

一种新的感兴趣区域编码方法

李继良, 方向忠

(上海交通大学图像通信与信息处理研究所, 上海 200240)

摘要: 感兴趣区域(ROI)编码和渐进解码都是 JPEG2000 的重要特性。当前的 ROI 编码算法不能控制渐进解码图像的相对质量或是计算量太大。基于位面组移动法和分段的思想, 该文提出了位面群移动法, 使位面的排列更加灵活, 不同码率的解码图像相对质量更加稳定。该方法仅增加少量数据开销, 计算复杂度也没有明显增加, 实现比较简单。

关键词: 感兴趣区域编码; 图像编码; JPEG2000 标准; 相对质量

New ROI Coding Method

LI Ji-liang, FANG Xiang-zhong

(Institute of Image Communication and Information Processing, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

【Abstract】 Both (ROI) coding and progressive decoding are important features of JPEG2000. The current ROI coding methods either have high computational cost or cannot control the relative quality of progressive decoded images. Based on the idea of segmentation and the BPGShift method, the paper proposes a bit plane cluster shift method which makes the rearrangement of bit planes more flexible and the relative quality in progressive decoded images more stable. It has a little bit of additional data and can be implemented easily.

【Key words】 ROI coding; image coding; JPEG2000; relative quality

1 背景介绍

图像的感兴趣区域(ROI)是指观察者比较感兴趣并且对其投入更多注意力的部分^[1]。ROI通常以比其他部分(即背景)更高的质量编码。JPEG2000 中规定了两种ROI编码方法^[2]: 最大移位法和移位因子法。最大移位法下移所有背景位面(bit plane), 使得ROI中的数据位所在的位面位置高于所有背景区域数据位。它的优点是实现简单、能够对任意形状的ROI编码而不需要形状编码, 但是在低码率情况下背景数据位可能会全部被丢弃。然而在某些应用中必须保留部分背景信息, 比如自动目标检测。移位因子法允许背景位面有任意正整数个位面的下移, 允许部分ROI数据位和背景数据位处于相同位面位置。它在一定程度上克服了最大移位法的缺点, 但是只能编码矩形和椭圆形ROI, 而且需要形状编码。

各国学者提出了多种方法弥补JPEG2000 标准的不足。在码率受限的情况下, 提高背景质量和提高ROI质量是相矛盾的, 一种折中方案是控制ROI和背景之间的相对质量。文献[3]通过控制ROI和背景码率的比率 β 来控制图像相对质量。该方法有效地避免了低码率情况下JPEG2000 造成的背景信息丢失, 而且不需要形状编码。它的码率控制算法是在保持ROI和背景码率比为 β 的前提下控制总体码率。这种条件码率控制算法计算量非常大^[3]。Bbbshift法^[4]把最重要的 s 个ROI位面保持不变(本文把最重要的位面标记为1, 次重要的位面标记为2, 依此类推, 最不重要的ROI位面标记为 M_R , 最不重要的背景位面记为 M_B), 其余 M_R-s (M_R 表示ROI位面总数)个ROI位面和背景位面上移, 使得最不重要的 M_R-s 个ROI位面和最重要的 M_R-s 个背景位面交错排列。由于没有ROI位面和背景位面位置重叠, 解码器能够根据位面位置区分它们, 因此该方法不需要形状编码。Psbshift法^[5]把ROI位面分成两部分——最重要位面(msbs)和剩余重要位面(rsbs)。Rsbs和背景位面保持

固定相对位置一起下移 s 个位面, 使得移位后最重要的 s 个位面中只有msbs。解码时不需要区分ROI位面和背景位面, 只要把最重要的 s 个位面保持不动, 其余位面上移 s 个, 重叠部分做“或”运算, 就可回复位面, 所以该方法也不需要形状编码。但是由于bbbshift法和psbshift法对位面的排列方式固定, 在渐进解码时, 随着码率的提高, 参与编解码的ROI位面和背景位面的增加量大致相同, 因此ROI和背景的质量提高程度相同。但是在解码图像中, 常需要保持稳定的相对质量或者更高的ROI质量。因此这两种方法不能有效控制渐进解码图像的相对质量。

笔者在前期的工作^[1]中提出了位面组移动法(bpgshift), 该方法以位面组为单位移动和重排位面, 通过调整ROI位面组和背景位面组的大小, 有效地控制渐进解码图像的相对质量。但是在ROI位面组和背景位面组比较大的情况下, 该方法会导致渐进解码图像的相对质量变动比较大。本文在位面组移动法的基础上, 提出了位面群移动法(bit plane cluster shift method)。

2 位面组移动法简介

为了描述方便, 若无特别说明, 本文假定图像中只含有一个ROI。把所有ROI的量化系数分为最重要部分和普通重要部分。最重要部分包括从第1到第 s_1 的ROI位面, 其中 $1 \leq s_1 \leq M_R$ 。普通重要部分包括从第 s_1+1 到第 M_R 的ROI位面。

位面组是指在同个ROI或BG的变换系数中, 相邻的一个或几个位面, 它们在位面组移动算法中作为一个整体处理。

基金项目: 信息产业部电子发展基金资助项目(信部运[2004]479)

作者简介: 李继良(1976-), 男, 博士研究生, 主研方向: 图像、视频编码, 图像处理; 方向忠, 教授、博士生导师

收稿日期: 2007-03-25 **E-mail:** jilianglee@163.com

每个位面组所含位面数目优先选择常数个。本文默认每个标准的ROI位面组中含 L_R 个位面，每个标准背景位面组中含 L_B 个位面。用 $\{R_j\}_{j=1,2,\dots}$ 表示ROI位面组， $\{B_j\}_{j=1,2,\dots}$ 表示背景位面组，并令 $|\{\dots\}|$ 表示集合 $\{\dots\}$ 中的元素个数， $sum^j(X_i) = \sum_{i=1}^j |X_i|$ 。

位面组移动法主要步骤如下(详见文献[1])：

(1)将ROI系数和背景系数分别划分成ROI位面组和背景位面组。

(2)将ROI位面组 R_j 下移 $sum^j(B_i)$ 个位面。

(3)将背景位面组 B_j 下移 $s_1 + sum^{(j-1)}(R_i)$ 个位面。

(4)若还有没移动的位面组，转(2)。

图1是位面组移动法的一个示例(其中 $L_R=5, L_B=2$ ；白色方块表示空位面，灰色方块表示符号位面，黑色方块表示ROI系数位面或者背景系数位面，最重要系数位在左边)。如果 L_R 和 L_B 都比较小，在渐进解码图像中，随着总体码率增加，ROI和背景的码率增加量大致为 L_R/L_B ，即该方法可以通过调整 L_R 和 L_B 的大小有效地控制渐进解码图像的相对质量。如果 L_R 或 L_B 取较大的值，如图1所示，位面组移动法会导致渐进解码图像的相对质量变动比较大。针对位面组移动法的不足，下文中提出了位面群移动法。

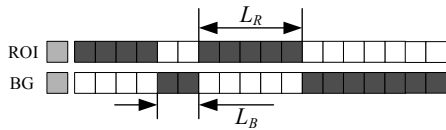


图1 位面组移动法示例

3 位面群移动法

在同一图像的量化变换系数中，把一个或相邻的几个ROI位面，以及一个或相邻的几个背景位面作为一个整体，它们在本节所提ROI编码算法中被排列到相邻的位面位置，并且作为一个整体进行处理，这样的整体称为一个位面群，用 $\{C_j\}_{j=1,2,\dots}$ 表示。除了重要性最低的一个或几个位面群之外，每个位面群中有 E_R 个ROI位面和 E_B 个背景位面。将每一个位面群中的ROI位面和背景位面分别分为3个位面段，如图2(a)所示(图中用虚线相隔表示两类位面的相对位置，而不是其实际相对位置)。3个ROI位面段 S_R^1, S_R^2, S_R^3 的长度分别为 L_R^1, L_R^2 和 $E_R - L_R^1 - L_R^2$ ；背景位面段 S_B^1, S_B^2, S_B^3 的长度分别为 L_B^1, L_B^2 和 $E_B - L_B^1 - L_B^2$ 。令：

$$N_R = \lceil (M_R - s_1) / E_R \rceil \quad (1)$$

$$N_B = \lceil M_B / E_B \rceil \quad (2)$$

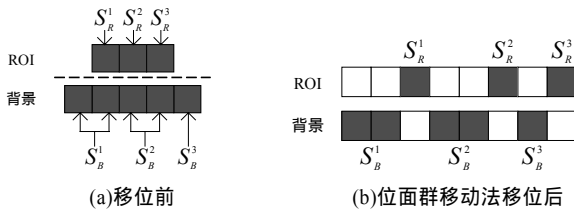


图2 位面群结构示例

用 $\min(*, *)$ 表示取两个元素中最小一个的值， p_i^R 和 p_i^B 分别表示ROI和背景系数中的第 i 个位面。位面群的精确定义如下：

$$C_j = \left\{ p_i^R \mid s_1 + (j-1)E_R + 1 \leq i \leq \min(s_1 + j \cdot E_R, M_R) \right\} \cup \left\{ p_i^B \mid (j-1)E_B + 1 \leq i \leq \min(j \cdot E_B, M_B) \right\} \quad (3)$$

其中， $1 \leq j \leq \max(N_R, N_B)$ 。位面群 C_j 中的ROI位面用 C_j^R 表示，背景位面用 C_j^B 表示。

参数 $L_R^1, L_R^2, L_B^1, L_B^2, E_R, E_B, s_1, M_B$ 和 M_R 都是已知的。位面群移动法描述如下：

(1)利用式(1)和式(2)计算 N_R 和 N_B 。根据式(3)把ROI的普通重要部分和背景系数化分成位面群 $\{C_j\}_{j=1,2,\dots}$ 。

(2)对于 C_j^R 中最重要部分的数据位不做移动。如果 $N_R > N_B$ ，把 C_j^R ($1 \leq j \leq N_B$)下移 $sum^j(C_j^B)$ 个位面，把 C_j^R ($N_B < j \leq N_R$)下移 M_B 个位面。如果 $N_R \leq N_B$ ，把 C_j^R ($1 \leq j \leq N_R$)下移 $sum^j(C_j^B)$ 个位面。

(3)如果 $N_B > N_R$ ，把 C_j^B ($1 \leq j \leq N_R$)下移 $s_1 + sum^{(j-1)}(C_j^R)$ 个位面，把 C_j^B ($N_R < j \leq N_B$)下移 M_R 个位面。如果 $N_B \leq N_R$ ，把 C_j^B ($1 \leq j \leq N_B$)下移 $s_1 + sum^{(j-1)}(C_j^R)$ 个位面。

(4)把所有位面群中的： S_B^1 段上移 $E_R - L_R^1$ 个位面； S_B^2 段上移 $E_R - L_R^1 - L_R^2$ 个位面； S_R^2 下移 L_B^1 个位面； S_R^3 下移 $L_B^1 + L_B^2$ 个位面。

(5)如果还有未调整的位面群，转(2)。

图2(b)给出了经位面群移动算法移位后的一个位面群的结构示例，移位前其结构如图2(a)所示。

参数 $L_R^1, L_R^2, L_B^1, L_B^2, E_R, E_B, s_1, M_B$ 和 M_R 作为图像的附加信息编码，以便解码器恢复背景系数和ROI系数。令

$$\Omega_j = s_1 + \sum_{k=1}^j |C_k|。$$

在解码器端，ROI系数集为

$$D_R = \{p_i \mid i = s_1 \cup i \in \psi\} \quad (4)$$

其中， $\psi = \bigcup_{i=1}^3 \bigcup_{j=1}^{N_R} \left(\Omega_{j-1} + \sum_{k=1}^{i-1} L_R^k + \sum_{k=1}^{i-1} L_B^k, \Omega_{j-1} + \sum_{k=1}^i L_R^k + \sum_{k=1}^{i-1} L_B^k \right)$ 且 ψ 是整数。背景系数集为

$$D_B = \{p_i \mid i \in \phi\} \quad (5)$$

其中， $\phi = \bigcup_{i=1}^3 \bigcup_{j=1}^{N_B} \left(\Omega_{j-1} + \sum_{k=1}^i L_R^k + \sum_{k=1}^{i-1} L_B^k, \Omega_{j-1} + \sum_{k=1}^i L_R^k + \sum_{k=1}^i L_B^k \right)$ 且 ϕ 是整数。

4 实验和分析

由于本方法是在位面组移动法基础上的改进，而位面组移动法的有效性已经在文献[1]中给出证明，因此本节只给出位面群移动法的优点的实验证明，即证明相对于位面组移动法，使用位面群移动法的渐进解码图像相对质量更加稳定。图像质量采用“峰值信噪比(PSNR)”来评价。峰值信噪比(单位为dB)定义如下：

$$PSNR = 10 \lg \frac{255^2}{P_e}$$

其中， P_e 表示误差图像各像素值的平方和的均值。本节实验是基于两个8 bit深度灰度图像：Barbara和Bike，其感兴趣区域位于图中白色矩形所包围区域，如图3和图4所示。图像变换算法采用JPEG2000可逆变换。



图3 Barbara 原始图像



图4 Bike 原始图像

图 5 和图 6 分别是 Barbara 和 Bike 的“峰值信噪比-码率”曲线($E_R=3, E_B=5, L_R^1=L_R^2=1, L_B^1=L_B^2=2$; 图中上面两条曲线是 ROI 的曲线, 下面两条是背景的曲线)。从中可以看出, 位面群移动法所产生的曲线更加平滑, 不同码率解码图像的相对质量更加稳定。

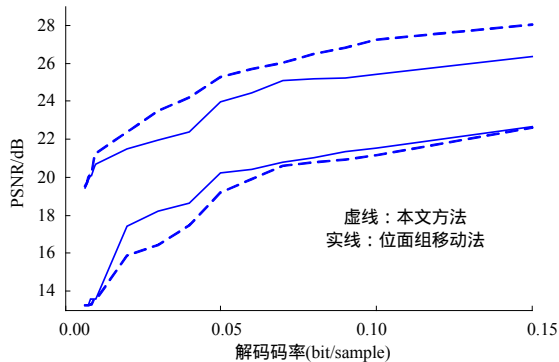


图 5 Barbara 信噪比-码率曲线

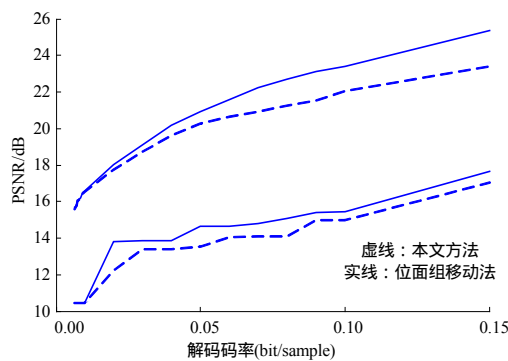


图 6 Bike 信噪比-码率曲线

相对于位面组移动法, 本文所提方法中每个子带只增加了 4 个参数, 因此, 本文所提方法的附加数据量很少。算法 (2), (3) 步中的累加运算对于每个子带只需计算 1 次, 而不需要对每个位面组都重新计算, 算法的主要操作是移位, 所以位面群移动法的计算复杂度低。解码器可以通过式 (4) 和式 (5) 区分 ROI 位面和背景位面, 所以位面群移动法可以用于对含任意形状 ROI 的图像进行编码而不需要形状编码。

对于多 ROI 的图像, 只需为每个 ROI 分配一个“ s_1 ”参数, 位面群移动法就能用于多 ROI 图像编码。

本文提出的位面群移动法唯一的不足是与现有 JPEG2000 标准不兼容, 这是未来的研究工作中需要解决的问题。

参考文献

- [1] Li Jiliang, Fang Xiangzhong, Zhang Dongdong. A New Region-of-interest Coding Method to Control the Relative Quality of Progressive Decoded Images[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Science, 2007, E-12(4): 477-480.
- [2] Christopoulos C, Skodras A, Ebrahimi T. The JPEG2000 Still Image Coding System: An Overview[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2000, 46(4): 1103-1113.
- [3] Fukuma S, Ito M, Imajo C, et al. A Relative Quality Controlled Region-of-interest Image Coding Based on Wavelet Transform[C]// Proc. of the 45th IEEE Int'l Midwest Symposium on Circuits and Systems. Tulsa: [s. n.], 2002: 459-463.
- [4] Wang Zhou, Bovik A C. Bitplane-by-Bitplane Shift (bbshift)——A Suggestion for JPEG2000 Region of Interest Image Coding[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2002, 9(5): 160-173.
- [5] Liu Lijie, Fan Guoliang. A New JPEG2000 Region-of-interest Image Coding Method: Partial Significant Bitplanes Shift[J]. IEEE Signal Processing Letter, 2003, 10(2): 35-46.

(上接第 24 页)

5 结束语

滚动优化方法形成了观察-规划-执行-再观察的闭环机制, 通过跟踪任务执行过程中的状态变化, 能够应对战场环境中的动态变化和突发情况, 对于系统中的不确定性有着很好的适应能力, 在线控制 UCAV 编队使得在整个任务的执行过程中都能保持较好的结果, 这是静态规划方法无法达到的。同时, 仅针对局部滚动窗口进行规划, 使问题的规模缩小, 在线计算量大大降低, 便于实时求解, 是一种切实可行的方法。本文从上层任务调度角度出发, 针对动态环境中的多 UCAV 协同控制问题, 设计了滚动优化方法, 但仅给出了动态环境中多 UCAV 协同控制的广义模型预测控制框架, 对场景预测模型描述还不够细致, 还须利用自动状态机、混杂动态系统等理论和方法进一步完善模型, 并深入探讨滚动窗口大小、任务优先级确定准则及滚动机制对在线滚动优化方法效果的影响。

参考文献

- [1] Chandler P R, Pachter M. Complexity in UAV Cooperative Control[C]//Proc. of the American Control Conference. Anchorage, AK: [s. n.], 2002-05.
- [2] 霍雷华, 陈岩, 朱华勇, 等. Multi-UCAV 协同控制中的任务分

配模型及算法研究[J]. 国防科技大学学报, 2006, 28(2): 83-88.

- [3] Nygard K E, Chandler P R, Pachter M. Dynamic Network Optimization Models for Air Vehicle Resource Allocation[C]//Proc. of American Control Conference. Arlington: [s. n.], 2001.
- [4] 高晓光, 杨有龙. 基于不同威胁体的无人作战飞机初始路径规划[J]. 航空学报, 2003, 24(5): 435-438.
- [5] 叶媛媛, 闵春平, 沈林成, 等. 基于 VORONOI 图的无人航空域任务规划方法研究[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(6): 1353-1355.
- [6] Castañón D V, Wohletz J M. Model Predictive Control for Dynamic Unreliable Resource Allocation[C]//Proceedings of the 41st IEEE Conference on Decision and Control. Las Vegas, NV, USA: [s. n.], 2002-12.
- [7] 闻育, 吴铁军. 基于蚁群算法的城域交通控制实时滚动优化[J]. 控制与决策, 2004, 19(9): 2057-2063.
- [8] 宋春跃, 李平. 递阶变时域滚动优化生产控制策略[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2004, 38(12): 1623-1628.
- [9] 张纯刚, 席裕庚. 动态未知环境中移动机器人的滚动路径规划及安全性分析[J]. 控制理论与应用, 2003, 20(1): 37-44.
- [10] 席裕庚. 动态不确定环境下广义控制问题的预测控制[J]. 控制理论与应用, 2000, 17(5): 665-670.