

IMT-2000 寬頻 CDMA 系統接收機設計研究 (電信科技合作案)

計畫編號：NSC90-2213-E-009-076

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：沈文和教授 國立交通大學電信系

計畫參與人員：何建興、李奇芳、黃育璋

一、中文摘要

寬頻 CDMA (Code Division Multiple Access) 無疑是第三代無線通訊系統之最重要接取 (Access) 技術。本計畫主要針對 3GPP (3rd Generation Partnership Projects) 寬頻 CDMA 系統之接收機技術作深入研究。本研究除傳送端外亦包含完整的接收機之設計:擾亂碼同步、頻率估算、耙式接收機、通道選取 (重選取)、通道估算、訊號強度估算等,但限於篇幅在此僅對接收機擾亂碼同步之研究成果加以介紹。在此部份中,我們針對 3GPP 寬頻 CDMA 系統提出一擾亂碼同步新架構,模擬結果顯示,此新型設計之品質遠優於傳統之方法。

Abstract

Wideband CDMA has been known as one of the most important access techniques for the emerging 3rd generation cellular systems. In this project, we investigated the issue of the digital receiver design for the 3GPP (3rd Generation Partnership Projects) wide band CDMA system which is one of the standards adopted for ITU/IMT-2000 system. Although our study covered all aspects of digital receiver design, only the results of scrambling code acquisition is reported here due to the limited space. In this part of study, a novel random sampling scheme with FCC/CC structures are proposed and simulated. Numerical results show that the proposed method significantly outperforms the traditional ones.

二、緣由與目的

CDMA 技術是第三代行動通訊系統最重要之進接技術,目前已有以歐洲日本研發團隊為主主導開發的 3GPP 寬頻 CDMA (W-CDMA),以 IS-95 為前身發展出的 cdma2000 以及中國極力推動之 TD-SCDMA 此三大系統已成為 ITU/IMT-2000 系統標準中最主要的三大規格其中又以基於全球佔有率達 70%之 GSM 系統為前身發展的 W-CDMA 系統最受到矚目。

值此時刻,第三代寬頻 CDMA 系統頻譜在各國已經陸續完成標售。然而,由於缺乏殺手級應用以及技術成熟度不足所造成的市場觀望,導致 3G 系統的發展普遍低於預期水準。因此,相對而言,我國目前在 3G 的技術發展上並未落後全球市場。除此之外,由於 3GPP 提供一套完善的無線通訊系統規範制定時討論的機制,在技術上也不斷的更新並且與其他系統進行整合(目前新的版本中已經朝向更高的傳輸速率邁進、在更新一版的規格中 3GPP 也倡議在網路機制上 WCDMA 與 WLAN 整合、與 3GPP2 的整合更是行之有年)。因此,建立 3GPP 寬頻 CDMA 系統的設計能力正是我國未來在無線通訊技術上厚植基礎的重要指標。

本計畫之主要目標針對 3GPP 寬頻 CDMA[1]之傳收機作深入研究。研究內容含擾亂碼同步、頻率估算、耙式接收機、通道選取 (重選取)、通道估算、訊號強度估算等。從研究過程中,一方面能培養相關人才,另一方面亦能補償研究單位及工業界技術以及人才之不足。限於篇幅本

報告僅就擾亂碼同步部份(通稱為“基地台搜尋”)提出成果報告,其他部份成果將於後續報告中提出。

在 3GPP 系統中,載波頻率約為 2GHz。然而由於商業化的考量下,本地振盪器中心頻率之最大誤差可為 $\pm 3\sim 13$ ppm[4],也就是說在不考慮都卜勒偏移下,接收端所產生頻率飄移可達 $\pm 6\sim 26$ KHz,頻率偏移除造成相位偏移外,也同時造成取樣點偏移的現象。此頻率偏移如果未作適當的處理在基地台搜尋中將大大延長基地台搜尋時間。在已知的文獻中[3][4],有效解決取樣點偏移所造成的搜尋時間增長的效應尚未被提出;同時,我們發現在最大近似前提(Maximum Likelihood Criteria)下得到的最佳搜尋器(Optimum Searcher)複雜度過高以致無法符合商業化的要求。

因此我們提出一套新型的搜尋器設計(部分結果已發表於[5],相關專利案 22 件亦正在審查當中),其複雜度與傳統設計相近,但是搜尋時間相較傳統的搜尋器而言卻大為降低。

三、 結果與討論

經由表一得知,當頻率偏移為 24 KHz 時,取樣點偏移將超過一個碼片(chip)。也就是說,在每一次嘗試搜尋基地台的過程中,最佳取樣點已經偏離到下一個碼片了。這個現象提供的訊息是;當起始點為最佳取樣點得情形且頻率偏移為 24KHz 的條件下,傳統的基地台搜尋方法將完全失效。

由於 3GPP 規格書[2]建議,基地台搜尋採用三階段搜尋法:分別為 1)時槽同步(Slot Synchronization), 2)資料框同步與碼群判定(Frame Synchronization and Code Group Identification), 3)擾亂碼判定(Scrambling Code Identification)。圖一為傳統三階段基地台搜尋流程的兩種方式;其一為循序式,其二為導管式。循序式的優

點在於運算速度較低,缺點則為搜尋時間較長,導管式則相反。為了降低搜尋時間,通常低頻率偏移下採用導管式搜尋。

新型的隨機取樣點選擇架構(Random Sampling Scheme)首先在各階段訊號偵測器之前在正負 0.5 個碼片間隨機選取訊號以降低取樣點飄移所造成的效能降低。然而,當頻率偏移量超越 12KHz 時,隨機取樣點架構需搭配頻率粗估以符合快速基地台搜尋的要求。圖二即為此目標而設計的新型第一階段搜尋器。主要分為兩種架構;一為相位取樣點全補償(FCC),另一則為取樣點補償(CC)。其差別在於效能與運算量之間的取捨。當然,在複雜度考量下,頻率粗估的方式可以循序式的完成。之間效能的比較將詳列在圖四、五。

圖三則是比較傳統的方法在引進非理想取樣點前後的差異,並且與新型的搜尋器的比較。由圖可知新型搜尋器在頻率偏移 12KHz 以下的平均的表現遠優於傳統的方法。更值得一提的是,新型的隨機取樣點架構所需的複雜度與傳統的搜尋器幾乎相同。

圖四則為頻率偏移進一步提高到 24KHz 時,不同頻率粗估的效能差異性。由圖中可以得知,過於精確的頻率粗估對效能影響不大,同時複雜度隨頻率粗估的精確度提升將大幅提升。較佳的頻率估計精確度可以藉由模擬得知。

圖五介紹在傳統兩大基地台搜尋法(循序式以及導管式)效能的比較。由圖中可以很明顯觀察到我們提出的新型隨機取樣架構不論是循序式或導管式的搜尋法,都提供較佳的效能。同時,FCC 以及 CC 的兩種方法的效能也充分被提出比較。由模擬結果得知,導管式合併新型的架構(搭配 FCC 以及隨機取樣架構)提供最迅速的基地台搜尋。在複雜度考量下,可以針對不同的需求選取適合的搭配,或是混合不同架構以及設計以獲得最佳的取捨。值得一提的是,本研究提出的新型架

構可以藉由簡單的參數控制而即時的轉換。此一參數化設計的概念非常有利於可規劃架構(Configurable Architecture)的設計。

本計畫研究成果，提供設計者在基地台搜尋器的效能與複雜度以及運算量之間的取捨參數。同時以往經常被忽略的取樣點偏移現象在這裡也被充分討論。根據我們的觀察，傳統的方法在高頻率偏移的環境下將無法正常運作。

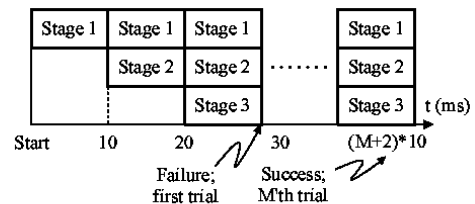
四、參考文獻

- [1] 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Radio Access Network, March 2000.
- [2] “Physical layer procedures (FDD),” 3GPP, 3G TS 25-214 ver. 3.3.0, (06-2000).
- [3] K. Higuchi, M. Sawahashi, and F. Adachi, “Fast cell search algorithm in inter-cell asynchronous DS-CDMA mobile radio,” *IEICE Trans. Commun.* vol. E81-B, no. 7, pp. 1527-1534, July 1998.
- [4] Y.-P. E. Wang and T. Ottosson, “Cell search in W-CDMA,” *IEEE J. Select. Areas Commun.* vol. 18, no. 8, pp. 1470-1482, August 2000.
- [5] W.-H. Sheen and J.-S. Ho, “Cell search for 3GPP W-CDMA/FDD with chip clock shift and non-ideal sampling,” *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf.*, NJ, pp. 2369-2373, Oct. 2001.

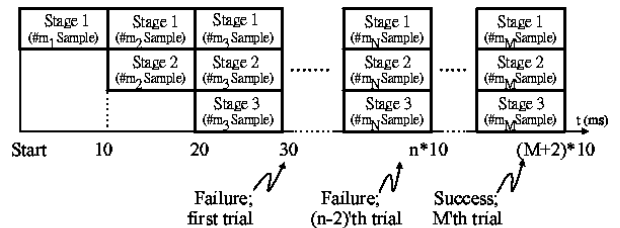
五、圖表

表一 不同頻率偏移下的取樣點飄移

Freq. Offset (KHz)	Clock Drift With Time (chip)		
	10 ms	20 ms	30 ms
0	0	0	0
6	0.1152	0.2304	0.3456
8	0.1536	0.3072	0.4608
12	0.2304	0.4608	0.6912
24	0.4608	0.9216	1.3824



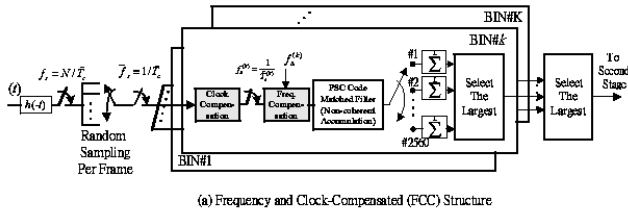
(a) Traditional Pipeline Search



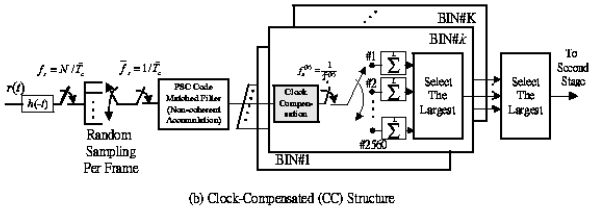
$m_i \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$
 $i = 1, 2, 3, \dots, M$
 N : Number of Over-Samples in a Chip
 m_i : Sampling Point (Randomly Selected) at the i th Frame

(b) RSPF Cell Search

圖一 循序式與導管式搜尋法



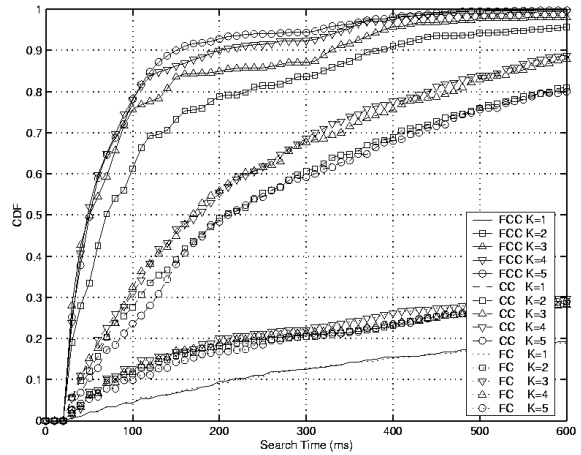
(a) Frequency and Clock-Compensated (FCC) Structure



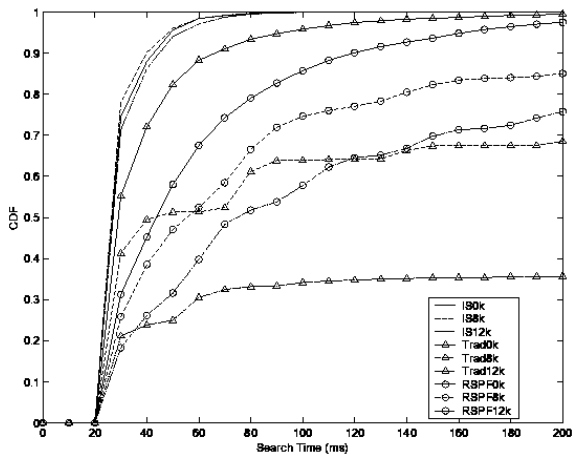
(b) Clock-Compensated (CC) Structure

- $r(t)$: Received Signal
 $h(t)$: Chip Matched Filter
 T_s : Sampling Period
 $f_d^{(k)}$: Estimated Frequency Offset for k th Bin
 T_c : Nominal Chip Duration in UE
 $T_c^{(k)}$: Chip Duration for k th Bin
 L : Number of Slots for Noncoherent Accumulation

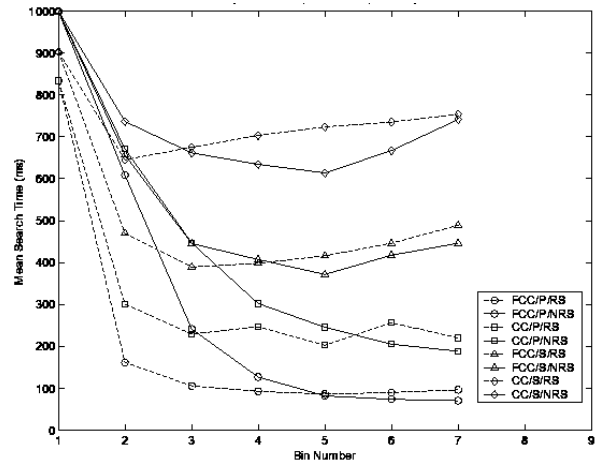
圖二 第一階段搜尋器設計



圖四 搜尋時間在不同頻率粗估下的效能比較($f_d = 185.2$ Hz, $f_o = 24$ KHz, $G = 6$ dB)



圖三 新型的基地台搜尋器在非理想取樣點下與傳統方法以及在理想取樣點下的比較 ($f_d = 185.2$ Hz, $f_o = 24$ KHz, $G = 6$ dB)



圖五 不同搜尋方法下平均搜尋時間的比較($f_d = 185.2$ Hz, $f_o = 24$ KHz, $G = 6$ dB)