

文章编号 1004-924X(2010)12-2672-08

编码质量与容错性自适应的跳帧视频转码

周怡然, 陈耀武

(浙江大学 数字技术及仪器研究所, 浙江 杭州 310027)

摘要: 为了使跳帧视频转码在有较好编码质量的同时兼顾转码后新码流的容错性, 研究了一种编码质量与容错性自适应的跳帧视频转码方法。提出了基于最优编码质量的跳帧转码算法, 依据质量影响系数, 在所设计的滑动窗结构中进行了最优跳帧方案的选择, 即计算各种跳帧可能性对编码质量的影响, 最大程度地保留并编码运动强度较大的帧, 提升编码质量。基于此算法, 估计跳帧后的错误敏感度和错误影响系数, 进一步提出了编码质量与容错性自适应的跳帧方法, 使压缩效率和容错能力之间达到动态平衡。实验结果表明: 丢包传输时, 本方法可使再次解码视频的 PSNR 值提高 0.05 ~ 1.2 dB, 从而满足跳帧视频转码对帧率准、质量好、容错性强等方面的要求。

关键词: 视频转码; 跳帧; 编码质量; 容错; 时域分辨率

中图分类号: TN919.8 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/OPE.20101812.2672

Frame skipping video transcoding based on adaptation of both encoding quality and error resilience

ZHOU Yi-ran, CHEN Yao-wu

(*Institute of Advanced Digital Technology and Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China*)

Abstract: In order to balance the encoding quality and error-resilience after video transcoding, a frame skipping video transcoding method based on the adaptation of both encoding quality and error resilience was researched. Firstly, a frame skipping transcoding algorithm based on the optimum encoding quality was introduced, in which the best frame skipping approach in a sliding window was selected based on a quality impact index. That means the method is to calculate the impacts of different frame skipping approaches on the coding quality and to preserve and encode the frames with larger motion intensities to improve the encoding quality. Following this frame skipping algorithm, the error sensitivity and the error impact index due to the frame skipping were also calculated and evaluated, then a frame skipping method based on the adaptation of both encoding quality and error resilience was presented to implement the dynamic balance between the coding efficiency and the error-resilient capability. Extensive experiments prove that the Peak Signal Noise Ratio (PSNR) of re-decoded video can be improved by 0.05-1.2 dB with the proposed method when the data transmission is with packet losses. For mobile systems and devices, the proposal can meet the needs of accurate frame rate, good quality,

收稿日期: 2010-04-26; 修订日期: 2010-05-14.

基金项目: 浙江省重大科技攻关资助项目 (No. 2006C11200, 2009C11035)

and good error resilience.

Key words: video transcoding; frame skipping; encoding quality; error resilience; temporal resolution

1 引言

随着近年来人们对多媒体技术与产品的需求快速增加,越来越多的研究投入到了视频领域当中。在多媒体应用中,存在着各种各样的网络、设备、内容表现形式和标准等,这些要素之间的互通显得尤为重要与急迫。视频转码就是完成这项任务的非常重要一环,现已成为十分活跃的研究领域。转码的定义十分宽泛,一般来说,所有为了满足用户需求而进行的视频格式的转换都属于视频转码,如码率、帧率、分辨率和标准等的转换。在视频文件中嵌入或删除信息也属于视频转码,如添加水印和容错信息等^[1]。随着处理与显示能力有限的移动系统和设备的出现,跳帧转码的研究与应用也愈发重要。

跳帧转码或者叫帧率转码是将码流的原有时域分辨率降低。现有跳帧转码研究中既有不同编码标准之间的异构跳帧方法^[2],也有跳帧过程中的运动矢量的计算^[3-6]。在跳帧结构方面,Chen^[7]和Hsu^[8]等提出了一种任意帧率的跳帧转码方法,在一定码率条件下改善编码质量。该方法根据目标码率和现有码率推算出目标帧率以及跳帧窗口的大小。一帧图像是否应该跳过取决于它的非跳帧影响系数,该系数包括运动强度和空域失真两方面因素。该方法以削减码率为目标,或者说跳帧只是削减码率的一个手段。尽管这样可在满足目标码率情况下改善编码质量,但也会带来编码帧率过多的问题。很多移动设备往往只能解码显示具有有限且固定帧率的码流,因为它们的处理能力和电源容量十分有限。Shu^[9]等提出了一种任意帧率的跳帧转码方法,其一次跳帧数量通过前面的多帧预测窗口不断进行修正和调整。该方法在跳帧决策过程中,考虑了运动的强度以及运动的连续性,虽然能够满足固定帧率,但其多帧预测窗口会导致明显的处理延时,难以实时应用。Zheng^[10]等提出的跳帧方法在计算每帧运动强度的同时,对连续两帧的运动强度进

行了比较。如果当前解码帧运动强度大于前一个解码帧,则当前帧应该编码,否则跳过该解码帧。该方法虽然能够满足固定帧率,但其编码帧率波动大。上述方法在有限的处理资源和带宽条件下,并不能满足移动设备的需求,同时,编码帧率波动大也不利于恢复再次解码的错误。

因此,传输的不可靠使视频容错技术成为一个急需解决的重要课题^[11-12]。一切有利于增强码流容错性的转码都属于容错转码。容错转码是视频转码中另一个重要的研究内容^[13]。帧内宏块刷新是一种常用且十分有效的提高码流容错性的方法^[14],通过对图像内容和传输环境等的分析,预测出每个位置是否需要进行帧内宏块刷新,以减轻错误扩散的影响。帧内宏块刷新再结合数据分割、视频包同步和头部扩展码等多种手段可以达到较好的容错效果^[15]。根据传输通道的反馈信息,重新选择较为可靠的参考帧也能够抑制视频错误的扩散^[16]。Liu^[17]等提出了一种不同视频编码标准转码和容错转码的联合设计,并对复杂的计算过程进行了优化。

现有的跳帧视频转码研究都只关注了根据运动情况去尽可能提高视频的编码质量,并没有考虑跳帧后新的码流的容错性;但在实际跳帧转码需求与应用中,编码质量与容错性往往需要同时兼顾。例如,很多移动系统和设备既需要码流有较低的帧率,也需要码流具有一定的容错性。目前,尚没有相关文献专门对这方面问题进行论述。因此,本文提出了一种新颖的基于编码质量与容错性自适应的跳帧视频转码方法,能够同时满足上述两种需求,实现跳帧转码中的压缩效率与容错能力之间的动态平衡。

2 基于最优编码质量的跳帧转码算法

通常,跳帧转码算法通过衡量一个解码帧的运动强度来判断跳过该帧之后是否对再编码的编

码质量影响较大^[9-10],本文也采用这种方法。

2.1 解码帧运动强度

为了降低计算资源,视频转码中的运动强度多从码流中的运动矢量信息中获得。坐标为 (i, j) 的宏块,其运动强度为:

$$\mathbf{MI}_{\text{MB}}(i, j) = \begin{cases} \sqrt{\mathbf{MV}_X^2 + \mathbf{MV}_Y^2}, & \text{MB is inter} \\ 0, & \text{MB is intra} \end{cases}, \quad (1)$$

其中, \mathbf{MV}_X 和 \mathbf{MV}_Y 分别表示解码得到的 x 和 y 方向的运动矢量。如果一个宏块原本是帧内编码的,那么它的运动矢量设为0。如果一个帧间宏块有多个运动矢量,那么它的运动强度为所有组成分块的 \mathbf{MI}_{MB} 的平均值:

$$\mathbf{MI}_{\text{MB}}(i, j) = \frac{\sum_{s,t} \mathbf{MI}_{\text{MB}}(s, t)}{N_{\text{partition}}(i, j)}, \quad (2)$$

其中, $N_{\text{partition}}$ 表示一个宏块的所有分块总数。然后,一帧视频的运动强度就可以定义为:

$$\mathbf{MI}_{\text{F}}(n) = \sum_{i=0}^{N_x-1} \sum_{j=0}^{N_y-1} \mathbf{MI}_{\text{MB}}(i, j), \quad (3)$$

式中的 n 表示这一帧的序号, N_x 和 N_y 分别表示一帧视频在 x 和 y 方向上的宏块总数。

2.2 滑动窗结构

滑动窗结构为固定长度,滑动窗中的部分解码帧将被跳过,而余下的其它解码帧将被再次编码。其结构如图1所示,设该图中的滑动窗长度 $L_{\text{SlidingWindow}}$ 为3,目标是跳过半数解码帧不编码。图中的灰色帧为被编码帧,其余帧为被跳过帧。

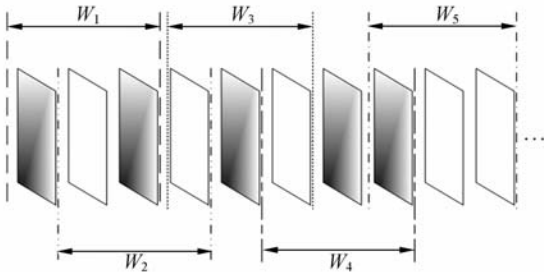


图1 滑动窗结构示意图(灰色帧为被编码帧,其余帧跳过)

Fig. 1 Proposed sliding window architecture (The gray frames are encoded, and the others are skipped)

在第一个滑动窗 W_1 中,假定第一帧被编码;第二个滑动窗 W_2 紧接着这个编码帧开始,同时假定该滑动窗中的第二帧被编码;同样,第三个滑动窗 W_3 接着刚才的编码帧开始。滑动窗依此规律不断向前,直至转码结束。

因为这些滑动窗之间可能会互相重叠,所以每个滑动窗中的预定编码帧数应不断动态调整,以使帧率准确达到目标帧率。这一预定编码数为:

$$N_{\text{EncSW}} = \left\lceil \frac{N_{\text{decoded}} + N_{\text{DecSW}}}{R_{\text{target}}} \right\rceil - N_{\text{encoded}}, \quad (4)$$

式中的 N_{decoded} 和 N_{encoded} 分别表示当前滑动窗开始之前转码器已经解码和已经编码的帧数; R_{target} 表示目标帧率比率,如二分之一的帧将被编码,则 R_{target} 的值为2。每个滑动窗预定需要解码的帧数是:

$$N_{\text{DecSW}} = L_{\text{SlidingWindow}} - N_{\text{overlap}}, \quad (5)$$

式中的 N_{overlap} 表示新滑动窗和前一个滑动窗之间重叠的解码帧数量,也就是避免重复解码。

2.3 基于最优编码质量的帧分配

为了确保再次编码图像的质量,那些跳过之后对编码质量影响较小的帧被跳过显然更为合理。因此,每个解码帧的质量影响系数定义为:

$$\mathbf{QI}_{\text{F}}(n) = \sum_{m=n_0+1}^n \mathbf{MI}_{\text{F}}(m), \quad (6)$$

其中, n_0 表示当前解码帧位置之前的最后一个编码帧的序号。当前滑动窗之前的最后一帧总被认为是编码帧,这样,就可得到考虑了累积效应的质量影响系数。

定义在滑动窗中符合预定编码帧数的一种跳帧的可能组合为一种帧分配。对于每一个滑动窗,其可能的帧分配方案数,也就是组合数为:

$$K_{\text{allocation}} = C_{L_{\text{SlidingWindow}}}^{N_{\text{EncSW}}} = \frac{L_{\text{SlidingWindow}}!}{N_{\text{EncSW}}! (L_{\text{SlidingWindow}} - N_{\text{EncSW}})!}, \quad (7)$$

在本文中,一些类型的解码帧一定会被再次编码。如果一个解码帧原本是帧内编码方式,则这一帧一定再次编码。如果一个解码帧中有一定数量的帧内预测宏块,那么这一帧也一定被编码。本文采用的判断阈值是10个宏块。因此,一些帧分配应被剔除。那么,此时的组合数为:

$$K'_{\text{allocation}} = C_{L_{\text{SlidingWindow}} - N_{\text{DefEnc}}}^{N_{\text{EncSW}} - N_{\text{DefEnc}}}, \quad (8)$$

其中, N_{DefEnc} 表示一个滑动窗中一定被编码帧的数量。在这些可能的帧分配中, 顺序号为 k 的帧分配的质量影响系数为:

$$Q_{\text{C}}(k) = \sum_{n \in \Psi(k)} Q_{\text{F}}(n), \quad (9)$$

式中的 Ψ 代表滑动窗中的被跳过的帧的集合。然后, 对质量影响系数值进行从小到大排序, 得到每种帧分配的质量影响系数排序号 Q_{order} 。显然, 该值最小的帧分配方案是最优的保证编码质量的方案。

3 编码质量与容错性自适应决策

上述方法都是以提高视频编码质量为目标。在存在传输错误的应用环境下, 还需要考虑每个解码帧的错误敏感度, 也就是说其是否容易受到传输错误的影响, 或者说是对其进行错误恢复的难度。

3.1 错误敏感度估计

本文在三个方面对错误敏感度进行了估计。这些信息尽可能取自解码信息, 从而可以降低计算复杂度。

首先, 绝对运动强度较大的帧显然其错误敏感度高^[18]。这里采用每一帧的平均运动强度 M 作为衡量指标, 也就是:

$$M(n) = \frac{\mathbf{M}\mathbf{I}_{\text{F}}(n)}{N_x \times N_y}. \quad (10)$$

其次, 通过矢量复杂度来估计错误敏感度。矢量复杂度是指一个宏块与其相邻其它宏块的运动差异程度。复杂度高说明当前宏块与其相邻宏块之间的运动差异大, 其相应的错误恢复难度也就大^[19]。解码信息中的运动矢量残差信息可以满足这一需求, 它反映了当前宏块的运动矢量与预测运动矢量值之间的差异, 而该预测运动矢量值是依据其相邻宏块的运动矢量得到的。一个解码帧的矢量复杂度定义为:

$$\mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D}}(n) = \frac{\sum_{i=0}^{N_x-1} \sum_{j=0}^{N_y-1} \mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D,MB}}(i, j)}{N_x \times N_y}, \quad (11)$$

$$\mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D,MB}}(i, j) = \sum_{s,t} (|\mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D,X}}(s, t)| + |\mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D,Y}}(s, t)|), \quad (12)$$

式中, $\mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D,X}}$ 和 $\mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D,Y}}$ 分别表示一个宏块的分块

在 x 和 y 方向的运动矢量残差。

另外, 根据标准定义, 运动补偿残差能量能够反映一个帧间宏块与预测值之间的差异。该残差能量较大时说明即便运动矢量能够较好的恢复, 该宏块恢复值与原值仍然会有较大的差异^[19]。定义运动补偿残差能量为:

$$CO_{\text{F}}(n) = \frac{\sum_{i=0}^{N_x-1} \sum_{j=0}^{N_y-1} CO_{\text{F,MB}}(i, j)}{N_x \times N_y}, \quad (13)$$

$$CO_{\text{F,MB}}(i, j) = \sum_{s,t} |co_{\text{f}}(s, t)|, \quad (14)$$

其中, co_{f} 表示一个帧间宏块的分块的残差系数, 对于非帧间宏块, 该值为 0。

然后, 一帧图像的错误敏感度定义为:

$$ES_{\text{F}}(n) = M(n) \times \mathbf{M}\mathbf{V}_{\text{D}}(n) \times CO_{\text{F}}(n), \quad (15)$$

上述 3 个方面是从图像整体来衡量运动强度是否易错, 从图像内部的错误恢复复杂度来考虑矢量复杂度和运动补偿残差能量。

3.2 编码质量与容错性自适应决策

类似于质量影响系数, 每一帧的错误影响系数也要考虑累积效应, 其定义为:

$$EI_{\text{F}}(n) = \sum_{m=n_0+1}^n ES_{\text{F}}(m). \quad (16)$$

对于 2.3 中所提及的每种可能的帧分配, 其错误影响系数为:

$$EI_{\text{C}}(k) = \sum_{n \in \Psi(k)} EI_{\text{F}}(n), \quad (17)$$

将每种帧分配的错误影响系数从大到小排序, 得到每种帧分配的错误影响系数排序号 E_{order} 。该值最小时, 跳过的帧具有较大的错误影响系数, 即编码帧具有较小的错误影响系数。在此情况下, 编码码流具有相对较好的容错性。

每种帧分配的联合排序应该自适应地考虑质量影响系数排序和错误影响系数排序, 也就是应该在压缩效率与容错能力之间取得动态平衡。两种排序的权重应该随着丢包率的不同而有所变化。因此, 对于每种帧分配方案, 其联合排序为:

$$J_{\text{order}} = (1-p) \times Q_{\text{order}} + \omega \times p \times E_{\text{order}}, \quad (18)$$

其中, p 表示传输网络的丢包率。从式中可以看见, 当不丢包时, 该排序与质量影响系数排序相同, 再次解码时的视频质量与编码质量相同, 也就是以提升编码质量为目标。为了能有更好的自适应性和效果, 式中的权重系数 ω 不为定值, 而是

随着滑动窗内平均运动强度和丢包率而变化。通过实验发现,当运动更剧烈、丢包率更大时,错误影响系数排序的权重相应增大。因此 w 定义为:

$$w = \alpha \times p \times MI_{\text{SlidingWindow}} + w_0, \quad (19)$$

$$MI_{\text{SlidingWindow}} = \frac{\sum_{n \in \Omega} M(n)}{L_{\text{SlidingWindow}}}, \quad (20)$$

式中, α 和 w_0 均为常数; Ω 表示当前滑动窗中所有解码帧的集合; 权重值 w 的取值限定在 2.0~10.0。显然, J_{order} 最小的帧分配方案为最优方案并予以采用。

上述跳帧转码方法的主要过程如图 2 所示。

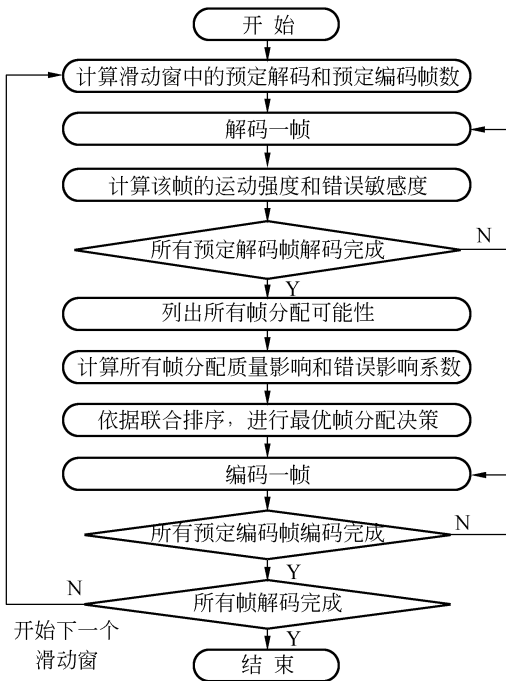


图 2 本文提出的跳帧转码算法的主要过程

Fig. 2 Flowchart of proposed scheme

4 实验结果与分析

为验证所提出的方法的有效性,以 H. 264/AVC 标准参考模型 JM15.1^[20] 为基础进行实验。首先,将 JM15.1 修改成为常用的像素域级联转码器,并在其上实现本文方法和用于对比的两种跳帧转码方法。所使用的标准测试视频序列包括 Carphone, News 和 Suzie, 这些序列均为 QCIF 格式(176 pixel×144 pixel)。待转码的码流都是由 JM15.1 编码器预编码的,其编码配置是:编码

300 frame、帧率为 30 frame/s、固定码率和 IPP-PP…结构。转码过程中的再次编码也配置为固定码率和 IPPPP…结构,码流的帧率从 30 pixel/s 转码到 15 frame/s,实验中的丢包率为 5% 和 10%。JM15.1 解码器接收码流并再次解码时所配置的错误恢复选项为“motion copy”。

实验所涉及的跳帧转码方法包括:

(1)PERIOD-周期性跳帧转码方法,即按固定周期,每隔几帧跳过一帧,以满足目标帧率要求;

(2)APT-文献[10]中提出的跳帧转码方法;

(3)JQET-本文提出的基于编码质量与容错性自适应的跳帧转码方法,所使用的参数 $L_{\text{SlidingWindow}}$, α 和 w_0 分别为 3, 10.0 和 -6.0。

对转码后的码流进行丢包传输和再次解码,计算并对比每次实验的解码 PSNR 值。计算过程中,跳过的帧均使用其前面最近一个解码帧代替,所得结果如表 1、表 2、表 3 和表 4 所示。其中,表 1 和表 2 对应的是将码流的码率从 144 KB/s 转码至 72 KB/s;表 3 和表 4 对应的是将码流的码率从 96 KB/s 转码至 48 KB/s。表 1 和表 3 的丢包率为 5%;表 2 和表 4 的丢包率为 10%。

表 1 解码 PSNR 结果(丢包率 5%、码率从 144 KB/s 到 72 KB/s)

Tab. 1 Decoded PSNR results (PLR 5%, bitrate transcoded from 144 KB/s to 72 KB/s (dB))

测试序列	对比方法		
	PERIOD	APT	JQET
Carphone	25.57	25.39	25.73
News	30.62	30.14	31.54
Suzie	29.30	28.15	30.35

表 2 解码 PSNR 结果(丢包率 10%、码率从 144 KB/s 到 72 KB/s)

Tab. 2 Decoded PSNR results (PLR 10%, bitrate transcoded from 144 KB/s to 72 KB/s (dB))

测试序列	对比方法		
	PERIOD	APT	JQET
Carphone	23.11	22.88	23.27
News	28.40	27.84	29.54
Suzie	26.35	25.52	27.55

**表 3 解码 PSNR 结果(丢包率 5%、
码率从 96 KB/s 到 48 KB/s)**

Tab. 3 Decoded PSNR results (PLR 5%, bitrate transcoded from 96 KB/s to 48 KB/s) (dB)

测试序列	对比方法		
	PERIOD	APT	JQET
Carphone	25.62	24.91	25.67
News	30.37	29.99	30.95
Suzie	29.15	28.31	30.28

**表 4 解码 PSNR 结果(丢包率 10%、
码率从 96 KB/s 到 48 KB/s)**

Tab. 4 Decoded PSNR results (PLR 10%, bitrate transcoded from 96 KB/s to 48 KB/s) (dB)

测试序列	对比方法		
	PERIOD	APT	JQET
Carphone	23.15	22.50	23.21
News	28.31	27.91	29.29
Suzie	26.31	25.97	27.28

表格所显示的实验结果表明:在三种跳帧转码方法中,JQET 方法在不同丢包率和码率情况下效果均为最好,并且在部分场景下其解码 PSNR 值提高幅度可达 1.0 dB 以上。

PERIOD 方法完全忽视了帧与帧之间的运动强度与错误敏感度的差异,不能适应视频内容的变化和不可靠的传输。APT 方法虽然考虑帧与帧之间的运动差异性,比较了前后两帧的运动强度差异以提高编码质量,但是也同样没有考虑跳帧的容错性。同时,该方法也没有一个跳帧数量动态控制的机制,因此难以在没有频繁 I 帧刷新的情况下应用。在移动传输应用中,因为带宽的问题,I 帧数量往往较少。

本文所提出的方法在跳帧结构上采用了滑动窗结构和编码帧数动态调整机制,既能够准确控制跳帧数量,又能够避免帧率的大幅波动。避免帧率大幅波动,一方面适合于移动传输与应用,另一方面又使得再次解码时解码器能够及时有效利

用相邻帧进行错误恢复。JQET 方法在跳帧选择上既考虑了不同帧分配对于编码质量的影响,也兼顾了它们对于码流容错性的影响,即取得了压缩效率与容错能力的动态平衡。相对于没有采用这种自适应结构的跳帧转码方法,此方法在解码质量上有了明显的提高。

图 3 直观展示了三种对比方法在丢包率为 10%和目标码率为 72 KB/s 时的解码图像质量(Suzie 序列),从左到右采用的方法依次是为 PERIOD、APT 和 JQET。从图中可以看到,本文方法的主观质量最好。



(a)PERIDD (b)APT (c)JQET

图 3 图像质量对比图

Fig. 3 Comparison of picture quality

5 结 论

为了能使跳帧视频转码后的码流既有较好的编码质量又具备较好的容错性,本文提出了一种基于编码质量与容错性自适应的跳帧视频转码方法。首先介绍了一种基于最优编码质量的跳帧转码算法,充分利用码流已有信息计算出每种帧分配的质量影响系数,从而可以保留并编码运动强度较大的帧,确保编码质量。然后,在此结构基础上,进一步提出了基于编码质量与容错性自适应的决策方法,动态平衡了压缩效率与容错能力。实验结果表明:在常用的丢包率下进行传输和解码,本文所提出的跳帧转码方法相对于传统方法具有更好的视频质量,视场景不同提高幅度可达 0.05~1.2 dB,能够满足移动系统和设备对于跳帧视频转码的要求。

media, 2005, 7(5):793-804.

- [2] LEE Y K, LEE S S, LEE Y L. MPEG-4 to H. 264 transcoding with frame rate reduction [J]. *Multi-media Tools and Applications*, 2007, 35(2): 147-162.

参考文献:

- [1] AHMAD I, WEI X H, SUN Y, *et al.*. Video transcoding: an overview of various techniques and research issues [J]. *IEEE Transactions on Multi-*

- [3] PATIL V, KUMAR R. An effective motion re-estimation in frame-skipping video transcoding [C]. *International Conference on Computing: Theory and Applications*, 2007:655-659.
- [4] ZHENG Y, ZHENG SH B. An efficient overlapping block selection method in multi-frame skipping transcoding [J]. *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, 2009,18(2):325-337.
- [5] LONETTI F, MARTELLI F. Motion vector composition algorithm in H.264 transcoding [C]. *14th International Workshop on Systems, Signals, and Image Processing*, 2007:401-404.
- [6] CHANDER V, REDDY A, GAURAV S, et al.. Fast and high quality temporal transcoding architecture in the DCT domain for adaptive video content delivery [C]. *International Conference on Computer Engineering and Technology*, 2009(1):91-97.
- [7] CHEN CH Y, HSU CH T, YEH CH H, et al.. Arbitrary frame skipping transcoding through spatial-temporal complexity analysis [C]. *IEEE Region 10 Annual International Conference*, 2007:845-848.
- [8] HSU CH T, YEH CH H, CHEN CH Y, et al.. Arbitrary frame rate transcoding through temporal and spatial complexity [J]. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 2009,55(4):767-775.
- [9] SHU H, CHAU L P. Dynamic frame-skipping transcoding with motion information considered [J]. *IET Image Processing*, 2007,1(4):335-342.
- [10] ZHENG Y, ZHENG SH B. A frame-activity-based dynamic frame-skipping transcoder [J]. *Wireless Personal Communications*, 2009,50(2):257-274.
- [11] WANG Y, ZHU Q F. Error control and concealment for video communication: a review [J]. *Proceedings of the IEEE*, 1998,86(5):974-997.
- [12] 卿歙波,何小海,张志亮.分布式视频编码中虚拟信道模型的动态估计[J]. *光学 精密工程*, 2009,17(4):923-929.
- QING L B, HE X H, ZHANG ZH L. Dynamic estimation of virtual channel model for distributed video coding [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009,17(4):923-929. (in Chinese)
- [13] VETRO A, XIN J, SUN H F. Error resilience video transcoding for wireless communications [J]. *IEEE Wireless Communications*, 2005,12(4):14-21.
- [14] CHEN CH M, LIN CH W, CHEN Y CH. Adaptive error-resilience transcoding using prioritized intra-refresh for video multicast over wireless networks [J]. *Signal Processing: Image Communication*, 2007,22(3):277-297.
- [15] EMINSOY S, DOGAN S, KONDOZ A M. Transcoding-based error-resilient video adaptation for 3G wireless networks [J]. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, 2007, 39586:1-13.
- [16] CHAN Y L, CHEUNG H K, SIU W CH. Compressed-domain techniques for error-resilient video transcoding using RPS [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2009,18(2):357-370.
- [17] LIU L, ZHUANG X H. Fast error resilient H.263 to H.264 video transcoding using Rd optimized intra refresh [C]. *International Conference on Audio, Language and Image Processing*, 2008:370-374.
- [18] WORRALL S T, SADKA A H, KONDOZ A M, et al.. Motion adaptive intra refresh for MPEG-4 [J]. *Electronics Letters*, 2000,36(23):1924-1925.
- [19] WANG Y K, HANNUKSELA M M, VARSA V, et al.. The error concealment feature in the H.26L test model [C]. *IEEE International Conference on Image Processing*, 2002:729-732.
- [20] H.264/AVC Reference Software JM15.1 available [OL]. http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/, 2009.

作者简介:



周怡然(1982—),男,辽宁大连人,博士研究生,2004年于浙江大学获得学士学位,主要从事视频编码及图像分析处理的研究。E-mail: zyr@zju.edu.cn



陈耀武(1963—),男,辽宁铁岭人,博士,教授,博士生导师,1985年、1988年、1998年于浙江大学分别获得学士、硕士、博士学位,主要从事图像信号处理、嵌入式系统和网络多媒体等方面的研究。E-mail: cyw@mail.bme.zju.edu.cn

●下期预告

高分辨率空间相机电控箱热设计

陈立恒,董吉洪,徐抒岩

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 空间光学部,吉林,长春 130033)

为了解决高分辨率空间相机电控箱的散热问题,对其进行了详细的热设计。首先,概述了电控箱热设计的基本流程。然后,针对需要散热的电子元器件、印制电路板以及设备机箱采取了加导热片、表面发黑处理、填充导热填料等高可靠性的导热和辐射方式进行散热。通过真空条件下的热试验对热分析模型进行了修正,根据热试验和热分析的结果对热设计提出了增加机外热管的改进措施。最后,利用修正后的模型,根据改进后的措施,对其热控系统进行了热分析计算。结果表明,热控措施改进后电子元器件的结温温度为 $40.2\sim 62.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,增加机外热管后器件散热效果明显。热控措施改进后热设计合理,所采取的热控措施能够满足设计要求。