

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

具有智慧型天線的寬頻 CDMA 基地站收發機之研製 – 寬頻 CDMA 收發機中即時基頻信號模組之研製

計劃編號: NSC87-2219-E-002-002

執行期限: 87 年 5 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人: 闕志達 國立臺灣大學電機學院電機系

電子信箱: chiueh@cc.ee.ntu.edu.tw

一、中文摘要

寬頻 CDMA (Wideband CDMA, W-CDMA)之所以成為下一代行動通訊的關鍵技術，主要是提供了目前所不能兼顧的行動力和互動性，大幅增加使用者的移動性和傳送資料的頻寬。在本篇論文中提出了一個依據歐洲 ETSI 機構所提出的 UTRA 建議書中，操作在 FDD 模式下的可適性上傳寬頻 CDMA 收發機的架構設計，此設計中並含有智慧型天線，提供除了在時間上的增益之外還有空間上的增益，使得通訊品質大為增加。

關鍵詞: 收發機、W-CDMA、RAKE, beamforming、smart antenna

Abstract

As a key technology for the next generation mobile communication systems (IMT-2000), wideband CDMA (W-CDMA) helps to obtain the mobility and interactivity simultaneously. In this paper, an adaptive transceiver architecture for uplink W-CDMA systems based on ETSI UTRA RTT FDD mode with beamformer which incorporates both

temporal and spatial diversity is proposed, and simulation results are presented.

Keywords: transceivers, W-CDMA, RAKE, beamforming, smart antenna

二、計劃緣由與目的

隨著全球各國電信自由化的進展潮流及無線通訊技術的日益進步，無線通訊產業之競爭趨於白熱化，而產品類別更為多樣化，且市場需求大增。在電信國家型計劃中無線通訊分項之計劃以第三代無線通訊技術 IMT-2000 為主。因為國際電信聯盟(ITU)在 1999 年決定 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) 空中介面標準。預計在下世紀初期會有許多 IMT-2000 產品上市。

在 IMT-2000 中利用寬頻 CDMA 技術的標準分別由歐、美、日三地提出三套相似的建議，其中皆採用利用可適性天線陣列(adaptive antenna array)與波束合成(beamforming)之技術，皆以 RAKE 接收器解決展頻訊號所遭遇的多路徑問題。本計劃採用歐洲 ETSI 所提出之 UTRA 建議，使用 QPSK 調變方式，利用樹狀結構的展頻碼來達成多傳輸速率的要求。

本計畫之目的在於以歐洲 ETSI 所提出之 W-CDMA 系統為範本發展一以 W-CDMA 技術相容之基地台收發機中基頻信號處理模組。此模組中包含發射機中之波束合成技術、展頻技術、接收機中之可適性波束合成技術、符誌時序同步技術、載波同步技術、展頻 RAKE 接收技術等等。

三、研究方法及成果

(一)簡介

有關於 ETSI 所提出的 W-CDMA 建議可參考表一。根據表一中的參數及其建議書中的規範，在通訊時手機需先經過一個 Random Access Request，要求經過基地台允許之後才能被分配到並使用專屬的頻道通信，即有一個 Physical Random Access Channel (PRACH) 及 Dedicated Physical Channel (DPCH)頻道，可由圖一、二看出其傳送規格。因此可完成如圖三及圖四的發送機設計。接收機的部份則因應發送機的設計可由如圖五中的設計。其中由於在通訊中一直有 pilot 信號的傳送，因此可以有一個頻道估計器(Channel Estimator)如圖六來計算頻道的參數變化，以能成功的將信號還原回來。在 PRACH 中要先偵測有 Random Access Request 發出，因此有另一個 RAQ 偵測器，一旦偵測到，則可根據預先所給定的參數來進行通訊，進入到 DPCH 的工作模式。在 PRACH 中的 message part 及在 DPCH 中的資料傳送結構用的都很相似，因此可以採用同樣的架構來進行接收的動作。頻道估計器仍然是做頻道參數值的估計，所得的參數則給 RAKE 接收器及波束合成器來使用。

另外由於相位偏差對展頻通訊的品質影響很大，因此在做處理前，應先將接收進來的信號相角轉正，如此之後的信號處理才不會有問題，因此載波回復(Carrier Recovery)電路(如圖七)即是為了此功能而設計的。RAKE 接收器由四路 Finger 所組成，可收集由不同四路而來多路徑的信號在經過時間對齊、相位轉正及加權相加後，可得到較高品質的信號以供偵測決定用。其架構如圖八所示。而在波束合成器部份則是用來將空間上的分量相加，以其能達到更強的訊雜比以增加通訊品質，如圖九。

(二)頻道估計器(Channel Estimator)

頻道估計器的功能如簡介中所提，在本計劃中，由於 ETSI 的建議是用定速率的碼(展頻因子 Spreading Factor 為 256)來傳送的，而系統是採用四倍頻過取樣，因此我們依其建議用一個 1024 個 delay line 的 matched filter(如圖十)來完成此部份電路。在一個符號(symbol)週期中找出最大的 4 個峰值(peak)，以此 4 個峰值所估出的多路徑參數(延遲時間、相位旋轉、權值)送給之後的 RAKE 接收器，如此即完成了頻道估計，並可利用最大峰值出現的時間當成是時序回復電路的信號。圖十一是整個 PRACH 在 preamble part 時偵測到有 Random Access Request 的情況。圖十二是 Fixed-point 的版本，此時 matched filter 之輸入為 2 bit。

(三)載波回復電路(Carrier Recovery)

因為會有相位偏移的問題，載波回復電路在此提供精準的修正。此部份有

兩功能，一是在 PRACH preamble part 的時候，做相位粗調(acquisition)的動作，每一個符號的時間(symbol time)做一次，而到了 PRACH 的 message part 或是 DPCH 的時候則進入細調(tracking)的動作。由於在粗調時以大略估計出相位的變化量，因此在細調時僅須做小幅度的修正即可追上其相位而將其轉正。此部份的 Loop Filter 是操作在符號速率(symbol rate)，而數位控制振盪器 NCO 的輸出則是取樣速率。圖十三是粗調的模擬結果，可以看出相位的粗略估計可由此處做，圖十四是細調的模擬結果。

(四)RAKE 接收器(RAKE Receiver)
RAKE 接收器是由四個 Finger 所組成，經由頻道估計器的參數提供，可將經多路而來的信號時間同步、相位轉正、經過加權後相加可得到雜訊比較高的信號以供偵測。

(五)波束合成器(Beamformer)
在此處因使用四支排成一直線、相距各半載波波長的天線來完成波束合成的功能。此處由於硬體的限制，因此只能對進入天線區等效最強方向的波束來合成。此處天線的參數是經由各個天線專屬的 correlator 來計算到達天線的最大振幅的相位。經由和參考天線相位的比較後，可得到各天線的調整參數(權值、weight)，而控制此 correlator 的時間則由頻道估計器來控制。計算出此權值後，則可以以此權值來完成波束合成。圖十五是理論上四根天線排成一直線相距半波長，由 normalized 的權值所得到的 DPDCCH pattern，圖十六是實際模擬配

頻道的模擬結果。

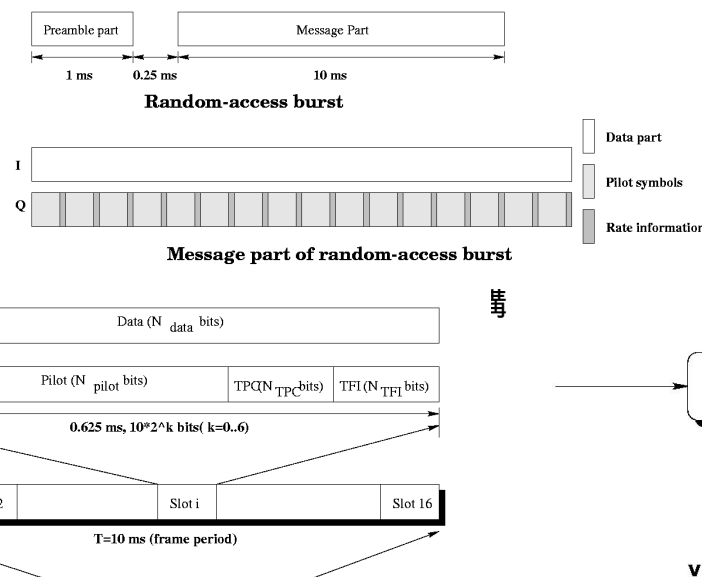
四、結論與討論

在本論文中，我們設計了一個 W-CDMA 上傳基地台的基頻信號處理器的架構。此架構中用頻道估計器來估計頻道的變化，以供 RAKE 接收器、載波回復電路和波束合成器的運作，使得之後的偵測信號的訊雜比可以大幅提高，增加通訊品質。目前以完成了系統架構的模擬 fixed-point 架構的模擬、部份 Verilog 的模擬以及硬體的 Emulation (Aptix 系統)。

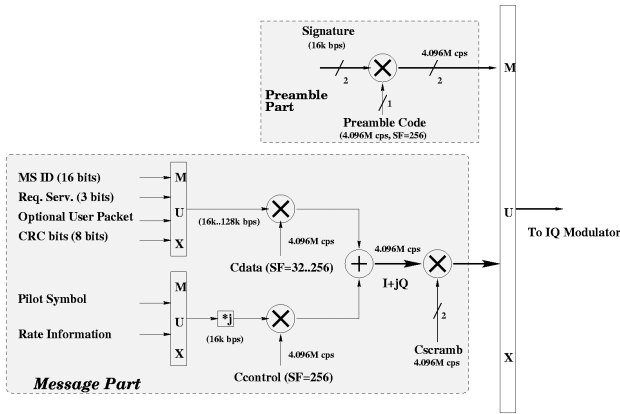
五、參考文獻

- [1] ETSI SMG2,"Submission of Proposed Radio Transmission Techniques."
- [2] Kaven Pahlavan and Allen H. Levesque, *Wireless Information Networks*, John Willy & Sons. Inc., 1995.
- [3] Sergio Verdu, *Multiuser Detection*, Cambridge University Press, 1998
- [4] William C. Y. Lee, *Mobile Communications Design Fundamentals, 2nd ed.*, John Willy & Sons, Inc., 1993

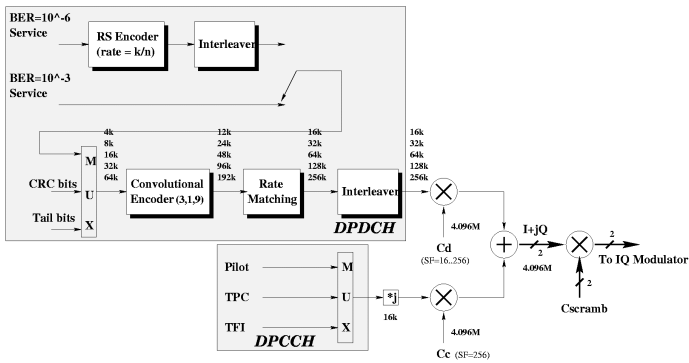
六、圖表



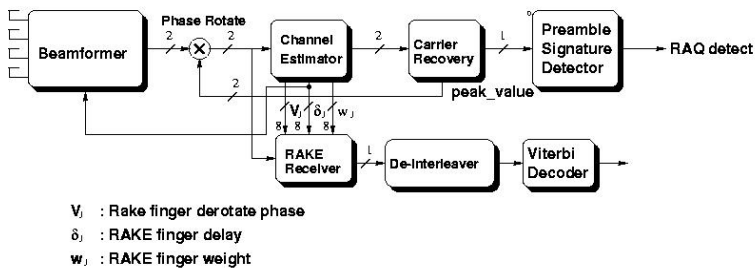
圖二、DPCH frame 結構



圖三、PRACH 發送機

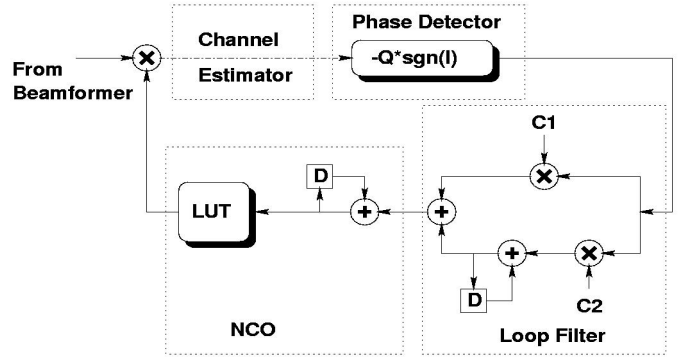


圖四、DPCH 發送機



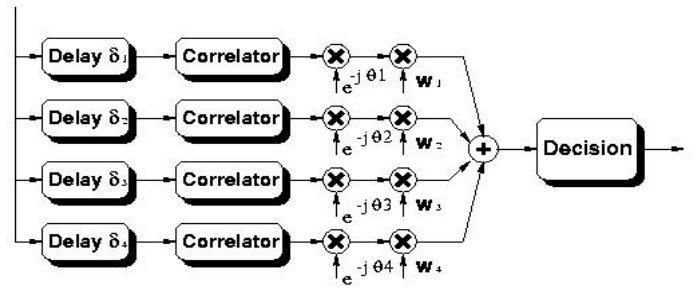
圖五、接收機總圖

圖六、頻道偵測器

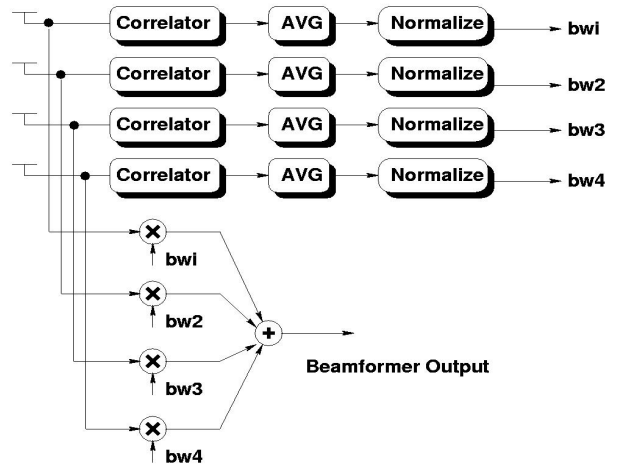


圖七、載波回復電路

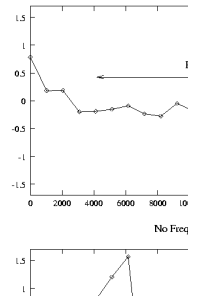
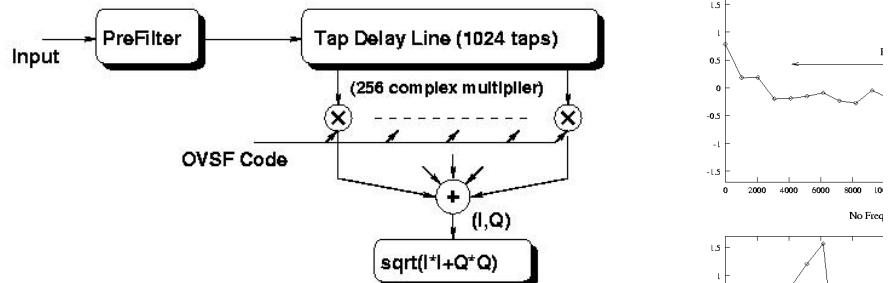
From phase rotate output



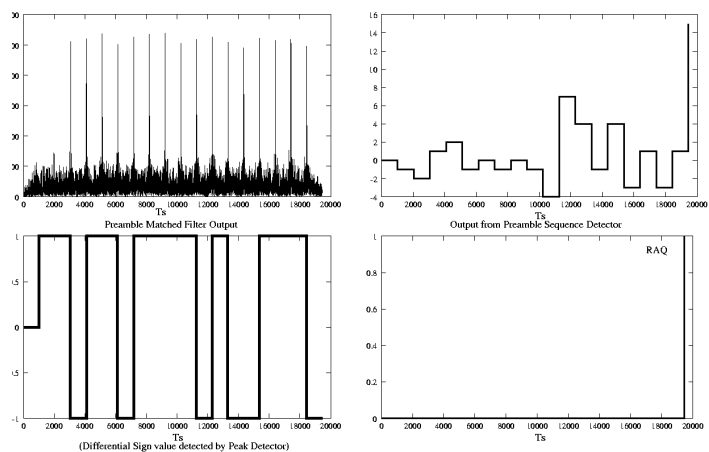
圖八、RAKE 接收器



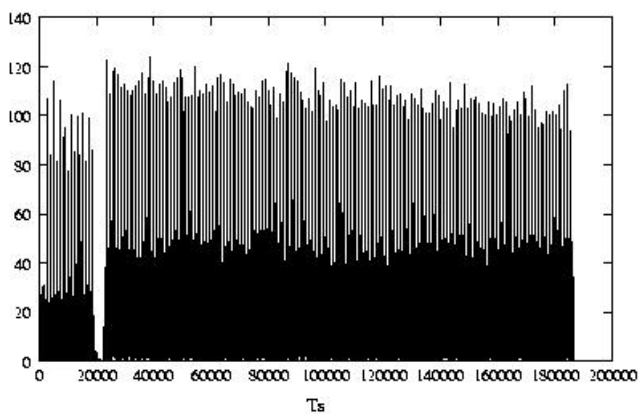
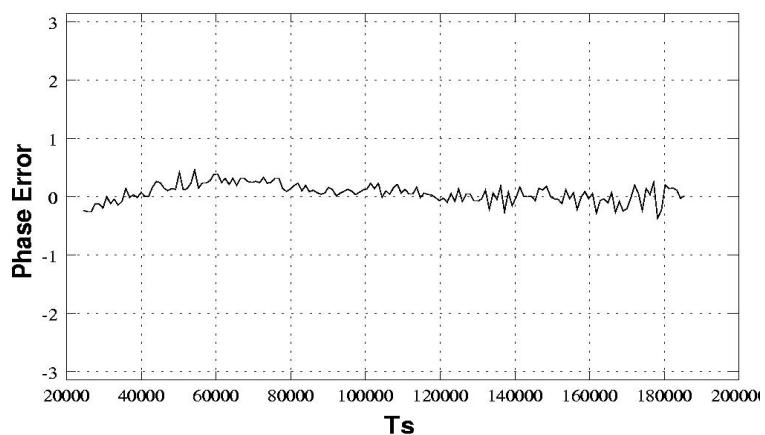
圖九、濾波合成器



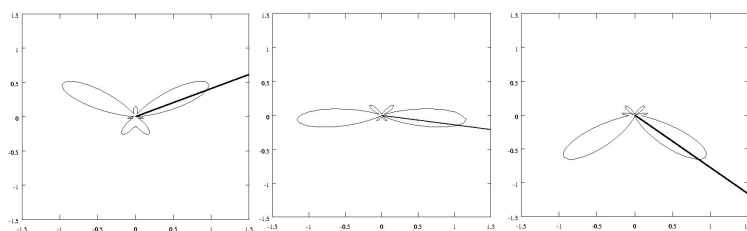
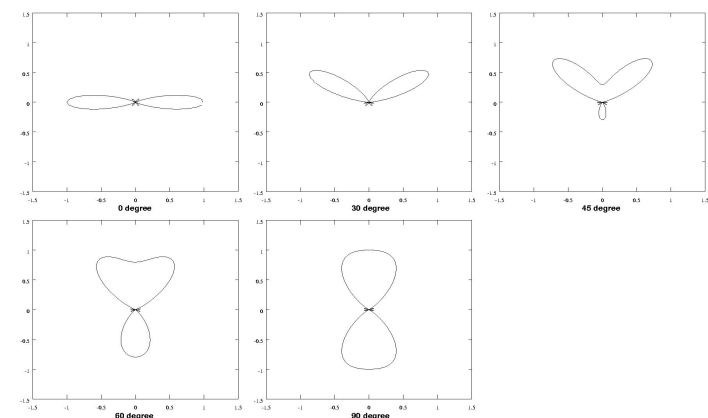
圖十、Matched Filter



圖十一、PRACH 偵測 RAQ



圖十二、Matched Filter 輸出 (fixed-point 版本)



圖十六、實際的模擬結果

表一、ETSI 對 W-WDMA 的建議參數

Multiple-Access scheme	DS-CDMA
Duplex scheme	FDD
Chip rate	4.096 Mcps (expandable to 8.192 Mcps and 16.384 Mcps)
Carrier spacing (4.096 Mcps)	Flexible in the range 4.4-5.2 MHz (200 kHz carrier raster)
Frame length	10 ms
Number of slots per frame	16 (time slot = power control period for FDD)
Inter-BS synchronization	No accurate synchronization needed in FDD mode
Multi-rate/Variable-rate scheme	Variable-spreading factor + Multi-code
User information bit rate for each time slot	Variable
Channel bit rate (after channel coding and rate matching)	U/L:16/32/64/128/256 kbps (Per IQ branch) D/L:32/64/128/256/512 kbps
Channel symbol rate (after modulation)	16/32/64/128/256 ksps
Channel coding scheme	Convolutional coding (rate 1/3 and K=9)
Packet access	Dual mode (common and dedicated channel)
Channelization Code (U/L,D/L)	Orthogonal Variable Spreading Factor codes of length 2^k (for a 4.096Mcps carrier)
Short Scrambling Codes (U/L)	Complex MS-specific code of length 256 chips (based on S(2) Code set)
Long Scrambling Code (U/L)	Complex MS-specific code of length 10ms (40960 chips for a 4.096 Mcps carrier). Segment of different long Gold Codes)
Scrambling Codes (D/L)	Real cell-specific code of length 10ms (40960 chips for a 4.096 Mcps carrier). Segment of different long Gold codes.
Data modulation	Dual-channel QPSK(U/L), QPSK (D/L)
Spreading modulation	QPSK(U/L), BPSK(D/L)