

國立交通大學

電信工程研究所

碩士論文

進階長期演進技術下行鏈路中毫微微基地
台布建下之部分頻率複用協調機制

Coordinated Fractional Frequency Reuse under Femtocell
Deployment in LTE-Advanced Downlink Networks

研究生：楊宗翰

指導教授：李程輝 教授

中華民國一〇二年八月

進階長期演進技術下行鏈路中毫微微基地台布建下
之部分頻率複用協調機制

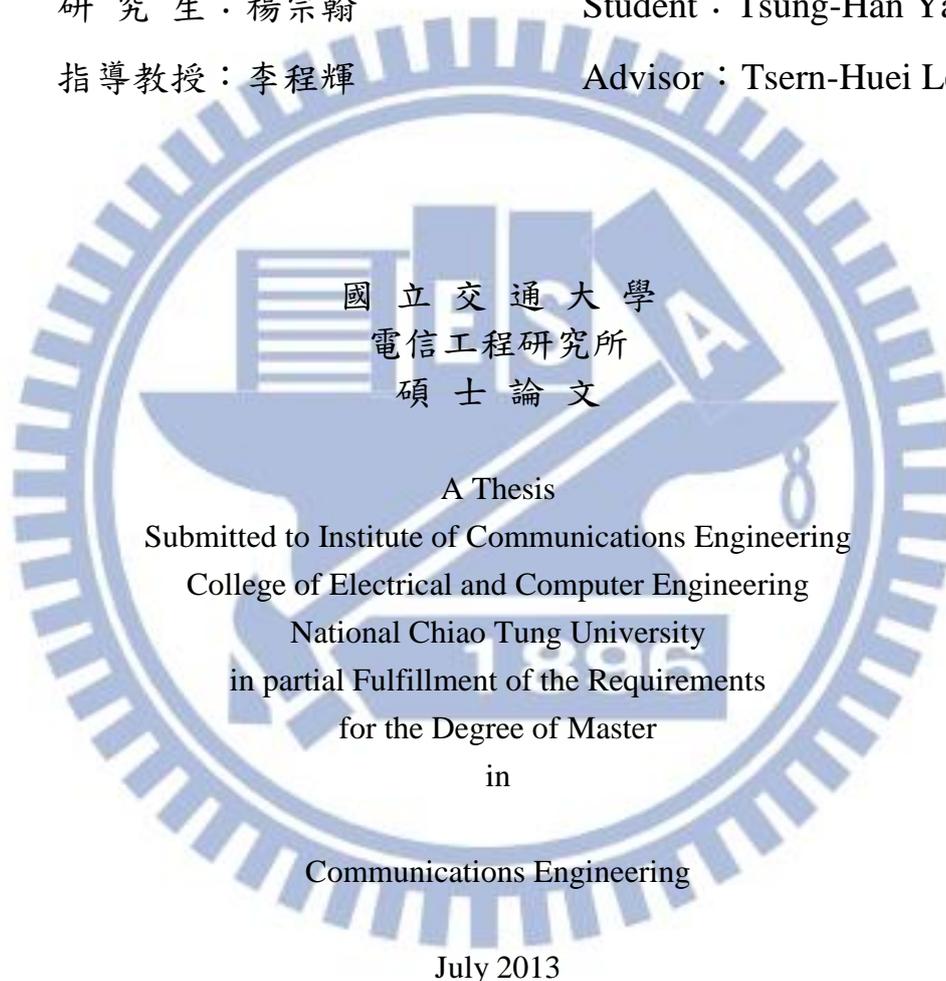
Coordinated Fractional Frequency Reuse under Femtocell
Deployment in LTE-Advanced Downlink Networks

研究生：楊宗翰

Student : Tsung-Han Yang

指導教授：李程輝

Advisor : Tsern-Huei Lee



Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇二年八月

進階長期演進技術下行鏈路中毫微微基地台布建下 之部分頻率複用協調機制

學生：楊宗翰

指導教授：李程輝 博士

國立交通大學電信工程研究所碩士班

摘 要

隨著無線通訊設備以及通訊服務的普及化，用戶們對於資料傳輸量的需求愈來愈大，傳統所使用的無線通訊系統亟需改善以符合用戶的需求，因而進階長程演進技術被提出來，目的便是為了取代傳統的系統，提高用戶的資料傳輸速率。在進階長程演進技術中，異質性網路佔有一個相當重要的地位，因為在布建一個系統時所花費的成本有相當大的比例用在頻寬上，而異質性網路能使頻寬更有效的利用；但在異質性網路布建的同時，干擾的控制也是必須同時進行的，若是不謹慎處理干擾，異質性網路不但不能使系統效能提升，還可能會造成反效果。對此本研究提出了一個雜訊控制的演算法，並對在此演算法條件下的系統去做分析，找出適當的實現及使用方式，最後並根據不同參數的設定，了解了在何種情況下改使用哪種參數，藉以使系統的效能最大化。

關鍵字：進階長程演進技術，進階干擾協調，頻率複用，異質性網路，毫微微基地台

Coordinated Fractional Frequency Reuse under Femtocell Deployment in LTE-Advanced Downlink Networks

Student: Tsung-Han Yang

Advisor: Dr. Tsern-Huei Lee

Institute of Communications Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Nowadays, because mobile devices spread among the people, the demand of communication resource grows rapidly. Traditional macro-nodes cellular network is not a sustainable scheme to handle the traffic load anymore. For this reason, Long Term Evolution Advanced is proposed. A main feature introduced in LTE-Advanced is its support of heterogeneous cellular networks. Using these small cells we could alleviate cellular coverage problems, offload traffic from the cellular network and boost user data rates. However instead of improving the system, inefficient deployment may produce interferences leading to a degradation of system performance. In this thesis, we propose a new algorithm to coordinate interference. And we analysis it getting a suitable set of parameter to maximize system throughput.

Keywords : LTE-A, eICIC, FFR, HetNet, Femtocell

誌 謝

能完成這篇論文，首先要感謝我的指導教授 李程輝博士；在我就讀研究所的這段期間，老師給了我許多的建議，並教了我很多做事的方法，更重要的是指導我該如何思考一件事情以及思考的態度，以及做研究外發覺自己的興趣並朝著他努力，不要整天只想著念書，成了書呆子；在求學的路上我並不是走的很順遂，能得到老師的指導實在是這段路上令我最有收穫的事情。

感謝我的父親、母親辛勞工作讓我衣食無憂的度過求學生涯，以及感謝我所有的家人，若是沒有他們的支持、鼓勵與陪伴，現在的我不可能有如此的成就。

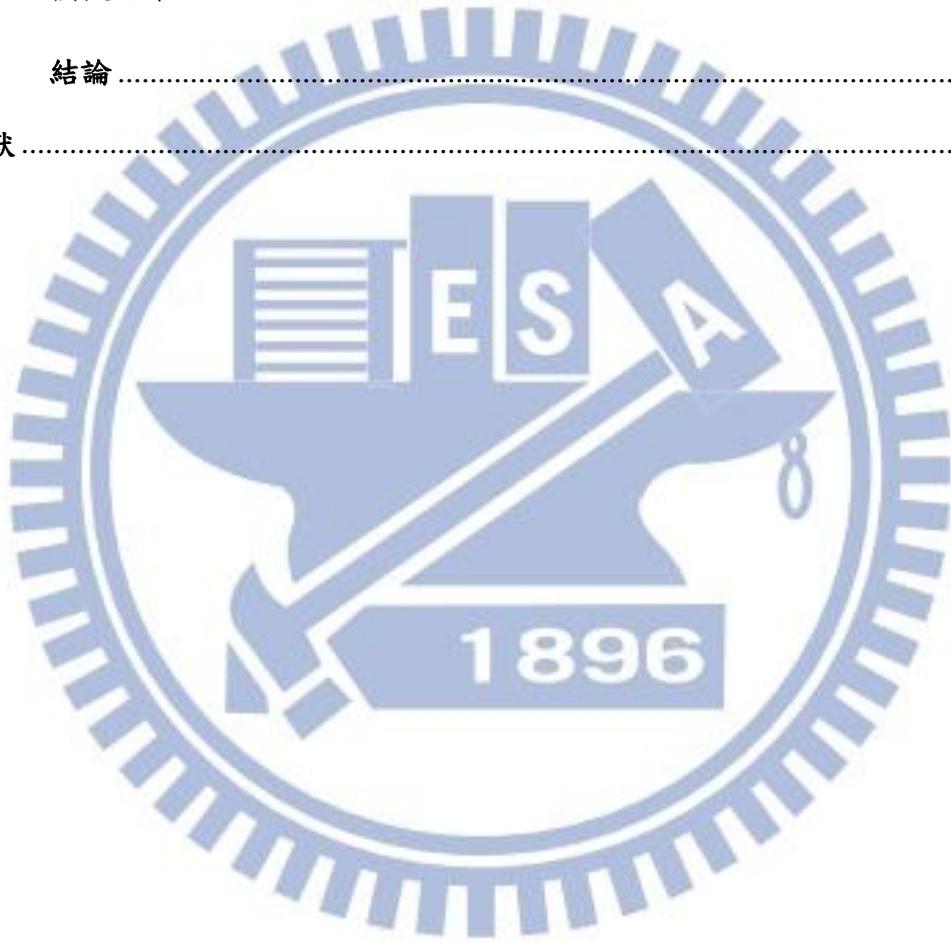
感謝實驗室裡一起打拼、互相扶持的夥伴們，梓洋學長、承潔學姊、咨翰、裕捷、瑞良、嘉振、鐙標、俊緯、廣煜、彥良、廷勇、政谷，平時一起做研究、互相指教、一起開玩笑紓解壓力、一起買便當，要是沒有你們的陪伴，研究所這段生活肯定相當乏味。

最後感謝這段路上所有幫助過我的人，因為有你們的存在，我才能夠如此順利的完成這篇論文。

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目 錄.....	iv
圖 目 錄.....	vi
表 目 錄.....	viii
第一章. 簡介.....	1
1.1. 研究背景.....	1
1.2. 異質性網路.....	3
1.3. 進階基地台間干擾協調.....	5
1.4. 論文架構.....	6
第二章. 系統模型.....	8
2.1. 系統環境.....	8
2.2. 效能評估方式.....	10
第三章. 相關研究.....	12
3.1. 部分頻率複用.....	12
3.2. 使用部分頻率複用實現毫微微基地台間干擾消除.....	14
第四章. 部分頻率複用協調機制.....	17

4.1.	問題描述	17
4.2.	部分頻率複用協調機制	17
第五章.	模擬	25
5.1.	模擬環境	25
5.2.	模擬結果	26
第六章.	結論	34
參考文獻		35



圖目錄

圖一 干擾來源示意圖.....	5
圖二 七個宏基地台組成示意圖.....	8
圖三 頻率複用機制示意圖.....	12
圖四 部份頻率複用示意圖.....	13
圖五 兩種部份頻率複用的機制示意圖.....	14
圖六 [7]所提出之四種部份頻率與毫微微基地台共存之模型.....	15
圖七 [7]所模擬的結果，Reuse-1 為不做頻率複用，Reuse-3 為三段頻率複用，SFR 為軟 頻率複用，PFR 為分段頻率複用，SFFR 為部份軟頻率複用.....	16
圖八 毫微微基地台與中央運算單位連結示意圖.....	18
圖九 第一部分流程示意圖.....	20
圖十 軟頻率複用底下使用的頻帶示意圖.....	22
圖十一 頻率分配機制下的結果.....	23
圖十二 第二部分流程示意圖.....	24
圖十三 保證頻寬 33%時宏基地台使用者的吞吐量.....	27
圖十四 保證頻寬 33%時毫微微基地台使用者的吞吐量.....	29
圖十五 保證頻寬 25%時宏基地台使用者的吞吐量.....	30
圖十六 保證頻寬 25%時毫微微基地台使用者的吞吐量.....	31

圖十七 保證頻寬 50%時宏基地台使用者的吞吐量32

圖十八 保證頻寬 50%時毫微微基地台使用者的吞吐量33

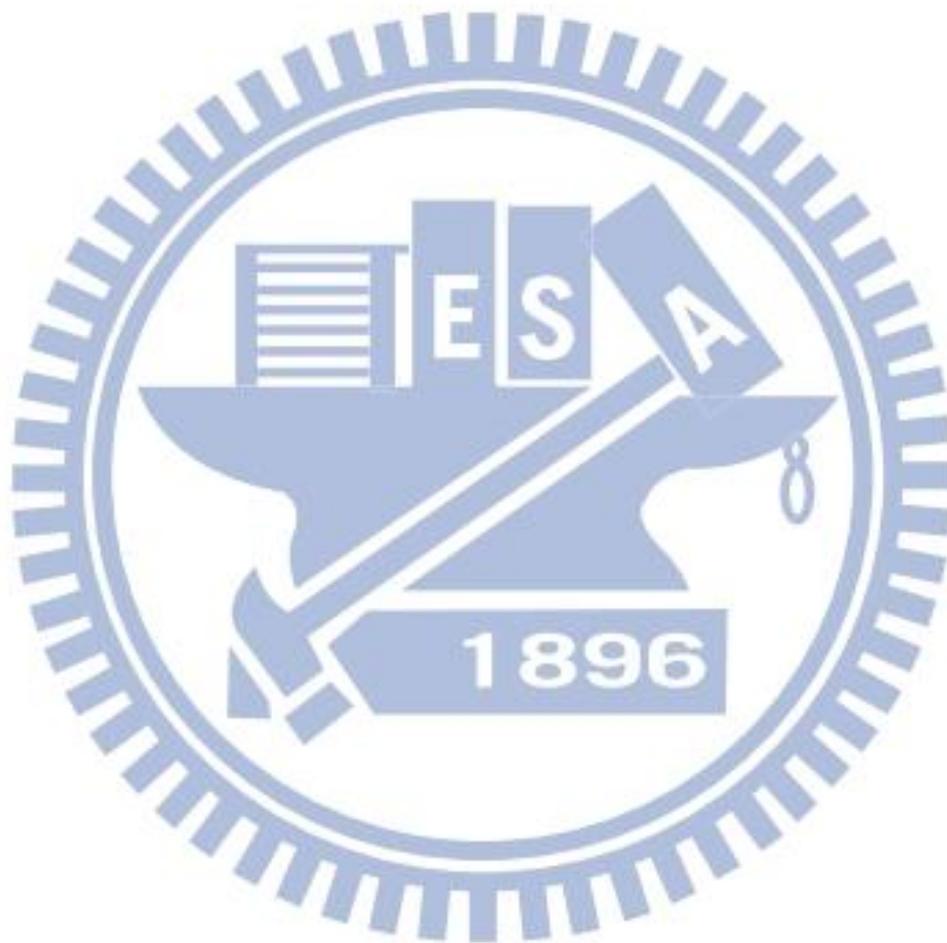


表 目 錄

表一 異質性網路成員的標準規格表.....	4
表二 訊號與干擾訊比分析.....	21
表三 模擬環境參數.....	25



第一章.

簡介

1.1. 研究背景

隨著時代的轉變與科技的日新月異，花費在生產智慧型移動裝置上的成本與時間大幅地減少，造成了這些智慧型移動裝置幾近人手一支，也因此使用者對於通訊資源的需求也大幅地成長。為了滿足如此多消費者的需求，國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)提出了第四代行動通訊技術標準(4th generation of mobile phone mobile communications standards, 4G)，目的就是要用來汰換將會愈來愈無法滿足所有使用者需求的第二代行動通訊技術以及第三代行動通訊技術，例如現今相當普及的全球行動通訊系統(Global System for Mobile Communications, GSM)以及寬頻分碼多工技術(Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA)。

第四代行動通訊技術旨在提供了更快速、吞吐量更大的行動網路系統，由第三代合作夥伴計劃(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)所提出的長期演進技術(Long Term Evolution, LTE)便是以達成第四代行動通訊標準為發展目標的一個技術，與高速下行封包接入技術(High Speed Downlink Packet Access, HSDPA)以及全球互通微波存取技術(Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMAX)合稱第四代行動通訊的過渡技術。而從長期演進技術發展至第十版開始符合國際電信聯盟所提出的第四代行動通訊標準，又被稱為是進階長期演進技術(Long Term Evolution Advanced, LTE-Advanced)，進階長程演進技術與進階全球互通微波存取技術(Worldwide Interoperability for

Microwave Access, WiMAX Advanced)為目前公認的第四代行動通訊技術。

長程演進技術的網路架構主要分為核心網路部份(Evolved Packet Core, EPC) 與無線網路部份(Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, E-UTRAN), 而在核心網路與使用者之間透過進化型基地台(Evolved Node B, eNB)執行無線電資源管理(Radio Resource Management, RRM)。無線部份的下行鏈路是採用正交分頻多工存取技術(Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA), 正交分頻多工存取技術為正交分頻多工技術(Orthogonal Frequency Division Multiple, OFDM)的衍伸技術, 正交分頻多工技術將頻譜分成許多相互正交的子載波(Sub-carrier), 不同的使用者可挑選互相正交且不重複的子載波來使用, 如此可使得一段連續頻譜同時讓許多使用者使用, 達到頻域分集(Frequency Diversity)的效果; 而正交分頻多工存取技術則是進一步地在時域(Time-Domain)上進行分割, 每隔固定時間分成一小區, 稱為資源區塊(Resource Block, RB), 系統會根據使用者與基地台之間通道的品質(Channel Quality Indication, CQI)挑選所使用的資源區塊, 如此一來所有使用者可以挑到訊號品質較好的頻帶來使用, 進而增加系統的吞吐量(Throughput)。

在過去的長程演進技術中, 營運商至少需要連續帶寬 20 MHz 的頻譜才能使用, 可是營運商並不見得擁有連續 20 MHz 如此大的頻寬, 為了讓更多營運商投入長期演進技術的發展以及讓此技術更加的普及, 此現象在進階長期演進技術中獲得了改善; 改善後的進階長期演進技術不再需要連續 20 MHz 的頻寬, 在較窄的頻帶上一樣得以運作, 並且當中加入了載波聚合技術(Carrier Aggregation), 使得頻寬就算不連續也能夠運行進階長期演進技術。在行動網路服務布建中, 使用載波的頻率高低對傳輸率與覆蓋率的影響相當大, 載波頻率高則傳輸速率高但覆蓋率較低, 載波頻率低則相反。因此使得系統能因地制宜的去選擇不連續且頻寬較小的頻帶, 對整個系統帶來許多的好處, 對於某些無法取得大量連續頻寬的系統營運商也是相當大的福音; 除此之外, 能使用較小頻帶的另一個好處便是方便異質性網路(Heterogeneous Network, HetNet)的布建。

1.2. 異質性網路

傳統只有宏基地台(Macrocell)的行動通訊網路系統，常常因為自然地形以及建築物的阻隔，因而造成許多訊號覆蓋的空洞(Coverage Hole)，在這些訊號空洞中的使用者，便會因為所得到的訊號與干擾雜訊比(Signal to Interference plus Noise Ratio, SINR)過低，造成通訊品質(Quality of Service, QoS)低落，甚至無法與網路連結；最一開始用來解決這種現象的方法是增加宏基地台的密度，但因宏基地台施工難度較高且對於所需要的土地、時間以及建設成本也較大，加上此方法對於穿過建築物的訊號衰減無法做有效的抑制，在此多方的考量下，異質性網路的想法因而被提出[1]。

異質性網路為長期演進技術中重要的一環，又稱做小基地台機制(Small Cell Mechanism)，其主要的布建方法就是在傳統的宏基地台網路底下加入一些功率較小且布建成本較低的無線接入點(Wireless Access Point)，藉此達到補足訊號覆蓋漏洞、將通訊分流以減輕宏基地台的負擔等好處；更甚之，異質性網路能夠提升頻譜的複用率，藉以增加整個系統的吞吐量，也因此異質性網路被列為長期演進技術的重點發展項目。

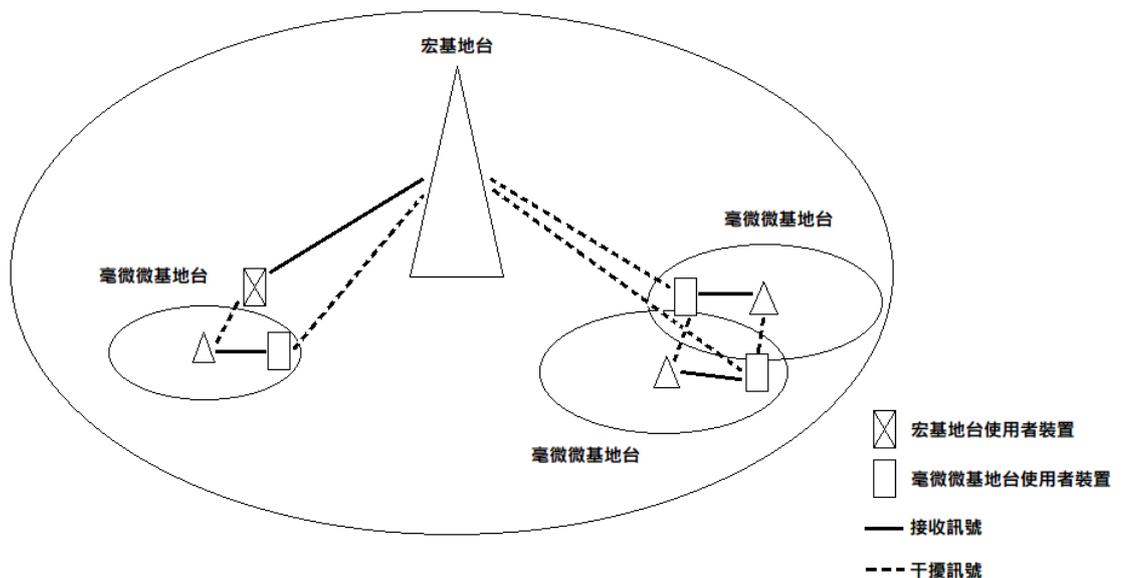
異質性網路底下包含了遠端無線電站(Remote Radio Head)、微微基地台(Picocell)、毫微微基地台(Femtocell)以及中繼站(Relay)[2]。遠端無線電站是將宏基地台的訊號天線部分複製成多組並移動到需要的地方，再以光纖與宏基地台作連結，如此一來不需要花費額外的成本去建造新的宏基地台，便相當於多了好幾個宏基地台來補足訊號覆蓋範圍的問題。微微基地台是功率較小的基地台，主要也是用來補足訊號覆蓋漏洞的地方，與遠端無線電站的差別在於微微基地台為一個基地台，與宏基地台的地位相等。毫微微基地台則是更小的基地台，與微微基地台的差別在於彼此的回程網路(Backhaul Network)不同，毫微微基地台使用的回程網路為網際網路(Internet Protocol)，其目的為方便安裝，使用者只需要有網路的連線，便可以在任何位置安裝毫微微基地台，也因此毫微微基地台主要用來解決室內收訊不良的問題，覆蓋範圍也較小。中繼站主要的目的是將收到的

訊號重建以後再送出，藉以延長宏基地台的覆蓋範圍，或是用來補足宏基地台訊號被地形阻隔難以傳達的地方。表一為異質性網路成員的標準規格。

表一 異質性網路成員的標準規格表

種類	發送功率	覆蓋範圍	回程網路
宏基地台(Macrocell)	46 dBm	幾公里	S1 interface
遠端無線電站(RRH)	46 dBm	幾公里	光纖
微微基地台(Picocell)	23 - 30 dBm	小於 300 公尺	X2 interface
毫微微基地台(Femtocell)	< 23 dBm	小於 50 公尺	網際網路
中繼站(Relay)	30 dBm	300 公尺	無線通訊

然而在布建異質性網路時，若是不經審慎的評估，不但不會改善系統，反而會造成反效果；其中最大的原因便是來自大小不同各基地台之間的互相干擾；如圖一所示，我們可以發現當宏基地台用戶裝置(Macrocell User Equipment, MUE)與毫微微基地台過於接近的時候，會造成來自宏基地台的訊號被毫微微基地台所覆蓋，使得宏基地台用戶的通訊品質降低；而相對的宏基地台的訊號也會對毫微微基地台用戶裝置(Femtocell User Equipment, FUE)造成干擾，使得通訊品質降低無法滿足雙方使用者的需求，再加上當毫微微基地台之間的距離過近的時候，彼此也會互相干擾，因此對干擾的應對方法為布建異質性網路相當重要的課題。



圖一 干擾來源示意圖

1.3. 進階基地台間干擾協調

傳統的基地台間干擾協調(Inter-Cell Interference Coordination, ICIC)主要目的是對於宏基地台之間的干擾作協調，而在異質性網路加入後，干擾不再只存於宏基地台間，宏基地台與其他較小的基地台間，以及小基地台與小基地台間也都產生了新的干擾，因此進階長程演進技術中加入了進階基地台間干擾協調機制(enhanced Inter-Cell Interference Coordination, eICIC)，主要的目的便是解決這些新產生的干擾。

對於進階基地台間干擾協調提出的方法有相當多種，其中包括了部分頻譜複用技術(Fractional Frequency Reuse, FFR)[3][4]、協調式多點傳送與接收技術(Coordinated Multipoint Transmission, CoMP)[5]，以及近空副訊框技術(Almost Blank Sub-frame, ABS)[6]。頻譜複用技術主要是將鄰近基地台使用的頻帶錯開，藉此降低彼此間的干擾；

近空副訊框則是容許基地台選取部份副訊框不進行實體下行控制通道(Physical Downlink Control Channel, PDCCH)的傳送,讓相鄰的基地台利用這時機傳送控制通道,然而此舉僅侷限在實體下行控制通道,對於實體下行共享通道(Physical Downlink Shared Channel, PDSCH)仍是維持發送的動作,藉由這種協調的機制能讓用戶於不同基地台取得其控制指示並維護其數據傳輸。

協調式多點傳送與接收技術本來是針對宏基地台間相鄰的地區來做解決干擾,但在異質性網路提出後,也被考慮為進階基地台間干擾協調的方法之一,其底下分成了聯合傳輸(Joint Transmission)、動態細胞選取(Dynamic Cell Selection)、協調排程(Coordinated Scheduling)、波束形成(Beamforming)這四種模式。聯合傳輸的方法是讓某使用者鄰近的各個基地台同時傳送相同的訊號,利用多天線技術(Multiple Input Multiple Output, MIMO),這些同時被傳送的訊號可先根據通道特性矩陣得到一個反矩陣,利用此反矩陣,我們可以讓每個天線各自解調出自己的訊號,此可稱為天線分集(Antenna Diversity)或是空間分集(Space Diversity);動態細胞選取則是讓鄰近的基地台能夠互相知道彼此傳遞訊號的時段,在某一基地台傳送訊號的時段,其他宏基地台便進入不發訊號狀態以減低干擾;協調排程是准許某一載波可以指示另一載波的數據排程,如此一來用戶僅需監視某一固定載波的控制通道就可以對其他載波進行封包接收的動作,此功能可透過事先合適的配置讓基地台的控制通道與相鄰基地台錯開於不同載波上,以避免干擾發生;波束成型則是利用天線場型(Antenna Pattern)的特性,讓不同基地台天線的波峰互相避開以減輕干擾。

1.4. 論文架構

由於毫微微基地台為營運商較不易管理的部份,其他像是遠端無線電站以及微微基地台,都是由營運商本身布建,因而能夠決定其位置以及布建規模的基地台,對於干擾

的控制較為容易；而毫微微基地台為使用者用戶只要有網際網路便可任意安裝的小型基地台，對於營運商來講控管較為不易；因此本篇論文將針對毫微微基地台的干擾消除方法做進一步的研究，並且主要利用的方法為頻率複用技術。

在接下來的章節中，第二章會先說明本篇論文所考慮的系統環境，並定義一些評估系統效能的方法，以及確切計算的方式。

第三章將會介紹目前對毫微微基地台使用頻率複用技術做干擾消除的一些相關研究，並且對其優缺點做討論。

第四章是提出值得研究的問題以及目前其他研究尚未解決的部分，之後提出我們解決問題的方法。

第五章則是模擬數據的結果，用來印證我們提出的方法是否可行，以及觀察運作時可能產生的優缺點。

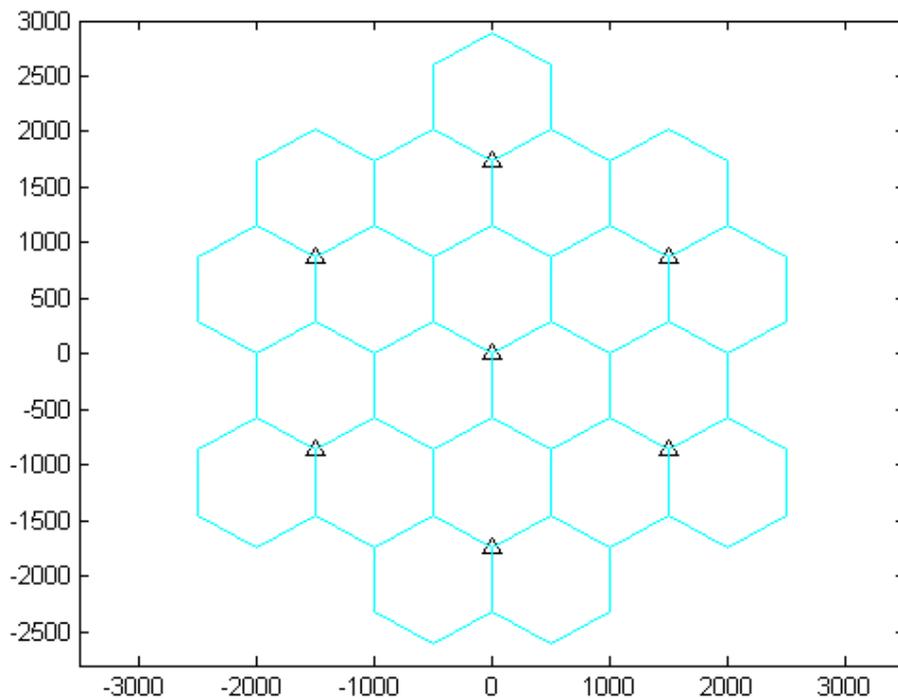
最後在第六章我們會有一個結論。

第二章.

系統模型

2.1. 系統環境

進階長程演進技術所制訂的宏基地台每個包含有三個六角形的扇面(Sector)，每個扇面有各自的天線來為範圍內的使用者提供行動通訊服務；而在本篇論文中我們考慮的系統是由七個宏基地台所組成的，如圖二所示。



圖二 七個宏基地台組成示意圖

圖中每個六角形即代表一個扇面，三個扇面組合成一個宏基地台，圖中三角形的位置便是宏基地台所在地，由六個宏基地台環繞一個宏基地台組成我們的系統。

在這整個覆蓋範圍中分別劃分為室內區域以及室外區域，我們根據均勻分布(Uniform Distribution)，在每個宏基地台隨機的灑出 30 個大小相同($20 \times 20 \text{ m}^2$)的區域，將此定為室內區域，而其餘的部分便定為室外區域；灑完室內區域後，我們再次根據均勻分布來對毫微微基地台做灑點，在此為了配合覆蓋區域，我們將毫微微基地台分成兩種型態：第一種為室內的毫微微基地台，第二種為室外的毫微微基地台；室內的毫微微基地台只會落在室內區域裡面，而室外的毫微微基地台則反之，只會落在室內區域以外的地方，這樣布置的方法使得我們可以有效的掌握室內毫微微基地台的密集度以方便觀察結果。

最後我們要灑的便是我們的使用者裝置(User Equipment, UE)，使用者裝置也分成兩種型態，宏基地台使用者裝置與毫微微基地台使用者裝置，一樣根據均勻分布來灑在此七個宏基地台的覆蓋範圍裡，這裡較不同的是毫微微基地台使用者裝置只會被灑在毫微微基地台的覆蓋範圍內，而宏基地台使用者裝置則是任何地方都可能出現，包括毫微微基地台的覆蓋範圍內。

當毫微微基地台底下沒有分配到使用者裝置的時候，此毫微微基地台便不會傳送與接收訊息，進入休眠的狀態，因此在我們的系統環境內便會視為沒有此毫微微基地台的存在。

在此模型內我們考慮了路徑損失(Path Loss, PL)，所使用的為自由空間路徑損失模型(Free Space Path Loss, FSPL)採用的公式如下：

$$\text{FSPL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(fc) - 147.55 \quad (1)$$

其中 d 為使用者裝置到提供服務基地台的距離，其單位為公尺(m)； fc 是基地台所

使用的載波頻率，其單位為赫茲(Hz)；此公式的最後一項則是自由空間路徑損失模型常數。

除了路徑損失，天線場型也在我們的考慮範圍之內，由於現今我們的宏基地台大多使用有向性天線，有向性天線的發射訊號的方向與其發射功率有著相當大的關係，通常與天線中心線的夾角愈小則發射功率愈大，反之夾角愈大衰減的就愈多，在接近 90 度的地方幾乎為零，也因此在此階長程演進技術中宏基地台的代表形狀為三個六角形扇面所組成；其公式如下：

$$\text{Antenna Pattern(dB)} = -\min\left[12\left(\frac{\theta}{65^\circ}\right)^2, 20\right] \quad (2)$$

其中 θ 為使用者裝置到基地台連線與基地台天線中心線的夾角，單位為角度($^\circ$)；並且衰減的最大值為 20 dB。

雜訊我們採用的是最基本的可加性高斯白雜訊(Additive White Gaussian Noise, AWGN)。

除此之外像是建築物造成的穿透損失(Penetration Loss)，基地台及使用者裝置之間的高低差等，在此系統中皆不被考慮。

2.2. 效能評估方式

接下來為了評估整個系統的好壞，我們選定了薛能通道容量理論(Shannon Capacity Theorem)來作為評估的標準，其公式如下：

$$\text{Capacity (bps)} = W \log_2(1 + \text{SINR}) \quad (3)$$

其中的 W 為所使用的頻寬(Bandwidth)，單位為赫茲(Hz)；SINR 則是訊號與干擾雜訊比，此項為比值，沒有單位。

對宏基地台使用者裝置的訊號與干擾雜訊比主要算法是將收到的訊號除上雜訊加干擾，從除了服務本身的宏基地台以外各種基地台來的訊號都算是干擾，其公式如下：

$$SINR_{MUE} = \frac{P^{S,B}}{\sum_{b=1}^7 \sum_{s=1}^3 P^{s,b} - P^{S,B} + \sum_{f=1}^{N_f} P^f + \sigma^2} \quad (4)$$

其中分子部分的 $P^{S,B}$ 為使用者裝置從自身所在的宏基地台扇面天線所收到的訊號功率(Received Power)，分母部分的 $P^{s,b}$ 則是從第 b 個宏基地台的第 s 個扇面收到的功率，之後減掉被算到的自身功率 $P^{S,B}$ ； P^f 為從使用相同頻帶的毫微微基地台所接收到的功率；最後再加上功率為 σ^2 的可加性高斯白雜訊。

最後我們要算的為毫微微基地台使用者裝置所收到的訊號與干擾雜訊比，算法與宏基地台使用者裝置訊號與干擾雜訊比的算法類似，公式如下：

$$SINR_{FUE} = \frac{P^F}{\sum_{b=1}^7 \sum_{s=1}^3 P^{s,b} + \sum_{f=1, f \neq F}^{N_f} P^f + \sigma^2} \quad (5)$$

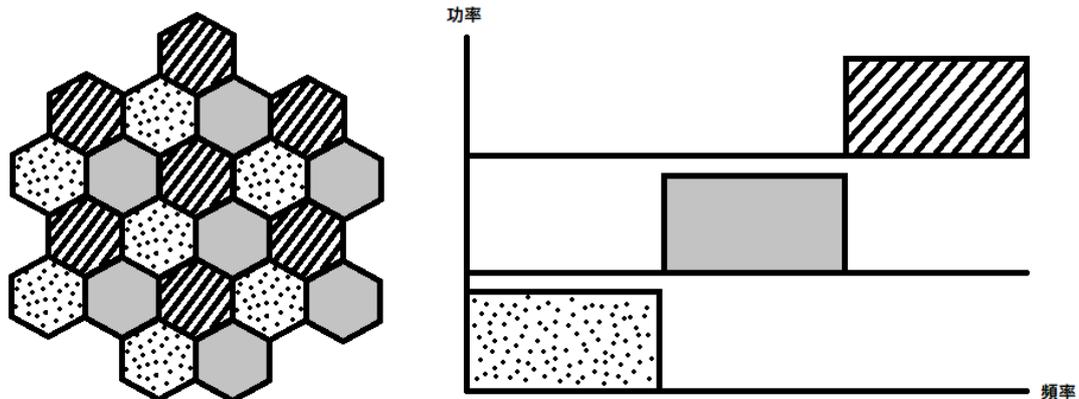
其中分子 P^F 為從服務自身的毫微微基地台所收到的訊號功率；分母部分的 $P^{s,b}$ 一樣是從第 b 個宏基地台的第 s 個扇面收到的功率； P^f 為從使用相同頻帶的毫微微基地台所接收到的功率，之後再減掉自身的訊號；最後再加上功率為 σ^2 的可加性高斯白雜訊。

第三章.

相關研究

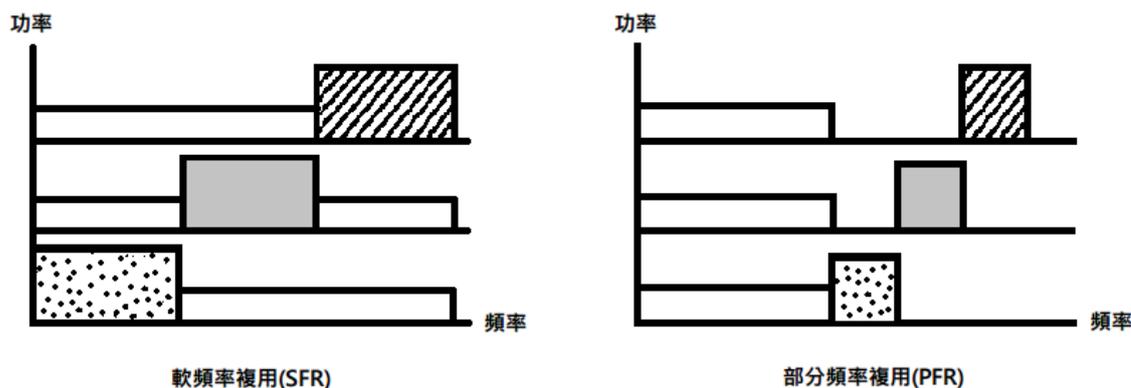
3.1. 部分頻率複用

頻率複用機制(Frequency Reuse)是一種與異質性網路相當適合共存的一種技術，其主要的概念就是讓相鄰的基地台使用不同的頻帶，藉此達到干擾消除的目的。如圖三以我們的系統模型為例，相鄰的基地台互相錯開始用不同的頻帶，彼此之間的干擾便能減輕；在此我們可以知道分割的頻帶至少需為三段才保證相鄰的基地台不互相造成干擾，也因此三段頻率複用為較常見的形式。



圖三 頻率複用機制示意圖

但是在使用頻率複用機制時，對於頻寬的利用率其實相當低，以圖三的例子來講，可使用的頻寬降為只有原本的三分之一，浪費掉了一半以上的頻寬，因此部分頻率複用機制(Fractional Frequency Reuse, FFR)便被提出來改善這個情形；部分頻率複用機制的

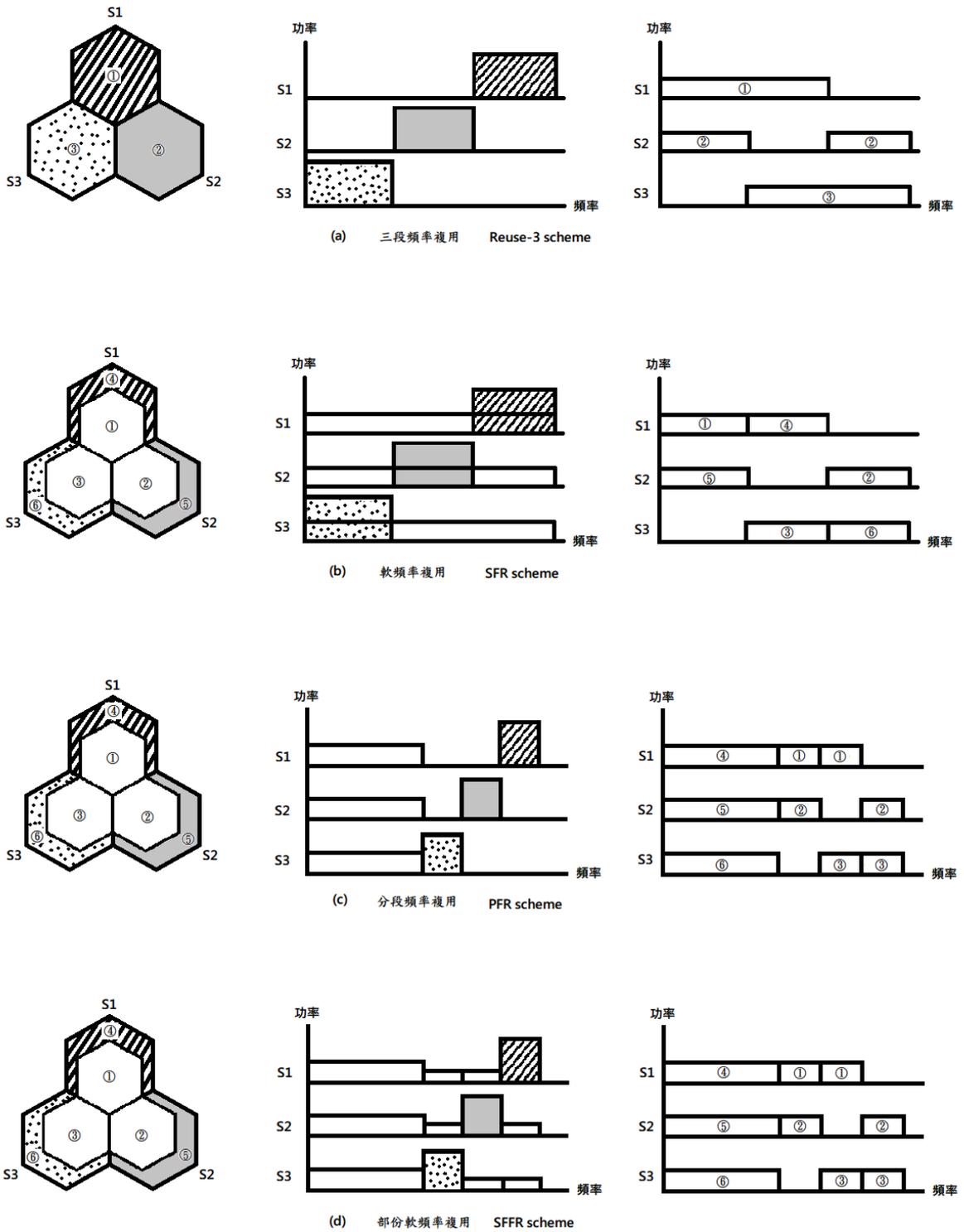


圖五 兩種部份頻率複用的機制示意圖

3.2. 使用部分頻率複用實現毫微微基地台間干擾消除

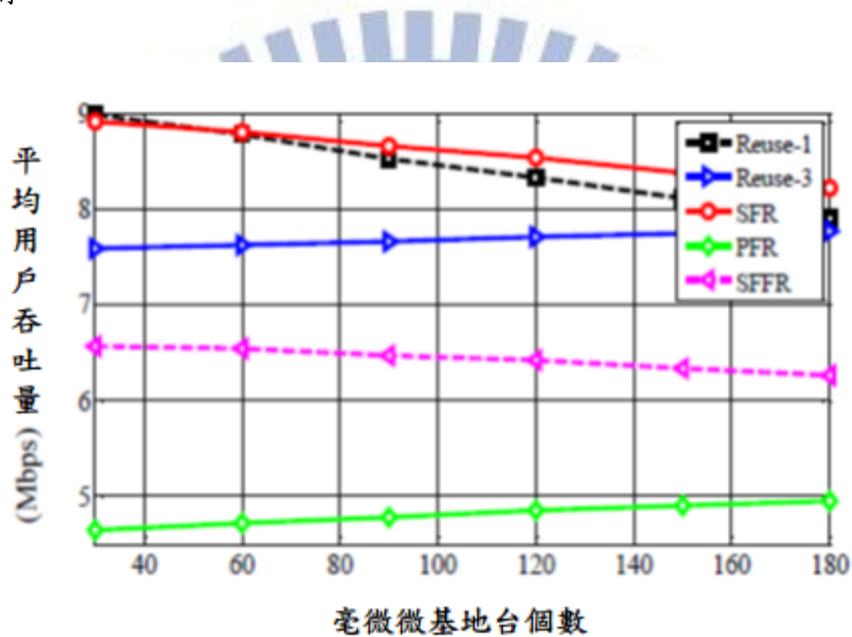
利用部分頻率複用來協調干擾的方法其實就是在布置毫微微基地台時，盡量地使用沒有被用過的頻帶，但因在某些模型下，並沒有不被使用的頻帶，因此在這些情況下只能盡量避開使用高功率的頻帶，藉此降低所受到的干擾。圖六為[7]所提出的四種用來減輕基地台間干擾的模型。

圖六(a)為三段頻率複用模型，此模型中宏基站純粹使用基本的頻率複用，將頻率分成三段給指定的扇面所使用；毫微微細胞就使用自身所在扇面沒使用到的頻帶，因而將干擾消除。圖六(b)為軟頻率複用模型，在宏基地台的部份實行的是軟頻率複用；毫微微基地台的部分由於軟頻率複用中並沒有空閒的頻帶可以使用，所以只能挑選功率較弱的白色區頻帶來布建我們的毫微微基地台以盡量減輕干擾。圖六(c)的部分則是分段頻率複用模型，宏基地台的部分使用的為分段頻率複用，毫微微基地台的部分由於分段頻率複用模型有沒利用到的頻帶，因此毫微微基站便可以挑選這些空閒的頻帶來使用。圖六(d)為部份軟頻率複用模型，這個模型結合了分段頻率複用與軟頻率複用的觀念，使得整個頻帶被分成兩段，一段不執行頻率複用，另一段實行軟頻率複用。



圖六 [7]所提出之四種部份頻率與毫微微基地台共存之模型

同時[7]也對這些方法實際地去進行模擬比較；圖七為[7]模擬的結果，其顯示了當毫微微基地台的數量逐漸增多時，系統平均用戶吞吐量的值。我們可以看到幾乎不管毫微微基地台的數量為何，軟頻率複用機制的吞吐量都是最高，只有在毫微微基地台數量十分少的情況下才會小於完全不作頻率複用；其他像是三段頻率複用、部份頻率複用以及部份軟頻率複用的效果皆不如軟頻率複用，也因此軟頻率複用為現今較為常見的部份頻率複用技術。



圖七 [7]所模擬的結果，Reuse-1 為不做頻率複用，Reuse-3 為三段頻率複用，SFR 為軟頻率複用，PFR 為分段頻率複用，SFFR 為部份軟頻率複用

第四章.

部分頻率複用協調機制

4.1. 問題描述

從第三章的結果我們可以知道目前較為廣泛使用且實際運作效果較好的為軟頻率複用機制，但是從圖七我們可以發現，當毫微微基地台數量逐漸增多的時候，軟頻率複用機制的吞吐量會逐漸的下降，從曲線圖裡我們可以預見，在毫微微基地台數量到了某一定的程度以後，軟頻率複用機制的吞吐量可能等於甚至小於三段頻率複用。因此我們可以得知在毫微微基地台的數量大於一定程度時，其造成的干擾並不能忽略，而軟頻率複用機制卻忽略了這一塊；反過來看，宏基地台相對強大的傳送功率也會對其範圍內的毫微微基地台造成不少的影響。

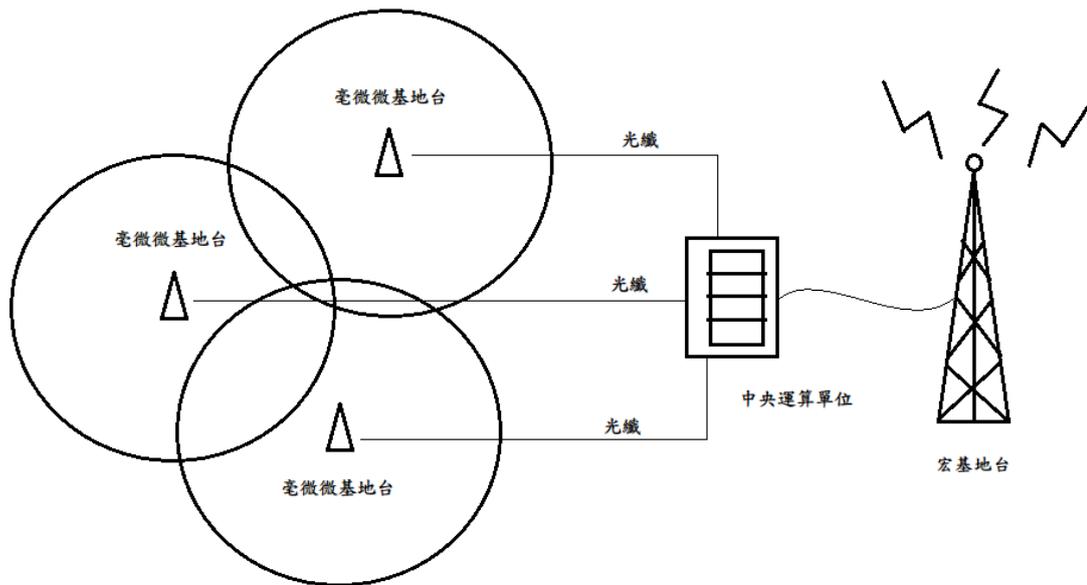
除此之外，目前我們所看到的頻率複用模型幾乎都沒有考慮到毫微微基地台與毫微微基地台間的干擾消除，在現今都市化程度較高的地區，主要的建築物多為辦公大樓與公寓大樓等，住家密集度提高也造成了毫微微基地台彼此互相過於靠近，因而造成了許多的干擾；在此情況下，使用毫微微基地台帶來的效益可能無法達到預期，也因此鄰近毫微微基地台間的干擾協調也在我們的目標範圍內。

4.2. 部分頻率複用協調機制

為此我們提出了部份頻率複用協調機制來達成我們的目標。部分頻率複用協調機制

主要利用軟頻率複用作為基礎，並對其無法解決宏基地台與中心區域毫微微基地台間的干擾以及毫微微基地台互相的干擾此兩個面相做改善。

為了實行部分頻率協調機制，我們根據[8][9][10]的想法，在系統中增設了中央運算單位(Central Processing Entity, CPE)，中央運算單位在部分頻率協調機制裡佔了非常重要的地位。根據目前的標準以及異質性網路發展的目的，毫微微基地台是一種使用者安裝相當容易的基地台，只要有網路便可以任意安裝，也因此毫微微基地台間並沒有互相溝通的機能，彼此無法交換訊息，毫微微基地台只會定期的向營運商回傳某些簡單的資料，以便於營運商的管理；因此我們需要一個能夠管理整個地區毫微微基地台並讓這些基地台彼此溝通的方法。



圖八 毫微微基地台與中央運算單位連結示意圖

中央運算單位被設立的目的便是如此，中央運算單位主要以光纖纜線來連結地區裡所有的毫微微基地台，並與宏基地台網路做連結，如圖八所示；中央運算單位使得毫微微基地台間能夠互相交換訊息並且能夠與宏基地台協調彼此間的運作方式，這些訊息裡面包括了毫微微基地台所在的位置、基地台的覆蓋範圍大小以及當下有幾個使用者裝置

正在使用此基地台等；由於光纖纜線的緣故，中央運算單元幾乎是立即就能接收到所連結毫微微基地台的訊息，使得機制能根據當下的情況快速的反應。

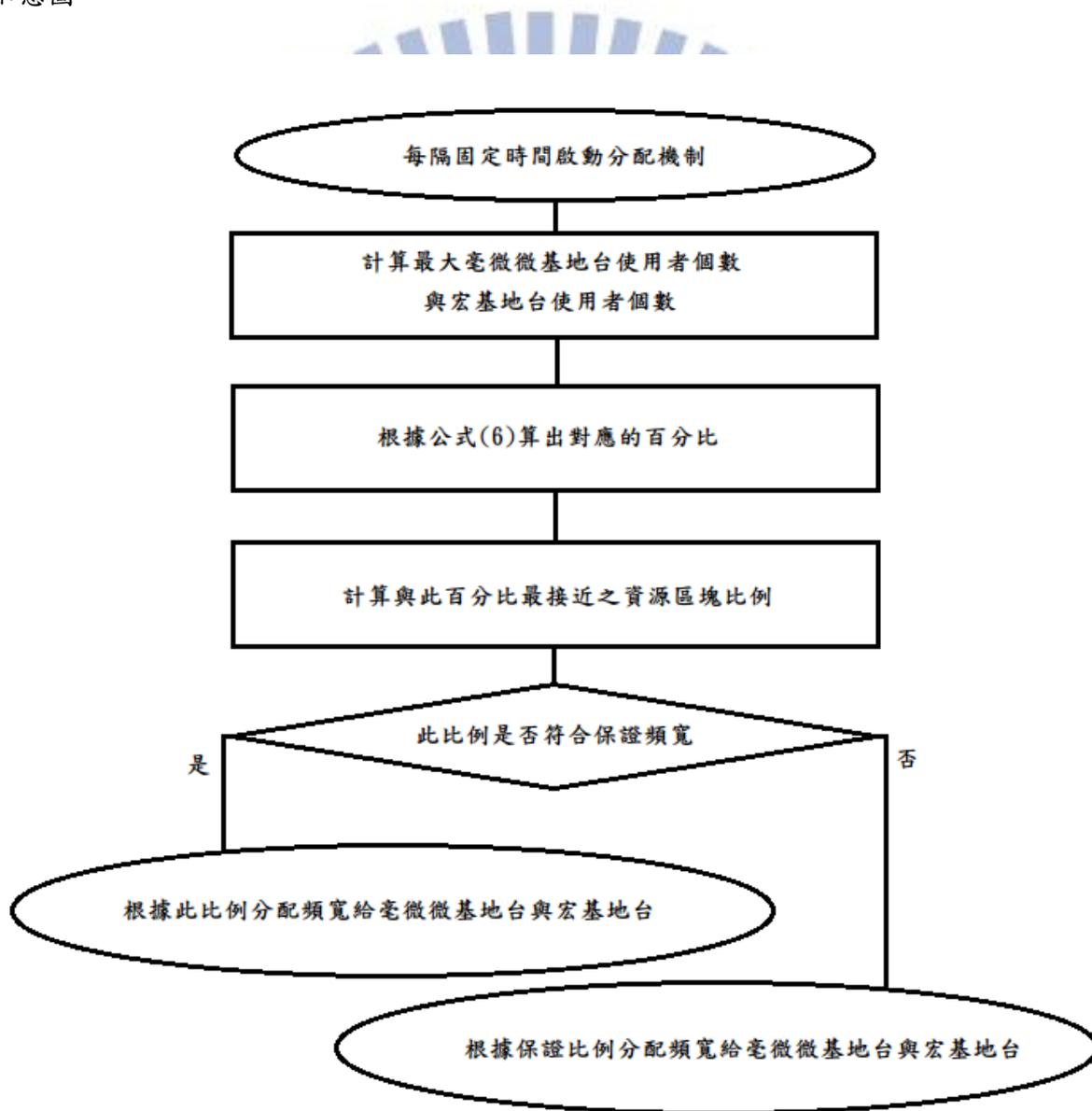
接下來便是部份頻率複用協調機制實際運作的流程。部份頻率複用協調機制主要分成兩個部分。第一個部份的目的為宏基地台與毫微微基地台間的干擾協調，實作的方法如下，首先我們先在每個扇面區域中設置兩個中央運算單位，一個負責邊緣區域，一個負責中心區域，整個宏基地台中總共有六個，並讓中央運算單位蒐集區域內所有毫微微基地台的資訊，接著中央運算單位會先統計正透過其底下的毫微微基地台傳輸的使用者裝置個數，接著取出此項裡的最大值，並計算出此最大值與此扇面底下宏基地台使用者裝置個數的比例，公式如下：

$$\frac{\text{Max}(n_K^{FUE})}{\text{Max}(n_K^{FUE}) + n^{MUE}} \times 100\%, \quad K = 1, 2, 3, \dots, k \quad (6)$$

其中 n_K^{FUE} 為正在使用第 K 個毫微微基地台的使用者裝置個數， n^{MUE} 為此扇面下宏基地台使用者的個數；當我們得到此比值之後便可以對毫微微基地台以及宏基地台做協調，協調的方法便是將原本可用的頻帶分成兩部份，一部份給宏基地台使用，一部份給毫微微基地台使用，分配的比例便根據公式(6)得到的比值，如此一來便使得干擾能夠消除，但是因為在進階長程演進技術的資源分配中下行鏈路所使用的技術為正交載波多工存取技術，每個使用者在傳送資料時所使用的單位為資源區塊，也因此我們並不能將頻帶根據任意的比例分配，否則可能造成頻寬的浪費，因此我們會選擇與公式(6)的結果最為接近的資源區塊比例；例如在頻寬 20MHz 的系統中，資源區塊的個數為 100，而軟頻率複用下，宏基地台至少會有三分之二，也就是 66 個資源區塊可使用，而假設我們從公式(6)所得到的比例為 30%，我們便取與 30% 最接近的 20 比 46，20 個資源區塊的頻寬分給毫微微基地台，46 個資源區塊的頻寬分給宏基地台使用。

在此有一個特殊情況，就是在某些時刻下也許會有毫微微基地台使用者數量與宏基

地台使用者數量落差非常大的情形，這種情形會造成毫微微基地台或是宏基地台其中一方所獲得的頻寬過小，另一方獲得的頻寬過大，獲得的頻寬很大當然是好的情形，但是獲得頻寬過小一方的通訊品質便會相對低落，通訊品質不受到保障並不是我們樂見的情形；為了避免這種情形，我們會對兩方分別設立一個最低限制，頻寬分配時所分到的頻寬不能小於此限制，這樣便可解決兩方吞吐量落差過大的情況。圖九為第一部分的流程示意圖。



圖九 第一部分流程示意圖

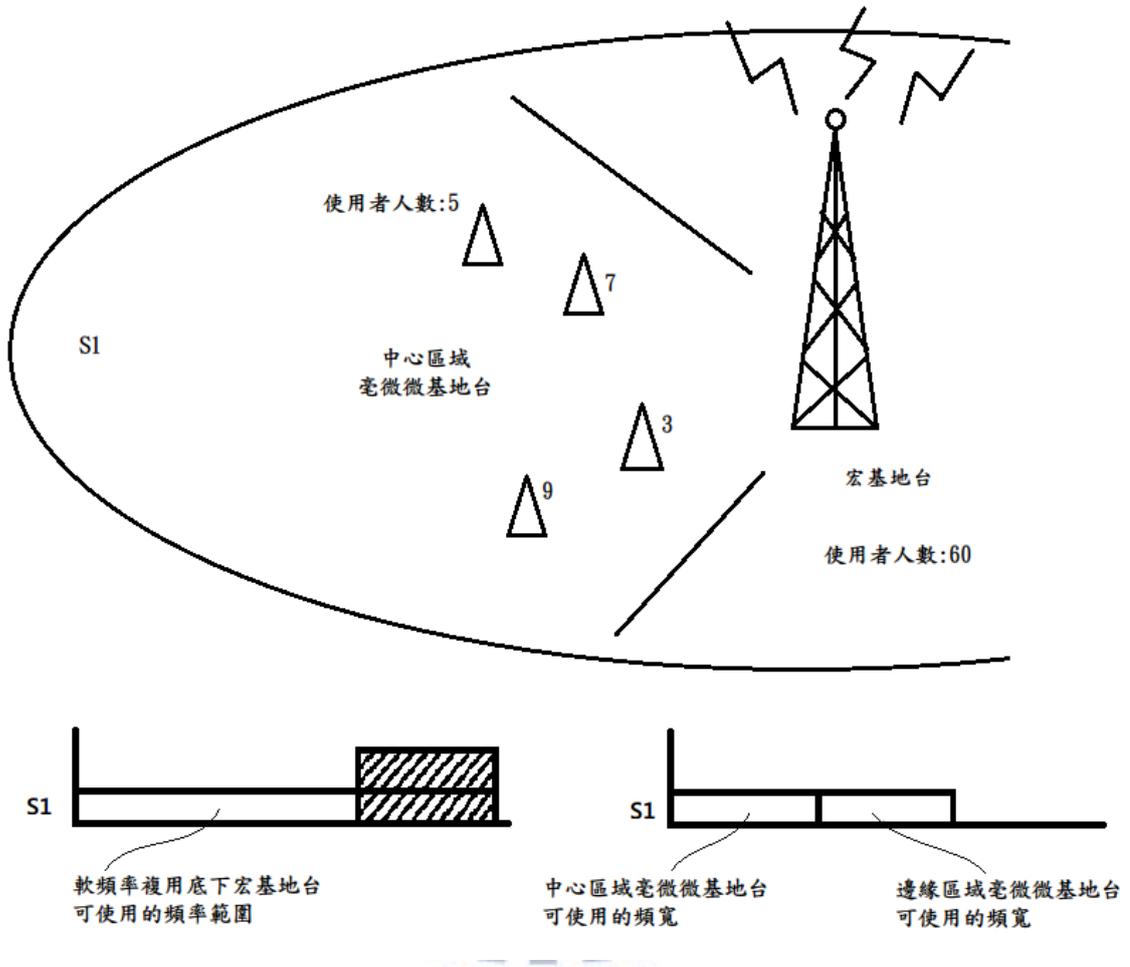
在這裡為了瞭解保證頻寬如何設置較為妥當，我們對宏基地台使用者裝置所受到的干擾與毫微微基地台的數量去做分析，再分析中我們只採用一個宏基地台使用者裝置，此裝置會隨機出現於系統中央的宏基地台覆蓋範圍中，並且接收所有使用相同頻帶毫微微基地台來的干擾，表二為分析後的結果：

表二 訊號與干擾訊比分析

毫微微基地台個數	宏基地台收到的訊號與干擾雜訊比值	$\log_2(1 + SINR)$
0	15.51	4.045
240	5.25	2.643

從表二的結果我們可以得知，當範圍內的毫微微基地台數量到達 240 個時， $\log_2(1 + SINR)$ 項的值會下降到原本的約 0.66 倍，這樣的結果表示了，當在我們將干擾完全錯開的情況之下，宏基地台用戶只需要原始軟頻率複用情況下的 0.66 倍頻寬，也就是 $66 \times 0.66 = 44$ 個資源區塊的頻寬便可維持宏基地台使用者原本的吞吐量，而剩下 22 個資源區塊的頻寬便可讓毫微微基地台使用，使得兩者之間的頻率互相沒有干擾；在大部分的情形中，單一毫微微基地台使用者的不會大於宏基地台使用者的數量，反而可能小很多，因此之後所提到的保證頻寬都是保證毫微微基地台使用者所能獲得的頻寬，初始的限制便為，毫微微基地台至少會分配到 33% 資源區塊的保證頻寬以方便與軟頻率複用作比較。

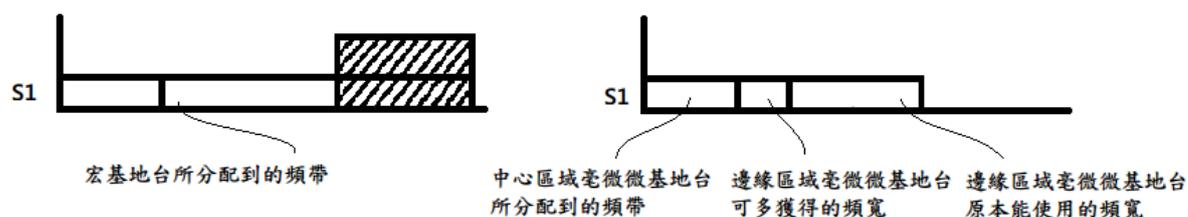
而毫微微基地台使用者裝置的干擾分析由於毫微微基地台及其使用者的位置皆為隨機分布，兩種隨機分布的結合對於結果影響過大，難以分析，因此我們只有對宏基地台使用者裝置作分析的動作。



圖十 軟頻率複用底下使用的頻帶示意圖

圖十為軟頻率複用機制底下宏基地台與毫微微基地台所使用的頻率範圍示意圖，在軟頻率複用機制下所有的毫微微基地台都是使用圖中所標示的區塊，若是在 20MHz 的系統之下，便是三分之一，33 個資源區塊的頻寬左右；而利用我們的協調機制後，根據

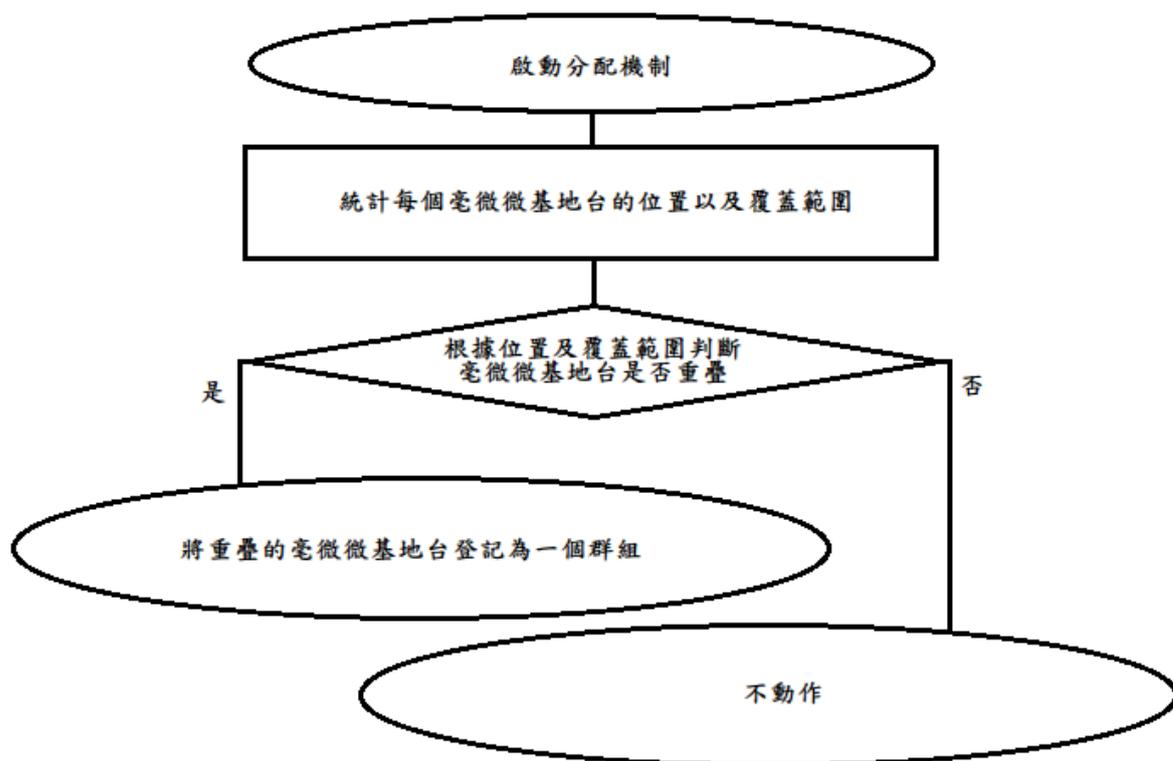
圖中的用戶人數，我們得到了公式(6)的比例為 13%，因此我們便取最接近的資源區塊比例也就是 9 比 57，但因為我們最低限制，所以毫微微基地台所獲得的頻寬為 22 個資源區塊頻寬，宏基地台所獲得的頻寬為 44 個資源區塊頻寬。並且我們可以將中心區域毫微微基地台所省下來的部份造成額外干擾地移給邊緣區域毫微微基地台做使用；最後分配完成的結果如圖十一所表示。



圖十一 頻率分配機制下的結果

第二個部分為毫微微基地台間干擾的協調。實作的方法為中央運算單位根據各個毫微微基地台的位置以及其覆蓋範圍去判斷是否有毫微微基地台的覆蓋範圍互相重疊，若是有互相重疊的情形發生，我們便將這些彼此有重疊的毫微微基地台組成一個群組 (Group)，將所有的群組分好後，我們便可以針對每個群組去做干擾消除的動作，在這裡消除的方法我們只採用基本的頻率複用機制，因為毫微微基地台通常設備較簡單且天線數量不足，無法達成部分頻率複用如此複雜且需要多天線的機制。

而在此我們會設立一個群組成員的數量上限，此上限值為三個，因為頻率複用的機制只根據群組內的個數來分段數，當群組內所含的使用者數量過大時，頻帶將會被切割成太多段，每個毫微微基地台所能使用的頻帶會大幅的縮減，造成反效果，因此必要的我們在這裡設置了群組成員數量的上限，主要目的是為了限制頻帶切割的數量，在此條件下頻帶最多只會被分割成三塊，這樣便可避免可使用的頻帶過小的情形。圖十二為流程示意圖。



圖十二 第二部分流程示意圖



第五章.

模擬

5.1. 模擬環境

此章節將會對我們提出的方法與部分頻率複用機制的模擬結果做比較，由於軟頻率複用機制為部分頻率複用中效能較好的一種，因此我們的比較也針對與軟頻率複用比較為主，表三為模擬環境的參數：

表三 模擬環境參數

參數	值	
	宏基地台	毫微微基地台
基地台數目	7(每個基地台包含三個扇面)	30 ~ 240
基地台發送功率	20W	20mW
基地台覆蓋範圍半徑	1732 公尺	20 公尺

天線場型	$-\min[12\left(\frac{\theta}{65^\circ}\right)^2, 20]$	全向性天線
基地台底下使用者個數(以一個宏基地台覆蓋範圍為單位)	120	240
使用頻寬	20 MHz	
可加性高斯白雜訊功率密度	-174 dBm/Hz	

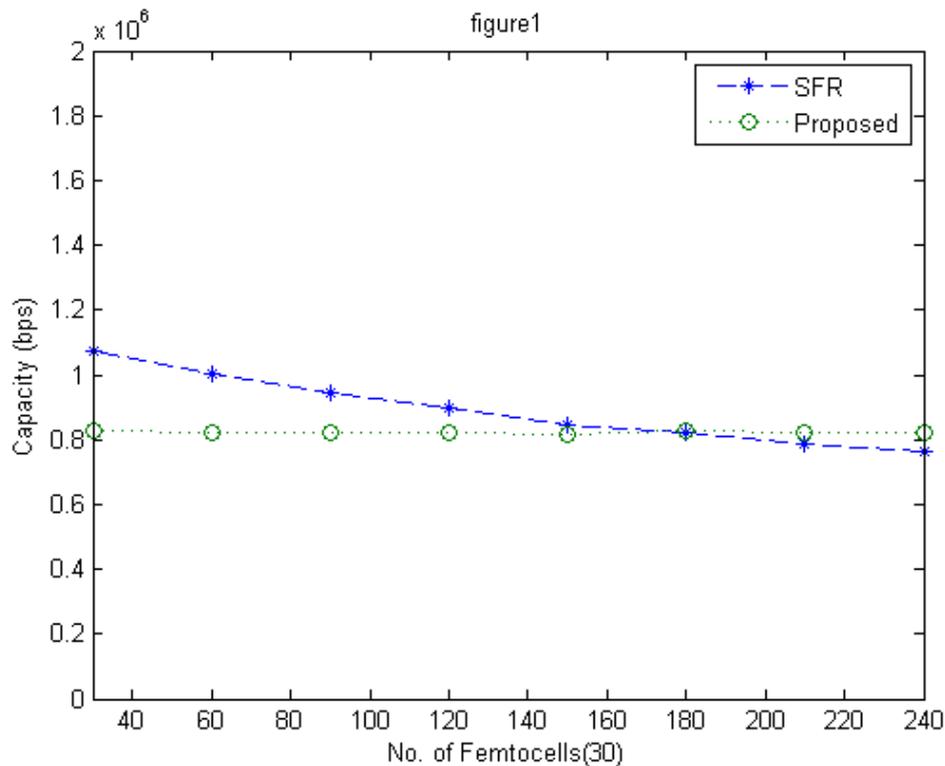
在此模擬環境下我們不限制單一使用者可使用的頻寬上限，不論宏基地台使用者或是毫微微基地台使用者，例如當我宏基地台所使用的系統頻寬為 20MHz，在此宏基地台底下只有一位使用者，此使用者便會獲得所有的頻寬 20MHz。

在前面的章節我們有提到，對於宏基地台使用者裝製作干擾分析的結果，我們發現了當毫微微基地台個數為 240 個的時候將干擾全部消除的話，宏基地台使用者只需要原本 66% 的頻寬便能與毫微微基地台數量 240 個且沒有做干擾消除時的情形有差不多的吞吐量，也因此我們最先模擬的便為宏基地台大約可獲得 66% 頻寬的情況，也就是毫微微基地台的保證頻寬為 33% 的情況；圖十一及圖十二分別為此情況下宏基地台使用者的總吞吐量及毫微微基地台使用者的總吞吐量。

5.2. 模擬結果

圖十三開始到圖十八為我們所模擬的結果。此模擬的結果為單基地台分析(Single Cell Analysis)的結果；單基地台分析的方法為只控制一個基地台的條件，並將其他基地台的條件設為一定的值，以此來模擬分析。

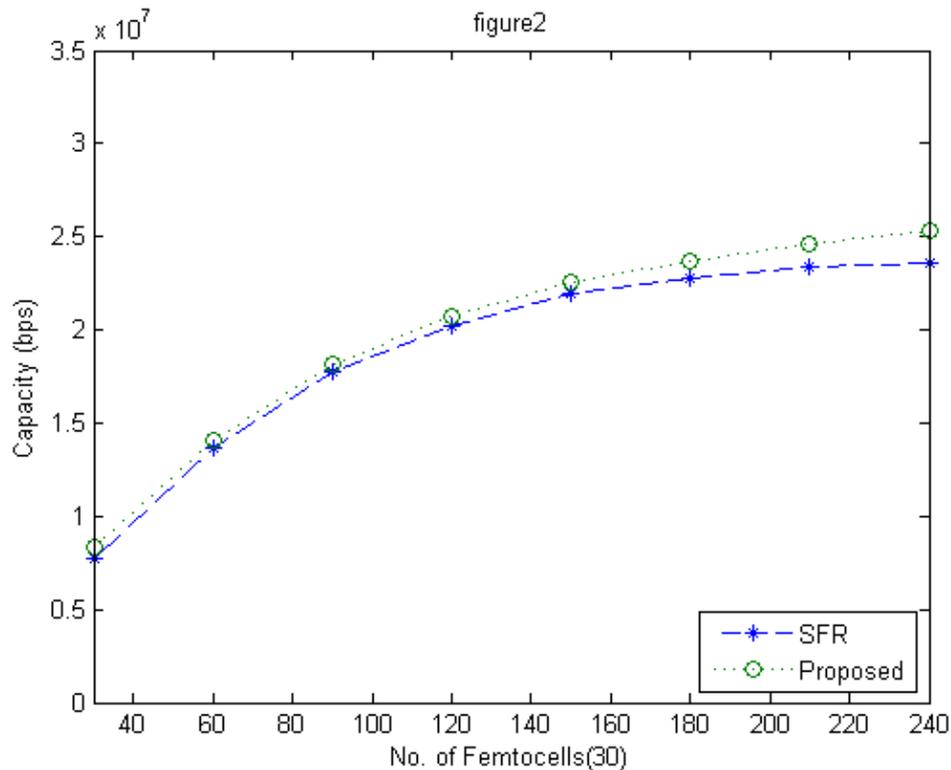
首先圖十三為兩種方法底下宏基地台使用者吞吐量與毫微微基地台使用者吞吐量，我們從圖中可以發現，在軟頻率複用機制底下宏基地台使用者的吞吐量隨著毫微微基地台數量的增加而下降，原因是毫微微基地台對宏基地台使用者裝置所造成的干擾越來越強烈，而我們所提出的方法因為消除了毫微微基地台與宏基地台間的干擾，並再加上了頻寬保證的機制後，吞吐量幾乎維持在一個定值，當毫微微基地台的數量到達了180個的時候，兩種方法底下宏基地台使用者的吞吐量會非常接近，甚至在180個以後我們提出的方法會比較頻率複用稍微高出了一一些些，這樣子的結果與我們當初所預測的結果相差不遠。



圖十三 保證頻寬 33%時宏基地台使用者的吞吐量

圖十四顯示了不同的兩種方法底下毫微微基地台使用者裝置的吞吐量；與宏基地台使用者裝置的吞吐量較為不同的是，毫微微基地台使用者的吞吐量會隨著毫微微基地台數量的增加而提高，如圖中所示，愈往右則愈高，這是因為毫微微基地台可以達到空間複用的好處，因為毫微微基地台所覆蓋的範圍較小，所以同樣的一段頻帶，我們可以讓不同地區的毫微微基地台來使用，只要距離相差夠遠，彼此間的影響便可以被忽略，而在我們的模擬環境中，有相當多的情形便是如此，也因此當毫微微基地台數量上升，系統的吞吐量也會提高；但是此結果並不會毫無上限的提高，就像圖十四所顯示的結果一樣，毫微微基地台使用者的吞吐量上升的速度會漸趨平緩，有此結果是受到毫微微基地台使用者數量的限制，當毫微微基地台底下有使用者，此毫微微基地台才會對系統的吞吐量有所貢獻，加上我們沒有規定使用者所能得到的頻寬上限，所以當每一個毫微微基地台剛好只有一位使用者的時候，系統吞吐量便會有最大值，當達到此條件以後，即使增加再多的毫微微基地台，整個系統的吞吐量也不會再上升，因為吞吐量在毫微微基地台的數量大於此臨界值的時候已經飽和；要想突破此臨界值，我們只需將毫微微基地台使用者的數量提高即可。

對於圖十四對於毫微微基地台使用者來說，使用軟頻率複用機制所得到的吞吐量與使用我們提出的方法所得到的吞吐量非常的接近，其主要的原因為我們對毫微微基地台與宏基地台做了干擾消除，使得毫微微基地台使用者裝置不會受到宏基地台的干擾，加上邊緣區域的毫微微基地台使用者裝置有額外的頻寬可以使用，因而補足了在我們的方法底下對毫微微基地台使用者裝置所使用的頻寬做分享，使得許多毫微微基地台使用者裝置使用的頻寬都小於軟頻率複用機制的情況；在此一增一減的狀況下，我們提出的方法雖然略有提升，但效果其實不明顯。



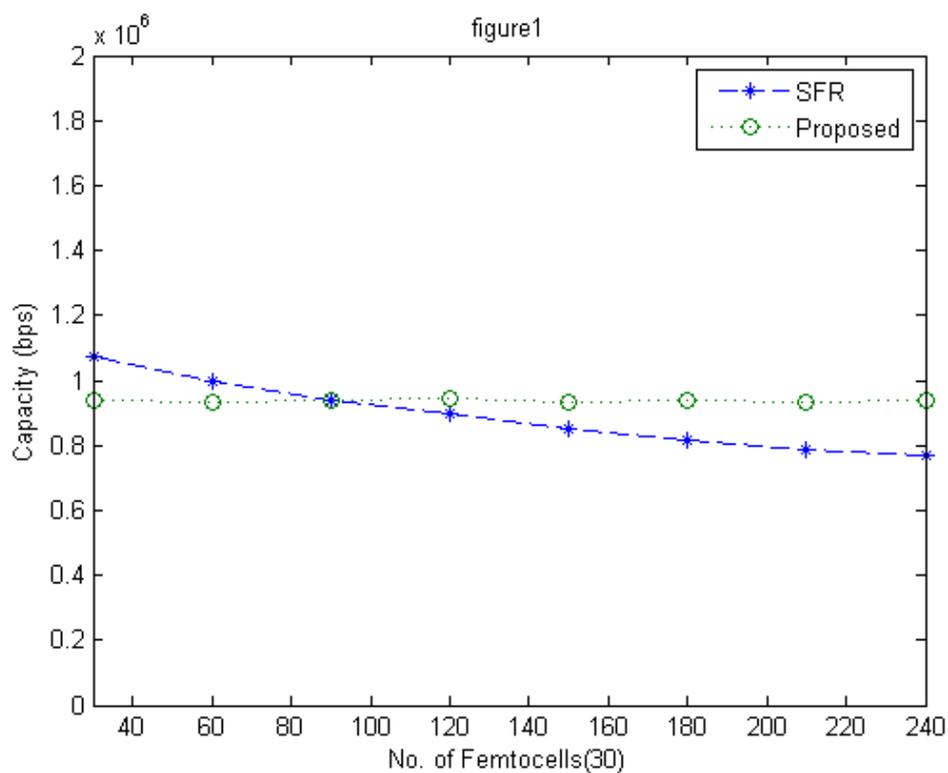
圖十四 保證頻寬 33%時毫微微基地台使用者的吞吐量

從圖十三與圖十四這兩張圖的結果來看，我們提出的方法在毫微微基地台數量較多時，能夠較為明顯的提升整個系統的吞吐量。

接下來從圖十五到圖十八這四張圖，主要的目的在探討保證頻寬的大小對我們所提方法的影響結果以及程度如何；對此我們將毫微微基地台使用者的保證頻寬調整為 25% 以及 50% 並分別對宏基地台使用者以及毫微微基地台使用者取得模擬結果。

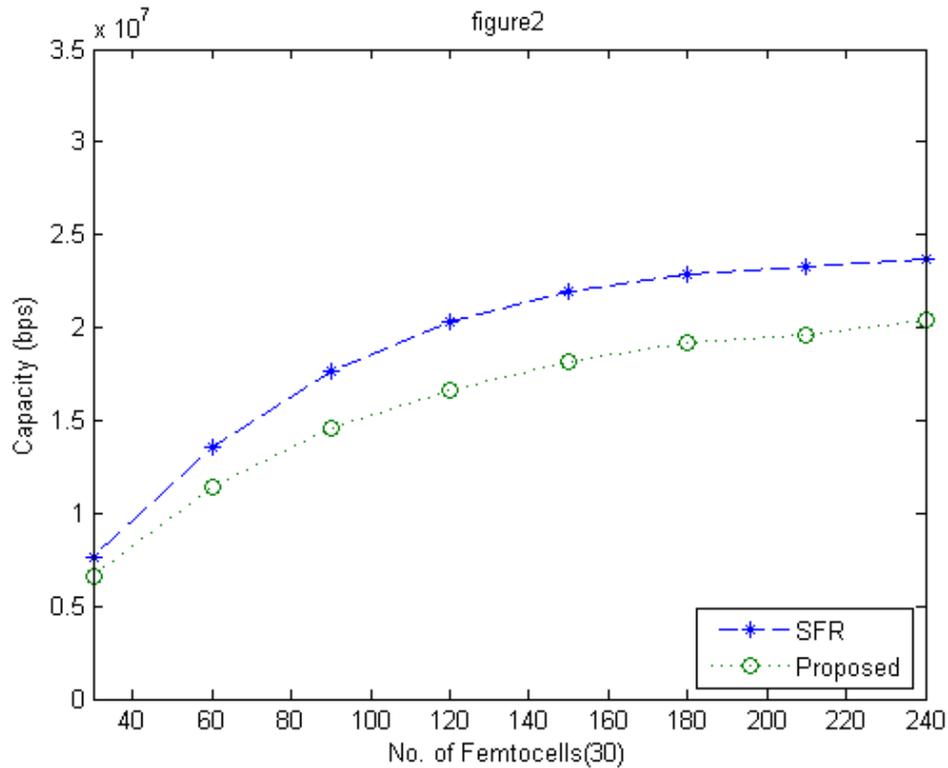
首先我們看到圖十五為保證頻寬 25% 時宏基地台使用者的吞吐量，從圖中可以發現由於毫微微基地台使用者保證的頻寬減小了，在我們的實驗環境中由於某一個毫微微基地台使用者數量過大的情況機率較小，毫微微基地台使用者大多都只能用到比保證頻寬稍微大一些些的頻寬，因此宏基地台使用者所能使用的頻寬較 33% 保證頻寬的情況上升

很多；我們所提方法的宏基地台使用者吞吐量，在毫微微基地台數量大約為 90 個的時候便與軟頻率複用機制下的宏基地台使用者吞吐量並駕齊驅，在超過 100 個後便有相當明顯的提升。



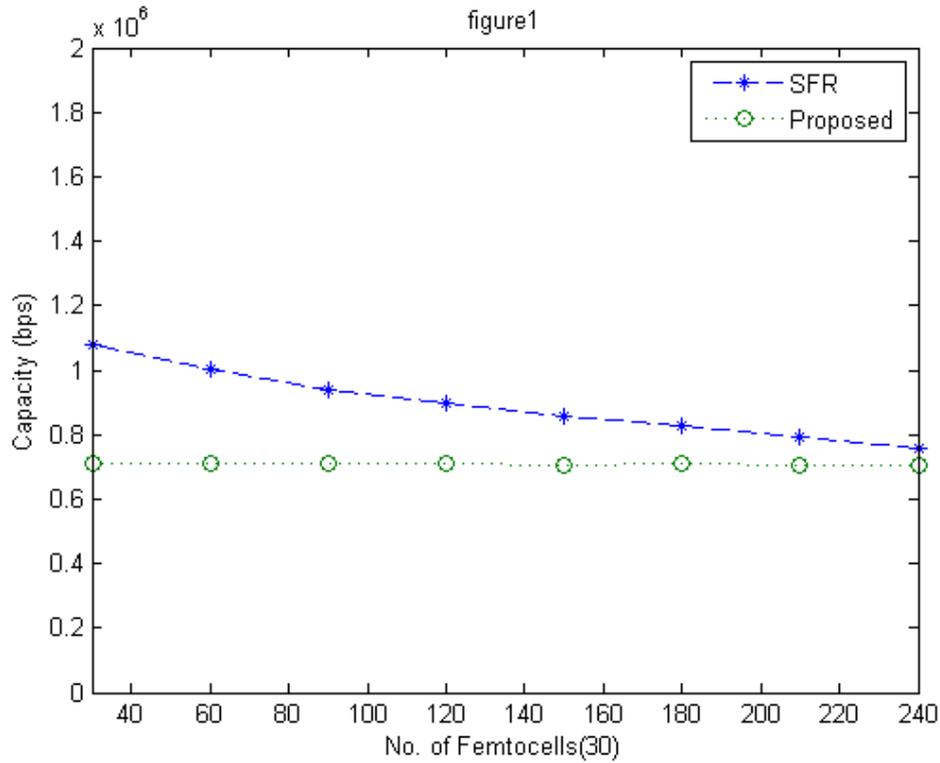
圖十五 保證頻寬 25%時宏基地台使用者的吞吐量

反觀圖十六，圖十六為在毫微微基地台使用者保證頻寬為 25%的情況下毫微微基地台使用者的吞吐量，由於在此我們保證的毫微微基地台使用者最小頻寬只有 25%，大部分的情況下毫微微基地台使用者所能分到的頻寬太小，以至於在此情況下雖然干擾減少許多，但毫微微基地台使用者的吞吐量依然小於軟頻率複用機制下毫微微基地台使用者的吞吐量。



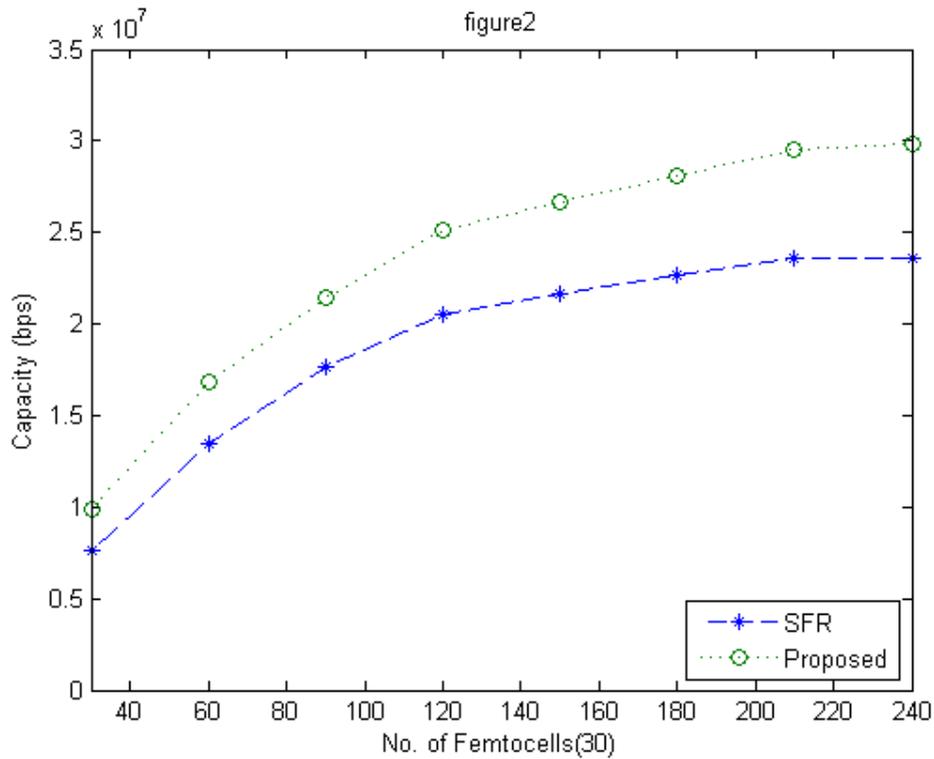
圖十六 保證頻寬 25%時毫微微基地台使用者的吞吐量

圖十七則為保證頻寬 50%情況下宏基地台的使用者裝置吞吐量，將圖十七與圖十三毫微微基地台保證頻寬 33%的情況做比較之後，我們可以看出當我們提升了毫微微基地台的保證頻寬後，宏基地台使用者吞吐量下降了不少，並且在毫微微基地台數量在合理的範圍內時都不及軟頻率複用機制的宏基地台使用者吞吐量，這是由於我們保證毫微微基地台使用者所能得到的頻寬變得相當高，以至於使得宏基地台使用者所能使用的頻寬比之前少了許多，所以即使干擾降得相當的低也補不回頻寬帶來的影響，不過由於宏基地台與毫微微基地台間干擾消除的緣故，我們可以發現當毫微微基地台數量夠多時，兩者的差別並不大。



圖十七 保證頻寬 50%時宏基地台使用者的吞吐量

圖十八為保證頻寬 50%情況下的毫微微基地台使用者吞吐量，從圖中我們可以看到在我們的方法底下，毫微微基地台的吞吐量超過軟頻率複用機制的吞吐量相當多，因為此時在我們的方法下毫微微基地台使用者至少可以獲得的可用頻寬大於或等於軟頻率複用機制的情況，也就是在我們的方法下毫微微基地台的保證頻寬大於或等於軟頻率複用機制下毫微微基地台使用者所能得到的頻寬，因此在至少能夠使用相同頻寬的條件底下，我們所提出的方法由於消除從宏基地台對毫微微基地台使用者造成的大量干擾，使得吞吐量大幅的提升。



圖十八 保證頻寬 50%時毫微微基地台使用者的吞吐量

到這裡我們可得到一個結果，在保證頻寬 50%的條件底下，雖然我們所提出的方法宏基地台使用者的吞吐量不及軟頻率複用宏基地台使用者的吞吐量，但是由於對毫微微基地台與宏基地台間的干擾消除，使得我們的宏基地台使用者吞吐量，在毫微微基地台數量到達一定程度的情況下，並不會與軟頻率複用機制的宏基地台使用者吞吐量相差太多；但對於毫微微基地台使用者的吞吐量，我們提出的方法改善了非常的多。

第六章.

結論

在本論文中我們對訊號與干擾雜訊功率比與毫微微基地台數量做了分析，從中了解到兩者間的關係，並根據此關係提出一個適合此關係的頻率複用協調演算法來改善現有的通訊系統，並將此方法與現有的頻率複用方法做模擬上的比較得到結果；其中協調機制的第一部份為協調的主體機制，第二部份則為在有中央運算單位的情況下可額外獲得的好處。

在部份頻率複用協調機制中，我們將原本在軟頻率複用中會互相干擾的毫微微基地台與宏基地台頻帶重複情況給消除掉，從模擬的結果看來，系統的吞吐量在毫微微基地台數量夠多時會有小幅度的提升，當毫微微基地台的數量愈多時提昇的幅度會愈來愈明顯，因此在現今極力要推廣毫微微基地台的策略底下，部份頻率複用協調機制是相當適合的。

除了提升整體的吞吐量之外，部分頻率協調機制也能夠根據當時的情況去改變所使用的條件，就如我們模擬的結果所示，在毫微微基地台數量很多的時候，此情況下的使用者們可能大部分都使用毫微微基地台，因而造成毫微微基地台使用者較宏基地台使用者多的情況，在此情況下宏基地台所提供的頻寬便可以減少，我們可以將毫微微基地台使用者的保證頻寬向上調整，使毫微微基地台能獲得的頻寬及吞吐量提升，藉以平衡整個系統的效能，反之當毫微微基地台使用的人數較少時，便可以反向操作；要如此快速的協調必須要迅速的掌握使用者的動態，中央運算單位便是為此而生。

參考文獻

- [1] Dehghan, S.; Steele, R., "Small cell city," *Communications Magazine, IEEE* , vol.35, no.8, pp.52,59, Aug 1997.
- [2] Lopez-Perez, D.; Guvenc, I.; De la Roche, G.; Kountouris, M.; Quek, T.Q.S.; Jie Zhang, "Enhanced intercell interference coordination challenges in heterogeneous networks," *Wireless Communications, IEEE* , vol.18, no.3, pp.22,30, June 2011.
- [3] Chun Nie; Pei Liu; Panwar, S., "Interference management using frequency planning in an OFDMA based wireless network," *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2011 IEEE* , vol., no., pp.998,1003, 28-31 March 2011.
- [4] Zheng Xie; Walke, B., "Frequency Reuse Techniques for Attaining Both Coverage and High Spectral Efficiency in OFDMA Cellular Systems," *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2010 IEEE* , vol., no., pp.1,6, 18-21 April 2010.
- [5] Sawahashi, M.; Kishiyama, Y.; Morimoto, A.; Nishikawa, D.; Tanno, M., "Coordinated multipoint transmission/reception techniques for LTE-advanced [Coordinated and Distributed MIMO]," *Wireless Communications, IEEE* , vol.17, no.3, pp.26,34, June 2010.
- [6] Shaoyi Xu; Jing Han; Tao Chen, "Enhanced Inter-Cell Interference Coordination in Heterogeneous Networks for LTE-Advanced," *Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2012 IEEE 75th* , vol., no., pp.1,5, 6-9 May 2012.
- [7] Selim, M.M.; El-Khamy, M.; El-Sharkawy, M., "Enhanced frequency reuse schemes for

interference management in LTE femtocell networks," *Wireless Communication Systems (ISWCS), 2012 International Symposium on* , vol., no., pp.326,330, 28-31 Aug. 2012.

- [8] Erturk, M.C.; Guvenc, I.; Arslan, H., "Femtocell gateway scheduling for capacity and fairness improvement in neighboring femtocell networks," *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Workshops (PIMRC Workshops), 2010 IEEE 21st International Symposium on* , vol., no., pp.54,59, 26-30 Sept. 2010.
- [9] Haoming Li; Hajipour, J.; Attar, A.; Leung, V.C.M., "Efficient HetNet implementation using broadband wireless access with fiber-connected massively distributed antennas architecture," *Wireless Communications, IEEE* , vol.18, no.3, pp.72,78, June 2011.
- [10] Okamawari, T.; Hayashi, H.; Fujii, T., "A Proposal on Network Control Architecture for CoMP JT with IP Network between eNBs," *Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2012 IEEE 75th* , vol., no., pp.1,5, 6-9 May 2012.