

## 第 6 章 前導信號的偵測

在高速傳輸系統中,縮短同步過程所需的時間是非常重要的,通常是利用已知的前導信號(Preamble)輔助,來減少同步所需的時間。前導信號的偵測是同步過程中的第一個步驟,用來估計前導信號到來與否,然後決定是否起動同步的機制。

在 IEEE 802.11a 與 IEEE 802.16a 的系統中,前導信號由二種序列組成,其中第一個序列是由短訓練符元組成,後一個序列是由長訓練符元組成。這兩種訓練序列的目的不同,所以在設計上也有所區格。短訓練符元的目的在於前導信號偵測、頻率偏移粗步估算、碼框同步、...等等,所以設計成週期較短的結構。長訓練序列的目的在於頻率偏移細微估算、碼框細部同步、通道估測、...等等。因應長訓練序列的各項細步估算,通常設計成有較長的前置循環信號以抵抗較長的通道效應。前置循環信號的長度,會影響傳送功率消耗的多寡,IEEE 802.11a 前置循環信號的長度是固定的,在 IEEE 802.16a 中,基地台根據通道的特性決定前置循環信號的長度,使得傳送功率更有效率,因此前置循環信號長度不是固定的,所以在同步的過程中,必須利用前導信號來估算前置循環信號的長度。

IEEE 802.11a 用叢發(Burst)的封包來傳送資料,而 IEEE 802.16a 是用連續(Continuous)的方式傳送資料。在同步的過程中,在 IEEE 802.11a 上,接收機必須先偵測封包是否真的到來,而 802.16a 接收機必須先偵測前導信號的到來,然後利用前導信號週期性結構的特性,完成頻率偏移估算、碼框同步及 CP 檢測的工作。封包偵測與前導信號偵測都是利用前導信號週期性結構的特性,來偵測週期性信號能量存在與否,所以使用的偵測方法是相同的。

### 6.1 短訓練符元偵測

IEEE 802.11a 及 IEEE 802.16a 前導信號由短訓練序列與長訓練序列組成。IEEE 802.11a 短訓練序列由 10 個相同的短訓練符元組成,短訓練符元每隔 16 點的值是相同的,而 IEEE 802.16a 短訓練序列由 4 個相同的短訓練符元組成,短

訓練符元每隔 64 點的值是相同的。長訓練序列由 2 個相同的符元組成，IEEE 802.11a 長訓練符元每隔 64 點的值是相同的，而 IEEE 802.16a 長訓練符元每隔 128 點的值是相同的，兩個系統的前導信號架構如圖 6.1.1 及圖 6.1.2 所示。

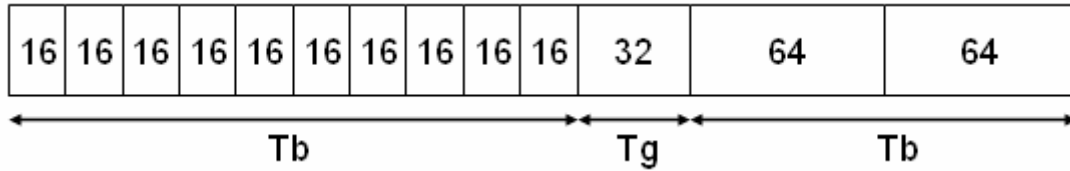


圖 6.1.1 802.11a 前導信號架構

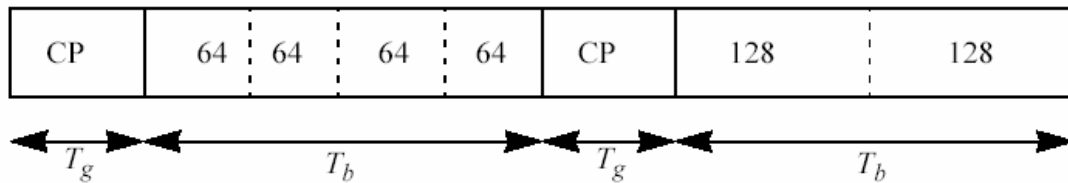


圖 6.1.2 802.16a 前導信號架構

前導信號的偵測，可以使用 Schmidl 及 Cox 所提出用來估算 Symbol Timing 的方法[8]，做為偵測前導信號的方法。其原理是利用前導信號週期性的信號，彼此之間的相關性，來判斷前導信號存在與否，其電路如圖 6.1.3 與圖 6.1.4 所示。接收信號  $x(n)$  由電路左方輸入，自動增益控制器在時間點  $n = n_{AGC}$  穩定後，電路開始運作。信號經過一個週期的延遲且取共軛複數後，和另一路進來的信號相乘，在累加  $L_{ac}$  點的資料量後取樣，延遲時間 IEEE 802.11a 為 16 個取樣時間，IEEE 802.16a 為 64 個取樣時間。這一個步驟在決定信號相關性的大小，並同時估算頻率偏移。當接收信號為雜訊或者為非週期性信號時， $c(n)$  的統計特性為 zero-mean 的隨機變數。最後將累加  $L_{ac}$  點資料量的信號  $|c(n)|^2$  除以信號  $(p(n))^2$ ，即得輸出信號  $m_p$ 。設定一判斷的門檻(Threshold)，若是  $m_p$  大於門檻，即可判定是否存在具有特定週期結構的封包。

$$c(n) = \sum_{k=0}^{L_{ac}} x(n+k-D)^* x(n+k), \quad c(n) = 0, \text{ for } n < n_{AGC} + D$$

$$p(n) = \sum_{k=0}^{L_{ac}} |x(n+k)|^2$$

$$m_p = \frac{|c(n)|^2}{(\rho(n))^2} \quad (6.1.1)$$

D: 前導信號的週期, IEEE 802.11a 為 16 個取樣時間, IEEE 802.16 為 64 個取樣時間  
 $L_{ac}$ : Accumulation Length

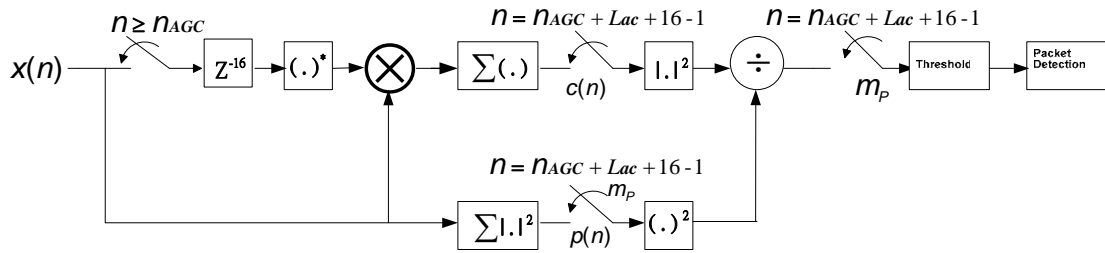


圖 6.1.3 IEEE 802.11a 短訓練符號偵測電路

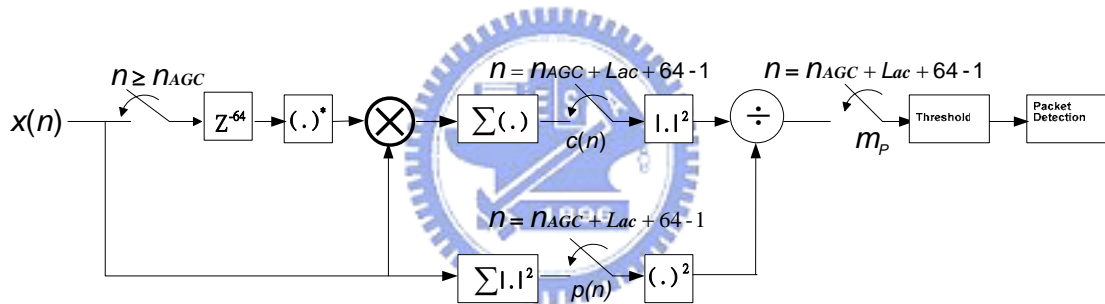


圖 6.1.4 IEEE 802.16a 短訓練符號偵測電路

## 6.2 模擬與分析

前導信號偵測的效能指標, 可用  $P_D$  與  $P_{FA}$  來表示,  $P_D$  是當前導信號出現時可被偵測出的機率,  $P_{FA}$  是當前導信號不存在時, 偵測結果為前導信號已出現的機率, 在此稱之為假警報機率。  $P_D$  越高及  $P_{FA}$  越低是一個被期待的偵測結果, 但是, 通常提高  $P_D$  也會同時增加  $P_{FA}$ , 反之, 想減低  $P_{FA}$  也會同時減低  $P_D$ , 因此偵測方法必須在這兩個互相衝突的效能指標中取得平衡。一般而言, 當前導信號已出現時, 偵測方法無法偵測其已存在的後果, 比前導信號未出現時, 錯誤判斷

前導信號已出現，所付出的代價更高。因為發生假警報時，接收機會針對一個不存在的前導信號啟動同步的機制，隨後根據所接收的資料，接收機將很快地發現偵測結果是錯誤的，再度啟動前導信號偵測的電路。但是，如果是未偵測出已出現的前導信號，將導致資料的遺失，於是傳送端必須再重送一次。假警報也會造成資料的遺失，因為當真正資料到達接收機時，正好接收機發生假警報，且接收機沒有及時發現此錯誤，接收機將無法很快的發現真實的前導信號，因此造成資料的遺失。為了提高偵測的正確性，一般的做法是容忍略高的假警報機率[9]。

由圖 6.2.1-6.2.4 及圖 6.2.6-6.2.9，可以發現在累加總長度增長的情況下，封包遺失機率並沒有顯著的下降，但從圖 6.2.5 及圖 6.2.10-6.2.13，在假警報機率則有明顯的改善。門檻設得太高，則容易發生資料的遺失，一旦遺失就必須重送，但相對而言假警報的機率卻可降低，於是一個可接受的門檻應該設定在系統可工作的  $E_s/N_0$  點附近，一來可作為  $E_s/N_0$  的篩選，二來可以得到一個可接受的假警報機率。以 IEEE 802.16a 模擬的結果為例，工作點的選擇是根據在 AWGN 通道及 QPSK 調變下，BER(Bit Error Rate)為  $10^{-6}$  時，對應的  $E_s/N_0$  為工作點。決定工作點之後，選擇使假警報機率  $P_{FA}$  為  $10^{-4}$  的前導信號偵測門檻。

以下在多重路徑衰退通道模擬中，IEEE 802.11a 的  $T_{RMS}$  為 50ns，IEEE 802.16a 為使用無指向性天線、K-factor 等於 0 的 SUI4 通道模型。

IEEE 802.11a

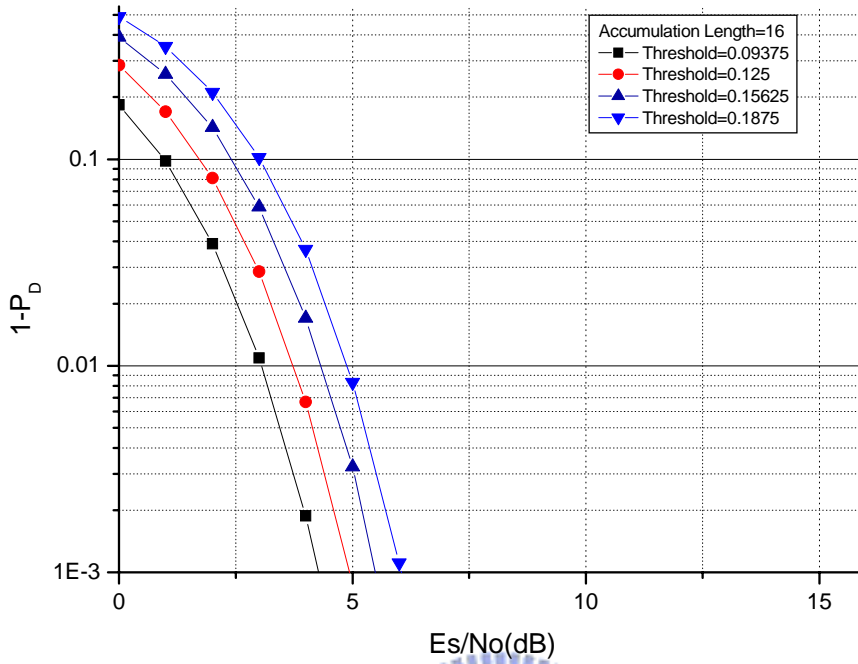


圖 6.2.1 AWGN 通道下累加長度 16 點的封包遺失率

IEEE 802.11a

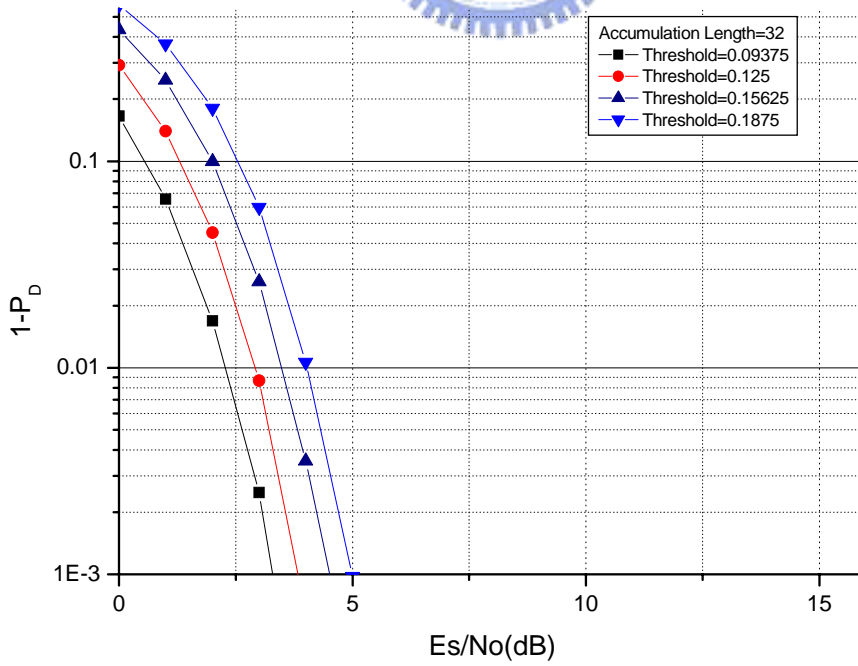


圖 6.2.2 AWGN 通道下累加長度 32 點的封包遺失率

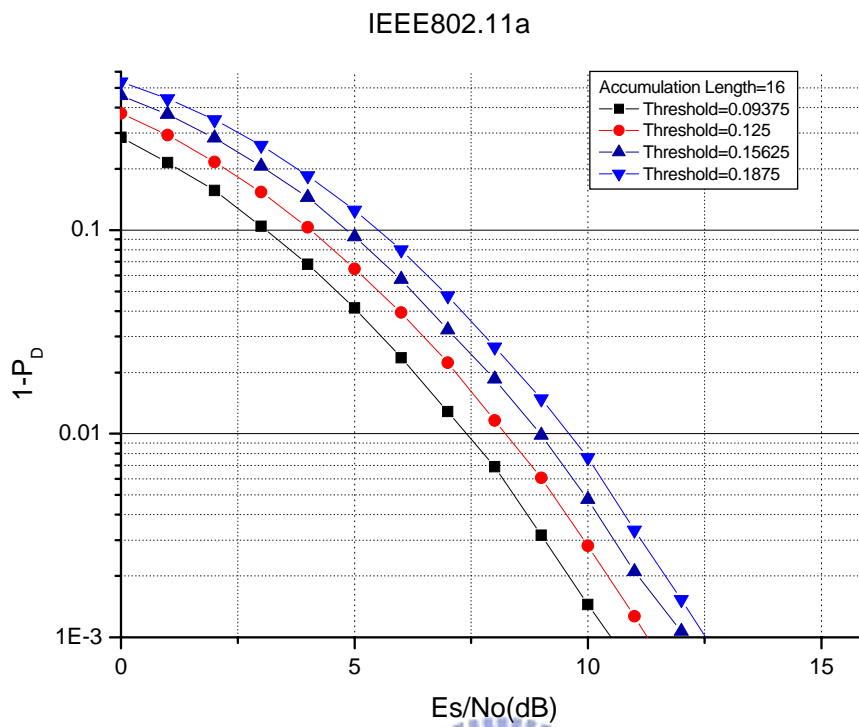


圖 6.2.3 多重路徑衰退通道下累加長度 16 點的封包遺失率

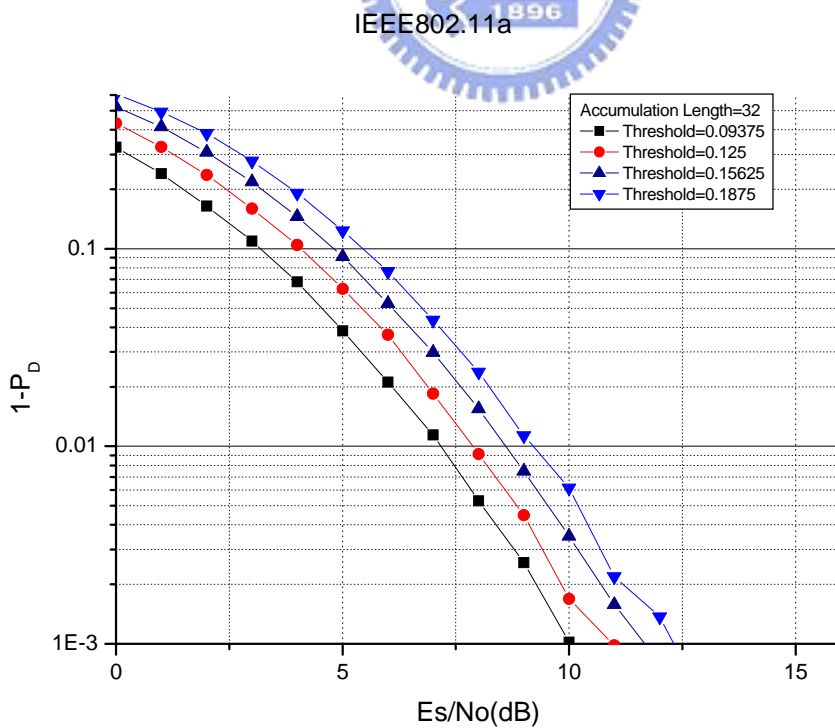


圖 6.2.4 多重路徑衰退通道下累加長度 32 點的封包遺失率

IEEE802.11a

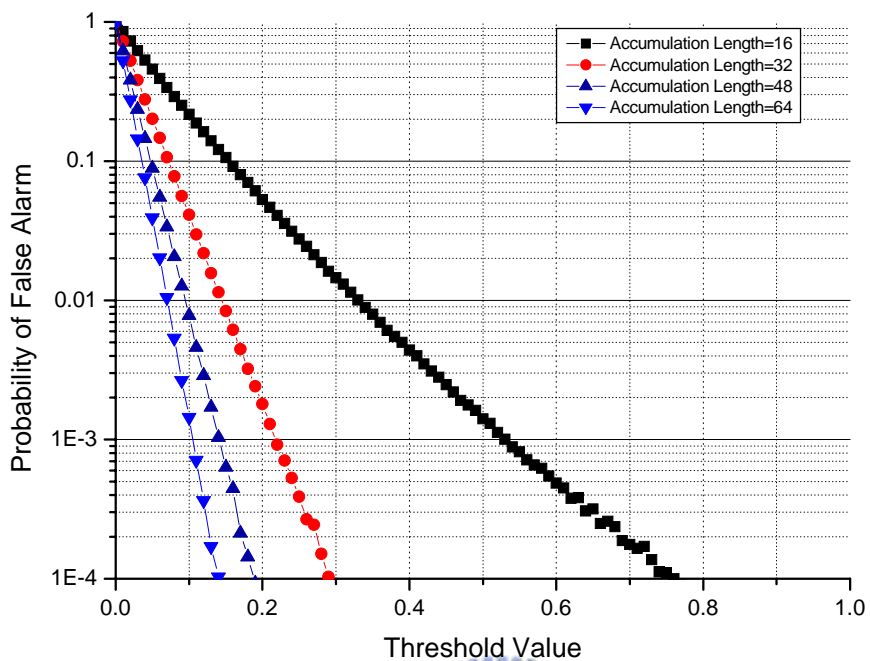


圖 6.2.5 不同累加長度下的假警報機率

IEEE 802.16a

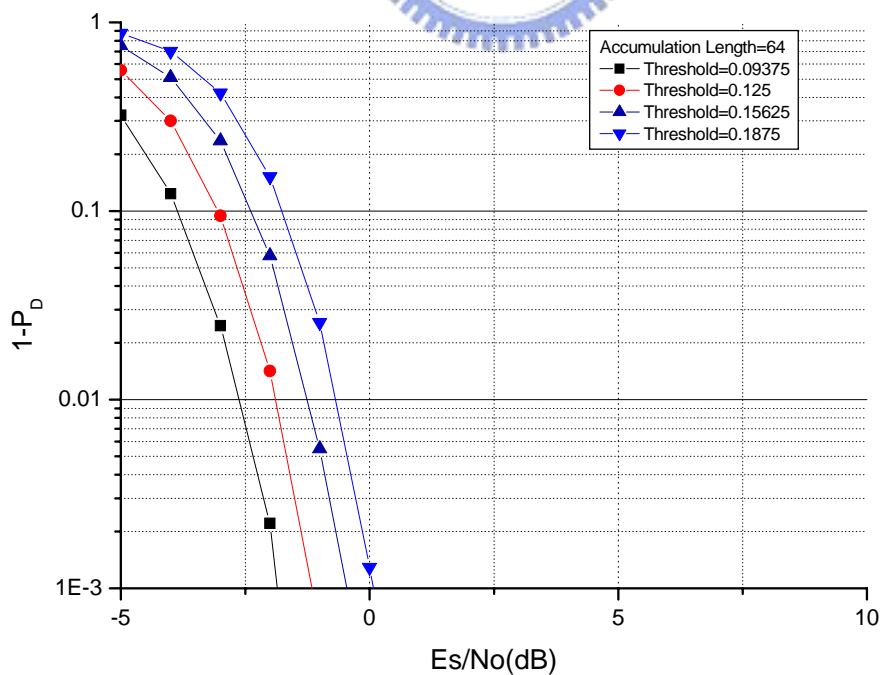


圖 6.2.6 AWGN 通道下累加長度 64 點的封包遺失率

IEEE 802.16a

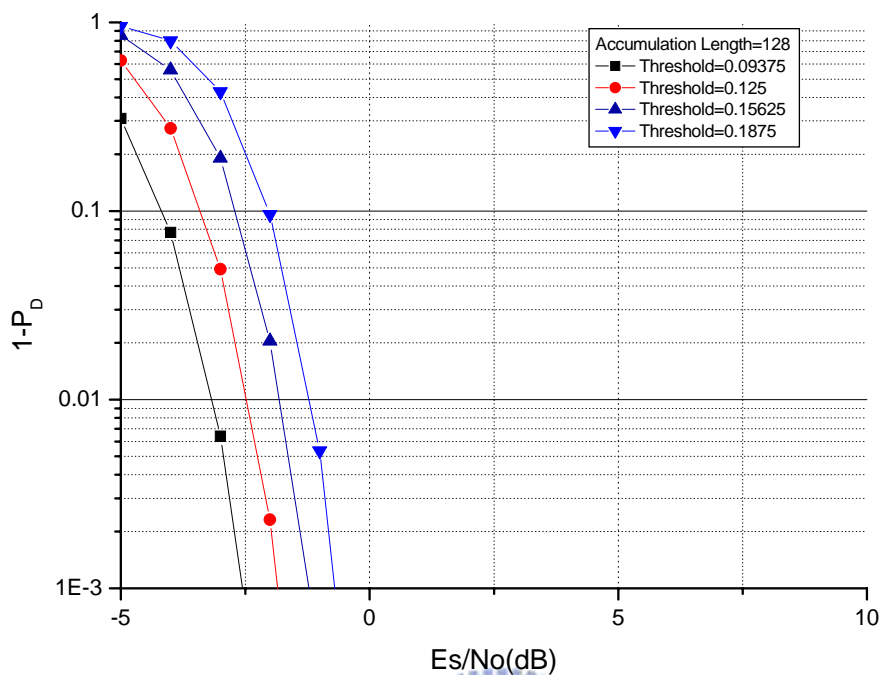


圖 6.2.7 AWGN 通道下累加長度 128 點的封包遺失率

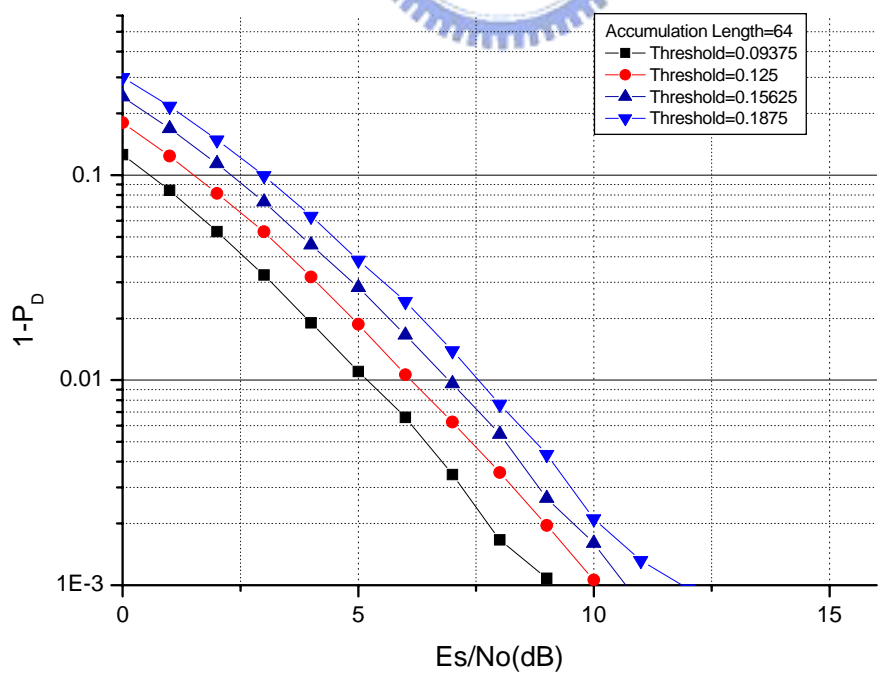


圖 6.2.8 多重路徑衰退通道下累加長度 64 點的封包遺失率



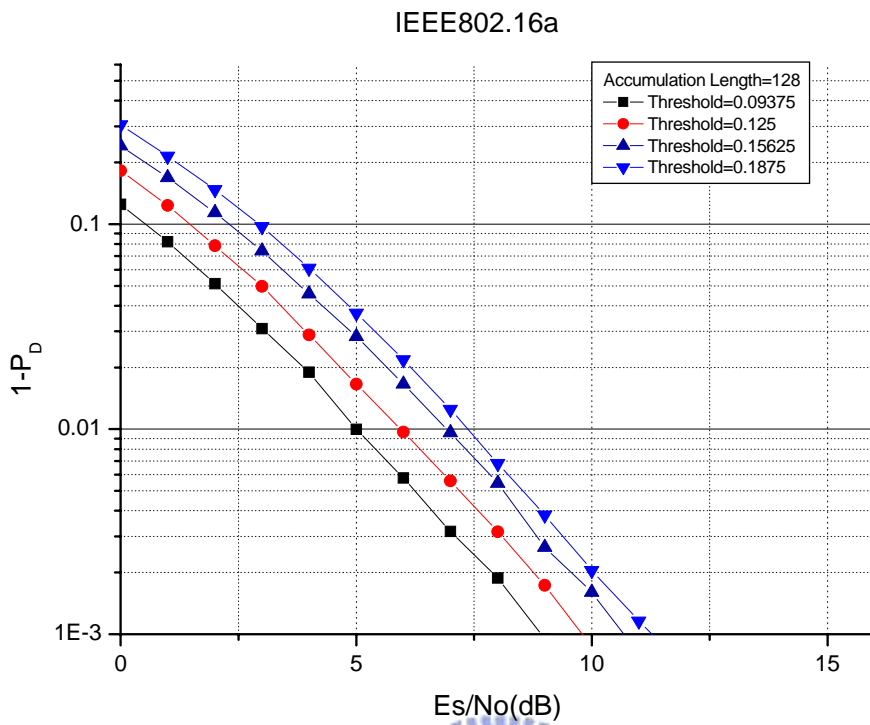


圖 6.2.9 多重路徑衰退通道下累加長度 128 點的封包遺失率

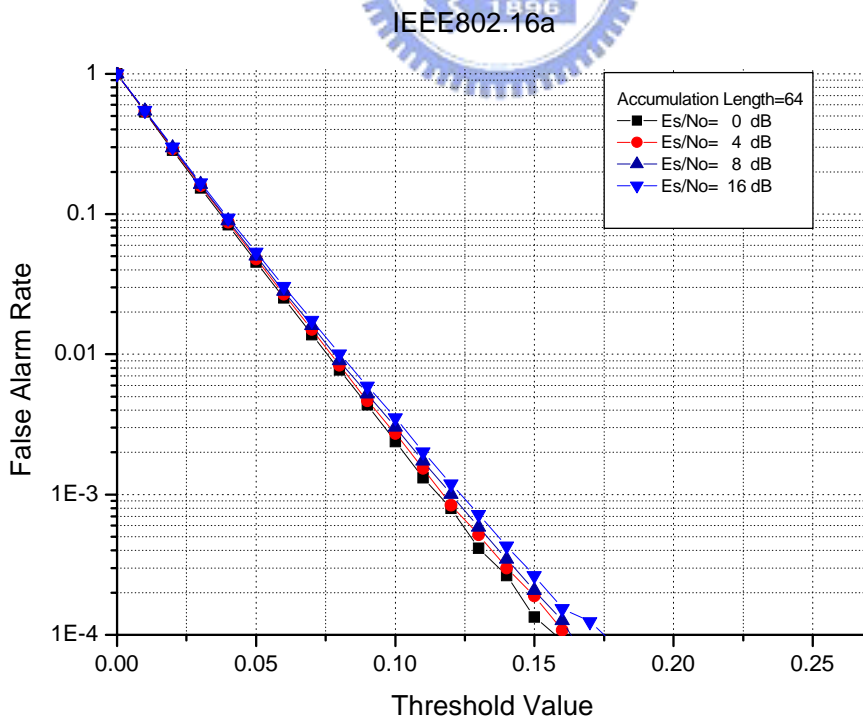


圖 6.2.10 AWGN 通道下累加長度 64 點的假警報機率

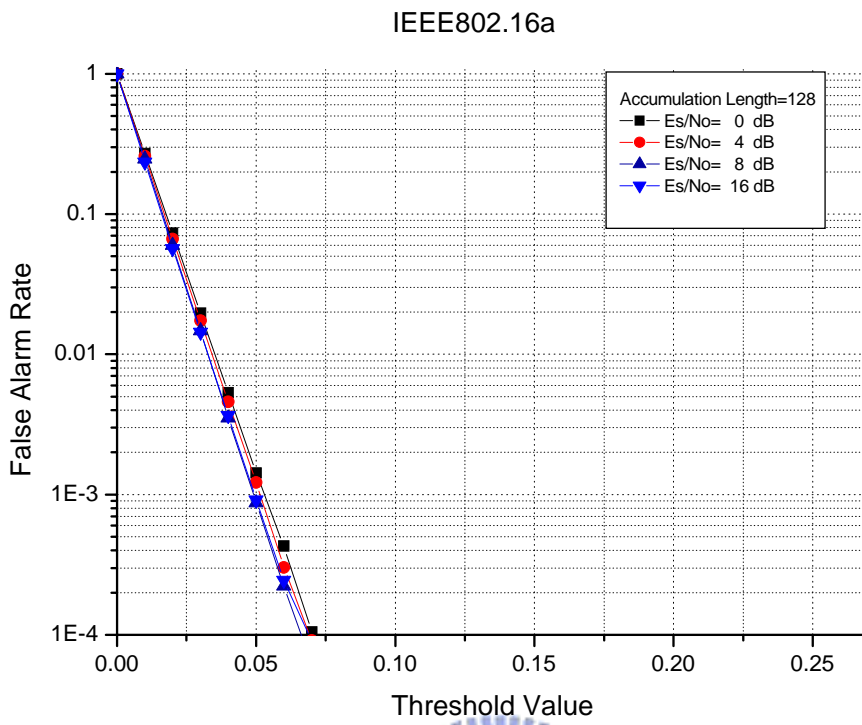


圖 6.2.11 AWGN 通道下累加長度 128 點的假警報機率

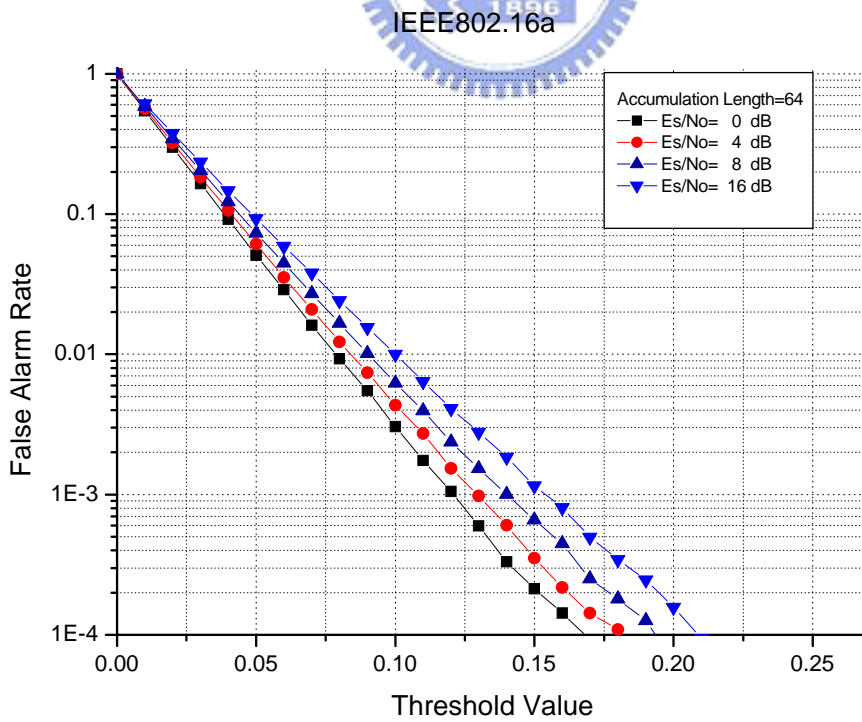


圖 6.1.12 多重路徑衰退通道下累加長度 64 點的假警報機率

IEEE802.16a

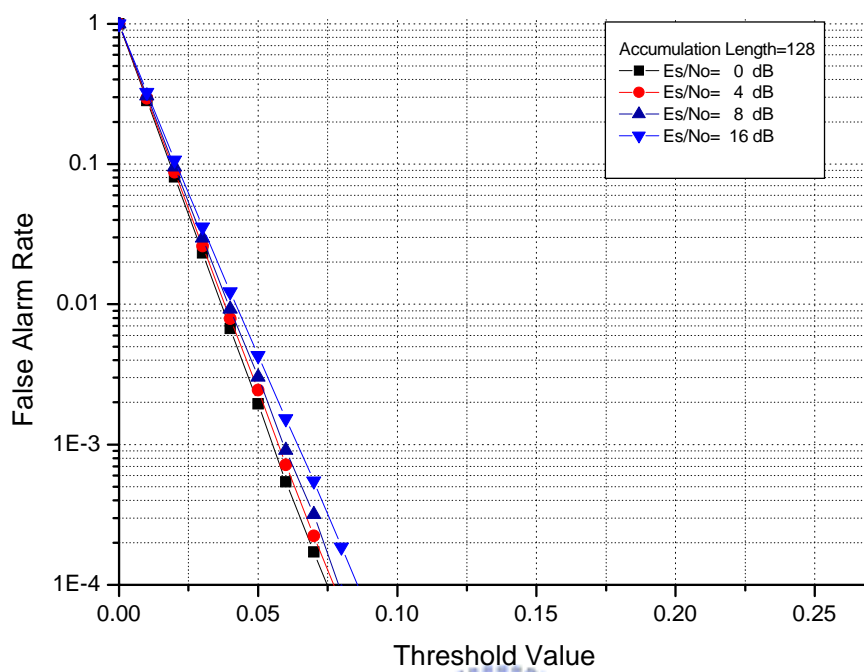


圖 6.1.13 多重路徑衰退通道下累加長度 128 點的假警報機率