

文章编号 1004-924X(2014)04-1020-09

基于人眼视觉系统的 H. 264/AVC 码率控制算法

孙 乐^{1,2}, 戴 明^{1*}, 陈晓露^{1,2}, 王子辰^{1,2}, 赵春蕾^{1,2}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 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:提出了一种基于人眼视觉系统(HVS)特性的 H. 264/AVC 码率控制方案以解决传统的 H. 264/AVC 码率控制算法中由于码率分配不当造成视频质量较差的问题。该方案利用人眼视觉系统对视频场景感知的选择性设计了一种新的基于区域的码率控制算法。首先,利用当前帧和前一帧的信息快速地检测出运动区域和非运动区域。其次,根据宏块所在区域的复杂度进一步将非运动区域细分为平坦区域和复杂区域。最后,对这 3 种区域依据不同的视觉敏感度权重分配适当的比特数。基于不同区域峰值信噪比(PSNR)、连续帧 PSNR、主观评价以及缓冲器充盈度综合评价了本文算法的性能,结果表明,提出的基于区域的码率控制方案对不同视觉特性区域的比特分配有较高的鲁棒性,与 JVT-G012 的码率控制算法相比能获得较好的主观和客观编码质量。

关键词:H. 264/AVC;码率控制;人眼视觉系统;运动区域;码率分配

中图分类号:TN941.1;TP391 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20142204.1020

H. 264/AVC rate control algorithm based on human visual system

SUN Le^{1,2}, DAI Ming^{1*}, CHEN Xiao-lu^{1,2}, WANG Zi-chen^{1,2}, ZHAO Chun-lei^{1,2}

(1. *Key Laboratory of Airborne Optical Imaging and Measurement, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*
2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*)
* *Corresponding author, E-mail: daim@vip.sina.com*

Abstract: This paper proposes a rate-control scheme based on Human Visual System(HVS) for H. 264/AVC to improve the poor video quality caused by the normal rate control in traditional H. 264/AV scheme. A novel rate control algorithm was designed based on selectivity to visual scene in the perception of the HVS. Firstly, the moving region and non-moving region were quickly detected by using the information from a current frame and a previous frame. Then, non-moving region was sub-divided into complex regions and flat regions according to the complexity of MBs region. Finally, the appropriate bits were allocated onto these three regions based on their own perceptual sensitivity weighting factors and the performance of the algorithm was evaluated by Peak Signal to Noise Ratios (PSNRs) in different regions and continuous frames, subjective evaluation and filling degree of a

收稿日期:2013-03-15;修订日期:2013-04-11.

基金项目:国家 863 高技术研究发展计划资助项目(No. 2008AA121803);国家 973 重点基础研究发展规划资助项目(No. 2009CB72400603B)

bumper. Experimental results show that the proposed region-based rate control scheme has high robustness in bit allocation in different regions. In comparing with the JVT-G012 in H.264 rate control approach, it can achieve better subjective and objective quality.

Key words: H.264/AVC; rate control; Human Visual System (HVS); moving region; bit allocation

1 引言

视频信息的爆炸式增长使得高效的视频编码技术显得尤为重要。在网络带宽资源有限的情况下,如何平衡码率分配与视频质量之间的关系已成为学者们的研究热点。相比之前的视频编码标准,H.264/AVC^[1-2]拥有卓越的编码效率,也因此备受业内人士青睐。但是,H.264/AVC的编码技术复杂,同时这些新技术的引进也给码率控制带来了巨大的技术挑战。码率控制并不是视频压缩算法的标准部分,但是码率控制却在整个视频编码过程中起着关键作用,因此,它在视频编码标准和视频传输应用中得到广泛的研究。例如,H.263的TMN8^[3]、MPEG4的VM8^[4]、H.264/AVC的JVT(Joint Video Team)-G012^[5]。

目前,针对H.264/AVC标准的码率控制算法已经有了大量的研究成果^[6-7]。其中,大部分的学术研究都是以H.264/AVC推荐的JVT-G012作为标准的码率控制方案,并对其中的初始量化参数(Quantization Parameter, QP)的选择、码率分配以及R-D模型等环节进行了改进。在JVT-G012中,码率分配由上到下依次为:GOP级码率分配、帧级码率分配和基本单元(Basic Unit, BU)层码率分配。其中:BU级码率分配是整个码率控制的核心,对码率控制的准确性起着至关重要的作用。为了更加灵活地控制BU级码率分配,JVT-G012规定基本单元层可以是一个宏块或一个连续的宏块组,甚至可以是一帧,即帧级码率分配。

研究表明,人眼视觉往往对那些有较强运动特性的运动区域较为敏感^[8]。虽然BU级码率控制中灵活的基本单元划分方式一定程度上提高了码率控制的准确性,即使是在网络传输带宽条件较为苛刻的情况下也能获取较好的视频质量。然而,码率控制基本单元层中所包含的宏块(MBs)个数和空间位置是固定的,且不能预先设定,不能

根据宏块所在区域的视觉特性进行自适应调节,这使得视觉敏感度较高区域的视频质量较差。很显然,JVT-G012中基本单元层的码率控制已经不能满足人眼视觉系统(Human Visual System, HVS)的视觉特性。

近些年,基于HVS视觉特性的码率控制已有大量的研究。Chen^[9]等人提出了一种友好视觉感知模型码率控制模型。Tang^[10]等人采用了一种人眼视觉感知遗漏模型实现码率分配。文献^[11]中提出了基于感兴趣区域编码的方法实现基本单元的码率控制。Zheng^[12]等人提出了一种基于HVS的码率控制算法对不同感知度区域分配合适的比特数,从而在一定程度上改善了视频质量。但是当视频序列中有较大的全局运动或视频内容较为复杂时,以上方法并不能客观、准确地给基本单元分配符合自身视觉敏感特性的比特数,从而导致主观视频质量下降。

为了在传输过程中充分利用有限带宽,作者对利用HVS的视觉特性为HVS较为敏感的区域分配较多的比特数,而那些不敏感的区域分配相对较少的比特数进行研究。为了提高H.264/AVC的码率控制性能,文中提出了一种新的基于HVS感知特性的码率控制算法。该算法在JVT-G012码率控制模型的基础上,进一步优化了基本单元的码率控制性能,在有限的传输带宽下有效地提高了视频的主观和客观质量。

2 视频区域分割

2.1 运动区域检测

在视频背景固定的情况下,利用基于帧差方法提取运动区域已经得到了广泛的应用,且取得了很好的效果^[13-15]。然而,当全局运动,即摄像机也运动时,一般的基于帧差的方法便不能得到好的分割效果^[14]。因此,为了适应多种场合的前后背景分割,应该采取一种鲁棒性较强的全局运动补偿的视频分割算法。

灰度投影法 (Gray Projection Method, GPM) 是一种简单且有效的全局运动矢量 (Global Motion Vector, GMV) 估计方法。该方法已经被广泛应用于电子稳像中^[16]。GPM 的基本思想是将二维图像投影到 X、Y 2 个方向, 得到投影曲线, 然后, 根据当前帧和前一帧的灰度投影曲线寻找最大的互相关值。GPM 的具体计算方法已在文献[16]中给出。由于 GPM 采用的是相邻帧的统计特性, 因此对前景提取具有较强的鲁棒性。与此同时, GPM 具有较低的计算复杂度, 可以很容易地应用于实时系统中。本文采用 GPM 得到当前帧的全局运动矢量 (GV_k^x, GV_k^y), 并利用得到的全局运动矢量计算当前帧和前一帧的帧差, 如式(1)所示:

$$Diff_k(p) = \frac{1}{256} \times \sum_{(i,j) \in p} |G_k(i,j) - G_{k-1}(i + GV_k^x, j + GV_k^y)|, \quad (1)$$

其中: $Diff_k(p)$ 表示第 p 个宏块所在的第 k 帧和 $k-1$ 帧的差值的均值。(GV_k^x, GV_k^y) 表示当前帧的全局运动矢量 GMV。 $G_k(i, j)$ 表示当前帧所对应宏块的亮度像素值。

根据式(1)计算得到的 $Diff_k(p)$, 并设定合适的阈值, 从而实现前景和背景的分隔。然而, 一般在视频中心位置的视觉内容更容易引起人眼视觉系统的注意, 相反, 人眼对视频边缘内容的敏感度较低。因此, 在前景提取时尽量给中心附近位置分配较大的权值, 给边缘位置分配较小权值。本文提出的运动区域提取算法如式(2)所示, $MR_k(p)$ 等于 1 为运动区域, 等于零为背景区域。

$$MR_k(p) = \begin{cases} 1, & \text{if } \omega \times Diff_k^{avg}(p) / Diff_k^{avg} > Th_1, \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad (2)$$

其中: $Diff_k^{avg}(p)$ 表示所有宏块在当前帧与前一帧差值的平均值; Th_1 为预定义的阈值, 本文根据经验, 将 Th_1 设置为 0.65; ω 表示为宏块所在视频空间位置的权系数, 当宏块在中心位置附近时, ω 被设置为 1; 当宏块在视频边缘时, ω 被设置为 0.5。

2.2 非运动区域细分

2.1 节中, 实现了前景和背景的检测, 虽然, 相对背景区域, HVS 对运动视频内容有较高的敏

感度, 但是, 在背景区域中也存在一些纹理较为复杂的区域, 且 HVS 对这样的区域同样有相对较高的敏感度。因此, 本节中提出了一种新的非运动区域细分方法。这种方法针对 H.264 编码的特点, 实现非运动区域 (即平坦区域和复杂区域) 的细分。

H.264/AVC 引入了率失真优化 (Rate-distortion Optimization, RDO) 模式。这样虽然提高了编码效率, 但与此同时也引起了“蛋鸡悖论”, 即当前帧的均方差 (Mean Square Error, MSE) 只有在 QP 给出的情况下才能得到。考虑到在没有较大背景运动的情况下, 相邻帧间背景区域内容的波动很小, 尤其是在背景不动的情况下, 完全可以利用前一帧的方差代替当前帧的均方差。基于此, 本文提出利用前一帧的 MSE 衡量当前帧背景区域纹理复杂度以细分非运动区域的方法, 如式(3)所示:

$$NMR_k(p) = \begin{cases} 1, & \text{if } MSE_{k-1}(p) / MSE_{k-1}^{avg} > Th_2, \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad (3)$$

其中: $MSE_k(p)$ 表示第 k 帧中第 p 个宏块的均方差; MSE_{k-1}^{avg} 表示当前帧所有宏块的平均 MSE。当 $NMR_k(p)$ 为 1 时, 该宏块标记为复杂区域, 相反, 当 $NMR_k(p)$ 为零时, 标记为平坦区域, 经多次实验数据得出, Th_2 为 0.5 时实验结果最好。

图 1 为采用本文区域分割算法的实验结果, A、B、C 3 列分别为: 原始图像、运动区域检测结果、背景区域细分结果。B 列运动区域检测结果中黑色标记为背景区域, C 列背景区域细分结果中红色为复杂区域、绿色为背景区域、未标记的即为运动区域 (彩图见期刊电子版)。在第一行 hall 序列中, 人所在的区域为运动区域, 图像中间位置区域的纹理较为复杂, 该算法能很好地区分各个区域。在第二行 mother-daughter 序列中, 虽然人物为运动对象, 但是只有局部运动, 所以只检测到了局部的运动, 如头部有一部分被标记为复杂区域。第三行 stefan 序列为背景运动的序列。其实验结果表明, 该算法可以较准确地提取出纹理较为复杂的观众席。综上所述, 本文提出的区域分割算法不仅对背景不动的视频具有较高的鲁棒性, 而且对背景变化的视频序列也有较高的自适应性。

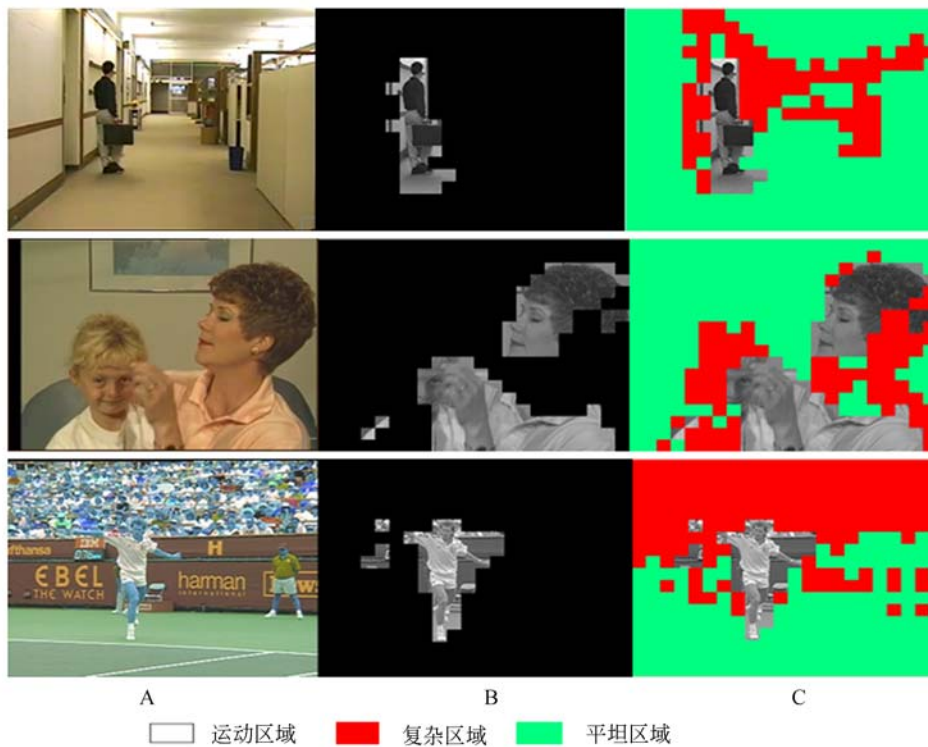


图 1 区域分割结果 A 列:原始帧 B 列:运动区域检测 C 列:非运动区域细分

Fig.1 Region segmentation results

Column A: Original frame, Column B: Moving region detection, Column C: Sub-division of non-moving region

3 基于区域的码率控制方案

在 JVT-G012 提案中,与帧级码率控制方法相比,基本单元层的码率控制算法由于采用灵活的基本单元大小,从而大大提高了视频客观质量。但是该方案并没考虑 HVS 特性,只是简单地将码率平均分配给每个基本单元,对较为敏感的区域和次敏感的区域采用了相同的量化参数,因此,只在一定程度上提高了客观质量,主观质量方面并没有太大的改善。

本文提出了一种基于区域视觉特性的码率分配方案,其对视觉重要性不同的区域码率分配进行权值修正,使得视觉较为敏感的区域分配的比特数较高,视觉敏感度次之的区域分配的比特数较少,从而提高了主观视频质量和客观视频质量。

本节将利用上节提出的区域分割方法对 JVT-G012 提案中的 BU 码率分配算法进行改进。本文算法只是针对 BU 层的码率控制方案。除了 BU 层码率,其他层的码率控制部分,如:平均绝对差(Mean Absolute Difference, MAD)、预

测模型、QP 计算以及 R-D 模型均沿用 JVT-G012 的算法。

3.1 MAD 预测

MAD 预测值沿用 JVT-G012 中的线性跟踪模型,即当前帧 BU 的 MAD 值通过前一帧相同位置 BU 的 MAD 值线性预测得到,如式(4)所示:

$$MAD_{cb} = a_1 \times MAD_{pb} + a_2, \quad (4)$$

其中: MAD_{cb} 为当前 BU 的 MAD 的预测值; MAD_{pb} 为前一帧与当前帧位于相同位置 BU 的 MAD 值; a_1 与 a_2 为预测模型参数,它们的值在编码完成后,通过线性回归技术进行更新。

3.2 基于区域的基本单元比特分配

JVT-G012 的 BU 的比特预算是由当前帧的帧级比特预算平均分配给 BU 得到的。该方法并没有考虑 BU 的复杂度。本文利用预测模型得到的 MAD 值作为复杂度衡量标准对 BU 层进行比特分配,如式(5)所示:

$$T_k^{init}(p) = Tr_k(p) \times \frac{(MAD_k^{pred}(p))^2}{\sum_{i=p}^{N_{total}} (MAD_k^{pred}(i))^2}, \quad (5)$$

其中: $T_k^{init}(p)$ 表示第 k 帧的第 p 个宏块的初始比

特预算; $T_{r_k}(p)$ 为第 k 帧中第 p 个宏块未编码前的比特剩余量; $MAD_k^{\text{pred}}(p)$ 为第 k 帧的第 p 个宏块的 MAD 预测值, N_{total} 为当前帧宏块的数量。

式(5)只是简单地依据宏块经过预测得到的 MAD 值对宏块的比特进行了比例分配, 并没考虑宏块所在区域的视觉特性。为了计算出较符合视觉特性的比特数, 本文利用第二节所得到的图像区域分割结果提出一种基于区域纹理、运动特性的宏块比特分配修正算法, 如式(6)所示:

$$T_k^{\text{region}}(p) = T_k^{\text{init}}(p) \times \frac{\delta_k(p) \times N_{\text{total}}}{\sum_{i=1}^{N_{\text{total}}} (\delta_k(i))}, \quad (6)$$

其中: $T_k^{\text{init}}(p)$ 为第 k 帧的第 p 个宏块由式(5)得到的初始比特预算; $\delta_k(p)$ 定义为宏块视觉重要性系数, $\delta_k(p)$ 的大小根据图像区域类型(运动区域、平坦区域、复杂区域)依据经验值设定, 如式(7)所示; $T_k^{\text{region}}(p)$ 为第 k 帧的第 p 个宏块经过比特分配修正后的比特预算。

$$\delta_{i,r}(p) = \begin{cases} 1, & \text{if } MR_k(p) = 1 \\ 0.65, & \text{if } MR_k(p) = 0 \ \& \ NMR_k(p) = 0 \\ 0.15, & \text{if } MR_k(p) = 0 \ \& \ NMR_k(p) = 1 \end{cases} \quad (7)$$

3.3 QP 计算

当为每一宏块分配好目标比特预算后, 通过线性预测模型可得到当前帧的 MAD 值, 因此, 可以

通过二次模型来得到相应的量化参数 QP, 同时, 为了保证图像质量平滑, 在 JVT-G012 中, H. 264/AVC 对量化参数进行了阈值限制。

3.4 R-D 模型及参数更新模型

在编码完一个宏块后, 采用 JVT-G012 中的线性回归模型对 R-Q 模型和 MAD 线性预测模型对相关参数进行更新。

4 实验及其结果分析

在本节中, 本文选取多个标准序列对本文提出的基于 HVS 的 BU 层码率控制算法和 JVT-G012 提案中的码率控制算法进行实验对比。为了更加准确地比较各个算法的性能, 本文从视频的客观质量和主观质量两方面进行比较。本文采用标准的 H. 264/AVC 测试模型 JM12. 2^[17] 作为实验测试平台。设置相关参数如下: 帧率为 25 frame/s, buffer-size 为 $0.5 * \text{bit-rate}$, IPPP、CAVLC、RDO 开启。选取 JVT-G012 中 BU 层为一个宏块编码控制算法作为对比实验。实验结果如表 1、图 2 以及图 3 所示。其中, G012-BU1 表示 JVT-G012 中 BU 为一个宏块的标准算法, RV_D 表示本文提出的运动区域检测算法, RV_SD 表示在 RV_D 的基础上对非运动区域细分的算法。

表 1 不同区域的 PSNR 实验对比 (150 帧)

Tab. 1 Comparison of PSNRs on different regions (150 frames)

序列	码率控制算法	码率/(Kb · s ⁻¹)	PSNR/(dB)			
			全帧	平坦区域	复杂区域	运动区域
Akiyo (QCIF, 50Kb/s)	G012-BU1	50.52	37.54	39.12	38.04	37.21
	RV_D	50.30	37.59	39.10	38.46	37.43
	RV_SD	50.14	38.17	38.71	38.90	37.87
News (QCIF, 50Kb/s)	G012-BU1	50.47	38.28	40.17	39.11	38.56
	RV_D	50.41	38.32	40.15	39.08	38.62
	RV_SD	50.09	38.41	40.00	39.29	39.14
Mother-daughter (CIF, 200Kb/s)	G012-BU1	200.25	37.51	39.06	38.52	37.20
	RV_D	200.10	37.69	39.10	38.56	37.48
	RV_SD	200.06	37.72	39.00	38.60	37.51
Grandma (CIF, 200Kb/s)	G012-BU1	200.19	36.45	40.23	38.41	36.02
	RV_D	200.25	36.51	40.01	38.47	36.13
	RV_SD	200.05	36.52	40.01	38.50	36.20
Hall (QCIF, 50Kb/s)	G012-BU1	50.12	37.79	40.49	37.87	36.88
	RV_D	50.06	37.81	40.41	37.90	36.89
	RV_SD	50.04	38.28	40.20	38.17	37.10
Paris (CIF, 200Kb/s)	G012-BU1	200.30	39.74	41.31	38.75	37.15
	RV_D	200.35	40.81	41.30	40.80	38.27
	RV_SD	200.28	41.03	41.18	41.04	39.30
较 G012 的 平均增量	RV_D		+0.23	-0.05	+0.47	+0.30
	RV_SD		+0.47	-0.21	+0.63	+0.68

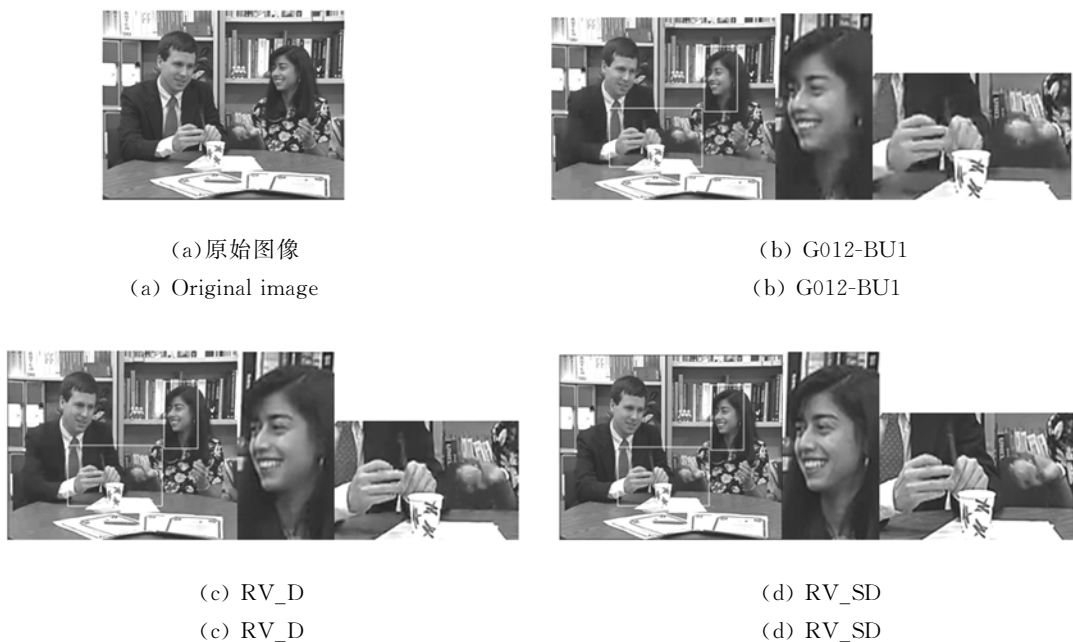


图 2 Paris 序列(200 Kb/s)第 199 帧主观视频质量对比
 Fig.2 Comparison of subjective visual quality of the 199th of Paris (200 Kb/s)

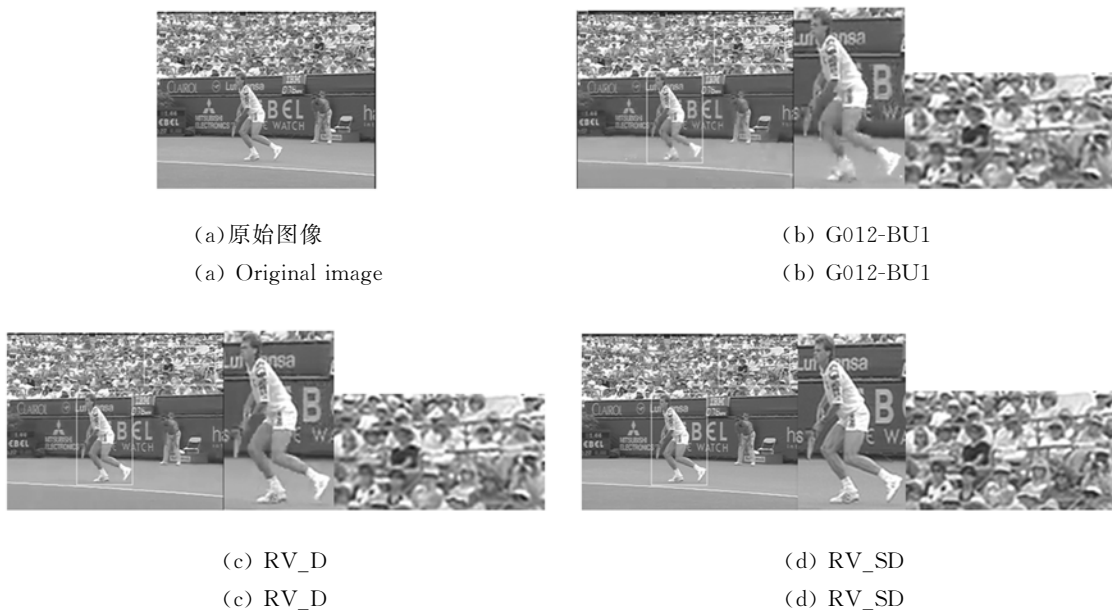


图 3 Stefan 序列(200 Kb/s)第 84 帧主观视频质量对比
 Fig.3 Comparison of subjective visual quality of the 84th of Stefan (200 Kb/s)

表 1 为不同序列(150 帧)中不同区域的 PSNR 统计数据。从整体实验数据看,本文的基于区域的 BU 层码率控制算法较 G012 中的 BU 为一个宏块的码率控制算法在客观质量方面有较大的改善。相对于其他的视频序列,Paris 和 News 序列中运动区域占的视频比例较高。因此,对于这 2 个视频序列,本文算法能较好地提高

视频全帧和运动区域的 PSNR。其它的视频序列由于平坦区域占有较大的比例,所以全帧的信噪比改善效果一般,但是复杂区域和运动区域的信噪比有较好的改善。从整个实验统计数据来看,本文提出的 RV_SD 码率控制方案在全帧、平坦区域、复杂区域、运动区域的平均 PSNR 分别提高了 0.47、-0.21、0.63、0.68 dB。

本文算法是通过判定宏块所属区域的视觉敏感性来分配码率的,从而减少了视频图像中非视觉重要区域的编码比特消耗,这必然会使该区域的 PSNR 值下降。然而,由于观察者对这些区域视觉敏感度较差,由图 2、图 3 可知,一定的 PSNR 下降并不会影响整个视频的主观质量。本文算法对运动区域和复杂度较高区域表现出较好的编码性能。

为了更有力的证明本文码率控制算法拥有较好的主观视频质量,实验选取了 Paris(200 Kb/s)视频序列的第 199 帧和 Stefan(200 Kb/s)序列的第 84 帧进行分析。其中:Paris 为背景静止的标准序列,Stefan 为背景变化的标准序列,分别如图 2、图 3 所示。其中:(a)为原始帧,(b)为 JVT-G012 提案中,BU=1 时 BU 码率控制算法的解码图像,(c)为仅采用运动区域检测算法的解码图像,(d)为本文提出的基于区域的码率控制算法的解码图像。

由局部细节放大图可以看出,本文算法能有效提高图 2 中人脸和手等运动区域的视频主观质量。这是由于本文算法根据宏块所在区域的视觉特性,重新修正了帧内不同区域的比特分配,即给运动区域和纹理复杂度较高的区域分配较多的比特,从而大大提高了主观视频质量。

相对于 Paris 序列,Stefan 序列有较大的全局运动,其中,观众席区域的纹理复杂度较高,本文算法中,将其准确地判断为复杂区域,运动员所在区域则为运动区域。实验结果表明,本文提出的区域分割和码率分配算法不仅适应于背景静止的视频,且对背景变化的视频也表现出良好的性能。

相对于 G012 算法,虽然平坦区域采用的比特编码较少,但是由于平坦区域的视觉敏感度较低,因此,平坦区域的主观质量并没有受到影响,例如,Paris 序列的桌面区域、西装区域和 Stefan 序列中的网球场、广告牌。

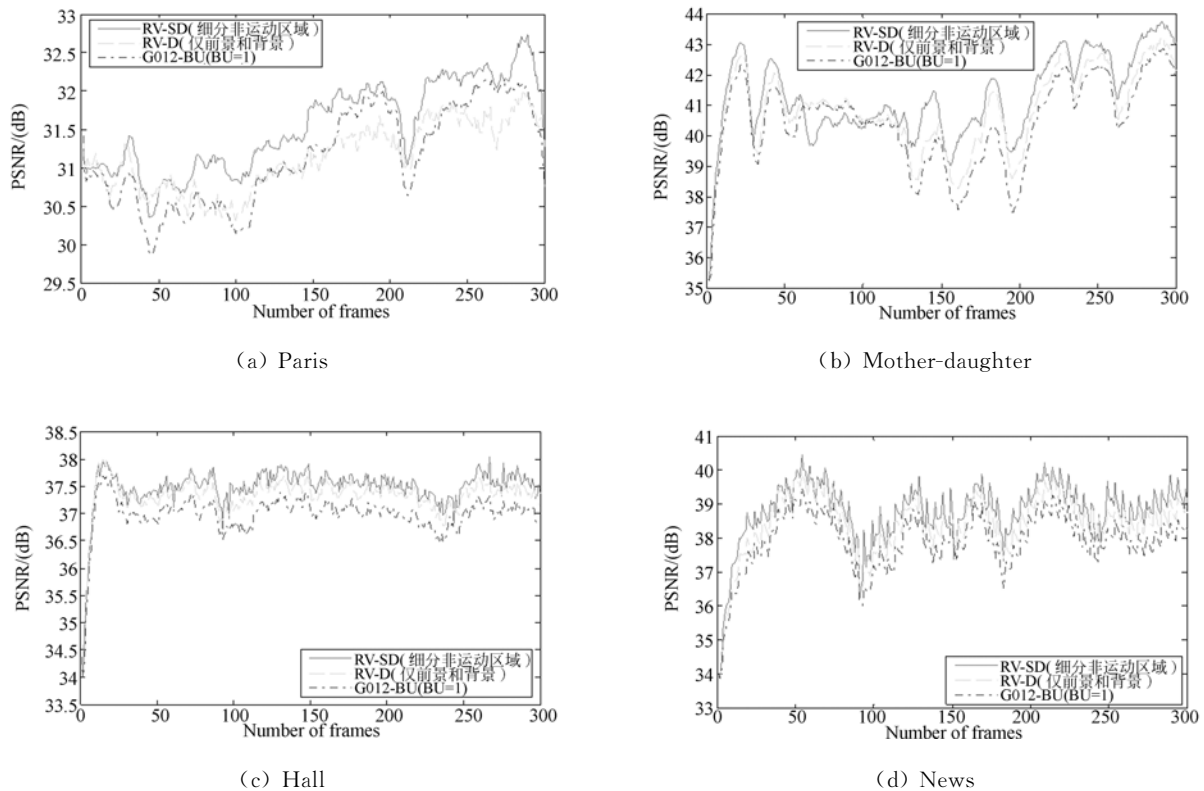


图 4 G012、RV-D、RV-SD 算法连续帧的 PSNR 实验对比 (200 Kbs)

Fig. 4 Comparison of PSNRs of continuous frames for different algorithms (G012, RV-D, RV-SD)

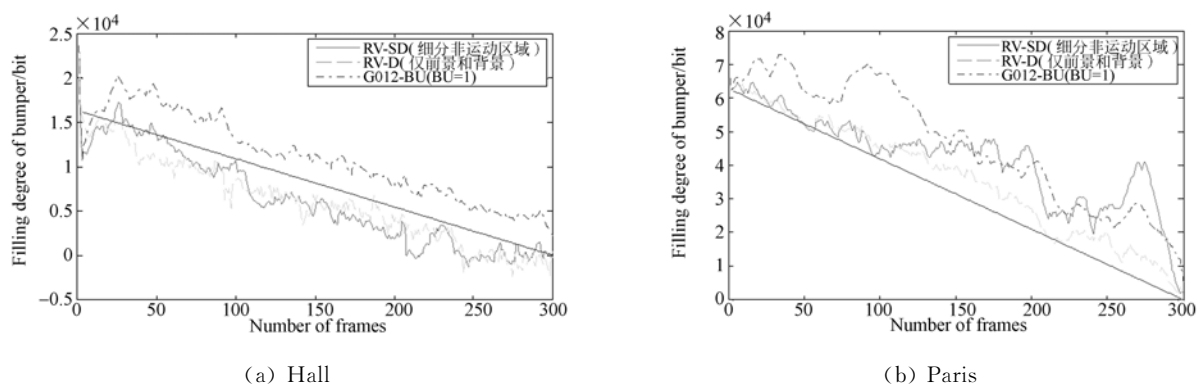


图5 不同算法下的缓冲器占用量

Fig. 5 Filling degrees of bumper for different algorithms

本文选取了4个标准视频序列(Paris、Mother-daughter、Hall、News)在比特率为200Kb/s条件下,对不同算法进行了连续帧的PSNR实验对比,如图4所示。由图4可以看出,Paris序列由于运动区域和复杂区域比例较大,因此,本文算法比G012算法具有更高的PSNR。在Hall序列中,运动区域占的比例较小,因此PSNR提高较小。在Mother-daughter、News序列中,由于大部分区域属于平坦区域,仅有少量的复杂区域,因此RV-D算法和RV-SD算法在PSNR改善方面,水平相当。

图5为Hall序列和Paris序列在不同算法下缓冲器占用量的实验结果,其中:码率为200Kb/s、buffer size=0.5×200000。综上所述,本文算法有效地提高了图像的主观视频质量和客观视频质量。由图5可以看出,虽然本文算法的缓冲器占用量产生了较小的波动,但仍然可以避免缓冲器上溢和下溢,且能根据目标缓冲级别准确地控制缓冲器容量。

5 结论

本文提出了一种基于HVS的有效的基本单

元层码率控制算法。该算法充分挖掘了人眼视觉对不同区域的敏感特性,其性能较JVT-G012提案中的基本单元码率控制算法有显著的改善。为了实现快速、准确的运动区域检测,本文采用高效且简单的GPM算法,并利用H.264/AVC的帧间相关性将图像划分为运动区域、复杂区域和平坦区域。采用预测得到的MAD作为宏块复杂度的度量值,粗略地进行比特分配后,利用已经确定的区域特性对比特分配进行修正,从而给每个宏块分配符合自身所属区域特性的比特数。最后,利用不同区域PSNR、连续帧PSNR、主观评价以及缓冲器充盈度综合评价了本文算法的性能。实验结果表明,本文提出的算法在缓冲器不出现上溢或下溢的前提下,可以有效提高客观视频质量,而且还大大地改善了主观视频质量。

本文仅对基本单元码率分配算法进行了改进,其他步骤继续沿用了JVT-G012中的方法。为了得到更加精确的码率控制,获得更符合人眼视觉特性的比特分配,还需要对码率控制的其它过程做进一步改进。

参考文献:

[1] ITU-T/ISO/IEC Joint Video Team. Advanced video coding for generic audiovisual services (H. 264, ISO/IEC 14496-10 AVC)[S]. ITU-T and ISO/IEC, 2003.

[2] 毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准—H. 264/AVC [M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
BI H J. *The H. 264 Advanced Video Compression Standard* [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2008. (in Chinese)

[3] CORBERA J R, LEI S. Rate control in DCT video coding for low delay communication [J]. *IEEE*

- Transactions on Circuits and System for Video Technology*, 1999, 9(1):172-185.
- [4] LEE H J, CHIANG T H, ZHANG Y Q. Scalable rate control for MPEG-4 video [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2000, 10(6):878-894.
- [5] BATTIATO L, PAN Z G, LIM K P F, *et al.*. Adaptive basic unit layer rate control for JVT(JVT-G012)[C]. *Joint Video Team (JVT) 7th Meeting, Pattaya, Thailand*, 2003.
- [6] SERGIO S R, OSCAR A E, MANUEL F L. Cauchy-density-based unit rate layer rate controller for H. 264/AVC[J]. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, 2010, 20(8):967-981.
- [7] WU B T, GUO J I. Low compute complexity BU-based rate control algorithm for H. 264/AVC encoder [J]. *IEEE APCCAS*, 2010, 564-567.
- [8] 姚军财. 基于人眼对比度敏感视觉特性的图像质量评价方法[J]. *液晶与显示*, 2011, 26(3): 390-396. YAO J C. Image quality assessment method based on contrast sensitivity characteristics of human vision system [J]. 2011, 26(3): 390-396. (in Chinese)
- [9] CHEN Z Z, GUILLEMOT C. Perceptually-friendly H. 264/AVC video coding based on foveated just-noticeable-distortion model[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2010, 20(6):806-819.
- [10] TANG C W. Spatiotemporal visual considerations for video coding [J]. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2007, 9(2):231-238.
- [11] LIU Y, LI Z G, SOH Y C. Region-of-interest based resource allocation for conversational video communication of H. 264/AVC [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2008, 18(1):134-139.
- [12] ZHANG Q Y, YU M, PENG Z J, *et al.*. Human visual system based rate control algorithm for H. 264/AVC[J]. *Journal of Optoelectronics • Laser*, 2011, 22(3):440-445.
- [13] SUN Y, AHMAD I, LI D, *et al.*. Region-based rate control and bit allocation for wireless video transmission [J]. *IEEE Trans. Multimedia*, 2006, 8(1):1-10.
- [14] SONG H, KUO C C. A region-based H. 263+ codec and its rate control for low VBR video[J]. *IEEE Trans. Multimedia*, 2004, 6(3):489-500.
- [15] 吴君钦, 刘昊, 罗勇. 静态背景下的运动目标检测算法[J]. *液晶与显示*, 2012, 27(5):682-686. WU J Q, LIU H, LUO Y. Algorithm of moving object detection in static background [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(5):682-686. (in Chinese)
- [16] REN G, LI P, WANG G. A novel hybrid coarse-to-fine digital image stabilization algorithm[J]. *Inform. Technol. J.*, 2010, 9(7):1390-1396.
- [17] JVT. H. 264/AVC reference software (JM12. 2) [EB/OL]. (2009-09) [2012-05-14] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml>.

作者简介:



孙 乐(1986—),男,宁夏平罗人,博士研究生,2009年于吉林大学获得学士学位,主要从事图像处理与视频压缩方面的研究。E-mail: jlu_sunle@126.com

导师简介:



戴 明(1965—),男,湖北潜江人,研究员,博士生导师,1933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,主要从事机载设备图像处理及动基座稳定技术方面的研究。E-mail: daim@vip.sina.com