

## 一种空域可分级的自适应视频码流控制方法

张建龙 吴成柯 肖嵩 杜建超

(西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室 西安 710071)

**摘要** 在传统的 CBR 码流控制中,为防止缓冲器上溢,通常采用跳帧的方法来保持码率恒定。由于跳帧引起解码端运动补偿误差增大,客观上造成跳帧期间图像 PSNR 降低,图像失真度迅速增加,在主观上造成图像有跳跃感,画面不流畅。针对以上缺陷,该文基于 H.263+ 的 TMN8 帧级码流控制算法,提出了一种空域可分级的自适应码流控制方法。该方法在编码端对原跳帧方法中不编码的帧进行自适应下采样编码,解码端通过上采样恢复。实验结果证明,该文提出的码流控制算法在低带宽条件下,图像质量较跳帧方法有较大提高。在低码率条件下,对于高运动图像该方法的平均 PSNR 值比采用跳帧的码流控制方法高 0.3~0.8dB;比采用增大量化步长的方法高 0.1~0.4dB,而对于跳帧阶段 PSNR 值,该算法比传统的跳帧方法高 1~2dB 左右。

**关键词** 空域可分级,自适应流控,固定比特率控制,可变比特率控制

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2006)03-0390-06

## A New Adaptive Rate Control Algorithm with Spatial Scalability for Video Coding

Zhang Jian-long Wu Cheng-ke Xiao Song Du Jian-chao

(ISN National Key Lab., Xidian University, Xi'an 710071, China)

**Abstract** In the traditional CBR rate control algorithm, the skipping method is adopted to combat the overflow of video buffer, in which the motion compensation error and picture distortion are increased with the number of skipping frame. To deal with the disadvantage of traditional skipping method, a new adaptive rate control algorithm with spatial scalability for video coding is presented in this paper. In the method, the original skipped frame is adaptively sub-sampled at encoder and is up-sampled in decoder. Simulation results show that this scheme can highly improve the quality of reconstructed video and obtain a gain of about 0.3~0.8dB and 0.1~0.4dB in PSNR respectively compared with the traditional skipping method and the method of increasing quantization step.

**Key words** Spatial scalability, Adaptive rate-control, Constant Bit Rate(CBR), Variable Bit Rate(VBR)

### 1 引言

随着数字通信技术和网络系统的快速发展,视频通信得到了高度重视和广泛应用。原始的视频图像中包含了大量的冗余,包括时间冗余,空间冗余等等,因此人们提出了各种压缩编码技术及标准,例如 H.26X 系列压缩标准以及 MPEG 系列标准。这些压缩算法都采用了可变长编码,编码生成的视频码流是可变码率的。为了能够在实际的固定码率信道或者可变码率信道上传输,需要引入缓冲区缓存视频码流数据。因此,视频编码算法必须提供一个有效的缓冲区管理策略,确保缓冲区不会发生上溢和下溢。编码器通过码率控制算法,调整生成的视频码流满足既定的缓冲区管理策略;同时在码率控制算法中使用自适应量化方法,确保压缩视频的质量。

码流速率控制分为可变比特率控制 (VBR)和固定比特率控制 (CBR),它们是一对经典的码率控制概念。其中VBR码率控制的特点在于能够保持恒定的图像质量,同时在商定的范围内约束输出比特率,尤其是根据码率的平均值和峰

值,主要用于对图像质量要求较高并且不要求传输速率恒定的场合。CBR码率控制能够保持输出比特率的恒定,同时尽最大可能保证主观质量。经典的CBR控制方法如H.263+的TMN8<sup>[1]</sup>, MPEG2 的TMN5<sup>[2]</sup>以及MPEG4 的VM8<sup>[3]</sup>。

传统的 CBR 码率控制方法,为防止缓冲器上溢,通常采用跳帧方法。跳帧属于时域可分级(Temporal scalability)编码,在编码端用时间下采样编码,即丢弃某些帧,而解码段通过时间上采样,即帧复制恢复。跳帧一般发生在场景切换或者 I 帧编码时,此时图像大量采用帧内编码,编码比特数远远大于平均编码比特数,为满足平均编码比特数为恒定值,同时防止缓冲器溢出,采用跳帧方法实现。试验证明,由于跳帧时,图像不编码,造成图像信息丢失,解码端用前一未跳帧代替,失真度迅速增加,同时下一编码帧的参考帧丢失,用前一未跳帧代替,则解码端运动估值不准确。主观上表现为图像不流畅,有跳跃感。若跳帧频繁,则图像性能下降更多,图像质量无法接受。文献[4]就是采用改变帧率,即时间可分级的方法。

针对传统跳帧方法的缺陷,一种改进方法是增大量化步长,即对跳帧方法中的跳帧(即不编码)帧仍然编码,编码

方法同跳帧前编码方法，只是通过增大 DCT 量化步长来补偿 I 帧或场景转换帧编码所多花费的比特数。该方法没有直接丢弃原始信息，在一定程度上能够提高图像质量，但由于编码模式并没有改变因此增大量化步长对编码比特数的补偿作用是有限的。如果带宽较窄或者 I 帧(或场景转换帧)的编码比特数过大，该方法仍然不可避免地需要跳帧，以防止缓冲区溢出。因此本文提出一种空域可分级的流控方法，即用下采样编码代替跳帧中的不编码方法或者增大量化步长方法，将跳帧的编码比特数平滑到其他帧，在解码端通过上采样恢复，减小大量信息丢失，从而提高了解码端运动估值的准确性，降低了图像失真，码率较跳帧方法及增大量化步长方法平滑。在主观上表现为图像流畅，无停滞感。

当目标码率越低，图像运动越剧烈时，跳帧发生的越频繁，此时本文方法较其他两种方法越优越，这一点可以在仿真结果中得到验证，因此本文方法是面向窄带视频应用的。

TMN8 是 H.263+ 的流控方法，是传统的经典 CBR 算法，因此选用 TMN8 为基本算法和试验平台。本文的结构是这样安排的：第 2 节主要介绍 TMN8 流控方法，第 3 节提出本文方法。第 4 节为仿真结果，验证本文流控方法改进的有效性，最后进行总结和以后的工作展望。

## 2 TMN8 流控基本原理

TMN8 码流控制方法主要包含帧级流控算法和宏块级流控算法。跳帧属于帧级流控。在帧级流控中，下帧预算比特数根据缓冲区充满度，帧率和信道速率的变化而变化，在编码当前帧前，编码缓冲区中的比特数由式(1)计算

$$W = \max(W_{\text{prev}} + D - R/F, 0) \quad (1)$$

式中  $D$  为编码前一帧所使用的实际编码比特数， $W_{\text{prev}}$  为缓冲区中先前的比特数， $R$  为信道速率， $F$  为帧率，所以  $R/F$  为平均目标码率。

跳帧的条件描述为

skip 初值设为 1，

While  $W > M$

{

$W = \max(W - R/F, 0)$ ;

skip ++;

}

则后续的  $K = (\text{skip} \times (G/F) - 1)$  帧不编码，即跳  $K$  帧。其中  $G$  为输入帧的帧率， $F$  为输出帧的帧率。由于  $G, F$  均为固定值，因此  $K$  值主要由缓冲区的比特数即缓冲区充满度决定。在跳帧控制中，监控缓冲区的充满度就可以灵活地选择跳帧数。

当  $W > M (M = R/F)$ ，则选择跳帧以避免缓冲区上溢，否则根据式(2)计算当前编码帧的预算比特数：

$$B = R/F - \Delta \quad (2)$$

其中

$$\Delta = \begin{cases} W/F, & W > 0.1 \times R/F \\ W - 0.1 \times R/F, & \text{其他} \end{cases}$$

如果缓冲区充满度很小 ( $W > 0.1M$ )，意味当前编码帧编码比特数大于平均每帧编码比特数，即  $\Delta$  为负时，当前编码帧的编码比特数增加，否则取决于信道和缓冲区的剩余容量。 $W$  越大，缓冲区剩余空间越小，目标码率越小。

## 3 空域可分级的自适应流控方法

为了使平均每帧编码比特数达到  $R/F$ ，防止编码端缓冲器溢出，传统的视频编码采取跳帧方法，跳帧的原始图像不编码，在解码端用跳帧前的最后一个编码帧替代，图像信息丢失严重，跳帧图像的失真很大，同时造成下一编码帧的参考帧丢失，运动估值误差增大，解码端重建帧失真增大，图像质量变差。如果此参考帧恰好为 I 帧或场景转换帧，则下一编码帧的编码质量迅速变差。码率控制过程中跳帧目的主要有两点：

(1) 防止缓冲区溢出：当输入编码比特率大于输出比特率，缓冲区充满度逐渐增大，持续增大到缓冲区最大值时发生溢出。若不采取措施将造成同步等重要信息丢失，图像无法解码。因此当快要发生溢出时，采取跳帧，后续帧不编码，输入比特率为 0，缓冲区充满度迅速减小直至跳帧结束。

(2) 保持输出码率恒定，即平均分配在每帧的编码比特数基本恒定。CBR 中输出的码率是恒定的，因此平均每帧的编码比特数是恒定的  $R/F$ 。如果某帧的编码比特数大于标准分配的需要其他帧降低编码比特数进行补偿。发生跳帧时，当前编码帧编码比特大于标准比特数  $R/F$ ，后续若干帧不编码进行补偿。

H.263 标准中，由于 I 帧采用帧内编码，编码比特数远远大于平均码率，因此 I 帧之后的编码帧需要跳帧，其他跳帧主要发生在场景转换时刻。如表 1 所示，可以看到第  $F$  帧为 I 帧或场景转换帧，由于大量采用帧内编码，该帧的编码比特数远大于  $R/F$ 。为了防止缓冲区溢出，保持平均每帧编码比特数的恒定，后续的第  $F+1, F+2, \dots, F+K-1$  帧不编码，补偿第  $F$  帧多编码的比特数。在解码端显示时，第  $F+1, F+2, \dots, F+K-1$  帧均用第  $F-1$  帧替代，主观效果上为图像静止在第  $F-1$  帧，直至第  $F$  帧开始解码。根据 PSNR 的定义：

$$\text{PSNR} = 10 \lg \frac{255^2}{\text{MSE}}$$

其中  $\text{MSE} = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (X_{mn} - X_{mn}^r)$ ，其中  $X_{mn}$  为信号源图

像第  $m$  行第  $n$  列像素值， $X_{mn}^r$  为解码端重建图像第  $m$  行第  $n$  列像素值。则第  $F+1, F+2, \dots, F+K$  帧的  $\text{PSNR}_{F+i} (i=1, \dots,$

$K)$  由  $\text{MSE}_{F+i}$  决定： $\text{MSE}_{F+i} = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (X_{mn}^{F+i} - X_{mn}^{r(F-1)})$ ，

1 跳帧说明示意图

帧号	$F-2$	$F-1$	$F$	$F+1$	$F+2$	...	$F+K$	$F+K+1$	$F+K+2$	$F+K+3$	...
编码	$F-2$	$F-1$	$F$	$F+1$	$F+2$	...	$F+K$	$F+K+1$	$F+K+2$	$F+K+3$	...
传输	$F-2$	$F-1$	$F$	SKIP			$F+K$	$F+K+1$	$F+K+2$	$F+K+3$	...
解码	...	$F-2$	F-1				$F$	$F+K$	$F+K+1$	$F+K+2$	$F+K+3$

$i=1, \dots, K$  其中  $X_{mn}^{r(F-1)}$  表示解码端重建的第  $F-1$  帧图像第  $m$  行第  $n$  列像素值。所以第  $F+1, F+2, \dots, F+K$  帧 PSNR $_{F+i}$  ( $i=1, \dots, K$ ) 由第  $F+1, F+2, \dots, F+K$  与第  $F-1$  帧的帧差 ( $X_{mn}^{F+i} - X_{mn}^{r(F-1)}$ ) 决定, 当图像变化剧烈时信号源图像与固定帧的帧差远远大于其与相应解码图像的帧差, 即

$$(X_{mn}^{F+i} - X_{mn}^{r(F-1)}) \gg (X_{mn}^{F+i} - X_{mn}^{r(F+i)})$$

此时不编码帧(跳帧的PSNR急剧下降。所以对于图像场景转换较多的图像序列, 跳帧发生很频繁, 图像的失真度(PSNR)下降剧烈。

针对跳帧引起的编码质量下降, 本文提出了一种空域可分级的自适应流控方法以替代跳帧, 主要思想是通过牺牲图像的空间质量来提高视频序列的时间质量, 即采用下采样编码替代原跳帧方法中不编码方法, 减小图像的信息丢失, 提高解码端跳帧图像的 PSNR, 以及跳帧后的编码帧的运动估值的准确性, 从而提高图像质量。如表 2 所示, 图中带\*号的帧即第  $F+I$  ( $I=1, \dots, L$ ) 帧为下采样编码帧。可以估计本文方法得到的 PSNR 曲线在跳帧期间较跳帧方法平滑, 示意图如 1(a), 1(b)所示。

数学模型如下: 设  $i$  为编码帧使用的下采样编码格式,  $i=1, \dots, n$  表示本文使用的  $n$  种下采样编码格式,  $m$  为跳帧数,  $k_i$  表示使用  $i$  编码格式的下采样编码帧数,  $R$  为目标编码比特数,  $r_i$  表示使用  $i$  编码格式的编码帧较使用原格式编码帧节约的编码比特数,  $h$  表示缓冲区充满度,  $H$  为缓冲区的物理容量,  $\delta$  为比例系数, 即缓冲区充满度占总容量的百分比。则首先得到本文方法的码率数学模型, 即不等式(4)约束下的等式(3)。跳帧所节约的编码比特数应该与下采样编码节约的比特数相等。

$$m \times R = \sum_{i=1}^n k_i r_i \quad (3)$$

$$\text{s.t. } h \leq \delta H \quad (4)$$

设  $P_i^T$  为采用跳帧方法的第  $i$  帧图像的PSNR,  $P_j^B$  为本文方法第  $j$  帧图像的PSNR,  $W$  为跳帧方法中的第1个不编码帧,  $M$  为本文方法相对于本次跳帧的最后一个下采样编码帧, 则应满足式(5):

$$\sum_{i=W}^M P_i^T \leq \sum_{j=W}^M P_j^B \quad (5)$$

式(5)表示本文方法与传统跳帧方法之间的联系。式(5)左边为采用跳帧方法的  $D=(M-W)$  帧的PSNR之和,  $D$  帧中包括原格式编码帧和不编码帧(跳帧)。式(5)右边表示本文方法  $D$  帧PSNR之和,  $D$  帧中使用  $i$  种格式下采样编码。式(5)用图示表达为: 图1(a)中的阴影部分面积小于等于图1(b)中的阴影部分面积。图1(a)中实线为跳帧的PSNR曲线, 虚线为本文的PSNR曲线, 图1(b)实线为本文的PSNR曲线。图1(a)中  $W$  点为跳帧的第1帧(第1个不编码帧),  $V$  点为跳帧的最后一帧。图中两曲线交于  $Q$  点。从图中可以看出,  $Q$  点即为跳帧方法和本文方法性能临界点。设  $S$  为PSNR曲线上任意一点, 则当  $S > Q$  时, 本文方法性能劣于跳帧方法,  $S < Q$  时本文方法优于跳帧方法。因此, 本文在  $S > Q$  时作以下处理: 先采用本文方法下采样编码  $T$  帧, 此时  $T < (M-W)$ , 再采用传统跳帧方法, 跳  $(U-T)$  帧, 这样处理曲线更平滑。另外, 在  $S$  帧中采用下采样编码的格式是可选的, 可选择单一下采样编码格式, 也可选多种下采样编码格式, 这需要根据  $D$  值的大小来确定, 既要考虑PSNR曲线的平滑, 也要考虑到尽量取最小的  $D$  值, 因此本文提出了自适应的下采样编码方法。

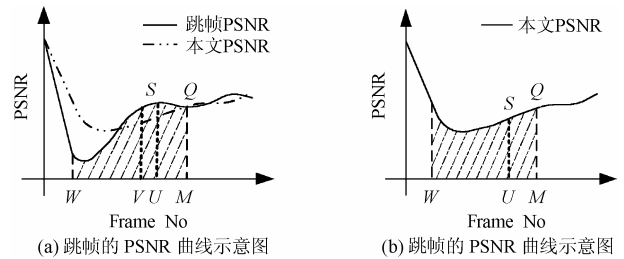


图1 跳帧的PSNR曲线示意图

$i$  值的大小, 即下采样编码格式的多少决定了最终的编码方案。满足式(3)和式(5)的  $\{k_i, r_i\}$  参数组合有很多种。首先, 为防止编码导致缓冲区溢出, 必须根据式(4)的约束条件确定允许的  $\{k_i, r_i\}$  参数组合, 式(4)中  $h$  即下采样编码时缓冲区充满度的值是由已编码帧的比特数决定的, 因此允许的  $\{k_i, r_i\}$  参数组合是动态变化的, 即下采样编码格式种类( $i$ 值大小)和采用对应编码格式的编码帧的数量是动态变化的。其次, 从图1(a)可以看出  $D = \sum_{i=1}^n k_i$  越小, 编码性能越优, 因此  $\min \left\{ D = \sum_{i=1}^n k_i \right\}$  对应的  $\{k_i, r_i\}$  参数组合为编码性能最优点。

表 2 空域可分级编码示意图

帧号	F-2	F-1	F	F+1	F+2	...	F+K	...	F+K+L	F+K+L+1	...
编码	F-2	F-1	F	F+1*	F+2*	...*	F+K*	...*	F+K+L*	F+K+L+1	...
传输	F-2	F-1	F	F+1*	F+2*	...*	F+K*	...*	F+K+L*	F+K+L+1	...
解码	...	F-2	F-1	F	F+1*	F+2*	...*	F+K*	...*	F+K+L*	F+K+L+1

另外，考虑到实际编码情况， $k_i$  和  $r_i$  必须取整数值，同时编码还应兼顾到码率曲线的平滑性即人眼视觉特性。满足了这些对实际情况的要求，我们得到了靠近最优点的参数组合，使综合编码性能最优。本文方法根据缓冲区充满度的大小自适应地选取最优  $\{k_i, r_i\}$  参数组合，获得最佳编码效果。

因此最后的数学模型为

$$m \times R = \sum_{i=1}^n k_i r_i \quad (6)$$

$$\sum_{i=W}^M P_i^T < \sum_{i=W}^M P_i^B \quad (7)$$

$$SEC \left[ \min \left\{ D = \sum_{i=1}^n k_i \right\} \right] \quad (8)$$

其中，式(6)确保编码比特保持总体平衡；式(7)确保选择的  $D = (M - W)$  值，使得采用本文方法编码  $D$  帧，性能优于采用跳帧方法编码  $D$  帧，式(8)表示在防止缓冲器溢出的约束条件下，使得  $D$  值取次最小，若满足式(6)，式(7)只有一个解，则该参数为最后的编码参数，此时不考虑式(8)，否则根据式(8)取最靠近  $D$  值的解即为最后的编码参数。

本文方法主要分为4步，具体步骤为：

(1) 判断当前帧是否为场景转换帧，判断方法采用文献[5]中方法。若为场景转换帧，则进行下一步，否则正常编码。在对场景转换帧进行编码时，由于参考帧和编码帧场景发生了转换，运动搜索的结果是该帧内的许多宏块变为帧内编码。在编码该帧时，首先对如图2所示的5个典型位置的宏块进行测试，如果5个宏块中有3个宏块需要采用帧内编码，该帧就被认为是场景转换帧。这种检测方法相对于其它检测方法(如文献[6])的特点是计算复杂度低，可用于实时编码器中。

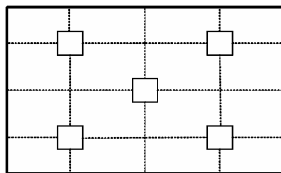


图 2 场景转换帧的判断方法示意图

(2) 根据当前缓冲区充满度和编码参数确定跳帧数  $m$ 。

(3) 根据数学模型中的式(6) – 式(8)确定参数  $M, W, k_i$ ，根据参数确定具体的下采样编码格式和相应编码帧数，即具体的编码方案。

(4) 根据确定的编码方案进行编码，由于在解码时要进行上采样恢复，因此必须知道原始帧和下采样编码帧的格式。这样在编码端必须加入原始图像格式和实际编码格式，

解码器根据该信息进行上采样恢复解码。

(5) 重复上述步骤。

### 4 仿真结果

本文主要针对跳帧部分作改进，因此对于跳帧较频繁或跳帧数较大的图像序列效果显著，即对场景转换较多，图像运动剧烈的序列有较大改进。为了充分说明本文方法的优越性，除了与原来的跳帧方法作比较之外，本文还同增大量化步长的方法作了比较。本文采用了两种不同序列作比较，一种序列场景转换较多运动剧烈，跳帧频繁，另一种场景转换较少，运动平缓。对前者，本文使用 Foreman 序列，图像分辨率为 CIF 格式，平均目标码率分别用 32kbit/s, 90kbit/s, 150kbit/s, 300kbit/s 和 1Mbit/s。对后者，本文采用运动平缓的 mother 序列，图像分辨率为 CIF 格式，平均目标输出码率也用 32kbit/s, 90 kbit/s, 150kbit/s, 300kbit/s 和 1Mbit/s，试验帧数为 50 帧，用 3 种方法 5 种目标码率分别对两个序列作软件仿真试验，通过对比两种序列的 PSNR，每帧的编码比特数 RATE 证明本文方法较 TMN8 的跳帧方法和增大量化步长方法有较大改进。

图 3 为 Foreman 序列采用两种目标码率和 3 种方法的 PSNR 和 RATE 曲线比较，图 4 为 Mother 序列采用两种目标码率和 3 种方法的 PSNR 和 RATE 曲线比较。

仿真使用的编码器只有第 1 帧是采用 I 帧编码，其余均为 P 帧编码。从仿真结果上分析，编码 I 帧时，由于 I 帧全部采用帧内编码，编码比特数很大，所以在 90kbit/s 目标码率下，Foreman 序列跳了 11 帧，而 Mother 序列跳了 6 帧。在这之后，都是 P 帧，由于 Foreman 序列运动剧烈，场景变换较多，因此跳帧也较频繁，在实验的 50 帧中，跳帧发生了 9 次。跳帧数即不编码帧数为 21 帧，所以此时实际的编码帧为 29 帧，可以看到图像信息丢失非常严重。而增大量化步长的方法虽然一定程度上提高了图像质量，但由于编码模式并未改变，因此补偿的比特数有限，在低带宽的条件下，仍然需要跳帧，例如在 90kbit/s 目标码率下，编码 I 帧时 Foreman 序列跳了 8 帧，Mother 序列跳了 3 帧。在 Foreman 序列中，试验的 50 帧中跳帧发生了 4 次，不编码帧数为 11 帧。即跳帧减少了 6 次，不编码帧减少了 10 帧。而应用本文的方法，由于大大减小了图像信息丢失，提高运动估值的准确性，因此性能有较大提高，例如对于 Foreman 序列，目标码率 90kbit/s 时，在跳帧处 PSNR 比跳帧方法有大约 1~2dB 的提高，平均 PSNR 有大约 0.6dB 左右的提高，平均 PSNR 比增大量化步长方法有 0.3dB 左右的提高。而对于运

动不剧烈,变化平缓的 Mother 序列,在 90kbit/s 目标码率下,跳帧只在编码 I 帧时发生,因此应用本文方法,除跳帧处 PSNR 提高 0.5~1.2dB 外,平均 PSNR 较其他两种方法基本不变。另外可以看出,目标码率越低,本文方法对跳帧的改善越明显,具体的比较结果如表 3,表 4 所示。当目标码率较低时,平均每帧编码比特数下降,跳帧对编码比特数得敏感性增强,因此发生得更频繁,此时增大量化步长方法对图像质量提高有限,采用本文的方法效果改善更为显著。RATE 曲线采用本文方法对于 Foreman 序列改善也很明显,曲线较跳帧方法和增大量化步长方法更为平滑。因此对于低带宽传输条件,运动剧烈的图像序列本文的方法更为适合。

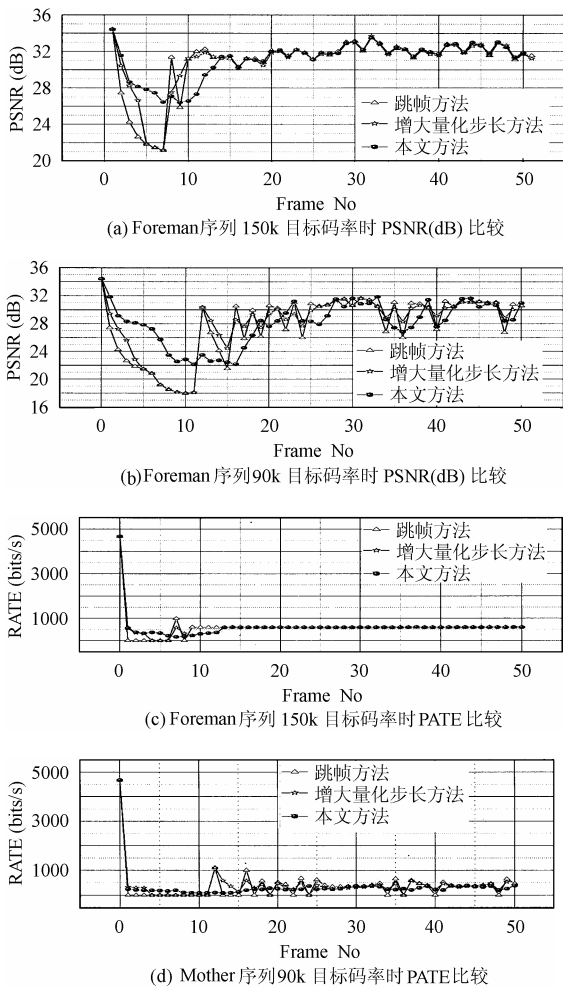


图 3

表 3 Foreman 序列平均 PSNR(dB)比较

目标码率	1Mbit/s	300kbit/s	150kbit/s	90kbit/s	32kbit/s
跳帧方法	41.01	35.22	31.54	30.82	29.28
增大量化步长方法	41.03	35.32	31.65	31.14	29.63
本文方法	41.03	35.40	31.76	31.40	30.07

表 4 Mother 序列平均 PSNR(dB)比较

目标码率	1Mbit/s	300kbit/s	150kbit/s	90kbit/s	32kbit/s
跳帧方法	43.47	40.93	38.54	36.95	33.93
增大量化步长方法	43.47	41.01	38.61	37.11	33.14
本文方法	43.48	41.06	38.73	37.16	34.24

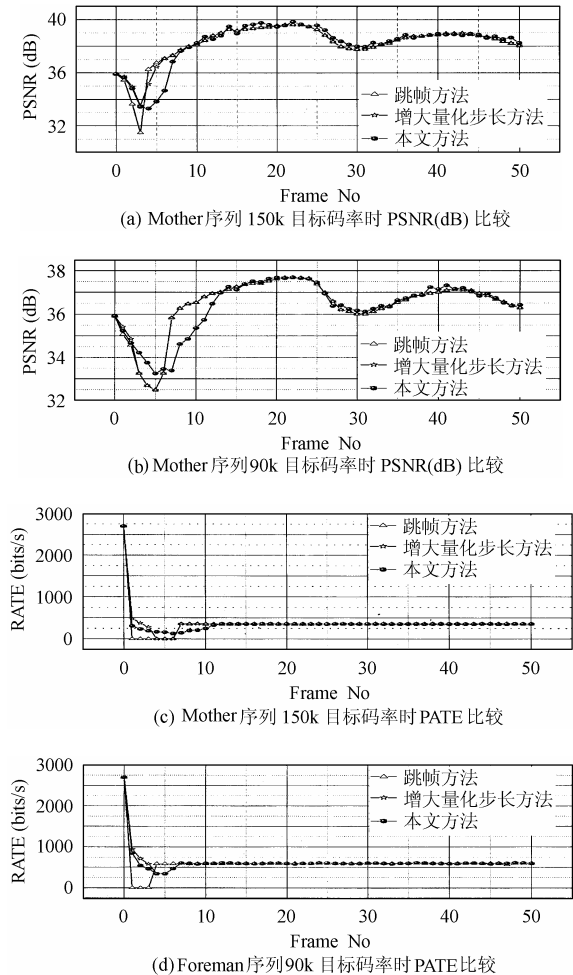


图 4

5 结束语

码流控制方法中,为防止缓冲区溢出和保持码率恒定,传统编码采用跳帧的方法,造成跳帧处图像失真度急速增大,编码几乎为零,在主观效果上表现为图像画面不流畅,有跳跃感。针对这个缺点,本文提出用空域可分级的自适应码流控制方法替代跳帧方法,即对于跳帧处不编码的图像采用下采样编码,在解码端上采样恢复,牺牲图像空间质量以提高时间质量,图像质量有较大改善。本文建立相应的数学模型,同时提出了自适应的编码方案,试验证明本文方法较传统的跳帧方法和增大量化步长方法在低目标码率条件下图像质量有较大提高。另外本文的思想还可以应用到VBR、无线视频码流控制方法<sup>[7]</sup>或转码控制<sup>[8]</sup>中。

## 参 考 文 献

- [1] Video codec test model, TMN8, ITU-T/SG15, 1997.
- [2] Test Mode 5, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Sydney, Australia, 1993.
- [3] Video Group, Text of ISO/IEC 14496-2 MPEG4 video VM-Version 8.0, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Coding of Moving Pictures and Associated Audio MPEG97/W1796, Stockholm, Sweden July 1997.
- [4] Song Hwangjun, Jay Kuo C C. Rate control for low-bit-rate video via variable-encoding frame rates. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Technology*, 2001, 11(4): 512-520.
- [5] 牛建伟, 李炜, 胡建平. MPEG-2 恒定码率位率控制研究. *计算机研究与发展* 2002, 21(12):1708~1713.
- [6] Li Jun, Zou Cairong, He Zhenya. A new algorithm on MPEG2 target bit-number allocation at scene changes. *IEEE Trans on Circuits and System for Video Technology*, 1997, 7(5): 815-819.
- [7] Aramvith S, Pao I M, Sun M T. *IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology*, 2001, 11(5): 569-580.
- [8] Fung K T, Chan Y L, Siu W C. *IEEE Trans on Image Processing*, 2002, 11(8):886-900.

张建龙: 男, 1976年生, 博士, 主要研究方向为图像和视频压缩编码、Internet和无线网络视频传输。

吴成柯: 男, 1938年生, 教授、博士生导师, 国家自然科学基金委员会信息科学部评审组成员, 中国图像图形学会理事。主要从事图像处理、图像通信、计算机视觉等方面的研究工作。