差分的结果, 由该图可见, 背景上的阴影导致左下角车体不完整。

4 本文算法适应性讨论

本文算法是针对文献[11]的问题提出的, 希望

当背景像素值出现的频次不是最高时, 仍能重构背景。该算法先利用抽样的相邻三帧帧差法和区域生长法检测出运动物体的完整区域, 并判断每一帧的每个像素点是背景点还是前景点; 然后只对被判为背景点的像素点进行统计 (即不统计前景点); 最后选出每一像素点出现频次最大的灰度值作为该点的背景灰度值, 这就避免了前景点的灰度值混入背景的问题, 实验表明, 大多数时候本算法能正确重构背景。

4.1 背景更新策略

本文算法是从过去的观测图像来重构背景 (参

考文献[11]),有以下3种更新策略:第1种是定时背景更新,适用于背景缓慢变化的情况,即在规定时间段(如5min)的最后10s内抽样若干帧图像用来重构背景,并作为下一个时间段的背景;第2种是在背景突变时进行更新,即若连续若干帧背景差分图像中,其变化的像素数超过某一个阈值时(如全部像素数的80%),则表明背景发生了突变,需要重构背景;第3种情况是,若连续若干帧的背景差分图像中某区域为变化区域,且目标质心变化很小,则可将之判为虚假目标,此时就要重构新的背景。为了减小运算量,可以仅对虚假目标所在的区域进行背景更新。这种背景更新情况可用图4所示的实验来说明。从 hall_

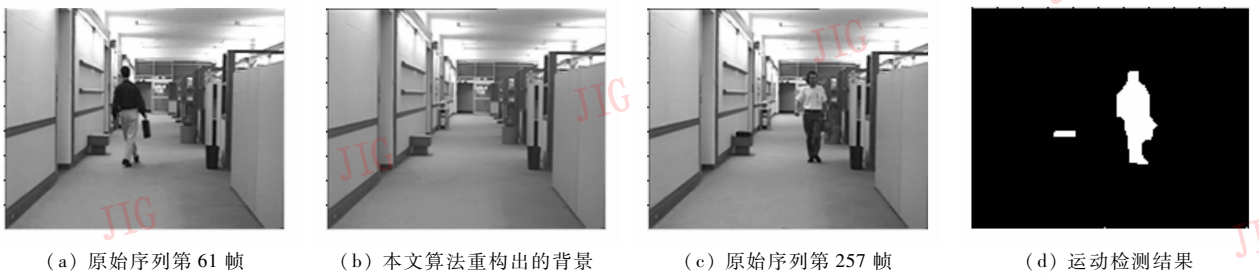


图4 Hall_monitor.yuv 序列实验结果 2

Fig. 4 Result 2 of hall_monitor.yuv

4.2 算法适用条件和范围

若场景中存在一些微小的变动区域,如树叶的轻摆或水面的微波,则重构出的背景不能反映这种变化,但由这种情况导致的运动目标检测出现的错误结果可用数学形态学方法去除。若场景中存在摆动性质的物体只要去掉运动点后,背景点出现的频次最高,则采用本文方法就可以重构出不含这些运动部分的背景。若运动目标检测后,有人们不感兴趣的目标(如摇摆的树枝)出现,则需要算法的高层进行处理,比如,若这些目标的质心轨迹具有摆动或摇动的规律,则视之为虚假目标。当场景中存在波动剧烈的水面或开启的电脑屏幕时,由于帧差法会显示每一帧中该区域都是变化的,因此无法重构出理想的背景,如何更好地解决这些问题,需要进一步的研究。

5 结论

本文提出一种简单有效的背景重构算法,其可利用较少的抽样帧数有效地重构背景。

该算法无须对场景中的背景和目標建立模型,

monitor 序列的前 100 帧重构出的背景如图 4(b) 所示,由于在前 100 帧中,左边的人没有将箱子放下,所以背景中没有箱子,从第 133 帧开始,人把箱子放下,此时若以图 4(b) 所示背景做运动目标检测,则静止的箱子就会被误检为运动目标(见图 4(d))。后续的运动目标检测显示:由于连续 16 帧内箱子所在区域均为变化区域,且质心坐标始终为(58,81),因此判断此箱子为虚假目标,此时就要重构新的背景。在第 3 种情况下,由于目标运动缓慢或者受噪声的影响,因此目标质心可能有一定变化,此时可根据实际情况设定阈值,若目标质心变化小于此阈值,则仍然认为该区域是虚假目标,要进行背景更新。

即可直接从含有运动前景的场景图像中重构背景,这不仅有效地避免了混合现象,并且当前景运动目标长时间在某一区域运动或目标在某一区域频繁出现,导致该区域的某些像素点前景点灰度值出现的概率大于背景点灰度值出现的概率时,仍能正确重构背景。

参考文献 (References)

- 1 Smith S M, Brady J M. ASSET-2: Real-Time motion segmentation and shape tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent, 1995, 17(8): 814 ~ 820.
- 2 Wei Zhi-qiang, Ji Xiao-peng, Feng Ye-wei. A moving object detection method based on self-adaptive updating of background[J]. Acta Electronica Sinica, 2005, 33(12): 2261 ~ 2264. [魏志强, 纪筱鹏, 冯业伟. 基于自适应背景图像更新的运动目标检测方法[J]. 电子学报, 2005, 33(12): 2261 ~ 2264.]
- 3 Jolly M P D, Lakshmanan S, Jain A K. Vehicle segmentation and classification using deformable templates[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent, 1996, 18(3): 293 ~ 308.
- 4 Jain R. Difference and accumulative difference pictures in dynamic scene analysis[J]. Image and Vision Computing, 1984, 2(2): 99 ~ 108.
- 5 Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture models for

- real-time tracking[A]. In: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition[C], Fort Collins, CO, USA, 1999, **2**: 246 ~ 252.
- 6 Elgammal A, Duraiswami R, Harwood D, *et al.* Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance[J]. Proceedings of the IEEE, 2002, **90**(7): 1151 ~ 1163.
- 7 Cui Yu-wei. Research of Some Problems About Motion Detection and Track[D]. Xi'an Northwest University, 2005, 15 ~ 29. [崔宇巍. 运动目标检测与跟踪中有关问题的研究[D]. 西安:西北大学, 2005, 15 ~ 29.]
- 8 Long W, Yang Y. Stationary background generation: An alternative to the difference of two images[J]. Pattern Recognition, 1990, **23**(12): 1351 ~ 1359.
- 9 Gutchess D, Trajkovic M, Cohen-Solal E, *et al.* A background model initialization algorithm for video surveillance[A]. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Computer Vision[C], Vancouver, Canada, 2001: 733 ~ 740.
- 10 Kornprobst P, Deriche R, Aubert G. Image sequence analysis via partial difference equations[J]. Journal of Mathematical Imaging and Vision, 1999, **11**(1): 5 ~ 26.
- 11 Hou Zhi-qiang. A background reconstruction algorithm based on pixel intensity classification[J]. Journal of Software, 2005, **16**(9): 1568 ~ 1576. [侯志强. 基于像素灰度归类的背景重构算法[J]. 软件学报, 2005, **16**(9): 1568 ~ 1576.]