

混合量化与基于小波的图像压缩^{*}

袁 卫 卫 王 国 秋 沙 基 昌

(国防科技大学系统工程与数学系 长沙 410073)

摘 要 本文针对基于小波的图像压缩, 提出一种新的快速有效的量化方法。该方法将矢量量化的高效率 and 标量量化的简单性有机地结合起来, 称为混合量化(HQ-Hybrid Quantization)。它不需要进行码书训练, 不要做乘除法。并用标准测试图像与其它著名方法的压缩结果进行了比较。

关键词 图像编码, 小波变换, 矢量量化, 标量量化

分类号 TN911.72

Hybrid Quantization in Image Compression with Wavelet Transform

Yuan Weiwei Wang Couqiu Sha Jichang

(Department of System Engineering and Mathematics, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract This paper presented a new, fast, and efficient quantization method for image compression with wavelet transform. This method combines the efficiency of Vector Quantization with the simple of Scalar Quantization. It needs neither training, nor multiplication.

Key words Image Coding, Wavelet transform, Vector Quantization, Scalar Quantization

量化是决定变换系数的取舍和影响重构图像的质量的阶段, 是利用变换的图像压缩编码技术的关键环节之一, 如图 1 所示。

CCITT 和 ISO 提出了 JPEG、MPEG-1、MPEG-2、H.261 等压缩编码标准和建议。这些标准利用离散余弦变换(DCT)作为变换工具。然而 DCT 将图像分成 8×8 或 16×16 的块来处理, 故在低比特率压缩时, 重构图像存在方块效应^{[1][2]}。而 DWT(离散小波变换,

* 本文由国防预研基金和国防科大试验技术基金资助
1997 年 1 月 14 日收稿

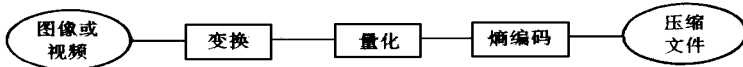


图1 变换压缩机制的三个阶段

Discrete Wavelet Transform) 在时域和频域同时具有良好的局部化,可以有效消除方块效应。它引起图像压缩界的兴趣^[6]。已有不少文献讨论小波基的选取^[1],寻找合适的量化方法^{[2][3]},以及熵编码方法^[5]。

量化通常分为标量量化与矢量量化两类。标量量化一次对一个样本值进行量化,比较简单。矢量量化一次对一组样本值进行量化,比标量量化效率高,但是计算复杂。矢量量化中经典的LBG算法计算复杂度随矢量维数指数增长^[4]。

1 量化与基于小波的图像压缩

由于小波的良好时频局部性,适合于对非稳态信号的分析。数字平面图像是典型的非稳态信号,又是二维信号,因此应选用二维离散小波变换,如图2所示。其中

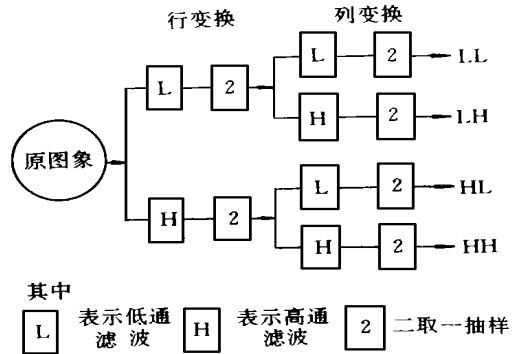


图2 图像二维小波正变换

滤波器L和H满足一定的条件^[1]。LL称为分析信号,LH、HL、HH称为细节信号。

在基于小波的图像压缩中,许多的量化方法被提出来了^{[2][3]}。其中最有效、最有影响、最有效的是PLVQ和EZW^[7]。法国M. Barlaud教授等人的PLVQ塔式格型矢量量化是一种比较有效的量化方法,它的编解码过程包括矢量缩放、寻找格点、格点标号等步骤。由美国J. M. Shapiro提出的EZW零树方法有更高的编码效率,但是计算非常复杂,需要进行表的插入、删除等操作。在图像通信等应用场合,迫切需要简单实用的量化方法。

2 混合量化与编码

通过观察和编码实验,我们发现小波系数图有很强的局部相关性,系数幅度大的区域对应图像的边缘(对人眼感觉最重要),应该保留;而系数幅度小的区域对应平滑区域,即使丢掉,对重构图影响不大。虽然利用行程编码也可以部分地利用这种特性,但是不如把两种区域分开编码效率高。

各子带中每个小区域的小波系数合成一个矢量。矢量维数依不同分辨率,分别选4、8、16等。矢量的选择模式要结合可分离二进离散小波的方向性进行,如 2×2 、 2×4 、 4×2 等。重要性的判别准则可以多种多样。为了算法的简单,这里只计算各个分量的幅度之和。在幅度之和大于一定门限时,就判定为重要,否则为不重要。门限值的选取可以自适应地

进行,以反映不同图像或不同子带的特性。其实,划分重要性的方法也可以看成是一种特殊的矢量量化,它只有两个码书:0和1。它既不要训练,也不要搜索代表码矢。

压缩系统首先根据原图像的大小和目标压缩比,确定分解几层。对低频的分析信号用DPCM编码。对高频的细节子带,按上述的方法进行重要性划分;然后,对重要的矢量的各分量进行标量量化。这里的标量量化是一种特殊的非均匀标量量化。低于某个门限的置为0;较大的系数屏蔽掉(用0填充)末若干位,如下式所示。这样进一步减少使用的符号数,有利于编码。

$$\hat{x} = \begin{cases} 0, & x < T \\ x \& 0x FE, T & x < 16 \\ x \& 0x FC, 16 & x < 32 \\ x \& 0x F8, x & 32 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \& \text{表示 C 语言中的按位“与”} \\ x \text{ 原来的系数幅度} \\ \hat{x} \text{ 量化后的系数幅度} \end{array}$$

对重要性图用算术编码。对保留的量化后的系数进行霍夫曼编码或算术编码^[5]。重构时先解码重要性图,重要的系数从熵解码中直接获得,不重要的系数用0填充。量化过程中不需要做乘、除法运算。做混合量化时,每个象素平均只做一次加法、一次比较、一次位操作;解码时,逆量化不需要做任何运算。这是HQ法最重要的特点。

混合量化分为两个阶段:第一阶段采用矢量量化,有效地利用了非线性依赖和矢量维数本身两种性质,获得了高压缩比;第二阶段采用标量量化,避免了矢量量化中随维数成指数增加的复杂度,保留了边缘等细节。

3 实验结果

我们以标准测试图像的lenna为例,大小为512×512,每个象素8bits(256级灰度),如图3所示。采用9/7双正交滤波器^[1],用可分离的二维DWT进行变换,分解四层。边界处理采用镜面反射法。采用上述混合量化HQ的编码方法,重构图像如图4所示。我们在表1中给出了5种压缩方法的实验结果。图像的客观质量采用峰值信噪比PSNR来衡量。

JPEG的结果是用CorelDrawTM图像处理软件在质量因子Q=255时获得的;PLVQ和EZW的结果来自参考文献^{[2][3]}。

由对比实验结果可以看出:对图像进行无损压缩,压缩比极小,远远不能满足应用需要;JPEG在低比特率下,不但客观质量较差,而且确实存在方块效应;而基于小波的方法主客观质量都有所提高。

表1 压缩结果比较

压缩方法	比特率 (bpp)	压缩比 (倍)	客观质量 (db)
ARJ	6.81	1.17	
JPEG	0.249	32.2	26.9
HQ	0.172	46.4	30.1
PLVQ	0.174	45.8	30.3
EZW	0.125	64.0	30.2

注 ARJ的结果是用ARJTM软件无损压缩获得的。

4 结束语

量化是基于小波变换的图像压缩的关键环节之一。本文提出的混合量化先对小波系数的各个子带内的各小块(矢量)按重要

性做保留或丢弃的抉择。然后对保留的系数进行非均匀标量量化。最后利用自适应无损编码对重要性图和量化后的系数分别编码。

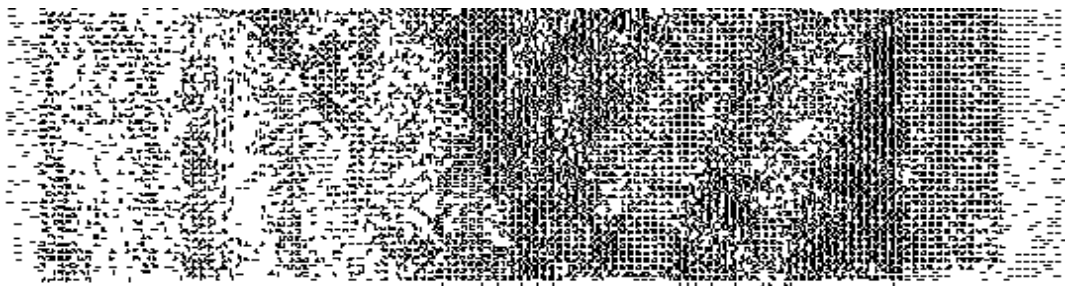


图3 512×512 Lenna 原图

图4 512×512 Lenna 重构图

压缩46.4倍,PSNR= 30.1dB

我们提出的混合量化的效率可以与著名的格型矢量量化相媲美,而计算比格型矢量量化简单得多,甚至比通常的标量量化还简单。因而,混合量化特别适合于快速、低比特率图像压缩。

参考文献

- 1 Antonini, M, Baulaud, M, Mathieu, P, and Daubechies I Image coding using wavelet transform. IEEE Trans on Image Processing, 1992, 1(2): 205 ~ 220
- 2 Barlaud M, Sole P, Antonini M, and Mathieu P. Pyramidal Lattice Vector Quantization for Multiscale Image Coding. IEEE Trans. Image Processing, 1994, 3(4)
- 3 Shapiro J. M Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients, IEEE Trans. Singal Processing, 1993, 41(12): 3345 ~ 3462
- 4 胡征, 杨有为, 矢量量化原理与应用. 西安电子科技大学出版社, 1988
- 5 沙基昌等. DWT 图像压缩中算术编码与霍夫曼编码的联合使用. 见: 全国第五届多媒体技术学术会议论文集. 武汉: 华中理工大学, 1996
- 6 楼生强等. 子波域中图像数据的矢量量化. 国防科技大学学报. 1996, 18(3)
- 7 马维祯. 利用子波变换的图像压缩编码技术. 信号处理, 1995, 11(3)