

# 多码率 JPEG2000 的感兴趣区域编码

侯 俊, 方向忠, 李继良, 殷海滨

(上海交通大学通信与图像处理所, 上海 200030)

**摘 要:** 提出了一种支持多个 JPEG2000 感兴趣区域(ROI)编码的算法, 利用 JPEG2000 率失真函数为凸函数的特性, 在每层对 ROI 和背景(BG)分配不同的码率, 对应不同的截止门限, 最终生成的包将不同截止门限的码块流连接在一起。该方法支持动态定义多优先级 ROI, 生成码流与标准完全兼容。

**关键词:** JPEG2000; 感兴趣区域; 多码率; 动态编码

## Multi-rate Coding of Region of Interest for JPEG2000

HOU Jun, FANG Xiangzhong, LI Jiliang, YIN Haibin

(Institute of Communication and Image Processing, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

**【Abstract】** A method is proposed to encode multiple regions of interest(ROI) in JPEG2000 image. According to the convex character of rate-distortion(R-D) function, it assigns different bit rate to ROI and background(BG). As a result, in each layer, more ROI information is coded than BG. The proposed strategy produces a fully compliant JPEG2000 code stream. It allows transmission of different ROIs with different priorities and supports dynamic delineation and prioritization of them.

**【Key words】** JPEG2000; Region of interest (ROI); Multi-rate; Dynamic coding

### 1 概述

JPEG2000 图像标准支持感兴趣区域编码, 允许某些特定区域图像比余下部分获得更好的图像质量。JPEG2000 标准提供了 2 种 ROI 编码方法: 最大移位法(Max-shift Bitplane, MsB)和通用位平面上移法(General Scaling-based Method, GSBM)<sup>[2]</sup>。MsB 对属于 ROI 区域的小波系数上移 s 位平面, 要求 s 满足:

$$s \geq \log_2(BG_{\max}) \quad (1)$$

其中,  $BG_{\max}$  为背景系数最大值, 实现 ROI 与背景的完全分离, 解码端根据收到数据的位平面判定系数是否属于 ROI, 无须传输 ROI 形状信息, 缺点是在 ROI 传输完成前任何背景信息都不能传输。GSBM 算法只是部分上移 ROI 系数位平面, 上移因子 s 决定了 ROI 的优先级, 在某些位平面上同时存在 ROI 系数和背景, 需要指明哪些系数属于 ROI, 要同时传送 ROI 形状信息, 该方法通常只用于 ROI 为矩形和椭圆形的情况。BbShift(Bitplane by Bitplane Shift)算法<sup>[3]</sup>和 PSBshift(Partial Significant Bitplane Shift)<sup>[4]</sup>算法对 GSBM 改进, 无须发送 ROI 形状信息, 但与 JPEG2000 标准不兼容。文献[1]提出了基于码块的 ROI 编码方法——“Implicit Method”, 根据 EB COT 算法, 对 ROI 码块的失真加权, 权值大于 1, 无须对 ROI 形状进行编码, 生成码流与标准兼容。文献[8]对文献[1]进行了扩展, 支持多个 ROI 有不同的优先级, 文献[5,6]采用类似的思路支持动态定义 ROI。

本文提出了一种基于码块的多 ROI 编码方法, 允许多个 ROI 动态改变各自优先级, 生成的码流与标准完全兼容。

### 2 动态 ROI 编码

若不考虑 ROI 因素, 在每层每个码块的率失真斜率(Distortion-rate Slope, DRslope)截止门限相同。DRslope 定义如下:

$$S^{n_i} = \frac{D^{n_{i-1}} - D^{n_i}}{R^{n_{i-1}} - R^{n_i}} \quad (2)$$

式中,  $D^{n_i}$  为码块编码至第  $n_i$  个过程(pass)时的误差,  $R^{n_i}$  为此时对应的码长, D-R 函数为凸函数(Convex), 总有

$$\frac{D^{n_{i-1}} - D^{n_i}}{R^{n_i} - R^{n_{i-1}}} \geq \frac{D^{n_i} - D^{n_{i+1}}}{R^{n_{i+1}} - R^{n_i}} \quad (3)$$

对某个码块, 当图像编码码率为  $R_i$  时, 其对应截止点为第  $n_i$  个过程, 若有  $R_{i1} > R_{i2}$ , 则一定有  $n_{i1} \geq n_{i2}$ 。根据如上分析, 若在每层对 ROI 与 BG 码块分配不同目标码率, 可以获得不同截止门限, 以单个 ROI 编码为例, 具体算法如下:

(1) 初始化, 设置编码层数为 N, level 为 L, 码块大小为  $B \times B$ , 确定最终压缩率 CR, 设共有 F 个码块。

(2) 分别设定每层的目标码率  $CR_{11}, CR_{12}, CR_{13}, \dots, CR_{1N}$ , 确定每个码块截止点对应过程为  $n^{1-11}, n^{1-12}, \dots, n^{1-1N}$ 。其中,  $n^{f-1j}$  为第 f 个码块  $CB_{fj}$  在码率  $CR_{1j}$  时的截止点对应过程( $f=1, \dots, F, j=1, \dots, N$ )。

(3) 分别设定每层的目标码率  $CR_{b1}, CR_{b2}, CR_{b3}, \dots, CR_{bN}$ , 确定每个码块截止点对应过程  $n^{1-b1}, n^{1-b2}, \dots, n^{1-bN}$ , 注意对任一层目标码率有  $CR_{1j} \geq CR_{bj}$  ( $j=1, \dots, N$ )。根据上面对 D-R 凸函数分析, 对任一码块的截止点有  $n^{f-1j} \geq n^{f-bj}$ 。

(4) 在封装包时, ROI 码块  $CB_{ROI}$  在第 j 层的截止点  $n^{k_w-1j}$  由步骤(2)确定, BG 码块  $CB_{BG}$  在第 j 层的截止点  $n^{k_w-bj}$  由步骤(3)确定, 这样在同一层中, ROI 码块的 DRslope 小于背景码块的, ROI 部分质量优于背景。

**作者简介:** 侯 俊(1971-), 女, 博士, 主研方向: 图像视频编码; 方向忠, 教授、博导; 李继良、殷海滨, 博士

**收稿日期:** 2006-04-08 **E-mail:** fjshj@hotmail.com

算法如图 1 所示，图 1 中黑色块表示 ROI 码块，白色块代表背景码块。各层 ROI 优先级由设定的 ROI 目标截止码率决定， $CR_{1j} / CR_{bj}$  越大，ROI 的优先级越高。

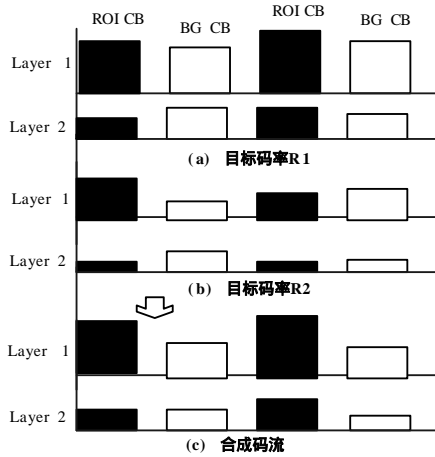


图 1 ROI 编码算法示意图

该算法同样可以对多个 ROI 编码，每个 ROI 可以有不同的优先级，根据各 ROI 的优先级确定其在各层的目标码率。当某个码块同时属于多个 ROI 时，其在第  $j$  层的目标码率为其所属多个 ROI 在该层的最大目标码率：

$$CR = \max\{CR_{kj}\} \quad (4)$$

该算法生成的码流与 JPEG2000 标准完全兼容，可以使用任何标准 JPEG2000 解码器解码。各 ROI 的优先级可以动态改变，例如 2 个 ROI 可以有  $CR_{11} > CR_{21}, \dots, CR_{1i} > CR_{2i}, CR_{1(i+1)} < CR_{2(i+1)}, \dots, CR_{1N} \leq CR_{2N}$ ，即在  $1, \dots, i$  层第 1 个 ROI 的优先级高于第 2 个 ROI，从第  $i+1$  层开始，第 2 个 ROI 的优先级高。同样，该算法允许编码过程中动态定义新的 ROI，例如对某个区域其在各层目标码率为  $CR_{11}, CR_{12}, CR_{13}, \dots, CR_{1N}$ ，有  $CR_{11} = CR_{b1}, CR_{12} = CR_{b2}, \dots, CR_{1i} = CR_{bi}, CR_{1(i+1)} > CR_{b(i+1)}, \dots, CR_{1N} \geq CR_{bN}$  即在  $1, \dots, i$  层无该 ROI 出现，从  $i+1$  层开始出现此 ROI。

### 3 算法复杂度分析

设  $\phi_{ROI} = \{CR_{1j}, CR_{2j}, \dots, j = 1, \dots, N\}$  为所有 ROI 在各层目标码率的集合， $\phi_B = \{CR_{b1}, CR_{b2}, \dots, CR_{bN}\}$  为背景在各层目标码率的集合，分 2 种情况讨论：

(1) 若  $\forall CR_{kj} \in \phi_{ROI}$ ，有  $CR_{kj} \in \phi_B$ ，与标准 JPEG2000 算法相比，该算法并未增加计算量，对  $N$  层编码需要确定  $N$  个 DRslope 截止门限；

(2) 若  $\exists CR_{kj} \in \phi_{ROI}$ ，使得  $CR_{kj} \notin \phi_B$ ，则需要分别对 ROI 和背景确定截止门限，极端情况下，即  $\forall CR_{kj} \in \phi_{ROI}$ ，有  $CR_{kj} \notin \phi_B$ ，对  $X$  个 ROI 编码共需要确定  $(X+1)N$  个截止门限，算法增加了计算量，需要指出的是：由于确定截止门限时通常采用的二分法(bisection)搜索方法，实际计算量与标准 JPEG2000 相比略有增加，并不会随 ROI 数目增加而成倍数增加。

### 4 实验结果

测试图片为  $2046 \times 1532$  灰度图像，分 15 层编码，level 为 4，共有 3 个 ROI，目标码率 0.125bpp。在第 1 层只定义了一个 ROI，其在各层的目标码率为背景的 1.5 倍，直到其

码率达到 0.125bpp，其余各 ROI 在第 1 层的目标码率与背景相同，第 1 层编码结果如图 2(a)，该区域略比背景清晰。从第 2 层开始，第 2 个 ROI 其在各层的目标码率与第 1 个 ROI 相同，即为背景的 1.5 倍，图 2(b)给出了编码至第 5 层的结果，注意图中有 2 个 ROI，而第 3 个 ROI 在第 5 层的目标码率仍然与背景的相同，并未显示出来。从第 7 层开始，又单独给出了第 3 个 ROI 的目标码率，为背景的 3 倍直至到达指定的压缩率 0.125bpp，第 7 层编码结果如图 2(c)所示，3 个 ROI 都表现出来，其中第 3 个 ROI 清晰度最高。最终所有的部分都达到压缩率 0.125bpp，如图 2(d)所示。

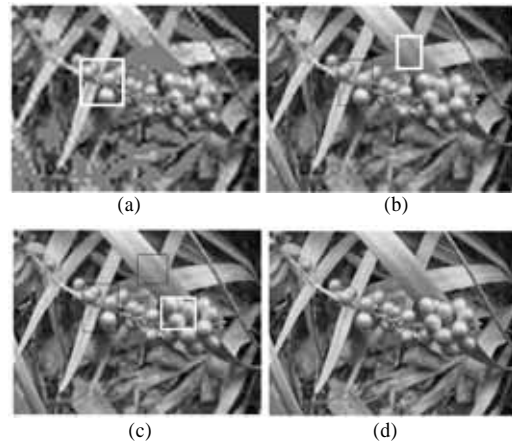


图 2 动态 3 个 ROI 编码结果

### 5 结论

本文提出了一种支持多个 JPEG2000 ROI 编码的算法，各 ROI 允许有各自的优先级，并且在编码过程中可以动态地改变，该算法产生的码流与标准码流完全兼容。

### 参考文献

- 1 Taubman D, Marcellin M W. JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards, and Practice[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- 2 Christopoulos C, Akelf J, Larsson M. Efficient Methods for Encoding Regions of Interest in the Upcoming JPEG2000 Still Image Coding Standard[J]. IEEE Signal Processing Letter, 2000, 7(9): 247-249.
- 3 Wand Z, Bovik A C. Bitplane-by-bitplane Shift(BbBshift)——A Suggestion for JPEG2000 Region of Interest Coding[J]. IEEE Signal Processing Letter, 2002, 9(5): 160-162.
- 4 Liu L, Fan G. A New JPEG2000 Region of Interest Image Coding Method: Partial Significant Bitplanes Shift[J]. IEEE Signal Processing Letter, 2003, 10(2): 35-38.
- 5 Sanchez V, Basu A, Mandal M K. Prioritized Region of Interest Coding in JPEG2000[J]. IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., 2004, 14(9): 1149-1155.
- 6 Rosenbaum R, Schumann H. Flexible, Dynamic and Compliant Region of Interest Coding in JPEG2000[C]//Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing, Rochester, New York. 2002-09: 101-104.
- 7 Tillo T, Olmo G. A Novel Multiple Description Coding Scheme Compatible with the JPEG2000 Decoder[J]. IEEE Signal Processing Letter, 2004, 11(11): 908-911.
- 8 Nguyen A, Chandran V, Sridharan S. Important Prioritization Coding in JPEG2000 for Interpretability with Applications to Surveillance Image[C]//Proc. of SPIE Visual Communication and Image Processing. 2003, 5150: 806-817.