

利用 MPEG-4 视频流的运动目标检测

董文涛, 杜鹏, 田玉敏

(西安电子科技大学计算机外部设备研究所, 710071, 西安)

摘要: 提出了一种基于 MPEG-4 压缩域运动目标检测算法. 该算法直接在压缩码流中获取运动矢量, 利用迭代滤波器良好特性, 尽可能还原真实运动矢量信息, 并采用自适应阈值选取法的运动矢量标识出运动区域. 在此基础上, 计算滑动窗口内八邻域直流(DC)系数与中心块 DC 系数之差的模, 根据选定的阈值来判断中心块的运动特征, 然后扩展运动区域, 计算新区域中背景块的平均 DC 系数, 并与边缘块做差值计算, 进而调整边缘块. 算法充分利用了 MPEG-4 码流中蕴含的运动信息, 克服了仅由运动矢量检测运动目标存在误差太大的缺点, 适用于计算机数字视频技术领域. 实验结果表明, 所提算法不需要对压缩流完全解码, 可大大提高检测效率, 改善检测效果, 对不同视频序列具有良好的普适性, 特别是在光强、亮度等因素的影响下依然保持良好的鲁棒性.

关键词: 目标检测; 运动矢量; 直流系数; 视频技术

中图分类号: TN919.81 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2008)04-0454-04

Motion Object Detection Based on MPEG-4 Video

DONG Wentao, DU Peng, TIAN Yumin

(Research Institute of Computer Peripherals, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: An algorithm to detect the moving object on MPEG-4 compressed streams is presented. The first step of the algorithm is to mark the moving regions based on the motion vectors, that have been filtered by cascade filter. Then a local object detecting is implemented by using DC coefficients of each marked block and calculating the difference between the central block and its neighbors'. Finally, the border is rectified by extending the objects' region and comparing border blocks' DC coefficients with the average background's value of the new region. Testing results show that the minimal decoding on compressed bit stream is performed and the detecting effect is dramatically improved. The algorithm performs well on different videos and keeps its robust character despite of other influence, such as light intensity.

Keywords: object detection; motion vector; DC coefficient; video technology

运动目标检测技术是随着数字视频技术的发展而产生的一种新的研究课题. 视频中的运动目标检测技术是将视频帧图像按照一定的标准分割成区域, 从视频序列中分割和提取运动对象. 当前的运动目标检测与跟踪算法按照视频序列的格式又可分为基于像素域的光学图像序列算法和基于压缩域数据的算法.

基于像素域的检测算法^[1]比较成熟, 主要分为

2种: 区域法和边界法. 区域法大多是采用运动/分割技术来提供整个区域的信息, 对光线变化和背景的微小移动比较敏感, 所以估算时间比较长, 而边界法是由边界提供区域信息. 这2种方法均使用被参数化的并且解空间受限于预定义形状的主动轮廓模型, 因此初始化一定要准确.

压缩域检测算法尚处于研究发展阶段, 在 MPEG 压缩域中, 这类算法大致分为2种: 运动矢

量法^[2-3]和离散余弦变换(DCT)系数法^[4-5],前者的检测效果不够精细,后者在前景与环境亮度变化不大的情况下,检测效果受到限制。

本文将上述2种算法相结合,提出了一种基于MPEG-4视频流的目标检测算法。该算法从MPEG-4压缩流中获取运动矢量,利用迭代滤波获得近似真实的运动信息,在对运动矢量进行初步筛选和运动区域标识的基础上,进一步利用筛选结果的直流(DC)系数对筛选结果进行二次检测和调整,充分利用了MPEG-4码流中蕴含的运动信息,避免了运动矢量法对运动目标检测误差大的弊端,减少了计算量,获得了更为优化的检测效果。

1 基于运动矢量的运动目标预提取

运动矢量^[6]是在压缩视频的过程中,以宏块为单位进行运动估计的。宏块是一个 16×16 像素的区域,是MPEG运算的基本单位。视频监控场景主要由静止背景和运动前景(运动目标)组成,因此可以利用MPEG压缩视频流中的运动向量作为运动目标的特征参量之一。

传统的运动矢量检测法一般采用固定的阈值^[2],它严重影响了算法的普适性。另一方面,由解码获得的运动矢量信息往往会引入大量的噪声干扰,这将影响后期的数据处理。因此,本文利用迭代滤波器的良好特性(用高斯滤波器祛除噪声干扰、平滑运动矢量,用中值滤波器修正高斯滤波结果)^[2],提出了一种自适应阈值运动矢量检测方法,以提高检测算法的自适应性。

实验中,只对P帧宏块进行分析,提取过程步骤如下。

(1)对原始运动矢量进行迭代滤波。

(2)将搜索窗口设置为 3×3 个宏块。

(3)在搜索窗口中,计算八邻域宏块与中间宏块的运动矢量模差的绝对值,并取最大值的80%作为该搜索窗口的阈值 T ,同时统计搜索窗口中矢量模差小于 T 的宏块数 A ,以及矢量模不为0的宏块总数 B ,当 A 大于 $B/2$ 并且窗口中心宏块模不为0时,标识该中心宏块为运动目标区域。

(4)上转步骤(3),一直到该帧的所有宏块处理完毕。

然而,仅利用运动矢量提取运动目标的算法,检测误差较大,检测效果也不尽人意,因此本文提出利用DC系数对预提取的结果进行精确定位。

2 基于DC系数的运动区域精确定位

由于图像光强变化以及目标阴影的存在,在视频编码解码的过程中都会产生运动矢量信息,而这些额外运动信息必然影响运动矢量法的目标检测结果。通常,视频流中的运动目标所在区域即是图像中亮度变化最明显的区域,因此可以提取宏块的亮度DC系数,通过对亮度变化的分析来计算运动目标所在区域。

应该注意到,对于某个宏块而言,它的亮度特性应当与其周围某些宏块类似,因此可以预期:通过考量宏块亮度DC系数的特征,来获得较为理想的运动目标检测结果。然而,处理DC系数比较耗时,为了提高检测效率,本文考虑利用局部亮度DC系数,并在前述检测中已标识为运动目标宏块的基础上进行精确检测。首先,计算这些宏块的亮度DC系数的特征,通过与其周围宏块进行比较,祛除那些已经标识为运动目标的伪运动块,接着对整个运动区域进行扩展,考察运动区域边缘宏块与背景宏块的相似程度,祛除相似度较大的伪运动块,以达到修剪图像边缘的目的。

2.1 获取DC系数

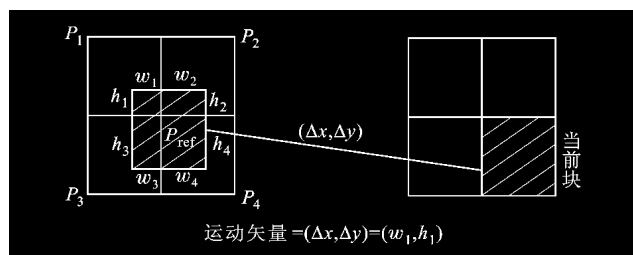
对于I帧,直接从数据流中提取DC系数,而对于P帧和B帧,必须利用运动信息来计算DC系数。若 P_{ref} 为当前参考块, $P_1, \dots, P_4$ 是与 P_{ref} 有重合部分的4个原始的相邻图像块,则参考块、当前块和原始块示意图如图1所示。当前宏块的DC系数 D_{ref} ,可以由参考块在参考帧中占4个原始块的比例求得,即

$$D_{\text{ref}} = \sum_{i=1}^4 \frac{h_i w_i}{64} D_i(f) \quad (1)$$

式中: h_i, w_i ($i=1, 2, 3, 4$)分别是 P_{ref} 与 P_i 重合区域的高与宽; D_i 为第 P_i 个块的DC系数; f 表示前向参考块。

2.2 目标检测

就某一宏块而言,它与其八邻域宏块之间具有一定的相关性,具体表现在:运动宏块的DC系数应与周围宏块具有一定的相似性。利用这一特点,可以在运动宏块中祛除那些与背景宏块相似的伪运动块,从局部来定位运动目标,而在有限区域内的背景宏块,它的DC系数应与该区域的平均DC系数相似,通过比较法可以进一步祛除边缘运动宏块(该宏块属于运动目标,并且其四邻域中至少有一个区域与背景相连)中的伪运动块,进而从全局来精确地定



$(\Delta x, \Delta y)$: $P_1, \dots, P_4$ 的阴影部分移动的位移矢量

图1 参考块、当前块和原始块示意图

位运动目标。

目标检测分为2步,首先根据运动宏块的亮度DC系数做出如下局部判断。

(1)将搜索窗口设置为 3×3 个宏块。

(2)在运动宏块中,计算中心宏块与其八邻域宏块的亮度DC系数差值的模值。

(3)在八邻域的宏块中,统计模值应小于阈值的背景宏块个数 N ,若 $N > 3$,则置该搜索窗口的中心运动宏块为背景宏块。

(4)上转步骤(2),直到该帧所有运动宏块处理完毕。

接着,对运动区域进行扩展,再次根据运动宏块的亮度DC系数做出如下全局判断。

(1)对运动区域的左、上、右、下角做宏块的区域扩展。

(2)在形成的新区域中,计算背景宏块亮度DC系数的平均值。

(3)在运动区域中,计算边缘运动宏块亮度DC系数与平均值之差的绝对值,并将小于阈值的宏块置为背景宏块。

(4)上转步骤(3),直到该帧所有边缘运动宏块处理完毕。

3 实验结果

为了检测本文算法的效果,拟采用 Microsoft 的 MPEG-4 参考编解码软件对常用的 hall-monitor 和 demo 序列进行编码。demo 为 720×480 像素/帧,序列长度为 42 帧, hall-monitor 序列格式为 CIF, 352×288 像素/帧,序列长度为 101 帧,视频流帧结构序列均为“IPBBPBB...”。

视频序列 hall-monitor 第 10 帧的检测结果如图 2 所示。从中可以看出,文献[2]算法检测结果不完整、不连续,而本文算法的检测结果较前者有很大改善,得到的运动目标的整个包络更加完整。

视频序列 demo 第 25 帧的检测结果如图 3 所示。从中可以看出,在运动目标亮度与背景接近时,

文献[2]的检测效果很差,而本文算法在光强、亮度等因素的影响下仍保持良好的鲁棒性。

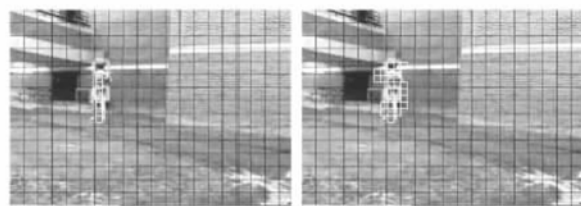


(a)文献[2]算法

(b)本文算法

方格表示检测出的运动宏块

图2 hall-monitor 的检测结果



(a)文献[2]算法

(b)本文算法

图3 demo 的检测结果

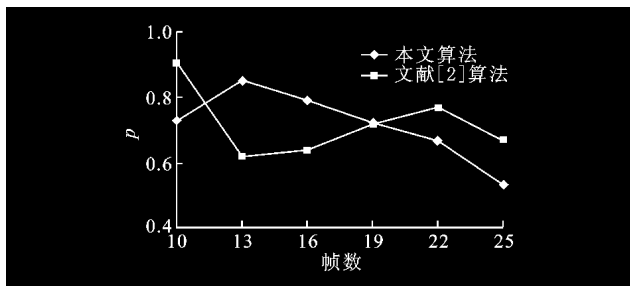
在 Pentium4 CPU 2.8 GHz, 512 MB RAM 的 PC 机上对同样的视频流进行处理。在处理视频帧的过程中,基于 DC 系数检测在 2 个阶段的阈值分别为 80 和 50。为了更有效地评估算法的性能,还引入了精确率和漏检率等评估准则。精确率和漏检率分别为

$$p = \frac{N_{OH}}{N_{OH} + N_{OF}} \quad (2)$$

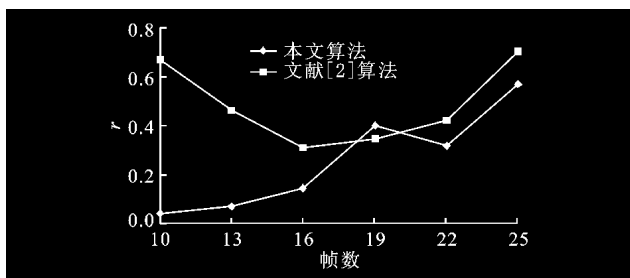
$$r = \frac{N_{OM}}{N_{OH} + N_{OM}} \quad (3)$$

式(2)、式(3)中: p 、 r 、 N_{OH} 、 N_{OF} 和 N_{OM} 分别表示一帧中检测结果的精确率、漏检率、运动块个数、伪运动块个数和伪静止块个数。视频序列 hall-monitor、demo 的统计结果分别如图 4、图 5 所示。

实验结果表明,本文算法与文献[2]算法相比,前者的检测效果更优,检测到的运动区域更加完整,检测精确率有所提高,漏检率大大降低。可以说,在图像质量相对较好的情况下,由于编码采样率下降将导致提取出的运动矢量误差较大,所以单一的运动矢量法^[2]很难获得优良的检测结果,这种算法也不适用于图像质量相对较差、运动区域与静止背景分界模糊的情况。本文算法以运动矢量为基础,结合亮度 DC 系数,很大程度上优化了检测结果,由于它只需对 MPEG-4 压缩流进行部分解码,所以节省了处理时间,提高了算法的实时性。

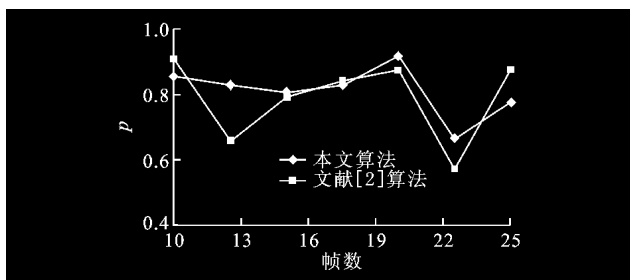


(a)精确率

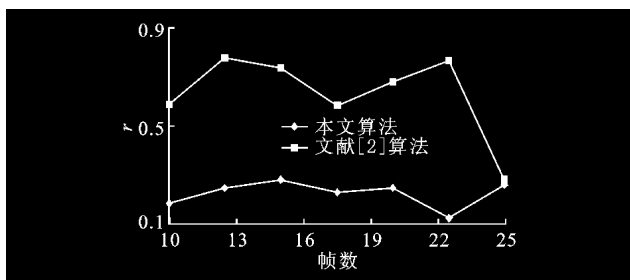


(b)漏检率

图4 视频序列 hall-monitor 的统计结果



(a)精确率



(b)漏检率

图5 视频序列 demo 的统计结果

4 结 论

通过实验验证了,本文提出的以运动矢量与 DC 系数相结合的运动目标检测算法的有效性和检测精度.由于本文算法是基于 MPEG-4 压缩域,对 I 帧、 P 帧和 B 帧的处理单位都是 16×16 像素的宏块,因此无法检测出宏块内部的运动现象.考虑到这是一个侧重于取得目标运行轨迹的非基于先验知识的目标检测算法,其检测误差对诸如目标运动轨迹描述等后续处理工作影响不大.

参考文献:

- [1] 江华俊. 视频图像运动特征的分析与提取[D]. 长春: 吉林大学计算机学院, 2004.
- [2] YU Xiaodong, DUAN Lingyu, TIAN Qi. Robust moving video object segmentation in the MPEG compressed domain [C]// IEEE International Conference on Image Processing. Piscataway, USA: IEEE, 2003: 933-936.
- [3] AHMAD A M A, CHEN Duanyu, LEE Suh-Yin. Robust object detection using cascade filter in MPEG videos [C]// Proceedings of the IEEE 5th International Symposium on Multimedia Software Engineering. Piscataway, USA: IEEE, 2003: 196-203.
- [4] WANG Da-Jinn, CHEN Thou-Ho, LIAU Hung-Shiuan, et al. A DCT-based video object segmentation algorithm for rainy situation using change detection [C]// Proceedings of the IEEE 1st International Conference on Innovative Computing, Information and Control. Piscataway, USA: IEEE, 2006: 261-264.
- [5] ZENG Wei, GAO Wen, ZHAO Debin. Automatic moving object extraction in MPEG video [C]// Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Piscataway, USA: IEEE, 2003: 524-527.
- [6] 胡国荣. 数字视频压缩及其标准 [M]. 北京: 北京广播学院出版社, 1999: 59-69.

(编辑 苗凌)