

同济大学计算机系

信息隐藏课程第三次实验

扩展量化水印嵌入



姓名：_____张天然_____

学号：_____1751237_____

专业：_____信息安全_____

任课老师：_____钟计东_____

日期：_____2020 年 1 月 5 日_____

目录:

一、实验内容

二、实验原理

2.1 量化技术

2.2 STDM方法

三、程序设计思路

四、实验结果分析

4.1 水印嵌入与解码

4.2 不同量化步长对解码错误率的影响

4.3 高斯噪声攻击下的系统性能

4.4 JPEG压缩下的系统性能

五、实验总结

一、实验内容

在Lena图中嵌入一个64×64（共4096位）的logo，需要使用STDM方法嵌入在DCT系数中。

- 1、使用STDM方法在Lena图中嵌入水印并输出嵌入后的水印图像；
- 2、在相同的量化步长下，观察不同强度的噪声攻击下系统性能的变化；
- 3、在相同的量化步长下，观察不同强度的JPEG压缩下系统性能的变化；
- 4、不同量化步长下，观察相同噪声攻击强度的性能变化。

二、实验原理

2.1 量化技术

量化(quantization)通常是将连续的信号用离散的信号(即一给定的量化点集合)表示,是信号处理和传输过程中的一种重要的方法。量化过程中用到了距离的概念。假设有个数据 x ,另外一个数据 s ,那么 x 和 s 距离可以表示为: $d(s, x) = |s - x|$ 。扩展到多维空间,相应的距离为:

$$d(\mathbf{s}, \mathbf{x}) = \sqrt{(s_1 - x_1)^2 + (s_2 - x_2)^2 + \dots + (s_N - x_N)^2}$$

通常量化误差用距离来衡量,量化也就是要量化到最近的量化点,即最小量化误差。给定 x ,如果量化点集合为 Ω ,那么量化就是选择 s ,使得 x 与 s 之间的距离最小,即如果将 x 量化到 s ,那么:

$$q_{\Omega}(\mathbf{x}) = \mathbf{s} \text{ such that } \mathbf{s} \in \Omega \text{ and } d(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \min_{\mathbf{z} \in \Omega} d(\mathbf{x}, \mathbf{z})$$

对于一维空间的量化来说,如果实数要量化到整数,那么量化点就是整数集合,用 Z 表示,即: $Z = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$ 如果量化点为 $\Delta \cdot z$, 即: $\Delta \cdot Z = \{\dots, -2\Delta, -\Delta, 0, \Delta, 2\Delta, \dots\}$ 那门我们将量化函数 $q_{\Omega}(x)$ 表示成 $q_{\Delta}(x)$, 其中 Δ 称为量化步长。量化过程为:

$$q_{\Omega}(x) = \Delta \lfloor (x - k) / \Delta + 0.5 \rfloor + k = q_{\Delta}(x - k) + k$$

用量化水印进行嵌入,嵌入规则为:

$$s = q_b(x) = q_{\Delta}(x - d[b]) + d[b]$$

其中:

$$q_{\Delta}(x) = \Delta \cdot \lfloor x / \Delta + 0.5 \rfloor$$

另外, $d[b]$ 是抖动。在实验中取对称抖动: $d[0] = -\Delta/4, d[1] = \Delta/4$ 。

2.2 STDM方法

STDM即基于扩展变换的抖动调制,它结合了量化技术和扩频技术的优点。

STDM本质是量化技术,是对投影的量化。我们定义 x 在 w 上的投影为

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i w_i / N$$

STDM 算法对宿主信号 x 在 w 上的投影进行量化并嵌入信息。我们把 $q_b(\bar{x}) - \bar{x}$ 作为扩频水印嵌入算法中的嵌入强度,可以得到 STDM 的嵌入规则如下:

$$s_i = x_i + [q_b(\bar{x}) - \bar{x}] \cdot w_i, \text{ where } i = 1, 2, \dots, N$$

攻击后的水印作品可以表示为：

$$Y_i = S_i + V_i = X_i + [q_b(\bar{X}) - \bar{X}] \cdot w_i + V_i$$

我们使用y在w上的投影进行解码，解码规则为：

$$\text{If } |q_0(\bar{Y}) - \bar{Y}| < |q_1(\bar{Y}) - \bar{Y}| \Rightarrow b' = 0; \text{ otherwise, } b' = 1$$

由于实验中所取 $|d[0] - d[1]| = \Delta/2$ ，那么我们也可以使用如下规则进行解码：

$$\text{If } |q_0(\bar{Y}) - \bar{Y}| < \Delta/4 \Rightarrow b' = 0; \text{ otherwise, } b' = 1$$

三、程序设计思路

本次实验在实验二的基础上完成。BMP图像的读取、写入以及DCT变换等函数在实验二中已经实现，不需进行改动。本次实验与实验二中的程序主要有以下两点不同：

- (1) DCT类中的insert_block函数：此函数的功能是对一块8*8的像素矩阵进行嵌入，嵌入方法为STDM算法；
- (2) DCT类中的decode_logo函数：此函数的功能是对嵌入作品进行解码，将解码规则修改为STDM的解码规则。

四、实验结果分析

4.1 水印嵌入与解码

- (1) 分别输入宿主图像的路径和要嵌入的logo图的路径；
- (2) 输入量化步长；
- (3) 嵌入成功，输入保存图像的路径；
- (4) 对图像解码，得到错误率，保存解码后的logo图，退出程序。

 C:\Users\zhang\Desktop\STDM\Debug\STDM.exe

```
请输入将要被嵌入数据的图像（LENA图）路径：（路径中请使用双斜杠，如d:\\LENA.bmp）
f:\\lena.bmp
读取成功！
```

```
该图像的宽为（以像素为单位）:512
该图像的高为（以像素为单位）:512
```

```
请输入将要嵌入的logo图路径：（路径中请使用双斜杠，如d:\\tj-logo.bmp）
f:\\logo.bmp
读取成功！
```

```
该图像的宽为（以像素为单位）:32
该图像的高为（以像素为单位）:32
```

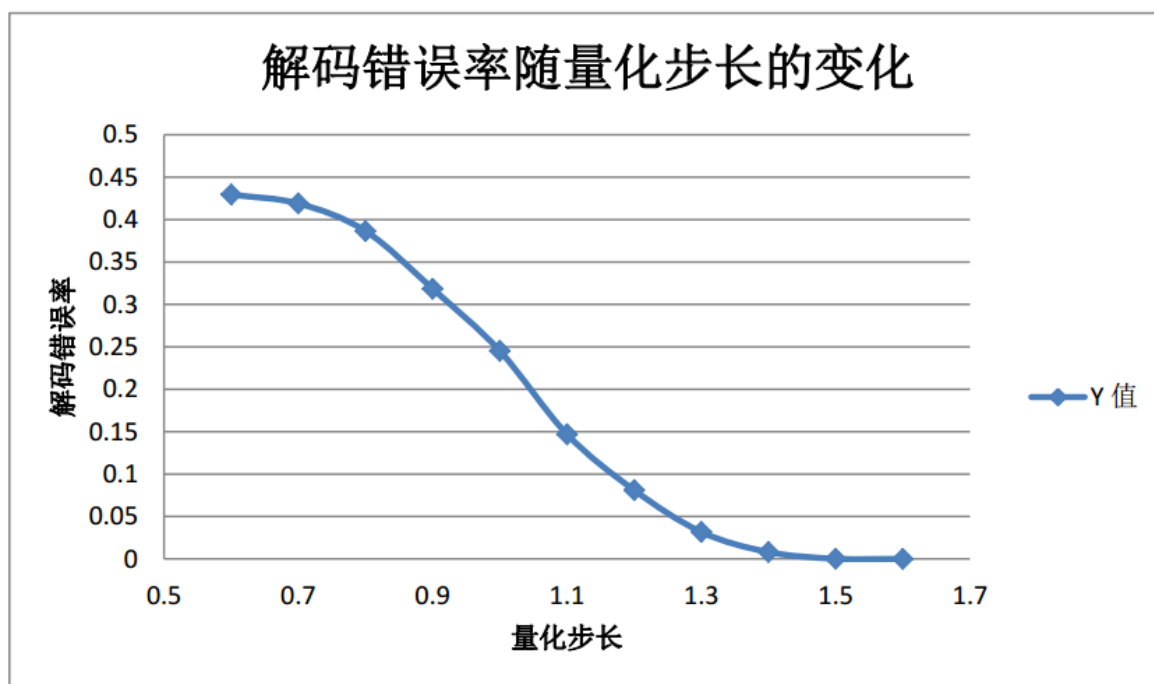
```
请输入量化步长：0.6
```

```
嵌入成功！
将保存嵌入后的bmp图像，请输入保存路径：（路径中请使用双斜杠，如d:\\result.bmp）
c:\\users\\zhang\\desktop\\result.bmp
图像保存成功！
```

```
对水印图像进行解码...
解码得到的错误率为：0.427002
是否需要保存解码后的logo图（y/n）？：
```

4.2 不同量化步长对解码错误率的影响

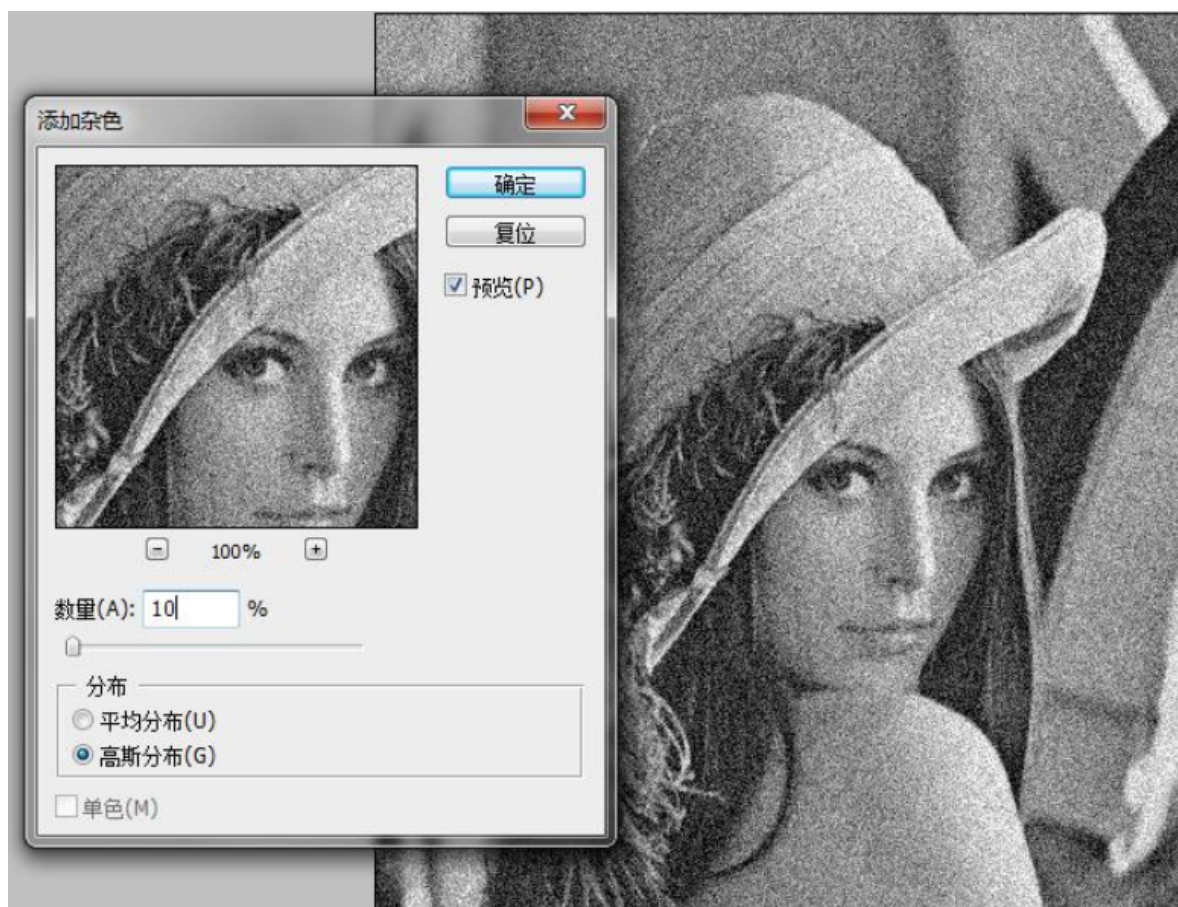
改变量化步长（范围是0.6~1.6），统计得出不同步长下的错误率如下图所示：



可以看到，随着量化步长的增大，解码错误率逐渐减小。当量化步长大于1.6以后，解码错误率保持为0。

4.3 高斯噪声攻击下的系统性能

将量化步长取一固定值，嵌入得到水印图像。利用ps中的“添加杂色”功能对图像进行高斯噪声攻击：



将攻击后的图像保存为“r10.bmp”。利用程序的功能2，来对此图像进行解码，得到错误率为0.494629。如下图。

是否重新选择功能 (y/n) ? y

本程序可实现以下功能:

1. 使用不同的嵌入强度，对图像嵌入水印并解码
2. 对受到攻击的水印作品进行解码

请选择功能序号 (1或2) : 2

>>>>>>>>>>>>将对受到攻击的水印作品进行解码<<<<<<<<<<<<

请输入将要被解码的图像路径:

```
d: \\r10.bmp
```

读取成功!

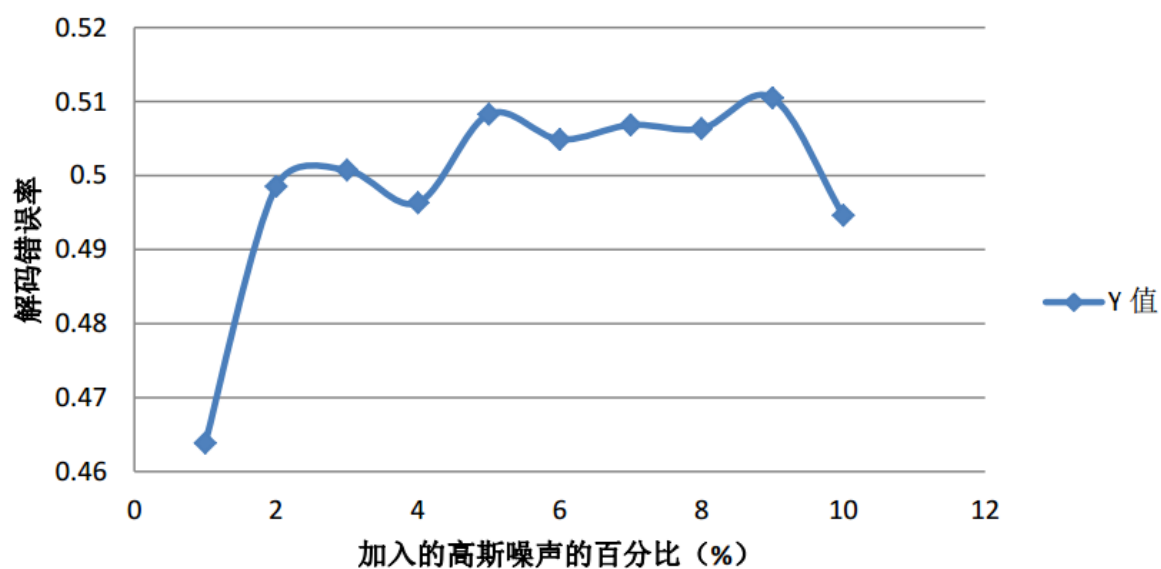
请输入受到攻击的水印作品在进行水印嵌入时选取的量化步长: 2

解码得到的错误率为: 0.494629

是否重新选择功能 (y/n) ?

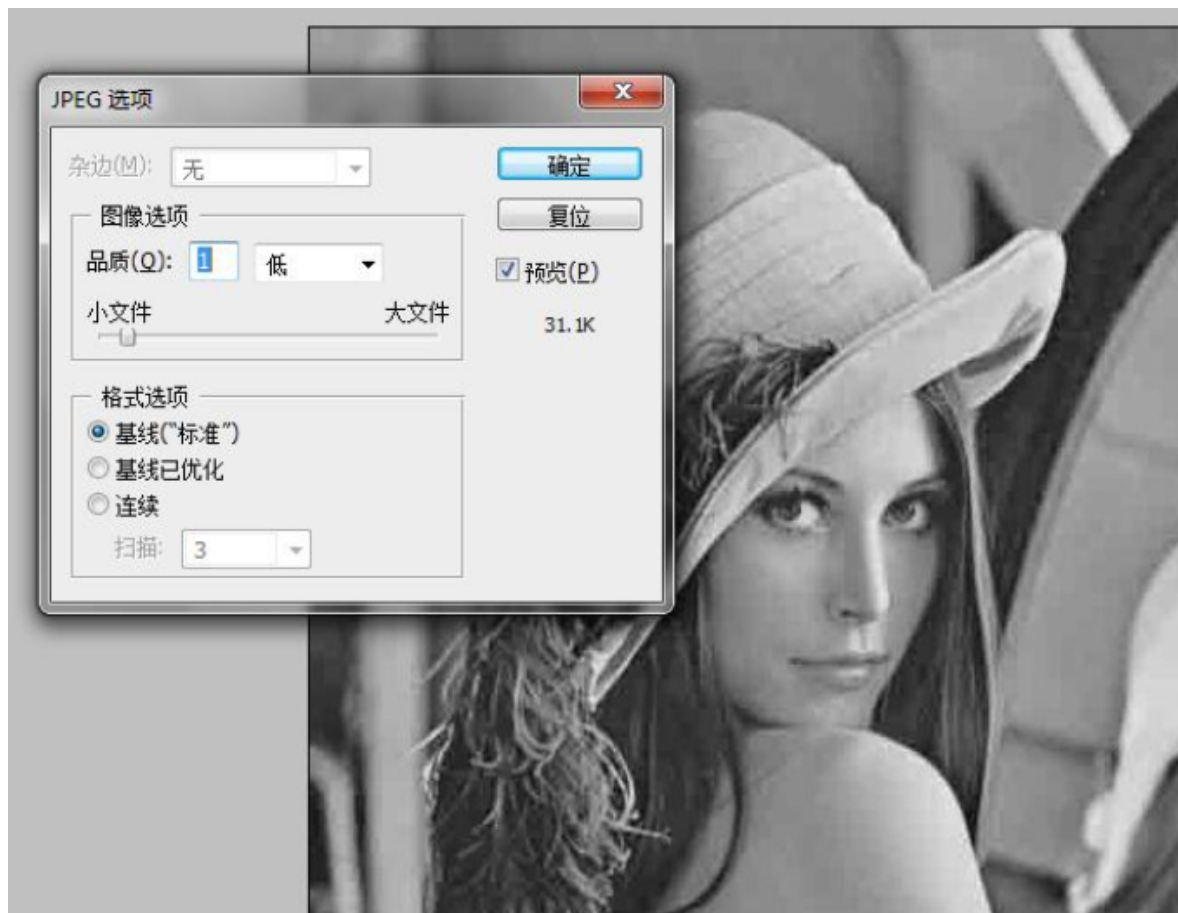
实验中选取加入的高斯噪声的百分比从1%~10%，分别解码，统计错误率。得到如下系统性能曲线：

噪声攻击下的系统性能



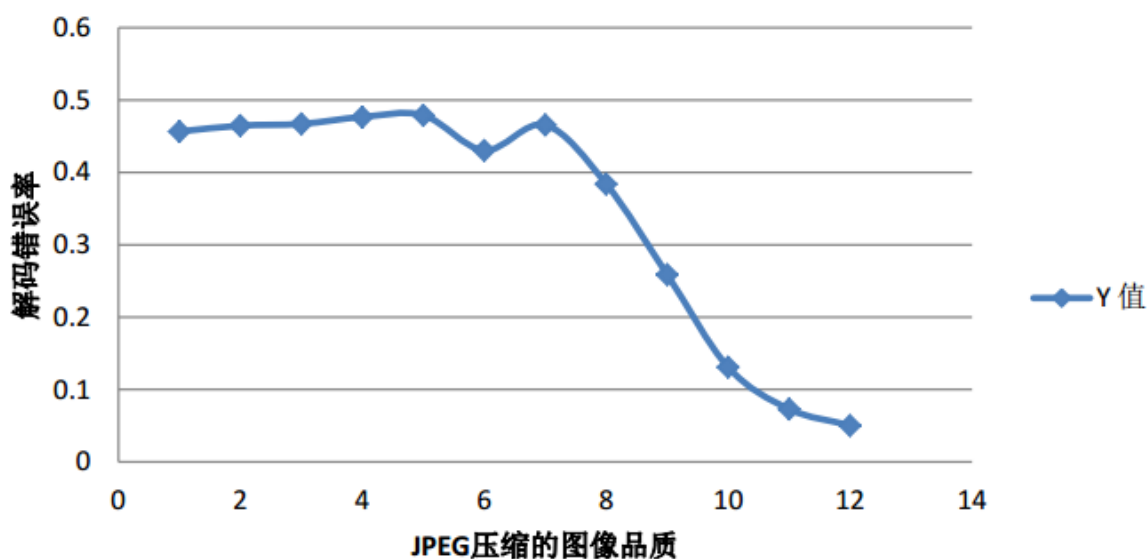
4.4 JPEG压缩下的系统性能

将量化步长固定为2，嵌入得到水印图像result.bmp。利用ps软件中的“JPEG压缩”功能对result.bmp进行高斯噪声攻击。如下图，选取图像品质为1。



实验中选取压缩时的图像品质从1~12，分别进行解码，统计错误率。得到如下系统性能曲线：

JPEG压缩下的系统性能



由此图可以看出，在不同强度的JPEG压缩下，解码所得错误率均未超过0.5。

当JPEG压缩的图像品质大于7后，解码错误率有着明显的下降；而图像品质小于7时，解码的错误率变化幅度较小。

这说明在JPEG压缩的攻击下，系统性能保持良好的状态，压缩幅度越小其性能越好，而压缩幅度超过一定值时，系统性能不会剧烈下降而是变得比较稳定。

五、实验总结

本学期的三次大作业让我有了很多收获。首先，仅在课堂上以及书本上来获取知识是远远不够的，只有亲自将这种知识运用到实践中，才掌握其原理与作用，并且在实践的过程中不断地发现问题和解决问题，这个思考的过程也会使我从深度和广度上加强对知识的理解。

信息隐藏是一门很实用的学科，它的实用性也要求我们必须在实践中进行学习。在上过一学期的课程以及做过这三次大作业后，我对数字水印有了初步的了解，并且以后会在此基础上深入对这方面的学习。

另外一个比较大的收获是在编程方面。在第二、第三次实验中，程序写的比较混乱，不论是结构还是变量定义等都有很多不合理的地方。这主要是因为以前写的程序大都比较简短，所以养成了拿到题目就开始写代码的坏习惯。

第二次实验中，在我搞清楚实验原理之后，还没有合理规划好程序具体要实现的功能、整体结构、数据与类的定义等等，就开始着手写代码，导致写到后面发现前面已写的代码中有很多不合理的地方，此时再改就比较麻烦了，最终导致程序整体结构不清晰。

在今后的编程实践中，动手写代码前一定要提前规划好全局，要明白这个程序要实现的功能有什么、需要定义哪些类、每个类要提供什么功能、类与类之间的关系是怎样的等等。

第二次实验在收到老师的回复之后，和同学互相交流了经验，也参考了对方的代码，因此本次实验调整了代码的结构。

同时上次实验的失败很大程度上是自身拖延导致的，这次实验布置后，一方面进行期末考试的复习，一方面整合这学期的知识并准备第三次实验。因为准备比较充分，这次实验完成的比上次好太多。