Exercise 9

9.1 BER over Rayleigh flat-fading channel

考慮在 Rayleigh flat-fading 通道中傳送 QPSK 訊號,接收訊號為

$$y[m] = h[m]x[m] + n[m]$$

其中x[m]是複數表示的 QPSK 訊號,且位元平均能量為 $E_{avb}=\mathbb{E}[|x[m]|^2]/2$, n[m]為複數高斯白雜訊,實部及虛部為獨立的高斯隨機變數 $N(0,N_0/2)$, h[m]是 Rayleigh fading 通道係數,其機率分佈為 $h[m]\sim CN(0,1)$,且假設h[m]隨著時間獨立變化.請以 Matlab 程式模擬產生等機率隨機位元訊號,及接收端的輸出訊號,偵測訊號後統計位元錯誤率(BER). 在圖上畫出 $SNR_b=E_{avb}/N_0$ 為 0 dB, 3dB, 6dB, 9dB, 12dB 的位元錯誤率圖(錯誤率請用 log-scale 繪圖).

9.2 BER over Rician flat-fading channel

考慮在 Rician flat-fading 通道中傳送 QPSK 訊號,接收訊號為

$$y[m] = h[m]x[m] + n[m]$$

其中x[m]是複數表示的 QPSK 訊號,且位元平均能量為 E_{avb} = $\mathbf{E}[|x[m]|^2]/2$, n[m]為 複數高斯白雜訊,實部及虛部為獨立的高斯隨機變數 $N(0, N_0/2)$, h[m]是 Rician fading 通道係數,

$$h[m] = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa+1}} e^{j\pi/4} + \sqrt{\frac{1}{\kappa+1}} CN(0,1)$$

其中 κ 為 K factor.假設h[m]隨著時間獨立變化.請以 Matlab 程式模擬產生等機率隨機位元訊號, K factor 數值分別為 $\kappa=0.5$, 1, 2, 4 的通道係數,及接收端的輸出訊號, 偵測訊號後統計位元錯誤率(BER). 在圖上畫出 SNR $_b=E_{avb}/N_0$ 為 0 dB, 3dB, 6dB, 9dB, 12dB 的位元錯誤率圖(請將 **12.1** 及 **12.2** 的位元錯誤率畫在同一張圖上).

9.3 Outage probability over Rayleigh or Rician fading channels

考慮在 flat-fading 通道中傳送 QPSK 訊號,接收訊號為

$$y[m] = h[m]x[m] + n[m]$$

其中訊號x[m]的位元平均能量為 E_{avb} = $\mathbf{E}[|x[m]|^2]/2$, n[m]為複數高斯雜訊 $CN(0, N_0)$, h[m]是 Rician fading 通道係數,

$$h[m] = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa+1}} e^{j\pi/4} + \sqrt{\frac{1}{\kappa+1}} CN(0,1)$$

其中 κ 為 K factor,假設h[m]隨著時間獨立變化.此接收訊號的訊號雜訊比為

$$\rho = \frac{\mathbf{E}[|x[m]|^2]|h[m]|^2}{N_0}$$

請以 Matlab 程式模擬隨機產生 K factor 數值分別為 κ =0, 0. 5, 1, 2, 4 的通道係數, 計算訊號雜訊比 ρ 之後,統計小於 ρ_{th} = 3 中斷機率. 在圖上畫出 SNR_b= E_{avb} / N_0 為 0 dB, 3dB, 6dB, 9dB, 12dB 的中斷機率圖. [註: κ =0 即是 Rayleigh fading 通道]