关于冗余编码技术的相关知识

一、数字水印

* 水印容量：嵌入的水印信息必须足以表示多媒体内容的创建者或所有者的标志信息，或购买者的序列号，这样有利于解决版权纠纷，保护数字产权合法拥有者的利益。尤其是隐蔽通信领域的特殊性，对水印的容量需求很大。
* 数字水印(watermarking)的分类

1. 按特性
2. **鲁棒数字水印（鲁棒性和稳定性的区别：稳定性是恢复能力，鲁棒性是维持原来状态的能力）**

鲁棒数字水印主要用于在数字作品中标识著作权信息，利用这种水印技术在多媒体内容的数据中嵌入创建者、所有者的标示信息，或者嵌入购买者的标示（即序列号）。在发生版权纠纷时，创建者或所有者的信息用于标示数据的版权所有者，而序列号用于追踪违反协议而为盗版提供多媒体数据的用户。用于[版权保护](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%89%88%E6%9D%83%E4%BF%9D%E6%8A%A4&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "_blank)的数字水印要求有很强的鲁棒性和安全性，除了要求在一般图象处理（如：滤波、加噪声、替换、压缩等）中生存外，还需能抵抗一些恶意攻击。

1. **易损水印**

易损数字水印主要用于完整性保护，这种水印同样是在内容数据中嵌入不可见的信息。当内容发生改变时，这些水印信息会发生相应的改变，从而可以鉴定原始数据是否被篡改。易损水印应对一般图象处理（如：滤波、加噪声、替换、压缩等）有较强的免疫能力（鲁棒性），同时又要求有较强的敏感性，即：既允许一定程度的失真，又要能将失真情况探测出来。必须对信号的改动很敏感，人们根据易损水印的状态就可以判断数据是否被篡改过。

1. 按检测过程
2. **明文水印**

明文水印在检测过程中需要原始数据，明文水印的鲁棒性比较强，但其应用受到存储成本的限制。目前学术界研究的数字水印大多数是盲水印。

1. **盲水印**

盲水印检测过程只需要密钥，不需要原始数据

参考文献

1. DCT域盲水印和明文水印的研究<https://www.docin.com/p-1082269965.html>
2. Hartung F, Girod B. Watermarking of uncompressed and compressed video. Signal proeessing, 1998, 66(3): 283-30
3. Yang M, Bourbakis N. A high bitrate information hiding algorithm for digital video content under H.264/AVC compression. In: IEEE 48th Midwest Symposium on Circuits and Systems. Cincinnati, 2005, 935-938
4. Chung T Y, Hong M S, Oh Y N, et al. Digital watermarking for copyright protection of MPEG compressed video. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1998, 44(3): 895-900
5. 马晓静. H.264/AVC 视频信息隐藏方法研究. 武汉, 华中科技大学, 2010
6. Chang P C, Chung K L, Chen J J, et al. An error propagation free data hiding algorithm in HEVC intra-coded frames. In: Asia-Pacific Conference on Signal and Information Processing. Kaohsiung, 2013, 1-9

二、HEVC 视频信息隐藏技术研究

file:///E:/研究生/学习/超高清视频/冗余编码/HEVC视频信息隐藏技术研究.pdf（湖南大学）

类似于 H.264/AVC，HEVC 依然采用混合编码框架。根据编解码过程中秘密信息嵌入编码框架位置的不同，现有的 HEVC、H.264/AVC 视频信息隐藏算法主要分为三种：前置式、内置式和后置式。三种隐藏算法各有优缺点，衡量算法 优劣的评价标准包括：算法复杂度(运行时间)、嵌入容量、视觉质量、比特率的 变化等。

**1、三种视频信息隐藏算法**

* **前置嵌入**

不必与特定的编码标准结合，秘密信息直接被嵌入到原视频帧图像中，包含秘密信息的源视频帧图像进行视频压缩编码。接收方将接收到的压缩视频解码后，再从解码的视频帧图像中提取隐藏的秘密信息。

前置算法本质上属于基于图像的隐写，嵌入信息只需考虑算法对单帧视频图像的视觉影响，而无需考虑算法对整个视频压缩码流的比特率变化、运行时间等的影响。由于嵌 入信息后的源视频帧编码过程中需经过量化等有损处理，接收方可能无法完全读取嵌入的信息，带来秘密通信的歧义性。

文献[2]中利用扩频技术在原始图像帧中嵌入隐蔽信息。算法首先对秘密信息进行扩频处理，再利用伪随机序列调制，加强嵌入信息的安全性，接着引入局部调制因子进行自适应幅度调整减少对视频图像的影响。接收者利用伪随机的自相关性进行信息提取。Yang 等[3]在原始视频图像的变换域进行信息嵌入，算法首先将视频图像进行DCT变换后选择其中低频系数利用矢量量化方法进行嵌入，然后逆DCT变换后的视频图像替代原始图像帧进行视频压缩。接收方利用特征值在取整前后的差值所属范围进行盲提取。

* **内置嵌入**

这类方法将嵌入过程与视频编码器相结合，发送者在视频编码过程中同时嵌入秘密信息。因为内置式算法便于自适应分配隐藏信息到视频载体信号之中，故已有的文献中大多是基于此方案来进行的。此类方案隐藏嵌入的方法比较多，进一步可以将其分为变换域嵌入，预测模式嵌入以及其他位置嵌入。

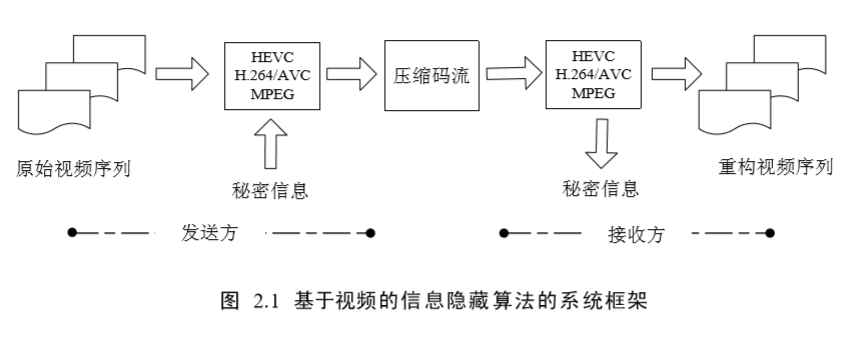
变换域嵌入主要是结合编码过程中的 DCT/DST 变换过程嵌入信息。在量化前的变换系数嵌入[4]，这种方法需经过量化有损编码过程，会导致部分嵌入信息丢失；现有的多数变换域嵌入算法都是在量化后的变换域系数中进行，马晓静等[5]根据基于DCT系数修改的信息隐藏过程的理论推导，得到亮度块残差的嵌入失真误差公式，得到宏块内部嵌入误差矩阵仅与嵌入系数位置相关，为了有效控制帧内失真漂移的影响，发现嵌入系数位置的耦合性关系，提出了基于DCT 耦合系数的隐藏算法。算法能有效抑制失真漂移，嵌入信息后视频视觉质量好。Chang 等[6]将文献[5]的算法扩展到 HEVC 中，推导出基于 DCT 和 DST 系数修改的嵌 入失真误差公式，提出了基于DCT和DST耦合系数书的隐藏算法，首次提出基于HEVC的视频隐写。Noorkami 等[17]首先利用帧内 44  块的 DC 系数产生公钥再 把秘密信息嵌入到 AC 系数中，虽然平均只引起了 0.5%的比特率增长，但由于大 幅改变了 DC 系数，导致视觉降质明显。Dawenxu 等[18]首先将一个宏块中的 16 个 4×4DCT 子块分为两组，在其中一组用量化系数前后的能量关系生成水印，然 后把水 印嵌 入到 另一 组的 中频 系数 中非 零系 数奇 偶性 上。 李松 斌等 [19] 对 H．264/AVC 视频编码标准提出了一种基于整数 DCT 系数调制及 N 维魔方矩阵的 信息隐藏方法，该方法通过构造 N 维魔方矩阵，最多仅需修改 N 个整数 DCT 系 数中的一个即可实现一位 2N+1 进制数的嵌入。Mansouri 等[20]提出的算法充分考 虑人眼的视觉特性，选择 H.264 编码过程中帧内预测编码的 4×4 亮度子块，并对 当前的 4×4 亮度子块根据先前对应的子块的运动矢量定义活性因子，通过活性因 子确定当前 4×4 子块是否用于嵌入。预测模式嵌入是将秘密信息嵌入到帧内或帧 间的预测模式之上，解码端根据编码模式即可解码出秘密信息。Liu 等[21]和 Kapotas 等[22]通过限定帧内或帧间宏块类型来嵌入信息。胡洋等[23]根据统计分析 后对 H.264/AVC 帧内 4x4 亮度块的预测模式与隐藏比特之间建立映射规则，编码 过程中，根据隐蔽信息和映射规则对预测模式进行调制。为了获得更大的嵌入容 量，Yang 等[24]结合矩阵编码，使得修改一个 4x4 亮度块的预测模式可以嵌入 2 bit 信息。Wang 等[25,26]也在此基础上提出了基于预测模式调制的嵌入算法，并把算 法扩展到 HEVC 上，文献[11]根据 HEVC 多达35 种的帧内预测模式，设计了一种 大容量的嵌入算法。其他位置嵌入主要包括运动矢量[27-31]、IPCM 编码宏块[32]等。

* **后置嵌入**

发送者直接将秘密信息嵌入到压缩码流中。接收方直接从接收到的压缩视频码流中提取秘密消息。

Sung 等[33]通过修改 CAVLC 拖尾系数符号嵌入信息，该方案可保持比特率不变，但是帧内预测的误差积累会影响视觉质量。为了防止误差积累，Gong 等[34]算法的嵌入位置是亮度残差块的 AC 量化系数，可以自适应地选择嵌入的强度，因为采用的是基于纹理掩蔽的视觉模型。并且提出了一个漂移补偿的方法，先给每个块估计一个补偿信号，再进行秘密信息的嵌入。 文献[35]直接向运动向量的预测残差中嵌入信息，在修改残差之后相应改变其对应的熵编码。算法复杂度低，但是需要在嵌入之后对运动向量进行错误补偿，且仅仅适用于H.264标准中的基本编码档。

**2、视频信息隐藏技术基本模型**



除前置嵌入外，其他两种嵌入方法都需要考虑具体的编码标准。

**3、视频信息隐藏技术性能要求**

* **不可见性**

载体嵌入信息后能有较好的视觉效果，不会过分降低载体的感知质量从而引起第三者的注意，而且，第三者无法通过原载体和载密载体来检测它们的不同。主要的评判标准有主观和客观两种，主观就是根据观看者的感受来评判，客观标准主要有：

**PSNR** ：把原始参考视频与重建视频在每一个对应帧中的每一个对应像素之间进行比较，得到的是载密视频相对于原始视频的保真程度。

**SSIM**：是衡量两幅图像相似度的新指标，其值可以较好地反映人眼主观感受。

* **隐藏容量**

在能忍受的载体数据质量受到的影响范围内，最多能隐藏的数据。作为隐秘通信的手段，

发送方希望能传输更多的信息，但嵌入信息越多，同时给载体带来视觉失真也越大，失真越大，载密信息越有可能被非法者窃取，隐藏容量和不可见性两者是矛盾的双方。因此，设计良好的嵌入算法应在良好的不可见性前提下，嵌入更多的隐秘信息。

* **鲁棒性**

无论有意还是无意的修改载体数据，隐藏在载体中的秘密信息仍有一定的概率能被检测

并提取出来，都可以保持秘密信息的完整性。它体现了隐藏算法的抗干扰能力。

* **比特率变化**

在嵌入信息后，视频比特率变化的多少。由于视频多通过互联网上进行传输，若载密视

频的比特率变化明显，在一定的传输带宽下，实时视频播放可能会出现卡顿、不连贯等现象，明显影响视频传输效果。

除以上几种性能标准外，还有许多其他的指标比如计算复杂性、可靠性等，我们根据不同的应用场景进行不同的评估和取舍。