

# 基于可逆整数 DCT 的遥感图像的无损压缩

朱曼洁<sup>1</sup>, 赵 岭<sup>2</sup>

(1. 航天五院卫星应用系统部, 北京 100086; 2. 北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 通过程序设计实现了基于整数 DCT 的无损压缩算法, 适用于遥感图像压缩。该算法对遥感图像进行整数 DCT 无损变换, 用算术编码对变换系数进行了压缩。测试结果证明, 相比于现有的基于 DCT 的无损压缩算法, 压缩率有了一定的降低, 对于遥感图像的压缩效果要好于普通无损压缩算法, 可以在同一个系统中同时实现图像的无损/有损压缩, 有一定的实用价值。

**关键词:** 无损压缩; 整数 DCT; 算术编码; 压缩率

## Compression Algorithm Based on IntDCT Transformation

ZHU Manjie<sup>1</sup>, ZHAO Ling<sup>2</sup>

(1. Satellite Application System Department, China Academy of Space Technology, Beijing 100086;

2. Electronics and Engineering School, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

**【Abstract】** The article proposes a lossless compression method for still radar image based on binDCT transformation. IntDCT is used to achieve an integer to integer transformation for image. A series of coefficients are sent to arithmetic encoder. The experimental results show the proposed algorithm improves the performance of losslessness/ lossness compression for radar images.

**【Key words】** Lossless compression; BinDCT; Arithmetic encoder; Compressibility

随着科学技术的进步, 航天遥感技术迅速发展, 遥感图像日益增长的数据量和有限的数据容量之间的矛盾越来越突出。为了最大限度地保持遥感传感器所获取的信息, 一般对遥感图像都采用无损压缩的方法, 同时, 为了适应遥感数据采样率较高的特点, 压缩的实时性要求较高, 因而要求压缩方法计算简单, 硬件复杂度低。

现在常用的图像编码国际标准除了 JPEG2000 采用小波变换外, 变换编码部分都是采用 DCT 变换, 这是因为 DCT 被认为是对 KL 变换的最理想的逼近, 它能够使图像能量经变换后尽可能集中于尽可能少的几个系数, 从而得到较高的压缩比, 根据有关研究, DCT 变换在高信噪比的情况下比小波具有更好的压缩性能。此外, DCT 变换还具有易于硬件实现的优点。但是, 现有的编码标准中采用的都是浮点型 DCT 变换, 在计算机的有限精度计算后, 必定存在精度误差, 无法达到无损压缩的目的。在文献[1]中, 采用提升的方法对 DCT 变换进行了改造, 使之成为从整数到整数的整型变换, 由于它是有限精度的计算, 又是整数变换, 而且非常接近浮点型 DCT 的性能, 因此很大程度上满足了压缩系统要求有效控制无损压缩、最小限度地利用存储器 and 简化计算复杂度等要求。本文提出了一种基于整数 DCT 的无损压缩方案, 它将可逆整数 DCT 和算术编码结合, 比文献[1]中的算法有了更好的压缩效果, 更重要的是可以控制是否加入量化器而在同一个系统中实现无损/有损压缩。在算法实现上, 可以进行同址运算, 从而大大节省了存储空间, 运算速度快, 完全可以满足对实时性和复杂性的要求。

### 1 本文算法

#### 1.1 系统框图

系统框图具体如图 1 所示。



图 1 无损压缩系统框图

#### 1.2 可逆整数 DCT 变换

采用提升方法的整数 DCT 变换的基本思想是: 根据 Daubenchies 在文献[2]中叙述的提升方法, 可以为任何主对角线元素为 1 的三角形矩阵构造出与其相对应的可逆整型变换, 由于 DCT 线性变换矩阵可以分解成这种三角形矩阵的乘积, 这样就可以将任意 DCT 变换用可逆的提升方式表示。

8 点 DCT 的因式分解如图 2 所示, 其中虚线框内为 4 点 DCT。它可以分解为 8 次蝶形和 5 次平面旋转。图 3 是将一个旋转矩阵分解为 3 个提升矩阵(图 3(a))和逆变换(图 3(b))的过程。

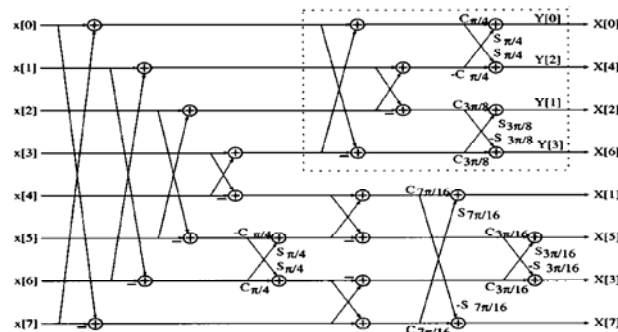


图 2 一维 8 点 DCT 分解

**作者简介:** 朱曼洁(1981 -), 女, 硕士生, 主研方向: 遥感图像的处理与传输; 赵 岭, 博士生

**收稿日期:** 2006-01-30 **E-mail:** sgr@ecict.com.cn

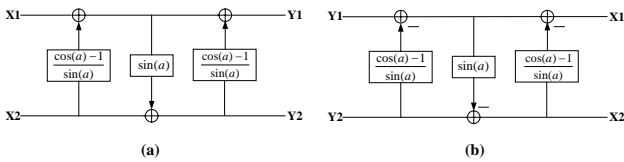


图3 提升结构的正变换和逆变换

由于提升因子一般不是整数，因此输出结果仍可能是浮点数，但由于提升方式的正变换和反变换的结构是一致的，因此只要对提升后的系数取整，就可以保证变换是整数和可逆的，从而实现了整数变换。用提升方式表示的 DCT 变换分解如图 4 所示。其中输出的直流系数  $x[0]$  为输入序列的平均值，减少了输出系数的动态范围。

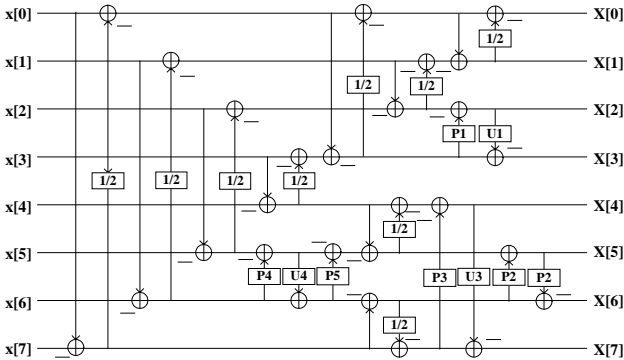


图4 用提升结构替代后的整型 DCT 分解

### 1.3 算术编码算法

算术编码 (Arithmetic Coding) 的概念由 Elias 在 20 世纪 60 年代初期提出的, Rissanen 和 Pasco 首次介绍了它的实用技术。到 20 世纪 80 年代才出现了算术编码的具体实现方法。其基本思想是: 用区域划分来表示信源输出序列, 信源输出的任何一种组合, 与某数值范围内的一个区域一一对应, 用算术方法表示这个区域, 就相当于给出了一个信源输出序列。如果这种算术表示能用一个二进制数表示, 那么这个二进制数值是这个信源输出序列的一种编码, 因为一一对应关系存在, 因此这种编码是唯一可解的。

算术编码中的初始区间是  $[Low, High]$ , 更新区间  $[Low, High]$  的方式为

$$\begin{aligned} Range &= High - Low; \\ NewHigh &= Low + Range * HighRange(x); \\ NewLow &= Low + Range * LowRange(x); \end{aligned}$$

其中,  $HighRange(x)$  和  $LowRange(x)$  根据该符号  $x$  出现的概率而定。

算术编码有两种编码模式: 基于概率统计的固定模式和自适应模式。前者通过对信源的知识或预先的样本统计, 预先确定概率符号, 由于它需要事先对所有符号进行扫描, 以统计各符号出现的概率, 因此计算量比较大; 后者在起始时设置一个初始概率分布, 以后每输入一个符号, 通过累计改变概率分布表, 实时根据信源的概率变化, 只要编码器和解码器使用相同的初始值和相同的改变区间的方法, 那么它们的概率模型将保持一致。

算术编码的优点是当信源输出序列逐渐增大时, 它的编码效率将逐渐逼近 100%, 即平均码长逼近信源的熵。

### 1.4 优化算法

#### 1.4.1 变换块尺寸的选择

在 binDCT 中, 一般不直接对整个图像进行变换, 而是首先对图像分块再变换, 这样不仅可以减少运算量, 而且容

易将传输误差引起的错误控制在一个块内。变换块的大小一般为 4、8 或 16。对于遥感图像, 变换块尺寸的选择取决于图像的特点。

与一般图像相比, 遥感图像数据的相关性较弱, 纹理复杂丰富, 具有高熵值和低冗余度的特点。因此如果变换块的尺寸太大, 就不能有效区分平坦区和波动区, 去相关性差。基于此, 选择 binDCT 的变换块为 4。测试证明,  $4 \times 4$  binDCT 的压缩性能优于  $8 \times 8$  和  $16 \times 16$  binDCT。

#### 1.4.2 优化熵编码器输入动态范围

传统 DCT 的直流系数是输入序列的和, 它远远大于其他的交流系数, 因此变换系数的动态范围主要由直流系数决定。观察基于提升方式的整数 DCT 的变换过程, 可以发现输出的 DC 系数是输入序列的平均值, 使得动态范围降低了。在本文中, 对每个相邻子块的直流系数作差分处理, 如下所示:

$$\begin{aligned} array\_a[0][0] &= array\_a[0][0] - temp; \\ temp &= array\_a[0][0] + temp; \end{aligned}$$

参数 temp 用于记录上一个子块的直流系数。由于相邻子块间具有相关性, 使得相邻的直流系数也具有一定的相关性, 因此除了第一个子块的直流系数仍为真实值外, 其他的直流系数都可以用差值表示, 从而进一步大大降低了动态范围。

#### 1.4.3 建立上下文索引值

本文采用的是多模型的自适应算术编码器。在自适应算术编码器的基础上, 考虑上、下文的索引型编码器, 分析前面已编码的几个符号性质, 计算出一个索引值  $Q$ , 选择第  $Q$  个概率分布模型进行编码。

在本文中, 索引值  $Q$  的确定基于系数的如下分布特征: 变换块的能量主要集中在左上角低频区域, 其中 DC 系数最大, 一般越向右下角的高频区域, 系数越趋近于 0。因此按  $z$  型对系数进行扫描, 对前若干个较大的低频系数顺序赋予不同的索引值, 如图 5 所示, 也可以对一部分低频系数进行上下文归类, 并将后面较小的高频系数归为一个索引值, 将属于不同上下文的系数归入不同的概率模型, 从而避免了概率模型稀疏的问题。

0	1	3	6
2	4	7	10
5	8	11	13
9	12	14	15

图5 整数 DCT 系数的扫描顺序

## 2 实验结果

### 2.1 实验环境

本实验的对象为某遥感图像, 硬件测试环境为: 主频 866MHz, 内存 384MB。

### 2.2 测试结果

利用本文提出的算法某对  $512 \times 512 \times 8$  bit 的卫星图片进行压缩, 结果如表 1 所示, 其中选择了 6 种索引值个数。

表1 不同上下文个数时的无损压缩效果

索引值 $Q$ 个数	压缩文件	算术编码压缩结果
1	221 655	235 522
2	221 908	
5	221 510	
7	221 726	
11	222 191	
16	222 349	

从表 1 中可以看出, 经过整数 DCT 变换, 数据的冗余度

(下转第 282 页)