

# 适应场景光照变化的运动目标检测算法

李亚玲<sup>1</sup>, 徐荣青<sup>1</sup>, 聂桂军<sup>2</sup>, 田俊青<sup>1</sup>, 姚晓宇<sup>1</sup>

(1. 南京邮电大学 光电工程学院, 江苏 南京 210003;

2. 南京工业职业技术学院 计算机与软件学院, 江苏 南京 210046)

**摘 要:**背景减除法是运动目标检测的常用方法,其性能取决于所使用的背景模型。文中针对混合高斯模型不能应对光线突变的问题,提出了一种改进的背景模型。首先选择了新的模型参数,并对模型的更新机制进行了改进,使用了固定的学习率且对方差的更新加入了自适应的更新因子,使其可以适应局部的快速光照变化;其次对模型加入了帧间处理使其可以适应全局的快速光照变化。实验表明,改进的方法能适应各种条件下的光照变化,提高了运动目标检测的精确度。

**关键词:**光照变化;背景减除;混合高斯模型;帧间处理

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)02-0140-03

## Moving Object Detection Method for Change in Scene Light

LI Ya-ling<sup>1</sup>, XU Rong-qing<sup>1</sup>, NIE Gui-jun<sup>2</sup>, TIAN Jun-qing<sup>1</sup>, YAO Xiao-yu<sup>1</sup>

(1. School of Optoelectronic Engineering, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. School of Computer and Software, Nanjing Institute of Industry Technology, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** Background subtraction is one of the common methods in motion detection, its performance depends on the background model. This paper proposes an improved background subtraction method based on Gaussian mixture background model which can not deal with the problem of scene light rapid change. First, a new model parameters was selected, and model updating mechanism was improved by using a fixed learning rate and adding the adaptive factor to update the variance, it can adapt to local illumination changes rapidly. Then, the frame disposal was joined to the model so that it can adapt to deal with the rapid global changes in light. Experimental results show that the improved method can adapt to changing light conditions, and improve motion detection precision.

**Key words:** light change; background subtraction; Gaussian mixture model; frame disposal

## 0 引言

视频监控中运动目标的检测是计算机视觉的重要研究领域,目前运动目标的检测主要有光流法、帧差法和背景减除法<sup>[1]</sup>。其中,光流法计算复杂,很难满足实时处理的要求;帧差法虽然计算速度快,但容易造成物体的空洞现象,造成错误的检测;背景减除法避免了上述两种缺点,是目前使用的主要方法<sup>[2]</sup>。背景减除法的基本思想是通过比较当前帧与背景模型之间的差别来实现运动物体的检测,其性能取决于所使用的背景建模技术。其中,背景的更新非常重要,因为它直接影响了背景模型对场景变化的适应性。

在背景建模的过程中,由于场景是不断变化的,特别是场景光照的变化以及场景中的扰动(如摇动的树枝等),因此要求所建立的背景模型具有较高的适应

性。背景建模的方法很多,其中混合高斯背景模型法由于其鲁棒性比较高,在背景建模方面能够处理规律变化的动态背景(如摇动的树枝,波动的水纹等问题,并且取得了比较好的效果<sup>[3-5]</sup>。混合高斯背景模型的更新机制对光线的缓慢变化也能很好的处理,但是对于光线的突变,会将大多数像素误检为是前景,从而造成无法正确的提取运动目标。文中主要对混合高斯背景模型不能应对光线的突变的问题进行了分析,首先对混合高斯背景模型的参数重新选择,并对更新机制进行了改进,使其可以适应局部的快速光照变化,其次对模型加入了帧间处理,使其可以适应全局的光照变化。

## 1 混合高斯模型

Grimson 和 Stauffer 在文献[6]中给出了混合高斯模型原理,该模型用  $K$  (经验值取 3~5) 个高斯分布统计每帧中相同像素点在最近  $t$  帧的值  $\{X_1, X_2, \dots, X_t\}$ , 从而得到以下该像素值在当前帧的概率密度函数:

收稿日期:2010-06-17;修回日期:2010-09-05

基金项目:国家自然科学基金面上项目(60778007)

作者简介:李亚玲(1985-),女,硕士研究生,研究方向为视频处理;  
徐荣青,教授,博士,研究方向为光电信息检测,指纹处理。

$$P(x) = \sum_{i=1}^K \frac{w_{i,t}}{(2\pi)^{-\frac{n}{2}} \left| \sum_{i,t} \right|^{-\frac{1}{2}}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (x_i - \mu_{i,t})^T \left( \sum_{i,t} \right)^{-1} (x_i - \mu_{i,t}) \right] \quad (1)$$

$$\sum_{i,t} = \sigma_{i,t}^2 \cdot I \quad (2)$$

其中,  $K$  为高斯分布的个数, 由于实时性和效率的要求, 一般取值为  $3 \sim 5$ ,  $n$  表示  $x$  的维数<sup>[7]</sup>。 $w_{i,t}$  为在  $t$  时刻的混合高斯模型中第  $i$  个高斯成分的权重,  $\mu_{i,t}$  及  $\sum_{i,t}$  分别为第  $i$  个高斯成分的均值和协方差,  $\sigma_{i,t}$  为标准差,  $I$  为单位矩阵。由于作为背景的像素值出现的次数比较多也更稳定, 因此具有较大的权重和较小的方差。所以, 将  $K$  个高斯成分按照  $\frac{w_{i,t}}{\sigma_{i,t}}$  的大小从高到低进行排序, 取前  $B$  个高斯成分建立背景模型,  $B$  根据下式计算:

$$B = \arg \min_b \left( \sum_{i=1}^b w_i > T \right) \quad (3)$$

阈值  $T$  度量了背景高斯成分在像素的整个概率分布中所占的最小比例<sup>[8]</sup>。当  $T$  取得很小,  $K$  阶混合高斯模型则退化为单高斯模型;  $T$  取稍大, 则可以为复杂的动态背景, 如摇动的树叶、波动的水纹等建立多个高斯分布的混合模型模拟真实的场景。

新的观测值  $x_{i,t}$  与排序的  $k$  个高斯分布进行匹配, 匹配的条件为:  $|x_{i,t} - \mu_i| < 2.5\sigma_i$ , 仅考虑第一个匹配的分布。匹配后有两种情况, 第一种情况是存在匹配的高斯成分, 如果这个高斯成分代表背景模型, 则此像素被判别为背景像素, 否则这个像素为前景; 第二种情况是没有匹配的高斯成分, 此时也将此像素判别为前景。

为了更新模型, 对于第一种情况, 各个高斯分布的权重、均值和方差都按以下公式更新:

$$\begin{cases} w_{i,t} = (1 - \alpha)w_{i,t-1} + \alpha, & \text{匹配的高斯成分} \\ w_{i,t} = (1 - \alpha)w_{i,t-1}, & \text{不匹配的高斯成分} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_{i,t-1} + \rho x_{i,t}, & \text{匹配的高斯成分} \\ \mu_{i,t} = \mu_{i,t-1}, & \text{不匹配的高斯成分} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \sigma_{i,t}^2 = (1 - \rho)\sigma_{i,t-1}^2 + \rho (x_{i,t} - \mu_{i,t})^T (x_{i,t} - \mu_{i,t}), & \text{匹配的高斯成分} \\ \sigma_{i,t}^2 = \sigma_{i,t-1}^2, & \text{不匹配的高斯成分} \end{cases} \quad (6)$$

$$\rho = \alpha * \exp \left[ -\frac{1}{2} (x_i - \mu_{i,t})^T \left( \sum_{i,t} \right)^{-1} (x_i - \mu_{i,t}) \right] \quad (7)$$

对于第二种情况, 若都不匹配则增加一个新的高斯分布, 给予一个较小的权重 ( $w = 0.005$ ), 以当前像素值作为均值, 并取一个较大的方差<sup>[9]</sup>。当  $k = K$  时, 用新的高斯分布来代替最小优先级的高斯分布。

## 2 改进的算法

### 2.1 模型参数的选择及更新机制的改进

参数的选择直接影响到检测效果, 而最终的检测效果并不依赖于高斯成分的个数<sup>[10]</sup>, 所以选择适当的参数至关重要。

由式(4)~(7)可知, 随着训练数据数目  $t$  的增加, 模型参数越来越趋于稳态, 最典型的表现就是更新因子  $\alpha$  和  $\rho$  越来越小以致接近于 0, 这样会使当前的观测值  $X_t$  对估计的影响越来越弱。因此, 将  $\alpha$  和  $\rho$  都取为固定的值, 这样不仅能避免上述情况, 也使计算量一定程度上减少。对于权重学习因子  $\alpha$ , 如果选择较大的值, 背景的更新会比较快且能够适应场景中发生的突变, 但是较大的学习因子会导致我们感兴趣的前景目标无法检测出来, 所以应选择一个较小的值, 文中选择  $\alpha = 0.005$ 。为了适应环境的变化, 均值的更新率应取大一些, 取  $\rho_\mu = 0.0015$ 。

但是随着背景模型越来越稳定, 式(6)中  $x_i - \mu_{i,t}$  逐渐趋于 0, 方差的值也会越来越小, 导致场景中任何变化都会造成很大的误检。文中就此问题提出了一种自适应性的方差更新方案, 即对方差更新因子  $\rho$  乘一个系数  $\kappa$ , 对于  $\kappa$  太大会导致前景目标的丢失, 太小会导致噪声无法取出, 文中取  $\kappa = X_t - \mu_{i,t}$ 。但是当  $\kappa$  很小时, 又会加速方差的减小, 因此再设置一个阈值  $\delta^2 > 25$ , 这种方法有效的避免了方差过小。

对于新像素判断若为背景, 改进的更新公式为:

$$w_{i,t} = (1 - \alpha)w_{i,t} + \alpha(M_{i,t}) \quad (8)$$

$$\mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_{i,t-1} + \rho x_{i,t} \quad (9)$$

$$\sigma_{i,t}^2 = (1 - \kappa \cdot \rho)\sigma_{i,t-1}^2 + \kappa \cdot \rho (x_{i,t} - \mu_{i,t})^T (x_{i,t} - \mu_{i,t}) \quad (10)$$

$$\kappa = X_t - \mu_{i,t} \quad (11)$$

### 2.2 帧间的处理

上一节中, 在基于像素的基础上提出了对局部光线的突变改进方法, 但是对于全局性的光线突变, 这种方法显然会在计算量上增加。前面介绍了混合高斯模型的原理, 可以看出混合高斯模型只考虑了时间轴上的像素级处理, 而对于全局光线的突变, 在图像中的表现为整体灰度值的变化。在文献[11, 12]中处理光线的突变问题是统计被检测为前景像素的个数, 如果前景像素的个数大于整帧像素的个数的  $q\%$ , 则背景模型用当前背景值代替, 这种方法的不足是在前景目标被检测后才能判断是否有较大的光线变化。文中根据光线突变表现为整体灰度值的变化特点, 提出的方法是在计算当前帧与所得到的背景平均灰度值之间的差别, 如果大于一定的阈值, 则对整幅图像所有的像素权重最大的高斯分布参数同时进行替换, 用当前帧图

像素值代替 $\mu_0$ ,  $w_0$  取较大的值以保证新的分布成为稳定的背景成分,  $\sigma_0$  取为 20。应对光线突变的示意图见图 1。其中  $\text{mean}(t)$  为  $t$  时刻帧的灰度平均值,  $T$  为亮度变化的阈值。该方法能够在光线突变时, 及时更新背景模型, 提高了算法的准确率。

### 3 实验结果

本实验按照上文所描述的方法, 在 VC++6.0 平台上给出了实验结果, 对实验结果都进行了去噪处理, 但对实验结果对比没有影响。高斯混合模型中所选取的参数为:  $\alpha = 0.005$ ,  $\rho_\mu = 0.0015$ ,  $K = 5$ ,  $T = 20$ ; 实验每帧图像大小为  $320 \times 240$ 。

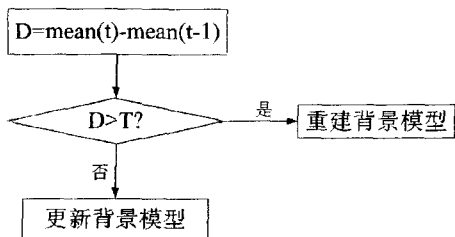


图 1 应对光线突变的示意图

为了验证改进算法的有效性以及适应性, 本实验选取了两组视频序列, 第一组视频(视频 1)序列在室内环境下, 环境中有一块反光镜, 以及灯光的影响, 人进入房间后造成光线的局部变化; 第二组视频(视频 2)序列在室外环境下, 在某一帧全局光照有突变。

实验所用视频提取的背景图像如图 2 所示。

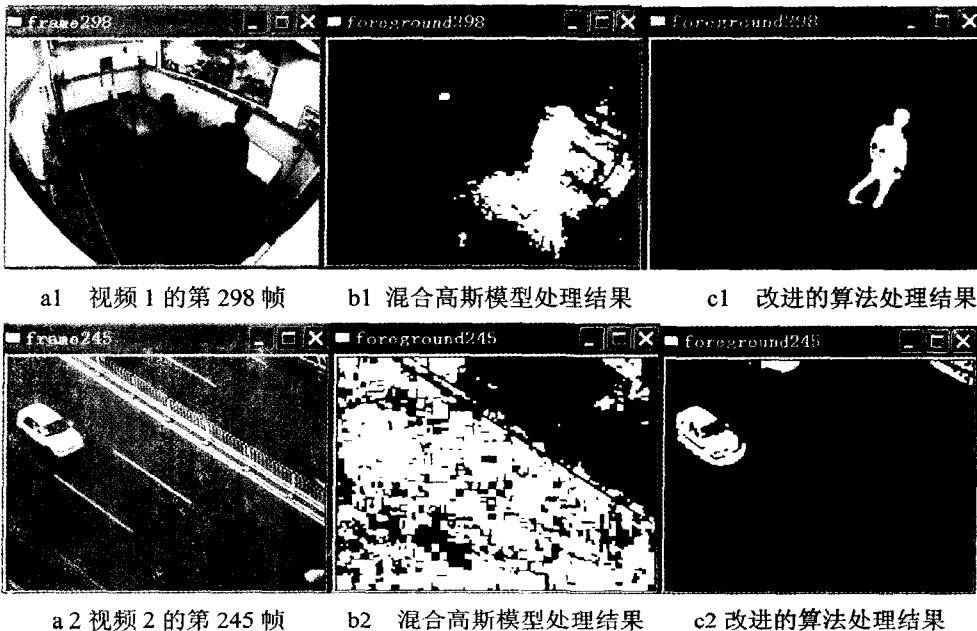


a 视频 1 提取的背景图 b 视频 2 提取的背景图

图 2 分别提取两组视频的背景

图 3 中是两组视频序列分别用高斯混合模型的运动目标检测方法和文中的改进方法的实验结果。a1 是第一组视频中的第 298 帧, 由于环境中存在反光镜,

当人走近时光线有较大的变化, 混合高斯模型法由于不能处理局部光线的突变, 造成部分背景像素误判断为前景像素(如图 3 中的 b1 所示), 文中的改进方法能很好的处理这种情况(如图 3 中的 c1 所示)。



a2 视频 2 的第 245 帧 b2 混合高斯模型处理结果 c2 改进的算法处理结果  
图 3 运动物体检测效果对比图

a2 是室外的一组交通视频在 245 帧时由于外界光线变化造成大量的误检, 文中改进的方法也取得了很好的效果(如图 3 中的 c2)。实验结果表明改进的方法能够很好地处理由于光线变化引起的误检, 提高了基于混合高斯背景模型的鲁棒性与运动目标检测算法的精确性。

a1, a2 分别是二个视频中的某一帧, b1, b2 是混合高斯模型处理结果, c1, c2 是文中改进的处理结果。

### 4 结束语

文中在混合高斯背景模型能够处理缓慢的光照变化的基础上, 对混合高斯背景模型的参数重新选择, 并对更新机制进行了改进, 使用了固定的学习率且对方差的更新加入了自适应的更新因子, 使其可以适应局部的快速光照变化; 其次对模型加入了帧间处理使其在效率上更能适应全局的光照变化。实验表明, 改进的方法能适应各种条件下的光照变化, 提高了运动目标检测的精确度。

#### 参考文献:

- [1] 赵文哲, 秦世引. 视频运动目标检测方法的对比分析[J]. 科技导报, 2009, 27(10): 65-70.
- [2] 甘新胜, 赵书斌. 基于背景差的运动目标检测方法对比分析[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(3): 45-50.

(下转第 146 页)

固件程序的框架,使得我们可以选择相应的函数,只需逐一填写函数体就可以实现相应的功能。固件流程如图 2(b)所示。

### 2.3 控制程序设计

FPGA 采用了 ALTER 公司的 EP1C6Q240C8 芯片,其内部有大量的可编程单元,完全可以满足控制的需要。FPGA 主要的工作是控制各个外设的工作<sup>[9~11]</sup>,要控制的外设大致分为 4 个模块,外部信号采集模块、硬盘读写模块、SDRAM 读写控制模块<sup>[12]</sup>、单片机 SLAVE FIFO 控制模块,这四部分之间是并行工作关系,并且同时工作。另外还包含与单片机命令交换模块,用于解释单片机发送的命令,并做出相应的应答。控制框图如图 3 所示。

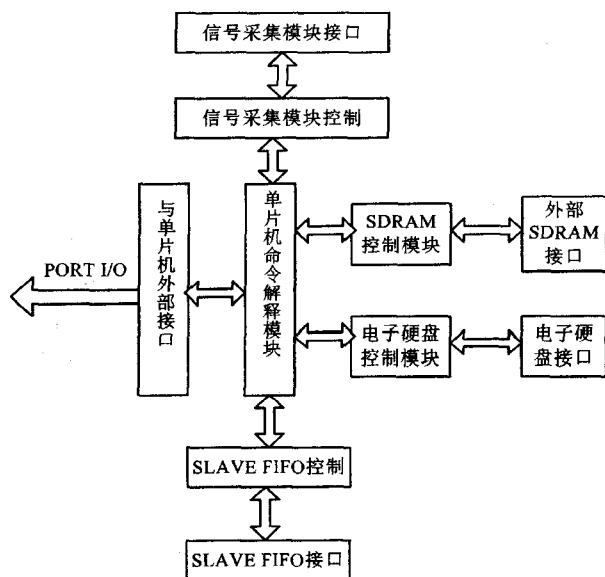


图 3 控制模块框图

## 3 结束语

文中设计的采集存储系统通过改变寻址方式从而

很方便地扩展了存储容量,并且兼容旧的接口形式。该系统能够实现数据的采集、存储和回放,在实际应用中具有良好的操作性、稳定性和可靠性。由于采用了 SLAVE FIFO、UDMA 传输方式和 LBA48 寻址方式,具有访问速度快、存储容量大的优点,完全可以满足各种应用场合,具有广泛的应用前景。

### 参考文献:

- [1] ANSI NCITS. AT Attachment with Packet Extension (ATA/ATAPI-6) [S]. 2002.
- [2] 阮勇,刘培基. 便携式大容量数据采集系统的设计与实现[J]. 青岛大学学报(工程技术版本), 2005, 20(3): 76-79.
- [3] 代勇,李昌禧. 基于嵌入式以太网接口的数据采集处理系统[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2005, 15(5): 125-127.
- [4] 张亮. 数字电路设计与 Verilog HDL [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [5] Budruk R, Anderson D, Shanley T. PCI Express System Architecture [M]. [s. l.]: Pearson Education, 2003.
- [6] 徐爱钧,彭秀华. Keil Cx51 V7.0 单片机高级语言编程与 uVision2 应用实践 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [7] Wang Yin, Li Guozhu. A Design of Single-Chip's USB2.0 Interface Based on CY7C68013 [J]. Journal of Xi'an University of Arts & Science, 2009, 12(2): 85-88.
- [8] 许勇和. EZUSB FX 系列单片机 USB 外围设备设计与应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [9] 王金明. 数字系统设计与 Verilog HDL [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [10] 徐小玲. IDE 硬盘读写技术 [J]. 电子科技大学学报, 2002, 31(6): 636-641.
- [11] 杨坤德,赵亚梅,马远良. 高速大容量多通道数据采集系统设计 [J]. 数据采集与处理, 2002, 17(4): 454-458.
- [12] 侯孝民,张卫杰,龙腾. 高速大容量数据采集存储系统设计 [J]. 无线电工程, 2005, 35(4): 37-40.

(上接第 142 页)

- [3] 白雪,黄延磊. 一种改进运动目标检测算法的研究与应用 [J]. 微计算机信息, 2009, 26(2): 235-239.
- [4] Bouwmans T, Baf F El, Vachon B. Background Modeling using Mixture of Gaussians for Foreground Detection-A Survey [P]. Recent Patents on Computer Science, 2008: 219-237.
- [5] 肖梅,韩崇昭,张雷. 一种视频序列的背景提取算法 [J]. 光电工程, 2005, 32(4): 78-81.
- [6] Stauffer C, Grimson W. Learning Patterns of Activity Using Real-Time Tracking [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 747-757.
- [7] Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. [s. l.]: [s. n.], 1999: 246-252.
- [8] 王陈阳,周明全,耿国华. 基于自适应背景模型运动目标检测 [J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(4): 61-63.
- [9] Schindler K, Wang Hanzhi. Smooth Foreground-Background Segmentation for Video Processing [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006, 3852: 581-590.
- [10] Lee Dar-Shyang. Effective Gaussian Mixture Learning for Video Background Subtraction [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(5): 827-832.
- [11] 樊亚春,周明全,耿国华. 消除光照影响的背景减除算法 [J]. 中国图像图形学报, 2009, 14(7): 1413-1417.
- [12] 陈振华,周锐锐,李光伟,等. 一种改进的高斯混合模型算法及仿真 [J]. 计算机仿真, 2007, 24(11): 190-193.