



# 用於多載波/正交分頻多工分碼多重進接系統之空時處理器

## Space-Time Processor for Multi-Carrier/OFDM CDMA Systems

計劃編號：NSC89-2213-E-009-160

執行期限：89/8/1 - 90/7/31

主持人：李大嵩 國立交通大學電信系 教授

參與人員：何從廉、鄧俊宏、陳智源、張智偉

### 一、中文摘要

在未來的無線通訊系統中，最重要的需求之一為高速傳輸。然而通道的多路徑衰退現象限制了系統的傳輸速率。而多載波傳輸為一種可有效對付頻率選擇性衰退之技術，可用來克服上述的問題。在本報告中，吾人考慮一種新的多重進接技術，此技術結合了多載波傳輸及分碼多重進接，成為所謂之多載波分碼多重進接系統。此種技術可分為兩種類型：第一種為在頻域上傳送展頻碼，另一種則是在時域上傳送展頻碼。吾人針對此兩種不同之多載波分碼多重進接系統提出陣列天線接收器架構。陣列天線接收器可提供額外的空間多重進接，並可有效地降低其它使用者的干擾。此乃一種能有效解決近-遠問題，並提升整個系統容量的方法。吾人更進一步提出多階平行干擾消除演算法及傳送功率控制兩種不同的方法來解決其他使用者所造成的多重進接干擾。由電腦模擬結果顯示，在強干擾的環境下，吾人所提之空-時多載波分碼多重進接接收器，其效能明顯優於傳統之時域接收器。

**關鍵詞：**多載波傳輸，多載波分碼多重進接，多重進接干擾

### 英文摘要

A major requirement in future advanced wireless communication systems is high transmission data rate. Unfortunately, multipath fading limits a system's transmission rate. To mitigate this problem, the multi-carrier (MC) transmission scheme is proposed which is robust to frequency selective fading. In this report, we consider a new multiple access technique based on a combination of code-division multiple access (CDMA) and MC transmission, called MC CDMA system. The proposed technique can be categorized into two types: one spreads across frequency domain, and the other spreads across time domain. We then propose an adaptive antenna array receiver for the two types of MC CDMA systems. The antenna array receiver provides an extra dimension for space division multiple access (SDMA), which can be used to reduce the interference from other users. This makes it an effective remedy for overcoming the near-far problem and potential solution for increasing the capacity. Furthermore, we propose a scheme of multistage parallel interference cancellation (MPIC) and transmission power control (TPC) methods to reduce the multiple access interference (MAI) from other users. From simulation results, we demonstrate that the proposed space-time receiver outperforms the conventional time-only MC CDMA receiver in the presence of strong MAI.

**Keywords:** Multi-carrier transmission, Multi-carrier CDMA, Multiple access interference)

## 二、計畫緣由與目的

多載波傳輸-即正交分頻多重進接，是一種可以有效克服頻率選擇多路徑衰退所引起之符際干擾問題的系統。它將原先較寬的頻帶分成數個較窄的子頻帶，而後將欲傳的訊號分別從這些子頻帶選取正交的載波做調變。如此一來，每個子頻帶所傳的訊號變為一窄頻訊號，這樣就不會有多路徑衰退的效應。因此在無線通訊系統中，結合多載波傳輸和分碼多重進接系統是一種值得研究的傳輸方法-此稱為多載波分碼多重進接系統。此系統通常分為兩種類型：第一種類型稱為 OFDM/CDMA 系統、另一種則稱為 MC DS-CDMA 系統。此外，陣列天線也是近年來無線通訊界之重要研發方向及熱門議題。其主要的概念在以某種具適應性的演算法去調整出適當的參數，使陣列天線能在空間上提供額外的自由度，達到在空間上多重進接的效果。在不增加系統頻寬的前題，藉由此空間多重進接的效果可以有效壓抑其它使用者的干擾，進而提升整個系統的容量。有鑑於此，在本報告中，吾人結合陣列天線及多載波分碼多重進接，並針對兩種不同之系統提出空-時多載波分碼多重進接接收器（見圖一、圖二），並使用訓練訊號來求得陣列天線所需的參數。然而此系統之效能仍會被多重進接干擾所限制住，為提高整個系統的效能，吾人亦提出干擾消除的方法。最後，結合上述之空-時多載波分碼多重進接接收器及干擾消除之演算法，系統可有效降低其它使用者所造成的干擾，並可達到訊號偵測的目標。

## 三、研究方法及成果

**研究方法：**吾人所提之具加強干擾之空-時多載波分碼多重進接接收器研究方法如下

1. 吾人將探討兩種多載波分碼多重進接 (OFDM/CDMA 及 MC DS-CDMA) 系統之基本架構及其性能。並建立各種不同之無線通道，求得在不同通道之訊號比(SNR)與比次錯誤率(BER)之關係圖。
2. 吾人將結合陣列天線與 OFDM/CDMA 系統。利用輔助訊號在時域上不同之路徑先作通道估測，並利用 RLS 或 NLMS 等演算法來調整陣列天線的參數。利用時域上的所得之陣列天線係數，將所收到的訊號加權後並轉換到頻率。最後把通道的頻率響應補償後即可做訊號偵測。
3. 針對上述系統，吾人提出多階平行干擾消除演算法來做干擾消除。此演算法的概念為：在要偵測一使用者訊號前，先將其它使用者信號扣除，便可得到較精確的偵測。而每一階都針對所有的使用者重建其所接受到的訊號，並做扣除的動作。因此，若使用若多階做處理，所偵測之結果會越好。
4. 吾人將結合陣列天線與 MC-CDMA 系統。由於此時每個載波傳送一窄波訊號，故多路徑干擾在每個載波上將不存在。吾人將針對每個載波接收到的訊號分別處理。利用輔助信號先作通道估計，再用 RLS 或 NLMS 等演算法適應性調整參數。再將每個載波做完空間加權後之訊號利用最大比值結合以達成頻率分集的效果。
5. 針對上述系統，吾人提出傳送功率控制來做干擾消除。此演算法之概念為：先計算每個使用者之訊號與干擾功率比，並與一預先設定值做比較。若其訊號與干擾功率比太小，即通知傳送端提高傳輸功率。反

之，則降低傳輸功率。其可使每個使用者在接收端的功率相等，以降低多重進接干擾之影響。

**成果：**本計畫完成下列工作

1. 建立多載波分碼多重進接系統並模擬其性能。
2. 以 OFDM/CDMA 系統為架構並加上陣列天線處理，並在不同通道環境下進行模擬與評估。
3. 建立 OFDM/CDMA 空-時多階平行干擾消除接收器，並在不同通道環境下進行模擬。此接收器可將其它使用者所產生之多重進接干擾作有效的壓抑。
4. 結合陣列天線與 MC DS-CDMA 系統，並在不同通道環境下進行模擬與評估。
5. 建立 MC DS-CDMA 空-時接收器並作傳輸功率工率控制。此接收器在有強干擾下亦可壓抑其它使用者之干擾，達到相當好之效能。

上述具加強干擾之空-時多載波多重進接接收器研究成果結合陣列天線與多載波多重進接系統，並提出有效之演算法來克服多重進接干擾，使得其上鏈端之偵測更為準確。

#### 四、結論與討論

本報告中，吾人經由電腦模擬結果來成線索提出之具加強干擾之空-時多載波多重進接接收器。圖三(a)呈現 OFDM/CDMA 空-時接收器對近-遠問題的效能分析。由圖可知，有陣列天線處理之接收器可有效克服近-遠問題。圖三(b)呈現 OFDM/CDMA 空-時多階平行干擾消除接收器對多重進接干擾的效能分析。由圖可知，所提出之接收器可有效降低多使用者所造成的干擾。圖三(c)呈現 OFDM/CDMA 空-時多階平行干擾消除接收器對多使用者之效能分析。由圖

可知，所提出之接收器在5與10個使用者的狀況下，其效能與只有1個使用者之狀況相近。並可逼近理想的狀況下的效能。圖四呈現出在30個使用者，並有一個強干擾同時傳送之狀態下，系統之效能。由圖可知，此系統在此狀態下還可達成相當良好之效能。

#### 五、參考文獻

- [1] S. Hara and R. Prasad, "An overview of multicarrier CDMA," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 126-133, Dec. 1997.
- [2] Khaled Fazel and Gerhard P. Fettweis, **Multi-carrier spread-spectrum**, Kluwer Academic, Boston, 1997.
- [3] A. Chouly, A. Brajal and S. Jourdan, "Orthogonal multicarrier techniques applied to direct sequence spectrum CDMA systems," *Proc. of IEEE GLOBECOM '93*, Houston, USA, pp. 1723-1728, Nov 1993.
- [4] S. Kondo and L. B. Milstein, "Performance of Multicarrier DS CDMA systems," *IEEE Trans. Commu.*, vol. 44, no. 3, pp. 238-246, Mar. 1996.
- [5] Yukitoshi Sanada, Michael Padilla and Kiyomichi Araki, "Performance of adaptive array antennas with multicarrier DS/CDMA in a mobile fading environment," *IEICE Trans. Commu.*, vol. E81-B, no. 7, pp. 1392-1400, July. 1998.

#### 六、圖表

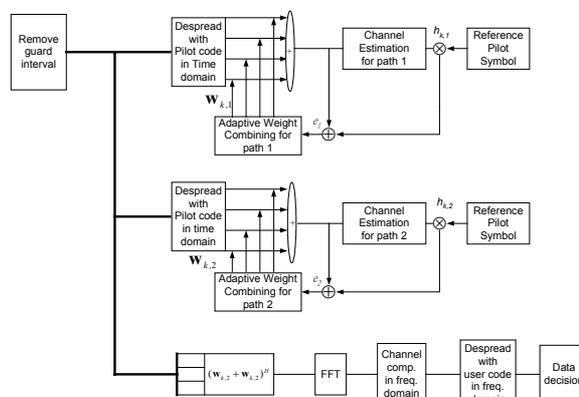


圖 1：OFDM/CDMA 空-時接收器架構圖

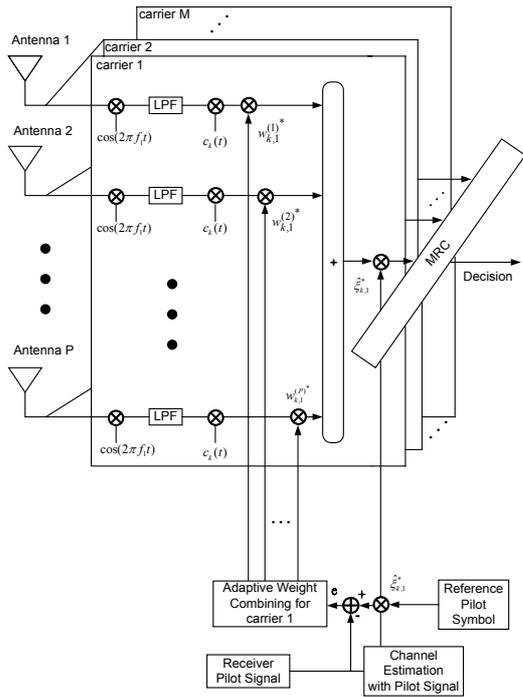


圖2：MC DS-CDMA 空-時接收器架構圖

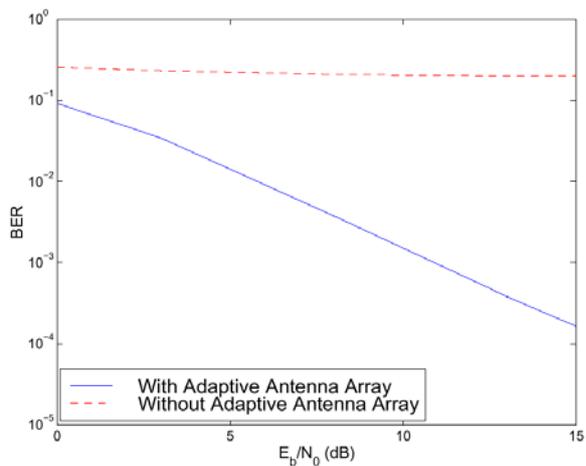


圖3 (a)：OFDM/CDMA 空-時接收器對近-遠問題效能分析

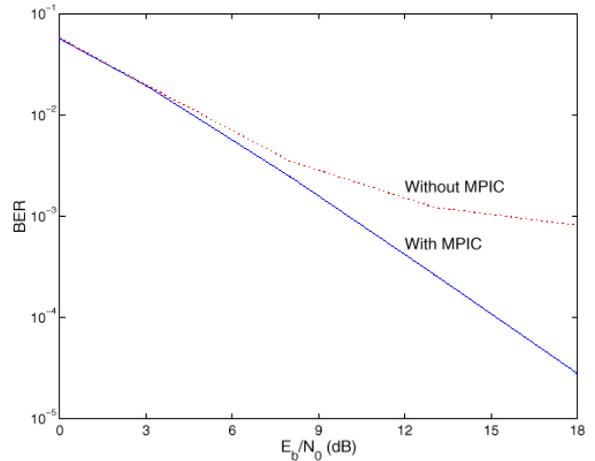


圖3 (b)：OFDM/CDMA 空-時多階平行干擾接收器對多使用者干擾之效能

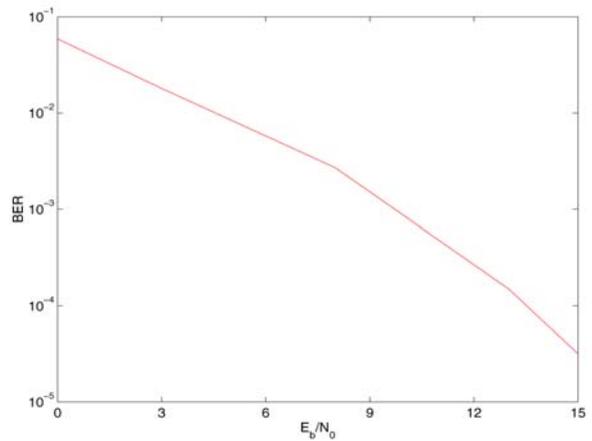


圖3 (c)：OFDM/CDMA 空-時多階平行干擾接收器之效能

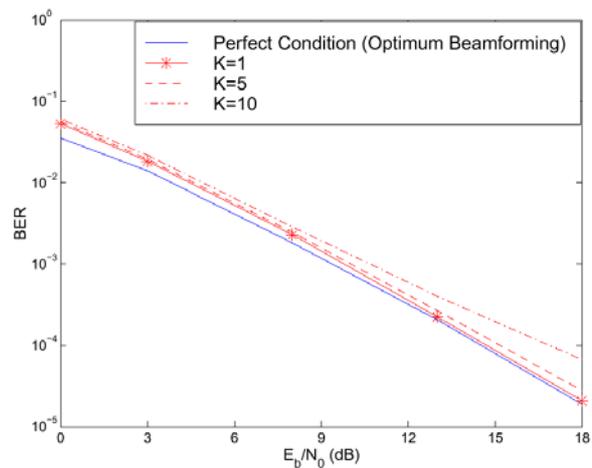


圖4：MC DS-CDMA 具傳輸功率控制空-時接收器之效能