

AC 预测改进图像编码计算机实时仿真

何 斌 郝志航

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘 要 根据 Mika Helsingius 提出的 AC 预测编码系统,提出了符合实时图像处理的 AC 预测改进计算方法,并且在计算机上进行了实时图像仿真,结果表明当压缩比小于 8:1 时,取得了良好的效果。

关键词 AC 预测 图像编码 压缩 计算机仿真

中图分类号 中图分类号: TP391.9 **文献标识码** A

1 引 言

现在许多图像压缩算法都采用基本图像块变换编码的方法。这种编码方法尽管有很多优点,但也同时存在两个突出的缺点:块效应和编码能力难以提高。前者是在高压缩比时,相邻两基本图像块之间出现块边界,其原因是截取的基本变换基函数相互之间不重叠,引起边界不连续。后者是由于基本图像块的划分,分割了本来图像内部的相关性,引起块间冗余难以去除,所以影响了编码码率的提高。JPEG 编码是基本图像块变换编码中应用较为广泛,最受关注的算法。尽管 JPEG 已经被确定为国际通用的图像编码标准,但仍然有许多学者对采用 DCT(离散余弦)变换的 JPEG 编码如何更有效的提高编码率进行研究。

依据 JPEG 标准附件 K 提供的块与块不连续平滑的基本思想,就是利用编码基本图像块周围各块的 DC(直流)系数,运用插值的方法来计算当前基本图像块的低频 AC(交流)系数。这样做既可以充分利用块与块之间的相关性,尽可能的去除冗余,提高编码率,又可以平滑低比特编码恢复图像的块效应。文献^[1]在 JPEG 标准的基础上提出了更为接近于原图像 DCT 的 AC 系数的预测方程,并且将其应用到 JPEG 的解码过程,提高了 JPEG 的解码效率。文献^[2]在^[1]的基础上进行了改进,将 AC 预测方程应用于 JPEG 的编码过程中,提高了编码率。本文综合^{[1][2]}的方法及实时应用的具体情况,将^[2]的方法改进为便于实时图像编码应用的 AC 预测方法,并且用实际测绘图像在计算机上进行了实时仿真实验验证。

2 图像压缩的 AC 预测

2.1 AC 预测基本思想

基本图像块变换的各系数,除了各块的 DC 系数有相关性外,它的 AC 系数完全独立于其他图像块的系数,即与其他图像块的 AC 系数相互隔离。这种结果完全是由于算法引起的,并没有反映图像内容固有的特性。为了提取图像内容的这种特性,充分利用各块 DC 系数包含图像内容相关性的特点,构造预测方程。如图所示,若对块 5 的 AC 系数进行预测,预测方程形式如下:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Fig. 1 3×3 array of blocks of 8×8 pixels

$$AC_{i,j}^5 = a_k A_k(p) \tag{1}$$

($k = 1, 2, \dots, 9$; $i, j = 0, 1, \dots, 7$) 式中 a_k 为预测系数, $A_k(p)$ 为关于第 k 基本图像块像素值的函数。

显然采用不同的数学方法可以构造出各种形式的预测方程(1),这种预测特点就是它能够得到当前图像块的 AC 系数的逼近值,以及与变换后其他各块的相关性,提高编码能力。

2.2 JPEG 算法的 AC 预测

在实时图像编码中广泛采用有损基本顺序模式 JPEG 编码。基本模式 JPEG 过程如 Fig.2 所示,编码采用 DPCM-Huffman 编码方式,即对量化 DC 系数采用相邻块 DC 系数差值 Huffman 编码,而 AC 系数直接进行 Huffman 编码。显然 AC 系数的相关冗余无法消除。JPEG 标准推荐了一组 AC 预测方程,对于当前编码块的低频 AC 系数进行预测,其目的是在高压缩比应用中,平滑块效应,提高视觉效果。

预测方程如下:

$$AC01 = 1.1385(DC_4 - DC_6) \tag{2}$$

$$AC10 = 1.13885(DC_2 - DC_8) \tag{3}$$

$$AC20 = 0.27881(DC_{2+} - DC_{8-} - 2 \times DC_5) \tag{4}$$

$$AC02 = 0.27881(DC_{4+} - DC_{6-} - 2 \times DC_5) \tag{5}$$

$$AC11 = 0.16213[(DC_1 - DC_3) - (DC_7 - DC_9)] \tag{6}$$

方程(2) - (6)的主要缺点是没有包含当前编码块 dc 值,造成对 AC01, AC10, AC11 的预测结果与 DC5 无关,因此 JPEG 推荐的 AC 预测方程应用结果与原图像 DCT 的 AC 系数误差很大,仅限于解码时平滑块效应,不能用于编码。

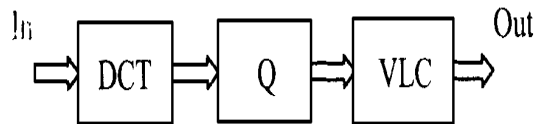


Fig. 2 Process of JPEG coder

3 改进 AC 预测方法

3.1 AC 预测方程的改进

在(2) - (6)方程的基础上应用沃氏变换推导出新的 AC 预

	1	
2	3	4
	5	

Fig. 3 Shaded blocks for AC prediction

测方程^[1]。新的预测方程从根本上改变了 JPEG 推荐预测方程的不足,使得预测的 AC 系数与原 DCT 的 AC 系数比较接近。将其用到解码器中^[1],取得较好的结果。

根据 JPEG 顺序模式的特点^[2],对提出的 AC 预测方程进行改进^[1],提出了应用于编码系统的 AC 预测方程。如 Fig. 3 所示,阴影部分用于 AC 预测,其中区域 1, 2 分别由 8 个像素组成,区域 3, 4, 5 由 64 个像素组成,对区域 3 的 AC 系数进行预测:

$$AC01= 0.02233 d_2 \times 16 - 0.0341d_3 - 0.0147d_4 \quad (7)$$

$$AC10= 0.02233 d_1 \times 16 - 0.03419d_3 - 0.0147d_4 \quad (8)$$

$$AC02= 0.005467 d_2 \times 16 - 0.017083d_3 - 0.00615d_4 \quad (9)$$

$$AC20= 0.005467 d_1 \times 16 - 0.017083d_3 - 0.00615d_5 \quad (10)$$

$$AC03= 0.00233 d_2 \times 16 - 0.003574d_3 - 0.001094d_4 \quad (11)$$

$$AC30= 0.00233 d_1 \times 16 - 0.003574d_3 - 0.001094d_5 \quad (12)$$

式中 d_i 表示第 i 区域像素值之和,而像素值必须为 Q^{-1} 和 DCT^{-1} 之后的解码值。

3.2 AC 预测编码系统

JPEG 编码系统有损图像编码能力的提高,取决于量化矩阵和 DPCM-Huffman 编码器,由 Fig2. 可知量化水平越高,图像变换非零系数越少,压缩比越高,同时图像编码损失信息就越多,恢复图像失真越严重。通过多种实例图像的实验表明,JPEG 编码系统基本模式的量化水平 $q > 12$ (或压缩比大于 16:1) 时,恢复图像将出现较大的几何失真和明显的块效应,对于要求高保真的图像(如:测绘图像,空间侦察图像等)不能接受这种图像处理结果。因此 JPEG 编码系统应用在高保真图像处理时,一般压缩比不超过 12:1。许多图像处理系统为了保证质量,仅采用 8:1 (或 4:1) 的量化水平。因此要在图像失真的限量内,提高图像的压缩能力,只有在编码中尽可能去除冗余。

在基本 JPEG 编码中,采用相关 DC 系数差值编码,而 AC 系数直接采用 Huffman 编码,没有消除其中的冗余。因此如果图像块之间的 AC 系数能变成相关

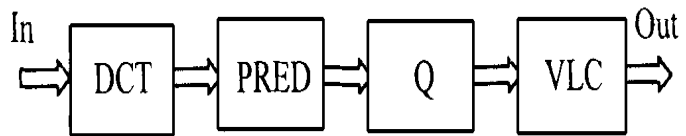


Fig. 4 Encoder structure of AC prediction

系数差值编码,那么即保持了图像质量又提高了编码压缩能力。

根据 DCT 系数相关冗余集中在 DC 和低频 AC 的特点,AC 预测主要对在图像块左上角两个边界处的 AC 系数进行预测,得出接近原 AC 系数的预测值。运用 AC 预测系数与原系数的差值 Huffman 编码,就是 AC 预测编码系统的突出特点。

由上述讨论以及(7) - (12) 预测方程,可以得到具有 AC 预测的编码系统如 Fig4.

4 AC 预测编码计算机实时图像处理的仿真

4.1 AC 预测方程实时处理存在的问题

从图像实验验证结果可知^[2], (7) - (12) 预测方程可以得到较好的结果,但在实时图像处理时,仍存在如下不足:

(1) 由于 JPEG 顺序模式编码是从左到右从上到下进行变换编码,因此 AC 预测中 d_5 将对

运算量增加较大开销;

(2) 预测变量 d_i 来源于反变换后的像素值,这在实时处理中是难以实现的。

4.2 改进的 AC 预测方法

针对 4.1 提出的问题,为了实现 AC 预测编码,对提出的 AC 预测方程各变量计算方法^[2]进行如下改进:

(1) 由二维 DCT 公式可知 DC 系数

$$F(0,0) = \frac{1}{8} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x,y) \quad (13)$$

式(7)–(12)中的 d_3, d_4, d_5 是反变换后的图像块内像素值之和,式(13)中表明 DC 系数的 8 倍也是图像块内像素值之和,在压缩比不很高的情况下,两者很接近,所以可以用 DC 系数计算 d_3, d_4, d_5 ;

(2) 由于图像邻近像元内容具有很强的相关特性,采用区域 3 的第 1 行像素值之和以及第 1 列像素值之和分别近似 d_1, d_2 的计算;

(3) 编码器的输入图像数据矩阵采用 24×24 ,这样就减少了 d_5 计算的开销,但存储的开销增大。如果实时性要求较高,可将 6 个 AC 系数预测减少到 3 个 AC 系数的预测,即对 DCT 的第 1 行的低频 AC 系数预测。

4.3 实时仿真结果

为了满足实时图像处理的要求,仅对三个 AC 系数进行了预测编码,经过对测绘图像运用改进 AC 预测方法在计算机上进行了实时仿真编码实验表明,当压缩比不超过 8:1 时,预测 AC 系数消除冗余效果较好,平均每个变换块编码减少 8 比特像素值码,对于大图像的处理有实用价值。在高压缩比时,采用改进预测方法误差增大,因此需要改进方程系数才能达到较好的仿真效果。

参 考 文 献

- 1 Lakhani G. Improved image reproduction from dc components. Opt Eng. 1996, 35(12): 3449 ~ 3452
- 2 Helsingius Mika. Image compression using ac prediction. Opt Eng. 1999, 38(1): 181 ~ 184

Computer Real-time Simulation of Improved Image Coding of AC Prediction

HE Bin, HAO Zhi-Hang

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

According to prediction coding system proposed by Mika Helsingius, the improved method of AC prediction in real-time digital image process was suggested and applied to simulation experiment of the image compression on computer. The favorable results were gotten when CR was less than 8:1.

Key Words: AC prediction, Image coding, Compression, Computer real-time simulation

何 斌 男, 副研究员, 1990 年北京理工大学研究生毕业, 获硕士学位, 现在中科院长春光机所工作, 主要研究方向实时数字图像处理。