**Wireless Communication Final Project**

**Channel Emulator**

108064535 陳文遠

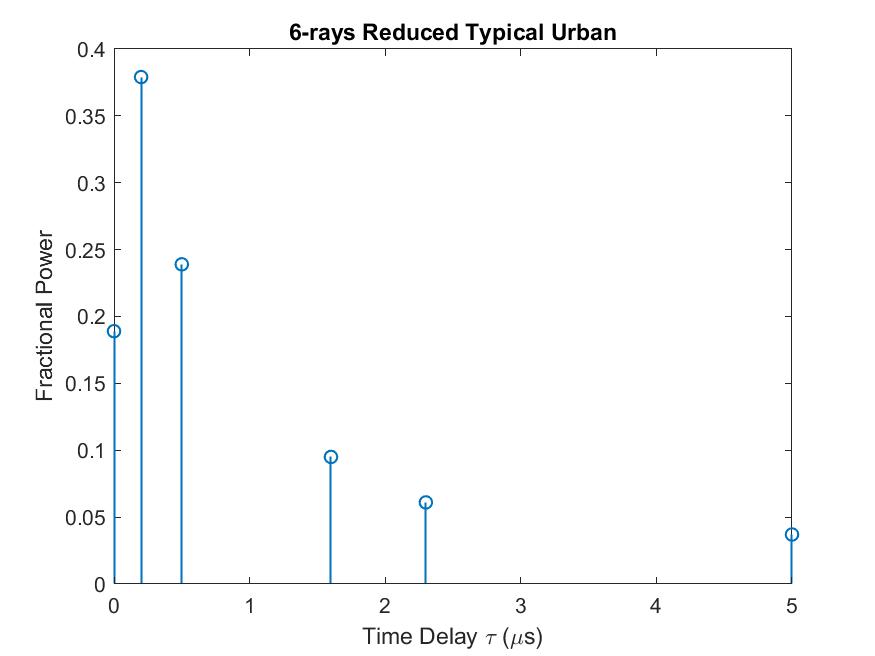
1. **實驗介紹**

在本次實驗中，我們要實做的是 COST 207 Channel Emulator。其中有三種具有不同 Scattering 狀況的 Doppler Spectrum。第一個是 Classical Doppler Spectrum (CLASS)，他可以用來說明一個複雜的地區 (周圍很多建築物或障礙物) 的 Doppler Spectrum，故可以將其 Doppler Spectrum 假設為 Isotropic Scattering。而第二與第三個分別為 Gaussian 1 Doppler Spectrum (GAUS1) 以及 Gaussian 2 Doppler Spectrum (GAUS2)，他們可以用來說明 Non-isotropic Scattering 的 Doppler Spectrum，而他們入射角 (正負頻) 的訊號強度不同。

此外，基於這些 Doppler Spectrum，又有數種 Channel Model 可以選擇，不同的 Channel Model 針對不同的場景又會具有不同的 delay 以及 fractional power。在這個 Project 中我們採用的是 6 taps Reduced Typical Urban (TU) Channel Model，下面 Fig 1. 和 Fig 2. 是我們為此 Model 假設的 Delay、Fractional Power 以及 Doppler Spectrum 的對照圖。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Reduced Typical Urban (TU) Power Delay Profiles | | |
| Delay () | **Fractional Power** | **Doppler Spectrum** |
| 0.0 | 0.189 | CLASS |
| 0.2 | 0.379 | CLASS |
| 0.5 | 0.239 | CLASS |
| 1.6 | 0.095 | GAUS1 |
| 2.3 | 0.061 | GAUS2 |
| 5.0 | 0.037 | GAUS2 |

**Fig 1. TU power delay profile assumption.**



**Fig 2. 6-rays Reduced Typical Urban**

1. **輸入參數**
2. **Number of oscillator :**

Oscillator 的數量越多，也就是 越大，會使自相關越來越趨近理想狀態 (相關性越低越好)，在本次實驗中我們將固定 值為 。並且能從 式子中推得 ，此 N 值在計算 CLASS Doppler Spectrum 的 incoming wave的入射角 時會用到。

1. **Doppler Spectrum Parameters**

GAUS1 與 GAUS2 並非全向性反射，而是來自特定方向，在實驗中我們假設 及 兩個反射體的強度 (dB) 如下，而 的值則是根據講義第二章的 P162 與 P163 而定。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| GAUS1 | 10 | -0.8 | 0.05 | 1 | 0.4 | 0.1 |
| GAUS2 | 1 | 0.7 | 0.1 | 15 | -0.4 | 0.15 |

**Fig 3. Doppler Spectrum Parameters table**

1. **MS velocity**

在本實驗中測試當MS速度為 時的結果。我們假設載波頻 ，並可以套用下述的公式來求出其對應的 值。

1. **6 taps power delay profiles**

已在 Part I 的實驗介紹中說明。

1. **輸出結果**

**(1) Fading gain distribution**

下面的 Fig 4. 與 Fig 5. 分別是MS速度為 以及 的 Fading gain 分佈狀況。雖然兩張圖的差距很微小，但是仍然可以發現當MS移動速度越快時，其分佈範圍會變廣。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Fig 4. Fading Gain Distribution**  **when** | **Fig 5. Fading Gain Distribution**  **when** |

**(2) Time-domain strength profile**

下圖 Fig 6. 和 Fig 7. 是將 6 個 tap 合併後的 time-domain strength profile，分別是MS速度為 以及 的狀況。速度越快(環境變動快)會使強度曲線變動得更為劇烈。

|  |  |
| --- | --- |
|  | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Time domain Stength Profile.jpg |
| **Fig 6. Time domain Strength Profile**  **when** | **Fig 7. Time domain Strength Profile**  **when** |

下方的 Fig 8.、Fig 9.、Fig 10. 分別提供了當 時，CLASS、GAUS1 與 GAUS2 的 time-domain strength profile。

|  |  |
| --- | --- |
| **Fig 8. Time Domain Strength Profile of CLASS when** | |
| **Fig 9. Time Domain Strength Profile of GAUS1**  **when** | **Fig 10. Time Domain Strength Profile of GAUS2**  **when** |

**(3) Time-domain auto-correlation**

下圖 Fig 11. 和 Fig 12. 是三種不同 Doppler Spectrum 在 與 的 time-domain auto-correlation。觀察 CLASS、GAUS1、GAUS2 的相關性可以發現 。其中 CLASS 的相關性越小 ; 而 GAUS2 的相關性越大，是為三者中最糟糕的一種情況。此外，可以發現 CLASS 在 的高速環境下，雖然其相關性下降的較快，但當 就會變得不可用，或許可以透過增加 M 值來使其相關性趨近於理想狀態。

|  |  |
| --- | --- |
|  | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Auto-Correlation of each type of Doppler Spectrum.jpg |
| **Fig 11. Comparison in Auto-Correlation**  **when** | **Fig 12. Comparison in Auto-Correlation**  **when** |

下面的 Fig 13.() 和 Fig 14.() 則是將 6 個 tap 合併後的自相關結果圖。也可以發現當MS速度增加後其自相關會越偏離理想值。

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Time domain Auto-Correlation of the 6-tap combination.jpg | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Time domain Auto-Correlation of the 6-tap combination.jpg |
| **Fig 13. Time-domain Auto-Correlation**  **of the 6 taps combination**  **when** | **Fig 14. Time-domain Auto-Correlation**  **of the 6 taps combination**  **when** |

**(4) Level crossing rate (LCR)**

LCR 是對訊號衰落快慢的一種度量，結果請看下圖 Fig 15. 和 Fig 16.。

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Level Crossing Rate.jpg | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Level Crossing Rate.jpg |
| **Fig 15. Level Crossing Rate**  **when** | **Fig 16. Level Crossing Rate**  **when** |

**(5) Average fade duration**

下圖 Fig 17. 與 Fig 18. 為不同MS速度下的 Average fade duration 圖形。我們可觀察到 fade duration 會隨著 level (dB) 的增加而增加，而最終會到達實驗總運行時間，在本實驗中我們設定的運行時間為 8 秒。

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Average Fade Duration.jpg | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Average Fade Duration.jpg |
| **Fig 17. Average Fade Duration**  **when** | **Fig 18. Average Fade Duration**  **when** |

**(6) Coherence time ()**

**(7) Frequency-domain strength profile**

下方的 Fig 19. 與 Fig 20. 為 Frequency-domain 的 strength profile。同樣地，以下結果也是由 6 個 tap 組合後所產生，其中包括了 CLASS、GAUS1、GAUS2。

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Frequency-domain Strength Profile.jpg | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Frequency-domain Strength Profile.jpg |
| **Fig 19. Frequency-domain Strength Profile**  **when** | **Fig 20. Frequency-domain Strength Profile**  **when** |

**(8) Frequency-domain auto-correlation**

以下 Fig 21. 和 Fig 22. 將 6 個 taps 合併後轉頻域再取自相關後的結果。同樣是在 和 下實驗。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Fig 21. Frequency Domain Auto-Correlation**  **of 6 taps combination**  **when** | **Fig 22. Frequency Domain Auto-Correlation**  **of 6 taps combination**  **when** |

**(9) Coherence bandwidth & Delay spread**

根據以下公式來計算 Delay spread，從而推得 Coherence bandwidth。

其中 就是 Delay， 其 Delay 所對應的 Fractional power，根據上兩式可求出

**(10) Doppler spread**

以下計算 Doppler spread ()

**(11) Doppler spectrum­**

為了使形成的圖形可以接近第二章講義的 P161、P162及P163，因此我們調整其 Power delay下profiles 如下 Fig 23.。而 Fig 24.、Fig 25.、Fig 26. 分別為 CLASS、GAUS1、GAUS2 的 Doppler Spectrum。

雖然其 Doppler Spectrum 曲線沒有很平緩，但仍能看出 CLASS 的 Doppler Spectrum 趨近於一個 U Shape ; 而 GAUS1 與 GAUS2 則是因為訊號入射角的兩強度 , 不同而導致正負頻訊號強度一高一低。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Reduced Typical Urban (TU) Power Delay Profiles | | |
| Delay () | **Fractional Power** | **Doppler Spectrum** |
| 0.0 | 0.189 | CLASS |
| 0.2 | 0.379 | CLASS |
| 0.5 | 0.239 | CLASS |
| 1.6 | 0.095 | GAUS1 |
| 2.3 | 0.061 | GAUS2 |
| 5.0 | 0.037 | GAUS2 |

**Fig 23. New TU power delay profile assumption.**

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\CLASS Doppler Spectrum.jpg  **Fig 24. CLASS Doppler Spectrum** | |
| C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\GAUSS1 Doppler Spectrum.jpg  **Fig 25. GAUS1 Doppler Spectrum** | C:\Users\chris\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\GAUSS2 Doppler Spectrum.jpg  **Fig 26. GAUS2 Doppler Spectrum** |

**(12) Cross-correlation between different paths**

下圖 Fig 27. 與 Fig 28. 分別是MS速度 與 時，CLASS&GAUS1(tap1&tap4)、GAUS1&GAUS2(tap4&tap5)、CLASS&GAUS2(tap1& tap5)的cross-correlation 圖形。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Fig 27. Cross-Correlation Between Different paths**  **when** | **Fig 28. Cross-Correlation Between Different paths**  **when** |