

# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

4.1 多媒体数据压缩概述（重点）

4.2 静态图像压缩编码（重点）

4.3 基本视频压缩

4.4 静态图像压缩编码国际标准（重点）

4.5 视频压缩国际标准（重点）

ITU H.26X、MPEG等

4.6 图像文件格式

# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

## 4.1 多媒体数据压缩概述

### 一、为什么要进行数据压缩（压缩的重要性）

#### 1. 原始采样的静态和视频图象的数据量巨大

多媒体信息包括了文本、数据、声音、动画、图形、图像以及视频等多种媒体信息。经过数字化处理后其数据量非常大，如果不进行数据压缩处理，计算机系统就无法对它进行存储和交换。

# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

## 2. 有效利用存储器存储容量

目前主流的移动存储介质CDROM单片容量为  
**650MB~840MB**

最近的将来DVDROM或者其它光存储技术单片容量可  
达**8~16GB**

但是都几乎很难以非压缩格式容纳一部完整的商业影片



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

## 3. 提高通信线路的传输效率

目前，局域网、internet的访问速度都不可能以非压缩格式实时传输和播放视频节目。

目前CD-ROM数据传输率、存储容量都有限。多媒体的大数据量不仅超出了计算机的存储和处理能力，更是当前通信信道的传输速率所不及的。因此，为了存储、处理和传输这些数据，必须进行压缩。



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 4. 消除计算机系统处理视频I/O瓶颈

- PCI总线频率为33~66MHz，传输速率是133~266MB/s
- 目前CDROM接口传输率为 $40 \times 150\text{KB/s} = 6\text{MB/s}$
- PC硬盘接口（UDMA）传输率为（cache到总线）33~66MB/s
- 但是就总线频率和外存储器的寻道性能来说，很难以非压缩格式实时地将视频节目从CDROM或者硬盘中持续传送到显示子系统。



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

## 二、为什么能压缩（压缩的可能性）

### 1. 信息集包含冗余信息

如，计算机文件中某些字符出现重复。

### 2. 数据之间尤其是相邻数据间存在相关性

如，照片的颜色变化，视频帧之间的差别及语音的振幅和频率变化等。

### 3. 人的感官能力有限

如，人耳对音频频率的感知，人眼对图像及视频轮廓、色彩和亮度的感知等。

## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

图像、音频和视频数据中，存在着大量冗余，通过去除这些冗余信息可以使原始数据极大减少，从而解决图象和视频数据量巨大的问题。

### – 什么是冗余？

- 相同或者相似信息的重复
- 可以在空间范围重复，也可以在时间范围重复
- 可以是严格重复，也可以是以某种相似性重复
- 分为统计冗余和心理视觉冗余两大类

它们为数据压缩技术的应用提供了可能的条件。因此在多媒体系统中必须采用数据压缩技术，它是多媒体技术中一项十分关键的技术。

# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 1. 空间冗余

- 静态图象中存在的最主要的一种数据冗余
- 同一景物表面上采样点的颜色之间往往存在着空间连贯性
- 但是基于离散像素采样来表示物体颜色的方式通常没有利用这种连贯性
- 例如：图象中有一片连续的区域，其像素为相同的颜色，空间冗余产生





# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 2. 时间冗余

- 运动图象中经常包含的冗余
- 一组连续的画面之间往往存在着时间和空间的相关性
- 但是基于离散时间采样来表示运动图象的方式通常没有利用这种连贯性
- 例如：房间里的两个人在聊天，在这个聊天的过程中，背景（房间和家具）一直是相同的，同时也没有移动，而且是同样的两个人在聊天，只有动作和位置的变化。



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 3. 结构冗余

- 在某些场景中，存在着明显的**图象分布模式**，这种分布模式称作**结构**
- 图象中重复出现或相近的纹理结构
- 结构可以通过特定的过程来生成
- 例如：方格状的地板，蜂窝，砖墙等



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 4. 知识冗余

- 有些图象的理解与某些知识有相当大的相关性
- 这类规律性的结构可以由先验知识和背景知识得到
- 例如：人脸的图象有**固定的结构**，嘴的上方是鼻子，鼻子的上方是眼睛，鼻子位于正脸图象的中线上
- 知识冗余是**模型编码**的基础



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 5. 视觉冗余

- 人类的视觉系统对图象场的**敏感性**是非均匀和非线性的
  - 对**亮度变化**敏感，而对**色度**的变化相对不敏感
  - 在**高亮度**区，人眼对亮度变化**敏感度下降**
  - 对物体**边缘**敏感，**内部**区域相对不敏感
  - 对**整体结构**敏感，而对**内部细节**相对不敏感
- 可以根据这些视觉特性对图象信息进行取舍





# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 6. 图象区域的相同性冗余

- 图象中的两个或者多个区域所对应的所有像素值相同或者相近，从而产生数据重复性存储。
- 这种冗余是矢量量化的基础



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 7. 纹理的统计冗余

- 有些图象纹理尽管不严格服从某个分布规律，但是在统计意义上服从这种规律
- 在统计意义上的重复



# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

## 三、如何压缩？（压缩的现实性）

### 1. 图像压缩系统的组成

- **变换器**：把输入的图像数据加上一对一的变换，经过**变换**以后所形成的图像数据比原始图像数据更有利于压缩。
  - **线性预测映射**：将像素值映射到它和预测值之间的差
  - **单映射**：如离散余弦变换（DCT），把图像映射到若干个系数
  - **多映射**：如子带分解和小波变换



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

- **量化器**：生成一组有限个符号用来表示压缩的图像。量化是**多到一**的映射，是丢失信息和不可逆的。
  - **标量量化**：对象素逐个量化
  - **矢量量化**：多个象素为一组同时量化





## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

- **编码器**：给量化器输出的每个符号指定一个码字，即生成二进制位流。
  - **定长编码**：每个符号指定的码字具有相同的长度
  - **变长编码**（熵编码）：根据符号出现的频率来决定为其指定码字的长度，频率高则码字短，反之则长。



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

说明：

1. 视频压缩与语音相比，语音的数据量较小，且基本压缩方法已经成熟，目前的数据压缩研究主要集中于**图像和视频信号的压缩**。
2. 数据压缩是以一定的**质量损失**为代价，按照某种方法从给定的信源中推出已简化的数据表述。

**质量损失**一般都是在人眼允许的误差范围之内，压缩前后的图像如果不做非常细致的对比是很难觉察出两者的差别。

### 3. 压缩**处理**过程：

- **编码过程**：将原始数据经过编码进行压缩，以便存储与传输
- **解码过程**：对编码数据进行解码，还原为可以使用的数据

# 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

## 四、数据压缩的好处

时间域压缩----迅速传输媒体信号

频率域压缩----并行开通更多业务

空间域压缩----降低存储费用

能量域压缩----降低发射频率



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

### 五、衡量数据压缩技术的指标

#### 1. 压缩比要大

即压缩前后所需要的信息存储量之比要大。

#### 2. 实现压缩的算法简单，压缩、解压速度快，尽可能地做到实时压缩解压

#### 3. 恢复效果好，要尽可能地恢复原始数据



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

### 六、数据压缩方法的分类

目前常用的压缩编码方法可以分为两大类：

#### 1. 冗余压缩法：也称无损压缩法，无失真压缩

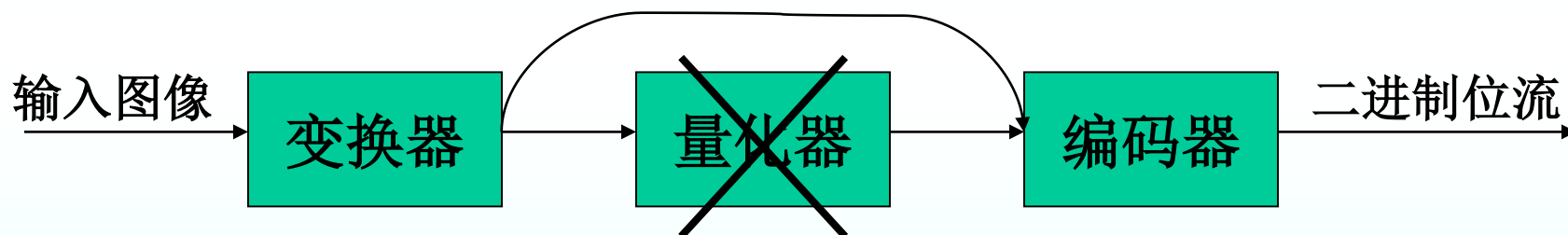
指使用压缩后的数据进行重构（还原，解压缩），重构后的数据与原来的数据完全相同。

利用数据的统计冗余进行压缩，可完全恢复原始数据而不引入任何失真，但压缩率受到数据统计冗余度的理论限制，一般为2:1到5:1。

例如：磁盘文件的压缩

## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

- **目标：**在图象没有任何失真的前提下使比特率达到最小。
- **常用编码：**游程长度编码；哈夫曼编码；算术编码等
- 无损压缩编码方案不采用量化器，而是由变换器后加上一个熵编码器组成



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

---

说明:

- 冗余压缩法不可能解决图像和数字视频的存储和传输问题
- 冗余压缩法去掉或减少了数据中的冗余，但这些冗余值是可以重新插入到数据中的，因此，冗余压缩是可逆的过程。
- 应用场合：用于文本数据、程序和特殊应用场合的图像数据（如指纹图像、医学图像等）的压缩。

## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

### 2. 熵压缩法：也称有损压缩法，有失真压缩

指使用压缩后的数据进行重构，重构后的数据与原来的数据有所不同，但不会让人对原始资料表达的信息造成误解。

**例如：**图像和声音的压缩就可以采用有损压缩，因为其中包含的数据往往多于我们的视觉系统和听觉系统所能接收的信息，丢掉一些数据而不至于对声音或者图像所表达的意思产生误解，但可大大提高压缩比。



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

- **目标：**在给定的比特率下，使图象获得最逼真的效果或者为了达到一个给定的逼真度，使比特率达到最小
- **常用编码：**预测编码；变换编码；特征抽取编码等



## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

说明:

- 有损压缩方法利用了人类视觉对图像中的某些频率成分不敏感的特性，允许压缩过程中损失一定的信息。
- 虽然不能完全恢复原始数据，但是所损失的部分对理解原始图像的影响较小，却换来了大得多的压缩比。
- 有损压缩广泛应用于语音、图像和视频数据的压缩。
- 有损压缩法压缩了熵，会减少信息量，因为熵定义为平均信息量，而损失的信息是不可能再恢复的，因此这种压缩法是不可逆的。

## 第四章 多媒体数据压缩编码技术

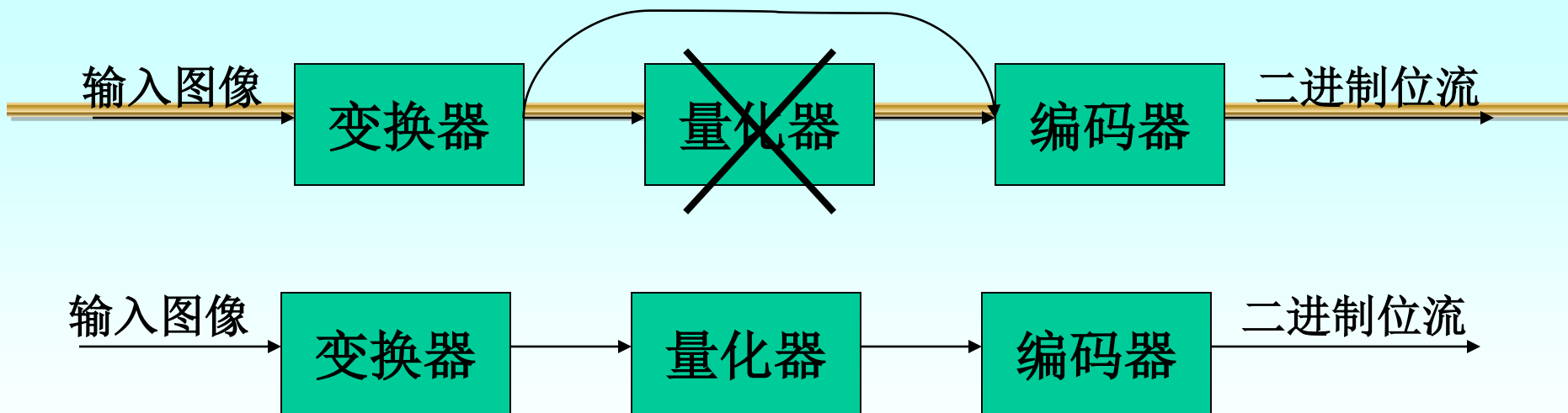
例如：

- 采用混合编码的**JPEG标准**，对自然景物的灰度图像，一般可压缩**几到十几倍**，而对自然景物的彩色图像，压缩比将达到**几十倍甚至上百倍**。
- 采用**ADPCM**编码的声音数据，压缩比通常为：**4:1~8:1**。
- 压缩比最为可观的是**动态视频数据**，采用混合编码的**DVI**多媒体系统，压缩比通常可达**100 :1到200:1**。

**数据压缩技术已经处于成熟的应用阶段。**

- 数据压缩研究中应**注意的问题是**：

首先，编码方法必须能用计算机或**VLSI**硬件电路高速实现  
其次，要符合当前的国际标准。



### 说明:

- 在图象压缩系统组成中，变换和编码是无损耗的，而量化是有损耗的。
- 无损压缩方法仅利用了统计冗余，而没有利用量化器。
- 有损压缩方法既利用了统计冗余又采用了量化器，利用了心理视觉冗余。

# 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

## 4.2 静态图像压缩

### 4.2.1 有关概念

#### 一、图像和静态图像

**图像**——能被人类视觉系统所感知的信息形式或人们心中的有形想象统称为**图像**。

**图 (Picture)**：指用描绘等方法得到的与外在景物的相似物；

**像 (Image)**：指直接或间接（拍照）得到的人、物的视觉印象  
一般包括：**静态**图像（位图图像和矢量图形）、**动态**图像（动态视频和动画）、**符号**（对信息的抽象）及其它需要转换成视频形式的**媒体**（如音乐转换为乐谱）。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 二、位图图像文件和矢量图形文件

**1. 位图图像 (bit image) :** 一个像素的颜色、亮度和位置由若干个位 (点阵) 描述, 并将一幅图像的全部像素信息转换而成的数据文件。该文件是对视觉信号的直接量化的媒体形式, 反映信号的原始形式。

#### 产生位图的方法:

用画图程序得出;

用荧光屏抓取程序从荧光屏上直接抓取;

用扫描仪扫描照片、艺术品等;

用视频抓取设备/抓取软件从电视图象中抓取。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 位图图象与分辨率有关。它包含固定数量的象素，代表图象数据。因此，如果在屏幕上以较大的倍数放大显示，或以过低的分辨率打印，位图图象会出现锯齿边缘，且会遗漏细节。在表现阴影和色彩（如在照片或绘画图象中）的细微变化方面，位图图象是最佳选择。
- 常见文件存储格式：BMP，TIF，GIF，JPE，PCD，PNG等。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

2. 矢量图形 (vector graphics) : 一个由数学方法描述的、只记录生成图形的算法和图形特征的数据文件。

该文件是对图像抽象化即矢量化化的结果。其最重要的特征是通过点、线、面来反映图像中的实体。抽象化过程可由计算机自动完成或人工进行。

图形三元素:

点— 一个坐标点对  $(x,y)$ ;

线— 一系列坐标点对  $(x_1,y_1,x_2,y_2,...)$ ;

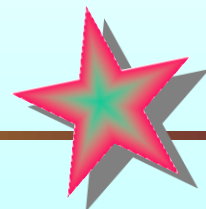
面— 一系列坐标点对组成的线围绕的区域。





## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 矢量图形与分辨率无关。可以将它缩放到任意大小和以任意分辨率在输出设备上打印出来，都不会遗漏细节或清晰度。因此，矢量图形是文字（尤其是小字）和粗图形的最佳选择，这些图形（比如徽标）在缩放到不同大小时必须保持清晰的线条。
- 常见文件存储格式：WMF，DRW，CDR，DXF，EPS，CGM，PIG等。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 3. 位图与矢量图的比较

#### (1) 存储容量

**位图文件：**由大量像素点的组成，其大小取决于颜色数、亮度变化以及图像大小等，数据量大，故**占空间较大**；

**矢量图文件：**只保存算法和特征点，数据量少，**占空间较小**。

#### (2) 处理方法：

**位图文件：**适合表示自然景物，一般是通过数码相机实拍或对照片通过扫描得到，处理侧重于获取和复制。故常使用的编辑软件是图像处理软件，如：Photoshop等；

**矢量图文件：**一般是通过画图得到的，处理侧重于绘制和创建。一般使用的编辑软件是绘图软件，如：CorelDraw、AutoCAD等。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (3) 显示速度:

**位图文件:** 显示时只是将像素点影射到屏幕上, 显示速度快

**矢量图文件:** 显示时需重新运算和变换, 速度较慢。

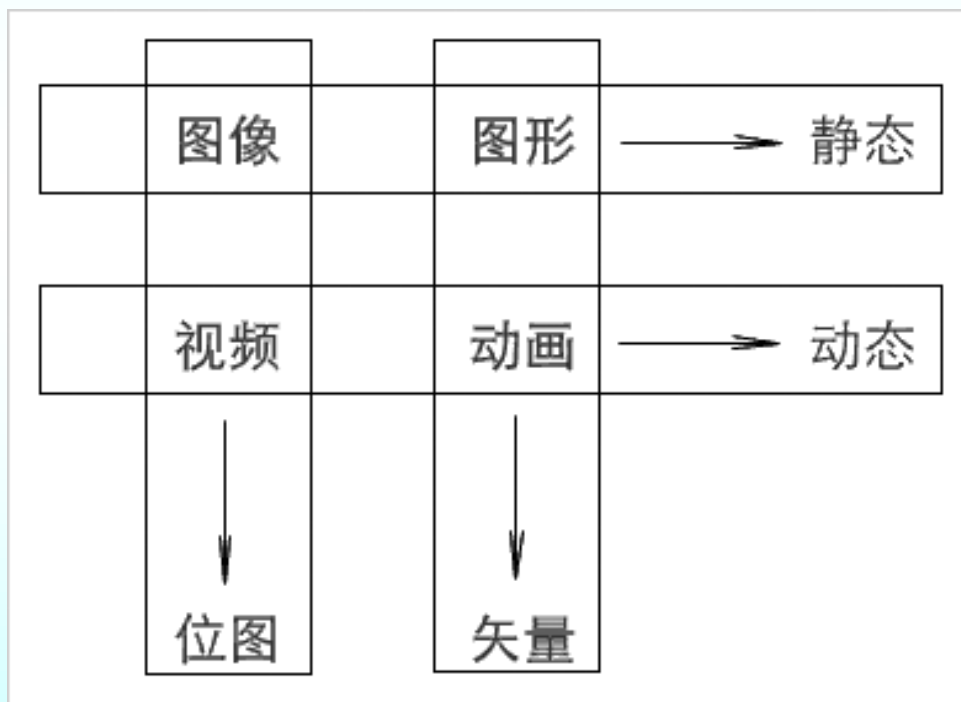
### 说明:

- 随着现代信息技术的发展, **图像和图形的区别也越来越小**。**位图和矢量图可相互转换**。在实际应用中, 人们感兴趣的是画面的本身质量和表现力以及两者之间的联系, 而不是区分这些画面究竟是图像还是图形。
- 因为计算机显示器通过在网格上的显示来呈现图像, 因此**矢量和点阵图像在屏幕上都是以像素显示的**。
- 从矢量到位图的转换称为**扫描转换**, 是计算机图形学的研究内容。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 三、动画（Animation）和视频（Video）

若干幅“**图像**”快速地连续播放就构成了“**视频**”，而“**图形**”连续变化就构成了“**动画**”。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

说明：

在实际工作中，这两个词语有时并没有严格区分，比如说如果用Flash制作的动画通常不会说是视频，但是如果使用3D Max等软件制作出的三维动画，实际上并不是矢量的，而是已经逐帧渲染为位图了，但是通常不会把它称为“三维视频”，而称为“三维动画”，因此，对于这一组概念，不能太严格地区分它们。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 4.2.2 多媒体数据压缩编码分类

- 根据解码后的数据与原始数据是否一致，数据压缩方法可分为两类：
  - **可逆编码**：其压缩是完全可恢复的或没有偏差的，解码图像与原始图像严格相同，也称为**无损编码**。  
(冗余压缩、无损压缩法、无失真压缩)
  - **不可逆编码方法**：其还原图像较之原始图像存在一定误差，但视觉效果可以接受，也称为**有损编码**。  
(熵压缩、有损压缩、有失真压缩)

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

根据压缩方法的原理，可将其划分为以下7种：

### (1) 预测编码（适用于空间冗余和时间冗余）

- 预测编码的方法是从相邻像素之间有**较强的相关性**特点考虑，比如当前像素的灰度或颜色信号，数值上与其相邻像素总是比较接近，除非处于边界状态，那么，当前像素的灰度或颜色信号的数值，可用前面已出现的像素的值进行预测（估计），得到一个预测值（估计值），将实际值与预测值求差，对这个差值信号进行编码、传送，这种编码方法称为预测编码方法。
- 预测编码方法分线性预测和非线性预测编码两种。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (2) 变换编码

- 变换编码不是直接对空域图像信号进行编码，而是首先将空域图像信号映射变换到另一个正交矢量空间（变换域或频域），产生一批变换系数，然后对这些变换系数进行编码处理。其中关键问题是在时域或空域描述时，数据之间相关性大，数据冗余度大，经过变换在变换域中描述，数据相关性大大减少，数据冗余量减少，参数独立，数据量少，这样再进行量化，编码就能得到较大的压缩比。
- 目前常用的正交变换有：傅立叶 (Fouries)变换、沃尔什(Walsh)变换、哈尔(Haar)变换、斜(Slant)变换、余弦变换、正弦变换、K-L(Karhunen-Loeve)变换等。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (3) 量化与向量量化编码

- 量化过程就是将连续的模拟量通过采样，离散化为数字量的过程。对像素进行量化时，可以一次量化多个点，这种方法就是向量量化。例如，可以每次量化相邻的两个点，这样就可将这两点用一个量化码字表示，达到数据压缩的目的。其数据压缩能力与预测编码方法相近，本质上也是针对统计冗余的压缩。

### (4) 信息熵编码

- 信息熵编码就是利用信息的相关性压缩冗余度。它根据信息熵原理，对出现概率大的用短的码字表示，反之用较长的码字表示，目的是减少符号序列的冗余度，提高码字符号的平均信息量。最常见的方法有哈夫曼编码、行程编码和算术编码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (5) 分频带编码

- 将图像数据变换到频域后，按频率分段，之后用不同的量化器进行量化，从而达到最优的组合。或者采用分步渐近编码。开始时，对某一频带的信号进行解码，逐渐扩展到所有的频带。随着解码数据的增加，解码图像也就逐渐清晰。
- 这种方法对于远地图像模糊查询与检索的应用比较有效。

### (6) 结构编码

- 编码时首先将图像中的边界轮廓、纹理等结构特征求出，然后保存这些参数信息。解码时根据结构和参数信息进行合成，恢复出原图像。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

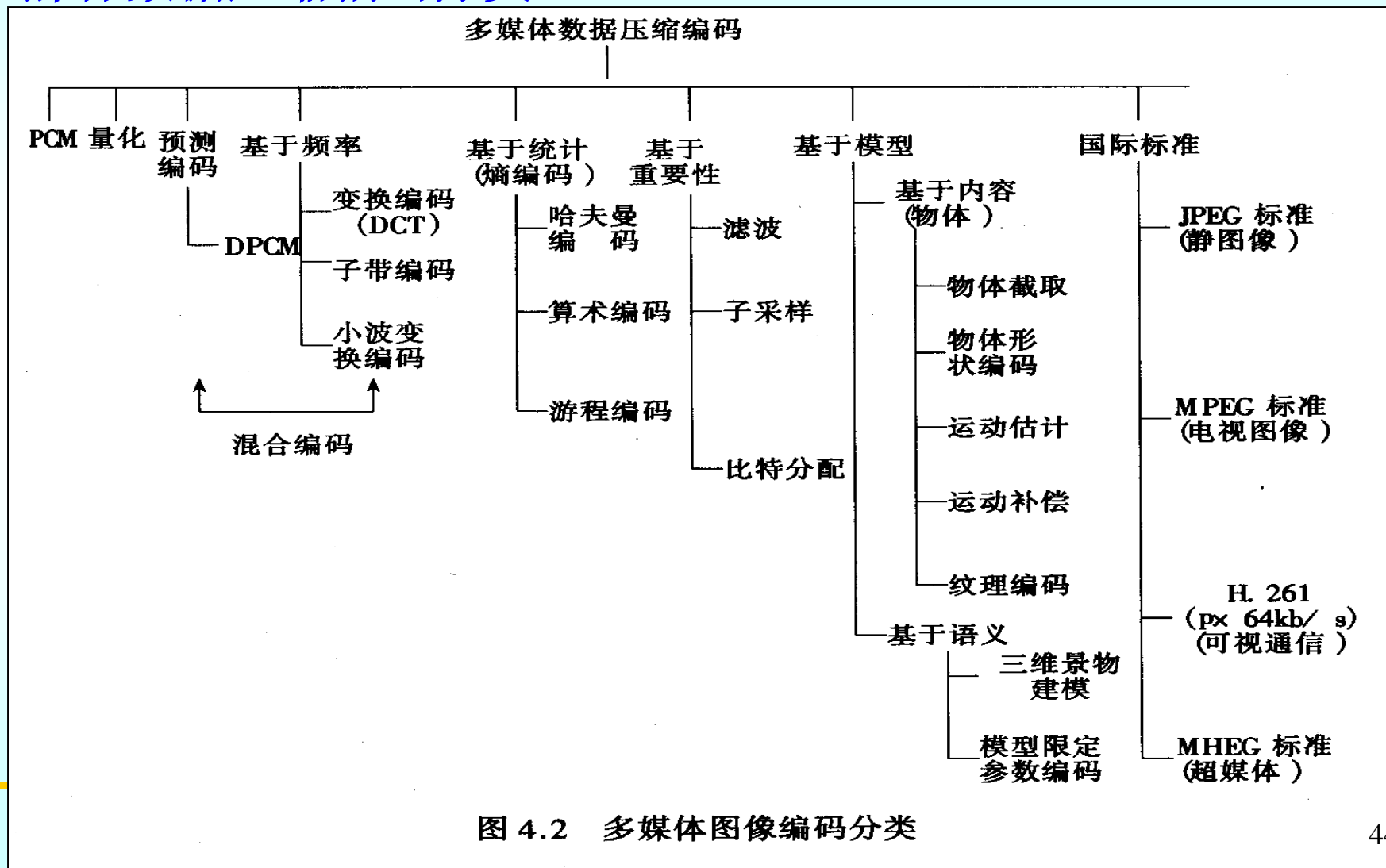
### (7) 基于知识的编码

- 对于像人脸等可用规则描述的图像，可利用人们已知的知识形成一个规则库，据此将人脸等的变化用一些参数进行描述。这些参数和模型一起就可实现图像的编码和解码。

**注：** (6)、(7)两种利用**空间结构模型**和**知识模型**的编码方法均属于模型编码，是宏观性的编码方法，称为**第二代编码**，有相当高的压缩比。

# 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

## 多媒体数据压缩编码分类:



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 4.2.3 无损压缩编码（统计编码）

无损压缩、无失真压缩、熵编码、统计编码

- ◆ 香农-范诺编码与霍夫曼编码（Huffman）
- ◆ 算术编码
- ◆ 行程长度编码（RLE）
- ◆ 词典编码

注意区分：熵编码、熵压缩

### 统计编码的理论基础

- ◆ 统计编码的理论基础是信息论
- ◆ 理论依据是变字长编码理论
  - ✓ 编码器的编码输出码字是字长不等的码字
  - ✓ 按编码输入信息符号出现的统计概率，给输出码字分配不同的字长
  - ✓ 出现大概率的信息符号，赋以短字长的输出码字
  - ✓ 出现小概率的信息符号，赋以长字长的输出码字

### 统计编码的理论基础

- ◆ 统计编码的理论基础是信息论
- ◆ 理论依据是变字长编码理论
  - ✓ 编码器的编码输出码字是字长不等的码字
  - ✓ 按编码输入信息符号出现的统计概率，给输出码字分配不同的字长
  - ✓ 出现大概率的信息符号，赋以短字长的输出码字
  - ✓ 出现小概率的信息符号，赋以长字长的输出码字

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 统计编码的理论基础

- ◆ 根据信息论的原理，可以找到最佳数据压缩编码方法，数据压缩的理论极限是**信息熵**
- ◆ 熵编码
  - ✓ 如果要求在编码过程中不丢失信息量，即要求保存信息熵
  - ✓ 这种保持信息熵的编码叫做**熵编码**



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 一、哈夫曼（Huffman）编码（熵编码）

#### 1. 香农-范诺编码算法

最早阐述和实现这种编码的是Shannon（1948年）和Fano（1949年），因此被称为香农-范诺（Shannon-Fano）算法

#### (1) Entropy（熵）的概念

- 熵是信息量的度量方法，它表示某一事件出现的消息越多，事件发生的可能性就越小，数学上就是概率越小。

注意区分：熵编码、熵压缩

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (2) 信源 $S$ 的熵的定义

按照香农 (Shannon) 理论, 信源  $S$  的熵定义为

$$H(s) = \eta = \sum_i p_i \log_2(1/p_i)$$

其中  $P_i$  是符号  $S_i$  在  $S$  中出现的概率;  $\log_2(1/p_i)$  表示包含在  $S_i$  中的信息量, 即编码  $S_i$  所需要的位数。

**例如**, 一幅用256级灰度表示的图像, 如果每一个像素点灰度的概率均为  $p_i = 1/256$ , 编码每一个像素点就需要8位。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

**例如：**一幅40个象素组成的灰度图像，灰度共有5级，分别用A、B、C、D和E表示，40个象素中出现灰度A的象素数有15个，出现灰度B的象素数有7个，出现灰度C的象素数有7个等等，如表所示。

符号	A	B	C	D	E
出现的次数	15	7	7	6	5

如果用3个位表示5个等级的灰度值，也就是每个象素用3位表示，编码这幅图像总共需要**120位**。

按照仙农理论，这幅图像的熵为：

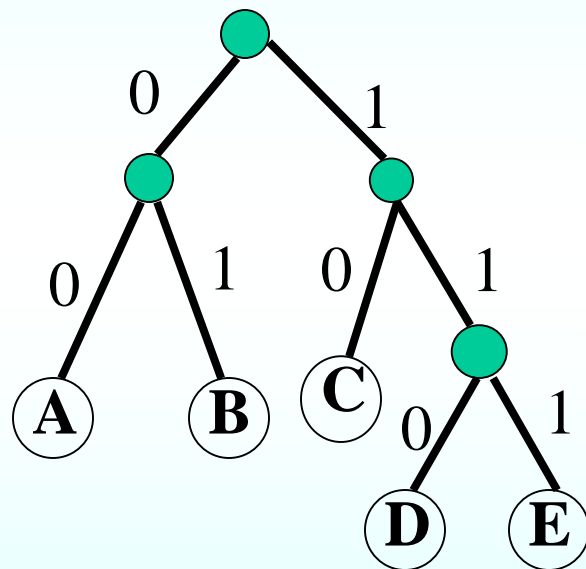
$$H_s = (15/40) \times \log_2 (40/15) + (7/40) \times \log_2 (40/7) + \dots + (5/40) \times \log_2 (40/5) = 2.196$$

**即：每个符号用2.196位表示，40个象素需用87.84位。**

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

1. 采用从**上到下**的方法进行编码。
2. 首先按照符号出现的频度或概率排序，例如：A，B，C，D和E，然后使用递归方法分成两个部分，**每一部分具有近似相同的次数**。

符号	出现的次数 ( $P_i$ )	$\log_2(1/p_i)$	分配的代 码	需要的位数
A	15 (0.375)	1.4150	00	30
B	7 (0.175)	2.5145	01	14
C	7 (0.175)	2.5145	10	14
D	6 (0.150)	2.7369	110	18
E	5 (0.125)	3.0000	111	15

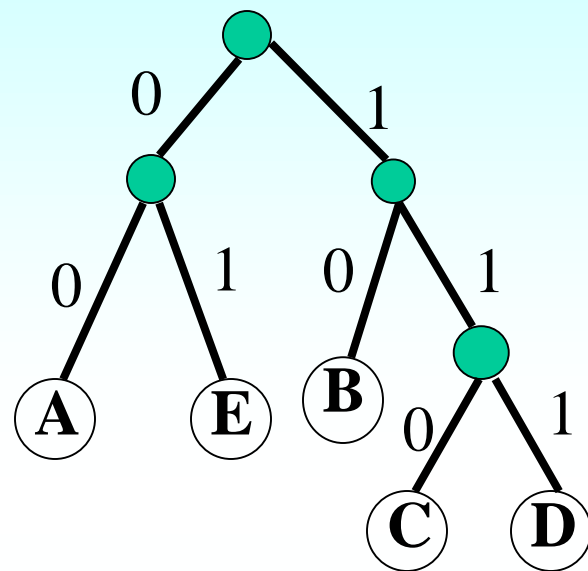


按照这种方法进行编码得到的总位数为91 ( $2*15+7*2*2+3*6+3*5$ )

压缩比约为 $120/91=1.3 : 1$ 。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

符号	出现的次数 ( $p_i$ )	$\log_2(1/p_i)$	分配的代 码	需要的位数
A	15 (0.375)	1.4150	00	30
B	7 (0.175)	2.5145	10	14
C	7 (0.175)	2.5145	110	21
D	6 (0.150)	2.7369	111	18
E	5 (0.125)	3.0000	01	10



按照这种方法进行编码得到的总位数为93 ( $15*2+7*2+7*3+6*3+5*2$ )。  
压缩比约为 $120/93=1.29$ 。

每一部分具有近似相同的次数：A、E相差太大

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 2. 霍夫曼编码 (Huffman)

霍夫曼在1952年提出的另一种编码方法，即从下到上的编码方法。

(1) 原理：把信源符号按概率大小顺序排列，并设法按逆次序分配码字的长度。在分配码字长度时，首先将出现概率最小的两个符号的概率相加合成一个概率，再把这个合成的概率看成是一个新符号的概率，重复上述做法，直到最后只剩下两个符号的概率为止。

如：字符串AABCCDA

出现概率：A—3/7，B—1/7

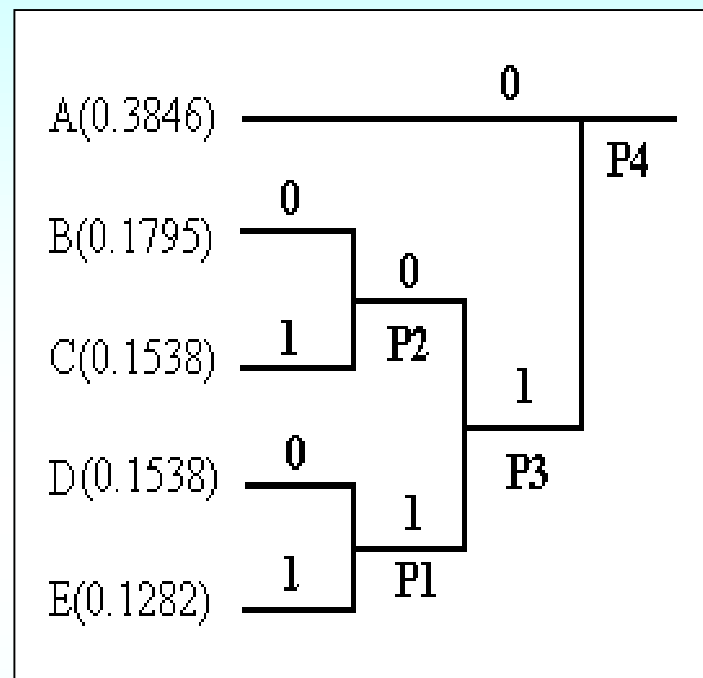
## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

符号	出现的次数
A	15(0.3846)
B	7(0.1795)
C	6(0.1538)
D	6(0.1538)
E	5(0.1282)

1. 初始化，根据符号概率的大小按由大到小顺序对符号进行排序。
2. 把概率最小的两个符号组成一个节点。
3. 重复步骤2，得到新节点，形成一棵“树”。
4. 从根节点开始到相应于每个符号的“树叶”，从上到下标上“0”或“1”。
5. 从根节点开始顺着树枝到每个叶子分别写出每个符号的代码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

符号	出现的次数	$\log_2(1/p_i)$	分配的代码	需要的位数
A	15(0.3846)	1.38	0	15
B	7(0.1795)	2.48	100	21
C	6(0.1538)	2.70	101	18
D	6(0.1538)	2.70	110	18
E	5(0.1282)	2.96	111	15



按照仙农理论，这幅图像的熵为：

$$H(S) = (15/39) \times \log_2 (39/15) + (7/39) \times \log_2 (39/7) + \dots + (5/39) \times \log_2 (39/5) = 2.186$$

压缩比：  $39 \times 3 / (15 + 21 + 18 + 18 + 15) = 117 / 87 = 1.35:1$



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (2) 哈夫曼编码的特点

#### ① 哈夫曼方法构造出来的码不唯一

原因：

一是在给两个分支赋值时，可以是左支（或上支）为0，也可以是右支（或下支）为0，造成编码的不唯一；

二是当两个消息的概率相等时，谁前谁后也是随机的，构造出来的码字也不唯一。

#### ② 哈夫曼编码码字字长参差不齐，硬件实现起来不方便。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### ③ 哈夫曼编码对不同信源的编码效率不同

何时效率最高？何时效率最低？

- ✓ 当信源概率是2的负幂时，哈夫曼码的编码效率达到100%；
- ✓ 当信源概率相等时，其编码效率最低。
- ✓ 因此，只有在概率分布很不均匀时，哈夫曼编码才会收到显著的效果，而在信源分布均匀的情况下，一般不使用哈夫曼编码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- ④ 对信源进行哈夫曼编码后，形成了一个哈夫曼表。解码时，必须参照这一哈夫曼编码表才能正确译码。
- 在信源的存储与传输过程中必须首先存储或传输这一哈夫曼编码表，在实际计算压缩效果时，必须考虑哈夫曼编码表占有的比特数。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### ⑤ 哈夫曼编码表的缺省使用

- 在某些应用场合，信源概率服从于某一分布或存在一定规律（这主要由大量的统计得到），这样就可以在发送端和接收端先固定哈夫曼编码表，在传输数据时就省去了传输哈夫曼编码表，这种方法称为哈夫曼编码表的缺省使用。

使用缺省的哈夫曼编码表的好处：

- 降低了编码的时间，改变了编码和解码的时间不对称性；
- 编码和解码的硬件实现电路相对简单。这种方法适用于实时性要求较强的场合。

### (3) 采用霍夫曼编码时应注意的问题:

① 霍夫曼码没有错误保护功能，在译码时，如果码串中没有错误，那么就能一个接一个地正确译出代码。但如果码串中有错误，哪怕是1位出现错误，不但这个码本身译错，更糟糕的是一错一大串，全乱了套，这种现象称为错误传播(error propagation)。计算机对这种错误也无能为力，说不出错在哪里，更谈不上去纠正它。

② 霍夫曼码是可变长度码，因此很难随意查找或调用压缩文件中间的内容，然后再译码，这就需要在存储代码之前加以考虑。

尽管如此，霍夫曼码还是得到广泛应用。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 二、算术编码（熵编码）

- 算术编码在图像数据压缩标准（如JPEG, JBIG, H.263）中扮演了重要的角色。

**1、原理：**算术编码不是将单个信源符号映射成一个码字，而是把真个信源表示为实数线上的0到1之间的一个区间，其长度等于该序列的概率，再在该区间内选择一个代表性的小数，转化为二进制作作为实际的编码输出。消息序列中的每个元素都要用来缩短这个区间。消息序列中元素越多，所得到的区间就越小，当区间变小时，就需要更多的数位来表示这个区间。

算术编码后，形成一个唯一的浮点数。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 2、两个基本参数：

符号的概率、编码间隔：

信源符号的概率决定压缩编码的效率，也决定编码过程中信源符号的间隔，而这些间隔包含在0到1之间。编码过程中的间隔决定了符号压缩后的输出。

如：信源符号为**BACAA**

信源符号的概率：A、B、C分别为{ 0.6, 0.2, 0.2 }

这些概率把间隔[0, 1)分成3个子间隔：

[0, 0.6), [0.6, 0.8), [0.8, 1.0),

其中[x,y) 表示**半开放间隔**，即包含x，但不包含y。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 举例

假设信源符号为{00,01,10,11}，这些符号的概率分别为{ 0.1, 0.4, 0.2 , 0.3 }，根据这些概率可把间隔[0, 1)分成4个子间隔：[0, 0.1), [0.1, 0.5), [0.5, 0.7), [0.7, 1.0)，其中[x,y)表示**半开放间隔**，即包含x，但不包含y。

符号	00	01	10	11
概率	0.1	0.4	0.2	0.3
初始编码间隔	[0, 0.1)	[0.1, 0.5)	[0.5, 0.7)	[0.7, 1)

二进制消息序列的输入为：10 00 11 00 10 11 01



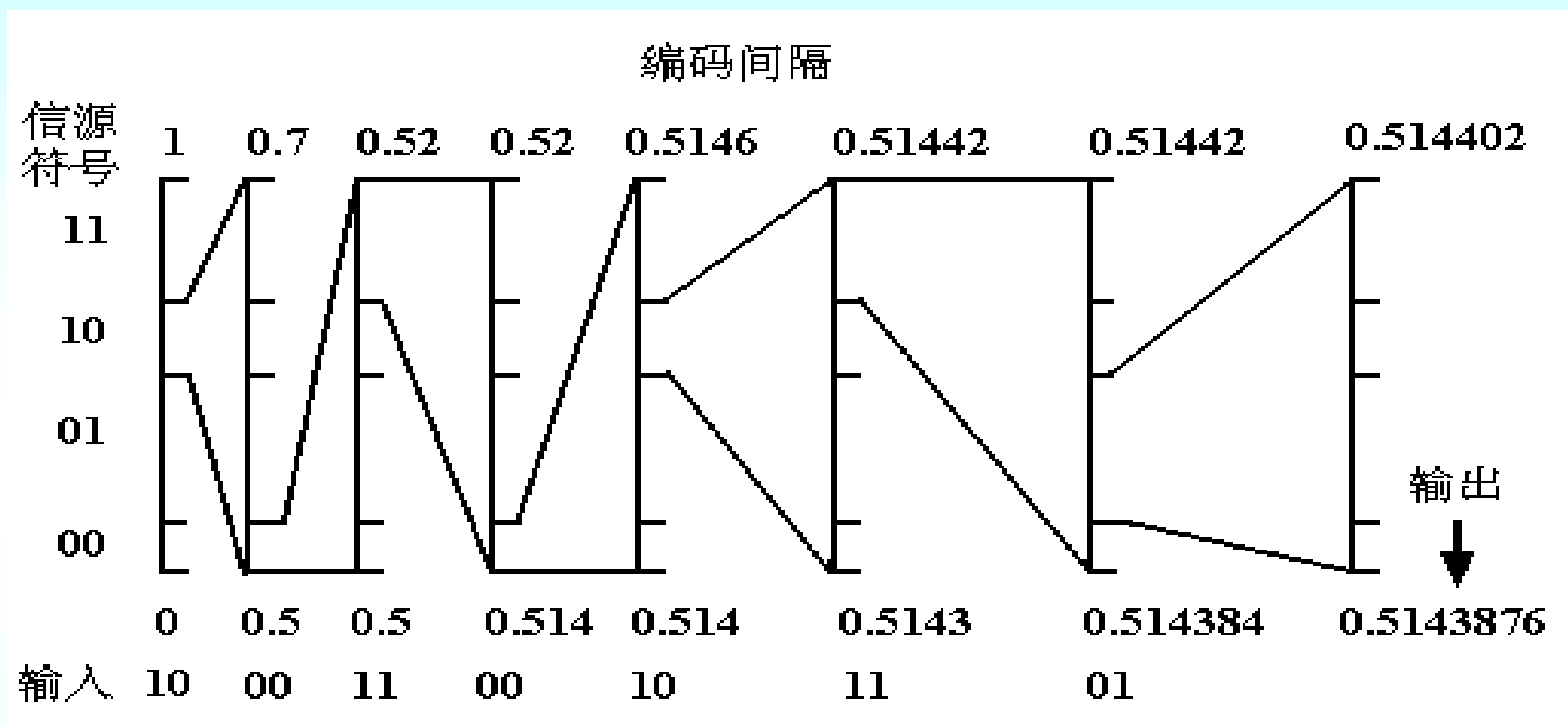
### 3、编码过程

步骤	输入符号	编码间隔	编码判决
1	10	$[0.5, 0.7)$	符号的间隔范围 $[0.5, 0.7)$
2	00	$[0.5, 0.52)$	$[0.5, 0.7)$ 间隔的第一个 $1/10$
3	11	$[0.514, 0.52)$	$[0.5, 0.52)$ 间隔的最后三个 $1/10$
4	00	$[0.514, 0.5146)$	$[0.514, 0.52)$ 间隔的第一个 $1/10$
5	10	$[0.5143, 0.51442)$	$[0.514, 0.5146)$ 间隔的第五个 $1/10$ 开始，二个 $1/10$
6	11	$[0.514384, 0.51442)$	$[0.5143, 0.51442)$ 间隔的最后3个 $1/10$
7	01	$[0.5143876, 0.514402)$	$[0.514384, 0.51442)$ 间隔的4个 $1/10$ ，从第1个 $1/10$ 始
8	从 $[0.5143876, 0.514402)$ 中选择一个数作为输出： <b>0.5143876</b>		

新子区间**开始**位置=前子区间左端+当前子区间左端 $\times$ 前子区间长度；

新子区间**结束**位置=前子区间的起始位置+当前符号的区间右端 $\times$ 前子区间长度

**或：**新子区间长度=前子区间长度 $\times$ 当前子区间的长度



输出: 0.5143876

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 4. 解码过程

- 解码过程是编码过程的逆过程，首先将区间 $[1, 0)$ ，分割成两个子区间，判断被解码字落在哪个子区间，而赋予对应符号。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

算术编码实现的两个难点：

- ✓ 首先是只有当信源完整地把一段符号序列发送完之后，编码器才能确定一段子区间与之对应，编出相应的码字。这不但要占用相当大的存储空间，还增加了编码延时，这对实时系统十分不利。
- ✓ 其次，随着序列长度的增加，相应子区间的宽度也不断缩小，要表示这段子区间所需的精度，直观地说就是比特数也不断增加。对于有限字长的运算器来说，是难以实现的。

为解决这些难点，针对不同的应用方向，需要对传统的算术编码方法进行改进。在保证足够精度的前提下，提高编码速度。

### 5. 算术编码的特点

- (1) 算术编码的模式选择直接影响编码效率，有固定模式，也有自适应模式。
- (2) 算术编码的**自适应模式**无需先定义概率模型，对无法进行概率统计的信源，可以根据恰当的概率估计模型和当前符号序列中各符号出现的频率，**自适应地调整对各符号的概率的估计值**。在这点上优越于哈夫曼编码。
- (3) 在**信源符号概率接近**时，算术编码比哈夫曼**编码效率高**。
- (4) 算术编码的**硬件实现**比哈夫曼编码要复杂些。
- (5) 算术编码在JPEG的扩展系统中被推荐代替哈夫曼编码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 6. 算术编码中需要注意的几个问题：

- (1) **计算精度**：由于实际计算机的精度不可能无限长，运算中**出现溢出**是一个明显的问题，但多数机器都有16位、32位或者64位的精度，因此这个问题可使用**比例缩放方法**解决。
- (2) **存储器容量**：算术编码生成码字的长度随序列长度的增加而增加，若不及时输出，存储量会非常大。
- (3) **实时性**：编译码延时。算术编码器对整个消息只产生一个码字，这个码字是在间隔 $[0, 1)$ 中的一个实数，因此译码器在接受到表示这个实数的所有位之前不能进行译码。
- (4) **对错误很敏感**：如果有一位发生错误就会导致整个消息译错。

上述问题都已解决，算术编码已实用！

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 算术编译码举例

假设由a、b、c三种字符组成的字符串长度为4，用算术编码技术压缩编码后输出十进制小数0.24，则原字符串是什么？（计算过程中保留4位小数，要求画出计算过程的每个概率分布图，初始概率分布如下图所示。）



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 三、LZ词典编码（熵编码）

对于统计特性确知的平稳信息源，已有huffman编码和算术编码高效编码方法，其平均码长可逼近信源的平均符号熵，而且实现困难不算太大，所以已进入实用。

通用编码指在信源统计特性时，对信源进行编码，而且编码效率很高。但要确知信源的统计特性相当困难。

两位以色列研究者J. Ziv和A. Lempel独辟蹊径，完全脱离Huffman及算术编码的设计思路，创造出了一系列比Huffman编码更有效，比算术编码更快捷的通用压缩算法——LZ算法。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZ序列算法

**LZ77算法：**以色列人Ziv和Lempel于1977年提出。

**LZ78算法：**LZ77的改进算法，二人于1978年提出。

**LZW算法：**LZ78算法的一个变种，由T. A. Welch于1984年提出。

1990年后，T. C. Bell等人又陆续提出了许多LZ系列算法的变体或改进版本。

**LZ系列算法**用一种巧妙的方式将字典技术应用于通用数据压缩领域，而且，可以从理论上证明LZ系列算法同样可以逼近**信息熵的极限**。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 1. LZ78编码（熵编码）

设信源符号集 $A=\{a_1, a_2, \dots, a_K\}$ 共 $K$ 个符号，设输入信源符号序列为 $u=(u_1, u_2, \dots, u_L)$ ，编码是将此序列分成不同的段，然后编码码字。

**分段原则：**尽可能取最少个相连的信源符号，并保证各段都不相同。

开始时，先取一个符号作为第一段，然后继续分段。若出现与前面相同的符号时，就再取紧跟后面的一个符号一起组成一个段，使之与前面的段不同。这些分段构成字典。当字典达到一定大小后，再分段时就应查看有否与字典中的短语相同，若有重复就添加符号，以便与字典中短语不同，直至信源序列结束。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 1. LZ78编码（熵编码）

**编码的码字：**由段号（ $i$ ）加一个符号（ $r$ ）组成

设 $u$ 构成的字典中的短语共有 $M(u)$ 个。

若编码为二元码，段号所需码长 $n = \lceil \log M(u) \rceil$ （注：代表上取整符号），每个符号需要的码长为 $\log[M(u)]$ 。

单符号的**码字段号**为0

非单字符的**码字段号**为除最后一个符号外字典中相同短语的段号。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZ78编码算法步骤:

步骤1: 在开始时, 词典和当前前缀P 都是空的。

步骤2: 当前字符Char :=字符流中的下一个字符。

步骤3: 判断P+Char是否在词典中:

(1) 如果“是”: 用Char扩展P, 让P := P+Char ;

(2) 如果“否”: ① 输出与当前前缀P相对应的码字和当前字符Char;

② 把字符串P+Char 添加到词典中。

③ 令P :=空值。

(3) 判断字符流中是否还有字符需要编码

① 如果“是”: 返回到步骤2。

② 如果“否”: 若当前前缀P不空, 输出相应于当前前缀P的码字, 结束编码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZ78编码算法步骤:

LZ78算法的压缩过程非常简单。在压缩时维护一个动态词典Dictionary，其包括了历史字符串的index与内容；压缩情况分为三种：

1. 若当前字符c未出现在词典中，则编码为  $(0, c)$  ；
2. 若当前字符c出现在词典中，则与词典做最长匹配，然后编码为  $(\text{prefixIndex}, \text{lastChar})$  ，其中，prefixIndex为最长匹配的前缀字符串，lastChar为最长匹配后的第一个字符；
3. 为对最后一个字符的特殊处理，编码为  $(\text{prefixIndex}, )$  。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZ78译码算法步骤:

- 步骤1: 在开始时词典为空;
- 步骤2: 当前码字W:= 码字流中的下一个码字
- 步骤3: 当前字符Char:=紧随码字之后的字符
- 步骤4: 把当前码字的缀-字符串 (string.W) 输出到字符流, 然后输出字符 Char
- 步骤5: 把string.W + Char添加到词典中
- 步骤6: 判断码字流中是否还有码字要译码,
  - (1) 如果有, 返回步骤2
  - (2) 如果没有, 则结束

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

例1: 设 $U=\{a1, a2, a3, a4\}$ , 信源序列为a1, a3, a2, a3, a2, a4, a3, a2, a1, a4, a3, a2, a1, 共13个, LZ78编码?

段号	短语	i	r	编码
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

例1: 设 $U=\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ , 信源序列为 $a_1, a_3, a_2, a_3, a_2, a_4, a_3, a_2, a_1, a_4, a_3, a_2, a_1$ , 共13个, LZ78编码?

编码字典

段号	短语	i	r	编码
1	a1	0	a1	0,a1
2	a3	0	a3	0,a3
3	a2	0	a2	0,a2
4	a3a2	2	a2	2,a2
5	a4	0	a4	0,a4
6	a3a2a1	4	a1	4,a1
7	a4a3	5	a3	5,a3
8	a2a1	3	a1	3,a1

符号编码

$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
0	1	2	3
00	01	10	11



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

段号	短语	i	r	编码
1	a1	0	a1	0,a1
2	a3	0	a3	0,a3
3	a2	0	a2	0,a2
4	a3a2	2	a2	2,a2
5	a4	0	a4	0,a4
6	a3a2a1	4	a1	4,a1
7	a4a3	5	a3	5,a3
8	a2a1	3	a1	3,a1

段号	短语	i	r	编码
1	a1	0	00	00000
2	a3	0	10	00010
3	a2	0	01	00001
4	a3a2	2	01	01001
5	a4	0	11	00011
6	a3a2a1	4	00	10000
7	a4a3	5	10	10110
8	a2a1	3	00	01100

符号编码

a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
0	1	2	3
00	01	10	11

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

例2: 设 $U=\{a1, a2, a3, a4\}$ , 信源序列为a1, a3, a2, a3, a2, a4, a3, a2, 共8个, LZ78编码?

段号	短语	i	r	编码
1	a1	0	a1	0,a1
2	a3	0	a3	0,a3
3	a2	0	a2	0,a2
4	a3a2	2	a2	2,a2
5	a4	0	a4	0,a4
6				4
7				
8				

(3) 判断字符流中是否还有字符需要编码

① 如果"是": 返回到步骤2。

② 如果"否": 若当前前缀P不空, 输出相应于当前前缀P的码字, 结束编码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

例3：对于字符串“BABA~~BR~~RR~~A~~”压缩编码

分段：B, A, BA, AB, R, RR, (A)

段号	短语	i	r	编码
1	B	0	B	0,B
2	A	0	A	0,A
3	BA	1	A	1,A
4	AB	2	B	2,B
5	R	0	R	0,R
6	RR	5	R	5,R
7				2

B	A	R	
0	1	2	
00	01	10	

Q: 最后一个字符A，输出的是2，输出(0, A)可否？

A: 也可以。输出2和输出(0, A)对应的译码字符都是A，但输出2用的二进制位数比输出(0, A)更少。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

例4：对于字符串“B**BBBBBBBBBB**B”压缩编码

分段：B, BB, BBB, BBBB, (**BB**)

段号	短语	i	r	编码
1	B	0	B	0,B
2	BB	1	B	1,B
3	BBB	2	B	2,B
4	BBBB	3	B	3,B
5				2
6				
7				
8				

B	A	R	
0	1	2	
00	01	10	

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZ78译码?

译码序列 00000 00010 00001 01001 00011 10000 10110 01100

译码码字典

段号	短语	i	r	编码
1	a1	0	00	00000
2	a3	0	10	00010
3	a2	0	01	00001
4	a3a2	2	01	01001
5	a4	0	11	00011
6	a3a2a1	4	00	10000
7	a4a3	5	10	10110
8	a2a1	3	00	01100

符号编码

a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
0	1	2	3
00	01	10	11

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZ78编码（熵编码）

说明：

1. 编码的信源序列较短时，LZ性能会降低，但是当序列增长时，编码效率会提高，平均码长会逼近信源熵。
2. LZ78编码的编码方法非常简捷，译码也很简单，可以一边译码，一边建立字典，无需传输字典本身。
3. 目前算法以及它们的各种变体几乎垄断了整个通用数据压缩领域，WinZIP、WinRAR、gzip等压缩工具以及ZIP、GIF、PNG等文件格式都是LZ系列算法的受益者。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 2. LZW编码-算法步骤

1. 初始化字典，使其包含所有的单字符。

读入一个字符放入W中。

2. 读入一个字符K

- ① 不存在字符K可读：输出W对应的字码，结束编码。
- ② WK在字典中：将K加入到W末尾。
- ③ WK不在字典中：将字码W输出，然后将WK加入字典，并令W为K。

BEGIN

s=下一个要输入的字符;

while not EOF

{

c=下一个要输入的字符;

If s+c 存在于字典中;

s=s+c;

Else {

输出对于s的编码;

添加字符串s+c到字典中，并用新的编码符号标记;

s=c; }

}

输出对于s的编码;

END

# 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

## 编码举例1:

假设输入字符串为

ABABBABCABABBA

## 编码符号表:

编码	字符
1	A
2	B
3	C

总结: 最后的输出编码是  
**124523461.**

相对于原来的14个字符, 经过压缩编码后只需要9个字符就可以储存原来的信息, 压缩率是 $14/9=1.56$

输入	输出	编码	字典
		1	A
		2	B
A		3	C
B	1	4	AB
A	2	5	BA
B			
B	4	6	ABB
A			
B	5	7	BAB
C	2	8	BC
A	3	9	CA
B			
A	4	10	ABA
B			
B			
A	6	11	ABBA
EOF	1		



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

编码举例2:

ababcbababaaaaaaaa

0,1,3,2,4,7,0,9,10,0

编码	字典	输出
0	a	
1	b	
2	c	
3	ab	0
4	ba	1
5	abc	3
6	cb	2
7	bab	4
8	baba	7
9	aa	0
10	aaa	9
11	aaaa	10
		0

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

编码举例3:      输入: ABBABABAC

步骤	码字	字典	LZW输出
	1	A	
	2	B	
	3	C	
1	4	AB	1
2	5	BB	2
3	6	BA	2
4	7	ABA	4
5	8	ABAC	7
			3

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

LZW解码举例      输出：ABBABABAC

位置	1	2	3	4	5	6
LZW编码输出	1	2	2	4	7	3

步骤	输入码流	字典对应码字	解码字典	LZW解码输出
		A	1	
		B	2	
		C	3	
1	1	AB	4	A
2	2	BB	5	B
3	2	BA	6	B
4	4	ABA	7	AB
5	7	ABAC	8	ABA
6	3			C

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### Huffman编码与LZW编码两者比较:

- ✓ Huffman编码，依赖字符出现频率，与字符出现顺序无关，编码解码时占用空间较小，压缩效果略差，压缩出的文件存在额外附加信息，改进空间小。
- ✓ LZW编码，依赖字符出现顺序，与字符出现频率无关，编码解码时占用一定量的空间，压缩效果较好，无附加信息，有较大改进空间。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### LZW编码性能分析与应用

#### ✓ LZW 编码的性能分析

LZW 编码对于具有重复特征的数据具有良好的压缩性能，在压缩开始的阶段压缩率不高，但随着信息的增长，压缩率会趋于最大化。

#### ✓ LZW 编码的应用

LZW 编码已成为数据压缩算法中应用最为广泛的算法，被应用于公共领域程序压缩。

截止到 2008年，至少 FreeBSD 版本仍旧在用 LZW 编码算法，一些其他流行的应用程序也在应用 LZW 或者与其相关的压缩方法。

1987年，LZW 编码成为 GIF 图像格式的一部分，这使其得到了广泛的应用。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 四、游程编码RLE (Run-Length Encoding) (熵编码)

- 现实中的图像
  - 一幅图像中具有许多颜色相同的图块
  - 在这些图块中，一行上有许多连续的象素都具有相同的颜色值。
  - 存储时，不需要存储每一个象素的颜色值，而仅存储一个象素的颜色值，以及具有相同颜色的象素数目即可。
- 这种压缩编码称为行程编码
- 具有相同颜色并且是连续的象素数目称为行程长度。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 1、**游程编码（RLE）**：通过将信源中相同符号序列转换成一个计数字段再加上一个重复字符标志实现压缩。
  - **例如：**RTTTTTTTTABBCDG被转换为：R#8TABBCDG，其中“#”作为转义字符，表明其后所跟的字符表示长度。
  - **再如：**字符串：a b a C C C b b a a a a  
可以压缩为：a b a 3c 2b 4a
  - **应用：**多用于黑白二值图像的压缩中。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

---

### 2、实现方法

- 只在各行（或列）数据的代码发生变化时，依次记录该代码以及相同的代码重复的个数，从而实现数据的压缩。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

0	4	4	7	7	7	7	7
4	4	4	4	4	7	7	7
4	4	4	4	8	8	7	7
0	0	4	8	8	8	7	7
0	0	8	8	8	8	7	8
0	0	0	8	8	8	8	8
0	0	0	0	8	8	8	8
0	0	0	0	0	8	8	8

此数据游程长度编码：

$(0, 1)$  ,  $(4, 2)$  ,  $(7, 5)$  ;  $(4, 5)$  ,  
 $(7, 3)$  ;  $(4, 4)$  ,  $(8, 2)$  ,  $(7, 2)$  ;  
 $(0, 2)$  ,  $(4, 1)$  ,  $(8, 3)$  ,  $(7, 2)$  ;  
 $(0, 2)$  ,  $(8, 4)$  ,  $(7, 1)$  ,  $(8, 1)$  ;  
 $(0, 3)$  ,  $(8, 5)$  ,  $(0, 4)$  ,  $(8, 4)$  ;  
 $(0, 5)$  ,  $(8, 3)$  。

用44个整数表达了原始数据中的64个栅格。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 优点

- 压缩效率较高，且易于进行检索，叠加合并等操作，运算简单，适用于机器存储容量小，数据需大量压缩，而又要避免复杂的编码解码运算增加处理和操作时间的情况。

### 缺点

- 对于图斑破碎，属性和边界多变的数据压缩效率较低，甚至压缩后的数据量比原始数据还大。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

说明：

1. RLE压缩编码尤其适用于计算机生成的图像，对减少图像文件的存储空间非常有效。
2. RLE对颜色丰富的自然图像显得力不从心，在同一行上具有相同颜色的连续像素往往很少，而连续几行都具有相同颜色值的连续行数就更少。如果仍然使用RLE编码方法，不仅不能压缩图像数据，反而可能使原来的图像数据变得更大。
3. 在自然图像的压缩中，不能单纯使用RLE一种编码方法，需要和其它的压缩编码技术联合应用。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 4.2.4 常用有损压缩算法 (Lossy Compression Methods)

#### 一、预测编码

##### 1、预测编码的基本原理

- 根据某一种模型，利用以前的（已收到）一个或几个样本值，对当前的（正在接收的）样本值进行**预测**，将样本**实际值**和**预测值**之差（差值）进行**编码**。显然如果模型足够好，图像样本时间上相关性很强，一定可以获得较高的压缩比。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

具体说：

- 相邻像素之间有很强的**相关性**，比如当前像素的灰度或颜色信号，数值上与其相邻像素总是比较接近，**除非处于边界状态**。那么，当前像素的灰度或颜色信号的数值，可用前面已出现的像素的值，进行预测（估计），得到一个**预测值**（估计值），将实际值与预测值求差，对这个差值信号进行编码、传送，这种编码方法称为**预测编码方法**。
- 预测编码是一种只能针对空间冗余进行压缩的方法

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 2、预测编码方法的特点

- (1) 算法简单，速度快，易于硬件实现。
- (2) 编码压缩比不太高。
- (3) 误码易于扩散，抗干扰能力差。

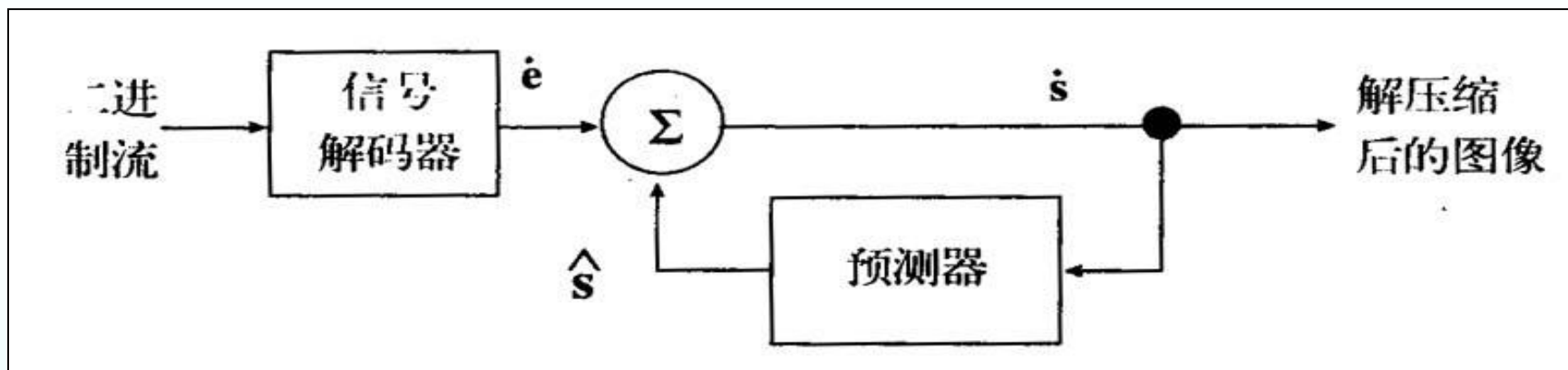
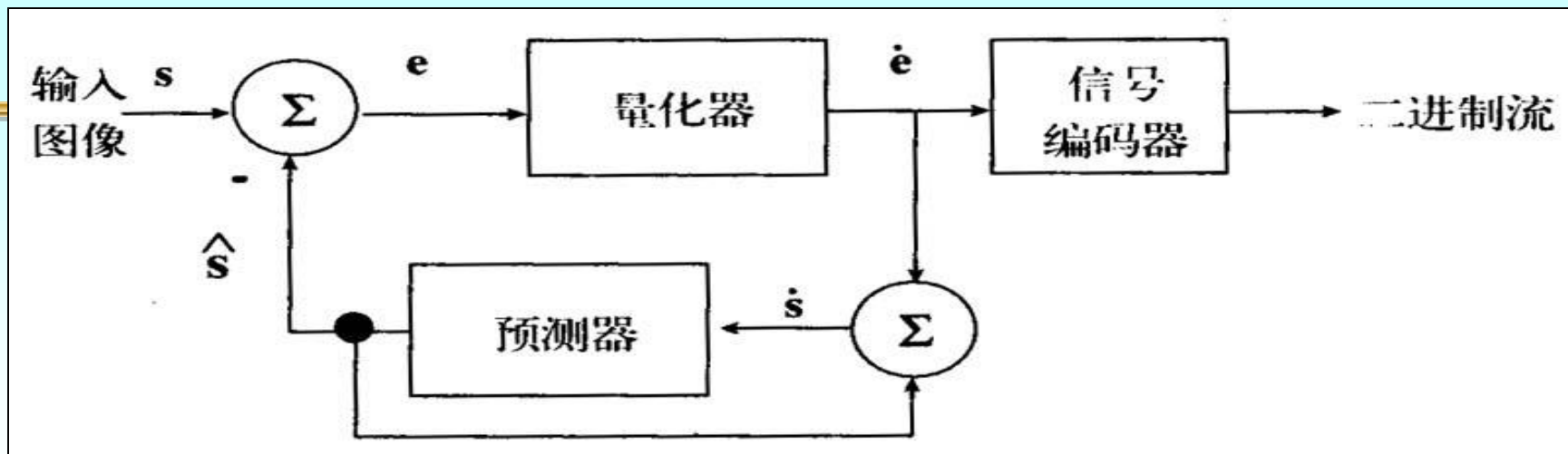
### 3、预测编码的分类

- 线性预测编码（也称差值脉冲编码调制法（DPCM））
- 非线性预测编码

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 4、差分脉码调制（DPCM）（帧内预测编码）

- 脉码调制（PCM）是常用的一种数字图像表示方法，它对每一个像素的灰度（颜色值）单独进行量化，而忽略了相邻像素间的空间关联。
- DPCM利用了固有空间冗余：首先以相邻像素为基础预测下一个像素灰度（颜色值），然后对实际密度和预测密度的差值进行量化和编码。



若 $S$ 取自同一帧—帧内预测编码  
 若 $S$ 取自不同帧—帧间预测编码



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

---

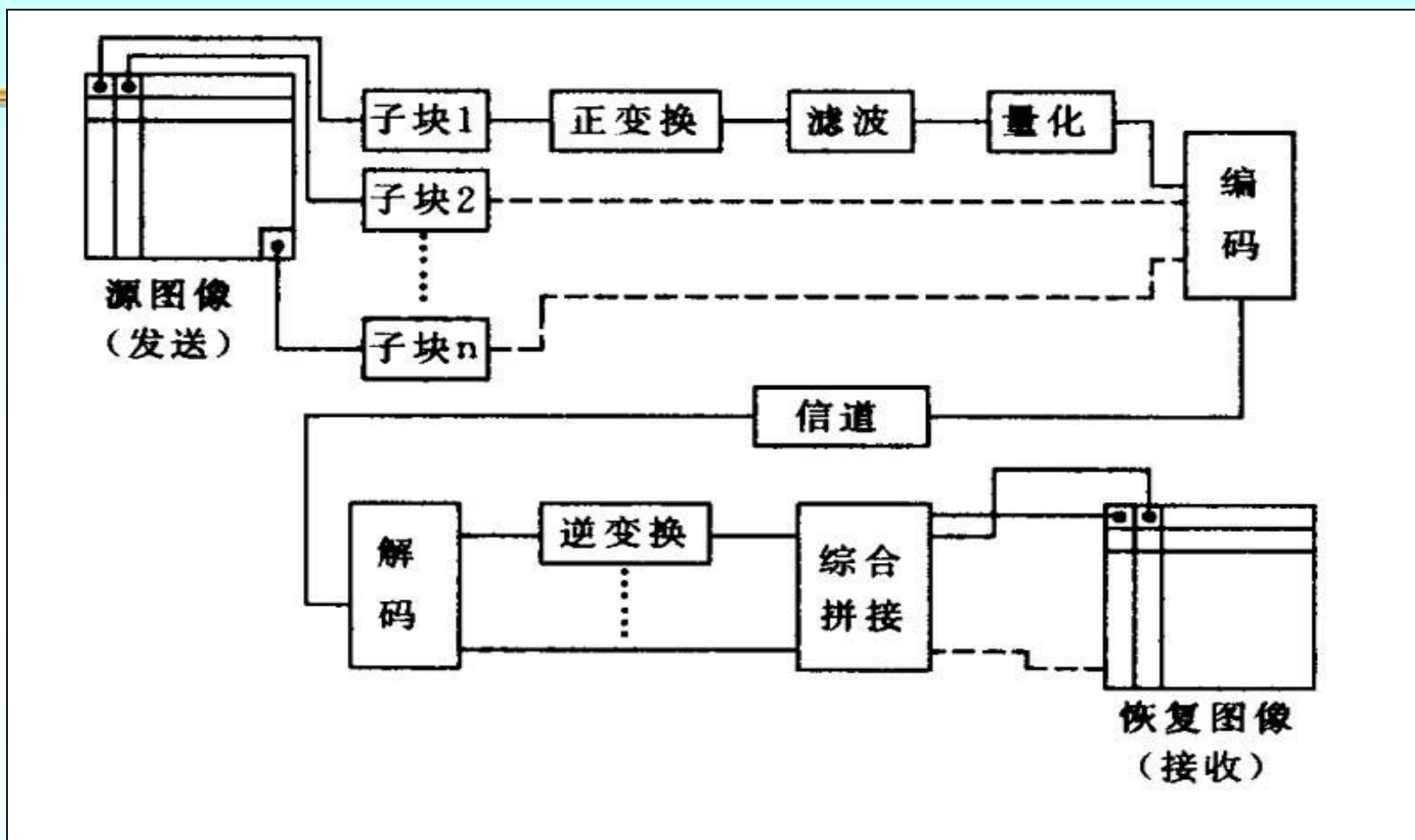
### 二、变换编码 (Transform Coding)

- 变换编码是一种有效的图像压缩方法，是迄今为止所有有损压缩国际标准的基础。
- 变换编码技术经近30年的发展，技术已比较成熟，理论也较完备。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 1、基本思路

- 首先将空域图像信号分割成若干个小方块，对每个方块做二维正交变换，变换到另一个正交矢量空间（变换域或频域），获得一系列的变换系数，然后对这些变换系数各自单独进行量化和编码。
- 能量最高的系数被量化最细，而能量低的系数就被粗略量化或者被简单地舍去。



- 编码器把量化后的系数当作符号处理，对它们进行熵编码（VLC）
- 解码器则从收到的位流中在逐块的基础上按相反的操作顺序重构图像

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

说明：

- 正交变换能够压缩数据量，主要是通过**变换**去掉原有图像数据中存在的空间域上的**强相关性**。
- 正交变换产生一些**互不相关**的**系数**来描述原有图像数据，而对这些系数就可以根据它们所包含的**能量**分别进行不同细致**程度**的量化。这样，就可以同时获得最小的比特率和最小的失真。
- 压缩数据的**三个步骤**：**变换**、**变换域采样和量化**。**变换**本身并不进行数据压缩，它只**把信号映射到另一个域**，使信号在变换域里容易进行压缩，变换后的样值更独立和有序。这样，**量化操作通过比特分配可以有效地压缩数据**。

为什么？

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

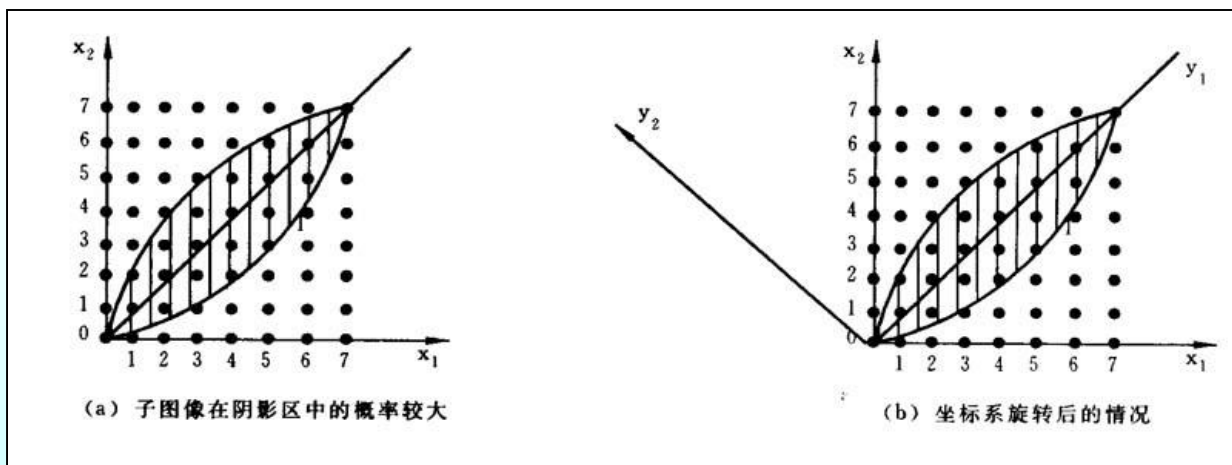
### 正交变换举例（最简单的正交变换）

- 时间域上的三角函数 $y(t)=A\sin(2\pi ft)$ ，当 $t$ 从 $-\infty$ 到 $+\infty$ 变化时， $y(t)$ 是一个正弦波，也就是说，在时间域上描述 $y(t)$ 需要整个周期的采样。
- 而如果将 $y(t)$ 变换到频率域表示，则只需要振幅 $A$ 和频率 $f$ 两个系数就可以了。
- 可见， $y(t)$ 在时间域上描述，数据之间的相关性大，数据冗余大；而转换到频率域描述，数据相关性大大减少，数据冗余量减少，参数独立，数据量也就减少了。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

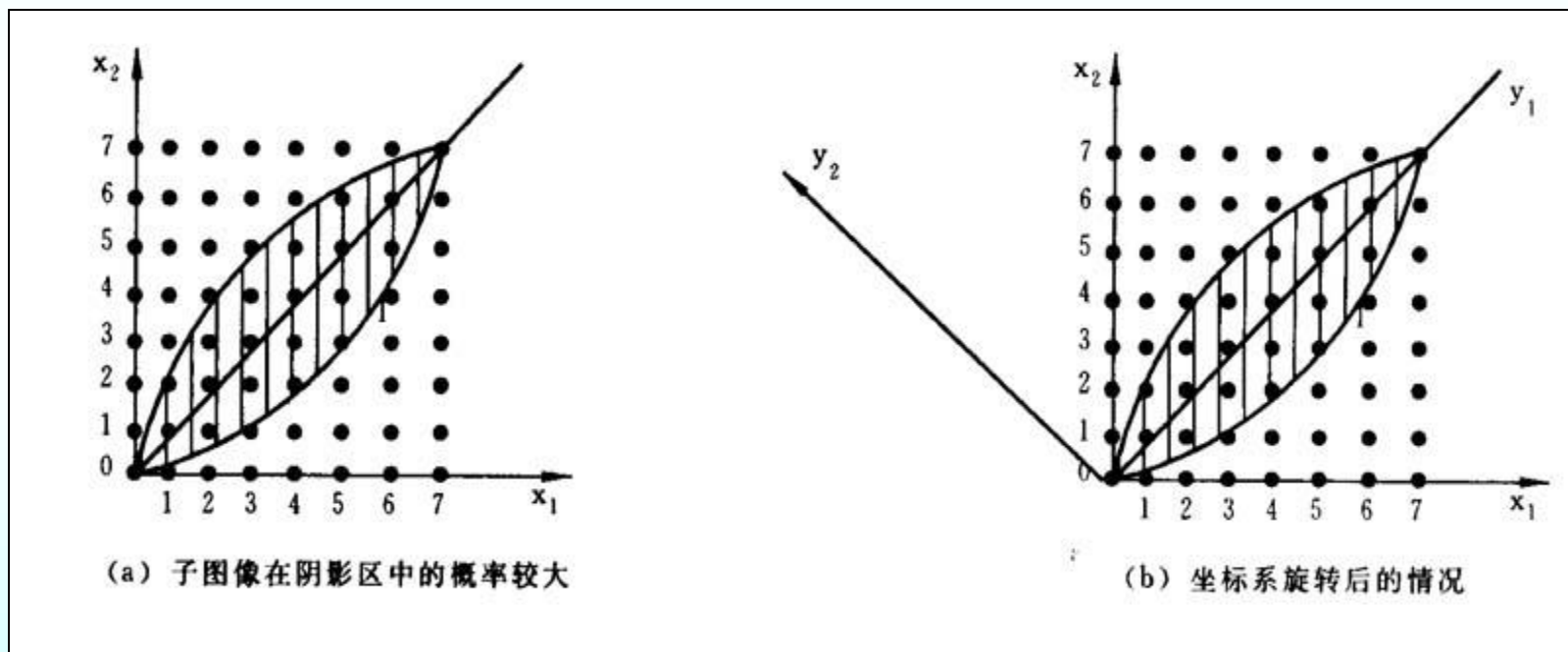
另一个例子：

- 设有两个相邻的数据样本 $x_1$ 和 $x_2$ ，每个样本采用3位编码，因此有8个幅度等级，而两个样本的联合事件共有 $8 \times 8 = 64$ 种可能。
- 但是如果 $x_1$ 和 $x_2$ 属于慢变信号，也就是出现相近幅度等级的可能性较大，相关性较强的话，它们的取值就大部分集中在图1中阴影区域内。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 如果做一个相当于坐标系旋转45度的正交变换，如图2，变换后的两个系数 $y_1$ 和 $y_2$ 就几乎没有任何相关性了，而且 $y_1$ 包含了大多数能量，可以对 $y_2$ 进行较粗略的量化又获得较低的失真度。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 2、变换编码分类

按正交变换的形式，变换编码有：

傅里叶（Fouries）变换、哈尔（Haar）变换、沃尔化（Walsh）变换、斜变换、余弦变换、正弦变换及 K- L 变换等

其中：

- K- L（Karhunen—Loeve）变换相关性最好，但实现困难。离散余弦变换（DCT）接近于K- L 变换性能，也容易实现，因此将它作为多媒体几种编码技术标准的应用算法。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 3、离散Karhunen-Loeve (K-L) 变换（最佳正交变换）

- ✓ K-L (Karhunen-Loeve)是以统计特性为基础的最佳正交变换，也称为特征向量或主分量变换。
- ✓ 1933年霍特林(Hotelling)首先发现主分量变换技术，并对这种正交变换作了深入研究。所以有人称K-L变换为霍特林变换。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

K-L变换的优点是：

- (1) 经过K-L变换后，所得Y向量，其平均向量为0，说明Y向量坐标系已移至直流分量为零的位置
- (2) Y向量的协方差矩阵为对角矩阵，对角线上的元素是Y向量的方差，左上角的值最大，右上角值最小。非对角线上的元素是协方差，而协方差值均为零，说明Y向量之间的相关性很小。

K-L变换的缺点是：计算过程复杂，变换速度慢。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- K-L变换由于将图象从空间域变换到KLT域，能量大部分集中在某个系数（主分量）附近，因而仅需要保存较少的变换系数就可以恢复出质量不错的图象，具有**压缩效率高，均方误差小，最小失真**等特点。
- K-L变换对不同的输入图像都要求相应的变换矩阵，求解方程也比较困难，并且没有快速算法，这影响了K-L变换的普及。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 4、离散余弦变换（discrete cosine transform, DCT）

- 变换编码中应用最广泛的变换，是性能最接近K—L变换的准最佳正交变换。
- 是傅里叶变换的一种特殊情况。在傅里叶级数展开式中，被展开的函数是实偶函数时，其傅里叶级数中只包含余弦项，称之为余弦变换。
- 被广泛地用在图象数据压缩编码算法中，如JPEG、MPEG-1、MPEG-2及H.261等压缩编码国际标准都采用了离散余弦变换编码算法。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 1) 基本思想

利用三角函数变换将图像从空间域变换到频率域，把图像变换成各个频率、振幅这些互不相关的系数。

由于图象自身的空间冗余特性，能量分布在频率域上呈现出关于低频分量的集中分布，高频分量的能量分布很小。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 根据心理视觉冗余原理，人的视觉系统对图象的**高频成分没有低频成分敏感**，可以对离散余弦变换产生的系数进行不同程度的量化，**低频系数进行细致的量化**，而对于**高频成分则粗略的量化**或者直接忽略。
- DCT的变换矩阵和具体的图象无关，同时也发展了DCT的快速算法，简化了硬件的实现，所以获得了广泛的应用，同时也是几乎所有图像压缩标准采用的变换编码。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 2) DCT编码 (JPEG)

基本JPEG (Joint Photographic Experts Group) 算法

JPEG专家组开发了两种基本的压缩算法:

- 采用以离散余弦变换 (Discrete Cosine Transform, DCT) 为基础的有损压缩算法
- 采用以预测技术为基础的无损压缩算法。

使用有损压缩算法时, 在压缩比为25:1的情况下, 压缩后还原得到的图像与原始图像相比较, 非图像专家难以找出它们之间的区别, 因此得到了广泛的应用。

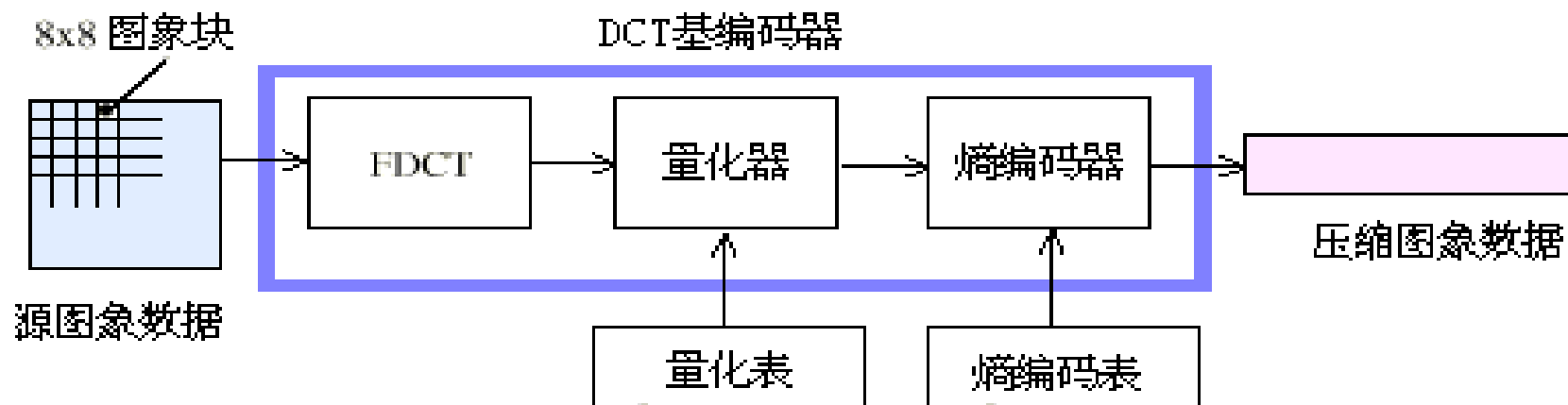
## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### 算法步骤:

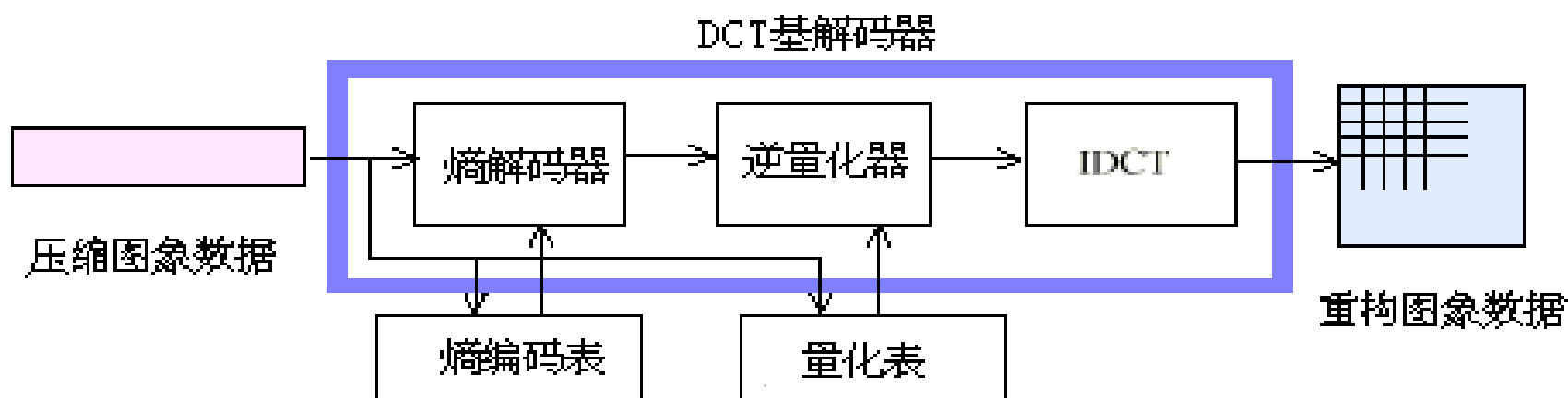
- **变换:** 使用正向离散余弦变换(forward discrete cosine transform, FDCT)把空间域表示的图变换成频率域表示的图, 从而去除数据冗余;
- **量化:** 使用量化表对以DCT系数进行量化, 量化表是根据人类视觉系统和压缩图像类型的特点进行优化的量化系数矩阵;
- **编码:** 对量化后的DCT系数进行编码使其熵达到最小, 熵编码采用Huffman可变字长编码。

译码或解压缩的过程与压缩编码过程正好相反。





(a) DCT基压缩编码步骤

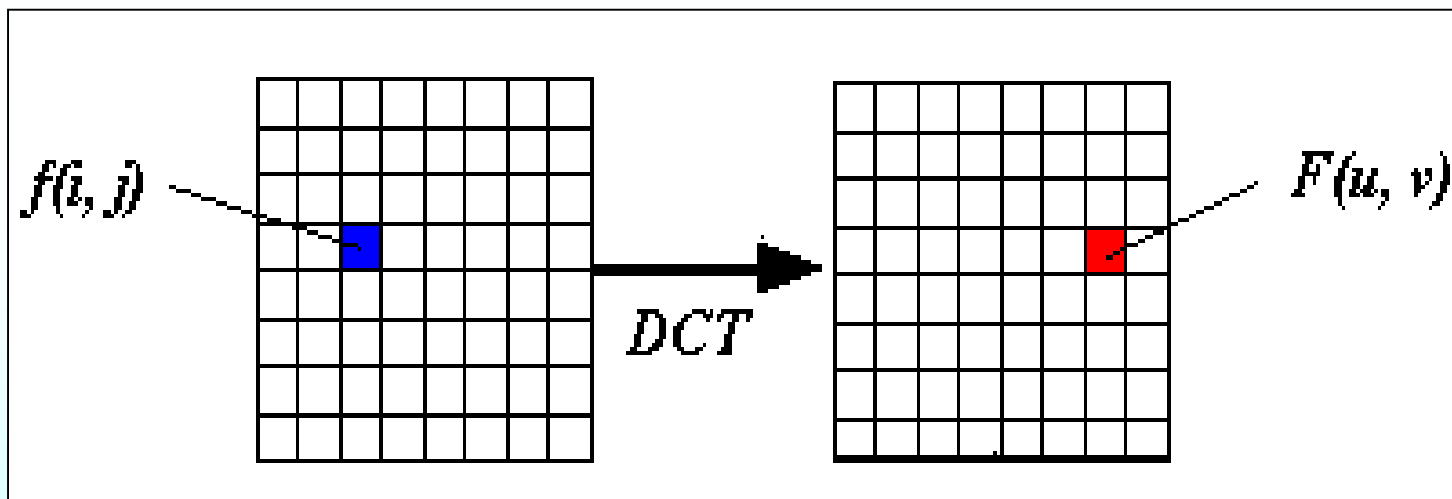


(b) DCT基解压缩步骤

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (1)离散余弦变换

- 对每个单独的彩色图像分量，把整个分量图像分成  $8 \times 8$ （每块内  $8 \times 8$  个像素）的图像块，并作为两维离散余弦变换DCT的输入。通过DCT变换，把能量集中在少数几个系数上。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- **FDCT**变换使用下式计算：

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \left[ \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} \right]$$

式中：

$C(u), C(v) = 1/\sqrt{2}$  , 当  $u, v = 0$  时；

$C(u), C(v) = 1$ , 其它。

- $x, y$ : 图像数据矩阵内某个数值的坐标位置；
- $F(x, y)$ : 图像数据矩阵内的  $(x, y)$  位置上的像素值；
- $F(\mu, v)$ : **DCT**变换后矩阵内的  $(\mu, v)$  位置上**DCT**变换后的频率系数。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 它的逆变换IDCT使用下式计算:

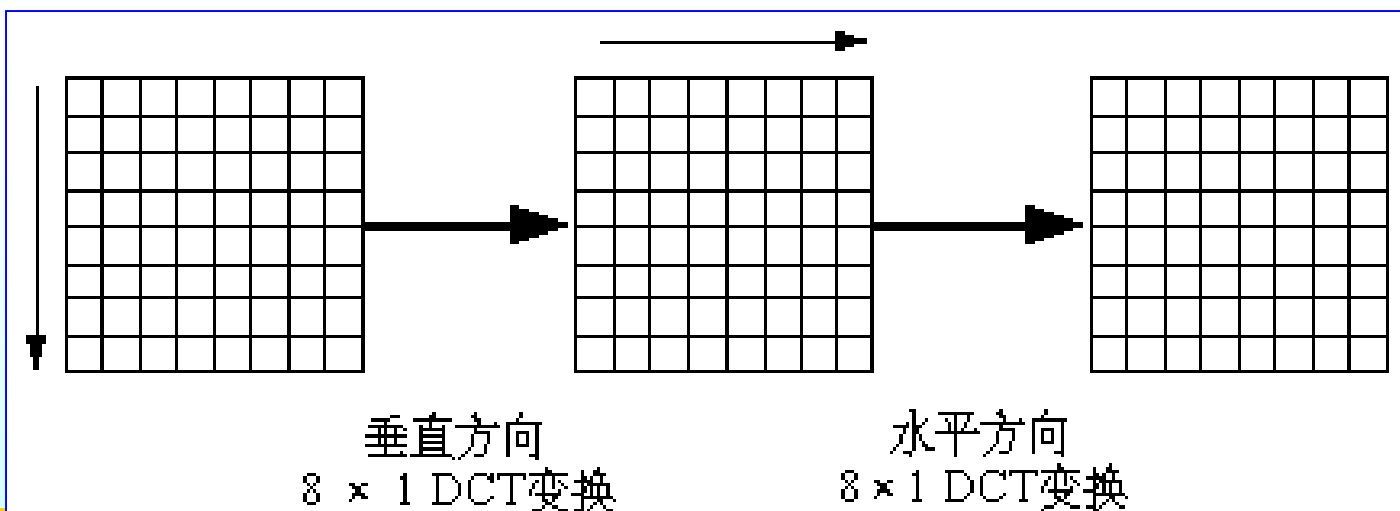
$$f(i, j) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \left[ \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 F(u, v) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} \right]$$

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 在计算两维的DCT变换时，使用下面的计算式把两维的DCT变换变成一维的DCT变换。

$$F(u, v) = \frac{1}{2} C(u) \left[ \sum_{i=0}^7 G(i, v) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \right]$$

$$G(i, v) = \frac{1}{2} C(v) \left[ \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} \right]$$



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (2) 量化

- 为达到压缩数据的目的，对DCT系数需作量化处理。量化是对经过FDCT变换后的频率系数进行量化。
- 量化目的：是减小非“0”系数的幅度以及增加“0”值系数的数目。量化是图像质量下降的最主要原因。

### 量化的作用：

- 在保持一定质量前提下，丢弃图像中对视觉效果影响不大的信息。
- 量化是多对一映射，是造成DCT编码信息损失的根源。
- JPEG标准中采用线性均匀量化器，量化过程为对64个DCT系数除以量化步长并四舍五入取整，量化步长由量化表决定。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

- 量化表元素因DCT系数位置和彩色分量的不同而取不同值。量化表为 $8 \times 8$ 矩阵，与DCT变换系数一一对应。量化表作为编码器的一个输入，其中元素为1到255之间的任意整数，其值规定了其所对应DCT系数的量化步长。DCT变换系数除以量化表中对应位置的量化步长并合入小数部分后，多数变为零，从而达到了压缩的目的。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

亮度量化值

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

色度量化值

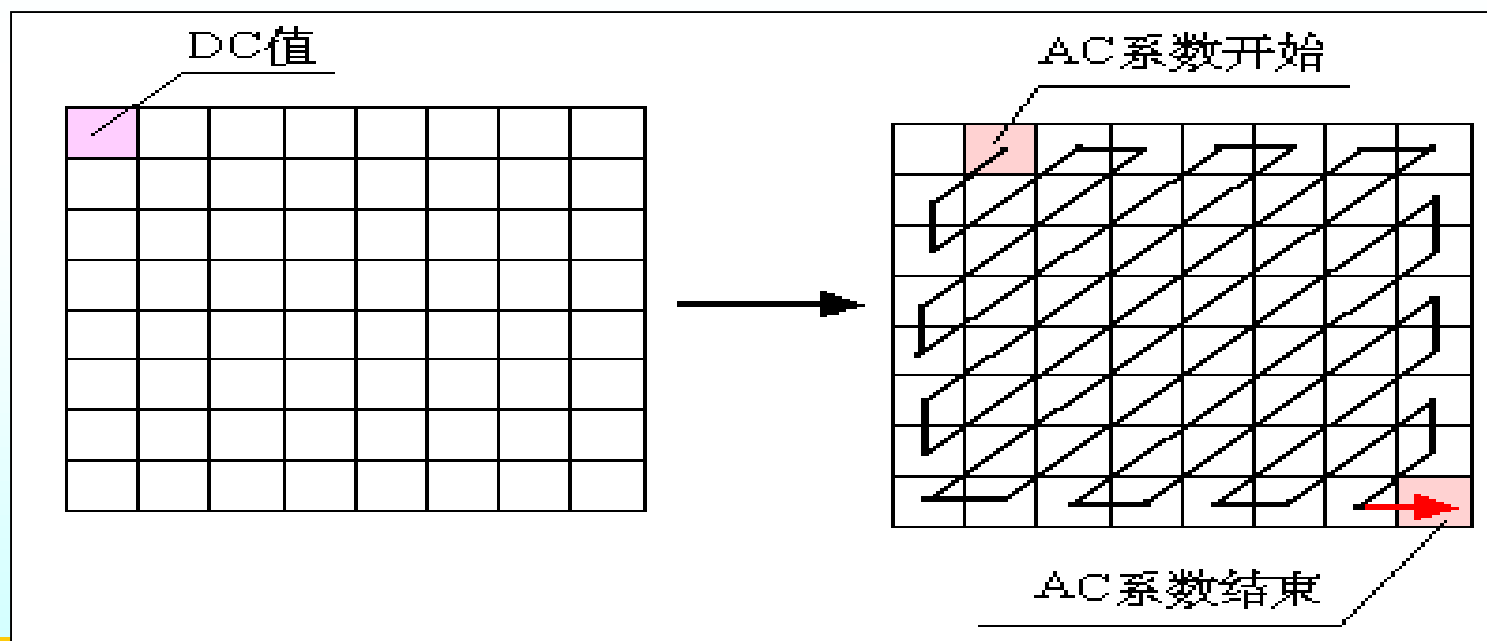
16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (3) Z字形编排

- 量化后的系数要重新编排，目的是为了增加连续的“0”系数的个数，即“0”的游程长度。方法是按照Z字形的式样如图编排，这样就把一个 $8 \times 8$ 的矩阵变成一个 $1 \times 64$ 的矢量，频率较低的系数放在矢量的顶部。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (4)游程编码

- 64个变换系数经量化后，左上角系数是直流分量(DC系数)，即空间域中64个图像采样值的均值。相邻 $8 \times 8$ 块之间的DC系数一般有很强的相关性，JPEG标准对DC系数采用DPCM编码(差分编码)方法，即对相邻像素块之间的L系数的差值进行编码。其余63个交流分量(AC系数)使用游程编码，从左上角开始沿对角线方向，以Z字形进行扫描直至结束。
- 量化后的AC系数通常会有许多零值，以Z字形路径进行游程编码有效地增加了连续出现的零值个数。

## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

### (5) 熵编码

- 为了进一步压缩数据，对DC码和AC行程编码的码字再作基于统计特性的熵编码。JPEG标准建议使用的熵编码方法有Huffman编码和自适应二进制算术编码。



## 第四章 数据压缩编码技术——静态图像压缩

DCT编码在实际应用中需要注意的问题：

- ① DCT性能（系数相关性，能量分布）接近于K-L变换。
- ② 输入图像分块进行DCT，块的尺寸要考虑有足够的存储容量和允许的运算时间支持，同时还有方块“边界效应”的影响。
- ③ 在DCT系数量化编码时，一般原则是高能量区分配较多的比特数，低能量区以较少的比特，针对不同的图像特性，根据不同的比特分配策略，对不同区域模式采用自适应比特分配，可以提高压缩比。
- ④ DCT编码对单色、彩色、静止、活动图像都适用，因此是多媒体技术标准JPEG、MPEG、H.261等所采用标准算法。

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### 4.3 基本视频压缩

#### 一、概述

- 视频压缩的最基本方法是建立在**逐帧压缩**的基础上，使用前面介绍的静态图像压缩方法来对图象中的每一帧进行处理。
- 如果需要在单张CDROM上保存60分钟左右的NTSC质量视频，需要将视频图象进行**200:1**的压缩。**逐帧压缩**的方法提供的压缩率远远不能满足这个要求。
- 运动图象序列中，相邻图象间存在极大的**时间相关性**，也就是**时间冗余**，如果利用时间冗余，就可以获得更高的压缩效率。——**帧间压缩**

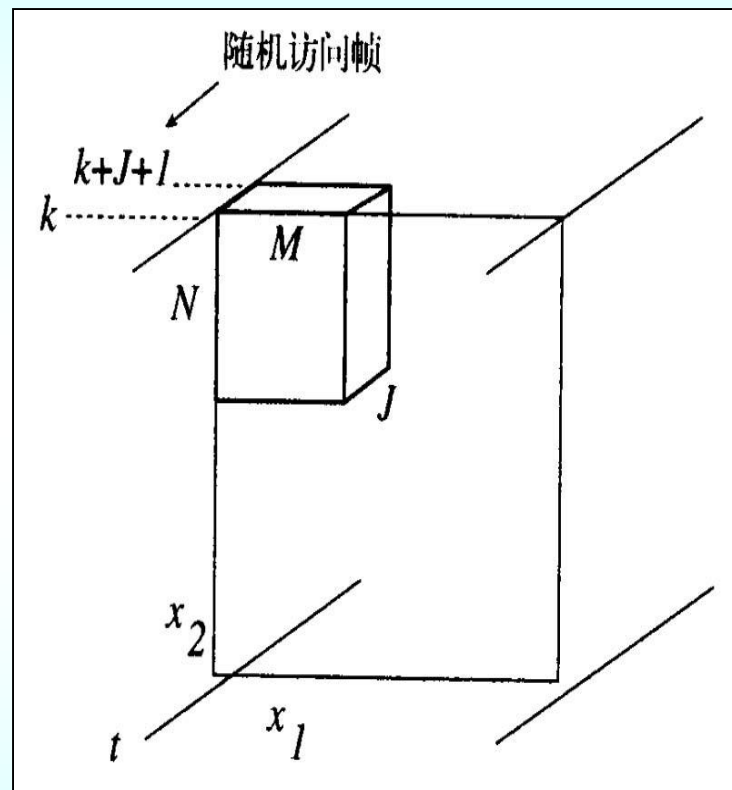
### 二、基本帧间压缩方法

- 三维变换编码
- 条件补充法
- 运动补偿编码
- 基于模型的编码

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### 1、三维变换编码

- 三维DCT编码是对二维DCT编码方法的直接扩展。
- 将视频划分成若干个 $M \times N \times J$ 的块（ $M$ 、 $N$ 、 $J$ 分别代表视频块的水平、垂直和时间维度），生成变换系数。
- 三维DCT编码方案具有不需要进行单独运动估算的优点，但是需要在编码和解码两端都具有 $J$ 帧图象的存储。



## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### 2、条件补充法

对图象亮度/颜色值设一阈值，低于该阈值的象素不传送；

- 如果帧间各个对应象素的亮度差超过设定的阈值，则把这些象素存储在缓冲存储器中，同时以恒定的传输速度发送这些象素。
- 而亮度差在阈值以下的象素则不传送，在接收端用上一帧相应的象素来代替。
- 这样，一幅电视图象可能只传送其中较少部分的象素，同时只传送帧间差值，可以得到较好的压缩率。
- 据统计，在可视电话中，使用条件补充法平均只需要传送全部象素的6%左右。



## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### 3、运动补偿编码（Motion Compensated Coding）

- 根据图象内的运动情况，将图象分成静止部分（重复使用上一帧）和运动部分（设定位移量，以位移量帮助进行运动部分预测）
- 在标准化视频编码方案MPEG中，运动补偿技术是其使用的主要技术之一。
- 尤其对于运动部分只占整个画面较小的电视会议和可视电话，引入运动补偿技术以后，压缩比可以提高很多。
- 运动补偿技术主要是通过检测图像数据块的运动来提高帧间预测的效果的。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频压缩

- 图像被分为若干 $M*N$ 子块图像，假设当前帧的子块是由以前帧的某个子块做**平移**运动来的。
- 使用**块匹配算法**在设定的最大位移范围内来检测运动，如果以前帧的某一块子图像与当前块的差的平方达到最小，认为检测到了子块的运动，并记录检测到的水平和垂直位移（运动矢量）。
- 检测到的运动矢量用来对帧间预测进行补偿，以获得最佳的预测效果。

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

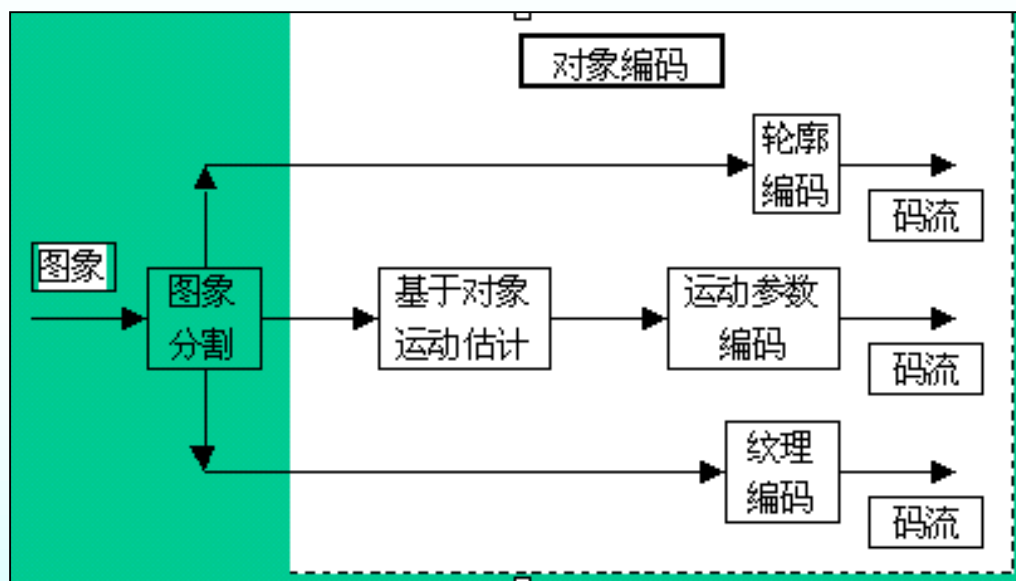
### 4、基于模型的编码

- 三维和运动补偿编码方法在不低于1.5Mbps速率情况下对CIF格式的图像提供了满意的结果,但是,这些技术在甚低速率情况下提供的图像品质是难以接受的,比如,在现有的电话网上用10kbps的速率进行视频通话。
- 在甚低速率的情况下,一般的运动补偿编码会出现严重的块虚像,因此,针对甚低速率的场合提出了各种新的运动补偿编码方案,这就是基于对象或者知识的编码器。

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### (1) 基于对象的编码 (Object Based Coding)

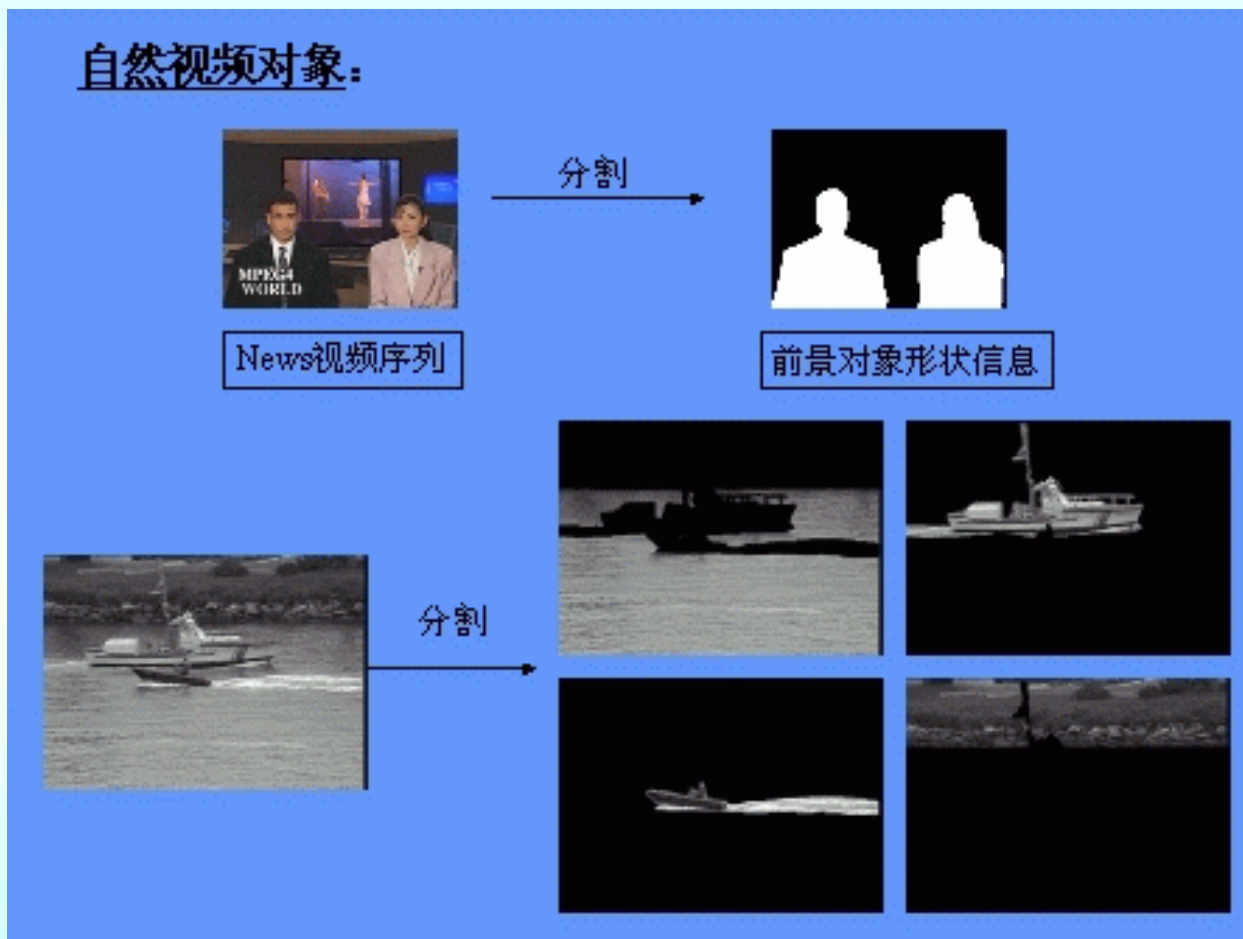
是将图象中的物体分割出来作为**视频对象**，以视频对象为单位进行编码。例如，目前MPEG-4中的视频对象包括：自然视频对象、Sprite对象、2D网格对象、3D人脸和身体对象、静态的纹理对象、3D网格对象和音频对象等。



基于对象的编码原理图

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

例如，自然视频对象分割



## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### 基于对象的编码

以结构化图像模型为基础，是一种以三维形式表示任意对象在景物中运动的模型。

- 任意的对象可以分成以下的情况处理
  - 带有二维运动的二维刚性或者弹性对象
  - 带有三维运动的二维刚性对象
  - 带有三维运动的三维刚性或者弹性对象
- 随着对象处理复杂度的提高，压缩效率也随之提高。

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

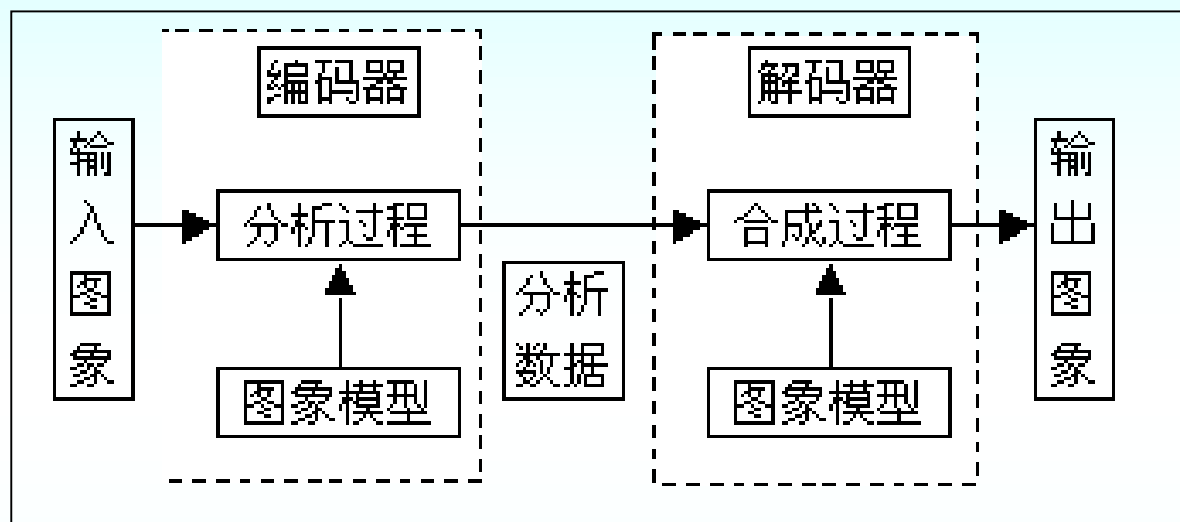
### (2) 基于模型编码

可看作是一种特殊的基于对象的编码，此时对象的结构更复杂，除了在对象的边界存在形状特征外，在对象的纹理区域也存在一定的结构，这些结构信息通过网格模型的内部节点和边来表示。

一般过程如下：

- **图像分解**：使用以前已经编码的帧的知识，把要编码的帧分割成单独的运动对象，当前帧中的每个对象用一组形状（或轮廓）和运动参数来描述。
- **图像合成**：用估算出的形状和运动参数以及以前已经编码帧的知识为基础，合成出当前帧。
- **编码**：把模型失误差的形状、运动和颜色参数单独进行熵编码和传输。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频压缩



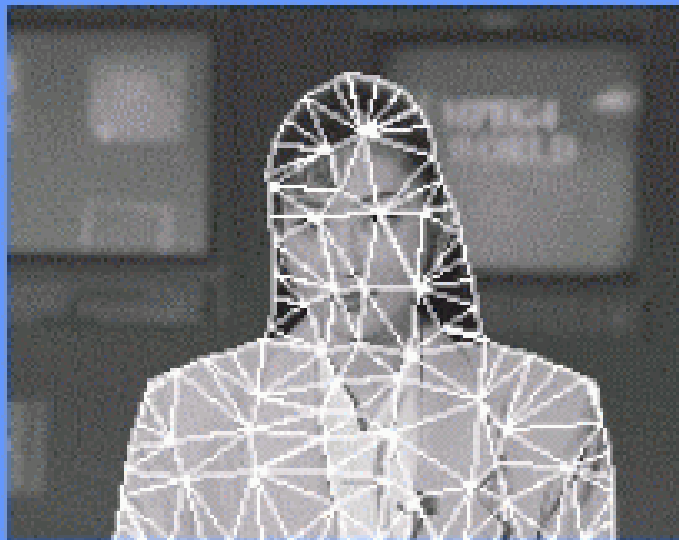
基于模型的编码原理图



## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩



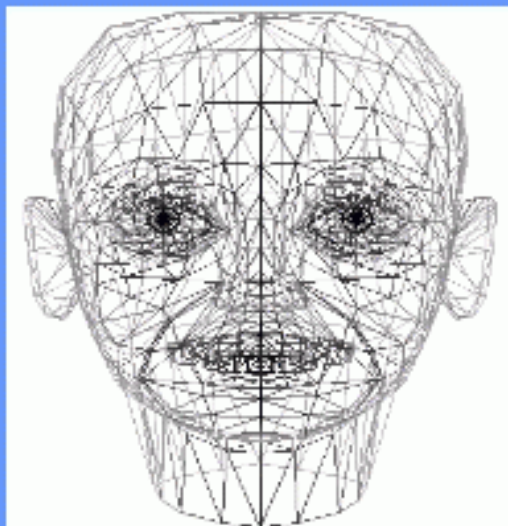
规则的网格模型



基于内容的网格模型

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

3D人脸和身体对象:



基于模型的编码原理图

## 第四章 数据压缩编码技术——视频压缩

### (3) 基于知识和语义的编码

**前提：**对压缩对象具有**先验信息**

**比如：**可视电话应用中，通常都是**头和肩膀类**的图像。

- 使用**预先设定**的头部、脸部器官和肩膀的三维模型，以及身体和器官运动的约束条件来检测当前帧的运动。
- 在**修正**了预设的三维模型之后，可以合成当前帧的图像，再对模型**失误区域**进行**熵编码**。
- 这样，在特定的应用中，基于知识和语义的编码可以获得**很高的压缩比**，但须以牺牲**编码通用性**为代价。

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### 4.4 静态图像压缩编码国际标准

#### 一、二值图像（bilevel image）压缩标准

##### 1、CCITT G3/G4

- CCITT G3/G4极大地推动了传真市场的发展，也成为应用最广泛的图像压缩标准
- CCITT G3以非自适应、一维游程编码为基础，可进行可选的二维游程编码
- 采用了预先设定的霍夫曼编码表对游程的长度进行编码
- G3在典型的测试文本上通常压缩比为**15:1**

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### 2、JBIG

由ISO/IEC和CCITT联合委员会开发的一种新的图象压缩标准，适用于二值和低精度灰度级图象的无损压缩。

JBIG采用自适应算术编码，改善了CCITT G4算法的性能，对典型的文本图象大约提高性能30%。

JBIG对典型的二值中间色调图象可以提供大约8:1的压缩比。

# 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

## 二、连续色调图像压缩标准—JPEG（静态）

### 1、JPEG（Joint Photographic Experts Group）标准

- 由CCITT和ISO组成的联合专家组提出
  - 1986年3月，筹建小组
  - 1988年1月，开始研究自适应DCT技术
  - 1991年10月，提交国际标准草案
  - 1992年7月，成为正式国际标准
- JPEG标准描述了关于连续色调（即灰度级或彩色）静态图像的一系列压缩技术
- JPEG针对图像中涉及的空间冗余和心理视觉冗余，采用了基于变换编码的有损压缩方案。

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### (1) JPEG标准的特性

- **分辨率独立性**: 可以处理任何分辨率的图象, 分辨率不是8的倍数的图象可以在内部填装成8的倍数。
- **可变采样精度**: 有损压缩使用8bit和12bit两种采样精度, 无损压缩采用从2bit到16bit的采样精度。
- **可变的压缩率**: 可以由量化矩阵来控制压缩率和图象质量之间的折衷。
- **亮度-色度独立性**: JPEG具有从彩色图象中仅恢复亮度分量, 而不对色度分量进行解码的能力。
- **可扩展性**: JPEG对累进阶段的分辨率级数没有限制。

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

说明:

1. 为了利用心理视觉特性, JPEG把RGB图象转换成亮度-色度空间, 使用了CCIR 601的Y-Cr-Cb标准

$$Y=0.3R+0.6G+0.1B$$

$$Cr=(B-Y)/2+0.5$$

$$Cb=(R-Y)/1.6+0.5$$

2. 由于人眼对色度信号的高频成分不敏感, 所以JPEG中对色度信号在水平和垂直方向上的采样都降低了一倍的分辨率
3. 同时, JPEG对亮度通道和色度通道使用不同的量化矩阵, 相比之下, 对亮度通道的量化更为细致



## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

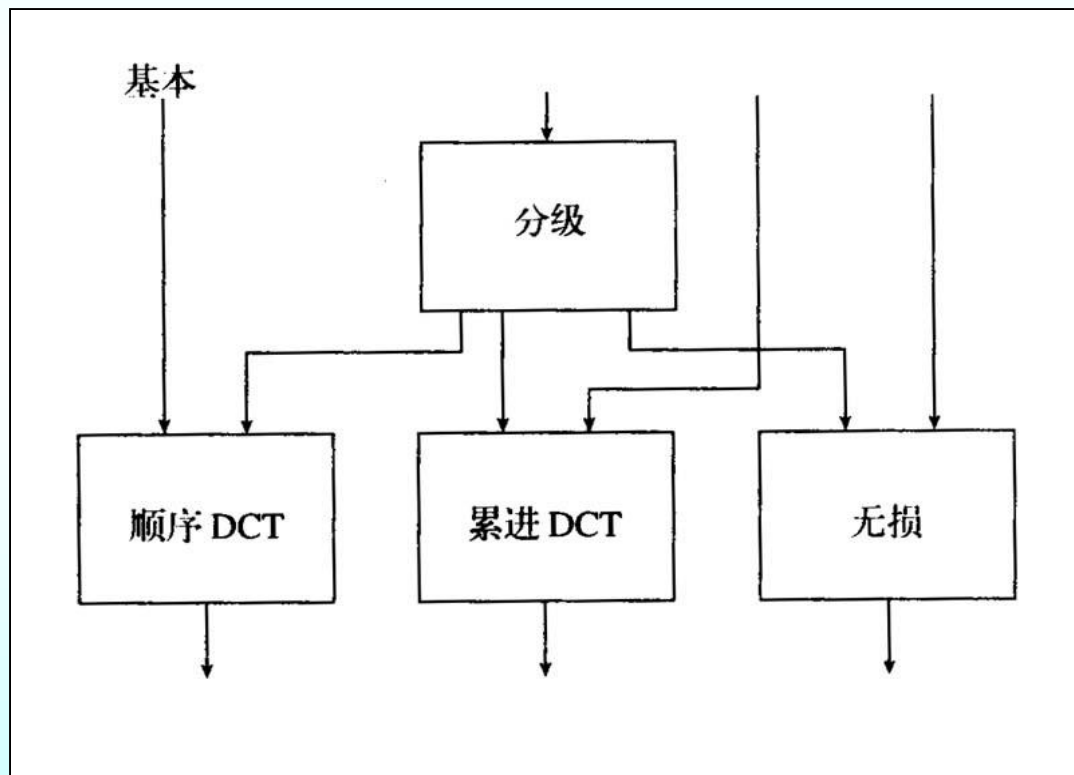
### (2) JPEG的操作模式

顺序sequential（基本baseline）

分级hierarchical

累进progressive

无损lossless



## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### ①基本算法（顺序算法）

- **DCT计算**：将图象细分成若干个 $8 \times 8$ 的块，并且将每个像素值减去 $2^{n-1}$ 来去掉直流分量，在基本系统中，输入输出的数据精度为8位，DCT量化值限制为11位。
- **DCT系数量化**：采用一个量化矩阵对DCT系数进行量化，为了实现不同的压缩级，可以选择不同大小的量化矩阵。
- **变长编码**：对非零的系数进行霍夫曼编码

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### ②累进模式

- 将DCT系数按照一定的顺序进行编码和传输，达到随着解码的进展，图象逐渐清晰的效果，有下列**两种累进方式**。
- **频谱选择法**：DCT系数被以**频率高低**的顺序排序，先编码和传送**低频带**的DCT系数，再进行高频带的编码和传输，最终达到的效果和基本算法一样。
- **逐次逼近法**：先发送DCT系数的最高位，接着再发送逐次的低位，使DCT系数的精度越来越高。

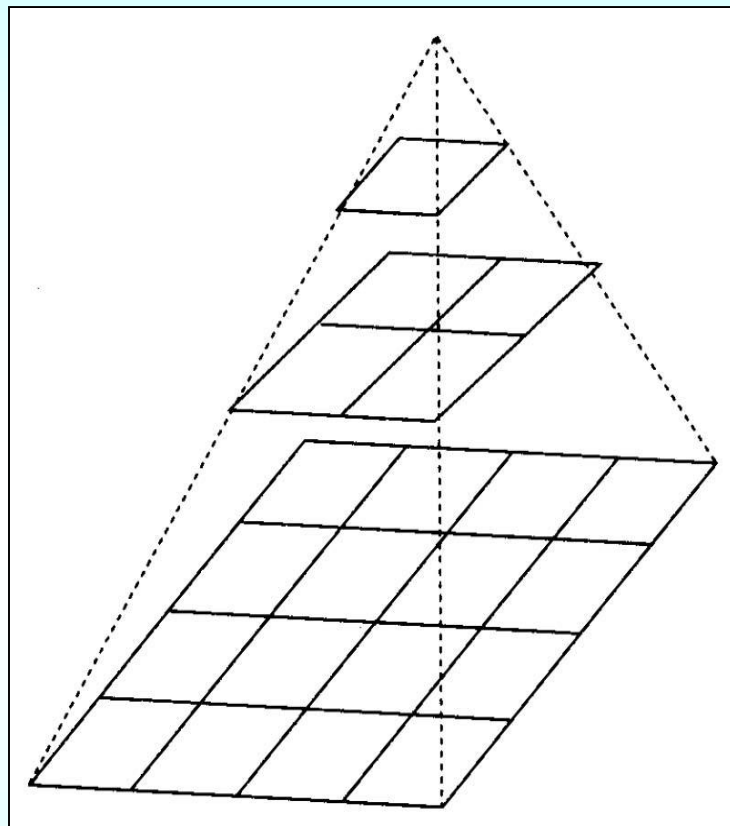
## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### ③无损模式

- 采用预测编码技术，并且可以在标准中选择8种不同的预测值。

### ④分级模式

- 可认为是累进传输的一种特殊情况，它是在累进阶段增加空间分辨率。



分级模式

# 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

## 2、JPEG2000标准

- 由国际标准化组织ISO和国际电子技术联盟IEC（International Electrotechnical Committee）联合推出的新一代静态图像压缩标准，是JPEG的升级版。
- 2000年12月正式发布
- JPEG2000 的目标：建立一个能够适用于不同类型（二值图像、灰度图像、多分量图像等）、不同性质（自然图像、医学、遥感图像、绘制图形等）及不同成像模型（客户机/服务器、实时传送、图像图书检索等）的统一图像编码系统。

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

### 算法核心：

放弃了JPEG所采用的以离散余弦变换算法为主的区块编码方式，而改用以离散小波变换算法为主的多解析编码方式。

### 主要特点：

(1) 压缩效率高，图像还原质量好。JPEG2000的图像压缩率可在JPEG基础上再提高30%，而且压缩后的图像显得更加细腻平滑。

JPEG 2000在码率下降的同时率失真（Rate-Distortion）性能仍能保持最优。即：将JPEG图片换成以JPEG2000编码方式的图片，在同样的网络带宽下，图片下载的等待时间将大大缩短。

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

(2) 无损和有损压缩。在一个JPEG2000码流中，可以同时存在有损压缩和高性能的无损压缩数据，而JPEG只能做到有损压缩，压缩后数据不能还原。因此JPEG2000保存了原始信息，即使在较小的图像文档尺寸的情况下，也不会有信息丢失。

(3) 渐进传输—JPEG2000的重要特征之一。它先传输图像的大体轮廓，然后逐步传输其他数据，不断地提高图像质量。这样图像就由朦胧到清晰显示出来，从而节约、充分利用有限的带宽。而传统的JPEG无法做到这一点，只能是从上到下逐行显示。

## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

(4) 感兴趣区域压缩。提供一个能让用户控制的、可选择分辨率的影像数据，即ROI (Regions of Interest) 技术。可以指定感兴趣区域，在这些区域，可以在压缩时指定特定的压缩质量，或在恢复时指定特定的解压缩要求。

(5) 基于内容的描述。JPEG2000允许在压缩的图像文件中包含对图像内容的说明。这是因为除了存储和传输之外，运行用户在一个大的数据库中迅速找到感兴趣的图像也是图像处理中一个非常重要的问题。

(6) JPEG2000在颜色处理上，具有更优秀的内涵。与JPEG 相比，JPEG2000同样可以处理256个通道的信息，而JPEG仅局限于RGB数据。JPEG2000可以用单一的文件格式来描述另外一种色彩模式，比如CMYK模式。



## 第四章 数据压缩编码技术—JPEG标准

(7) JPEG2000使基于WEB方式多用途图简单化。JPEG2000图像文件在它从服务器下载到用户的WEB页面时，能平滑地提供一定数量的分辨率基准，WEB设计师们处理图像的任务就简单了。

例如：我们经常会看到一些提供图片欣赏的站点，在一个页面上用缩略图来代理较大的图像。浏览者只需点击该图像，就可以看到较大分辨率的图像。不过这样WEB设计师们的任务就在无形中加重了。因为缩略图与它链接的图像并不是同一个图像，需要另外制作与存储。而JPEG2000只需要一个图像就可以了。用户可以自由地放缩、平移、剪切该图像而能得到他们所需要的分辨率与细节。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

### 4.5 视频压缩国际标准—MPEG、H.26X

制定视频编码标准的两大组织：ITU-T（ITU分支机构）与ISO/IEC（国际电工委员会）

➤ ITU-T : H. 26X系列，H. 261~H. 265

主要用于实时视频通信领域，如会议电视

➤ ISO/IEC: MPEG 系列

主要用于视频存储(DVD)、广播电视、因特网或无线网上的流媒体等主要应用场景

两个组织共同制定了一些标准，H. 262 标准等同于MPEG-2 的视频编码标准，而目前最热门的H. 264 标准则是MPEG-4 的第10部分。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

### 4.5 视频压缩国际标准—MPEG、H.26X

- 国际电讯联盟ITU (International Telecommunication Union) 关于视频压缩制定了一系列标准, 如H. 261、H. 262、H. 263、H. 264、H. 265等。
- 1988年由国际标准化组织 (ISO) 和国际电工委员会 (International Electro-technical Commission, IEC) 联合成立的专家组MPEG, 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。

# 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

## 视频编码标准历程

第一代：H. 261，MPEG-1，H. 262/MPEG-2，H. 263

- 基于像素编码
- 压缩能力为 50 -75 倍

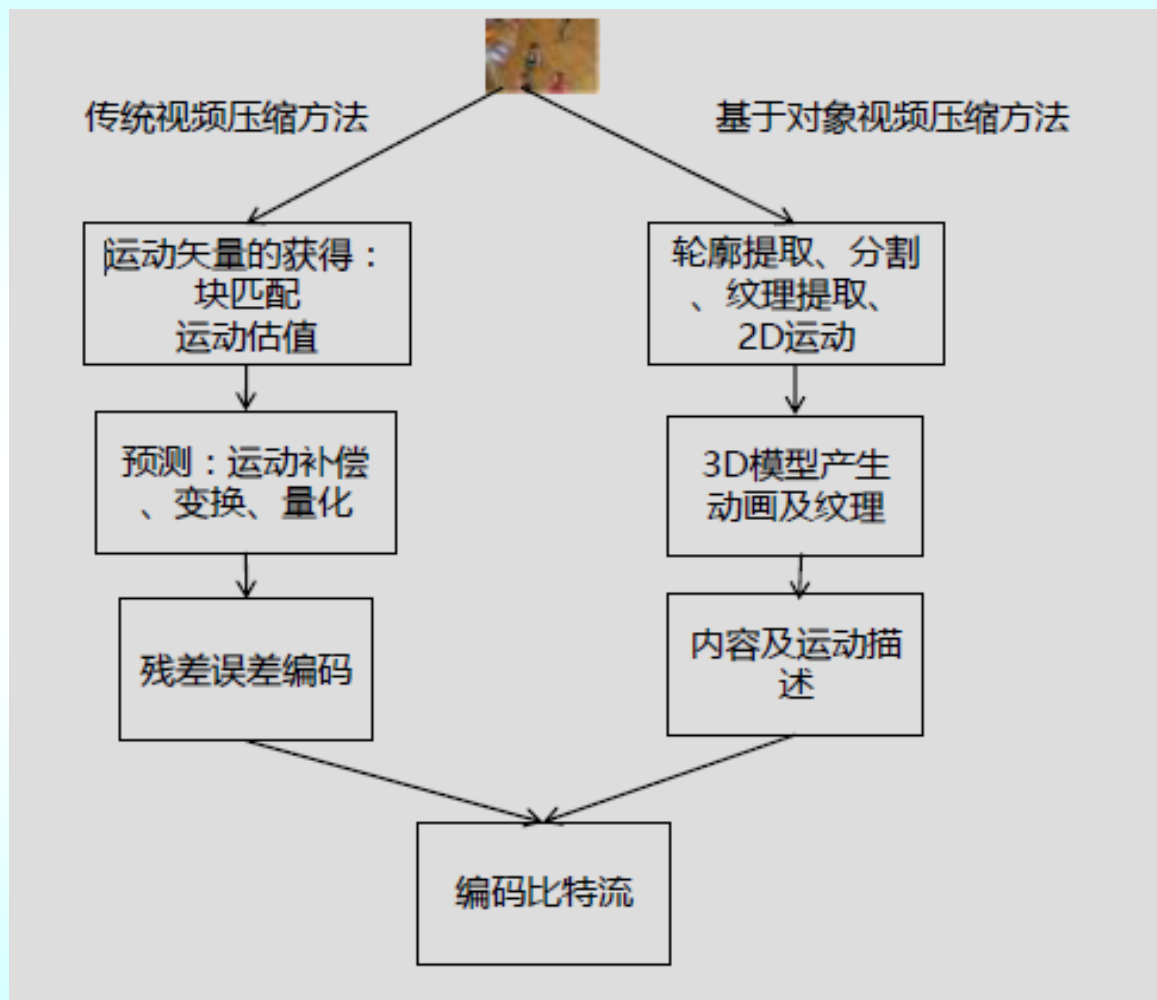
第二代：MPEG-4，H. 264

- 基于对象（Object-Based）、视频对象编码
- 基于对象编码：将图象中的物体分割出来作为视频对象，以视频对象为单位进行编码。
- 压缩能力为 100 -150 倍

第三代：HEVC（High Efficiency Video Code ）

- H. 265
- 4K视频、 3D蓝光、高清电视节目

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准



## 第四章 数据压缩编码技术——视频标准

### □ H.26X 和 MPEG-X系列标准对比

H.26X		标准概况
H.261	特点	针对可视电话和视频会议等业务；在窄带ISDN上实现速率P*64kbps双向声像业务，P = 1~30；只支持CIF(352x288)和QCIF(176x144)格式
	结构	16x16运动补偿、8x8DCT、标准量化、Z扫描、游程编码和变长编码结构
H.262 /MPEG-2	特点和结构同 H.261	
H.263	特点	算法和处理性能提高；支持SubQCIF(128x96)、QCIF、CIF、4CIF(176x144)、16CIF(1408x1152)格式
	结构	使用半像素运动矢量和重新设计的可变长编码(VLC)表、可选编码模式
H.264 /MPEG4- part10	特点	压缩比高、信道适应性好、广泛应用于视频通信领域；计算复杂度大大增加
	结构	4×4块的整数变换、多参考帧预测、多模式高精度帧间预测、多种帧内预测模式和统一的熵编码等

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- 国际电讯联盟ITU（International Telecommunication Union）关于视频压缩制定了一系列标准，如H.261、H.262、H.263、H.264、H.265等。
- 1988年由国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（International Electro-technical Commission, IEC）联合成立的专家组MPEG，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。

## 第四章 数据压缩编码技术——视频标准

### MPEG（Moving Picture Expert Group）标准包括

mpeg视频：面向位速率约1.5M bit/s全屏幕运动图像的数据压缩

mpeg音频：面向每通道数率为64，128和192K bit/s的数字音频信号的压缩

mpeg系统：

如：MPEG-I标准包括：

MPEG系统（ISO/IEC11172-1）

MPEG视频（ISO/IEC11172-2）

MPEG音频（ISO/IEC11172-3）

测试验证（ISO/IEC11172-4）



## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

几个重要的视频压缩/描述标准:

标准	组织	目标	通过日期
H.261	ITU-T	运行在 $p \times 64\text{kbps}$ ( $p=1 \sim 30$ ) 速率上的编码解码器	1993.3
MPEG-1	ISO/IEC	数字电视标准	1992.11
MPEG-2		数字电视标准	1994.11
MPEG-3		已于1992年合并到HDTV	取消
MPEG-4		多媒体应用标准	1998.10
MPEG-7		多媒体内容描述接口	2001年
MPEG-21		多媒体框架: 数字节目的网上实时交换协议	2007年

# 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

## 一、MPEG概述

- ✓ Moving Picture Experts Group, 运动图像专家组
  - 始于1988年
  - 目的：要在1990年建立一个标准的草案
- ✓ MPEG和JPEG两个专家小组都是在ISO领导下的专家小组，其小组成员也有很大的交叠
  - JPEG的目标是专门集中于静止图像压缩
  - MPEG的目标是针对活动图像的数据压缩

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- ✓ 静止图像与活动图像之间有密切关系
  - 视频图像可以看作为独立编码的静止图像序列
  - 以视频速率顺序地显示
- ✓ MPEG专家小组的研究内容
  - 数字视频图像的压缩
  - 音频压缩
  - 音频和视频的同步

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- ✓ 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位数据流的句法，提供了解码的测试方法等
- ✓ MPEG标准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
  - 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

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- ✓ 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位数据流的句法，提供了解码的测试方法等
- ✓ MPEG标准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
  - 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

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

MPEG-1: 数字电视标准, 1992年正式发布。

MPEG-2: 数字电视标准, 是MPEG-1的扩充, 1994年正式发布。

MPEG-3: 已于1992年7月合并到高清晰度电视 (HDTV) 工作组。

MPEG-4: 多媒体应用标准, 1998年发布。

MPEG-5: 直至1998年9月还没有见到定义。

MPEG-6: 直至1998年9月还没有见到定义。

MPEG-7: 多媒体内容描述接口标准, 2001年发布。

MPEG-21: 数字节目的网上实时交换协议, 2007年发布

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

---

MPEG-1: 数字电视标准, 1992年正式发布。

MPEG-2: 数字电视标准, 是MPEG-1的扩充, 1994年正式发布。

MPEG-3: 已于1992年7月合并到高清晰度电视 (HDTV) 工作组。

MPEG-4: 多媒体应用标准, 1998年发布。

MPEG-5: 直至1998年9月还没有见到定义。

MPEG-6: 直至1998年9月还没有见到定义。

MPEG-7: 多媒体内容描述接口标准, 2001年发布。

MPEG-21: 数字节目的网上实时交换协议, 2007年发布

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

### 二、视频标准新进展—MPEG-4

#### 1. MPEG-4背景

- MPEG-4以前的音频视频编码标准已经覆盖了64kbps以上的码率。
- MPEG-4在92年末的**初衷**是制定64kbps 以下**甚低**比特率 VLBR: Very Low Bit Rate) **音频视频编码**标准。
- 随着Internet的飞速发展, 对音视 (AV) 信息的灵活有效交互、存储与传输的需求日益高涨, 因此MPEG-4及时调整方向, 除压缩外还侧重于功能、尚未支持的大量应用。



# 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

## 2. MPEG-4目标

- 要在**异构网络环境**下能够高度可靠地工作，并且具有很强的交互功能。
- 制定一个基于**内容/对象**（Content /Object Based）的、**高效的**（Efficient）、**灵活的**（Flexible）、**通用的**（Universal）、**可分级/伸缩的**（Scalable）、**可扩展的**（Extensible）视频编码标准。
- 通过定制（Customization）便于特定应用，充分利用现有的乃至未来的技术。
- **重要特色**是支持Internet上对音视信息有效的传输和灵活的操作。

# 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

## 3. MPEG-4的功能

### — 内容交互的功能

- 基于内容的多媒体访问 (Access)
- 基于内容的操作、比特流编辑 (Bit Stream Editing)
- 自然/合成混合编码 (SNHC: Synthetic & Natural Hybrid Coding)
- 完善的时域访问 (Temporal Access)

### — 压缩的功能

- 高效编码：形状、纹理与运动
- 多同步流编码 (Multiple Concurrent Stream Coding)

### — 通用的访问功能

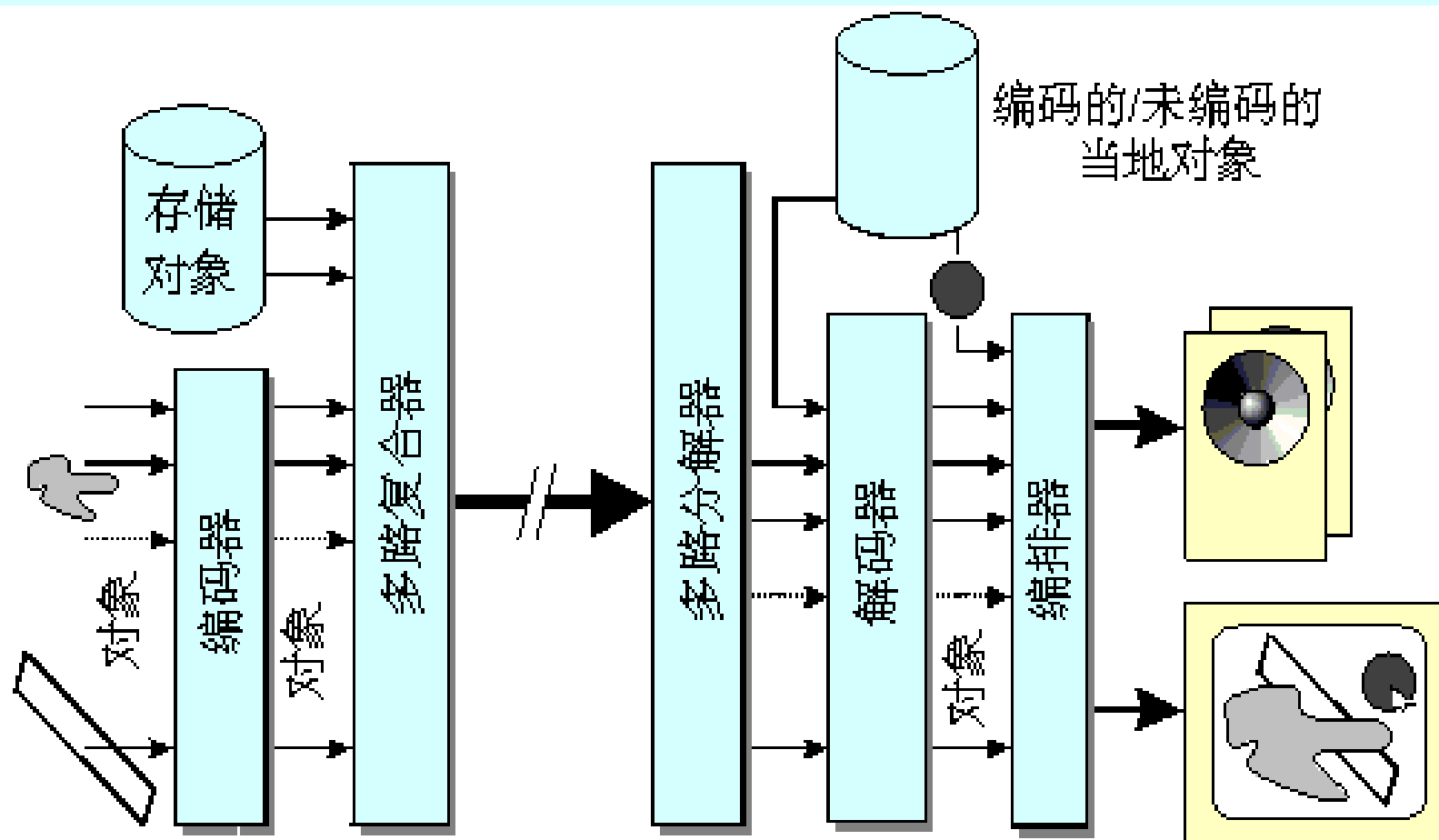
- 健壮性 (Robust)
- 基于内容的可分级/伸缩 (Scalable)

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

### 4. MPEG-4的应用

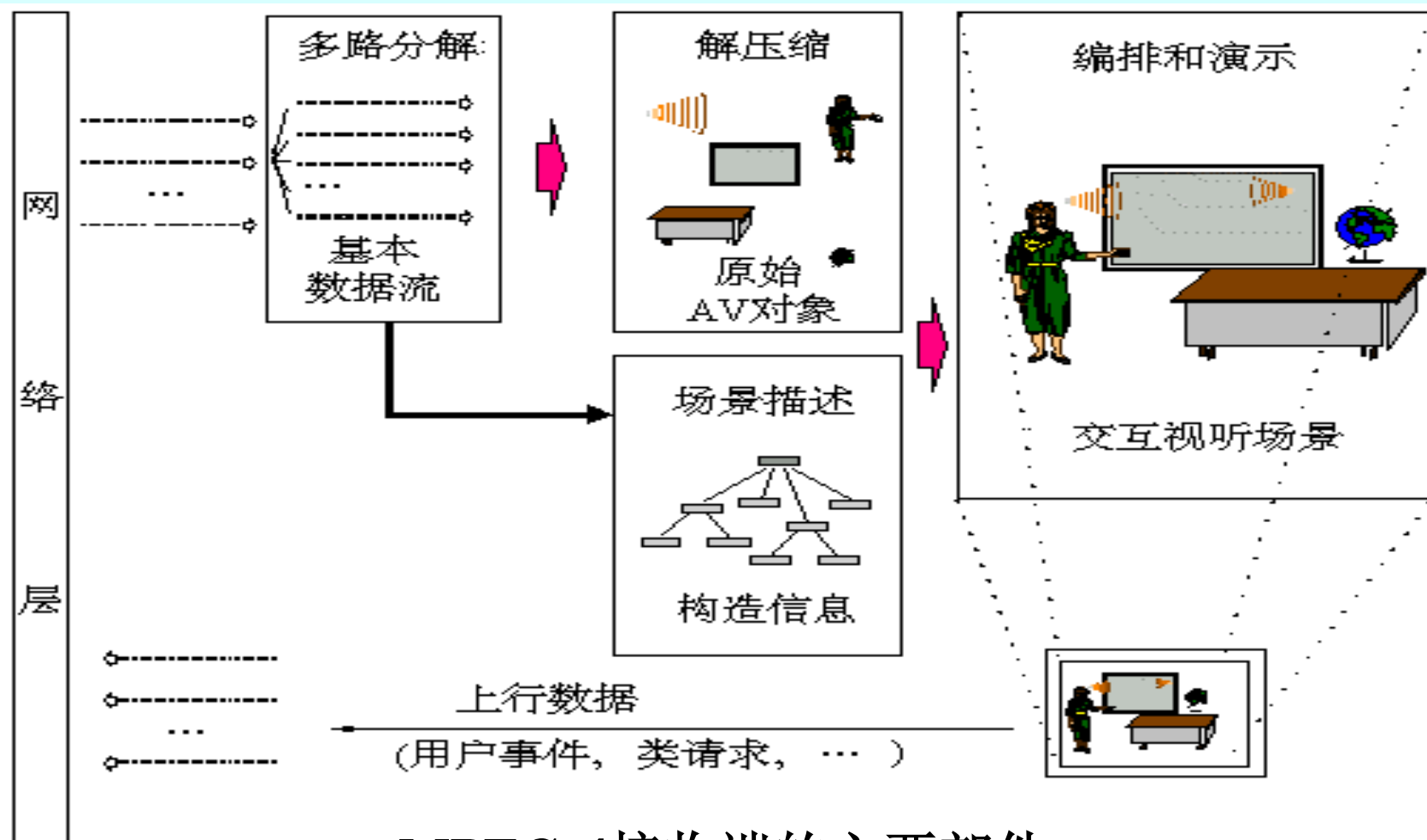
- 基于Internet的视频流（Video Streaming）传输
- 多媒体制作（authoring）与展示（presentation）
- 可分级/伸缩：不同分辨率/帧率/质量的视频播放
- 低带宽、易错（error-prone）环境下的多媒体传输、多媒体数据库检索。
- 多点远程会议（Multi-Point Tele-Conferencing），可选性（Selective）传输、解码、显示
- 交互式家庭视频选购
- 视频邮件（Video Mail）
- 远程教育（Tele-Education）

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准



MPEG-4系统示意图

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准



MPEG-4接收端的主要部件

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- 截止1998年9月，已作为国际标准草案的**MPEG-4**文件共有6个，它们是：
  - ① **MPEG-4系统标准**，标准名是ISO/IEC DIS 14496-1 Very-low bit rate audio-visual coding — Part 1: Systems。
  - ② **MPEG-4电视图像标准**，标准名是ISO/IEC DIS 14496-2 Very low bit rate audio-visual coding — Part 2: Video。
  - ③ **MPEG-4声音标准**，标准名是ISO/IEC DIS 14496-3 Very low bit rate audio-visual coding — Part 3: Audio。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- ④ **MPEG-4一致性测试标准**，标准名是ISO/IEC DIS 14496-4 Very-low bitrate audio-visual coding — Part 4: Conformance Testing。
- ⑤ **MPEG-4参考软件**，标准名是ISO/IEC DIS 14496-5 Very-low bitrate audio-visual coding — Part 5: Reference software。
- ⑥ **MPEG-4传输多媒体集成框架**，标准名是ISO/IEC DIS 14496-6 Very-low bit-rate audio-visual coding — Part 6: Delivery Multimedia Integration Framework (DMIF)。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

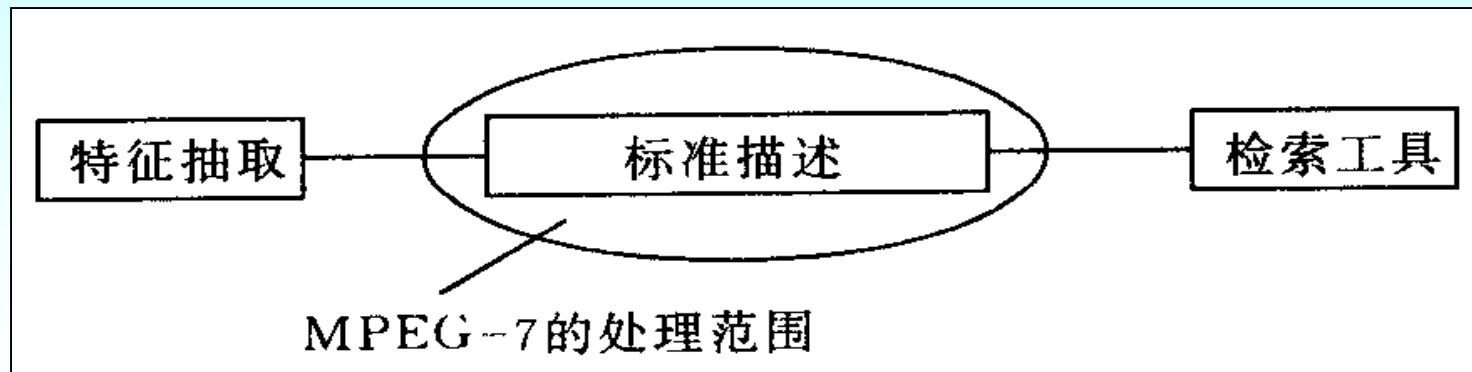
### 三、MPEG-7多媒体内容描述接口

- MPEG-7的工作于1996年启动，目的是制定一套描述符标准，用来描述各种类型的多媒体信息及它们之间的关系，以便更快更有效地检索信息。
- 媒体材料：包括静态图像、图形、3D模型、声音、话音、电视以及在多媒体演示中它们之间的组合关系。在某些情况下，数据类型还可包括面部特性和个人特性的表达。
- MPEG-7是为满足特定需求而制定的视听信息标准，也是建筑在其他的标准之上的。

例如：PCM，MPEG-1，MPEG-2和MPEG-4等等。MPEG-4中使用的形状描述符、MPEG-1和MPEG-2中使用的移动矢量（motion vector）等都在MPEG-7中用到。



## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准



图：MPEG—7的范围

**MPEG—7的处理链(processing chain)：**

包含三个方框：

特征抽取 (feature extraction)

标准描述 (standard description)

检索工具 (search engine) 。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- 特征的自动分析和抽取对MPEG-7是至关重要的，抽象程度越高，自动抽取也越困难，而且不是都能够自动抽取的，因此开发自动的和交互式半自动抽取的算法和工具都是很有用的。尽管如此，特征抽取和检索工具都不包含在MPEG-7标准中，而是留给大家去竞争，以便得到最好的算法和工具。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

### MPEG—7的应用领域:

- 数字图书馆，例如，图像目录、音乐词典等；
- 多媒体目录服务(multimedia directory services)；
- 广播媒体的选择，例如无线电频道，TV频道等；
- 多媒体编辑，例如个人电子新闻服务，多媒体创作等；
- 潜在应用的应用领域包括：教育、娱乐、新闻、旅游、医疗、购物等。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

### 四、ITU H.261

- 1988年制定，用于在ISDN上以 $p \times 64\text{kbps}$ ， $p=1\sim 30$ 的速率开展视频会议和可视电话业务，是后来出现的视频压缩标准的基础，如MPEG-1、2

- P是可变参数：

**P=1或2时**，只支持QCIF（quarter common intermediate format）分辨率（176 / 144）格式每秒帧数较低的可视电话；

**P $\geq$ 6时**，支持CIF（common intermediate format）分辨率（352X 288）格式每秒帧数较高的活动图像的电视会议。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

说明:

- 64kbps的可视电话中, 视频信号占用48kbps, 音频信号占用16kbps。
- 视频会议业务需要更高的图象质量, 在 $p \geq 6$ 时, 如果用384kbps或者更高的速率可以达到这种质量要求。
- 在一个ISDN信道上可以达到19.2Mbps ( $p=30$ ), 这一速率足够满足VHS或者更高质量的视频传送。
- H.261可以用低成本的VLSI实现, 利于大规模生产可视电话和电视会议设备。

## 第四章 数据压缩编码技术—视频标准

- **H.261** (1993年03月) 用于视听服务的电视图像编码，数据速率为 $p \times 64$  kb/s
- **H.262** (1995年07月) 信息技术—运动图像和相关声音信息的通用编码：电视图像
- **H.263** (1998年02月) 用于低位速率通信的电视图像编码

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 4.6 常用图像文件格式

#### 1、BMP文件（Bitmap）

- Windows系统下使用的基本位图格式文件。在Windows系统的图像图形软件都支持该格式（. BMP）。
- **特点：**占存储空间大，该文件将数字图像中的各个像素点对应存储，一般不采用压缩，但对于使用 Windows 格式的 4 位和 8 位图象，可以指定采用 RLE 压缩。
- 在多媒体制作中，通常不直接使用该格式文件，只是用它保持最真实的图像效果，编辑和处理完后再转换到其他文件格式。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 2. GIF 文件（Graphics Interchange format，图形交换格式）

- 美国一家著名的在线信息服务机构CompuServe针对当时网络传输带宽的限制，开发出的一种图像格式。
- **逐次逼近显示**（progressive display）：即在图像传输过程中，用户可以先看到图像的大致轮廓，然后随着传输过程的继续而逐步看清图像中的细节部分，从而适应了用户的“从朦胧到清楚”的观赏心理。
- **特点**：压缩比高，磁盘空间占用较少，应用广泛。
- **缺点**：不能存储超过256色的图像。



## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 3. JPEG格式与JPEG2000格式

#### ✓ JPEG:

用有损压缩方式去除冗余的图像和彩色数据，获得极高的压缩率的同时能展现十分丰富生动的图像，即可以用最少的磁盘空间得到较好的图像质量。

同时，JPEG格式具有调节图像质量的功能，允许用不同的压缩比例对这种文件压缩。

如：最高可以把1.37MB的BMP位图文件压缩至20.3KB（68:1）。实际使用中，需要在图像质量和文件尺寸之间找到平衡点。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### ✓ JPEG2000

- JPEG2000格式作为JPEG格式的升级版，其压缩率比JPEG高约30%左右。
- JPEG2000 同时支持有损和无损压缩
- 逐次逼近显示（progressive display）：能即先传输图像的轮廓，然后逐步传输数据，不断提高图像质量，让图像由朦胧到清晰显示，而不必是像原来的 JPEG 一样，由上到下慢慢显示。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 4. TIFF (Tagged Image Fileformat, 标记)

- 是**非失真**的压缩格式（最高只能做到2~3倍的压缩比）
- 能保持原有图像的颜色及层次，占用**空间却很大**
- 常被应用于较专业的用途，如书籍出版、海报等，极少应用于互联网上。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 5. PSD格式

PSD格式是著名的Adobe公司的图像处理软件Photoshop的专用格式。它其实是Photoshop进行平面设计的一张“草稿图”，它里面包含有各种**图层、通道和遮罩**等多种设计的样稿，以便于每次打开文件时可以修改前一次的设计。在Photoshop所支持的各种图像格式中，PSD的**存取速度比其它格式快很多**，功能也很强大。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 6. PNG (Portable Network Graphics, 便携式网络图片)

是一种新兴的网络图像格式。在1994年底，由于Unysis公司宣布GIF拥有专利的压缩方法，要求开发GIF软件的作者须缴交一定费用，由此促使免费的PNG图像格式的诞生。1996年由PNG向国际网络联盟提出并得到推荐认可标准，目前大部分绘图软件和浏览器开始支持PNG格式图像浏览。

Macromedia公司的Fireworks软件的默认格式就是PNG。

## 第四章 数据压缩编码技术—图像文件格式

特点：

- 是最**不失真**的格式，它汲取了GIF和JPG二者的优点，存贮形式丰富，兼有GIF和JPG的色彩模式；
- 采用**无损压缩**方式，能把图像文件压缩到极限以利于网络传输，但又能保留所有与图像品质有关的信息；
- **显示速度**很快，只需下载1/64的图像信息就可以显示出低分辨率的预览图像；
- **逐次逼近显示**（progressive display）
- PNG格式同样支持**透明图像**的制作，让图像和网页背景很和谐地融合在一起；
- 不支持动画应用效果。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 7、PCX格式

ZSOFT公司在开发图像处理软件**Paintbrush**时开发的一种格式，是一种经过压缩的格式，**占用磁盘空间较少**。由于该格式出现的时间较长，且具有压缩及全彩色的能力，所以现在仍比较流行。

### 8、DXF格式（AutodeskDrawingExchangeformat）

是AutoCAD中的**矢量文件格式**，以ASCII码方式存储文件，在表现图形的大小方面十分精确。许多软件都支持DXF格式的输入与输出。

## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 9、WMF格式（Windows Metafile Format）

是Windows中常见的一种图元文件格式，属于矢量文件格式。它具有文件短小、图案造型化的特点，整个图形常由各个独立的组成部分拼接而成，其图形往往较粗糙。

### 10、EMF格式（Enhanced Metafile Format）

是微软公司为了弥补使用WMF的不足而开发的一种Windows 32位扩展图元文件格式，也属于矢量文件格式，其目的是欲使图元文件更加容易接受。



## 第四章 数据压缩编码技术——图像文件格式

### 11、EPS格式（Encapsulated PostScript）

是苹果机用户用得较多的一种格式。它是用PostScript语言描述的一种ASCII码文件格式，主要用于排版、打印等输出工作。

### 12、TGA格式（Tagged Graphics）

是由美国Truevision公司为其显示卡开发的一种图像文件格式，已被国际上的图形图像工业所接受。TGA的结构比较简单，属于一种图形图像数据的通用格式，在多媒体领域有着很大影响，是计算机生成图像向电视转换的一种首选格式。

## 第四章 数据压缩编码技术—图像文件格式

---

### 多媒体数据压缩技术

—详见《多媒体数据压缩标准及实现》，马小虎等，清华大学出版社

### 图像文件格式的详细内容

参见林福宗《多媒体技术基础》一书，清华大学出版社。