文章编号 1004-924X(2014)09-2553-12

H. 264/AVC 码率控制中初始量化参数的估计

赵春蕾^{1,2*},戴 明¹,孙丽娜¹,孙 乐^{1,2},孙崇尚^{1,2},张 晶^{1,2},冯 磊^{1,2} (1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 中国科学院航空光学成像与测量重点实验室,吉林长春 130033; 2. 中国科学院大学,北京 100039)

摘要:由于 H. 264/AVC 采用的码率控制模型忽略了视频特性对初始帧量化参数(Initial Quantization Parameter, QP₀) 选择的影响,本文提出了一种新的基于视频特性的 QP₀估计算法来提高 H. 264/AVC 的码率控制精度。首先,分析影 响 QP₀的视频特性,包括每像素比特数(bpp)、视频序列的复杂度和图像组(GOP)长度;然后,通过大量的测试仿真建立 了 QP₀与 bpp 和视频序列复杂度之间的函数关系;最后,结合 GOP 长度对 QP₀的影响,修正了 QP₀模型。实验结果表 明:相比 JM12.2 中的算法,提出的算法使四分之一通用中间格式(QCIF)和通用中间格式序列重建帧的平均峰值信噪比 (PSNR)分别提高了 0.185 dB 和 0.144 dB;码率控制误差的控制幅度分别提高了 37.3%和 11.2%;序列中每帧图像间 的质量波动均降低了约 50%。该方法在提高重建帧质量的同时,大幅度降低了码率控制误差,有效地抑制了序列间每 帧图像的质量波动,获得了更优质、平稳的编码视频流,并能很好地适应不同特性的视频序列。 关键 词:H. 264/AVC;码率控制;初始帧量化参数;视频特性;图像组(GOP)长度 中图分类号:TN941.1 文献标识码:A doi:10.3788/OPE.20142209.2553

Estimation of initial quantization parameters for H. 264/AVC rate control

ZHAO Chun-lei^{1,2*}, DAI Ming¹, SUN Li-na¹, SUN Le^{1,2}, SUN Chong-shang^{1,2}, ZHANG Jing^{1,2}, FENG Lei^{1,2}

 Key Laboratory of Airborne Optical Imaging and Measurement, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;
 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

* Corresponding author, E-mail: zhao15948020937 @163. com

Abstract: As the rate control model in H. 264/AVC ignores the influence of video features on the selection of a Initial Quantization Parameter (QP_0), this paper proposes a novel QP_0 algorithm based on video features to improve the performance of H. 264/AVC rate control. First, video features which have influence on the determination of QP_0 were analyzed, such as (bit per pix, bpp), video complexities and length of Group of Picture (GOP). Then, functional relationships between QP_0 and bpp, QP_0 and video complexity were established through extensive simulation. Finally, considering

收稿日期:2013-07-23;修订日期:2013-09-22.

基金项目:空军装备预研基金资助项目(No. 402040205)

the influence of the length of GOP on the QP_0 , the QP_0 model was revised. Experimental results show that the proposed algorithm increases the average Peak Signal-to-Noise Ratio(PSNR) of reconstructed video by 0. 185 dB for Quarter Common Interchange format (QCIF) and 0. 144 dB for Common Interchange format (CIF) sequence as compared with the algorithm in JM12. 2. According to the error of rate control, the control amplitude is increased to 37.3% for the QCIF sequence and 11.2% for the CIF sequence. Moreover, the PSNR fluctuations are reduced by 50% for both sequences. In conclusion, the proposed method not only decreases the error of rate control, but also depresses PSNR fluctuations effectively.

Key words: H. 264/AVC; rate control; Initial Quantization Parameter (QP₀); video frequency characteristics; length of Group of Picture(GOP)

1引言

视频信息虽然具有直观性、确定性、高效性等 优点,但由于其信息量大,使得存储和传输有一定 的困难。因此,视频压缩技术受到越来越广泛的 关注^[1-4]。H. 264/AVC 视频编码标准由于具有 优越的压缩比及较强的网络适应能力,已成为该 领域的研究热点^[5-6]。H. 264/AVC 的关键技术 是码率控制,即在传输带宽受限的情况下,使 H. 264/AVC 获得较好的重建视频质量。码率控 制 主 要 包 括 设 定 量 化 参 数 (Quantization Parameter, QP)和比特数分配两部分^[7]。

初始量化参数(Initial Quantization Parameter, QP_0)的选取对码率控制影响很大^[8]。 若 QP_0 较小,则会使编码初始帧消耗很多比特 数,那么在带宽有限的情况下,一个图像组 (Group of Picture,GOP)的后续帧只能用较少的 比特数进行编码,这样后续帧重建图像质量就会 下降;反之,若 QP_0 较大,第一帧图片质量会很 差,而后续帧编码要参考第一帧图片,这样也会导 致后续帧图片质量下降,且带宽也没有得到充分 利用。鉴于此,本文对如何确定码率控制中的 QP_0 展开了研究。

目前,已有一些文献对典型码率控制中 QP。 的设定方法进行了改进。文献[9]将初始帧的熵 及帧内 16×16 的 DC 预测值作为复杂度衡量标 准,经实验获得了最佳的 QP。、每像素比特率 (bpp)与复杂度之间的经验关系式,以此确定 QP。。文献[10-12]利用残差梯度估计视频时间 复杂度,提高了 QP。的预测准确性。文献[13]根 据一个 GOP 内 QP 变化最小的原则选择出最佳 QP_0 ,在给定码率下计算出用熵估计的复杂度后, 查表获得 QP_0 。文献[14-15]通过预编码两帧,修 正初始 I 帧的比特分配,再根据 I 帧复杂度及缓 冲器状态创建 R-C-Q (Rate-Complexity-QP)模 型,确定 QP_0 。文献[16]预编码一个 GOP,用宏 块的方差及两帧图片像素的绝对误差和预测图像 复杂度,建立 R-C-Q 模型,求得 QP_0 。

但以上研究均未充分考虑视频时空复杂度、 GOP长度(Ngop)等不同视频特性对选择 QP。的 影响,导致 QP。预测不够准确,引起视频质量波 动。本文根据视频特性,提出了一种新的 QP。设 定方法。根据视频质量波动及码率控制误差最小 的原则选择最佳 QP。,分别分析 bpp、序列的时空 复杂度和 Ngop 对最佳 QP。的影响。通过测试仿 真,建立 bpp、序列的时空复杂度和 Ngop 与最佳 QP。函数模型。大量实验证明,相比于现存的码 率控制算法,本文所提出的算法性能有较大的 提升。

2 典型初始量化参数的确定方法

视频序列编码采用 GOP 结构,每个 GOP 由 一个 I 帧和后续 P 帧或 B 帧组成。GOP 层码率 控制的主要任务包括:GOP 层的比特数分配和初 始量化参数的确定。

在第 $i \uparrow GOP$ 的起始位置,分配给它的总比特数为 $T_r(n_{1,0})$,表达式如下:

$$\Gamma_r(n_{1,0}) = \frac{R_{\text{target}}}{f} \times N_{\text{gop}} - B_c(n_{i,0}), \qquad (1)$$

其中: R_{target} 为信道带宽,即为实验中设定的目标 码率;f为帧频; N_{gop} 为 GOP 的长度; $B_c(n_{i,0})$ 为 第i个 GOP 编码前缓冲区状态,即为对第i-1个 GOP 编码完的缓冲区占用量。由式(1)可见,分 配到后续 GOP 的比特数依赖于前面 GOP 编码 消耗的比特。因而,为保证整个视频能够拥有稳 定的编码质量,第一个 GOP 的比特分配尤为重 要。第 I帧作为后续 P 帧编码的参考,其 QP 的 大小决定了整个 GOP 的编码质量。

在 H. 264/AVC 码率控制算法中,QP。一般 采用预先设定的方法。JVT-H017^[17]提案中添加 了 QP。的确定方法,即由信道带宽、帧率、图像大 小共 同 决 定。在 H. 264/AVC 的 参考软件 JM12. 2^[18]中,设定 QP。的具体公式为:

$$\mathbf{QP}_{0} = \begin{cases} 35 & b p p \leq l_{1} \\ 25 & l_{1} < b p p \leq l_{2} \\ 20 & l_{2} < b p p \leq l_{3} \end{cases},$$
(2)

其中: $bpp = \frac{R_{target}}{f \times W \times H}$.

其中:W,H分别为图像的宽与高;bpp 为每像素 比特数,其由信道带宽、帧频、图像大小共同决定; {*l*₁,*l*₂,*l*₃}为经验值;QCIF序列取值为{0.1,0.3, 0.6};CIF序列取值为{0.2,0.6,1.2};较CIF格 式大的序列取值为{0.6,1.4,2.4}。QP₀是按 bpp 划分的阶梯函数。

3 初始量化参数模型的建立

由公式(2)可知,当信道带宽、帧频及图像大 小相同时,由JM12.2中的算法获得的不同序列 的 QP。是相等的。然而最佳的 QP。不仅依赖于 bpp,还受视频复杂度及 GOP 长度这些视频序列 特性的影响,故仅依据 bpp 获得的 QP。将会使每 帧间的码率及图像质量产生波动,从而影响了编 码序列的稳定性。因此,本文将利用控制变量法 分析了 bpp、视频序列复杂度及 GOP 长度这 3 种 影响因素对 QP。的影响,进而合理确定 QP。。

3.1 bpp 对最佳 QP₀ 的影响

首先将 GOP 设定结构为 IPPP, Ngop 取 4。分 别选择具有一定代表性的 CIF、QCIF 格式的测试 序列进行测试,测试所有可能的 QP。值。选择使 序列每帧间质量波动最小,图像质量高且码率误 差小的 QP。为最佳 QP。,记录不同序列在不同 bpp 下的最佳 QP。。测试结果如图 1 所示。



Fig. 1 Relationship between bpp and the best initial $\ensuremath{\mathbf{QP}}\xspace_0$

由图1可见,在GOP长度与结构一定的情况 下,由不同测试序列获得的最佳 QP。与 bpp 关系 曲线的变化趋势大致相同,一条曲线沿垂直方向 移动一定距离即可近似获得另一条曲线。同时, 最佳 QP。随 bpp 的增大而减小。在 bpp 较小时, 最佳 QP。降低的较为迅速,而随着 bpp 的增大, 最佳 QP。变化较为缓慢。取一条测试序列曲线 为基准,对此序列曲线进行函数拟合,经过多种函 数拟合(幂指数拟合、线性回归拟合、多项式拟合 等)发现,幂指数拟合与图 1 所示函数变化规律符 合的较好,拟合误差最小。所以本文采取幂指数 拟合方式获得最佳 QP。与 bpp 之间的函数关系, 具体表达式如下:

 $F_1(bpp) = a_1 \times bpp^{b_1} + c_1$, (3) 其中: $F_1(bpp)$ 是 N_{gop} 为定值时,基准序列的最佳 QP₀随 bpp 变化的函数关系; { a_1, b_1, c_1 }是以 "mother-daughter"序列为基准序列的取值,当 QCIF 序列为{53.72, -0.14, -43.08}时, CIF 序列为{86.89, -0.09, -75.85}。

3.2 视频复杂度对最佳 QP₀ 的影响

对于运动平缓的序列,作为后续帧的参考,应 该分配给 I 帧相对较多的比特,即采用较小的 QP₀,以保证后续帧的质量;对于运动剧烈的序 列,P 帧的预测残差较大,I 帧应分配相对较少的 比特,即采用较大的 QP₀,留给后续帧足够的剩余 比特,以完成比特分配,从而保证一个 GOP 内平 稳的视频质量。同时,对于不同的序列,QP₀的 大小也受初始帧信息丰富情况的影响,应为信息 丰富的初始帧分配较多的比特,即取较小的 QP₀; 而对信息量小的初始帧可选择较大的 QP₀。因 此,序列的空间与时间复杂度都会影响最佳 QP₀ 的取值。

通过比较熵、帧内 16×16 DC 预测与梯度 3 种复杂度衡量方法发现,梯度方法具有更好的区 分能力,并且计算复杂度也较低^[11],因此本文选 择梯度作为视频序列第一帧图像空间复杂度 C_s 的衡量方法,表达式如下:

$$C_{s} = \frac{1}{W \times H} \Biggl\{ \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (| I_{1}(i+1,j) - I_{1}(i,j) || + | I_{1}(i,j+1) - I_{1}(i,j) ||) \Biggr\}.$$
(4)

H. 264/AVC 进行编码和传输的是前后两帧 的残差信息。残差越大,表明两帧的相似程度越 低,即视频运动越剧烈;相反,残差越小,则表明两 帧越相似,即视频运动越平缓。因此,可采用前后 两帧绝对残差梯度值表征视频运动的剧烈程度, 即视频的时间复杂度 C_t。在允许一帧延时的情 况下,C_t 的表达式如式(5)所示:

$$C_{i} = \frac{1}{W \times H} \left\{ \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (|I_{d}(i+1,j) - I_{d}(i,j)|) \right\}, \quad (5)$$

$$I_{d} = |I_{1}(i,j) - I_{2}(i,j)|.$$
(6)

其中: $I_1(i,j)$ 和 $I_2(i,j)$ 分别代表第1帧和第2帧 图中位于(i,j)点处的像素值。

由图 1 可知, N_{gop} 一定时,不同测试序列的 最佳 QP_0 与 bpp 关系曲线可在基准序列的最佳 QP_0 与 bpp 关系曲线 F_1 (bpp)基础上加上特定的 值获得,这个特定值是由序列的复杂度决定的。 选取大量的测试序列,通过式(4)、(5)计算各个序 列的空、时复杂度 C_s 、 C_t ,并按照 3.1 中的测试方 案进行多次仿真实验,获得了各个测试序列相对 于标准序列最佳 QP_0 的差 F_2 。通过曲线拟合, 获得了 F_2 与 C_s 、 C_t 的关系式如下:

$$F_2(C_s, C_t) = 0.002 \times C_s^2 - 0.05 \times C_t^2 +$$

 $0.58 \times (C_s + C_t) - 5.7.$ (7)

3.3 GOP长度对最佳 QP。的影响

3.1、3.2节分别讨论了 Ngop 一定时 QP。与 bpp 和序列复杂度的关系。现选取一个特定的测 试序列,与 3.1 中实验类似,在 bpp 值一定时,测 试所有可能的 QP。值,选择使序列每帧间质量波 动最小,图像质量高且码率误差小的 QP。为最佳 QP。。图 2 描绘了该测试序列在 bpp 取 3 个特定 值时最佳 QP。随 Ngop变化的规律。

 $\mathbf{QP}_{0}(N_{gop}) = \begin{cases} a_{31} \times N_{gop}^{b_{31}} + c_{31} & bp \ p < 0.1 \\ a_{32} \times N_{gop}^{b_{32}} + c_{32} & 0.1 \leq bp \ p \leq 0.4 \\ a_{33} \times N_{gop}^{b_{33}} + c_{33} & bp \ p > 0.4 \end{cases}$



图 2 最佳 QP₀ 与 N_{gop}关系

Fig. 2 Relationship between N_{gop} and the best initial QP_0

当 bpp 为定值时, F₁、F₂ 为固定常数, 令 F₃ 表示 N_{son}对最佳 QP₀ 的影响。所以有:

 $QP_{0} = F_{1}(bpp) + F_{2}(C_{s}, C_{t}) + F_{3}(N_{gop}).$ (9)

$$F_{3}(N_{gop}) = QP_{0} - F_{1}(bpp) - F_{2}(C_{s}, C_{t}),$$
(10)

$$F_{3}(N_{gop}) = \begin{cases} a_{31} \times N_{gop}^{b_{31}} + c_{31}^{*} & bp p < 0.1 \\ a_{32} \times N_{gop}^{b_{32}} + c_{32}^{*} & 0.1 \leq bp p \leq 0.4, \\ a_{33} \times N_{gop}^{b_{33}} + c_{33}^{*} & bp p > 0.4 \end{cases}$$

$$(11)$$

其中:参数 $\{a_{31}, b_{31}, c_{31}^*, a_{32}, b_{32}, c_{32}^*, a_{33}, b_{33}, c_{33}^*\}$ 分 别取 $\{-3, 02, 0, 33, 5, 72, -3, 89, 0, 19, 5, 98, -0, 35, 0, 4, 1, 59\}_{o}$

3.4 最佳 QP₀模型

 F_1 、 F_2 、 F_3 分别为 bpp、视频序列复杂度及 GOP长度对 QP₀的影响,对于任意测试序列在 不同带宽下以不同 GOP长度编码时,QP₀是3种 影响因子综合作用的结果,最佳 QP₀可表示为公 式(9)。

将式(3)、(7)、(11)带入式(9)中,可得最终的 最佳 QP₀:

验发现,当QP。小于8时,极易出现缓冲器上溢的情况。为了避免编码第一个 I 帧就造成缓冲区占用率过高的情况,设定QP。下限为8;同时,QP。值的上限也不能超过H.264/AVC标准中规定的最大值51,故QP。限定为:

 $QP_0 = \min\{51, \max\{\operatorname{round}(QP_0), 8\}\}. (13)$

4 实验结果与分析

将本文算法添加到 H.264/AVC 的参考软件 JM12.2中,选取不同格式和代表不同运动剧烈 程度的测试序列,包括 5 个 QCIF 序列和 4 个 CIF 序列,来实验测试本文算法性能。将本文算 法与参考文献[10]和参考软件 JM12.2中的 QP。 估计算法进行实验对比。

码率控制的衡量指标包括:码率控制误差、缓 冲器状态、图像质量及视频质量波动情况,实验根 据上述指标比较3种算法的性能。以下实验均采 用配置文件"encode_baseline.cfg",主要的编码 参数设定如表1所示,其它参数设置为JM12.2 的默认值。

表1 编码参数

Tab. 1 Encoding parameters 设定值 编码参数 含义 QCIF CIF RDOptimization 1 率失真优化开关启 NumberBFrame 0 插入的 B 帧数 IntraPeriod 60 I帧的周期 FrameRate 帧频/(frame • s⁻¹) 30 FramesToBeEncode 300 编码帧数 RateControlEnable 码率控制开关启 1 resolution 176×144 352×288 图像宽度×高度 128 512 Target BitRate 目标码率/kbps 512 $2 \ 048$

4.1 码率控制误差分析

码率控制误差体现了算法对输出码率的控制 能力。误差越小,说明算法的码率控制能力越好。 这里将初始设置的目标码率与编码后实际输出码 率的相对误差定义为码率控制误差 ΔR,表达 如下:

$$\Delta R = \frac{|R_{\text{target}} - R_{\text{actual}}|}{R_{\text{target}}} \times 100\%.$$
(14)

其中:R_{target}代表初始设置的目标码率;R_{actual}代表 编码后实际输出的码率。表 2、表 3 分别给出了 QCIF 和 CIF 格式的不同测试序列在不同目标码 率下码率控制误差的比较结果。

表 2	OCIF 格式下码率控制误差的比较
-----	-------------------

Га	b. 2	Comparison	of	rate	control	errors	for	QCIF	
----	------	------------	----	------	---------	--------	-----	------	--

测计应加	目标码	码率	码率控制误差 ΔR/ %					
侧风户列	率/kbps	JM12.2	文献[10]	本文方法				
Claim	128	0.11	0.09	0.04				
Claire	512	0.06	0.05	0.02				
E	128	0.24	0.02	0.06				
Forman	512	0.02	0.12	0.03				
Curreline	128	0.03	0.02	0.04				
Grandma	512	0.02	0.09	0.02				
C (1	128	0.02	0.02	0.03				
Coastguard	512	0.05	0.05	0				
C 1	128	0.02	0.05	0.12				
Salesman	512	0.02	0.02	0.01				
Avg. gain		0.059	0.053	0.037				

表 3	CIF 格式下码率控制误差的比较	

Tab. 3 Comparison of rate control errors for CIF

测计它利	目标码	码率控制误差 ΔR/%					
侧风厅列	率/kbps	JM12.2	文献[10]	本文方法			
<u> </u>	512	0.47	0.91	0.59			
Container	2048	0.43	0.43	0.39			
TT-11	512	0.01	0.01	0.01			
пап	2048	0.07	0.07	0			
TT:	512	0.11	0.08	0.07			
пignway	2048	0.01	0.04	0.01			
Soccer	512	0.10	0.03	0.03			
	2048	0.05	0.05	0.04			
Avg. gain		0.161	0.203	0.143			

从表 2、表 3 可以看出,无论是 QCIF 格式还 是 CIF 格式,与其它两种算法相比,本文提出的 QP。估计方法均能获得较小的码率控制误差,对 于 QCIF 格式的序列,其码率控制误差保持在 0.12%以内。本文算法相比 JM12.2 中的方法, 码率控制误差的控制幅度提高了 37.3%;相比文 献[10]中的方法,码率控制误差控制幅度提高了 30.2%。对于 CIF 格式序列,本文算法的码率控 制误差保持在 0.6%以内,相比于 JM12.2 中的方 法,其码率控制误差的控制幅度提高了 11.2%; 相比文献[10]中的方法,码率控制误差控制幅度 提高了 23.7%。可见,本文算法能够更精确地控 制编码输出的码率。

4.2 缓冲器状态

图 3 给出了不同格式的 2 个测试序列在目标 码率为 512 kbit/s 时,3 种算法的缓冲器状态。 实验中设置缓冲器容量为带宽的一半,当缓冲区 水平超过 80%时跳帧。

图 3(a) 是针对 QCIF 格式序列做的测试结 果。从图中可以看出,由 JM12.2 中算法计算出 的 QP。偏小,造成缓冲区上溢,从而出现了大量 连续跳帧。本文方法与文献[10]中的方法都能够 保证缓冲区水平低于缓冲器的 80%,相比文献 [10]中的方法,本文的缓冲器区占用率更高,故能 够更好地利用给定的带宽编码来输出比特流。图 3(b)是对 CIF 格式序列的测试结果,从图中可以 看出,由于 JM12.2 中算法计算出的 QP。偏大,从 而出现了第一个 GOP 缓冲区下溢的情况,并且 从整个序列来看,JM12.2 中的方法使得缓冲区 占用率仅为缓冲区的 1/4 左右,导致了带宽浪费。

由测试结果可见,本文算法因为充分考虑了 视频特性对 QP。的影响,获得了合适的 QP。,使 对不同序列编码时,缓冲器始终保持既不上溢也 不下溢的稳定状态。



4.3 图像质量

重建图像与原始图像的峰值信噪比 PSNR 被广泛用于评价图像质量,其单位为分贝(dB)。 图 4 为 3 种算法对于不同测试序列在特定的目标 码率下每帧 PSNR 的比较。图 4(a)、图 4(b)分别 为 2 个不同的 CIF 格式序列在 512 kbit/s 流量下 的 PSNR 图。图 4(c)、图 4(d)为相同的 QCIF 格 式序列在不同目标比特下的 PSNR 图,其中图 4(c)的目标码率与图 4(a)、图 4(b)相同。

由图 4(a)、图 4(b)可见,相同格式下,针对不

同特性的视频,本文算法都能获得较好的视频质 量;对比图 4(c)可见,本文算法对两种格式的视 频都能获得较好的视频质量。图 4(c)、图 4(d)为 同一测试序列在不同带宽下的结果。由图可见, 本文算法对不同带宽也有良好的适应性。这里用 ΔPSNR 定量评价图像质量增益,表达式如下:

$$\Delta PSNR = \overline{PSNR_{t}} - \overline{PSNR_{b}}, \quad (15)$$

$$\overline{\text{PSNR}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} | \text{PSNR}_i |, \qquad (16)$$





Fig. 4 PSNR comparison

其中:PSNR_b代表经过 JM12.2 压缩重建后视频 的平均 PSNR; PSNR_i表示经过另外两种算法压 缩重建后,视频的平均 PSNR。PSNR_i为序列中 第*i*帧的 PSNR 值; N 为视频序列的总帧数。表 4、表 5 分别给出了 QCIF 和 CIF 格式下不同测试 序列在特定目标码率下的平均 PSNR 及 Δ PSNR 的比较结果。通过比较本文算法与 JM12.2 中的方法可知,不同的 QCIF 序列的平均 Δ PSNR 可达 0.185 dB。不同的 CIF 序列平均 Δ PSNR 可达 0.144 dB。

平均 PSNR/dB $\Delta PSNR/dB$ 测试序列 目标码率/kbps 文献[10] 文献[10] JM12.2 本文方法 本文方法 128 46.29 46.44 46.35 0.15 0.06 Claire 51251.45 51.43 51.44 -0.02-0.01-0.05 128 35.52 35.47 35.48 -0.04Foreman 51243.02 43.10 43.09 0.08 0.07 41.86 41.19 -0.67 -0.15128 41.71 Grandma 512 47.95 47.67 47.91 -0.28-0.040.52 128 32.09 32.61 32.64 0.55 Coastguard 1.09 51238.34 39.39 39.43 1.05 128 40.58 39.19 40.33 -0.19 0.14 Salesman 51247.76 47.19 47.94-0.570.18 42.486 42.368 42.632 0.002 0.185 Avg. gain

表 4 QCIF 格式下平均 PSNR 比较 Tab. 4 Comparison of average PSNRs for QCIF

r · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
测计声声力			平均 PSNR/dB	$\Delta PSNR/dB$			
测试序列	日怀旳癷/kbps—	JM12.2	文献[10]	本文方法	文献[10]	本文方法	
Contrinon	512	38.48	38.68	38.82	0.2	0.34	
Container	2 048	45.09	45.09	45.13	0	0.04	
TT - 11	512	38.98	39.16	39.25	0.18	0.27	
nall	2 048	42.42	42.42	42.42	0	0	
TT: have	512	39.52	39.47	39.67	-0.05	0.15	
пıgnway	2 048	41.94	41.94	42.06	0	0.12	
S	512	34.54	34.58	34.65	0.04	0.11	
Soccer	2 048	41.98	42.05	42.10	0.07	0.12	
Avg. gain		40.369	40.424	40.513	0.055	0.144	

表 5 CIF 格式下平均 PSNR 比较 Tab. 5 Comparison of average PSNRs for CIF

4.4 图像质量的波动分析

图像质量波动情况能够反映码率分配是否合理,这里用 PSNR 的方差 Var 来定量评价序列中 图像质量波动,表达式如式(17)所示:

$$\operatorname{Var} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (PSNR_{i} - \overline{PSNR})^{2}. \quad (17)$$

表 6、7 分别给出了 QCIF、CIF 格式在上述 3 种方法下视频质量的波动情况,并列出了序列平均 PSNR 的波动范围。

अगत रन	测计序列	日七四支/11		Var		Ι	PSNR 波动范围/d	В
	测试序列	日か昀平/KDps-	JM12.2	文献[10]	本文方法	JM12.2	文献[10]	本文方法
Claire	Claima	128	0.99	1.36	0.90	[42.69-48.54]	[43.05-51.61]	[43.09-48.23]
	512	0.58	0.65	0.47	[49.64-56.11]	[49.65-56.15]	[49.55-56.01]	
	E	128	3.58	2.35	2.19	[27.56-38.97]	[30.84-39.14]	[31.06-39.30]
	Forman	512	2.24	1.74	1.67	[38.29-49.35]	[40.02-47.21]	[40.07-47.19]
	C	128	1.21	2.13	1.23	[39.00-44.92]	[35.88-45.30]	[38.67-45.03]
Grandma	Grandma	512	0.79	0.89	0.53	[45.85-52.64]	[42.40-50.44]	[45.77-51.79]
Coastguard	128	1.46	1.09	1.04	[29.17-37.90]	[29.32-35.53]	[29.12-35.58]	
	512	10.55	1.75	1.95	[30.47-52.36]	[35.29-42.44]	[34.99-44.16]	
	Avg. gain		2.675	1.495	1.248			

表 6 QCIF格式下视频质量波动情况比较

Tab. 6 Comparison of PSNR fluctuations for QCIF

Tab. 7 Comparison of 1 SAX fututions for Ch								
测计应利	日450支/11	Var			PSNR 波动范围/dB			
测试序列	日 你 昀 平 / KDps-	JM12.2	文献[10]	本文方法	JM12.2	文献[10]	本文方法	
C i i	512	0.99	0.29	0.17	[32.43-39.60]	[34.82-39.81]	[36.83-42.11]	
Container	2 048	0.20	0.20	0.18	[41.94-48.26]	[41.94-48.26]	[43.30-48.29]	
TT 11	512	0.49	0.17	0.10	[33.99-39.83]	[36.30-41.17]	[37.67-41.18]	
Hall	2 048	0.10	0.10	0.12	[41.43-44.45]	[41.43-44.45]	[41.52-45.14]	
TT: 1	512	0.24	0.71	0.18	[35.89-40.65]	[37.57-46.41]	[38.27-42.38]	
Highway	2 048	0.12	0.05	0.04	[41.06-45.56]	[41.12-43.50]	[41.56-43.65]	
D	512	0.45	0.68	0.54	[29.12-32.46]	[29.00-33.43]	[29.10-32.43]	
Bus	2 048	0.86	0.52	0.36	[36.19-42.73]	[36.29-41.14]	[36.41−39.22]	
G	512	3.23	2.78	1.67	[30.51-38.68]	[30.66-39.07]	[30.70−39.04]	
Soccer	2048	3.64	3.69	2.25	[37.45-46.32]	[37.48-46.37]	[37.43-46.30]	
Avg. gain		1.126	0.999	0.589				

表 7 CIF 格式下视频质量波动情况比较

Tab. 7 Comparison of PSNR fluctuations for CIF

由表 6、表 7 可见,对于 QCIF 序列,本文方法 可以使不同序列的平均 Var 降低到 1.248,约为 JM12.2方法的50%。对于图像内容丰富、运动 量较大的 Coastguard 序列, JM12.2 中的算法获 得的 QP。 过小,导致视频质量波动剧烈,在 512 kbit/s的情况下, Var 达到了 10.55, PSNR 的 波动范围也扩大到 22 dB;而本文算法由于考虑 了视频的特性,使平均 PSNR 的波动范围降低到 10 dB 以内, Var 小于 2。对于运动平缓的 Clair 序列,3种方法均能获得较稳定的视频波动,但本 文方法的 Var 更小,每帧 PSNR 取值更为集中。 对于 CIF 序列,本文方法较其他两种方法都能在 一定程度上降低视频中图像的质量波动。不同序 列的平均 Var 降低到 0.589,可以达到 JM12.2 的 50%。对于运动平缓的 Container 序列,本文 算法不但缩小了每帧 PSNR 的取值范围,而且整 体取值也提高了 3 dB 左右, Var 仅为 JM12.2 方 法中的 1/5。而对于不断运动的 Highway 序列, 本文方法也能获得质量较稳定的视频。

综合上述实验结果可知,本文算法可以使代 表每帧图像质量的 PSNR 值都有所增加,并且能 够有效降低视频中每帧图像间的质量波动,同时 提升了码率控制能力,很好地控制缓冲器,使其保持在相对稳定的状态。

5 结 论

针对 H. 264/AVC 采用的码率控制模型由于 忽略了视频特性对初始帧量化参数选择的影响而 导致初始量化参数设定不合理,从而影响视频质 量的问题,本文分析了影响 QP。选择的多种视频 特性,利用梯度算法获得了视频的空、时复杂度。 通过测试仿真建立了 bpp、序列的时空复杂度和 Ngop 与最佳 QP0 函数模型,并以 JM12.2 为实验 平台进行了实验对比,结果证明:相比 JM12.2 中 的算法,本文算法使 QCIF、CIF 序列重建帧的平 均 PSNR 分别提高了 0.185 dB、0.144 dB; 码率 控制误差的控制幅度分别提高了 37.3%、 11.2%,视频中每帧图像质量波动显著降低,两种 格式的图像质量波动均减小了约50%,同时可以 使缓冲器保持在相对稳定的状态。相比文献[10] 的算法,本文算法使 QCIF、CIF 序列重建帧的平 均 PSNR 分别提高了 0.183 dB、0.086 dB; 码率 控制误差控制幅度分别提高了 30.2%、23.7%。

本文提出的初始量化参数估计方法,在提高

重建帧质量的同时,大幅度降低了码率控制误差, 有效地抑制了序列间每帧图像的质量波动,获得

参考文献:

- [1] 祝世平,陈菊婧. 基于预搜索的高效双目分形视频 编码[J]. 光学精密工程,2012,20(3):675-684.
 ZHU SH P, CHEN J Q. Efficient stereo fractal video coding based on pre-searching [J]. Opt. Precision Eng., 2012, 20 (3): 675-684. (in Chinese)
- [2] 尹传历,李嘉全. 基于位平面的嵌入式超光谱图像 压缩系统[J].液晶与显示,2012,27(2):245-249.
 YIN CH L, LI J Q. Embedded hyper-spectral image compression system based on bit-plane [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2012,27(2):245-249. (in Chinese)
- [3] 桑爱军,吴杨,崔海廷,等.基于多维矢量矩阵的离 散余弦变换快速算法[J].光学 精密工程,2013,21
 (3):799-806.
 SANG A J, WU Y, CUI H T, et al.. Fast DCT algorithms based on multi-dimensional vector matrix
 [J]. Opt. Precision Eng., 2013, 21(3):799-806.
 (in Chinese)
- [4] 吴君钦,李艳丽,刘昊."类整数 DCT"变换基去相关 性能分析[J].液晶与显示,2013,28(2):278-283.
 WU J Q, LI Y L, LIU H. De-correlation characteristic analysis of variety integer DCT transform radix [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2013,28(2):278-283. (in Chinese)
- [5] 祝世平,张玲. 基于分形和 H. 264 的视频编码系统
 [J]. 光学 精密工程,2013,21(3):774-781.
 ZHU SH P, ZHANG L. Video coding based on fractal and H. 264 [J]. Opt. Precision Eng., 2013, 21(3):774-781. (in Chinese)
- [6] 吴银花,金龙旭,张宁,等.针对 H. 264 改进的快速
 整像素运动估计算法[J].光学 精密工程,2013,21
 (4):1017-1025.

WU Y H, JING L X, ZHANG N, et al.. Improvement of fast integer pixel motion estimation algorithm for H. 264 [J]. Opt. Precision Eng., 2013,21(4):1017-1025. (in Chinese)

[7] 刘春香,郭永飞,李宁,等.星上多通道遥感图像的

了更优质、更平稳的编码视频流,并能很好地适应 不同特性的视频序列。

实时合成压缩[J]. 光学 精密エ程,2013,21 (2): 445-453.

LIU CH X, GUO Y F, LI N, et al.. Composition and compression of satellite multi-channel remote sensing images [J]. Opt. Precision Eng., 2013, 21(2):445-453. (in Chinese)

- [8] WU Z, YU H, TANG B, et al.. Adaptive initial quantization parameter determination for H. 264/ AVC video transcoding [J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2012, 58(2), 277-284.
- [9] WANG H, KWONG S. Rate-distortion optimization of rate control for H. 264 with adaptive initial quantization parameter determination [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008, 18(1):140-144.
- [10] BINH V PH, YANG SH H. Initial quantization parameter determination for H. 264/SVC [C]. IEEE, 2013 International Conferenceon Computing, Management and Telecommunication, 2013: 225-229.
- [11] 赵丹丹.视频编码中码率控制算法研究[D].上海: 上海交通大学,2012.
 ZHAO D D. Research on rate control algorithm in video coding [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012. (in Chinese)
- [12] WU W, KIM H K. A novel rate control initialization algorithm for H. 264 [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2009, 55(2):665-669.
- [13] WUYL, KOSW. An initial quantization parameter decision method based on frame complexity with multiple objectives of GOP for rate control of H. 264 [J]. Grid and Pervasive Computing, 2013, 786(1), 932-938.
- [14] HU S D, WANG H L, KWONG S. Adaptive quantization-parameter clip scheme for smooth quality in H. 264/AVC [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21(4):1911-1919.
- [15] SU L H, GUO Y, WANG M, et al.. An improved method for initializing quantization parameter in H. 264 rate control [C]. Intelligent Science and Intelligent Data Engineering, 2012;739-744.

- [16] HU S D, WANG H L, KWONG S, et al.. Novel rate-quantization model-based rate control with adaptive initialization for spatial scalable video coding [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2012,5(3):1673-1684.
- [17] JVT. (2009, Sep.). H. 264/AVC Reference Soft-

作者简介:



赵春蕾(1989-),女,吉林通化人,博士 研究生,2011 年于长春理工大学获学 士学位,主要从事视频压缩的研究。Email:zhao15948020937@163.com ware (JM12. 2) [OL]. http://iphome. hhi. de/ suehring/tml.

[18] MA S W, LI Zh G, Wu F. Proposed draft of adaptive rate control [C]. Joint Video Team of ISO/IEC MPEG and ITU-VCEG 8th Meeting, JVT-H017, May 20, 2003.

导师简介:



戴明(1965-),男,湖北潜江人,博士 生导师,研究员,1993年于中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所获得 硕士学位,主要从事光电平台稳定技 术、图像稳定技术及航空光电成像技术 方面的研究。E-mail:daim@vip.sina. com

(版权所有 未经许可 不得转载)