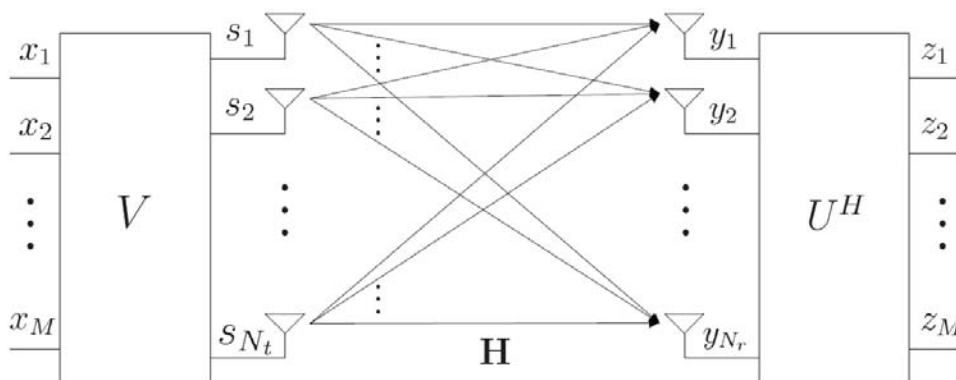


Exercise 12

12.1 BER over MIMO Rayleigh fading channel



考慮多輸入多輸出(MIMO)系統,傳送端的天線數為 N_t ,接收端的天線數為 N_r , 傳送天線送出訊號 $s_1[m], s_2[m], \dots, s_{N_t}[m]$ 後,接收訊號為

$$\begin{bmatrix} y_1[m] \\ y_2[m] \\ \vdots \\ y_{N_r}[m] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11}[m] & h_{12}[m] & \cdots & h_{1N_t}[m] \\ h_{21}[m] & h_{22}[m] & \cdots & h_{2N_t}[m] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{Nr1}[m] & h_{Nr2}[m] & \cdots & h_{NrN_t}[m] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1[m] \\ s_2[m] \\ \vdots \\ s_{N_t}[m] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1[m] \\ w_2[m] \\ \vdots \\ w_{N_r}[m] \end{bmatrix}$$

其中傳送訊號的總能量為 E , $w_k[m]$ 為複數高斯白雜訊 $CN(0, N_0)$, $h_{ij}[m]$ 是通道係數,其機率分佈為 $h_{ij}[m] \sim CN(0,1)$, 且假設 $h_{ij}[m]$ 隨著時間獨立變化.令通道係數矩陣的 SVD 分解為 $\mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H$, 而訊號 $s_1[m], s_2[m], \dots, s_{N_t}[m]$ 是由 $x_1[m], x_2[m], \dots, x_M[m]$ 訊號經過 \mathbf{V} 做前置處理,而接收段則將接收訊號通過 \mathbf{U}^H 將訊號分解出獨立 eigen-channel 的輸出.

(a) 請以 Matlab 程式模擬產生 8 個等機率隨機位元訊號,及對應的 4 個 QPSK 訊號,分別在四個 eigen-channel 傳送, 經過傳送端及接收端的線性處理之後,在接收端偵測 QPSK 訊號, 並統計位元錯誤率(BER). 在圖上畫出橫軸為 $\text{SNR}=E/N_0$ ($\text{SNR}_b=0 \text{ dB}, 3\text{dB}, 6\text{dB}, 9\text{dB}, 12\text{dB}$),縱軸為位元錯誤率的圖 (錯誤率請用 log-scale 繪圖),圖上包含 4 條曲線,分別為 $(N_t, N_r) = (4, 4), (4, 6), (4, 8), (4, 10)$ 的錯誤率.

(b) 請以 Matlab 程式模擬產生 4 個等機率隨機位元訊號,及對應的 2 個 QPSK 訊號,在四個 eigen-channel 傳送兩次 2 個 QPSK 訊號,經過傳送端及接收端的線性處理之後,將 eigen-channel 的輸出訊號以 MRC 結合,偵測 QPSK 訊號, 並統計位元錯誤率(BER). 在圖上畫出橫軸為 $\text{SNR}=E/N_0$ ($\text{SNR}_b=0 \text{ dB}, 3\text{dB}, 6\text{dB}$,

9dB, 12dB),縱軸為位元錯誤率的圖 (錯誤率請用 log-scale 繪圖),圖上包含 4 條曲線,分別為 $(N_t, N_r) = (4, 4), (4, 6), (4, 8), (4, 10)$ 的錯誤率.

- (c) 請以 Matlab 程式模擬產生 2 個等機率隨機位元訊號,及對應的 1 個 QPSK 訊號,在四個 eigen-channel 傳送此 QPSK 訊號,經過傳送端及接收端的線性處理之後,將 eigen-channel 的輸出訊號以 MRC 結合,偵測 QPSK 訊號,並統計位元錯誤率(BER). 在圖上畫出橫軸為 $\text{SNR} = E/N_0$ ($\text{SNR}_b = 0 \text{ dB}, 3 \text{ dB}, 6 \text{ dB}, 9 \text{ dB}, 12 \text{ dB}$),縱軸為位元錯誤率的圖 (錯誤率請用 log-scale 繪圖),圖上包含 4 條曲線,分別為 $(N_t, N_r) = (4, 4), (4, 6), (4, 8), (4, 10)$ 的錯誤率.