

图像兴趣域最大位移法压缩编码技术

An Approach to Region of Interest Coding——Maxshift Method

朱庆生 吴中福

(重庆大学计算机学院 重庆400044)

Abstract In this paper, one of the innovative functionalities supported by JPEG 2000 standard, region of interest (ROI) coding, is introduced. Beginning with main features of the new standard, the processes of encoding and decoding of the still image are simply described. Then the paper gives the algorithm of selecting the scaling value for the ROI Maxshift method. Finally the method is implemented by scaling background coefficients in the wavelet domain.

Keywords Region of interest coding, Maxshift method, Mask, Progressive transmission

1. 概述

JPEG2000是由ISO/IEC JTC1 SC29提出的最新静止图像压缩国际标准。JTC1是国际标准化组织ISO和国际电工协会IEC的一个合作小组,由SC29具体负责JPEG2000标准的制定,SC29有三个专家组:WG1、WG11、WG12。WG1负责JBIG(二值图像压缩标准)和JPEG(静止图像压缩标准)制定;WG11负责MPEG(运动图像压缩标准)制定;WG12负责MHEG(多媒体超文本压缩标准)制定。目前,WG1制定的最新静止图像压缩标准JPEG2000的第一部分最终版本ISO/IEC15444-1已经出版,第二部分ISO/IEC15444-2于2001年底出版。本文参考专家委员会最终提案FCD15444-1^[1]和FCD15444-2^[2]版本的内容,重点介绍一种实用的核心技术——基于标尺最大位移的兴趣域图像编码。

JPEG2000对JPEG的最大改进是采用小波变换代替余弦变换。近年来离散小波变换在图像处理和图像压缩领域得到了广泛应用,这主要因为小波变换既能考察图像局部时域过程的频域特征,又能考察图像局部频域过程的时域特征,它对高频成分采用由粗到细渐进的时空域上的取样间隔,从而能像物理上自动调焦看清远近不同景物一样放大任意细节。

因此,小波分析被誉为数学上的显微镜,它的快速算法又使它如虎添翼,它的多分辨率特性提供了渐进式压缩和传输的基础。小波在空间域和频率域上的局域性是指一个变换系数实际牵涉到的图像空间范围是局部的。因而,要完全恢复图像中的某个局部,并不需要精确的所有编码系数,只需要该局部相应的部分编码系数没有误差。引入小波后,使JPEG2000具有下述重要特性:

①兴趣域(Region of Interest)编码:兴趣域(简称ROI)是指图像中用户所感兴趣的部分,图像ROI以外的部分称为背景域(简称BG)。该技术能支持在压缩时对指定区域高质量编码,在恢复时允许用户对指定图像区域提出解压要求。当用户只对图像中一块区域感兴趣时,系统可对这块区域采用高质量、低压缩比,而对其它区域采用低质量、高压缩比,从而取得用户更满意的效果。

②渐进传输(Progressive Transmission):先传输图像轮廓,再逐步传输、不断细化图像精度,提高图像质量,以满足用户需求。在日益普及的网络应用中,该特性有广泛的应用价值。如图片下载时,可使用户在看到图片轮廓或缩像后再决定是否继续下载它。

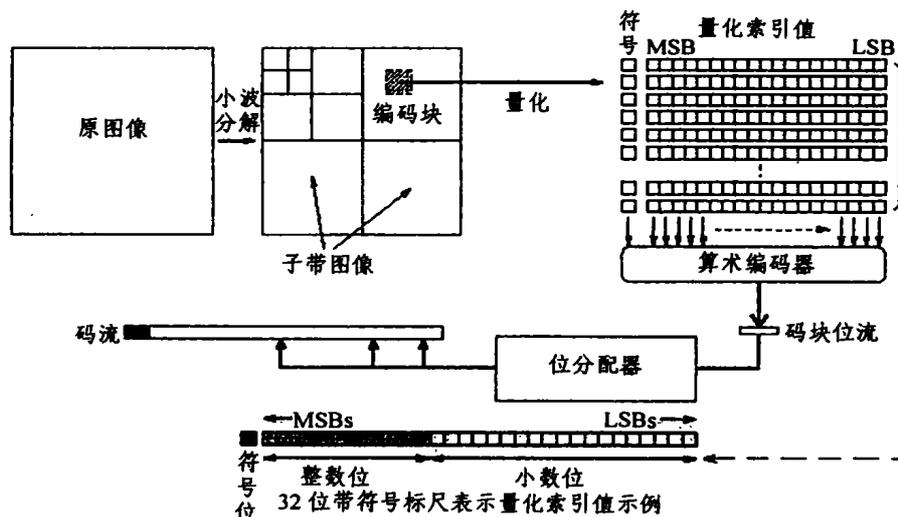


图1 JPEG2000图像压缩过程

兴趣域编码和渐进传输可解决许多以前无法解决的问题。例如,在远程诊断中,一方面,由于医学数字图像信息量通

常是普通图像的若干倍,从网络带宽和存储空间角度考虑,人们希望采用有损压缩;另一方面,对医学图像的有损压缩潜在着影响诊断结果的可能。兴趣域图像压缩技术能够在编码过程中结合用户主观判断,对医学图像感兴趣的区域进行交互式传输编码,当接收方有新要求时,系统能使相应区域图像更清晰,甚至无损重建图像,这无疑是技术上的一个突破。

2. 图像编码与解码策略

JPEG2000标准中只描述了被压缩码流的解码算法,其相应的编码压缩形成码流的过程至少包含四个步骤:小波变换、量化、熵编码和生成码流,如图1所示。①对原图进行多层次小波变换进行图像分解^[6-8]。②将每个小波子带划分成编码块,对编码块的小波系数进行量化,图中给出了32位码块中带符号量化索引值的表示示例,其中最高位平面用MSBs(Most Significant Bit-planes)表示,它包括在当前尺度下的符号和整数位部分,最低位平面用LSBs(Least Significant Bit-planes)表示,它是在当前尺度下的小数位部分。③采用基于位平面的算术编码器对每个码块的量化索引值进行独立的熵编码后形成位流。实际上这时只对MSBs部分的非零值进行编码,在码流的头文件中将指示所跳过位平面的数目;LSBs部分仅供生成码流时更好地估算失真误差。④用多路位分配器从所获得的码块位流中生成最后压缩结果——码流。

在解码端,根据所接收的位流,按位平面顺序对码块的小波系数进行渐进式解码、逆量化、逆变换和图像重建。显然,解码效果依赖于码块编码传送的顺序,在实际中可采用不同的渐进传输模型,两种基本的渐进模型是:①分辨率递增模型:从低频子带的低分辨率码块开始解码。②层次/质量递增模型:从失真最小的码块开始解码。

3. ROI 屏蔽码生成算法

为了使ROI图像比BG图像更清晰,在确保ROI质量的前提下提高压缩比,必须区别ROI和BG的图像区域,以便减少BG信息所需位数。为此,引入ROI屏蔽码来指定感兴趣的高质量图像区域,定义重建ROI图像所需要的小波系数,ROI屏蔽码实际上是描述小波系数尺度要求的一张位图,其方法是用二元值 $M[m,n]$ 来指定被编码图像域中属于ROI的像素点:

$$M(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{当像素点}(x,y)\text{属于ROI时} \\ 0 & \text{当像素点}(x,y)\text{不属于ROI时} \end{cases}$$

在图像分解的每个步骤中,都要生成相应子带的屏蔽码以指示相应步骤ROI需要哪些系数,以便在逆变换中能够重新产生原系数。ROI的值依赖于离散小波变换综合滤波器的算法。分析逆变换过程不难发现:小波逆变换实际上是把L和H子带合二为一,显然,对高质量图像同时需要这两个子带的系数;如果再对这两个子带继续逆变换跟踪,则需要将四个子带合并为二个,这就需要四个子带的小波系数。

根据逆变换对系数的要求,可采用 $W5 \times 3$ 或 $W9 \times 5$ 滤波器来生成子带中的ROI屏蔽码。设 $X(2n)$ 和 $X(2n+1)$ 分别表示在尺度 s 上的图像码块网格中偶数和奇数位置上的系数, $L(n)$ 和 $H(n)$ 分别表示与它对应的低通L和高通H子带的第 n 个位置上的系数。图2(a)描述了 $W5 \times 3$ 滤波器中原码块与相应子带的对应关系,有:

$$X(2n) = L(n) - (H(n-1) + H(n))/4$$

$$X(2n+1) = (L(n) + L(n+1))/2 + (-H(n-1) +$$

$$6H(n) - H(n+1))/8$$

即 $X(2n)$ 有3个相关点 $L(n)$ 、 $H(n-1)$ 和 $H(n)$; $X(2n+1)$ 有5个相关点 $L(n)$ 、 $L(n+1)$ 、 $H(n-1)$ 、 $H(n)$ 和 $H(n+1)$ 。如果 $X(2n)$ 或 $X(2n+1)$ 在ROI中,它们在L和H子带中相关位置的系数就应该在ROI中。图2(b)给出了在二维空间中,从原图ROI屏蔽码导出其相应子带中屏蔽码的对应关系。在每一步分解的过程中,由综合滤波器在垂直方向和水平方向扩展当前子带(或原图像)的ROI屏蔽码。但对于象矩形这类标准形状的ROI,可直接由左上角和右下角的坐标值计算ROI屏蔽码,其方法见文[5]。

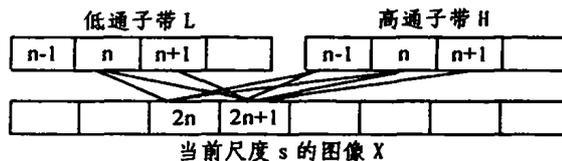


图2(a) 5×3 逆变换

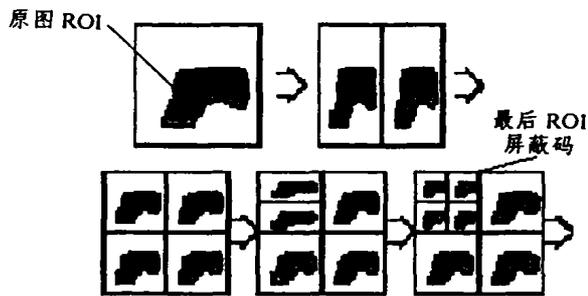


图2(b) 从原图ROI派生各子带ROI屏蔽码的方法

4. ROI 最大位移法

兴趣域编码的基本思想是让ROI信息的编码优先于BG信息的编码。熵编码按位平面序进行,要使ROI高质量甚至无损压缩,就应该尽可能让ROI的码值在编码中成为MSBs。基于标尺位移的方法就是让BG码值向LSB方向移动 s 位,并在其首部补0(相当于缩小 2^s 倍),同时将ROI码值尾部补0(相当于放大 2^s 倍),从而突出ROI码,如图3(b)。

在解码端,为了区别ROI和BG的系数,需要ROI屏蔽码。所以,编码端所使用的屏蔽码不得传送到解码端。为减少屏蔽码位数,通常限制ROI形状,因此基于标尺位移的一般方法主要应用于矩形和椭圆形ROI。

为了能够从码流本身的信息中区别ROI和BG系数,标准ISO/IEC 15444-1^[1]采用最大位移法(Maxshift Method),即取标尺移动位数 s 为最大,见图3(c)。确定尺度 s 的方法是由编码器先扫描所有量化系数,选择适当尺度 s ,使得 $s \geq \max(M_b)$,这里 M_b 表示当前图像域编码块中任意BG系数 $q_{BG}(x,y)$ 的最大位平面。换句话说,所选择的尺度 s 位移后能够足以使ROI的最小非零系数 $q_{ROI}(x,y)$ 大于BG的最大系数 $q_{BG}(x,y)$ 。

最大位移法不需要对ROI形状进行编码和解码,它通过门限值 2^s 与系数本身比较便可区别ROI或BG的系数,因此,解码时不再需要ROI屏蔽码。其编码和解码步骤如下:

在编码端:生成ROI屏蔽码 $M(x,y)$;确定最佳量化尺度 s ;用 s 降低由 $M(x,y)$ 所指定的BG域小波变换系数的量化尺度;用RGN方法将 s 写入码流中;用常规方法对量化变换

系数进行熵编码。

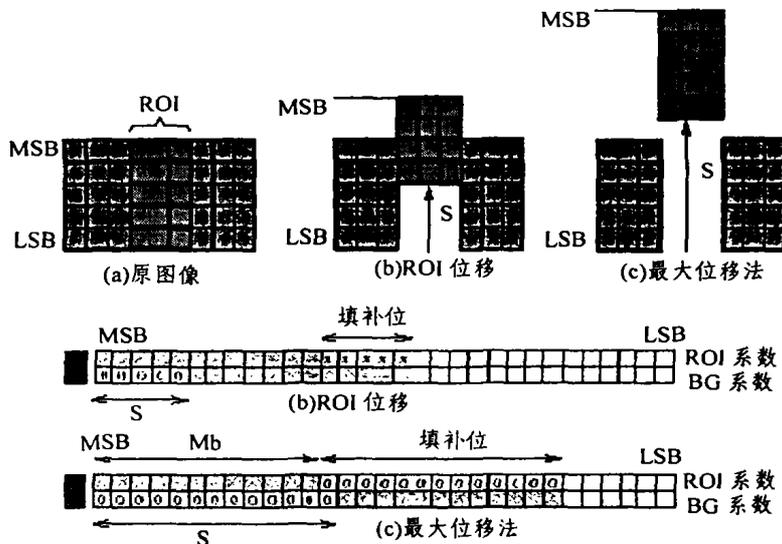


图3 基于位移法和最大位移法图示

在解码端,将所收到的量化系数与 2^s 进行比较,所有系数小于 2^s 均认为是BG,并提高这些系数的尺度为 2^s 。解码流程如图4所示。

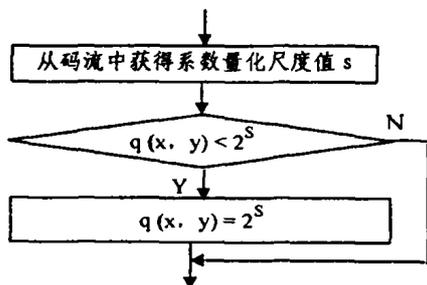


图4 最大位移法解码中BG系数修改

在具体实现时,有静态ROI和动态ROI方法。静态ROI方法在编码时就指定用户感兴趣的区域,该方法适用于图像存储和传输等远程应用环境,也是通常意义上的ROI编码。动态ROI方法是指在C/S环境进行图像渐进传输的过程中,由用户通过交互式方式指定感兴趣的图像区域,系统动态生成相应编码层上的ROI屏蔽码^[3]。该方法适用于数字化医疗诊断、PDA、移动通讯等领域。

如果ROI是彩色图像,则对不同颜色成分分别应用该方法。如果ROI是非连续区域,则用相同尺度s对每个部分应用该方法。最大移位法不需要ROI形状信息,因此它能为用户指定的任意形状的区域进行高质量编码。当采用分层方式对图像实行渐进编码时,它对ROI和BG分别采用不同尺度

编码,即在对ROI无损编码同时,忽略BG精度层的系数,从而实现不同区域不同质量的图像编码。由于它利用解码器所支持的函数实现编码,在编码端生成ROI屏蔽码及相关子带,而在解码端却不需要ROI屏蔽码,因此支持渐进式图像传输。

参考文献

- 1 JPEG 2000 Part 1 Final Committee Draft. ISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1890R, Aug. 2000
- 2 JPEG 2000 Part 2 Final Committee Draft. ISO/IEC JTC1/SC20 WG1 N2000, Dec. 2000
- 3 Cruz D S, et al. Region of Interest Coding in JPEG2000 for Interactive Client/Server Applications. In: Proc. of the IEEE Third Workshop on Multimedia Signal Processing, Sep. 1999
- 4 Christopoulos C, et al. Efficient Methods for Encoding Regions of Interest in the Upcoming JPEG2000 Still Image Coding Standard. IEEE Signal Processing Letters, Sep. 2000
- 5 Grosbois R, et al. New Approach to JPEG 2000 Compliant Region of Interest Coding. In: Proc. of the SPIE 46th Annual Meeting, Applications of Digital Image Processing XXIV, Aug. 2001
- 6 Zhu Qingsheng, et al. An Algorithm of VBR Coding for Video Transmission. In: Proc. of Int. Conf. on Computer Graphics & Imaging, Canada, Jun. 1998
- 7 李波,朱庆生. 基于小波变换的VBR分层编码算法. 计算机工程与科学, 1999(1)
- 8 朱庆生,李波. 基于小波变换的静态图像压缩编码方法. 计算机工程与科学, 1997(3)