

# 多媒体技术基础

授课教师：钱学明

西安交通大学

qianxm@mail.xjtu.edu.cn

SMILES LAB, XJTU

<http://smiles-xjtu.com/>

## 提纲

- MPEG-1/2/4视频压缩标准回顾
- H.264编码标准
  - 帧内预测
  - 整数DCT
  - 细致的分开模式

## H.264/AVC 视频压缩的标准

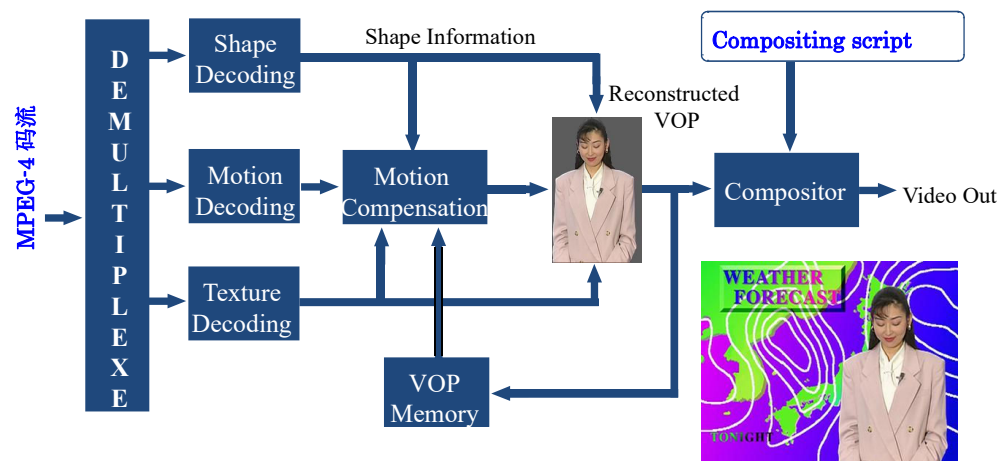
### 1. H.261, MPEG-1/2视频编码标准回顾

- 帧结构I、P、B帧
- 基于块的预测编码：16\*16—>16\*8，帧场自适应的编码
- 基于DCT变换技术的编码
- 基于可分级的编码：时间、空间、SNR、数据分割

### 2. MPEG-4标准回顾

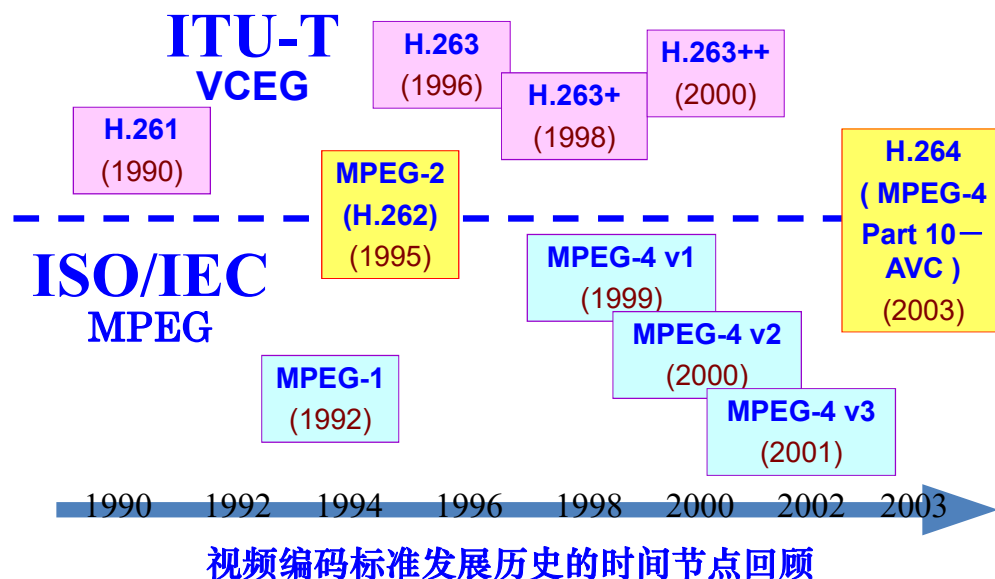
- 基于对象的编码：以VOP为基本单位，纹理+形状编码
- 基于块的预测：8\*8、16\*16及GMC的预测
- 形状编码&纹理编码
- 传统DCT、SA-DCT、小波纹理编码
- 基于静态Sprite技术以及动态Sprite的编码
- 可分级的编码：可分级延伸至基于对象的编码

## H.264/AVC 视频压缩的标准



MPEG-4 解码流程

# H.264/AVC 视频压缩的标准



# H.264/AVC 视频压缩的标准

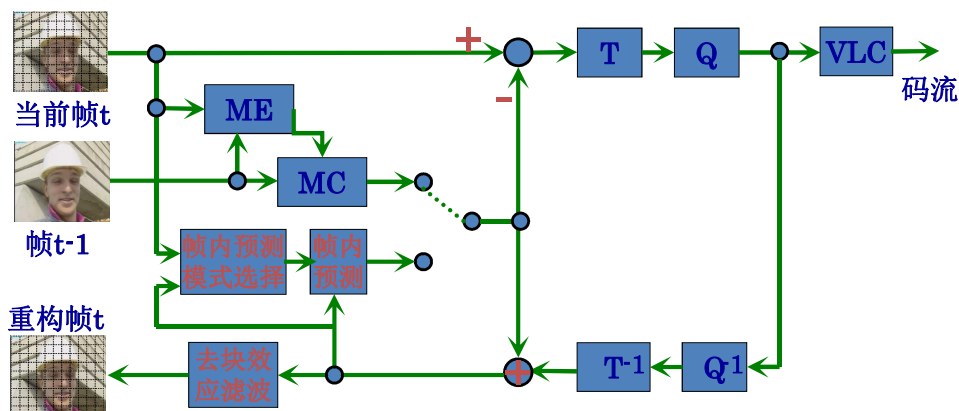
## 3. H.264视频编码的特点

- (1) 压缩性能比MPEG-2高50%，比MPEG-4高30%
- (2) 帧内预测编码
- (3) 整数DCT变换技术
- (4) 细致的分块模式
- (5) 循环去块效应滤波
- (6) 鲁棒的错误抵抗机制
- (7) H.264编码大致流程

# H.264/AVC 视频压缩的标准

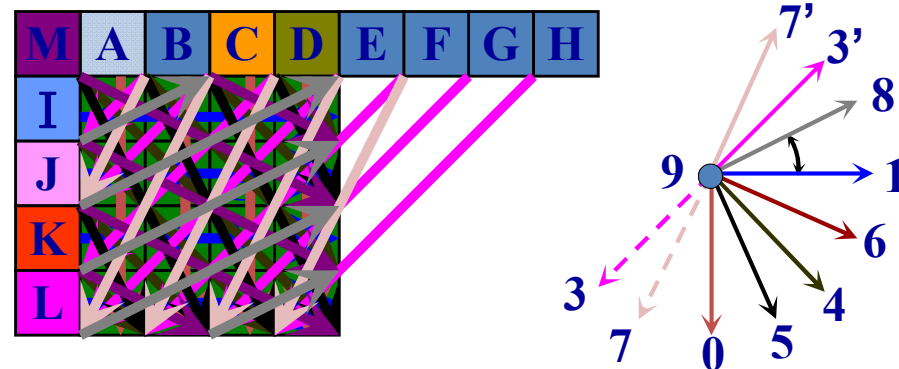
# H.264/AVC 视频压缩的标准

## H.264视频编码流程



## 4. H.264帧内预测编码原理

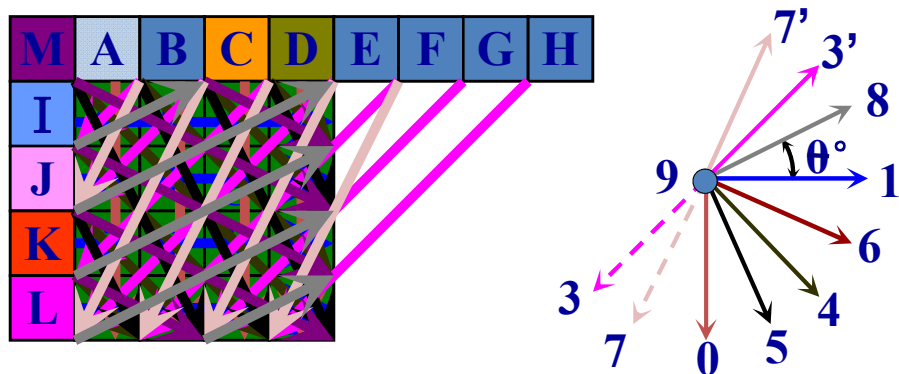
- 帧内预测模式
- 整数DCT变换技术
- 细致的分块模式



## 七、H.264/AVC视频编解码标准介绍

### 4. H.264帧内预测编码

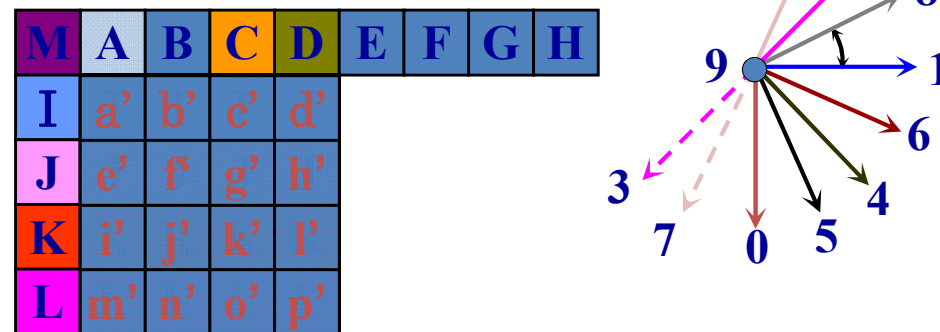
(1)4\*4块帧内预测模式 (示意图)



## H.264/AVC 视频压缩的标准

### 4. H.264帧内预测编码

(1)4\*4块帧内预测模式 (例子)



$$a' = \text{round}(I/4 + M/2 + A/4)$$

$$d' = \text{round}(B/4 + C/2 + D/4)$$

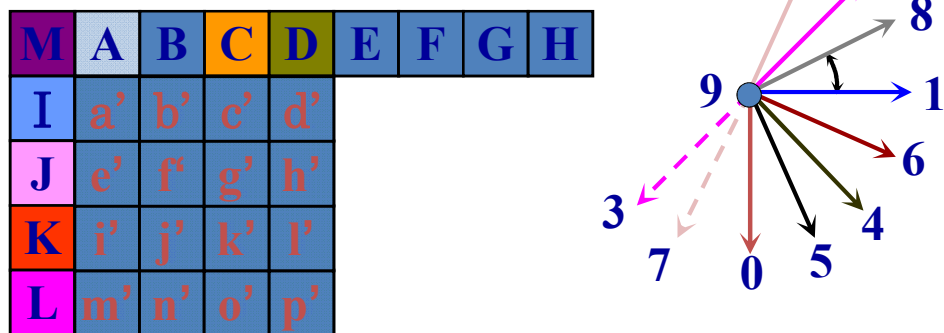
$$a' = \text{round}(I/2 + J/2)$$

$$d' = \text{round}(J/4 + K/2 + L/4)$$

## 七、H.264/AVC视频编解码标准介绍

### 4. H.264帧内预测编码

(1)4\*4块帧内预测模式 (mode4)



$$\text{Pred}_{4 \times 4}[x, y] = (p[x-y-2, -1] + 2 \cdot p[x-y-1, -1] + p[x-y, -1] + 2) / 4; \quad x > y$$

$$\text{Pred}_{4 \times 4}[x, y] = (p[-1, y-x-2] + 2 \cdot p[-1, y-x-1] + p[-1, y-x] + 2) / 4; \quad x < y$$

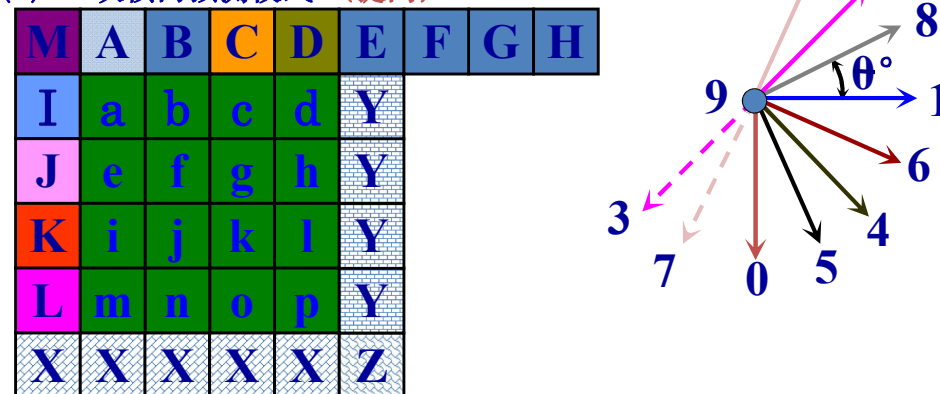
$$\text{Pred}_{4 \times 4}[x, y] = (p[0, -1] + 2 \cdot p[-1, -1] + p[-1, 0] + 2) / 4; \quad \text{其它}$$

毕厚杰:《新一代视频压缩编码标准—H.264/AVC》人民邮电出版社 pp.211-218

## H.264/AVC 视频压缩的标准

### 4. H.264帧内预测编码

(1)4\*4块帧内预测模式 (提问)



问题1.为何不使用图示框中的边界像素X,Y,Z作预测?

问题2.上述编码的顺序是什么? 问题3.如果采用Boxout, 垂直扫描又如何?

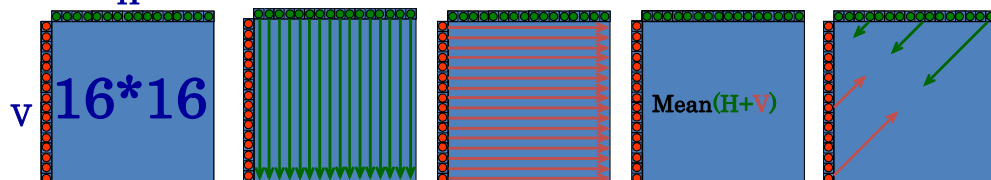
# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

(2)8\*8测模式 [注意：在High Profile使用]

预测模式9种预测的方向同4\*4块

(3)16\*16块帧内预测模式



提问1：为什么16\*16块的模式只有4种而4\*4与8\*8则有9种？

提问2：有无必要再增加16\*16块的模式？

提问3：若增加模式数，会对H.264编码带来什么样的影响？

# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

(4) 帧内预测模式选择

● 编码模式选择的目的：

- 通过模式选择得出一种最佳预测模式使编码的效率最高。
- 模式选择一般要结合Slice的划分方式、不同的应用场合等。

● 编码模式选择的方法：

- 最精确的方法：采用每种预测模式都实际编码一遍，比特数最小的最优。缺点：计算量太大。
- 实际中采用“率失真优化”方法进行估计。

率=编码的码率；失真的度量？

$$Cost = D + \lambda R$$
$$\lambda = 0.85 \times 2^{\frac{4}{3}(Qp-12)}$$

# H.264/AVC 视频压缩的标准

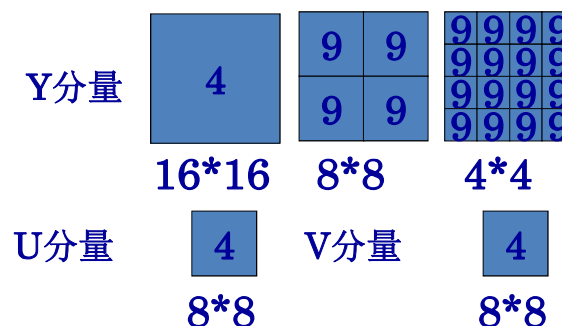
## 4. H.264帧内预测编码

(4) 帧内预测模式选择

帧内预测模式总数=???

=帧内预测模式总数（Y）+ 帧内预测模式总数（UV）

[例]以4:2:0采用的视频为例，一个MB进行帧内预测的模式判断数



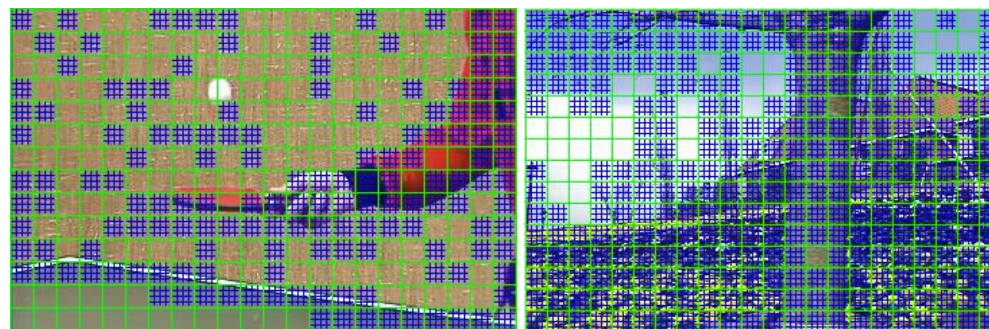
● Models in Previous Standards ?

● How to Select an Optimal Mode In H.264?

# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

(4) 帧内预测模式选择



从分块模式中发现什么规律

注：仅仅使用Baseline Profile下的编码模式



## H.264/AVC 视频压缩的标准

### ● DCT&IDCT的表达式

DCT: Discrete Consign Transform

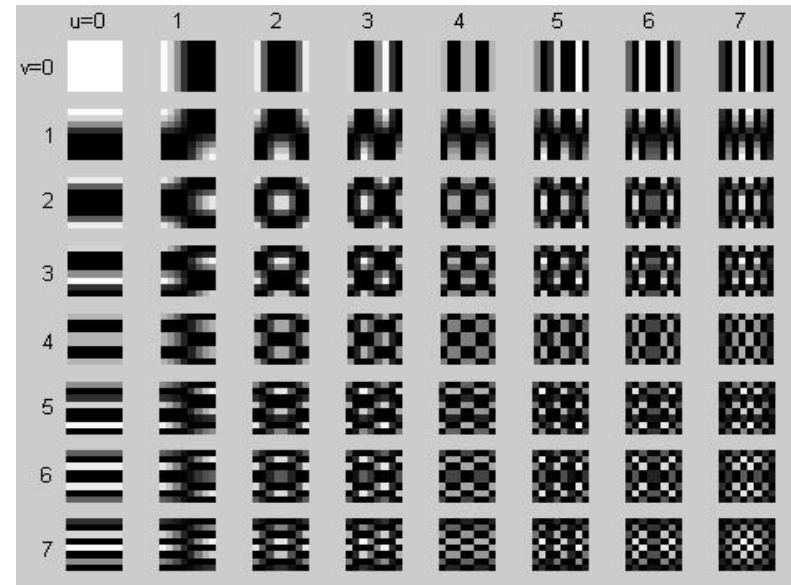
$$F_c(\mu, \nu) = \frac{2}{\sqrt{MN}} c(\mu) c(\nu) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left[\frac{\pi}{2N} (2x+1)\mu\right] \cos\left[\frac{\pi}{2M} (2y+1)\nu\right]$$

IDCT:

$$f(x, y) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{\mu=0}^{M-1} \sum_{\nu=0}^{N-1} c(\mu) c(\nu) F_c(\mu, \nu) \cos\left[\frac{\pi}{2N} (2x+1)\mu\right] \cos\left[\frac{\pi}{2M} (2y+1)\nu\right]$$

$$c(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & x = 0 \\ 1 & x = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

## H.264/AVC 视频压缩的标准



## H.264/AVC 视频压缩的标准

### 4. H.264帧内预测编码

(5) DCT的矩阵表达方式 (4\*4块为例)

$$F = C f C^T, \quad f = C^T F C$$

$$C = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{\pi}{8}) & \sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{3\pi}{8}) & -\sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{3\pi}{8}) & -\sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{\pi}{8}) \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{3\pi}{8}) & -\sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{\pi}{8}) & \sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{\pi}{8}) & -\sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{3\pi}{8}) \end{bmatrix}$$

$$a = \frac{1}{2}, b = \sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{\pi}{8}), c = \sqrt{\frac{1}{2}} \cos(\frac{3\pi}{8})$$

$$a = \frac{1}{2}, b = 0.6533, c = 0.2706$$

$$C = \begin{bmatrix} a & a & a & a \\ b & c & -c & -b \\ a & -a & -a & a \\ c & -b & b & -c \end{bmatrix}$$

## H.264/AVC 视频压缩的标准

### 4. H.264帧内预测编码

(5) 整数DCT技术

$$F' = (C_m f C_m^T) \neq F$$

$$F = (C_m f C_m^T) \otimes E$$

$$F = C f C^T, \quad C = \begin{bmatrix} a & a & a & a \\ b & c & -c & -b \\ a & -a & -a & a \\ c & -b & b & -c \end{bmatrix}$$

$$C_m = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$E = \begin{bmatrix} a^2 & ab/2 & a^2 & ab/2 \\ ab/2 & b^2/4 & ab/2 & b^2/4 \\ a^2 & ab/2 & a^2 & ab/2 \\ ab/2 & b^2/4 & ab/2 & b^2/4 \end{bmatrix}$$

$$E = \begin{bmatrix} 0.2500 & 0.1581 & 0.2500 & 0.1581 \\ 0.1581 & 0.1000 & 0.1581 & 0.1000 \\ 0.2500 & 0.1581 & 0.2500 & 0.1581 \\ 0.1581 & 0.1000 & 0.1581 & 0.1000 \end{bmatrix}$$

# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

### 【例1】 4\*4的DCT&整数DCT技术

$$f = \begin{bmatrix} 47 & 3 & 7 & 14 \\ 46 & 18 & 10 & 10 \\ 21 & 41 & 10 & 8 \\ 45 & 5 & 30 & 37 \end{bmatrix} \Rightarrow F = \begin{bmatrix} 88 & 31 & 26 & 9 \\ -14 & 17 & 8 & 1 \\ 6 & -12 & 23 & 21 \\ -8 & 0 & -16 & -16 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 47 & 3 & 7 & 14 \\ 47 & 18 & 10 & 10 \\ 21 & 41 & 10 & 8 \\ 45 & 5 & 30 & 37 \end{bmatrix}$$

DCT: MSE=0.0625

整数DCT

$$f = \begin{bmatrix} 47 & 3 & 7 & 14 \\ 46 & 18 & 10 & 10 \\ 21 & 41 & 10 & 8 \\ 45 & 5 & 30 & 37 \end{bmatrix} \Rightarrow F' = \begin{bmatrix} 88 & 30 & 26 & 11 \\ -14 & 17 & 9 & 4 \\ 6 & -13 & 23 & 20 \\ -9 & 3 & -15 & -16 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} 48 & 1 & 8 & 14 \\ 46 & 17 & 13 & 11 \\ 22 & 40 & 9 & 6 \\ 43 & 6 & 30 & 38 \end{bmatrix}$$

整数DCT: MSE=1.875

# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

### (6)帧内预测残差的编码

DC分量

AC分量

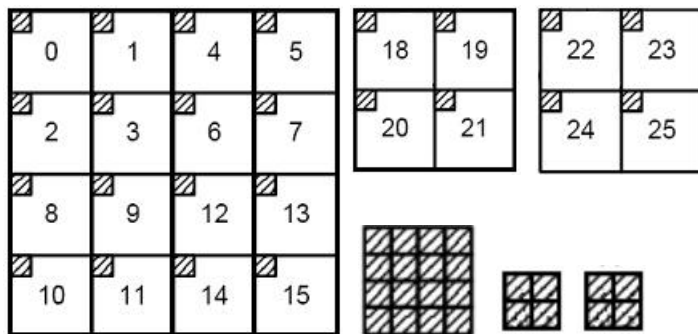
H.261

MPEG-1

MPEG-2

MPEG-4

如何进行?



# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

### 【例2】 8\*8的DCT&整数DCT技术

如何推导出来的?

○S. Gordon, "Simplified Use of 8x8 Transform," Doc. JVT-I022, San Diego, Sept. 2003.

○H. Malvar, et al, "Low-Complexity Transform and Quantization in H.264/AVC," *IEEE Trans. CSVT*, vol. 13, 2003, pp. 598-603.

# H.264/AVC 视频压缩的标准

## 4. H.264帧内预测编码

### (6)帧内预测残差的编码

● DC分量Hadamard变换

● 对HD的结果进行量化

$$Y_{HD} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} Y_{DC} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$UV_{HD} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} UV_{DC} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

# 大作业1

- 1.给出MPEG-1帧中I帧编码的流程，并给出其算法流程
- 2.给出运动估计和运动补偿的原理，结合MPEG-1中的P帧编码，描述其实现流程
3. 给出MPEG-4中基于对象的编码流程
4. 给出H.264 I帧编码的大致流程
5. 对比分析MPEG-1/4,H.264编码的特点

作业各班代表收齐给我发邮箱：

[qianxm@mail.xjtu.edu.cn](mailto:qianxm@mail.xjtu.edu.cn)

[qianxueming\\_xjtu@qq.com](mailto:qianxueming_xjtu@qq.com)

邮件标题：xx班级多媒体第x次大作业；

邮件内容：备注学生名单