

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

寬頻分碼多重進接無線通訊上鏈傳收系統之設計與製作 (1/3)  
-子計畫三

寬頻分碼多重進接無線通訊之同步與耙狀接收機研究及設計  
(1/3)

**Rake Receiver Research and Design for WCDMA Wireless  
Communication**

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC88 - 2219 - E - 009 - 011 -

執行期間： 88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳紹基

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學

中 華 民 國 89 年 9 月 1 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 寬頻分碼多重進接無線通訊上鏈傳收系統之設計與製作(1/3)

### -子計畫三

## 寬頻分碼多重進接無線通訊之同步與耙狀接收機研究及設計 (1/3)

### Rake Receiver Research and Design for WCDMA Wireless Communication

計畫編號：NSC 88-2219-E-009-011

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：陳紹基，教授，國立交通大學電子研究所

計畫參與人員：謝瑋一、黃義珊、郭顯豐

#### 一、中文摘要

本計畫全程共三年為總計畫“寬頻分碼多重進接(WCDMA)無線通訊上鏈(Uplink)傳收系統之設計與製作”之第三子計畫,主要在於研究下一世代(第三世代)寬頻分碼多重進接無線通訊系統之同步(Synchronization)問題及耙狀接收器(Rake receiver)之設計,本年為第一年計畫。在這篇摘要中,我們完成了數項成果:(1)擬似亂碼擷取,(2)碼追蹤,(3)通道估測,(4)耙狀接收器

關鍵詞：擬似亂碼擷取，碼追蹤，通道估測，耙狀接收器

#### Abstract

This project is the third subproject of the project entitled "Uplink Transceiver Design for WCDMA wireless communication", which spans for three years. The subproject is aimed to study and develop synchronization algorithms and rake receiver for the next-generation (the 3rd generation) wireless communication system. In particular, the key technology is based on the wide-band CDMA. This is the first-year project. This project accomplishes several results including: (1) Pseudo Noise code acquisition, (2) code tracking, (3) channel estimation, and (4) Rake receiver combining algorithm.

**Keywords:** Pseudo Noise code acquisition, Code tracking, Channel estimation, Rake receiver combining algorithm.

#### 二、計畫緣由與目的

第三代行動通訊系統必須提供影音、數據等多媒體資訊服務,這些傳輸可歸類為連續性與非連續性兩種方式。在連續性的傳輸方式中,即使基地台與使用者之間沒有資料傳輸,彼此之間仍然保有固定的通道相連,同步的問題比較容易解決;在非連續性的傳輸方式中,基地台與使用者只在有資料互傳時才佔用通道,因此如何在資料封包重新傳輸時快速達成同步是重要的議題。

我們在此以通道估測為著眼點,運用線性迴歸分析(linear regression)理論,提出一個針對靜態與

動態的通道而言穩健的架構,用以改善傳統後偵測積分(Post-detection Integration)方法的效能;而碼追蹤方法則是在碼擷取之後,儘量縮小傳送端與接收端訊號間之延遲偏移(delay offset),使時序能盡量完全同步,並補償因通道變動、都普勒(Doppler)效應可能造成的偏移。

#### 三、結果與討論

(1) 非連續性傳輸之改良式碼擷取方法  
擬似亂碼擷取的目的是要偵測傳送端是否開始傳送,並且使接收端產生的擬似亂碼時序與傳送端相差在一個 chip 之內,在非連續性的傳輸方式中,每次重新傳送封包前都會先傳送前置同步碼,我們必須根據這些已被擬似亂碼展頻的前置碼來作碼同步的工作,以 3GPP 的標準為例,每一個前置訊號(preamble)長度約為 1 msec., 碼擷取必需在這一段時間內產生不同時序的擬似亂碼,逐一與接收到的訊號做比對,找出正確的時序,這些比對的過程必需即時,才能符合 WCDMA 系統所欲達成的高傳輸效率;一般而言比對的過程可以用 correlator 或 matched filter 兩種方式來達成[i], 考慮到即時處理的要求,我們將採納 matched filter 的方式。傳統的碼擷取法是將訊號雜訊比達到既定門檻之展頻符碼作平均,圖 1 是整個碼擷取觀念的示意

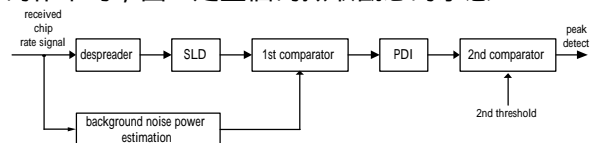


圖 1. 碼擷取示意圖

圖,經過通道的傳送訊號以大於 chip rate 之速率接收後,進入一平方律檢測器(square-law detector),然後經過訊號門檻比較器,後偵測積分可選擇性使用,若我們使用了後偵測積分法,那麼第一個比較器就可省略,後偵測積分(post-detection integration)對碼擷取的效能亦有很大的影響,其目的是對展頻之後的 symbol 取平均以提高 SNR,可分為同調(coherent)與非同調(noncoherent)兩種作法[ii],同調的演算法在 AWGN 的情況下為最佳解(optimal

solution), 但是在時變的環境下會有估計能量漏失的問題;非同調的演算法在時變的環境之下沒有前述的問題, 但是對於 SNR 提升的能力不如同調的演算法。我們針對這兩種演算法的優缺點, 嘗試找出改進的辦法, 發展出一種基於線性迴歸(linear regression)通道估測的演算法[iv], 其區塊圖如圖 2 所示, 此演算法符合線性最小平方根誤差(LMMSE)的估測準則, 在時變與非時變的環境下都有良好的效能。以電腦模擬時, 我們為簡化複雜度, 只考慮一個使用者的狀況, 其他使用者之干擾則以高斯分布模型概

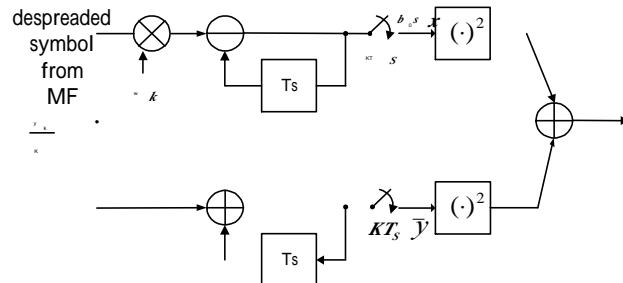


圖 2. 基於線性迴歸理論的 PDI 區塊圖  
括之, 圖 3 是時變通道下的情況, 同調演算法隨著變化率的加劇效能逐漸下降, 非同調演算法受到通道變化的影響較小, 而我們提出的演算法則有比較好的表現。

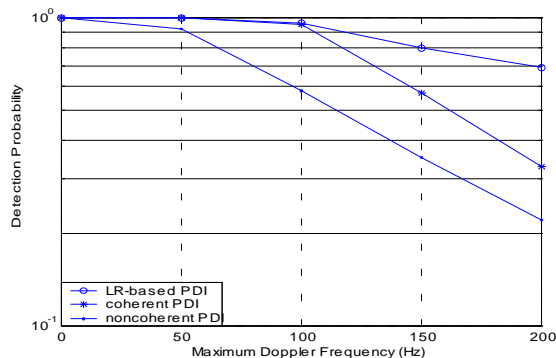


圖 3. Detection Probabilities of Different PDI schemes in Time-Varying Channel. (SNR=-20dB)

### (2) 導引信號輔助之碼追蹤技術

碼追蹤的架構可以粗分成同調(coherent)與非同調(non-coherent)兩種方式, 主要差別在於載波相角(carrier phase)偏移資訊的有無, 由於資料調變和通道變動等因素, 使得訊號雜訊比低時, 載波較不易估測, 因此非同調的碼追蹤成為主要研究方向; 碼追蹤的簡易架構是利用 early-late gate 兩分支所得出的相關函數, 取其差值以為調整時序的參考, 但在非同調架構下, 因平方器(square-law detector)的使用導致雜訊加大, 因而影響了碼追蹤的效能, 此外, early-late gate 分支的增益不平衡(arm imbalance)也是一個問題, 同調架構可以解決上述問題, 而資料調變等可能遇到的困難, 也因為在第三代行動通訊中, 不論上鏈或下鏈(uplink, downlink)都包含導引信號(pilot)的設計而獲得解決; 同調碼追蹤在 AWGN 通道和 Fading 通道的分析可以參考 [iv][v]。同調延遲鎖定式碼追蹤迴路 (Coherent

[v]。同調延遲鎖定式碼追蹤迴路 (Coherent Delay-Locked Code Tracking Loop)架構如圖 4, 其中載波相角偏移估測的準確性影響整體的表現, 因此我們在同調碼追蹤架構下, 提出一改良式預估架構 [vi], 是以過往的導引信號來估測載波相角, 將導航訊號及資料訊號皆考慮在內, 估測出的載波相角與過往的載波相角平均值做比較, 示意圖如圖 5。

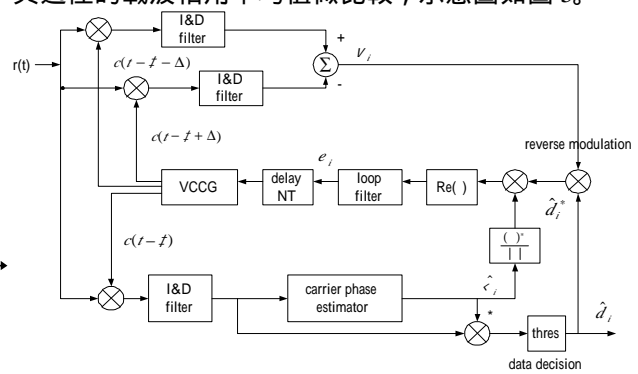


圖 4. 同調碼追蹤迴路區塊圖

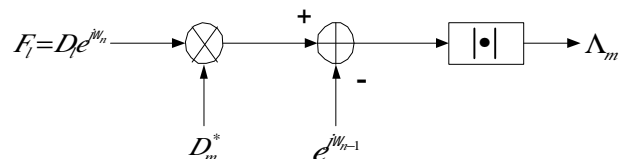


圖 5. 相位決策區塊圖

Tab. 1 導引信號輔助之碼追蹤技術的模擬參數

Pilot insertion scheme	CDMP
Slot period	0.625ms
Chip rate	3.84MHz
Data rate	15kbps
Data modulation	BPSK
Spreading modulation	Dual channel QPSK
Spreading code	Long scrambling Gold code
Spreading factor	256
Channel model	Single-path Rayleigh fading
Over-sampling factor	8
Length of loop filter m	12
Threshold of loop filter	11
Step of timing update (T)	1/8=0.125

依據 Tab. 1 寬頻分碼多重連接上鏈的參數設定所得出的模擬結果顯示, 線性預估具有立即時序更新與減少資料暫存器的優點, 圖 6 是三種方法在衰變通道下的結果, 我們可以發現線性預估法在平均時序偏移值 (average rms timing jitter) 較線性內插有明顯的改善。

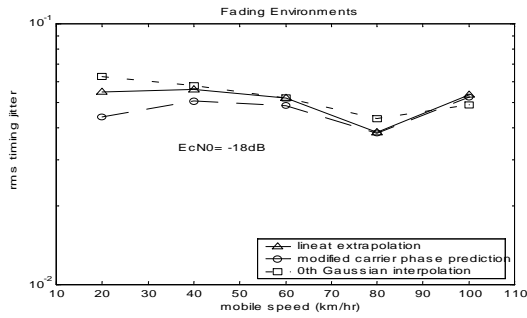


圖 6. Rms timing jitter over fading channels

### (3) 通道估測

在第三代通訊系統上鏈中，其實體通道中包含了控制通道及資料通道。控制通道中時間多工 (time-multiplexed) 了導引通道 (pilot channel)。其中導引通道可以用來做初步的同步通道估測。其估測的方法有線性內插法，最小均方差內插法，移動平均法，無延遲窗型濾波法和延遲窗型濾波法等。其中線性內插法及最小均方差內插法和延遲窗型濾波法皆需要未來的訊號，所以在實做中需要延遲的時間。而移動平均法及無延遲窗型濾波法則不需要等候一段時間就能得到其估測值，因此其代價則為增加其通道估測的不準確性。

在沒有先導符號數據傳送的情形下，我們提出一種滑動式窗形 (sliding window) 通道估測法及一新的類似最大可能性 (maximum likelihood) 之估測法，用以做通道係數之準確估測。用此最大可能性之估測法在得到足夠之過度性係數數據後，較準確之通道係數可利用此滑動式窗形通道估測法對這些係數做更準確之估測。這樣的方式可降低位元錯誤率 (BER) 及延遲時間。此滑動式窗形通道估測法不僅可用在平行的導引通道上，也可用在時間多工的導引通道上。

下兩圖比較滑動式窗型法及線性內插通道估測法的位元錯誤率。我們可以發現滑動式窗型法較線

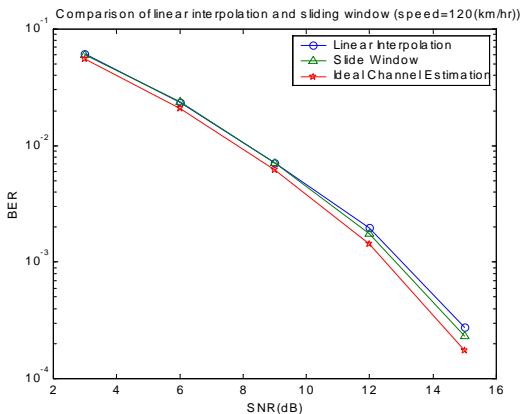


圖 8. BER vs. SNR

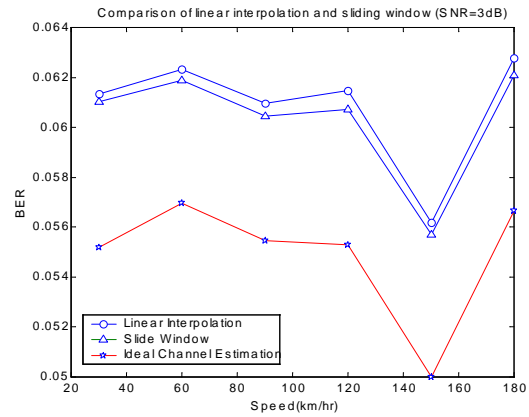


圖 8. BER vs. Speed

性內插法好，尤其在高 SNR 的環境下。通道估測的錯誤主要是由延遲、干擾、雜訊和不精確的最大可能性估測來造成。線性內插法沒有不精確的最大可能性估測，但卻有很大的錯誤是由延遲來造成。因為雜訊和延遲影響 BER 很大，滑動式窗型法會比線性內插法有較低的錯誤率。

計算複雜度主要是在導引匹配濾波器與通道 profile 決定上。我們可以發現，滑動式窗型法由於需要每個 symbol 就做一次導引匹配，所以它的計算複雜度較高。

### (4) 靶狀接收器

在大多數的通訊系統中，多路徑傳輸是一個使人困擾的問題，在傳送端和接收端之間經過了許多路徑，以致於接收器收到了許多不同大小和延遲的回音，此現象在展頻通訊系統中尤其嚴重。

許多對抗多路徑傳輸的有效方法被提出來，其中之一用來對抗選擇性衰減的方法是分別偵測回音訊號，採用自相關法，然後以代數的方式加起來，而碼際干擾則是用插入不同的延遲到各個偵測到的回音當中，使得它們能夠同步，這個方法叫做靶狀接收機系統。

我們提出一個改良之適應性線性最小均方差 (Modified LMMSE) 演算法其可大幅改善靶狀接收機之效能，特別是在高數據傳輸量的情況下。因為在傳統的最大比例結合法 (maximum ratio combining) 中，其錯誤率在高數據傳輸量下會提高。而且此改良方法比傳統方法有較低之複雜度及更穩定之收斂性，下圖為其架構圖：

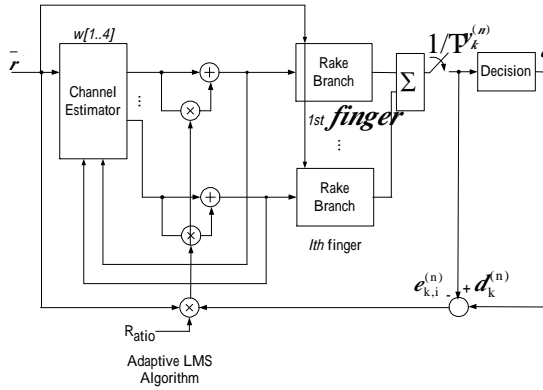


圖 9. Modified LMMSE 架構圖

圖 10. 為傳統、postcombining LMMSE 與改良式 LMMSE 接收機在 5 個使用者下的 BER 比較圖，我們可發現我們的有較好的效能。圖 11. 為在不同的使用者下其 BER 的比較圖。改良式 LMMSE 接收機在高數據傳輸量下較傳統的有較好的效能。

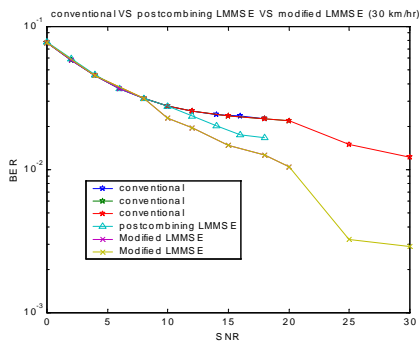


圖 10. 在 5 個使用者下 BER 比較圖

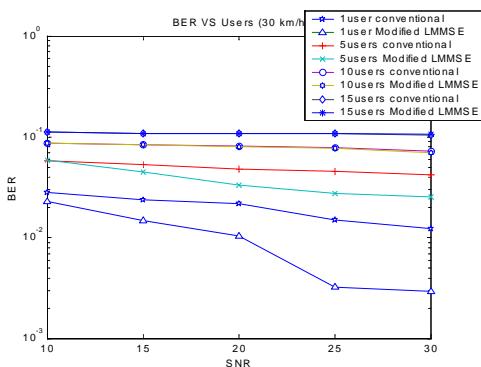


圖 11. 在不同個使用者下 BER 比較圖

#### 四、計畫結果自評

我們完成的部分包括在碼擷取上，運用線性迴歸分析理論於後偵測積分方法。在碼擷取上，以過往的導引信號預估載波相角使用於同調延遲鎖定式碼追蹤迴路，模擬結果證明我們提出的改良架構確實可提升整體系統的性能。並且我們亦完成通

#### 五、參考文獻

- [1] S. S. Rappaport, D. M. Grieco, "Spread - Spectrum Signal Acquisition: Methods and Technology", *IEEE Communications Magazine*, vol. 22, No.6, June 1984.
- [2] Jari Iinatti, Matti Latva-aho, "Matched Filter Acquisition in Fixed Multipath Channel", *IEEE PIMRC'98*, page: 1501 -1505 vol.3, 1998.
- [3] 蔡國勢, "一種用於寬頻分碼多重連接上傳系統中非連續性傳輸之改良式碼擷取方法," 交通大學電子研究所碩士論文, 民國八十九年
- [4] R. D. Gaudenzi and M. Luise, "Decision-directed coherent delay-lock tracking loop for DS-spread-spectrum signals," *IEEE trans. Commun.*, vol. 39, no. 5, May 1991, pp. 758-765.
- [5] M. Sawahashi, F. Adachi, and H. Yamamoto, "Coherent delay-locked code tracking loop using time-multiplexed pilot for DS-CDMA mobile radio," *IEICE trans. Commun.*, vol. E81-B, no. 7, July, 1998, pp. 1426-1432.
- [6] 游朝傑, "分碼多重連接通訊系統中導引信標輔助之碼追蹤技術研究," 交通大學電子研究所碩士論文, 民國八十九年
- [7] *Special Issue, IMT-2000: Standards Efforts of the ITU*, *IEEE Pers. Commun.*, vol. 4, Aug. 1997.
- [8] M. Latva-aho, "Advanced Receivers for Wideband CDMA Systems," 1998.
- [9] I. Oppermann and M. Latva-aho, "Adaptive LMMSE Receiver for Wideband CDMA Systems," in *Proc. IEEE Communications Theory Mini-Conf. (GLOBECOM)*, Phoenix, AZ, Nov.2-7, 1997, pp. 133-138.
- [10] S.C. Swales, T. Busby, M.A. Beach and J.P. McGEEHAN, "Downlink Design for a Wide band DS-CDMA Demonstrator," *Wireless Personal Communications*, vol. 7, pp.275-301, 1998.
- [11] H. Andoh, M. Sawahashi, and F. Adachi "Channel Estimation Filter Using Time multiplexed Pilot Symbols for Coherent Rake Combining in DS-CDMA Mobile Radio," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E81-B, no. 7, July 1998, pp. 1517-1526.