

# 大连理工大学

## 本科实验报告一

课程名称： 随机信号分析实验

学院（系）： 电子信息与电气工程学部

专    业： 电子信息工程

班    级： 电信 1806 班

学    号： 201871080

学生姓名： 刘祎铭

2020 年 11 月 10 日

# 大连理工大学实验预习报告

学院（系）： 电子信息与电器工程学部 专业： 电子信息工程 班级： 电信 1806

姓 名： 刘祎铭 学号： 201871080 组：                     

实验时间： 2020.10.28 实验室： 创新园 C220 实验台：                     

指导教师：                                     

## 实验 I：随机信号的产生、相关分析及其应用实验

### 一、实验目的和要求

通过实验理解掌握随机信号样本生成的原理和方法、掌握随机过程相关函数的计算原理和方法。训练 MATLAB 程序代码编写能力，要求完成以下工作，并将实验结果与理论分析对照。

1. 基于均匀分布伪随机数，掌握均匀分布白噪声典型生成方法。
2. 基于均匀分布伪随机数，掌握高斯分布白噪声典型生成方法。
3. 掌握随机信号相关函数计算、相关分析及实现方法。

### 二、实验原理和内容

#### 1 实验原理

##### (1) 均匀分布随机数

较简单的伪随机序列产生方法是采用数论中基于数环理论的线性同余法（乘同余法、混合同余法），其迭代公式的一般形式为  $f(x) = (r \cdot x + b) \text{ Mod } M$ ，其离散形式为  $s(n+1) = [r \cdot s(n) + b] \text{ Mod } M$ 。其中， $s(n)$  为  $n$  时刻的随机数种子， $r$  为扩展因子， $b$  为固定扰动项， $M$  为循环模， $\text{Mod } M$  表示对  $M$  取模。为保证  $s(n)$  的周期为  $M$ ， $r$  的取值应满足  $r = 4k + 1$ ， $M = 2^p$ ， $k$  与  $p$  的选取应满足： $r < M$ ， $r(M-1) + 1 < 2^{31} - 1$ 。通常公式中参数常用取值为  $s(0) = 12357$ ， $r = 2045$ ， $b = 1$ ， $M = 1048576$ 。

1.1 混合同余法：选定参数  $a$ 、 $c$ ， $M$ ，再选定一个初值  $y(0)$ ，按下式产生随机数：

$y(n+1) = a \cdot y(n) + c \pmod{M}$  ( $n=1, 2, \dots$ )， $x(n+1) = y(n+1)/M$ ，其中  $M$  为足够大的整数。在 C 语言中， $M = 2^{16}$ ， $a$ 、 $c$  和  $y(0)$  均为 0 至  $M$  中的常数。按上面算法公式，则  $y(1), \dots, y(N)$  为  $(0, M)$  之间的均匀随机数， $x(1), \dots, x(N)$  为  $(0, 1)$  之间的均匀随机数。

1.2 乘同余法：在混合同余法算法中，令  $c=0$ ，则为乘同余法。

##### (2) 高斯随机数

a. 变换抽样法，如果  $X_1$ 、 $X_2$  是两个互相独立的均匀分布随机数，那么如下  $Y_1$ 、 $Y_2$  是期望

为  $m$ ，方差为  $\sigma^2$  的高斯分布函数，且互相独立：
$$\begin{cases} Y_1 = \sigma \sqrt{-2 \ln X_1} \cos(2\pi X_2) \\ Y_2 = \sigma \sqrt{-2 \ln X_1} \sin(2\pi X_2) \end{cases}$$
为简单起见，可以令期望  $m=0$ ，方差为  $\sigma^2=1$ 。

b. 较简单的高斯白噪声产生方法是基于概率论中的中心极限定理。即无穷多个同分布随机变量之和构成随机变量服从高斯分布。方便起见，可用  $N$  个（通常  $N=12$ ）均匀分布随机变量

之和  $X_i$  近似高斯分布随机变量。若  $X_i, i = 0, 1, \dots, 11$  在  $[0, 1)$  上服从均匀分布, 则  $Y = \sum_{i=0}^{11} X_i - 6$  近似服从均值为 0, 方差为 1 的高斯分布。

### (3) 相关函数估计

离散随机序列自相关函数定义为  $R_x(m) = E[x(n)x(n+m)]$ 。对于各态历经随机过程, 统计平均可用时间平均代替, 即  $R_x(m) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N x(n)x(n+m)$ 。工程实践中, 无法获得无限长数据, 只能用有限平均来近似, 即  $R_x(m) = \frac{1}{(N-m)} \sum_{n=0}^{N-1-m} x(n)x(n+m)$ ,  $m=0, 1, \dots, K-1; K \leq N$ 。为保证估计质量, 通常要求  $K \ll N$ , 此时  $R_x(m)$  也可以简化为  $R_x(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)x(n+m)$ 。

同理, 也类似地计算互相关函数。

### (4) 声音延迟及噪声分布律估计

对于噪声延迟信号, 通过求解两信号的互相关函数峰值点得到延迟点数, 再通过延迟点数除以采样频率即可得到信号的延迟时间。之后利用 matlab 的自带函数通过假设检验判断噪声信号的分布类型, 提出检验假设, 选择检验水准  $\alpha$ , 通常为 0.05, 即检验假设为真, 但被错误地拒绝的概率。然后通过统计方法确定假设成立的可能性  $P$  的大小并判断, 若  $P > \alpha$ , 不拒绝  $H_0$ , 即认为差别很可能是由于抽样误差造成的; 如果  $P \leq \alpha$ , 则拒绝  $H_0$ , 接受  $H_1$ 。

## 2 实验内容

- (1) 编程实现产生 10000 个在  $(0, 1)$  区间均匀分布随机数。计算生成随机数的 1~4 阶矩, 最大值, 最小值, 频度直方图。
- (2) 编程实现产生 10000 个  $N(3, 4)$  高斯随机数。计算生成随机数的 1~4 阶矩, 最大值, 最小值, 频度直方图。
- (3) 编程实现产生 10000 个  $N(1, 2)$  高斯随机数和 10000 个  $N(3, 4)$  高斯随机数。计算其自相关函数, 计算两个高斯随机信号的互相关函数。
- (4) 探究式实验内容

### 声音延迟及噪声分布律估计

#### 【研究内容】

研究随机信号相关分析方法在实际中的应用。

针对指定的两路语音信号: 已知其中一路是另外一路的延迟, 延迟的时间未知, 填充延迟时间的数据是标准的随机分布噪声数据, 两路信号可能存在一定的干扰。要求找出两路信号之间的时间差, 并且估计出延迟时间中随机数分布律及其参数。

#### 【实验布置】

两路信号文件: 学号-采样 1.wav 和学号-采样 2.wav;

提示: 可以用 `audioread`、`wavread` 等函数取得采样率和数据, 或者用 `kmplayer` 等其他工具取得数据信息。

提示: 可以用相关分析的方法, 需要查询假设检验的一般方法。

提示: 数据具有特异性, 不能抄袭答案。

**【验收内容】**

每个学生均需要经过验收，验收时，教师根据学号，核对每个学生的结果，并提问验收。学生需要：

根据名单确认学号，提供 TDE，精确到毫秒

提供分布律类型，参数（均值、方差等）

回答假设检验方法及结论（只通过人眼判定的酌情减分）

**三、实验步骤****实验内容 1：**

- (1) 实现用同余运算产生 10000 个在 (0, 1) 区间均匀分布随机数。
- (2) 计算生成随机数的 1~4 阶矩，最大值，最小值，用 hist() 函数画频度直方图。
- (3) 利用 ksdensity 函数估计概率密度并与预设好的 [0, 1] 均匀分布进行比较。

**实验内容 2：**

- (1) 用变换法和中心极限法编程实现产生 10000 个  $N(3, 4)$  高斯随机数。
- (2) 计算生成随机数的 1~4 阶矩，最大值，最小值，并与预设值进行比对验证。
- (3) 画出数据的点，线，用 hist() 函数画频度直方图，并利用 ksdensity 函数分别画出概率分布密度图并与预设好的  $N(3, 4)$  高斯分布进行比较。

**实验内容 3：**

- (1) 编程实现产生 10000 个  $N(1, 2)$  高斯随机数和 10000 个  $N(3, 4)$  高斯随机数。
- (2) 画出两个高斯信号的自相关函数，并计算出其峰值。
- (3) 画出两信号的互相关函数，并计算出峰值。

**实验内容 4：探究性实验**

- (1) audioread() 等函数取得采样率和数据。
- (2) 用求互相关函数最大值的方法找到延迟点数，并计算延迟时间。
- (3) 截取出噪声信号。
- (4) 计算噪声信号的数字特征，画出其直方图，概率密度分布图，进行初步判断。
- (5) 猜想填充噪声为高斯分布，用假设检验证明猜想成立，不成立再依次检验其他分布的可能性。

**四、实验数据记录表格**

实验内容（1）数据处理记录表

一阶原点矩	二阶原点矩	三阶原点矩
四阶原点矩	最小值	最大值

实验内容（2）数据处理记录表

一阶原点矩	二阶原点矩	三阶原点矩
-------	-------	-------

四阶原点矩	最小值	最大值

实验内容（3）数据处理记录表

自相关函数(1)	自相关函数(2)
互相关函数	

探究式实验 数据处理记录表

时间差	延迟点数
均值	方差
均值绝对误差为	方差相对误差
声音信号频率	分布类型
三阶原点矩	四阶原点矩