

# JPEG2000的编码原理及其优缺点\*

The Coding Principle of JPEG2000 with Advantages and Disadvantages

杨小帆 何中市 柏森 陈蜀宇 朱庆生

(重庆大学计算机学院 重庆400044)

**Abstract** In this paper a survey of the coding principle of the newly formed JPEG2000 still picture compression international standard is provided. First the coding process of JPEG2000 is formulated. Then its advantages and disadvantages are illuminated, and some of its applications are shown. Finally the relationship among JPEG2000, JPEG, and JPEG-LS is discussed.

**Keywords** Still picture compression, JPEG2000, JPEG, JPEG-LS

## 1. 引言

随着数字图像的应用范围越来越广, 图像数据处理的方式也趋向多样化。传统的 JPEG 静态图像压缩标准只提供单一的图像压缩功能, 已不能满足各种需求。在这种背景下, 经过三年多的努力, 国际标准化委员会于2001年10月形成了最新的 JPEG2000静态图像压缩国际标准<sup>[1~7]</sup>。

完整的 JPEG2000由五个部分组成, 其核心是前两个部分一编码。本文的目的是对 JPEG2000的编码原理进行综述。首先概述了 JPEG2000的编码过程。然后阐述了其优缺点, 并列出了部分应用。最后对 JPEG2000、JPEG 和 JPEG-LS 三者之间的关系进行了讨论<sup>[8,9]</sup>。

## 2. JPEG2000的编码方案

在 JPEG2000标准下, 图像的编码过程如图1所示。以下对图1中的每个步骤进行解释。

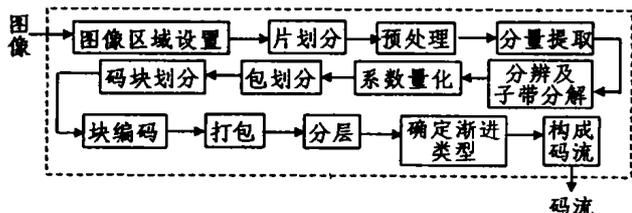


图1 JPEG2000编码示意图

第一步:(必选)图像区域设置。设置原始图像在基础格栅中的位置。这由原始图像的左上角坐标(称为图像偏移)确定。

第二步:(必选)片划分。将基础格栅划分成不重叠的规则矩形区域, 每个区域称为一个片。特别关心与图像区域有交叉的那些片(称为相关片), 左上角那个相关片的左上角坐标称为片划分偏移。于是, 片划分就由片划分偏移和片的宽度、高度共同确定。在后续步骤中只用到相关片与图像区域的交叉部分, 我们把这些交叉部分简称为片。

第三步:(可选)预处理。将原图像进行预处理, 其目的是除去原图像各个分量之间的相关性。JPEG2000(第一部分)定义了两种预处理变换: YCrCb 交换; 可逆分量变换。

第四步:(可选)分量提取。按照特定要求, 从一幅图像中可以提取多种分量图像(以下简称分量)。例如: 彩色图像的 RGB 分量, 灰阶图像和单色图像的各种向下抽样分量。在这一步结束之后, 后面各步将独立地对每个分量的每个片(称为片分量)进行处理。

第五步:(必选)分辨及子带分解。通过  $r$  级二进小波变换将片分量分解成  $r+1$  个分辨, 第0级分辨由一个子带 LL( $r$ ) 组成, 第  $k$  级分辨 ( $1 \leq k \leq r$ ) 由三个子带 HL( $r-k+1$ ), LH( $r-k+1$ ), HH( $r-k+1$ ) 共同组成(参见图2)。JPEG2000(第一部分)规定了两种小波变换:(9,7)一浮点小波;(5,3)一整数小波。

JPEG2000(第二部分)则允许用户自己定义小波。

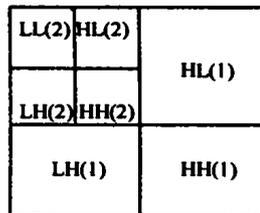


图2 图像的分辨及子带分解示意图

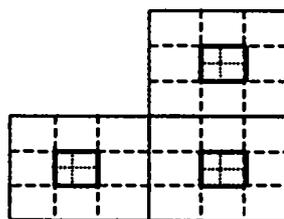


图3 分区、包划分位置及码块示意图由三个粗边矩形形成一个包划分位置, 包划分位置内部的细边矩形是码块

第六步:(必选)系数量化。对各个频带中的小波系数进行均匀标量量化。

第七步:(可选)包划分。将每个量子子带划分成不重叠的矩形区域, 每个矩形称为一个分区。由位于同一分辨级上的三

\* ) 本文工作得到国家自然科学基金项目(批准号:60073047)、重庆市科委攻关项目(合同编号:6068)和重庆大学引进人才启动基金项目的支持。杨小帆 教授, 博士, 何中市 副教授, 博士, 柏森 副教授, 博士生, 陈蜀宇 副教授, 博士, 朱庆生 院长, 教授。

个子带中对应同一空间位置的三个矩形共同组成一个包划分位置(参见图3)。

第八步:(可选)码块划分。将每个包划分位置划分成不重叠的规则矩形区域,每个矩形称为一个码块(简称为块)(参见图3)。

第九步:(可选)块编码。对每个块独立地进行熵编码。具体是对块的各个位平面从最高位到最低位依次进行上下文相关的二值算术编码。对位平面的编码是通过三次操作来完成的:(1)显著性传播,(2)数量精细化,(3)清除。每次操作所得到的中间位平面称为子位平面。块编码所产生的0-1序列就是有待传输的实质性数据。

第十步:(必选)打包。为了使解码端能正确解码,需要对块编码所产生的0-1序列添加说明信息。这一过程称为打包。包是由包头和包体组成的。由位于同一包划分位置上的每个码块的部分子位平面组成一个包的包体,包头则包含了对包体进行解码所必需的信息。

第十一步:(可选)分层。可以将来自每个分辨上的每个包划分位置的某个包组合在一起构成层。

第十二步:(必选)确定渐进类型。JPEG2000比特流的渐进传输有四种基本优先次序:分辨、质量、空间位置和分量。由这四种基本次序又可以构成多种组合优先次序,每种次序称为一种渐进类型。在比特流中需要加入一些标识符以标识比特流的渐进类型。

第十三步:(必选)构成码流。在码流的第一部分是主头,提供关于原图像的基本信息。在每个片的前面加上片头,提供关于该片的基本信息。

在完成了上述步骤之后,就构成了实际传输的码流。接收端在接收到码流后,根据各种头信息和标识信息就可以正确地解码。

### 3. JPEG2000的优缺点

JPEG2000的最大优点是图像数据的处理方式及传输次序提供了极大的灵活性。这种灵活性表现在如下几个方面:

- 可自由设置图像区域偏移。
- 可自由设置片的宽度、高度,以及片划分偏移。
- 可自由设置每个片上小波变换的级数。在 JPEG2000(第二部分)中,小波变换可由用户定义。
- 可自由选择小波系数数量化步长。
- 可自由设置分区的宽度、高度。
- 可自由设置码块的宽度、高度。
- 可自由取舍码块各个位平面的各个子位平面的编码操作。
- 打包的灵活性。可以将同一码块的编码数据打在几个包中。
- 分层的灵活性。可以将包相当自由地组织为层。
- 可自由地将一个片分成若干个片段进行传输。
- 码流传输次序的灵活性。包是传输的基本单位,各个包可以按照相当灵活的次序进行传输。

JPEG2000编码标准所提供的巨大灵活性决定了它有如下各个方面的应用:

- 可以对码流中与特定片、分量、分辨、子带、码块相对应的数据进行随机访问,从而可以在无需解码的情况下直接对编码比特流进行各种编辑和处理工作,以及为特定应用提取

所需数据。

·可以按照需要灵活地选择如下四种基本渐进传输方式组合而成的某一种渐进传输方式:(1)质量渐进传输,(2)分辨渐进传输,(3)分量渐进传输,(4)空间位置渐进。

- 可以按照需要只对感兴趣的图像区域进行编码。
- 可以通过渐进传输自然地实现图像从有损到无损的传输。
- 可以在带宽或内存容量极为有限的情况下实现图像传输。

此外,JPEG2000在各种比特率下以及无损情况下的图像压缩性能均优于 JPEG,特别是在极低比特率和高比特率下这种优势显得尤为突出。对于自然图像而言,JPEG2000的无损图像压缩性能与 JPEG-LS 接近。

另一方面,JPEG2000有如下缺点:

·JPEG2000的编码计算复杂性明显高于JPEG(JPEG2000的编码时间一般是 JPEG 的 3~4倍)。这不利于 JPEG2000 的软件实现。

·对于文本图像及合成图像,JPEG2000的无损图像压缩性能明显劣于 JPEG-LS。

JPEG2000的上述缺点,表明它不可能彻底取代 JPEG 及 JPEG-LS,三者之间应该是一种共存的关系。一般来说,编码标准的选择应该遵循如下原则:

- 在极低比特率或高比特率下,倾向于选择 JPEG2000。
- 在一般比特率下,倾向于选择 JPEG。
- 对于自然图像,无损压缩倾向于选择 JPEG2000。
- 对于文本图像或合成图像,无损压缩倾向于选择 JPEG-LS。

·如果需要图像进行特殊处理,一般选择 JPEG2000。

**结束语** 本文对最新的 JPEG2000无损图像压缩国际标准的编码原理及优缺点进行了综述。目前,世界上许多研究团体和大公司都在全力研制基于 JPEG2000标准的新型图像压缩软件。相信在不久的将来就会有成熟的商用 JPEG2000软件问世。如果读者能够通过本文对未来 JPEG2000软件的特点有一些了解,那么本文的目的就达到了。

### 参考文献

- 1 Marcellin M, Gormish M, Bilgin A, Boliek M. An overview of JPEG-2000. submission to IEEE Trans. Image Processing
- 2 Boliek M, eds. JPEG-2000 Part I Final Committee Draft Version 1.0. ISO/IEC JTC1/SC29 WG1, Mar. 2000
- 3 Boliek M, Gormish M, Schwarz E, Keith A. Decoding compression with reversible embedded wavelets (CREW) codestreams. Journal of Electronic Imaging, 1998, 7(3): 202~209
- 4 Shapiro J. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients. IEEE Trans. Signal Processing, 1993, 41(12): 3445~3462
- 5 Said A, Pearlman W. A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees. IEEE Trans. Circuit Systems for Video Tech. 1996, 6(3): 243~250
- 6 Said A, Pearlman W. An image multiresolution representation for lossless and lossy compression. IEEE Trans. Image Processing, 1996, 6(9): 1303~1310
- 7 Kasner J, Marcellin M, Hunt B. Universal trellis coded quantization. IEEE Trans. Image Processing, 1999, 8(12): 1677~1687
- 8 Pennebaker W, Mitchell J. JPEG Still Image Data Compression Standard. Van Nostrand Reinhold, New York, 1993
- 9 Weinberger M, Seroussi G, Shapiro G. The LOCO-I lossless image compression algorithm: principles and standardization into JPEG-LS. IEEE Trans. Image Processing, 2000, 9(8): 1309~1324