

媒体大数据压缩技术（重点）

第一章 多媒体数据压缩的基本概念

1. 数据压缩的评价指标

(1) 压缩比 ($CR = \frac{\text{原始数据量}}{\text{压缩后的数据量}}$);

(2) 码率 (静止图像: $\text{bpp} = \frac{\text{压缩后的数据量}}{\text{原图像的像素数}}$ 视频: 每秒所需的数据量)

(3) 图像质量: 峰值信噪比 ($\text{PSNR} = 10 \cdot \lg \frac{(2^N - 1)^2}{\text{MSE}}$ MSE: 原图与处理图像之间的均方误差)

2. 压缩编码的方法及其分类: 无失真压缩和有失真压缩

(1) 无失真压缩: 哈夫曼编码, 算术编码, 游程编码, LZ 编码

(2) 有失真编码

A. 预测编码: 差分脉码调制, 线性预测, 非线性预测, 运动估计

B. 量化: 标量量化, 矢量量化, 块截断编码

C. 变换编码: 离散余弦变换 DCT, 离散哈德玛变换 DHT, KLT, 离散斜变换 DST

D. 多分辨率变换: 金字塔编码, 小波变换编码, 子带编码 E. 模型基编码, 分形图像编码

第二章 数据压缩的理论基础

1. 信源的熵

(1) 公式

$$H(X) = \sum_{j=1}^m P_j \cdot I(a_j) = - \sum_{j=1}^m P_j \cdot \log P_j$$

(2) 基本性质: 各种可能出现的符号的自信息量平均值。是无失真压缩的理论极限、无失真压缩的最低码率, 如果对信源进行编码的码率小于信源的熵, 则是有失真的。

2. 率失真函数 $R(D)$

(1) 定义: 在限定失真下为了恢复信源符号所必需的编码率, Q_D 范围内寻找再现信源信息最起码的平均互信息量。

$$R(D) = \min_{Q \in Q_D} I(X; Y)$$

(2) 理论意义: 率失真函数是在允许失真为 D 的条件下, 信源编码给出的平均互信息量的下界。当编码码率小于 $R(D)$ 时, 平均失真大于 D 。

第三章 几种常见的无失真数据编码方式

1、哈夫曼编码: 各码字长度按概率大小逆序排列得到的平均码长最短, 缺点要统计概率, 需要存储和传输码表。

2、游程编码(RLC): 用一个符号值或串长代替具有相同值的连续符号。用二进制记录串的字符、位置以及长度。

3、MH/MR 编码:

(1) MH 编码: 使用串长的出现的概率编成哈夫曼码表, 结尾码和组合基于码结合。

(2) MR 编码: 按行扫描, 若干行分为一块, 参考行 MH, 编码行 MR。按照迁移像素 a_1 与

b1 的相对位置，分成通过模，水平模和垂直模。

4、算术编码

(1) 原理：将被编码的信息表示成实数 0 和 1 之间的一个间隔，信息越大，编码表示它的间隔就越小，表示这一间隔所需要的二进制位就越多。

(2) 特点：固定方式和自适应方式；不必预先统计概率，适合于无法知道信源字符概率分布的情况；当信源概率比较接近时，Huffman 编码的效率不高，算术编码要好于 Huffman；算术编码的实现方法复杂于 Huffman 方法。

5、LZ 编码（基于字典的无失真编码）

(1) 基本原理：字典窗口和缓冲区窗口，读入缓冲区后将字符和字典窗口中的进行匹配，记录缓冲区中匹配的位置、长度以及匹配段后的第一个字符。

(2) 商业压缩软件：PKZIP, WinZIP, gzip

第四章 量化编码

1、矢量量化

(1) 原理：使用 N 个相邻幅值的相关性，将 N 维空间分割成为一个一个的蜂窝。

(2) 码书设计

将矢量空间转换成蜂窝，使得平均量化误差最小。量化误差 $\vec{q} = \vec{x} - \vec{y}_i$

$$d(x, y_i) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x_k - y_{i,k})^2 \text{ 平均误差 } D = \sum_{i=1}^L \int_{c_i} d(\vec{x}, \vec{y}_i) p(\vec{x}) d\vec{x}$$

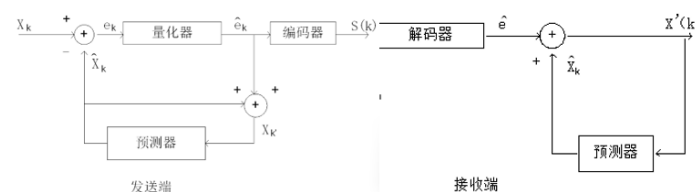
LBG 编码：初始化码书 $y_i = (i=1, 2, \dots, L)$ ；训练矢量 \rightarrow 将每个矢量分配给当前的蜂窝 \rightarrow 计算新的中心点 $y_i \rightarrow$ 新码书 \rightarrow 将每个矢量分配给当前的蜂窝 (Kmeans)。

第五章 预测编码

1、差分脉冲编码调制 (DPCM)：随着已知信号的不断增多，后一个信号具有的不确定度越小。信号为零均值时，误差信号的方差小于原始信号。

2、差分脉冲编码调制的编码和解码

X_K 是某信号的实际值， \hat{X}_K 是对该信号的预测值， e_K 是预测误差， \hat{e}_K 为量化预测误差， $X'_K = \hat{e}_K + \hat{X}_K$ ，得到当前信号的重建值，作为下一个信号的预测值。数个预测出的失真，完全由量化器产生。如果没有量化器，则 DPCM 可应用于无失真编解码中。量化误差： $X_K - X'_K = X_K - (\hat{X}_K + \hat{e}_K) = e_K - \hat{e}_K = q_K$



3、最佳线性预测器

设集合 $\{X\}$ 表示信号序列，K 时刻的信号值 X_K 用过去 N 个信号值的线性组合来预测。

$$\hat{X}_K = \sum_{i=1}^N a_i \cdot X_{K-i} \quad e_K = X_K - \hat{X}_K$$

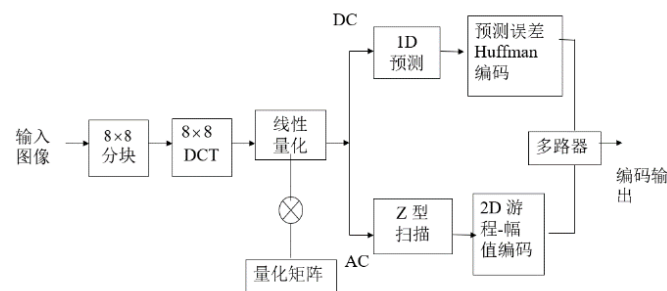
$$\sigma_e^2 = E \{ (X_k - \hat{X}_k)^2 \} \quad \frac{\partial \sigma_e^2}{\partial a_i} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$\begin{bmatrix} R(0) & R(1) & \dots & R(N-1) \\ R(1) & R(0) & \dots & R(N-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R(N-1) & R(N-2) & \dots & R(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(0) \\ R(1) \\ \vdots \\ R(N-1) \end{bmatrix}$$

第六章 变换编码

1、JPEG

(1) JPEG 基本系统压缩过程框图



(2) 各部分功能

- A. 首先将原始图像分割成 8*8 的子块，对于彩色图像，它要求 YUV 4: 2: 2 格式。
- B. DCT: 为消除直流电平的影响，首先将原始图像的所有像素减去 128，再进行 DCT 变换进行去相关性。
- C. 线性量化: 进行四舍五入取整，图像质量下降的主要原因，JPEG 给出了考虑人眼视觉特性的量化系数矩阵表。
- D. 编码输出: ①对于直流系数预测，预测后进行熵编码；②对于交流 AC 系数，首先对交流系数进行 Z 型扫描，编码以游程-幅值，Huffman 编码的形式完成。

2、层次过程

- ①把原图像的分辨率按 2 的倍数降低 ②把降低的子图像采用基本过程编码
- ③将压缩数据解码，重建低分辨率图像，使用插值、滤波对其内插，幅度水平和垂直分辨率
- ④对二者的差值进行基本过程编码 ⑤重复

3、分形图像编码

(1) 原理: 通过图像处理技术将原始图像分成一些子图像，然后在分形集中查找这样的子图像。分形集存储许多迭代函数，通过迭代函数的反复迭代，可以恢复原来的子图像。

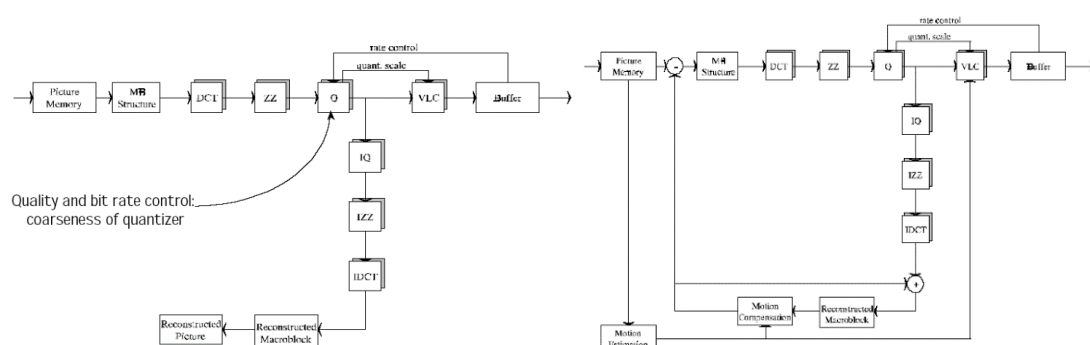
(2) 特点: 压缩比高，压缩后的文件容量与图像像素数无关，在压缩时时间长但解压压缩速度快。

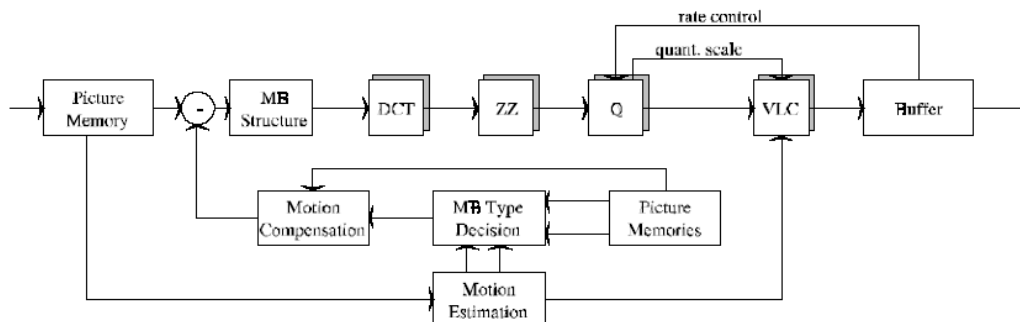
4、方块效应

(1) 原因: JPEG 过程在进行分块后对每一块进行 DCT 变换，高压缩比时，线性量化的量化步长较大，量化后将一些高频系数变成了 0，反变换后，成为了全灰的。

(2) 改进方法: 用小波变化代替余弦变换。

第七章 序列图像编码 GOP





GOP 结构对延时的影响：

(IIIIIIIIII) 仅帧内编码：不参考其他帧，仅使用本帧的信息进行编码。

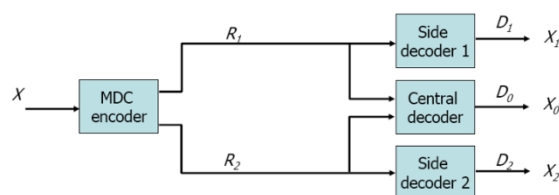
(IPPPPPP) 存在延时，要通过上一帧使用运动预测的方式进行帧间预测编码。

(IBBPBBPBBP) I 为帧内编码，单独编解码，不参考其他帧；P 为预测帧，以 I 帧或前一个 P 帧作为基础；B 帧为双向预测帧，传送其与 I 帧或 P 帧之间的差值信息。(IPBBPBB)

第八章 分布式/多描述图像视频编码

1、多描述编码 (MDC)

(1) 原理：信源通过多描述编码器生成多个比特流，分别在多个独立的信道上传输，如果只收到其中某一个描述，则恢复较低质量但可接受的重建信号，如果收到两个描述，则得到高质量的中心路重建信号。



(2) 优点：提高数据可靠性，较高的鲁棒性

(3) 缺点：编码效率有所损失，即中心路和单路的编码效率不会同时达到最优。

(4) R-D 区域

$$D_i \geq \sigma^2 2^{-2R_i}, \text{ for } i = 1, 2$$

$$D_0 \geq \sigma^2 2^{-2(R_1+R_2)} \cdot \gamma_D$$

$$\text{其中, } \gamma_D = \begin{cases} 1, & \text{if } D_1 + D_2 > \sigma^2 + D_0, \\ \frac{1}{1 - \left(\sqrt{(1-D_1)(1-D_2)} - \sqrt{D_1 D_2 - 2^{-2(R_1+R_2)}} \right)^2}, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

(5) 实现方法

① 前处理法：抽样法，多描述相关变换法；② 嵌入到编码方案中：多描述标量量化法，多描述矢量量化法；

③ 后处理法：基于纠错码的多描述编码。

(6) 应用场合：传感器网络

2、分布式信源编码 (DSC)：单独编码联合解码，编码简单解码复杂，利用纠错码实现信源的编解码，具有一定的抗干扰能力。在同等码率下，在有无失真的情况下，DSC 都能够获得与传统联合编码一样的压缩性能。