

# 基于 BS 预判的 H.264 去块滤波优化算法

高媛,胡瑞敏,陈皓

GAO Yuan, HU Rui-min, CHEN Hao

武汉大学 国家多媒体软件工程计算研究中心, 武汉 430072

National Engineering Research Center of Multimedia Software, Wuhan University, Wuhan 430072, China

E-mail: gysea817@sohu.com

GAO Yuan, HU Rui-min, CHEN Hao. Optimization of deblocking filter for H.264/AVC based on pre-judging BS. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(34): 38-40.

**Abstract:** This paper firstly analyzes the theory of computing BS in the deblocking filter system. And because the most computational resource consumed is the determination of BS, proposes an optimized pre-judging BS algorithm to reduce the computational complexity. The computer simulation results indicate that the proposed algorithm can decrease approximately 75% computing time compares to the JM filter algorithm, and the PSNR is the same to JM. The reduction of the computational complexity and the great efficiency of decoder are good for the real time application of H.264 decoder.

**Key words:** H.264/AVC; deblocking filter; block strength; pre-judging

**摘要:** 首先介绍了 H.264 去块滤波的滤波强度计算原理, 并基于滤波强度的计算量为去块滤波过程中最大的部分, 提出了一种滤波强度提前预判的优化算法。通过仿真实验证明该算法在对解码图像质量没有任何影响的情况下较标准算法降低了 75% 左右的滤波运算时间, 有效地缓解了 H.264 解码运算复杂度, 提高整体解码时间, 有助于实时应用的实现。

**关键词:** H.264/AVC; 去块滤波; 滤波强度; 预判

**文章编号:** 1002-8331(2007)34-0038-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TN919.81

## 1 引言

由 ITU 和 ISO 成立的联合视频专家组 JVT (Joint Video Team) 于 2003 年 5 月研究并通过了 H.264/AVC 的视频压缩标准<sup>[1]</sup>。H.264 标准引入了很多先进的技术, 如 4×4 整数变换、空域内的帧内预测、1/4 像素精度的运动估计、多参考帧与多种大小块的帧间预测技术、去块滤波等。与以往类似标准相比, 在相同的重建图像质量下, H.264 比 H.263 平均节约 50% 左右的码率, 比 MPEG-2 平均节约 60% 的码率, 比 MPEG-4 平均节约 40% 左右的码率<sup>[2]</sup>。因其更高的压缩比、更好的 IP 和无线网络信道的适应性, 在数字视频通信和存储领域得到越来越广泛地关注。但是要注意, H.264 获得优越性能的代价是计算复杂度增加, 据文献<sup>[3]</sup>估计, 编码的计算复杂度大约相当于 H.263 的 3 倍, 解码复杂度大约相当于 H.263 的 2 倍。新技术带来了较高的压缩比, 同时也大大提高了算法的复杂度, 这也阻碍了 H.264 的实时应用。

去块滤波器是 H.264 标准采用的新技术之一, 它的引入不仅提高了压缩效率, 并且改善了图像的主观效果。但是其计算复杂度也是较高的, 在解码器中, 去块滤波的运算量大约占解码器计算总量的 1/3<sup>[4]</sup>, 并且在去块滤波模块中, 有 90% 的运算量集中在滤波强度的计算上<sup>[5]</sup>。因此, 降低去块滤波的滤波强度

运算复杂度是必要的, 也是有实用价值的。

本文在文献<sup>[5, 6]</sup>的基础上进一步挖掘空间相关性信息, 提出了基于块信息的滤波强度提前预判的优化算法, 使得去块滤波的计算量有进一步地下降。

## 2 H.264 去块滤波的滤波强度算法

在 H.264/AVC 标准中, 滤波器以 16×16 像素大小的宏块为单位, 以 4×4 的块为基础, 对整个重建图像进行滤波。

对于一个宏块, 去块滤波顺序原则:

- (1) 如此宏块边界是一帧图像边缘则不滤波;
- (2) 先亮度块再色度块;
- (3) 从左至右对垂直边界进行滤波;
- (4) 从上至下对水平边界进行滤波。

去块滤波器主要分两部分: 第一部分是边界滤波强度的计算; 第二部分是根据不同的滤波强度对边界像素进行不同程度的滤波。下面具体介绍标准中滤波强度 BS 算法。

对于每个 4×4 亮度块之间的块边界都定义了滤波强度 BS。针对不同 BS 的块边界, 选择的滤波器和所需滤波像素点也不同。色度块的边界强度与相应的亮度块边界强度一致。边界强度的具体判决原则如表 1。

**基金项目:** 国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60472040)。

**作者简介:** 高媛(1982-), 女, 硕士生在读, 主要研究领域为视频编解码算法; 胡瑞敏(1964-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为多媒体信息处理方面的博士后研究工作; 陈皓(1982-), 男, 博士生在读, 主要研究领域为视频编解码算法。

表 1 边界强度 BS 判决原则

条件	BS
$m$ 块或 $n$ 块为帧内模式且边界为宏块边缘	4
$m$ 块或 $n$ 块为帧内模式但边界非宏块边缘	3
$m$ 块或 $n$ 块非帧内模式, 并且 $m$ 块或 $n$ 块的残差变换系数不全为零	2
$m$ 块和 $n$ 块参考帧不同或者方块运动矢量差值大于等于一个亮度采样距离	1
其它	0

从边界强度判决原则可以看出块边界 BS 的大小主要取决于块的编码信息。由于帧内预测所涉及的参考像素相对较少, 所以帧内编码所产生的误差通常比帧间编码要大, 产生虚假块边界的可能性更大, 块边界现象也可能更明显, 此时 BS 定为 4 或 3。而帧间预测精度相对较高, 残差较小, 相对应 BS 值也较小。这样根据不同情况给予不同的滤波, 可使得去块滤波达到最佳效果。

### 3 提前预判的滤波强度优化算法

首先来分析 H.264 标准的软件参考模型 JM86 中去块滤波过程中的主要函数——去块滤波强度 BS 的计算函数 *Getstrength()*, 其具体流程如图 1。

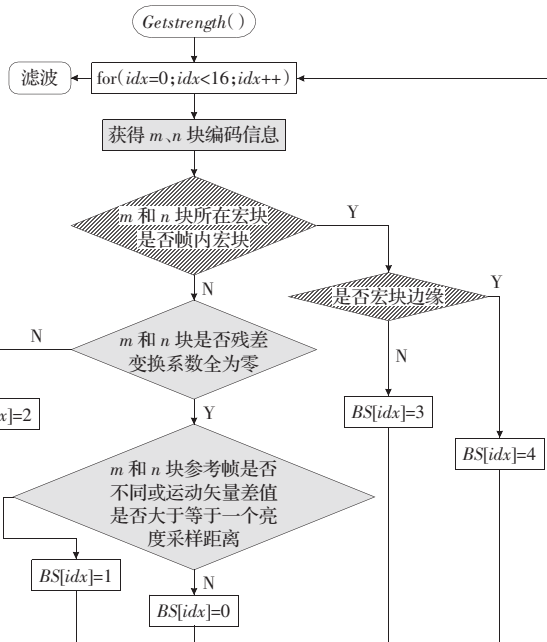


图 1 JM86 中计算滤波强度 BS 的流程图

通过流程图可以看到, 在 H.264/AVC 标准 JM 测试代码中, 每条滤波边是以像素为单位计算滤波强度 BS 的, 因此一条滤波边要循环计算 16 次得出该边的所有滤波强度 BS, 然后进入滤波函数 *edgeloop()* 根据每像素边的 BS 值进行不同程度的边界滤波。

由于 H.264 编码预测模式是基于宏块的, 又根据表 1 滤波强度 BS 的判决原则, 本文从宏块帧内模式与帧间模式编码信息两方面提出一种快速预判算法。

#### 3.1 有关帧内模式的快速预判

根据表 1 判决原则, 可以发现  $BS=3$  或  $BS=4$  仅取决于宏块编码预测模式是否为帧内模式以及是否为宏块边缘, 而 H.264 编码模式的确定是基于宏块的, 因此在宏块滤波开始通过获得宏块编码预测模式信息, 判断如果该宏块为帧内模式则可预判当前整条滤波边  $BS[0] \sim BS[15]$  均为 4 或 3, 这样可大大减少图 1

中斜线阴影模块 ( $m$  或  $n$  块所在宏块是否帧内宏块和是否宏块边缘的判定) 的循环判决次数以及获得  $m, n$  块编码信息模块的运算次数, 以降低滤波强度计算量。

#### 3.2 有关帧间模式的快速预判

与以往视频标准相比, H.264 帧间预测的块尺寸范围更广: 对于  $16 \times 16$  宏块可以按 4 种方式分割为 1 个  $16 \times 16$ , 2 个  $16 \times 8$ , 2 个  $8 \times 16$  或 4 个  $8 \times 8$  块; 而对于  $8 \times 8$  模式的子宏块还可以进一步以 4 种方式分割为 1 个  $8 \times 8$ , 2 个  $4 \times 8$ , 2 个  $8 \times 4$  或者 4 个  $4 \times 4$ 。这些分割的采用是为了加大个宏块间的关联性, 以大大提高压缩性能。而对帧间模式的宏块滤波, 由于要根据多方面块内编码信息来确定  $BS=0 \sim BS=2$  三种不同强度值, 如此多种分割预测模式, 给滤波优化带来不小的阻力。但文献[6]中根据宏块帧间预测最小分割单元为  $4 \times 4$  块的情况, 判定每  $4 \times 4$  块滤波边强度有极高的相关性。提出了基于滤波最小单元  $4 \times 4$  块的 BS 预判。

根据图像空间相关性的思想, 本文进一步挖掘了帧间预测宏块的编码规律, 提出对帧间模式宏块滤波强度计算的进一步优化。由于在图像很多区域内同一宏块的相邻像素有很高的相关性, 特别是平坦区域, 统计发现帧间预测的大块分割模式 ( $16 \times 16, 16 \times 8, 8 \times 16$ ) 占据编码模式大部分比例, 达到 60% 以上<sup>[7]</sup>。

根据编码标准可知在帧间预测为  $16 \times 16, 16 \times 8$  和  $8 \times 16$  模式大块分割内各  $4 \times 4$  滤波块参考帧及运动矢量信息都是相同的。

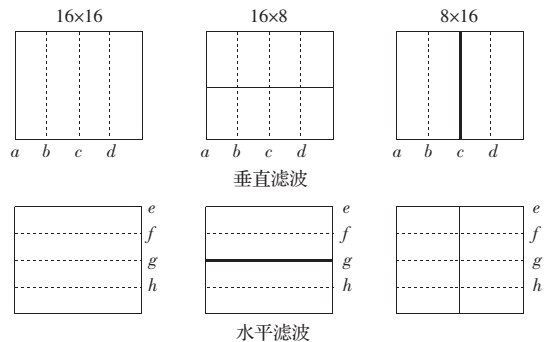


图 2 可预判的帧间模式宏块图

因此如图 2 虚线滤波边两侧各相邻块的参考帧以及运动矢量均相同的, 根据 BS 判决原则, 当每边像素所在  $4 \times 4$  块的残差系数也为 0 时, 此 BS 为 0。那么就可根据判别帧间具体模式来提前预判当前整条滤波边强度, 具体预判如下:

(1) 当滤波宏块为帧间  $16 \times 16$  模式时, 预判当前滤波边 (如图 2 垂直滤波时  $b, c, d$ , 水平滤波时  $f, g, h$ )  $BS[0] \sim BS[15]$  为 0; 预判后进入  $4 \times 4$  块残差系数判决, 如果有残差系数则更改 BS 为 2, 反之保持原判;

(2) 当滤波宏块为帧间  $16 \times 8$  模式时, 预判当前滤波边 (如图 2 垂直滤波时  $b, c, d$ , 水平滤波时  $f, g, h$ )  $BS[0] \sim BS[15]$  为 0; 预判后进入  $4 \times 4$  块残差系数判决, 如果有残差系数则更改 BS 为 2, 反之保持原判;

(3) 当前滤波宏块为帧间  $8 \times 16$  模式时, 预判当前滤波边 (如图 2 垂直滤波时  $b, d$ , 水平滤波时  $f, g, h$ )  $BS[0] \sim BS[15]$  为 0; 预判后进入  $4 \times 4$  块残差系数判决, 如果有残差系数则更改 BS 为 2, 反之保持原判;

(4) 对于图 2 中垂直滤波时  $8 \times 16$  模式下的  $c$  边和水平滤波时  $16 \times 8$  模式下的  $g$  边 BS 计算也可以优化。因为根据编码标准和 BS 判决原则,  $c$  和  $g$  整条边在参考帧和运动矢量上判决

结果应该是一样的,因此依然可以只对第一像素作参考帧及运动矢量比较,来预判  $c$ 、 $g$  整条边  $BS[0] \sim BS[15]$  为 1 或 0; 预判后进入  $4 \times 4$  块残差系数判决,如果有残差系数则更改  $BS$  为 2,反之保持原判;

通过以上的预判,可以减少图 1 中大量灰色阴影模块的循环判决与运算,以降低滤波强度计算量。

## 4 测试结果

以 H.264 标准的软件参考模型 JM86 为比较蓝本,选取不同测试序列,对本文提出的去块滤波优化进行性能测试算法。测试平台为 VC6.0 编译环境,Windows XP 操作系统,P4 2.40 GHz 处理器,256 MB 内存。所选测试序列均为 300 帧,QCIF 格式,编码码率为 30 f/s,每 15 帧编 1 个 I 帧,量化参数为 28。测试结果具体如表 2 及图 3。

表 2 两算法运算时间数据统计表

序列名	信噪比			JM86	优化算法	节省运算时间/%
	Y/dB	U/dB	V/dB			
Container	36.60	41.33	41.15	总时间:3.669 1	总时间:2.898 5	21.1
				滤波时间:1.001 2	滤波时间:0.231 2	76.9
Foreman	36.25	39.33	40.99	总时间:4.911 8	总时间:3.805 1	22.5
				滤波时间:1.581 3	滤波时间:0.440 6	72.1
Coastguard	34.41	42.53	44.41	总时间:5.198 5	总时间:4.101 8	21.0
				滤波时间:1.662 7	滤波时间:0.506 4	69.5
Mobile	33.54	35.25	34.96	总时间:6.008 5	总时间:4.900 6	18.4
				滤波时间:1.799 1	滤波时间:0.549 7	69.4

从测试数据(表 2)以及比较结果(图 3)可以看到本文优化算法的效果显著。在相同图像质量 PSNR 值下,较标准中算法节省了约 75% 的滤波运算时间,解码器总运行时间也较 JM86 提高了 20% 多的解码效率。

## 5 总结

由于去块滤波模块占据 H.264 解码器约 1/3 的运算量,滤波强度计算又占去块滤波模块的 90% 的运算量,因此本文基于滤波强度计算模块提出了一种提前预判快速算法。通过测试(表 2 和图 3)证明,本文提出的算法对图像质量无任何影响的前提下,与 JM86 相比,滤波耗时降低了约 75%,解码总耗时降低了 20% 左右。实验证明本文提出的算法对 H.264 中的滤波优化起到了明显的效果。同样此算法也可用于 H.264 编码器中,

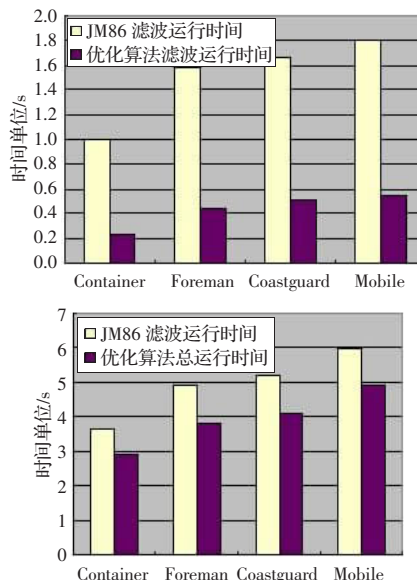


图 3 两算法滤波模块耗时及所在解码器总耗时比较图

达到降低运算量,提高编码效率的效果。

(收稿日期:2007年8月)

## 参考文献:

- [1] 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,2005.
- [2] 刘清.H.264/AVC 的核心技术及应用分析[J].武汉理工大学学报,2005,10:132-135.
- [3] Tsai C Y, Chen T C, Chen L G. Low power entropy coding hardware design for H.264/AVC baseline profile encoder[C]//IEEE International Conference on Multimedia and Expo, July 2006:1941-1944.
- [4] Miao Si-ma, Zhou Yuan-hua, Zhang Wei. An efficient architecture for adaptive deblocking filter of H.264/AVC video coding[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2004, 50(1):292-296.
- [5] Lam K H. Reduced complexity deblocking filter for H.264 video coding[C]//The Thirty-Ninth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, October 28-November 1, 2005:1372-1374.
- [6] 韩峥, 唐昆. H.264 去块滤波快速算法的设计与实现[J]. 电视技术, 2006, 6:7-9.
- [7] Zhang Dong-ming, Shen Yan-fei, Lin Shou-xun. Fast inter frame encoding based on modes pre-decision in H.264[C]//IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 6-8 July 2005:4.
- [8] Elad M, Feuer A. Super resolution restoration of an image sequences: adaptive filtering approach[J]. IEEE Trans Image Processing, 1999, 8(3):387-395.
- [9] Park S C, Park M K, Kang M G. Super-resolution image reconstruction: a technical overview[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2003, 20(3):21-36.
- [10] Hu He, Lisimachos P. An image super-resolution algorithm for different error levels per frame[J]. IEEE Transactions on image processing, 2006, 15(3):592-602.
- [11] 沈焕锋, 李平湘, 张良培. 一种自适应正则 MAP 超分辨率重建方法[J]. 武汉大学学报, 2006, 31(11):949-952.

(上接 37 页)

- [3] Kaltenbacher E, Hardie R C. High-resolution infrared image resolution using multiple low resolution aliased frames[C]//IEEE National Aerospace Electronics Conference, Dayton, 1996.
- [4] Clark J J, Palmer M R, Laurence P D. A transformation method for the reconstruction of functions from nonuniformly spaced samples[J]. IEEE Trans Acoust, Speech, Signal Processing, 1985, 33(5):1151-1165.
- [5] Irani M, Peleg S. Improving resolution by Image matching[J]. Graphical Models and Image Proc, 1991, 53(3):231-239.
- [6] Stark H, Oskoui P. High resolution image recovery from image plane arrays, using convex projections[J]. Journal of the Optical Society of America, 1989, 6(11):1715-1726.
- [7] Schulz R R, Stevenson R L. Extraction of high-resolution frames