

無線通訊積體電路 Final Project

題目 2: Depth-first MIMO detector for 4x4 MIMO and QPSK.

電機 4B 107501019 魏子翔 電機 4B 107501020 蘇正

一、前言

請確保 finalproject.m、FinalProject2.mat、test_pattern.mat 檔案在同一路徑內，執行 finalproject.m 即可。

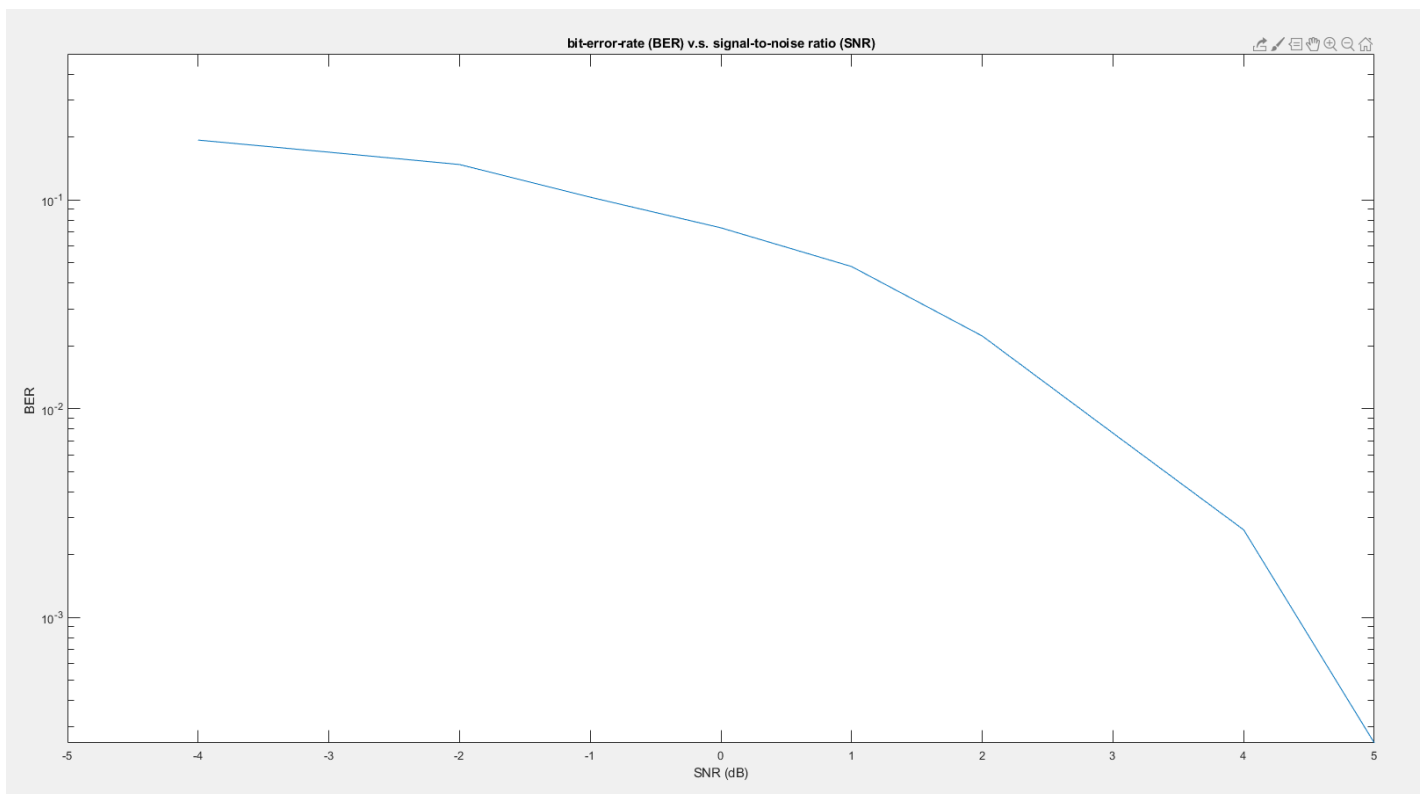
二、結果

1. FinalProject2.mat 解出來的結果 X_{ML} 存於變數 x_solution 中：

```
x_solution =  
  
    1.0000 - 1.0000i  
    1.0000 + 1.0000i  
   -1.0000 + 1.0000i  
   -1.0000 - 1.0000i
```

2. BER vs SNR

BER 對 SNR 作圖的結果如圖一所示：



圖一 BER 對 SNR 作圖

在 test_pattern.mat 中有大小為 4x1000 的變數 x_test，是我們的測資。
每個 column 有四個成員，代表一組發射訊號，1000 個 column 則是我們拿 1000 組發射訊號做為全部測資。

3. SNR 定義

$$\text{SNR} = 10 \times \log_{10} \frac{E\{|x|^2\}}{E\{|n|^2\}}$$

因為每個發射信號都屬於 $\{\pm 1 \pm i\}$ ，因此發射信號期望值 $E\{|x|^2\} = 2$ ，
而 $E\{|n|^2\}$ 則是 noise 信號的期望值，

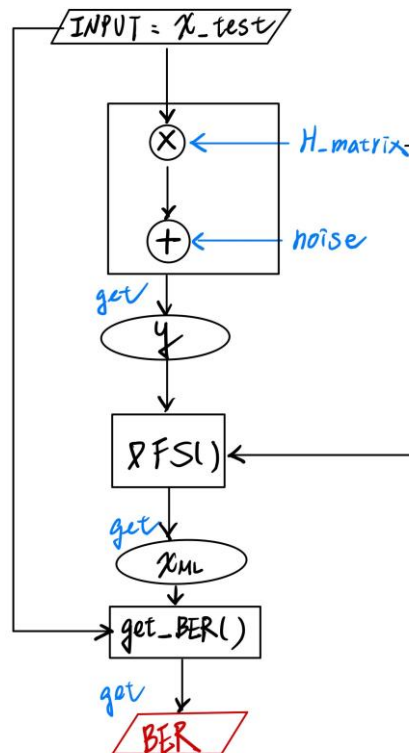
因此 $E\{|n|^2\} = 2 \times 10^{-\text{SNR}/10}$

我們會先設定好一個 SNR 值，即可由上式求出在該 SNR 值下， $E\{|n|^2\}$ 是多少，再藉由它去(偽)隨機地決定 noise 信號。

三、演算概念

1. 總架構

透過完整執行圖二流程可以用一組已知 noise、原始發射信號 x_test、通道矩陣 Hmatrix，產生一個 BER，因此就會有一組已知 SNR 和 BER，
假設當我繪製 BER vs SNR 的曲線需要 10 個點，就執行 10 次下列流程即可(程式預設 noise、x_test 的 size 都是 4x1000)：

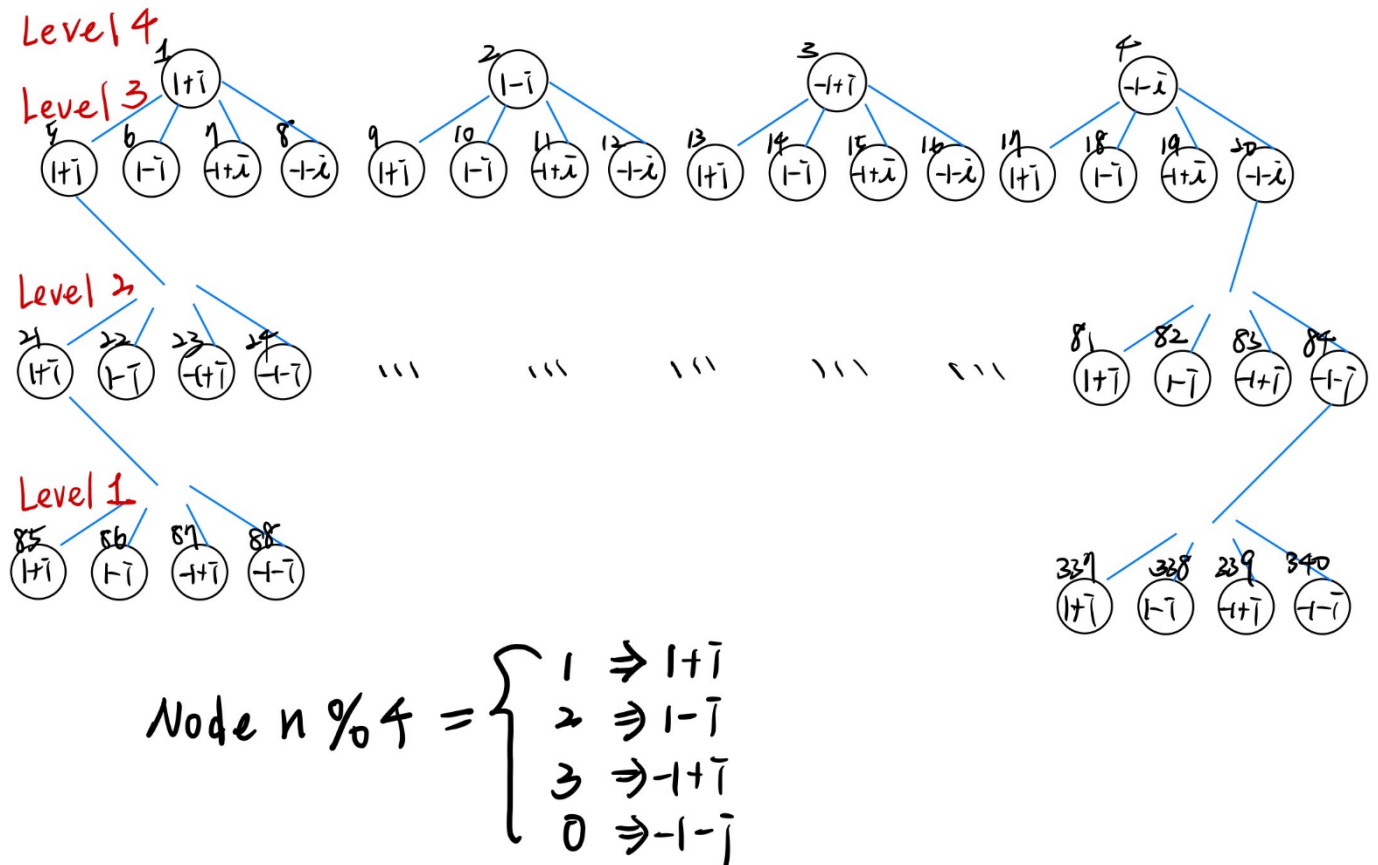


圖二 總架構圖

2. DFS 深度優先搜尋

給定 size 為 4×4 的通道矩陣、size 為 4×1 的接收信號 y ，可以獲得 size 為 4×1 的 X_{ML} ，DFS 的概念如下：

Level 1 以外的每個 node 會往下長 4 個 node，以當前 node 編號乘以 4 之後，分別加上 1、2、3、4 為子節點編號。



圖三 DFS 存取資料結構圖

如上圖，共有 340 個 node，我們使用 $\text{Data}[340]$ 存取每個 node 代表的複數值；再使用 $\text{cost}[340]$ 存取每個 node 的 PED，只要給 node 編號即可對應到該 node 的複數值與 PED，而 DFS 虛擬碼如下所示：

```

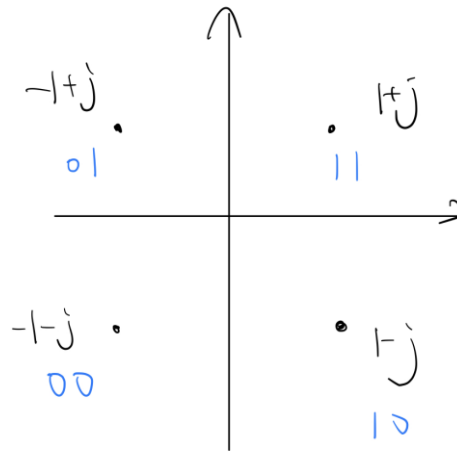
Function DFS ( Hmatrix, y )
    Q, R = qr(Hmatrix);
     $\tilde{y} = Q^H \times y$ ;
    D = Infinity;
    將結點編號 4、3、2、1 依序 push 進 stack;
    算出最上層(Level 4) 4 個 node 的 PED;
    While(stack 不為空)
        n=Pop stack;
        算出 d = n 的 PED;
        If n 不是樹葉節點 then
            If d<D then
                把 n 的 4 個子節點編號大到小依序 push 進 stack;
            End if
        Else
            If d<D then
                D=d;
                answer = n;
            End if
        End if
    End while
    使用編號 answer 的 node 中的複數值和它 3 個祖先的複數值組成
    4x1 的陣列，即為 $X_{ML}$ ;
End Function

```

3. BER 計算

給定兩矩陣要得到 BER。因為是 QPSK，所以矩陣的每個成員代表 2 個 bits，針對兩個矩陣的每位成員去一一檢查是否一樣。

如果不一樣，要看是錯幾個 bit，搭配我們自定義的星座圖(圖四)來看，如果不一樣的組合是 $1+i$, $-1-i$ 或是 $-1+i$, $-1-i$ ，則根據星座圖可以知道錯了 2 個 bits，反之，若不一樣的組合為不是這些，則可以知道錯了 1 個 bit，最後回傳 錯誤的 bit 數÷總 bit 數 即可。



圖四 我們定義的星座圖

4. Noise 給定

先根據我們設定的 SNR，由上面已知的式子

$$E\{|n|^2\} = 2 \times 10^{-SNR/10}$$

算出 noise 大小期望值 $r = E\{|n|\}$ 。

之後針對矩陣 $H_{matrix} * x$ 的每個成員，都要加上 $r * (\cos \theta + i * \sin \theta)$ ，而這個 θ 則是我們隨機得到的角度，介於 $0 \sim 2\pi$ 。