文章编号:1001 - 9081(2006)05 - 1048 - 02

JPEG2000 的 Le Gall(5,3)有损压缩重构优化

陈 斌,崔志明
(苏州大学 智能信息处理研究所,江苏 苏州 215006)
(210313090@ suda. edu. cn)

摘 要:JPEG2000 定义了一种标准的可逆的整数提升小波:Le Gall(5,3)小波。对 JPEG2000 进行了研究,介绍了一种方法,在使用 Le Gall(5,3)小波进行有损压缩时,可以求得一个在解压缩时使用的参数,使用该参数可以在保持压缩比完全不变的情况下,保留更多的图像细节。

关键词:5/3 有损压缩; 量化; PSNR 最大

中图分类号: TP391 **文献标识码**:A

Le Gall(5,3) lossy compression reconfiguration optimization in JPEG2000

CHEN Bin, CUI Zhi-ming
(*Institute of Intelligence Information Processing, Soochow University, Suzhou Jiangsu* 215006, *China*)

Abstract: In JPEG 2000, a standard reversible lifting-based 5/3 wavelet filters was defined. In this paper, a method was used to get a parameter, which would be used at the time of decompression, the parameter was got when compressed the image using lifting-based 5/3 wavelet filters. At the time of decompression, the parameter could be used to preserve more image detail.

Key words: 5/3 lossy compression; quantization; maximal PSNR

0 引言

最新的图像压缩标准 JPEG2000 分为十几部分,核心的压缩算法分为有损压缩和无损压缩,在 Part 1 中提供了两种标准的提升小波[1]:Le Gall(5,3)提升小波和 9/7 小波;9/7 小波变换是不可逆变换,主要是浮点数运算,只能是有损压缩;而 Le Gall(5,3)小波是整数运算,是可逆的变换,采用它既可以进行有损压缩,也可以进行无损压缩。本文介绍一种方法,在使用 Le Gall(5,3)小波进行有损压缩的同时求得一个参数,在解压缩时使用该参数,可以在保持压缩比不变的情况下,尽可能多的保留图像信息。

1 有损压缩量化

在 Part 1 中使用 dead-zone 量化方法。对于一个任意的经 Le Gall(5,3)小波变换后的系数 x,按下面的公式来产生量化后的系数 q[2]:

$$q = Q(x) = \mathrm{sign}(x)\left\lfloor \frac{|x|}{\triangle} \right\rfloor \tag{1}$$

观察上式可以发现:当 x 在 $(-\triangle, +\triangle)$ 时 q 的值为0;间距宽度为 $2\triangle$,在图像解压缩时,进行反量化;由于在量化时使用了向下取整数,丢失了余数,在反量化时,无法知道这些丢失的信息,所以反量化后的系数往往与量化前的系数不一样,这样就丢失了信息,是有损压缩。$\triangle$ 既可以为整数,也可以为浮点数;反量化通常按下式进行[2]:

$$\tilde{x} = Q^{-1}(q) = \begin{cases} 0, & q = 0 \\ \mathrm{sign}(q)\left\lfloor \left(|q| + \delta\right)\Delta \right\rfloor, & q \neq 0 \end{cases} \tag{2}$$

其中:δ 是一个参数,取值为 0 到 1 之间。为了方便,经常取 $\delta = 0$,典型的取 $\delta = 1/2$;由于 Le Gall(5,3) 小波是整数可逆小波,如果反量化后得到的系数与量化前的系数的均方误差越小,就越能保留更多的图像细节。如何让 δ 或 $\delta * \triangle$ 取得一个合适的值,对保留图像细节有积极的意义。

2 求重构参数

式(2) = $\mathrm{sign}(q) * (|q|\Delta + p)$;$\triangle$ 既可以是整数,也可以是浮点数;通常情况下,为了计算的方便常取 $\triangle$ 为整数,这里也是如此。设 $k = \triangle$,由于采用的 Le Gall(5,3) 提升小波是整数变换,变换后的系数仍然为整数,即量化式中的 x 为整数,x 除以整数 k,余数只可能为 $0,1,2,\cdots,(k-1)$ 中的一个。假设在一幅图像中,所有经过 Le Gall(5,3) 变换后的系数除以 k 后(即量化后),余数为 $0,1,2,\cdots,(k-1)$ 的系数的个数为 $m[0], m[1], m[2], \cdots, m[k-1]$。

对于任意一个即将量化的系数 x,假设 $x/k = s, x\%k = y$;/ 表示求商操作,而 % 代表求余数操作,s 和 k 将被传送到解压缩端,那么在解压缩端得到的解压缩系数为 $s * k + p$;而 $x = s * k + y$;那么系数经量化后的损失为 $|p - y|$;以上变量全部为正整数,系数的符号另外计算。实际上,这里的量化只是简单的求商操作,并不会改变系数的符号,所以求系数量化损失时,只需要求 $|p - y|$ 即可,不用考虑其符号。

例:$x = -9$;$k = 4$;量化后 $q = -2$;$|x| \% k = 1$;解压缩后得到的系数为 $-(4 * 2 + p)$;那么它们的差为 $|p - 1|$。P 就是要求的对整幅图像最优的重构参数。

对于一幅图像,要保留更多的图像细节,其中一种思想就是要使 PSNR 近最大,而 Le Gall(5,3)小波是整数可逆的,所以只需使得下式 SUM 最小:

$$SUM = m[0] * (0 - p)^2 + m[1] * (1 - p)^2 + \cdots + m[k-1] * (k - 1 - p)^2$$

将上式展开后,二次项系数为:

$$A = m[0] + m[1] + m[2] + \cdots + m[k-1]$$

一次项系数为:

收稿日期:2005 - 11 - 07;**修订日期**:2006 - 01 - 13 **基金项目**:江苏省高校自然科学基金资助项目(03KJB520129)

作者简介:陈斌(1983 -),男,安徽池州人,硕士研究生,主要研究方向:智能信息处理、网络应用; 崔志明(1961 -),男,江苏苏州人,教授,主要研究方向:智能信息处理、数据挖掘、网络应用.

$$B = -2*[(0*m[0])+(1*m[1])+(2*m[2])+(3*m[3])+\cdots+((k-1)*m[k-1])]$$

在 JPEG2000 中进入最终压缩编码器的都是正整数,在量化后,如果系数是负数,则要取绝对值,当然符号要通过其他的机制保存。当然,可以先取绝对值,然后再量化。由于量化后的系数都经过了取绝对值,所以 A 是正数。根据数学知识可知,SUM 有最小值,当且仅当 $p=-B/(2*A)$ 时,SUM 取最小值;这里的 p 必定是个正数。设定 p 向下取整后为 z,

$zhi\,1 = p - z$

$zhi\,2 = z + 1 - p$

if $(zhi\,1 > zhi\,2)$ $p = z + 1$

else $p = z$

通过以上的计算方法,可以得到一个正整数 p,使得 SUM 最小,即可以使图像经过有损压缩后,保留更多的图像细节。

由于求 p 值是在图像压缩时进行的,而该值起作用的地方是在解压缩时,因此必须把 p 值在图像压缩时保留,以便在解压缩时使用。由于 JPEG2000 的核心算法中,并没有计算 δ 或 p 的算法,所以 JPEG2000 中并没有办法传输该值,那么就必须修改 JPEG2000 的文件格式;在文件中增加一项以便传输该值,文件大小上也只需要增加几个字节。

3　试验结果

对很多图像进行了试验,下面给出其中两幅试验图像 ct1. dcm 和 ct2. dcm 的试验结果。

图 1　图像 ct1

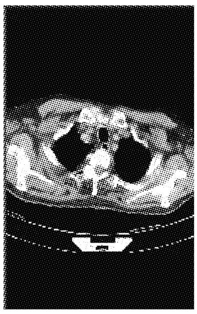

图 2　图像 ct2

对同一幅图像,如果 △ 值相等,那么压缩比是相同的;p 值为 0 表示不对反量化进行修正;p 值为 $1/2*\triangle$ 表示典型的反量化修正;另外一个 p 值是按本文方法计算的;通过大量试验和上面的试验数据可以看出,通过本文计算的 p 值来反量化修正,在压缩比相同时,能保留更多的图像细节。上面都是对整个图像使用同一种量化系数,在实际中,我们往往对小波分解后的不同子带使用不同的量化系数;同样也可以使用本文的方法计算不同子带的反量化修正值。

4　结语

使用本文介绍的方法,可以求得近似最优的解压缩反量化修正参数;使用此参数,在△值一定的情况下,即图像的有损压缩比一定时,能够保留更多的图像细节。经过大量的试验证明,该方法能在相同的压缩比下,明显提高其 PSNR,并且实现简单,是一种有效,可行的方法。

表 1　ct1 的试验数据

图像	△ 值	p 值	PSNR
*ct*1	10	3	52.3098
*ct*1	10	1/2 * 10	51.3176
*ct*1	10	0	49.4295
*ct*1	20	3	46.8759
*ct*1	20	1/2 * 20	45.5675
*ct*1	20	0	44.5466
*ct*1	100	8	33.5468
*ct*1	100	1/2 * 100	32.5237
*ct*1	100	0	32.5656

表 2　ct2 的试验数据

图像	△ 值	p 值	PSNR
*ct*2	10	4	52.7843
*ct*2	10	1/2 * 10	51.8654
*ct*2	10	0	49.9845
*ct*2	20	3	47.4879
*ct*2	20	1/2 * 20	46.1256
*ct*2	20	0	44.8475
*ct*2	100	9	34.6542
*ct*2	100	1/2 * 100	33.2648
*ct*2	100	0	32.9835

参考文献:

[1]　TAUBMAN DS, MARCELLIN MW. JPEG2000 图像压缩基础、标准和实践[M]. 魏江力,译.北京:电子工业出版社,2004.

[2]　LONG M, TAI HM, YANG S. Quantisation step selection schemes in JPEG2000[J]. ELECTRONICS LETTERS, 2002,(6): 547 - 548.

[3]　侯文生,吴小鹰,彭承琳.一种基于小波变换的医学图像量化编码算法的研究[J].中国生物医学工程学报,2002,19(4),657 - 659.

[4]　黄战华,谢洪波,郁道银,等.医学内窥镜图像自适应量化压缩编化码方法研究[J].医学信息,2000,19(3):308 - 312.

(上接第 1039 页)

参考文献:

[1]　边肇祺,张学工.模式识别[M].第 2 版.北京:清华大学出版社,1999.176 - 177.

[2]　LOOG M, DUIN RPW, HAEB-UMBACH R. Multiclass linear dimension reduction by weighted pairwise Fisher criteria[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence, 2001, 23(7):762 - 766.

[3]　JIN Z, YANG JY, HU ZS, *et al.* Face recognition based on uncorrelated discriminant transformation[J]. Pattern Recognition, 2001, 34(7):1405 - 1416.

[4]　BELHUMEUR V, HESPANHA J, KRIEGMAN D, *et al.* Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition using class specific linear projection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence, 1997, 19(7):711 - 720.

[5]　杨健,杨静宇,叶晖,等. Fisher 线性鉴别分析的理论研究及其应用[J].自动化学报, 2003,29(4):482 - 493.

[6]　DUDA R, HART P. Pattern Classification and Scene Analysis[M]. New York: Wiley, 1973. 113 - 120.

[7]　FUKUNAGA KS . Introduction to Statistical Pattern Recognition [M]. New York: Academic Press, 1990.

[8]　CHEN LF, MARK LIAO HY, KO MT, *et al.* A new LDA-based face recognition system which can solve the small sample size problem[J]. Pattern Recognition, 2000, 33(10):1713 - 1726.

[9]　程云鹏.矩阵论[M].西安:西北工业大学出版社,1989. 294 - 302.