

I. Describe the assumption of the Jakes model.

- A. 訊號源在 Rx 周圍均勻分布，製造出 isotropic scattering
- B. Multipath 有相同的平均功率，NLoS
- C. Rx 以一個速度 v 移動

II. Describe how the simulator generates Rayleigh fading gains with Doppler shift.

- A. 每條路徑都有自己的 Doppler shift

```
fn = f_max*cos(2*pi*n/N); % oscillation frequency
```

- B. 隨時間 t 不斷計算更新通道的實部 hi 和虛部 hq

```
for i = 1:length(t)
    hi(i) = 2*cos(beta)*cos(2*pi*fn*t(i))+sqrt(2)*cos(alpha)*cos(2*pi*f_max*t(i)); % real part component of channel for time t
    hq(i) = 2*sin(beta)*cos(2*pi*fn*t(i))+sqrt(2)*sin(alpha)*cos(2*pi*f_max*t(i)); % image part component of channel for time t
end
```

- 1. 加號前面的部分：

$2*\cos(\beta)*\cos(2*\pi*fn*t(i))'$ 和 $2*\sin(\beta)*\cos(2*\pi*fn*t(i))'$

代表所有路徑的疊加效果

- 2. 加號後面的部分：

$\sqrt{2}*\cos(\alpha)*\cos(2*\pi*f_{max}*t(i))$ 和 $\sqrt{2}*\sin(\alpha)*\cos(2*\pi*f_{max}*t(i))$

使訊號的相位分布更隨機，更接近 Rayleigh

- C. 根據 hi 和 hq 計算最終通道 $h(t)$

```
h = (hi + 1i*hq); % total channel for all time included real and image part
```

- D. 使通道平均功率為 1

```
power = sum((abs(h)).^2)/length(h);
hn = h/sqrt(power); % normalized channel
```

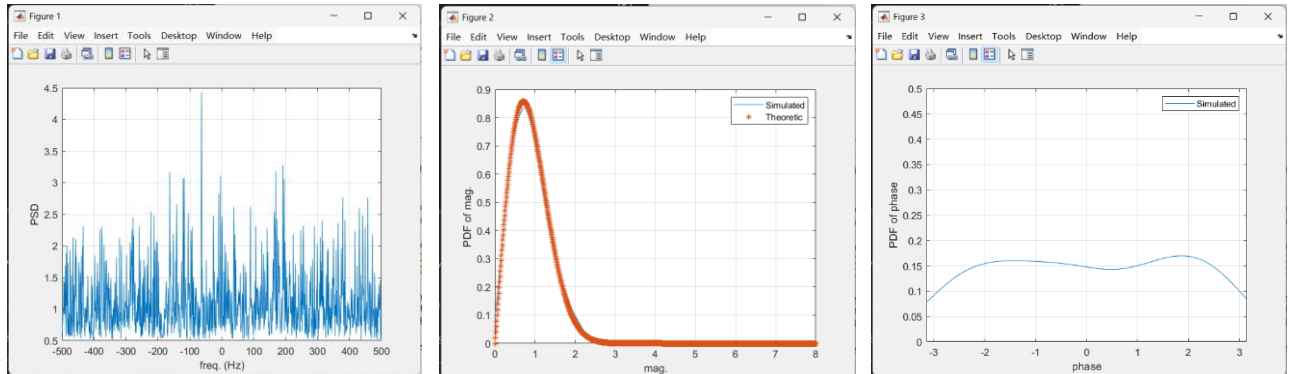
- E. $h(t)$ 就是通道的 complex gain，然後 amplitude 符合 Rayleigh 分布，相位符合均勻分布

III. Based on $f_{\max} = v f_c / c$, try different combinations of parameters and summarize the impact of parameter adjustments on the system.

A. 因為 c 是固定的，所以只調整了 v 和 f_c

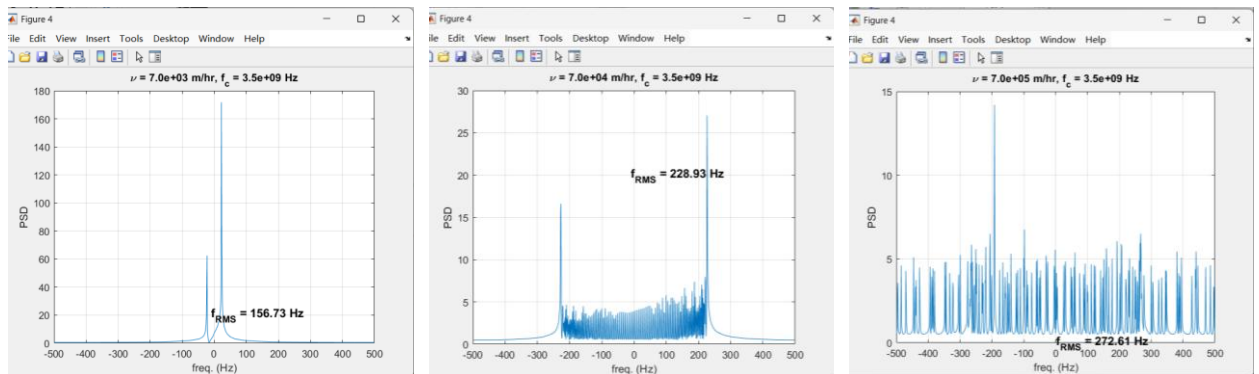
1. $v \uparrow$ ， $f_{\max} \uparrow$ ，反之則下降
2. $f_c \uparrow$ ， $f_{\max} \uparrow$ ，反之則下降

B. Rayleigh



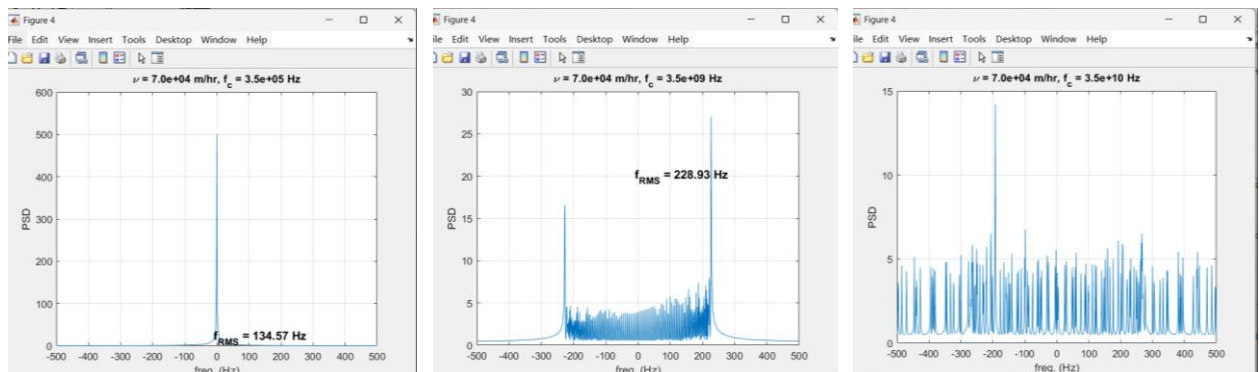
C. Plot the PSD of the fading gain

1. 調整 v ，固定 $f_c = 3.5e9$ Hz



◆ 可以看到 $v \uparrow$ ， $f_{\max} \uparrow$ ，所以 PSD 散得越開

2. 調整 f_c ，固定 $v = 70$ km/hr = $7e4$ m/hr



◆ 可以看到 $f_c \uparrow$ ， $f_{\max} \uparrow$ ，所以 PSD 散得越開

◆ 由 1. 和 2. 最右邊的圖可知，【 $v \times 10 + f_c$ 固定】和【 v 固定 + $f_c \times 10$ 】的結果都是造成【 $f_{\max} \times 10$ 】，所以 PSD 散開的幅度相同

◆ 由最左邊的圖可知，當 $f_{\max} \downarrow \downarrow \downarrow$ ，Doppler 效應變很弱，PSD 幾乎沒有散開

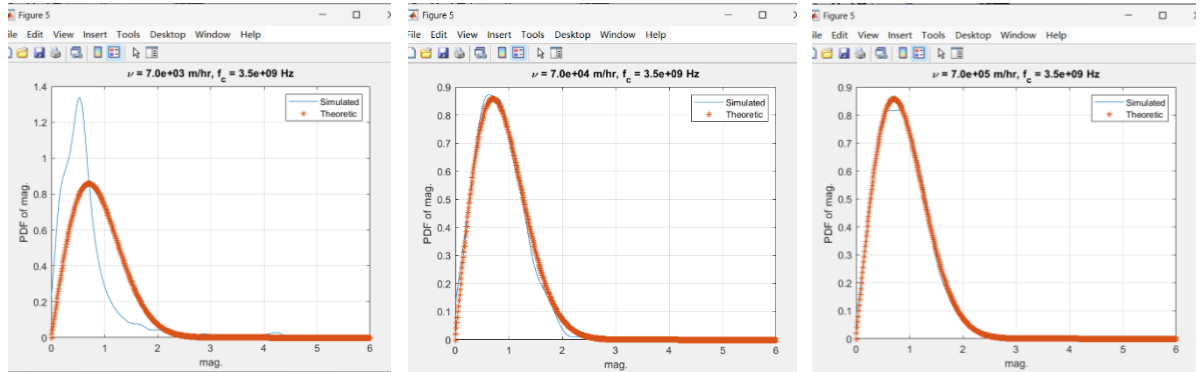
D. Evaluate the RMS frequency Doppler spread (f_{RMS})

- ◆ f_{RMS} 顯示在上面 part C 的圖表上
- ◆ PSD 散的越開，Doppler spread 越大， f_{RMS} 越大
- ◆ 所以 $v \uparrow$ 或 $f_c \uparrow$ 都會使 $f_{\text{max}} \uparrow$ 和 $f_{\text{RMS}} \uparrow$

E. Plot the PDF of the magnitude and phase of the fading gain

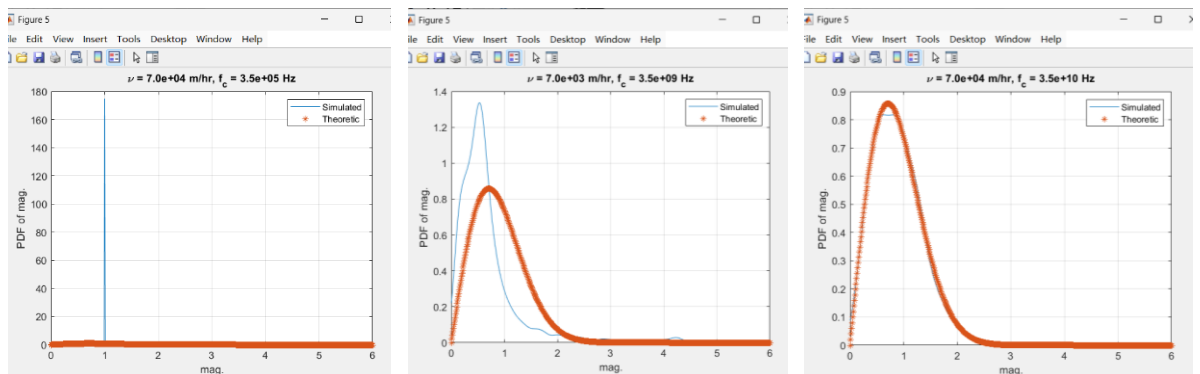
1. Magnitude

a. 調整 v ，固定 $f_c=3.5e9$ Hz



- ◆ $v \uparrow$ ， $f_{\text{max}} \uparrow$ ，Doppler spread \uparrow
當 Doppler spread \uparrow 增加時，通道中的 Doppler 效應會更嚴重，導致 fading 環境更加隨機，所以 magnitude 分布會更接近 Rayleigh 分布
- ◆ $v \downarrow$ ， $f_{\text{max}} \downarrow$ ，Doppler spread \downarrow
Doppler 效應變弱，環境變化速度變慢，所以 magnitude 會呈現更集中的分布，導致峰值越來越高

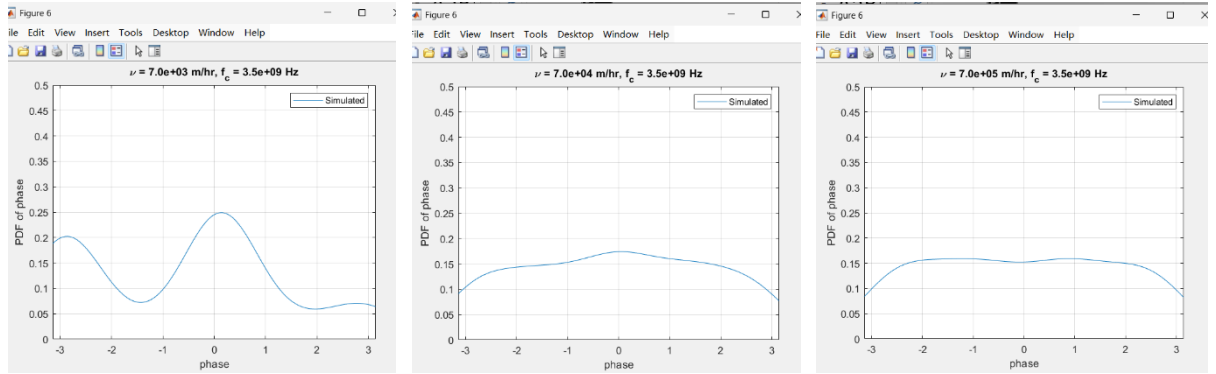
b. 調整 f_c ，固定 $v=70$ km/hr= $7e4$ m/hr



- ◆ 和改變 v 的趨勢與原因說明是一樣的，因為都會改變 f_{max}
- ◆ 由最左邊的圖可知，當把 f_c 大量下降時， f_{max} 也大量下降，導致 Doppler 效應大量減弱，magnitude 分布非常集中於一個特定值

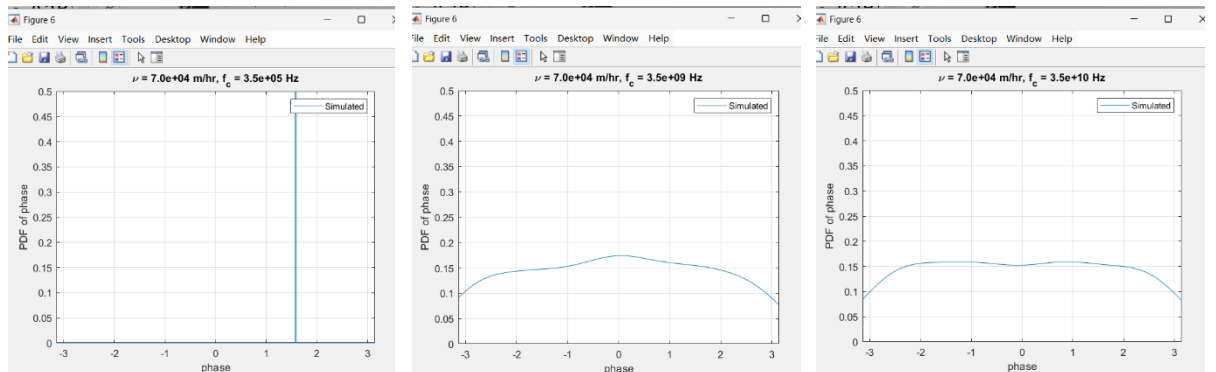
2. Phase

a. 調整 v ，固定 $f_c=3.5e9$ Hz



- ◆ 和 magnitude 的趨勢與原因說明是類似的
- ◆ $v \uparrow$ ， $f_{max} \uparrow$ ，Doppler spread \uparrow
當通道中的 Doppler 效應更嚴重時，會使各路徑變化更劇烈，導致接收到的相位更隨機，所以 phase 分布會更接近 Uniform 分布
- ◆ $v \downarrow$ ， $f_{max} \downarrow$ ，Doppler spread \downarrow
Doppler 效應變弱，使接收訊號的角度分布變窄，甚至偏向某些特定的值，所以會有一些 phase 的 pdf 特別高

b. 調整 f_c ，固定 $v=70$ km/hr= $7e4$ m/hr



- ◆ 和改變 v 的趨勢與原因說明是一樣的，因為都會改變 f_{max}
- ◆ 由最左邊的圖可知，當把 f_c 大量下降時， f_{max} 也大量下降，導致 Doppler 效應大量減弱，phase 分布非常集中於一個特定值