

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 $SNR=15dB$ 。

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。

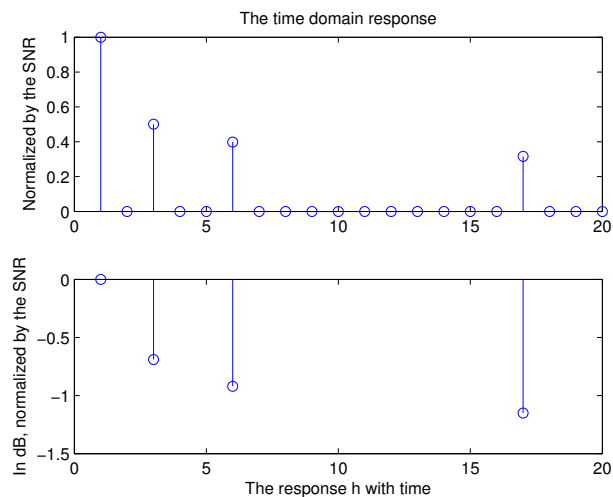


Figure 1:

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。

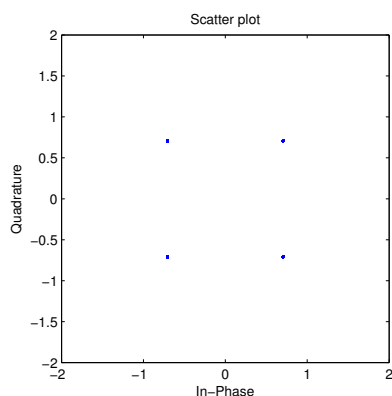


Figure 2: 输入前星座图

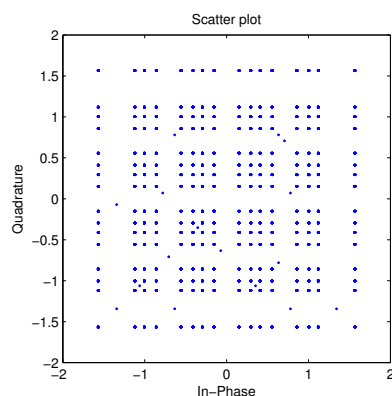


Figure 3: 输入后星座图

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

```

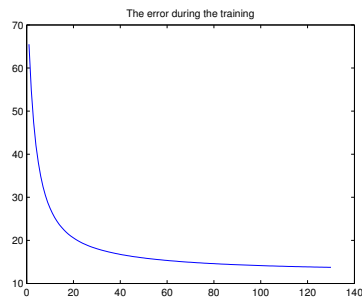


Figure 4: 训练中误差曲线

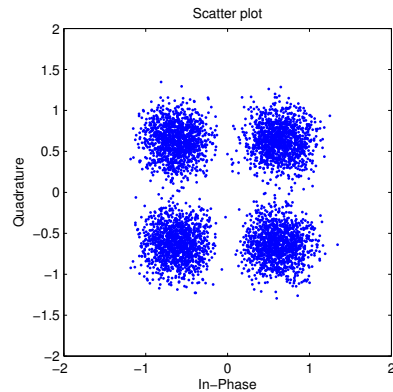


Figure 5: 均衡化后星座图

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 $\text{SNR}=[0:15]\text{dB}$, 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:

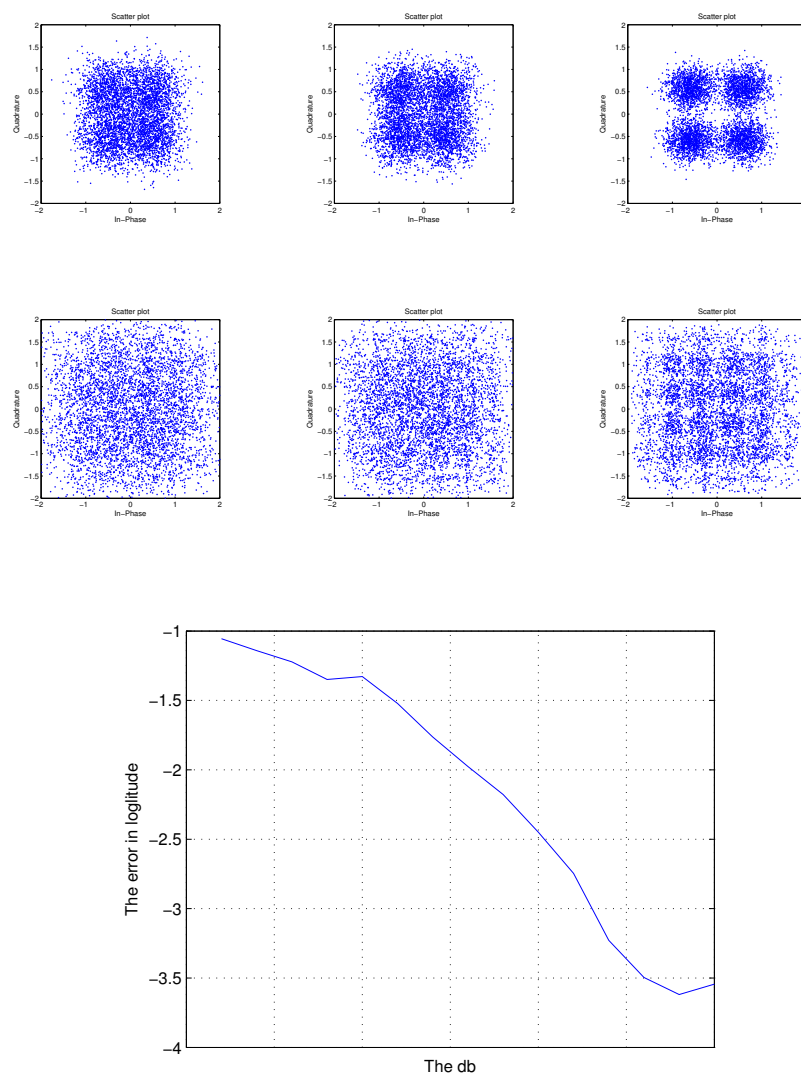


Figure 6: BER误差曲线

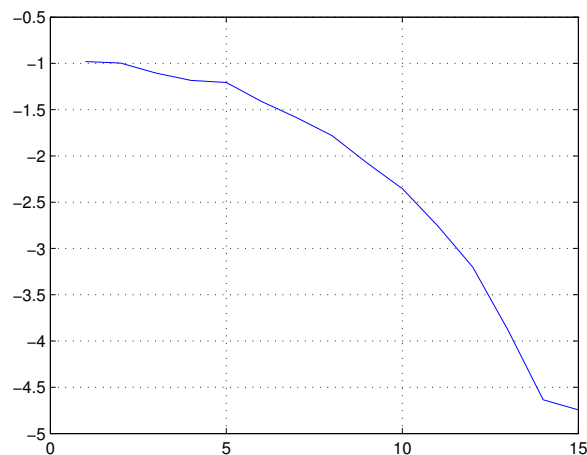


Figure 7: 该算法BER曲线

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: $T_C = 9/(16\pi f_m)$)