



信息论与编码

Information Theory and Coding

REVIEW

西南交通大学

2008



考试题型

一、填空题 ($2 \times 10 = 20$ 分)

二、选择题 ($3 \times 10 = 30$ 分)

三、计算题 (15分)

四、计算题 (15分)

五、计算题 (20分)

总计 100分

期末课程总成绩构成:

期末考试 80%

平时成绩 20%



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_∞ ，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 η 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;

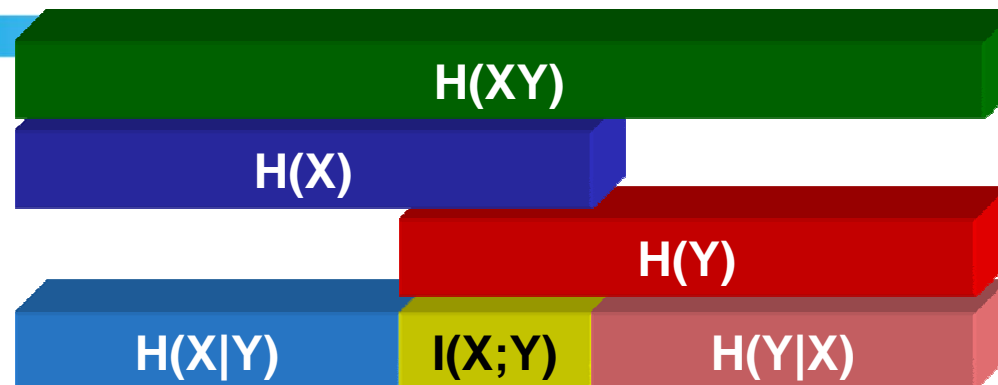
$$p(a_i b_j) \quad p(b_j) \quad p(a_i / b_j)$$

■ 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；