# 基于选择子带提升位平面的 ROI 编码方法研究

# 夏春宇<sup>1</sup> 王相海<sup>1,2</sup>

(辽宁师范大学计算机与信息技术学院 大连 116029)<sup>1</sup> (南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京 210093)<sup>2</sup>

摘 要 首先分析了 JPEG2000 中两种 ROI 编码机制的优缺点,然后对图像小波变换后各子带内 ROI 系数的能量情况进行统计分析,提出了基于小波变换后的 ROI 掩膜能量选取提升重要子带,同时对重要子带采用适应小波"零树"特性的子带扩充,进而提出了一种基于选择子带提升位平面的 ROI 编码方法。该算法有以下优点:(1)能够控制 ROI 和 ROB 的相对压缩质量;(2)可以获得同一图像中多 ROI 的不同压缩率;(3)允许定义任意形状的 ROI 且无须在码流中包含形状信息。实验结果验证了所提方法的有效性。

关键词 最大位移法,感兴趣区,小波系数掩模,嵌入式零树小波,JPEG2000 中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

ROI Coding Method Based on Selecting Subband and Bitplane Shift

XIA Chun-yu<sup>1</sup> WANG Xiang-hai<sup>1,2</sup>

(College of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)<sup>1</sup> (State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)<sup>2</sup>

Abstract Through carefully analyzing both the advantages and disadvantages of the two kinds of ROI coding methods in JPEG2000, and then statistically analyzing the energy of ROI coefficients of wavelet transform in each subband, we proposed selecting and shifting important subband by ROI mask and the energy based on the wavelet transform, simultaneously expanding the important subband which should meet the the "Zero-tree" characteristic, a new region of interest(ROI) coding method based on selecting subband and bitplane shift was proposed. This scheme has several novel-ties; (1) flexibly adjust the compression quality of the ROI and the ROB; (2) code multiple ROIs at various degrees of interest; (3) arbitrarily shape ROI coding without coding the shape. Experimental results validate the validity of proposed algorithm.

Keywords Maxshift method, Region of interest (ROI), Wavelet coefficient mask, Embedded zero-tree wavelet, JPEG2000

# 1 引言

随着网络与多媒体技术的发展,感兴趣区域(Region Of Interest,ROI)图像编码技术在网络传输、图像检索和医疗等 领域发挥着越来越大的作用。所谓 ROI 亦即图像中被人们 认为重要的空间区域。与 ROI 相对,人们也通常将图像中除 ROI 以外的区域称为背景区域 ROB(Region Of Background),即非感兴趣区域。基于 ROI 的图像编码一般能够 优先高质量地对 ROI 区域进行解码,待 ROI 解码质量达到一 定要求后,再进行 ROB 的解码。基于 ROI 的图像编码技术 为含有 ROI 区域的图像网络传输提供了一种重要有效途径,即在异构性网络环境及不同分辨率的网络终端等条件下, ROI 信息可以得到优先传输和解码,以满足诸如图像检索、远 程医疗及无线通信等图像渐进传输等应用的需求。 近年来,基于 ROI 的图像编码受到关注,出现了许多有 效的编码方法,比如在 JPEG2000 中提出的 General scaling based method 和 Maxshift method<sup>[1-3]</sup> ROI 编码方案,前者可 以灵活地改变 ROI 相对于 ROB 的重要程度,但方法中要求 传输 ROI 的形状信息,这一方面会增加编解码器的复杂度, 另一方面这些形状信息一般需要优先解码,从而会影响编码 效率;Maxshift method 是将 ROI 系数提升到 ROB 系数的最 大位平面,使 ROI 和 ROB 的位平面不发生重叠,从而区分开 二者的信息。该方法不用传输 ROI 的形状信息,但不能灵活 地调节 ROI 相对于 ROB 的重要程度,在解码端必须在 ROI 完全解码后才能解码 ROB。在 JPEG-2000ROI 编码技术基 础上,出现了一些改进的算法,如 BbBshift<sup>[4]</sup> 和 PSBShift<sup>[5]</sup> 等,BbBShift 算法通过交替地提升 ROI 与 ROB 的位平面来 实现这两个区域相对质量的调节,克服了 Maxshift 缺乏灵活

到稿日期:2009-01-09 返修日期:2009-04-01 本文受辽宁省自然基金项目(20072156),辽宁省教育厅科学技术研究项目(20060486),辽宁 "百千万人才工程"培养经费和南京邮电学院图像处理与图像通信江苏省重点实验室开放基金(ZK207008)资助。 夏春字 男,硕士研究生,主要研究方向为图像及视频编码;**王相海** 男,博士,教授,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究方向为 CG、CAGD、 多媒体信息处理。

调节 ROI 重要程度的不足,然而该方法难于实现多 ROI 的不同质量编码; PSBShift 只将 ROI 系数的部分最重要位平面进行提升,它支持任意形状的 ROI 且不必编码形状信息,能够利用提升因子控制 ROI 和 ROB 的相对重要程度,但是该算法同样无法实现多 ROI 的不同质量编码,因为每个 ROI 的重要位平面都是用同一个提升因子进行提升的;此外该方法只有当所有 ROB 系数都被解码之后才能解码那些 ROI 系数中没有被提升的位平面。

本文提出一种基于 ROI 掩膜小波系数能量大小选择子 带提升其 ROI 小波系数的 ROI 编码方法 PSCS (Partial Subbband Coefficient Shift),该方法根据小波变换后图像各子带 ROI 掩膜小波系数能量的大小自适应地选择子带,并对已选 子带内的 ROI 系数进行提升,对于多 ROI 情况则根据各 ROI 的重要程度选择不同大小的质量调节因子。此外,为了保证 对提升后各子带小波系数进行有效编码,在基于能量选择重 要子带过程中对选择的提升子带进行了适应小波系数零树特 性的子带扩充。该方法不仅可以控制 ROI 和 ROB 的相对编 码质量,还可以获得同一图像中多 ROI 的不同压缩率;此外, 允许定义任意形状的 ROI 且无须在码流中包含形状信息。 实验结果验证了所提方法的有效性。

## 2 JPEG2000 中位平面的提升策略

# 2.1 JPEG2000 中的 ROI 编码的位平面提升

JPEG2000 中提出的两种 ROI 编码方案<sup>[1-3]</sup> 均按比例把 所有子带的 ROB 系数向最不重要位平面(LSB)方向移动 S 个位平面,其中 S 被称为提升因子,使得 ROI 系数在进行编 码时排在 ROB 系数的前面,这样在解码端,在一定的解码率 下 ROI 系数能得到充分的解码,此即为基于 ROI 掩膜位平面 提升的含义。

图 1 给出了 JPEG2000 中 ROI 编码方法所采用的位平面 提升方案,其中图 1(a)为没有进行位平面提升的 ROI 和 ROB 系数(阴影部分,以下同),此时按位平面编码难以区分二者的 系数;图 1(b)为 General scaling based method 所采用的位平 面提升方法,其中提升因子 S 的值是可以任意选取的,这样 根据提升因子的选择可以区分 ROI 和 ROB 系数的相对重要 程度;图 1(c)为 Maxshift method 所采用的位平面提升方法, 其中 S 须满足 S Max( $M_0$ ),这里 Max( $M_0$ )是 ROB 系数的 最高位平面值,利用 S 确定一个阈值  $T(=2^{\circ})$ ,该阈值介于 ROI 系数与 ROB 系数之间,系数提升后保证 ROB 系数被缩 小后其最大值要比 ROI 系数中非零最小值还要小。



图 1 JPEG2000 中 ROI 编码中位平面提升示意图

# 2.2 分析与讨论

在 General scaling based method 中,S的任选特性使得

ROI和 ROB系数的重要性可以灵活地予以区分,但也正是这种 S的任选特性使得 ROI和 ROB系数的位置难以区分,这样在对 ROI进行编码时通常需要存储 ROI的形状信息。而当 ROI的形状不规则时形状信息的编码相对比较复杂且其码流所需的存储空间也会增加,从而影响到最终图像的编码效率。Maxshift中位平面的提升方案可支持任意形状的 ROI编码,且在解码端无需 ROI的形状信息,然而,该方案中 S的选择使得在解码端只有在 ROI的所有提升系数得到完全解码后,ROB的系数才能参与解码,这样对于低码率的图像解码,有时只能看到 ROI 的解码图像,整体的背景图像效果难以看到(参见图 2),这种方案非常不利于多 ROI 的编码情况。



图 2 基于 Maxshift ROI 位平面提升的解码图像

# 3 基于选择子带提升 ROI 系数位平面的编码算法 (PSCS)

## 3.1 基于 ROI 掩膜能量的子带选取

在 Maxshift 方法中,所有子带中对重构 ROI 有贡献的小 波系数都要被提升。事实上,这些子带中相应的小波系数对 ROI 的贡献程度是有区分的,尽管小波分解子带中,各 ROI 小波系数所在的子带对重构 ROI 图像的重要程度由强至弱, 总体上是按照图 3 所示的箭头顺序,但对不同图像,这种重要 性的顺序有时是会发生变化的。本文采用各子带 ROI 小波 系数的能量来衡量其对重构 ROI 的重要程度。

设图像中共有 *M* 个 ROI,图像被进行了 *N* 级小波变换,则第 *k* 个子带(参见图 3,沿箭头顺序计数)中第 *m* 个 ROI 小 波系数的能量 *E*<sub>(k,m)</sub> (1≤*m*≤*M*,1≤*k*<3 \* *N*+1)定义为:

$$E_{(k,m)} = \frac{\sum_{i} \sum_{j} X_{(k,m)}^{2}(i,j)}{Size_{(m)}}$$

其中, $X_{(k,m)}(i,j)$ 表示第 k 个子带中第 m 个 ROI 的小波系数, Size<sub>(m)</sub>表示第 m 个 ROI 小波系数的个数。



图 3 计算提升因子时各小波子带的扫描次序

为了验证上述结论,我们将 Lena 图像中的 ROI(参见图 2b)和 Barbara 图像中的 ROI(参见图 8b)做小波变换后对各 子带中的能量进行统计,其中小波滤波器采用 Daub4,共进行

### 了3级二维离散小波变换,统计结果参见表1。

表 1 图 2b 和图 6b 所定义的 ROI 小波系数能量统计

	ROI (Lena)	ROII (Barba)	ROI2 (Barba)	ROI3 (Barba)
LL3	2137	1800	675	1090
HL3	107	44	14	7
LH3	57	36	99	10
HH3	21	11	21	4
HL2	61	33	398	25
LH2	31	21	35	9
HH2	18	5	74	80
HL1	34	41	661	460
LH1	15	4	16	22
HH1	8	2	17	86

从表1可以看出,各子带中 ROI 小波系数的能量总体上 沿着图 3 所示箭头方向由大到小,然而 Barbara 图像中的 ROI3,其 HL3,LH3 和 HH3 子带中的能量是比较小的。这 样对于单 ROI 情况,编码时若能优先选择相对更加重要的子 带的 ROI 小波系数进行提升,势必会提高较低码率 ROI 图像 的编码效率;而对多 ROI 图像的编码情况,针对 ROI 的不同 重要性,按照不同的质量调节因子有选择地优先提升重要子 带中的小波系数,同样可以提高各个 ROI 区域的编码效率。

# 3.2 适应小波零树编码特性的提升子带的扩充

文献[6]所揭示的图像小波分解后的各子带系数的"零 树"特性(即如果一个父结点关于某一阈值是不重要的,那么 它的后代关于该阈值也极有可能是不重要的)以及在此基础 上所提出的零树编码算法<sup>[58]</sup>大大提高了图像的效率。为了 使前面基于 ROI 掩膜能量选择的 ROI 小波系数与其对应的 子孙系数仍能保持零树特性,并且保证提升后所有 ROB 系数 也同样更大程度地构成零树,以节省码流以便优先编码 ROI 系数,本文对基于 ROI 掩膜能量所选择的重要子带的范围进 行了如下扩充:

(1)对单 ROI 情况,采用向下扩充的方式。假设前面基于 ROI 掩膜能量选择了第 k 个子带内的 ROI 小波系数作为提升对象,那么如果该子带的子孙子带未被选中,则在该阶段 也将其对应的 ROI 掩模内的小波系数作为提升对象,即这些 子带中的 ROB 系数的位平面向下移动。

(2)对多 ROI 情况,采用向上扩充的方式。若基于某个 ROI 掩膜能量选择了第 k 个子带内的该 ROI 小波系数作为 提升对象,那么如果该子带的祖先子带未被选中,则祖先子带 中该 ROI 掩模内的小波系数就很有可能被视为其他 ROI 系 数的 ROB 系数,则其位平面被向下移动,这样显然破坏了 ROI 系数的零树特性,所以采用向上扩充的方式,即在该阶段 也将祖先子带中该 ROI 掩膜内的小波系数作为提升对象。

图 4(a)和图 4(b)分别给出了单 ROI 和多 ROI 情况的子带扩充示意图,其中黑体块所在的子带为基于 ROI 掩膜能量选择的子带,灰体块所在的子带为扩充的提升子带(如果前一阶段未被选中的话)。





## 3.3 提升子带的选取与扩充的具体过程

(1)单 ROI 情况

假设须被选中提升的重要子带总共有 N\_max 个(0≪N\_max≪3×N)(这里 N\_max 值的选取是根据 ROI 相对于 ROB 的感兴趣程度,我们称其为质量调节因子,即如果 ROI 的感 兴趣程度越大其值越大,反之越小)。具体过程如下:

Step1 初始化和 ROI 掩膜各子带 ROI 能量计算。

Step1.1 初始化。

设被选中提升的重要子带集合定义为 A(A=Ø),集合 A 中元素个数用 t(t=0)表示。

Step1.2 按照本文第 3.1 节的方法,计算除 LL 子带外的每个子带内的 ROI 系数能量  $E_k$ ,其组成的集合定义为  $B = \{E_k | k = 1, 2, \dots, 3 \times N\}$ 。

Step2 重要子带的选取。

Step2.1 当前阶段重要子带的选取。

如果  $t < N_{\text{max}}$ ,那么选取能量集 B 中能量最小的子带 为重要子带;如果  $t \ge N_{\text{max}}$ ,则转至 Step3。

Step2.2 子带类型判断与重要子带扩充。

(1)若 Step2.1 中选取的子带为最高频子带,则把该子带填入已选子带集 A 中并把其对应的能量从 B 中剔除,t=t+ 1,返回 Step2,继续选取。

(2)若为非最高频子带,则设该子带与对应的未被填入到 A中的所有子孙子带总个数为x。

① 若  $t+x \leq N_{\max}$ ,则将上一步中的 x 个子带填入 A 中并把这些子带对应的能量从 B 中剔除,t = t + x,返回 Step2。

② 如果 t+x>N\_max,则将子孙子带中分辨率最高的 N \_max-t 个子带填入A 并把这些子带的能量从 B 中剔除,t= N\_max,返回 Step2。

Step3 结束。

集合 A 中的元素即为已选的须被提升的重要子带,用来 构造新的小波系数掩膜。

(2)多 ROI 情况

假设图像中共有  $M \uparrow \text{ROI}$ ,不妨设第  $m \uparrow \text{ROI}$ 的感兴趣程度大小为  $D_m$  (1 $\leq m \leq M$ )表示,  $N_{\max_m}$  为关于第  $m \uparrow \text{ROI}$  须被选中提升的重要子带个数。若各 ROI 的感兴趣程度依次为… $D_i \geq \cdots \geq D_j \geq \cdots$  (1 $\leq i, j \leq M$ ),那么为了实现对多 ROI 以不同感兴趣程度编码,只需让… $N_{\max_i} \geq \cdots \geq N_{\max_j}$ max<sub>i</sub>  $\geq$  …,即感兴趣程度越大的 ROI,其须被选中提升的子带数越多,对重构该 ROI 的贡献就越大。具体过程如下:

Step1 初始化和 ROI 掩膜各子带 ROI 能量计算。

Step1.1 初始化。

定义第  $m \uparrow ROI 为 ROI_m (m=1); ROI_m 的质量调节因$  $子为 <math>N_{\text{max}_m}; ROI_m$  被选中提升的重要子带集合定义为  $A_m$  $(A_m = \emptyset); 集合 A_m 中元素个数用 <math>t_m(t_m = 0)$ 表示。

Step1.2 基于 ROI 掩膜各子带 ROI 能量计算。按照本 文第 3.1 节的方法,计算除 LL 子带外的每个子带内 ROI<sub>m</sub> 系 数能量  $E_{(k,m)}$ ,其组成的集合定义为  $B^n = \{E_{(k,m)} | k=1,2,...,3 \times N\}$ 。

Step2 针对 ROI<sub>m</sub> 的重要子带的选取。

如果 m > M,此时所有 ROI 的重要子带选取完毕,转至 Step4。

Step2.1 当前阶段重要子带的选取。如果 t<sub>m</sub> < N\_ max<sub>m</sub>, 那么选取能量集 B<sup>m</sup> 中能量最大的子带为重要子带。

如果 t<sub>m</sub>≥N\_max<sub>m</sub>,则转至 Step3。

Step2.2 子带类型判断与重要子带扩充。

(1)若 Step2.1 中选取的子带为分辨率最低的高频子带,则把该子带填入已选子带集 A<sub>m</sub> 中并把其对应的能量从 B<sup>m</sup> 中剔除,t<sub>m</sub>=t<sub>m</sub>+1,返回 Step2。

(2)若为非分辨率最低的高频子带,则设该子带与对应的 未被填入到 A<sub>m</sub> 中的所有祖先子带总个数为 x。

①若 $t_m + x \leq N_{\max_m}$ ,则将上一步中的x个子带填入  $A_m$ 中并把这些子带对应的能量从 $B^m$ 中剔除, $t_m = t_m + x$ ,返 回 Step2。

②若  $t_m + x > N_{\max}$ ,则将祖先子带中分辨率最低的  $N_{\max} - t_m$  个子带填入  $A_m$ , $t_m = N_{\max}$ ,然后把这些子带的 能量从  $B^m$  中剔除,返回 Step2。

Step3 ROI<sub>m</sub> 的重要子带选取结束。m=m+1,转至 Step2。

Step4 结束。

集合 A<sub>m</sub> 的元素即为已选的须被提升的重要子带,用来 构造新的小波系数掩膜。

## 3.4 被选中子带基于 ROI 掩模位平面提升

被选中子带的位平面提升过程与 Maxshift 类似,基于新的 ROI 掩膜把子带内部的 ROB 系数向下移动  $S_k$  个位平面,  $S_k$  称为提升因子。没有被选中的子带令其提升因子为零,编码时各子带提升因子须按顺序写在码流的最前端,第 k 个子带中  $S_k$  定义为  $S_k \ge Max(M_k)$ ,其中  $Max(M_k)$ 表示第 k 个子带中 ROB 系数的最高位平面值。

通常情况下,由小波变换系数的衰减特性可知,子带分辨 率越低,包含的能量就会越大,其中 LL 子带中的能量最大 (参见表 1),为了确保解码 ROI,同时也能确保解码部分 ROB,本文算法中令 LL 子带都为非选中子带(即不提升该子 带中的小波系数),使 LL 子带内的所有小波系数均按照相同 优先级别编码,以有效地保证解码后的图像的整体视觉效果。

为了验证被选中子带基于上述 ROI 掩模位平面提升后 各相应子带中 ROI 小波系数仍保持零树小波特性,且 ROB 系数也同样更大程度的构成零树,我们对本文第4节实验中 Lena 图像的单 ROI 情况和 Barbara 图像的多 ROI 情况经 ROI 掩模位平面提升后的 ROI 与 ROB 小波系数可构成"零 树"的比例进行了统计(参见表 2,表 3)。从统计结果可以看 出,经上述位平面提升后,ROI 掩模小波系数保持了很好的 "零树"特性;同样 ROB 小波系数构成的"零树"比例得到了极 大增加。

#### 表 2 位平面提升后 ROI 系数构成"零树"的统计

 )闭 da	Lena(%)		Barbara(%)	
鸿祖 1	不提升	提升后	不提升	提升后
T=256	96, 15	96.15	97.11	97.11
T=128	93.33	93. 33	93.89	94.10
T = 64	87.57	87.58	83.29	88.70
T=32	78.31	78.36	71.37	83.72

#### 表 3 位平面提升后 ROB 系数构成"零树"的统计

过步了	Lena(%)		Barbara(%)	
與但 1 -	不提升	提升后	不提升	提升后
T=256	96.69	96.72	96.85	96.95
T=128	93.89	94.25	94.07	95, 25
T = 64	89.98	91.67	86.70	93, 74
T=32	83.17	88.56	75.00	92.32

## 3.5 PSCS 算法的实现

在前面所提出的提升子带的选取与扩充和被选中子带基 于 ROI 掩模位平面提升的基础上,我们给出了一种与 EZW 整体编码过程相似的零树编码方案。单 ROI 情况和多 ROI 情况的不同只是在提升子带的选取与扩充阶段,后续的编码 过程是一致的。具体算法如下:

Step1 提升子带的选取与扩充。按照本文 3.3 节所提出的算法(分单 ROI 与多 ROI 两种情况),选取被提升的重要 子带并构造新的 ROI 掩膜。

Step2 被选中子带基于 ROI 掩模位平面提升。按照本 文 3.4 节方法计算每个子带的提升因子 S<sub>4</sub> 并提升各个子带, 提升因子按序写在码流的最前端。

Step3 确定初始阈值 T。初始阈值的计算方法为:

 $T=2^{n}$ ,其中, $n=\lfloor \log_{2}(\max\{|X_{(i,j)}|\}) \rfloor, X_{(i,j)}$ 表示第 *i* 行 *j* 列位于提升后小波系数矩阵中的系数。

Step4 主扫描。按图 3 所示次序扫描每一个系数,产生 系数符号,将 $|X_{(i,j)}|$ 与阈值 T比较,若大于 T且为正数,输出 符号 P;若大于 T且为负数,输出符号 N;若是零树根,输 T; 如小于 T但树中有大于 T的子孙系数,输出孤立零 Z。

在扫描过程中,用一个主扫描表记录这些输出符号。

Step5 辅扫描。对主扫描表中的带有符号 P或者 N的系数进行量化。在量化系数之前要构造量化器,量化器的输入间隔为[T,2T),该间隔被分为[T,1.5T)和[1.5T,2T),彙化器的输出为量化符号"0"和"1",有一个辅扫描表记录。"0"对应量化值为(1.5-0.25)T,"1"对应量化值为(1.5+0.25)T。

Step6 系数重排。为便于设置下次扫描所用的量化间 隔,对输出符号为 P 或 N 的数据重新排序。

Step7 输出编码信息。编码器输出两类信息:一类是给 解码器的信息,包括阈值和主辅扫描表;第二类是用于下次扫 描的信息,包括阈值及重新排序过的重要系数序列。

Step8 量化步长。若 *T*=1,则算法结束;否则令 *T*=*T*/2; 并转到 Step4。

#### 4 实验结果与分析

采用 512×512×8bit 的标准测试图像 Lena 和 Barbara 分别作为单 ROI 和多 ROI 情况的参考。为简单起见,实验中 所选的 ROI 均为矩形,实际上 PSCS 算法适用于任意形状的 ROI,重构图像与 ROI 的质量用峰值信噪比 PSNR 进行衡量。 同时,将实验结果同文献[9]中所提出的 SCMS 方法进行了 比较(PSCS 与 SCMS 均采用了'Daub4'滤波器对图像进行 3 级小波变换且 SCMS 方法提升后的小波系数的量化采用本 文的量化方案)。

(1)单 ROI 情况

选取 Lena 图像的脸部为 ROI(见图 2(a),图 2(b))。本 文算法选取 N\_max=7,而依照 SCMS 算法,选取提升 4 个最 低分辨率的小波子带,由 PSCS 与 SCMS 构造的 ROI 小波系 数掩膜见图 5(a),图 5(b)。图 6 和图 7 分别给出了两个算法 解码图像的 PSNR 曲线及二算法在码率为 0.25 时重构的 Lena 及其 ROI 的图像和 PSNR 值。



图 7 在 0.25 bpp 下 Lena 及其 ROI 的重构图像

从实验结果可以看出:

① 就相同码率下的重构峰值信噪比而言,当码率小于 0.17时,本文所提算法 ROI 的质量(Roi with PSCS)不如 SC-SM 算法(Roi with SCMS),这是因为牺牲了一部分码率来优 先解码了部分 ROB,此时,从图中可以看出 PSCS 算法重构 Lena 图像(Lena with PSCS)的质量远远高于 SCMS 算法的 (Lena with SCMS);而当码率大于 0.17 时,随着码率的增大, 本文算法 ROI 的 PSNR 持续增高且明显高于 SCMS 算法的 PSNR,验证了本文基于能量选取重要子带的合理性。

② 在较低码率时 Lena 的整体重构质量是逐渐提高的, 而码率大于 0.2 时变化趋于平稳,这是由于本文算法对 ROB 系数向下提升过程中使原本很大的 ROB 系数变得很小甚至 小于 1,这样在低码率下就无法正确解码这些 ROB 系数,造 成重构的图像的整体质量不能持续提高,但是重构的整体效 果还是可以接受的,这进一步说明了 LL 子带中没有提升的 ROB 系数在保证 ROI 质量的前提下也提高了整体图像的主 观质量。

(2)多 ROI 情况

选取 Barbara 图像的脸部(ROI<sub>1</sub>)、围巾(ROI<sub>2</sub>)和膝盖 (ROI<sub>3</sub>)3个 ROI(见图 8(a)和图 8(b))令感兴趣程度  $D_1 > D_2 > D_3$ ,实验中选取  $N_{\text{max}_1} = 8$ , $N_{\text{max}_2} = 7$ , $N_{\text{max}_3} = 6$ ,则 PSCS 和 SCMS 算法构造的小波系数掩膜见图 8(c),8(d); 图 9 和图 10 分别给出了本文提出的算法 PSCS 和 SCMS 解 码图像的 PNSR 曲线及码率为 0.15 时重构的 Barbara 图像 及各 ROI 图像及对应的 PSNR 值。





图 10 本文算法与 SCMS 算法在 0.15bpp 下的解码图像比较

对比图 9(a)和 9(b)的 PSNR 曲线可以看出:

① 随着码率的增大,图 9(a)中 3 个 ROI 重构的 PSNR 持续提高,且保证了我们规定的感兴趣的优先级别;对比图 9 (b)中采用 SCMS 算法的 ROI<sub>1</sub> 的 PSNR 虽然很高,远远高于 ROI<sub>2</sub> 与 ROI<sub>3</sub> 的 PSNR,但是 ROI<sub>2</sub> 与 ROI<sub>3</sub> 的 PSNR 却很 低,并且几乎没有提高。

② 本文算法重构的整体图像质量变化不大,其原因与单 ROI时的原因相同,但仍旧好于 SCMS 算法。从图 10 可以看 出,重构的 Barbara 图像,具有很好的主观质量。

结束语 本文提出了基于小波变换后的 ROI 掩膜能量 选取提升重要子带;采用适应 ROI"零树"特性的子带扩充方 式扩充重要子带,进而提出了基于选择子带提升位平面的 ROI 零树编码方法。该算法利用质量调节因子可以控制 ROI 和 ROB 的相对压缩质量;同时可以获得同一图像中多 ROI 的不同压缩率;此外允许定义任意形状的 ROI 且无须在码流 中包含形状信息。

# 参考文献

- [1] ISO/IECJTC1/SC29/WG1(ITU-TSG8) JPEG2000 Part I Number15444-1,2000(3)
- [2] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1(ITU-T SG8) JPEG2000 Part II

· 276 ·

Final Committee Draft Version 1.0,2000(12)

- Christopoulos C, Askelf J, Larsson M. Efficient methods for encoding regions of interest in the upcoming JPEG2000 still image coding standard [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2000, 7 (9):247-249
- [4] Wang Zhou, Bovik A C. Bitplane-by-bitplane shift (BbBShift)-A suggestion for JPEG2000 region of interest image coding[J].
  IEEE Signal Processing Letters, 2002, 9(5): 160-162
- [5] Liu Lijie, Fan Guoliang. A new JEG2000 region-of-interest image coding method: partial significant bitplanes shift[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2003, 10(2): 35-38

(上接第237页)

指针、查找就绪队列、将优先级最高的任务调入运行;Webit2.0 最大中断响应时间约为 29μs 左右,CPU 主要完成对临界资 源进行保护、执行任务唤醒、进行任务切换。Webit 四核处理 器是对多任务进行测量,然后取平均值。数据结果表明其任 务切换时间、中断延迟时间、任务释放时间及任务启动时间都 比Webit2.0有大幅度提高,其实时性能得到明显改善。由表 3可知,Webit2.0内核的内存分配时间对于不同大小的内存 块基本相同。计算其标准差,可知对于同等大小的内存块, Webit2.0的内存分配具有确定性。从测试结果可知,Webit 四核处理器的内存分配时间略大于Webit2.0,但是Webit 四 核处理器的可执行任务数是Webit2.0的7倍,并行化处理任 务程度大大提高,且内存分配仍具有确定性。

表 3 Webit2.0 与 Webit 四核处理器内存分配时间对比(单位为 μs)

块大小/byte	Webit 2.0	Webit 四核处理器
32	24, 269	28,637
64	25.176	29.118
128	25. 225	29.236
256	25.073	29.215
512	25.084	29.339
1k	24.117	28.253
2k	24, 439	28.402
4k	24.462	28.331
8k	24. 584	28.843
16 <b>k</b>	26,007	29,675

由表 4 可知, Webit2.0 文件上传速率较快, 接近 45kbps, TCP 建立时间为 3μs 左右; HTTP 下载速率也较高, 达到 56kbps, 能够满足嵌入式 Internet 下对设备进行访问和控制 的需求。Webit 四核处理器由于其各单片机之间通过功能强 大的 ATmega128L 单片机进行主控通信, 数据结果表明, Webit 四核处理器的 TCP 建立时间比 Webit2.0 减少了 19. 27%, WFTP 上传速率和 HTTP 下载速率分别比 Webit2.0 提高了 79.08%和 73.03%。实验数据表明 Webit 四核处理 器的网络性能与 Webit2.0 相比有所提高。

表 4 Webit2.0 与 Webit 四核处理器的部分网络指标对比

	Webit2, 0	Webit 四核处理器
	3.01	2. 43
WFTP 上传速率(kbps)	44.32	79.37
HTTP下载速率(kbps)	56.76	98.21

- [6] Shapiro J M. Embedded image coding using zero trees of wavelet coefficients[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1993, 41(12):3445-3463
- [7] Said A, Pearlman W. An new, fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Transactions Circ. Sys. Video Tech., 1996,6(3):243-249
- [8] Taubman D. High performance scalable image compression with EBCOT[J]. IEEE Trans. Image Proc., 2000,9(7);1158-1170
- [9] Tahoces P G, et al. Image compression: maxshift ROI encoding options in JPEG2000[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2008, 109:139-14

**结束语** Webit 四核处理器核的特点在于多处理器并行执行,在系统的管理下,每个处理器可运行多个任务,处理器间 通信速度快,各处理器之间协同工作。实验结果表明其实时 性及网络性能等均有所提高。由于内部集成的是8位微处理 器,与当前主流的基于 X86 架构的 CPU 相比,Webit 四核处 理器的处理能力有一定的差距,但它在片上多核处理器研究 方面却有十分重要的意义,对未来高性能处理器的片上集成 设计有一定的参考价值。

# 参考文献

- [1] 邵贝贝, 宫辉. 嵌入式系统中的双核技术[M]. 北京:北京航空航 天大学出版社, 2008: 6-7
- [2] 赵海. 嵌入式 Internet-21 世纪的一场信息技术革命[M]. 北京: 清华大学出版社,2002:157-159
- [3] 关沫,赵海. 一个支持 EI 应用的嵌入式实时操作系统 WebitX [J]. 东北大学学报:自然科学版,2004,25(7):649-652
- [4] 赵海,陈燕. 普适计算一计算混沌形式[M]. 沈阳:东北大学出版 社,2005:60-63
- [5] 彭蔓蔓,李浪,徐署华,等.嵌入式系统导论[M].北京:人民邮电 出版社,2008;53-56
- [6] 怯肇乾. 嵌入式系统硬件体系设计[M]. 北京:北京航空航天大 学出版社,2007:1-13
- [7] 胡汉才. 高档 AVR 单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2008:30-40
- [8] 耿德根,宋建国,马潮,等. AVR 高速嵌入式单片机原理与应用(第2版)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003:4-171
- [9] 薛海鹏,王鑫. 嵌入式 Internet 设备 Webit2.0 在工业控制中的 应用[J]. 冶金自动化,2003(4):71-72
- [10] Intel Corporation. iDCX 51 DISTRIBUTED CONTROL EXEC-UTIVE USER'S GUIDE for Release 2. 0, Order Number: 460367 [R]. California: Intel Corporation, 1987
- [11] 王进雷. Webit SOC 中多处理器核互联设计及 FPGA 实现[D]. 沈阳:东北大学,2008:51-52
- [12] 张希元,赵海,孙佩刚,等. WebitOS 内核的实现机制及性能分析 [J]. 东北大学学报:自然科学版,2006,27(4):394-397
- [13] Liu J W S. 实时系统[M]. 北京:高等教育出版社,2003:52-57