

應用部分平行干擾消除技術於 OFDMA 無線通訊系統之效能

黃永發

朝陽科技大學
資訊與通訊系副教授

yfahuang@cyut.edu.tw

梁新穎

朝陽科技大學
資訊與通訊系
助理教授

hyliang@cyut.edu.tw

葉正明

朝陽科技大學資訊與
通訊系碩士

s9630606@cyut.edu.tw

王立銘

朝陽科技大學資訊與
通訊系研究生

s9830604@cyut.edu.tw

摘要

本文針對 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA)無線通訊系統，探討於通道具有遠近效應問題時，因不同的使用者在上傳訊號因時間延遲所造成的多用戶存取干擾(Multi User Interference, MUI)，本文探討部分平行干擾消除(Partial Parallel Interference Cancellation, PPIC)之效能，在不同的 NFR 下，我們找出其適當之部分消除權重(Partial Cancellation Weight)，由模擬結果可知，我們提出之適應性消除權重(Adaptive Weight PPIC, AWPPIC)確實能改善系統效能並提升其系統用戶容量(User Capacity)。

關鍵詞：OFDMA，多用戶存取干擾，遠近效應，平行干擾消除。

Abstract

In this paper, the multiuser performance on the orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) mobile communication systems is investigated. In multi-user systems, the interference degraded the system performance, especially in near-far effect environments. The parallel interference cancellation (PIC) scheme has been proposed to cancel the multi-user interference (MUI) for both Block Subcarrier Assignment (BCA) and Block & Interleaved Subcarrier Assignment (BICA) in the subcarriers allocation for users. Moreover, we propose an adaptive weight PPIC (AWPPIC) scheme to effectively cancel the MUIs with the proposed adequate partial cancellation weights (PCW) for near users and far users, respectively. Simulation results show that the proposed AWPPIC can improve the system performance and system capacity in highly near-far effect environments for both BCA and BICA OFDMA systems.

Keywords: OFDMA, MUIs, Near-far effect, parallel interference cancellation, PPIC, AWPPIC.

1. 前言

正交分頻多工(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)可提供較高資料傳輸，已廣泛應用於行動通訊系統中[1]。第三代無線行動通訊系統，採用了多載波調變(Multi-Carrier Modulation, MCM)[2]中的 OFDM[3]技術。此技術在寬頻無線通道中，可以抵抗多重路徑干擾，而為了提升系統容量，OFDM 的技術被結合應用於 FDMA(Frequency Division Multiple Access)[4]技術，稱為正交分頻多工存取(Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA)[5-6]。OFDMA 技術被提出，並且應用在未來 4G 實體層的基本調變架構，其可以擁有高速度的傳輸速率與對抗多路徑衰減通道和可調整每個使用者的頻寬特性，讓其成為無線傳輸中最重要的技術。

在 OFDMA 系統下，不同使用者同時間利用分配到的子通道上傳訊號，所以可以很容易的從頻域上分離出每個使用者的訊號，但是不同的使用者在上傳訊號的途中必定會產生不同的時間延遲(Time Delay)以及頻率偏移(Carrier Offset)，而時間延遲及頻率偏移會在接收端造成訊號的互相干擾，這些干擾會破壞子載波之間的正交性進而產生子載波之間干擾(Inter Carrier Interference, ICI)[7]和多用戶存取干擾(Multi User Interference, MUI)[8]。此外，當某些使用者距離基地台較近時，他們所發出來的訊號，經過通道的衰減影響較小，所提供的多重存取干擾也會較多。所以對於那些距離基地台較遠的使用者，效能將會大大的降低，此類問題我們稱之遠近效應問題(Near-Far Problem)也是必須克服。因此，本論文將探討在通道具有遠近效應問題時，兩種多用戶之子載波配置方法，區塊子載波配置(Block Subcarrier Assignment, BCA)和區塊交錯子載波配置(Block and Interleaved Subcarrier

Assignment, BICA)之效能。

在 CDMA 系統中，許多線性與非線性多用戶檢測器已提出來減輕多用戶干擾[9-11]，而平行干擾消除(Parallel Interference Cancellation, PIC)可用來消除多重存取干擾，不過，不論多用戶之 BCA 或 BICA 方法，當通道具有遠近效應時，隨著 NFR 越大代表收到某些用戶功率越低，檢測出來訊號可靠度很差，這時拿來當估測值作 PIC 反而效能不理想[12-13]。因此，我們將探討部分平行干擾消除(Partial Parallel Interference Cancellation, PPIC)之效能，在不同的 NFR 下，我們找出其適當之部分消除權重(Partial Cancellation Weight)。本文中我們提出適應性消除權重平行干擾消除(Adaptive Weight PPIC, AWPPIC)來改善系統效能並提升其系統用戶容量。

2. 系統模型

本文探討之 OFDMA 應用在上鏈通訊傳輸之架構如圖 1 所表示方塊圖為多用戶之 OFDMA 通訊系統之發射器與接收器。在此架構中，將所傳遞各用戶間 k 的二位元資料序列，輸入至調變器轉換成的符元序列，所採用的調變技術為二位元相位鍵移調變(Binary Phase Shift Keying)。我們假設每個 OFDMA 符元有 N 個子載波且不同的子載波分配給不同的用戶。令第 u 個用戶在第 k 個子載波上傳送的資料符元為 $X_k^{(u)}$, $k \in S_u$ ，這裡 S_u 是子載波分配給用戶的集合，因此， $\bigcup_{u=1}^K S_u = \{0, 1, \dots, N-1\}$ 且 $S_u \cap S_v = \emptyset$ for $u \neq v$ 。 N_g 是循環字首(cyclic prefix, CP)的長度。經由逆向離散複利葉轉換進行調變並加 CP 後，第 u 個用戶時域傳輸序列 $x_n^{(u)}$ 為

$$x_n^{(u)} = \frac{1}{N} \sum_{k \in S_u} X_k^{(u)} e^{\frac{-j2\pi kn}{N}}, \quad -N_g \leq n \leq N-1 \quad (1)$$

第 u 個用戶的信號，經過通道後定義為

$$a_n = x_n^{(u)} \otimes h_i^{(u)} \quad (2)$$

其中 $\otimes$ 定義為線性旋積運算， $h_i^{(u)}$ 是第 u 個用戶的通道脈衝響應。假設 $h_n^{(u)}$ 非零，則頻域通道係數 $H_k^{(u)}$ 表示為

$$H_k^{(u)} = \sum_{i=0}^{L-1} h_i^{(u)} e^{\frac{-j2\pi ik}{N}} \quad (3)$$

接收到信號後表示成

$$r_n = \sum_{u=1}^K a_n^{(u)} + \pi_n, \quad (4)$$

其中 $-N_g < n \leq N+L-1$ ， π_n 為平均值為零，平均功率為 $N_0/2$ 的 AWGN 雜訊，我們假設接收端知道所有用戶的同步時間。接收第 u 個用戶信號時，移除 CP 後，得第 u 個用戶 OFDMA 的符元為

$$y_n^{(u)} = r_n, 0 \leq n \leq N-1 \quad (5)$$

將(5)式帶入第 u 個離散複利葉轉換方塊。第 u 個用戶在第 k 個子載波上輸出表示為

$$Y_k^{(u)} = H_k^{(u)} X_k^{(u)} + \sum_{u \neq u} \text{MUI}_k^u + \Pi_k^{(u)} \quad (6)$$

其中雜訊 $\Pi_k^{(u)}$ 表示為

$$\Pi_k^u = \sum_{n=0}^{N-1} \pi_n e^{\frac{-j2\pi nk}{N}} \quad (7)$$

而第(6)式中之複利葉轉換輸出的第2項為其他用戶的干擾量。在單用戶檢測情況下，複利葉轉換輸出 $Y_k^{(u)}$ 可以直接使用匹配濾波器做檢測。

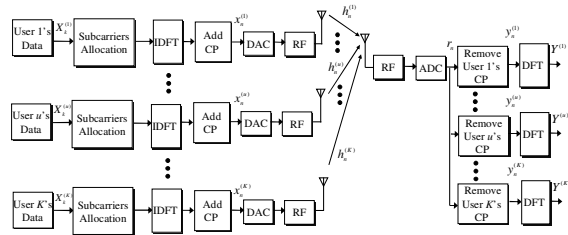


圖 1 多用戶之 OFDMA 通訊系統之發射器與接收器方塊圖

A. 多重存取干擾分析

我們提到了單用戶檢測器在檢測時會受到來自其他使用者的干擾而造成系統效能的損失。因此，多重存取干擾是影響 OFDMA 系統的容量和效能的重要因素之一。在 OFDMA 上鏈通訊系統中，由於各用戶傳送到接收端的時間延遲不同，造成用戶間彼此無法達到完全正交，造成使用者和使用者間產生干擾。因此若能降低此項所產生的干擾，就能藉此改善系統效能。圖 2 為各用戶時間延遲小於保護區間，在接收時只要移除 CP，便可還原 OFDMA

的符元訊號。

但如果用戶的時間延遲大於保護區間，則會產生多用戶干擾的現象。如圖 3(a)、(b)、(c)及(d)所表示。圖 3(a)為當 User1 是目前要取樣的符元，這時 User2 的時間延遲小於 CP，因此 User2 信號不會干擾到 User1，而 User3 和 User4 的時間延遲大於 CP，這時 User3 和 User4 的前一個訊框(Frame)就會干擾到 User1 當前的 Frame，稱為 Previous Frame MUI (PF-MUI)。圖 3(b)為當 User2 是目前要取樣的符元，這時 User1 的後一個 Frame 就會干擾到 User2 當前的 Frame，稱為 Next Frame MUI (NF-MUI)，User3 和 User4 對 User1 的干擾為 PF-MUI。圖 3(c)為當 User3 是目前要取樣的符元，這時 User1 和 User2 對 User3 的干擾為 NF-MUI，User4 對 User3 的干擾為 PF-MUI。圖 3(d)為當 User4 是目前要取樣的符元，這時 User1、User2 和 User3 對 User4 的干擾皆為 NF-MUI。

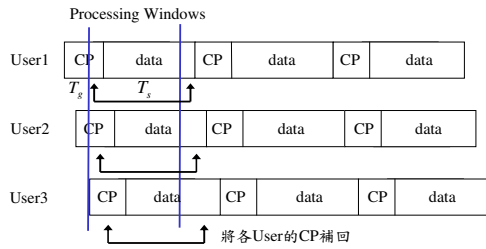
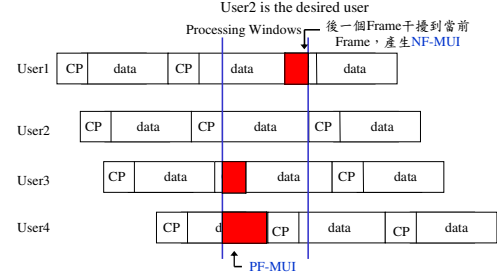
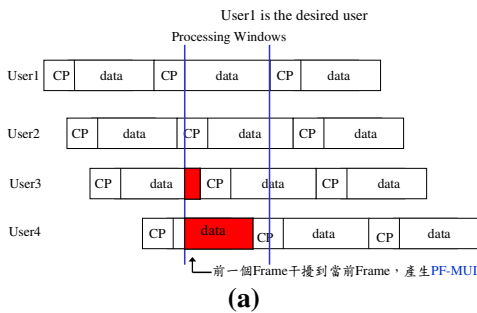


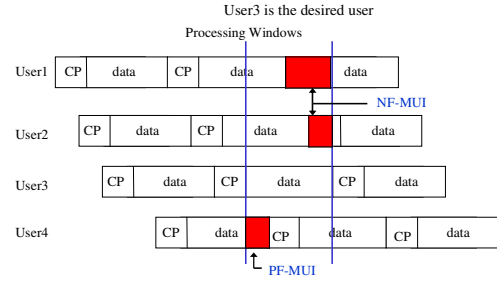
圖 2 各用戶時間延遲小於保護區間

B. 遠近問題

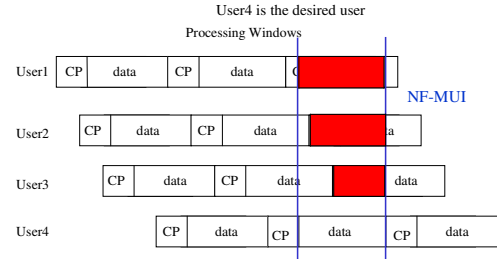
另一個影響OFDMA效能的重要因素是遠近效應(Near-Far Effect)，它是由於使用者和基地台的距離不同導致的。當使用者越靠近基地台時，基地台收到的訊號功率就越大。相對的，距離遠的使用者所送出的訊號，因為經過的路徑長，所以到達基地台的訊號功率較小。因此，在基地台功率強的訊號便會對功率弱的訊號產生較強之干擾，使功率弱的訊號錯誤率上升。



(b)



(c)



(d)

圖 3 時間延遲大於保護區間時，產生多用戶干擾效應

為了分析多重存取干擾對系統效能的影響，我們定義近用戶之平均訊雜比((Signal-to-Noise Ratio, SNR)為 SNR_N ，遠的用戶之 SNR 為 SNR_F ，則遠近功率比(Near-Far Ratio, NFR)為

$$NFR(dB) = 10 \times \log_{10} \frac{P_{Group1(Near)}}{P_{Group2(Far)}} = SNR_N - SNR_F \quad (8)$$

本文中，假設 Group1 之用戶離基地台為近(Near)，Group2 之用戶離基地台為遠(Far)，且 Group1 的平均訊雜比是 SNR_N ，Group2 的平均訊雜比是 SNR_F ，當 Group2 離基地台越遠其功率就越弱，例如，Group1 信號功率為 Group2 兩倍時，Group2 的平均訊雜比比 Group1 的平均訊雜比低 3dB，即 $SNR_N = SNR_F + 3$ ，則 $NFR=3dB$ ，此外，Group2 的功率為 Group1 的四分之一，即 $SNR_N = SNR_F + 6$ ，則 $NFR=6dB$ 。我們根據式(6)中的第 2 項之 MUI 量，將 MUI

由兩方面產生，分為由 Group1 的用戶產生之干擾(MUI_{G1})與 Group2 的用戶產生之干擾(MUI_{G2})，表示為

$$\sum_{u \neq u} MUI_k^u = \sum_{u \neq u, u \in G1} MUI_k^u + \sum_{u \neq u, u \in G2} MUI_k^u \quad (9)$$

3. 多用戶之子載波配置

在模擬通道有遠近效應時，我們模擬兩種多用戶之子載波配置方法，區塊子載波配置(Block Subcarrier Assignment, BCA)和交錯子載波配置(Block and Interleaved Subcarrier Assignment, BICA)方法。圖 4 為多用戶之區塊子載波配置方法，這裡我們根據用戶數，將用戶數除 2 之前配置到 Group1(近)，用戶數除 2 之後配置到 Group2(遠)。例如，用戶數為 4 時，用戶 1 到用戶 2 配置到 Group1，用戶 3 到用戶 4 配置到 Group2。用戶數為 8 時，用戶 1 到用戶 4 配置到 Group1，用戶 5 到用戶 8 配置到 Group2，之後以此類推。因干擾主要是來自當前欲用戶之鄰近用戶干擾，對於 Group1 和 Group2 來說，這時 MUI 主要來自本身 Group 內用戶鄰近之干擾。

圖 5 為多用戶之交錯子載波配置方法，這裡我們也是根據用戶數，將所有用戶的奇數用戶配置到 Group1(近)，所有用戶的偶數用戶配置到 Group2(遠)。例如，當用戶數為 4 時，用戶 1 和用戶 3 配置到 Group1，用戶 2 和用戶 4 配置到 Group2。用戶數為 8 時，用戶 1、用戶 3、用戶 5 和用戶 7 配置到 Group1，用戶 2、用戶 4、用戶 6 和用戶 8 配置到 Group1，之後以此類推。對於 Group1 和 Group2 來說，這時 MUI 主要來自鄰近其他 Group 用戶之干擾。

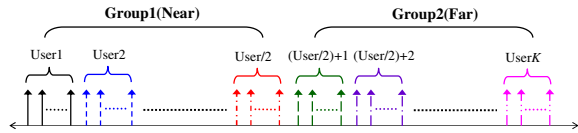


圖 4 多用戶之區塊子載波配置(BCA)方法

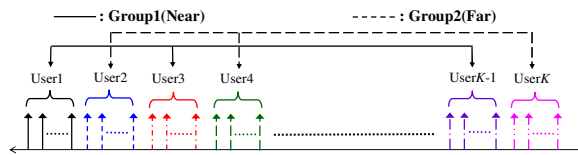


圖 5 多用戶之交錯子載波配置(BICA)方法

4. 部分平行干擾消除

圖 6 所示為應用平行干擾消除在 OFDMA 系統上鏈通訊傳輸接收器。首先使用匹配濾波器(即單用戶檢測)當做平行干擾消除的第一級(單用戶檢測)。以 BPSK 調變時，經由匹配濾波器檢測後的估測位元為

$$\tilde{S}_{k,(1)}^{(u)} = \text{sgn}\left(\text{Re}\left(\overline{H}_k^{(u)} Y_k^{(u)}\right)\right) \quad (10)$$

其中 $\tilde{S}_{k,(1)}^{(u)}$ 定義為第一級的指標， $\overline{H}_k^{(u)}$ 為 $H_k^{(u)}$ 的估測值，接著檢測所有用戶的位元。在第二級的平行干擾消除中，對於各用戶的子載波，將第一級使用(10)式輸出的檢測位元用於重建各種干擾成份，將 $\tilde{S}_{k,(1)}^{(u)}$ 當作參考值重建各種干擾成份與接收信號相減，消除干擾成份並經由匹配濾波器檢測輸出。一般而言，對於任何 m 級平行干擾消除器，當 $m \geq 2$ 時，在 m 級位元檢測輸出表示為

$$\hat{Y}_{k,(m)}^{(u)} = \text{sgn}\left\{Y_k^{(u)} - \sum_{l=1}^k \sum_{q \in S_l} Y_q^{(l)}\right\} \quad (11)$$

其中 $Y_q^{(l)} = H_q^{(l)} \tilde{S}_{k,(m-1)}^{(u)}$ ，而 $\hat{Y}_{k,(m)}^{(u)}$ 為干擾消除後得到的估測值。

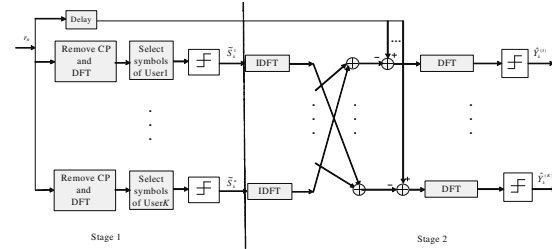


圖 6 應用平行干擾消除在 OFDMA 系統上鏈通訊傳輸接收器

當通道具有遠近效應時，隨著 NFR 越大代表收到某些用戶功率越低，檢測出來訊號可靠度很差，這時拿來當估測值作 PIC 反而效能不理想，我們提出適應性消除權重平行干擾消除(Adaptive Weight PPIC, AWPPIC)來改善系統效能並提升其系統用戶容量。

圖 7 為應用部分平行干擾消除在 OFDMA 系統上鏈通訊傳輸接收器。與 PIC 方法不同之處，在第一級估測值重建各種干擾成份後，接著乘上部分消除權重(Partial Cancellation Weight)當作參考值與接收信號相減，我們根據配置的方法定出兩個本文模擬時的部分消除權重參數，近干擾權重(Near Weight, NW)和遠干

擾權重(Far Weight, FW)，近干擾權重乘上 Group1 的各用戶訊號第一級估測值，遠干擾權重乘上 Group2 的各用戶訊號第一級估測值，接下來的步驟與 PIC 方法相同。

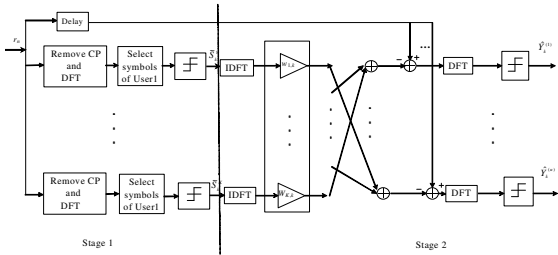


圖 7 應用部分平行干擾消除在 OFDMA 系統上鍵通訊傳輸接收器

5. 模擬結果

為驗證分析當各用戶時間延遲大於 CP 時，產生多用戶干擾。我們應用 MATLAB 程式語言作電腦模擬，假設接收端具有理想之通道估測和載波同步，因而並無頻率偏移及相位誤差，並且本文模擬的通道環境模型具有遠近效應。表 1 為 OFDMA 系統模擬參數

圖 8 和圖 9 為使用 BCA 方法， $NFR=9、15dB$ 和用戶數 8，比較不同權重下之 PPIC 效能。圖中 X 軸為 NW，代表對 Group1 和 Group2 的干擾消除的程度也代表受到強干擾(Group1)的程度，Y 軸為 FW，代表對 Group1 和 Group2 的干擾消除的程度也代表受到弱干擾(Group2)的程度，改善越明顯則代表原本訊號受到強干擾或弱干擾越多，1 為完全消除，0 與 1 之間為部份消除。由圖 8 可看出，當 $NFR=9dB$ 和用戶數 8，使用 BCA 方法，從 Group1 來看，Group1 隨著 NW 變大改善也越大，而 FW 對 Group1 改善效果很小，這表示 Group1 干擾主要來自 Group1 內的鄰近的 MUI_{G1} ，而受到 MUI_{G2} 影響較少。接著看 Group2，Group2 隨著 NW 變大也隨之改善，FW 到 0.4 時，改善是最好的，這表示在此環境下，Group2 除了受到自己鄰近用戶的干擾外，也有來自 MUI_{G1} ，這時權重為 $NW=1$ 和 $FW=0.4$ 最佳。

圖 9 為 $NFR=15dB$ 和用戶數 8，使用 BCA 方法，對於 Group1 來看，Group1 隨著 NW 變大改善較大，而 FW 對 Group1 改善效果很小，這表示 Group1 干擾主要來自 Group1 內的鄰近 MUI_{G1} ，而受到 MUI_{G2} 因 NFR 變大影響更小。

接著看 Group2，Group2 隨著 NW 改善逐漸趨緩， $FW=0.2$ 時，改善最好，因這時的 NFR 變大了，Group2 受到自己鄰近用戶的干擾相對較小，這時權重為 $NW=1$ 和 $FW=0.2$ 最佳。

表 1 OFDMA 系統模擬參數

Number of sub-carriers, N_c	16384 (1024×16)
Data modulation	BPSK
Bandwidth	20MHz
OFDMA symbol duration	0.8μs (16/20MHz)
Cyclic prefix length, CP	OFDMA symbol of 25%
Delay	Delay > CP (Random delay)
Near-Far Ratio, NFR	0dB、3dB、6dB、9dB、12dB、15dB
Number of simulation bits	1.6 × 10 ⁶ bits
Number of users	4,8,16,32

圖 9 為 $NFR=15dB$ 和用戶數 8，使用 BCA 方法，對於 Group1 來看，Group1 隨著 NW 變大改善較大，而 FW 對 Group1 改善效果很小，這表示 Group1 干擾主要來自 Group1 內的鄰近 MUI_{G1} ，而受到 MUI_{G2} 因 NFR 變大影響更小。接著看 Group2，Group2 隨著 NW 改善逐漸趨緩， $FW=0.2$ 時，改善最好，因這時的 NFR 變大了，Group2 受到自己鄰近用戶的干擾相對較小，這時權重為 $NW=1$ 和 $FW=0.2$ 最佳。

圖 10 到 11 為使用 BICA 方法， $NFR=9、15dB$ 和用戶數 8，比較不同權重下之 PPIC 效能。由圖 10 可看出，當 $NFR=9dB$ 和用戶數 8，使用 BICA 方法，對於 Group1 來看，NW 對 Group1 改善很小，而 Group1 當 $FW=0.4$ 時，改善較好，而這表示 Group1 干擾主要來自鄰近 MUI_{G2} ，而受到 MUI_{G1} 影響較小。接著看 Group2，Group2 隨著 NW 變大和 FW 變小也隨之改善，這表示在此環境下，Group2 干擾主要來自鄰近 MUI_{G1} ，而受到 MUI_{G2} 影響較小，這時權重為 $NW=1$ 和 $FW=0.4$ 最佳。

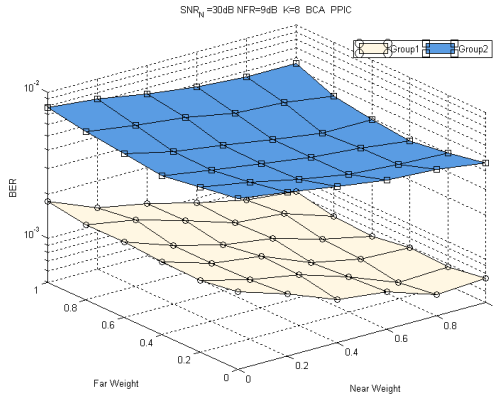


圖 8 BCA 方法， $NFR = 9\text{dB}$ 和 $K = 8$ ，不同權重之 PPIC 效能

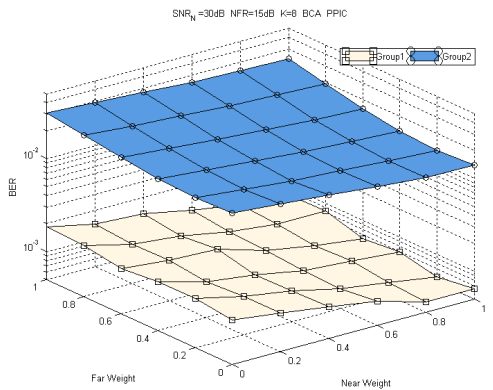


圖 9 BCA 方法， $NFR = 15\text{dB}$ 和 $K = 8$ ，不同權重之 PPIC 效能

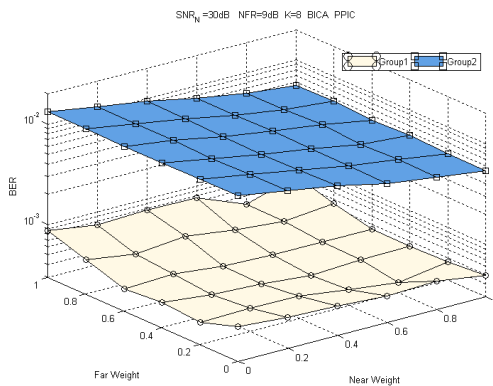


圖 10 BICA 方法， $NFR = 9\text{dB}$ 和 $K = 8$ ，不同權重之 PPIC 效能

圖 11 為 $NFR=15\text{dB}$ 和用戶數 8，使用 BICA 方法，對於 Group1 來看，NW 對 Group1 改善很小，而 Group1 當 $FW=0.2$ 時，改善最好，而這表示 Group1 干擾主要來自鄰近 MUI_{G2} ，而受到 MUI_{G1} 影響很小。接著看 Group2，Group2

隨著 NW 變大和 FW 變小也隨之改善，這表示在此環境下，Group2 除了受到自己鄰近用戶的干擾外，也有來自 MUI_{G1} ，這時權重為 $NW=1$ 和 $FW=0.4$ 最佳。

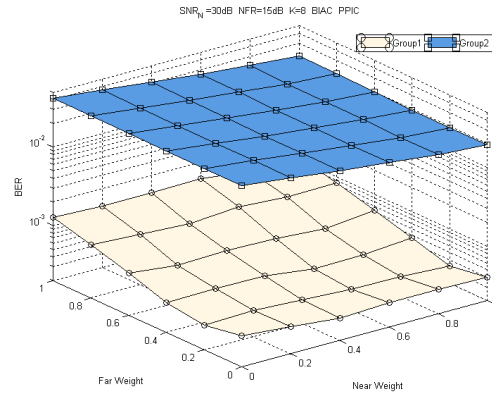


圖 11 BICA 方法， $NFR = 15\text{dB}$ 和 $K = 8$ ，不同權重之 PPIC 效能

圖 12 與圖 13 所示為 $NFR=9\text{dB}$ 和 15dB ，8 個用戶時，使用 BCA 方法之 AWPPIC 與有無 PIC 方法之比較。由圖 12 到圖 13 可看出，我們提出的 AWPPIC 方法，當用戶數較高且 NFR 較大時，可以改善 BCA 方法因使用 PIC 方法導致 Group2 的效能越差，另外，應用 AWPPIC 方法，BCA 的 Group1 效能也能獲得一些改善。

使用 BICA 方法時，8 個用戶，當 $NFR=9\text{dB}$ 和 15dB 時，AWPPIC 與有無 PIC 方法之多用戶效能分別如圖 14 與圖 15 所示。由圖 14 到圖 15 可看出，我們提出的 AWPPIC 方法，當用戶數較高且 NFR 較大時，可以改善 BICA 方法因使用 PIC 方法導致 Group1 的效能越差，另外，應用 AWPPIC 方法，BICA 的 Group2 效能也能獲得一些改善。

當 $NFR=9\text{dB}$ 和 15dB 時，AWPPIC 與有無 PIC 方法之多用戶效能分別如圖 16 與圖 17 所示。由圖 16 到 17 可看出，當 NFR 較小時，我們所提出的 AWPPIC 方法於 BCA 和 BICA 方法，確實能提升效能降低錯誤率，因可藉由適應性的調整權重，對於不可靠的估測值，使它消除權重調整到低，以避免因估測不準確反而消除更差。當 NFR 大且用戶數高時，雖然應用 AWPPIC 於 BICA 可以改善應用 PIC 於 BICA 的缺點，但整體效能卻比沒有應用 PIC 於 BCA 方法來的好，而應用 AWPPIC 於 BCA 方法，不論是在那個環境下都是最佳的。

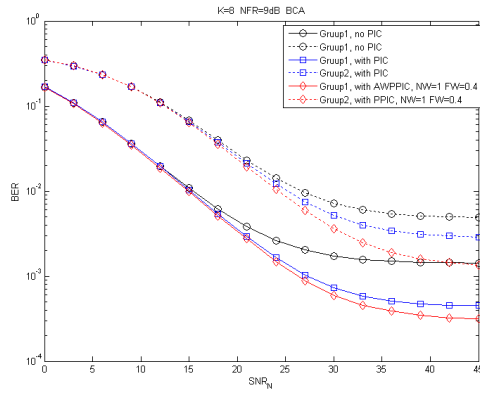


圖 12 AWPPIC 與有無 PIC 方法之比較，
BCA， $NFR = 9\text{dB}$ ， $K = 8$

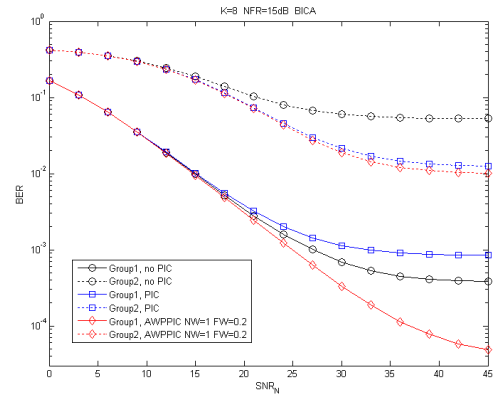


圖 15 AWPPIC 與有無 PIC 方法之比較，
BICA， $NFR = 9\text{dB}$ ， $K = 8$

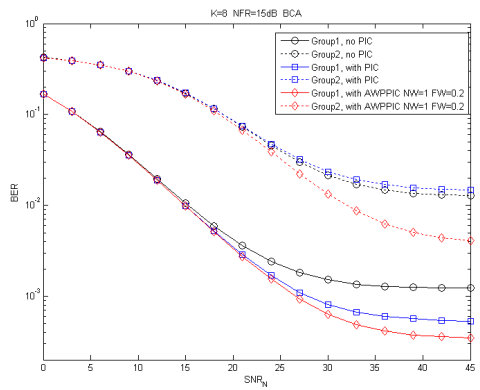


圖 13 AWPPIC 與有無 PIC 方法之比較，
BCA， $NFR = 15\text{dB}$ ， $K = 8$

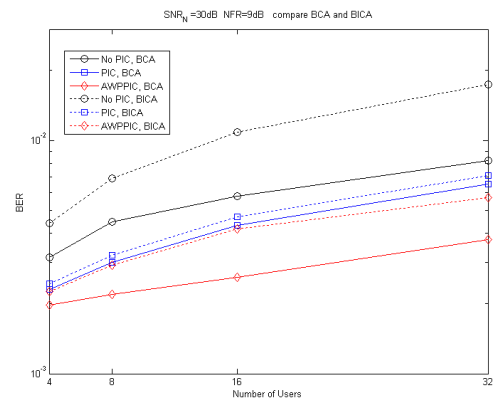


圖 16 AWPPIC 與有無 PIC 方法之多用戶效能，
 $NFR = 9\text{dB}$

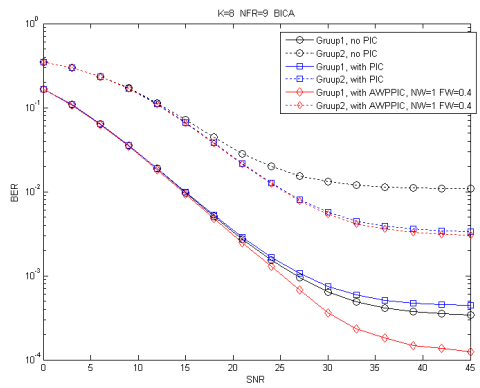


圖 14 AWPPIC 與有無 PIC 方法之比較，
BICA， $NFR = 9\text{dB}$ ， $K = 8$

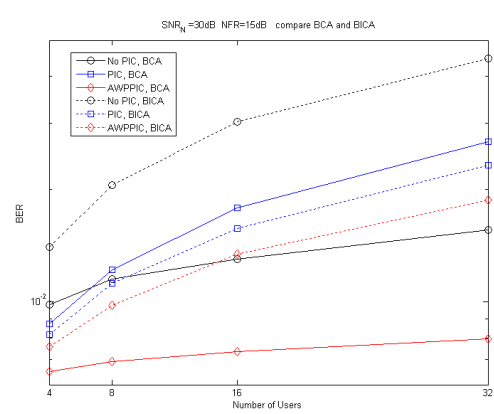


圖 17 AWPPIC 與有無 PIC 方法之多用戶效能，
 $NFR = 15\text{dB}$

6. 結論

本文針對 OFDMA 無線通訊系統，探討於選頻-時性衰退及其遠近效應問題時，應用 PIC 於不同的子載波配置之效能，在遠近功率比 NFR 較高時，PIC 的效能不理想。因此，我們提出應用 AWPPIC 於 BCA 和 BICA 方法，可以改善應用 PIC 於 BCA 和 BICA 方法的缺點，當 NFR 較小時，FW 可以調整到較高，當 NFR 較大時，FW 可以調整到小，因為估測值已經不準確了，這時應用 PIC 來消除干擾會更差。最後，我們應用 AWPPIC 於 BICA 方法，在任個環境都是最佳的，因此，我們提出的 AWPPIC 確實可以降低錯誤率進而提升用戶容量。

致謝

本研究成果為國科會所贊助，計畫編號 NSC 99-2221-E-324-009- 及 NSC 99-2632-E-324 -001-MY3。

參考文獻

- [1] E. A. Sourour and M. Nakagawa, "Performance of orthogonal multicarrier CDMA in a multi-path fading channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 44, no. 3, pp. 356 – 367, Mar. 1996.
- [2] J. A. C. Bingham, "Multi-carrier for data transmission: an idea whose time has come," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 5-14, May 1990.
- [3] R. Van Nee and R. Prasad, *OFDM Wireless Multimedia Communications*. Artech House, 2000.
- [4] J. Choi, C. Lee, H. W. Jung, and Y. H. Lee, "Carrier frequency offset compensation for uplink of OFDM-FDMA systems," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 4, no. 12, pp. 414–416, Dec. 2000.
- [5] *IEEE Std. 802.16-2004 Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*, IEEE Std. 802.16, 2004
- [6] *IEEE Std. 802.16e-2005 Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems-Amendment 2*, IEEE Std. 802.16e, 2005
- [7] X. Dai, "Carrier frequency offset estimation and correction for OFDMA uplink," *IET Communications*, vol. 1, issue 2, pp. 273-281, April 2007
- [8] A. M. Tonello, N. Laurenti, and S. Pupolin, "Analysis of the uplink of an asynchronous multi-user DMT OFDMA system impaired by time offsets, frequency offsets, and multi-path fading," in *Proc. IEEE VTC Conference Record*, Vol. 3, pp. 1094–1099, Oct. 2000 Fall.
- [9] Yung-Fa Huang, H.-L. Hung and J.-H. Wen, 2008, "An Adaptive Multistage Parallel Interference Canceller for CDMA Communication Systems," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 57, no. 3, pp. 1944-1951, May, 2008.
- [10] D. Huang and K. B. Letaief, "An interference-cancellation scheme for carrier-frequency offsets correction in OFDMA systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 53, no. 1, pp. 203-204, Jan. 2005
- [11] J. Andrews and T. Meng, "Performance of multicarrier CDMA with successive interference cancellation in a multipath fading channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 52, no. 5, pp. 811-822, May 2004.
- [12] J.-H. Wen and Y.-F. Huang, "Fuzzy-based adaptive partial parallel interference canceller for CDMA communication systems over fading channels," *IEE Proceedings-Communications*, vol. 149, no. 2, pp. 111-116, April 2002.
- [13] Y.-F. Huang, "Performance of adaptive multistage fuzzy-based partial parallel interference canceller for multi-carrier CDMA systems," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E88-B, no. 1, pp. 134-140, Jan. 2005.