

实 验 报 告

课程名称: 信息与通信技术仿真实验

系部名称: 电气与信息工程学院

专业班级: 电子信息工程 20 -1 班

学生姓名: 林迦勒

学 号: 20200626

指导教师: 唐弢 王岩

黑龙江工程学院教务处制

实 验 报 告

实验项目	信道编码				
同组人数	1 人	实验地点	实验楼 506	实验日期	2022.12.3
实验类型	<input checked="" type="checkbox"/> 验证型 <input type="checkbox"/> 综合型 <input type="checkbox"/> 设计型 <input type="checkbox"/> 其 它				
<p>一、实验目的</p> <p>1、掌握信道编码的工作原理，了解信道编码的特性。</p> <p>2、学会编写有关信道编码的 MATLAB 程序</p>					
<p>二、实验器材</p> <p>计算机</p>					
<p>三、实验内容（原理、方案、步骤、记录及分析等）*</p> <p>【实验原理（或方案、方法）】:</p> <p>数字信号在传输过程中，加性噪声、码间串扰等都可能引起误码。为了提高系统的抗干扰性能，可以加大发送功率、降低接收设备本身的噪声以及合理选择调制解调方法等。此外，还可以采用信道编码技术。</p> <p>信道编码是为了降低误码率提高数字通信的可靠性而采取的编码。它按一定的规则引入人为的冗余度。具体的讲，信道编码就是在发送端的信息码元序列中，以某种确定的编码规则加入监督码元；在接收端利用该规则进行检查识别，从而发现错误，纠正错误。能发现错误的编码叫检测码，能纠正错误的编码，叫纠错码，因而差错控制方式有以下三种，如图 1 所示。本实验仅对纠错码中的线性分组码作出说明。</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <pre> graph LR subgraph FEC [前向纠错 FEC] T1[发端] -- 纠错码 --> R1[收端] end subgraph ARQ [检错重发 ARQ] T2[发端] -- 检错码 --> R2[收端] R2 -- 判决信号 --> T2 end subgraph HEC [混合纠错 HEC] T3[发端] -- 检错和纠错码 --> R3[收端] R3 -- 判决信号 --> T3 end </pre> </div>					

图 1 差错控制方式

1、编码效率

采用差错控制编码是提高了通信系统的可靠性，但是以降低有效性为代价换来的。通常定义编码效率 R 来衡量有效性

$$R = k / n$$

其中， k 是一个码组中信息元的个数， n 为码长。

对纠错码的基本要求是：检错和纠错能力尽量强；编码效率尽量高；编码规律尽量简单。实际中要根据具体指标要求，保证有一定纠、检错能力和编码效率，并且易于实现。

2、线性分组码

对于 (n, k) 线性分组码，生成矩阵是一个 $n \times k$ 的矩阵。设输入信息为 $\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_k]$ ，生成的码字为 $\mathbf{C} = [C_1, C_2, \dots, C_n]$ ，则 $\mathbf{C} = \mathbf{X} \cdot \mathbf{G}$ ，其中 \mathbf{G} 最为生成矩阵。生成矩阵的各行矢量为码字空间的基底，由于基底选择不唯一，所以生成矩阵选择不唯一。 (n, k) 线性分组码的校验矩阵为 \mathbf{H} ， $\mathbf{G}\mathbf{H}^T = 0$ 或 $\mathbf{H}\mathbf{G}^T = 0$ 。 \mathbf{H} 一般用于译码过程。

若在接收端，接收信号为 $\mathbf{Y} = [Y_1, Y_2, \dots, Y_n] = \mathbf{X} + \mathbf{n} = \mathbf{C} \oplus \mathbf{e}$ ，其中 \mathbf{C} 为发送的码组， $\mathbf{e} = [e_1, e_2, \dots, e_n]$ 为传输中的误码。由于 $\mathbf{H}\mathbf{C}^T = \mathbf{H}\mathbf{G}^T\mathbf{X}^T = 0$ ，所以若传输中有无差错 $\mathbf{e} = 0$ ，则接收端必满足监督方程 $\mathbf{H}\mathbf{C}^T = 0$ ；若传输中有差错，则接收端的监督方程，应改为

$$\mathbf{H}\mathbf{Y}^T = \mathbf{H}(\mathbf{C} \oplus \mathbf{e})^T = \mathbf{H}\mathbf{C}^T \oplus \mathbf{H}\mathbf{e}^T = \mathbf{H}\mathbf{e}^T = \mathbf{S}^T$$

其中 \mathbf{S} 为校正子： $\mathbf{S} = \mathbf{e}\mathbf{H}^T = \mathbf{Y}\mathbf{H}^T$ 。可利用以上公式进行译码。

* 讲明实验原理及关键参数计算方法，按步骤记录、总结和归纳。

**若为设计性实验，实验原理要简明扼要的给出方案比较和论证，并说明确定方案的理由；若为综合性实验，在阐明实验原理的同时，要指出本实验主要涉及和应用的知识点。

【实验过程】（实验步骤、记录及分析等）：

- 1、了解程序
- 2、仿真未编码和进行（15,11）Hamming 码的编码的 QPSK 调制通过 AWGN 信道后的误比特率性能。
- 3、利用 `encode` 实现（3,2）循环码编码，并加入噪声，使用 `decode` 对其解码，并与题 5 比较

四、实验结论（包括程序、仿真结果等，可打印，附件）

- 1、仿真未编码和进行（15,11）Hamming 码的编码的 QPSK 调制通过 AWGN 信道后的误比特率性能。

```
clc;clear;close all
N=100000; %信息比特行数
M=4; %QPSK调制
n=15; %Hamming编码码组长度
m=4; %Hamming码监督位长度
graycode=[0 1 3 2];

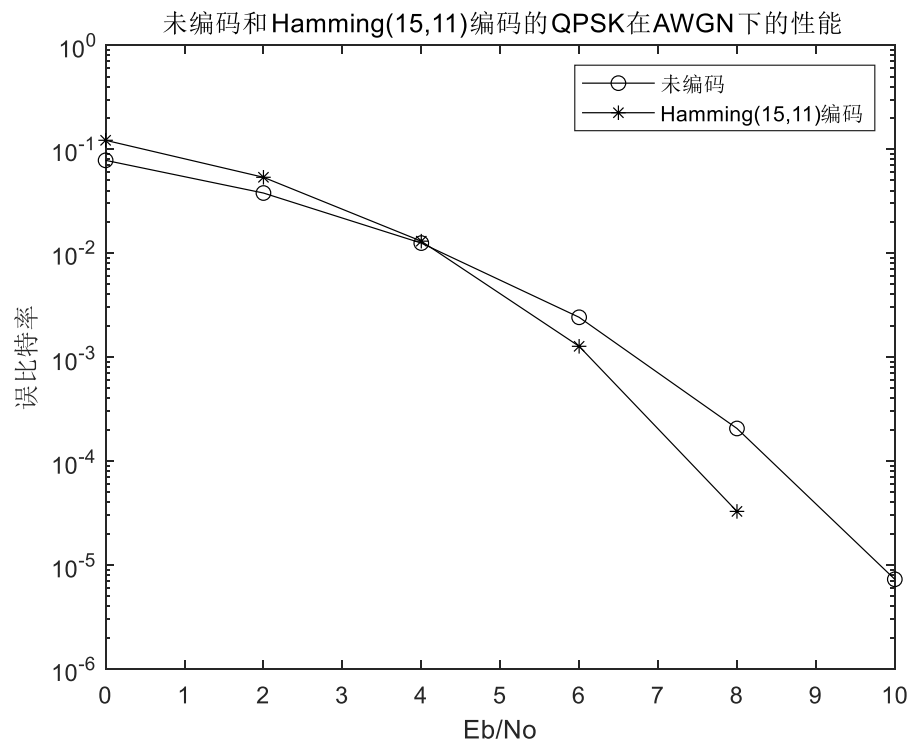
msg=randi([0,1],N,n-m); %信息比特
msg1=reshape(msg.',log2(M),N*(n-m)/log2(M)).';
msg1_de=bi2de(msg1,'left-msb'); %信息比特转换为10进制形式
msg1=graycode(msg1_de+1); %Gray编码
msg1=pskmod(msg1,M); %QPSK调制
Eb1=norm(msg1).^2/(N*(n-m)); %计算比特能量
msg2=encode(msg,n,n-m); %Hamming编码
msg2=reshape(msg2.',log2(M),N*n/log2(M)).';
msg2=bi2de(msg2,'left-msb');
msg2=graycode(msg2+1); %Hamming编码后的比特序列转换为10进制形式
msg2=pskmod(msg2,M); %Hamming编码数据进行QPSK调制
Eb2=norm(msg2).^2/(N*(n-m)); %计算比特能量
EbNo=0:2:10; %信噪比
EbNo_lin=10.^(EbNo/10); %信噪比的线性值
for indx=1:length(EbNo_lin)
    indx;
    sigma1=sqrt(Eb1/(2*EbNo_lin(indx))); %未编码的噪声标准差
    rx1=msg1+sigma1*(randn(1,length(msg1))+1i*randn(1,length(msg1))); %加入高斯白噪声
    y1=pskdemod(rx1,M); %未编码QPSK解调
    y1_de=graycode(y1+1); %未编码的Gray逆映射
```

```

[err ber1(indx)]=biterr(msg1_de.',y1_de,log2(M)); %未编码的误比特率

sigma2=sqrt(Eb2/(2*EbNo_lin(indx))); %编码的噪声标准差
rx2=msg2+sigma2*(randn(1,length(msg2))+1i*randn(1,length(msg2))); %加入高斯白
噪声
y2=pskdemod(rx2,M); %编码QPSK解调
y2=graycode(y2+1); %编码Gray逆映射
y2=de2bi(y2,'left-msb'); %转换为二进制形式
y2=reshape(y2.',n,N).';
y2=decode(y2,n,n-m); %译码
[err ber2(indx)]=biterr(msg,y2); %编码的误比特率
end
semilogy(EbNo,ber1,'-ko',EbNo,ber2,'-k*');
legend('未编码','Hamming(15,11)编码')
title('未编码和Hamming(15,11)编码的QPSK在AWGN下的性能')
xlabel('Eb/No');ylabel('误比特率')

```



2、利用encode实现(3,2)循环码编码，并加入噪声，使用decode对其解码，并与题5比较

```

clc;clear;close all
n = 3; k = 2; % A (3, 2) 循环码
N=10000; %消息比特的行数
%cyclgen
msg = randi([0,1],N,k); %消息比特共N*k行
pol=cyclpoly(n,k); %循环码的生成多项式
[h,g]=cyclgen(n,pol); %生成循环码

```

```

code1 = mod(msg*g, 2);
noisy=randerr(N, n, [0 1;0.7 0.3]); %噪声
noisycode1 = mod(code1 + noisy, 2); %加入噪声
newmsg1 = decode(noisycode1, n, k, 'cyclic'); %译码.
[number, ratio1] = biterr(newmsg1, msg); %误比特率
disp(['The bit error rate1 is ', num2str(ratio1)])

%encode
msg1 = randi([0, 1], N, k, 'like', msg); %消息比特共N*k行
code2 = encode(msg1, n, k, 'cyclic');
noisy1=randerr(N, n, [0 1;0.7 0.3]); %噪声
noisycode2 = mod(code2 + noisy1, 2); %加入噪声
newmsg2 = decode(noisycode2, n, k, 'cyclic'); %译码.
[number, ratio2] = biterr(newmsg2, msg1); %误比特率
disp(['The bit error rate2 is ', num2str(ratio2)])

```

结果:

The bit error rate1 is 0.1005

The bit error rate2 is 0.1002

五、思考题

1、解释以下语句的含义

(1) $h = \text{hammgen}(m)$

1) $h = \text{hammgen}(m)$
产生一个 $m \times n$ 的汉明码校验矩阵 h , 其中 $n = 2^m - 1$

(2) $[h, g] = \text{hammgen}(m)$

2) $[h, g] = \text{hammgen}(m)$
产生一个 $m \times n$ 的汉明码校验矩阵 h , 以及和 h 相对应的生成矩阵 g

(3) $\text{pol} = \text{cycpoly}(n, k)$

3) $\text{pol} = \text{cycpoly}(n, k)$
产生一个 (n, k) 循环码的生成多项式

(4) $[h, g] = \text{cycpoly}(n, \text{pol})$

4) $[h, g] = \text{cycpoly}(n, \text{pol})$
用 pol 生成多项式生成循环码的生成矩阵 g , 和校验矩阵 h

(5) `code=encode(msg,n,k,'type/fmt')`或 `code=encode(msg,n,k)`

(5) `code=encode(msg,n,k,'type/fmt')`或 `code=encode(msg,n,k)`
可以进行一般的线性分组码、循环码和汉明码编解码。`type`可以指定编解码方式,可以是 `linear`, `cyclic` 和 `hamming`。`fmt`可以取 `binary` 和 `decimal`。说明输入是二进制还是十进制。`encode(msg,n,k)`默认汉明码。

(6) `msg=decode(code,n,k,'type/fmt')`

(6) `msg=decode(code,n,k,'type/fmt')`
用于对编解码数据进行译码, `type`及 `fmt`缺省时为汉明码。

六、心得体会

包括:

- (1) 试验中遇到的问题及解决方法
- (2) 本次实验的收获, 你的能力有那方面的提升?

问题: 使用 `encode` 实现 (3.2) 循环码编解码得出的结论, 即该码率, 与用 `cyclegen` 的该码率不同, `randi` 无法进行种子设定, 或者是我
的问题, 使用与 `cyclegen` 相同的 `msg`, 也得不到相同的结果。

心得: 掌握了 (7.4) 汉明码及 (15.11) 汉明码的编解码方法, 并学会了 `encode`, `cycpoly`, `hammgd` 函数的使用, 深刻了解了循环码与汉明码的概念, 掌握了信道编解码的工作原理, 了解了信道编解码的特性。

七、实验情况及成绩评定		
	预 习:	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不及格
	出 席:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 迟到 <input type="checkbox"/> 缺席 <input type="checkbox"/> 早退 <input type="checkbox"/> 事假
	过程表现:	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不及格
	完成报告:	<input type="checkbox"/> 按时 <input type="checkbox"/> 迟交
	实验结论	<input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 基本正确 <input type="checkbox"/> 错误
	思考题回答情况	<input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 基本正确 <input type="checkbox"/> 错误
	心得体会	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不及格
	成绩评定:	
	补充记录或评语:	教师签字: