

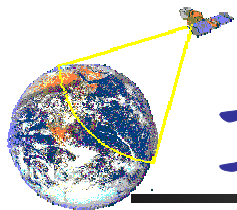
数字图像处理与分析

第六章 图像压缩2

刘定生

中科院中国遥感卫星地面站

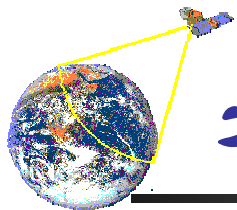
2004年春季学期



第六章 图像压缩

■ 第六章 图像压缩（2）

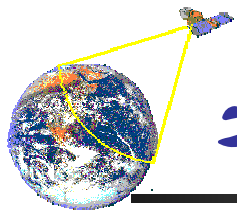
- 图像压缩基本概念
- 图像压缩模型
- 图像压缩中的信息论观点
- 图像压缩编码的基本方法
- 无损压缩
 - ✓ 霍夫曼编码、香农-范诺编码、算术编码、RLE 编码、LZW 编码
- 有损压缩
 - ✓ 预测编码、变换编码
- 图像压缩标准
 - ✓ 静止图像编码标准、连续帧图像编码标准



有损压缩引言

■ 有损压缩引言

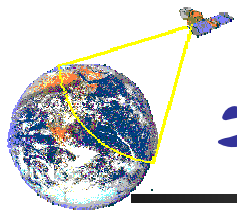
- 有损压缩是利用人类的视觉心理冗余，通过忽略不引起广泛关注的细节信息，实现图像数据高倍率的压缩
- 另一方面，通过牺牲图像的部分准确率，亦可达到加大压缩率的目的；如果我们容忍解压缩后的结果中有一定的误差，那么压缩率可以显著提高。
- 通常，有损压缩方法在图像压缩比大于50:1时仍然能够有效地重构图像，现代方法甚至可以达到100:1以上；而如果压缩比为10:1到30:1，则重构的图像与原图在视觉上几乎没有差别
- 对一般图像，无损压缩的压缩比很少有超过3:1的。这两种压缩方法的根本差别在于对图像数据的量化上



有损压缩引言

■ 有损压缩引言

- 有损压缩的方法，在传统压缩编码体系下，主要分为预测编码和变换编码两大类
- 预测编码
 - ✓ DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 编码
 - ✓ DM (Delta Modulation) 编码
- 变换编码
 - ✓ DCT变换编码 ⇒ JPEG、MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4
 - ✓ 小波变换编码 ⇒ JPEG2000



有损压缩 — 有损预测编码

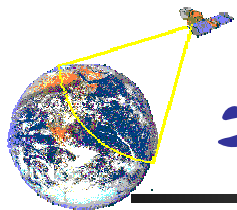
■ 预测编码

➤ 预测编码是数据压缩理论的一个重要分支。它根据离散信号之间存在一定相关性的特点，利用前面的一个或多个信号对下一个信号进行预测，然后对实际值和预测值的差（预测误差）进行编码。如果预测比较准确，那么误差信号就会很小，就可以用较少的码位进行编码，以达到数据压缩的目的。

➤ 第 n 个符号 X_n 的熵满足：

$$H(x_n) \geq H(x_n | x_{n-1}) \geq H(x_n | x_{n-1}x_{n-2}) \geq \dots \geq H(x_n | x_{n-1}x_{n-2}\dots x_1)$$

参与预测的符号越多，预测就越准确，该信源的不确定性就越小，数码率就可以降的越低。



有损压缩 — 有损预测编码

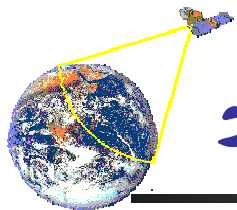
■ 预测方程式

$$x'_k = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{k-1}, k)$$

线性预测:
$$x'_k = \sum_{i=1}^{k-1} a_i(k) x_i$$

如果 a_i 是常数, 则为时不变线性预测, 否则为自适应线性预测 (ADPCM)

最简单的预测方程:
$$x'_k = x_{k-1}$$



有损压缩 — 有损预测编码

■最佳预测编码

使误差函数 $mse = E[(x_n - x'_n)^2]$

达到最小值的预测方程式叫做**最佳预测**。

求最佳线性预测的各个参数 a_i ，列方程组：

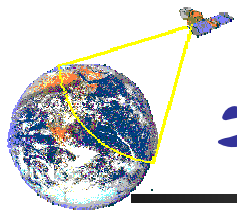
$$\frac{\partial E[(x_n - x'_n)^2]}{\partial a_i} = 0, (i = 1, 2, \dots, n-1)$$

代入 $x'_n = \sum_{i=1}^{n-1} a_i x_i$ 得到联立方程组：

$$E[x_n x_i] = \sum_{l=1}^{n-1} a_l E[x_l x_i], (i = 1, 2, \dots, n-1)$$

如果为一阶线性预测，则可求得：

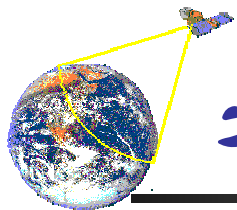
$$a_1 = \frac{E[x_n x_{n-1}]}{E[x_{n-1}^2]} \quad x'_n = a_1 x_{n-1}$$



有损压缩 — 有损预测编码

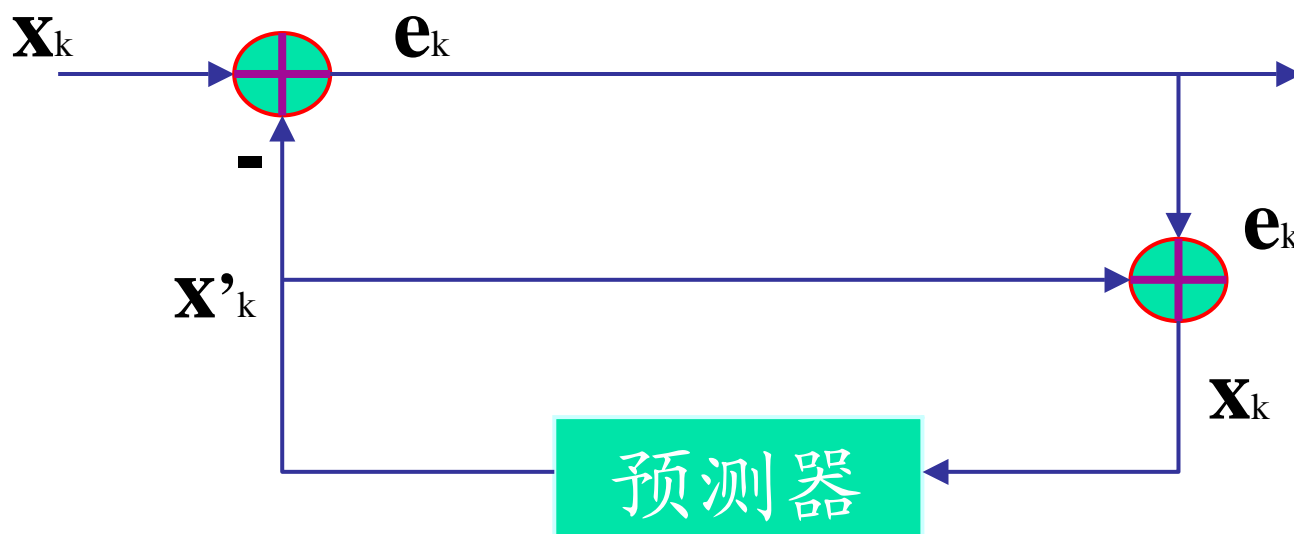
■ DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 编码基本思想

- 去除像素间相关性冗余
- 当前像素值的发生与以前像素值的集合密切相关，因而可以用以前的像素值来预测当前像素值
- 用当前时刻以前的像素值 f_{n-1} ，通过预测方法得到一个预测值 f'_n ，对当前值和预测值求差；对差值进行编码，作为输出压缩数据流中的下一个元素
- 由于差比原数据要小，因而编码可以较小，可用变长编码，形成无损DPCM编码
- 大多数情况下， f_n 的预测是通过 m 个以前像素的线性组合来生成

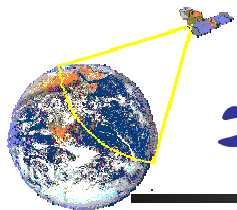


有损压缩 — 有损预测编码

■ DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 编码



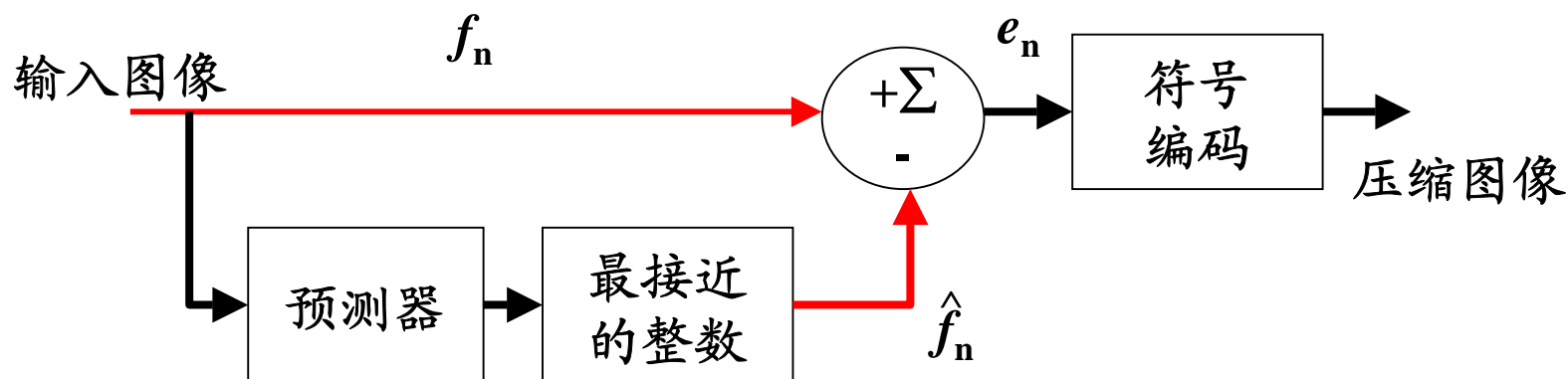
DPCM是有损型还是无损型关键看对预测误差 e_k 如何编码。



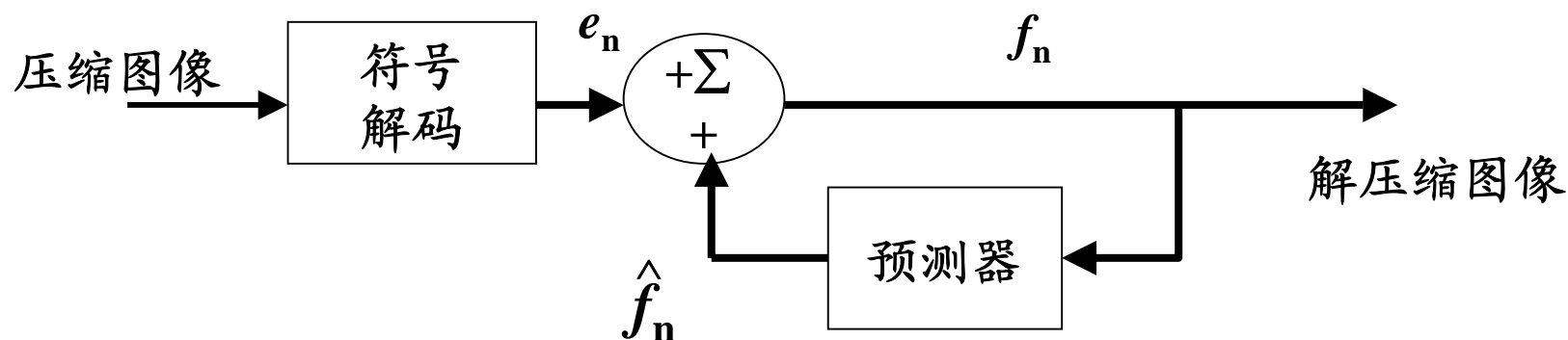
有损压缩 — 有损预测编码

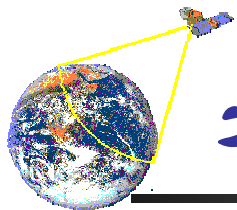
■ 无损DPCM编码

➤ 编码器



➤ 解码器

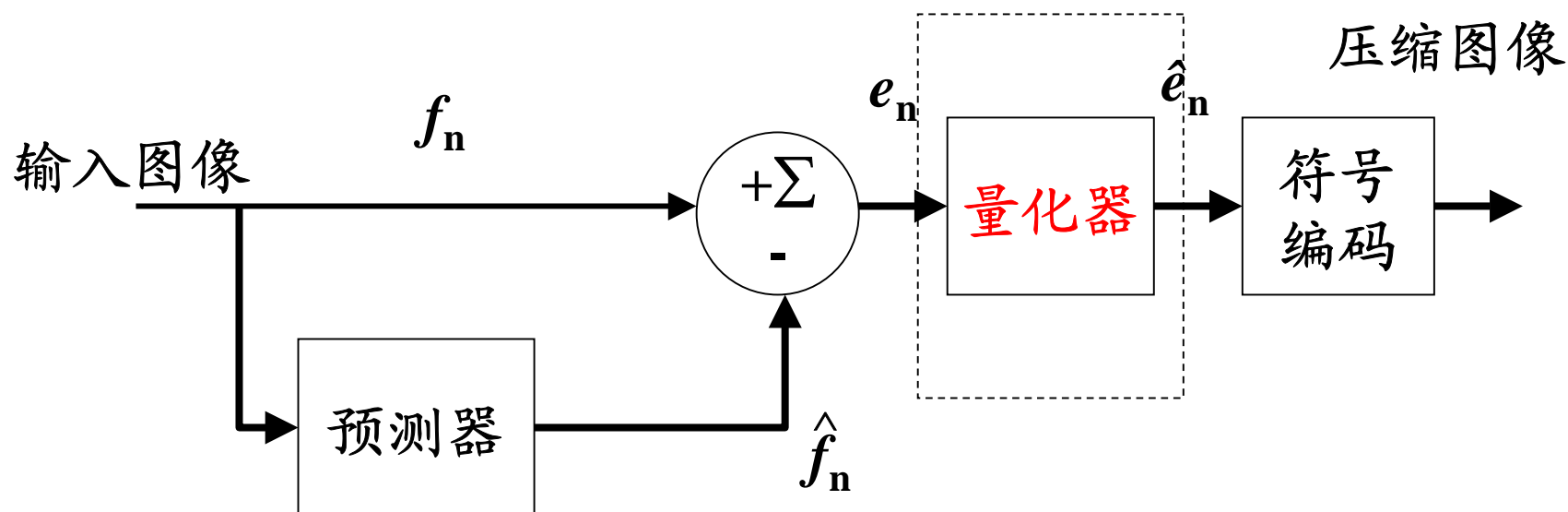




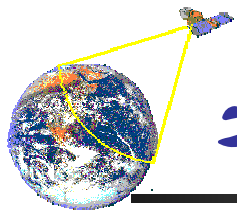
有损压缩 — 有损预测编码

■ 有损DPCM编码

对无损预测压缩的**误差进行量化**，通过消除视觉心理冗余，达到对图像进一步压缩的目的。



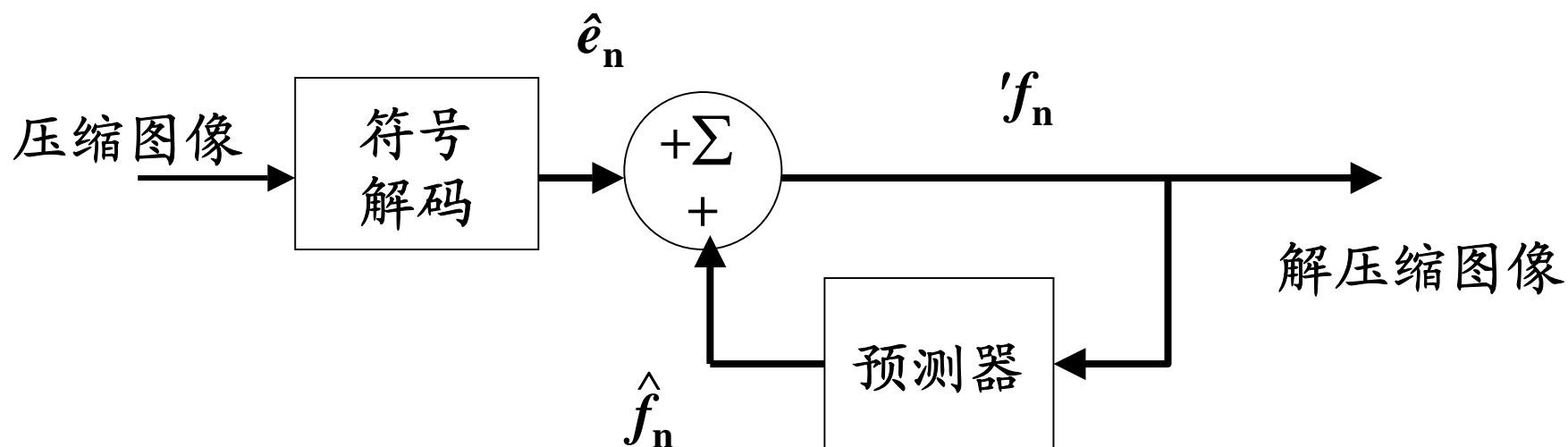
$$\hat{e}_n = Q(f_n - \hat{f}_n)$$



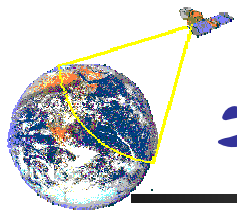
有损压缩 — 有损预测编码

■ 有损DPCM解码

$$f'_n = \hat{e}_n + \hat{f}_n$$



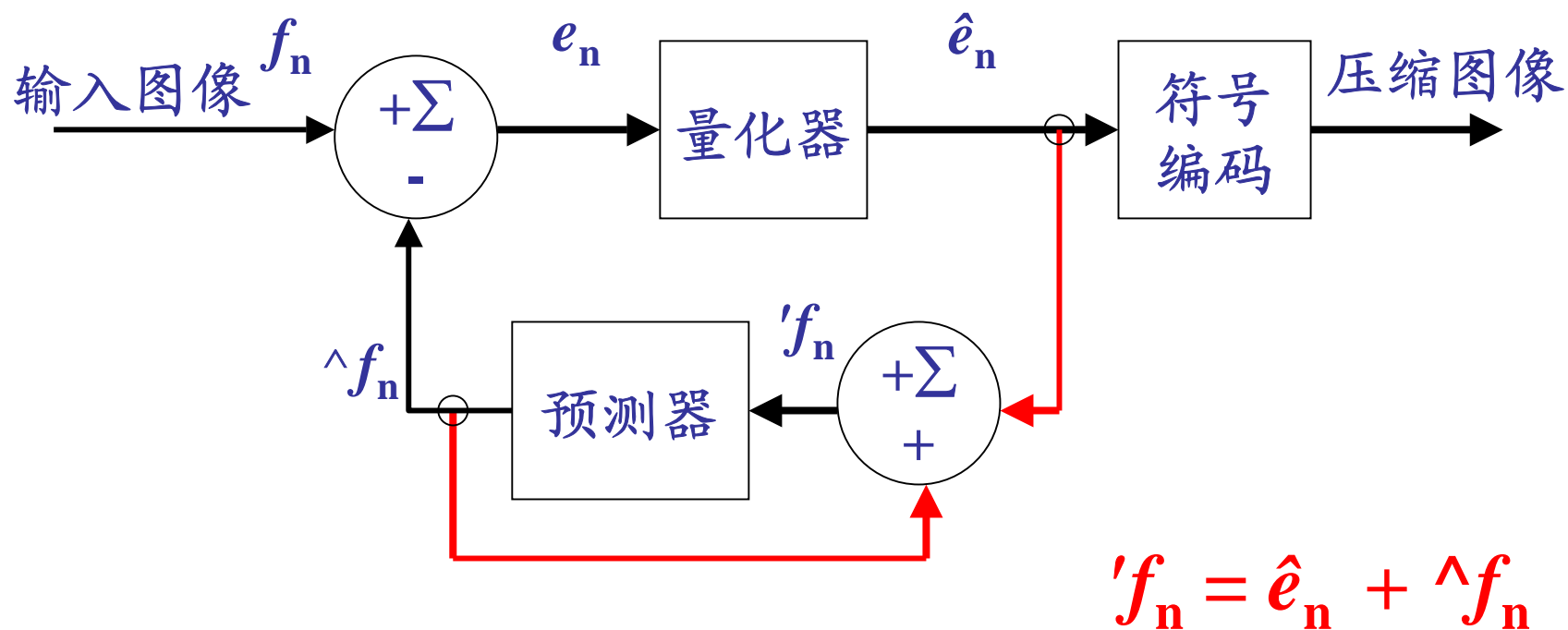
上述方案的压缩编码中，预测器的输入是 f_n ，而解压缩中的预测器的输入是 f'_n ，理论上应使用不同的预测器；要使用相同的预测器，**编码方案要进行修改**

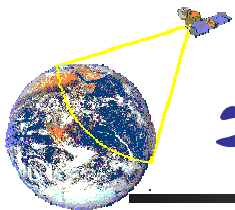


有损压缩 — 有损预测编码

■ 改进有损DPCM编码

$$\hat{e}_n = Q(f_n - \hat{f}_n)$$



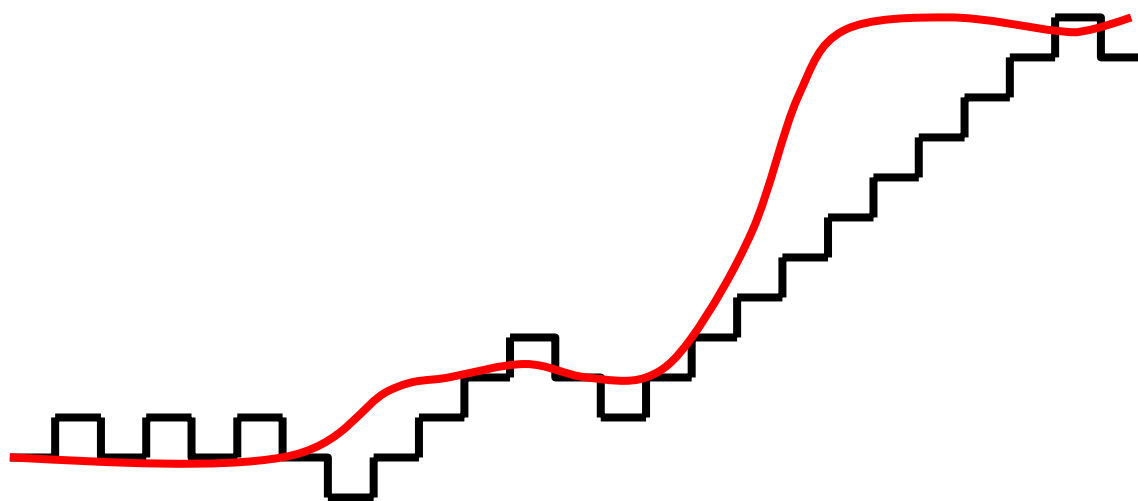


有损压缩 — 有损预测编码

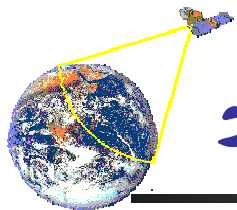
■ DM(*Delta modulation*)有损预测编码

➤ DM（德尔塔调制）基本原理

- ✓ 通过恒定增量（减量）的变化，以数字方波模拟连续信号



- DM（德尔塔调制）相当于一个1bit编码的预测编码器，用一位码字来表示误差



有损压缩 — 有损预测编码

■ DM有损预测编码

➤ 量化器和预测器的定义:

✓ 量化器

$+\zeta$ $e_n > 0$

ζ 是一个正常数

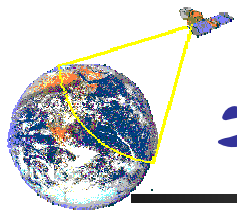
$-\zeta$ 其它

' e_n 用1位编码

✓ 预测器

$$\hat{f}_n = \alpha f_{n-1}$$

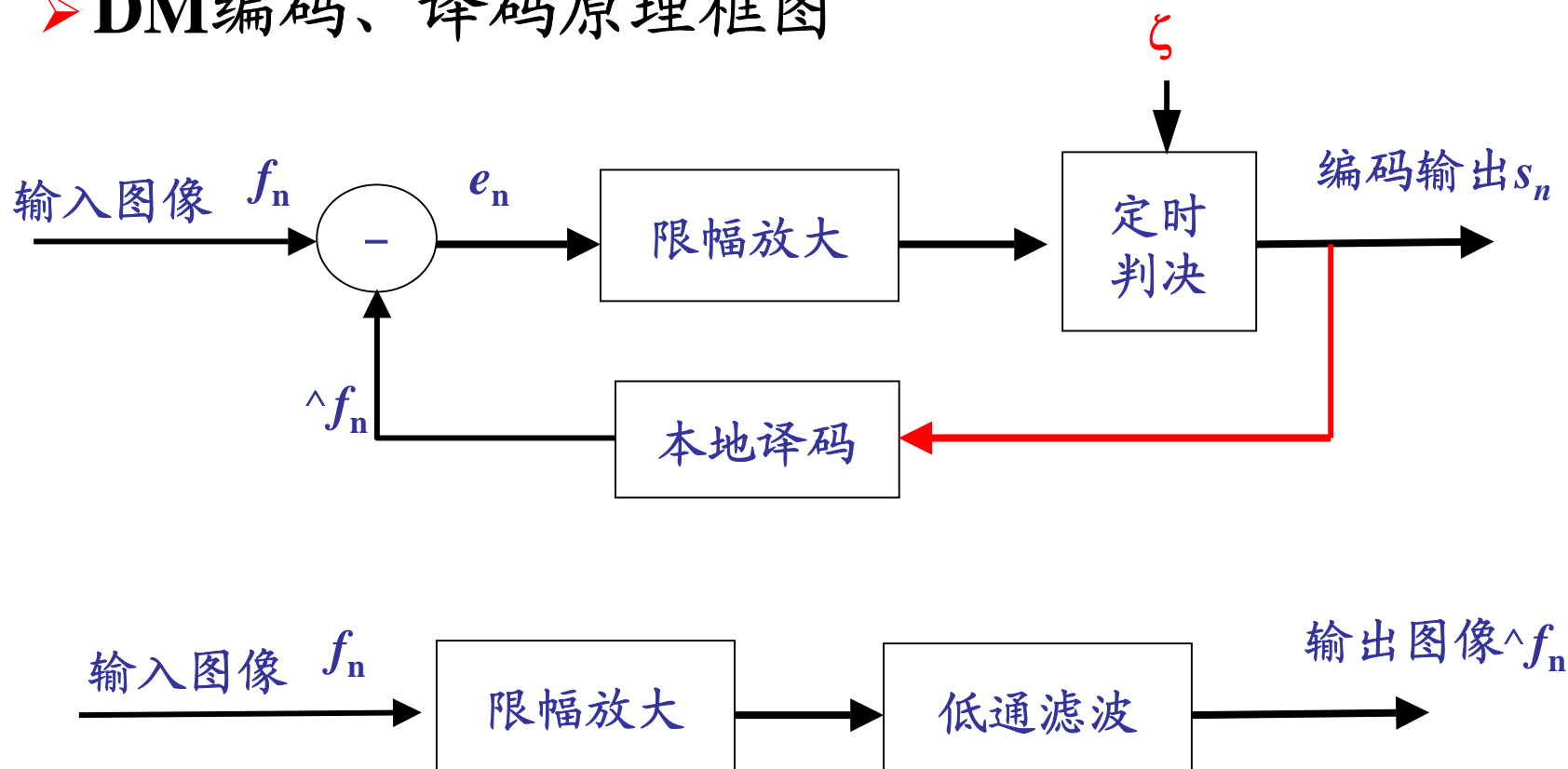
α 一般是一个小于1的预测系数

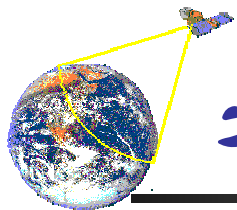


有损压缩 — 有损预测编码

■ DM有损预测编码

➤ DM编码、译码原理框图



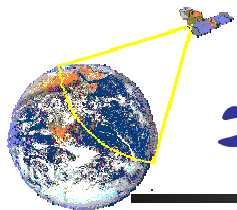


有损压缩 — 有损预测编码

■ DM有损预测编码

➤ DM编码算法分析

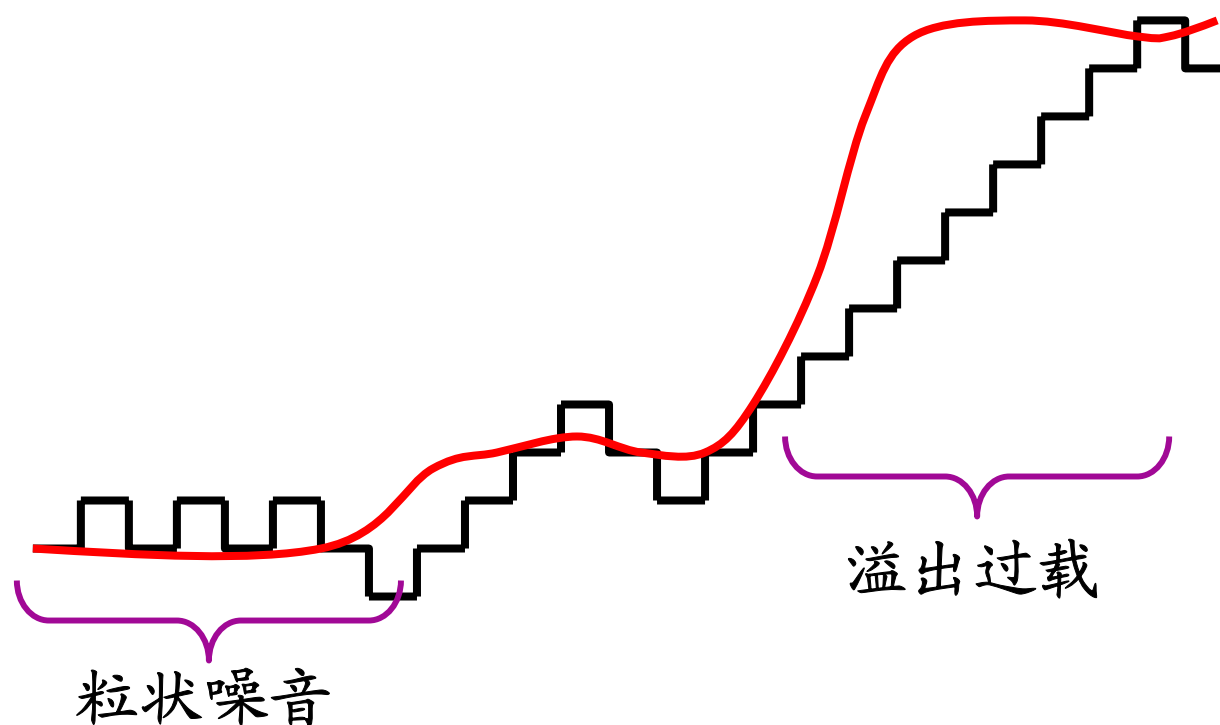
- ✓ 在信号变化快的区域， ζ 太小以至不能表示输入的最大变化，发生一个被称为**溢出过载**的失真。
- ✓ 在信号相对平滑的区域， ζ 太大以至不能表示输入的最小变化，出现了**粒状噪音**。
- ✓ 在大多数图像中，这两种现象导致对象边缘的钝化和平滑区域表面粒状的失真

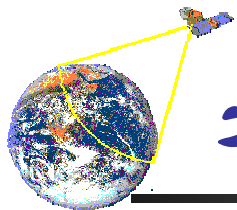


有损压缩 — 有损预测编码

■ DM有损预测编码

➤ DM编码算法分析

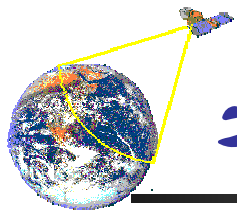




有损压缩 — 有损预测编码

■ 有损预测编码分析

- 在所有有损预测压缩中都会出现误差
- 误差的严重程度取决于使用的**量化方法和预测方法之间的相互作用**
- 尽管存在这种相互作用，定义预测函数时仍然假定没有量化误差，而定义量化函数时仅是尽可能地降低它自身的误差
- 量化函数和预测函数可分别定义与设计，分别寻求最佳化设计方案



有损压缩 — 有损预测编码

■ 最佳预测与最优预测编码

➤ 最优预测器的基本思想和原理

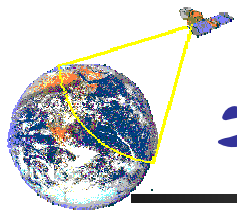
1) 最优预测器应该满足两个条件:

<1>误差最小

$$f_n = \hat{e}_n + \hat{f}_n \approx e_n + \hat{f}_n = f_n$$

<2>仅用前面的值预测后面的值

$$\hat{f}_n = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_{n-i}$$



有损压缩 — 有损预测编码

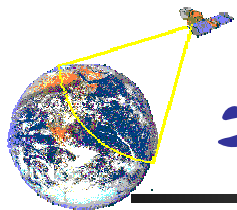
■ 最佳预测与最优预测编码

➤ 最优预测器的基本思想和原理

2) 最优预测器的基本原理:

- ✓ 预测值可以限制为前m个点的线性组合函数。这个限制不是必须的，但它们大大简化了分析，同时减小了预测器的计算复杂度。预测编码的结果被称作差分调制脉冲码 (DPCM)
- ✓ 在以上条件下，最佳预测器的设计问题可以归结为：如何选取m个预测系数，使得下式达到极小值：

$$E\{e_n^2\} = E\left\{ \left[f_n - \sum_{i=1}^m \alpha_i f_{n-i} \right]^2 \right\}$$



有损压缩 — 有损预测编码

■ 最佳预测与最优预测编码

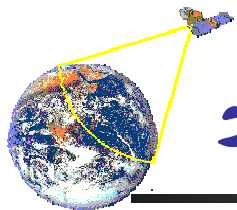
➤ 最优预测器的基本思想和原理

对上式微分，计算使其等于0的方程，解方程组：

$$\alpha = \mathbf{R}^{-1}\mathbf{r}$$

其中：

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} E\{f_{n-1}f_{n-1}\} & E\{f_{n-1}f_{n-2}\} & \dots & E\{f_{n-1}f_{n-m}\} \\ E\{f_{n-2}f_{n-1}\} & & & \\ & & & \\ E\{f_{n-m}f_{n-1}\} & E\{f_{n-m}f_{n-2}\} & \dots & E\{f_{n-m}f_{n-m}\} \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} E\{f_n f_{n-1}\} \\ E\{f_n f_{n-2}\} \\ \vdots \\ E\{f_n f_{n-m}\} \end{bmatrix} \quad \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_m \end{bmatrix}$$



有损压缩 — 有损预测编码

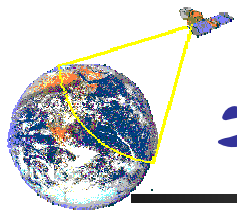
■ 最佳预测与最优预测编码

➤ 最优预测器的基本思想和原理

- ✓ 对于任何一个输入图像，使上式最小的系数 α ，均可以通过一系列矩阵运算得到
- ✓ 这些系数仅依赖于原始图像中像素之间的关系
- ✓ 用这些最优系数产生的预测误差的方差是：

$$\sigma_e^2 = \sigma^2 - \alpha^T r = \sigma^2 - \sum_{i=1}^m \mathbf{E}\{f_n f_{n-i}\} \alpha_i$$

其中 σ^2 是标准（非最优时）方差



有损压缩 — 有损预测编码

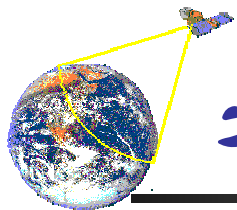
■ 最佳预测与最优预测编码

➤ 最优预测器的基本思想和原理

- ✓ 尽管计算方程组很简单，但在实际应用中根据象素之间的关系计算 \mathbf{R} 和 \mathbf{r} 的过程却很复杂，因而很少使用实时计算模型（即对每个图像都计算一次预测系数）。
- ✓ 大多数情况下， \mathbf{R} 和 \mathbf{r} 的计算通过一个简单的固定图像得到
- ✓ 利用固定模型计算得到的预测器，很难适应其他不同特性图像的预测要求

➤ 自适应预测器

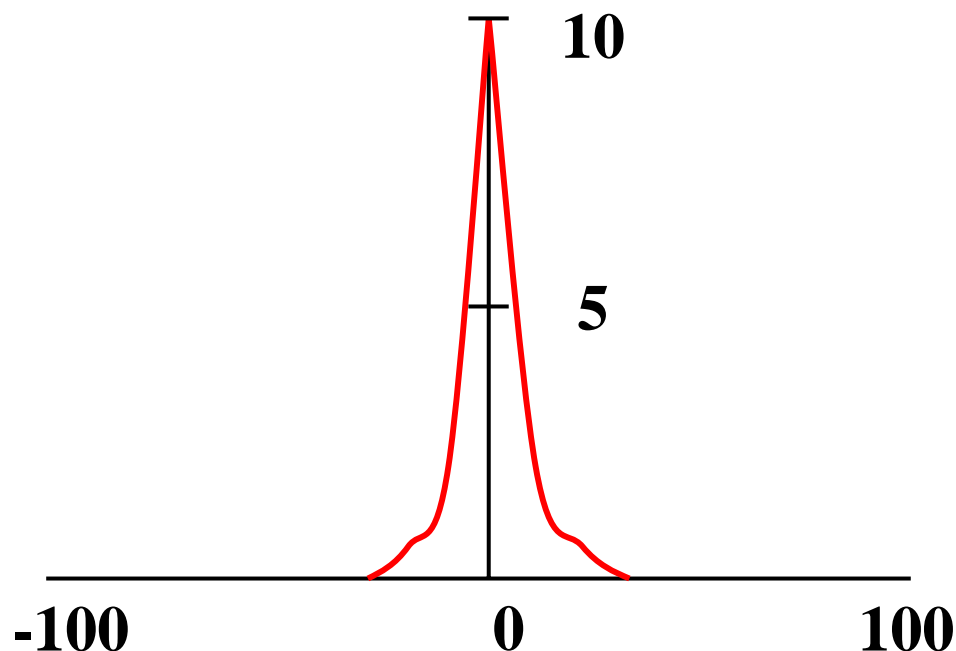
- ✓ 在预测过程中不断的修改预测器参数，使之适应不同图像的统计特性，形成自适应预测器
- ✓ 采用的图像统计模型不同，形成不同的自适应预测编码算法
 - ✦ 线性自适应、非线性自适应、局部线性自适应、局部非线性自适应、.....

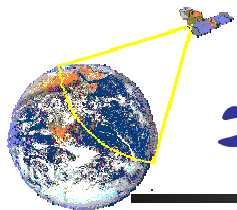


有损压缩 — 有损预测编码

■ 预测器误差模型

- 预测误差的概率密度函数一般来说在0点是高尖的，且具有变化范围较小的特征





有损压缩 — 有损预测编码

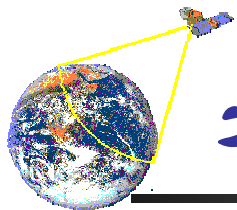
■ 预测器误差模型

- 上述预测误差密度函数，经常通过0平均无关拉普拉斯概率密度函数来模型化

$$p(e) = 1/\sqrt{2}\sigma_e \exp(-\sqrt{2}|e| / \sigma_e)$$

其中： σ_e 是输入值 e 的标准方差

- 结合上述预测误差模型，进一步设计最优量化函数，可得到更好的预测编码效果

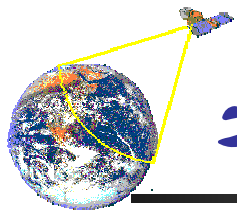


有损压缩 — 有损预测编码

■ 图像信号的预测编码

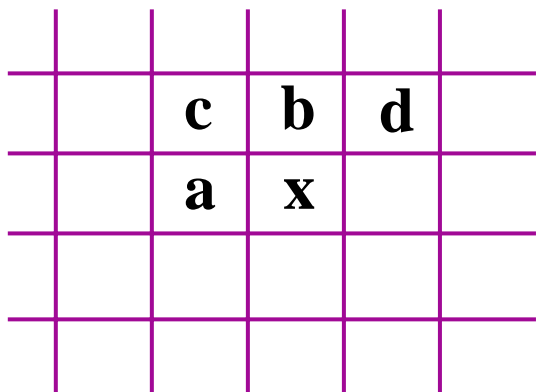
➤ 一幅数字图像可以看成是一个空间点阵，图像信号不仅在水
平方向是相关的，在垂直方向也是相关的。根据已知样值
与待预测样值间的位置关系，可以分为：

- (1) 一维预测（行内预测）：利用同一行上相邻的样值进行预测。
- (2) 二维预测（帧内预测）：利用同一行和前面几行的数据进行预测。
- (3) 三维预测（帧间预测）：利用相邻几帧（或不同波段）上的取样值进行预测



有损压缩 — 有损预测编码

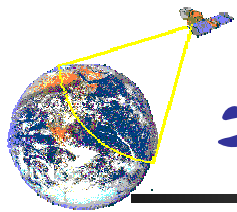
■ 静止图像的二维预测编码



三邻域预测法

选择值	预测值
0	非预测
1	a
2	b
3	c
4	$a+b-c$
5	$a+(b-c)/2$
6	$b+(a-c)/2$
7	$(a+b)/2$

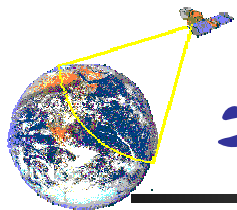
- 这种压缩算法被应用到JPEG标准的无损压缩模式之中，中等复杂程度的图像压缩比可达到2:1。



有损压缩 — 有损预测编码

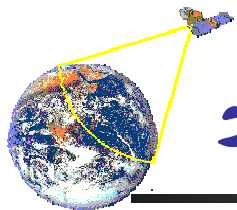
■ 活动图像的帧间预测编码

- 视频信号的冗余度主要体现在空间相关性（帧内）、时间相关性（帧间）和色度空间表示上的相关性。
- 对于每秒25帧（30）的电视信号，其相继帧之间存在极强的相关性。据统计256级灰度的黑白图像序列，帧间差值超过3的像素数不超过4%。所以在活动图像序列中可以利用前面的帧来预测后面的帧，以实现数据压缩。
- 帧间预测编码技术被广泛应用到H.261、H.263、MPEG-1和MPEG-2等视频压缩标准之中。



有损压缩 — 变换编码

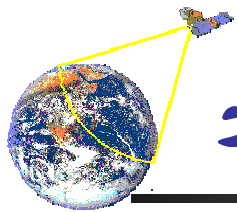
- 变换编码的基本思想
- 变换编码的基本理论
 - 正交变换压缩编码模型
 - 变换编码的基本理论
 - 变换编码、解码基本流程
- 实现变换压缩算法的主要问题
 - 变换的选择
 - 子图尺寸的选择
 - 截取、量化和编码



有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码的基本思想

- 预测编码希望通过对信源建模来尽可能的预测源数据；而变换编码则考虑将原始数据变换到另一个表示空间，使数据在新的空间上尽可能相互独立，而能量更集中
- 实现基本思路
 - ✓ 用一个可逆的、线性的变换（如傅立叶变换），把图像映射到变换空间，将图像像素集合转化为变换系数的集合
 - ✓ 对系数集合进行量化和编码
 - ✓ 对于大多数自然图像，重要系数的数量总是比较少的，因而可仅以较小的图像失真为代价，进行量化或完全抛弃

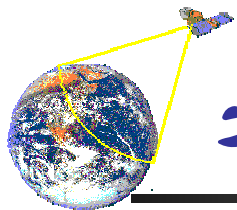


有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码的基本思想

➤ 正交变换在压缩编码中的作用与特性

- ✓ 正交变换具有熵保持特性
- ✓ 正交变换具有能量保持特性
- ✓ 能量的重新分配与集中
- ✓ 去相关特性



有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码基本理论

➤ 正交变换压缩编码模型

设一原始图像为: $[X]^T = [X_0, X_1, \dots, X_{N-1}]$

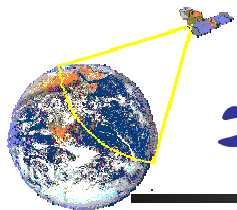
经过变换: $[Y] = [T][X]$

输出向量为: $[Y]^T = [Y_0, Y_1, \dots, Y_{N-1}]$

若只保留M个分量, $M < N$, 由M个Y值来恢复X, 得到近似值X':

$$[X'] = [T]^{-1}[Y']$$

如何选择正交矩阵 $[T]$, 使上述近似带来的失真尽可能小, 同时压缩率尽可能大



有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码基本理论

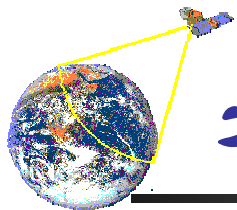
➤ 变换压缩编码的误差评估

为实现客观评价，常采用均方误差准则

$$e_{rms} = \sqrt{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2}$$

或均方信噪比：

$$SNR_{ms} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2}$$



有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码基本理论

➤ 最佳变换

最佳变换的基本条件

1) 全部消除变换系数之间的相关性

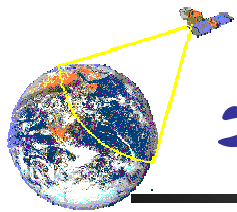
2) 变换系数的能量高度集中

考察正交变换输出向量 $[Y]$ 的协方差矩阵

$$[C_Y] = [T][C_X][T]$$

式中 C_X 为输入图像的协方差矩阵

实现最佳变换的矩阵应使 C_Y 成为对角线矩阵，同时能量主要集中在前 M 个元素上



有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码基本理论

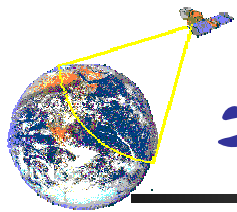
➤ 均方误差准则下的最佳统计变换—**K-L变换**

- ✓ 理论上对于一阶马尔可夫图像信源可实现最佳变换
- ✓ 计算复杂，需动态调整变换矩阵

➤ 均方误差准则下的准最佳统计变换

- ✓ 变换系数的协方差矩阵接近对角线
- ✓ 具有快速计算能力

离散傅立叶变换（**DFT**）、离散余弦变换（**DCT**）、Walsh-Hadamard变换（**WHT**）、哈尔变换（**HT**）、小波变换

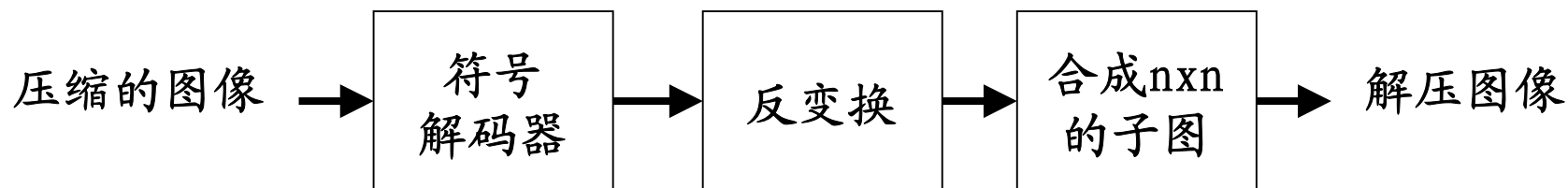
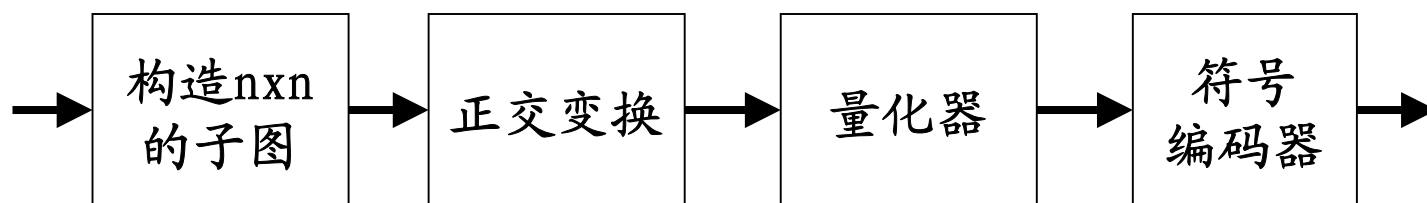


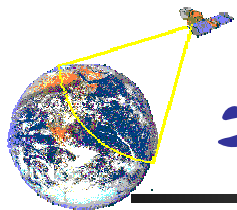
有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码、解码基本流程

输入图像 $N \times N$

压缩图像

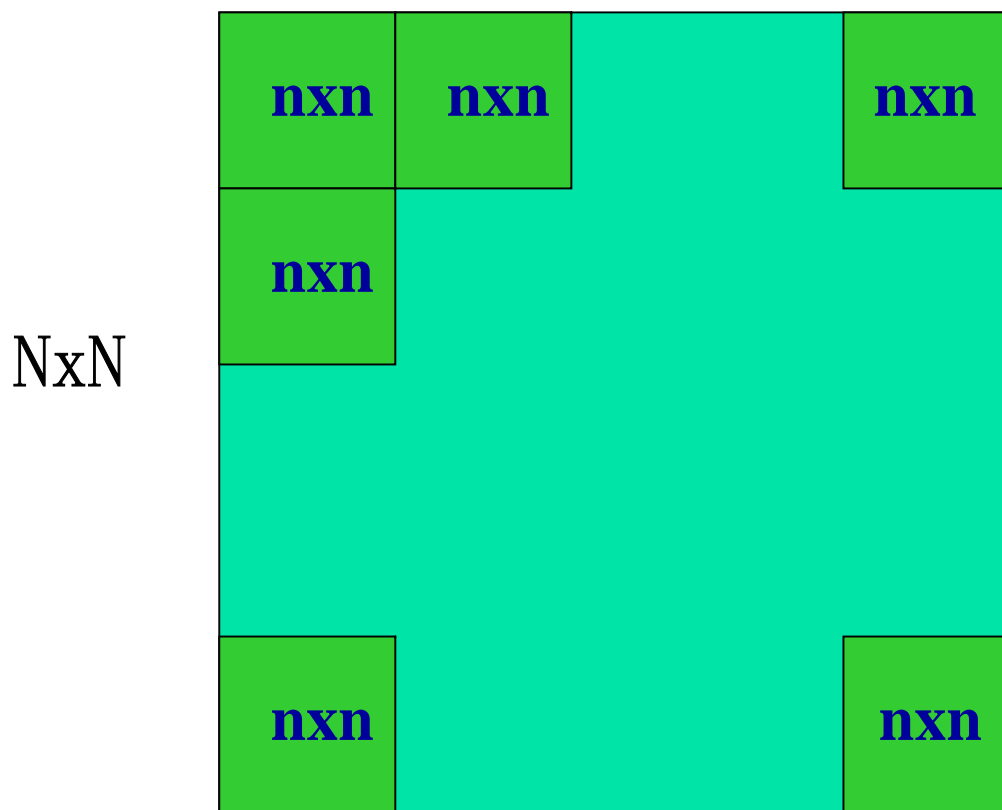


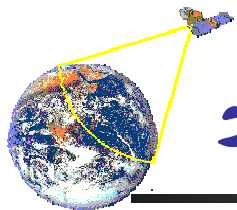


有损压缩 — 变换编码

■ 变换编码、解码基本流程

➤ $n \times n$ 子图的构造





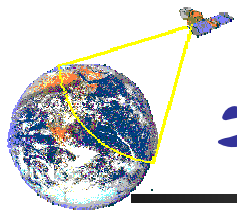
有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 变换的选择

(1) 可以选择的变换

- 1) Karhunen-Loeve变换(KLT)
- 2) 离散傅立叶变换 (DFT)
- 3) 离散余弦变换 (DCT)
- 4) Walsh-Hadamard变换 (WHT)
- 5) 哈尔变换 (HT)



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 变换的选择

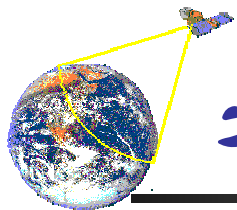
(2) 对变换的评价

按信息封装能力排序:

KLT, DCT, DFT, WHT, HT

但**KLT**的基图像是数据依赖的，每次都要重新计算 H_{uv} 。因而很少使用。 **DFT**的块效应严重。常用的是 **DCT**，已被国际标准采纳。其优点有：

- 1) 基本没有块效应
- 2) 信息封装能力强，把最多的信息封装在最少的系数中



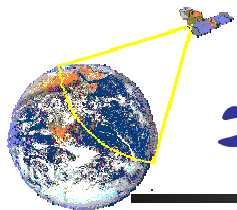
有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 子图尺寸的选择

子图尺寸的选择有两个原则：

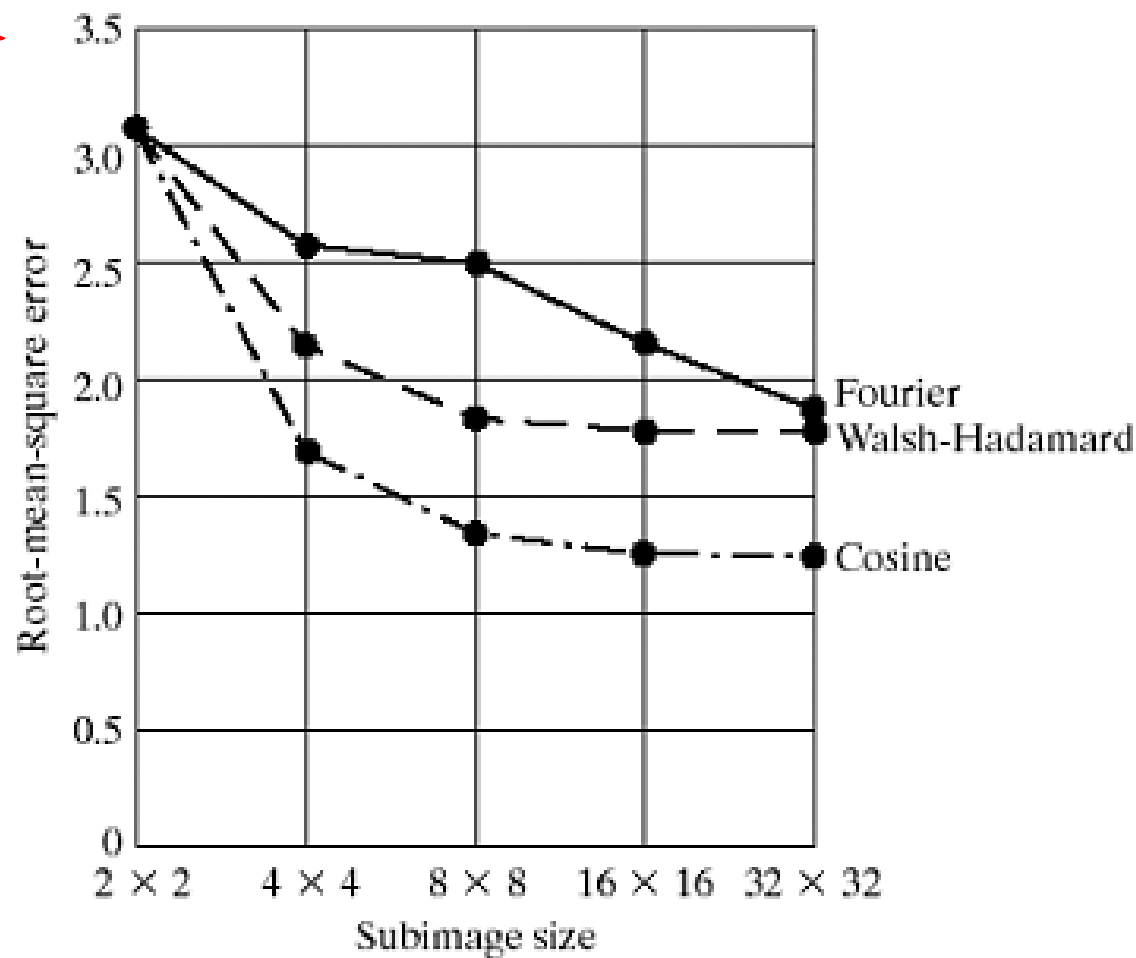
- 1) 如果 n 是子图的维数， n 应该是2的整数次方。为便于降低计算复杂度。
- 2) n 一般选为 8×8 或 16×16 。由实践得到
- 3) 随着 n 的增加，块效应相应减少

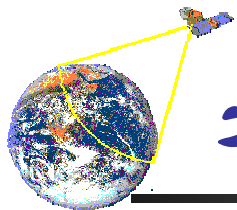


有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 子图尺寸的选择





有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

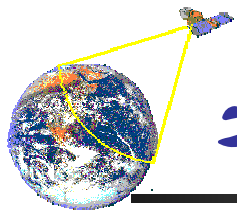
➤ 截取、量化和编码

解决变换系数的选取、量化与编码问题

截取和量化一般有两种方法：

(1) 区域编码（子带编码）

(2) 门限编码（阈值编码、适应性编码）



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

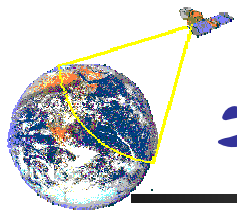
➤ 区域编码（子带编码）

✓ 基本思想：

（1）找出具有最大方差的 m 个系数的位置，并同时确定系数的坐标 u 和 v ，对所有子图像，这 m 个系数的 $Y'(u,v)$ 值是保留的，其他的 Y 值被抛弃。其中 m 是一个可选常数。

（2）所有子图像使用相同的编码模板

大部分的信息应该包含在最大方差的变换系数中。每一个DCT变换系数被认为是一个随机变量，该变量的分布可以在所有变换子图像的集合上进行计算。



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

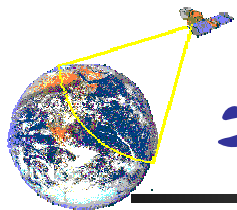
➤ 区域编码（子带编码）

✓ 构建变换系数截取模板 — 编码模板 M_{uv}

定义变换系数截取模板函数

$$m(u,v) = \begin{cases} 0 & \text{如果 } Y(u,v) \text{ 满足一个特定的截断标准} \\ 1 & \text{否则} \end{cases}$$

1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 区域编码（子带编码）

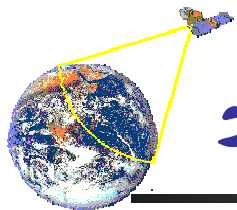
✓ 构建变换系数截取模板 — 编码模板

对于 $u, v = 0, 1, \dots, n-1$, X' 可以从截断表达式获得:

$$[X'] = [T]^{-1} [M][Y]$$

M 中元素的选择, 用以消去对等式的总合贡献最小的基本系数; 原则:

- 1) 根据最大方差的分布情况得到系数截取模板
- 2) 方差最大的地方置1, 其它地方置0



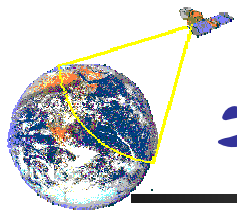
有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 区域编码（子带编码）

✓ 最大方差的计算：

- 1) 方差本身可以直接由 $(N/n)^2$ 个变换子图像数组的集合计算得到
- 2) 或者基于一个假想的图像模型得到



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 区域编码（子带编码）

✓ 算法实现：

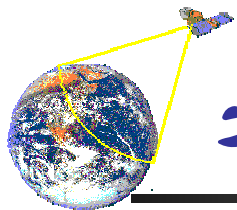
1) 计算模板：方差最大的地方置1，其它地方置0

2) 量化系数：线性、非线性或自适应量化器

3) 结果编码：有两种分配二进制位的编码方法：

〈1〉系数被赋予相同数量的二进制位

〈2〉系数之间固定地分配一定的二进制位



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 门限编码（阈值编码、适应性编码）

✓ **基本思想**：没有一个消取系数的固定模板。不同的子图保留不同的系数。通过一个阈值 T ，来决定一个系数的去留。

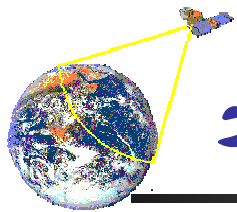
If $a(\text{系数}) > T(\text{阈值})$ $m(u,v) = 1$

Else $m(u,v) = 0$

✓ 由于其简单性，阈值编码是实际应用中更常使用的编码方法。

✓ **理论根据**：

- 1) 取值最大的变换系数，在重构子图的质量中起的作用也最重要。
- 2) 最大系数的分布随子图的不同而不同。



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

➤ 门限编码（阈值编码、适应性编码）

✓ 阈值的选取：常有三种取法，

1) 所有子图使用同一个全局阈值

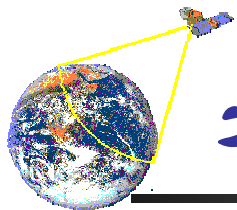
压缩率的大小随图像的不同而不同。由超过全局阈值的系数的个数所决定

2) 对每个子图使用不同的阈值

每个子图保留的系数个数事先确定，即总保留N个最大的。称为**N-最大化编码**。对于每个子图同样多的系数被丢弃。因此，每个子图的压缩率是相同的，并且是预先知道的。

3) 阈值作为子图系数位置的函数

所有子图使用同一个全局阈值模板，但阈值的取值，与系数的位置相关，阈值模板给出了不同位置上系数的相应阈值。



有损压缩 — 变换编码

■ 实现变换压缩算法的主要问题

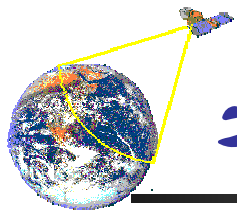
➤ 门限编码（阈值编码、适应性编码）

✓ 对系数的编码：

a) 将系数按45度对角顺序展开成序列 (Zig-Zag排序), 得到一个一维数据序列

例: -19 -20 5 21 6 0 0 0 0 0 0 0 0

b) 用RLE编码对上述序列编码

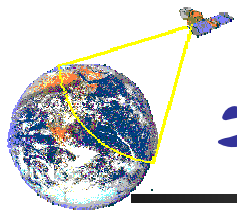


有损压缩 — 变换编码

■ 小波变换图像压缩

➤ 基本算法步骤

- ✓ 按照图像特性，选择合适的小波基
- ✓ 对图像进行小波变换
- ✓ 确定一个门限值，使超过该门限值的所有系数所具有的能量总和大于某个界限（例：99.99%）
- ✓ 对超过门限值的系数进行编码

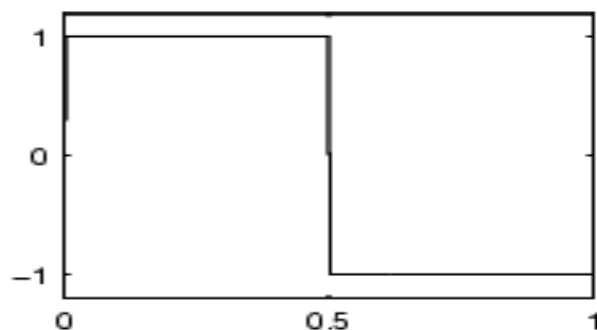


有损压缩 — 变换编码

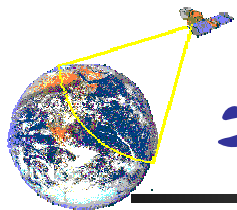
■ 小波变换图像压缩

➤ 小波基的选择

- ✓ 小波基是决定压缩性能的关键
- ✓ 具有对称性的小波基压缩效果较好
- ✓ 常用的小波基为：**Haar小波**



Wavelet function psi

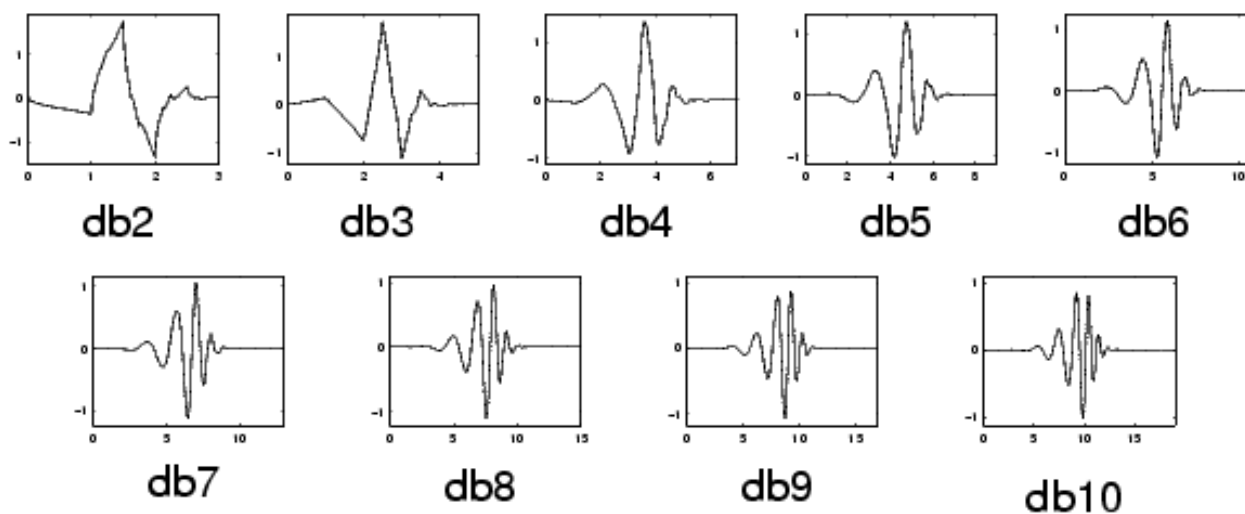


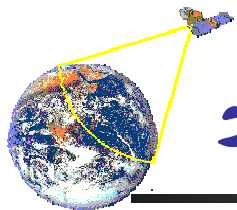
有损压缩 — 变换编码

■ 小波变换图像压缩

➤ 小波基的选择

✓ 常用的小波基为：Daubechies小波



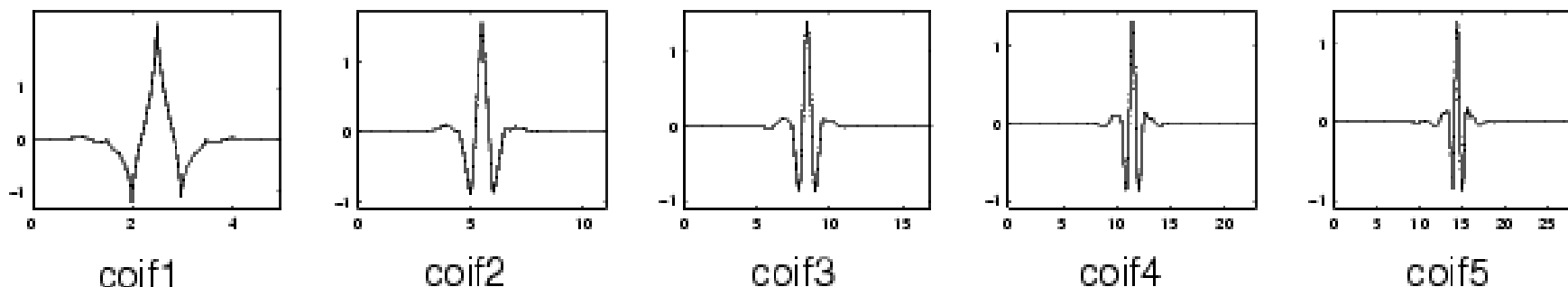


有损压缩 — 变换编码

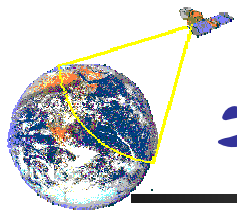
■ 小波变换图像压缩

➤ 小波基的选择

✓ 常用的小波基为：Coiflet小波



✓ Coiflet小波为Daubechies小波的改进，具有更为对称的特性

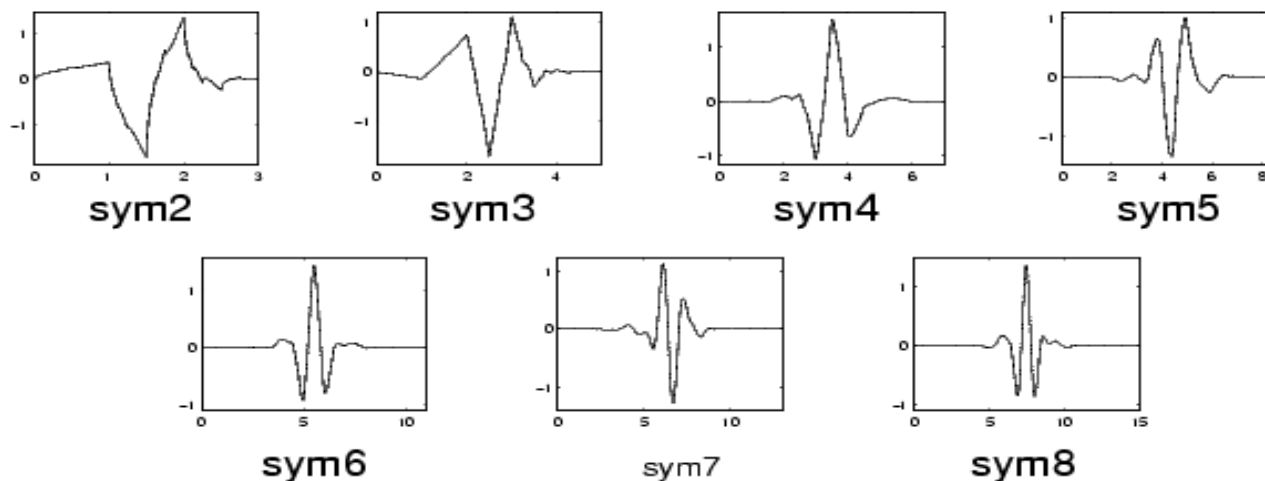


有损压缩 — 变换编码

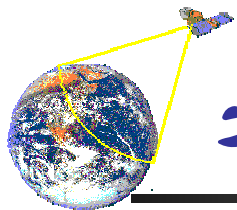
■ 小波变换图像压缩

➤ 小波基的选择

✓ 常用的小波基为：Symlets小波



✓ Symlets小波同样为Daubechies小波的改进，目标也是为了改善对称性

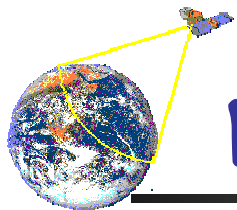


有损压缩 — 变换编码

■ 小波变换图像压缩

➤ 对比于传统的DCT块变换，小波变换具有以下优点：

- (1) 小波变换具有熵保持特性，能够有效地改变图像的能量分布，同时不损伤原始图像所包含的信息；
- (2) 小波分解后大部分能量集中在低频子图的少量系数上；而大量的高频子图系数值普遍较小，且存在明显的相关性，有利于获得较高的编码效益；
- (3) 小波变换作用于图像的整体，既能去除图像的全局相关性，又可将量化误差分散到整个图像内，避免了方块效应的产生；
- (4) 多级分解后形成的不同分辨率和频率特性的子带信号，便于在失真编码中综合考虑视觉特性，同时有利于图像的渐进传输。



图像压缩标准——简介

■ 图像标准的制定:

- 在ISO(国际标准化组织)和CCITT (国际电报电话咨询委员会) 联合组织下制定

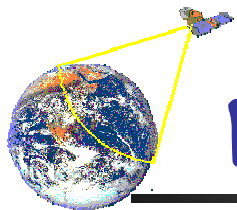
■ 标准的类型 (三类):

- 二值图像压缩标准: (1) 面向传真而设计

- 连续调图像压缩标准:

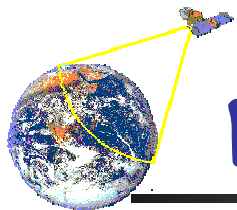
静止帧黑白、彩色压缩: (2) 面向静止的单幅图像

连续帧黑白、彩色压缩: (3) 面向连续的视频影像



图像压缩标准——简介

- 静止帧黑白、彩色压缩
 - JPEG标准
- 连续帧单色、彩色压缩
 - H.261标准简介
 - MPEG标准概述
 - MPEG - 1标准
 - MPEG - 2标准
 - MPEG - 4标准
 - MPEG - 7标准



图像压缩标准—JPEG

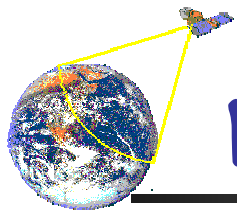
■ JPEG标准简述

➤ JPEG 全名为 Joint Photographic Experts Group

有三种压缩系统：

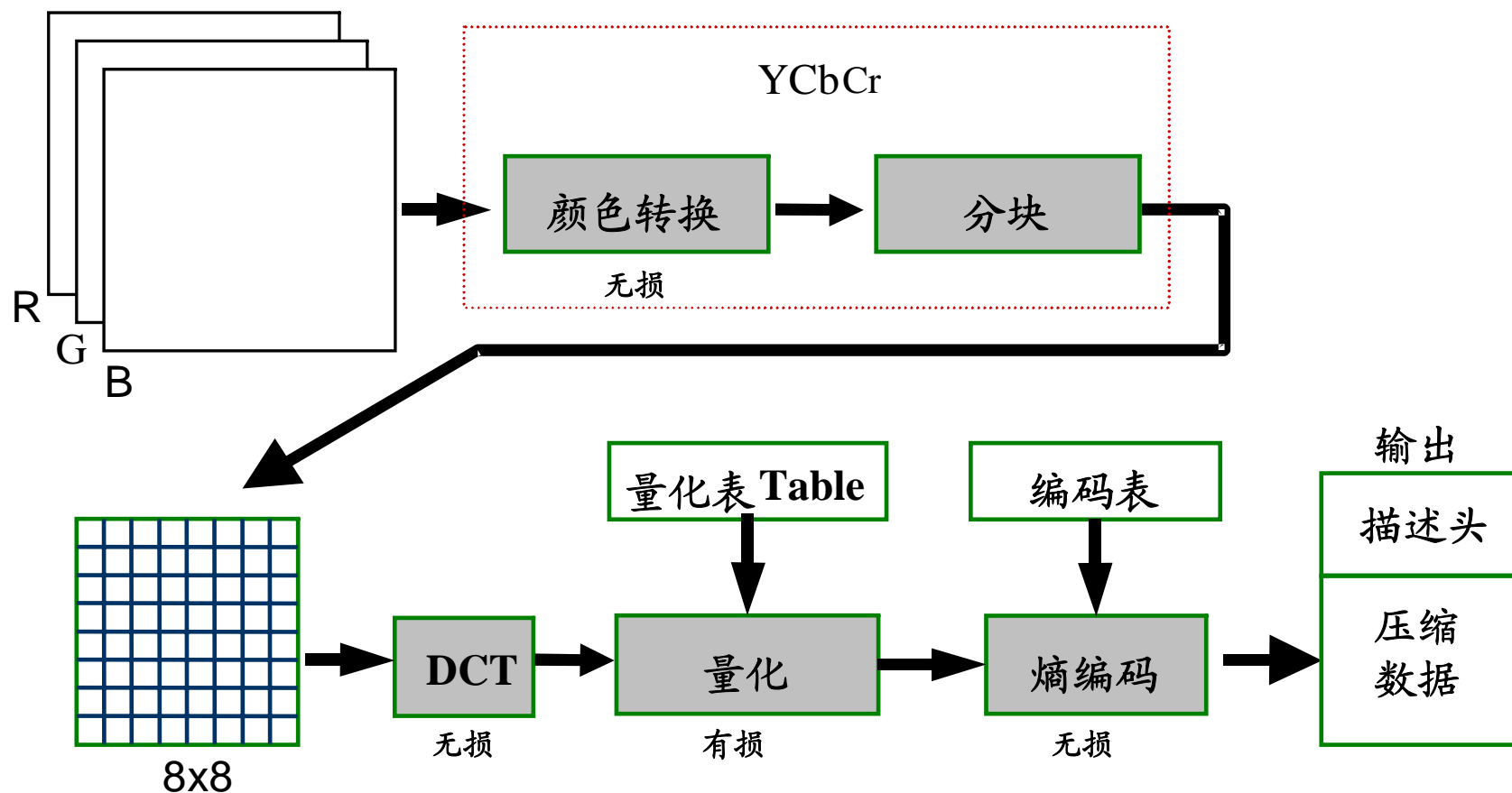
- (1) **基线编码系统**：面向大多数有损压缩的应用，采用DCT变换压缩。
- (2) **扩展编码系统**：面向递进式应用，从低分辨率到高分辨率逐步递进传递的应用
- (3) **独立编码系统**：面向无损压缩的应用，采用无损预测压缩，符号编码采用哈夫曼或算术编码

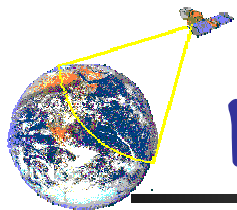
一个产品或系统必须包括对基线系统的支持。



图像压缩标准—JPEG

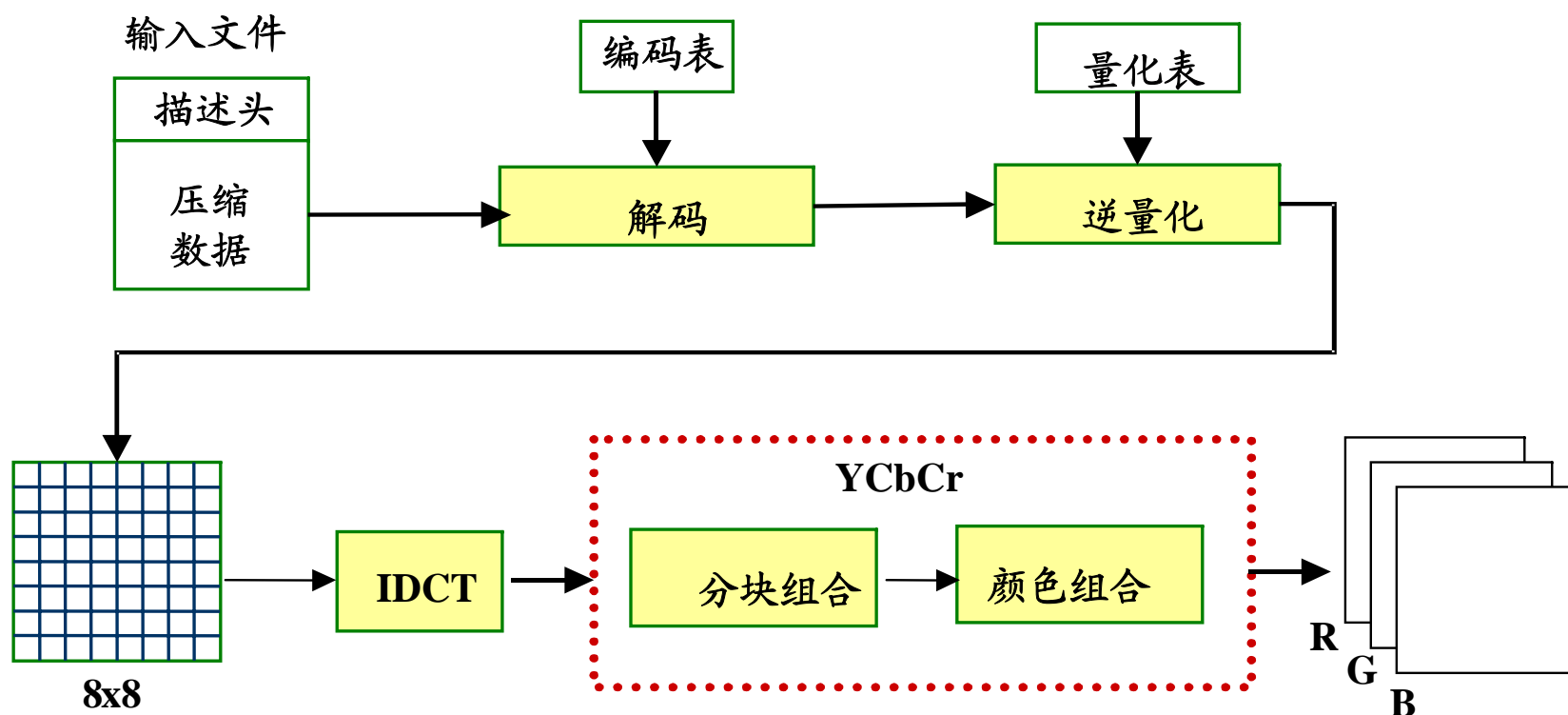
■ JPEG压缩流程

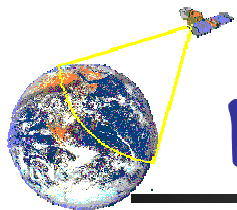




图像压缩标准—JPEG

■ JPEG解压缩流程





图像压缩标准—JPEG

- 构造子图像： 子图像尺寸： 8×8
- 颜色空间转换

人眼对亮度更敏感，提取亮度特征，将RGB转换为 YC_bC_r 模型，编码时对亮度采用特殊编码：

$$Y = 0.299R + 0.5870G + 0.1140B$$

$$C_b = -0.1787R - 0.3313G + 0.5000B + 128$$

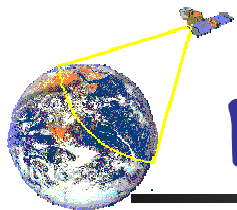
$$C_r = 0.5000R - 0.4187G - 0.0813B + 128$$

颜色解码：

$$R = Y + 1.40200(C_r - 128)$$

$$G = Y - 0.34414(C_b - 128) - 0.71414(C_r - 128)$$

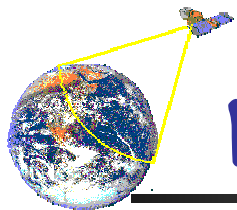
$$B = Y + 1.77200(C_b - 128)$$



图像压缩标准—JPEG

■ 零偏置转换

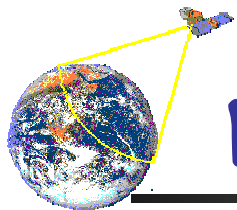
- 对于灰度级是 2^n 的像素，通过减去 2^{n-1} ，替换像素本身
- 对于 $n=8$ ，即将0~255的值域，通过减去128，转换为值域在-128~127之间的值
- 目的：使像素的绝对值出现3位10进制的概率大大减少



图像压缩标准—JPEG

例：用8x8的JPEG基线标准，压缩并重构下列子图

52	55	61	66	70	61	64	73
63	59	66	90	109	85	69	72
62	59	68	113	144	104	66	73
63	58	71	122	154	106	70	69
67	61	68	104	126	88	68	70
79	65	60	70	77	68	58	75
85	71	64	59	55	61	65	83
87	79	69	68	65	76	78	94

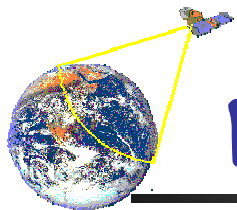


图像压缩标准—JPEG

例：用8x8的JPEG基线标准，压缩并重构下列子图

➤ 0偏置转换后

-76	-73	-67	-62	-58	-67	-64	-55
-65	-69	-62	-38	-19	-43	-59	-56
-66	-69	-60	-15	16	-24	-62	-55
-65	-70	-57	-6	26	-22	-58	-59
-61	-67	-60	-24	-2	-40	-60	-58
-49	-63	-68	-58	-51	-65	-70	-53
-43	-57	-64	-69	-73	-67	-63	-45
-41	-49	-59	-60	-63	-52	-50	-34

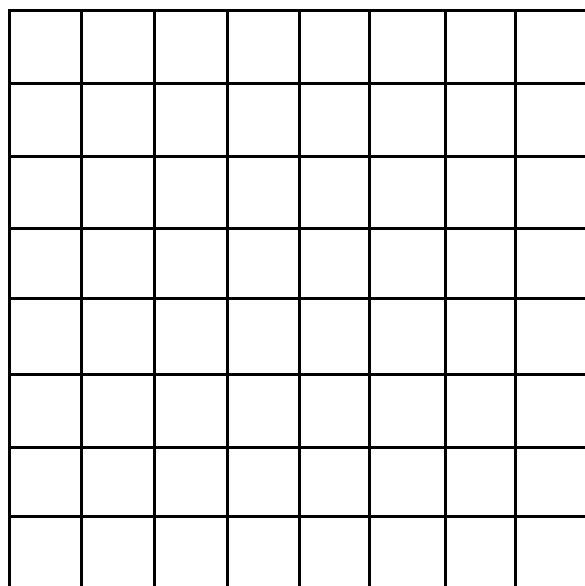


图像压缩标准—JPEG

■ 频域变换

- 频域变换产生**64**个系数，第一个系数称为直流系数（**DC**系数），其余的**63**个系数称为交流系数（**AC**系数）。

Input pixel block 8x8, 8-9 bits/sample



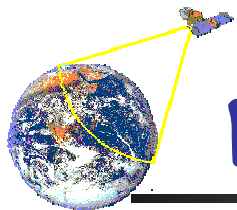
DCT

Coefficient block 8x8, ≥ 12 bits/sample; default quantization matrix coefficients

DC	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

Increasing
vertical
frequency
↓

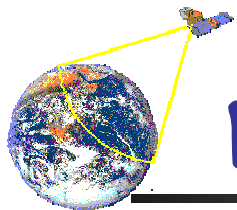
Increasing horizontal frequency
→



图像压缩标准—JPEG

例：正向DCT变换（ $N=8$ ）结果

-415	-29	-62	25	55	-20	-1	3
7	-21	-62	9	11	-7	-6	6
-46	8	77	-25	-30	10	7	-5
-50	13	35	-15	-9	6	0	3
11	-8	-13	-2	-1	1	-4	1
-10	1	3	-3	-1	0	2	-1
-4	-1	2	-1	2	-3	1	-2
-1	-1	-1	-2	-1	-1	0	-1



图像压缩标准—JPEG

■ 系数量化

- 采用阈值作为子图系数位置函数的量化方式

所有子图使用同一个全局阈值模板，但阈值的取值，与系数的位置相关，阈值模板给出了不同位置上系数的相应阈值。

- 对于亮度和颜色使用不同的量化阈值模板，并取整

1) 正向量化:

$$Sq_{uv} = \text{round}(S_{uv} / Q_{uv})$$

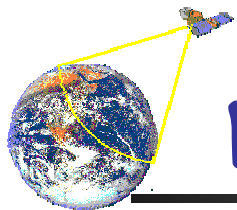
其中: S_{uv} 是DCT系数, Q_{uv} 为量化模板系数

2) 逆向量化:

$$R_{uv} = Sq_{uv} Q_{uv}$$

$$\begin{aligned} \text{例: } Sq(0,0) &= \text{round}[-415/16] \\ &= \text{round}[-25.9] = -26 \end{aligned}$$

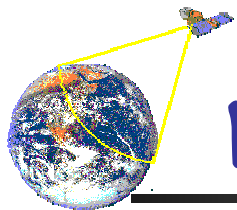
$$R_{uv}(0,0) = -26 * 16 = -416$$



图像压缩标准—JPEG

亮度的量化模板系数

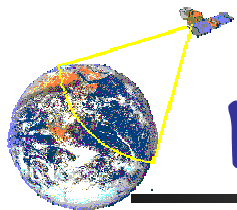
16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99



图像压缩标准—JPEG

颜色的量化模板系数

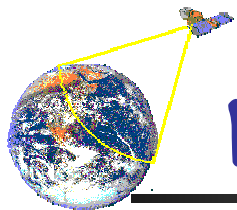
17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99



图像压缩标准—JPEG

对前例，量化后得到数组

-26	-3	-6	2	2	0	0	0
1	-2	-4	0	0	0	0	0
-3	1	5	-1	-1	0	0	0
-4	1	2	-1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0



图像压缩标准—JPEG

■ 符号编码

- 将量化后的系数，按之字形重新排序成矢量，全零结尾用特殊符号EOB

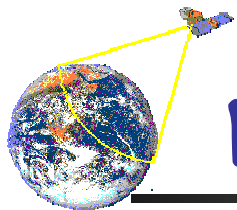
[-26 -3 1 -3 -2 -6 2 -4 1 -4 1 1 5 0 2 0 0 -1 2 0 0 0 0 0 -1 -1 EOB]

- DC和AC用不同的方式分别编码

- DC的编码方式（预测+统计）：

编码由两部分组成：

区间号编码(SSSS) + 系数预测误差本身编码(VVVV)



图像压缩标准—JPEG

➤ DC的编码方式（预测+统计）

✓ 算法步骤：

第一步：求DPCM（差分脉冲调制码），用当前DC，减去前一个子图的DC

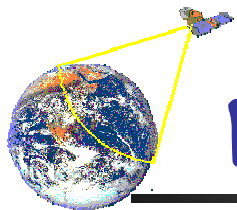
$$\text{VVVV} : \text{DIFF} = \text{DC} - \text{PREDC}$$

第二步：根据DIFF求出区间号：SSSS

❖ 通过DIFF查区间编号表得出区间号SSSS

❖ 根据SSSS查哈夫曼编码表得出SSSS的哈夫曼编码。

第三步：对VVVV编码，正数是自己，负数用补码（求反）。



图像压缩标准—JPEG

➤ DC的编码方式（预测+统计）

例: **DC = -26**

PRE-DC = -17

DIFF = -26 - (-17) = -9

用-9查区间表得: **SSSS = 4** 用4查哈夫曼编码表得:

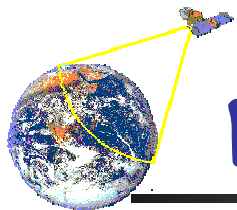
哈夫曼编码: **101**

VVVV = -9 二进制编码为: **1001**

求反: **1001 = 0110**

最后的编码为: **101+0110= 1010110**

✓解码时如果VVVV部分首位为0为负数

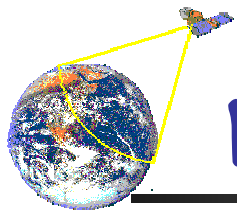


图像压缩标准—JPEG

➤ DC的编码方式（预测+统计）

区间表

范围	DC差区间	AC区间
0	0	N/A
-1, 1	1	1
-3, -2, 2, 3	2	2
-7,...,-4, 4,...,7	3	3
-15,...,-8, 8,...,15	4	4
-31,...,-16, 16,...,31	5	5
-63,...,-32, 32,...,63	6	6

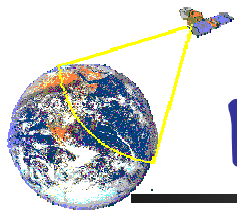


图像压缩标准—JPEG

➤ DC的编码方式（预测+统计）

区间DC哈夫曼编码表

区间	编码	长度	区间	编码	长度
0	010	3	6	1110	10
1	011	4	7	11110	12
2	100	5	8	111110	14
3	00	5	9	1111110	16
4	101	7	A	11111110	18
5	110	8	B	111111110	20



图像压缩标准—JPEG

➤ AC的编码方式

编码由两部分组成:

区间号编码(RRRR/SSSS)+系数本身(VVVV)

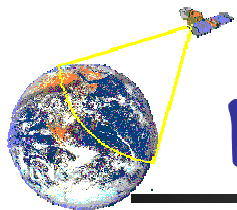
第一部分:

SSSS: 区间号

RRRR: 该系数前值为0的系数的个数。

第二部分:

VVVV: 系数本身编码

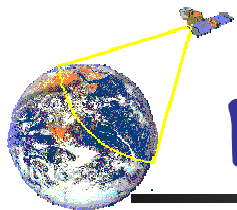


图像压缩标准—JPEG

➤ AC的编码方式

区间AC哈夫曼编码表

行程/区间	编码	长度	行程/区间	编码	长度
0/0	1010(=EOB)	4	0/6	111000	12
0/1	00	3	0/7	1111000	14
0/2	01	4	0/8	111110110	18
0/3	100	6	0/9	1111111100000	10
0/4	1011	8	0/A	11111111100000	11
0/5	11010	10	1/1	1100	5



图像压缩标准—JPEG

➤ AC的编码方式

举例: 0 -7

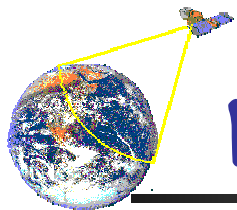
RRRR = 1

查表得区间号: **SSSS = 3**

RRRR/SSSS = 1/3 查表得: **1111001**

VVVV = -7 **111** 求反得: **000**

最后编码: **1111001000**



图像压缩标准—JPEG

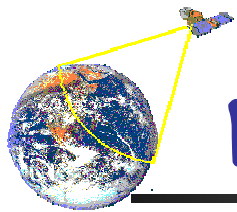
■ 前例

完成后的编码数组（重排的）是：

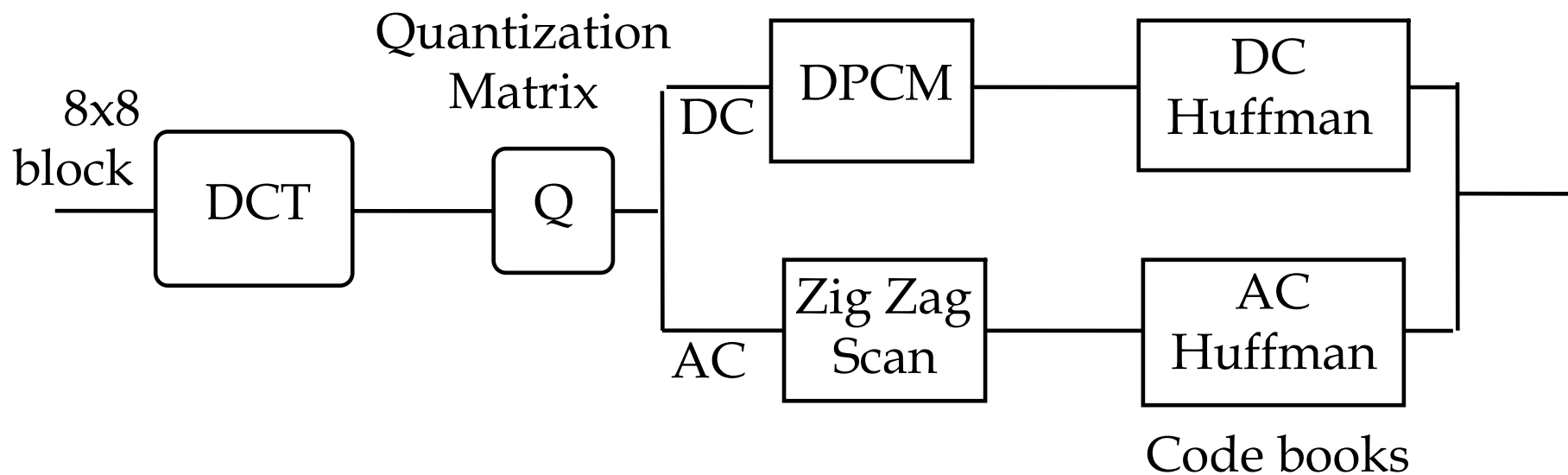
**1010110 0100 001 0100 0101 100001 0110 100011
001 100011 001 001 100101 11100110 110110
0110 11110100 000 1010**

（其中空格是为了可阅读性而插入）

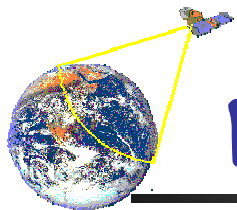
- 完成编码后重排数组的总位数是92，不压缩需要
 $8 \times 8 \times 8 = 512$ 位。压缩率为 $512/92$ ，或5.6:1。



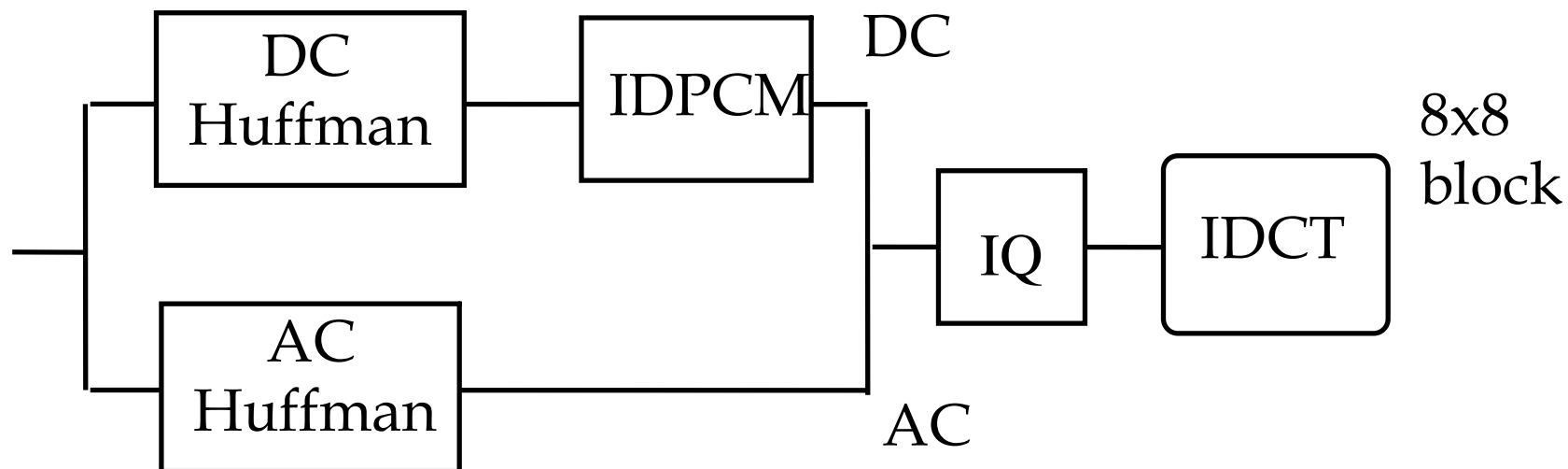
图像压缩标准—JPEG



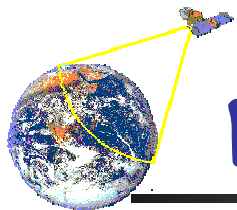
JPEG 编码过程



图像压缩标准—JPEG



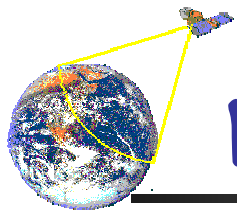
JPEG 解码过程



图像压缩标准—JPEG2000

■ JPEG2000简介

- 1996年开始采用新技术研究静止图像压缩方法
 - ✓ 分形图像压缩、小波变换图像压缩
 - ✓ 最终选择小波变换
- 2000年形成技术整体文本
- 2001年形成标准

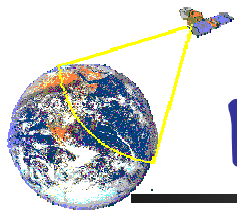


图像压缩标准—JPEG2000

■ JPEG2000简介

➤ 特征

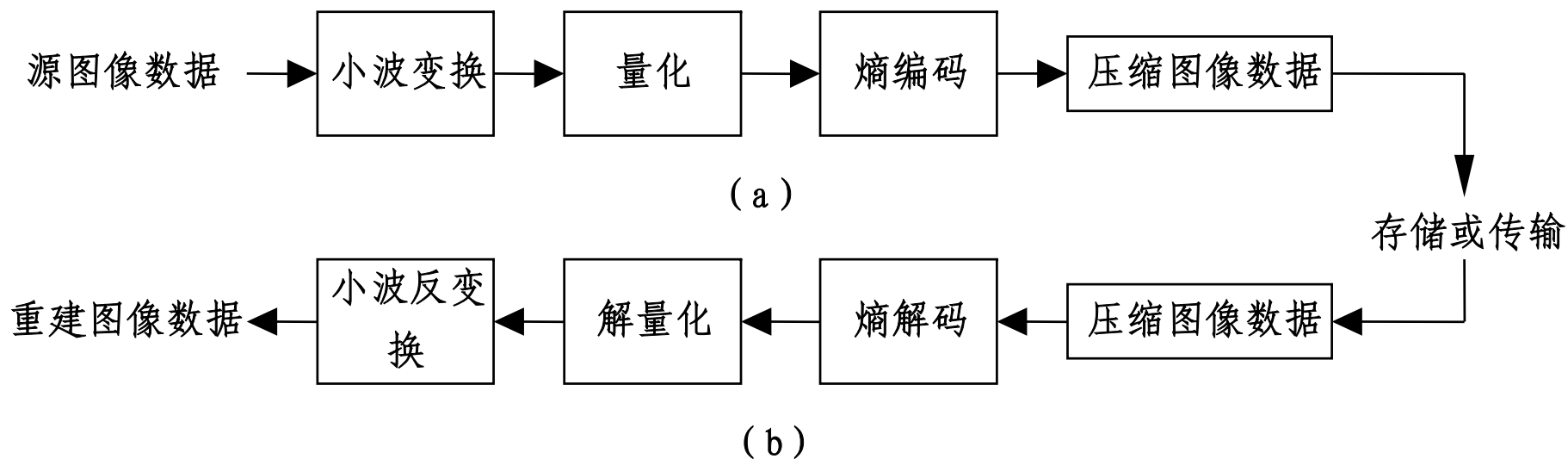
- ✓ **高压缩率**：JPEG2000图片压缩比较之JPEG提高30%，同时压缩后图像显得更加细腻平滑
- ✓ **无损压缩和有损压缩**：JPEG2000提供无损和有损两种压缩方式，允许从有损到无损的渐进解压
- ✓ **渐进传输**：JPEG2000格式支持渐进传输
- ✓ **感兴趣区域压缩**：可以指定图片上感兴趣区域的压缩质量，或在恢复时指定某些区域的解压缩要求
- ✓ **码流的随机访问和处理**：用户可在图像中随机地定义感兴趣区域，使得这一区域的图像质量高于其它图像区域；码流的随机处理允许用户进行旋转、移动、滤波和特征提取等操作。
- ✓ **具有容错能力**
- ✓ **开放的框架结构**：编码器只实现核心的工具算法和码流的解析，解码器可以要求数据源发送未知的工具算法
- ✓ **基于内容的描述**：JPEG2000压缩系统特性之一

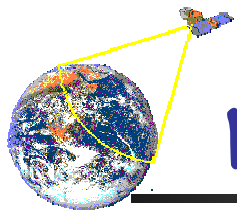


图像压缩标准—JPEG2000

■ JPEG2000简介

➤ JPEG2000编、解码器结构框图





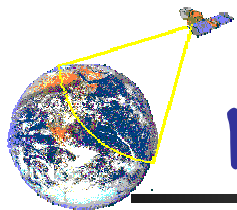
图像压缩标准——连续帧压缩

■ 连续帧图像的定义

- 由多幅尺寸相同的静止图像组成的图像序列，被称为连续帧图像。
- 与静止帧图像相比，连续帧图像多了一个时间轴，成为三维信号，因此连续帧图像也被称为三维图像。

■ 连续帧图像压缩的基本思想

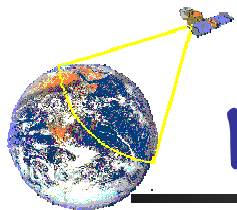
- 基于如下基本假设：
 - ✓ 在各连续帧之间存在简单的相关性平移运动。
 - ✓ 一个特定画面上的像素量值：
 - 1) 可以根据同帧附近像素来加以预测，被称为：**帧内编码技术**
 - 2) 可以根据附近帧中的像素来加以预测，被称为：**帧间编码技术**



图像压缩标准——连续帧压缩

■ 连续帧图像压缩的基本思想

- 通过减少帧间图像数据冗余，来达到减少数据量、压缩连续帧图像体积的目的。
- 将连续帧图像序列，分为参考帧和预测帧，参考帧用静止图像压缩方法进行压缩，预测帧对帧差图像进行压缩。由于帧差图像的数据量大大小于参考帧的数据量，从而达到很高的压缩比。

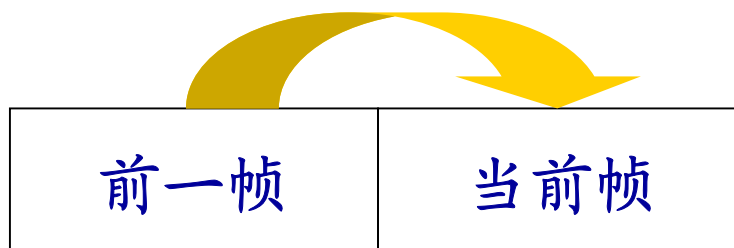


图像压缩标准——连续帧压缩

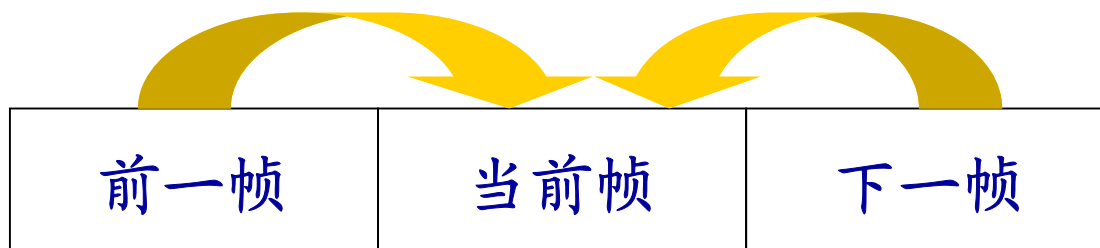
■ 帧间预测编码技术

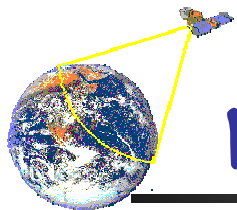
➤ 帧间预测编码

向前预测



双向预测

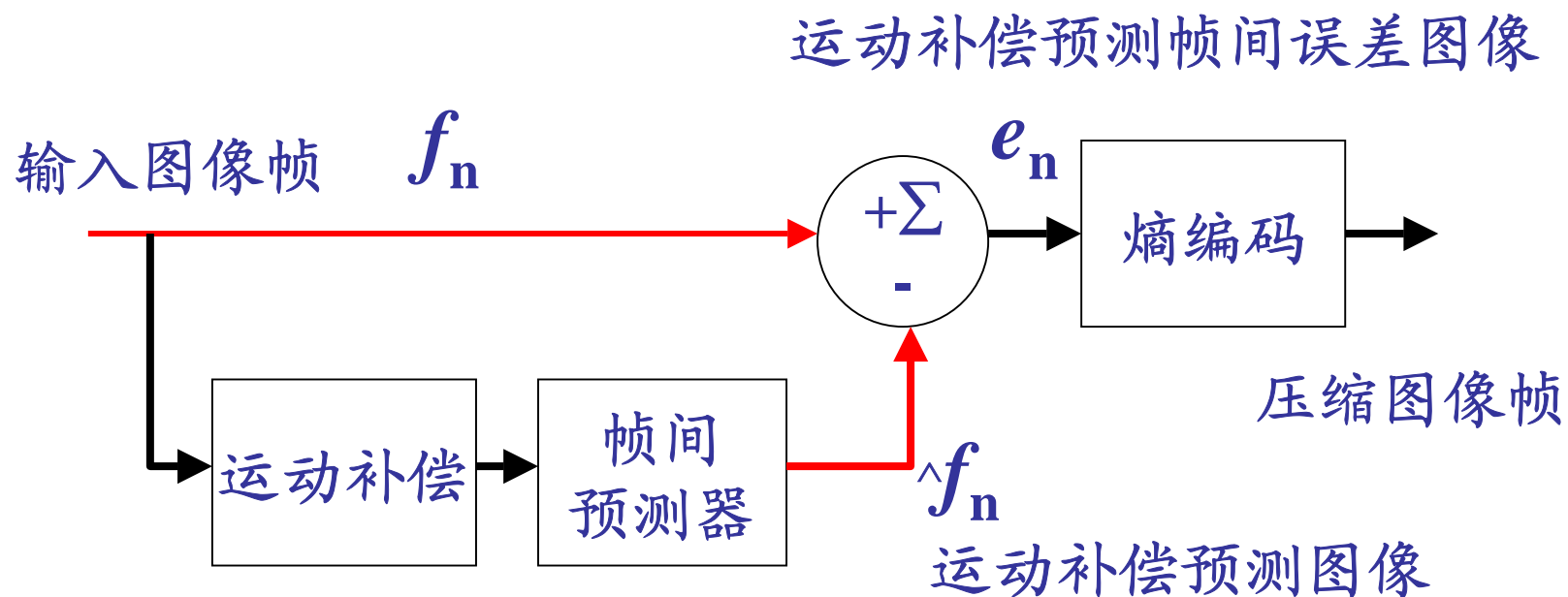


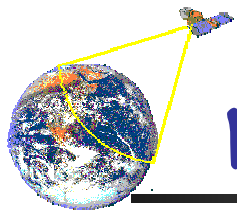


图像压缩标准——连续帧压缩

■ 帧间运动补偿预测编码技术

➤ 帧间预测编码





图像压缩标准——连续帧压缩

■ 帧间运动补偿预测编码技术

➤ 帧间预测编码

✓ I 帧

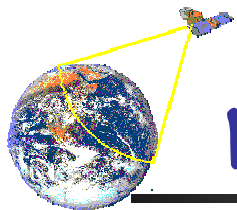
- ❖ 不进行预测、进行帧内编码的编码帧（参考帧）

✓ P 帧

- ❖ 通过向前预测得到的误差编码帧

✓ B 帧

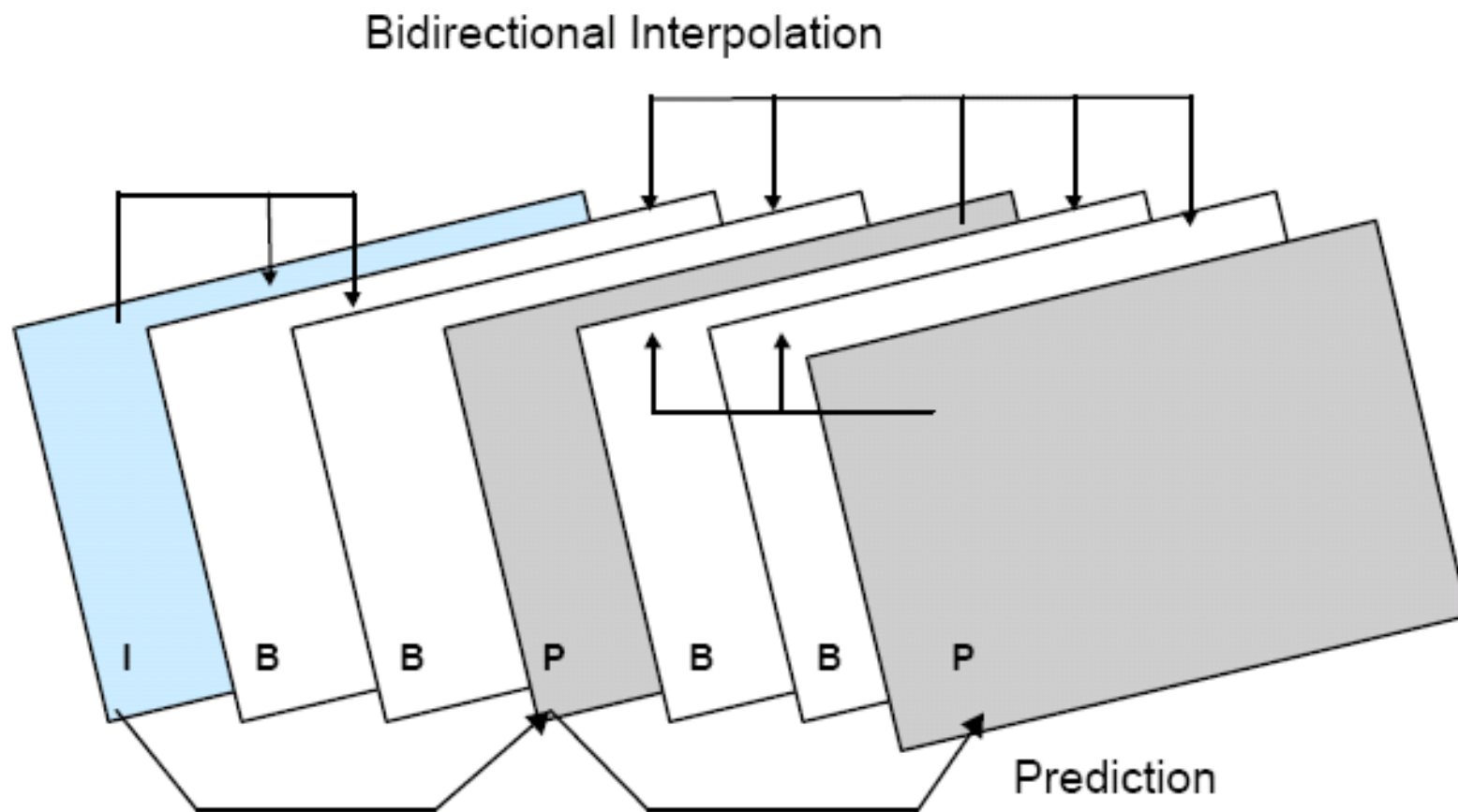
- ❖ 通过双向预测得到的误差编码帧
- ❖ 因图像序列存放在存储器中，可以使用下一帧

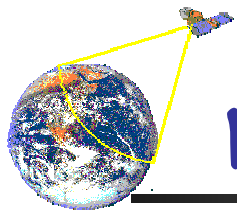


图像压缩标准——连续帧压缩

■ 帧间运动补偿预测编码技术

➤ 帧间预测编码



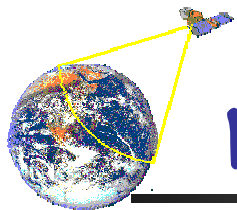


图像压缩标准——连续帧压缩

■ 帧间运动补偿预测编码技术

➤ 编码中的运动补偿

- ✓ 运动补偿概念是以对帧间运动的估算为基础的，若物体均在空间上有一位移，那么用有限的运动参数来对帧间的运动加以描述，如对于像素的平移运动，可用运动矢量来描述。
- ✓ 一个来自前一编码帧的运动补偿预测像素，就能给出一个当前像素的最佳预测。预测误差和运动矢量一同参与编码
- ✓ 由于一些运动矢量之间的空间相关性通常较高，因此，一个像素的运动矢量，可以代表一个相邻像素块的运动。
- ✓ 实现中，画面一般划分成一些不连接的像素块(在MPEG1和MPEG2标准中一个像素块为 16×16 像素)，对于每一个这样的像素块，只估算一个运动矢量

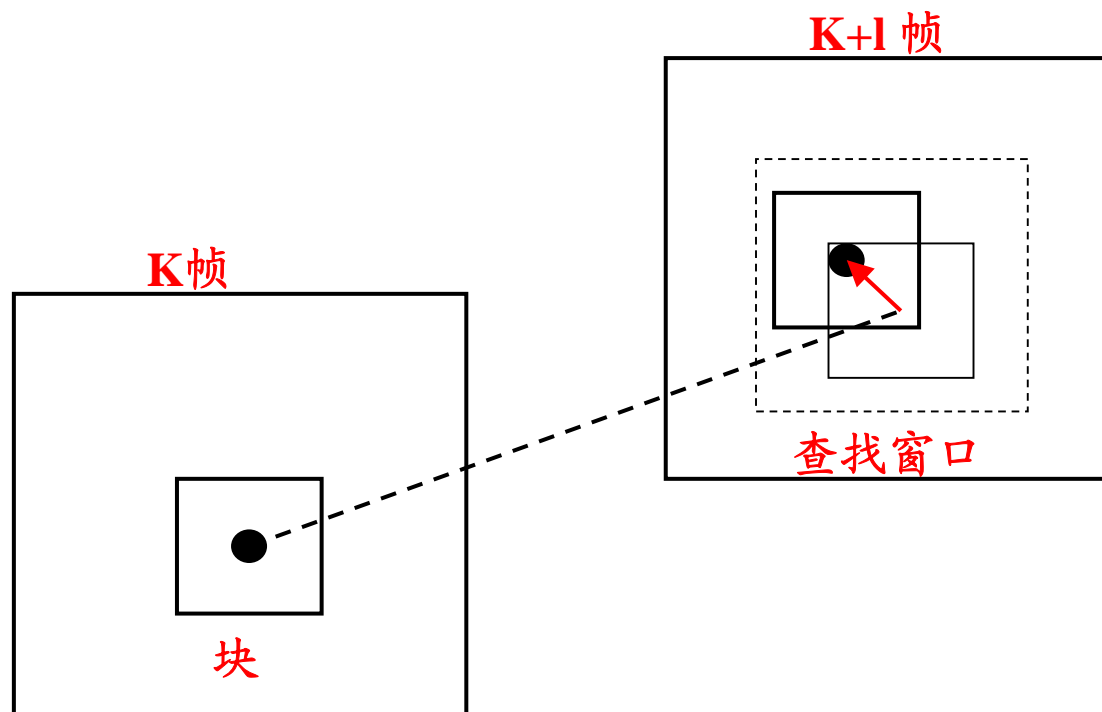


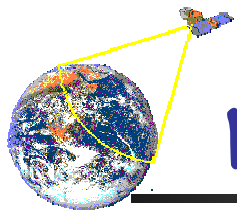
图像压缩标准——连续帧压缩

■ 帧间运动补偿预测编码技术

➤ 编码中的运动补偿

✓ 举例：常用的基于块的运动估算和补偿——块匹配法



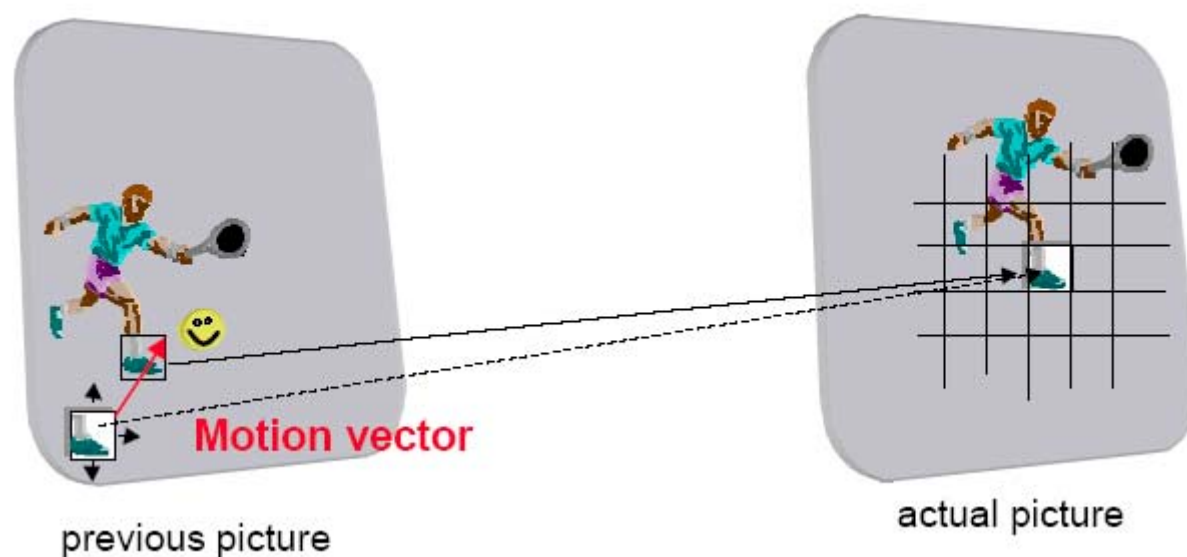


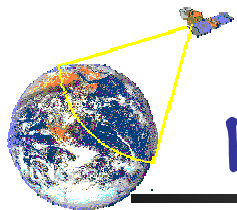
图像压缩标准——连续帧压缩

■ 帧间运动补偿预测编码技术

➤ 编码中的运动补偿

- ✓ 运动矢量估算的基础上，前后图像块相减——差值帧
- ✓ 传送运动矢量和差值帧

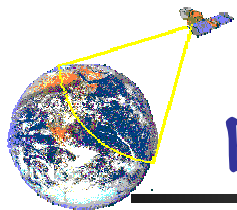




图像压缩标准—H.261\263标准

➤ H.261\263标准

- ✓ H.261\263标准是由CCITT制定的
- ✓ CCITT国际电话与电报咨询委员会，它现在被称为ITU-T（国际标准化组织电讯标准化分部），是世界上主要的制定和推广电讯设备和系统标准的国际组织，它位于瑞士的日内瓦



图像压缩标准—H.261\263标准

➤ H.261\263标准

➤ H.261标准

✓ 应用范围：ISDN的视频会议

✓ 主要编码技术：

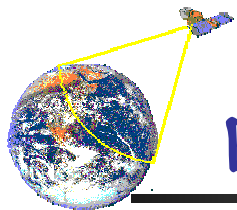
❖ DCT变换

❖ 向前运动补偿预测

❖ Zig-zag排序

❖ 霍夫曼编码

IPPPPPPIPPP.....



图像压缩标准—H.261\263标准

➤ H.261\263标准

➤ H.263标准

✓应用范围：可视电话

✓主要编码技术：

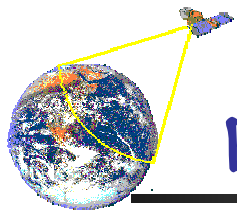
❖DCT变换

❖双向运动补偿预测

❖Zig-zag排序

❖霍夫曼编码

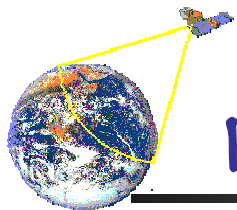
IBBPBBPBBIBBP....



图像压缩标准—MPEG标准

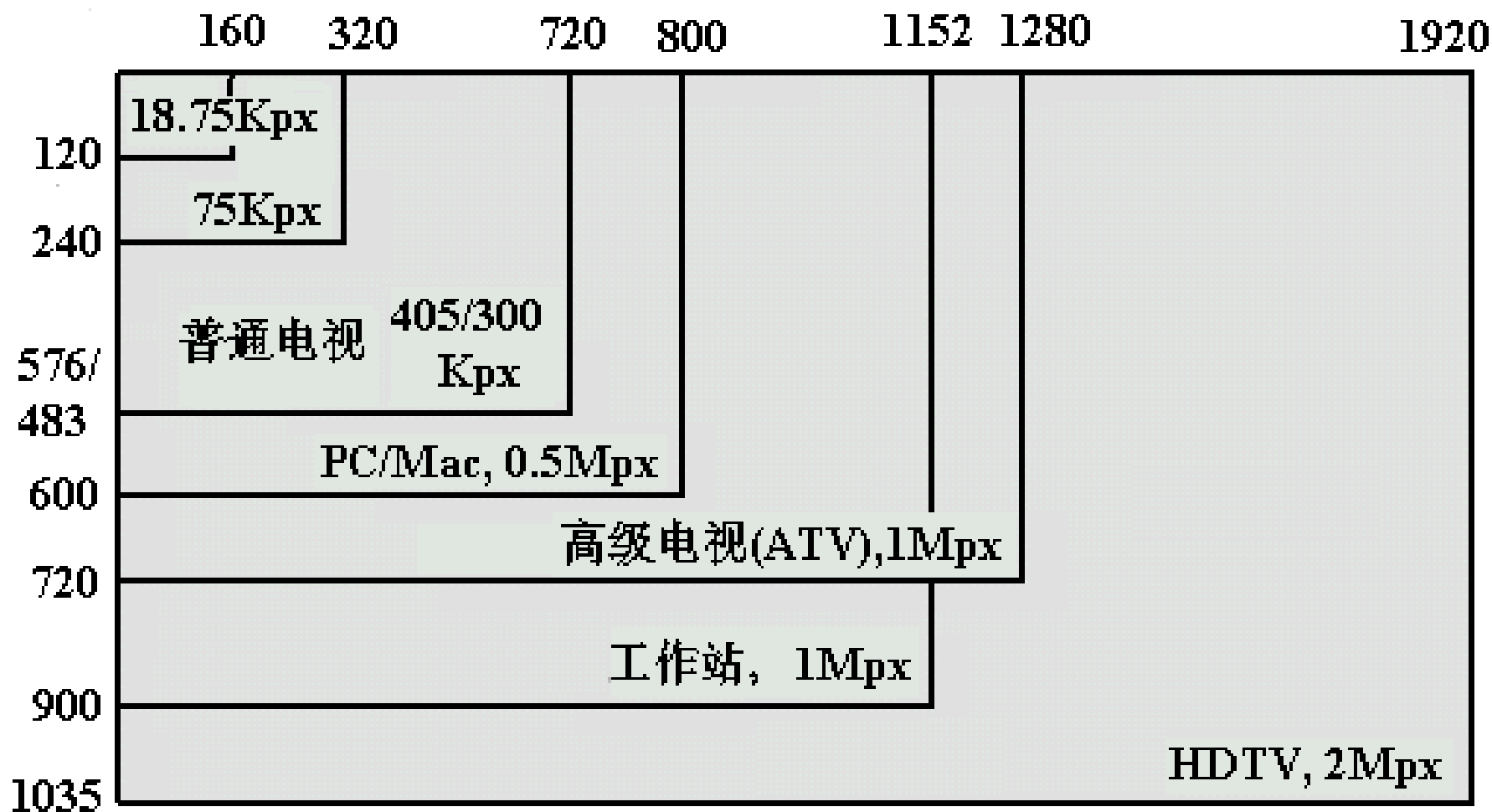
■ MPEG标准概述

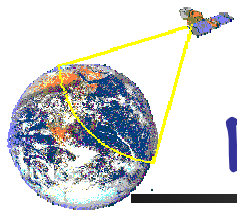
- MPEG(Moving Picture Expert Group)是在1988年由国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)联合成立的专家组，负责开发电视图像数据和声音数据的编码、解码和它们的同步等标准。这个专家组开发的标准称为MPEG标准。
- MPEG技术是近10年国际图像压缩编码技术的结晶，也是伴随信息时代应运而生的热门技术。MPEG主要包括MPEG视频、MPEG音频和MPEG系统（视音频同步）三个部分。MPEG压缩标准是针对运动图像而设计的，其平均压缩比可达50: 1，压缩率比较高，且又有统一的格式，兼容性好
- MPEG标准阐明了声音和电视图像的编码和解码过程，严格规定了声音和图像数据编码后组成比特数据流的句法，提供了解码器的测试方法等，但没有对所有内容都作严格规定，尤其是对压缩和解压缩的算法，这样既保证了解码器能对符合MPEG标准的声音数据和电视图像数据进行正确解码，又给MPEG标准的具体实现留有很大余地。人们可以不断改进编码和解码算法，提高声音和电视图像的质量以及编码效率



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG标准概述

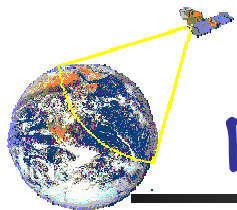




图像压缩标准—MPEG标准

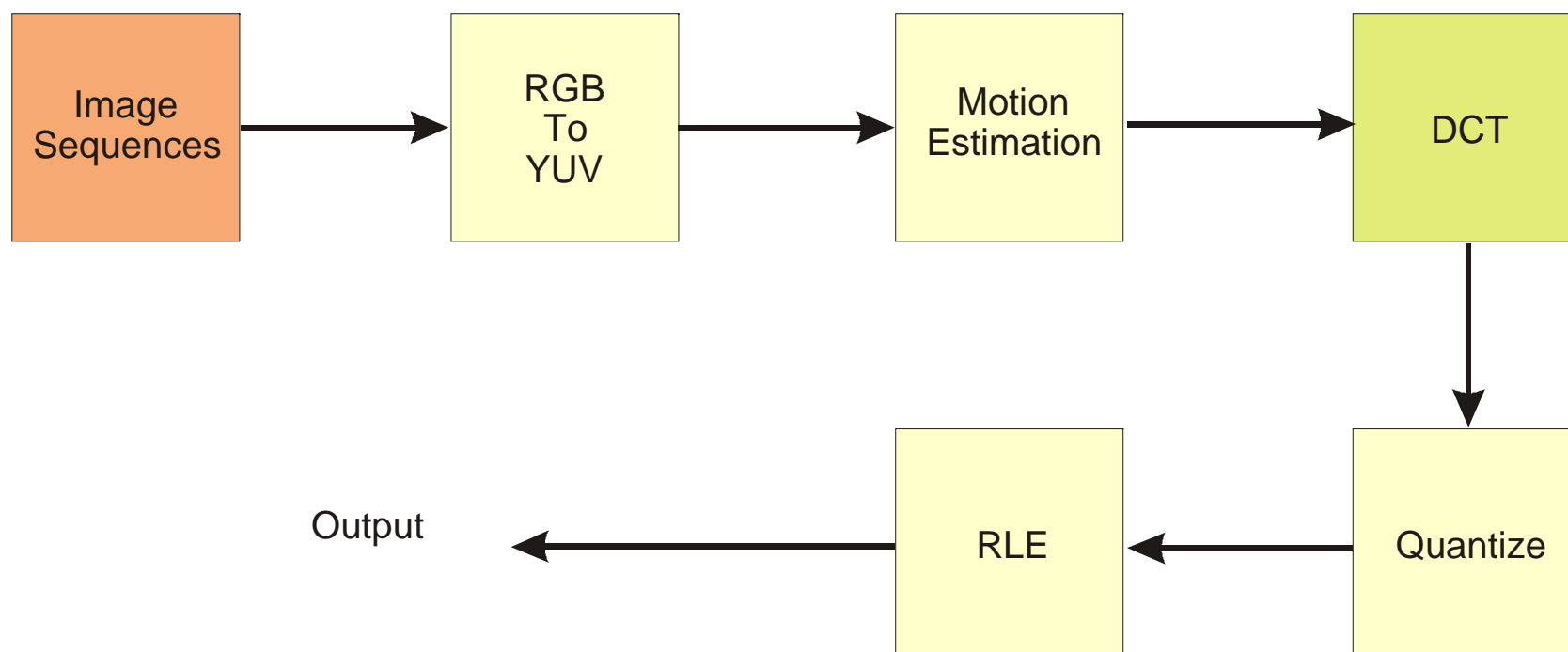
■ MPEG标准概述

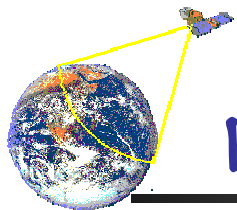
电视制式	清晰度	原码率	压缩后码率	质量
高清电视	1920×1035×60	1.18Gb/s	20-25Mb/s	优
电视 (MPEG1)	720×576×25	162Mb/s	4Mb/s	良+
电视 (MPEG2)	720×576×25	162Mb/s	1.2Mb/s	良+
录像机	352×288×25	20Mb/s	1Mb/s	良
可视电话	352×288×15	12Mb/s	64kb/s	中
极低比特率可视电话	176×144×15	3Mb/s	20kb/s	差



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG标准编码流程

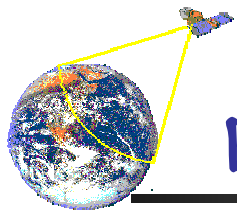




图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG1标准

- **MPEG - 1**: 数字电视标准，1992年正式发布。是针对具有**1.5Mbps**以下数据传输率的数字存储或传输媒体的视频及其伴音编码、解码的国际标准。
- **MPEG - 1**主要用于在**CD - ROM**上存储视频和音频信号。视频编码采用标准交换格式（**SIF**，类似于**CIF 52×288** ），**4 : 1 : 1**的采样方式，压缩率约**26 : 1**，图像质量接近于家用录像系统（**VHS**）。
- **MPEG**音频编码器的输入为线性**PCM**信号，双声道，采样频率为**32kHz**，**44.1kHz**或者**48kHz**，输出为**32kb/s~384kb/s**，可以达到**CD**质量。



图像压缩标准—MPEG标准

➤ MPEG1标准

✓应用范围：视频CD_ROM存储、视频消费

✓主要编码技术：

❖DCT变换

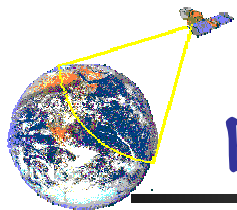
❖前向、双向运动补偿预测

❖Zig-zag排序

❖霍夫曼编码、算术编码

❖每15帧至少要有有一个I帧

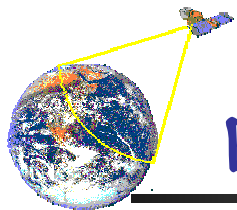
IBBPBBPBBIBBP.....



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG2标准

- **MPEG - 2**: 数字电视标准, 1994年制定。制定MPEG2的初衷是得到一个针对广播电视质量 (CCIR601格式, 720×576) 的视频信号的压缩标准。但实际上得到是一个通用的标准, 它能够在很宽范围内对不同分辨率和不同输出比特率的图像信号进行压缩
- **MPEG - 2**针对广播电视质量的视频的输出速率为4 ~ 9Mb/s, 最高达15Mb/s
- **MPGE - 2**音频标准与**MPEG - 1**兼容, 但支持更多的声道 (5.1、7.1), 多样化的采样频率, 更宽的数据输出速率范围 (8 ~ 640kb/s)
- **MPGE - 2**主要用于高画质的动画、DVD、数字卫星通信及数字电视广播



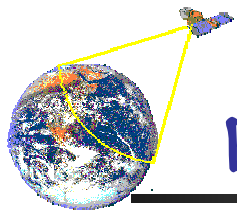
图像压缩标准—MPEG标准

➤ MPEG2标准

✓ 主要编码技术:

- ❖ DCT变换
- ❖ 前向、双向运动补偿预测
- ❖ Zig-zag排序
- ❖ 霍夫曼编码、算术编码
- ❖ 每15帧至少要有一个I帧

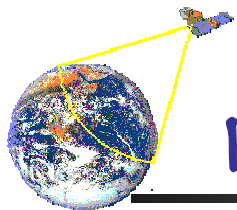
IBBPBBPBBIBBP



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG4标准

- MPEG - 4: 多媒体应用标准, 1999年正式发布
- MPEG - 4的第一个目标是制定一个通用的低码率 (64kb/s 以下) 压缩标准, 并采用第二代压缩算法, 以有效的支持甚低码率 (very low bit rate) 应用, 比如移动通信中的声像业务, 和窄带多媒体通信等等
- MPEG - 4的第二个目标是实现基于内容的压缩编码, 以提高可靠性, 支持多媒体数据的集成, 和交互式多媒体业务等等
- MPEG4的音频标准不仅支持自然声音, 而且支持合成声音
- 压缩率可以超过100倍, 而仍保有极佳的音质和画质
- 对某些视频图像, 可望达到1000:1的压缩率



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG4标准

- 为了支持对视频内容的访问，MPEG-4提出了“视频对象”的概念，其数据结构如图

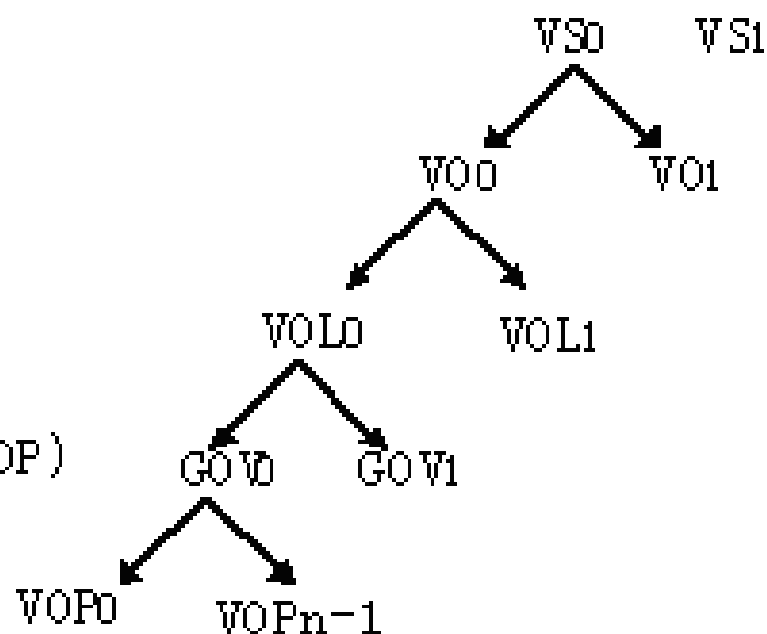
Visual Object Sequence(VS)

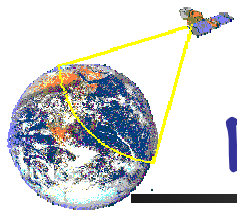
Visual Object(VO)

Visual Object Layer(VOL)

Group of Visual Object Plane(GOP)

Visual Object Plane(VOP)





图像压缩标准—MPEG标准

➤ MPEG4标准

✓应用范围：互联网、交互视频、移动通信

✓主要编码技术：

❖DCT变换

❖前向、双向运动补偿预测

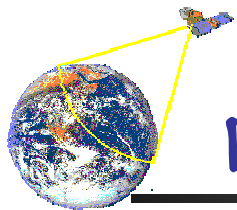
❖Zig-zag排序

❖脸部动画、背影编码

❖霍夫曼编码、算术编码

❖每15帧至少要有有一个I帧

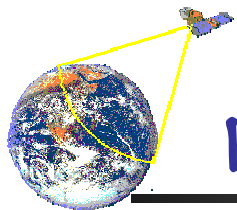
IBBPBBPBBIBBP.....



图像压缩标准—MPEG标准

Compression Efficiency

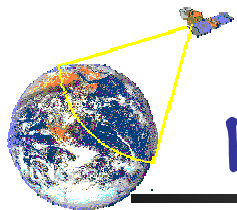
- **Uncompressed studio quality TV Transmission (Standard definition):**
576 lines, 720 samples/line
8 bits/sample
50 pictures/second (non interlaced)
=> 165 888 000 bits/second (black and white) or
=> 331 776 000 color (color with 50% of luminance resolution)
- **MPEG-1 coding 1,15 Mbit/second (quality: VHS)**
(25 pict/s, 288 x 360 pixels, non-interlaced)
- **MPEG-2 coding**
News: 2..3 Mbit/s
Movies: 2...4 Mbit/s, (24 pict/s)
Sports: 4...8 Mbit/s
HDTV: 15...20 Mbit/s
- **MPEG-4 coding**
VHS quality video: 500...700 kbit/s
Movies: 1...2 Mbit/s



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-7标准

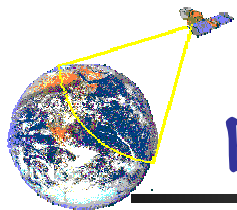
- MPEG - 7: 多媒体内容描述接口标准, 1996年开始研究, 2001年形成基本方案, 目前正处于标准制定阶段
- 随着多媒体时代的到来而产生一个重大问题: 那就是如何在多如繁星的影音资料中找到用户需要的资料。MPEG-7的出现就是要解决这种问题
- MPEG-7标准重点在于影音内容的描述和定义, 以明确的结构和语法来定义影音资料的内容。通过MPEG-7格式定义的信息, 使用者可以有效地搜寻、过滤和定义想要的影音资料
- MPEG-7同时试图将不同的媒体组合在一起, 形成统一的多媒体检索、获取与过滤等



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-7标准

- MPEG-7的应用领域包括：数字图书馆，图像目录、音乐词典等；多媒体目录服务、多媒体编辑、多媒体创作等等
- MPEG-7所描述的内容
 - ✓ 创作、生产相关信息：标题、导演、关键片段
 - ✓ 检索特征描述信息：颜色、纹理、形状、音色、旋律
 - ✓ 与使用相关的信息：版权、广播节目单
 - ✓ 与存储相关的信息：存储格式、编码方式
 - ✓ 时域、空域结构信息：场景剪接、区域分割、运动跟踪

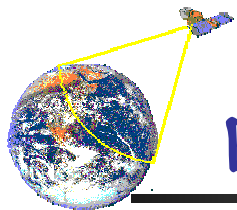


图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-21标准

- 互联网时代如何获取数字视频、音频以及合成图形等“数字商品”，如何保护多媒体内容的知识产权，如何为用户提供透明的媒体信息服务，如何检索内容，如何保证服务质量等
- 大量数字媒体(图片、音乐等)由用户个人生成、使用；面临相同问题：内容的管理和重定位、各种权利的保护、非授权存取和修改的保护、商业机密与个人隐私的保护等
- 目前虽然建立了传输和数字媒体消费的基础结构并确定了与此相关的诸多要素，但这些要素、规范之间还没有一个明确的关系描述方法，迫切需要一种结构或框架保证数字媒体消费的简单性，很好地处理“数字类消费”中诸要素之间的关系

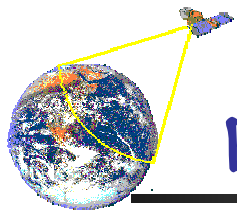
MPEG-21就是在这种情况下提出的



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-21标准

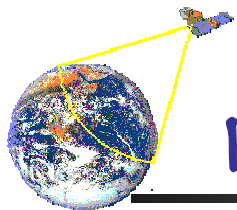
- 制定MPEG-21标准的目的是
 - ✓ 将不同的协议、标准、技术等有机地融合在一起;
 - ✓ 制定新的标准;
 - ✓ 将这些不同的标准集成在一起。
- MPEG-21标准其实就是一些关键技术的集成
- 通过这种集成环境对全球数字媒体资源进行透明和增强管理, 实现内容描述、创建、发布、使用、识别、收费管理、产权保护、用户隐私权保护、终端和网络资源抽取、事件报告等功能



图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-21标准

- MPEG - 21基于两个基本概念：
 - ✓ 分布和处理基本单元DI (the Digital Item)
 - ✓ DI与用户间的互操作
- DI是MPEG - 21框架中，一个具有标准表示、身份认证和相关元数据的数字对象。这个实体是框架中分布和处理的基本单元
- 在MPEG - 21中，一个用户是指与MPEG - 21进行环境交互或者使用DI的任何实体
- MPEG - 21认为“内容提供商”和“使用者”之间没有分别—他们都是用户
- 一个单独的实体可以以几种方式使用网络的内容，同时所有这些与MPEG - 21交互的实体都被平等对待
- MPEG - 21也可表述为：以一种高效、透明和可互操作的方式支持用户交换、接入、使用甚至操作DI的技术

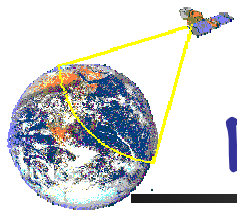


图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-21标准

➤ MPEG-21多媒体框架标准包括如下用户需求：

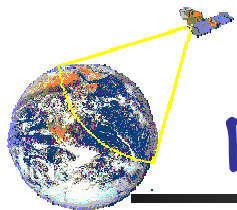
- ✓ (1) 内容传送和价值交换的安全性； (2) 数字项的理解； (3) 内容的个性化； (4) 价值链中的商业规则； (5) 兼容实体的操作； (6) 其它多媒体框架的引入； (7) 对MPEG之外标准的兼容和支持； (8) 一般规则的遵从； (9) MPEG-21标准功能及各个部分通信性能的测试； (10) 价值链中媒体数据的增强使用； (11) 用户隐私的保护； (12) 数据项完整性的保证； (13) 内容与交易的跟踪； (14) 商业处理过程视图的提供； (15) 通用商业内容处理库标准的提供； (16) 长线投资时商业与技术独立发展的考虑； (17) 用户权利的保护，包括：服务的可靠性、债务与保险、损失与破坏、付费处理与风险防范等； (18) 新商业模型的建立和使用。



图像压缩标准—MPEG标准

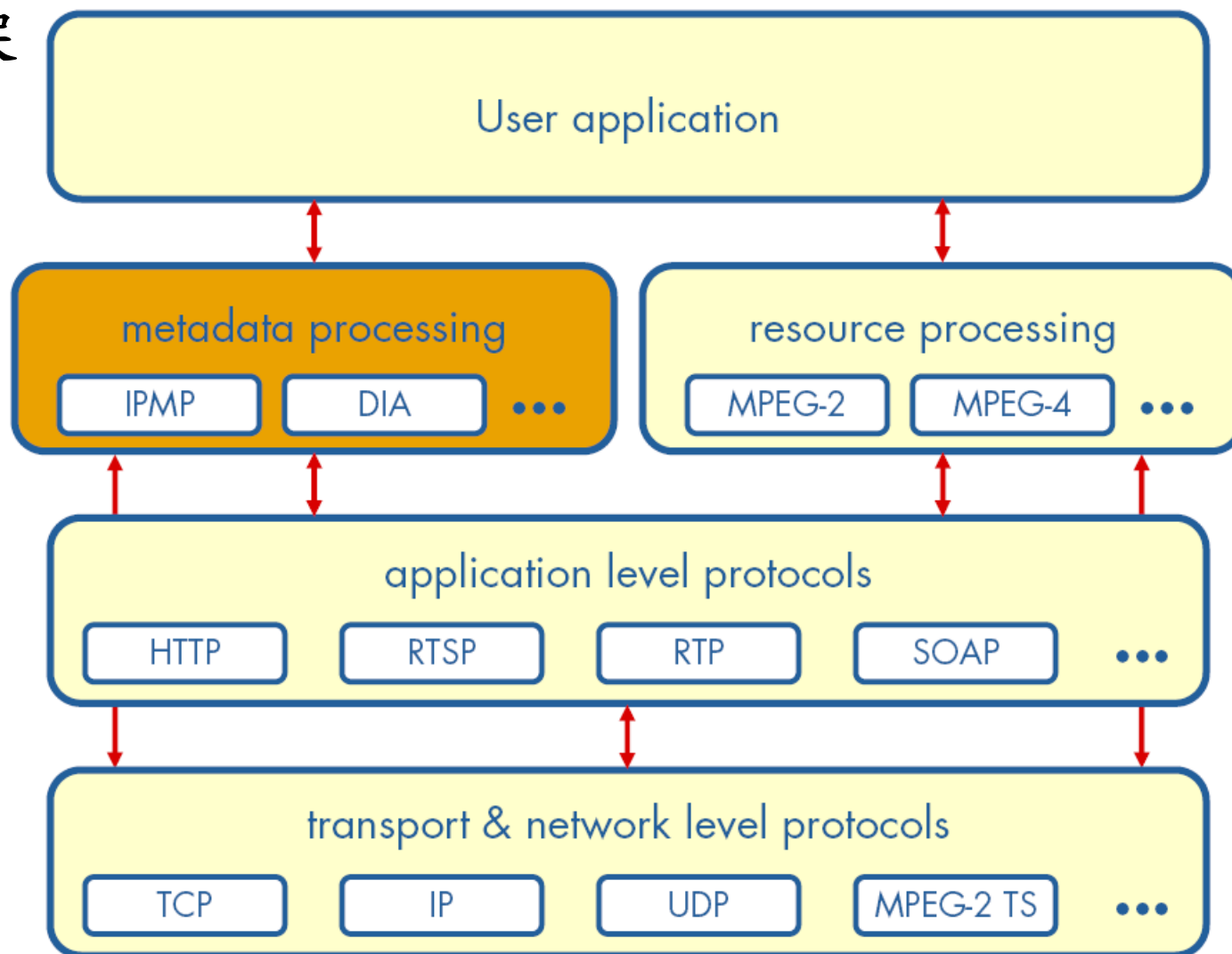
■ MPEG家族

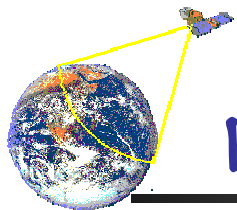
- MPEG-1、2提供对于视频音频的压缩方法与技术
- MPEG-4解决对图像中具体内容的表示
- MPEG-7实现对各种具体内容的描述
- MPEG-21提供一种交互式多媒体操作框架



图像压缩标准—MPEG标准

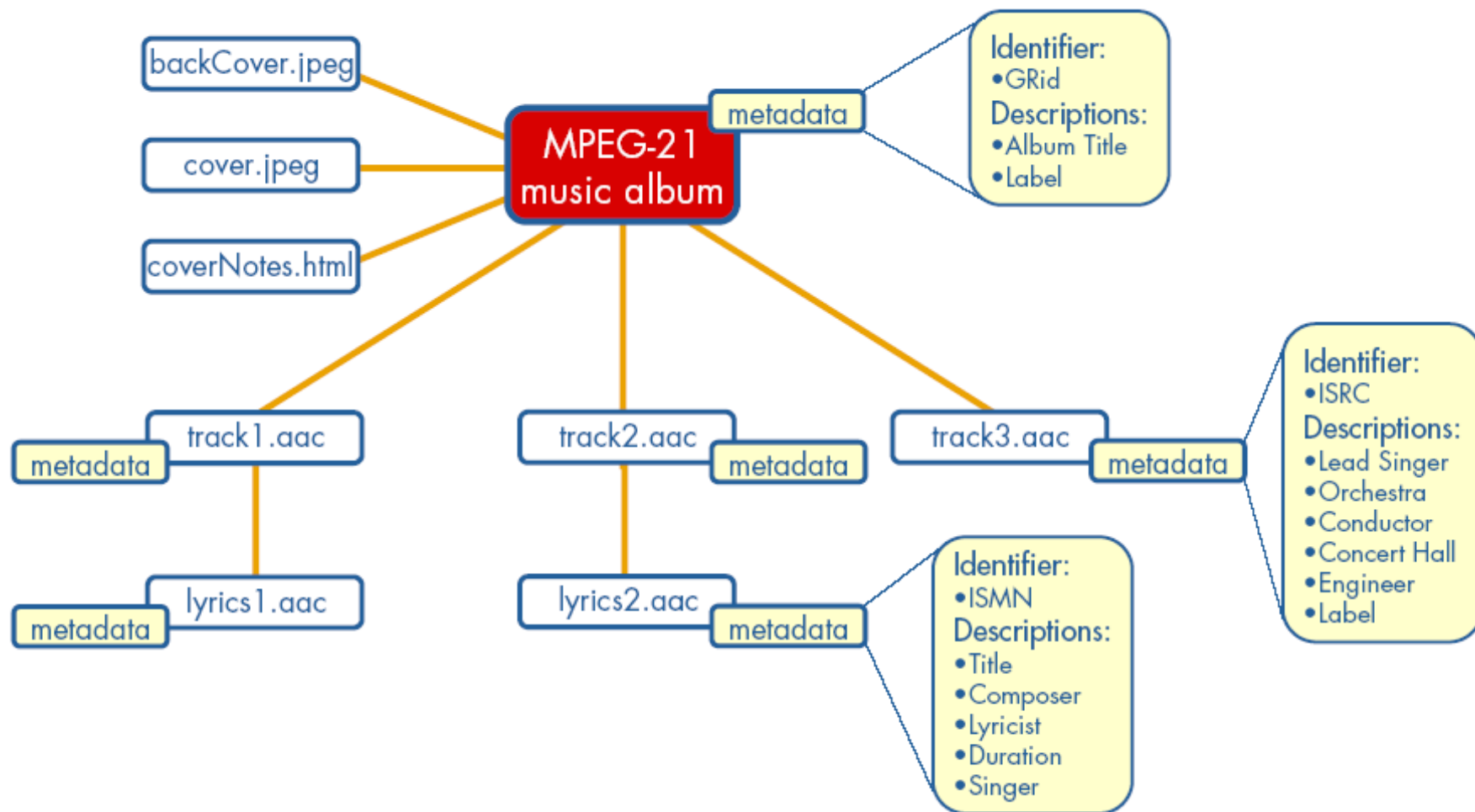
■ MPEG-21框架

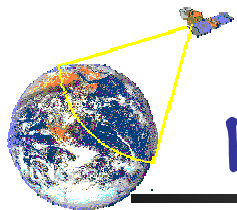




图像压缩标准—MPEG标准

■ MPEG-21实例：音乐集



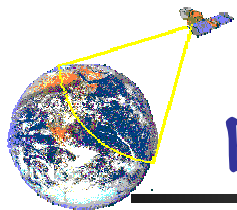


图像压缩—总结

Technique	Compression Ratio	When?
Huffman	1.5-2:1	1952
RLE	4-10:1	1966
LZW	2-10:1	1977&84
Quadtree	2:1	1980
VQ	10:1	1984
Directional Filtering	10-40:1	1985
Fractals	10-1000:1	1988
MPEG-1	10-100:1	1993
Surface Methods	10-50:1	1995
MPEG-2	10-200:1	1995
MPEG-4	10-500:1	1999

time





图像压缩—作业

■ 习题一

- 教材：P304，13、15题

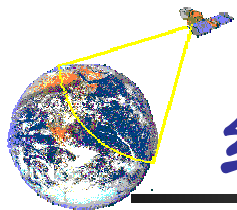
■ 习题二：详细解释下列问题

- 变长编码程序能否用于压缩具有 2^n 个灰度级的直方图均衡过的图像？
- 这样的图像是否包含可以用于数据压缩的像素间冗余？

■ 综合题三：通过资料查找，自行总结JPEG2000算法流程

■ 编程试验

- 按照JPEG算法类似的结构，用小波变换代替DCT变换，编制小波变换压缩试验程序
- 在上一步的基础上，进一步探讨变换后的量化编码方法



结束

第六章结束