

## 整数变换及其在 H. 263 中的应用\*

欧建平, 王 展, 皇甫堪

(国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 针对 H. 263 视频编码标准的 DCT 变换有运算量大、截尾误差等特点, 在提升格式的基础上, 采用整数变换代替浮点 DCT, 并且对相应的量化器加以调整, 设计了一种适用于 H. 263 的整数变换。并将这种整数 DCT、浮点 DCT 和定点 DCT 在结构和性能上进行比较分析, 证实其具有消除浮点运算、减少运算量的特点, 并且有很好的压缩效果。

**关键词:** H. 263; 提升格式; 整数变换; 量化

**中图分类号:** TN919.8    **文献标识码:** A

## Integer Transform and Its Application in H. 263

OU Jian-ping, WANG Zhan, HUANGFU Kan

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Great capacity of operations and truncation error are the shortcomings of DCT in video codec recommendation H. 263. An integer transform that is suitable for H. 263 is designed based on lifting scheme, float-point DCT being replaced by integer DCT, and the measure of quantization being modified. The structure and performance are compared among integer transform, float-point DCT and fixed-point DCT, showing that integer transform is a nice transform with the advantage of perfect compression effect, free of float-point operations and fewer arithmetic operations.

**Key words:** H. 263; lifting scheme; integer transform; quantization

整数变换是近年来迅速发展的一种变换域编码, 是以旋转矩阵为基础的近似于 DCT 的变换。文献 [3] 介绍的提升格式的整数变换, 应用于静止图像编码, 性能非常好, 我们对之加以改进, 调整量化参数, 应用于视频编码标准 H. 263<sup>[1]</sup> 的运动图像编码中, 使得变换编码只有整数运算, 并且很大程度上减少了运算量, 消除了浮点运算, 这对于 ASIC、定点 CPU 实现视频编码是非常有意义的。

### 1 基于提升格式的整数变换

#### 1.1 8 点 DCT 变换的分解

H. 263 变换域编码采用的是以  $8 \times 8$  为子块的浮点 DCT 变换, 这是种二维变换, 通常是由被分解为两个相同的一维行列变换组成,  $N$  点一维 DCT 变换的公式为

$$y(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N}, \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (1)$$

在 H. 263 中, 有的测试代码 TMN 中 DCT 采用的是 Chen Wang<sup>[2]</sup> 的快速浮点算法, 其特点是对 DCT 进行系数分解, 得到一种快速的蝶式运算结构, 8 点一维 DCT 共有 13 次乘法, 29 次加法。

式(1)的 DCT 变换可以简记为矩阵形式:  $Y = C_N X$ , 其中,  $C_N = \sqrt{\frac{2}{N}} \begin{bmatrix} \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N} \end{bmatrix}$ , 为系数矩阵, 同时  $C_N$  也是一种旋转矩阵, 可以把  $C_N$  分解为如下形式

$$C_N = \frac{\sqrt{2}}{2} P_N \begin{bmatrix} I_{N/2} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & J_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{N/2} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & C'_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} & J_{N/2} \\ I_{N/2} & -J_{N/2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

\* 收稿日期: 2003-04-05

作者简介: 欧建平(1974-), 男, 博士生。

这里,  $P = [p_{ij}] (0 < i, j < N - 1)$ , 为置换矩阵, 其中

$$p_{ij} = \begin{cases} 1, & (i = 2j, 0 \leq j \leq N/2 - 1) \text{ 或 } (i = 2N - 2j - 1, N/2 - 1 \leq j \leq N - 1) \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$C'_{N/2} = \sqrt{\frac{2}{N}} \left[ \cos \frac{(2n+1)(2k+1)}{4N} \right], J_{N/2} \text{ 为 } N/2 \text{ 阶倒序矩阵, } I_{N/2} \text{ 为 } N/2 \text{ 阶单位阵。}$$

可以看出, 式(2) 可以构成 DCT 的一种蝶式运算, 矩阵  $P_N$  和  $\begin{bmatrix} I_{N/2} & J_{N/2} \\ I_{N/2} & -J_{N/2} \end{bmatrix}$  的每一行构成单个蝶式运算, 而矩阵  $\begin{bmatrix} C'_{N/2} & 0 \\ 0 & C'_{N/2} \end{bmatrix}$  是在蝶式运算上进行加权, 每个加权的基本蝶式运算都是旋转矩阵  $R_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$  的运算结果, 对矩阵  $\begin{bmatrix} C'_{N/2} & 0 \\ 0 & C'_{N/2} \end{bmatrix}$  进行整数化, 就可得到 DCT 的提升格式。

### 1.2 8 点整数变换的结构

根据 DCT 变换的旋转因子分解形式, 分别对加权因子整数化, 就可以得到整数变换。整数化一般采用近似方法, 使得其具备  $k/2^m$  形式, 其中  $k, m$  都为整数,  $k$  值可作为加法或乘法,  $m$  值则进行移位处理, 消除了浮点运算和除法运算, 便于整数运算。

在整数化的时候, 充分考虑到视频图像的特征, 发现有如图 1 所示的系数结构的整数变换, 可以得到很好的压缩效果。

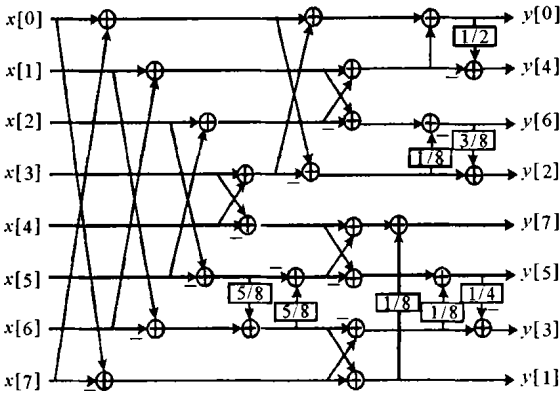


图 1 8 点整数变换结构图  
Fig.1 Structure of integer DCT

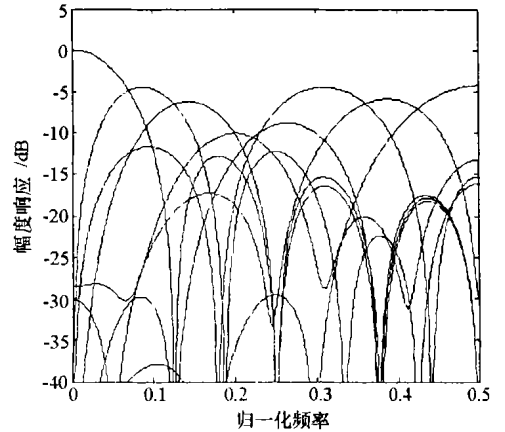


图 2 整数变换滤波器的幅频特性  
Fig.2 The frequency characteristic of integer DCT

同时可以把这个变换过程看作一个滤波过程, 滤波器幅频特性如图 2 所示。这种变换存在完全可逆变换, 逆变换的过程与正变换过程相反, 呈对称性, 可以作为无失真图像压缩的方法。

### 1.3 整数变换的量化

为了使整数变换达到与 DCT 变换编解码的兼容目的, 就要使整数变换的结果接近于 DCT 变换, 注意到整数变换与标准的 DCT 比较, 每一级蝶式运算少乘了一个  $1/\sqrt{2}$  的系数, 8 点整数变换有三级蝶式运算少乘了  $1/2\sqrt{2}$ 。为避免除以  $\sqrt{2}$  这样的无理数, 对整个  $8 \times 8$  块处理, 行列变换各 8 点, 则一共少乘  $1/8$ , 这样就只要右移 3 位即可。而且为了减小变换的复杂度, 在保证变换运算不溢出的情况下, 把这个移位处理放在量化过程中, 事实上, 输入的是 8 位的 YUV 信号, 若变换结果为 16 位, 就不会产生溢出。

## 2 实验结果与比较

下面分别就这几种变换编码的效果加以比较, 采用的主要比较指标为峰值信噪比 (PSNR), 以 H. 263 码流结构对多个典型图像序列进行了测试, 得出的结果相似, 这里仅以 Miss American 图像为例。首先在压缩比为 110: 1 的 QCIF 格式的 150 帧序列进行浮点 DCT、整数变换、定点 DCT 的比较。这里定点 DCT 是指把 DCT 系数余弦值定点化而得, 这三种变换的 PSNR 比较如图 3 所示。

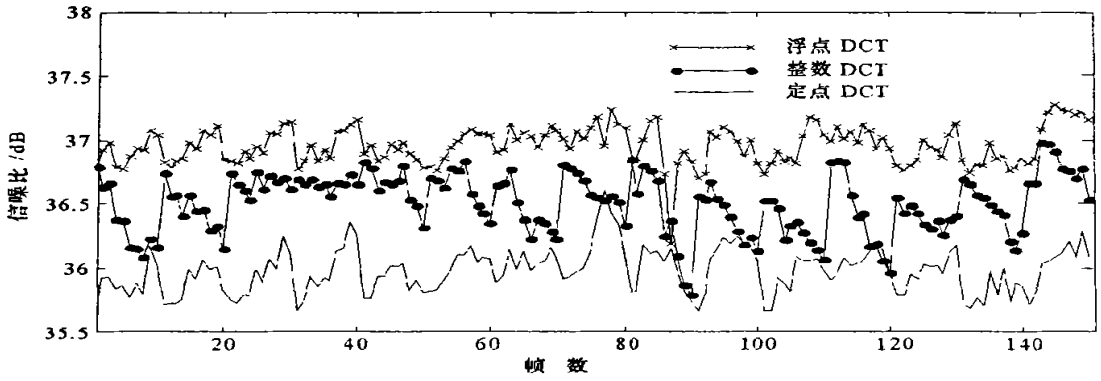


图3 浮点 DCT、整数变换、定点 DCT 的 PSNR 比较

Fig.3 The comparison of PSNR in float-point DCT, integer transform, fix-point DCT

可以看出, 整数变换的 PSNR 要高于定点 DCT。由于浮点 DCT 的精度高, 因而其信噪比要高于前二者, 但是其计算的复杂度和存储量也要远远高于前二者。

图4为文献[3]和本文的整数变换的 PSNR 比较, 这里的系数与文献[3]略有不同, 需要说明的是文献的整数变换主要是应用于静态图像编码, 而 H. 263 是运动图像编码, 故文献[3]的信噪比略低于本文, 并且在系数量化的方法上也有区别。

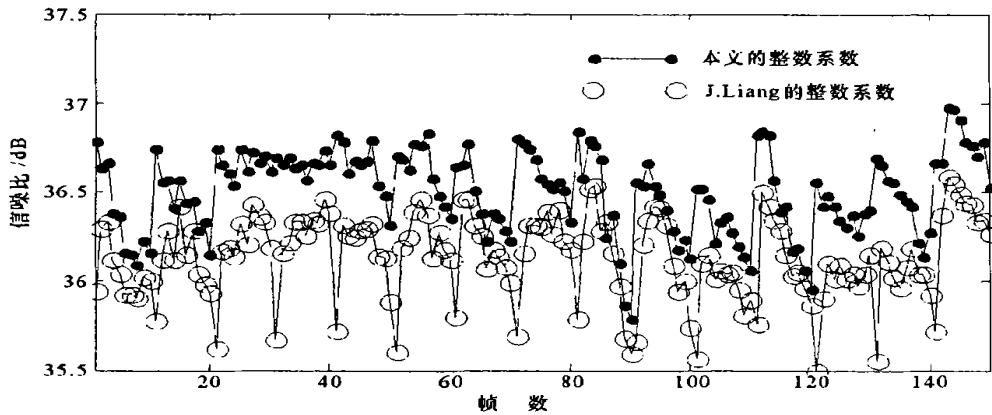


图4 两种整数变换的 PSNR 比较

Fig.4 The comparison of PSNR in two kinds of integer transform

### 3 结束语

本文介绍以整数变换的 H. 263 编解码, 已经在 TI 公司的 TMS320VC5509 的定点 DSP 上实现。通过上述实验结果表明, 整数变换确实可以应用于 H. 263 编解码。由于是精确的整数系数, 编解码中的逆变换是相同的, 可以消除块不匹配等问题。此外, 整数变换被正在制定的视频编码标准 H. 264 所采纳, 预计整数变换将代替 DCT 变换成为变换域编码的主要方法。

### 参考文献:

- [1] ITU-T Recommendation H. 263. Video Coding for Low Bitrate Communication[S]. March 1996.
- [2] Wang Zhongde. Fast Algorithms for the Discrete W Transform and for the Discrete Fourier Transform[J]. IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1984, 32(4).
- [3] Liang J, Tran T D. Fast Multiplierless Approximation of the DCT with the Lifting Scheme[J]. IEEE Transaction on Signal Processing, 2001, 49(12): 3032- 3044.
- [4] Liang J, Tran T D. Approximating the DCT with the Lifting Scheme: Design and Applications[C]. Proc. of the 34<sup>th</sup> IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, Nov. 2000.
- [5] Cheng Lizhi, Xu Hui, Luo Yong. Integer Discrete Cosine Transform and Its Fast Algorithm [J]. IEEE Electron. Lett., 2001, 37(1).