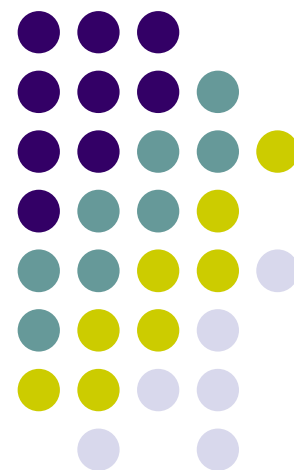




# 信息隐藏技术基础

王莘



哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 鲁棒数字水印

---

- DCT变换域数字水印嵌入技术
- DFT（傅里叶）变换域数字水印嵌入技术
- DWT（小波）变换域数字水印嵌入技术



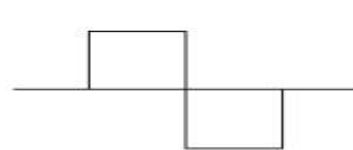
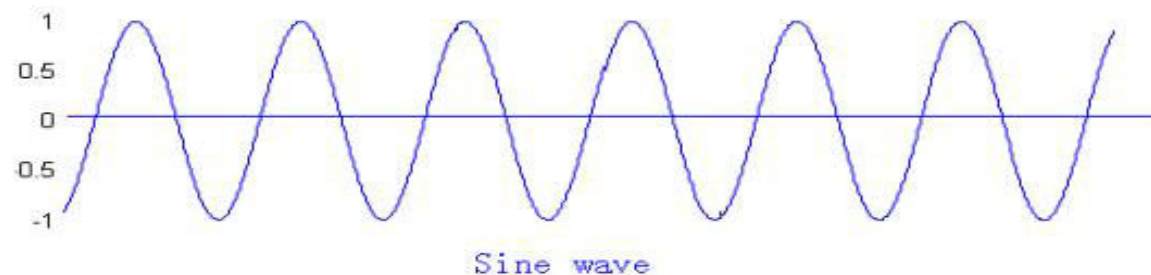
---

# DWT（小波）变换域数字水印嵌入技术

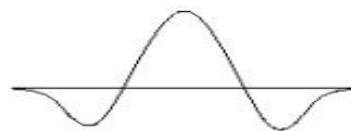


# 小波的基本概念

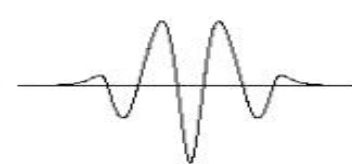
小波可以简单的描述为一种函数，这种函数在有限时间范围内变化，并且平均值为0。这种定性的描述意味着小波具有两种性质：A、具有有限的持续时间和突变的频率和振幅；B、在有限时间范围内平均值为0。



Haar Wavelet



Mexican Hat Wavelet  
(sum of two Gaussians)



Morlet Wavelet  
(Gaussian-gated sine wave)



# 小波的发展历史

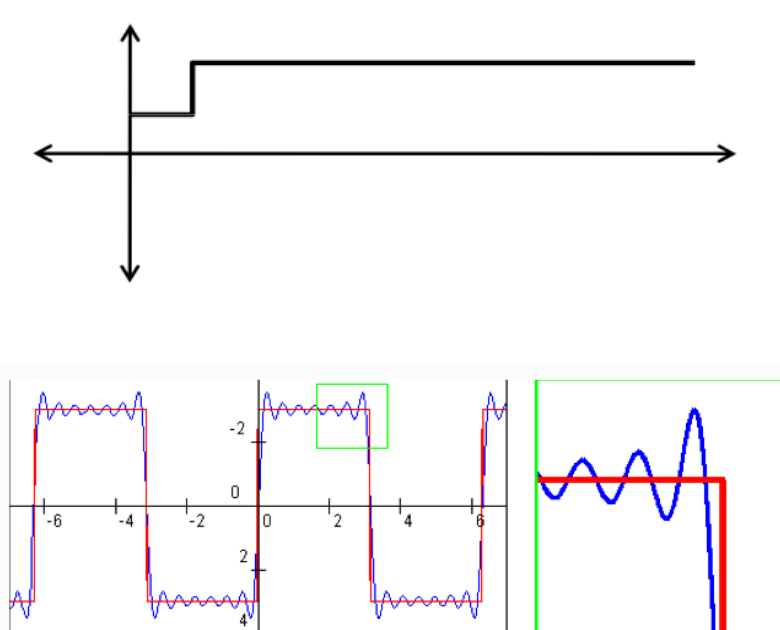
---

- 1909: Alfred Haar——发现了Haar小波
- 1945: Gabor——STFT
- 1980: Morlet——Morlet小波，并分别与20世纪70年代提出了小波变换的概念，20世纪80年代开发出了连续小波变换CWT（continuous wavelet transform）
- 1986: Y.Meyer——提出了第一个正交小波Meyer小波
- 1988: Stephane Mallat——Mallat快速算法（塔式分解和重构算法）

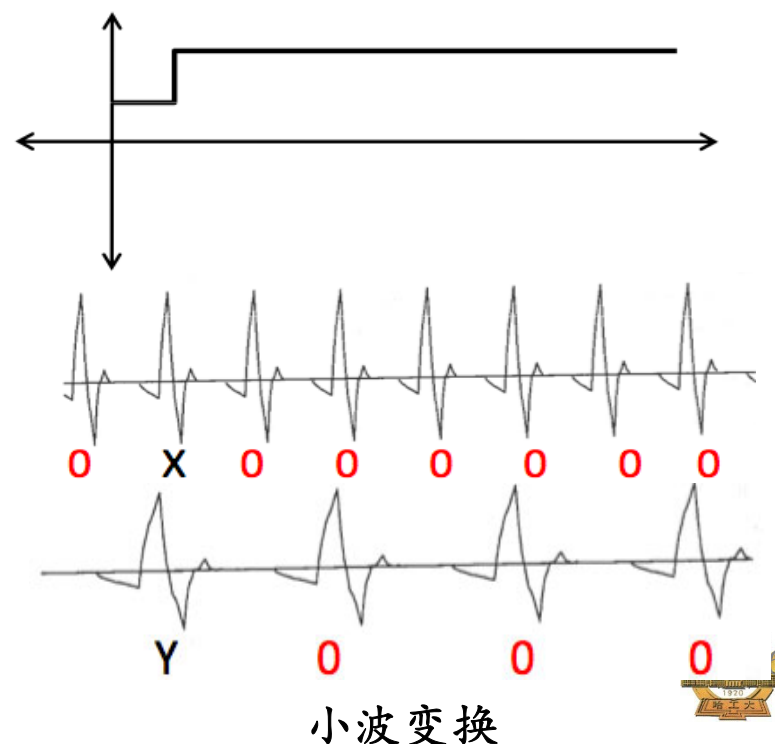


# 小波变换

它对于分析瞬时时变信号非常有用。它有效的从信号中提取信息，通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号进行多尺度细化分析，解决了傅立叶变换不能解决的许多困难问题。



傅里叶变换



小波变换

# 小波的基本类型—多分辨率分析

---

连续小波变换定义为

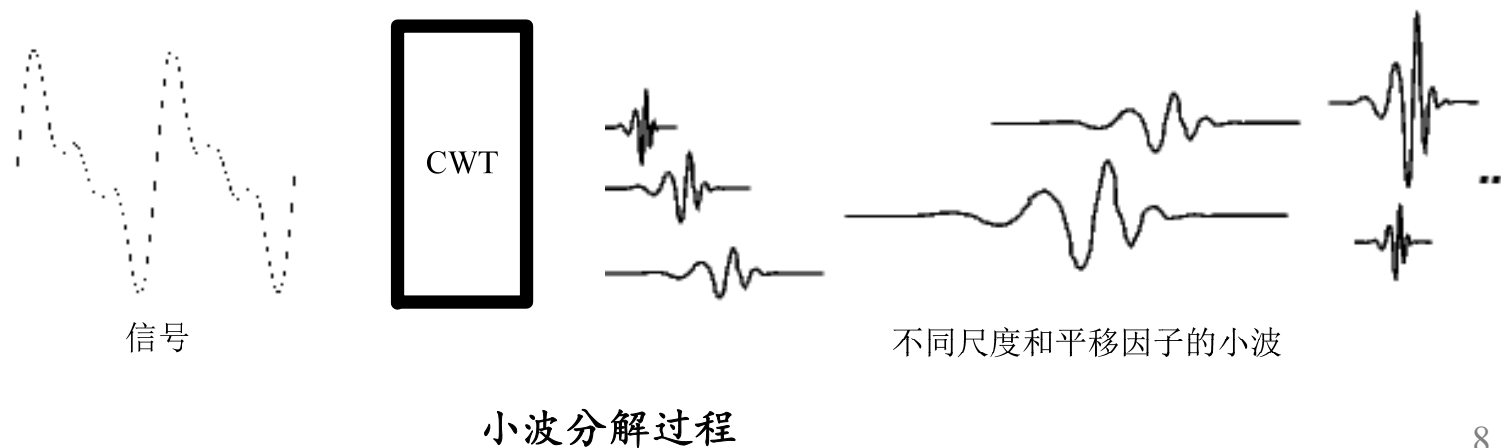
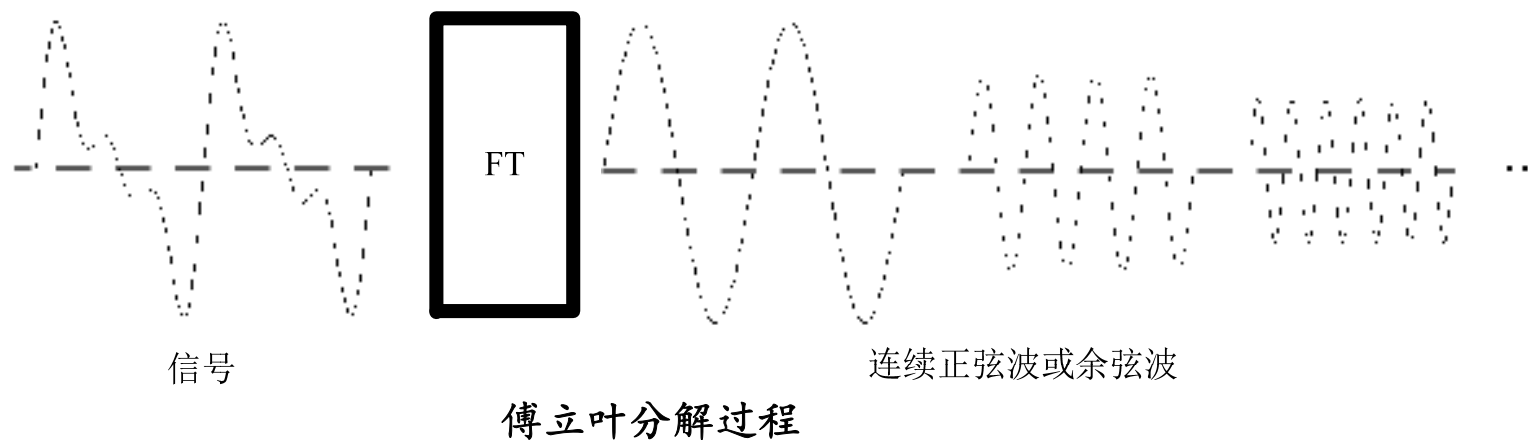
$$CWTf(a,b) = \langle x(t), \psi_{a,b}(t) \rangle = \int_R x(t) \psi_{a,b}^*(t) dt$$

$$CWTf(a,b) = \langle x(t), \psi_{a,b}(t) \rangle = \int_R x(t) \psi_{a,b}(t) dt = \int_R x(t) |a|^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

连续小波变换的结果可以表示为伸缩因子 $a$ 和平移因子 $b$ 的函数



# 小波的基本类型—多分辨率分析





# 小波的基本类型—多分辨率分析

---

## 离散小波展开形式

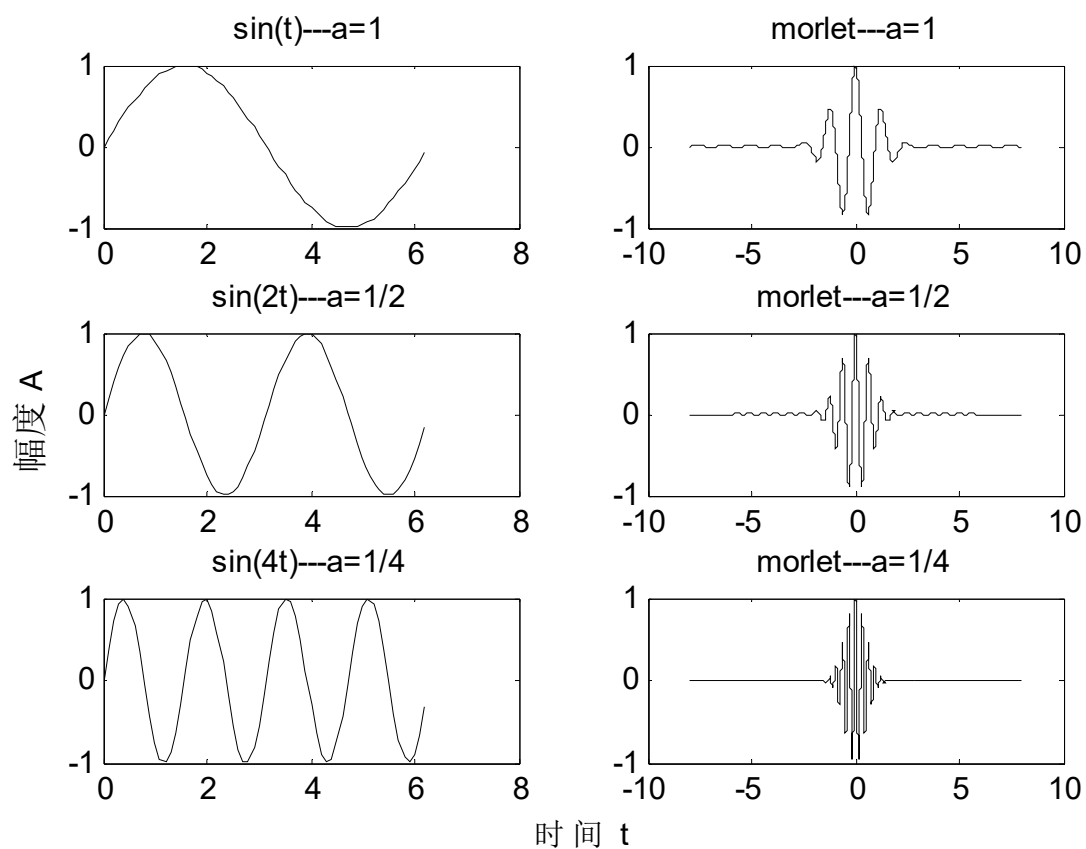
$$x(t) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} C_{m,n} \psi_{m,n}(t)$$

$\psi_{m,n}(t)$  ... 小波级数



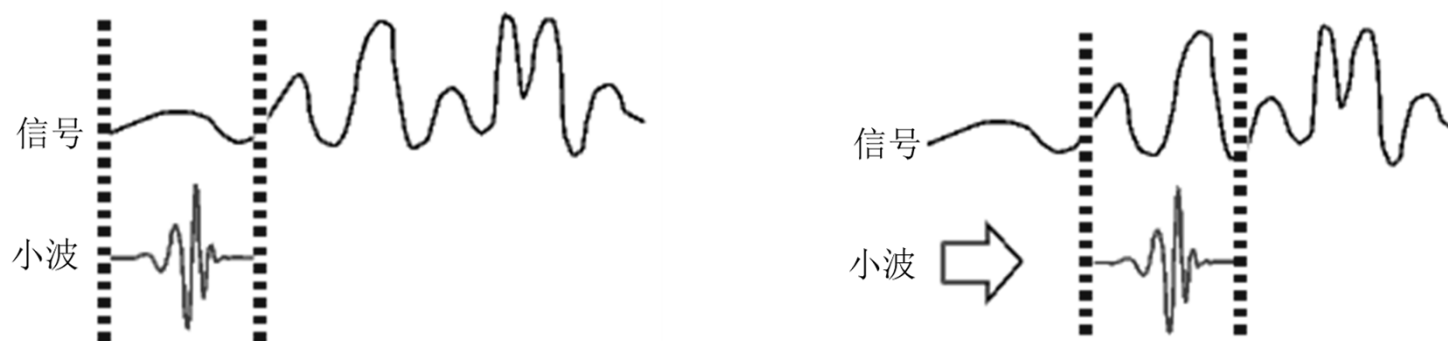
# 小波的基本类型—多分辨率分析

## 伸缩因子对小波的作用



# 小波的基本类型—多分辨率分析

## 平移因子对小波的作用



平移因子使得小波能够沿信号的时间轴实现遍历分析，伸缩因子通过收缩和伸张小波，使得每次遍历分析实现对不同频率信号的逼近



# 小波的基本类型—多分辨率分析

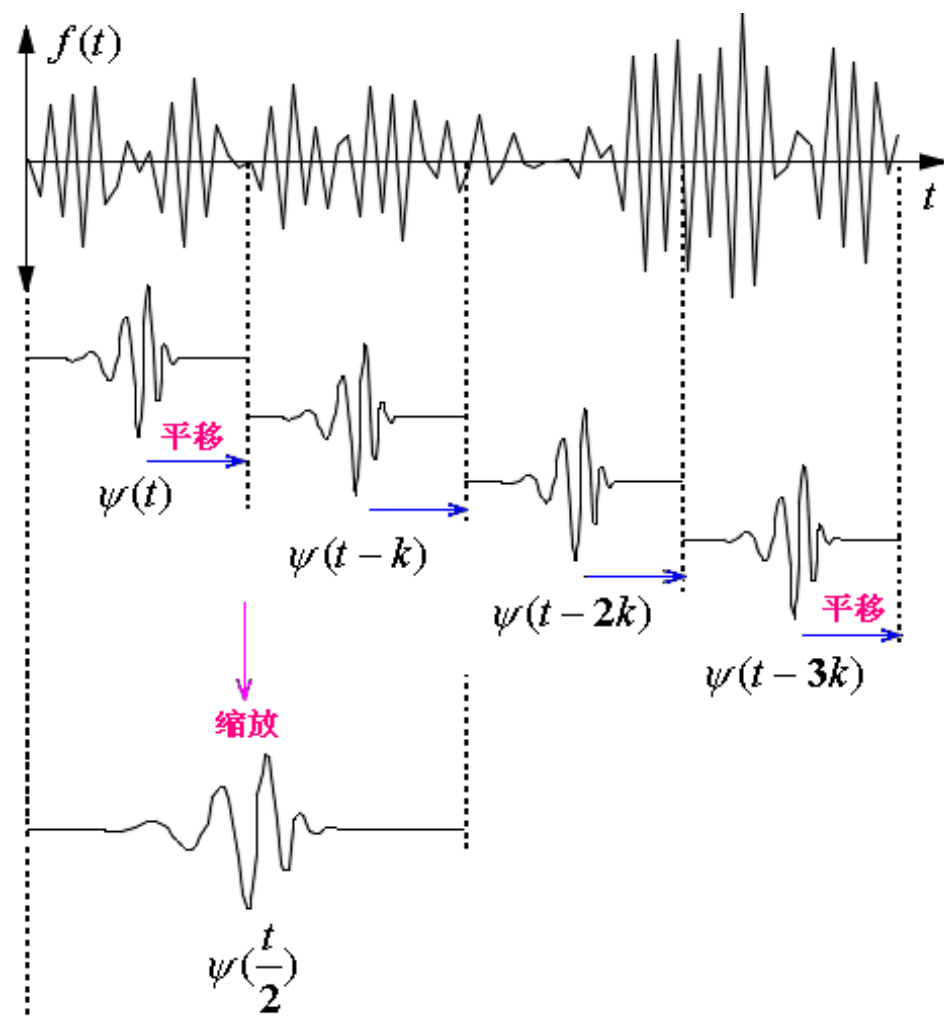
---

## 小波变换实现过程

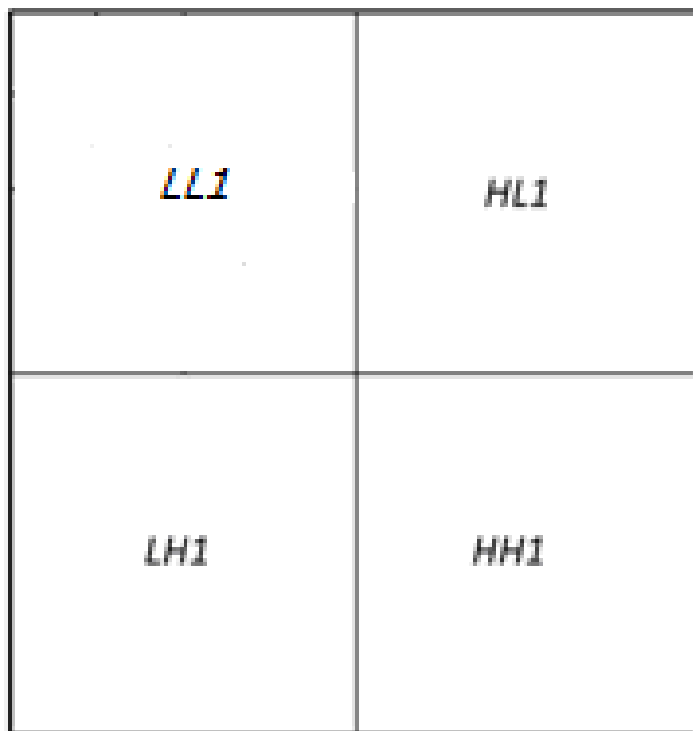
1. 首先选择一个小波基函数，固定一个尺度因子，将它与信号的初始段进行比较；
2. 通过CWT的计算公式计算小波系数（反映了当前尺度下的小波与所对应的信号段的相似程度）；
3. 改变平移因子，使小波沿时间轴位移，重复上述两个步骤完成一次分析；
4. 增加尺度因子，重复上述三个步骤进行第二次分析；
5. 循环执行上述四个步骤，直到满足分析要求为止。



# 小波的基本类型—多分辨率分析



# 小波的基本类型—多分辨率分析



# 小波的基本类型—多分辨率分析

NL级小波分解:  
 $2NL+1$ 个频带

$LL_3$	$LH_3$	$LH_2$	$LH_1$
$HL_3$	$HH_3$		
$HL_2$		$HH_2$	
$HL_1$			$HH_1$

# 小波的基本类型—多分辨率分析

## 二维Haar小波变换

$$A = \begin{pmatrix} 64 & 2 & 3 & 61 & 60 & 6 & 7 & 57 \\ 9 & 55 & 54 & 12 & 13 & 51 & 50 & 16 \\ 17 & 47 & 46 & 20 & 21 & 43 & 42 & 24 \\ 40 & 26 & 27 & 37 & 36 & 30 & 31 & 33 \\ 32 & 34 & 35 & 29 & 28 & 38 & 39 & 25 \\ 41 & 23 & 22 & 44 & 45 & 19 & 18 & 48 \\ 49 & 15 & 14 & 52 & 53 & 11 & 10 & 56 \\ 8 & 58 & 59 & 5 & 4 & 62 & 63 & 1 \end{pmatrix}$$

步骤1: 在 $R_0$ 行上取每一对像素的平均值, 并将结果放到新一行 $N_0$ 的前4个位置, 其余的4个数是 $R_0$ 行每一对像素的差值的一半。

$$R_0: [64 \quad 2 \quad 3 \quad 61 \quad 60 \quad 6 \quad 7 \quad 57]$$

$$N_0: [33 \quad 32 \quad 33 \quad 32 \quad 31 \quad -29 \quad 27 \quad -25]$$

步骤2: 对行 $N_0$ 的前4个数使用与第一步相同的方法, 得到两个平均值和两个细节系数, 并放在新一行 $N_1$ 的前4个位置, 其余的4个细节系数直接从行 $N_0$ 复制到 $N_1$ 的相应位置上:

$$N_1: [32.5, 32.5, 1, 1, \quad 0.5, 0.5, 30, 26]$$

$$N_2: [32.5, 1, 0.5, 28, \quad 0, 0, 0, 2]$$



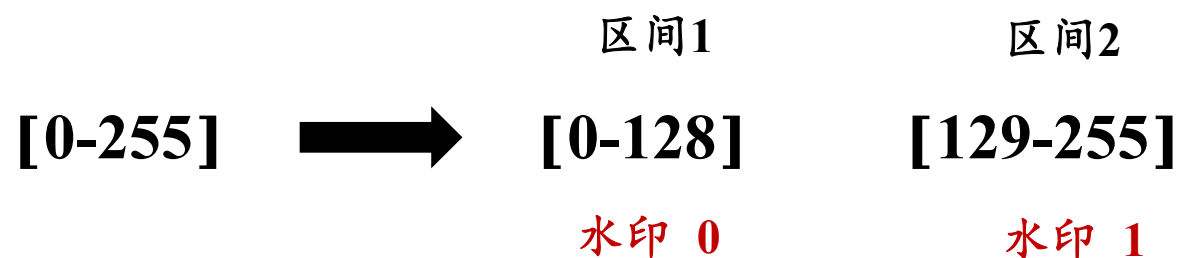


# 小波的基本类型—多分辨率分析

$LL1$	$HL1$
$LH1$	$HH1$



# 基于量化策略的鲁棒水印生成



水印: [0, 1, 0, 1]

像素值: [190, 12, 66, 200]

**→** 含水印像素值: [64, 192, 63, 190]



---

# 数字图像可逆水印



# 数字图像可逆水印

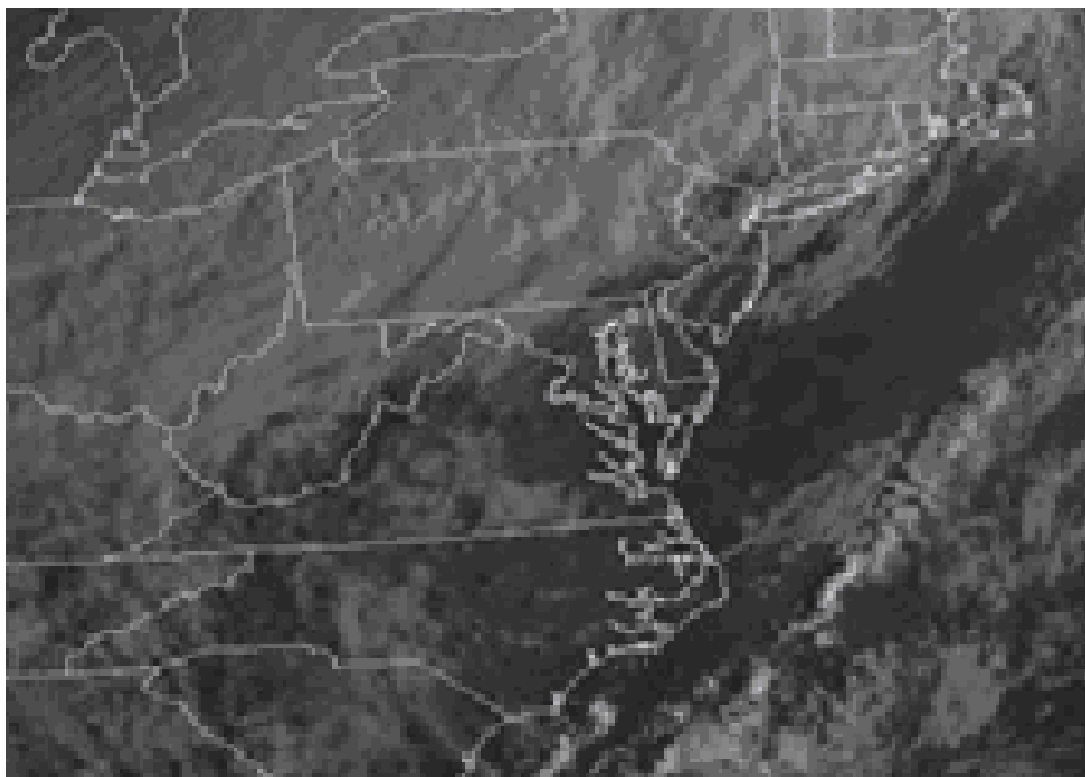
---

保护多媒体版权的鲁棒水印属于有损水印，提取水印以后原始图像不能被完全恢复。由于受国家机密、法律和道德等因素限制，军事、司法和医学用图要求加入水印后能够被无损恢复。基于此类图应用需求，可逆水印（Reversible Watermarking）正受到研究者的广泛关注。可逆水印是指嵌入原始媒体中的水印可被完全清除，原始媒体可完全恢复的一种水印，可逆水印又被称作无损水印（Lossless Watermarking）或可逆信息隐藏（Reversible Information Hiding）。



# 数字图像可逆水印

---

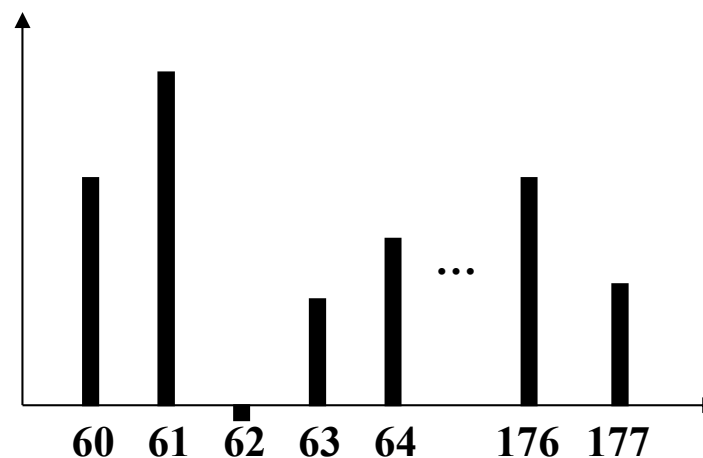
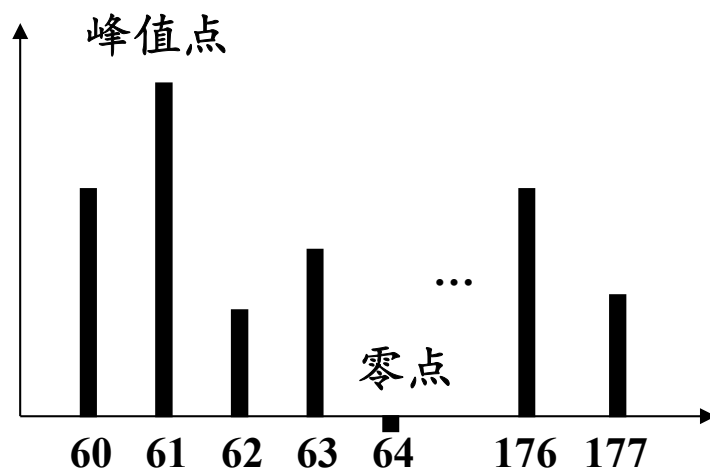


# 直方图平移可逆水印技术

## 水印嵌入

判断像素值的峰值点与零点

将峰值点与零点的像素平移成相邻位置



63 → 64

62 → 63

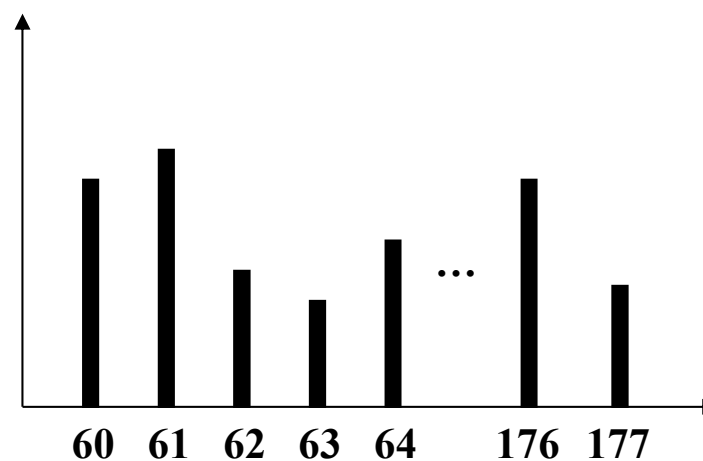
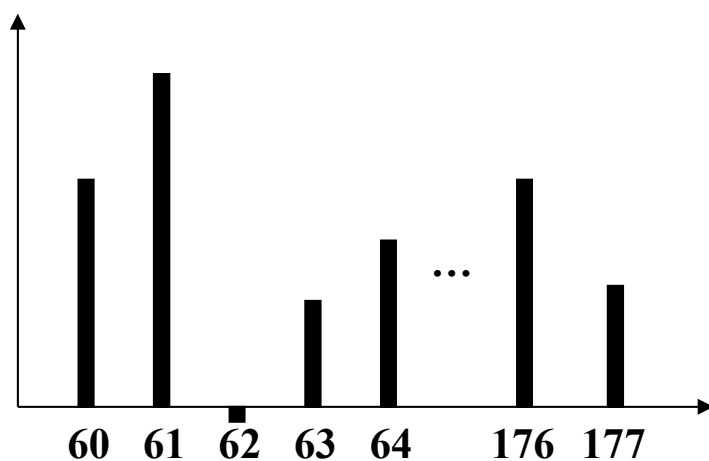
像素值62个数为0



# 直方图平移可逆水印技术

## 水印嵌入

向峰值像素值中嵌入水印信息，嵌入规则如下：



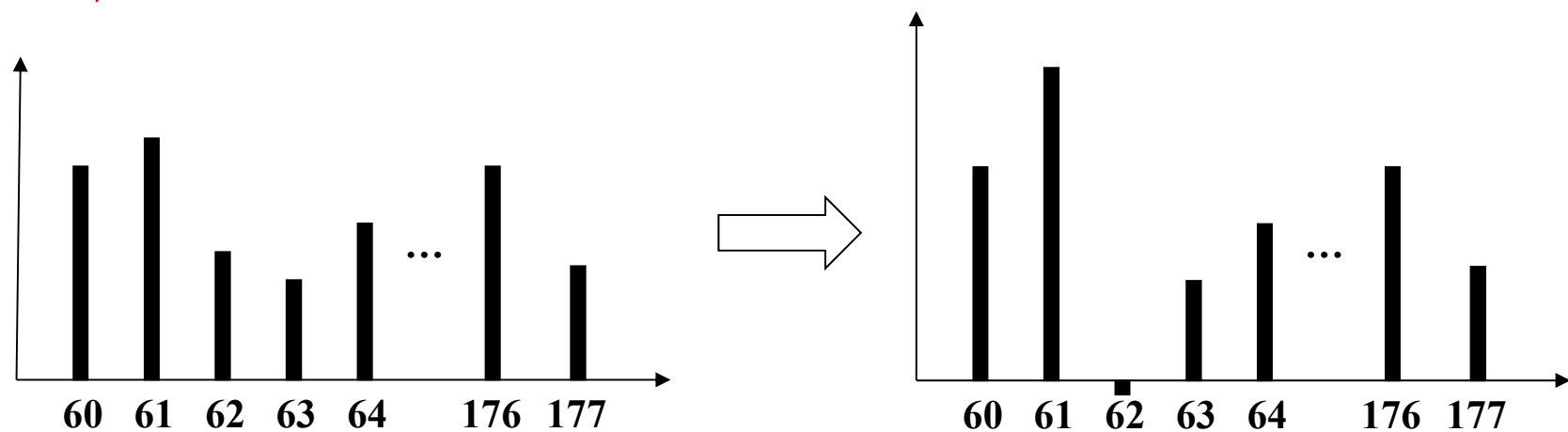
1  $\rightarrow$  61  $\rightarrow$  61

0  $\rightarrow$  61  $\rightarrow$  62



# 直方图平移可逆水印技术

## 水印提取



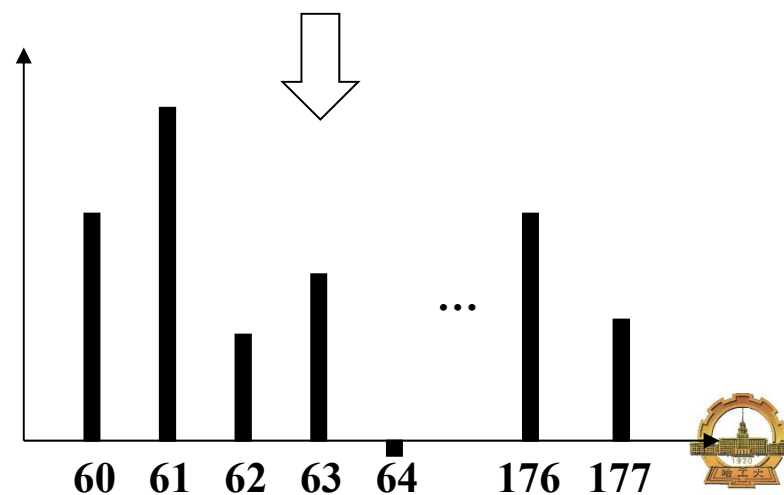
从像素值为61和62的像素之中提取水印

62 → 61

平移修改的像素

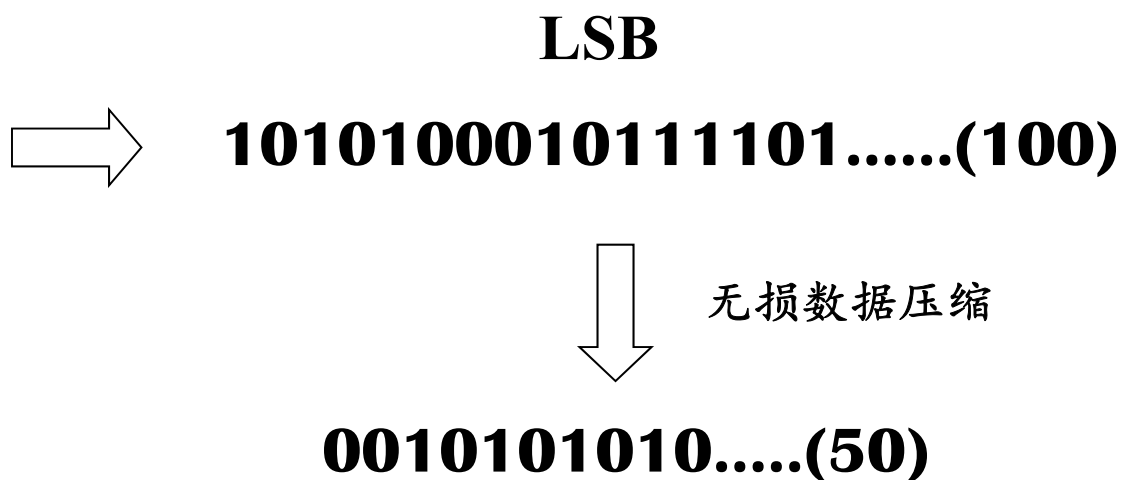
64 → 63

63 → 62





# 基于LSB压缩的可逆水印技术



出现了50位的冗余，可进行水印的嵌入



---

谢谢！



# 本节重点

1. 小波变换相比于傅里叶变换的优点是什么？
2. 描述基于量化的鲁棒水印生成方法？
3. 描述基于直方图的无损水印算法过程

