

LAB 6 The Simulation Frequency Synchronization – using Matlab

1. **實驗目的**：針對課堂上所介紹的 Frequency Synchronization Algorithm 進行程式的撰寫與模擬，透過程式的模擬，以其讓學生對 OFDM 的頻率同步有更深刻的了解與體驗。
2. **理論基礎**：通訊原理
3. **實驗設備**：PC 及 Matlab 軟體
4. **基本原理**：

Frequency Offset 是來自於傳送端與接收端載波頻率不一致所引起的，Frequency Offset 會引起接收訊號的 ICI 及 SNR 的下降，所以在接收端必須對訊號做頻率估計和補償，

$$\begin{aligned}r_n &= s_n e^{j2\pi f_{ix}nT_s} \cdot e^{-j2\pi f_{ix}nT_s} \\ &= s_n e^{j2\pi\Delta f nT_s} \dots (1)\end{aligned}$$

根據課堂上所介紹的演算法中，不論是在 Time Domain 或者是 Frequency Domain 都利用到了兩個重複信的訊號來幫助我們估計頻率偏差，再本實驗中，我們只做 Time Domain 的部分，且我們所使用的訊號皆為 64 點，所以在式(2)中的 $D=64$ (訊號取樣點數的大小會影響到效能的好壞)，而 Frequency Domain 演算法的模擬，則交由同學自行去做。

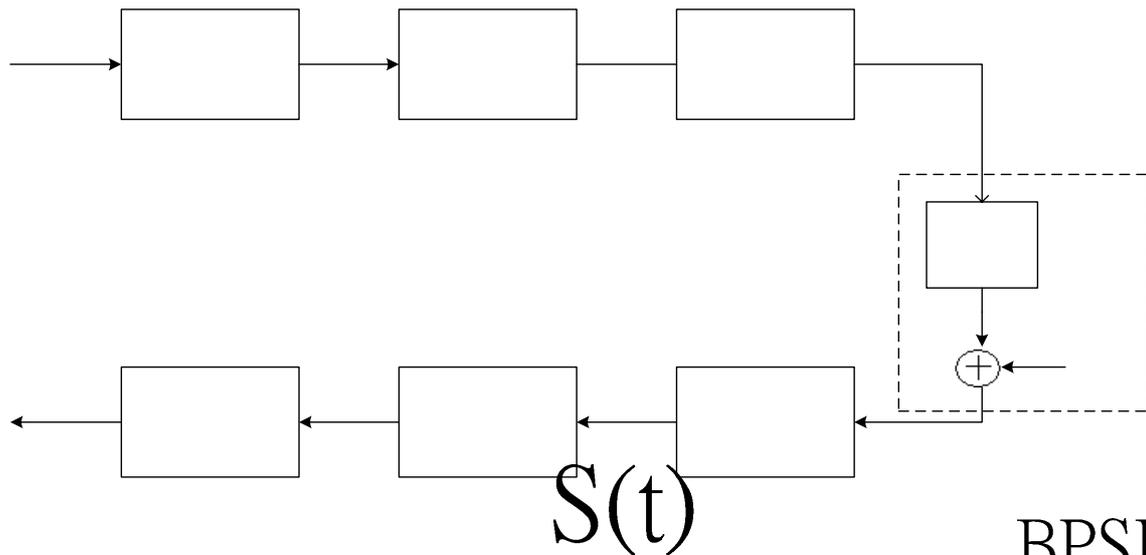
Time Domain Synchronization Algorithm:

$$\begin{aligned}z &= \sum_{n=0}^{L-1} r_n r_{n+D}^* \\ &= e^{-j2\pi f_{\Delta} D T_s} \sum_{n=0}^{L-1} |s_n|^2 \dots \dots (2)\end{aligned}$$

$$\hat{f}_{\Delta} = -\frac{1}{2\pi D T_s} \angle z \dots \dots (3)$$

$$r'_n = r_n \cdot e^{-j2\pi n \hat{f}_{\Delta} T_s} \dots \dots (4)$$

5. **實驗步驟**：



BPSK Modulation

- (1) 隨機產生一組訊號，並將此訊號做 BPSK 調變.
- (2) 將此訊號經過 IFFT, 並 normalize 即加入 CP.
- (3) 因為演算法需要兩個重複的訊號，所以我們必須將此訊號重複一次.
- (4) 接下來，我們要產生一組有 frequency offset 的訊號，我們可用式子(1)來模擬有 Frequency Offset 的訊號.

```
for t=1:length(txsignals);
```

```
txsignals(t)=txsignals(t)*exp(j*2*pi*t*(Freauency_Offset)*(50*10^-9));
end
```

- (5) 將此訊號通過我們在之前 LAB4 所寫的 Channel_Model.
- (6) 在此我們便得到了一組具有 Frequency Offset 的接收訊號了，接著我們便可用上述的演算法，來估計 Frequency Offset，在這次的實驗裡我們使用 Time Domain 的方法來估計.
- (7) 將估計到的 Frequency Offset 對一開始接收進來的訊號作補償.，並與一開始傳送的訊號作比較.

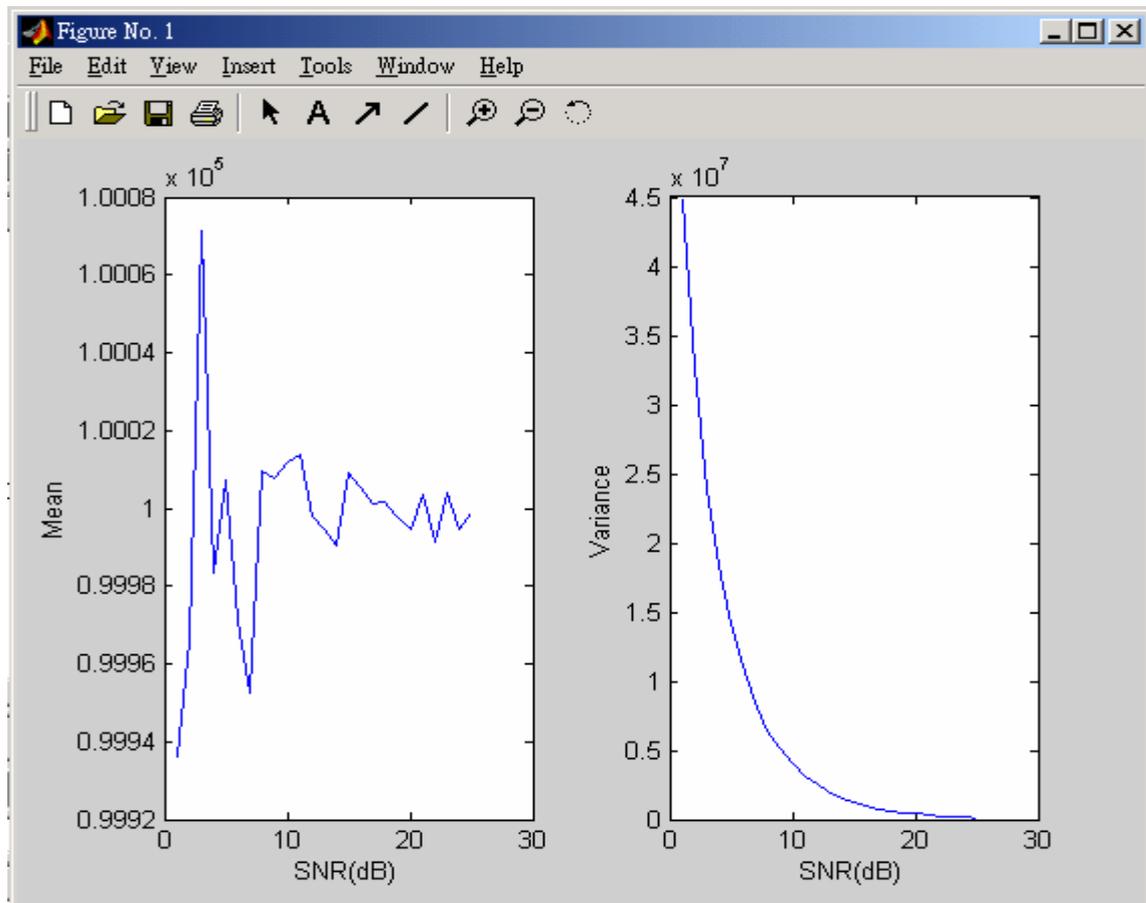
BPSK

- (8) 我們也可利用 Monte Carlo Simulation 的方法，看此演算法在不同的 SNR 情況下其 Variance 與 Mean 的變化，下圖為 Time Domain 演算法在 SNR 由 [1, 25] 並做 10000 次 Monte Carlo Simulation 其 Variance 與

De-Modulation

$r(t)$

Mean 的變化



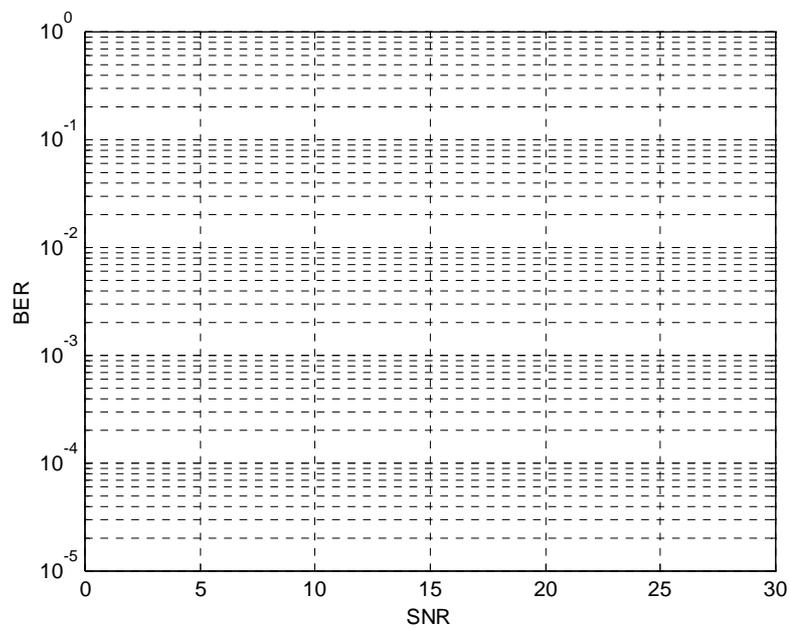
Note : 在這次的實驗裡, 我們假設 Frequency Offset 為 100MHz, T_s (Sample Period) = 50ns; T_{RMS} (root-mean-square delay spread) = 50ns;

6. 結果與討論 :

- (1) 同學可利用上述的方法去模擬 Frequency Domain 的演算法, 來估計 Frequency Offset.
- (2) 本實驗是利用 64 點的訊號去模擬的, 同學們可試著使用 16 點或是 128 點去模擬, 並比較其結果.

實驗數據

SNR	BER	SNR	BER
0		16	
1		17	
2		18	
3		19	
4		20	
5		21	
6		22	
7		23	
8		24	
9		25	
10		26	
11		27	
12		28	
13		29	
14		30	
15			



參考資料