实验1 调制解调

信息005 王靳朝 2206113602

1. 实验内容

1.2ASK幅移键控

2.2FSK频移键控

3.2PSK相移键控

4.QAM调制

1. 实验原理

2.1 IQ调制基本原理

IQ调制是经常使用的调制技术。它使用两路正交的载波信号（即正弦和余弦信号），将原始基带信号分为I路和Q路，然后将它们与正弦和余弦信号进行乘法运算，得到两个调制信号，之后将两个已调制信号求和得到。在解调时，分别将正弦和余弦载波与I路和Q路信号相乘实现频谱反搬移，滤波之后将低频两路信号相加即可恢复原始基带信号。

此外IQ调制在信道中传输的仅是单边带信号，只存在正频率分量。统一根据三角公式，只要控制IQ两路信号的幅度，合成之后即可控制已调载波的幅度和相位，从而传输更多信息。

2.2 2ASK、2FSK、3PSK调制解调原理

2ASK(幅移键控)是指用数字信号01码流来调制载波的幅度。一般情况下，数字基带信号可以表示为：

其中：

是宽度为的门函数，如此可以用数字基带信号即为高低电平，可以表示0-1码流。将数字基带信号和余弦载波相乘即可实现2ASK数字调制。

2ASK解调时可以使用同步解调，和正弦载波相乘之后低通滤波实现频谱恢复基带信号。

2FSK频移键控，指用数字信号控制载波频率的调制方式，即用载波的频率来传送数字信息，2FSK 便是指符号“0”对应于载频 ，而符号“1”对应于载频 的调制方式。 一般情况下，载频和载频 相差不会太大从而增大系统带宽。

2FSK可以使用相干或者非相干的方式解调，此外2FSK信号还可以使用过零比较进行解调。

2PSK相移键控是用数字信号0、1来改变载波信号的相位值的调制方法，2PSK中，当发送数字信号 0 时，使载波发送初相为0的波形，当发送数字信号1时，使载波发送初相为的波形。解调时，为准确恢复相位，需使用相干解调，用与载波同频同相的信号与接收信号相乘以得到发送信号。

2PSK必须使用同步解调进行解调，和本振相乘实现极性比较，从而恢复绝对码型。

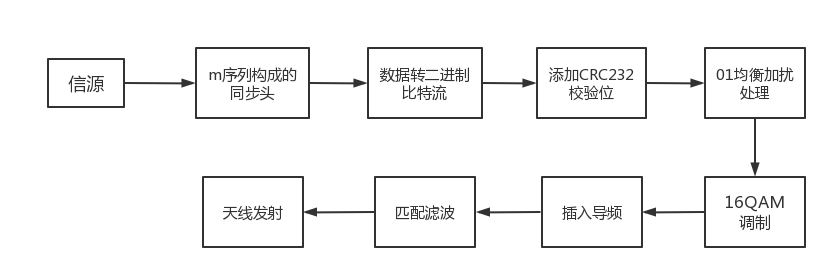
2.3 QAM调制原理

正交幅度调制是一种在两个正交载波上进行幅度调制的调制方式。这两个载波通常是相位差为90度()的正弦波，因此被称作正交载波。这种调制方式因此而得名。

QAM发射信号集可以用星座图方便地表示。星座图上每一个星座点对应发射信号集中的一个信号。设正交幅度调制的发射信号集大小为N，称之为 N-QAM。星座点经常采用水平和垂直方向等间距的正方网格配置。数字通信中数据常采用二进制表示，这种情况下星座点的个数一般是2的幂。常见的QAM形式有16- QAM、64-QAM、256-QAM等，星座点数越多，每个符号能传输的信息量就越大。但是，如果在星座图的平均能量保持不变的情况下增加星座点，会使星座点之间的距离变小，进而导致误码率上升。

1. 实验过程

3.1 发送端整体框图



3.2发送端数据帧结构

发送数据包含：m序列同步头、导频、信息位、CRC32 校验序列，其中，信息位和校验序列还需经过扰码器加扰。

信息位由一段长为 380 的字符串产生，将字符串转换为 ASCII 码后，信息位长 380\*8=3040 bits。

由这些信息位产生 CRC32 校验序列，其产生原理为在二元域上用这些信息位除以 CRC32 指定的多项式，取其 32 位余数作为校验序列，将 32 位余数放置到信息位后，其长为 32 bits。

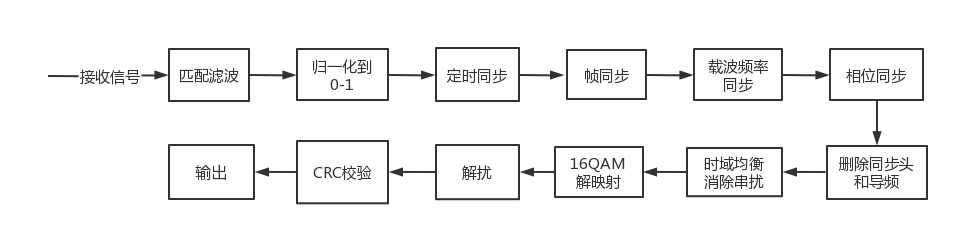
然后对信息位和校验序列构成的序列进行加扰。加扰过程采用乘法（自同步）扰码器。加扰原理在报告最后叙述。

信息位、校验序列按照64QAM调制，得到序列长度为(3040+32)/6=512，然后插入导频。

导频序列为[1+j -1-j 1+j -1-j -1-j 1+j -1-j 1+j]，共 8 symbols，将上段中的序列每 64 位插入一段导频，即总共插入8段导频，序列长度变为8\*8+512=576 symbols。最后在序列前插入训练序列。

m序列同步头长127 bits，是由7位移位寄存器产生的m序列,具体为： 1,1,1,1,1,1,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,1,1,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,0,1,1,1,1,0,11,0,1,0,1,1,0,1,1,0,0,1,0,0,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,1,1,1,1,0,0,1,0,1,0,1,1,1,0,0, 1,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0，将训练序列 按BPSK调制，并放入序列最前方，得到长为576+127=703 symbols 的发送号集。

3.3 接收端整体框图



在接收端，经定时同步和帧同步后，收到的信号可以表示为， 其中为发送信号，为由于频偏造成的误差，为由于初相不同造成的偏差，因此需要经过三次载波同步和一次相位同步来消除该误差。

为了消除码间串扰，可再经过时域均衡后进行解码。因为发送端进行了加扰，因此在接收端进行解扰，解扰与加扰为逆过程，加扰采用了乘法（自同步）加扰，因此接收端采用加法（同步）加扰法进行解扰。 最后进行CRC校验，此例中将所得数据的最后 32 位去掉后，在二元域除以 CRC32 的生成多项式，若得到的余数与收到数据的最后 32 位相同，则说明接收数据判决正确，否则说明产生误码。

3.4 接收时对帧的拆解

接收时，在同步之后首先对m序列同步头进行拆解，然后按每 64+8=72 位得到数据帧，其中 64 位数据位，8 位导频序列，然后将导频序列删除。

3.5 QAM调制解调的具体实现

调制解调过程如下：

表格

描述已自动生成

在接收端：

表格

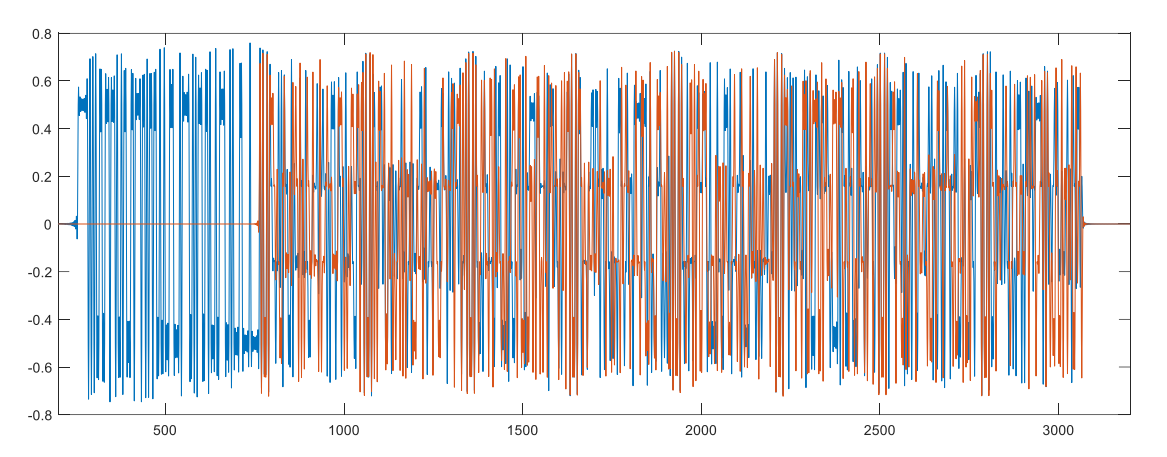
描述已自动生成

表格

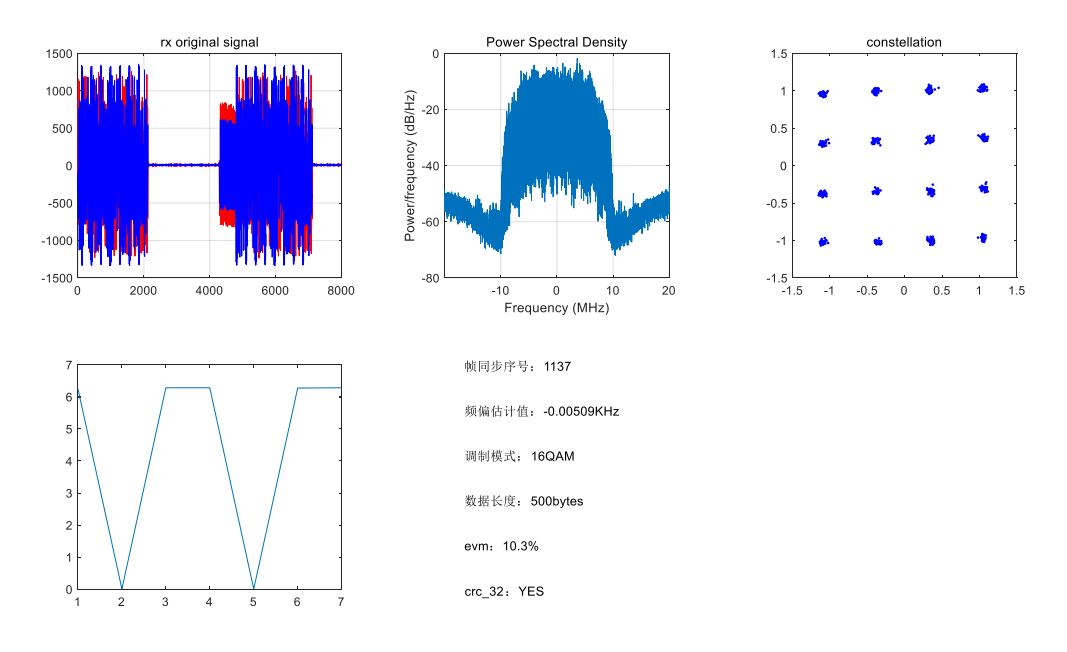
描述已自动生成

1. 实验结果与分析

运行程序得到的结果如下：



发送端的发送信号



接收端的接收结果

接收端收到的波形如图所示，第一幅图为收到的原始信号；第二幅图为信号的功率谱，可见其功率主要集中在-10MHz~10MHz 之间；第三幅图为接收信号星座图，可见清晰的 16QAM 的结构，说明信道条件很好，信噪比很高；第四幅图为每一帧的初始相位。

1. 思考题

1.实验中的符号率、采样率、比特率各是多少？之间有怎样的对应关系？

码元速率10M /Hz，采样率40Mhz，比特率40M b/Hz

由于存在四倍增采样，实际码元速率为40/4=10M。比特率为符号率\*（M为符号个数，且独立等概率出现）

2.你实现的QAM映射是格雷映射吗？格雷映射有什么优点？画出你的QAM星座图

实现的QAM映射是格雷映射。

QAM信号点通常使用格雷码映射进行排列，这种排列方式可以最大程度地减小符号之间的误码率。使用格雷码映射可以保证任意相邻的两个信号点之间只有一个位差异，因此它大大地减少了由一个状态到下一个状态时逻辑的混淆，这样与其它编码同时改变两位或多位的情况相比更为可靠，即可减少出错的可能性。

QAM星座图为：

