

AVS 监控档视频的压缩域摘要研究

赵 磊 黄 华

(北京理工大学计算机学院 北京 100081)

摘 要 传统的像素域视频摘要方法需要完全解码视频,计算时间长。因此提出了一种在不解码的前提下直接在压缩域生成 AVS 格式摘要视频的算法。首先对 AVS 码流中的运动向量(MV)进行分析,提取前景运动宏块;然后跟踪前景宏块,得到有效的运动目标轨迹;最后提取 AVS 监控档视频中的背景帧,并将它与运动目标轨迹相结合,生成摘要视频。实验表明,该算法能够在压缩域下有效地生成摘要视频,相比于传统方法具有更快的处理速度。

关键词 监控视频摘要,压缩域,AVS

中图法分类号 TP391

文献标识码 A

DOI 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.7.007

Compressed Domain Synopsis Research in AVS Surveillance Profile

ZHAO Lei HUANG Hua

(School of Computer Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract The traditional methods of video synopsis need completely decoding video in pixel domain which costs too much time. Without decoding, a video synopsis algorithm was proposed for AVS surveillance video in compressed domain. To do so, this algorithm first analyzes the motion vector in AVS bit stream to extract foreground motion macroblocks. Then the valid moving object trajectories are obtained through tracking the foreground macroblocks. At last, the trajectories are recombined with the background frame, which is extracted from the source surveillance video, to generate video synopsis. Comparing with the algorithm in pixel domain, experiments prove that this algorithm achieves similar effect but faster processing speed.

Keywords Surveillance video synopsis, Compressed domain, AVS

1 引言

随着硬件成本的不断下降,视频监控的应用越来越普及,监控视频已成为数据量最大的一类数据。由于监控视频有数据量大、非结构化的特点,原始监控视频数据难以有效利用。视频摘要(Video Synopsis)是有效利用监控视频的重要手段之一。它用一段简短的视频对原始视频进行概括,通过观看视频摘要能够了解原视频的内容。因此,快速获取监控视频摘要非常重要。

主流监控视频摘要算法是在像素域处理^[1-3]。Shmuel Peleg 等人首次提出了监控视频摘要算法^[1],该算法主要使用背景差分方式提取运动目标,然后跟踪得到运动轨迹,最后在时空中平移运动轨迹,得到监控视频摘要。文献[2]在视频摘要算法的框架下增加行为提取和目标检测,得到了经过分类的视频摘要,例如船的视频摘要、行人的视频摘要等。文献[3]基于文献[1],添加多种目标的特征提取(颜色、轨迹、分类等),并实现了一个功能完善的视频摘要查询系统。像素域的方法虽然效果较好,能保留绝大部分运动信息,但是需要视频流的完全解码,计算复杂度高。

压缩域视频摘要在不解码的前提下,直接提取视频信息生成监控视频摘要,可以显著加快计算速度,便于处理海量高

清视频,更适合实际需求。文献[4]根据 MPEG 码流信息,提取其中有效的视频帧,概括原视频。文献[5]基于压缩域中 DC 图像的相似性,提出一种聚类提取关键帧的方法,将其作为原视频的摘要。文献[6]分析 MPEG-2 码流信息,提取其中关键帧,重新组合成视频摘要。文献[7]提出一种交互式压缩域关键视频对象选择模型,提取体育视频摘要。以上方法生成的摘要仅包括关键帧图像,会损失非关键帧图像中的运动信息。此外,还有很多压缩域的研究工作,例如目标识别、运动分割、运动跟踪等^[3,8]。这些方法仅能提取运动信息,不能生成摘要视频。

与在像素域处理相似,在压缩域生成视频摘要需要对码流分析并重新组合。以往的视频编码标准,如 MPEG-1、MPEG-2、H264 等,码流中各帧之间存在相互参考的关系,若修改码流中的一帧,需要同时修改与其相关的所有帧。因此不能在压缩域生成视频摘要。

数字音视频编解码标准(AVS)是中国自主制订的数字电视、IPTV 等音视频系统的基础性标准^[9]。AVS 制定了面向安防监控视频应用的伸展档次。基于监控视频背景单一的特点,AVS 监控档次添加了帧内解码背景图像(G 帧)^[10]。在 AVS 监控档次的码流中,视频帧可以只参考背景图像,而不需要参考相邻帧,这使得 AVS 监控档次的码流便于修改,利

到稿日期:2015-05-11 返修日期:2015-08-02 本文受国家自然科学基金重点项目(61133008)资助。

赵 磊 男,硕士,主要研究领域为图像与视频处理,E-mail:excalibure@bit.edu.cn;黄 华 男,博士,教授,主要研究领域为计算机图形学、图像与视频处理,E-mail:huahuang@bit.edu.cn。

于直接在压缩域合成监控视频摘要。

本文提出了一种 AVS 监控档视频的压缩域摘要算法。算法首先从 AVS 监控档的码流中提取背景参考帧和压缩域信息,然后根据压缩域信息提取运动轨迹,最后将运动轨迹和背景参考帧重组生成监控视频摘要。本文算法可以在压缩域直接生成监控视频摘要,提高了处理速度,节省了计算资源。

2 AVS 监控视频摘要原理

2.1 AVS 监控档码流结构

AVS 定义了 5 种解码图像:帧内解码图像(I 帧)、帧内解码背景图像(G 帧)、前向帧间解码图像(P 帧)、背景参考前向帧间解码图像(S 帧)、双向帧间解码图像(B 帧)^[11]。其中, I 帧、P 帧、B 帧的功能作用与 H264 等其它编码方式相同, G 帧只作长期参考帧, S 帧只参考 G 帧。如图 1 所示,在 AVS 监控档中,编码器添加了背景建模模块生成 G 帧,而码流中的其它视频帧也可以参考 G 帧。

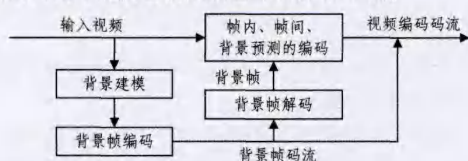


图1 AVS 监控档编码原理

如图 2 所示, AVS 监控档的码流分为多个片段,每个片段中都包含一个长度相同的训练集,训练下一个片段中的 G 帧,片段 0 在码流的头部并且只包含训练集 0^[12]。除片段 0 以外,其它片段的长度都相同。

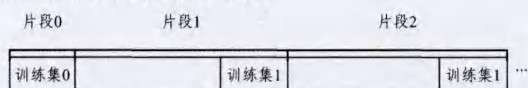


图2 AVS 监控档码流结构

码流中每个片段都是以 G 帧作为第一帧,除了片段 0 中的 G 帧正常解码播放以外,其它的 G 帧都是背景帧,解码但不播放。为了方便生成 AVS 格式的摘要视频,本文主要针对 G 帧、S 帧和 P 帧展开讨论。

2.2 监控视频摘要原理

监控视频摘要是将原监控视频中运动轨迹在时间轴上平移得到的视频。如图 3 所示,原视频包括 16 帧,其中有三角形、方形、圆形 3 个运动目标在视频中出现。监控视频摘要算法将运动目标在时间轴上平移,得到仅包含 5 帧的摘要视频。摘要视频中保留了原监控视频的所有运动信息。

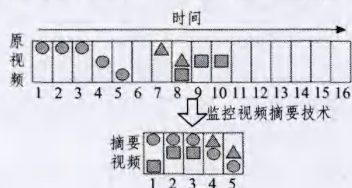


图3 监控视频摘要原理

视频摘要的最根本目的是希望通过一段简短视频概述原视频内的所有信息,即不损失原视频中的数据。如图 3 所示,虽然摘要改变了不同目标的时序关系,但各运动目标自身的时序得到完整保持,原视频的信息得到完整保留,因此不会影响浏览摘要视频,也不会影响理解原视频的内容。反而由于

视频的缩短,视频摘要能够加快浏览和检索视频的速度,有效利用原监控视频。

在 AVS 监控档的码流上做监控视频摘要,首先需要从码流中提取运动轨迹,然后根据运动轨迹合成监控视频摘要。算法流程如图 4 所示。

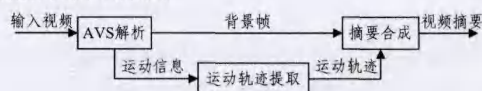


图4 AVS 监控视频摘要算法流程图

3 AVS 运动轨迹提取

运动轨迹提取是监控视频摘要的基础,提取效果直接影响摘要的质量。在压缩域中,单个运动目标区域是运动目标在一帧图像中的宏块集合。单个运动轨迹是运动目标在视频中的所有运动目标区域的集合。运动轨迹包含单个或多个运动目标。若存在遮挡,则合并发生遮挡的多个运动目标的运动轨迹。例如,在视频中有两个人相向而行,若没有相遇,则每人各对应一个运动轨迹;若两个人相遇,则两个人的运动轨迹合并。

运动轨迹提取的主要信息来源是宏块运动矢量(MV)^[8]。MV 记录了宏块与宏块间的相似估计,是提取轨迹最直观、最有效的依据。AVS 视频的码流有 4 种分块方式: 16×16 , 8×16 , 16×8 , 8×8 的块尺寸大小^[13],在 P 帧中每一块都对应一个 MV。为了方便处理,本文将大于 8×8 的块分割成多个 8×8 子块,其 MV 与原始块相同。本文以下内容的宏块均指 8×8 的块。由于背景帧与运动目标存在差异,运动目标上的宏块一般会参考其在前一帧相同位置的宏块。MV 是当前宏块参考前一帧的块的向量,可视为当前宏块与前一帧参考块的映射关系,即本文以下内容中的 MV 映射。但是, MV 的大小取决于宏块与宏块之间的相似性,容易产生噪声。图 5 显示 AVS 中一帧的 MV 信息(图中绘画的 MV 为原始值的 4 倍),视频是由 AVS 监控档编码器编码 PETS 2006 中的 Railway 视频得到。图中可见多个位置出现 MV 噪声区域,且运动目标内部的 MV 并非全部相似。



图5 AVS 运动矢量

为了更准确地提取运动轨迹,需要对 MV 降噪。常用的降噪方法包括中值滤波、MV 累积等^[14]。其中,中值滤波可以去掉运动矢量场中较小的孔洞, MV 累积可以准确分类有较小 MV 的运动目标宏块,但是上述两种方法都会将运动目标的边缘误分类,不满足要求。如果能将多个宏块组成的运动目标区域看作一个整体,计算运动目标区域在相邻帧间的映射关系,就能得到运动目标内的各个宏块的运动目标映射矢量。由于运动目标映射矢量不存在噪声,运动目标区域内的 MV 噪声就被过滤了。

基于上述分析,本文将相邻两帧间的运动目标跟踪问题转换为图像配准问题,利用 MV 计算运动目标区域间的映射关系,然后将宏块划分为前景和背景两类,进而获取运动轨迹。其中,目标映射的值由属于同一运动目标宏块的 MV 共同决定。

3.1 运动目标映射

在图像配准的算法中,一般需要先检测两幅图像的特征点并匹配,然后估计图像间的单应矩阵,从而得到图像块的映射关系^[15,16]。由于图像会受到噪声影响,图像间的特征点匹配可能存在错误匹配,影响图像配准的结果。为减小误差,图像配准通常采用 Ransac 算法或者最小二乘法等算法计算单应矩阵。本文将 MV 转换成相邻两帧间的点对,利用 Ransac 算法估计相邻两帧内的运动目标区域的单应矩阵,以减小噪声影响。

在单个运动目标区域内,有 n 个宏块,每个宏块有一个 MV,记宏块 m 的 MV 为二元向量 $mv_{m,t}$,宏块 m 的中心坐标为二元组 u_m ,其中 t 代表 m 出现在视频中的时间,可以计算出当前宏块 MV 映射的坐标 $v_{m,t} = u_m + mv_{m,t}$ 。由于单应矩阵 H 具有 8 个未知参数,当 $n < 4$ 时,由于宏块数目过少,不计算运动目标映射。当 $n \geq 4$ 时,使用 Ransac 算法可以计算出 H ,这时运动目标映射的坐标 $w_{m,t}$ 可以通过 c_m 和 H 计算得到。

3.2 宏块前背景划分

在获取运动目标轨迹之前,需要将 AVS 中的宏块划分为前景宏块和背景宏块两种。在监控视频中,宏块的前背景划分可以由运动矢量场、MV 映射和运动目标映射 3 方面共同决定。

为了区分前景、背景宏块,本文使用软划分,即为宏块 m 设置一个前景概率 $p_{m,t}$,宏块的前背景划分可以使用阈值 T 确定。若 $p_{m,t} \geq T$, m 为前景,否则 m 为背景。

在 AVS 码流中, S 帧不包含 MV, 计算 S 帧宏块的前景概率方法与 P 帧不同,本文分别介绍 S 帧、P 帧。

3.2.1 P 帧宏块前景概率

(1)运动矢量场。在 P 帧中,一般有较大 MV 的宏块属于前景宏块,而 MV 较小的是背景宏块。从图 5 中可以看出,背景宏块 MV 的长度一般为 0,个别为 1;而前景宏块 MV 的长度一般大于 1,个别小于或等于 1。基于上述原因,在运动矢量场中宏块 m 属于前景的概率 $p_{m,t}^a$ 可以使用下述判断方法:

$$p_{m,t}^a = \begin{cases} 0, & |mv_{m,t}| = 0 \\ T_1, & |mv_{m,t}| = 1 \\ T_2, & |mv_{m,t}| \geq 2 \end{cases} \quad (1)$$

其中, T_1, T_2 是经验值,满足 $0 < T_1 < T_2 < 1$ 。

(2)MV 映射。在 P 帧中,每个宏块都可以使用 MV 映射到前一帧的某个位置。若前一帧保留前景概率,则当前宏块的前景概率与其经过 MV 映射得到的前一帧区域的前景概率成正比。记 $h(m_1, m_2)$ 计算两个 8×8 块 m_1 和 m_2 的相交区域面积, $f(m)$ 为宏块 m 经过 MV 映射后得到的块,则当前宏块 m 由 MV 映射得到的前景概率 $p_{m,t}^{b,P}$ 为:

$$p_{m,t}^{b,P} = \frac{\alpha^P}{64} \sum_{m' \in L} (p_{m',t-1} h(f(m), m')) \quad (2)$$

其中,记 L 为全体宏块的集合, α^P 是 P 帧中 MV 映射的权重。由于宏块的交叉区域面积在 $0 \sim 64$ 之间,在计算之前添加 $1/64$ 归一化概率。

(3)运动目标映射。同 MV 映射相似,利用前一帧的前景概率,可以把运动目标区域内的每个宏块映射到前一帧上。记 $g(m)$ 是目标映射函数,可得到宏块 m 经过目标映射的区域。则当前宏块 m 由运动目标映射得到的前景概率 $p_{m,t}^{c,P}$ 为:

$$p_{m,t}^{c,P} = \frac{\beta^P}{64} \sum_{m' \in L} (p_{m',t-1} h(g(m), m')) \quad (3)$$

这里, β^P 是 P 帧中运动目标映射的权重。

综上, P 帧中宏块 m 属于前景的概率 $p_{m,t}^P$ 为:

$$p_{m,t}^P = p_{m,t}^a + p_{m,t}^{b,P} + p_{m,t}^{c,P} \quad (4)$$

为保证 $p_{m,t}^P$ 在 $0 \sim 1$ 之间,若 $p_{m,t}^P > 1$,则令 $p_{m,t}^P$ 取 1。

3.2.2 S 帧宏块前景概率

由于 S 帧中不存在运动矢量场,为了将 S 帧中的宏块区分为前景和背景,需要利用 S 帧前后的 P 帧。本文使用运动矢量场和运动目标映射两种方式确定其前景概率。

(1)运动矢量场。由于 S 帧前后会存在 P 帧,且 P 帧有运动矢量场,可以估算 S 帧宏块 m 的运动矢量 $mv_{m,t}$:

$$mv_{m,t} = \frac{1}{2} (mv_{m,t-1} + mv_{m,t+1}) \quad (5)$$

计算得到 $mv_{m,t}$ 后,可以根据式(1)求得在运动矢量场中宏块 m 属于前景的概率。

(2)运动目标映射。假设相邻 3 帧中,两两帧间的目标映射相似,可以直接使用前一帧计算得到的目标映射结果来计算当前帧宏块 m 属于前景的概率:

$$p_{m,t}^{S,c} = \beta^S \sum_{m' \in L} (p_{m',t-1} h(g(m), m')) \quad (6)$$

综合运动矢量场与目标映射,可以对 S 帧中每一个宏块计算其属于前景的概率:

$$p_{m,t}^S = p_{m,t}^a + p_{m,t}^{S,c} \quad (7)$$

为保证 $p_{m,t}^S$ 在 $0 \sim 1$ 之间,若 $p_{m,t}^S > 1$,则令 $p_{m,t}^S$ 取 1。

综上,除背景帧的宏块以外,每个宏块都可以计算其属于前景的概率:

$$p_{m,t} = \begin{cases} p_{m,t}^P, & \text{P 帧} \\ p_{m,t}^S, & \text{S 帧} \end{cases} \quad (8)$$

3.3 运动轨迹提取

在压缩域中,运动目标区域往往是多个宏块的连通区域,只有遇到部分遮挡等特殊情况,才会变为多个连通区域。宏块的连通区域是运动轨迹的一部分,是运动目标划分的最小单位。获得宏块的前背景划分之后,采用图像二值形态学的闭运算方法处理并划分八连通区域,获得帧内各个连通区域。

从连通区域提取运动轨迹主要分为初始化和跟踪两个阶段。初始化阶段,每个前景宏块的连通区域都视作单个运动目标区域。在跟踪阶段,利用 MV 映射和目标映射可以得到每个运动目标轨迹在前一帧的映射区域,根据前一帧的运动轨迹标记可以推出当前运动轨迹的标记。由于运动目标的不规律性,跟踪过程会出现如下几种特殊情况^[17]。

(1)当前帧单个连通区域映射到前一帧多个运动轨迹上,需要将多个运动轨迹合并;

(2)当前帧多个连通区域映射到前一帧单个运动轨迹上,即运动目标存在分开或部分遮挡,不能将当前帧的运动轨迹分开;

(3)当前帧不存在能够映射到前一帧某运动轨迹的连通区域,即运动目标消失,需要将运动轨迹截断;

(4)当前帧的单个连通区域不能映射到前一帧任何运动轨迹上,即运动目标出现,需要增加与运动轨迹。

综上,提取运动轨迹的算法流程如图 6 所示。

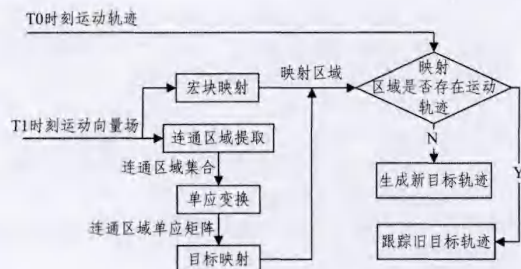


图6 运动轨迹提取算法

4 AVS 监控视频摘要合成

在压缩域与在像素域的视频摘要生成算法有4点不同：

(1)在压缩域中，运动轨迹中的宏块只参考同一运动轨迹的宏块或者前景宏块，为避免参考的前景宏块被更改，重组运动目标轨迹时需要将运动轨迹中所有宏块直接参考的前景宏块一并移动；

(2)在压缩域中，重组后码流的背景宏块需要直接参考G帧；

(3)在压缩域中，重组运动轨迹时需要保证修改前后AVS码流的帧类型相同，即在移动运动轨迹时，轨迹A中的S帧宏块和其它轨迹中的S帧宏块放入同一时刻；

(4)在压缩域中，重组的运动轨迹不能存在轨迹遮挡的情况，即重组的运动轨迹不能有相同时间、相同位置的多个宏块，否则无法在非解码的前提下保留有冲突的前景宏块集合。

在保证上述4个条件下，本文采用贪心的方式，每次将单条运动轨迹加入监控视频摘要中，贪心选择其中不存在冲突的位置添加，最后得到监控视频摘要。

在写入AVS码流时，需要分为G帧相关部分、前景宏块、背景宏块3个方面写入。

(1)G帧相关部分。G帧是S帧与P帧的参考帧，需要将原视频中的G帧写入AVS摘要码流中。同时，由于AVS码流开始部分没有背景帧，需要将第一个背景帧之前的码流写入AVS摘要码流，如图2所示。

(2)前景宏块。前景宏块可以直接从原码流中截取相应位置的信息写入新AVS摘要码流中。

(3)背景宏块。在添加G帧之后，直接生成一段AVS码流，令背景宏块直接参考G帧相同位置。

通过以上方式，可以在不解码的前提下，直接从AVS监控视频生成监控视频摘要。由于合成监控视频摘要的宏块码流均使用原AVS中的码流或者预先生成的固定码流，因此计算速度非常快。

5 实验结果与分析

实验硬件配置为Inter Core i5-3470, 4GB RAM, AVS编解码软件为官方测试版本SM2_1.6。本文中的OneStopEnter2front样例视频来自CAVIAR^[18]。实验中选取文献[19]的算法进行对比，它代表了大多数的视频摘要算法，且生成视频摘要的算法相似。所有测试样例都由AVS监控档重新编码，编码格式为GPPP...SPPP...，S帧周期为30，建立背景模型的测试集长度为150帧。本文算法中定义参数设置如下： T 为0.8， T_1 、 T_2 分别为0.4、0.8， α^P 、 β^P 分别取0.4、0.5， β^S 取0.6。

图7是对视频OneStopEnter2front的处理结果，原视频分辨率为 384×288 ，包含2700帧图像，摘要视频是1203帧

(本文中涉及的AVS码流截图是通过AVS解码相应码流后得到的)。图7(a)和图7(b)是原视频中的行人，图7(c)和图7(d)是生成后的摘要视频。原视频中包括3个运动的行人，他们分别在不同的时刻出现，本文算法将不同时间段出现的行人平移到同一时间段内，去除了视频中冗余的信息，达到了快速浏览原视频信息的目的。图8是本文另外一组实验结果，原视频是1200帧，摘要视频是813帧。图8(a)表示的原视频和图8(b)表示的摘要视频处在相似的情景，但摘要视频中的运动目标更多，能够被更快地浏览。由图可知，本文算法是有效的，可以将不同时间段出现的运动目标平移到同一时间段内，有效压缩了原视频，生成摘要视频，利于观看和检索原视频中的信息。



(a)原视频第一个路过的人



(b)原视频第二个路过的人



(c)视频摘要平移原视频中第一个和第二个



(d)视频摘要平移原视频中第二个和第三个人

图7 OneStopEnter2front的压缩域摘要视频



(a)railway 原视频



(b)railway 摘要视频

图8 railway的压缩域摘要视频

图9将本文算法与文献[19]算法进行比较。图9(a)为文献[19]在像素域生成的摘要视频，共556帧；图9(b)为本文算法在压缩域生成的摘要视频，共1260帧。由图9可看出，两种方法生成的摘要视频效果相似。但由于像素域下的视频摘要前景检测更加准确且重组的运动轨迹可以存在冲突，文献[19]的方法生成的摘要视频更加紧凑。



(a)文献[19]算法结果



(b)本文算法结果

图9 像素域与压缩域算法对比

表1将本文算法、文献[19]算法、AVS参考软件编码、AVS参考软件解码的计算速度在监控视频OneStopEnter2front上进行了对比。由于文献[19]算法是运行在像素域上，本文不统计其解码原视频的时间，仅统计其算法消耗时间。由表1可看出，在不计算像素域算法解码原视频和编码摘要视频这两个步骤的前提下，本文的算法比像素域的处理速度快0.5倍，且较接近解码的速度。

表1 算法速度对比

算法	帧率(fps)
文献[19]算法	32.80
本文算法	47.04
AVS 编码样例	2.78
AVS 解码样例	63.53

但本文也有所不足,即本文算法生成的摘要视频在部分区域会出现块效应。如图10所示,图10(a)中行人的腿及右下角、图10(b)中行人头部都出现块效应。这主要是因为压缩域下提取的运动轨迹不完整,导致生成的摘要视频缺失部分前景宏块或前向参考的前景宏块,解码显示出错。



(a)摘要视频行人腿部块效应



(b)摘要视频行人头部块效应

图10 块效应

为客观评价算法效果,本文手工标记了视频150帧之后的宏块类型,并分别统计准确率(P)、召回率(R)两个指标。其中,准确率可以反映摘要算法压缩原视频的能力,若准确率较高,则生成的摘要视频较短;召回率可以反映摘要视频的流畅程度,若召回率较高,则摘要视频的块效应较少。如表2所列,为了保证摘要视频的流畅度,本文算法准确率较低,但召回率较高。

表2 算法效果对比

视频序列	方法	P	R
Hall Monitor ^[22]	本文算法	0.35	0.92
	文献[20]	0.69	0.75
	文献[21]	0.57	0.73
Daytime ^[23]	本文算法	0.37	0.87
	文献[20]	0.72	0.66
	文献[21]	0.40	0.86

综上,本文的算法可以直接在压缩域生成摘要视频,速度较快,且去除了原始视频中无用的静止信息,保留了主要的运动信息,能满足监控视频的摘要需求。

结束语 本文提出了一种 AVS 监控视频的压缩域摘要算法。算法可以在不解压缩的基础上直接提取 AVS 码流中的前景宏块,并对宏块重新组合生成监控视频摘要。实验结果表明,本文提出的算法与像素域的监控视频摘要提取算法效果相似,且实时性明显强于像素域的算法,因而具有更好的实用性。

参考文献

- [1] Rav-Acha A, Pritch Y, Peleg S. Making a Long Video Short; Dynamic Video Synopsis[C]//CVPR 2006. 2006;435-441
- [2] Cullen D, Konrad J, Little T D C. Detection and summarization of salient events in coastal environments[C]//2012 IEEE Ninth International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS). IEEE, 2012;7-12
- [3] Yun S, Yun K, Kim S W, et al. Visual surveillance briefing system; Event-based video retrieval and summarization[C]//2014 11th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS). IEEE, 2014;204-209
- [4] Liu G, Zhao J. Key frame extraction from MPEG video stream [C]//2010 Third International Symposium on Information Processing (ISIP). IEEE, 2010;423-427
- [5] Shi F, Guo X. Keyframe extraction based on kmeans results to adjacent DC images similarity[C]//2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS). IEEE, 2010;1; V1-611-V1-613
- [6] Yao Hong-ying, Fan Tie-sheng. Technique Research of Video Abstract Based on Compressed[J]. Journal of Anshan Normal University, 2004, 6(2); 67-68(in Chinese)
- [7] 姚洪英, 范铁生. 基于压缩域的视频摘要技术的研究[J]. 鞍山师范学院学报, 2004, 6(2); 67-68
- [8] Ouyang Jian-quan. Research on Sports Video Abstraction in the Compressed Domain[D]. Beijing: Institute Of Computing Technology Chinese Academy of Sciences, 2005(in Chinese)
- [9] 欧阳建权. 压缩域体育视频摘要技术研究[D]. 北京: 中国科学院计算技术研究所, 2005
- [10] Babu R V, Tom M, Wadekar P. A survey on compressed domain video analysis techniques[J]. Multimedia Tools and Applications, 2016, 75(2); 1043-1078
- [11] Gao Wen, Wang Qiang, Ma Si-wei. Digital Audio Video Coding Standard of AVS[J]. ZTE Technology Journal, 2006, 12(3); 6-9 (in Chinese)
- [12] 高文, 王强, 马思伟. AVS 数字音视频编解码标准[J]. 中兴通讯技术, 2006, 12(3); 6-9
- [13] 张贤国, 张莉, 梁路宏, 等. 面向监控应用的 AVS 视频编码标准技术[J]. 中国安防, 2011(5); 38-42
- [14] 信息技术先进音视频编码: 第2部分 视频; GB/T 20090.2-2006 [S]. 2006
- [15] Zhang X, Huang T, Tian Y, et al. Background-modeling-based adaptive prediction for surveillance video coding[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2014, 23(2); 769-784
- [16] Liang Fan. Technical Features of the AVS Video Standard[J]. Digital TV & Digital Video, 2006(7); 12-15(in Chinese)
- [17] 梁凡. AVS 视频标准的技术特点[J]. 电视技术, 2006(7); 12-15
- [18] Hua Shan. Moving Object Segmentation Combining H. 264 Compression Domain and Pixel Domain[J]. Computer Applications and Software, 2014(12); 51(in Chinese)
- [19] 华山. 结合 H. 264 压缩域和像素域运动目标分割[J]. 计算机应用与软件, 2014(12); 51
- [20] Hess R, Fern A. Improved video registration using non-distinctive local image features[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007 (CVPR'07). IEEE, 2007; 1-8
- [21] Szeliski R. Video mosaics for virtual environments[J]. Computer Graphics and Applications, IEEE, 1996, 16(2); 22-30
- [22] Papadourakis V, Argyros A. Multiple objects tracking in the presence of long-term occlusions[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2010, 114(7); 835-846
- [23] Fisher R B. The PETS04 Surveillance Ground-Truth Data Sets [C]//PETS. 2004; 1-5
- [24] Pritch Y, Ratovitch S, Hendel A, et al. Clustered Synopsis of Surveillance Video[C]//6th IEEE Int. Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS'09). Genoa, Italy, Sept. 2009
- [25] Zhong R, Hu R, Wang Z, et al. Fast Synopsis for Moving Objects Using Compressed Video[J]. Signal Processing Letters, IEEE, 2014, 21(7); 834-838
- [26] Chen Y M, Bajic I V, Saeedi P. Moving region segmentation from compressed video using global motion estimation and Markov random fields[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2011, 13 (3); 421-431
- [27] http://trace.eas.asu.edu/yuv/hall_monitor/hall_cif.7z
- [28] ftp://159.226.42.57/AVS_FTP/incoming/dropbox/VideoTest-Sequences/surveillance/yuv420_w320_h240_1.rar