

國防大學中正理工學院

赴美進修心得報告書

訊號傳輸於頻寬非選擇、慢速衰減之
通訊管道及不同週期脈衝干擾之環
境，不同編碼率之成果分析

報告人：施宛君上尉

中華民國 94 年 11 月

目錄

壹、進修依據.....	3
貳、進修學校.....	3
參、進修過程.....	4
一、研究動機.....	4
二、研究內容.....	5
三、研究成果.....	8
四、未來發展.....	9
肆、受訓心得與建議.....	10

壹、進修依據

職係奉國防大學中正理工學院民國 92 年 8 月 27 日集鋼字第 0920003679 號令轉國防部民 92 年 8 月 21 日睦睨字第 0920006873 號令，以軍售案赴美國海軍研究院（Naval Postgraduate School, NPS）電子系統工程碩士班（Electrical and Computer Engineering）進修。進修期限自民國 92 年 9 月 22 日至 94 年 9 月 21 日止。

貳、進修學校

美國海軍研究院（NPS）是一所講求理論與實務經驗結合的軍事學府，學生係以軍人為主，故其於課程內容之編排、研究計畫案之導向，多著重於國防科技之運用及研發，此乃 NPS 與其他一般研究所之最大區別處。

此外，約有二成 NPS 學員為國際學生，故 NPS 另有安排專業之語文老師、論文編輯排版人員及有組織的國際學生辦公室專為國際學生服務，使國際學生於生活上能及早安定與適應，始能專注於繁重之課業。國際學生辦公室除辦理新生訓練，分配美籍保證人予各國際學生，協助解決日常生活問題外，並舉辦許多具有特色之活動（如：國

際學生日)及短、長期旅遊，使各國學生及其眷屬於專業知識之吸收外，亦能體驗不同之生活文化及增長見聞、拓展視野，使留學生活更豐富。

NPS 係採學季制，故一年有四次時段入學，對於軍人因職務性質特殊，時間上較具彈性。然部分課程實難壓縮於三個月內傳授詳盡，或入學時段與先修課開課時程不符，會有課程進度銜接不易之問題，是此學制之缺失。

NPS 修業規定是每一學期修四門課，所以學生除了選修自己研究領域的課，還會有許多空間可以選擇其他領域的課程。此規定係要培養學生涉獵多樣化並學有專精。

職就讀電子系統工程，研究領域為通訊類，除了通訊類，另外也修幾門有關控制、訊號處理的課。

參、進修過程

一、研究動機

無線通訊系統在商業上和軍事上均已被廣泛使用，尤其在軍事應用上，除要面對多工衰減 (multi-path fading) 外，還要面對其他無意

或刻意之干擾。所以分析訊號傳輸於有不同干擾及不同衰減之通訊管道，其成果表現有助於了解在何種狀況下適用何種編碼器、接收器及解碼器，以其得到最佳之通訊品質。

二、研究內容

研究方向：在無線通訊系統下，了解脈衝干擾（pulse-noise interference）之成效。

研究主題：訊號傳輸於頻寬非選擇（frequency non-selective）慢速衰減（slowly fading）之通訊管道，加上不同功率週期（duty cycle）之脈衝干擾，使用不同編碼率（code rate）及不同記憶元素（number of memory elements）之迴旋編碼（convolutional encoder）及不同之調幅器-- Binary Phase Shift Keying（BPSK） or Non-Coherently Binary Frequency Shift Keying（NCBFSK） modulation schemes，於接收訊號時使用不同之接收器-- linear combining or noise-normalized receiver 及解碼器-- Viterbi Hard Decision Decoder（HDD） or Soft Decision Decoder（SDD），分析及比較各不同條件下所得之結果。於此研究中，我們設定之目標位元錯誤率（probability of bit error， P_b ）為 10^{-5} 。

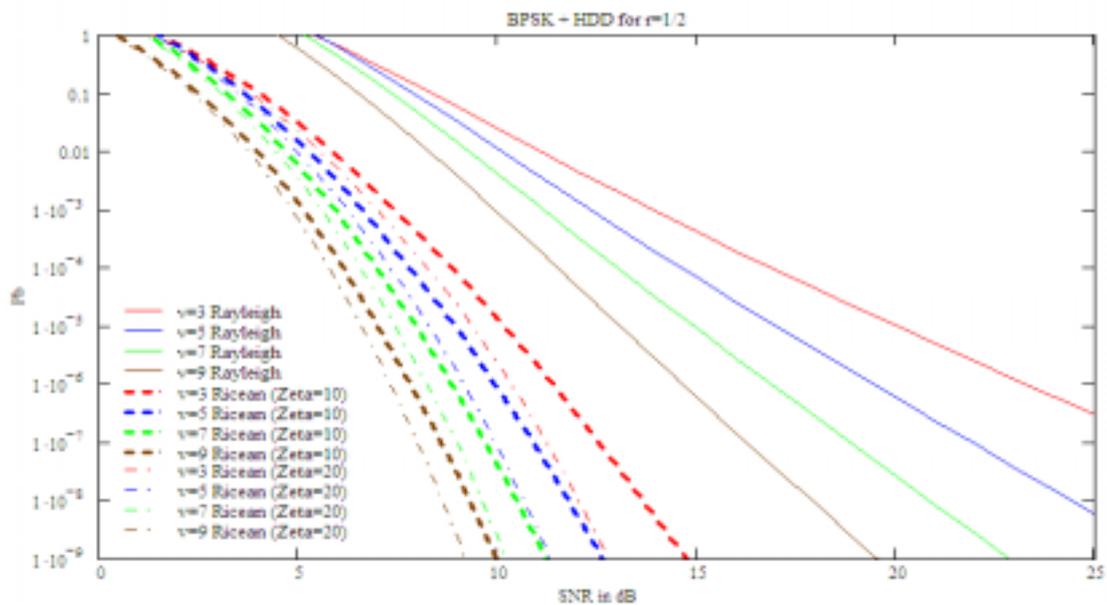
通訊管道：首先分析訊號傳輸於無衰減（non-fading）之通訊管道，再分析其傳輸於不同係數之 Ricean fading 或 Rayleigh fading 之通訊管道，並將其結果做比較分析。

通訊環境：首先分析訊號傳輸於只有一般雜訊(AWGN)之環境，再分析其傳輸於受脈衝干擾之環境，並將其結果做比較。於此研究中，我們以可能得到之最差通訊品質為主。

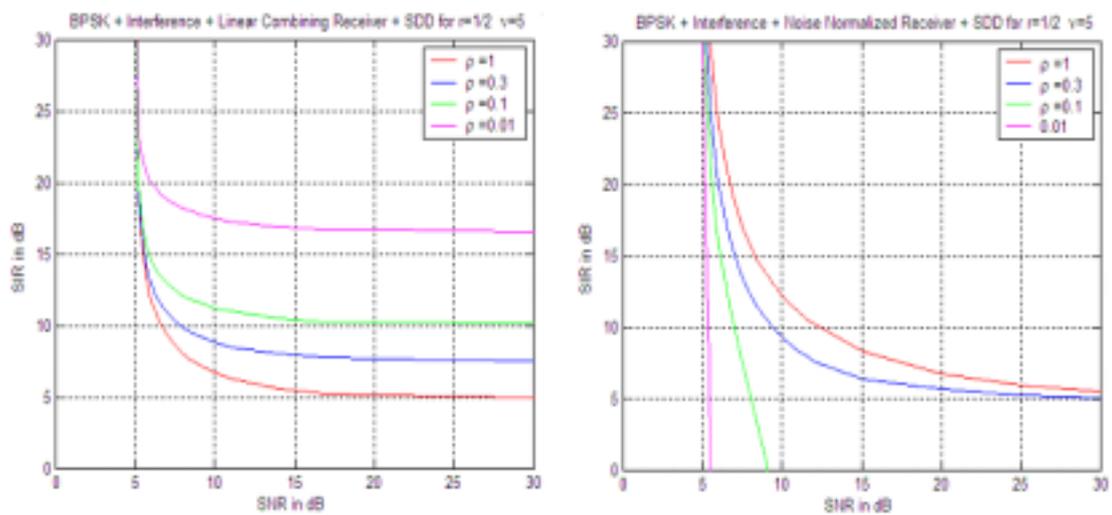
研究方法：職首先研讀歷年有關訊號傳輸之有關文獻，包括在不同衰減環境、不同頻寬設定、使用不同調幅器或接收器以及不同之解碼制下所得之成果分析，並在論文指導教授 Prof. Clark Robertson 之指導下，選擇以 BPSK 及 NCFSK 為主要之調幅器，在不同環境設定之傳輸成果分析。

職將各項方程式代入 MATHCAD 及 MATLAB 軟體以取得相關成果圖。在沒有脈衝干擾之環境時，係以位元錯誤率(P_b)對雜訊比(SNR)圖來呈現所得之結果，以我們預設之目標 $P_b = 10^{-5}$ ，我們可以取得在不同條件下之編碼獲利(coding gain)(如圖一)；在有不同功率週期之脈衝干擾下，便以訊號對干擾比(signal to interference ratio, SIR)對 SNR 圖來呈現所得之結果，線條處即是 $P_b = 10^{-5}$ 處，由圖形即可清楚

判斷是否為可信賴之通訊區域（如圖二）。



圖一



圖二

三、研究成果

職之碩士論文共計五章。第一章為前言，略述無線通訊概況，並說明論文研究目的及方向。第二章係以 BPSK 為調幅器，在無編碼或有不同比率之編碼時，在無衰減或是有 Ricean or Rayleigh 衰減通訊管道時，加上不同之解碼制 HDD or SDD 之成果分析。第三章仍以 BPSK 為調幅器，加上有不同功率週期之脈衝干擾，當以 HDD 為解碼器時，討論無衰減及有 Rayleigh 衰減管道之成果；當以 SDD 為解碼器時，使用兩種不同之接收器，當使用 linear combining 接收器時，討論無衰減及有 Rayleigh 衰減管道之成果，而當使用 noise-normalized 接收器時，礙於目前技術上之關係，僅討論無衰減管道之成果。第四章、第五章分別是依照第二章、第三章之組織架構，不同之處是調幅器以 NCBFSK 取代 BPSK。第六章是比較此兩種調幅器所得之成果，提出結論與未來研究方向。

結論可歸納幾點如后：

1. 一般而言，當編碼比愈低或是記憶元素的數量愈高，通訊品質愈好。唯一例外之情形是在無衰減之通訊管道，當使用 NCBFSK 調幅器時，最佳之通訊品質是當編碼比為 $1/2$ ，但此一現象在有衰減之通

訊管道並不存在。

2. 無論使用 BPSK 或 NC BFSK 調幅器，在無衰減但有脈衝干擾之環境下，使用 Viterbi HDD 解碼器，當編碼比愈低或是記憶元素的數量愈高，脈衝干擾之功率週期愈高時，干擾之效果愈好，亦即通訊品質愈差。

3. 無論使用 BPSK 或 NC BFSK 調幅器，在無衰減但有脈衝干擾之環境下，使用 Viterbi SDD 解碼器，當使用 linear combining 接收器時，當脈衝干擾之功率週期愈低時，干擾效果愈好；當使用 noise-normalized 接收器時，則是脈衝干擾之功率週期愈高時，干擾效果愈好。換言之，使用 noise-normalized 接收器使得脈衝干擾失效（如圖二）。

4. 在 Rayleigh fading 通訊管道上，連續干擾之干擾效果最強。與沒有衰減之通訊管道比較，其需要更強之訊號以達到預定之通訊目標。

四、未來發展

當訊號傳輸於有脈衝干擾之環境，當以 HDD 為解碼器時，或以 SDD 為解碼器加上兩種不同接收器之組合時，職於論文中僅討論無衰

減或是 Rayleigh 衰減之成果，關於 Ricean 衰減之通訊管道，由於困難度較高，需要更多時間研究，此為往後研究之一方向。另外在此一研究中，礙於技術限制，部分公式僅能取得概估值，無法獲得確切值，如果能夠導出確切之公式，必將對通訊之研究助益良多，此亦是往後研究方向之建議。

肆、 受訓心得與建議

職非常感謝國家栽培及長官支持，使能獲得此次機會赴美進修。期間除精進個人學識及加強研究能力外，獲益最多乃是開拓個人視野，對於不同社會制度、文化及生活方式、態度之深刻體驗。其中以美國人之守法、守紀精神是最值得我們加以學習的。

此外，NPS 是一所無可取代之高等軍事學府，她就像一個國際村，有來自世界各地的軍人與平民，但於學術領域上又有其特色，的確值得前往進修並觀摩學習，如國防經費許可，建議未來持續選派適員參訓。