

# 一种减少块效应的自适应后处理算法

汤戈<sup>1</sup> 朱立<sup>1</sup> 徐正全<sup>1</sup> 沈燕飞<sup>1</sup>

(1 武汉大学多媒体网络通信工程湖北省重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 针对在基于块变换的图像编码技术尤其在甚低速率视频编码技术中, 块斑严重影响图像的主观质量问题, 提出了一种复杂度低且效果比较明显的消除块效应的自适应后处理技术。模拟结果表明, 该方法能够同时提高图像的客观峰值信噪比和主观视觉效果, 具有较高的实用意义。

**关键词:** 图像压缩; 块斑; 后处理

**中图法分类号:** TN919.81

目前, 许多静止图像和运动图像编码的国际标准都采用基于块的离散余弦变换(DCT)作为主要的压缩技术, 例如 JPEG<sup>[1]</sup>、H. 261<sup>[2]</sup>、H. 263<sup>[3]</sup> 和 MPEG<sup>[4-5]</sup> 等。但它们在去除图像空间冗余的同时也会带来明显的块斑, 特别是在带宽较低的情况下, 严重地影响了图像的视觉效果。

许多文献<sup>[6,7]</sup> 讨论了去除块斑的后处理技术, 例如, 使用简单的低通滤波器进行滤波的方法。因为这些方法没有考虑到产生块斑的原因和块斑的位置等信息而只是进行了简单的低通滤波, 所以虽然能够在一定程度上去除块斑, 但不可避免地去掉了图像本身的边缘信息, 导致图像过于模糊而影响视觉效果, 并且这种影响不可预料和限制。另外, 有些文献中讨论了一些理论上比较合理的方法, 但是一般不容易实现且不够实用。

本文提出一种新的自适应后处理算法, 它根据像素点在分块中的位置信息、压缩图像量化步长以及图像纹理信息, 自适应地调整滤波器权重, 能获得较满意的去块斑效果, 且算法复杂度满足系统实时处理的要求。

## 1 减少块效应的自适应后处理算法

### 1.1 产生块效应的因素

在基于块的图像编码中, 大多采用 DCT 变换来去除图像内相邻像素之间的空间冗余, 实现数据的压缩。从理论上讲, DCT 变换是无损的或误

差是可以控制的, 因此仅仅就 DCT 变换而言, 是不会产生块斑的。块斑主要是由于各变换块的单独量化而引起的, 而且量化步长越大, 块斑越明显, 图像的视觉效果也就越差。

### 1.2 去块斑算法应考虑的因素

基于对产生块效应各种因素的分析, 并综合考虑算法的运算量和滤波效果, 本文提出以下去块斑算法所应考虑的关键因素。

#### 1.2.1 位置信息

图像经过块变换量化再反变换、反量化之后, 一般情况下具有明显的块斑, 整体效果并不理想, 但就单个块而言, 块内还是比较清楚的, 因此只是在块与块的边缘处需要进行比较强的滤波处理, 而在块内只需进行一般的去噪滤波处理以提高图像的主观视觉效果。因此滤波器的系数必须随被滤波像素位置的变化而作自适应的调整。

#### 1.2.2 量化步长信息

如前所述, 量化是产生块效应的最主要因素, 而且量化步长越大, 块斑现象越严重, 因此必须根据量化步长的信息进行去块斑后处理滤波, 滤波器的系数应随量化步长的不同而作自适应的改变。

#### 1.2.3 图像本身的性质

如果图像本身纹理比较丰富, 即图像的高频成分较多, 则量化噪声较大, 相应的块斑比较明显; 反之, 如果图像比较平滑, 图像的能量主要集中在低频部分, 相应的量化噪声也就越小, 块斑现

象也就较少,因此用于后处理的滤波器系数也必须根据图像本身的性质而进行调整。

### 1.3 自适应后处理算法的推导

下面推导出一个用于去除块斑的二维自适应后处理滤波器。

经过 DCT 变换再量化后的图像可以表示为:

$$g(i, j) = f(i, j) + n(i, j) \quad (1)$$

$$M(f(i, j)) = M_L(f(i, j)) + M_R(f(i, j)) + M_U(f(i, j)) + M_D(f(i, j)) \quad (2)$$

$$M_L(f(i, j)) = (1 - a_L(f(i, j))) [f(i, j) - g(i, j)]^2 + a_L(f(i, j)) [f(i, j) - f(i, j-1)]^2 \quad (3)$$

$$M_R(f(i, j)) = (1 - a_R(f(i, j))) [f(i, j) - g(i, j)]^2 + a_R(f(i, j)) [f(i, j) - f(i, j+1)]^2 \quad (4)$$

$$M_U(f(i, j)) = (1 - a_U(f(i, j))) [f(i, j) - g(i, j)]^2 + a_U(f(i, j)) [f(i, j) - f(i-1, j)]^2 \quad (5)$$

$$M_D(f(i, j)) = (1 - a_D(f(i, j))) [f(i, j) - g(i, j)]^2 + a_D(f(i, j)) [f(i, j) - f(i+1, j)]^2 \quad (6)$$

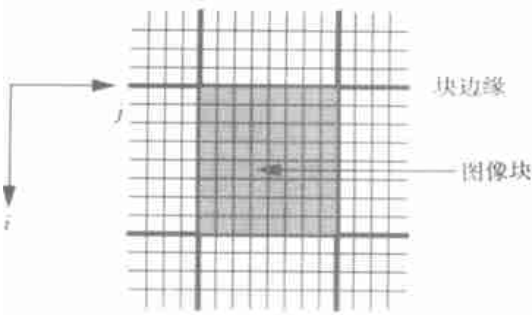


图1 像素的坐标

Fig. 1 Coordinate of Pixels

在式(2)~式(6)中,  $a_i (i=L, R, U, D)$  是滤波器的系数, 由上面的讨论可知, 它们根据该像素点位置信息、所在块的量化步长以及周围像素点的值而作自适应的调整。它们之间的关系为:

$$\begin{aligned} a_L(f(i, j)) &= \frac{K_L P_l^2}{[g(i, j) - g(i, j-1)]^2 + K_L P_l^2} \\ a_R(f(i, j)) &= \frac{K_R P_l^2}{[g(i, j) - g(i, j+1)]^2 + K_R P_l^2} \\ a_U(f(i, j)) &= \frac{K_U P_l^2}{[g(i, j) - g(i-1, j)]^2 + K_U P_l^2} \\ a_D(f(i, j)) &= \frac{K_D P_l^2}{[g(i, j) - g(i+1, j)]^2 + K_D P_l^2} \end{aligned} \quad (7)$$

式中,  $P_l$  表示像素点所在宏块的量化步长;  $K_i (i=L, R, U, D)$  是由像素点的位置  $(i, j)$  决定的, 它们之间的关系为:

$$\begin{aligned} K_L, K_U &= \begin{cases} 9, j \bmod 8 = 0 \\ 1, \text{其他情况} \end{cases} \\ K_R, K_D &= \begin{cases} 9, j \bmod 8 = 0 \\ 1, \text{其他情况} \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

在实际的滤波处理过程中,  $f(i, j)$  通过下式得到:

式中,  $g(i, j)$  表示重建后的图像;  $f(i, j)$  表示原始图像;  $n(i, j)$  表示由于量化而引入的噪声;  $(i, j)$  表示像素的位置坐标, 如图1所示。

重建图像中的块斑源于量化噪声  $n(i, j)$ , 要去除块斑就是要最小化  $n(i, j)$ 。在本文的算法中, 用一个四维的平滑矩阵来最小化上述量化噪声  $n(i, j)$ , 四维的平滑矩阵定义如下:

$$f(i, j) = \frac{(4 - \alpha_{TOT}(f(i, j)))g(i, j) + A}{4} \quad (9)$$

式中,  $g(i, j)$  是解码后的值;  $f(i, j)$  是与  $g(i, j)$  对应的滤波后的值;  $\alpha_{TOT}(f(i, j)) = \alpha_L(f(i, j)) + \alpha_R(f(i, j)) + \alpha_U(f(i, j)) + \alpha_D(f(i, j))$ ;  $A = \alpha_L(f(i, j))g(i, j-1) + \alpha_R(f(i, j))g(i, j+1) + \alpha_U(f(i, j))g(i-1, j) + \alpha_D(f(i, j))g(i+1, j)$ 。

### 1.4 算法的实现

1) 求得当前像素点和上下左右四个相邻像素点的差值, 如果相邻的像素点超出了图像的边缘, 则以零代替;

2) 根据当前像素点的坐标和式(8)求得  $K_i (i=L, R, U, D)$ ;

3) 由上两步得到的结果和式(7)可以求得  $a_i (i=L, R, U, D)$ ;

4) 求得  $a_{TOT}$  和  $A$ ;

5) 由式(9)求得  $g(i, j)$  滤波后的值  $f(i, j)$ 。

## 2 计算机模拟结果的实现和分析

利用了 Claire, Missa America, foreman, suzie 四个测试序列进行模拟测试, 其中前两个序列是人肩像, 运动幅度比较小。相对而言后两个序列则运动幅度比较大, 图像的格式采用 QCIF (4:2:0)。以 H. 263+ 的视频编解码测试模型 TMN8<sup>9</sup> 为基本算法系统模型, 控制参数均设置成系统的缺省值, 通过评价重建图像质量的好坏来测试算法的有效性, 以图像亮度信号的峰值信噪比  $r_{PSNR}$  (单位为 dB) 作为客观标准的度量:

$$r_{PSNR} = 10 \lg (255^2 / \hat{\sigma}_{MSE}) \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_{MSE} = \left( \frac{1}{n \times m} \right)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2 \quad (11)$$

式中,  $n$ 、 $m$  为图像的宽度和高度;  $x_{ij}$ 、 $\hat{x}_{ij}$  分别为图像内像素点原始值和重建值;  $\hat{\sigma}_{MSE}$  为均方差。

为了测试该算法的效率和稳健性, 笔者对不同内容图像从不同的方面进行了测试和比较。

1) 对不同内容的图像进行了比较测试, 具体结果见表 1, 解码后的图像见图 2。从表 1 可知,

利用本文的后处理算法, 峰值信噪比平均提高了 0.55 dB, 而且图像的主观质量得到明显提高。

2) 在不同的带宽条件下, 经过后处理和未经过后处理的峰值信噪比情况见图 3, 解码后的图像见图 4。

3) 算法的计算效率对于实时的视频编解码



(a) 没有后处理的重建图像



(b) 后处理的重建图像

图 2 原始重建图像与经过后处理的重建图像效果对比

Fig. 2 The Effect Comparison of the Original Reconstructive Image and the Postprocessed Reconstructive image

系统非常重要。根据测试, 该算法计算复杂度提高了 10%~15%, 但并没有影响系统的实时性。

表 1 不同图像序列重建图像的峰值信噪比  
Tab. 1 PSNR of Reconstruction Image of Different Image Sequences

图像序列	亮度分量的峰值信噪比/ dB	
	经过后处理	不经过后处理
Clarie 图像	36.53	35.63
Miss-am 图像	37.10	36.55
Foreman 图像	32.35	31.61
Suzie 图像	33.85	33.28

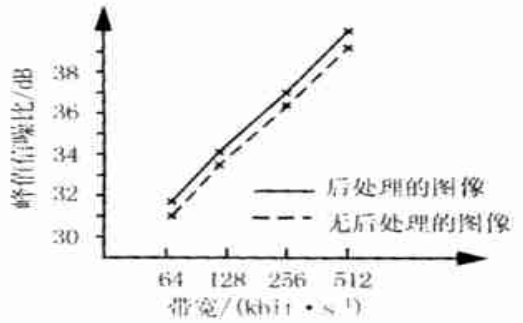


图 3 不同带宽条件下的峰值信噪比

Fig. 3 PSNR at Different Bandwidth Conditions



(a) 没有后处理的重建图像



(b) 后处理的重建图像

图 4 128kb/s 带宽条件下原始重建图像与经过后处理的重建图像效果对比

Fig. 4 The Effect Comparison of the Original Reconstructive Image and the Postprocessed Reconstructive Image in 128kb/s

### 3 结 论

本文提出的后处理自适应算法能够抑制基于块变换编码图像中的块斑效应,有效地提高了图像的主观视觉效果和峰值信噪比,并且对不同内容的图像和不同的带宽都具有稳健性。本研究在降低算法复杂度方面需作进一步探讨。

#### 参 考 文 献

- 1 ISO/IEC 10918, Information Technology. Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Image. Part 1: Requirements and guide lines; Part 2: Extensions; Part 3: Compliance Testing. 1996
- 2 ITU-T Recommendation H. 261. Video Codec for Audio-visual Services at  $p \times 64$  kbit/s. 1993
- 3 ITU-T Recommendation H. 263. Video Coding for Low Bit Rate Communication. 1996
- 4 ISO/IEC 11172, Information Technology. Coding of

- Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5 Mbit/s. Part 1: Systems; Part 2: Video; Part 3: Audio; Part 4: Conformance Testing. 1993
- 5 ISO/IEC 13818. Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio. Part 2: Video. 1994
- 6 Paek H, Rim-Chul Kim, Sang-Uk Lee. A DCT-based Spatially Adaptive Post-Processing Technique to Reduce the Blocking Artifacts in Transform Coded Images. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 2000(10): 36~41
- 7 Ramamurthi B, Gersho A. Nonlinear Space-variant Post-processing of Block Coded Images. IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing. 1986(34): 1258~1286
- 8 ITU-T Draft Recommendation H. 263. Video Coding for Low Bit Rate Communication. 1998
- 9 Video Codec Test Model. TMN8. 1997
- 10 Video Codec Test Model. TMN6. 1996

作者简介: 汤戈, 硕士生。研究方向为图像通信、图像处理。  
E-mail: yuanying@public.wh.hb.cn

## An Algorithm of Adaptive Post-processing to Reduce the Block Artifacts in the Block-based Transform Image Coding Techniques

TANG Ge<sup>1</sup> ZHU Li<sup>1</sup> XU Zhengquan<sup>1</sup> SHEN Yanfei<sup>1</sup>

(1 The Key Laboratory of Multimedia and Network Communications Engineering, Hubei Province Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

**Abstract:** In the block-based transform image coding techniques, especially in the video coding at very low bit rate, block artifacts influence the subjective quality seriously. In this paper we propose an adaptive post-processing algorithm to reduce the block artifacts, which has the property of low computational burden and obvious effect. Simulation results show that the proposed algorithm can improve the subjective quality and objective PSNR of the coded image.

**Key words:** image compression; block artifacts; post-processing

**About the author:** TANG Ge, post graduate. His main interests focus on image processing and image communication.  
E-mail: yuanying@public.wh.hb.cn