

适配分辨率动态变化的低复杂度视频场景切换检测方法

方宏俊¹ 宋利^{1,2} 杨小康^{1,2}

(上海交通大学图像通信与网络传输研究所 上海 200030)¹

(未来媒体网络协同创新中心 上海 200030)²

摘要 在数字电视图像后处理中,许多图像增强和指标检测算法模块需要参考前后帧的时域信息,因此当场景内容发生切换时,需要设计出一种准确且可靠的场景切换检测的方法,用以切断场景切换前和场景切换后的各种时域算法的前后关联性。针对网络电视播放视频节目前后帧经常出现的分辨率变化的特性以及场景切换检测中常见的问题,对数字电视图像后处理中的视频场景切换检测算法进行了优化设计,提出了一种基于动态阶数控制直方图分布的优化检测算法。实验结果表明,相比传统算法,所提算法在场景切换检测的准确度上有显著的提升,针对暗场景下的场景切换以及网络电视中分辨率改变的情形具有较高的准确度。

关键词 数字电视,直方图,场景切换,画质增强

中图分类号 TN949.17 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2017.02.049

Low Complexity Scene Change Detection Algorithm for Supporting Resolution Dynamic Change

FANG Hong-jun¹ SONG Li^{1,2} YANG Xiao-kang^{1,2}

(Institute of Image Communication and Network Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)¹

(Cooperative Medianet Innovation Center, Shanghai 200030, China)²

Abstract In digital video post processing of TV system, many video detection and enhancement IP blocks need refer temporal information between frames. For cutting off the temporal relationship when content scene change happens, an optimum design of scene change detector was proposed in this paper. According to the network TV dynamically changes the video resolutions based on the quality of network service, the design adopts an optimum method based on histogram distribution detection combined with dynamic weighting. The simulation results show that the design has improved the detection accuracy compares to the common design which is based on the average intensity level. And it improves the detection's reliability and stability for low IRE scenes and resolution dynamic change case of network TV programs.

Keywords Digital television, Histogram, Scene change, Video enhancement

1 引言

目前,在数字电视图像后处理中,存在较多使用时域前后帧信息来进行图像增强处理的算法模块,例如时域降噪、动态对比度提升、运动估计和运动补偿等。这些算法模块高度依赖于前一帧甚至前面多帧的图像内容中特征信息的提取。如果这些信息的提取出现错误或者不是所需要的信息,则会引起图像增强处理运算出现错误。为此,在现有数字电视图像后处理中,引入了场景切换检测(Scene Change Detection, SCD)的算法来加以甄别。

通常来说,所谓的视频图像内容发生场景切换其实是人眼的一种主观判断。对于电视处理芯片的算法模块来说,要

想知道内容场景是否发生了切换,只能通过找出某些特征信息来分析和判断当前视频流的内容场景是否发生了改变。

目前常用的场景切换检测算法有基于图像 YUV 分量^[1]或灰度值检测^[2]、基于运动搜索检测和基于边缘轮廓检测^[3]等方法。在电视图像处理芯片中,用于提取特征信息来分析和判断内容场景是否发生切换的算法并不多见。数字电视图像处理中较为典型的做法是基于每一帧图像内容的平均亮度的变化来判断场景是否发生了切换^[4]。由于数字电视系统的实时性要求和系统资源的限制,这种方法简单且易于硬件实现。然而对于一些场景切换但是图像平均亮度并未发生变化的情况(例如一些球赛的场景,或者整体过亮和过暗的电影片段),场景切换检测会发生错失遗漏的问题,本文称之为“漏检”。

到稿日期:2016-01-05 返修日期:2016-05-24 本文受国家自然科学基金委国家重大科研仪器研制项目:面向泛在视频的感知质量评测仪(61527804),创新群体项目:数字媒体通信理论与关键技术(61521062)资助。

方宏俊(1981—),男,硕士,高级工程师,主要研究方向为数字电视图像后处理、数字视频处理, E-mail: 44659226@qq.com; 宋利(1975—),男,博士,副教授,主要研究方向为图像处理、视频编码, E-mail: song_li@sytu.edu.cn; 杨小康(1972—),男,博士,教授,CCF会员,主要研究方向为图像处理、视频编码, E-mail: xkyang@sytu.edu.cn。

同时,在网络电视播放视频节目的过程中,往往会根据网络服务质量,尤其是网速的波动,动态地切换视频节目输出的图像分辨率以保证视频节目能够流畅不间断地输出。在此过程中,在场景并未发生切换,但是图像的输出分辨率发生了改变的情况下,场景切换检测器往往会产生误报,本文称之为“错判”。

为了解决上述在场景检测中常见的漏检和错判的问题,结合数字电视图像后处理芯片中硬件算法设计的低复杂度要求,本文介绍了一种基于动态阶数控制直方图分布的场景检测优化设计算法。

2 场景切换检测设计需求

在数字电视芯片图像处理系统环境中,对于视频图像内容的场景切换检测器而言,最基本也最重要的需求是实时性。

然而只有在当前发生场景切换的帧被分析完后,才可以检测出当前场景是否发生了切换,所以场景切换检测器必然总有一帧或者一场的延迟。这就要求场景切换检测器的位置必须安排在数字视频处理链路中的前端位置,即当下一帧或下一场图像需要被告知场景发生切换的信息时,精确对应于场景切换后的第一帧信息可以及时准确地对应获得。因此,基于实时性的要求,对数字电视图像处理芯片中的场景切换检测器的硬件设计逻辑复杂度有一定的限制,否则无法满足系统实时性的要求。

相较于一些通常的视频运动状态模式(例如运动、静止、消退等)而言,场景切换检测具有如下所列的通用特性。

- 1) 图像中的亮度内容突然发生改变。
 - ① 图像内容的平均亮度突然发生改变。
 - ② 从时域视频分析角度,图像亮度的直方图分布突然发生改变(见图 1)。
- 2) 图像中的色彩内容突然发生改变。
- 3) 运动估计会突然得到一个很大的标准方差值。

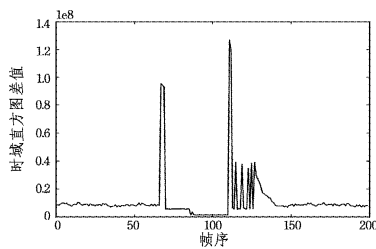


图 1 场景切换的直方图差异特性

在数字电视图像后处理芯片设计中,最常见的场景切换检测的设计方法是上述 1)-①所述的基于图像内容的平均亮度的改变判断场景是否发生了切换,该方法的系统硬件设计复杂度低,易于硬件实现,满足了实时性和复杂度的要求。从准确度角度来说,该方法在大多数场景中具有较好的适用性,但是对于一些场景切换而图像平均亮度并未发生变化的情况(见图 2),例如一些球赛的场景,或者整体过亮和过暗的电影片段,场景切换检测会发生漏检的问题。

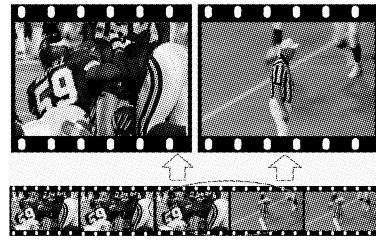


图 2 常见的平均亮度未发生变化的场景切换

例如在图 2 所示的场景中,其场景切换时域连续帧的平均亮度值如表 1 所列,切换时域连续帧的平均亮度变化曲线如图 3 所示。因此,对此类场景采用基于平均亮度检测的方法会导致漏检的问题。然而,从其直方图分布特性图(见图 4)可知,其场景切换时域连续帧的直方图分布可以明显地鉴别出场景发生切换的时域位置。因此,如 1)-2 提到的基于直方图分布的前后帧差异检测的方法可以较好地解决上述问题。

表 1 场景切换前后帧的平均亮度值

帧号	$n-3$	$n-2$	$n-1$	n	$n+1$	$n+2$
平均亮度值 (0~255)	113.24	113.29	113.75	113.23	112.78	112.21

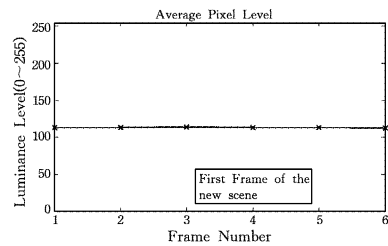


图 3 场景切换前后帧的平均亮度变化

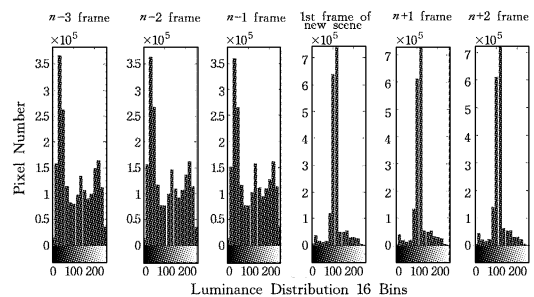


图 4 场景切换前后帧的直方图统计曲线的变化

大量的研究表明,这种基于直方图的统计方法为有效的视频特征信息提取方面的重要手段之一,尤其在提取图像特征相似性^[5-6,8]和运动矢量估计^[7,9]等方面均有过大量的研究,进而在视频编解码领域对码率控制的帮助也有过大量的研究工作^[1-2,4],但目前电视机的数字视频后处理硬件设计模块中还没有引入此方法。在数字电视视频后处理模块中,诸如动态对比度测量、全局运动估计等模块,均已大量使用到直方图统计的算法,借用其直方图统计的结果进行前后帧的时域比对,并不会增加系统设计的复杂度,适当调整直方图统计在数字视频后处理数据链路中的位置,实时性要求可得以保证。

此外,上述 2) 提出的图像彩色内容发生突变的特性,仅

可作为图像亮度信息检测的补充,因为数字电视图像处理中通常基于 YUV 信号格式进行处理,场景发生切换时首先体现在亮度信息的改变上。因此,在实际设计中发现采用亮度信息的检测效果和同时采用亮度和色度检测的效果差异不明显。为了降低硬件系统设计的计算量,通常仅仅基于亮度信息对图像场景切换进行检测。上述 3) 提到的以运动估计突然得到一个很大的标准方差值为依据判断场景是否发生检测的方法,对硬件设计的计算量复杂度要求太高,也无法满足实时性的设计要求。因此,在数字电视图像处理芯片硬件设计中不具备可行性。

因此,基于直方图分布变化的场景切换检测设计方法比基于图像平均亮度变化的场景切换检测的方法具备更好的准确度。

但是,对于暗场景来说,当场景发生切换时,直方图分布形态的变化往往并不十分明显。如图 5 所示的暗场景下的场景切换中,其平均亮度的变化幅度依旧不明显(如表 2 和图 6 所示);并且其直方图分布形态在时域连续帧的变化差异表现也不十分明显(见图 7)。

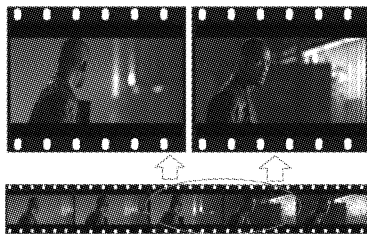


图 5 暗场景中的场景切换

表 2 暗场景中场景切换前后帧的平均亮度值

帧号	$n-3$	$n-2$	$n-1$	n	$n+1$	$n+2$
平均亮度值 (0~255)	39.19	38.41	36.91	36.48	38.17	41.48

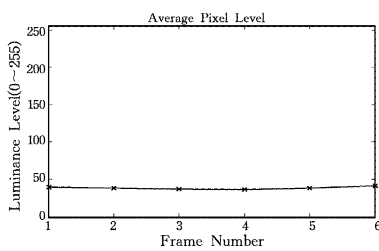


图 6 暗场景切换时的平均亮度变化

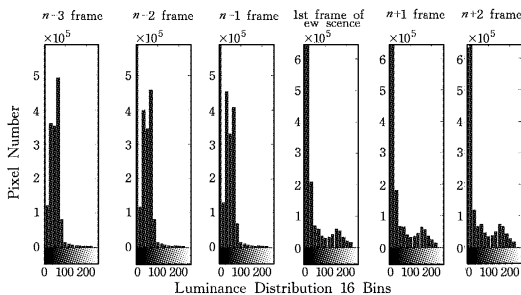


图 7 暗场景切换时的直方图分布变化

因此,在设计场景切换检测算法时需要特别注意暗场景区域的直方图分布检测(见图 7)。

同时,在网络电视播放视频节目的过程中,基于无缝自适应适配播放要求的改变视频输出分辨率的情况下,可能出现场景并未发生切换但是图像的输出分辨率发生了改变的情况,即上文所述的“错判”情况(见图 8)。

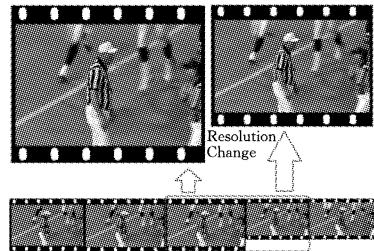


图 8 互联网电视无缝自适应播放图像分辨率发生改变

其图像平均亮度水平并未发生变化(见表 3 和图 9),但是像素总数的改变导致了直方图分布的改变,如图 10 所示。

表 3 图像分辨率改变前后帧的平均亮度值

帧号	$n-3$	$n-2$	$n-1$	n	$n+1$	$n+2$
平均亮度值 (0~255)	112.21	112.83	113.26	112.58	112.97	113.03

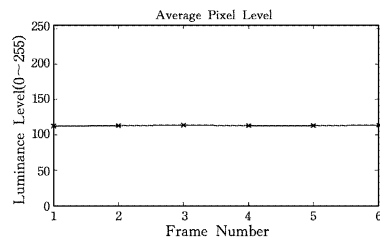


图 9 分辨率发生改变下的平均亮度变化

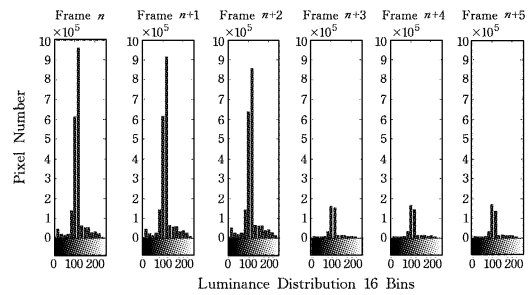


图 10 图像分辨率发生改变下的直方图分布

如图 10 所示,直方图分布变化很可能导致错判结果的产生。因此,场景切换检测的优化算法设计需要兼顾网络电视播放视频节目的无缝自适应技术中常见的图像分辨率突然变化对场景切换检测产生的影响。

综上所述,在第 3 节、第 4 节介绍的场景切换检测的优化算法设计和硬件实现中,重点需要满足如下设计要求:

- 1) 基于直方图分布的场景切换算法相较于传统的基于平均亮度变化的场景切换算法具有较高的精确度,但是需要对暗场景或直方图分布集中的场景切换进行优化设计;
- 2) 设计出的优化算法需要满足网络电视无缝自适应切换图像输出分辨率的设计要求;
- 3) 硬件设计的实时性要求、算法逻辑的复杂度限制以及时序控制要求。

3 优化设计算法

通常情况下,当图像内容的场景发生切换时,场景切换检测的算法设计首先需要时域连续帧进行时域同质化分析归类,然后根据时域同质化分析的结果对时域片段进行时域分割。在此时域同质化分析和时域片段分割的过程中,最常用和最实用的参考指标是图像平均亮度的变化和直方图分布的变化。如第2节所述,基于直方图分布变化的场景切换检测比基于平均亮度变化的检测具有更高的准确度。因此,本文所述的优化算法基于直方图分布变化的方法进行设计。

在场景切换算法设计中,针对已知的问题将算法设计主要分为3步:1)时域连续场景的同质化分析和时域连续场景的片段分割;2)暗场景切换检测的特殊处理;3)适配无缝自适应技术中图像分辨率切换的算法优化设计。

3.1 时域同质化分析及时域分割

时域同质化分析及分割方法可以选择多种检测指标,适用于数字电视视频后处理芯片中的时域同质化检测指标主要有以下几种方式。

(1) 像素绝对差值法

像素绝对差值法统计了时域连续的前后帧图像中对应像素位置的亮度信息的绝对差值的总和^[2],如式(1)所示。

$$g(n) = \sum_{x,y} |I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| \quad (1)$$

其中, $I_n(x,y)$ 表示的是第 n 帧图像中第 (x,y) 坐标位置的像素的亮度值, $g(n)$ 为第 n 帧图像和上一帧图像所有像素点亮度差值的总和。通常,在使用中可以将此 $g(n)$ 和某一固定阈值 TH 进行比较,如果超出此阈值,则可以判定为时域连续帧的同质化被破坏,有可能发生了场景切换。

但是,该做法对图像中的亮度变化和物体的运动太敏感,亮度变化或者物体的运动都可能导致一个较大的 $g(n)$ 结果。另外,对于电影下拉格式的节目源, $g(n)$ 会产生较大数值和0值之间的跳变情况。

(2) 平均亮度统计法

为了避免上述像素绝对差值法对物体运动的敏感性给场景检测带来的影响,采用图像平均亮度统计的方法^[1]可以去除图像内部局部运动对统计结果的干扰,如式(2)所示。

$$D_Y(n) = |mean(I_n) - mean(I_{n-1})| \quad (2)$$

其中, $mean()$ 为均值函数,其计算了整幅图像中所有像素点的亮度平均值。当满足式(3)所示的条件时,通常可以认为图像的场景有可能发生了切换。

$$|D_Y(n) - D_Y(n+1)| \geq TH \quad (3)$$

在场景切换检测中,该方法可以检测到大多数场景切换,但是如图2和图5所示的场景切换过程中图像的平均亮度并没有发生变化,因此存在漏检的可能。

(3) 直方图分布统计法

为了避免上述平均亮度统计法中存在的漏检问题,根据每幅图像自身的直方图分布特性(见图4),顺序地统计出时域连续帧的直方图分布信息,并根据前后帧对应阶的直方图差异进行分析判断,如式(4)所示。

$$HistDiff(n) = \sum_{i=1}^M |H_n(i) - H_{n-1}(i)| \quad (4)$$

其中, M 为直方图分布统计的阶数, $HistDiff(n)$ 为直方图分

布的差值。通常来说,当场景发生突变的情况,当 $HistDiff(n)$ 大于某一设定的阈值时,可以认为第 n 帧的图像场景有可能发生了切换。当场景发生淡入淡出情况时,可以通过式(5)所示的卷积运算^[10]找出场景发生切换的时域位置。

$$HistDiff_{conv}(n) = HistDiff(n) * \frac{1}{W} \cdot rect\left(\frac{n}{W}\right) \quad (5)$$

其中, W 为场景切换检测的时域窗口帧数,当 $HistDiff_{conv}(n)$ 大于某一设定的阈值时,可以认为第 n 帧的图像场景有可能发生了切换。

该方法在场景切换检测中相较于平均亮度统计法而言,极大地提高了场景切换检测的准确度。但是对于如图5所示的暗场景中的场景切换检测而言,尤其是在快速水平运动的暗场景中,该直方图分布统计法需要做一些特殊处理以提高其检测准确度。

3.2 暗场景切换检测特殊处理

对于如图5所示的暗场景切换,由于其亮度信息主要集中于最低的5阶(总共16阶)中,因此诸如此类的暗场景运动的切换信息往往在此5阶中不足以清晰地得以表达。为了提高暗场景区域的直方图信息表达,本文提出了一种基于动态阶数控制的直方图分布的场景切换检测方法。

(1) 亮度集中区域的选取

由当前图像的平均亮度 $mean(I_n)$ 对应于直方图 M 阶(本文中 $M=16$ 为例)中的位置第 i 阶,分别向前和向后各选取 x 阶,按式(6)和式(7)计算其占整体图像的比例。

$$Pixel(i) = \sum_{j=i-x}^{i+x} H_n(j), i \in M, x \in \{2,3,4\} \quad (6)$$

其中, $i-x$ 的取值范围为 $[0, M]$ 。

$$Perc(i) = \frac{Pixel(i)}{TotalPixel_n} \times 100\% \quad (7)$$

其中, $TotalPixel_n$ 为第 n 帧的像素总数。 x 取值由2开始,若 $Perc(i)$ 小于某一给定阈值 P_{TH} (P_{TH} 取为经验值40%)时, x 增加1直到 $x=4$ 为止。若 $Perc(i)$ 大于或等于阈值 P_{TH} ,则认为当前图像中存在亮度集中区域,并且根据 x 的取值可以得出亮度集中区域的取值范围。若 i 经过遍历 M 阶中所有可能性后依然无法满足此条件,则认为当前图像中亮度分布分散,不存在亮度集中区域。

(2) 动态阶数控制

对于已经找出的亮度集中区域,对其所涵盖的直方图分布范围(以 x 的取值为参考)进一步细化其直方图阶数,并进行直方图分布分析。

如图5所示的暗场景切换,其计算得出的亮度集中区域的原始阶数(16阶)的直方图分布如图11所示。

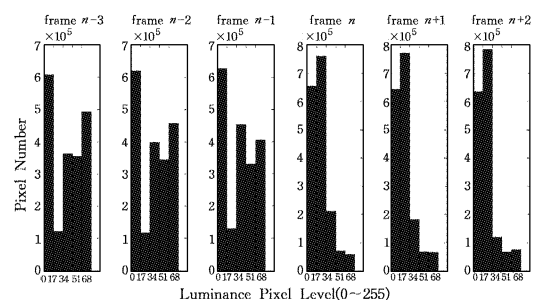


图11 暗场景亮度集中区域的直方图分布

该区域经过进一步细化直方图,即将5阶变为10阶后的直方图分布统计如图12所示。

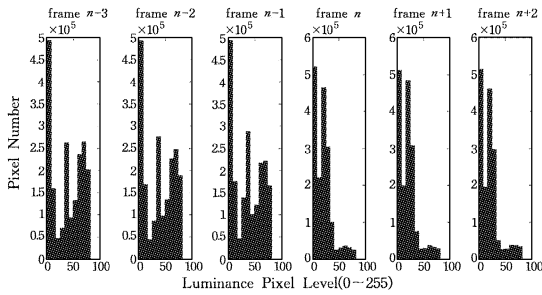


图12 暗场景亮度集中区域的直方图扩展分布

(3)直方图差异计算

经过对亮度集中区域的直方图阶数进行扩展,暗场景区域或亮度集中区域的直方图分辨率得以提升,依据改进后的直方图分布,利用式(4)和式(5)的计算方法,可以准确地找出暗场景中时域上场景发生切换的时间位置。

3.3 图像分辨率切换的特殊处理

在图8所示的适配于网络电视无缝自适应技术动态切换视频图像输出分辨率的方法中,由于分辨率的变化会导致像素总数发生变化,在直方图分布中产生了较大的跳变(见图10)。此跳变如果不进行特殊处理,会导致在并未发生场景切换时,错误地判断得到场景发生了切换的结果。

为解决此“错判”问题,本文在基于直方图统计的场景切换检测算法中,提出不直接采用直方图统计的结果进行前后帧(如式(4)和式(5))的运算,而是预先对直方图统计的结果进行归一化处理,统一至FHD信号格式的分辨率,如式(8)所示。

$$H_n'(i) = \frac{H_n(i)}{TotalPixel_n} \times c \tag{8}$$

其中, $TotalPixel_n$ 为第 n 帧的像素总数,常数 c 取值为 2073600,其代表 FHD 全高清信号的像素总数。因此,式(4)被优化为式(9)。

$$HistDiff(n) = \sum_{i=1}^M |H_n'(i) - H_{n-1}'(i)| \tag{9}$$

从而,根据式(5)可以计算得出正确的场景切换检测的结果。

4 硬件实现

在硬件 VHDL 逻辑设计中,兼顾到实时性要求、复杂度限制的同时,在具体的实现过程还需要考虑如下几个因素。

(1)使用16阶或动态阶数的直方图统计去处理一帧或一场内的全部像素点的亮度信息,其中:1)为克服直方图统计测量中的量化误差,首先需要对其做像素比特位处理。比特位处理必须对这个亮度范围内的像素亮度值做一个扁平分布,使其与直方图统计的位宽相一致。2)硬件上直方图统计所需要的统计结果数值的位数必须足够大,以能让图像中所有像素点落入同一阶为最大要求(例如对于CSHD高清电影范围的一帧来说,这个统计值必须有22比特位来保证)。

(2)在完成帧或场的检测后,像素的比特位精度可以从22比特量化简化至12比特。

(3)前后两帧或两场之间的差异是通过累加直方图统计中相对应的每一阶的绝对差值来实现的,从时间轴上来说,这是在最后一帧的最后一个像素点处理完之后开始计算其直方图偏差的。因此,一场或者一帧的直方图数据统计结果的延迟是必然存在的。对于发生亮度集中区域的直方图扩展阶数设计而言,硬件设计上可以采取并行两套不同阶数的直方图统计来避免需要再多延迟一帧得出直方图统计结果。

(4)为了避免在实际应用中连续两次检测到场景发生了切换,一些简单的逻辑可以被选用来规避或阻止前一次刚刚标志了场景发生切换,紧接着下一场或下一帧又提示场景发生了切换。如图13所示的闪烁分析可以用来阐述此阻止机制的行为。

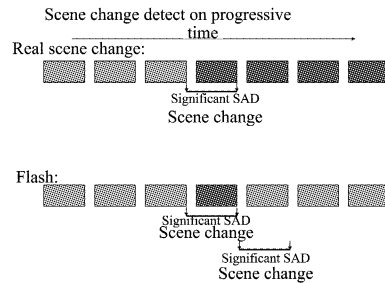


图13 场景切换检测行为(以逐行信号为例)

其中,对于场景切换检测硬件逻辑来说,这个场景切换检测不必设置一个排除窗口或生效窗口。例如:对于电影模式场景下的黑框也可以被一并加以统计,对于场景切换检测来说没有影响。当场景真正发生切换时,这个场景切换的信息仍然能够被检测到,不会受到电影场景上下边缘黑框的影响。

场景切换检测的硬件时序关系和控制如图14所示。

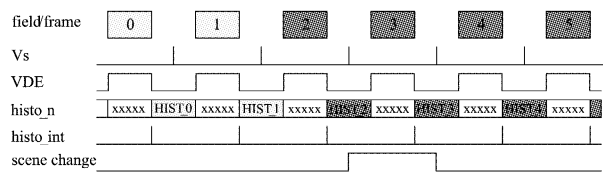


图14 场景切换检测的硬件时序控制(以逐行信号为例)

其中, Vs 表示帧同步信号, VDE 表示帧内有效图像内容的窗口范围, histo_n 表示第 n 帧的直方图统计, histo_int 表示直方图统计的中断信号, scene_change 标识了场景切换结果提示在时序图上的时间。

5 验证与总结

针对数字电视视频后处理芯片中时域图像处理模块的应用需求,该视频场景切换检测模块的优化算法通过改进的基于动态控制直方图阶数的方法进行场景切换检测,其相比于传统的基于图像平均亮度的设计方法提高了场景切换检测的准确度。并且,针对目前流行的网络电视适配无缝自适应切换视频输出分辨率的模式,本文提出的算法改进了直方图统计的设计,以保证该算法模块在流媒体智能电视图像后端处

理领域具备更好的适用性。

本文选取了电视芯片图像处理算法设计中遇到的一些典型的和常见的电影电视节目场景片段,对上述 3 种算法进行对比实验。实验采用 FPGA 硬件芯片仿真设计平台,实验场景片段的具体特征信息如表 4 所列。

表 4 实验场景特征

测试场景片段	属性	片段时长	场景切换次数	是否含暗场	分辨率切换
Soccer(图 2)	体育	2'42"	20	N	N
Spide_man	电影	2'14"	15	Y	N
iRobot(图 5)	电影	1'19"	3	Y	N
Speed_race	广告	10"	9	N	N
Norway	演示片	4'35"	37	N	N
HQV	演示片	6'33"	57	Y	N
Dim	网络视频流	1'15"	2	Y	N
Soccer_2(图 8)	网络视频流	2'42"	20	N	Y

评价标准主要从漏检率 $Rate_m$ 和错判率 $Rate_f$ 两个方面进行考量。漏检表示真实发生的场景切换却没有被检测到的情况,而错判指的是没有发生场景切换却被检测到并提示发生了场景切换的情况。其结果统计公式分别如式(10)和式(11)所示。

$$Rate_m = \frac{N_m}{N_c + N_m} \tag{10}$$

$$Rate_f = \frac{N_f}{N_c + N_f} \tag{11}$$

其中, N_c 表示正确检测出场景切换的次数, N_m 代表了遗漏检测出场景切换的次数, N_f 表示错误判断了场景切换检测的次数。

基于漏检率和错判率两个指标,基于表 4 所列的场景片段对本文提出的优化设计算法与传统的基于平均亮度法和直方图分布法进行分析,其仿真实验的对比结果如表 5 所列。

实验结果表明,本文提出的优化设计算法与传统的用于数字电视图像后处理芯片中的基于平均亮度法和直方图分布法的场景检测相比,在漏检率和错判率表征的准确度方面有一定提高。

表 5 实验结果对比

测试场景片段	漏检率 $Rate_m$			错判率 $Rate_f$		
	平均亮度法	直方图分布法	本文改进算法	平均亮度法	直方图分布法	本文改进算法
Soccer(图 2)	0.300	0.100	0.050	0.067	0.053	0.050
Spide_man	0.200	0.200	0.133	0	0	0
iRobot(图 5)	0.217	0.174	0.087	0.100	0.095	0.045
Speed_race	0.111	0.111	0	0	0	0
Norway	0.054	0.054	0.027	0.028	0.028	0.027
HQV	0.088	0.070	0.053	0.037	0.036	0.018
Dim	0.200	0.200	0.100	0.059	0.059	0.053
Soccer_2(图 8)	0.300	0.100	0.100	0.067	0.182	0.053
平均值	0.184	0.126	0.069	0.045	0.057	0.031

最后,对硬件逻辑设计的分析介绍以及相应的硬件仿真实验表明,该优化设计算法在数字电视图像处理芯片中可以得到较好的应用,并能达到预期的效果。

参 考 文 献

[1] WANG Y, XUE Y L. Rate Control Algorithm Based on Scene Change[J]. Digital Video, 2009, 33(12): 17-20. (in Chinese)
王悦,薛永林. 基于场景切换的码率控制方法[J]. 电视技术, 2009, 33(12): 17-20.

[2] SHI J G, XU L, ZHANG C. Scene adaptive frame-layer rate control algorithm for H. 264[J]. Application Research of Computers, 2010, 27(5): 1968-1973. (in Chinese)
史久根,许林,张超. 一种场景自适应的 H. 264 帧层码率控制算法[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(5): 1968-1973.

[3] LUPATINI G, SARACENO C, LEONARDI R. Scene break detection; a comparison[C]// Proc of the 8th International Workshop on Continuous-Media Databases and Applications. Florida: IEEE Press, 1998: 34-41.

[4] LIANG C T, XUE Z M, LI C Y, et al. Scene Cut of HDTV Video Encoder[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 1998, 32(9): 24-26. (in Chinese)
梁昌钛,薛震民,李朝阳,等. HDTV 视频编码器的场景切换[J]. 上海交通大学学报, 1998, 32(9): 24-26.

[5] CAO Y X, WANG B. Translucent Material Estimation Based on Color Histogram Matching[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2015, 27(3): 441-450. (in Chinese)
曹一溪,王斌. 基于颜色直方图估计的半透明材质估计[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2015, 27(3): 441-450.

[6] TANG J, JIANG B, LUO B. Graph Matching Based on Graph Histogram and Path Similarity[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2011, 23(9): 1481-1489. (in Chinese)
汤进,江波,罗斌. 基于图的直方图及路径相似性的图匹配方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2011, 23(9): 1481-1489.

[7] LI G B, WU H F. Weighted Fragments-Based Meanshift Tracking Using Color-Texture Histogram[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2011, 23(12): 2059-2066. (in Chinese)
李冠彬,吴贺丰. 基于颜色纹理直方图的带权分块均值漂移目标跟踪算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2011, 23(12): 2059-2066.

[8] WANG Z, HUANG Y P, LUO S W, et al. A Pairwise Cumulant-Based Model for Topographic Representations of Nature Image[J]. Chinese Journal of Computers, 2012, 35(4): 817-826. (in Chinese)
王哲,黄雅平,罗四维,等. 基于成对累计量的自然图像拓扑表示模型[J]. 计算机学报, 2012, 35(4): 817-826.

[9] QUAN H Y, WANG C B. A New Effective Method of Calculating Fluid Motion Vector[J]. Chinese Journal of Computer, 2013, 36(9): 1889-1897. (in Chinese)
全红燕,王长波. 一种流体运动矢量计算的有效方法[J]. 计算机学报, 2013, 36(9): 1889-1897.

[10] MAS J, FERNANDEZ G. Video shot boundary detection based on color histogram[J/OL]. <http://www-nlpir.nist.gov/projects/tvpubs/tvpapers03/ramonlull.paper.pdf>.