

H.264/AVC 码率控制中初始量化参数设置的一种改进算法

韩霜, 林其伟, 张伟龙, 饶琴, 张志刚
(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 针对 H.264/AVC 码率控制算法, 提出了一种基于 I 帧复杂度和每像素的比特数的初始量化参数设置算法。实验结果表明, 与 H.264/AVC 标准参考软件 JM8.6 中的算法相比, 改进后的算法在提高峰值信噪比 (PSNR) 和码率控制精确度的同时减小了 PSNR 值的波动。

关键词: H.264/AVC; 码率控制; 量化参数

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)20-0036-03

An improved initial quantization parameter setting algorithm of rate control for H.264/AVC

HAN Shuang, LIN Qi Wei, ZHANG Wei Long, RAO Qin, ZHANG Zhi Gang
(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: For H.264/AVC rate control algorithm, this paper proposes an improved initial quantization parameter setting algorithm based on the complexity of intra frame and bits per pixel. The simulation results show that compared with the algorithms of H.264/AVC standard reference software JM8.6, the proposed algorithm enhances the PSNR and bit rate accuracy, and decreases the PSNR fluctuation.

Key words: H.264/AVC; rate control; quantization parameter

快速增长的视频通信需求刺激着视频压缩技术的发展。与已有的其他视频压缩标准相比, 最新的 H.264/AVC 标准因采用多参考帧、运动补偿等新的编码技术, 在编码效率上提供了重要的改进。目前, 码率控制(RC)作为视频编码的重要组成部分也变得越来越完善, 并且得到了学者们的高度关注。

为了在码率和失真之间实现最好的折中性能, 在 H.264 标准中提出了率失真优化(RDO)。然而, RDO 使得 H.264 码率控制更加复杂并且导致了蛋鸡悖论^[1], 这就对 H.264 的码率控制算法提出了新的挑战, 也是一个非常热门的研究课题。

为了解决蛋鸡悖论的问题, 一些码率控制算法已经开发出来^[1-3]。Li 等人提出了一次编码码率控制算法 JVT-G012。鉴于其效率, 它已在 H.264/AVC 的参考软件中被采用。然而在此方案中仍然存在着一些不足之处: (1)不精确的初始 QP 估计: 在 JVT-G012 中, 初始 QP 的估计仅仅取决于每像素的比特数 (bpp), 然而, 这种初始方案没有考虑帧的复杂度, 不够精确; (2)缓存控制能力不足: 可以看到, 缓存器有时会失控导致跳帧, 尤其是

在低比特率的情况下; (3)不精确的帧层比特控制: 有时, 一帧的目标比特和它实际产生的编码比特偏差相当大。

所有这些不足都可能引起跳帧、平均 PSNR 值下降及不良的 PSNR 波动, 特别是对于复杂的视频序列和低目标比特率的情况。本文主要针对第一个不足进行改进。

1 对初始 QP 设置的改进

1.1 H.264 中初始 QP 设置

在 JVT-G012 中, 码率控制开始时, 第一个 GOP 的第一个 I 帧的初始 QP 值是根据经验预先设定的, 在没预先设定时采用如下方法计算:

$$qp = \begin{cases} 35 & bpp \leq l1 \\ 25 & l1 < bpp \leq l2 \\ 20 & l2 < bpp \leq l3 \\ 10 & bpp > l3 \end{cases} \quad (1)$$

其中 $bpp = \frac{R}{f \times N_{\text{pixel}}}$, 表示每像素的比特数; R 、 f 、 N_{pixel} 分别表示目标比特率、帧率、I 帧图像的像素数; $l1$ 、 $l2$ 、 $l3$ 是预定的阈值。对 QCIF 和 CIF 格式的图像编码时, 预定的阈值分别是 {0.1, 0.3, 0.6} 和 {0.2, 0.6, 1.2}。

由 b_{pp} 的表达式不难看出, 对于不同的视频序列, 在已设定的目标比特率、帧率及同一图像格式的情况下, 计算出来的 b_{pp} 的值是一样的, 再通过式(1)计算就得到相同的初始 QP 值。即不同视频序列的第一个 I 帧均采用相同的初始 QP 值编码。但不同视频序列的复杂度是不同的, 其需求的目标比特数也不相同, 若采用统一的初始 QP 值编码, 势必会导致码率控制不精确。

1.2 本文的改进算法

目前已有许多针对 QP 初始化设置的算法研究^[4-7], 但为了减少算法及编码的复杂度, 本文采用基于 b_{pp} 和 I 帧复杂度的算法来设置 QP 的初始值。参考文献[6]提到采用梯度来衡量图像复杂度的方法性能较好, 因此本文采用基于梯度的方法来衡量 I 帧复杂度。梯度 G 的定义如下:

$$G = \frac{1}{W \times H} \left[\sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (|P_{i,j} - P_{i,j-1}| + |P_{i,j} - P_{i-1,j}|) \right] \quad (2)$$

其中, W 和 H 分别是一帧图像的宽度和高度, $P_{i,j}$ 表示 (i,j) 处的像素值。

为了更好地看出每个视频序列的第一个 I 帧复杂度与最佳初始 QP 的关系, 选择 foreman、football、news、mobile 等视频序列进行试验。使用 H.264/AVC 的参考软件 JM8.6, 测试序列为标准 QCIF 格式, 目标码率为 64 kb/s, 帧率为 15 S/s, 编码 50 S, 采用 IPPP 编码模式。实验结果如图 1 所示。

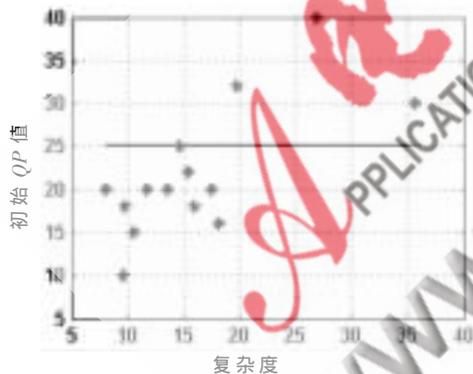


图 1 梯度与最佳初始 QP 的关系

图中 $QP=25$ 的直线是在上述给定的实验条件下通过式(1)计算出来的初始 QP 值, 再次说明了 JVT-G012 中不同视频采用相同初始 QP 值。从图中不难看出, 在一定的条件下, 复杂度低的图像初始 QP 值应较小, 而复杂度高的图像初始 QP 值应较大。同时也发现 G 与最佳初始 QP 的关系比较难拟合。因此根据参考文献[7]定义 $F(G)$ 函数如下:

$$F(G) = e_1 G^2 + e_2 G + e_3 \quad (3)$$

对 QCIF 和 CIF 格式的图像编码时, e_1, e_2, e_3 的取值分别为 $\{0.68, -7.21, 12.29\}$ 和 $\{-0.76, 18.87, -91.42\}$ 。

本文算法是在式(1)计算出的 qp 的基础上结合 G 对初

始 QP 的影响, 来确定最终的初始 QP 值, 经大量数据统计, 最终的算法如下:

$$QP_0 = \begin{cases} 0.8qp + 0.02F(G) & G < 15 \\ qp - 0.02F(G) & G < 20 \\ qp + 0.05F(G) & G < 30 \\ 0.9qp + 0.01F(G) & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

2 后续 GOP 量化参数的选取

对于序列后续 GOP 的量化参数, 由下式计算得到:

$$QP_s = \frac{Sum_{QP}}{N_p} - 1 - \frac{8T_r(n_{i-1}, N_{sp})}{T_r(n_{i,0})} - \min\{2, \frac{N_{sp}}{15}\} \quad (5)$$

其中, Sum_{QP} 表示前一个 GOP 中所有 P 帧的量化参数的和, N_p 是前一个 GOP 中 P 帧的总数。

3 实验结果

为了验证本文改进算法的有效性, 本文使用了 H.264/AVC 的参考软件 JM8.6 并与其码率控制算法进行比较。实验条件: 测试序列为标准 QCIF 格式, 目标码率为 64 kb/s, 帧率为 15 帧/s, GOP 长度为 25, 编码 100 帧, 采用 IPPP 编码格式。结果如表 1 所示。

表 1 不同序列测试结果

测试序列	实际码率/(kb/s)		PSNR/dB	
	JVT-G012	本文	JVT-G012	本文
grandma	64.20	64.15	41.39	41.94
foreman	64.14	64.11	36.22	36.21
news	64.28	64.20	39.37	39.47
container	64.12	64.16	40.13	40.35
football	64.27	64.08	26.50	28.13
mobile	64.41	64.33	26.21	27.72

本文对 JVT-G012 算法中初始 QP 的设置进行改进, 尽管表达式(4)不够精确, 计算出的初始 QP 值可能不是最佳值, 但相对于式(1)仅利用 b_{pp} 计算得出的初始 QP 却比较合理。从表 1 可以看出本文算法可以选择较优的初始 QP 值, 使编码效果在 PSNR 值及码率控制准确度两方面均优于原算法, 尤其对于运动较剧烈的 football、mobile 序列效果明显。而且从图 2 和图 3 中可以看到, 本文算法得到的 PSNR 曲线的波动范围更小。此外,

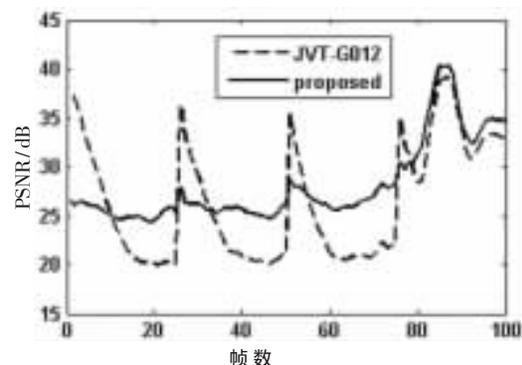


图 2 football 序列 PSNR 曲线

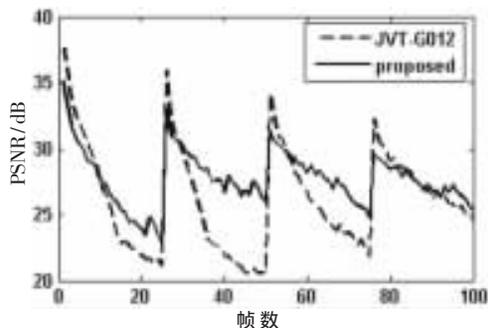


图3 mobile序列PSNR曲线

与目前很多相关算法相比,本文算法简单,相对于JVT-G012算法,引入的编码复杂度也较小。

参考文献

- [1] LI Z G, PAN F, et al. Adaptive basic unit layer rate control for JVT. JVT-G012, 7th meeting, Thailand, 2003.
- [2] JING X, CHAU L P. A novel intra-rate estimation method for H.264 Rate Control. Proc. of IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Greece, 2006.
- [3] ZHOU S, LI J J. Improvement on rate-distortion performance of H.264 rate control in low bit rate. IEEE Trans.

on Circ. and Sys. for Video Tech., 2007,17.

- [4] JING Xuan, CHAU L P, SIU W C. Frame complexity-based rate-quantization model for H.264/AVC intraframe rate control[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2008, 15.
- [5] WANG Han Li, 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).
- [6] 王海婴, 张新发. I 帧 QP 设置算法及其在场景变换中的应用[J]. 北京邮电大学学报, 2008, 31(16).
- [7] 侯晨娟, 何小海, 曾强宇, 等. 优化的 H.264/AVC 码率控制算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(24).

(收稿日期: 2010-07-12)

作者简介:

韩霜, 女, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 通信中的信号处理。

林其伟, 男, 1959 年生, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 视频编码与网络通信。

张伟龙, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 视频与图像处理。