

基于模式模板的 MPEG 压缩视频 序列的划变转换检测

王东辉 朱淼良

(浙江大学计算机科学系, 杭州 310027)

摘要 为了在进行视频分段时,对一些复杂的和奇异的 Wipe 转换模式进行检测,提出了一种基于模式模板的 MPEG 压缩视频序列的划变转换检测方法.该方法是在刻画划变转换时,用一种视频帧间图象特征变化信息的模式模板;并用一个基于该模式模板的算法,来检测包括各种奇异转换在内的划变转换,同时为了消除运动干扰,还引入了 Hough 变换.实验结果显示,该方法能精确检测划变转换区的位置和识别相应的转换模式,另外,无论是已存在的或将来出现的划变转换模式,该算法都同样适用.

关键词 划变转换检测 模式模板 压缩视频序列

中图法分类号: TP391 TN948.64 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)05-0477-05

Wipe Scene Change Detection in MPEG Video Sequences Based on Pattern Templates

WANG Dong-hui, ZHU Miao-liang

(Department of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract The detection of transitions between shots in video programs is an important first step in analyzing video content. The wipe is a frequently used transitional form between shots. Wipe detection is more involved than the detection of abrupt and other gradual transitions because a wipe may take various patterns. This paper presents a new method for detecting wipe transition region and identifying wipe pattern based on pattern templates. In the proposed method, the dynamic pattern template(DPT) that stores the variance of the video frames in the wipe region is designed. Here, a special wipe video that only include black and white pixels are used to form the DPT. The DPT commonly has N frames. If the DPT satisfy the limit of one time scan, it can be simplified to one frame. Then we give an algorithm based on DPTs to detect wipe region and identify wipe pattern. Here, only I and P frames are extracted from the MPEG stream for computing the wipe-strip of two frames. Finally, to eliminate the disturbance of motion, Hough transform is used. Results show that the method can accurately detect wipe transition region and identify wipe pattern. Above all, the method is capable of satisfying the future wipe patterns.

Keywords Wipe scene change detection, Pattern templates, MPEG video sequences

0 引言

数字视频压缩技术和 Internet 的发展,导致压缩视频信息大量出现,并且易于传播,但如何对这些压缩视频信息进行有效的分析、组织和检索却成为

一个重要的研究课题,但由于视频信息巨大的数据量和内在的复杂性,故使得上述研究充满挑战.由于人工视频分类方法太耗时,且易受主观评判的影响,因此,开发全自动的视频分析方法已成为主要的研究内容.目前在各种自动视频分析方法中,存在一个被普遍接受的基本步骤——视频分段和关键帧提取

步骤,其目标是把视频分段为若干独立的镜头,并从每个镜头中提取一帧或几帧关键帧来组成关键帧集,以此来精简视频内容表达和降低下一步处理过程的计算量。

视频分段(segmenting video)是通过检测镜头间的边界来实现的,其根据镜头之间的转换方式不同,可以分为剪切(cut)和特效(special effects)两大类,其中,剪切是两个镜头间的简单连接,由于其镜头间的剪切转换往往对应边界处视频内容的突变,因而通过比较,一些视频帧间的图象特征,如,直方图对比(histogram comparison)、像素差异(pixel-wise difference)、边缘对比(edge comparison)、运动信息(motion information)等就可以比较容易地检测出来^[1-4];而特效则要复杂得多,其常见的特效有淡入(fade-in)、淡出(fade-out)、溶解(dissolve)和划变(wipe),其中特效转换中的淡入、淡出和溶解模型较单一,已有多种检测方法^[5-6],而 Wipe 转换,由于其模式多样(包括各种 2D 和 3D 特效),难以建立统一的模型,因而被认为是最难以检测的。

Alattar 利用视频帧的统计特性(平均亮度及其偏差)的变化来检测 Wipe 转换区的开始点和结束点^[7],但由于其依赖的统计特性对视频类型很敏感,因而影响了检测的准确率,且该方法尚不能识别 Wipe 转换模式。Wu 提出的 Wipe 转换检测算法是利用差分图象在水平和垂直两个方向的投影,得到有关的结构和统计信息,来检测沿水平和垂直方向划变的简单转换模式^[8]。Fernando 提出的检测算法通过检测和跟踪差分图象中的边缘信息,虽可以检测由少数几条直线组成的 Wipe 转换模式^[9],但该方法易受其他边缘信息的干扰。对于更复杂和奇异的 Wipe 转换模式,目前还没有相应的检测和识别方法提出。

本文提出了一种新的基于模式模板的通用 Wipe 转换区检测及其模式识别算法。在该方法中,首先对各种 Wipe 转换模式进行相应的模式模板提取;然后,将 MPEG 压缩视频流中的 I 帧和 P 帧解压缩,用于计算一种二值化的差分图象,并将其通过一个检测算法与模式模板进行匹配;最后匹配结果经 Hough 变换来检测 Wipe 转换,并精确地标示出转换区的位置和识别出相应的转换模式。该方法以一种新的思路解决了视频分段研究中,复杂和奇异 Wipe 转换模式的检测问题。值得一提的是,该检测与识别方法不仅能够适应目前已经开发出的各种

Wipe 转换模式,还能够适应将来可能出现的 Wipe 转换模式。

1 划变模式模板

Wipe 转换是从一个镜头平滑过渡到下一个镜头的一种常见的镜头转换方式。转换时,在 Wipe 转换区中,每个视频帧的内容被一条变化的几何曲线——划变分界线(Wipe-Curve)分为两部分,其一部分属于前一个镜头,另一部分则属于后一个镜头,而 Wipe-Curve 划过所有像素点的过程,就对应 Wipe 转换的过程,并将 Wipe-Curve 在两个相邻视频帧间划过的区域定义为划变带(Wipe-Strip)。由于同一镜头内的内容是相关和连续的,而不同镜头间的内容则不存在这种关系,因而在 Wipe 转换区中,通过计算相邻两视频帧的差分图象而得到的相应划变带(Wipe-Strip)如图 1 所示。

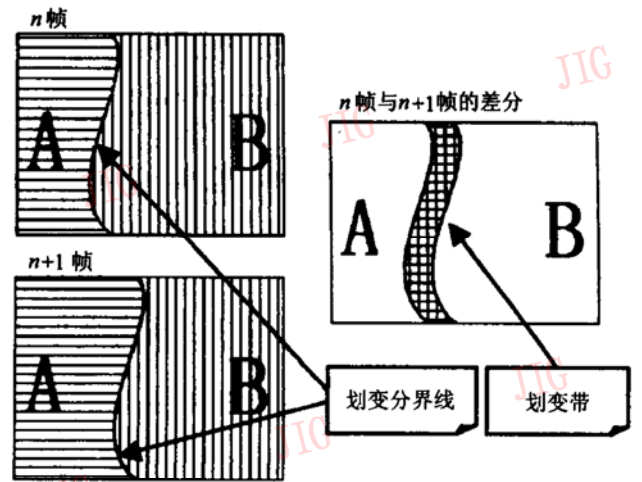


图 1 划变分界线与划变带

如果能够跟踪并识别 Wipe-Strip,则可以得到当前 Wipe 转换区的位置和模式。本文正是以此为目标,首先构造了各种 Wipe 转换的模式模板(Pattern-Templet),然后设计了一个基于模式模板的通用检测和识别算法。其模式模板的构造如下:

设一视频序列长度为 L ,其中包含的 Wipe 转换区位置从 L_s 到 L_e ,则视频帧描述如下:

$$F(n) = \begin{cases} A(n) & 0 \leq n \leq L_s \\ P(n) \cdot A(n) + \bar{P}(n) \cdot B(n) & L_s \leq n \leq L_e \\ B(n) & L_e < n \leq L \end{cases} \quad (1)$$

这里,“ \cdot ”表示矩阵中对应元素的逻辑与操作。 $A(n)$ 、 $B(n)$ 和 $F(n)$ 都是 $M \times N$ 的像素灰度值矩阵, $A(n)$ 、 $B(n)$ 表示加入 Wipe 转换前的视频帧, $F(n)$ 表示加入 Wipe 转换后的视频帧。 $P(n)$ 代表一种

Wipe 转换模式, 其元素由“0”和“1”组成. 所有由“1”元素组成的区域, 对应前一个镜头中的内容, 而所有由“0”元素组成的区域, 则对应后一个镜头中的内容, 它们的边界则是 Wipe-Curve.

为了自动生成模式模板, 本文使用了全白镜头和全黑镜头两个特殊的镜头, 来制作 Wipe 转换视频, 即设定 $A(n) = \mathbf{I}, B(n) = \mathbf{0}$, 则 $F(n) = P(n)$.

1.1 动态模式模板

动态模式模板(Dynamic Pattern Templet)计算公式如下:

$$T_b(n) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(n+1) - F(n) = 0 \\ n+1 - L_s & \text{if } F(n+1) - F(n) \neq 0 \end{cases}, 0 \leq n < L \quad (2)$$

式(2)中, $T_b(n)$ 是 $M \times N$ 的矩阵. 当相邻两个视频帧的对应像素值发生改变时, 就可对 $T_b(n)$ 矩阵同样位置处的元素置值. 对于任一 n 处的 $T_b(n)$ 矩阵, 其元素值要么为“0”, 要么为固定值 $n+1 - L_s$.

$T_b(n)$ 矩阵中所有非零值组成了 n 处的 Wipe-Strip. 当 n 从 L_s 到 L_e 时, 其对应的矩阵中的 Wipe-Strip 值从 1 到 $(L_e - L_s + 1)$.

由于 $T_b(n)$ 中记录了整个 Wipe 转换过程, 因此可以直接用它来检测 Wipe 转换和识别 Wipe 转换

模式.

1.2 划变模式模板

当假定 Wipe 转换是一次扫描(one time scan)过程时, 即所有 $T_b(n)$ 中的 Wipe-Strip 不相交时, 则多帧动态模式模板可以进行合并操作, 而得到一帧划变模式模板(Wipe Pattern Templet).

$$T_w = \sum T_b(n), 0 \leq n < L \quad (3)$$

T_w 是 $M \times N$ 的矩阵. 其元素值为一系列 $T_b(n)$ 的累加.

实际上, 目前的绝大部分 Wipe 转换模式都符合该假定. 对于这些 Wipe 转换模式, 都可以用一帧 T_w 来压缩表达多帧 $T_b(n)$.

分析 T_w 可以发现, T_w 中由所有非零值 k 像素组成的区域, 对应于 $T_b(k + L_s - 1)$ 中一条 Wipe-Strip. T_w 中最大的 k 值代表了该 Wipe 转换持续的视频帧数.

1.3 模式模板示例

现以一种星型(star)奇异 Wipe 转换模式 $P_{star}(n)$ 为例来说明两种模式模板特征, 其对应的 $T_b(n)$ 和 T_w 如图 2 所示.

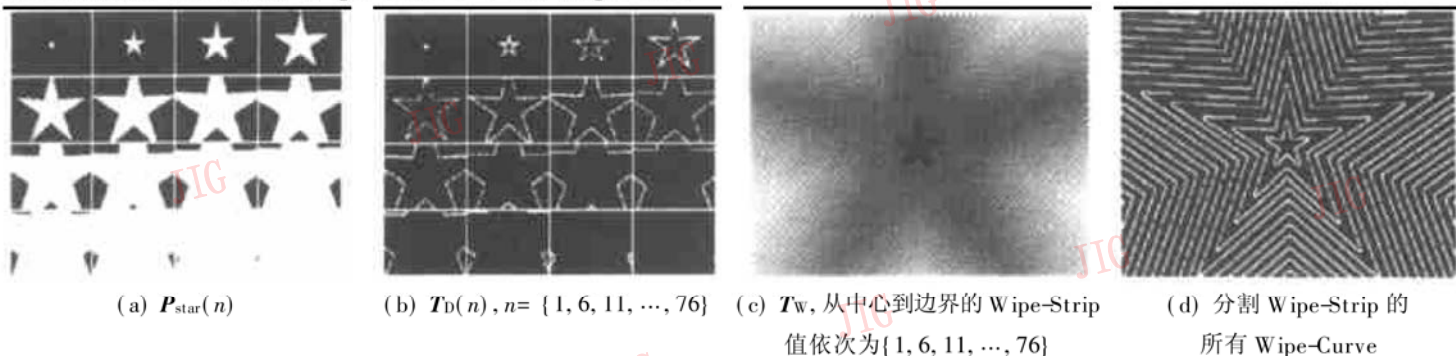


图 2 星型奇异 Wipe 转换

2 检测算法描述

当制作好上述各种 Wipe 转换模式模板后, 则可以利用下述算法来实现 Wipe 转换区的检测和模式识别.

算法描述如下:

步骤(1) 扫描当前视频帧, 比较它与下一视频帧的像素差, 得到差分图象如下:

$$F'(n) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{abs}(F(n) - F(n+1)) > T \\ 0 & \text{if } \text{abs}(F(n) - F(n+1)) \leq T \end{cases} \quad (4)$$

这里, $\text{abs}()$ 为求绝对值函数, T 为比较阈值, 用于过滤那些色彩和亮度变化不明显的像素点. 这

些像素点可能受到了视频压缩、传输噪声或其他因素的影响.

步骤(2) 扫描差分图象 $F'(n)$, 选取一种欲检测的 Wipe 转换模式, 利用它的 T_w 来统计差分图象像素落在每个 Wipe-Strip 中的数目(对于 T_b , 则需要针对每个 $T_b(n)$, 统计差分图象像素落在每个 Wipe-Strip 中的数目):

$$s(n, k) = \sum_{\substack{0 \leq x < M \\ 0 \leq y < N}} F'_{x,y}(n), \text{ if } T_{w,x,y} = k, 1 \leq k \leq C \quad (5)$$

$$S(k) = \sum 1, \text{ if } T_{w,x,y} = k, 1 \leq k \leq C \quad (6)$$

这里, C 表示该 Wipe 转换模式持续的长度(帧), $s(n, k)$ 表示在第 n 帧差分图象中, 落入第 k 个 Wipe-Strip 内, 值为“1”的像素点数目. $S(k)$ 为 T_b 或

T_w 中,第 k 个 Wipe-Strip 的面积大小(象素点数目).

步骤(3) 计算比率

$$R_{s(n,k)} = s(n,k) / S(k) \quad (7)$$

步骤(4) 过滤由于局部运动等因素引起的干扰:

$$R'_{s(n,k)} = \begin{cases} R_{s(n,k)} & \text{if } R_{s(n,k)} > T_{ratio} \\ 0 & \text{if } R_{s(n,k)} \leq T_{ratio} \end{cases} \quad (8)$$

这里, T_{ratio} 为设定的比率控制阈值,通常取 0.5~ 0.9.

步骤(5) 根据其最大比率处的 k 值,可以得到当前视频帧与一种模式模板的匹配结果:

$$r(n) = K R'_{s(n,k)_{max}} / C \quad (9)$$

这里, $K R'_{s(n,k)_{max}}$ 为最大比率处的 k 值. $r(n)$ 的值为 0~ 1.

对于该种模式模板,可以得到一个 0~ 1 之间的匹配值.

步骤(6) 如果还有模式模板要检测,则返回步骤(2).

步骤(7) 如果 $n < L, n = n + 1$,则返回步骤(1). 如果该视频段中存在某种被检测的 Wipe 转换模式,则其对应的 $r(n)$ 中,即包含一段从 0 到 1 顺序排列的值序列,如图 3 所示.

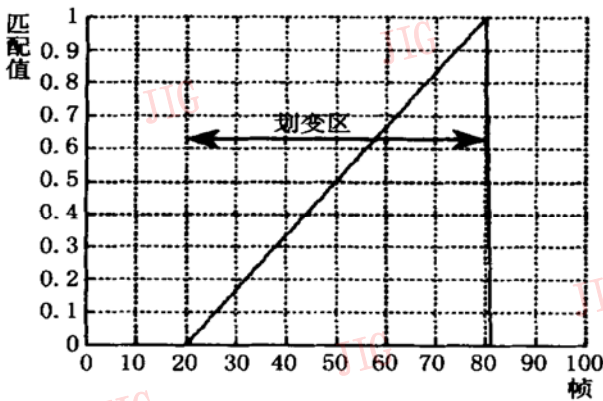


图3 Wipe 检测结果

同一种 Wipe 转换模式的持续长度 L_{wipe} 可以从十几帧到几十帧不等,当取 $L_{wipe} \in [10, 100]$ 时,则图 3 中直线斜率的倒数 λ 的变化范围为 $[10, 100]$.

以方程描述如下:

$$n = \lambda + r(n) + c \quad (10)$$

这里,参数 c 表示 Wipe 转换开始时的视频帧序号. 由于 Wipe 转换总是处于两个镜头之间,因此,参数 c 的变化范围不会超过一个镜头的长度(镜头的长度与视频类型有关,这里取 1000 帧).

对图 3 中的结果,可采用 Hough 变换来加以检测^[10],变换后参数空间中的向量表示为

$$P = \{p(\lambda, c) \mid \lambda \in [10, 100], c \in [0, 1000]\} \quad (11)$$

将参数空间中的向量元素进行排序,如果在 λ_{max} 和 c_{max} 处取得最大值 $\max(p(\lambda, c)) > T_p$ (T_p 为根据被检测视频中 Wipe 转换的平均长度选定的控制值,一般取 20~ 50),则可得出该视频中存在特定的 Wipe 转换模式的结论,另外,由 λ_{max} 和 c_{max} 还可以精确计算出 Wipe 转换区的位置 $[c_{max}, \lambda_{max} + c_{max}]$.

这样,利用一种模式模板就可以检测和识别任意转换长度的该 Wipe 模式.

3 实验结果

为了验证本文提出的检测和识别算法的效果,因而首先生成了目前存在的近 60 种 2D 和 3D Wipe 转换的模式模板;然后利用上一节介绍的算法对一个包含星型奇异 Wipe 变换的视频进行检测,其检测结果如图 4 所示.

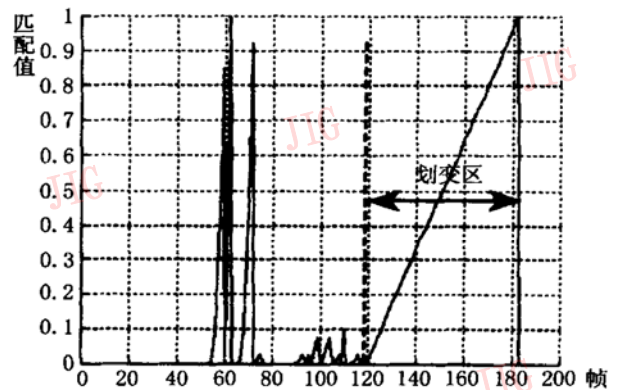


图4 星型奇异 Wipe 变换的检测结果

从实验结果发现, Wipe-Curve 越奇异的 wipe 变换,越能忍受快速局部运动和镜头本身运动等的干扰,而对于 Wipe-Curve 简单的水平、垂直等 wipe 变换,则容易受到快速局部运动和镜头本身运动等的干扰. 图 5 显示了一种受快速运动干扰的中心辐射长方形 Wipe 变换的检测结果.

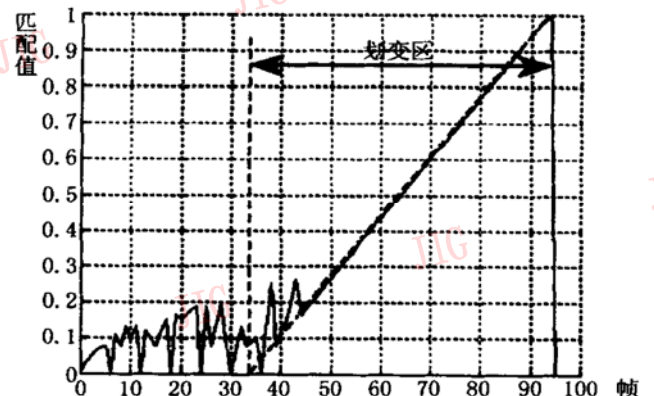


图5 中心辐射长方形 Wipe 变换的检测结果

由于各种运动的干扰,造成差分图象中不存在固定变化的 Wipe-Strip,即 Wipe-Strip 变化是随机的,因此通过对检测结果进行 Hough 变换,再利用参数空间中的判决结果就可以消除运动等干扰的影响,从而得到正确的检测结果.图 5 中的虚斜线是参数空间中的判决结果.

包含各种 Wipe 转换模式的视频片段的检测和识别实验结果如表 1 所示.

表 1 包含各种 Wipe 转换模式的视频片段的检测和识别结果

视频段	包括的 Wipe 转换模式数目	Wipe 转换区位置检测的绝对误差	模式检测的偏差
V ₁	8	0	0
V ₂	13	1	0
V ₃	6	0	0
V ₄	11	0	0
V ₅	9	0	0
V ₆	10	1	0
V ₇	8	0	0
V ₈	12	0	0
V ₉	8	0	0
V ₁₀	6	0	0

4 结 论

本文提出了一种基于模式模板的 Wipe 转换区检测和模式识别算法,并用该算法对包含各种 Wipe 转换模式的视频进行了检测和识别实验,实验结果显示,该算法不仅能准确地检测出包括各种奇异转换在内的 Wipe 转换区位置,还能识别出相应的转换模式.由于在计算视频帧间的差分图象和 Wipe-Strip 时,采用了阈值控制策略,从而减小了视频压缩和传输干扰等因素的影响.另外由于通过采用 Hough 变换的方法,即使存在相当大的局部运动干扰,检测算法仍能精确检测 Wipe 转换区的位置,因此,使得该算法具有很好的鲁棒性.

本文中提出的算法不仅能检测和识别目前已存在的绝大部分 Wipe 转换模式,还能适应将来可能出现的其他 Wipe 转换模式,从而为 Wipe 转换检测提出了一个通用的算法.

参 考 文 献

- 1 Ramin Zabin, Justin Miller, Kevin Mai. A feature-based algorithm for detecting and classifying scene breaks[A]. In: Proc. ACM Multimedia 95[C], San Francisco, CA, 1993: 189~ 200.
- 2 Boon-Lock Yeo, Bede Liu. Rapid scene analysis on compressed video[J]. IEEE Transaction on Circuits and Systems for video technology, 1995, 5(6): 533~ 544.
- 3 Boreczky J, Rowe L. Comparison of video shot boundary detection techniques[J]. SPIE, 1996, 2670: 122~ 128.
- 4 朱淼良, 王东辉. 基于视频页的视频流分割方法[J]. 计算机辅助设计和图形学学报, 2000, 12(8): 585~ 589.
- 5 Hong Heather Yu, Wayne Wolf. A hierarchical multiresolution video shot transition detection scheme[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 75(1/2): 196~ 213.
- 6 Fernando W A C, Canagarajah C N, Bull D R. Fade and dissolve detection in uncompressed and compressed video sequences [A]. In Proceedings, ICIP'99 [C], Kobe, 1999: 299~ 303.
- 7 Adnan M. Alattar. Wipe scene change detector for use with video compression algorithms and mpeg-7[J]. IEEE Transaction on Consumer Electronics, 1998, 44(1): 43~ 51.
- 8 Min Wu, Wayne Wolf, Bede Liu. An algorithm for wipe detection[A]. In: Proceedings, ICIP'98[C], Chicago, 1998: 893~ 897.
- 9 Fernando W A C, Canagarajah C N, Bull D R. Wipe scene change detection in video sequences [A]. In: Proceedings, ICIP'99[C], Kobe, 1999: 294~ 298.
- 10 朱淼良. 计算机视觉[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1997.



王东辉 1970 年生, 现为浙江大学计算机科学系博士研究生. 主要研究领域为视频分析和检索、多媒体技术和计算机视觉.



朱淼良 1946 年生, 教授, 博士生导师. 主要研究领域为计算机视觉、人工智能、多媒体技术.