

通信原理 实验 7 线性均衡器-迫零算法

一、实验目的

- 1、了解线性均衡器；
- 2、了解迫零算法；
- 3、熟悉眼图的使用。

二、实验仪器

- 1、序列码产生器
- 2、信号中继器
- 3、加多径干扰
- 4、迫零均衡
- 5、信号分布图
- 6、眼图

三、实验的理论基础

1. 线性均衡器：

信道均衡技术大致分为两大类：线性均衡和非线性均衡。在信道频率响应特性比较平坦、所引起的码间干扰不太严重的情况下，可采用线性均衡。线性均衡器可用横向滤波器实现，其基本结构如图 7.1 所示。

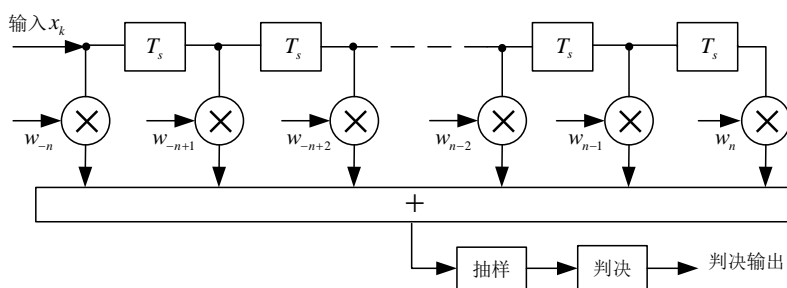


图 7.1 线性横向滤波器型均衡器的结构

横向滤波器由 $2N$ 个延迟单元、 $2N+1$ 个抽头系数及一个加法器构成。输入信号经延迟单元后，分别与各自相应抽头系数 w_n 相乘，然后相加，送至抽样判决器。

要实现信道的均衡，关键是要计算出横向滤波器的抽头系数，常用两种方法来得到横向滤波器的抽头系数：一是以最小峰值畸变为准则的迫零均衡算法；另一种是以最小均方

误差为准则的均方误差均衡算法。

2. 迫零算法:

迫零算法在分析中略去了信道的加性噪声,所以在实际存在噪声的情况下由该算法得到的解不一定是最佳的,但它易于实现。因此,在信道的频率响应特性比较平坦,所引起的码间干扰不太严重的情况下,由该算法可达到信道均衡的效果。

首先考虑横向滤波器的延迟单元为无穷多个的理想线性均衡,此时:

$$h_k = \sum_{n=-\infty}^{\infty} w_n x_{k-n} \quad (7-1)$$

为消除接收端抽样时刻的码间干扰,希望:

$$h_k = \sum_{n=-\infty}^{\infty} w_n x_{k-n} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad (7-2)$$

在实际应用中,横向滤波器的抽头系数不可能为无穷大,常用的是截短的横向滤波器,因而不可能完全消除接收端抽样时刻的码间干扰,只能适当调整各抽头系数,尽量减小码间干扰。此时,可使:

$$h_k = \sum_{n=-N}^N w_n x_{k-n} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm N \end{cases} \quad (7-3)$$

当 k 为其它值时, h_k 也可能是非零值,这就使得均衡器输出端存在残留码间干扰。

3. 眼图:

如果将接收波形输入于示波器垂直放大器,同时调整示波器的水平扫描周期为输入码元周期的整数倍(同步),这时在示波器显示屏可观察到类似于人眼的图案,称为眼图。若用示波器观察二进制码序列,在一个码元周期内只能观察到一只“眼睛”,在观看三元码(三电平码)时,可看到两只“眼睛”,对于 M 元码(M 电平码),则在一个码元周期内有 $(M-1)$ 只“眼睛”。从“眼睛”的张开程度,可用来观察码间干扰和加性噪声对接收基带信号波形的影响,从而估计出系统的性能。

四、实验内容及步骤

1、按照实验模型图 7.2 中所示从器材库中选取器材进行连接:本实验通过搭建采用迫零算法的线性均衡器来对加入多径干扰的信号实现均衡的实验来观察均衡前后输出的信号分布图和眼图,加深对信道均衡的理解。

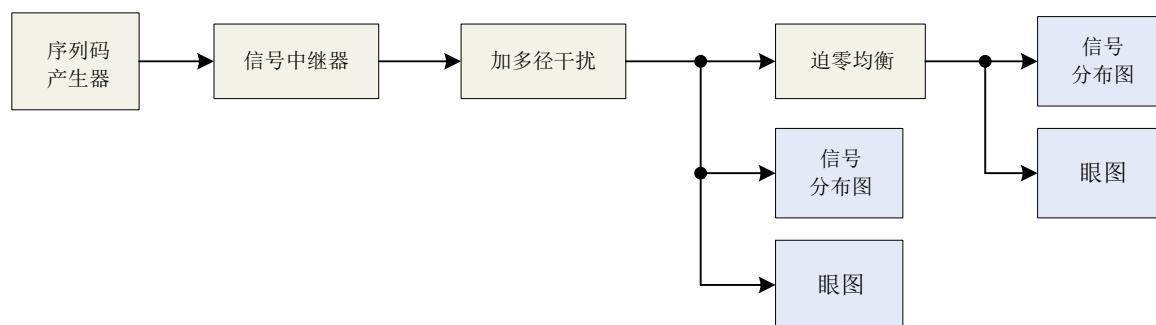


图 7.2 采用迫零算法实现信道均衡实验框图

2、设置器材参数：（关于器材使用方法可以参考器材的参数说明）

（采用迫零算法实现信道均衡实验）

序列码产生器：序列的个数设置为 512；

信号中继器：高电平的截止点设置为 0.5，低电平的截止点设置为 0.49，输出的高电平值设置为 1，输出的低电平值设置为-1；

加多径干扰：多径信道的冲激响应设置为{0.02, 0.05, 0.1, -0.2, 1, -0.2, 0.1, 0.05, 0.02}；

迫零均衡：多径信道的冲激响应设置为{0.02, 0.05, 0.1, -0.2, 1, -0.2, 0.1, 0.05, 0.02}，均衡器的抽头数设置为 5；

信号分布图：分布图的颜色设置为蓝色；

眼图：每个轨迹的采样点数设置为 4。

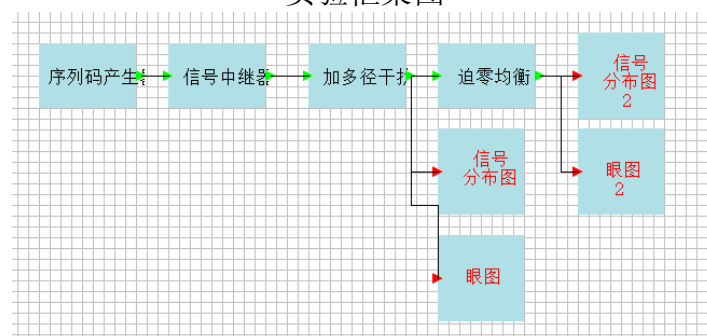
3、以上述仿真参数运行实验模型：

（1）观察加入多径干扰的信号在采用迫零算法的线性均衡器实现均衡前后的信号分布图和眼图，得出实验结论。

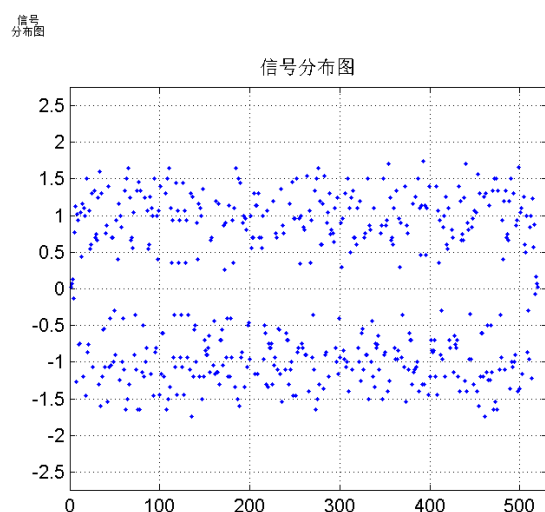
五、实验结果及分析

1、完成实验的仿真，并填写观察结果（包括加入多径干扰的信号在采用迫零算法的线性均衡器实现均衡前后的信号分布图和眼图的实验结果对比）

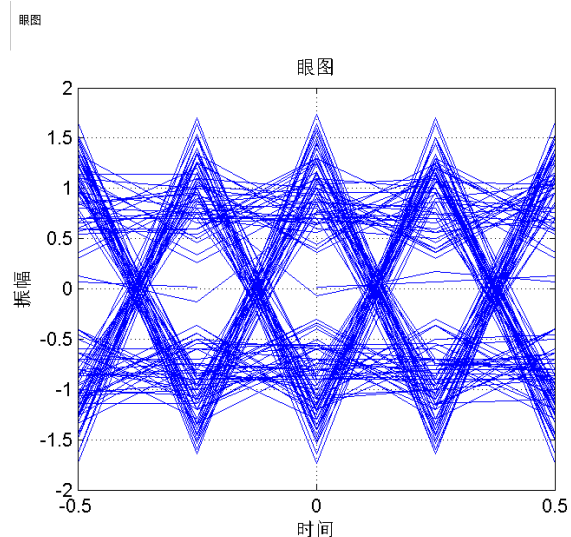
实验框架图



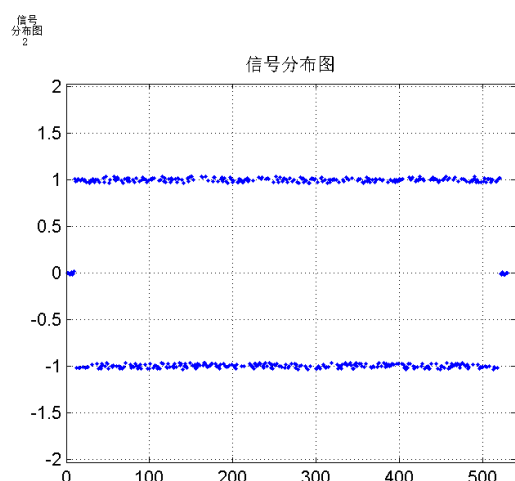
加入多径干扰后的信号分布图



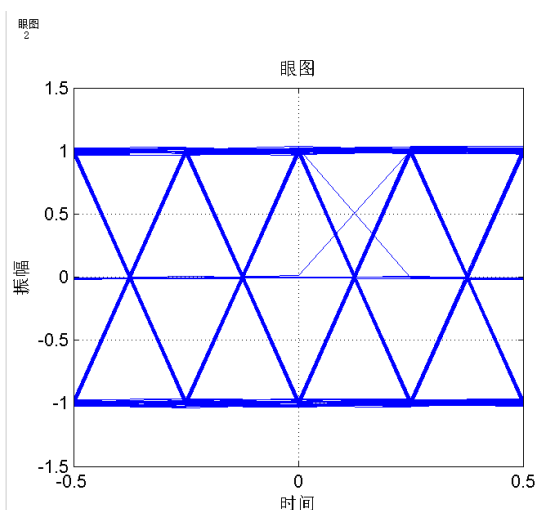
加入多径干扰后的信号眼图



迫零均衡后的信号分布图



迫零均衡后的信号眼图



从上面四幅图可以看出，只加入多径干扰的信号由于很大的码间串扰，所以其分布图中的点分布在 ± 1 之间很杂乱，而迫零均衡后的信号分布图中的点几乎全部在 ± 1 附近，只有较小的起伏。

这说明经过迫零均衡后，信号中的多径干扰明显减小了。

同时未加入迫零均衡的眼图发生严重的抽样信号畸变、过零点畸变，眼图张开不大，其噪声容限很小。而加入了迫零均衡的眼图尽可能的消除了干扰带来的影响，示波器的迹线清晰明确。

2、简述迫零算法的优缺点。

优点：易于实现，从实验来看效果良好。迫零算法在码间干扰不太严重的情况下，可达到信道均衡的效果

缺点：忽略了信道的加性噪声，对于信道的噪声模型有一定的简化，在实际存在噪声的情况下由该算法得到的解不一定是最佳的。实际上，横向滤波器的抽头系数不可能无穷大，只能适当调整各抽头系数，尽量减小码间串扰，这就使得均衡器输出端存在残留码间干扰。

六、实验总结

通过本次实验，我们能将课上较为晦涩的眼图，用软件较好的实现出来，让我们能够更加深刻的领悟其中的知识。同时，也进一步了解了码间串扰对于信号的影响以及迫零均衡对码间串扰的改善作用。