

第一章 簡介

多媒體之個人行動通訊系統的發展將使得數百 Mbps 以上的高傳輸速率成為必需的。這也使得無線通訊都會網路 (Wireless LAN) 產業蓬勃發展；它可將有線網路 (Wired LAN) 做無遠弗界的延伸。無線都會網路已被認為是下一代通訊產業發展的最大推動力之一，全球通訊業者與學術研究機構也都極積地投入相關技術的研究與開發。其中又以正交分頻多工 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 技術最引人注目，它具有高傳輸速率與抗多重路徑通道 (Multipath Channel) 的特性。所以，它是最被看好的次世代無線通訊之調變技術，且也已經為多個通訊標準協定所採用。在未來無線技術發展中扮演舉足輕重的角色。

高速率之無線通訊傳輸主要受限於多重路徑通道所造成之符元間干擾 (Inter-Symbol-Interference, ISI)，這將導致嚴重的資料解調錯誤。要解決 ISI 問題，我們可以增長符元時間，同時提高調變階數 (Modulation Order)，如 16QAM、64QAM 等等。但高階調變會造成更密的星狀點 (Constellation Points)，使得相臨的訊號點距離拉近。這時唯有增加系統傳輸功率 (power) 才有可能達到所需品質。但是增加傳輸功率在實際的情況下是不可行，因為在無線通訊中，除了考量手機的耗電量外，亦需考慮過大的功率對其他使用者之干擾。以往解決 ISI 問題最有效方法是利用適應性等化器 (Adaptive Equalizer) [1]，但這些等化器一般是在時域 (Time-Domain) 中實現，對高速傳輸系統而言，等化器變得非常複雜。

利用多載波傳輸配合高階調變技術是解決高速率傳輸所造成之符元間干擾問題的有效技術 [1-8]。有異於傳統單載波調變系統，多載波傳輸系統首先將輸入串列 (Serial) 信號符元區隔成方塊架構，每一方塊中之符元則分別平行調變至不同載波上，以多載波傳送資料的方式進行平行傳輸。由於是利用多載波平行傳輸，每個載波上之信號符元時間則變長，如此在固定的最大傳輸延遲下，每個載波上之信號符元受到 ISI 的影響則大大減少。為了提高頻率使用效率，不同載波之間的頻譜可允許重疊，但任意而個載波必須在所送符元時間內維持正交性

(Orthogonality)，以避免載波之間互相干擾。因此，此種調變技術稱之為正交分頻多工(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)技術。由於各載波仍可使用高階調變技術，OFDM 配合高階調變技術是公認高速率傳輸之可行傳輸技術[1-6]。

正交分頻多工技術在 1960 年代即已提出[7]，主要目標還是消除有限頻寬傳輸之 ISI 問題，但由於當時硬體及數位處理技術並不發達，正交多載波及相對應濾波器之製作相當昂貴、困難，因此該技術並不受歡迎。直到 1971，Weinstein 及 Ebert 提出利用 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)及 FFT(Fast Fourier Transform)取代類比之多載波製作，此技術得以再受重視。

目前，OFDM 技術已被採用為多種傳輸技術標準。在有線環境中，主要應用於非對稱數位用戶迴路(Asymmetric Digital Subscriber Loop, ADSL)及高位元速率數位用戶迴路(High Bit-rate DSL, HDSL)。Digital Multi-Tone 是 OFDM 在有線應用上之另一名稱[5]。此外，在無線的傳輸環境中，目前 OFDM 為歐盟(ETSI)數位音訊廣播系統(Digital Audio Broadcasting, DAB)及數位電視廣播(Digital Video Broadcasting, DVB)標準所採用[3,4]。還有在 IEEE 802.1x 系列傳輸標準中目前已確定許多規範採用 OFDM 技術來傳送高速率之無線都會網路資料[6,17-19]。在 DVB 及 IEEE802.1x 無線都會網路之標準中，高階 QAM(64-QAM)已被採用以提高傳送速率[4,6,17-19]。

在 OFDM 系統中，如之前所提輸入信號符元須要以完整的區塊(Block)做處理，並透過 IFFT/FFT 轉換成多載波類比(數位)信號，因此區塊之同步是 OFDM 之首要問題，區塊不同步會造成嚴重的 FFT 解調錯誤。此外，傳送端與接收端振盪器之間的載波頻率偏移(Carrier Frequency Offset)及取樣頻率偏移(Sampling Frequency Offset)亦會破壞各載波間之正交性[2,9]。因此接收器之正確頻率估計及補償亦是 OFDM 成功運作之重要條件。載波相位雜訊(Phase Noise)亦是破壞載波之間正交性的來源之一。另外，在頻率選擇通道(Frequency Selective Channel)中傳輸資料，接收端本身必須作精確之通道估測(Channel Estimation)，否則無法做正確載波資料解調與判斷[2]。而射頻前級(RF Front-End)的 I-Q 不平衡(I-Q

Imbalance)效應對於載波之間亦會造成影像訊號(Image Signal)干擾[10]，所以如何在接收機估算與補償此效應亦是一大問題。由於 OFDM 是一多載波系統，具較高的峰值對均值功率比(Peak-to-Average Power Ratio, PAPR)[2]，射頻前級與功率放大器線性度要求非常高，非線性元件對系統品質亦有很大影響。

本論文主要以 IEEE802.16a 無線都會網路[19]之 OFDM 系統為研究架構。我們將探討接收機解調資料時所遭遇到的問題，並尋求其解決之道。問題包含了：DL Preamble 能量偵測、碼框同步、頻率偏移估計及補償、取樣頻率偏移估計及補償、保護區間長度估測與通道估測演算法設計。我們將藉由電腦模擬來驗證所提出方法的可行性。

