



無線多媒體通訊 無線傳輸技術

林信標

台北科技大學電子工程系

2005.9.8



Wireless Comm. Lab.



內容

- 第一章 無線傳播通道
- 第二章 無線通訊之數位調變技術
- 第三章 無線通訊之通道編碼技術
- 第四章 寬頻分時多工技術與系統
- 第五章 展頻技術與寬頻分碼多工存取
- 第六章 正交分頻多工技術與系統
- 第七章 智慧型天線與MIMO系統
- 第八章 無線多媒體通訊系統與標準





第一章

無線傳播通道





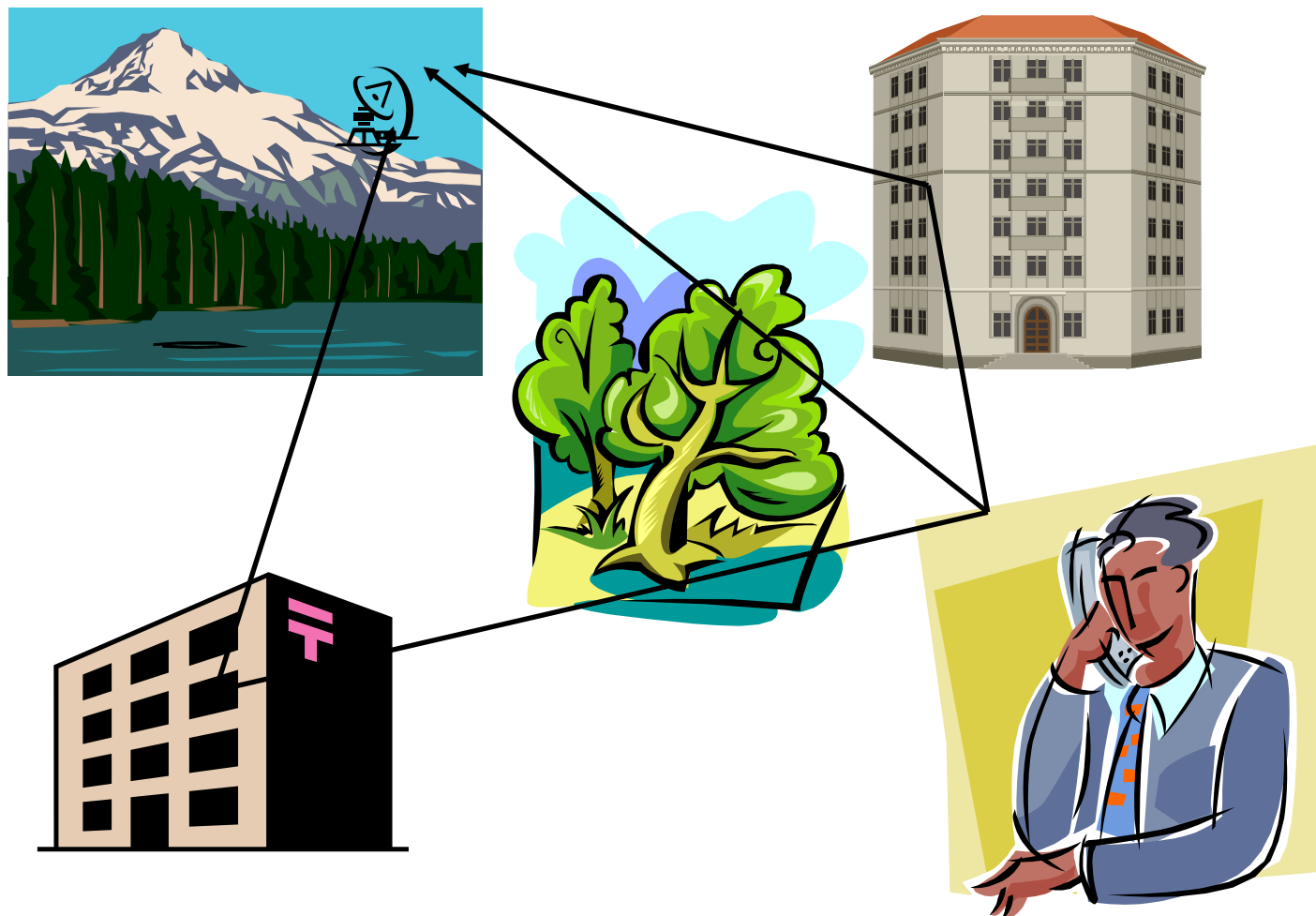
目錄

- 1.1 無線傳播通道
- 1.2 電磁波基本原理
- 1.3 各種衰落程序介紹
- 1.4 窄頻快速衰落通道
- 1.5 寬頻快速衰落通道





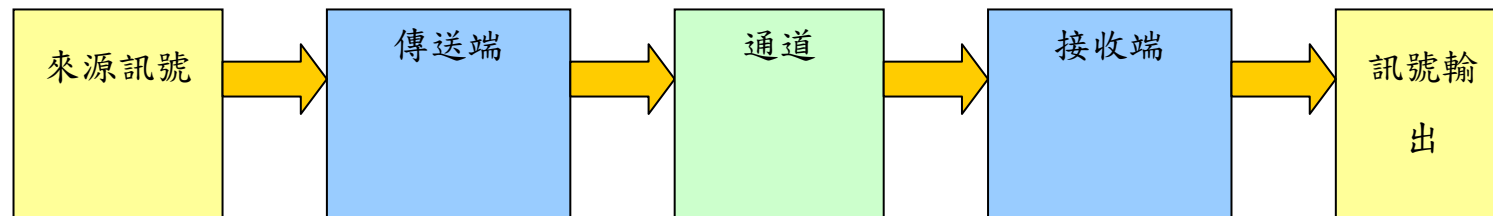
無線傳播通道基本概念



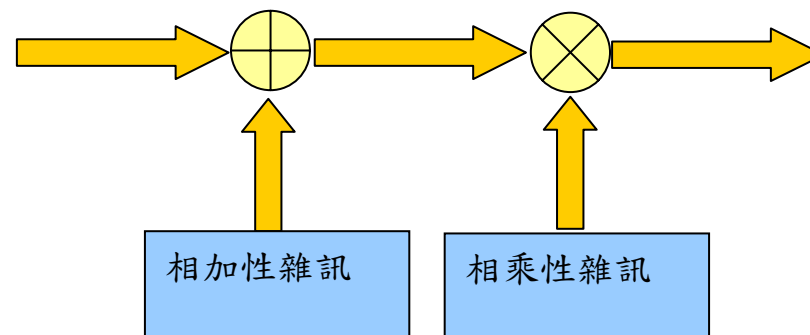


無線通道雜訊分類

- 無線通訊系統



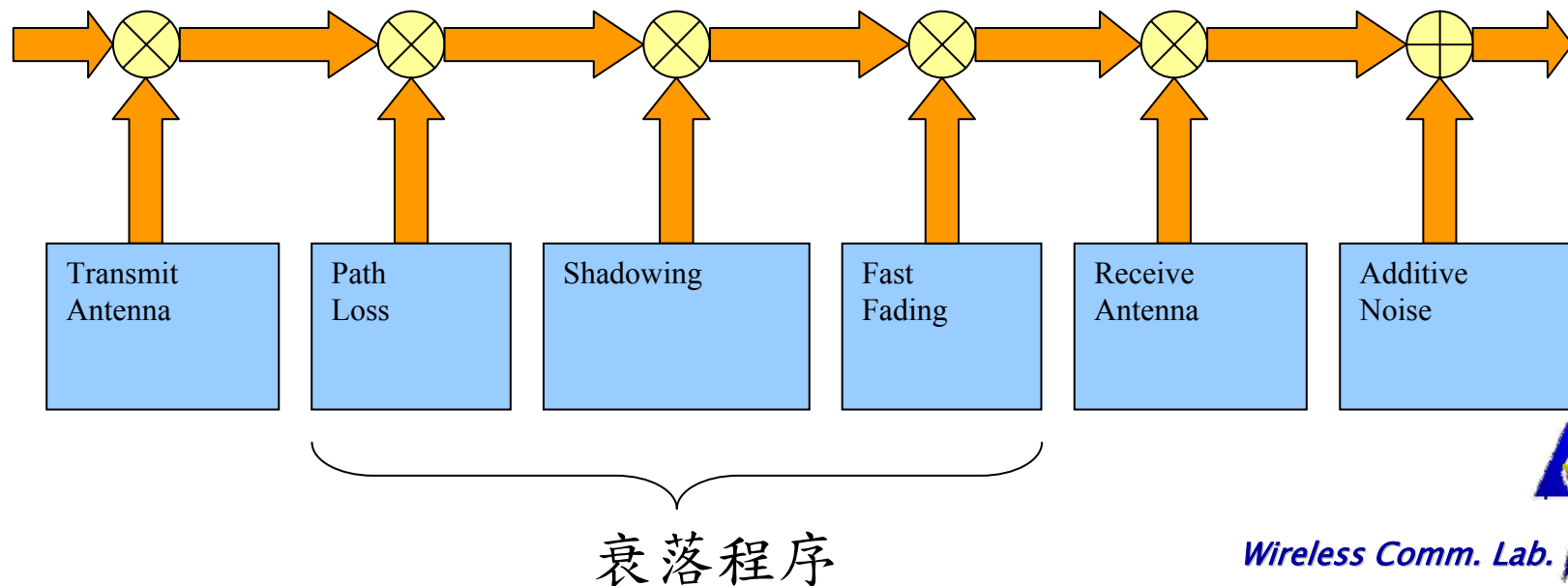
- 在無線通道中，雜訊可分為相乘性雜訊與相加性雜訊。





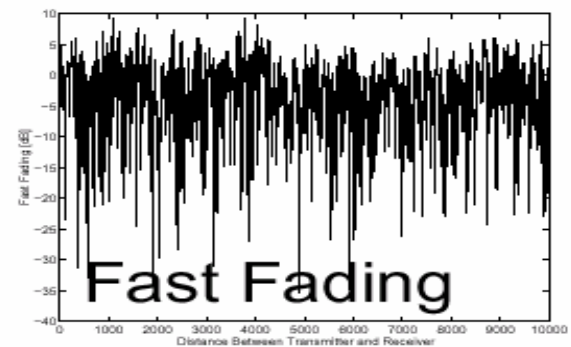
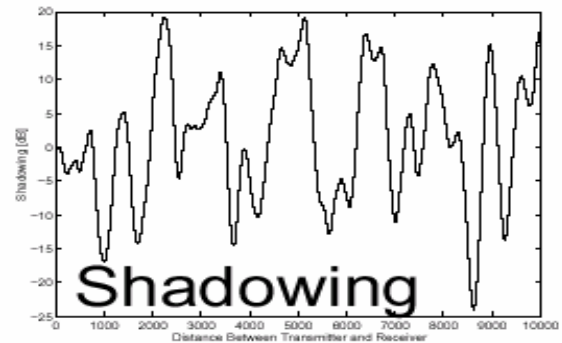
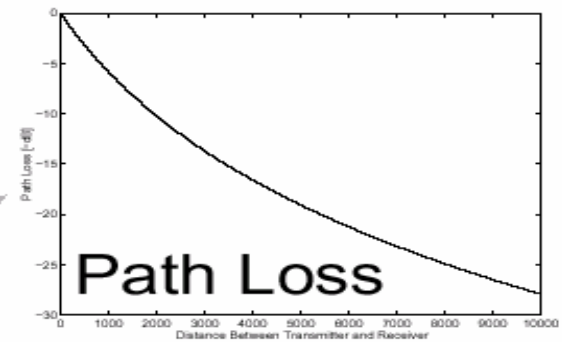
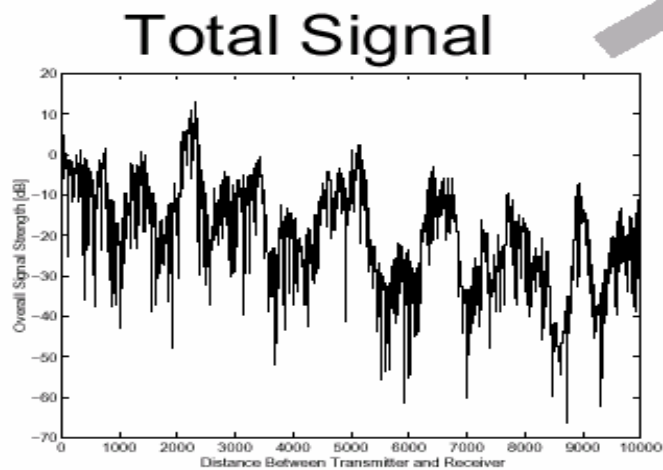
衰落程序分類

- 衰落程序可分為三類，分別為：路徑損失(path loss)、遮蔽效應(shadowing)造成的慢速衰落(slow fading)及都卜勒效應(Doppler effect)與多重路徑延遲(Multi-path delay)所造成的快速衰落(fast fading)





衰落種類





路徑損失(path Loss)

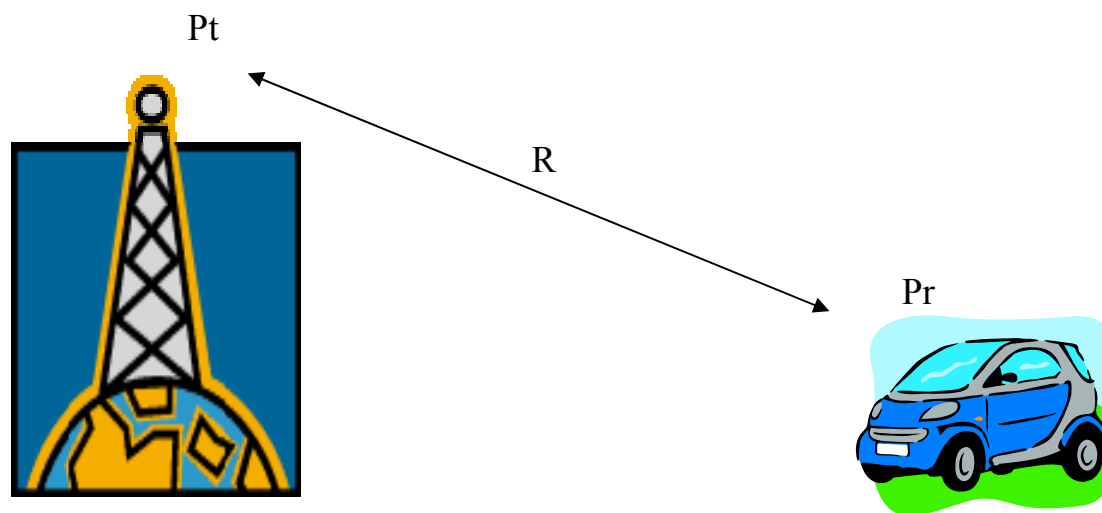
- 路徑損失，顧名思義即訊號強度隨著傳播路徑增加而衰減，為發射天線至接收天線之間的功率差值。
- 路徑損失之傳播模型，以傳播範圍大小可區分為
 - Megacell
 - Macrocell
 - Microcell
 - Picocell 等四類。
- 若以傳播模型建立之方法來區分，則可分成
 - 經驗模型 (empirical model)
 - 物理模型 (physical model)。





路徑損失示意圖

- 自由空間(Free Space)中的傳播模型為最簡單、最理想化的傳播模型。所謂自由空間是指傳送與發射端天線之間的區域是沒有任何物體會阻礙電磁波的傳遞或是吸收、反射電磁波的能量。





遮蔽效應(shadowing effect) 與慢速衰落(slow fading)

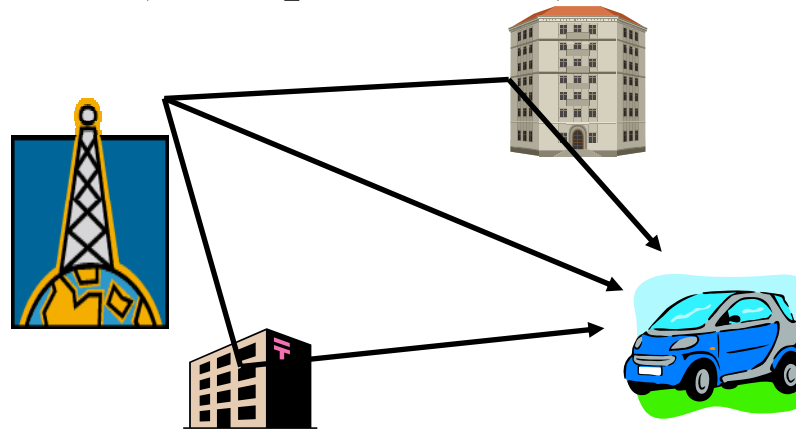
- 遮蔽效應主要是接收機周圍數十公尺到數百公尺的範圍內有大型障礙物，如大樓、山丘、樹葉及樹木等，對訊號所造成的遮蔽效應而產生的衰落現象，一般稱為遮蔽效應或慢速衰落





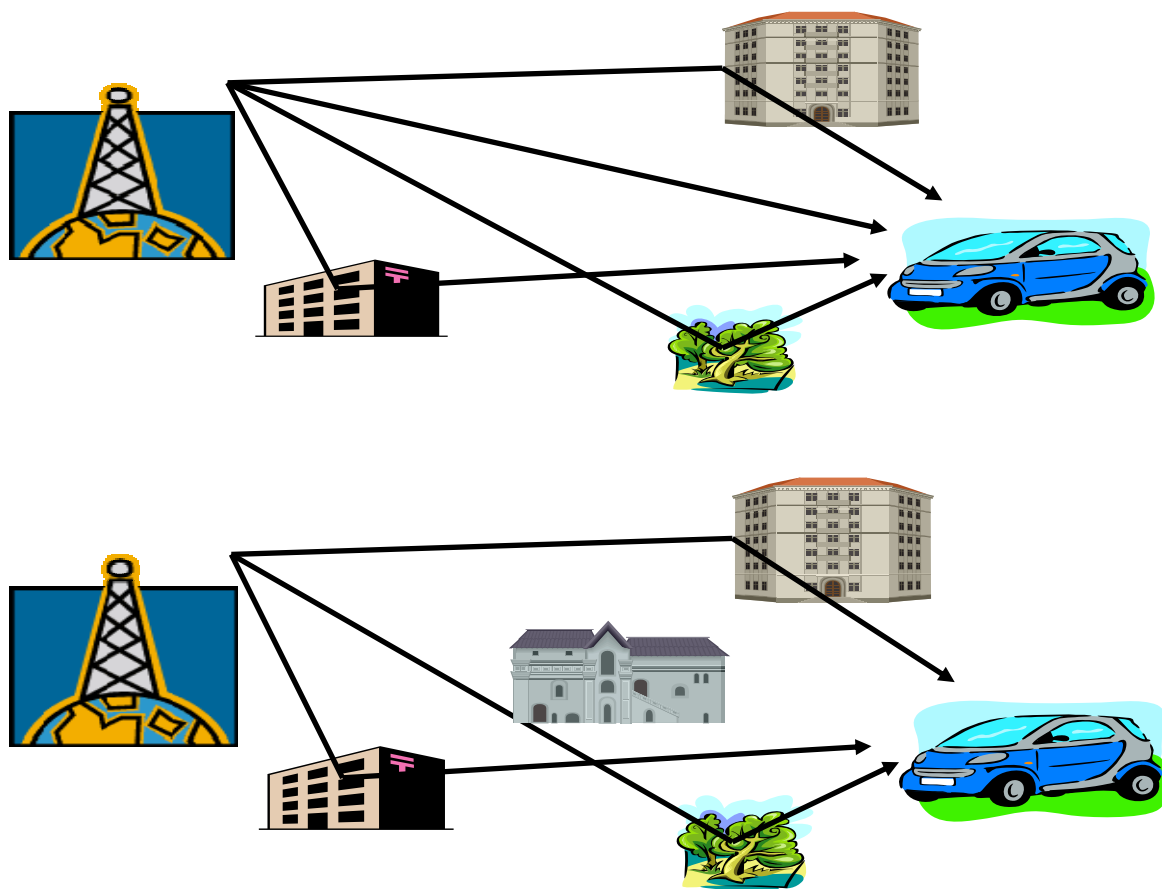
多重路徑效應(multipath effect)

- 訊號從傳送端發射經過無線通道後到達接收端的傳送過程中，會遭遇到各種不同的阻隔物，使得電磁波產生反射、折射、散射以及繞射等作用，當訊號到達接收端時，原本一個訊號將變成多個不同路徑的入射訊號，而由於每一個入射訊號到達時的時間、強度、角度等均不相同，因此，在接收端會引起訊號的干擾及混亂，這種現象，我們稱之為多重路徑效應(multipath effect)





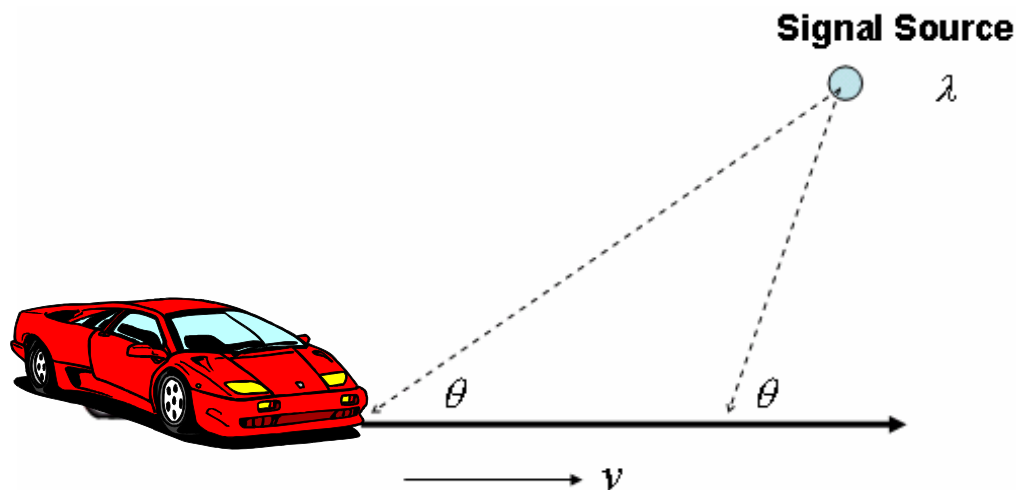
萊斯與瑞利衰落通道示意圖





杜卜勒效應(Doppler Effect)

- 當發射端與接收端之間有相對移動時，接收信號會有頻率飄移的現象，此現象為杜卜勒效應(Doppler Effect)，若移動速度越快時，這樣的效應將會更加明顯。



$$f_d = v / \lambda \cdot \cos \theta_i$$

$$f_{\max} = v / \lambda$$





訊號衰落的分類

- 發射訊號經電波傳播通道而形成的訊號衰落是與均方根延遲(RMS Delay)、都卜勒分散(Doppler Spread)、頻寬與符碼週期(Symbol Period)有密切關係的
- 在將信號的小範圍衰落分類前，我們將先定義同調頻寬(Coherent Bandwidth)和同調時間(Coherent Time)這兩個參數。
- 同調頻寬表示為

$$B_c = \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_\tau}$$

- 定義同調時間為

$$T_c \cong \frac{0.423}{f_{\max}}$$





訊號衰落的分類

基於時間延遲擴展

平坦性衰落

頻率選擇性衰落

信號頻寬 $<$ 同調頻寬

信號頻寬 $>$ 同調頻寬

基於都卜勒擴展

快速衰落

慢速衰落

高的都卜勒擴展

低的都卜勒擴展

同調時間 $<$ 符碼週期

同調時間 $>>$ 符碼週期





窄頻通道快速衰落現象

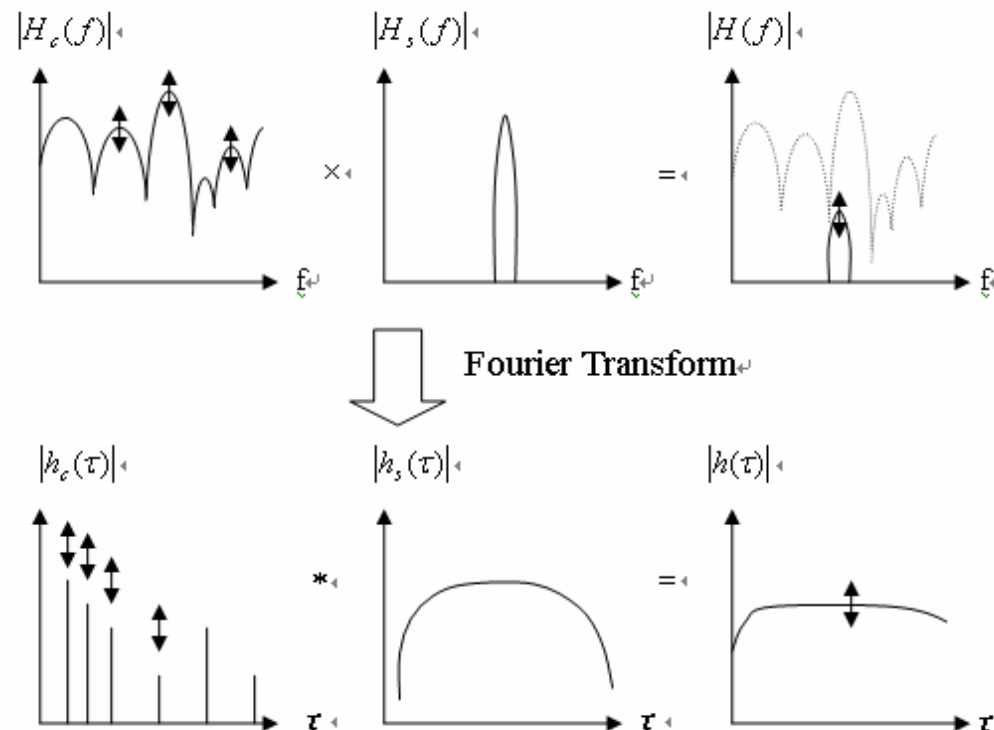
- 而當接收端或接收端週遭物體移動時，因為這兩個路徑成份之間的相位關係會隨位置不同而改變，使得接收信號波封的大小也會隨位置不同而不同。
- 在此移動範圍內，平均的接收信號我們將視為常數(亦或由路徑損失與慢速衰落所表示)，因此由於接收信號強度波封大小會因移動而隨位置不同而變化，造成接收信號忽大忽小、時強時落的現象，我們將此稱之為快速衰落或小區域範圍衰落。此現象在都市地區特別明顯，例如台北市等。





平坦衰落(Flat Fading)

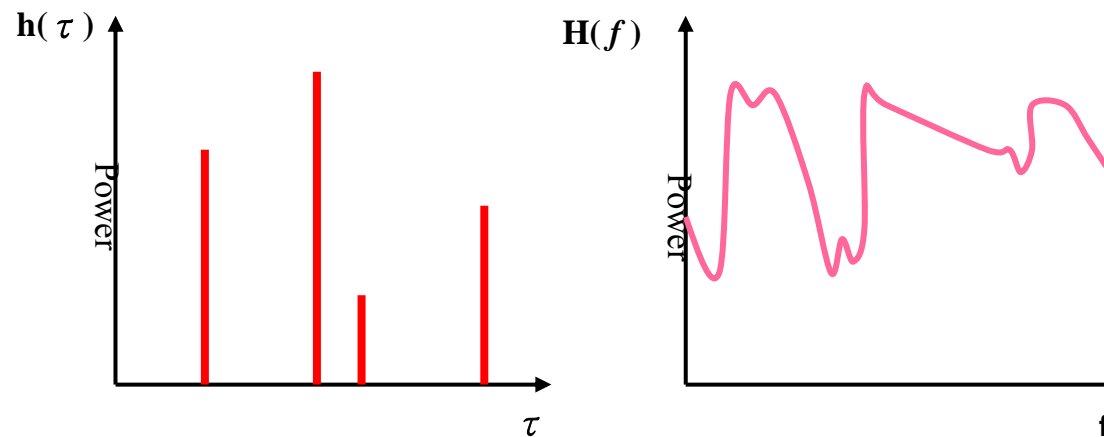
- 在無線行動通訊中，假如無線通道擁有常數增益及線性相位，且通道頻寬大於訊號頻寬，則在接收端所接收到的訊號會有平坦衰落。





寬頻通道(Wideband Channel)

- 若手機與基地台(base)間之大圓路徑(great circle path)上，無有效的反射物體(strong scatterers)存在，則各路徑到達之時間差將會非常巨大。假如，相對延遲時間遠比在通道內傳送資料的基本單位(通常為字符或位元)來的大，訊號將會遭受嚴重的失真。這失真會隨著通道的頻率而改變，稱之為頻率選擇性衰落(frequency selective fading)，或稱寬頻衰落(wideband fading)。



Channel Impulse Response

Channel Freq. Response

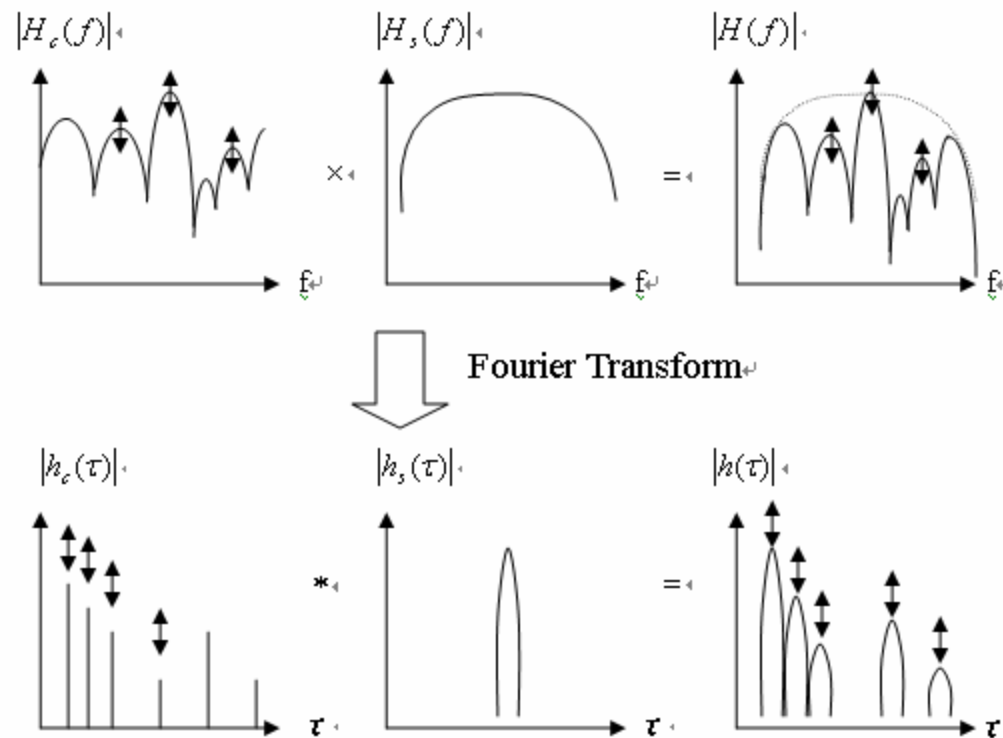
Wireless Comm. Lab.





頻率選擇性衰落 (Frequency Selective Fading)

- 在無線行動通訊中，假如無線通道擁有常數增益及線性相位，且通道頻寬小於訊號頻寬，則在接收端所接收到的訊號會有頻率選擇性衰落





第二章

無線通訊之數位調變技術





目錄

- 2.1 線性調變技術
- 2.2 非線性調變技術
- 2.3 結合線性與非線性調變技術
- 2.4 各種調變技術於衰落通道下之分析





調變

- 調變(modulation)，我們可以將他定義為一種程序，它藉由載波的特性，將帶有資訊的訊號加以改變。一個放置在傳送機內且用來完成調變程序的裝置，稱之為調變器(modulator)，而放置在接收機內用來重建帶有資訊訊號的裝置，稱之為解調變器(demodulator)。

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \theta)$$

A_c 為載波振幅， f_c 為載波頻率， θ 為載波相位





兩位元相位鍵移 (Binary Phase-Shift Keying)

$$\begin{cases} s_0(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \\ s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi) = -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \end{cases}$$

決策界線

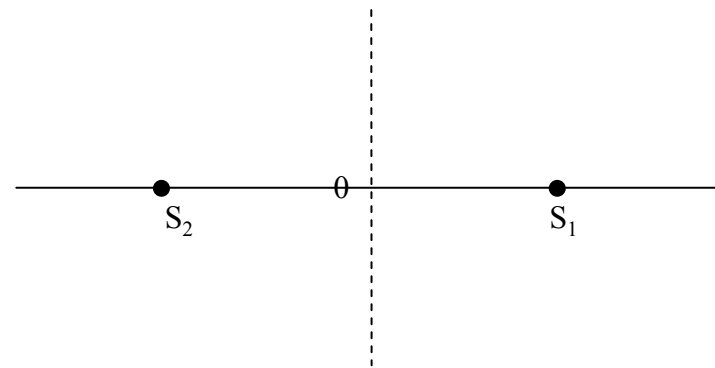
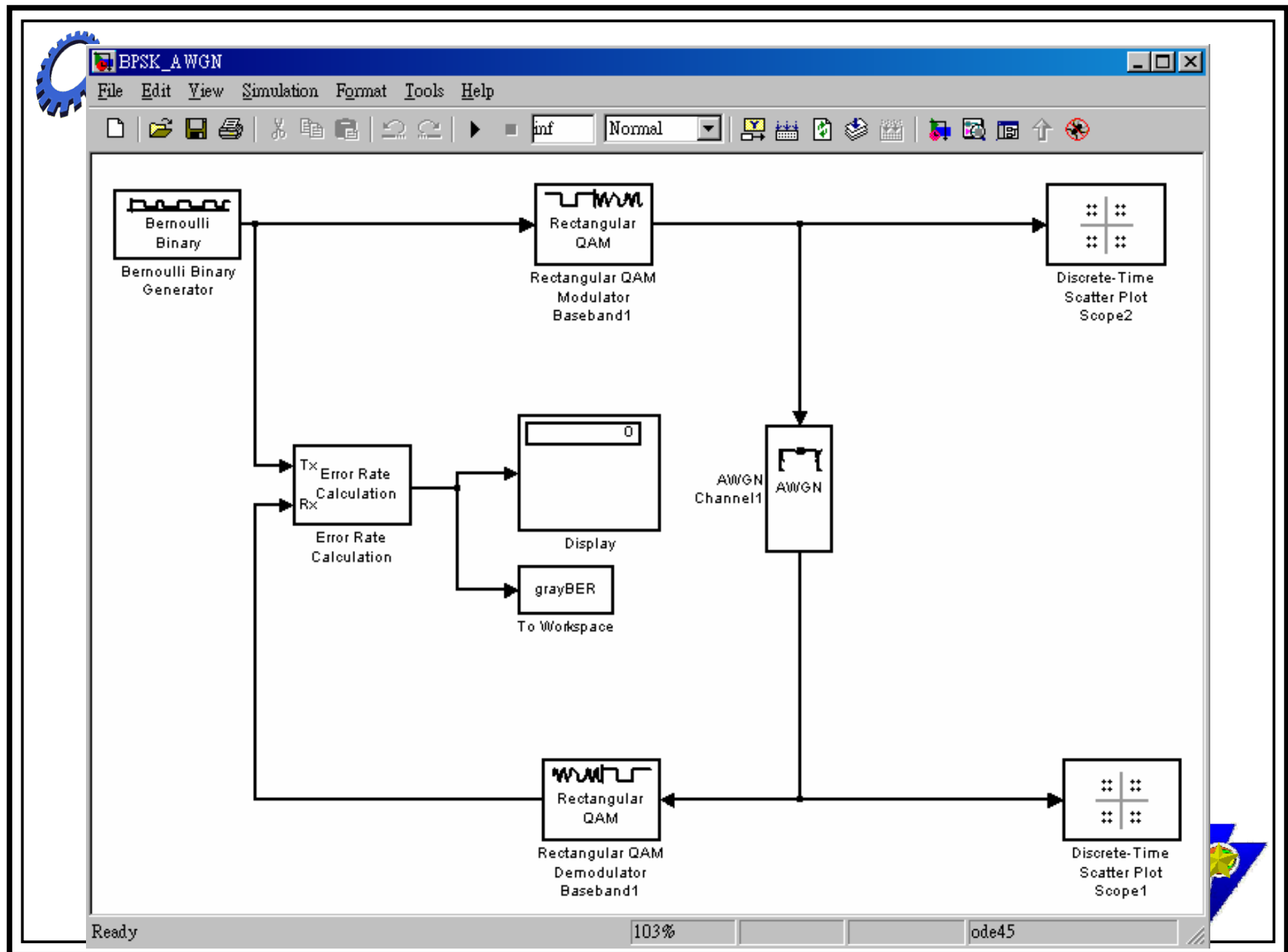


圖2-3、BPSK訊號空間圖



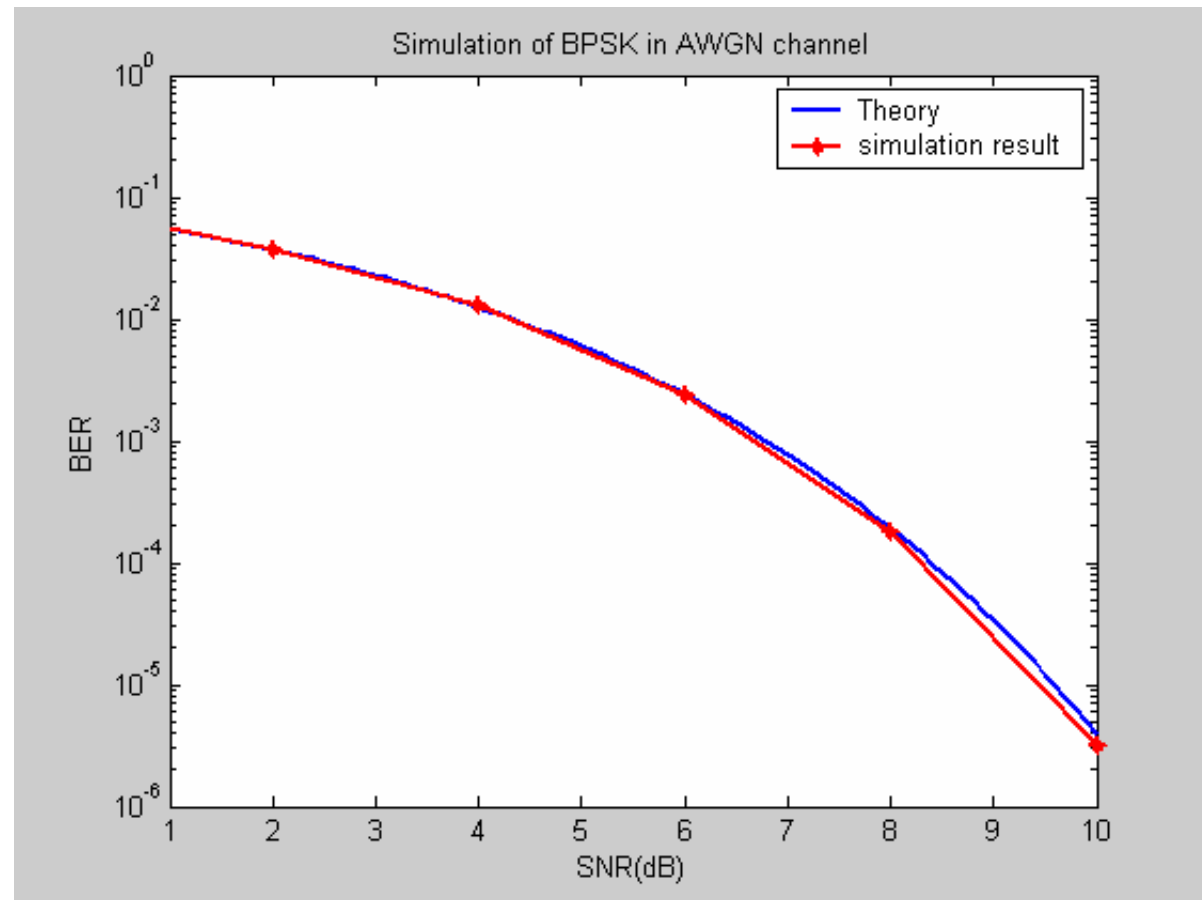




BPSK

- BPSK錯誤率

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$





調變技術於 無線衰落通道下之效能分析

- 在實際無線傳輸情況下，並非只有單純的白色高斯雜訊而已，從傳送端到接收端，電磁波經過反射、折射、繞射及散射後，會有相乘性雜訊產生
- 衰落效應包含了多重路徑、遮蔽效應等響應。在無線行動通訊中，由於接收端是有機動性的，當接收端移動速度太快時，還會有都卜勒效應的產生





無線衰落通道

- 在瑞利衰落通道中，每一筆收到的訊號都將受到機率分佈為瑞利分佈的增益影響，接收到的訊號可以表示為

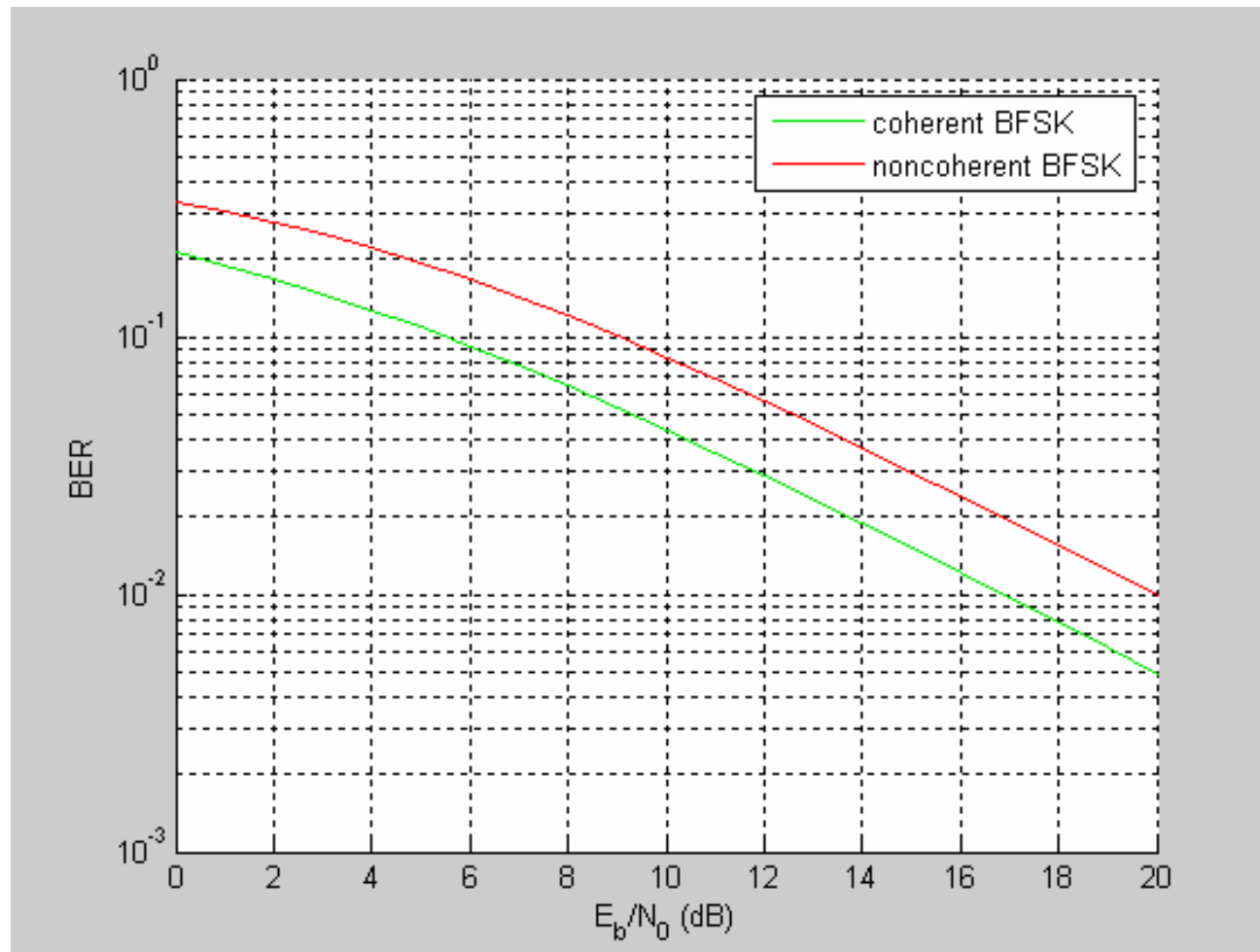
$$r(t) = \alpha(t)e^{j\theta(t)}s(t) + n(t) \quad 0 \leq t \leq T$$

其中， $\alpha(t)$ 及 $\theta(t)$ 為通道的振幅及相位響應， $n(t)$ 為外加白色高斯雜訊，在往後的內容，我們將不考慮相位響應 $\theta(t)$ ，換句話說，在接收端我們能將受到影響的相位重建回來。



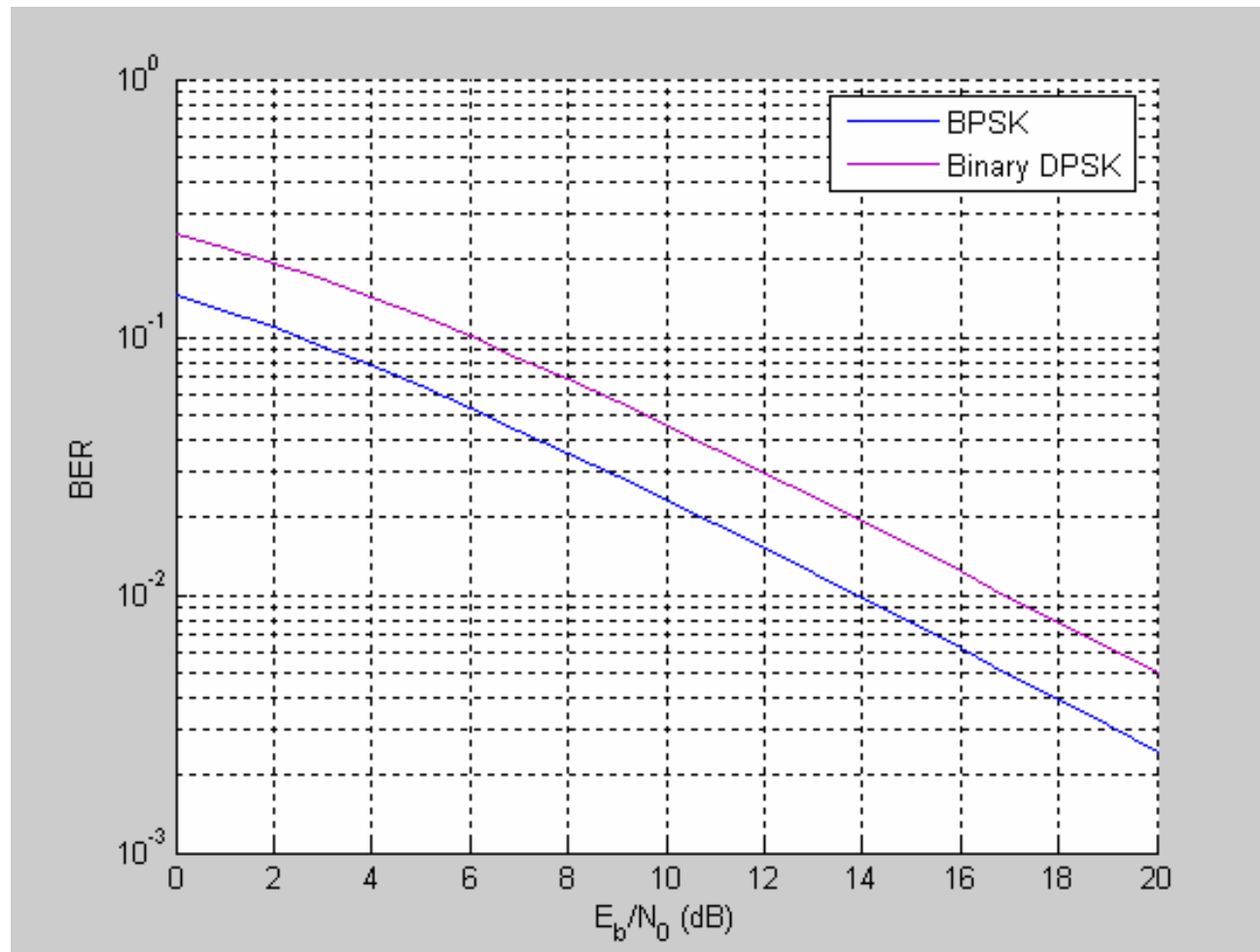


同調式BFSK vs 非同調式BFSK





BPSK vs binary DPSK





第三章

無線通訊系統之通道編碼技術





目錄

- 3.1 介紹
- 3.2 區段碼
- 3.3 迴旋碼
- 3.4 渦輪碼
- 3.5 循環冗員檢查
- 3.6 交錯
- 3.7 編碼技術於衰落通道之效能分析





介紹

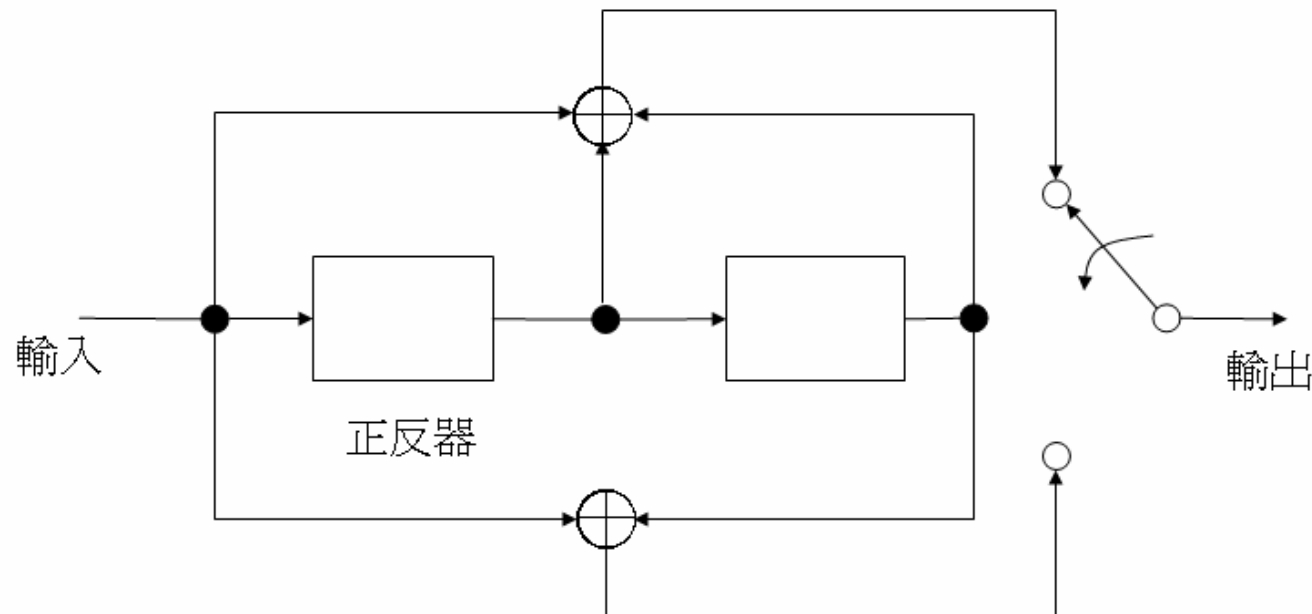
- 對一個設計現今的無線通訊系統而言，要利用僅有的有限資源去設計出傳送可靠的資訊是不容易的。在第二章我們可以得到每位元信號能量對雜訊功率頻譜密度比率 E_b/N_0 與誤碼率呈現反比的關係。但是實際情形上，由於通訊協定的關係，使得傳送功率並不能無止境的提升，讓誤碼率下降。在限制 E_b/N_0 的比率情況下，某些的調變方式並沒有辦法提供良好的通訊品質。
- 無線通道中通常會因為傳送與接收之間環境的關係，造成訊號快速衰落，使得符元傳送過程中發生連續性的錯誤，而無法提供良好的通訊品質。
- 因此依照一定的規則加入冗餘（redundancy）位元，使得接收端可以透過一定的規則去偵測或更正錯誤，再將冗餘位元去掉，還原傳送資訊。如此一來便可降低誤碼率，此種方式便是通道編碼技術。





迴旋碼-基本概念

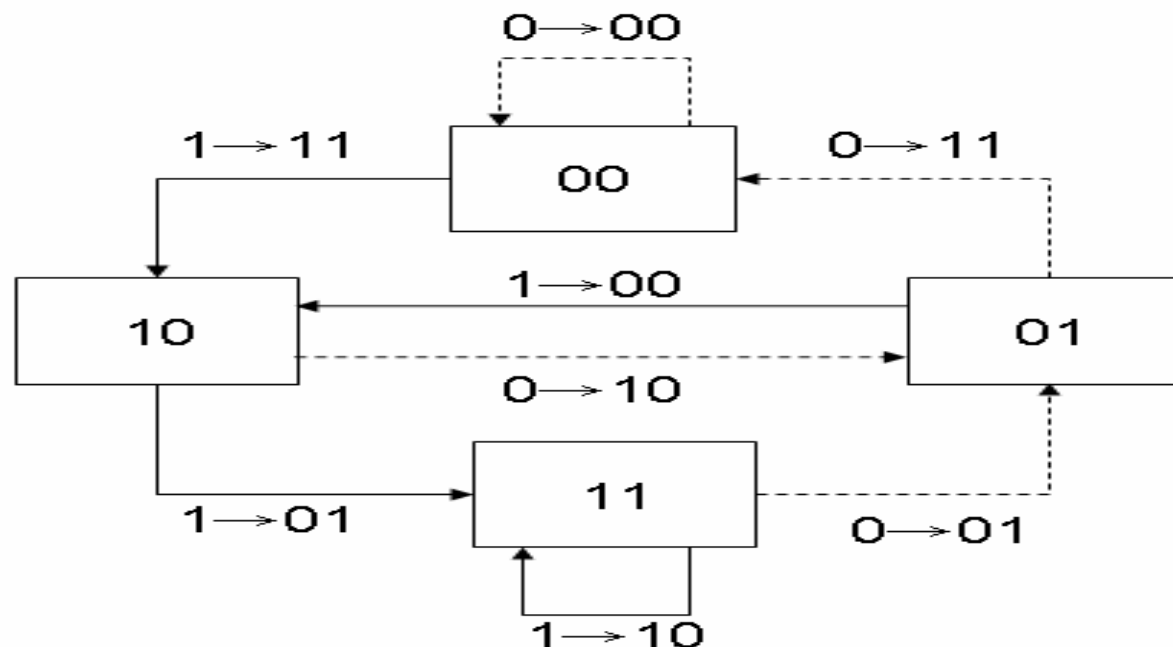
- 迴旋碼的編碼是不斷的與輸入訊息作運算，使用MOD-2之迴旋運算產生冗員位元，使用預先設定數目的最近的位元來得到一串新的編碼輸出演算碼便是迴旋碼。





迴旋碼-迴旋編碼

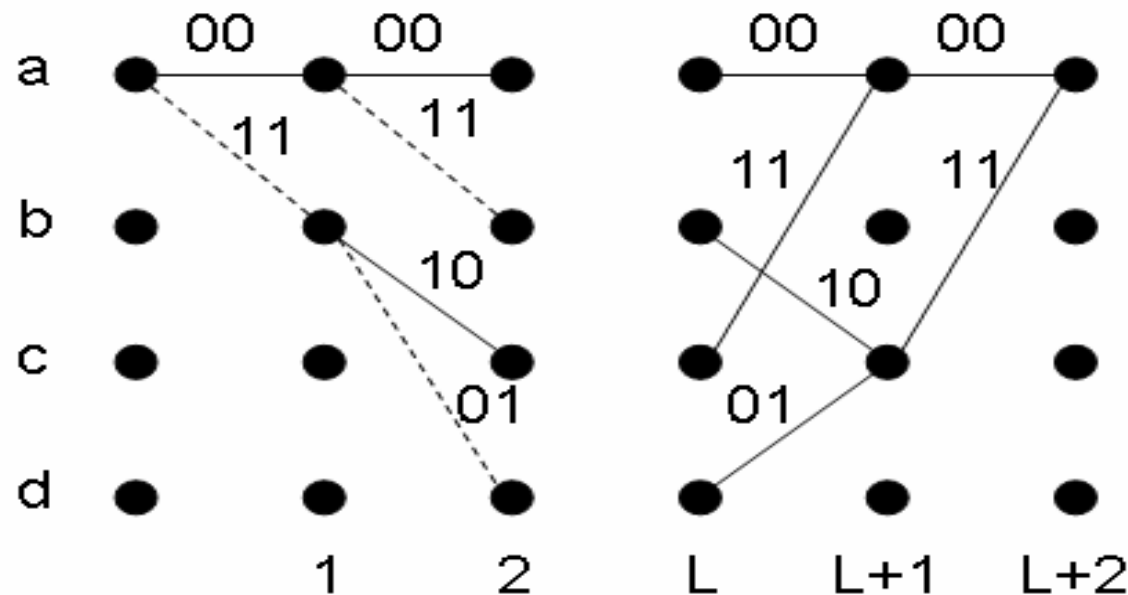
- 首先來討論的是狀態圖。圖中方框中的數字代表著編碼器可能的四個狀態，在每一個分支所註明的二位元數值代表著編碼器因狀態轉變的輸出字元。





迴旋碼-迴旋編碼（格子圖）

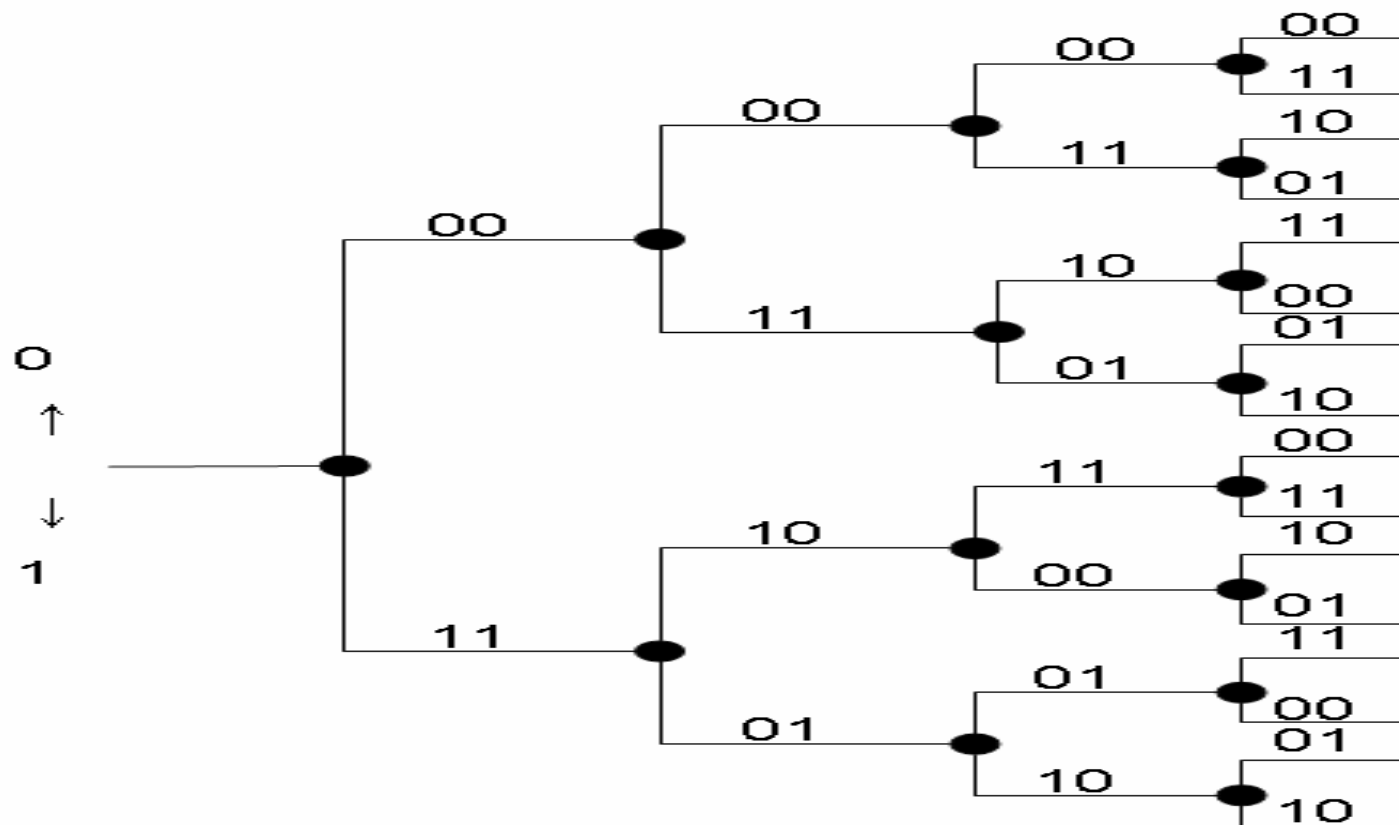
- 狀態圖中並沒有辦法紀錄曾經跑過的狀態，因此格子圖會比狀態圖更符合實際符合的形況。
- 圖中共有a, b, c, d四個狀態，每個狀態有兩個分支，當輸入位元為0時用實線表示；當輸入位元為1時用虛線表示。





迴旋碼-迴旋編碼（編碼樹）

- 每一個分支代表輸入不同字符，註明在分枝上的數值為輸出位元。一般而言，輸入字符為0時往上走；輸入字符為1時往下走，編碼樹的編碼順序是由左往右。





迴旋碼-迴旋解碼

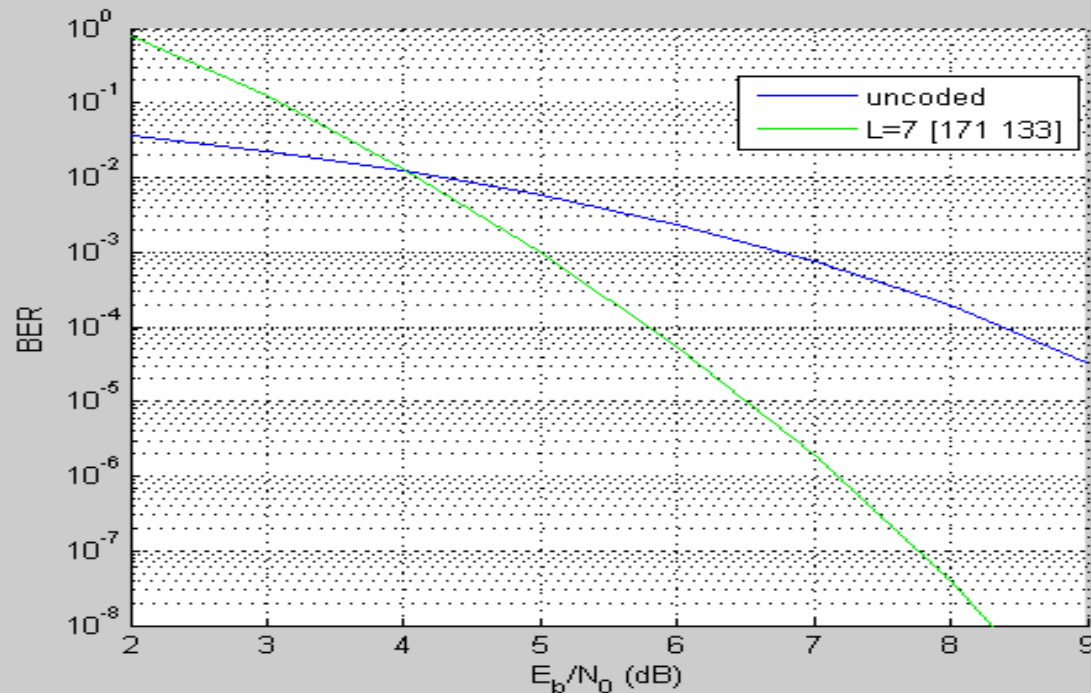
- 我們已經了解的迴旋碼的編碼方式，接下來探討的是迴旋碼的解碼方式。本節討論的是威特比演算法（Viterbi Algorithm）。在這演算法裡，我們使用迴旋碼之格子圖來解碼。
- 對每個特定路徑，是以編碼序列與接收序列的漢明距離計算。保留較短的路徑距離，淘汰較長的路徑距離。經過演算法的計算，保留的路徑距離一定保證包含最大的相似選擇。





迴旋碼-迴旋解碼

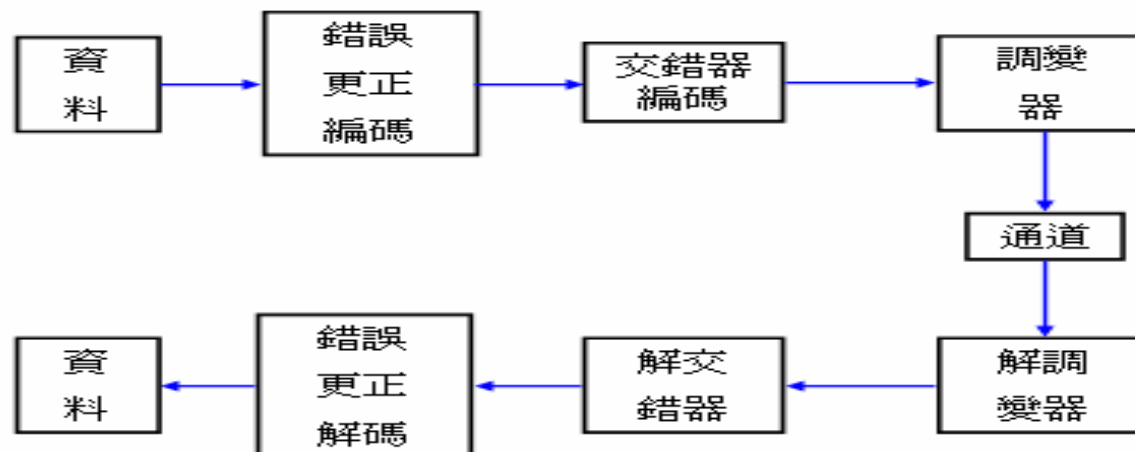
- 下圖為在AWGN通道下使用限制長度為7的迴旋碼與未編碼的效能比較。此迴旋碼所使用的碼率為1/2，附加在BPSK調變器上，可以發現使用過迴旋碼的效能會比沒有使用順向錯誤更正碼的好。





交錯-基本概念

- 行動通訊中，因為接收端會移動的關係，使得傳送與接收之間會造成環境的變化，產生多重路徑以及快速衰減的現象，所以造成短時間內大量的位元錯誤，無法使用錯誤更正還原傳送的資訊，因此我們利用交錯器將傳送的資訊打散，始得原本是連續性的錯誤進而變成隨機性的錯誤，因此可以藉由錯誤更正的能力，更正大部分的錯誤，造成錯誤率的下降。系統圖如下圖所示





交錯-常見的交錯器

- (1) 區塊交錯器 (BLOCK Interleaver)

資料輸入到一個方形陣列，其陣列大小 $N \times M$ 必須與輸入資料大小相同，如下面例子所示。輸入到陣列的方式為列輸入，等到方型陣列被填滿了之後，再由行輸出的方式將資料讀出。

例

資料=[12 2 3 5 4 6 9 8 7 10 11 1]，資料長度為12

輸入→
$$\begin{bmatrix} 12 & 2 & 3 & 5 \\ 4 & 6 & 9 & 8 \\ 7 & 10 & 11 & 1 \end{bmatrix}$$

↓ 輸出

輸出=[12 4 7 2 6 10 3 9 11 5 8 1]





交錯-常見的交錯器

- 解區塊交錯則與上述相反，輸入到陣列的方式為行輸入，等到方型陣列被填滿了之後，再由列輸出的方式將資料讀出。如此便可解回原來的資訊。

例

接續上述例子的輸出當成輸入資料

資料=[12 4 7 2 6 10 3 9 11 5 8 1]

↓ 輸入

$$\begin{bmatrix} 12 & 2 & 3 & 5 \\ 4 & 6 & 9 & 8 \\ 7 & 10 & 11 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \text{輸出}$$

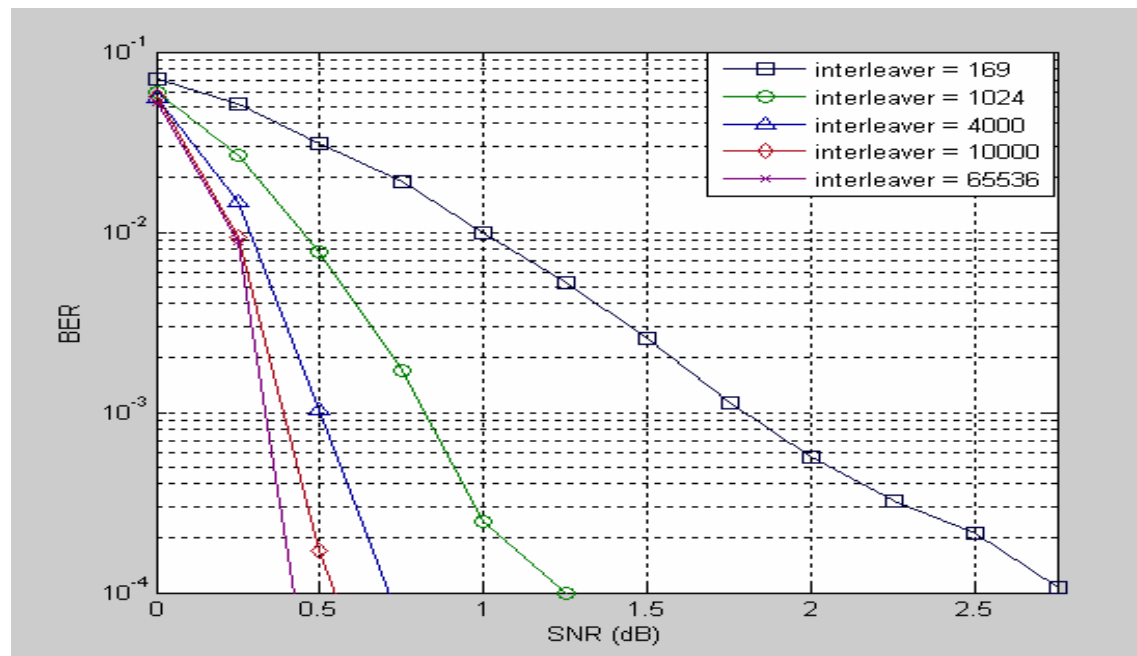
輸出=[12 2 3 5 4 6 9 8 7 10 11 1]





交錯-常見的交錯器

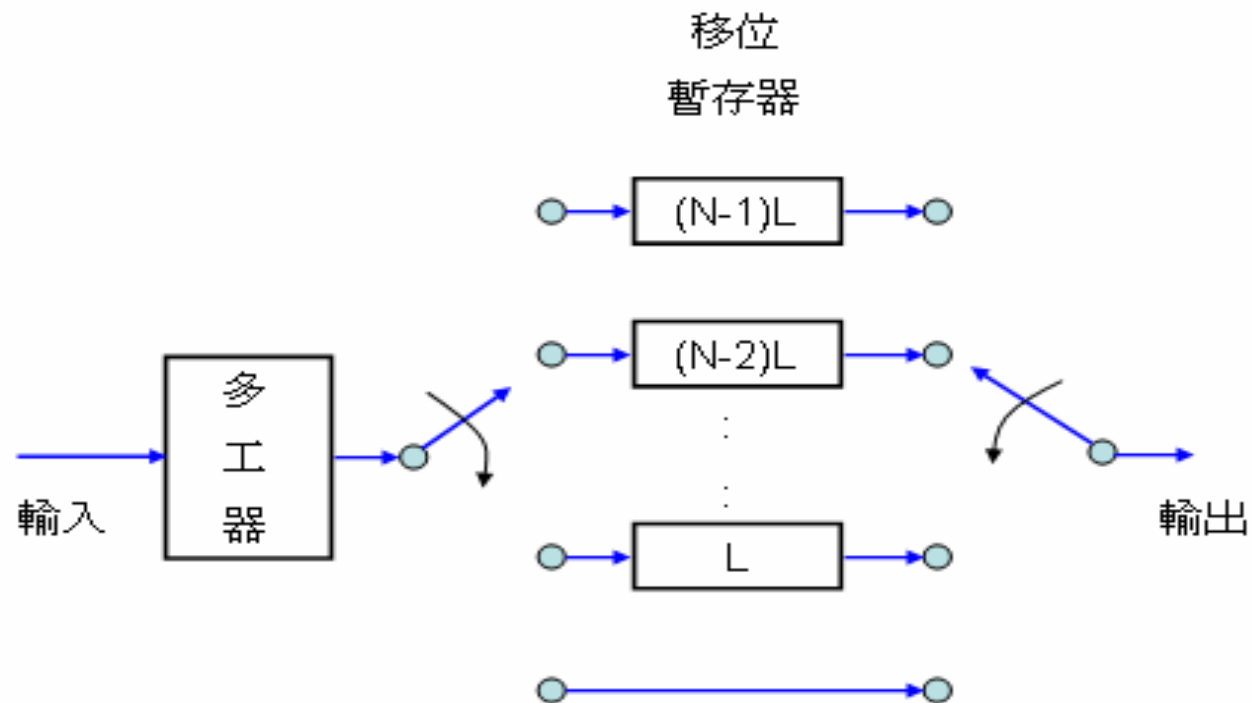
- 下圖3-19中為使用渦輪碼在瑞利通道加上AWGN通道下，使用碼率為1/3，在沒有穿刺的情形下傳送1000000位元的不同交錯器數目比較圖。並且渦輪碼重複操作的次數為8次。可以由圖中發現，交錯陣列的大小，足以影響系統的效能。





交錯-常見之交錯器

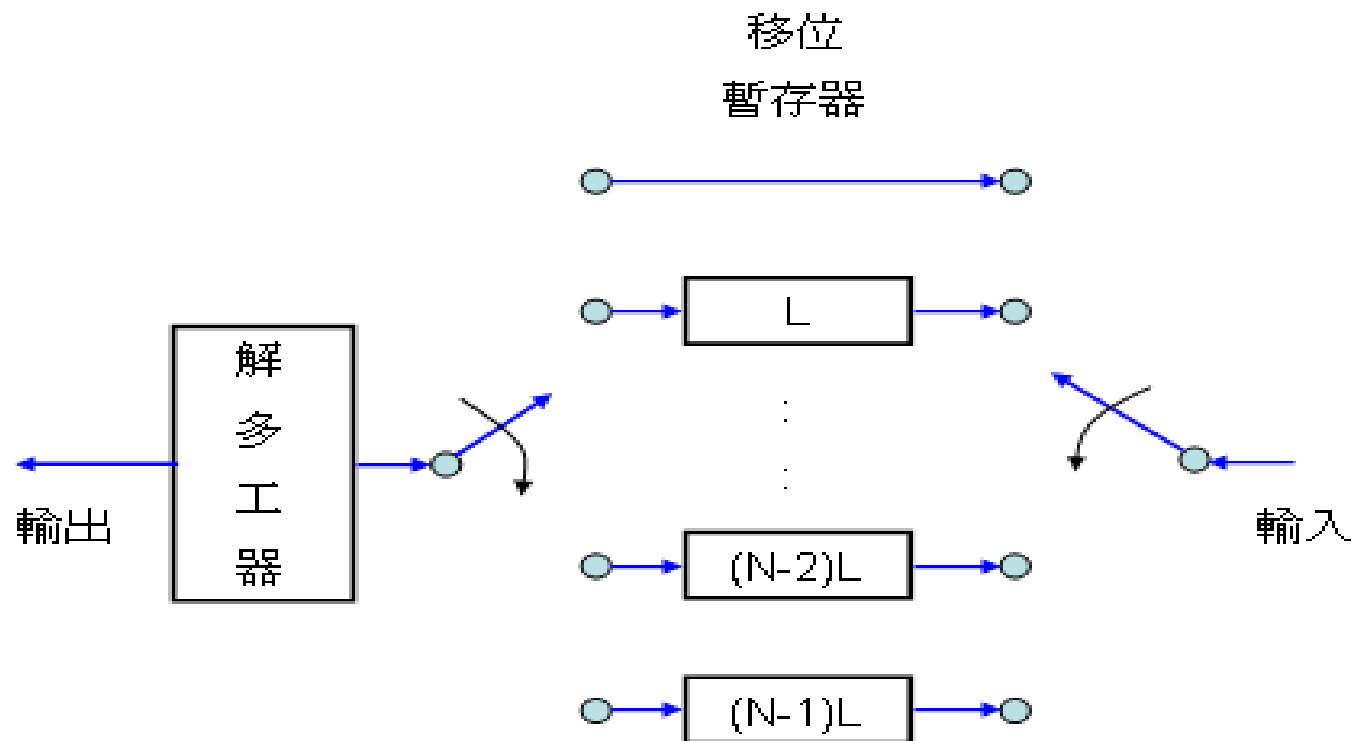
- (2) 迴旋交錯器 (convolutional Interleaver)
- 迴旋交錯器由移位暫存器以及多工器所組成，如下圖所示。





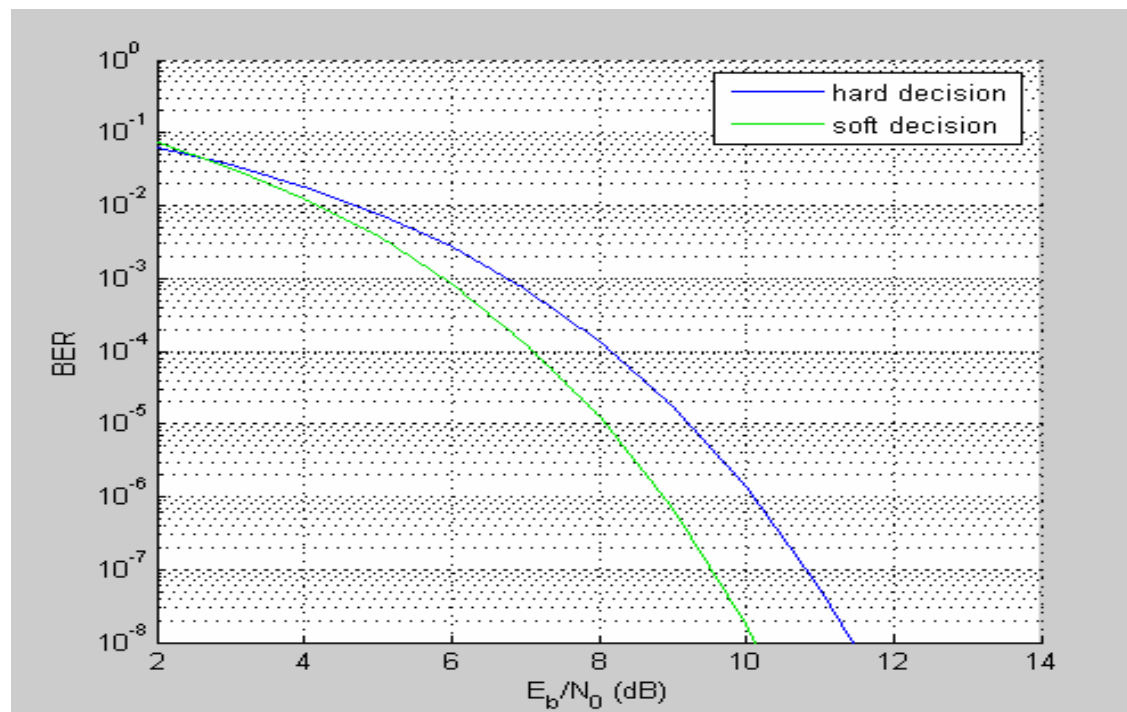
交錯-常見的交錯器

- 在接收端的解交錯器 (deinterleaver) 對應著傳送端交錯器的N各移位暫存器，並且解交錯器的轉向器必須要跟交錯器的轉向器同步，如下圖所示：



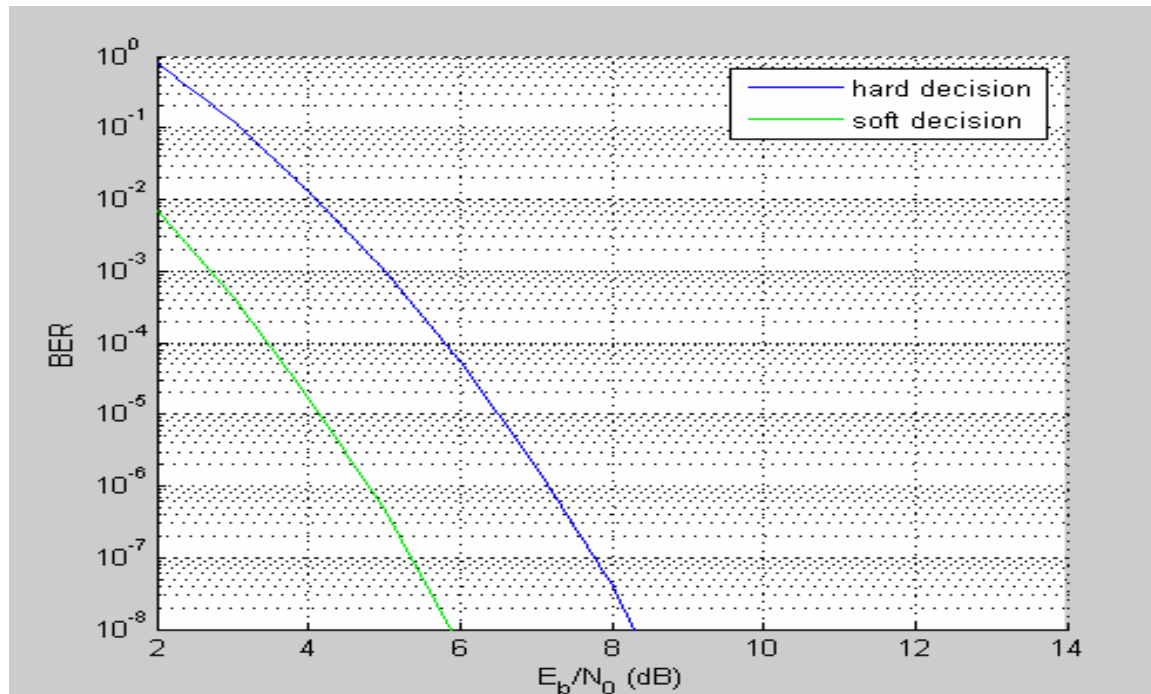
編碼技術於衰落通道之效能分析-高斯白雜訊通道 (AWGN)

- 此章節我們探討各種編碼在AWGN下的效能分析。
- 圖3-22為在BPSK調變器下加入漢明編碼後，軟性決策與硬性決策的效能比較。此漢明碼為(7, 4)，最小距離為3。可以發現在錯誤率為 10^{-8} 時，約略會有1.4dB的效能改善



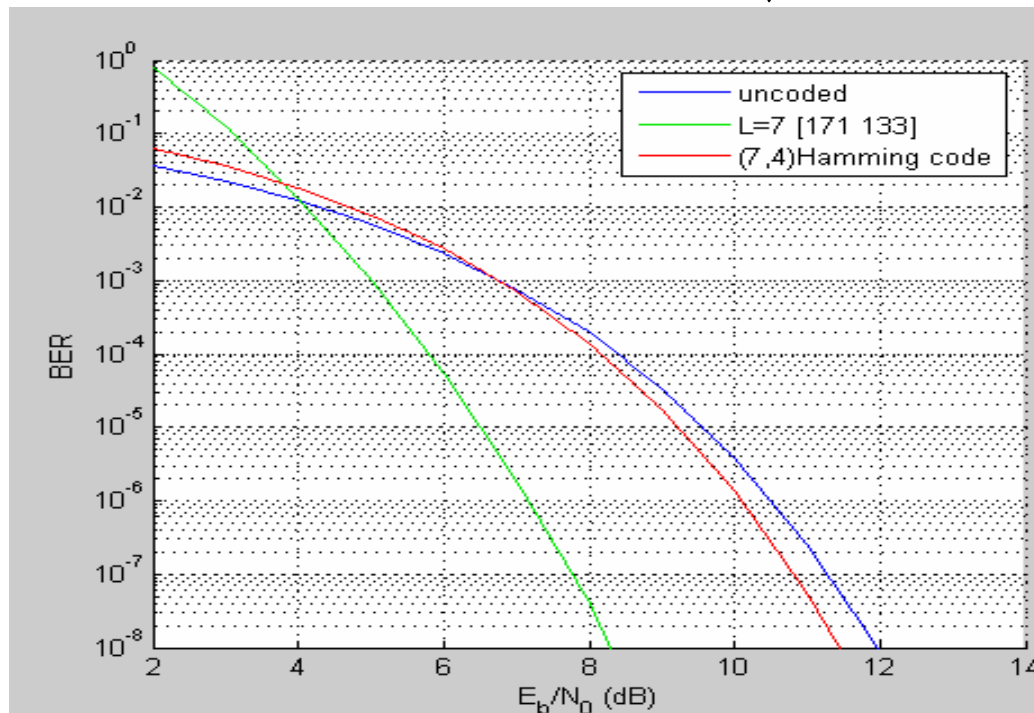
編碼技術於衰落通道之效能分析-高斯白雜訊通道 (AWGN)

- 下圖為在BPSK調變器下加入迴旋碼後，軟性決策與硬性決策的效能比較。此迴旋碼為[171 133]的迴旋碼，碼率為1/2可以發現在錯誤率為 10^{-8} 時，約略會有2.2dB的效能改善，因此迴旋碼在軟性決策上比區段碼改善的空間比較大



編碼技術於衰落通道之效能分析-高斯白雜訊通道 (AWGN)

- 下圖為在BPSK調變下迴旋碼與漢明碼以及未編碼在AWGN通道下的效能比較。此迴旋碼使用限制長度為7，碼率為1/2。漢明碼為4個訊號位元構成7單位長度的碼字，並且迴旋碼以及漢明碼皆使用硬性決策去做0與1的判斷。

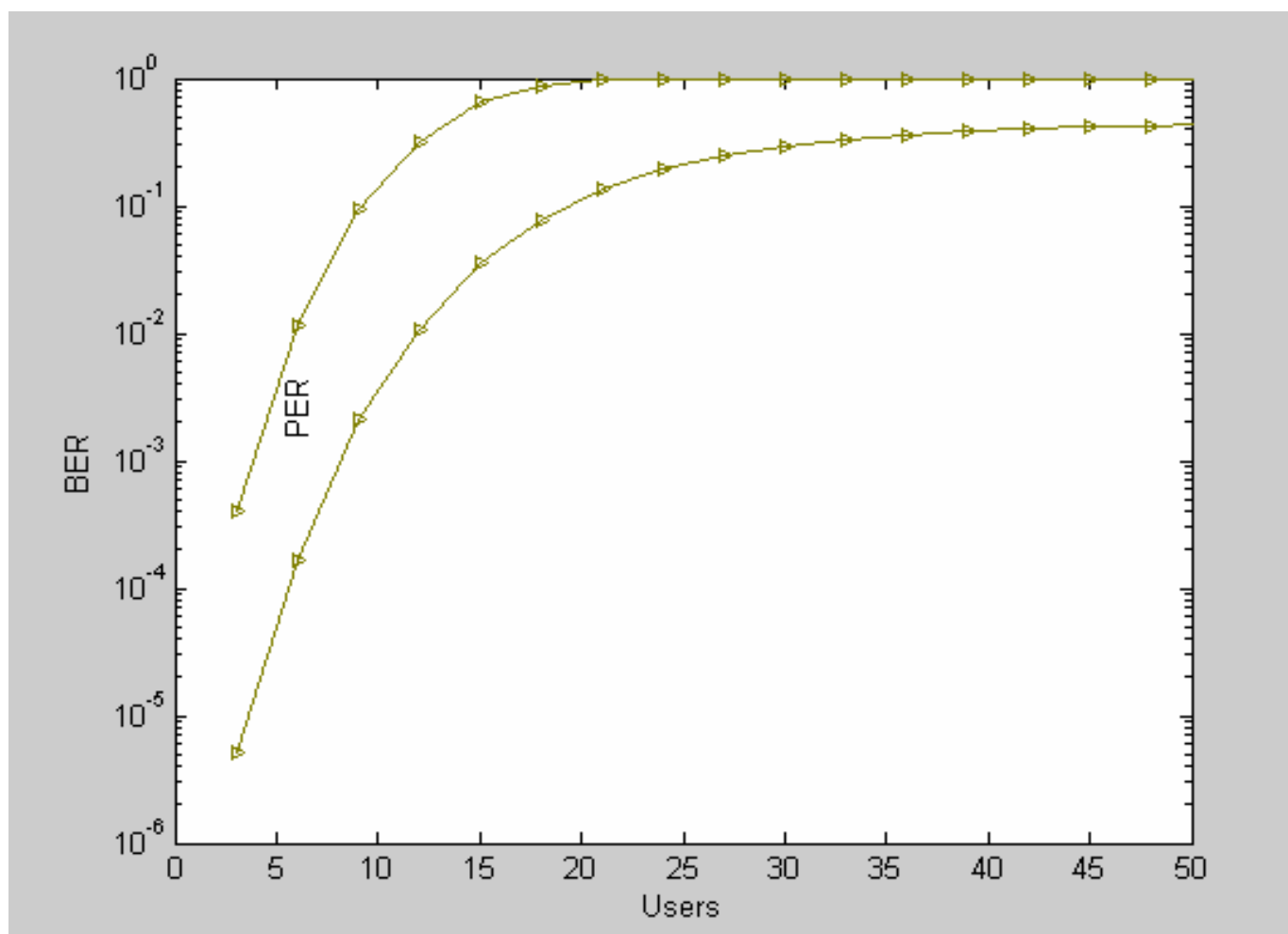


編碼技術於衰落通道之效能分析-銳利通道與AWGN通道

- 在多媒體通訊系統中，往往可以容納使用者的人數多寡與位元錯誤率形成一個重要的參數依據，所以此章節探討在不同的編碼機制，在銳利通道加上AWGN通道下所呈現的效能比較。
- 圖3-24為迴旋碼在軟性決策且固定在 $E_b/N_0=25\text{dB}$ 的情況下的模擬圖。一般而言傳送資料訊號所要求的位元錯誤率為 10^{-5} ，在圖中約略可以提供給四個使用者使用；而傳送語音訊號所要求的位元錯誤率為 10^{-3} 則可以提供給8各使用者使用。



編碼技術於衰落通道之效能分析-銳利通道與AWGN通道

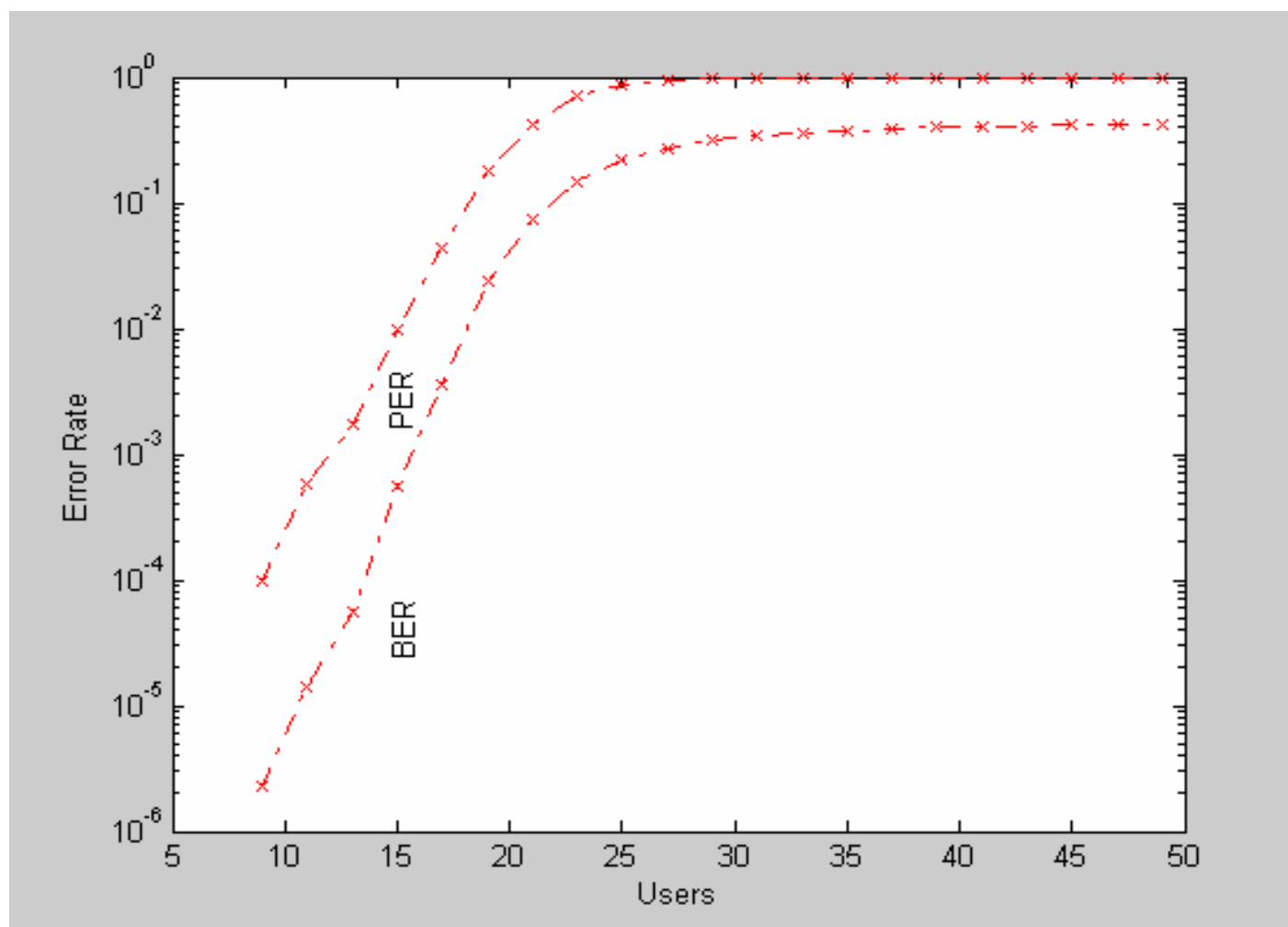


編碼技術於衰落通道之效能分析-銳利通道與AWGN通道

- 下圖3-25為渦輪碼在駛用碼率為 $1/4$ 且固定在 $E_b/N_0=25\text{dB}$ 的形況下的模擬圖，在傳送資料訊號的要求下，可以同時提供11個使用者使用；而若傳送語音訊號的要求下可以同時提供給約15各使用者使用。所以在比較迴旋碼以及渦輪碼在資料以及語音的服務人數上，很明顯的渦輪碼可以服務的人數比迴旋碼多。所以在具有多重路徑的通道上，渦輪碼的改善空間比較大。



編碼技術於衰落通道之效能分析-銳利通道與AWGN通道





第四章

寬頻分時多工技術與系統





目錄

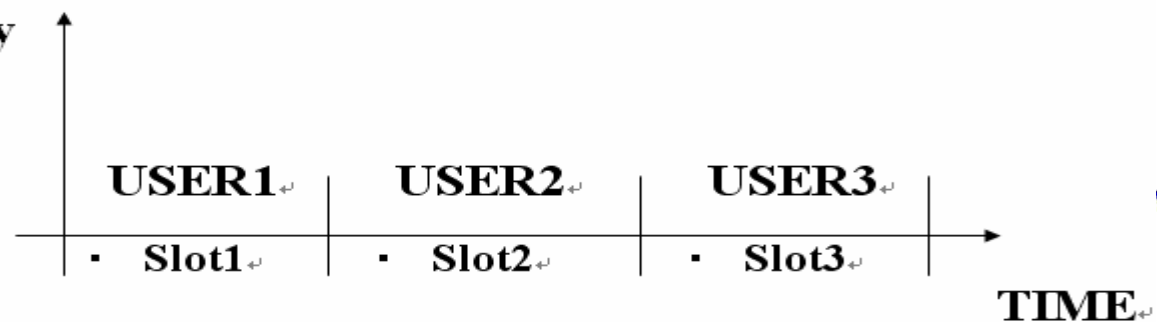
- 4.1 TDMA
- 4.2 等化器
- 4.3 GSM以及GPRS基本架構
- 4.4 EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution) 系統
- 4.5 Enhanced general packet radio service (EGPRS)
- 4.6 適應性調變編碼架構及背景
- 4.7 利用k值估測完成適應性調變與編碼技術於EDGE系統之效能分析





TDMA-系統簡介

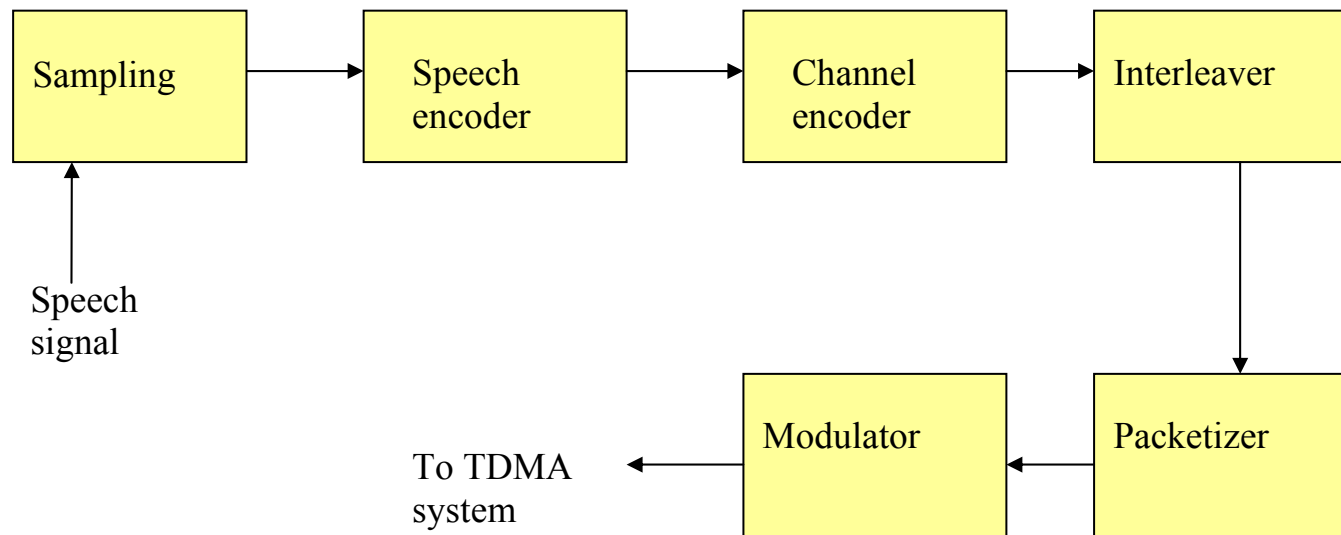
- 分時多工多重存取(Time-Division Multiple Access ; TDMA)為一種多人多工的技術，在無線通訊中使用的非常廣，GSM系統即是採用此技術來做傳輸。
- TDMA利用時間分配的概念，把時間切割成許多個時槽(Time slot)，每一個時槽就只給其中一個使用者使用。所以每個使用者在一定的時間內能使用整個通道，也就是說頻寬是給一個人獨享的，為一個寬頻的系統。





TDMA傳送端

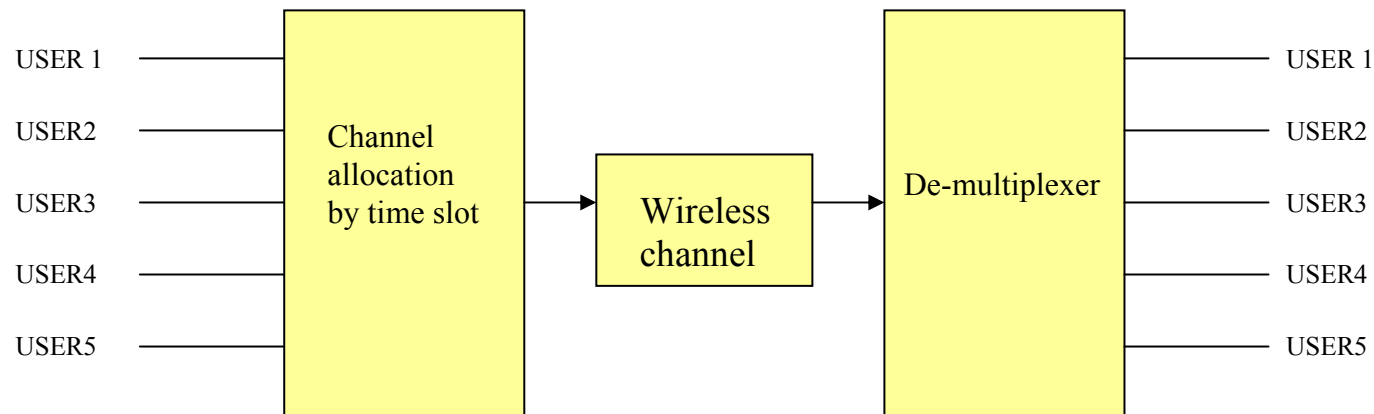
- 信號編碼(Speech encoder):將冗長的信號重新整理並把不必要的資訊丟掉。
- 通道編碼(Channel encoder):將一些保護資訊加入信號中
- 交錯(Interleaving):使每個符號或位元分散在不同的位置
- 包裝(Packetizer)，將信號包裝成一個碼框(Frame)





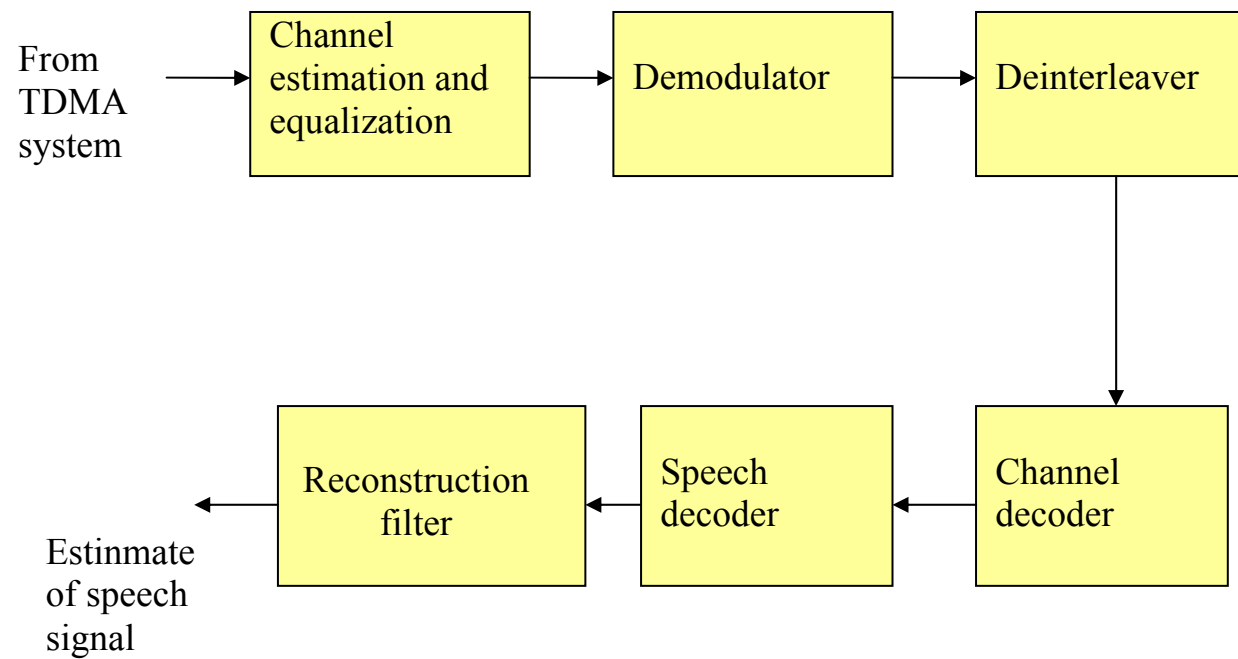
TDMA 技術

- TDMA系統主要做的即是通道分配，假設有五個使用者，每個使用者將藉由時槽來決定通道使用的先後順序，接著傳送出去，到達接收端的時候則需要解多工器將傳送信號正確的發送給接收端。





TDMA 接收端





信號模型

- 假設傳送信號集合為 $S=\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ ，無線通道雜訊為 $H=[h_1 \ h_2 \ \dots \ h_m]$ ，而AWGN雜訊 $n=[n_1 \ n_2 \ \dots \ n_m]$ ， h_k 為 S_k 所對應之通道狀態， n_k 為 S_k 所對應之AWGN雜訊， $k=1\dots m$ 。由上述的雜訊效應可將接收信號 r 寫成：

$$r_k = h_k * s_k + n_k \quad k=1\dots m$$

- 然而，因為無線通道環境有多重路徑的效應，有可能造成符號間的干擾(Intersymbol interference)

$$r_k = h_k * s_k + \sum_{\substack{j=-D \\ j \neq k}}^D h_j s_{k-j} + n_k \quad k=1\dots m$$

第二項即是ISI項， D 為多重路徑的個數，信號會受前 D 個信號和後 D 個信號所干擾。





等化器原理

- 等化器有很多種形式，如零抑制等化器 (Zero-Forcing Equalizer, ZF) 最小均方等化器 (Minimum Mean Square Equalizer, MMSE)、決策回授 (Decision Feedback)... 等等。而在此將只介紹最常見的ZF等化器和MMSE。

- 假設接收信號 r_k :

$$r_k = H * S + n = [h_1 \ h_2 \ \dots \ h_k \ \dots h_m] * \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_k \\ \vdots \\ s_m \end{bmatrix} + n_k$$

- 假設 $W = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_k \ \dots w_m]$ 為ZF等化器，其矩陣內的元素只跟其對應的通道矩陣元素有關係，而跟其他通道狀態成正交。





等化器原理

- 在接收端要對信號做偵測時，必須乘上此等化器，表示式如下：

$$\hat{s}_k = W^H r_k = s_k + W^H * n_k \quad K=1 \dots m$$

- 由此可知，經過了ZF等化器候確實可以將無線通道雜訊消除，但是缺點卻放大了AWGN雜訊，所以說ZF等化器比較適合用再信號雜訊比(Signal to Noise Ratio ,SNR)比較大的時後。
- 由於乘上ZF等化器後可以將信號還原，故我們可以很簡單的將ZF等化器W看為 $W=H^H(H^H H)^{-1}$ ，取Hermitian後乘上 r_k ：
$$\hat{S} = (H^H H)^{-1} H^H H * S + (H^H H)^{-1} H^H n$$





等化器原理

- MMSE的做法和原理跟ZF等化器非常類似，連等化器的公式也幾乎相同。MMSE的優點在於當信號SNR較低時，它還是有不錯的效果。其等化器形式如下：

$$W = H^H (H^H H + \alpha I_{m \times m})^{-1} \quad \alpha = \frac{\text{AWGN power}}{\text{Signal power}}$$

- 由此可知MMSE其實只是在ZF等化器上多加了這一項而已。而這一項的用途是用來抑制AWGN雜訊的放大。
- 在SNR比較大的時後，意只信號功率遠大於AWGN功率，所以會趨進於0，而等化器的形式就回到了ZF的樣子





等化器原理

- 在SNR比較低的時後，信號功率便不會遠大於AWGN功率了，所以不會趨近於0，這時這一項將會抑制雜訊的放大讓錯誤率降低。所以在SNR較低時MMSE的表現會來的比ZF等化器好。





EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution) 系統

- 8-PSK調變是 EDGE 空中介面新採用的調變方式，它將增加總體資料傳輸率，並提供更好的頻率應用效率
- 定義了數種不同的頻道編碼模式（Channel Coding Scheme）
- 一種新的技術- Link Adaptation（LA），也已被用來動態地選擇傳送模式
- 新的手機以及新的無線收發器(base station transceivers)必須同時發展，以應用於EDGE系統中，有兩種可能的方向：
 - 1．上傳（Uplink）為GMSK傳輸，下傳為8 PSK 傳輸：意即是上傳為 GPRS，而 EDGE 傳輸於下傳中，因為大部份的應用服務需求較大的下傳能力勝於上傳機制
 - 2．上下傳皆為8 PSK傳輸手機





Enhanced general packet radio service (EGPRS)

- 引入了鍊路品質控制（Link Quality Control，LQC）的概念
- 包含了九種不同的調變和編碼的方式 (Modulation Coding Scheme, MCS) 分別為 MCS-1~MCS-9，這九種不同的調變和編碼可以用來做調變和編碼的方式（MCS）間的切換
- 在EGPRS中新制定的調變和編碼的方式為MCS-5~MCS-9。而MCS-1~MCS-4也不全然為舊的GPRS傳送方式（CS-1~CS-4）



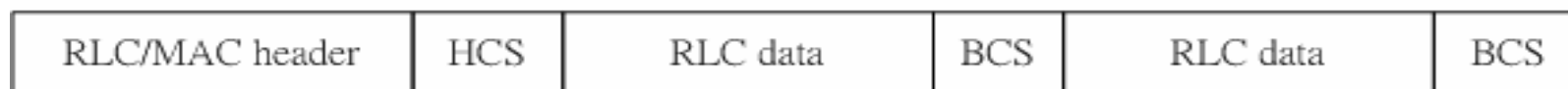


EGPRS之RLC (Radio Link Control) 區塊架構

- 一個封包資料單位(Packet Data Unit, PDU)會被分成長度為20ms的RLC區塊(Radio Link Control Block)
- RLC區塊再根據不同的MCS而採用不同的資料長度或編碼方式
- 再將其分成四個更小單位的碼框(Burst)傳送出去
- 在EGPRS裡，RLC區塊分成兩種架構，MCS-1~MCS-6 (a)的架構和MCS-7~MCS-9 (b)有所不同

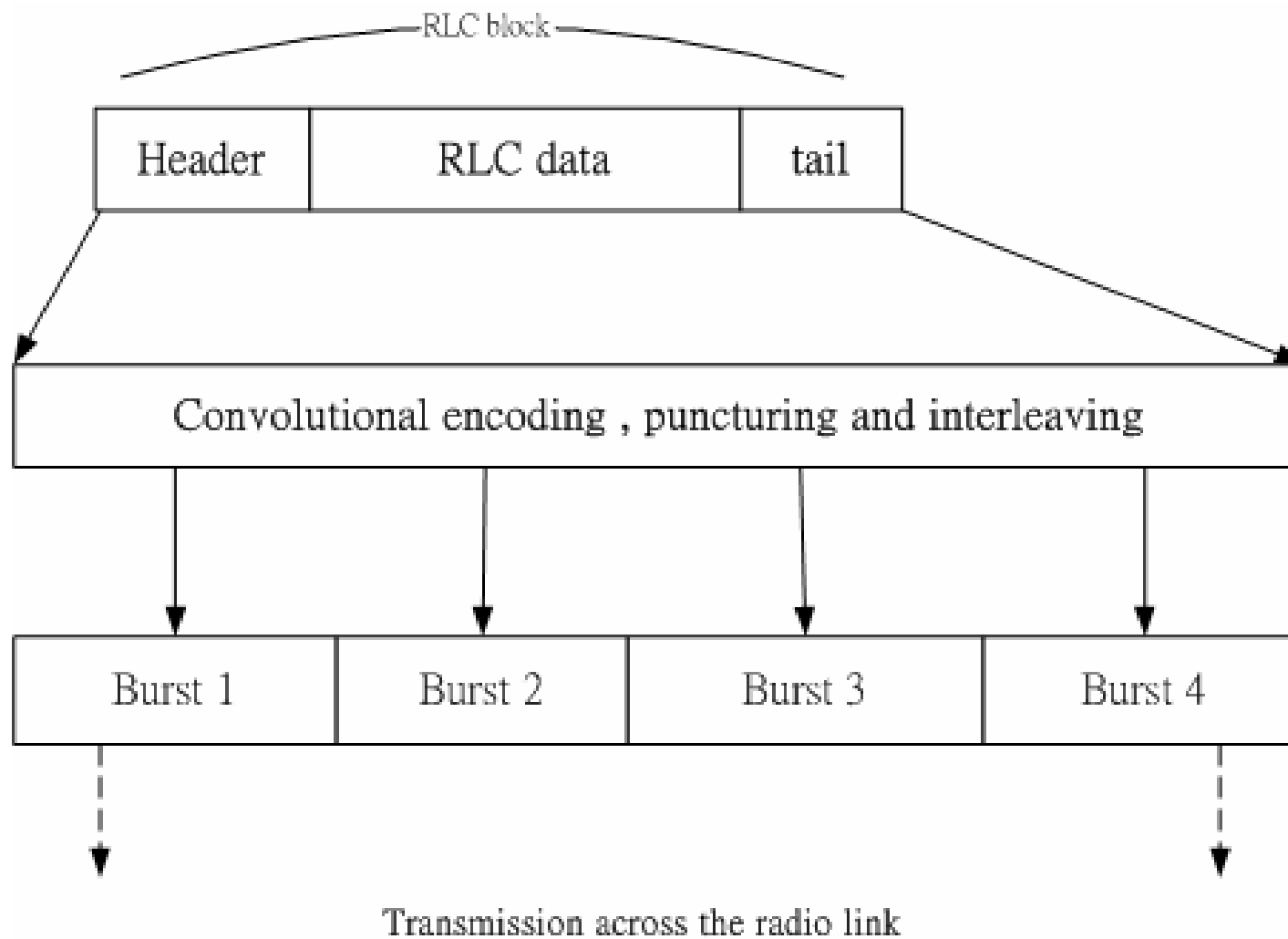


a



b







適應性調變編碼架構及背景

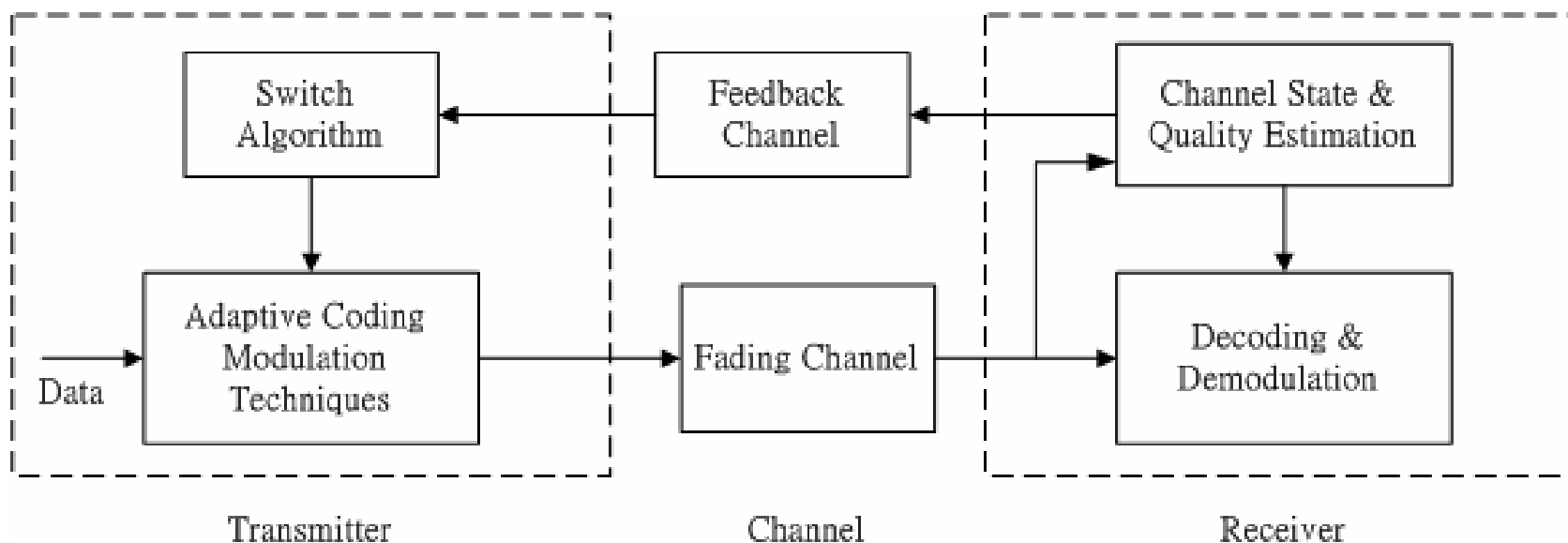
- 主要概念是期望可以動態的改變通訊系統中的調變機制或編碼方式，使得系統的頻寬使用效率能隨著通道的情況達到最佳
- 根據不同的通道狀態，調整傳送功率，符元傳送率，星雲圖的大小，位元錯誤率，編碼率，或編碼的方式，能在不使位元錯誤率提高的情形下，提高系統的頻寬使用效率
- 適應性編碼與調變技術依據有無回授訊號可分成
 - 閉迴路適應性編碼與調變技術(Closed Loop Adaptive Modulation/Coding Scheme)
 - 有回授訊號
 - 開迴路適應性編碼與調變技術(Open Loop Adaptive Modulation/Coding Scheme)
 - 無回授訊號





閉迴路適應性編碼與調變技術

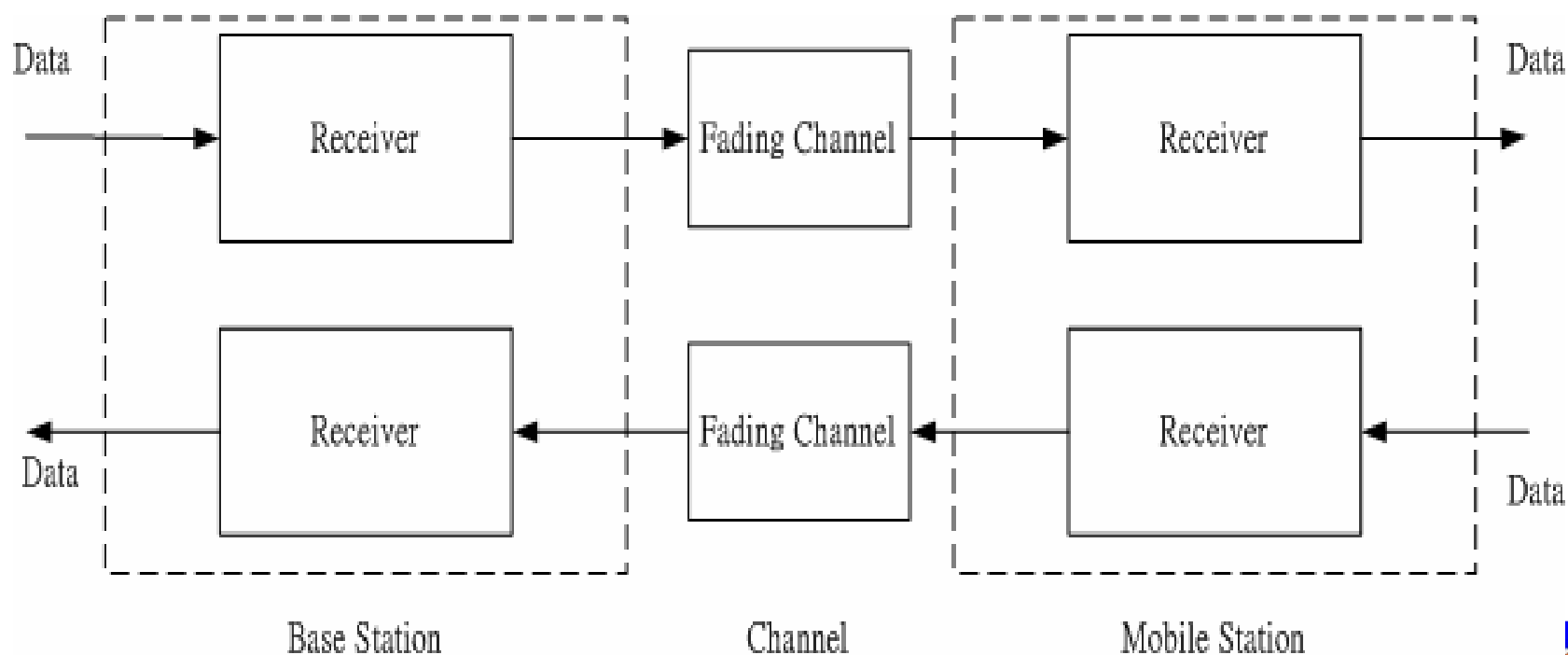
- 接收端會即時的監視通道的狀態，利用某些參數評估通道狀態的好或壞





開迴路適應性編碼與調變技術

- 接收端接收到的前一個時間的狀態來預估下一個傳送時間的通道





萊遜通道與萊遜k值(1/2)

- 一個具有直視波成份的通道環境而言，可以視為一個多重路徑傳播（multipath）成份再加上直視波的成份可以用萊遜分佈來描述通道特性

$$f(A) = \frac{A}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{A^2 + s^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{As}{\sigma^2}\right)$$

A為訊號的振幅， σ^2 為非直視波成份的能量，s為直視波成份的強度

I_0 為0階的貝索函式(Bessel Function)

- 由上式得到瞬時功率(Instantaneous Power)， $p = \frac{A^2}{2}$ ，的機率密度函式如下

$$f(p) = \frac{K+1}{p_0} \exp\left(-\frac{K+1}{p_0} - K\right) \times I_0\left(2\sqrt{\frac{K^2 + K}{p_0}} p\right)$$

k值為萊遜指數（Rice factor），定義為直視波訊號成份和非直視波成份的比值

$p_0 = \frac{s^2 + 2\sigma^2}{2}$ 為本地的平均功率（Local mean power）



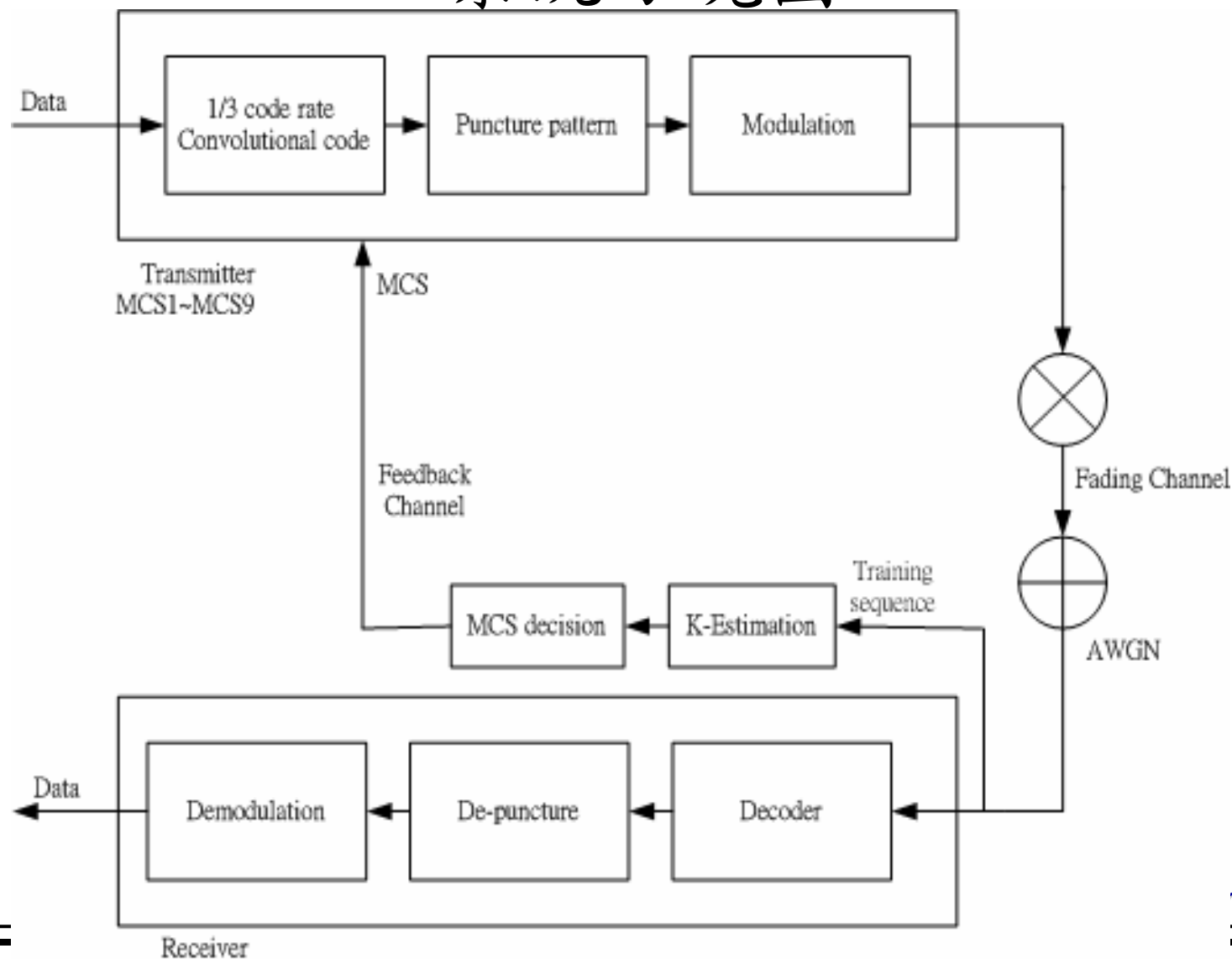


萊遜通道與萊遜k值(3/2)

- 當k值非常大，表示有很強的直視波成份，而多重路徑的成份相對而言非常小，通道效應會接近AWGN的效果，所以在固定的區塊錯誤率的要求下，我們一樣可以改變調變和編碼方式，提高調變位階，或是提高編碼率，使得系統效能提高，以節省頻寬使用效率
- 當k值很小，趨近於零時，表示通道幾乎沒有直視波的存在，都由多重路徑波的成份主宰通道效應，這個時候的通道情況就類似為瑞雷通道(Rayleigh Channel)，為了維持住一定的區塊錯誤率(Block Error Rate, BLER)，必須犧牲傳送的效能，而使用比較低階的調變方式，降低符碼率或使用較低編碼率的編碼方式，也就是加入更多的保護位元以對抗較差的通道環境



利用k值估測完成適應性調變與編碼之系統方塊圖





效能分析之系統要求

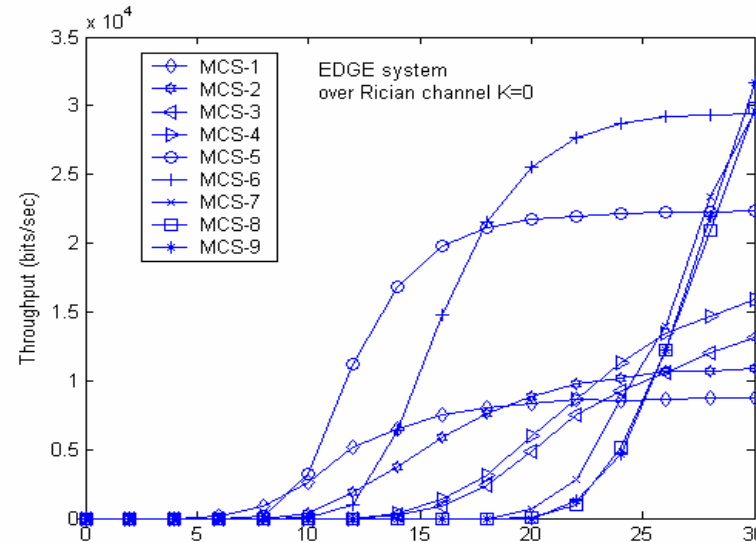
- 在不同k值通道下的區塊錯誤率小於 10^{-2} 。
- 符合區塊錯誤率小於 10^{-2} 所需的SNR低於24dB 。
- 在符合上述之區塊錯誤率小於 10^{-2} 之下，能有最高的傳輸效能



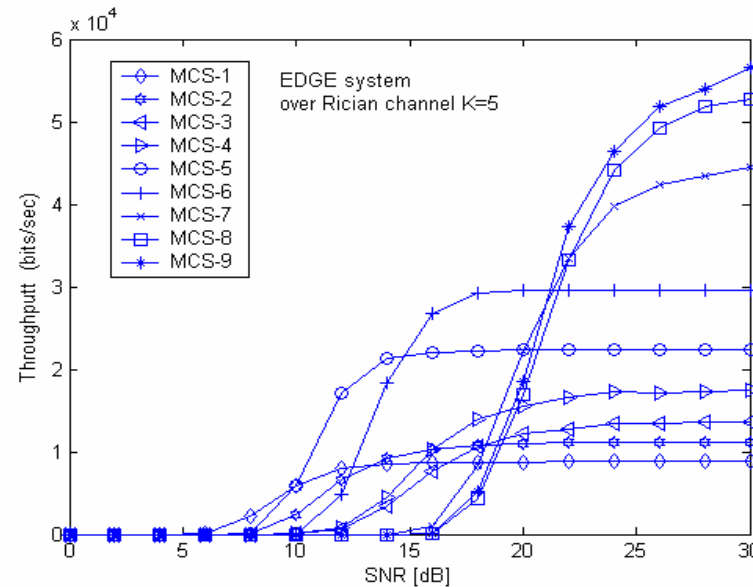


不同k值通道下MCS1~9之效能

k=0



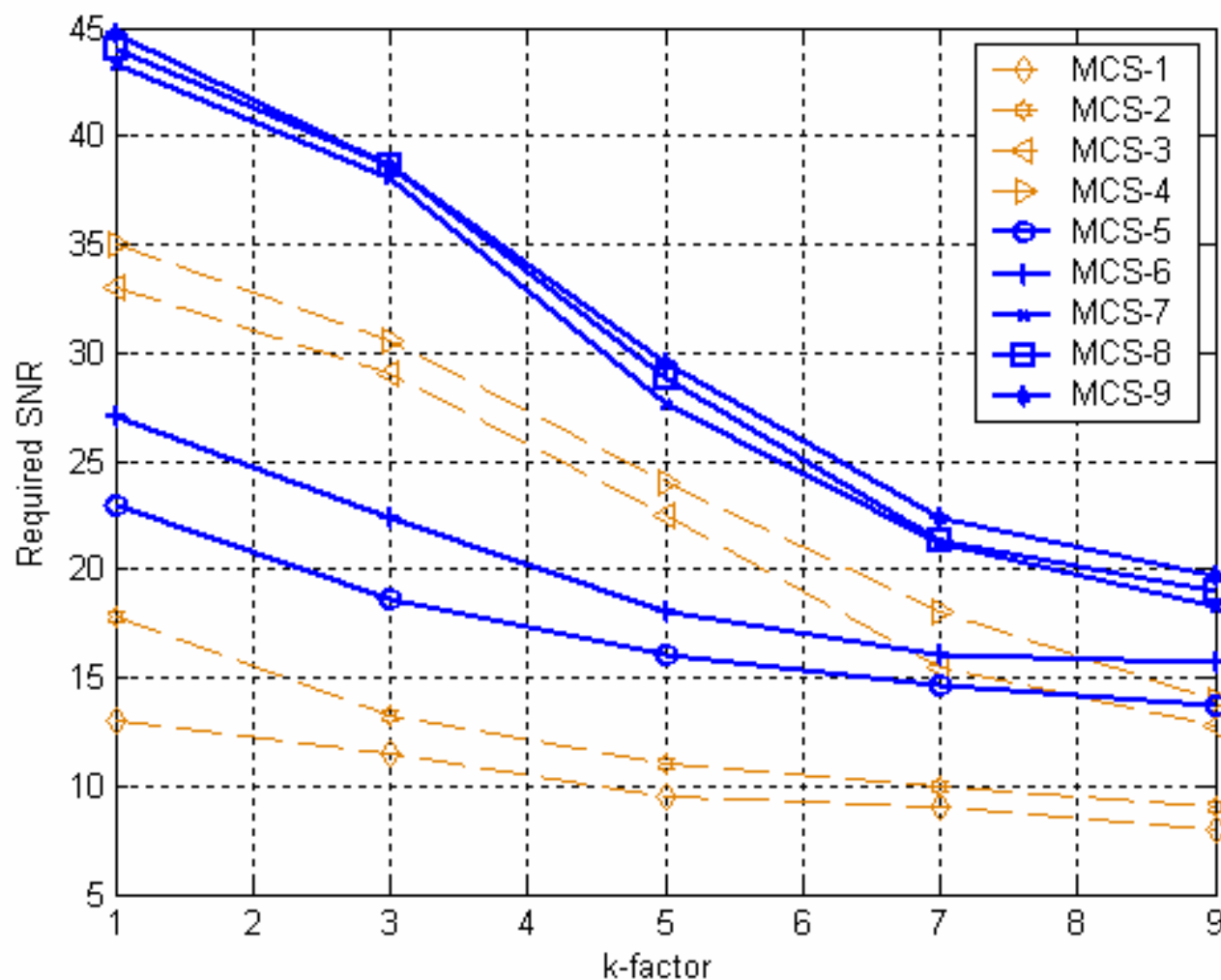
k=5



less Comm. Lab.



不同k值下，區塊錯誤率小於 10^{-2} ，所需要的訊號雜訊比





傳送模式之選擇

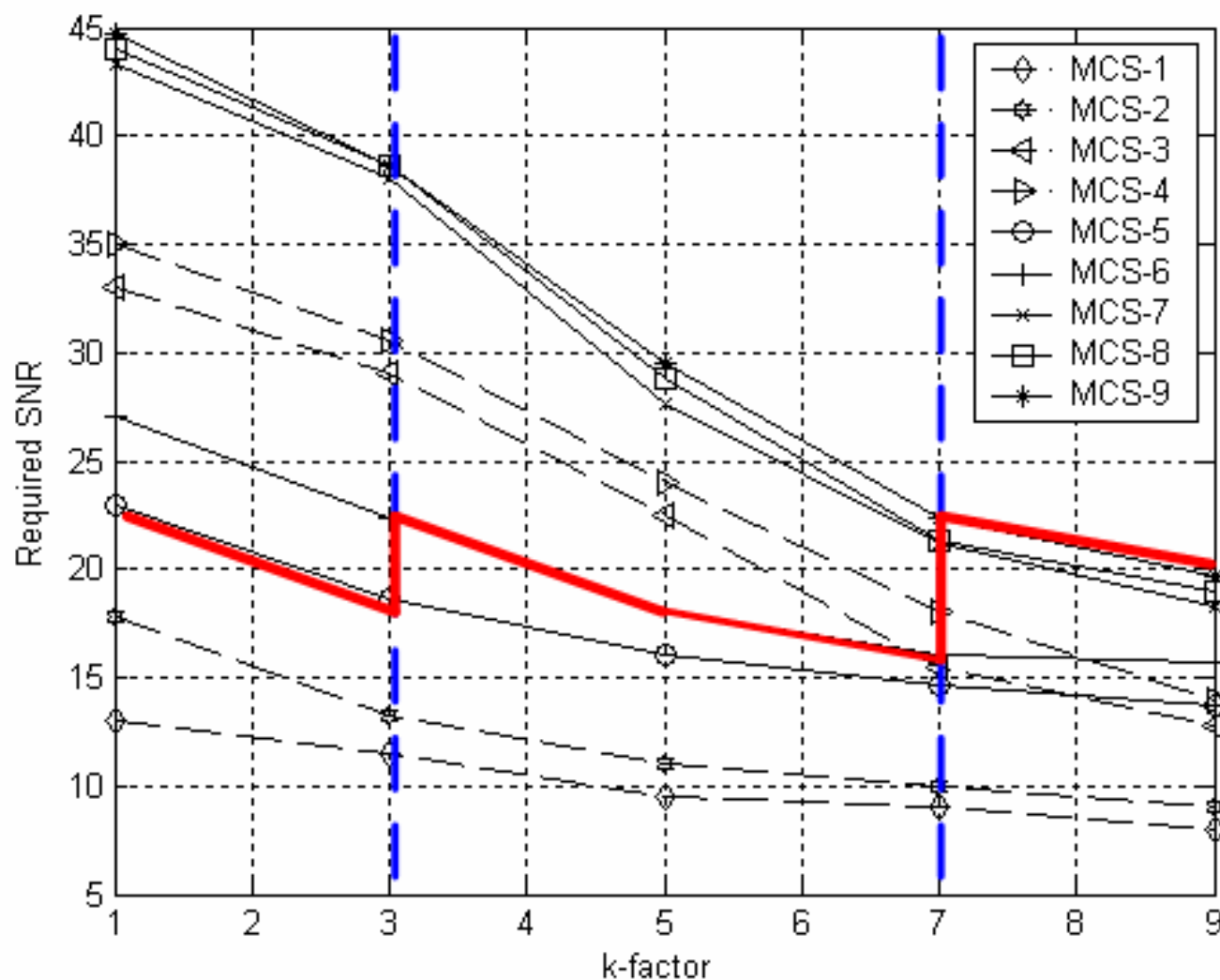
- 根據 SNR_{Req} 採用 MCS-5, MCS-6 及 MCS-9 當做傳送端的三種傳送架構

Mode	k-factor	MCS	SNR_{Req}	Bit rate (kbit/s)
Mode A	$K < 3$	MCS-5	18~23dB	22.4
Mode B	$3 \leq K < 7$	MCS-6	16~22dB	29.6
Mode C	$7 \leq K$	MCS-9	20~22dB	59.2



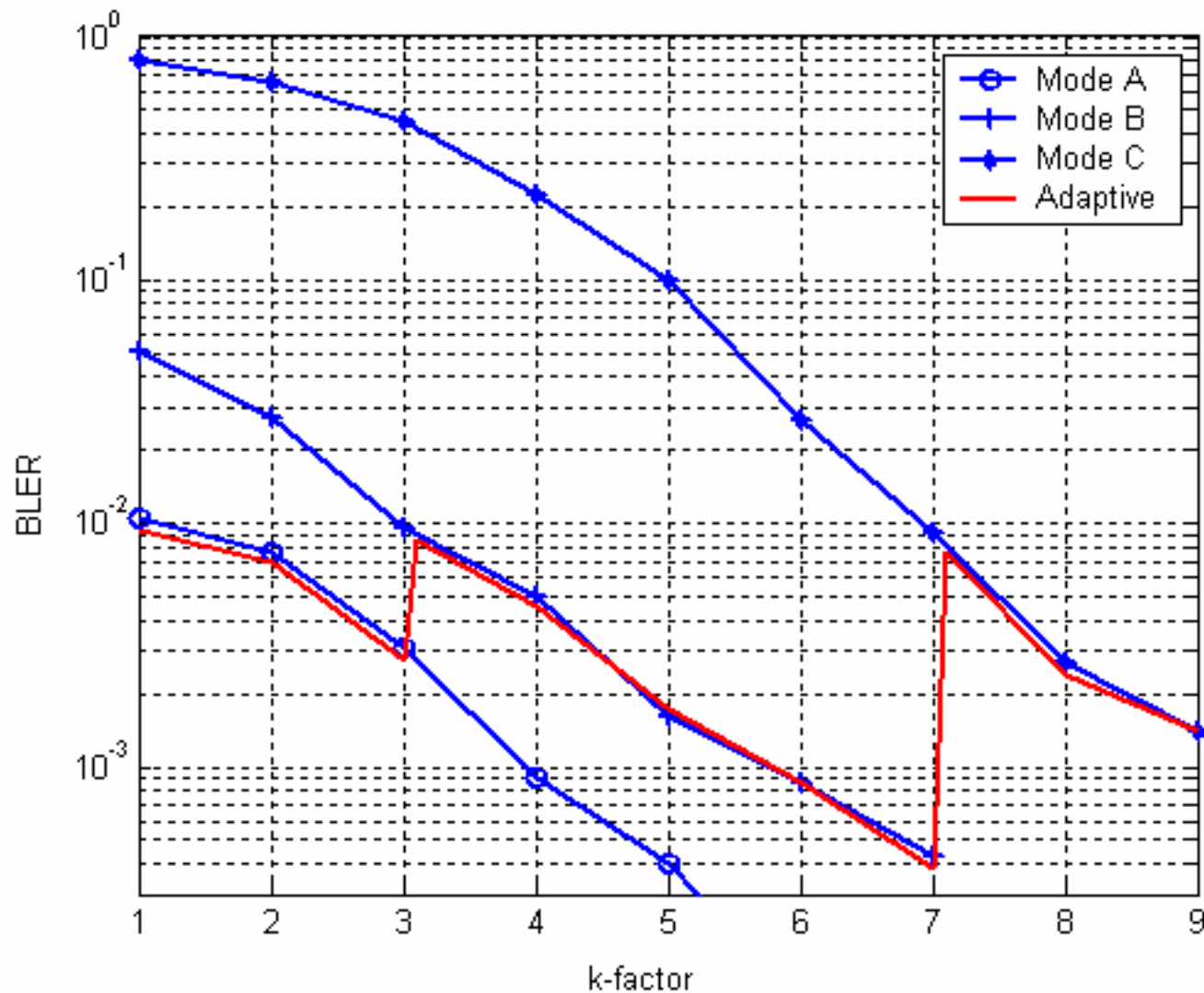


適應性調變編碼之k值之切換界線



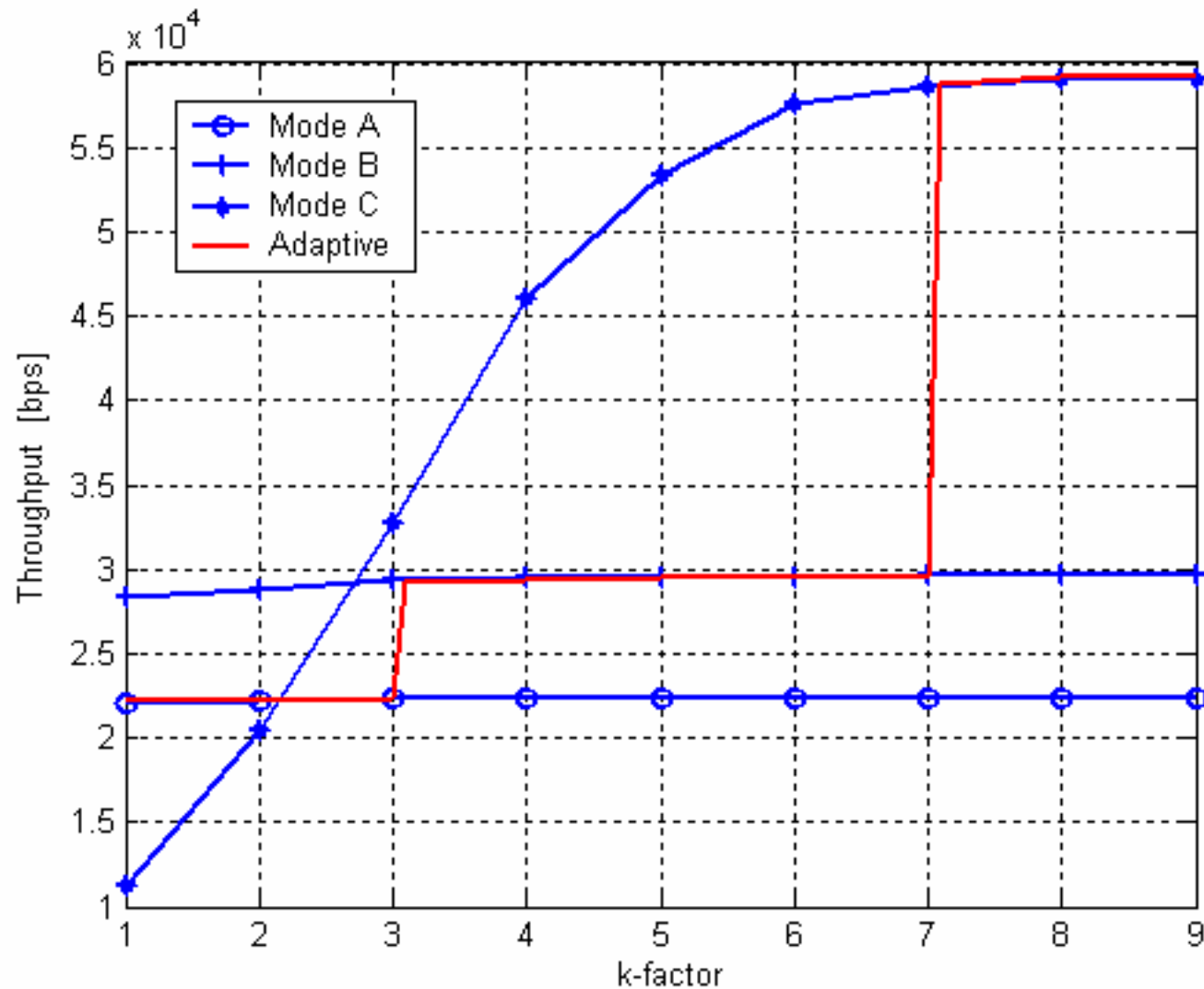


不同k值下，採用適應性機制及固定模式 傳送之位元錯誤率





不同k值下，採用適應性機制及固定模式 傳送下之傳輸效能





第五章

展頻技術與寬頻分碼多工存取





目錄

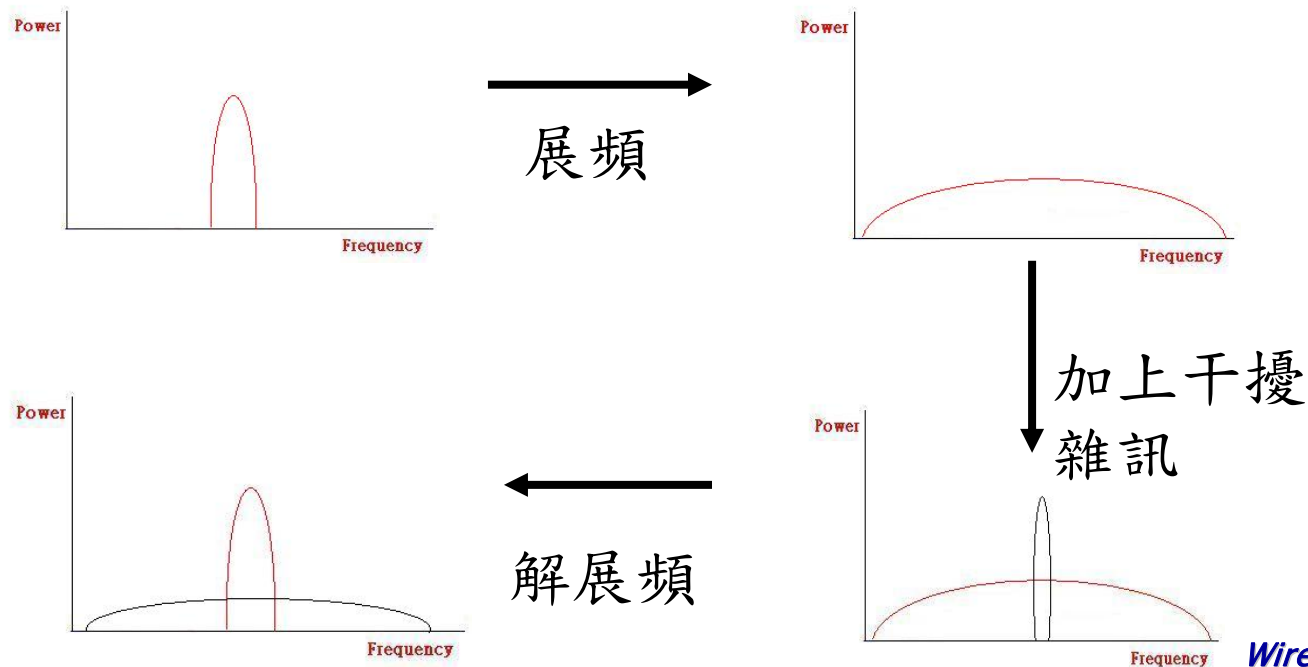
- 5.1 介紹
- 5.2 展頻技術
- 5.3 虛擬隨機序列
- 5.4 功率控制
- 5.5 同步技術
- 5.6 耙式接收器
- 5.7 多用戶偵測
- 5.8 交遞
- 5.9 寬頻分碼多工存取
- 5.10 藍芽系統





介紹

- 展頻技術是種無線通訊的技術，顧名思義就是將使用者所要傳送訊號的頻寬展開，以數倍大的頻寬傳送，其目的就是希望能使展頻通訊系統具有更多的優點，例如抗雜訊、抗干擾、降低傳送訊號被竊取的機率。





介紹-展頻技術之優缺點

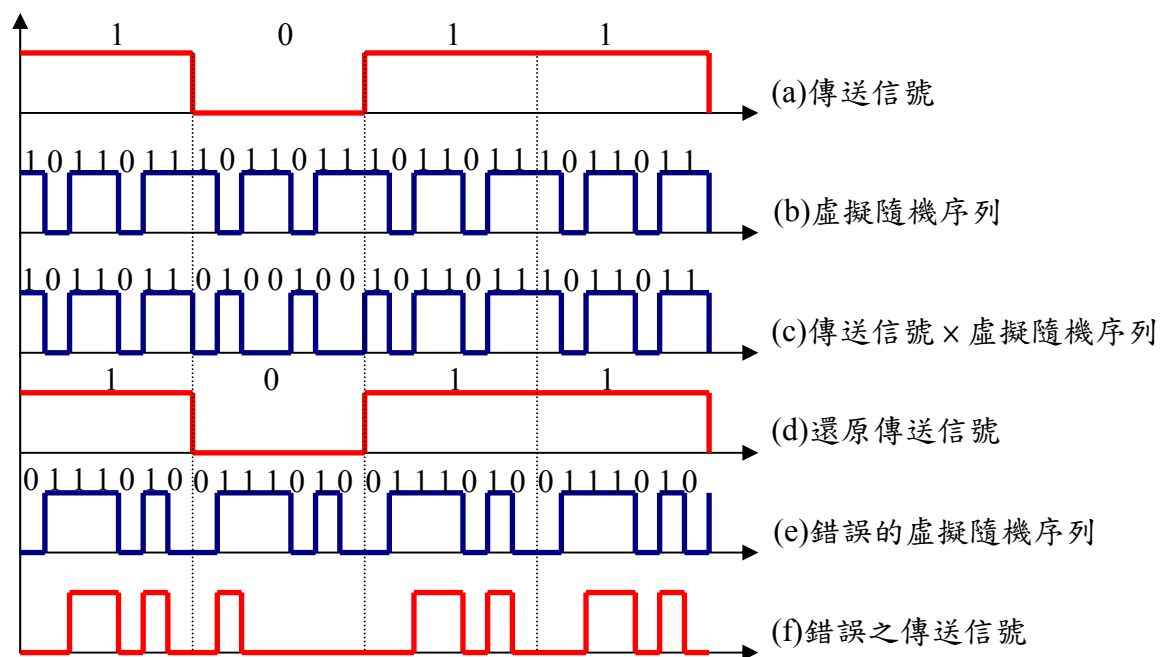
- 優點：
 - 增加對干擾的容忍度
 - 不容易被偵測或竊聽
 - 增加多路徑所產生干擾的容忍度
- 缺點：
 - 需要傳送比原始信號還要大的頻寬
 - 同步技術必須相當完美，否則錯誤率會很高
 - 會產生多重存取干擾(Multi-Access Interference, MAI)





展頻技術

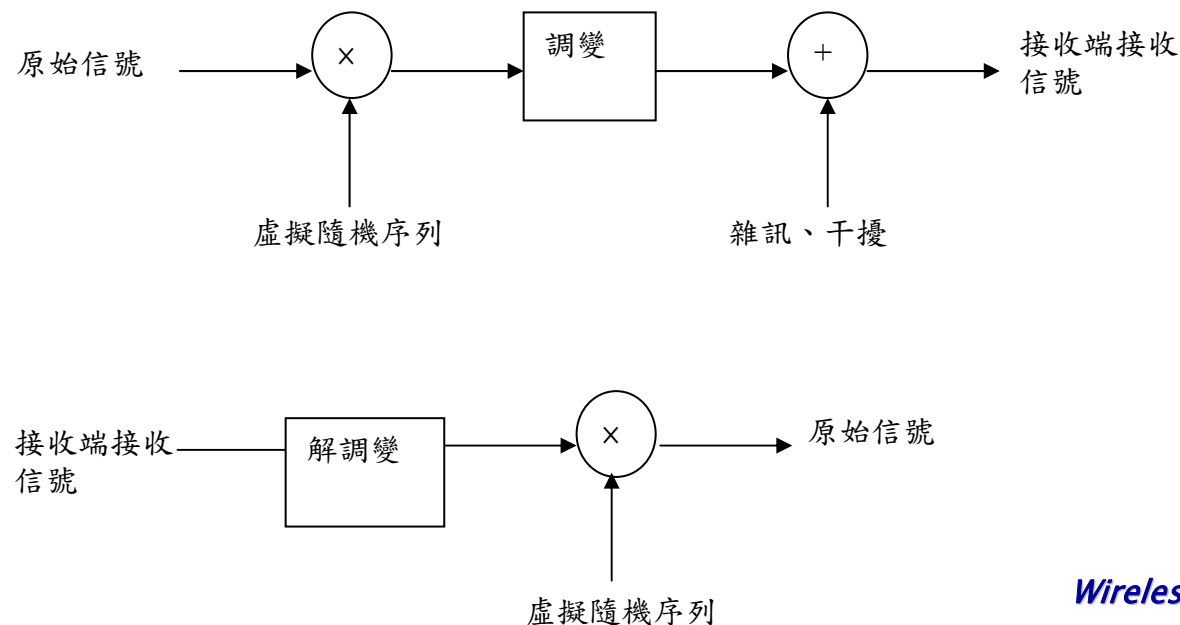
- 展頻信號最大的特色就是，其頻寬是原是信號的數倍，而展頻系統是利用虛擬隨機序列來完成展頻的動作，其中頻寬增加的倍數即處理增益(Processing Gain)。





展頻技術-直接序列展頻

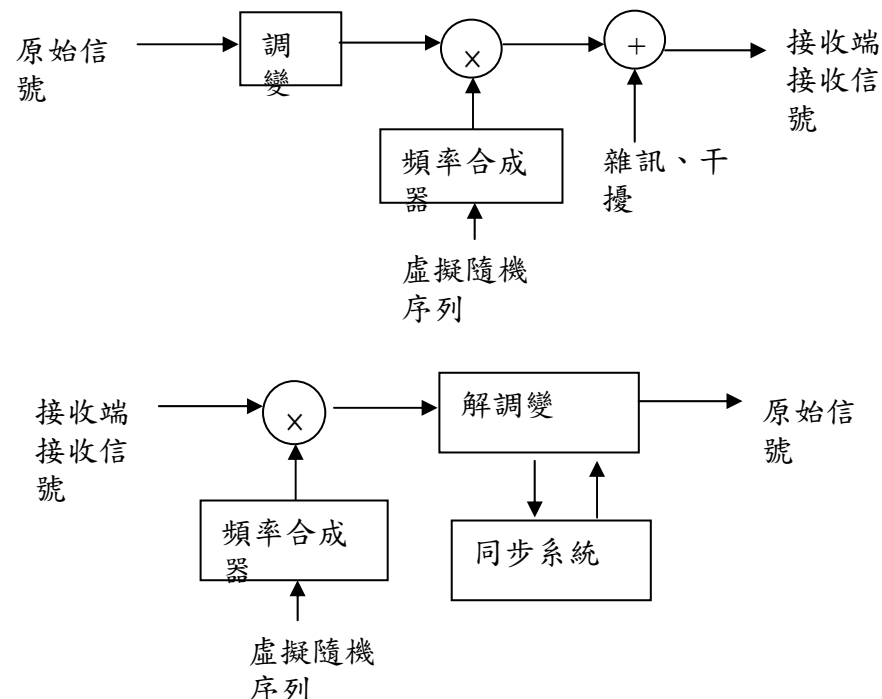
- 直接序列展頻技術（Direct Sequence Spread Spectrum：DSSS）是將原始信號乘上一虛擬隨機序列，再經過調變後送出去，當然在環境中會受到雜訊及干擾的影響，在接收端，會將接收到的信號經過解調變後，再乘上原本的虛擬隨機序列，最後就會將原始信號還原。





展頻技術-跳頻展頻

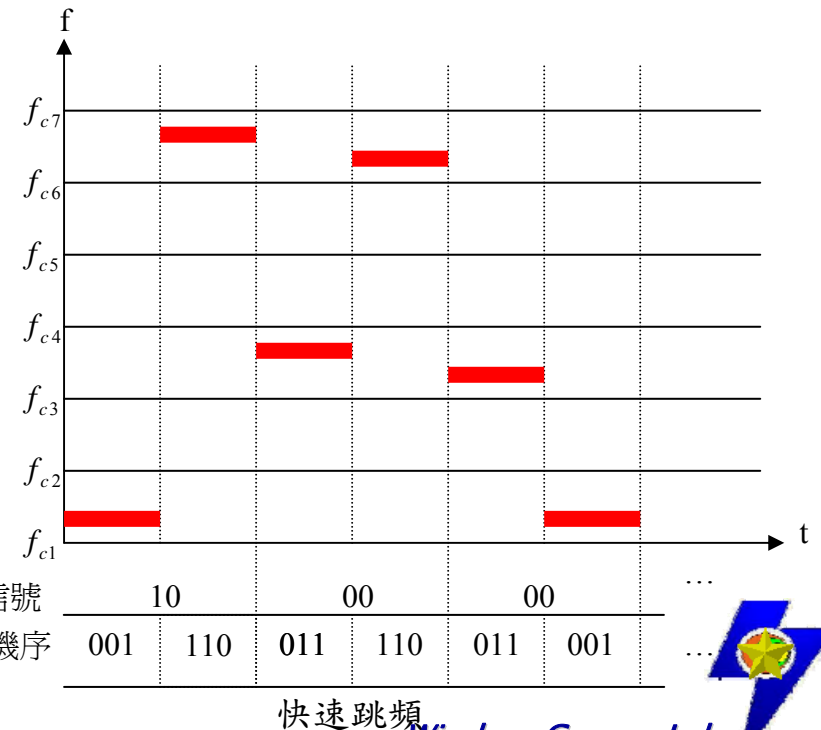
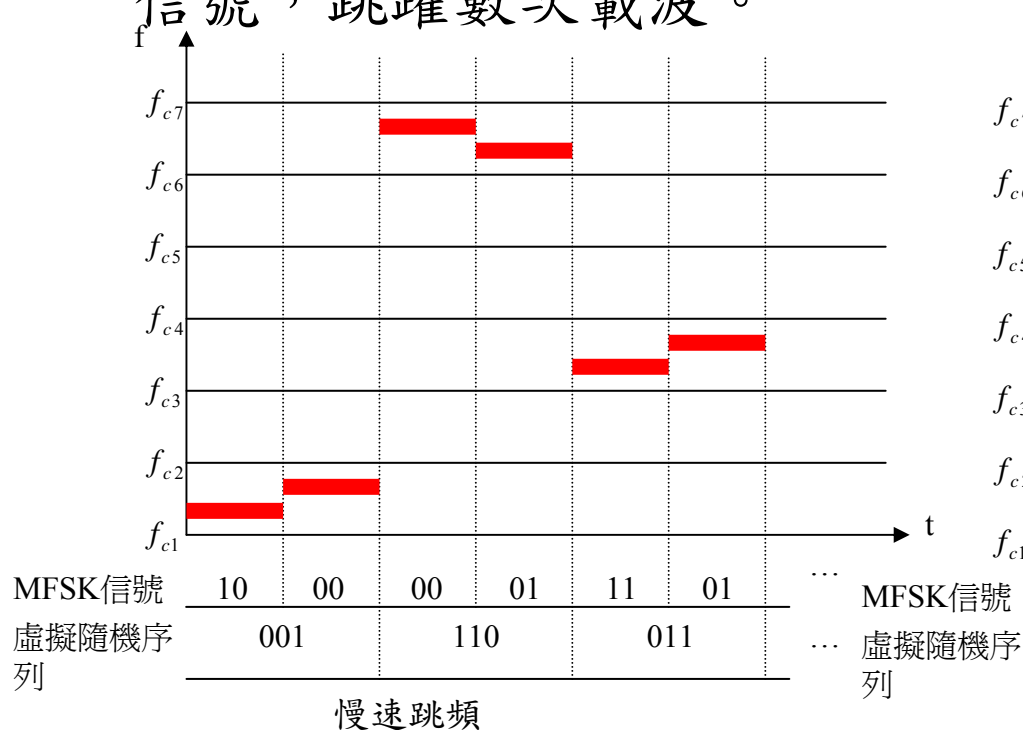
- 跳頻展頻技術（Frequency-Hopping Spread Spectrum：FHSS）在同步、且同時的情況下，接受兩端以特定型式的窄頻載波來傳送訊號，對於一個非特定的接受器，跳頻展頻所產生的跳動訊號對它而言，只算是脈衝雜訊。





展頻技術-跳頻展頻

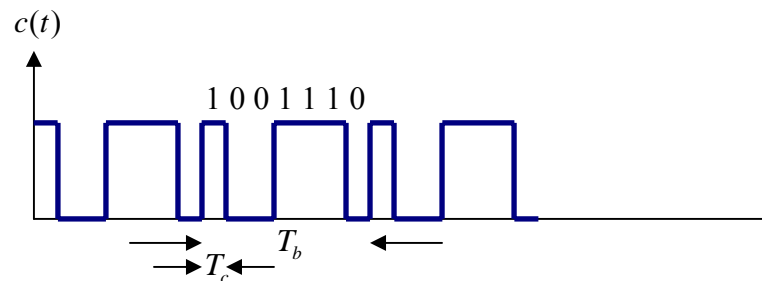
- 跳頻展頻又分成慢速跳頻展頻(Slow FH)及快速跳頻展頻(Fast FH)兩種，慢速跳頻展頻為每次跳躍後的載波頻率，傳送好幾個MFSK信號，快速跳頻展頻則是每一個MFSK信號，跳躍數次載波。





虛擬隨機序列

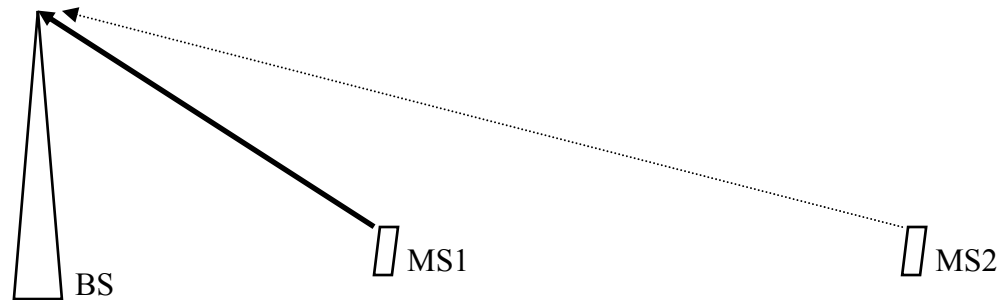
- 展頻技術是將原始信號展開成一個頻寬比原始信號大上數倍的信號，而將頻寬展開的這個動作，就是利用虛擬隨機序列來完成。
- 虛擬隨機序列使原始訊息以類似雜訊的方式呈現，增加傳送訊息的保密性及抗干擾的能力，且N越大效果越好。接下來將介紹幾種常見的虛擬隨機序列。
 - Maximal Length Sequence
 - Gold Sequence
 - Walsh - Hadamard Sequence





功率控制

- 目的：使每一個行動台傳送到基地站的功率相同。
- 遠近效應。



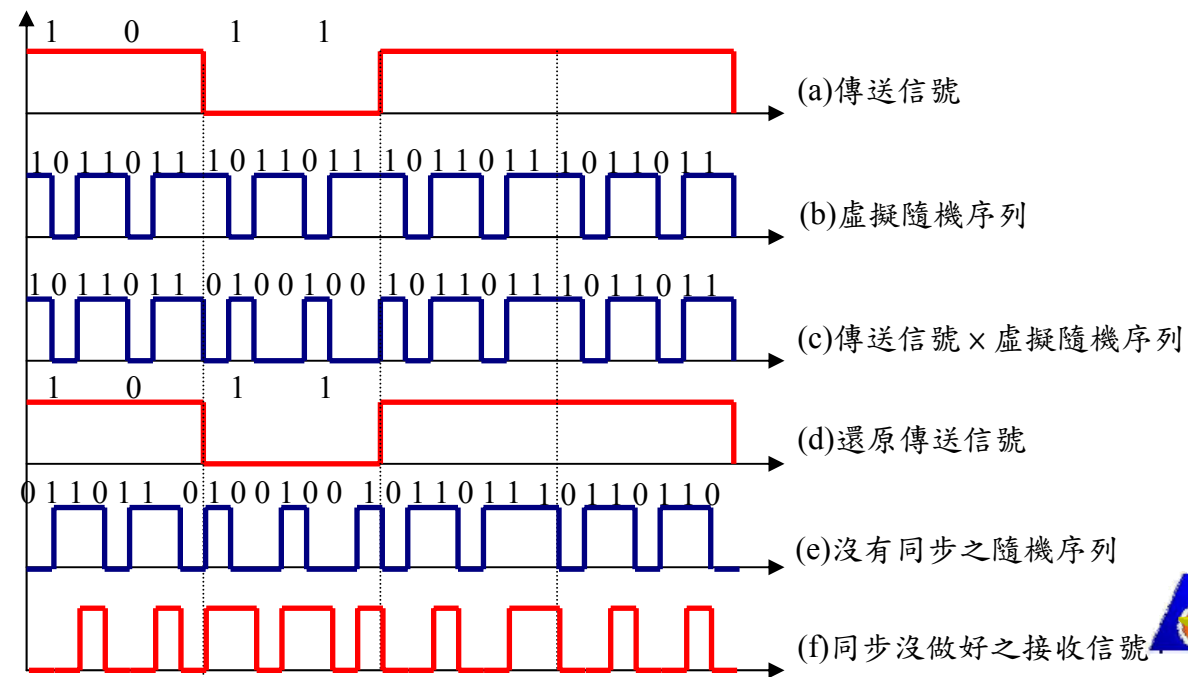
- 在一個CDMA中行動台的傳送功率過高會使得系統的效能降低許多。
 - 封閉迴路功率控制
 - 開放迴路功率控制





同步技術

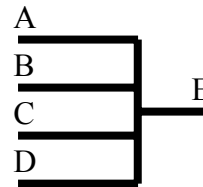
- CDMA系統之隨機序列碼必須相互正交
- 同步就是必須要對準兩端的時間
- 因為展頻系統中是使用一連串的序列，因此同步技術更為重要
- 前置信號
(Preamble)





耙式接收器

- 耙式接收器是在西元1956年由Price和Green首先提出



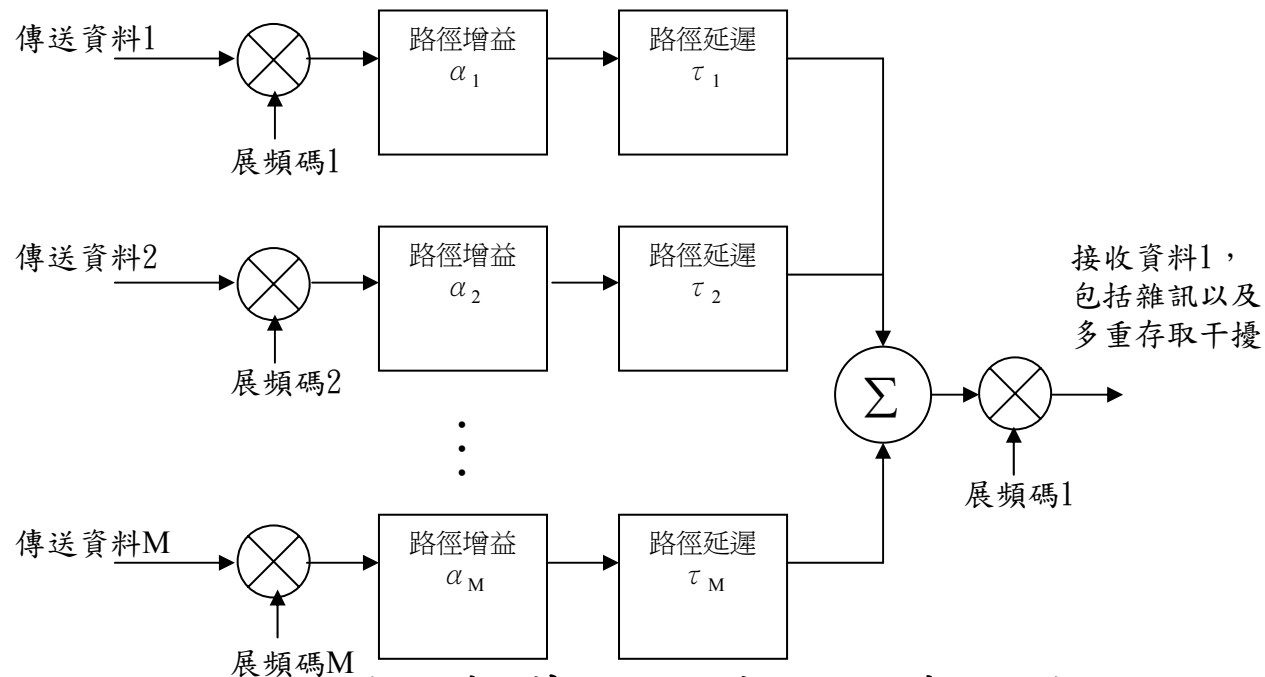
- 由於傳播路徑的延遲，使得在接收端會產生多重路徑，因此可以利用耙式接收器將每一個路徑由分支(finger)接收進來，最後再相結合在一起，以得到最佳的效果，而耙式接收器多與最大比率結合(Maximal-Ratio Combining, MRC)一同使用





多用戶偵測-多重存取干擾

- 假設同時有M個使用者使用相同的頻道在傳送資料



接收端所接收到複數基頻信號可以表示成

$$\tilde{x} = \sum_{m=1}^M \alpha_m \tilde{s}_m(t) + \tilde{w}(t) \quad 0 \leq t \leq T$$





多用戶偵測-多重存取干擾

- 個別的傳送信號分別為個別所傳送的資料以及展頻碼所表示

$$\tilde{s}(t) = b_k \sqrt{E_b} g_k(t)$$

b_k 與 g_k 分別表示不同的資料以及展頻碼

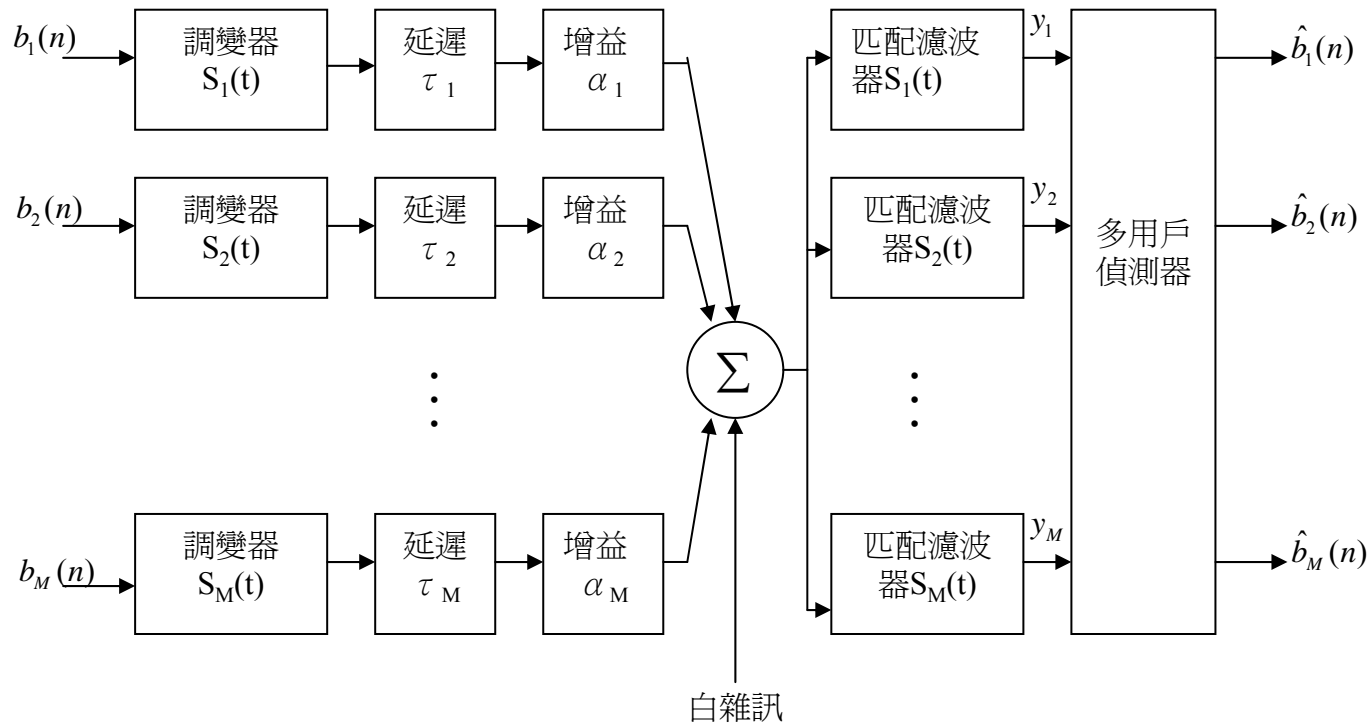
假設 $m=1$

$$\begin{aligned} z &= \int_0^T \tilde{x}(t) g_1^*(t) dt \\ &= \alpha_1 b_b \sqrt{E_b} + \rho_1 + \sqrt{E_b} \sum_{m=2}^M \alpha_m b_m R_{1m} \quad 0 \leq t \leq T \end{aligned}$$





多用戶偵測



- 每一個使用者有個別的調變器，並經過個別的時間延遲以及頻道增益，最後會加上白雜訊，再由接收端所接收，接收端在接收到這樣的信號後，會利用匹配濾波器同時進行解展頻的動作，再經過匹配濾波器之後的信號，最後會再經過多用戶偵測器，這樣就可以降低多存取干擾的效應





多用戶偵測

- 串列干擾消除
 - 簡單
 - 適用於使用者信號強度都不一樣的系統
 - 當系統使用者過多的話，就會產生相當長的延遲
- 並列干擾消除
 - 複雜
 - 使用者信號強度必須要相似
 - 功率控制





交遞

- 使用者在蜂巢式網路(Cellular Network)中有連線且由目前連線的基地站台移動到下一個基地站台而其連線可保持聯繫而不中斷，此一動作則稱為交遞
 - 硬式交遞
 - 軟式交遞
 - 較軟式交遞





交遞-硬式交遞

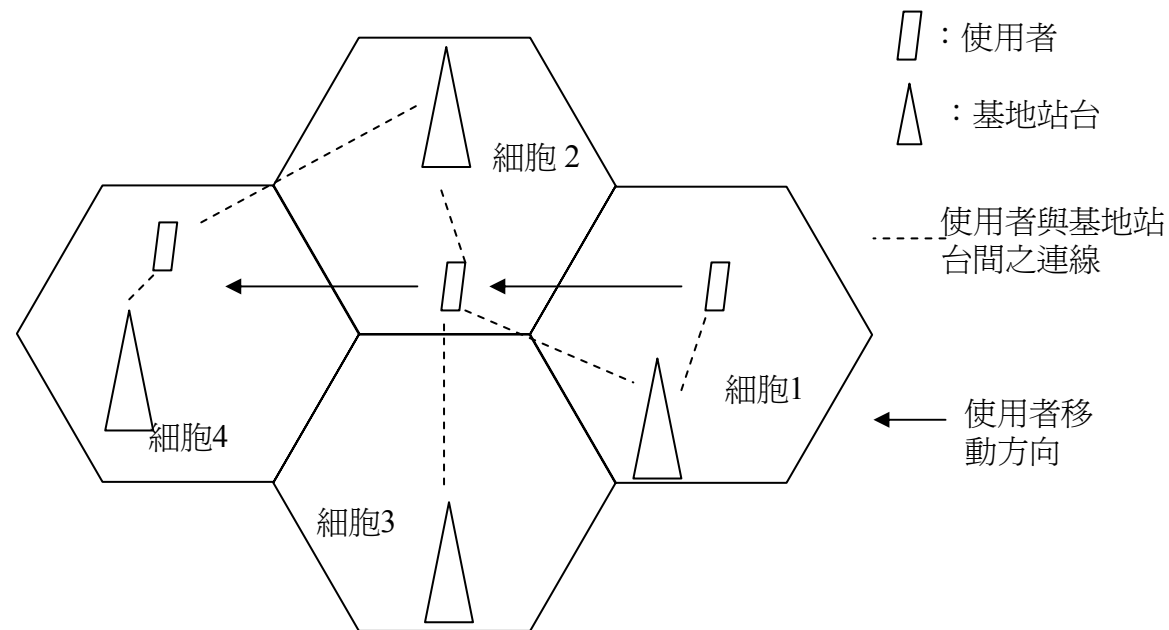
- 在硬式交遞中使用使用者無法同時與一個以上的基地站台做聯繫，因此在與另一個基地站台做聯繫之前必須與目前所聯繫的基地站台斷線，所以硬式交遞被稱為Break-Before-Make，也因這樣，它無法達到無縫式連結





交遞-軟式交遞

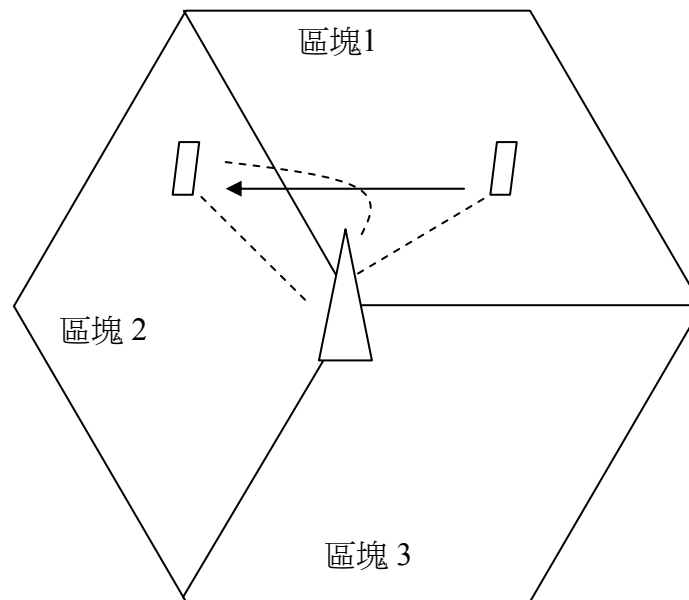
- 在軟式交遞中使用者可以同時和多個基地站台做連結
- Make-Before-Break
- 複雜





交遞-較軟式交遞

- 較軟式交遞表示在一個細胞中區塊(sector)與區塊間的交遞。而一個細胞通常會依天線的方向分成數個區塊
- 同頻道干擾
- 節省基地站台與無線電網路控制器間信號的傳遞





寬頻分碼多工存取

- 全球電信協會(International Telecommunications Union , ITU)
- 國際行動電信2000 (International Mobile Telecommunications 2000, IMT-2000)
- 優點
 - 高度頻譜利用效率
 - 無遠弗屆的覆蓋率
 - 高品質、高速率的多媒體資料傳輸

	碼率	頻寬	碼寬長度	前身	制定國家
WCDMA	3.84Mcps	5MHz	10ms	GSM	歐盟
cdma2000	1.2288Mcps 3.6864Mcps	1.25MHz 5MHz	20ms/5ms	IS-95	美國





WCDMA系統

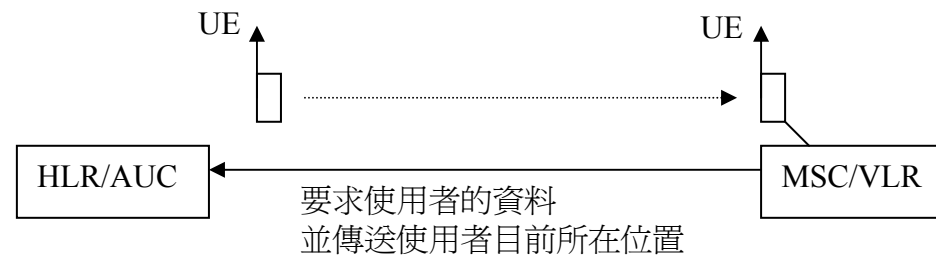
頻寬	5MHz
多工模式	FDD 及TDD
下鏈頻道結構	直接序列展頻
碼率	3.84Mbps
碼框長度	10ms
資料調變方式	QPSK(下鏈頻道) 、BPSK(上鏈頻道)
頻道編碼方式	迴旋碼及渦輪碼
展開因子	4-256(上鏈頻道) 、4-512(下鏈頻道)
功率控制	開放迴路功率控制 、快速封閉迴路功率控制
交遞	軟交遞 、頻率間交遞





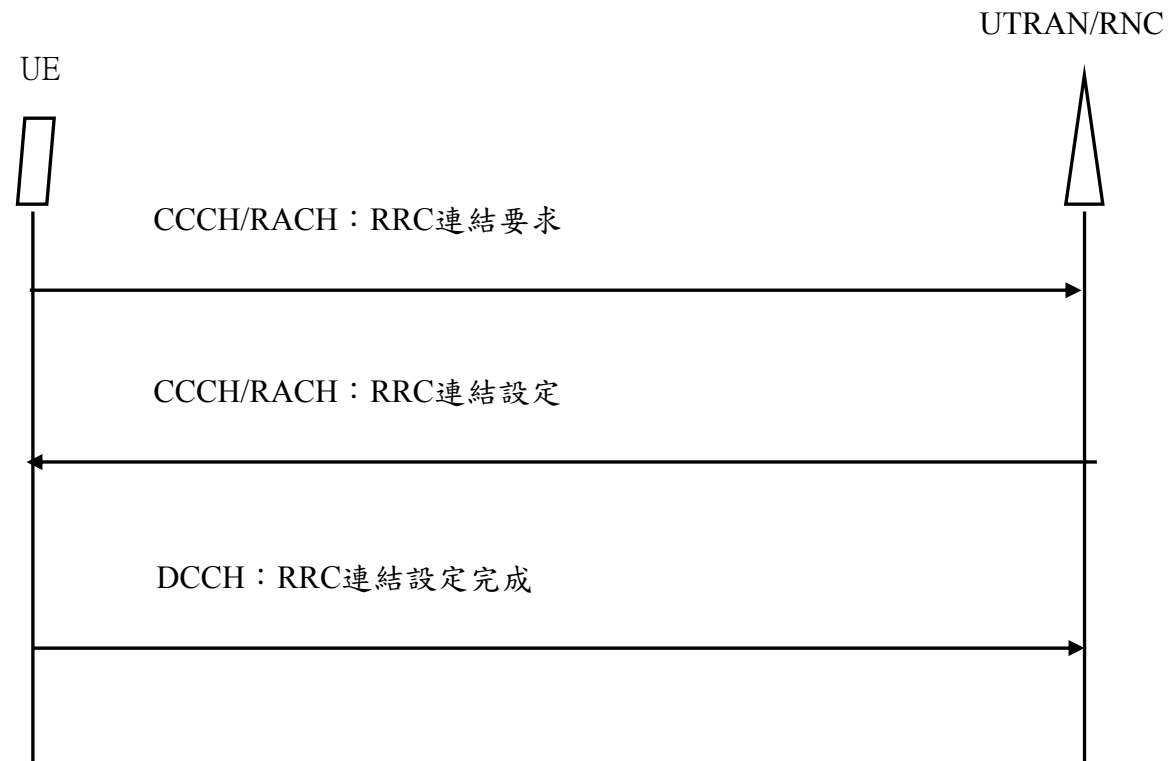
WCDMA 系統-漫遊機制

- 本地位置紀錄器 (Home Location Register , HLR)
- 行動交換中心 (Mobile Switching Center , MSC)
- 訪客位置紀錄器 (Visited Location Register , VLR)
- 國際移動用戶識別碼 (International Mobile Subscriber Identify , IMSI)



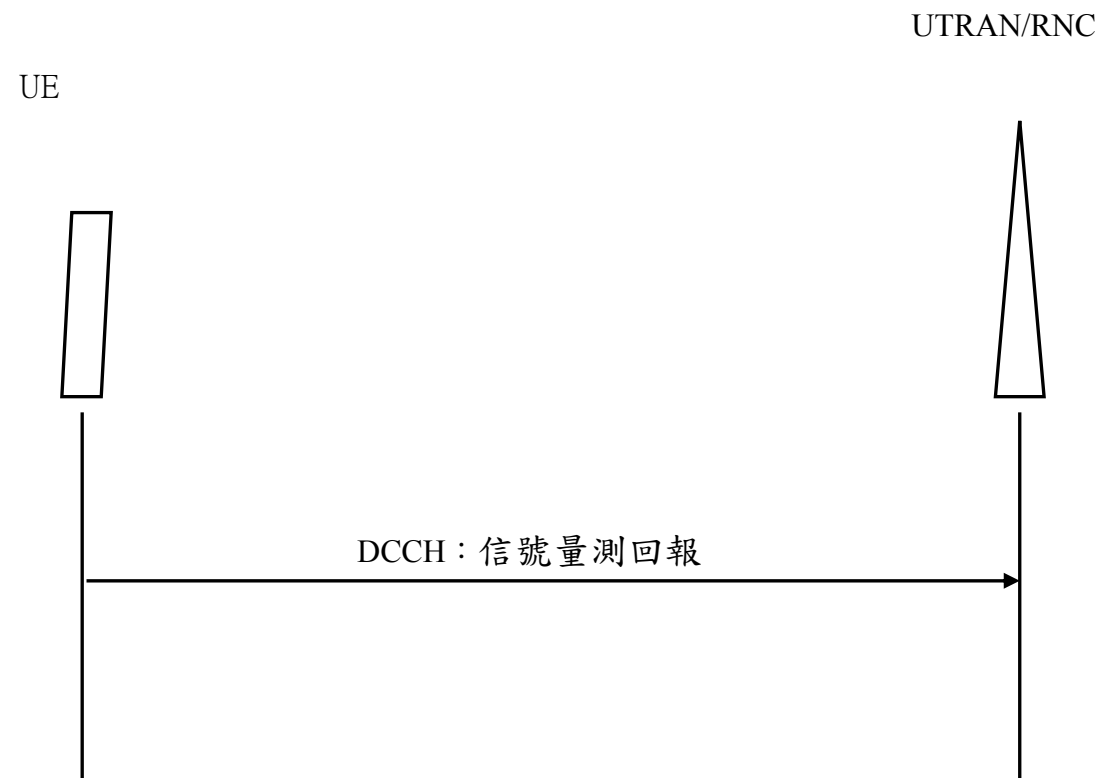


WCDMA系統-建立RRC連線



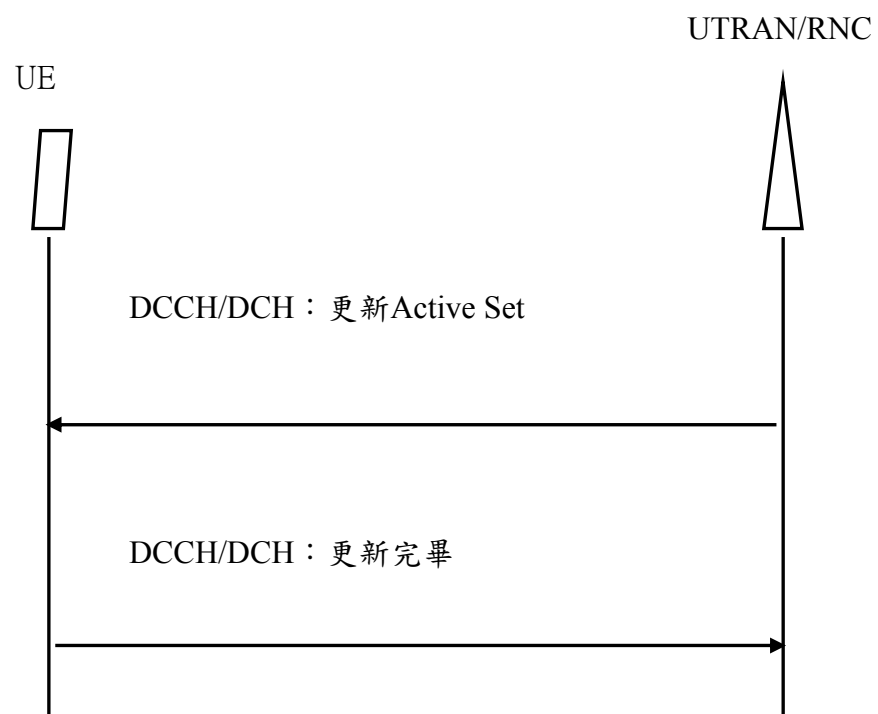


WCDMA系統-信號量測回報



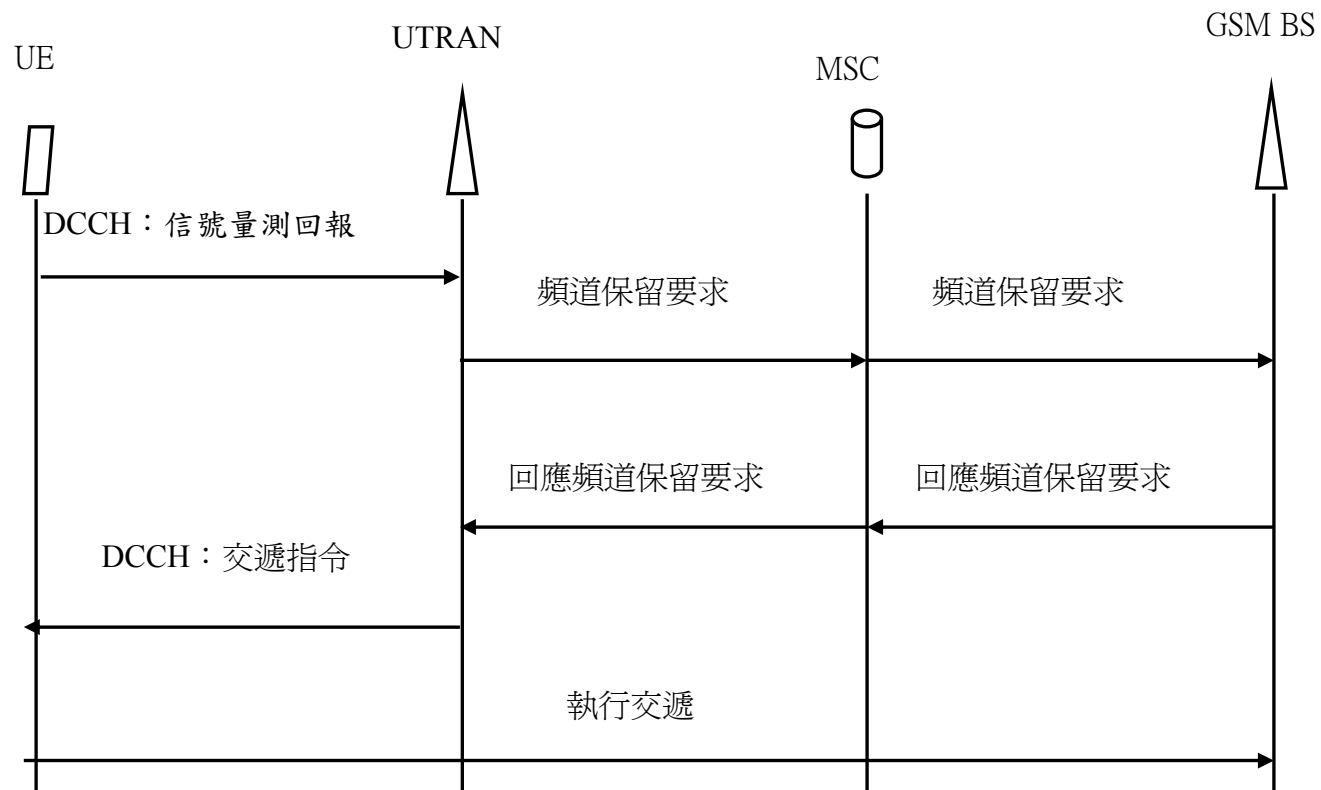


WCDMA系統-Active Set 之更新





WCDMA系統-系統交遞3G to 2G





第三代行動通訊之交遞演算法

- 在第三代行動通訊中，行動台必需去監測附近細胞的共同指示頻道(Common Pilot Channels, CPICH)，並從CPICH得知接收信號碼功率(Received Signal Code Power, RSCP)的大小，並加以判斷，如果要增加連接細胞、刪除連接細胞、更換連接細胞時，就會向無線電存取網路(Radio Access Network, RAN)提出交遞的要求
 - 3G系統間之交遞
 - FDD模式軟式/較軟式交遞
 - FDD模式頻率間的硬式交遞
 - FDD與TDD之交遞
 - TDD與TDD之交遞
 - 2G與3G系統間之交遞





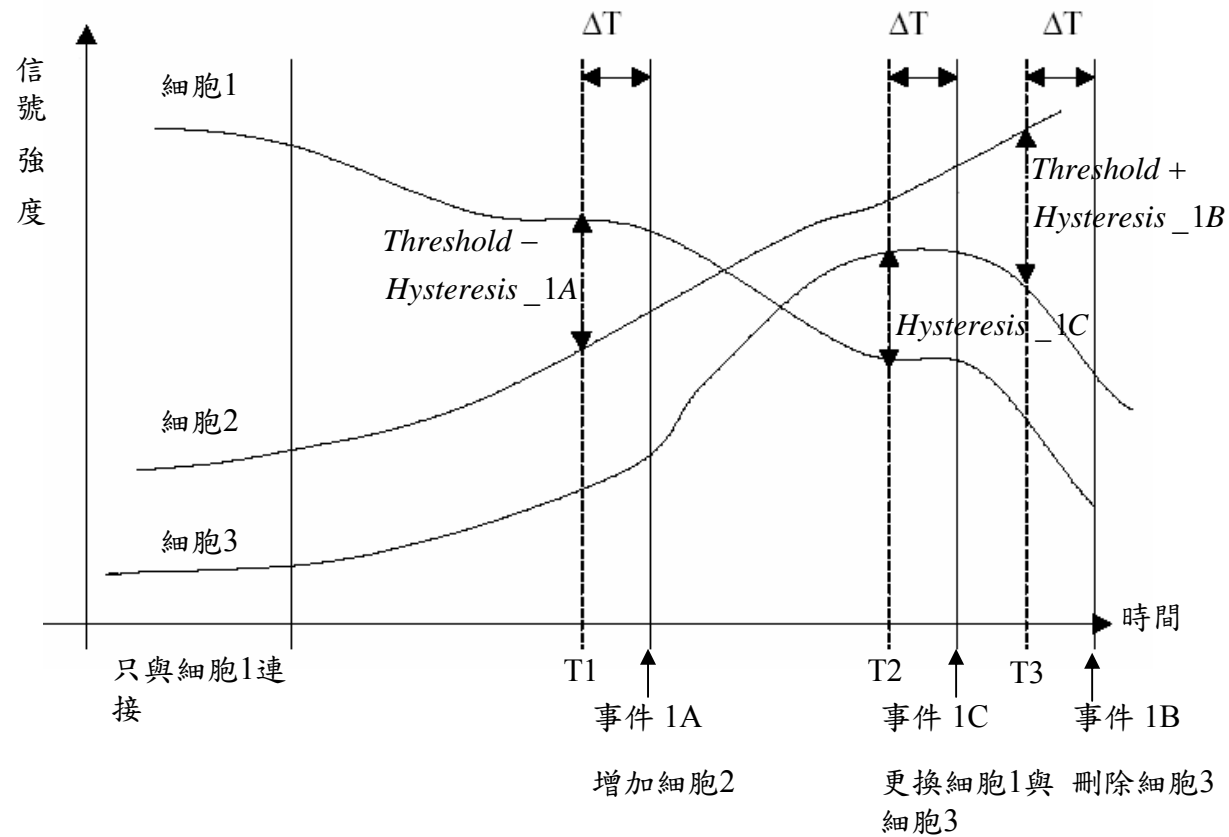
第三代行動通訊之交遞演算法

- 軟式交遞
 - Active Set
 - Monitored Set
 - 增加連接細胞 (事件 1A)
 - 刪除連接細胞 (事件 1B)
 - 更換連接細胞 (事件 1C)
 - 主要服務細胞更換 (事件 1D)





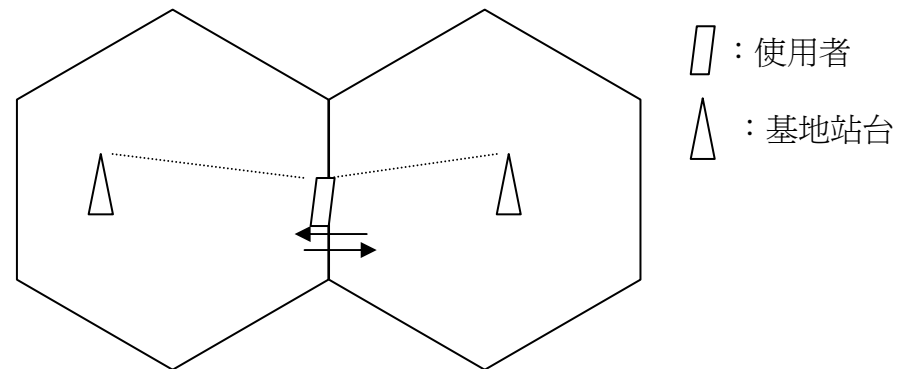
第三代行動通訊之交遞演算法





第三代行動通訊之交遞演算法

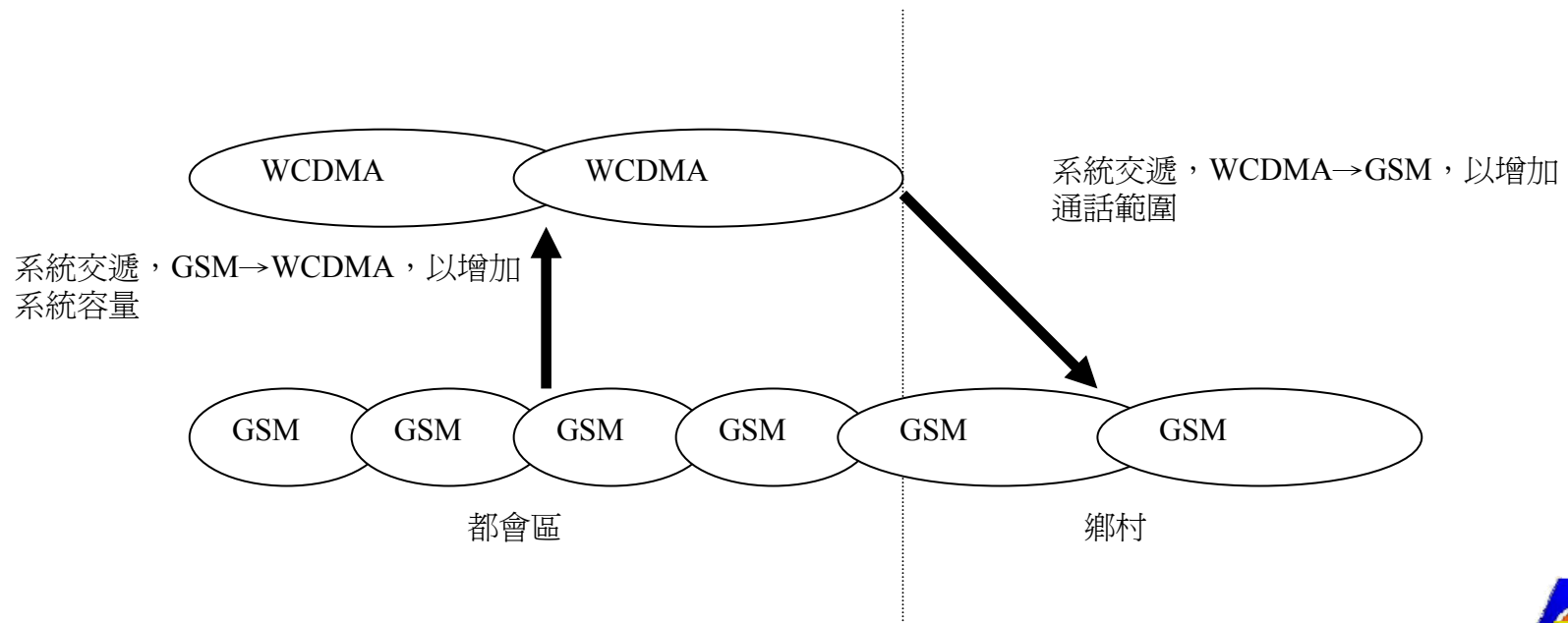
- 乒乓效應





第三代行動通訊之交遞演算法

- 系統間交遞
 - GSM \rightarrow WCDMA，以增加系統容量
 - WCDMA \rightarrow GSM，以增加通話範圍





第六章

正交分頻多工技術與系統





目錄

- 6.1 OFDM原理
- 6.2 OFDM特性與優點
- 6.3 非理想因素之影響與改良方法
- 6.4 同步
- 6.5 通道估測
- 6.6 正交分頻多重存取 (OFDMA)
- 6.7 OFDM之應用





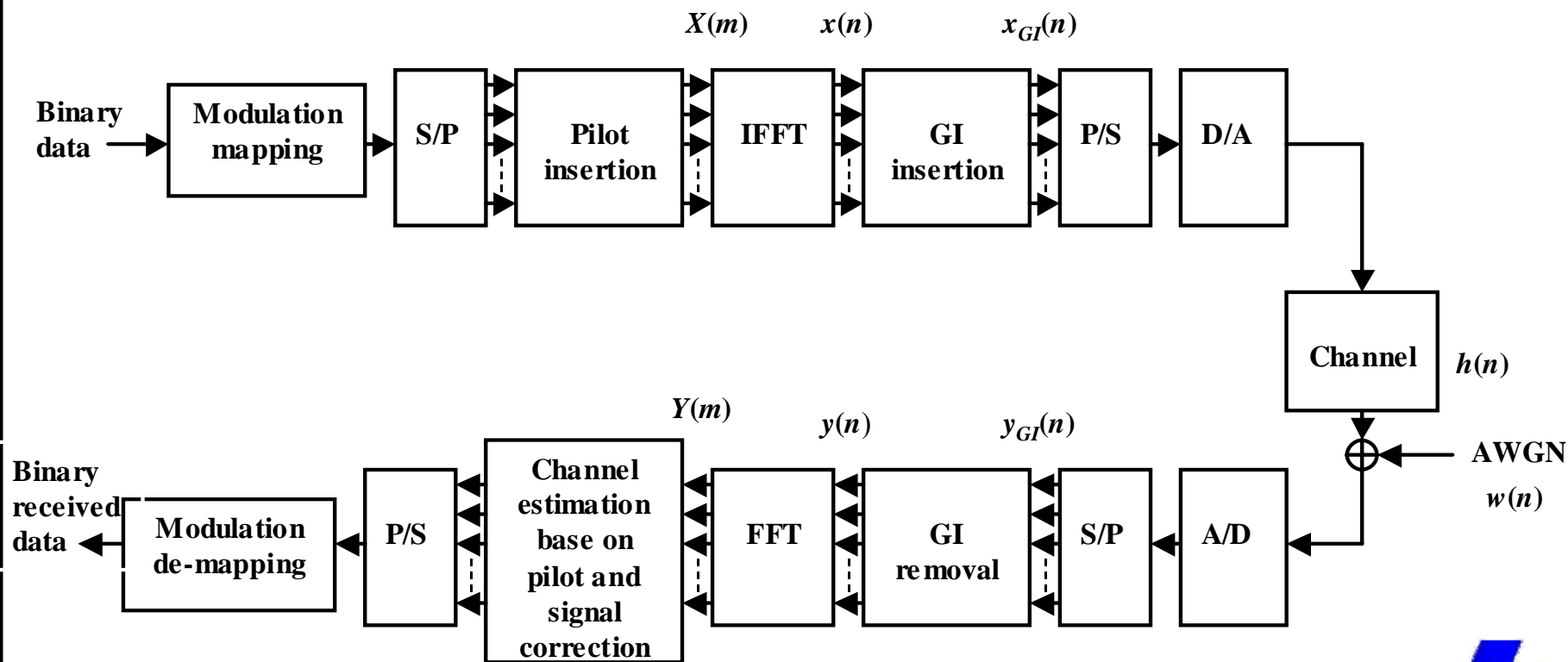
OFDM原理

- OFDM是一種多載波（Multicarrier）的傳送方式，將欲傳送的資料串，透過數個傳輸速率較低的子載波來傳送
- 在單一載波系統中，例如GSM系統，通道的各種衰落效應可能會造成整個通訊的中斷，但在多載波的系統中，因每個載波同時受到衰落而中斷的機率很小，故可用錯誤更正編碼（Error correction coding）技術將這些錯誤更正。
- OFDM可以說是擁有下列三種技術的觀念：
 - 平行資料傳輸（Parallel data transmission）
 - 分頻多工（Frequency division multiplexing）
 - 頻率分集（Frequency diversity）





OFDM系統方塊圖





傳送端(1/2)

- 將輸入為二位元的序列資料（Binary data）串透過調變對應（Modulation mapping）產生調變符元（symbols）
- 調變訊號符元經過串列轉並列（Serial to Parallel, S/P）後插入引示信號（Pilot symbol）表示成頻域訊號 $X(m)$
- 經反快速傅利葉轉換（Inverse Fast Fourier transform，IFFT）後成為一個時域複數結果 $x(n)$ 表示式為：

$$x(n) = IFFT\{X(m)\} = \sum_{m=0}^{N-1} X(m)e^{j2\pi mn/N} \quad n = 0, 1, \dots, N-1$$

m 為頻域上的離散點 n 為時域上離散點， N 為載波數目





傳送端(2/2)

- 加入保護區間（Guard Interval, GI）後的訊號 $x_{GI}(n)$ 表示成：

$$x_{GI}(n) = \begin{cases} x(N+n) & n = -N_{GI}, -N_{GI} + 1, \dots, -1 \\ x(n) & n = 0, 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

N_{GI} 為保護區間的長度

- 此方式稱為週期性前置（Cyclic prefix）
- 最後並列轉串列（Parallel to Serial, P/S）經數位轉類比轉換器（Digital to Analog, D/A）傳送出去





接收端(1/2)

- 接收到訊號後，經類比轉數位轉換器、串列轉並列後訊號 $y_{GI}(n)$ 可表示為

$$y_{GI}(n) = x_{GI}(n) * h(n) + z(n) + w(n)$$

*運算符號為迴旋積分 (convolution)

- 再移除保護區間後訊號為 $y(n)$ ，經過快速傅利葉轉換 (Fast Fourier transform, FFT) $Y(m)$ 表示為

$$Y(m) = FFT\{y(n)\} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} y(n) e^{-j2\pi mn/N} \quad m = 0, 1, \dots, N-1$$

$$Y(m) = X(m)H(m) + Z(m) + W(m) \quad m = 0, 1, \dots, N-1$$

$H(m)$ 為通道 $h(n)$ 的傅利葉轉換

$Z(m)$ 為符際干擾和載波間的干擾 (Inter-Carrier Interference, ICI)

$z(n)$ 的傅利葉轉換， $W(m)$ 為相加性白色高斯雜訊 $w(n)$ 的傅利葉轉換





接收端(2/2)

- 利用引示信號作通道估測（Channel estimation）的通道效應表示為 $\tilde{H}(m)$ 可使 $Y(m)$ 去除通道效應

$$\tilde{X}(m) = \frac{Y(m)}{\tilde{H}(m)} \quad m = 0, 1, \dots, N-1$$

- 最後串列轉並列及解調變對應（Modulation de-mapping）即可還原傳送的二位元資料





OFDM特性與優點

- 防止符際干擾
 - OFDM系統路徑的延遲只佔了OFDM符元時間長度的一小部分，而只要加入的保護區間長度大於多重路徑延遲時間，符際干擾就會消失
 - 保護區間採用週期性前置，如此不但可以防止符際干擾，也可以維持信號的週期性以及正交性
- 將寬頻通道的頻率選擇性衰弱視為多個窄頻通道的頻率平坦衰弱
 - 將寬頻訊號分成多個窄頻訊號藉由正交的載波傳送，如此可以將寬頻通道的頻率選擇性衰弱視為多個窄頻通道的頻率平坦衰弱
 - 每個子載波所遭受的衰弱不一定相同，可能某部份子載波會受到比較嚴重的衰弱 利用FEC（Forward Error Correction）coding技術更正錯誤的資料，或者重傳時，利用Interleaving或Scrambling技術將資料放到和原先不一樣的子載波上
- 頻帶使用率高
- OFDM信號可以容易地使用FFT/IFFT完成





非理想因素之影響與改良方法

- 正交性
 - OFDM系統靠載波間的正交性來隔絕信號間的干擾
 - 改良方法：
 - 同步技術來維持載波頻率的正確性進而防止頻率偏移所造成載波間嚴重的干擾
- Peak-to-average power ratio (PAPR)
 - OFDM系統是一次傳送多個信號，並且每個信號都可以視為隨機的變數，整體功率有可能會忽大忽小
 - 造成系統功率峰值與平均值比（peak-to-average power ratio, PAPR）過大
 - PAPR過大會造成放大器操作的線性區域過大，而容易使OFDM信號被截斷
 - 改良發法：
 - 直接截斷信號功率過大部分
 - 使用攪亂（scramble）技術使得數位信號0與1的個數平均，以致於發生功率忽大忽小的可能性降低





同步

- 偏移分為三個方面：
 - 時間偏移 (timing offset)
 - 相位偏移 (phase offset)
 - 頻率偏移 (frequency offset)
- 常使用的方法
 - 週期性前置訊號
 - 加入訓練序列 (training sequence)
- 接收端利用計算相關性函數 (correlation function) 來鎖定信號，來達成時間上的同步，並且可以估測出相位偏移，進而估測頻率偏移

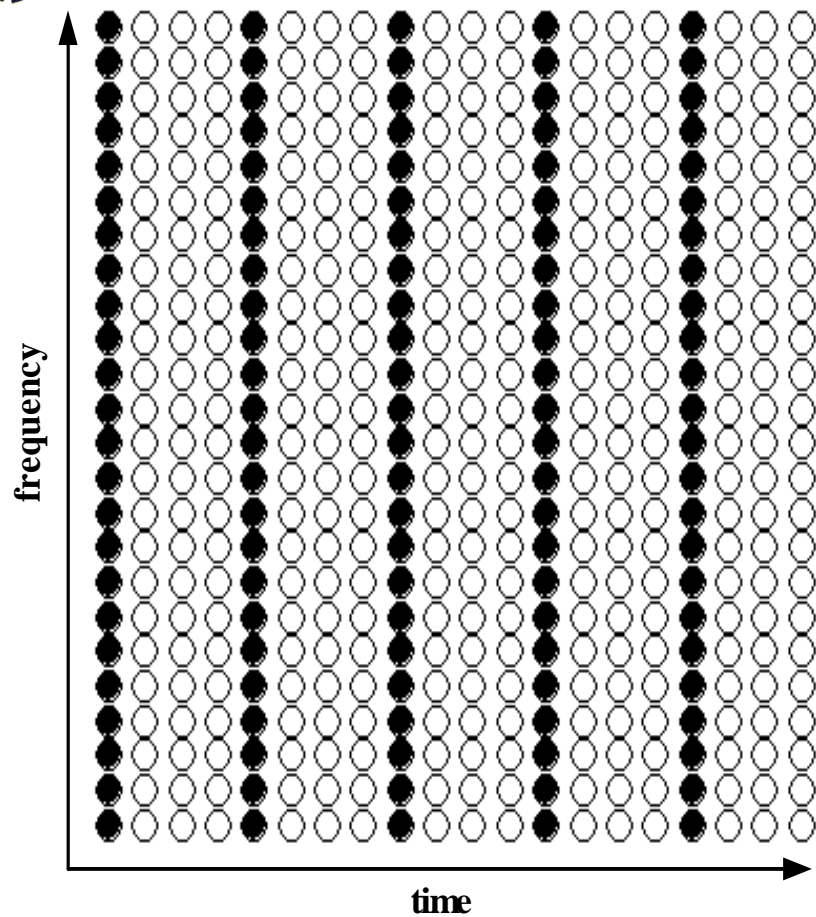




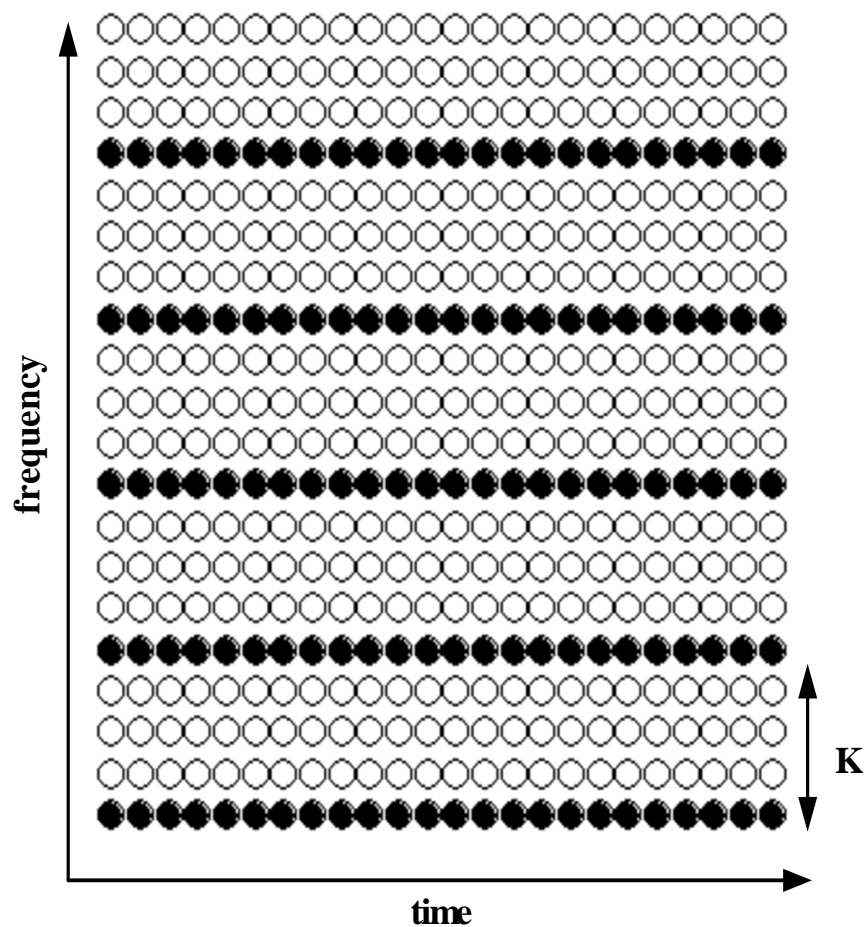
通道估測

- 針對OFDM系統主要可分成兩種加入引示信號的方法：
 - 方塊型引示次載波排列 (Block-type pilot subcarrier arrangement)
 - 將引示信號每隔一段固定時間排列在所有子載波上
 - 式沒有在所有時間上都放引示信號，所以適合應用在慢速衰落通道 (Slow fading channel) 有比較良好的效果
 - 梳型引示次載波排列 (Comb-type pilot subcarrier arrangement)
 - 所有時間在固定間隔的引示頻道 (Pilot channel) 上插入引示信號
 - 所有時間上都有安排引示信號所以此方式比較適合快速衰落通道 (Fast fading channel)
 - 對於頻率選擇性衰落通道，導引通道的間隔頻率必須要小於同調頻寬 (Coherent bandwidth) 才能有效估測通道響應
 - 為較常使用之排列方式





(a) 方塊型引示次載波排列



(b) 梳型引示次載波排列

黑色為導引符元擺放位置，白色為資料符元

Wireless Comm. Lab.





導引通道估測(1/2)

- 假設傳送訊號中共有 N_p 個導引通道，每隔 K 個子載波插入一導引符元，所以 $K=N/N_p$ 且第一個子載波為導引通道的第一個，導引訊號可表示為 $X_{ps}(i)$ ， $i=0,1,\dots,N_p-1$ ，其它子載波為資料符元，所以傳送訊號 $X(m)$ 可表示為

$$X(m) = X(iK + c)$$
$$= \begin{cases} X_{ps}(i) & c = 0, \\ \text{information symbols} & c = 1, 2, \dots, K-1 \end{cases}$$

- 可以把導引訊號以矩陣表示

$$\mathbf{X}_{ps} = \begin{bmatrix} X_{ps}(0) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & X_{ps}(N_p-1) \end{bmatrix}$$





導引通道估測(2/2)

- 接收導引訊號 \mathbf{Y}_{ps} 表示為

$$\mathbf{Y}_{ps} = \mathbf{X}_{ps} \cdot \mathbf{H}_{ps} + \mathbf{Z}_{ps} + \mathbf{W}_{ps}$$

其中 \mathbf{Z}_{ps} 、 \mathbf{W}_{ps} 和 \mathbf{H}_{ps} 為導引通道上的干擾、雜訊和通道響應， \mathbf{H}_{ps} 表示為

$$\mathbf{H}_{ps} = \begin{bmatrix} H_{ps}(0) & H_{ps}(1) & \cdots & H_{ps}(N_p - 1) \end{bmatrix}^T$$

- 利用誤差估測的方法，求得引示通道的頻率響應
 - 最小平方（Least Square, LS）導引符元估測
 - 最小均方差法（Minimum Mean Square Error, MMSE）導引符元估測





通道內插法

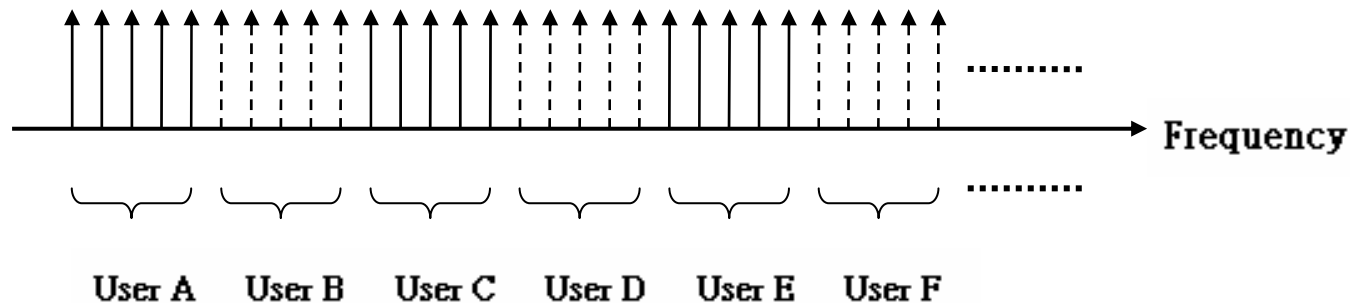
- 內插有三種方法：
 - 線性內插法（Linear interpolation）
 - 快速傅利葉轉換內插法（FFT interpolation）
 - 上升餘弦濾波器內插法（Raised cosine interpolation）





正交分頻多重存取 (OFDMA)

- 頻寬分成數個子通道 (subchannel)，每個子通道包含了數個子載波 (subcarrier)。
- 每位使用者到依據不同的情況分配一個或多個子通道使用



- 類似於頻分多工 (FDMA)，但是省去了防止使用者間干擾的保護頻帶 (guard band)





加強OFDMA系統的效能

- 有三種方法可以加強OFDMA系統的效能有三種方法可以加強OFDMA系統的效能，分別為：
 - 隨機跳頻（random frequency hopping）
 - 隨機地分配子載波給使用者，並且每段時間所分配到的子載波並不一定相同
 - 減少發生某個使用者所分配子載波遭受嚴重干擾或通道衰弱的機率
 - 適應性跳頻（adaptive frequency hopping）
 - 基地站台也可以依照使用者回傳通道狀況來分配子載波，讓每位使用者可以達到最高的訊號干擾雜訊比（SINR）
 - 增加基地站台以及使用者端的複雜度
 - 適應性調變（adaptive modulation）
 - 觀察通道的狀況在不同的子載波上使用不同的調變





OFDM之應用 (1/2)

- IEEE 802.11a
 - 工作頻帶從5.15GHz到5.825GHz，每個通道為20MHz頻寬，每個通道之中分成64個子載波（subcarrier），每個子載波頻寬為0.3125MHz
 - 64個子載波中，只使用52個子載波其中48個傳輸資料符元，4個為導引通道，且加入迴旋積分碼（Convolution code）保護資料，使資料錯誤率下降。編碼率（Code rate）有1/2、3/4和2/3三種，調變方法有BPSK、QPSK、16QAM及64QAM四種方式
 - 最大可以高達每秒54 Mbits
- VSF-OFCDM (variable spreading factor-orthogonal frequency code division multiplexing)
 - 日本NTT DoCoMo所研發
 - 結合OFDM技術及展頻技術
 - 下鍊（downlink）可以達到100-Mbps以及上鍊（uplink）可以達到20-Mbps的傳輸
 - 目前還未有正式的標準





OFDM之應用 (2/2)

- IEEE 802.16系列
 - 最後一哩無線化 (last mile, 指電信公司終端機到用戶端modem或是AP)
 - 802.16
 - 固定性裝置
 - 工作在頻帶10-66GHz且LOS (line of sight)環境下
 - 802.16a
 - 固定性裝置
 - 工作在頻帶2-11GHz且NLOS (non-line of sight)環境下
 - 802.16e
 - 移動性裝置
 - 工作在頻帶2-6GHz且LOS (line of sight)環境下
 - 還有其他標準陸續制定中





第七章

智慧型天線與MIMO系統





目錄

7.1 分集技術

7.2 組合方法

7-3 智慧型天線

7-4 陣列信號處理

7-5 MIMO系統





分集技術(1/2)

- 空間分集的基本觀念就是使用多根不同高度的天線，利用電磁波到達各根天線的距離的不同，來對抗信號的衰減。
- 空間分集技術在對抗因相位所造成的衰減時效果特別優異，但在繞射所造成的衰減時效果則不佳。
- 時間分集技術的基本觀念就是將同一個信號用不同的時間點來傳送。
- 主要是利用錯誤更正碼的技巧，設計出不同的碼率，並在傳送時加入保護的位元，在接收時利用這些保護的位元來做錯誤位元的更正。
- 並且也可以搭配交錯(interleaving)這一項技術，來減少衰減的影響，這種分集技術在快速衰減(fast-fading)的通道中效果特別顯注。





分集技術(2/2)

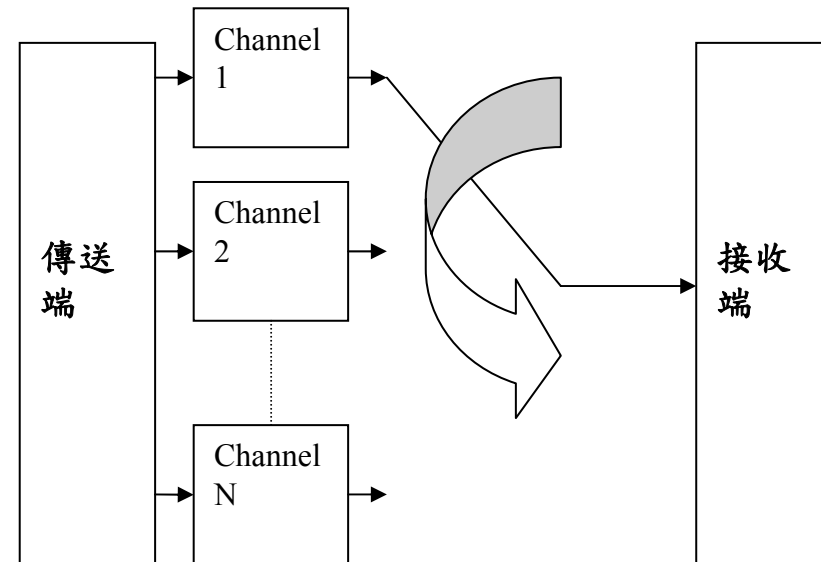
- 頻率分集的基本觀念就是將同一個信號使用多個不同的頻率去傳送，它主要是利用電磁波在傳導中不同的頻率會有不同的波長來對抗衰減。
- 此分集技術的效率相當的好，並且它與空間分集比較時，它只需要一組天線。但如果我們是使用在較擁擠的頻帶，則效率就會相對的不佳了。





選擇性組合

- 選擇性組合的決策是根據瞬間接收到不同分支(branch)訊號時，選擇訊雜比(SNR)最大的分支來做為接收。
- 假設各個分支的雜訊功率都一樣時，我們就可以根據訊號功率來作決策，所以所選擇到的接收即為訊號功率最大的分支。這個方法通常工作在有分集增益(diversity gain)時。





切換式組合

- 切換式組合和選擇性組合相當的類似。當我們在使用選擇性組合的時候，有一個缺點就是必須隨時監控系統，來判斷要選擇哪一個分支，但使用切換式組合則可以改善這個缺點。
- 切換式組合的決策是先定出一個臨界值，在所接收到分支的訊雜比低於這個臨界值就作切換。
- 在效能上切換式組合還是略遜選擇性組合一籌，這是因為在切換式組合在某些狀態時所選到的分支並不是訊雜比最大的分支。





等增益組合

- 在一個時間點上述的兩個組合都只有一個分支來作接收，這個時候就會浪費了其它分支的能量，所以就有了等增益組合的出現。
- 等增益組合的基本觀念是假設我們所接收的為複數訊號，當我們要把這些訊號組合起來時候會發生實數訊號跟複數訊號不同相的相加，這樣可能會造成我們在統計上的衰減。
- 所以為了得到一個真實的分集，我們必須在分支後乘上一個相位角，使得每個分支的相位均為零度後，再加總起來傳送到接收端。





最大訊雜比組合

- 在使用等增益組合時，我們有時候會發生一個情況，就是某一個分支的訊雜比遠小於其它分支，這個時候就會使整個系統的效能稍稍降低，所以就有人又提出了一個較佳的組合方法就是最大訊雜比組合。
- 這個方法的基本觀念在於將每個分支後面再乘上一個權重後，再把它加總起來。如果這個分支的訊雜比較小就乘上較小的權重，反之訊雜比大的則乘上較大的權重。





智慧型天線系統種類及工作原理

- 第一類波束切換型系統，其工作原理是利用預先形成的多個窄的定向波束，分別指向各個方向。當用戶移動時，系統會偵測訊號強度，來決定要將原本的波束切換到哪一個方向，來達到追蹤的效果。
- 但是因為波束切換型系統並沒有辦法將波束中心對準使用者，所以並不能保證使用者的訊號是最強的。但是因為波束切換型系統並不需要複雜的演算法，所以波束切換型仍被廣泛的使用。
- 適應型陣列系統是根據通道特性並運用陣列天線及訊號處理的觀念，並經過訊號來源方向來運算取得權重(weight)並運用波束形成(beamforming)技術來改變天線所發射出的場型(pattern)，以達到抗雜訊增強訊號的效果。
- 以效果方面來說適應型陣列系統能夠有較佳的抗雜訊及增加接收品質的效果，但是它需要複雜的演算法，這樣會使得它在硬體的實踐上增加相當多的難度。





智慧型天線系統優點

- 智慧型天線系統優點：
 1. 擴大系統的覆蓋區域
 2. 提高天線增益減少訊號傳輸功率
 3. 提高系統容量
 4. 有效控制波束提高頻譜使用效率
 5. 利用空間分集對抗多重路徑衰減
 6. 提高Link品質增加data rate





智慧型天線系統於無線通訊上之應用

- 智慧型天線目前已經被廣泛使用在第三代行動通訊中，各國為搶得先機都已投入了大量的資源下去研發。
- 如果能夠再加上MIMO技術的時空波束形成(space-time beamforming)。那麼對於目前多變的環境下針對各個使用者的不同資訊來有效的對抗干擾、提昇系統容量。
- 智慧型天線目前也已經被用在無線區域網路(WLAN)的應用上，但由於無線區域網路的環境是一個相當複雜的多重路徑和折射環境，但傳統的智慧型天線是應用信號來源方向(DOA)來做為一些資訊，在無線區域網路的環境中很難去找到它的方向性。





智慧型天線系統於無線通訊上之應用

- 所以在未來的研究方向將不是對抗這些多重路徑，而是利用這些豐富的多重路徑來辨別訊號。
- 而要辨別這些訊號就一定要利用空間上的訊號處理技術，才能夠有效的利用這些多重路徑的資訊。而進一步則是要使用MIMO技術。





MUSIC Algorithm(1/3)

- 這個演算法我們從它的幾何角度來看，它就是一個訊號參數估算的問題。假設 D 個訊號入射到陣列天線，那麼接收訊號就可以表示成：

$$u(t) = \sum_{l=0}^{D-1} a(\phi_l) s_l(t) + n(t) = [a(\phi_0) a(\phi_1) \dots a(\phi_{D-1})] \begin{bmatrix} s_0(t) \\ s_1(t) \\ \vdots \end{bmatrix} + n(t) = As(t) + n(t)$$

- 我們可以將MUSIC演算法分為下列幾個步驟：

Step1: 建構輸入共變數矩陣

$$R_{uu} = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K u(t) u(t)^H$$





MUSIC Algorithm(2/3)

- Step2: 做 R_{uu} 的特徵值分解

$$R_{uu}$$

$$R_{uu} V = V \Lambda$$

- Step3: 估算訊號的數目 D 並找出與最小特徵值的重數相關的式子。

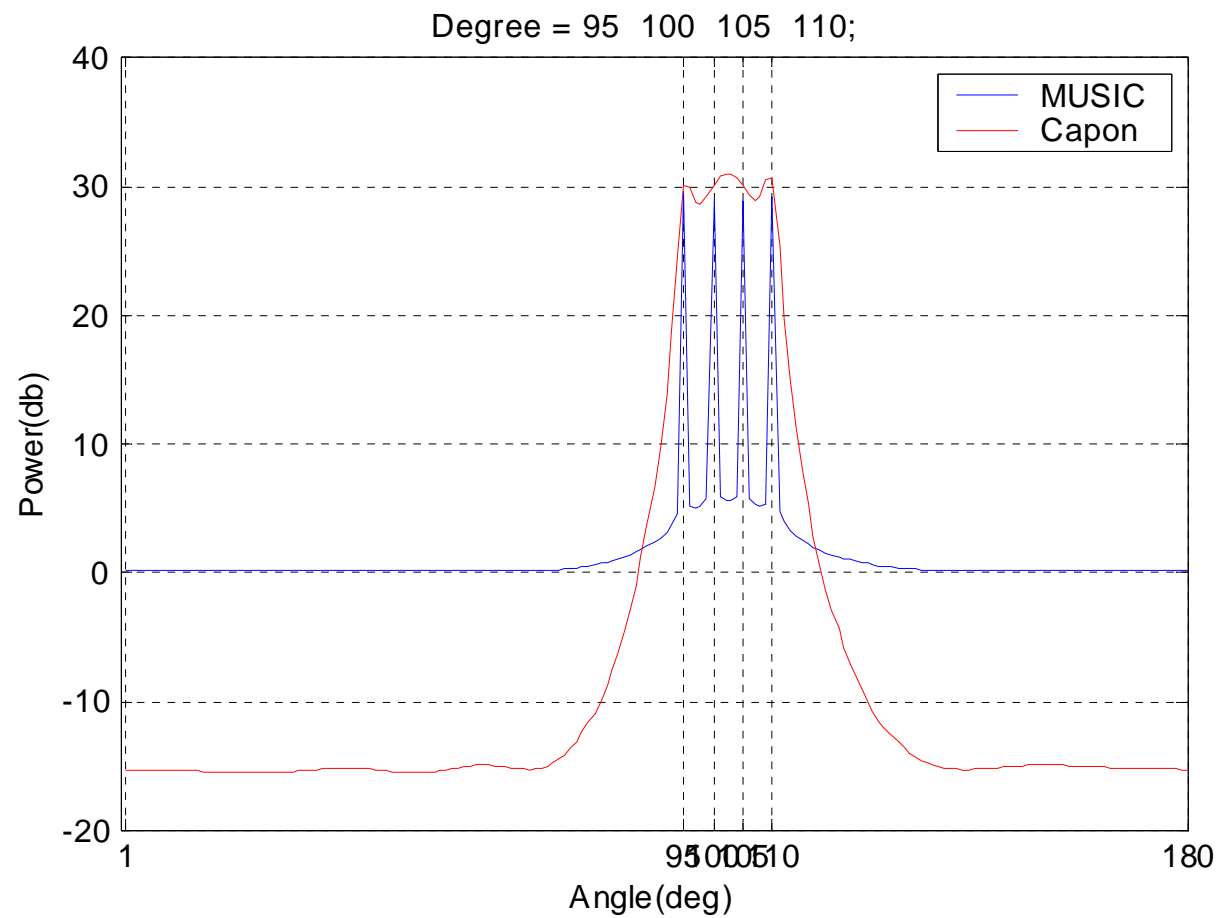
- Step4: 根據下式計算 MUSIC spectrum

$$P_{music}(\theta) = \frac{a^H(\theta) a(\theta)}{a^H(\theta) V_n V_n^H a(\theta)}$$





MUSIC Algorithm(3/3)





多輸入多輸出系統(MIMO)

- MIMO系統中利用了多根天線來傳送與接收，這也就是為何稱為MIMO的原因，其主要構想是在同樣的頻帶上提高通訊的容量及頻譜的使用。
- 智慧型天線系統中，其系統的容量是隨著天線對的數目增目，但MIMO系統卻是隨著最小天線數的數目而呈線性增加。因此在系統容量的這項能力中MIMO系統將會是目前的第一選擇。





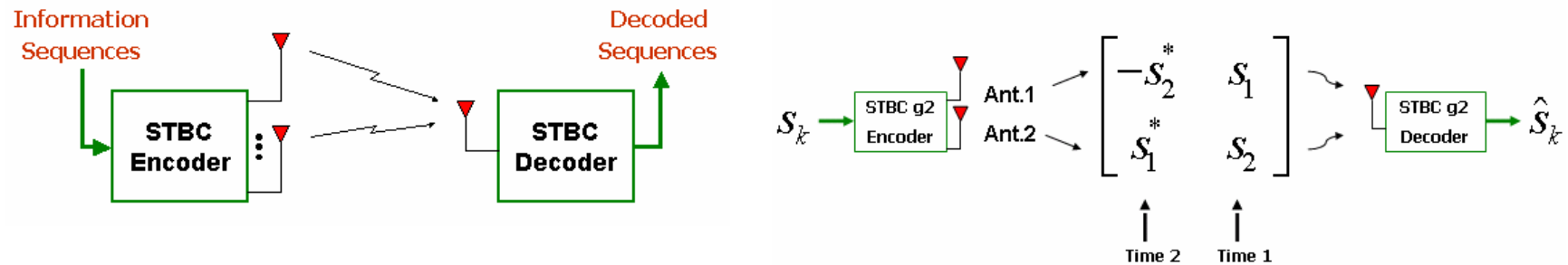
時空碼 (1/2)

- 時空碼可分為三類：塊狀時空碼(Space-Time Block Code; STBC)，籬柵時空碼(Space-Time Trellis Code; STTC)與USTC(Unitary Space-Time Code)。
- 對於塊狀時空碼與籬柵時空碼而言，一個好的通道估測是非常重要的；相對地，因為USTC並不需要通道估測，所以較常被應用在快速衰落(fast fading)通道中。
- 若以效能來比較塊狀時空碼與籬柵時空碼，雖然塊狀時空碼的效能較差，但是塊狀時空碼的編碼與解碼之複雜度遠比籬柵時空碼還低，所以塊狀時空碼已受到了許多研究學者的重視。





時空碼(2/2)



- 它主要是使用兩根傳送天線，藉由傳送相互正交之訊號，使接收端可以容易地且正確地還原所傳送之訊號。
- 在此將介紹兩種塊狀時空碼之解碼技術分別為最大相關性解碼，以及最小平方解碼。





系統通道容量(1/2)

- SISO通道容量：

$$C = \log_2(1 + SNR \cdot |h|^2) \quad \text{bits/sec/Hz}$$

- SIMO通道容量：

$$C = \log_2(1 + SNR \cdot \sum_{i=1}^{N_r} |h_i|^2) \quad \text{bits/sec/Hz}$$

- MISO通道容量：

$$C = \log_2(1 + \frac{SNR}{N_t} \cdot \sum_{i=1}^{N_t} |h_i|^2) \quad \text{bits/sec/Hz}$$

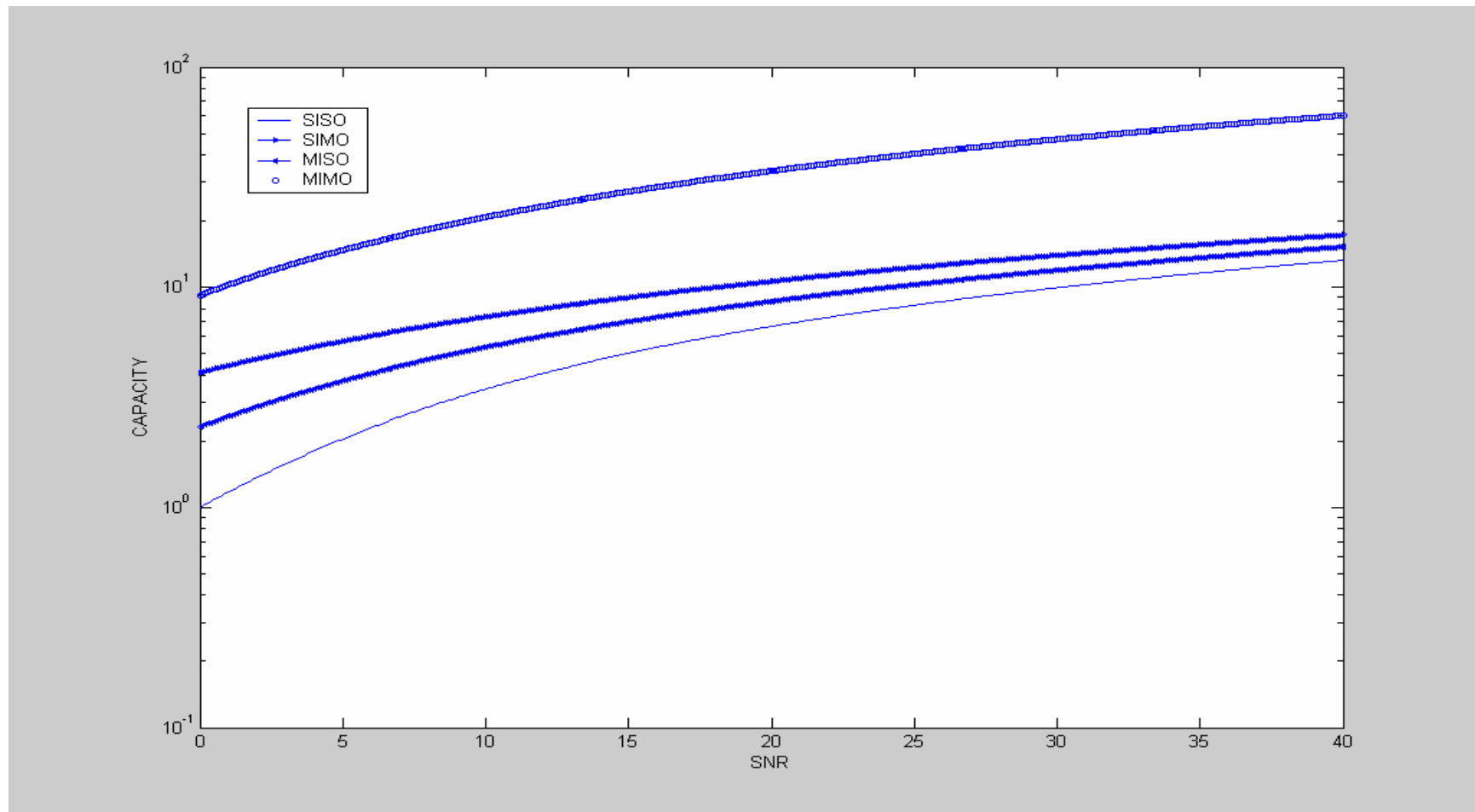
- MIMO通道容量：

$$C = \log_2 \left[\det(\mathbf{I}_{N_r} + \frac{SNR}{N_t} \cdot \mathbf{H}^H \mathbf{H}) \right] \quad \text{bits/sec/Hz}$$





系統通道容量(2/2)





MIMO系統於無線通訊之應用

- 目前許多WLAN業者目前正在制定一個新的WLAN規格，802.11n，此規格目前預定在2006年出爐，然後在2007年正式推出。此規格使用MIMO技術加上了OFDM。
- 它的最大優點，就是可以大幅的提昇資料傳輸率。來解決未來幾年無線寬頻多媒體的需求量。
- MIMO技術不只可以加上OFDM，它也可以加入展頻技術，所以MIMO技術將在未來無線通訊系統扮演一個重要的角色。





第八章

無線多媒體通訊系統與標準





目錄

- 8.1 DAB
 - 簡介
 - 訊框結構
 - DAB發射端
 - DAB接收端
 - DAB之現況與發展
- 8.2 DVB
 - 簡介
 - DVB-T傳送端
 - DVB-T接收端
 - DVB之現況與發展
- 8.3 WLAN
 - IEEE 802.11演進史
 - 802.11a信號之傳輸標準
 - WLAN之現況與發展
- 8.4 UWB
 - 簡介
 - 頻寬範圍
 - UWB信號之傳輸標準
 - UWB之現況與發展





DAB-簡介

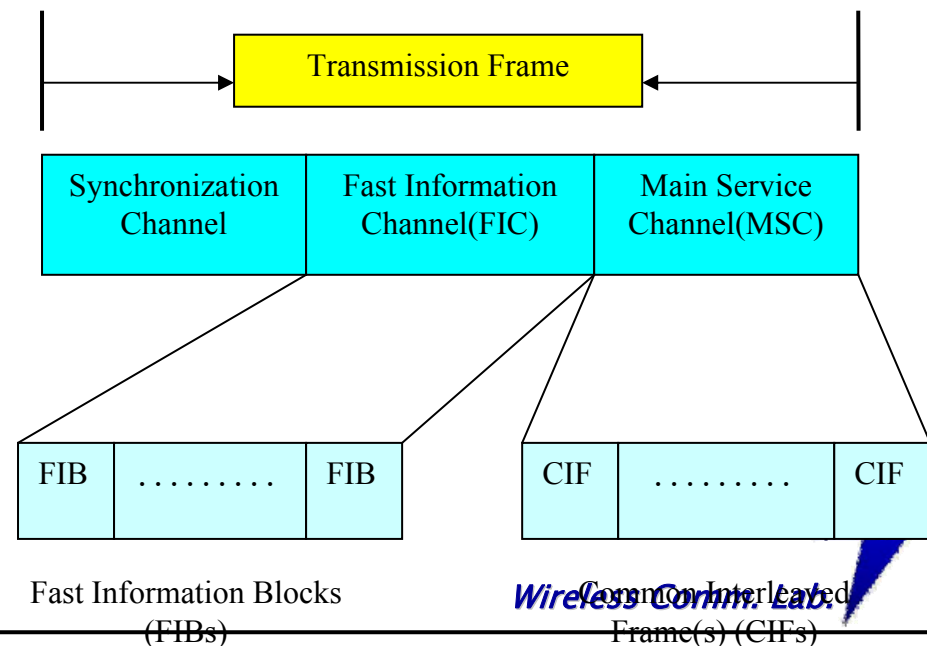
- 數位語音廣播(Digital Audio Broadcasting ; DAB)技術最早是在1980年由德國開始發展。
- 到目前為止，有四大主流DAB技術正在發展分別為IBOC、DRM、ISDB、Eureka-147，而目前DAB的主流為Eureka-147。
- 在此將只介紹Eureka-147。





DAB-訊框結構

- DAB系統可傳送語音信號、數據信號和多媒體訊號，而這些傳送資料都會包含在DAB的傳輸訊框(transmission frame)中。在傳輸訊框裡面又分為三個部分，分別為同步通道(Synchronization Channel)、快速資訊通道(Fast Information Channel, FIC)與主要服務通道(Main Service Channel, MSC)





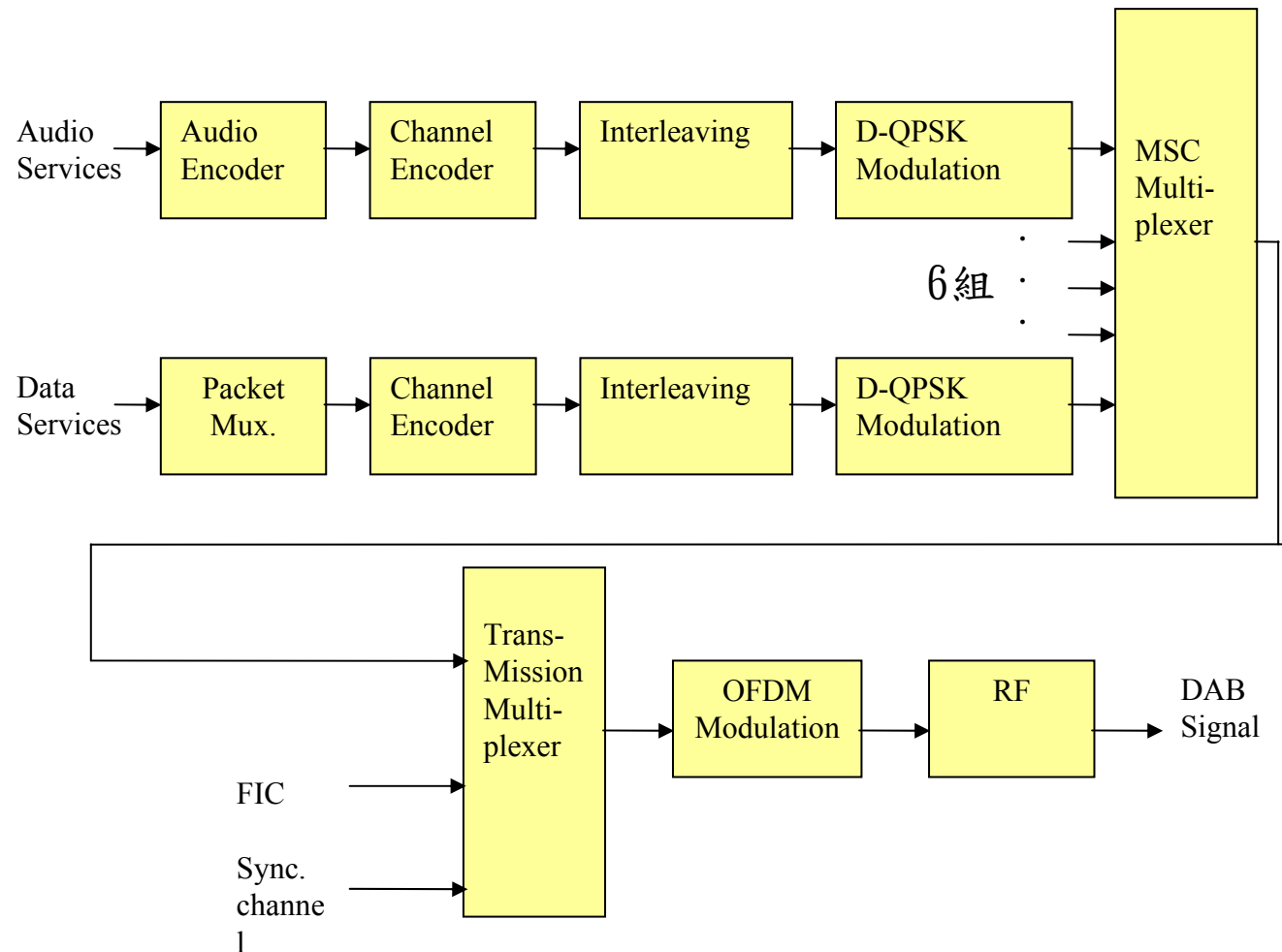
DAB-訊框結構

- 同步通道:同步通道內的資訊主要是用來做傳輸訊框的同步以利接收端順利解調，裡面包含有訊框同步、通道估測、接收端狀態以及頻率控制等偵測信號。
- 快速資訊通道：快速資訊通道內包含了資料服務、多工狀態資訊(MCI)、服務資訊(SI)等等的控制訊息。在接收端這些控制訊息需要先被了解，才能夠知道主要服務通道內的資料及相關的資訊。
- 主要服務通道:主要服務通道內分為數個子通道(Sub-channel)，裡面攜帶了傳送端所需要傳送的語音、數據及多媒體訊號，並分別經過交錯處理和加入錯誤更正碼，就形成了上述所說的標準交錯訊框。





DAB-發射端

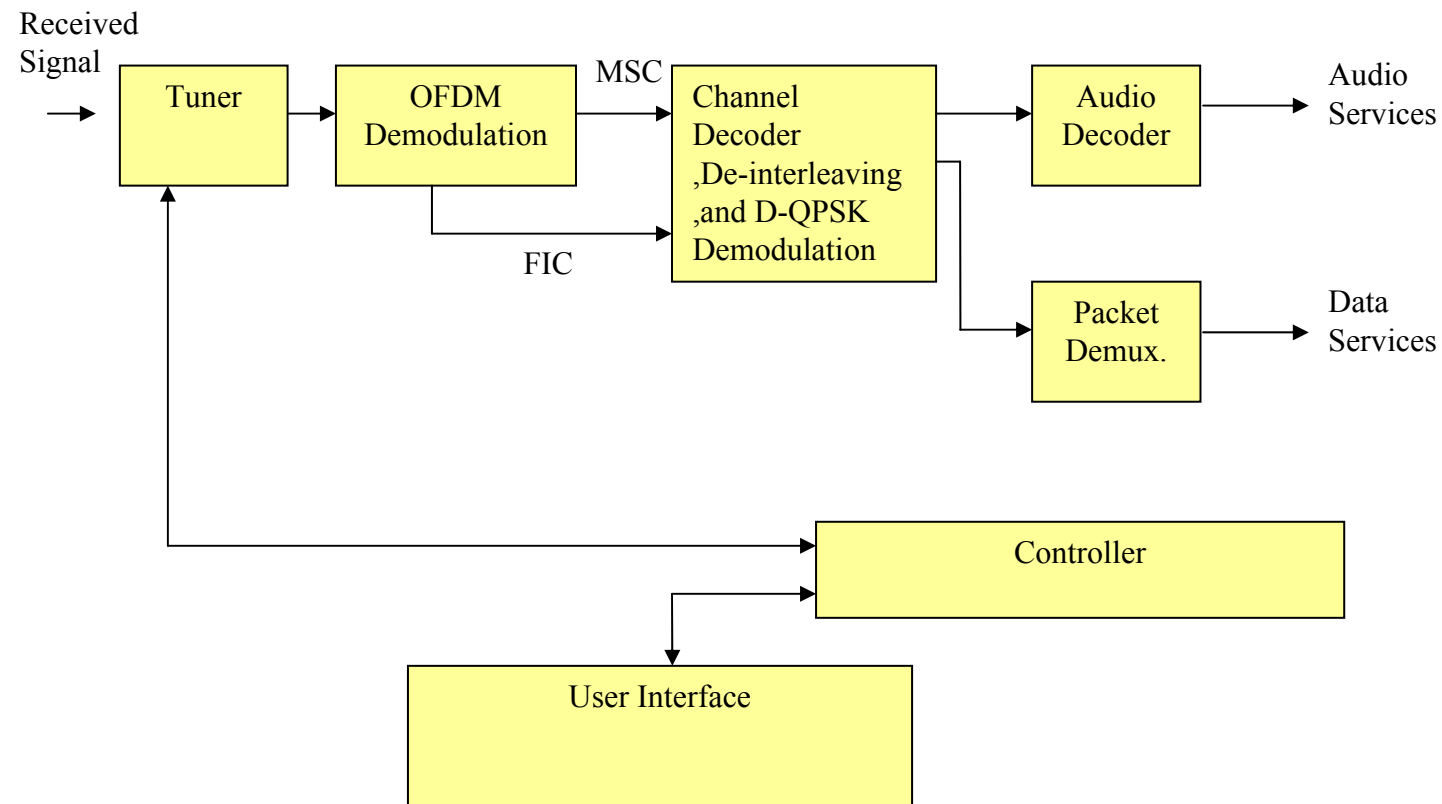


一個DAB的頻道最多可以容納6組音訊及視訊選台





DAB-接收端





DAB之現況與發展

- 數位語音廣播是繼調幅、調頻廣播之後，更先進的廣播技術，不僅大大提升了抗雜訊的能力，更可以對信號做大幅度的壓縮，節省資源。
- DAB所使用的廣播系統跟傳統的也不同，必須要將原本類比的傳送端和接收端換成數位，這將是一筆不少的開銷，也是待解決的難題。
- 而台灣目前的DAB正處在實驗階段，政府已開放了10個頻道，每個頻道最少需有3個音訊節目及一個數據服務。未來技術成熟時將陸續開放更多頻道。





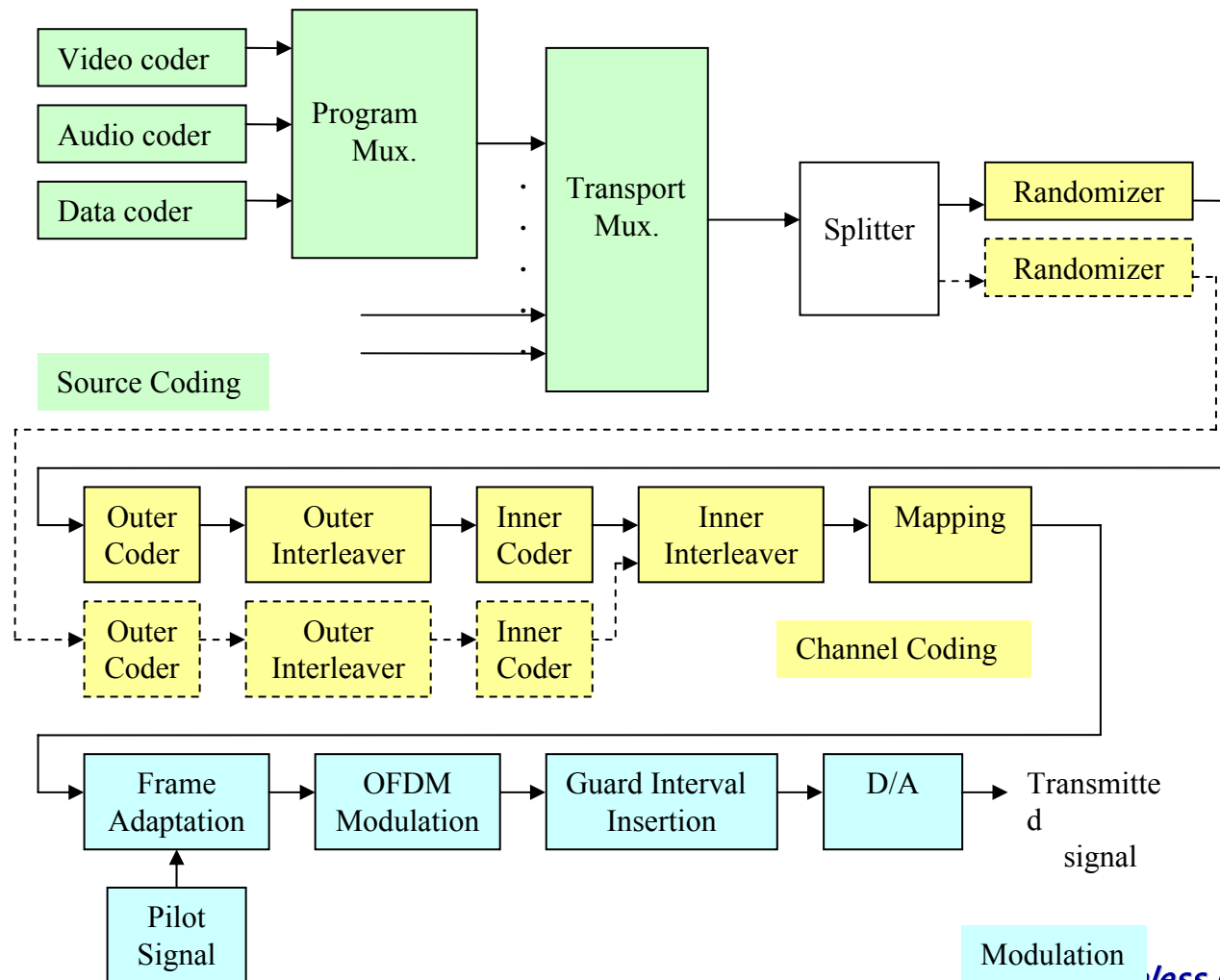
DVB-簡介

- DVB研究組織成立於1993年，由網路業者、製造廠商、廣播業者與研究機構等單位所組成。其DVB標準還包含了DVB-C(有線電視)、DVB-S(衛星直播)與DVB-T(地面廣播)。
- DVB-T具有以下幾個特色：
 - 為一單頻網
 - 具有雙向傳輸的功能
 - 行動性強





DVB-T傳送端



Modulation

Wireless Comm. Lab.





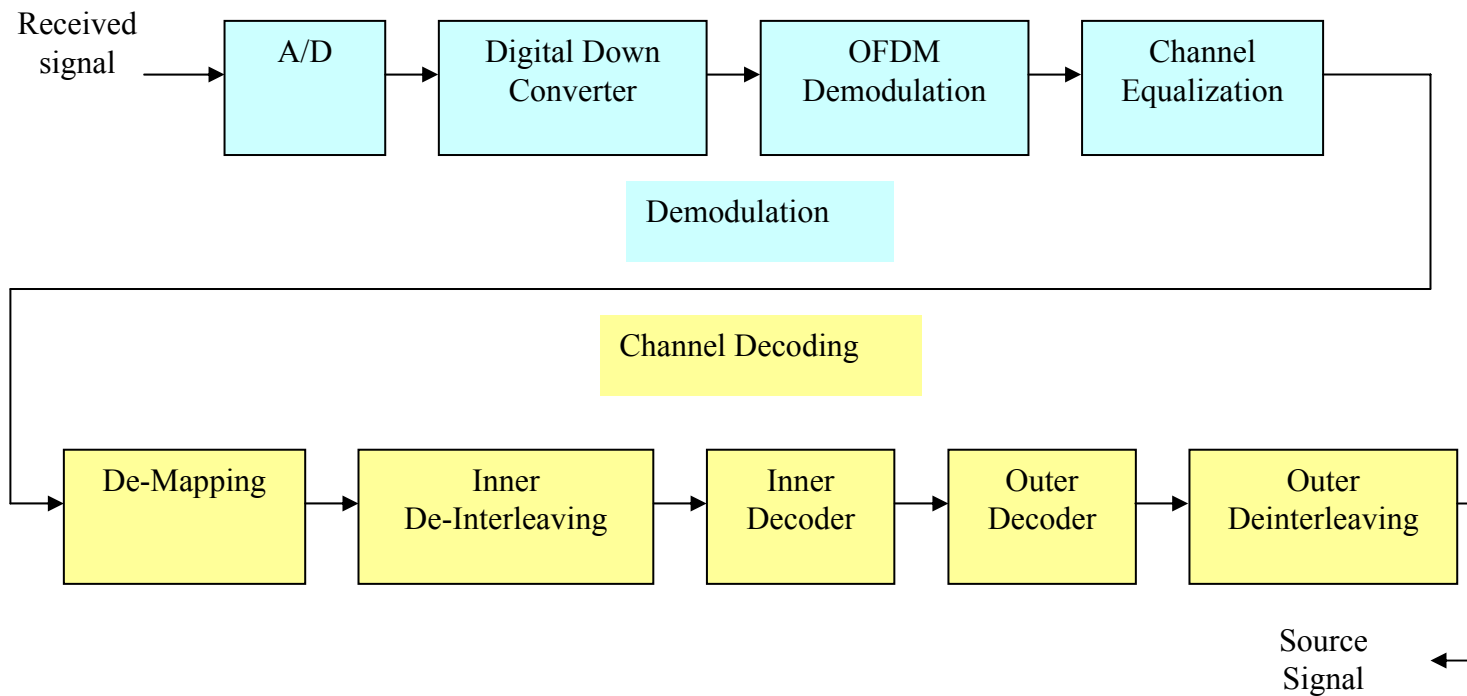
DVB-T傳送端

- 亂碼器的功用在於平均0和1的個數，使其不會出現一連串的0或1；若使用亂碼器的話只要在接收資料再跟相同的PBRs做XOR計算得到原始的傳送資料。
- 外編碼器(Outer Coder)，編碼方式採用Reed-Solomon code (RS 碼)。RS碼為一錯誤更正碼，是將原本的188 bytes再加上16 bytes的檢測碼，只要接收端錯誤不超過8 bytes皆能將訊號解回來。
- 外交錯器(Outer Interleaver) 不同於一般的交錯器，一般的交錯器是在做位元或符號之間的打散，在此外交錯器是用於做封包之間的打散。





DVB-T接收端





DVB之現況與發展

- 電視的數位化除了能擁有更精緻的畫質與更逼真的音質，也附加許多不同的附加價值。
- 在多媒體行動通訊中，數位廣播系統雖然擁有不錯的傳輸速率，但是目前只能做單向傳輸；蜂巢式行動通訊系統雖然擁有雙向傳輸的能力，但其速率並不高；無線區域網路雖然速度快又是雙向傳輸，但其傳輸距離太短。
- 數位電視廣播技術擁有雙向傳輸的能力，且擁有高傳輸速率，未來將是傳遞影像一個很好的媒介。
- 未來多媒體傳輸系統的整合也會是一個熱門的議題。





IEEE 802.11 演進史

- IEEE 802.11標準是由美國電子電機工程協會於1997年所訂製的，為無線區域網路最早定製的標準，其傳輸的形式有三種，分別為紅外線、展頻、和窄頻微波。
- IEEE 802.11b是由802.11所演進而來的標準，在MAC層並沒有做太大的變動，而在實體層上採用了直接序列展頻(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)的傳輸方式，頻段在2.4GHz，最高傳輸速率可達到11Mbps。
- 繼IEEE 802.11b之後，IEEE組織另一個WLAN小組發展了 802.11a，它採用了OFDM的調變技術，並擁有比IEEE 802.11b更高速的速度(54Mbps)，且將頻段移至5GHz。





IEEE 802.11 演進史

- 但由於802.11a無法與普及一段時間的802.11b互通，所以IEEE又新制定了802.11g的規格，他承襲了802.11a的優點(傳輸速度54Mbps，採用OFDM調變)，不同的是他的頻段改回2.4GHz，並且也可以使用DSSS的模式傳送，成功的相容於802.11b。
- 最新的無線區域網路規格為IEEE 802.11n，不過此標準尚在制定中，它是採用多輸入多輸出(MIMO)的系統，並搭配OFDM調變技術，來大幅增加傳輸速度，研究專家預測此標準和超寬頻(Ultra Wideband)技術將會是日後非常熱門的無線傳輸技術。





802.11a信號之傳輸標準

- 當一串資料進來之後，會先做迴旋編碼，其所使用的編碼率和資料傳輸速度有關係。(PS:1信號週期=4us)

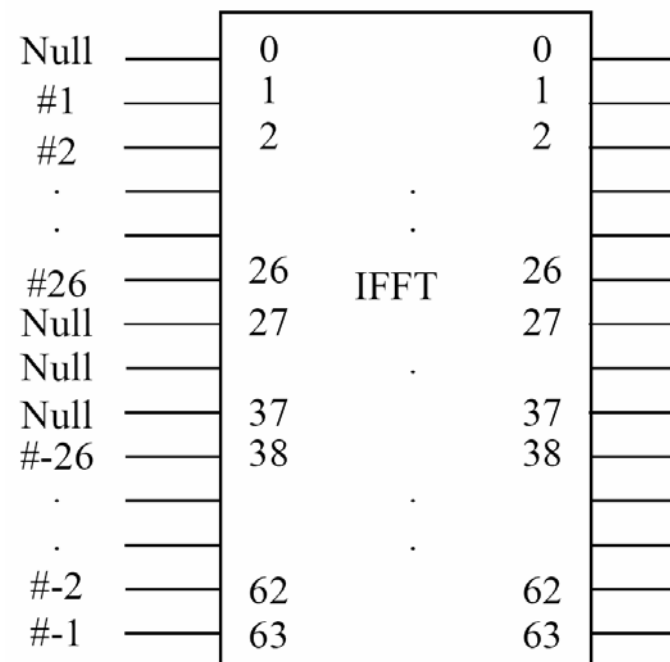
Data rate (Mbits/s)	Modulation	Coding rate (R)	Coded bits per subcarrier (N_{BPSC})	Coded bits per OFDM symbol (N_{CBPS})	Data bits per OFDM symbol (N_{DBPS})
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216





802.11a信號之傳輸標準

- 在802.11a中，OFDM所使用的子載波為52個，所以使用有64個輸入的IDFT。而這52個子載波中，有48個是用來傳資料的、4個是用來做通道估測的引示信號(pilot)。
- 上面的64個輸入點就代表64個子載波，0的位置為DC直流，所以傳NULL。而1~26、38~63的位置為對稱的，用來傳資料和pilot，剩下27~37因為沒用到，所以為NULL。





WLAN之現況與發展

- 以目前市場的現況來看，未來無線區域網路將會朝增加傳輸速率和向下相容舊有版本為主。
- 雖然新的WLAN技術802.11n已大舉將傳輸速度提升10倍以上，不過若是要使11n盛行還有許多問題有待解決，光是要讓市場上MIMO的產品成為主流就要一段不少時間的過渡期，而且到目前802.11n的規格標準也尚未訂製出來。
- 加上UWB和藍芽2.0版本也會在未來加入競爭，可見未來的WLAN的技術將會接受到許多競爭。





UWB-簡介

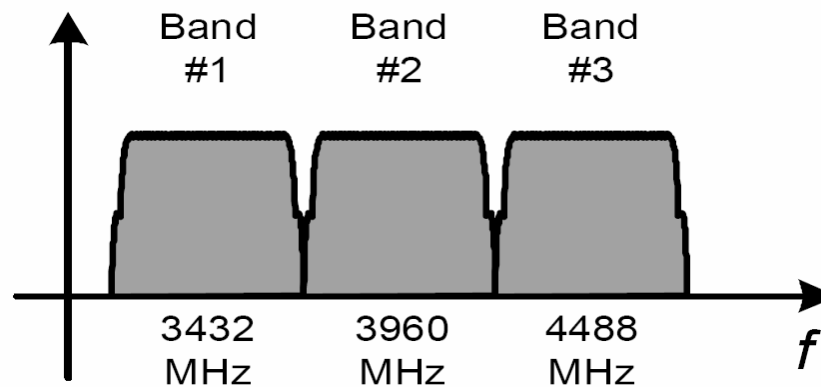
- 超寬頻(Ultra wideband, UWB)為一最新的高速無線傳輸技術，主要應用在小範圍的數據傳輸，約在10公尺的範圍內有500Mbps的傳輸速度，也就是新一代的WPAN技術。
- 現今的UWB系統分成了兩大陣營，一種為使用直接序列展頻(DSSS)，另一種為使用多頻帶正交分頻多工技術(Multi-band OFDM)
- 在此我們只針對運用Multi-band OFDM技術的UWB作介紹，其擁有的特性如下：
 - 高傳輸速度 -極大的頻寬 -抗干擾性強





UWB-頻寬範圍

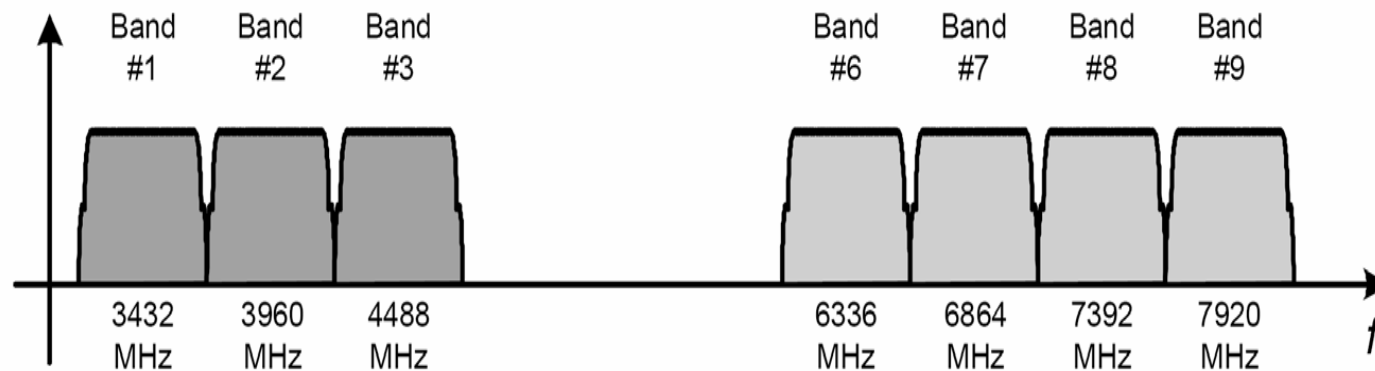
- 利用 Multi-band OFDM 的技術，UWB 頻寬有兩種分配方法，一種是主要的 3-band 模式，另一種為可選擇的 7-band 模式。
- 在 3-band 模式中所運用的頻寬為 3.1GHz~4.6GHz，，在這段頻寬中將切割成三個頻帶 每個頻帶大約是 500MHz。





UWB-頻寬範圍

- 在7-band模式中，頻寬則切割成七個頻帶，每個頻帶一樣是500MHz。



- 在band 3和band 6之中的頻段band 4、band 5被跳過去未使用，因為在這段頻寬中有其他的通訊系統在使用(如IEEE802.11a)，目的在於避免與其他的系統產生衝突。





UWB信號之傳輸標準

- 1信號週期=312.5ns

Data Rate (Mb/s)	Modulation	Coding Rate (R)	Conjugate Symmetric Input to FFT	Time Spreading	Overall Spreading Gain	Coded bits per OFDM symbol (N _{CBPS})
55	QPSK	11/32	Yes	Yes	4	100
80	QPSK	1/2	Yes	Yes	4	100
110	QPSK	11/32	No	Yes	2	200
160	QPSK	1/2	No	Yes	2	200
200	QPSK	5/8	No	Yes	2	200
320	QPSK	1/2	No	No	1	200
480	QPSK	3/4	No	No	1	200





UWB之現況與發展

- UWB擁有7500MHz廣大的頻寬，以及高達500Mbps的傳輸速率。其高速度的優點已被許多商家所注意，甚至還有研究單位預測UWB將會取代藍牙的技術。
- 但是UWB也不是這麼十全十美的，要有達到500Mbps那麼高的速率可能也只有有在十公尺的範圍內而已。
- 目前對於UWB的標準也有兩大派意見分歧；主導Multi-band OFDM的以Intel為主；而主導以Direct sequence的為Motorola。至今要以誰的標準為主也還沒有結論

