

ACSE Labs5

Lab Report

Lab 05 - Digital Modulation

姓名：廖冠勳

系級：電信

學號：0860306

A. 實驗目的

- 瞭解 Communication System 特性，包含 PAM, QAM 等 mapping 過程。
- 了解通訊系統的指標：symbol error rate, bit error rate 如何計算並模擬實際與理論值。
- 了解如何在通訊的基底所展開的 space 上進行 AWGN。

B. 實驗原理

- PAM 與 QAM 的比較：

- PAM：

PAM bandpass waveform

$$s_m(t) = \mathbf{Re} \{ A_m g(t) e^{j 2\pi f_c t} \} = A_m g(t) \cos(2\pi f_c t), \quad t \in [0, T_s),$$

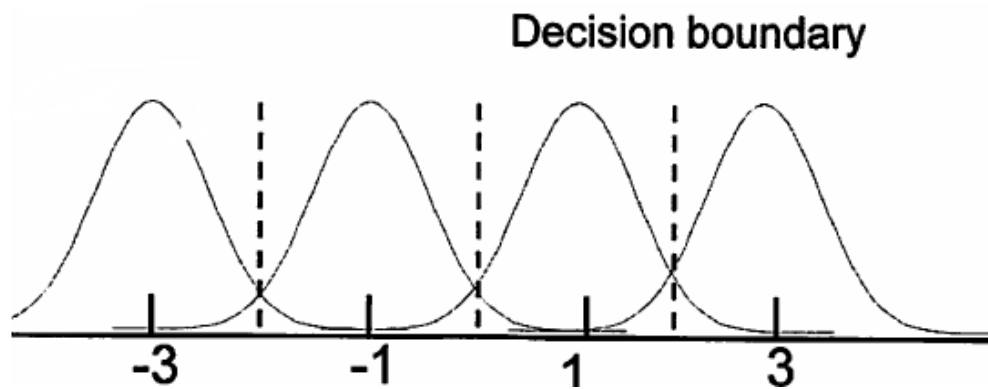
where $A_m = (2m - 1 - M)d$, and $m = 1, 2, \dots, M$

Example 1 (M=4)

$$\begin{cases} s_1(t) &= -3 \cdot d \cdot g(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) \\ s_2(t) &= -1 \cdot d \cdot g(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) \\ s_3(t) &= +1 \cdot d \cdot g(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) \\ s_4(t) &= +3 \cdot d \cdot g(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) \end{cases}$$

The amplitude difference between two adjacent signals = 2d.

PAM 使用 cosine 作為調變，因此若要將此訊號的訊息投影到複數平面上時，可以直接以 cosine 作為基底，此時基底只有一軸，可作如下的投影。



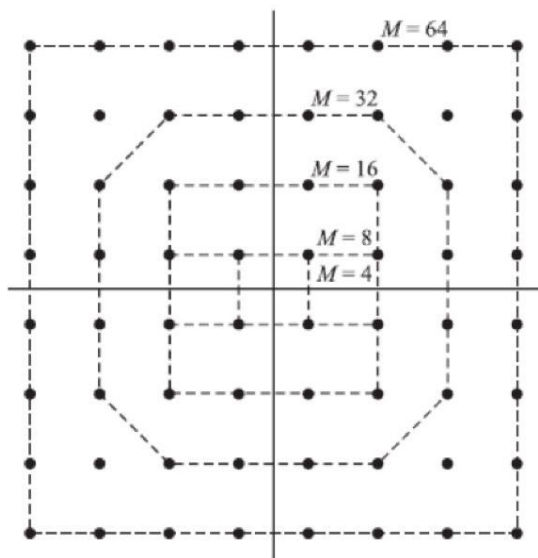
因為訊號經過 channel 所產生的 AWGN，所以訊號會以高斯分布在投影的軸上，以 maximum a posteriori 來說，最佳的決策點會落在兩個 Gaussian Distribution 的交界點，此交接點即為 decision boundary。

■ QAM 系統：

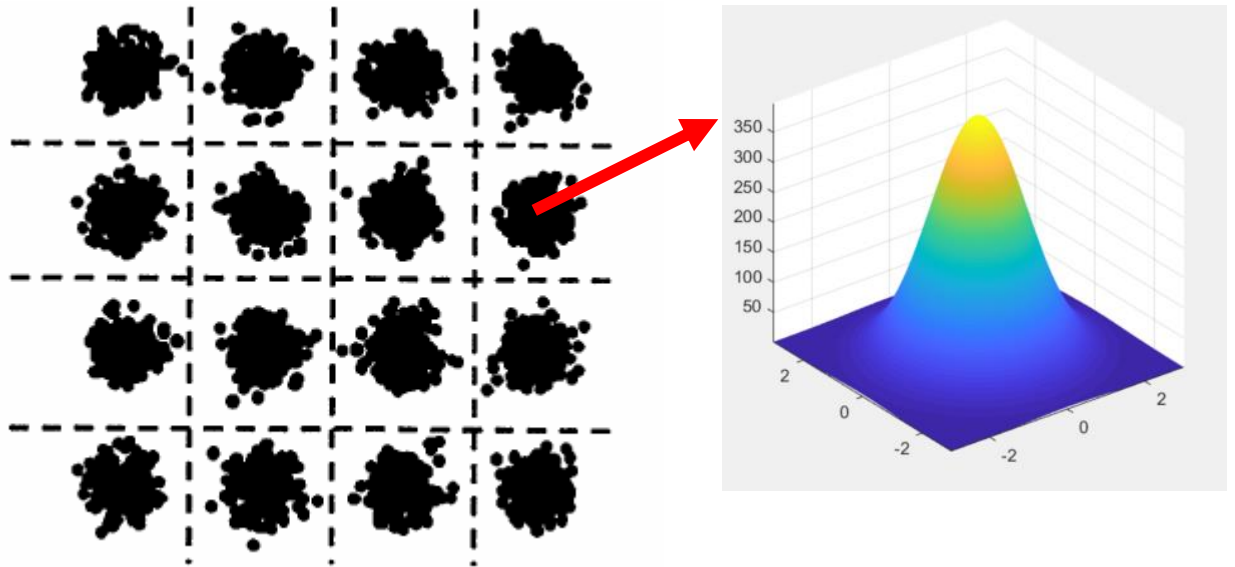
$$s_m(t) = A_{mi} \underbrace{g(t) \cos(2\pi f_c t)}_{\phi_1} - A_{mq} \underbrace{g(t) \sin(2\pi f_c t)}_{\phi_2}$$

QAM 以 cosine 與 sine 波形作為基底傳送，並將訊號載在 A_{mi} 與 A_{mq} 上面，解由此組傳送訊號可以有效增加訊號的傳送的 bit 數目，並增加其傳送頻寬。

而我們將傳送訊號以 bit 數目可表達的數字 M 以如下的方式表示



經過傳送的管道後，訊號會加上 AWGN，使每組訊號呈現三維的 Gauss 分布：



以 PAM 作為類比，我們可以將訊號以 Gauss 分布的交集邊界作為 Decision Boundary。

實際解調的 QAM 的方法如下：

```
function r_sig = QAMdemod(sig)
    r_sig = real(sig) % 接收訊號
    x = (0:15) % 模擬16-QAM的每個訊號在複數平面上的投影
    std_QAM = QAMmod(x)
    for i = 1:length(sig)
        [argvalue, argmin] = min(abs(sig(i)-std_QAM)) % 將接收到的訊號與標準16-QAM的訊號相比，找距離最小的訊號
        % 所代表的指標值
        r_sig(i) = x(argmin) % 以該指標值找出標準的16-QAM訊號
    end
end
```

藉由計算接收訊號與原訊號之間的距離取距離最小的標準投影點，即可猜測原來的訊號。

- SNR 的單位：

假設一組傳送訊號的平均使用功率為 E_s ，若有 M 個 bits，則傳送功率與單位 bit 的傳送能量關係如下所示：

$$E_s = ME_b.$$

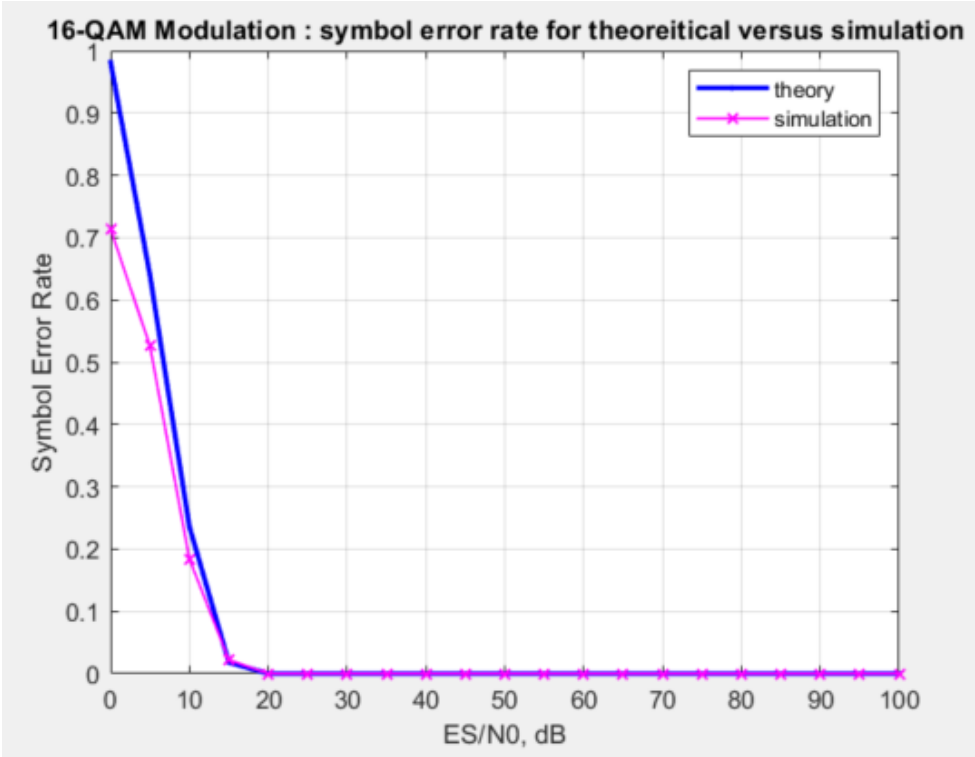
物理意義即一組訊號的能量平均的落在每個 bit 上，因此將 SNR 的單位以 BIT 做為表示關係如下。

$$\text{SNR} = \frac{E_s}{N_0} = \frac{ME_b}{N_0} \Rightarrow \frac{E_b}{N_0} = \frac{\text{SNR}}{M}$$

C. 實驗模擬結果與分析

■ 實數與虛數系統：

● Result：

Signal Type	純粹投影到 Signal Space 不考慮傳送載波頻率與訊號資訊
Carrier Frequency	
Symbol error rate 之間的比較	<div><p>16-QAM Modulation : symbol error rate for theoretial versus simulation</p></div>
分析	實際與理論值的誤差來自於 Gaussian Model 的假設，理論的 Gaussian Model 為定性的，所以計算 Error Rate 時會以模型的估計值作為衡量，此為與實際狀況的誤差。