

# 通信系统第三次作业

王亭午, 无210班, 2012011018

2015年5月30号

## 1 作业一

多径信道和时域判决反馈均衡器的仿真练习。随机产生长为10000bit的01序列,采用 QPSK调制,格雷码映射。信道模型为(1)直射信道  $h=1$ ; (2)多径信道,强度  $h_{dB} = [0, -6, -8, -10]$ (单位为 dB); 对应的时延  $h_{time} = [0, 2, 5, 16]$ (单位为符号周期); 假设接收机处的信噪比SNR=15dB。

本题所有代码及版本历史都在我的github上留有副本。如果习惯在github上阅读代码可以在线浏览。我的github <https://github.com/WilsonWangTHU/commSystem>。

### a. 时域冲激响应

给出信道(2)的时域冲激响应图

代码在main.m中, 逻辑比较简单, 不在这里列出来。效果图Fig. 1, Fig. 1下半图为对数坐标小的图。

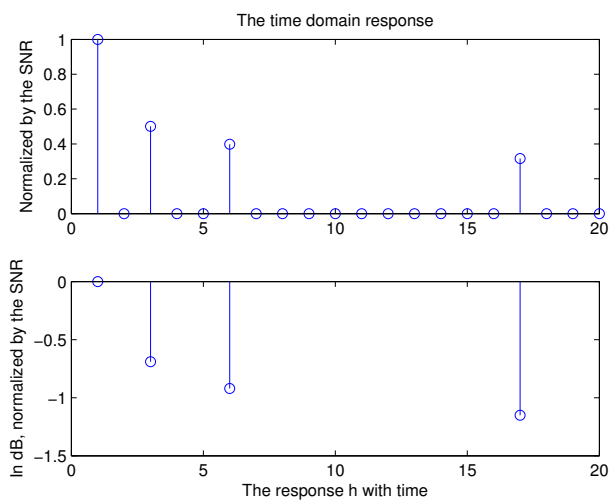


Figure 1:

## b. 星座图

分别给出序列经过信道前后的星座图

可以看到，在通过我们的信道之后，星座图出现了非常大的变化。原图中的信号全部集中在4个qpsk传输点上。而在接收端，大量的接受的qpsk信号都偏离了原来的位置，信号之间互相干扰。值得注意的是，接受信号存在明显的模式(pattern)，这为之后的滤波提供了可能。

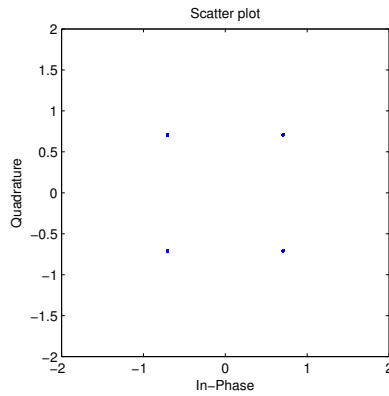


Figure 2: 输入前星座图

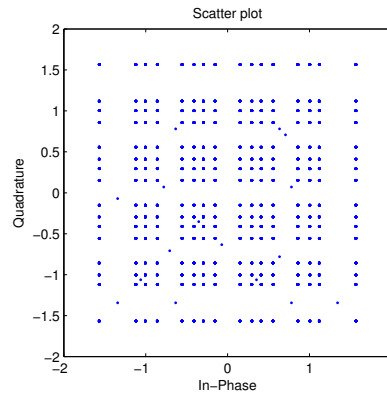


Figure 3: 输入后星座图

## c. LMS

假设已知该序列的前500个点,作为训练序列。采用时域的判决反馈均衡器进行均衡,采用LMS准则,均衡器的抽头数量为32。给出训练过程中的误差曲线和未知序列经过均衡处理后的星座图。

代码为main2.m, 迭代参数的代码如下: 值得注意的是, 迭代的初始点非常的重要。在实际情况中, 我们选取 $W_1$ 最大, 因为我们知道直射信道依然是最好的信道。如果初始点选择错误, 很有可能会发生发散性震荡。在迭代中, 我使用了归一化LMS算法,  $c_0 = 0.01$ ,  $\mu = 0.001$ 。

$$\mu' = \frac{\mu}{c_0 + \frac{1}{L} \sum |x_k|^2} \quad (1)$$

```
1 function weight = LMS(raw_output, true_output, nWeight)
2 % raw_output -> x, true_output -> y, y-i = \sum(xTw)
3
4 % initialize the weight factor
5 weight = zeros(nWeight, 1);
6 weight(nWeight) = 1;
7
8 mu = 0.001;
9 c0 = 0.01;
```

```

10 mu_unified = mu / (c0 + sum(raw_output' * raw_output) ...
11     / nWeight);
12 % append nWeight zeros to enable the calculations
13 raw_output = [zeros(nWeight - 1, 1); raw_output];
14 % loop until convergence
15 lastTimeError = 0;
16 while 1
17     % renew the raw output
18     predict_output = zeros(length(true_output), 1);
19     for iWeight = 1: 1: nWeight
20         predict_output = predict_output + weight(iWeight) * ...
21             raw_output(iWeight: length(true_output) + iWeight - 1);
22     end
23     % get the error of the target function
24     target_error = true_output - predict_output;
25
26     % break if stopped
27     if abs(sum(target_error' * target_error) - lastTimeError) < 0.01
28         break
29     end
30
31     lastTimeError = sum(target_error' * target_error);
32     fprintf('The overall error is now %f\n', lastTimeError);
33
34     for iWeight = 1: 1: nWeight
35         % get the unifying descent steps and decent
36         descent = target_error' * raw_output(iWeight: ...
37             length(true_output) + iWeight - 1);
38         weight(iWeight) = weight(iWeight) + 2 * mu_unified * ...
39             descent;
40     end
41 end

```

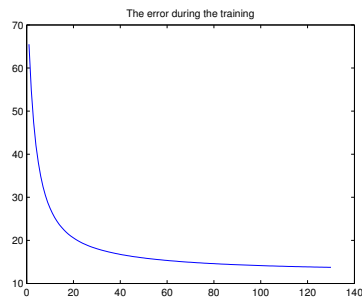


Figure 4: 训练中误差曲线

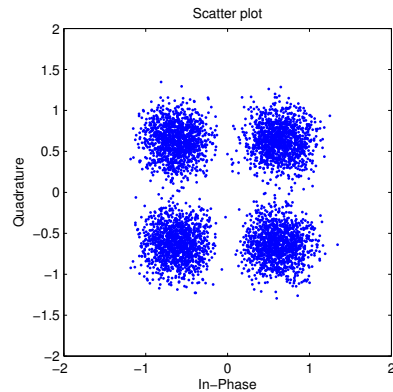


Figure 5: 均衡化后星座图

可以看到，均衡化后，原本的四个qpsk点被恢复，效果非常明显。

#### d. BER曲线

取信噪比  $SNR=[0:15]dB$ ,给出c)中未知序列经过均衡处理后的误码率(BER)曲线。注意,纵坐标请用对数坐标表示。与AWGN信道下QPSK调制的标准BER曲线对比。

代码在main2.m, 使用一个简单的平坦分部噪音来模拟噪声。效果图如下:  
和AWGN信道下BER曲线对比, 我采用的平坦噪声变化接收端星座图更加混乱, 误码率也会更加高。

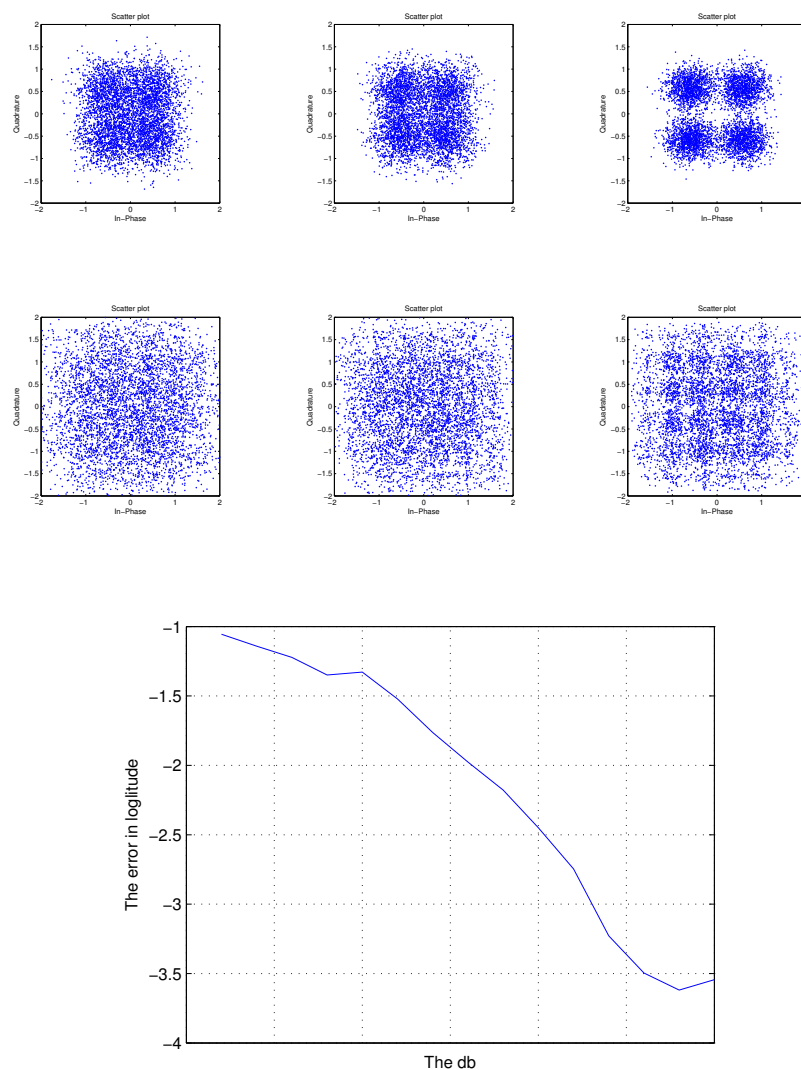


Figure 6: BER误差曲线

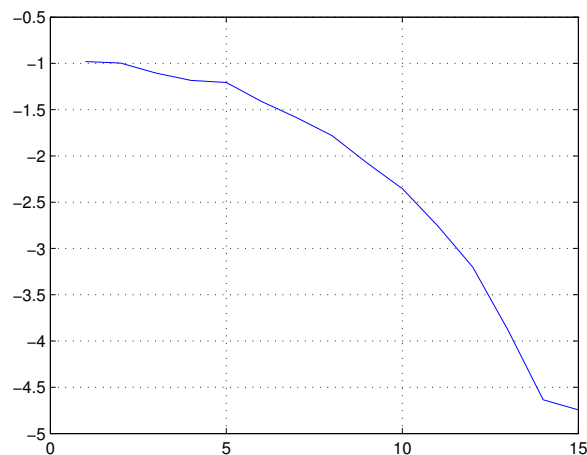


Figure 7: 该算法BER曲线

### e. Blind LMS

(选做)在某些特定场景下,我们无法知道训练序列,或者为了提高传输效率而不采用训练序列。此时可以采用盲均衡技术对接收信号进行处理。请调研一种针对 QPSK 的盲均衡算法,并重复c)和d)中的仿真。

这里采用一个简单的oversample的方法来解决Blind LMS的问题。我们使用的论文是[1]中的方法。通过过采样,我们将每一个数据发送多个copy。对数据进行交织编码,打乱顺序,从而减少信道影响。

[1] Watanabe, K. and Komatsu, M. and Matsumoto, H. and Furukawa, T., 2013. "A proposal of blind equalization algorithm using over-sampling for received signals including noise. " *Intelligent Signal Processing and Communications Systems (ISPACS), 2013 International Symposium on*

可以从图7中看到,这个算法是非常有效的。不过代价是传输了重复的信息来增加准确度。

## 2 作业二

当测量小尺度传播时,假设连续采样值在时间上有很强的相关性,需要确定合适的空间采样间隔。假设某信号的载频为 $f=2700\text{MHz}$ ,移动速率为 $v=35\text{m/s}$ ,求该信号的多普勒频移 $f_m$ 是多少?再假设能够在运动的车辆上实时地进行测量,请问移动20m需要多少采样值?(若相干时间定义为相干函数大于0.5时的时间,则相干时间可近似为: $T_C = 9/(16\pi f_m)$ )

$$f_m = \frac{v}{\lambda} = \frac{vf}{c} = 315\text{Hz} \quad (2)$$

想干时间计算得:

$$T_c = \frac{9}{16\pi f_m} = 0.000568s \quad (3)$$

因此只要采样时间间隔大于相干时间

$$n = \frac{20m}{vT_c} = 1005.3 \quad (4)$$

最多采样100个，超出的话会发生信号堆叠。

### 3 作业三

OFDM系统的参数设计。假设系统要求的总业务速率为 $R=100\text{Mbps}$ ，可以容忍的时延扩展为 $\tau=50\text{ns}$ ，系统信号带宽 $W=80\text{MHz}$ ，请设计满足要求的OFDM系统基本参数，包括OFDM符号周期、保护间隔、子载波数目及调制方式和纠错编码码率。

时延来自于并串转换时的等待时间。假设时延是 $\tau = 39\text{ns}$ ，我们设保护时间为 $1\text{ns}$ 。于是这个时候一路信号的带宽为：

$$\Delta f = 1/38 = 26.315\text{MHz} \quad (5)$$

于是这个时候我们可以得到4路子载波。这个时候的业务速率为：

$$R = \frac{4}{39} = 102.5\text{Mbps} \quad (6)$$

调制方式就是最简单的IFFT+FFT调制解调方式，每102.5M个symbol我们取出其中的2.5M均匀分配作为循环校验码来进行纠错。

### 4 作业四

列举三个全球第三代移动通信系统标准，各采用何种双工方式和多址方式？请分别谈谈你对于“双工”和“多址”的理解。

常见的集中第三代移动通信系统标准中，WCDMA使用的是FDD-TDD同时存在的DS-SSMA多址方式。CDMA2000使用的是FDD，DS-SSMA，MC-SSMA多址方式。TD-SSMA使用的是TDD的TD-SSMA多址方式。

对于多址技术，当多个用户通过基站通信，基站必须能够对用户进行识别区分。这样就可以保证基站同时和多个用户进行可靠的服务。双工技术则是，当基站和用户进行通信时，既可以上行传输，也可以下行传输。常采用的技术有时分双工（TDD）和频分双工（FDD）。

### 5 作业五

移动通信系统中，小区(蜂窝)正在朝着越来越小的方向演化，试分析蜂窝变小可能带来的好处和问题。

蜂窝变小的好处有：用户容量大，服务性能较好，频谱利用率高。带来的问题有：系统网络复杂，规划问题复杂，cell间干扰变大。

## 6 作业六

请简述ad-hoc网络中节能的主要技术。为何节能对于ad-hoc网络具有重要的意义? Ad Hoc网络主要应用于不能提供固定设施的场合。由于有限的电池寿命,能量是非常珍稀的资源。在网络层可以使用以下技术: 最小能量路由, 网络负荷平衡, 休眠机制。在数据链路层有: 合理休眠, 高效重传, 合理设计协议以避免冲突。在物理层有: 功率控制包括拓扑控制, 最小能量路由, 自适应功率控制

## 7 作业七

目前认知无线电的发展主要存在哪些问题?  
从硬件的角度来说, 我们可以看到: 可重配置硬件平台的功能需要逐步完善;  
从频谱的角度来说: 频谱管制政策; 从算法的角度来说: 频谱检测算法的可靠性可以提高; 算法的资源利用率需要提高; 组网协议需要完善。

## 8 作业八

超宽带(UWB)系统的三种主要体制是什么?具有哪些特点?存在哪些不足?  
脉冲超宽带技术 (IR-UWB) 目前仍然在理论阶段, 物理层设计与传统系统有很大差异。极窄脉冲波形, 占空比低。直接序列超宽带技术 (DS-UWB), 可以将频谱分成2个子带。子带采用三电平高速直扩方法, 使用QPSK/BPSK调制。技术和以往的技术差别较小, 效果有限。  
多带正交频分复用超宽带技术 (MB-OFDM-UWB), 将可用频谱分成13个子带, 每个子带宽度528MHz, 128个正交载波, QPSK调制。MB-OFDM-UWB系统与其他系统之间的电磁兼容问题较差, 因此其发射功率受到严格的限制。

## 9 作业九

列举两个典型的商用卫星移动通信系统。它们均采用什么轨道高度的卫星?不采用GEO卫星系统的原因有哪些?  
铱系统的轨道高度为780公里, 而全球星系统的轨道高度为1414公里。两者不采用GEO卫星系统的共同原因是外太空信号衰减大, 信号延时长, 轨道资源紧张。

## 10 作业十

试分析地面无线移动通信与卫星通信中所采用的信道模型有何不同?请举例说明?  
地面无线通信中采用多径信道。这是因为地面信号传输过程中存在非常普遍的障碍物反射, 衍射, 散射影响。移动物体的运动速度和方向引起的多普勒效应也会造成影响。而在卫星通信中, 延时大, 突发错误率高, 损耗主要来自于

大气损耗，大气折射损耗，天线跟踪误差损耗，极化误差损耗等。同时要考虑的噪声包括热噪声，太阳噪声，大气噪声，降雨噪声，地面噪声，互调噪声。因此两者模型不同。