

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告

使用分頻訊號處理之高速行動多媒體傳收器系統研究與設計--子計

畫五:寬頻無線接取之訊雜比估測及適應性調變(3/3)

計畫類別： 整合型計畫

計畫編號：NSC 96— 2219 —E —009—005 —

執行期間： 96年8月1日至 97年 7月 31 日

計畫主持人：張文鐘

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

執行單位：國立交通大學電信工程學系

中 華 民 國 97 年 10 月 22 日

摘要

本計劃主要討論 IEEE 802.16j 使用者的路徑選擇問題，使得系統容量能因中繼站的使用而提高。中繼站的存在，提高了通道容量也提供了合作式通訊的機制。資源管理就是要選擇能增進系統容量的 2-hop 使用者，來使整個通訊系統得到高容量和低錯誤率，而挑選出的 2-hop 使用者，可以更進一步使用合作式通訊而降低錯誤率。2-hop 使用者挑選的條件是以能最大化系統的容量為必要條件，因此使用者從 1-hop 變 2-hop 的準則，是要以會提高整個系統全部容量做為考量。2-hop 時，中繼站和基地台還可以用同樣的頻率跟使用者作合作式通訊。為了這個目的，我們探討一種動態的通訊訊框的設計，來最大化系統的容量並用來進行合作式通訊，以得到更高的傳輸量跟降低錯誤率。

關鍵字: 中繼通訊、路徑選擇、合作式通訊

Abstract

This project discusses the issue of path selection for the mobile users in the IEEE 802.16j environment such that the system capacity can be increased due to the use of the relay station. The relay station provides better SNR to increase the system capacity as well as the opportunity to conduct cooperative communication. The purpose of resource management is to identify these mobile users and provide them the relay service to increase their received SNR. The criterion to select these 2-hop users are that for each selected one the system capacity can be increased due to the increases received SNR. After a user is made to be 2-hop, we further consider the possibility of cooperative communication. For this purpose, we investigate the design of a dynamic frame structure to maximize the system throughput.

Keywords: path selection, relay communication, cooperative communication

一 簡介

在未來的通訊系統中，中繼站扮演了一個很重要的腳色，它可以用來增加系統的 throughput 和系統覆蓋範圍，由於中繼站的建構成本比基地台還低，所以中繼站已經是被大家所承認的解決方案，在 IEEE 802.16e 中，也新增了支援中繼站的增修版本 IEEE 802.16j [1][2]。但因為新增了中繼站也同時產生了許多新的問題，譬如該如何在基地台和中繼站之間分配有限的無線電資源，並且對於使用者該選擇 1-hop 或是 2-hop。這些問題都是在使用中繼站前需要解決的。

而在路徑選擇法中，前人提出的選擇方法為根據 SIR 來選擇[3]，其方法是挑選跟哪個站台 SIR 的值最大就跟哪個站台連結，例如中繼站到使用者端的 SIR 較大的話，則使用者就 2-hop，而在[3]中做了個重大的假設，其中假設基地台到中繼站的 SIR 很好，但是這個假設在實際情況中並不一定成立，當中繼站距離基地台很遠的話，則基地台到中繼站的 SIR 反而有可能會比中繼站到使用者的 SIR 還差，在這個情況下，使用者挑了 2-hop，其中基地台到中繼站那段根據 SIR 選了較低的調變速度，但是中繼站到使用者這段卻用了較高調變速度，對於使用者收到的資料還是根據基地台到中繼站的那段調變速度所

產生的，所以在系統 throughput 上並沒有因為使用者 2-hop 而增加。而在[4]中是根據使用者和基地台的實際距離，跟使用者和中繼站的實際距離來挑選連接站台，選擇實際距離近的做為連接點，在[3]和[4]中都有相同的問題，就是在選擇路徑時並沒有把全部連線 (BS-MS, BS-RS, RS-MS) 的狀況考慮進來。而本篇所採用的路徑演算法是由 Liu tao 所提出的[5]，我們加上了 frame partition 的概念，並配合 IEEE 802.16j frame structure 的設計，加以改進並應用於 IEEE 802.16j 上。

在分配無線電資源方面，由於 IEEE 802.16j 主要採用 OFDMA 技術，而在 IEEE 802.16e 中有 FFR(fractional frequency reuse)的技術，主要的目的在於切割 cell 內的頻段，把頻率切成兩段、內圈頻段和外圈頻段，內圈給予距離基地台較近的使用者使用，外圈給較靠近 cell 外圍的使用者使用，而相鄰 cell 的外圈頻段並不會重複，所以可以有效消除 co-channel 干擾，而我們將 FFR 的概念使用在 IEEE 802.16j 下。

本報告架構如下。第 2 段介紹我們所使用的系統模型，第 3 段說明在 IEEE 802.16j 下進行無線電頻率資源的切割，且說明路徑選擇演算法，第 4 段我們針對被挑選的 2-hop 使用者執行合作式通訊，第 5 段為模擬，第 6 段結論。

二 系統模型

我們使用蜂窩式網路架構在我們的模型中，由 19 個六角形的 cell 所組成，每個 cell 中間有 1 個基地台，基地台距離 cell 的六角型頂點為 R ，而在每個 cell 中基地台和 cell 的 6 個頂點的連線中放置中繼站，中繼站距離基地台為 R_1 ，我們將針對中間 cell 做研究，並且因為採取 OFDMA 的技術，所以在 BS-RS、RS-MS 和 BS-MS 所用到的時間-頻域的區塊並不一樣，因此沒有細胞內的干擾(intra-cell interference)，最主要的干擾來自細胞間的干擾(inter-cell interference)。

圖 1 為 IEEE 802.16j 的 non-transparent 的 frame structure，我們首先看基地台的 frame structure，可以從圖 1 看得出來，會由 TTG 來分隔 DL sub frame 和 UL sub frame，而 DL sub frame 和 UL sub frame 中又分成兩塊區塊，分別為 DL Access Zone/DL Relay zone 和 UL Access Zone/UL Relay zone，Access Zone 是 Access link 所使用的，Relay zone 為 Relay link 所用，所謂的 Access link 定義為 BS-MS 和 RS-MS，Relay link 則為 BS-RS，Frame 開始會先傳 preamble 接下來 FCH 和 DL-MAP, UL-MAP, R-MAP，其中 UL-MAP 和 DL-MAP 主要是告訴使用者資料會被放置在 DL sub frame 和 UL sub frame 內的 Access Zone 中的哪個時間-頻率的區塊，而 R-MAP 就是用來說明，中繼站應該在 DL-relay zone 中的哪個時間-頻率的區塊接收需要中繼站轉傳的資料，並且 R-MAP 內會有 DL-MAP IE，所以中繼站知道轉傳的資料應該要被放置在下一個 frame 中的 DL access zone 的哪個時間-頻率的區塊。

接著我們看中繼站的 frame structure，基本的架構跟基地台的一樣，一樣的分成 Relay zone 和 Access zone，

在 DL access zone 中，中繼站依照 R-MAP 的指示擺放從上個 frame 中的 DL relay zone 接收到的資料以傳給使用者，然而中繼站也會傳送 preamble, FCH, DL-MAP, UL-MAP, 所以當使用者接收到 preamble 時，他會認為本身跟基地台連接著，換句話說，Non-transparent RS 可以說是小型的基地台。

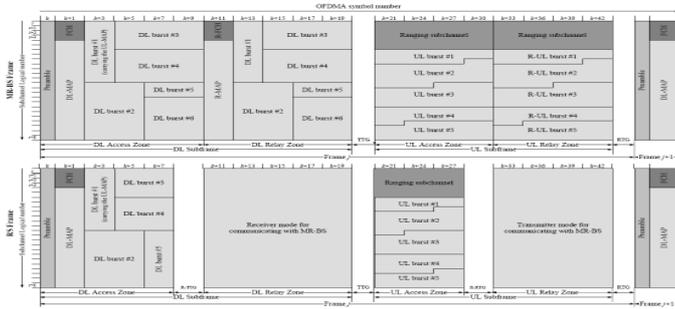


圖 1 non-transparent frame structure[1]

在本篇論文中，我們 frame 的大小選擇為 5ms 且頻寬為 20MHz，從[2]中可知總共有 48 個 OFDMA symbol。而在子載波分配上，我們依照[2]中的 Band AMC 子載波分配法，其中每 9 個連續的子載波為 1 個 bin，所以根據 FFT size 為 2048 的規格中，總共有 192 個 bins，而在 Band AMC 中 slot 的選法有 4 種， $N(\text{bins}) * M(\text{OFDMA symbol})$ ， $N * M = 6$ ，在此我們選擇 2*3 的模式。

三 路徑選擇演算法

本節中我們將介紹由 liu tao[5]所提出來的路徑演算法，並且應用在 IEEE 802.16j 上，但是因為在 IEEE 802.16j 下 frame 所使用的頻寬是固定，若使用者是 2-hop 的話就會佔據掉兩段頻寬(BS-RS, RS-MS)，所以並不是每個使用者都可以選擇 2-hop，系統會有最大的 2-hop 數量限制，因此我們首先要先決定系統所能容受的 2-hop 數量。這個最大的 2-hop 數量限制跟頻率切割及 frame structure 裏 access zone 跟 relay zone 的擺放方式有關。

在 IEEE 802.16j 我們多了中繼站的架構，並且從圖 1 中看的到，中繼站和基地台是在同一個 zone 中傳送資料，所以我們必須對 access zone 做頻率切割。因為在 IEEE 802.16e 中有 FFR[2]的方法，所以我們也在 IEEE 802.16j 作頻率切割。依照圖 2，我們設定中間 cell 為我們研究的 cell，我們把 access zone 的頻率切成 3 個頻帶，f1、f2、f3，分配 f1 和 f2 給予基地台和使用者 1-hop 溝通用，f3 則是給予中繼站到使用者通訊用，然而對於鄰近 cell 的頻率切割，則要考量相互干擾。如中間 cell 下方的 cell，其 access zone 的頻率切割則是分配 f1、f3 給予基地台和使用者使用，而 f2 給中繼站到使用者 2-hop 使用。所以對於我們所研究的 cell，可以看的到，鄰近 cell 中繼站所使用的頻段並不會互相重疊到，並且此時的外圈則屬於中繼站操作的頻段，即不會有外圈對外圈的干擾。而在 relay zone 則屬於基地台和中繼站溝通用，所以在頻率上就沒進行切割的必要，即 f1+f2+f3 都使用。

我們分配 36 個 OFDMA symbols 在 DL sub frame 中，用來傳遞資料，其餘 12 個 symbols 給 UL sub frame 和 MAP, FCH 所用，在此論文中，我們針對 downlink 的情況做研究。我們所採用的子載波分配為 Band AMC 中 2 Bins * 3 OFDMA symbols 的模式，所以可得知在 DL-sub frame 中，可用來分配的頻寬為 192 Bins * 36 OFDMA symbol，等於 96 個 sub channel * 12 個 time slot，其中每 2 個 Bins 為 1 個 sub channel，3 個 OFDMA symbols 為 1 個 time slot，而 1 個 slot 的定義為 2 Bins * 3 OFDMA symbols，所以我們在 DL sub frame 中總共有 1152 個 slot 可以使用。

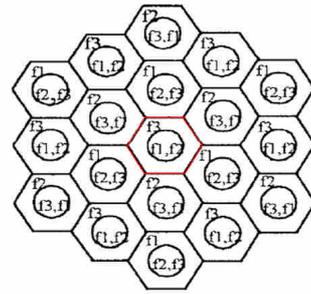


圖 2 頻率切割

我們讓 access zone 及 relay zone 所用的頻寬做動態分配。我們假設每個使用者所能使用的頻寬都一樣，所以全部的頻寬要平均分給 1-hop 的使用者和 2-hop 的使用者，然而 2-hop 的使用者佔了 2 段頻寬，1 段在 access zone 而另 1 段在 relay zone。所以每個使用者所用到的頻寬如下

$$W_{ch} = \frac{W}{N_1 + 2N_2} = \frac{W}{N + N_2} \quad (1)$$

其中 N_1 代表 1-hop 的使用者數目， N_2 則是 2-hop 的使用者數目， $N = N_1 + N_2$ 為全部在 cell 內的使用者，頻寬 $W = 1152$ 個 slot。

如果 cell 內沒有使用者 2-hop 的話，則跟 IEEE 802.16e 一樣，DL sub frame 都屬於 1-hop 使用者的，但出現使用者 2-hop 的話，系統就必須規劃出 DL relay zone 給基地台和中繼站溝通用，DL access zone 給中繼站和使用者溝通，而 2-hop 的使用者數目增加的話，DL access zone 和 DL relay zone 會持續增加頻寬，直到兩者的邊界接觸到時則會有最大 2-hop 的數量限制，如圖 3。要注意的是中繼站和基地台使用的 access zone 的頻率不一樣。

在圖 3 中左邊情況是 cell 內沒有 2-hop 的使用者，所以此時都是 1-hop 所使用，即圖 3 中黃色區塊，然而當有 2-hop 時，DL sub frame 就會規劃成圖 3 右上的情形，其中灰色區塊是要給 BS-RS 和 RS-MS 所使用的，此灰色區塊面積大小是根據 2-hop 的數量所定，然而配合圖 2 中的頻率切割，BS-RS 的頻段為 f1+f2+f3，即 96 個 sub channel，RS-MS 的頻段為 f3，即 32 個 sub channel，但當 2-hop 數量並沒有到最大值，所以此時的 f3 頻段還有空的，我們將此空的區塊也給予 BS-MS 所使用，如圖 3 右

上中黃色區塊是給 BS-MS 所使用，而隨著 2-hop 使用者的數量增加，BS-RS 和 RS-MS 所要使用到的頻寬也需要增大，直到系統達到 2-hop 數量的最大限制，即圖 3 右下的情形，因為此時 RS-MS 已經把 f3 的頻段給使用完畢，所以 BS-MS 只能使用原本分配到的 f1+f2 的頻段中使用。

由於 2-hop 所使用到的頻寬為圖 3 中的灰色區塊，所以我們首先必須要知道基地台到中繼站和中繼站到使用者的頻寬大小，然而因為我們假設每個使用者所用的頻寬是一樣的，所以我們可以將 N_2 乘上 W_{ch} ，可以得到此兩段的頻寬大小。

$$RS-MS = N_2 \times W_{ch} = \frac{N_2 \times W}{N + N_2} \quad (2)$$

$$BS-RS = N_2 \times W_{ch} = \frac{N_2 \times W}{N + N_2}$$

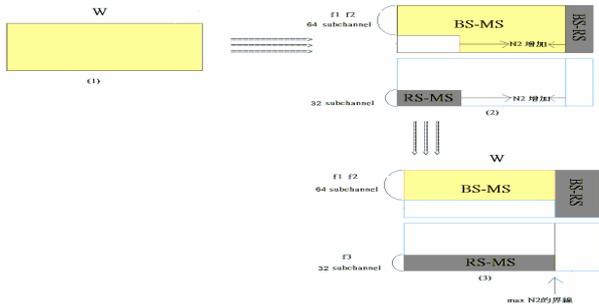


圖 3 最大 2-hop 數目說明圖

接著把我們所使用的系統參數代入式子(2)，並且固定中繼站(f3)和基地台(f1+f2+f3)所用的頻段，依據 Bin 的定義

$$RS-MS = \frac{N_2 \times 96 \times 12}{N + N_2} = 32(\text{subchannel}) \times \frac{N_2 \times 36}{N + N_2} (\text{time slots}) \quad (3)$$

$$BS-RS = \frac{N_2 \times 96 \times 12}{N + N_2} = 96(\text{subchannel}) \times \frac{12 \times N_2}{N + N_2} (\text{time slots})$$

即可得到兩段分別所使用到的 time slot，接著我們將兩段所使用到的 time slot 相加，如果兩段所使用的 time slot 相加剛好把整個 DL sub frame 的 12 個 time slot 給用完則代表 2-hop 數目不能夠再增加。

$$\frac{N_2 \times 36}{N + N_2} (\text{time slots}) + \frac{12 \times N_2}{N + N_2} (\text{time slots}) = 12 (\text{time slots}) \quad (4)$$

經過推導後可得到最大的 N_2 為 $\frac{N}{3}$ ，然而此最大 2-hop 數目將在路徑選擇演算法中代表 2-hop 使用者數目的上限。

接著我們討論最高系統容量選擇法來選擇 2-hop 使用者。我們假設第 i-th 使用者是 1-hop，其 1-hop 的 spectral efficiency

$$\eta_1(i) @ \log_2(1 + \Gamma_{BM}(i)) \quad (5)$$

其中 $\Gamma_{BM}(i)$ 為基地台和使用者間的 SIR

假設第 j-th 使用者 2-hop，則 spectral efficiency 定義如下

$$\eta_2(j) @ \log_2(1 + \min(\Gamma_{BR}(j), \Gamma_{RM}(j))) \quad (6)$$

其中 $\Gamma_{BR}(j)$ 為基地台和中繼站間的 SIR， $\Gamma_{RM}(j)$ 為中繼站和使用者間的 SIR。基地台首先會為每個使用者挑選備用中繼站以作為 2-hop 的準備，基地台會利用(6)來挑選

哪個中繼站會讓使用者有最大的 2-hop spectral efficiency，而此中繼站將作為備用中繼站。

Algorithm

演算法的步驟如下。

步驟 1. 2-hop 增益

$$\Delta\eta_0(i) = \eta_2(i) - \eta_1(i) \text{ for } i < i < N$$

$$k = \sum_{i=1}^N \eta_1(i) \text{ and } \bar{N}_2 = \frac{N}{3}$$

步驟 2

以遞減的順序重新排列 $\{\Delta\eta_0(i)\}$ 得

$$\{\Delta\eta(j)\} \quad \Delta\eta(j_1) \geq \Delta\eta(j_2) \text{ for } j_1 < j_2$$

步驟 3.

如果 $\Delta\eta(1) \leq \frac{k}{N}$ ，則設 N_2 為 0 並且結束

algorithm，反之則設 $j=1$ 和 $X = \Delta\eta(1)$ ， k/N 是臨界點，保證新的增益大於其他人因頻寬減少引起的損失

步驟 4.

更新 $j = j+1$ ，如果 $j = \bar{N}_2$ 則設定 $N_2 = \bar{N}_2$ 並且離開演算法

步驟 5

如果 $\Delta\eta(j) \leq \frac{(K+X)}{(N+j-1)}$ (新的臨界點) 則設定

$N_2 = j-1$ 並且離開演算法，反之則更新 $X = X + \Delta\eta(j)$ ，並且回到步驟 4。

四 合作式通訊

我們在第 3 段時，已經挑選出 2-hop 的使用者，然而針對被選為 2-hop 的使用者，我們可以給予合作式通訊的機會，而我們採用 space time code 在合作式通訊上，如圖 4。在圖 4 中，frame i 時，基地台傳送 s_i, s_{i+1} 給中繼站，然而中繼站再把接收到的訊號編碼成 $s_i, -s_{i+1}$ ，且在 frame i+1 傳送到使用者端，而在 frame i+1 基地台再使用跟中繼站同一時間-頻率資源傳遞 s_{i+1}, s_i^* 給使用者端。

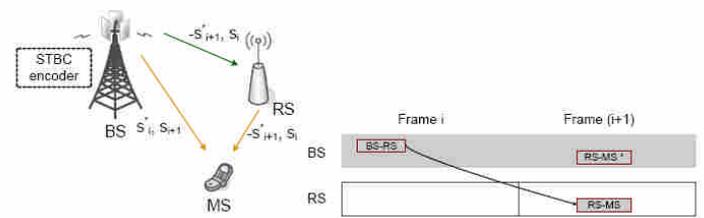


圖 4 合作式通訊[7]

由於中繼站的功能分成 AF(amplify and forward)和 DF(decode and forward)，所以在合作式通訊下，我們將對這 2 種功能的中繼站分析， $H_{sr,i}, H_{rd,i}, H_{sd,i}$ 分別為 BS-RS、RS-MS、BS-MS 頻域的 channel gain，i 為子載波編號， E_s, E_r 為基地台和中繼站的功率。

AF

First phase: $\bar{y}_{SR,i} = \sqrt{E_s} H_{sr,i} \begin{bmatrix} S_{1,i} \\ -S_{2,i}^* \end{bmatrix} + \bar{n}_{r,i}$, $\bar{n}_{r,i} \sim CN(0, N_R)$ (7)

Second phase:

$$\bar{y}_{SD,i} = \sqrt{E_s} H_{sd,i} \begin{bmatrix} S_{2,i} \\ S_{1,i}^* \end{bmatrix} + \bar{n}_{d2,i}$$
, $\bar{n}_{d2,i} \sim CN(0, N_{D2})$ (8)

$$\bar{y}_{RD,i} = \alpha H_{rd,i} \bar{y}_{sr,i} + \bar{n}_{d1,i}$$

$$= \alpha H_{rd,i} \sqrt{E_s} H_{sr,i} \begin{bmatrix} S_{1,i} \\ -S_{2,i}^* \end{bmatrix} + \alpha H_{rd,i} \bar{n}_{r,i} + \bar{n}_{d1,i}$$
, $\bar{n}_{d1,i} \sim CN(0, N_{D1})$ (9)

$$\alpha = \frac{\sqrt{E_R}}{\sqrt{N_R}(1 + \gamma_{SR,i})}$$

$$\bar{Y}_{AF} = \begin{bmatrix} \bar{y}_{RD,i}[1] + \bar{y}_{SD,i}[1] \\ \bar{y}_{RD,i}[2] + \bar{y}_{SD,i}[2] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \alpha H_{rd,i} \sqrt{E_s} H_{sr,i} S_{1,i} + \sqrt{E_s} H_{sd,i} S_{2,i} \\ \alpha H_{rd,i} \sqrt{E_s} H_{sr,i} (-S_{2,i}^*) + \sqrt{E_s} H_{sd,i} S_{1,i}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha H_{rd,i} \bar{n}_{r,i}[1] + \bar{n}_{d1,i}[1] + \bar{n}_{d2,i}[1] \\ \alpha H_{rd,i} \bar{n}_{r,i}[2] + \bar{n}_{d1,i}[2] + \bar{n}_{d2,i}[2] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} H_1 & H_2 \\ H_2^* & -H_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{1,i} \\ S_{2,i} \end{bmatrix} + \bar{N}_{AF}$$
 where $[H_1 \ H_2] = [\alpha H_{rd,i} \sqrt{E_s} H_{sr,i}, \sqrt{E_s} H_{sd,i}]$

$$= H_{AF} \times \bar{S} + \bar{N}_{AF}$$
 (10)

使用者對(10), \bar{Y}_{AF} 執行 MRC, 在此假設 channel 已知,

$$\bar{Z}_{AF} = H_{AF}^H \bar{Y}_{AF}$$

$$= (|H_1|^2 + |H_2|^2) \times \bar{S} + H_{AF}^H \bar{N}$$
 (11)

可得到輸出 SIR

$$SIR_{AF} = \frac{\gamma_{SD,i} + \frac{\gamma_{SR,i} \gamma_{RD,i}}{(1 + \gamma_{SR,i})}}{1 + \frac{\gamma_{RD,i}}{(1 + \gamma_{SR,i})}}$$
 (12)

其中 $\gamma_{SD,i}$, $\gamma_{SR,i}$, $\gamma_{RD,i}$ 分別為基地台到使用者, 基地台到中繼站, 中繼站到使用者的 SIR。

DF

在 DF 的模式下, 只有當中繼站正確的解調出來接收到訊號才會進行傳送

First phase: 假設中繼站成功解調出 $s_{1,i}, -s_{2,i}^*$ 。

Second phase: $\bar{y}_{RD,i} = \sqrt{E_R} H_{rd,i} \begin{bmatrix} S_{1,i} \\ -S_{2,i}^* \end{bmatrix} + \bar{n}_{d1}$ (13)

$$\bar{y}_{SD,i} = \sqrt{E_s} H_{sd,i} \begin{bmatrix} S_{2,i} \\ S_{1,i}^* \end{bmatrix} + \bar{n}_{d2}$$
 (14)

$$\bar{Y}_{DF} = \begin{bmatrix} \bar{y}_{RD,i}[1] + \bar{y}_{SD,i}[1] \\ \bar{y}_{RD,i}[2] + \bar{y}_{SD,i}[2] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sqrt{E_R} H_{rd,i} S_{1,i} + \sqrt{E_s} H_{sd,i} S_{2,i} \\ \sqrt{E_R} H_{rd,i} (-S_{2,i}^*) + \sqrt{E_s} H_{sd,i} S_{1,i}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{n}_{d1}[1] + \bar{n}_{d2}[1] \\ \bar{n}_{d1}[2] + \bar{n}_{d2}[2] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} H_1 & H_2 \\ H_2^* & -H_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{1,i} \\ S_{2,i} \end{bmatrix} + \bar{N}_{DF}$$
 where $[H_1 \ H_2] = [\sqrt{E_R} H_{rd,i} S_{1,i}, \sqrt{E_s} H_{sd,i} S_{2,i}]$

$$= H_{DF} \times \bar{S} + \bar{N}_{DF}$$
 (15)

使用者對(15), \bar{Y}_{DF} 執行 MRC

$$\bar{Z}_{DF} = H_{DF}^H \bar{Y}_{DF}$$

$$= (|H_1|^2 + |H_2|^2) \times \bar{S} + H_{DF}^H \bar{N}_{DF}$$
 (16)

可得到輸出 SIR

$$SIR_{DF} = \gamma_{sd,i} + \gamma_{rd,i}$$
 (17)

此時, 如果我們將基地台到中繼站的 SIR 設為無限大, 可以從(13)和(17)會得到 AF 和 DF 的 SIR 會一樣。

五. 模擬

一般而言, 中繼站通常是放置在屋頂上, 所以在 BS-RS 的 path loss model, 我們採取的是 LOS, 依照[6]中的 type D, 而使用者通常是在路面上, 所以在 BS/RS-MS 採取的 path loss model 為 NLOS, 依照[6]中的 type E, 基地台的功率為 10W, 而中繼站的功率 7W, cell 半徑 R 設定 2km, 並且均勻放了 144 個使用者在 cell 內, 為了創造一個動態的環境, 所以我們讓中繼站在 9 個不同的位置, 來檢驗我們所探討的問題, 接下來的模擬圖中, 橫軸都為中繼站距離基地台的位置, 而 19 個 cell 內的所有中繼站都是隨著 R_1/R 一起改變位置。

圖 5 是在 (900,0) 位置上的使用者所測量到的 SIR, 從圖中我們可以看到 3 條線, 分別為 BS-MS、BS-RS、RS-MS 的 SIR, 我們可以觀察到 BS-RS 的 SIR 隨著中繼站越放越遠而減少, 原因在於此時中繼站接收基地台的訊號部分減小, 而接收其他 cell 基地台來的干擾部分變大, 而 RS-MS 的 SIR 隨著中繼站越來越靠近使用者 ($R_1/R=0.3\sim0.5$), 訊號部分加大, 所以 SIR 便高, 然而 BS-MS 的 SIR 受到其他 cell 的中繼站也在往外移動, 所以訊號部分不變, 干擾部份加大, 其 SIR 隨著中繼站的位置變遠而變小。

在圖 5 中, 當 $R_1/R=0.3\sim0.5$ 時, BS-RS 的 SIR、RS-MS 的 SIR 中的最小值都比 BS-MS 的 SIR 還高很多, 所以在 $R_1/R=0.3\sim0.5$ 時, 有可能會被選為 2-hop 的使用者, 所以在圖 6 中, 我們畫出使用者從 1-hop 變 2-hop 的 spectral efficiency 增益。紅色線代表第 3 節中的 threshold, 從圖可以看的到, 在 $R_1/R=0.3\sim0.5$ 時, 它的 1-hop 變 2-hop 的增益大於 threshold, 所以使用者在 $R_1/R=0.3\sim0.5$ 時被指定為 2-hop。

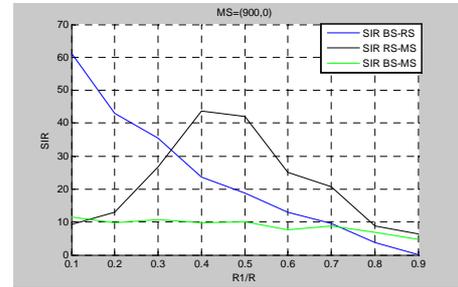


圖 5. MS=(900,0)的 SIR 變化

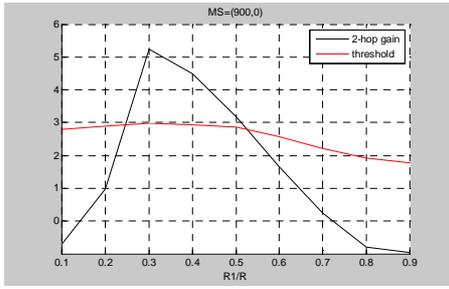


圖 6 MS=(900.0)的 2-hop 變化

圖 7 是表示 cell 內有多少 2-hop 的使用者，從圖中看的出來一開始 2-hop 的數量並不多，因為當中繼站還很靠近基地台時，RS-MS 的 SIR 沒有很大的改進，所以 2-hop 的數量不多，而隨著中繼站離基地台距離增加，RS-MS 的 SIR 開始改進，所以 2-hop 的數量增加，當 $R1/R=0.5\sim 0.6$ 時，2-hop 的使用者達到最大，並超過系統 2-hop 數量最大的限制，所以我們就取最大的前 48 個 2-hop 使用者，而當中繼站離基地台距離持續增加時，所以導致基地台到中繼站的 SIR 變的不好，則選擇 2-hop 的使用者會逐漸下降。

圖 8 是我們使用最高容量選擇法和其他選擇法的 throughput 比較，其它選擇法我們採取的是用距離選擇，當使用者跟中繼站的距離小於使用者跟基地台的距離，則此使用者就會變成 2-hop。為了公平比較，用距離選出 2-hop 的數量跟最高容量選擇法決定出來的 2-hop 數量須一樣。這時用距離選又可以分成兩種，從符合條件的使用者，再從其距離中繼站近的開始選，即綠色線，和從遠的開始選，即黑色線，從圖中看的到使用最高容量的 throughput 表現最好。而其中紅色線是全部使用者都是 1-hop 的 throughput。

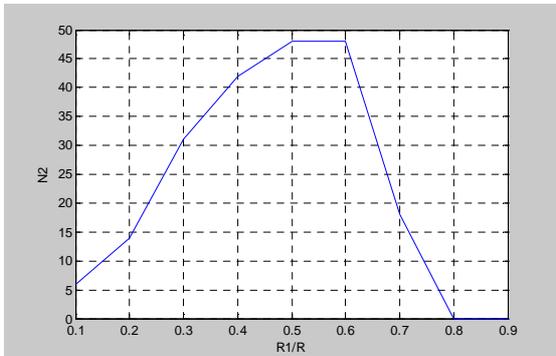


圖 7. 2-hop 使用者數量

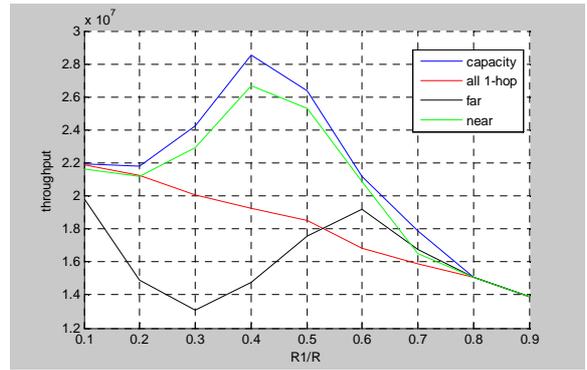


圖 8. 系統 throughput 比較圖

對於這些 2-hop 的使用者，我們更進一步利用 STBC 來降低他們的錯誤率。圖 9 顯示執行合作式通訊時的錯誤率，而圖中紅色線是沒有合作式通訊，我們可以看到，當執行合作式通訊時，錯誤率會降低，而 DF 的錯誤率比 AF 的錯誤率還好，是因為 AF 會受到 BS-RS 的雜訊所影響到，此雜訊會累加到 RS-MS 端，所以即使 RS-MS 的雜訊降低，但 BS-RS 的雜訊影響還存在著，所以 MS 端的雜訊上升，則錯誤率升高。

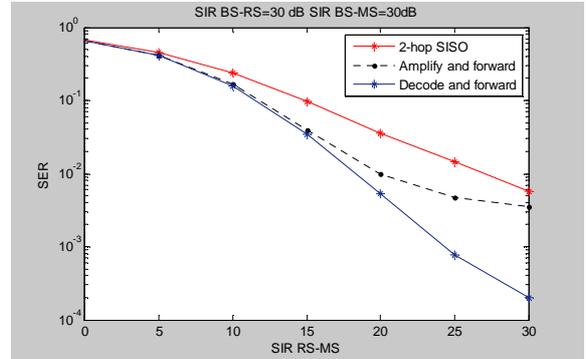


圖 9 SIR(BS-RS)=30, SIR(BS-MS)=30 符號錯誤率

六 結論

在本篇論文中，我們以提高系統的容量為目標，來挑選 2-hop 的使用者，對於這些使用者，我們可以使用合作式通訊來降低錯誤率。

七 參考文獻

- [1] IEEE P802.16j/D3, "Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Multihop Relay Specification", March. 2008
- [2] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands, Feb. 2006
- [3] Huining Hu; Yanikomeroglu, H.; Falconer, D.D.; Periyalwar, S.; "Range extension without capacity penalty in cellular networks with digital fixed relays" IEEE GLOBECOM '04. Volume 5, 29 Nov.-3 Dec. 2004 Page(s):3053 - 3057 Vol.5

- [4] Sreng, V.; Yanikomeroglu, H.; Falconer, D.D. "Relayer selection strategies in cellular networks with peer-to-peer relaying" IEEE VTC 2003 Page(s):1949 - 1953 Vol.3
- [5] T Liu, M Rong, Y Xue, E Schulz "joint routing and resource partitioning in relay enhanced cellular network" IEEE.WCNC 2007 11-15 March 2007 Page(s):4133 - 4138
- [6] Mike Hart, Jung Je Son "Channel Model and Performance Metric" IEEE 802.16j-06/013r3
- [7] Mingshu Wang, Anxin Li "Cooperative RS Transmission Scheme on IEEE 802.16j" IEEE C802.16j-06/294r1

”