



# 信息论与编码

*Information Theory and Coding*

*REVIEW*

西南交通大学

2019



# 答疑安排及考试注意事项

答疑时间：6月30，7月1日，全天

上午 9:30 - 11:30

下午 14:00 - 16:00

答疑地点：X10927 或旁边会议室

考试时间：

7月2号

- 千万不能作弊
- 考试时间为120分钟
- 需要带计算器
- 按老师安排的座位就坐，并必须签名
- 必须同时带上身份证和学生证
- 考卷不能留空白，仔细读题，认真答题
- 不允许带任何通信工具
- 提前10分钟到教室



## 考试题型（预测）

一、填空题（ $2 \times 10 = 20$ 分）

二、选择题（ $3 \times 10 = 30$ 分）

三、计算题（10分）

四、计算题（10分）

五、计算题（15分）

六、计算题（15分）

总计 100分

期末课程总成绩构成：

期末考试 60%

平时成绩 40%



# 第1章 绪论

## 信息论研究的内容及信息的基本概念

- “信息”、“消息”、“信号”的联系和区别；
- 狭义信息论、广义信息论研究的范围；
- 通信系统的物理模型（主要框图），各单元（方框）的主要功能及要解决的主要问题；
- 通信有效性的概念；
- 通信可靠性的概念；



## 第2章 信源及信源熵

- 信源的描述（数学模型）和分类
- 消息传递的特点；
- 离散信源、连续信源；

### ■ 单符号离散信源

- 随机事件的不确定度和它的自信息量之间的关系及区别；
- 自信息量的定义；

设信源输出 $r$ 个消息 $\{a_1, a_2, \dots, a_r\}$ , 每个消息的出现概率分别为 $\{p(a_1), p(a_2), \dots, p(a_r)\}$ , 每个消息的自信息量为:

$$I(x_i) = \log_2 \left( \frac{1}{p(x_i)} \right) = -\log_2 [p(x_i)] \text{ , 其中 } i = 1, 2, \dots, r$$



## ■ 信源的信息熵；

将自信息的数学期望称为信源的平均自信息量  $H(X)$

$$H(X) = E[I(X)] = \sum_{i=1}^r p(x_i) I(x_i) = - \sum_{i=1}^r p(x_i) \log P(x_i) \text{ 比特/信源符号}$$

将  $H(X)$  称为信源  $X$  的信息熵

## ■ 信源的信息熵的性质；

（非负性、对称性、确定性、连续性、香农辅助定理、最大熵定理）



## ■ 离散序列信源

- 离散平稳信源；
- 离散平稳无记忆信源的序列熵；
- 离散平稳有记忆信源的序列熵；  
(联合熵、条件熵)
- 针对二维情况  $H(X^2)$  与  $H(\mathbf{X})$  的大小
- 平均符号熵的定义



- **马尔可夫信源的极限熵**
- **马尔可夫信源定义；**
- **马尔可夫信源数学描述；**  
(阶次 状态转移概率 状态转移矩阵)
- **马尔可夫信源各态遍历性的判断；**  
两种方法（不可约性、非周期性）
- **马尔可夫信源的极限熵的计算；**





## ■ 相对熵率和冗余度

为了衡量信源符号之间的依赖程度，将离散平稳有记忆信源的极限熵 $H_\infty$ ，与把这个信源当作离散平稳无记忆等概率信源达到的最大熵值 $H_0 = \log r$ 的比值，定义为这个离散平稳有记忆信源的相对熵率

(信息效率)
$$\eta = \frac{H_\infty}{H_0}$$

将1减去相对熵率 $\eta$ 所得之差定义为离散平稳有记忆信源的冗余度

$$\gamma = 1 - \eta = 1 - \frac{H_\infty}{H_0} = \frac{H_0 - H_\infty}{H_0}$$



## 第3章 信道与信道容量

- 信道的定义、作用和研究目的
- 信道的数学模型
- BSC、DMC、BEC信道
- 传递概率 信道矩阵 (转移概率矩阵)



## ■ 互信息量和平均互信息量

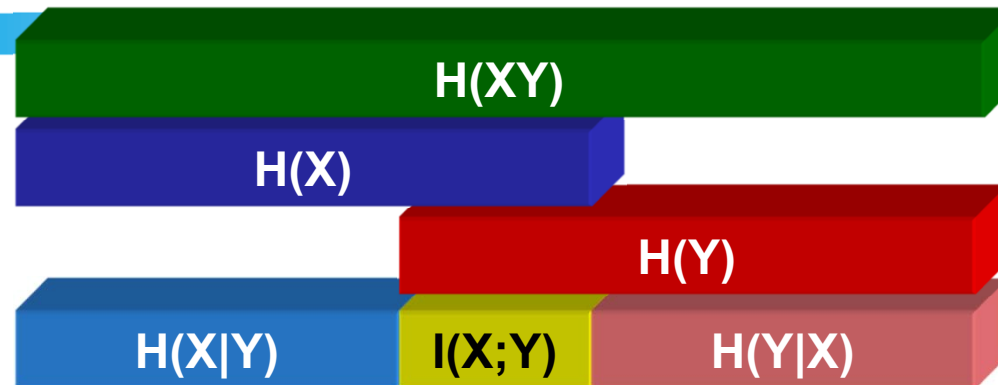
■ 输入输出符号间的统计特性表示;

$$p(a_i b_j) \quad p(b_j) \quad p(a_i / b_j)$$

■ 互信息量;  $I(a_i; b_j) = \log \frac{p(a_i / b_j)}{p(a_i)}$

■ 平均互信息量;

$$I(X; Y) = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s p(a_i b_j) I(a_i; b_j) = I(Y; X)$$



■ 疑义度、噪声熵的定义的物理意义；

$H(X)$ 表示发送的信息量

$H(Y)$ 表示接收的信息量

$I(X;Y)$ 表示信道中传递的信息量

$$I(X;Y) = H(X) - H(X/Y)$$

$$I(X;Y) = H(Y) - H(Y/X)$$



## ■ 数据处理中信息的变化

- 条件互信息量          相关互信息量；
- 平均条件互信息量    平均相关互信息量；
- 信息处理定理；

## ■ 信道容量 $C$

- 信道容量的定义；
- 信道容量的计算  $C = \max \{I(X;Y)\}$ ；
- 信道的信息传输速率  $C_t = C/t$ ；
- 几种对称DMC信道的信道容量计算



## 第4章 无失真信源编码

- 编码的分类、信源编码的意义
- 编码的定义
- 分组码、等长码、非等长码、奇异码、非奇异码、单义可译码、即时码等
- 克拉夫特不等式；



## 变长编码定理

平均码长和有效性；

$$\bar{n} = \sum_{i=1}^q p(s_i) n_i \quad \text{--单位：码符号 / 信源符号}$$

信息传输率和信息传输速率；

信道的信息传输率（又称为码率）为：

$$R = \frac{H(S)}{\bar{n}} \quad \frac{\text{比特 / 信源符号}}{\text{码符号 / 信源符号}} \quad \frac{\text{比特}}{\text{码符号}}$$

信道的信息传输速率为：

$$R_t = \frac{R}{t} = \frac{H(S)}{\bar{n}t} \quad \frac{\text{比特 / 码符号}}{\text{秒 / 码符号}} \quad \frac{\text{比特}}{\text{秒}}$$



■ 单个符号变长编码定理；

■ 离散平稳无记忆序列变长编码定理；

■ 编码效率和编码的剩余度；

对信源进行信源编码得到平均码长为 $\bar{n}$

定义  $\eta = \frac{H(S)}{\bar{n} \log r}$  为编码效率

编码的剩余度定义为  $1 - \eta = 1 - \frac{H(S)}{\bar{n} \log r}$

用来衡量各种编码与最佳编码的差距

■ **最佳编码**

■ 香农编码方法、费诺编码方法、霍夫曼编码方法





## 第5章 信道编码

- 为什么要进行信道编码的原因
- 信道编码原则
  - 译码规则和错误概率
  - 译码规则的定义和平均错误译码概率的定义；
  - 最大后验概率译码规则，最大似然译码规则；
  - 信息传输率和信息传输速率；
  - 汉明码距的定义；



- 信道编码定理
  - 噪声信道编码定理（香农第二极限定理）；
  - 噪声信道编码逆定理；
  
- 差错控制系统和纠错码分类
  - 差错控制系统的分类
  - 纠错码分类



- **线性分组码**
- 分组码的定义
- 分组码的检错和纠错能力与汉明距离的关系；
- 线性分组码的定义；
- 生成矩阵和系统码的定义；
- 汉明码字重量与码字的最小汉明重量；
- 校验矩阵；
- 伴随式与译码；
- 差错图案的定义；
- 标准阵列译码表；
- 完备码的定义；
- 循环码的基本概念；



## 第6章 密码学

- 密码协议
  - 仲裁协议
  - 裁决协议
  - 对称密码通信协议
  - 公钥密码通信协议（及其改进）
  - 数字签名协议（及其改进）
  - 带加密的数字签名协议
- 密码分析
- 算法全性