

OFDM 無線高速傳輸系統之研究

計畫編號：NSC90-2213-E-009-077

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：方凱易、林敏裕、賴信良

一、 中文摘要

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 無疑是後第三代(B3G)無線通訊系統之最重要傳輸技術。本計畫主要針對 IEEE 802.11a 無線傳輸系統之接收機技術作深入研究。本研究包含完整接收機之設計即頻率估算、通道估算、符元同步、濾波器設計等，在此主要對接收機頻率偏移估算補償、通道估算、符元取樣同步及濾波器設計之研究成果加以介紹。

Abstract

OFDM has been known as one of the most important transmission techniques for the beyond 3rd generation wireless communication systems. In this project, we investigated the issue of the digital receiver design for the IEEE802.11a system. Our study covered all aspects of digital receiver design, the results of frequency offset estimation, channel estimation, clock offset synchronization and transceiver filter design is reported here.

二、 緣由與目的

OFDM 是後第三代行動通訊系統

之最重要傳輸技術，目前已有 IEEE 802.11a 及 IEEE 802.16 之系統標準。現今 OFDM 技術在無線區域網路的應用亦受到工業界的矚目，而戶外的 OFDM 高速傳輸系統相信也將是未來的主流。然而由於我國無線通訊之發展相當緩慢，對於 OFDM 高速傳輸之相關技術可說是闕如，因此本計畫之主要目標是針對 OFDM 之傳收機作深入研究。研究內容含頻率估算、補償，通道估算，符元取樣同步、濾波器設計等。一方面培養相關人才，一方面補償研究單位及工業界之不足。

在 IEEE 802.11a 系統中[1]，載波頻率最高約為 5.8GHz 而本地振盪器中心頻率之最大誤差為 $\pm 20\text{PPM}$ ，也就是說在不考慮都卜勒偏移下，接收端所產生頻率最大偏移可達 232KHz。而 OFDM 調變技術使用多載波傳送符元，在頻率偏移時，同樣的頻率偏移會引進載波間之干擾且同時減低傳送符元之振幅造成品質劣化。在文獻上，頻率偏移對 OFDM 系統品質之影響已有相當多的著墨，若不加以補償，頻率的偏移將造成系統效能的障礙。

OFDM 系統如何設計通道估計器是一重要考量。Pilot 訊號之傳送基本上是一時間/頻率之分佈，然後再利用

內、外差法作無 Pilot 訊號時之通道估算。在 IEEE 802.11a 之無線區域網路應用中，Pilot 訊號已經設計完成，因此主要第二問題為通道估計器之設計。此外，在 OFDM 系統中，當符元取樣有誤差時傳輸信號之振幅及相位分別會受到衰減及偏移，且各載波間亦會引進相互干擾。因此，符元取樣同步亦是另一考量，而傳送及接收端數位濾波器的設計也在本研究計畫之內容。

三、 結果與討論

圖一及圖二是訓練符元(Training Symbol)結構與頻率偏移估算精準度比較圖，由於訓練符元的架構，使得頻率偏移估算在實作上容易實現且可經由模擬和理論推導預估其效能 [2][3]。在頻率偏移估算上，估算的範圍和精準度跟訓練符元的週期性結構有關。當訓練符元的週期愈短時估算的範圍愈大而精準度下降，反之亦然。所以在估算頻率偏移初期需先經歷過估算範圍大的粗估，將主要的偏移部分先估算且補償回來，再經由估算範圍小而精準度高的細估。在補償後，使得頻率偏移的殘餘量減至最小，頻率偏移在系統的效能的影響也足夠減至最低。

圖三是通道估計器之設計比較，在通道估計器設計中，採用 ML 通道估計器可利用封包(Packet)一開始的長訓練符元(Long Training Symbol)來粗估每個載波的通道，其中會因為高斯雜訊(Gaussian Noise)而造成些許估算不精準，之後再利用濾波器來去除部分雜訊，

將使得最終估算出來的通道相當接近原始正確的通道。

圖四是符元取樣偏移的比較圖，符元取樣同步最大的影響是在傳輸長的封包時，取樣點因為誤差太大而造成解調錯誤，解決方法為採用頻率域的開放迴路。理論分析上，符元取樣不準及殘餘頻率偏移誤差反映在頻率域資料的相位旋轉以及載波間之干擾，其中符元取樣不準所引起的相位旋轉會隨著每個載波不同及 OFDM 符元不同而增加，殘餘頻率偏移誤差所引起的相位旋轉會隨著 OFDM 符元不同而增加。所幸兩相鄰載波旋轉的相位相差非常小，因此可以利用每個 OFDM 符元中四個 Pilot 訊號來做相位偏差估算，再根據每個 OFDM 符元中每個載波上偏差的相位不同個別做補償，即可達到補償相位偏差的目的。

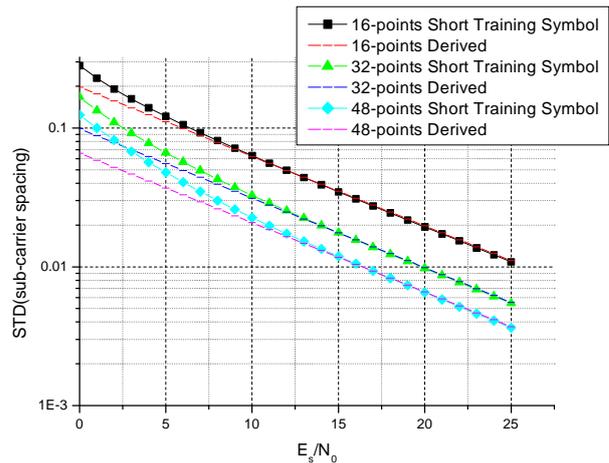
圖五是數位濾波器設計與頻譜比較，由於不同濾波器係數長度的設計影響傳送訊號在有效訊號頻寬的頻譜平坦特性及有效訊號頻寬外的訊號衰減量。除此之外，在設計上也必需考量實作上的複雜度問題，而在我們的設計中選定的濾波器規格滿足 IEEE 802.11a 系統中對傳送訊號頻譜的規範，同時也達到簡化濾波器係數長度之目的。

四、 參考文獻

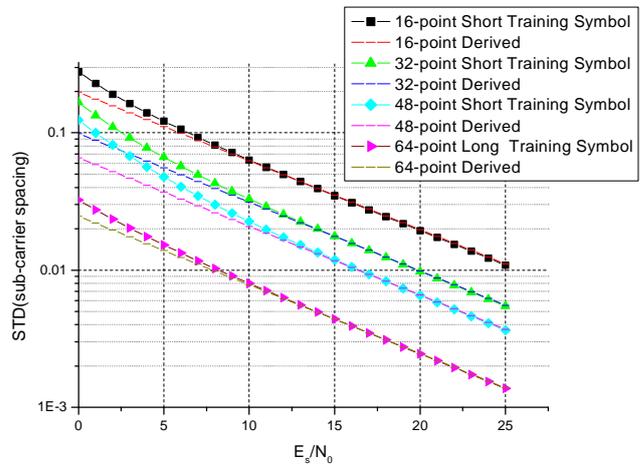
- [1] IEEE P802.11a, Part 11: Wireless LAN MAC and PHY Specifications: High Speed Physical Layer in the 5GHz band, 1999.

- [2] Heinrich Meyr, Marc Moeneclaey, and Stefan A. Fechtel, Digital Communication Receivers : Synchronizaion, Channel Estimation, and Signal Processing, John Wiley & Sons, Inc, 1998.
- [3] Timothy M. Schmidl and Donald C. Cox, Robust Frequency and Timing Synchronization for OFDM, IEEE Trsns. Commun. vol. 45, NO. 12, DEC 1997.
- [4] A low complexity ML channel estimator for OFDM Deneire, L.; Vandenameele, P.; van der Perre, L.; Gyselinckx, B.; Engels, M. Communications, 2001. ICC 2001. IEEE International Conference on , Volume: 5 , 2001
- [5] Alan V. Oppenheim and Ronald W. Schaffer, Digital Signal Processing, Prentice Hall,Inc, 1999.

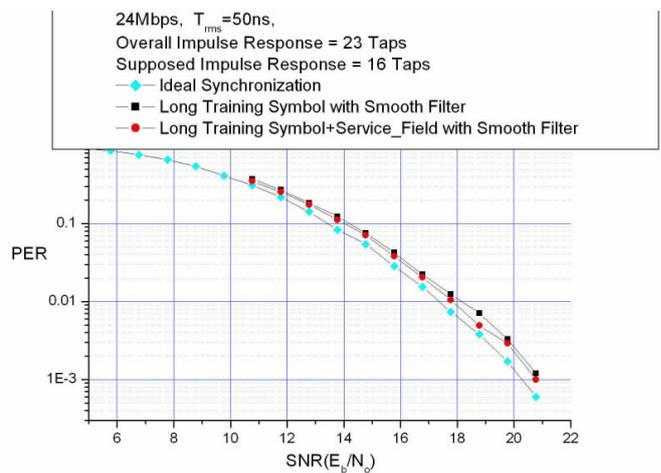
五、圖表



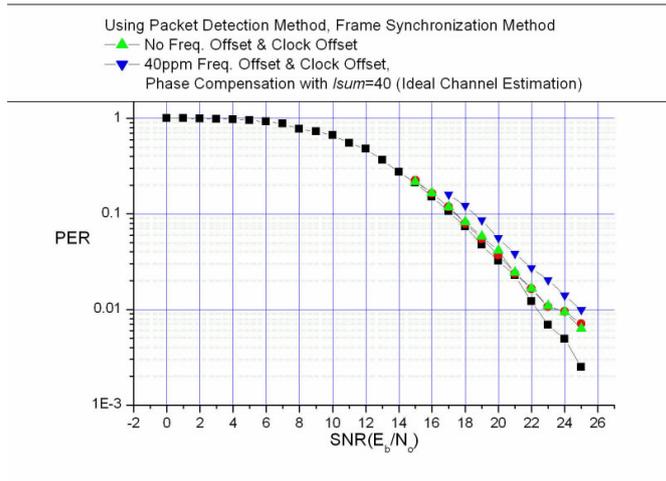
圖一 訓練符元(Training Symbol)結構與頻率偏移估算精準度比較圖之一



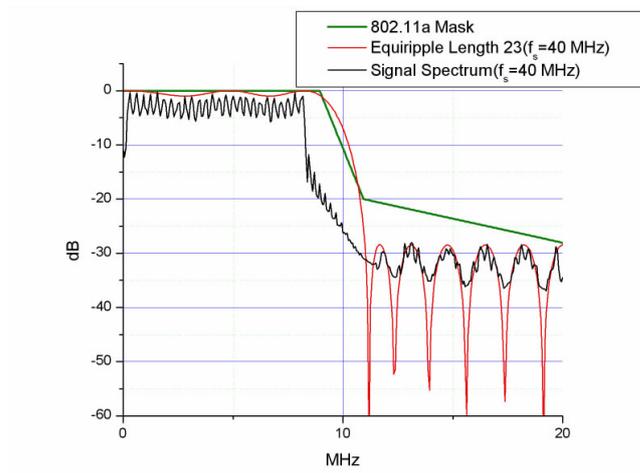
圖二 訓練符元(Training Symbol)結構與頻率偏移估算精準度比較圖之二



圖三 通道估計器之設計比較



圖四 符元取樣偏移的比較



圖五 數位濾波器設計與頻譜比較