

一种高速切变镜头边界探测算法^{*}

An Effective Real-Time Cut Detection Algorithm

王伟强¹ 高文^{1,2} 马继涌¹

(中科院计算所数字化技术实验室 北京100080)¹

(哈尔滨工业大学计算机科学与工程系 哈尔滨 150001)²

Abstract Shot boundary detection is a key technique in constructing video information management system. The paper proposes a fast and effective cut detection algorithm in compressed domain. Compared with other algorithms in compressed domain, the algorithm applies multi-resolution detection mode, distinct from the common comparison mode between consecutive frames. The mechanism makes the volume of data processed decrease greatly in the whole detection process. The algorithm also uses the different raw information, which can be extracted directly from frames with different coding types, as features to reduce computation complexity. To verify the validity of the algorithm, we did experiments on a data set containing 145,000 frames. The experiment results demonstrate the algorithm has not only a very fast detection speed, as 2.5 to 5.2 times fast as others' in compressed domain, but also average 98% accuracy and recall.

Keywords Shot segmentation, Cut, Group of picture Multi-resolution detection mode

1 引言

目前,数字化信息已从过去的简单文本发展成含有视频、音频、图片、文本等信息类型的多媒体信息。在多媒体数据库中,视频媒体的有效管理需要对视频数据结构化的支持,以方便用户对视频数据快速访问。镜头分割是视频信息管理系统对视频数据结构化的一项基本功能。由于完全的手工标注是一项耗时枯燥的人力劳动,因此提供各种高度自动化的结构分析工具对原始数据进行处理,以自动化或半自动化的方式建立并描述视频信息的内容结构成为一种重要的系统需求。镜头分割在许多视频应用中都是基本的关键技术,如新闻的自动编目系统等。

许多学者已对镜头边界探测问题进行了研究。一些学者^[1~3]研究了在空域上镜头边界的探测算法,该类算法虽然具有适用面广、可供提取的特征灵活多样的优点,但由于涉及对数据的全解压缩运算,导致了计算的时间费用开销很高^[3]。因此,文[4~7]提出了在MPEG压缩域上直接进行镜头边界探测的不同类型

算法,文[4]采用帧方差作为I、P帧的特征并结合P、B帧中所包含的宏块类型信息来探测切变与叠化类型的镜头切换,文[5,6]均利用DC图像的直方图作为特征来实现镜头分割,文[7]利用FastMap算法将每一帧的特征映射成一个低维空间上的点,通过分析该空间上点的轨迹的特点进行镜头边界的探测。这些工作报告的实验结果表明,在压缩域上进行对镜头边界的探测是有效可行的。

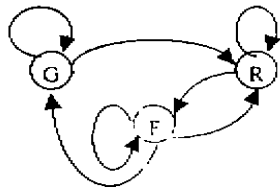
本文给出了一种压缩域上更加快速的镜头边界探测算法,跟前面提到的压缩域上镜头分割算法相比,它放弃了一般的相邻帧比较检测方法,而采用了多级分辨率检测方式,在该方式下,会存在许多视频帧由于对其它视频帧的分析结果而被跳过,从而使整个探测过程的处理数据量大大减少。另外,算法充分利用MPEG码流中不同编码类型帧所含信息的不同特点,通过利用原始特征信息来降低特征抽取的时间复杂度。为了验证算法的有效可行性,我们在近145,000帧的数据集上进行了测试,获得了满意的实验结果。

^{*} 本文的研究工作得到国家自然科学基金重点项目(69789301)、国家863计划项目(863-306-ZT03-01-2)和中科院百人计划的资助,王伟强 博士生,主要研究领域:多媒体技术、人工智能,高文 教授,博士生导师,主要研究领域:多媒体数据压缩、图像处理、计算机视觉,多模式接口、人工智能、虚拟现实等,马继涌 博士,主要研究领域:模式识别、侧重手语识别,话者识别及多媒体数据检索等。

2 多分辨率快速切变镜头检测算法

2.1 算法的整体描述

目前提出的压缩域上的镜头分割算法在探测速度上要比空域上的探测算法有大幅度的提高,我们借鉴了各种镜头分割算法的优点,采用了多级分辨率检测方式并充分利用 MPEG 码流中 I、P、B 帧中所含的原始信息,设计了一种具有实时性的切变镜头探测算法。切变镜头是一种最为普遍的镜头切换方式,镜头在相邻的两帧间发生突然性的改变。一些纪实性节目中的镜头过渡几乎都采用该方式以突出内容的严肃正式性,如新闻类节目。我们曾对 CCTV 每天的新闻联播作过镜头的手工标注统计,发现95%以上的镜头过渡为切变类型。



G: 图片组级 R: 图片子组级 F: 帧级

图1 不同探测分辨率间的状态转换图

为了提高分析探测的速度,我们并没有采用一般的比较相邻帧间内容特征量的方式,而采用了一种多级分辨率检测方式,系统共含有三种分辨率的检测,即图片组(GOP)级、图片子组级、帧级。在图片组级,代表两个相邻的 GOP 的 I 帧的内容特征量进行比较。所谓图片子组,是按播放顺序从一个参考帧到下一个参考帧之前的所有帧的集合,若一个图片子组中的参考帧含有 I 图,则该图片子组称 I 型图片子组,否则为 P 型图片子组。在图片子组级,进行两个相邻的参考帧间的内容特征量的比较。在帧级,度量一个图片子组中的 B 帧的内容与其前后参考帧间内容的相关性,确定出发生镜头切换的帧的位置,系统在整个镜头切换的探测过程中,不断地在上述三种不同分辨率的探测状态间进行变换,该过程可用图1的状态转换图来说明。

系统的初始状态为 G,状态 G 对应着系统的 GOP 级检测过滤模块,该模块检测相距一个 GOP 长度的两个 I 帧 I_k, I_{k+1} 间的内容相似程度,若满足设定的相似性要求,则继续保持状态 G,检测 I_{k+1}, I_{k+2} 间的内容相似程度,否则说明 I_k, I_{k+1} 间可能存在镜头的切换,于是进入到状态 R。在状态 R,系统将对处于两个 I 帧 I_k, I_{k+1} 间的帧按图片子组的分辨率来检测确证镜头切换事件发生的可能性及可能的大略位置,设 SP_1, SP_{1+1} 为两个相邻的图片子组,且 SP_{1+1} 为 P 型图片子组,系

统将检测 SP_1, SP_{1+1} 图片子组中参考帧 R_m, R_{m+1} 间的内容相似程度,若满足设定的相似性要求,则继续保持状态 R,检测下一个图片子组的参考帧 R_{m+2} 与 R_{m+1} 间的内容相似程度,否则说明 R_m, R_{m+1} 间可能存在镜头的切换,将进入到状态 F 最终确认镜头切换的存在与否以及确切的帧位置。如图2,若在状态 R,当发现 SP_{1+1} 为 I 型图片子组,说明 SP_1 为一个 GOP 的最后一个图片子组,这时无条件从状态 R 进入到状态 F。在状态 F,将对两个参考帧间的所有 B 帧序列 b_1, b_2, \dots, b_n 进行分析,若该 B 帧序列属于一个 GOP 的最后一个图片子组,则分析后返回到状态 G,否则返回到状态 R。状态 R 对应着系统的 SP 级检测过滤模块,状态 F 对应着系统的帧级确认模块。

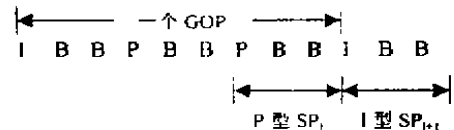


图2 B 状态下系统无条件进入到 F 状态情形的图示

2.2 GOP 级检测过滤模块

系统在本模块仅检测相邻 GOP 中的 I 帧内容的相似性。对于 MPEG 编码的视频流, I 帧中仅含有 DCT 系数的信息,由帧中所有块的直流系数 $DC_i (i=0, 1, 2, \dots)$ 组成的矩阵构成了对原帧内容的低分辨率下的良好估计。我们采用 I 帧 DC 系数图像的亮度直方图差作为度量两个 I 帧内容相似性的尺度,设待镜头分割的 MPEG 流的 GOP 长度为 L ,则差异性函数 $FDisimilar(d)$ 的定义为:

$$FDisimilar(d) = \left(\sum_{i=0}^{K-1} |Histogram(d, i) - Histogram(d-L, i)| \right) / N \quad (1)$$

其中 K 为直方图的箱数, N 为一帧中所含的块数, $Histogram(d, i)$ 为帧 d 中 DC 值属于箱 i 的块数。另外,系统还将帧的平均亮度值 $EI(d)$ 作为另一种相似性度量特征,帧的平均亮度值 $EI(d)$ 可用(2)式计算,证明较简单,从略。

$$EI(d) = \left(\sum_{i=0}^{N-1} DC_i \right) / N \quad (2)$$

上面的两种帧相似性特征度量函数仅涉及在压缩域上非常低复杂度的运算,但利用它们可以有效地快速跳过大量未发生镜头改变的 GOP,加快镜头切换的探测速度。当(3)或(4)成立时,系统认为在帧 $d+L$ 与帧 d 之间很可能发生了镜头的切换,于是提交给 SP 级检测过滤模块作进一步的确证。

$$FSimilar(d+L) > K_0 \cdot FSimilar(d) \quad (3)$$

$$EI(d+L) - EI(d) > C_0 \quad (4)$$

其中 K_0, C_0 为系统的门限参数, 均大于 1。若 K_0, C_0 取得过大, 会错误地漏掉一些镜头的切换点, 反之, 取得过小会降低系统的检测速度。实际中可根据经验选取。

2.3 SP 级检测过滤模块

当 GOP 级检测过滤模块发现了可能存在镜头切换的可疑的 GOP 后, 本模块通过对该 GOP 中的 P 帧的分析来进一步确证镜头切换事件发生的可能性及可能的大略位置。在 MPEG 流中, P 帧的编码由于在变换编码的基础上又加入了前向运动补偿技术, 所以获得更高的压缩率。在 P 帧中含有较多种类的宏块类型, 如帧内宏块 (Intra)、前向预测宏块 (Forward)、零向量宏块 (Pzero)、前向跳过宏块 (FwdSkip)。其中只有帧内宏块是由于在前向参考帧中的一定范围内找不到合适的参考数据块而完全采用 DCT 变换编码的。设一个 GOP 中一个图片子组的长度为 n , 当一个 P 帧中含有过多的帧内 Intra 宏块数目, 则说明该 P 帧 d 与其前向参考帧 $(d-n)$ 存在较大的内容差异, 在两帧之间很可能存在镜头的切换。即若 (5) 成立, 其中 $K_1, K_1 \in (0, 1)$ 为系统的门限参数, $SumofMacroBlocks$ 为一帧中含有的宏块总数, $NIntra(d)$ 为求帧 d 中帧内宏块数目的函数, 则进入状态 F, 由帧级确认模块最终确认镜头变化的存在与否及其在帧 d 与帧 $(d-n)$ 间的准确位置。否则, 考察帧 $(d+n)$, 直至一个 GOP 中的最后一个 P 帧, 然后进入到状态 F, 检测是否在一个 GOP 的最后一个 P 帧与紧随其后的 GOP 的 I 帧间存在镜头的切换以及相应的位置。

$$NIntra(d) > K_1 \cdot SumofMacroBlocks \quad (5)$$

2.4 帧级确认模块

SP 级检测过滤模块为帧级确认模块提供了在一个图片子组范围内的检测范围。帧级确认模块将利用图片子组中的 B 帧的原始压缩域中的信息, 判定切换镜头是否发生以及准确的帧位置。MPEG 流中的 B 帧可由不同类型的宏块构成, 包括有帧内宏块 (Intra)、前向预测宏块 (Forward)、后向预测宏块 (Backward)、双向预测宏块 (FwdBack)、前向跳过宏块 (FwdSkip)、后向跳过宏块 (BackSkip)、双向跳过宏块 (FwdBackSkip)。对于一个按播放顺序排列的帧序列 $R, B_1, B_2, \dots, B, R_1$, 若存在 $k(k=1, 2, \dots, n)$, 帧 B_k 中含有很多的双向预测宏块, 根据 MPEG 的编码算法, 则可认为 B_k 的两个参考帧 R, R_1 间的内容存在很大的相关性, 为此, 定义一个参考帧间的相关函数 $Relevance(df, db)$ 。

$$Relevance(df, db) = \frac{\text{Max}_{df \text{ 和 } db} (NFwdBack(d) + NFwdBackSkip(d))}{\text{Max}_{df \text{ 和 } db} (NFwdBack(d) + NFwdBackSkip(d))} \quad (6)$$

其中 df, db 为两个相邻的参考帧的帧序号, $NFwdBack(d), NFwdBackSkip(d)$ 分别为求帧 d 中双向预测宏块数目及双向跳过宏块数目的函数。

设 R, R_1 分别对应的播放帧序号为 f, b , 则可作出如下的判断, 若有 (7) 式成立, R, R_1 间不存在镜头的切换。

$$Relevance(f, b) \geq K_2 \cdot SumofMacroBlocks \quad (7)$$

其中 $K_2, K_2 \in (0, 1)$ 为系统的门限参数。否则, 若 (7) 式不成立, 对于 $B_k(k=1, 2, \dots, n)$ 若有 (8) 及 (9) 式成立, 其中 $K_3, K_4 \in (0, 1)$ 为系统的门限参数

$$NBackSkip(d) + NBackward(d) > K_3 \cdot (NFwdSkip(d) + NForward(d)) \quad (8)$$

$$Relevance(f, b) \leq K_4 \cdot SumofMacroBlocks \quad (9)$$

则在 $B_k(k=1, 2, \dots, n)$ 与其前一帧之间发生了镜头的切换, 其中 $NBackSkip(d), NBackward(d), NFwdSkip(d), NForward(d)$ 分别为帧 d 中后向跳过宏块数目, 后向预测宏块数目, 前向跳过宏块数目以及前向预测宏块数目, 其中 $K_3, (K_3 > 1)$ 为系统的门限参数。另外, 对于 B_n , 若有 (9)(10) 式成立,

$$K_3 \cdot (NBackSkip(d) + NBackward(d)) < NFwdSkip(d) + NForward(d) \quad (10)$$

则判断在 B_n 与其后一帧 R_j 之间发生了镜头的切换。

2.5 系统对特殊码流格式的处理

一般地, MPEG 码流由 I, P, B 三种不同编码类型的帧来构成, 但有时也会出现 M-JPEG 形式的码流, 即码流完全由 I 帧来构成, 当系统探测出该类型的码流格式时, 则系统将仅采用 GOP 级检测过滤模块来探测, 并在该模块中选用一组新的门限参数 (C_0, K_0) , 新的门限参数要比一般码流的门限参数高。对于仅含有 I, P 两种类型帧的码流, 系统将采用 GOP 级检测过滤模块来寻找可能发生镜头切换的 GOP, 然后对该 GOP 采用文 [5, 6] 中的方法通过相邻帧直方图的距离探测镜头切换, 一旦对该 GOP 检测完毕或发现镜头的切换则重新回到状态 G, 开始新一轮的 GOP 级检测。

3 实验结果与分析

我们实现了上文描述的算法, 实现中使用了 MPEG 软件仿真组 (MPEG Software Simulation Group) 编写的视频解码器作为解码引擎, 并设计了相应的实验来测试该算法对切换镜头探测的准确性及探测速度, 实验数据使用的是三组录制的 CCTV 新闻联播节目及二组以切换镜头过渡为主的其他类型视频片断, 是一个含有近 145,000 帧的大测试数据集, 数据为 MPEG-1, 2 编码格式, 事先, 我们用自己定制的工具软件对数据集中的数据进行了手工的镜头分割作为标准的参照, 整个实验都是在 P III-450, 64M 内存的机器上进行的。有关该算法对切换镜头探测的准确性的实验统计数据如表 1 所示, 在实验中我们所取的参数值如下: $K_0 = 1.5, C_0 = 4.6, K_1 = 0.26, K_2 = 0.5, K_3 = 4.5$ 。

$K_1 = 0.19$, 从实验结果可看出本算法具有良好的探测能力, 具有平均98%以上的正确率 (precision) 及查全率 (recall)。通过对错误探测镜头的分析, 发现主要的原因是由于一些特殊的因素使得整帧亮度发生突然变化造成的, 如给国家领导人拍照时闪光灯的瞬间强光。而漏掉的镜头主要是由于 GOP 级检测过滤模块、SP 级检测过滤模块将它们过滤掉了。一方面确实存在非常低比例的相邻镜头具有相似的直方图、亮度均值, 或出现 P 帧利用内容相关性并不强的参考帧却获得大量含有运动补偿的宏块的特殊情况。另一方面为了实现算法的实时快速性, 不能设置过弱的过滤条件, 否则将削弱 GOP 级检测过滤模块、SP 级检测过滤模块存在的意义。本算法在保证探测速度比其它压缩域算法有大幅度提高的基础上获得这样的正确率与查全率是令人满意的。

表1 有关算法对实验数据集进行镜头切分的准确性的一些统计数据

视频序列	总帧数	实际切变镜头数目 (A)	探测到的切变镜头数目 (B)	探测错误的镜头切换数 (C)	探测漏掉的镜头切换数 (D)	正确率 (1-C/B)	查全率 (1-D/A)
News1.mpg	36338	247	245	1	3	99.6%	98.8%
News2.mpg	44769	286	284	4	6	98.6%	97.9%
News3.mpg	59615	311	312	3	2	99.0%	99.4%
Dvdemo.m2v	1002	6	6	0	0	100.0%	100.0%
Vts.vob	1404	5	5	0	0	100.0%	100.0%
Astron.mpg	1366	10	10	0	0	100.0%	100.0%

表2是我们在实验中获得的反映算法探测速度的一些统计数据。利用本算法对一段视频序列进行镜头分割时, 时间费用与帧尺寸、GOP 长度、视频流的镜头切换频度、算法中过滤模块中设置的参数等均有关。算法在实现时利用了帧在码流中位置的索引信息^[a], 使得探测的速度进一步加速。由于我们在实验中获得的算法探测速度统计数据与使用的解码引擎的效率关系密切, 因此我们在表2中给出了用同样的解码引擎编写的软播放器的解码播放速度数据, 来反映该解码引擎的效率。通过两者的对比更可客观地反映本算法自身的极为快速的分析探测速度。另外, 我们使用同一解码引擎实现了文[6]中描述的一种典型的压缩域上镜头分割算法, 并在同样的数据集下, 进行了探测速度的比较实验, 获得的实验数据列于表2中。实验数据表明, 本算法的探测速度约为其的2.5~5.2倍。

算法同其它压缩域镜头分割算法相比, 探测速度的大幅度提高主要来源于多级分辨率的检测方式使码流中的大部分帧被跳过, 不涉及任何运算。通常, 一个

GOP 编码了0.5秒的视频数据, 一个镜头的持续时间一般都在3秒以上, 对于一个在0.5秒时间内内容变化甚微的微小片断, 其前后两个 I 帧的直方图距离很小, 于是在状态 G, (3)(4)式均不成立, 若 GOP 的长度为 L, 则其间 L-1 帧的 P 帧或 B 帧将全部被跳过, 与相邻帧比较方式相比, 在这种情况下花费的时间开销至少为后者的 1/L, 因为一般处理 P 帧或 B 帧的时间复杂度要高于 I 帧, 通过比较有一定距离的帧来决定是否有必要检测介于两者之间的帧的思想体现了对镜头边界探测的搜索自适应性, 大大加快了探测速度。在状态 R, 若 (5) 式不成立, 说明在两个参考帧间不存在镜头的改变, 于是两个参考帧间的所有 B 帧被跳过; 在状态 F, 若发现 B 帧 d 满足 $(NFwdBack(d) + NFwdBackSkip(d)) \geq K_2 \cdot SumofMacroBlocks$, 则介于帧 d 与其后参考帧间的所有帧将被跳过。另外, 我们可以假设在一个 GOP 中不存在两次镜头切换, 因为一个镜头的持续时间不到0.5秒的情况是少见的, 这时若断言在帧 d 与 $d+1$ 间发生了镜头的改变, 则介于帧 $d+1$ 与下一个 GOP 的 I 帧之间的所有帧将被跳过。另一方面, 对于码流中的 P 帧、B 帧, 算法采用宏块类型的统计信息作为特征, 从而避免了使用直方图特征所需的对各 DC 系数的估计运算^[5,6], 与后者相比, 前者不涉及任何乘法运算, 降低了抽取 P 帧或 B 帧特征量的计算复杂度。对于码流中的 I 帧, 我们仅对亮度分量计算其直方图及平均亮度, 不对两个色度分量做处理^[5]并且不用帧方差这种涉及高运算复杂度的特征^[4]。因此, 算法具有比其它压缩域算法更加快速的探测速度。

表2 有关算法对实验数据集进行镜头切分的探测速度的一些统计数据

视频序列	编码类型	帧尺寸	GOP 长度	切分时间 (分: 秒)	镜头探测速度 (帧/秒)	采用的 Yeo ^[6] 算法的切分能力 (帧/秒)	采用的 Yeo ^[6] 算法的切分时间 (分: 秒)
News1.mpg	MPEG-2	720 * 576	12	7:13	83.9	6fps	27:13
News2.mpg	MPEG-2	720 * 576	12	11:10	66.8	6fps	34:23
News3.mpg	MPEG-2	720 * 576	12	10:30	94.6	6fps	54:19
Dvdemo.m2v	MPEG-2	720 * 480	12	0:9	113.3	7.6fps	0:35
Vts.vob	MPEG-2	720 * 480	12	0:9	156.0	7.4fps	0:53
Astron.mpg	MPEG-1	352 * 240	16	0:3	455.3	40fps	0:7

结束语 本文提出了一种在压缩域上高效快速的切变镜头边界探测算法, 它利用多级分辨率检测方式来快速探测镜头过渡边界, 能够有效地跳过大量系统认为不会存在镜头改变的帧, 跟其它压缩域上的探测算法相比, 这种机制大大减少了系统需要处理的数据量, 同时算法根据不同编码类型帧所含信息的特点, 选

(下转第45页)

- Call Traces. *IEEE Software*, 1997, 14(5), 35~41
- 9 Forrest S, et al. A Sense of Self for Unix Processes. In: *IEEE Symposium on Security and Privacy*, Oakland, 1996
 - 10 Debar H, et al. Fixed vs. variable-Length Patterns for Detecting Suspicious Process Behavior. In: *5th European Symposium on Research in Computer Security (ESORICS' 98)*, 1998, 1~15
 - 11 Wespi A, et al. Audit Trail Pattern Analysis for Detecting Suspicious Process Behavior. In: *Proc of the 1st Workshop on the Recent Advances in Intrusion Detection (RAID' 98)*, Louvain-la-Neuve, Belgium, Sept. 1998, 14~16
 - 12 Lunt T. DES: An Intelligent System for Detecting Intruders. In: *Proc of the Symposium on Computer Security, Threat and Countermeasures*, Rome, Italy, Nov. 1990
 - 13 Hubbards B, et al. Computer System Intrusion Detection. [Tech. Rep. RADC-TR-90-413, Final Technical Report], Trusted Information Systems, Inc., Dec. 1990
 - 14 Vaccaro H, Liepins G. Detection of Anomalous Computer Session Activity. In: *Proc of IEEE Computer Society Symposium on Security and Privacy*, Oakland, California, May, 1989, 280~289
 - 15 Ilgun K. USTAT: A Real-time Intrusion Detection System for UNIX. In: *Proc of the IEEE Symposium on Research in Security and Privacy*, Oakland, CA, May, 1993, 16~28
 - 16 Garvey T, Lunt T. Model-based intrusion detection. In: *Proc. of the 14th National Computer Security Conf.* Washington DC, Oct. 1991
 - 17 Kolodner J. Case-Based Reasoning. San Mateo, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993
 - 18 Lippmann R, Cunningham R. Improving Intrusion Detection Performance Using Keyword Selection and Neural Network. In: *Proc. of the 2nd Workshop on the Recent Advances in Intrusion Detection (RAID' 99)*, 1999
 - 19 Kumar S, Spafford E. A Pattern Matching Model for Misuse Intrusion Detection. In: *Proc. of the National Computer Security Conf.* Oct. 1994, 11~22
 - 20 Manganaris S, et al. A Data Mining Analysis of RTID Alarms. In: *Proc of the 2nd Workshop on the Recent Advances in Intrusion Detection (RAID' 99)*, 1999

(上接第59页)

取相应的易抽取特征作为探测依据,来降低算法的计算复杂性。我们的实验表明,该算法是完全有效可行的,虽然跳过大量的帧,却保持有较高的查全率。另外,使用不同编码类型帧中含有的不同特点的原始特征信息,同样获得了较高的正确率。具有约为其它压缩域上探测算法2.5~5.2倍的探测速度是本算法的重要特色。

算法中采用宏块类型作为P帧、B帧的特征。实验表明对于P帧、B帧,该特征对于探测渐变镜头过渡类型的效果不好,但对于切变这种最常用的镜头过渡类型具有很好的探测效果。新闻类视频素材中的镜头过渡方式主要是切变类型,因此该算法适合于象新闻这样以切变镜头过渡类型为主的视频节目。我们对CCTV新闻联播的统计数据表明仍存在3%~5%渐变类型的镜头过渡方式。寻找对渐变类型镜头过渡方式的快速高效探测算法是我们未来对系统优化所要解决的一个新的挑战课题。

参考文献

- 1 Zhang H J, Kankanhalli A, Smoliar S W. Automatic parti-

tioning of full-motion video. *Multimedia Systems*, 1993, 1: 10~28

- 2 Shrahraray B. Scene change detection and content-based sampling of video. In: *Proc. of the SPIE*, vol. 2419, 1995
- 3 Zabih R, Miller J, Mai K. A Feature-based algorithm for detecting and classifying production effects. *Multimedia Systems*, 1999, 7: 119~128
- 4 Meng J, Juan Y, Chang S F. Scene change detection in a MPEG compressed video sequence. In: *Proc. of the SPIE*, vol. 2419, 1995
- 5 Shen K, Delp J. A fast algorithm for video parsing using MPEG compressed sequences. In: *Proc. of the IEEE Intl Conf. on Image Processing*, 1995
- 6 Yeo B L, Liu B. Rapid scene analysis on compressed video. *IEEE transaction on circuits and systems for video technology*, 1995, 5(6) (Transactions Best Paper Award)
- 7 Kobla V, DeMenthon D, Doermann D. Special effect edit detection using VideoTrails: a comparison with existing techniques. In: *Proc of SPIE conf. on Storage and Retrieval for Image and Video Databases VII*, Jan. 1999
- 8 王伟强、高文. 一种 MPEG-2流的索引模型及其应用. 投软件学报, 已录用