

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別: 實習)

參加『W-CDMA 行動電話系統基地台 Multi-layer 規劃技術實習』
報告

	服務機關	職 稱	姓 名
出國人	中華電信行動通信分公司	助理工程師	蔡旻宏
	中華電信行動通信分公司 台中營運處	助理工程師	賴德志

出國地區: 芬蘭

出國期間: 92年4月27日至92年5月10日

報告日期: 92年07月30日

摘 要

出國報告名稱：

參加『W-CDMA 行動電話系統基地台 Multi-layer 規劃技術實習』報告

頁數 53 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 中華電信 賀陳旦

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

中華電信行動通信分公司蔡旻宏/網維處/助理工程師/(02) 2344-5461

中華電信行動通信分公司賴德志/台中營運處/助理工程師

/(04)2344-5056

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：92.4.27~5.10

出國地區：芬蘭

報告日期：92.7.28

分類號/目

關鍵字：WCDMA Multi-Layer, HCS, WCDMA Inter frequency handover

內容摘要：

本報告著眼於

(1)目前 3G 行動電話系統之技術及網路架構。

(2)行動電話系統 3G Multi-Layer 基地台建設方式及未來規劃方向。

藉以熟習 3G 行動電話系統之網路性能和操控，並學習相關技術，俾利日後設計、建設及維運工作。報告中對於 WCDMA 階層式網路架構運行優劣點進行效能評估，同時針對載波重用問題進行模擬測試，以了解巨細胞及微細胞，各種載波重用安排，對網路容量及涵蓋影響。另共通頻道發射功率調整及各載波間交遞對 WCDMA 網路影響，亦作深入探討與計算。

本電子檔已上傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

系統識別號:C09201701

公務出國報告提要

頁數: 53 含附件: 否

報告名稱:

實習「W-CDMA行動電話系統基地台Multilayer規劃技術」

主辦機關:

中華電信行動通信分公司

聯絡人/電話:

陳月雪/3316-6172

出國人員:

蔡旻宏 中華電信行動通信分公司 網路維運處 助理工程師
賴德志 中華電信行動通信分公司 台中營運處 助理工程師

出國類別: 實習

出國地區: 芬蘭

出國期間: 民國 92 年 04 月 27 日 -民國 92 年 05 月 10 日

報告日期: 民國 92 年 07 月 28 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: WCDMA Multi-Layer, HCS, WCDMA Inter frequency handover

內容摘要: 本報告著眼於(1)目前3G行動電話系統之技術及網路架構。(2)行動電話系統3G Multi-Layer基地台建設方式及未來之規劃方向。藉以熟習3G行動電話系統之網路性能和操控，並學習相關技術，俾利日後設計、建設及維運工作。報告中對於WCDMA階層式網路架構運行優劣點進行效能評估，同時針對載波重用問題進行模擬測試，以了解巨細胞及微細胞，各種載波重用安排，對網路容量及涵蓋影響。另共通頻道發射功率調整及各載波間交遞對WCDMA網路影響，亦作深入探討與計算。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

1. 目的.....	3
2. 過程.....	3
3. 前言.....	4
4. WCDMA_HCS 網路簡介.....	5
4.1 HCS 網路系統架構	5
4.2 UMTS 頻譜設定	6
4.3 HCS 網路架構 CARRIER 規劃	7
4.4 HCS 網路架構之容量與涵蓋	8
4.5 WCDMA CARRIER 及 LAYER 之話務分配.....	9
4.5.1 UTRAN	9
4.5.2 手機 Cell reselection 量測資料	10
4.5.3 快速移動手機之 Intra 及 Inter Frequency 量測準則.....	12
4.5.4 Nokia RAN IF-HO 演算法.....	13
4.5.5 Directed RRC connection 建立	14
4.5.6 負荷原因觸發之 Inter-Frequency 交遞	14
4.5.7 服務等級觸發之 Inter-frequency 交遞	17
4.5.8 涵蓋所觸發之 Inter-frequency 交遞	17
4.5.9 Inter Frequency 量測之 Compressed 模式.....	17
4.5.10 Compressed mode 模擬結果.....	18
4.5.11 Compressed mode 對網路規劃之涵蓋及容量影響	19
4.6 與其他 RAT(GSM)網路共站或共享	21
4.7 MACRO/MICRO LAYER 載波重用	22
4.7.1 網路架構及基本參數	22
4.7.2 Micro f1, Macro f2.....	25
4.7.3 Micro f1+f2 , Macro f2.....	31
4.7.4 Micro f1 , Macro f1+f2.....	34
4.7.5 Micro f1+f2 on selected cells , Macro f2	38
4.7.6 載波重用效能	43
4.8 總結	48
5. 感想與建議	49
6. 參考文獻	51
7. 縮寫簡譯.....	51

1. 目的

職等依中華電信股份有限公司九十一年度派員出國計畫表第 131 號
規劃赴芬蘭『W-CDMA 行動電話系統基地台 Multi-layer 規劃技術實習』，此行主要之目的為瞭解：

- (1)目前 3G 行動電話系統之技術及網路架構。
- (2)行動電話系統 3G Multi-Layer 基地台建設方式及未來之規劃方向等。

藉以熟習 3G 行動電話系統之網路性能和操控，並學習相關技術，俾利日後設計、建設及維運工作

2. 過程

日期	地點	行程
92/4/27~4/28	台北 - 芬蘭	去程
92/4/29~5/8	芬蘭赫爾辛基	參加 3G 系統 Multi-Layer 基地台技術實習
92/5/9 ~ 5/10	芬蘭 - 台北	回程

3. 前言

本公司 3G WCDMA 系統正如火如荼展開建設，預定 2004 年 Q2 開台商業運轉提供服務，宣示本公司在無線行動通信領域，已正式跨入高速分封數據的時代。3G 系統無論在無線端或是網路端都採用封包交換的觀念，這對於有限的無線網路頻寬，將可大幅地提高其使用效率。

GSM 行動電話市場在台灣目前用戶數已漸趨飽和，用戶普及率超過 100% 以上，其主要通信行為仍以語音通信為主，目前行動通信業者之營收亦靠此來源，成長空間已相當有限。今後唯有藉行動通信數據業務之拓展，營收方能大幅度之成長空間，畢竟行動電話語音通話平均每通時間不超過二分鐘，但是如果是無線上網的話，一通電話往往超過五分鐘者比比皆是。

3G 與 2G 網路架構最大不同點在於 3G 無線網路，後端核心網路與現有 GPRS/GSM 架構接近，而 3G 無線網路特點是採 WCDMA 技術，WCDMA 一般用在軍事通信及衛星通信，因本技術保密性佳，有抗干擾特性，相當適合行動通信應用。另外為提供無線寬頻通信，從 NodeB 到 RNC 一直到 MGW(Media Gateway) 或者是 SGSN (在 Release 5 以前) 均是採用 ATM 傳輸網路，因此整個 3G 無線網路的構成，係將 WCDMA 無線傳輸層資料(Radio layer) 放入在 ATM 傳輸網路(Transport layer) 上，進行無線資訊交換，由於 ATM 傳輸層引進，因此大幅增加 3G 無線網路複雜度。

本次實習『W-CDMA 行動電話系統基地台 Multi-layer 規劃技術實習』是屬於 3G 無線網路端有關基地台網路架構重要關鍵技術之一，隨著用戶數增加網路 Layer 不會再是單一層次基地台佈建，Macro/Micro/Pico layer 依據通信不同需求，會新設佈建，如何使多層次網路架構選網、交遞運作順暢及載波頻率安排，是本次學習重點。

4. WCDMA_HCS 網路簡介

4.1 HCS 網路系統架構

HCS(Hierarchical Cell Structure)在行動電話網路上應用已不是新鮮事，基本上係根據環境及實際話務需要將 Radio Access 網路基地台區分 Macro, Micro 及 Pico cell 三種層級：

1. Macro cell：連續性電波涵蓋及提供快速移動手機使用
2. Micro cell：高話務需求及提供低速移動手機使用
3. Indoor cell：室內涵蓋為主

3G 網路建設初期以涵蓋為主要訴求，因此通常在 rural 及 suburban 區域以 macro cell 方式進行鋪設，在 urban 及 dense urban 地區以可根據實際話務需求，先以 macro cell 方式進行鋪設然後再逐步增加 Micro 及 Pico cell 數量，或者對於高話務需求區域直接以 Micro 層級開始進行架設。若 3G 業者同時擁有 3 組載波，通常載波指配會針對 Macro /Micro cell 及涵蓋室內之 Pico cell 各安排一組載波來進行規劃，對於此三組載波間涵蓋及容量互補性，可藉由 inter-frequency 交遞或拿已在其中一 layer 使用過之載波在另一 layer 繼續重用來達成。但須注意的是在不同 layer 間使用相同載波最重要是必須了解如何使干擾準位降至最低，同時在涵蓋及容量間取得最佳平衡。

在 3G 網路內可利用 HCS 網路架構來提升系統品質及容量，但其前提為不同載波間之交遞必須相當順暢有效，為使 Inter frequency 交遞得以進行，網路及手機端必須利用送收間短暫 gap time 來獲得不同載波間之量測數據，Data Stream Compression in time domain 技術可幫上大忙。但由於運用壓縮技術使得相同資料量必須在較短時間內完成傳送，因此需較大發射功率來維持傳輸品質。

4.2 UMTS 頻譜設定

UMTS 頻段有下列載波組合

1. 12 FDD carrier ，每一 carrier 2*5 MHz(uplink 及 downlink)
2. 4 TDD carrier 在 TDD 低頻帶 (1900-1920MHz)
3. 3 TDD carrier 在 TDD 高頻帶 (2010-2025MHz)

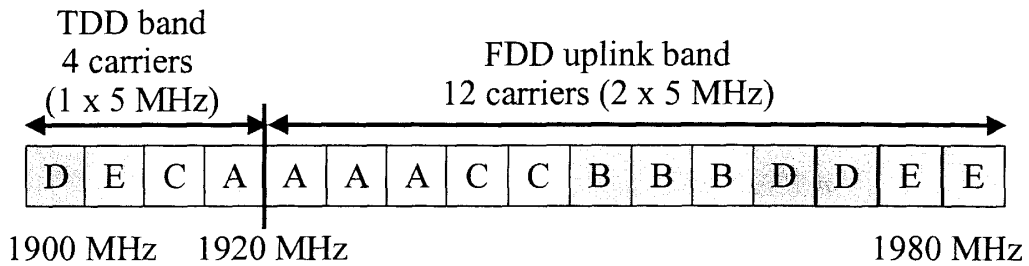


圖 1：UK UMT 系統載波指配範例圖

台灣第三代行動通信系統的頻譜指配

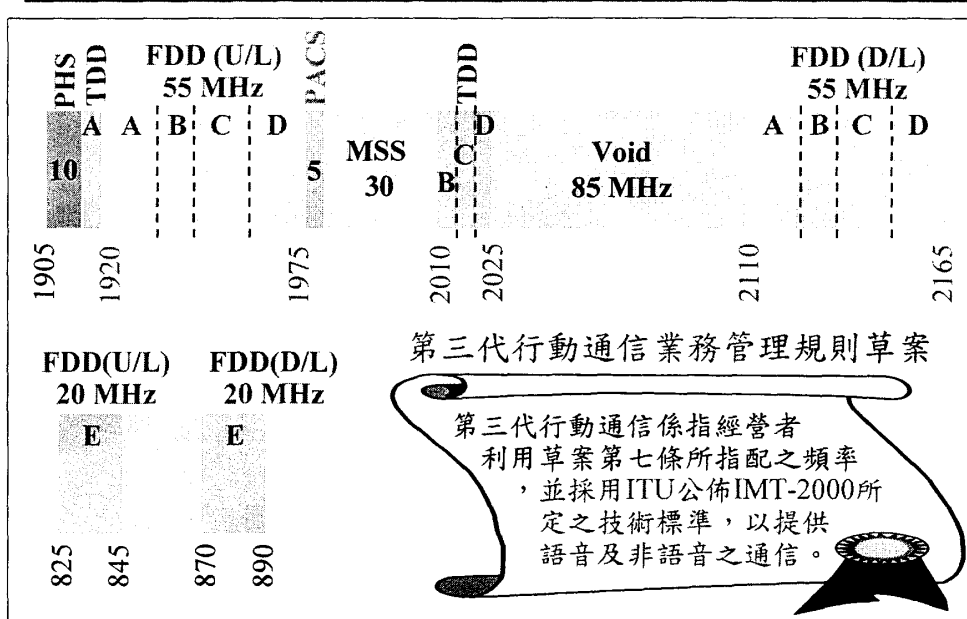


圖 2：台灣 UMT 系統載波指配圖

台灣3G頻譜分割成五張執照

- 執照 A : 2 X 15 MHz (1920~1935 MHz ; 2110~2125 MHz)FDD
+ 5 MHz (1915~1920 MHz)TDD 遠致電信
- 執照 B : 2 X 10 MHz (1935~1945 MHz ; 2125~2135 MHz)FDD
+ 5 MHz (2010~2015 MHz)TDD 聯邦電信
- 執照 C : 2 X 15 MHz (1945~1960 MHz ; 2135~2150 MHz)FDD
+ 5 MHz (2015~2020 MHz)TDD 台哥大
- 執照 D : 2 X 15 MHz (1960~1975 MHz ; 2150~2165 MHz)FDD
+ 5 MHz (2020~2025 MHz)TDD 中華電信
- 執照 E : 2 X 20 MHz (825~845 MHz ; 870~890 MHz)FDD。
亞太行動寬頻

圖 3 台灣 UMTS 執照得標營運商

4.3 HCS 網路架構 Carrier 規劃

HCS 網路架構 Carrier 規劃方式可根據所用有頻寬做最佳化之設計，隨著 Macro/Micro/Pico cell 層次設備量佈建，有著階段性不同設定方式，參考圖 3 HCS 網路架構 Carrier 規劃圖

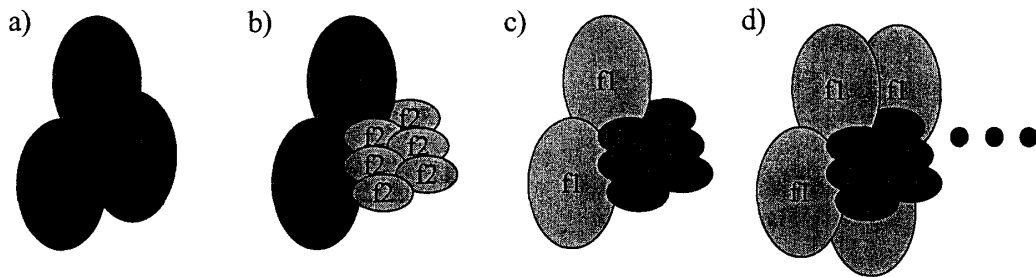


圖 4 HCS 網路架構 CARRIER 規劃圖

不同載波間之交遞如圖 4，交遞成因大致可區分為基於負載平衡或是涵蓋而觸發之交遞需求。

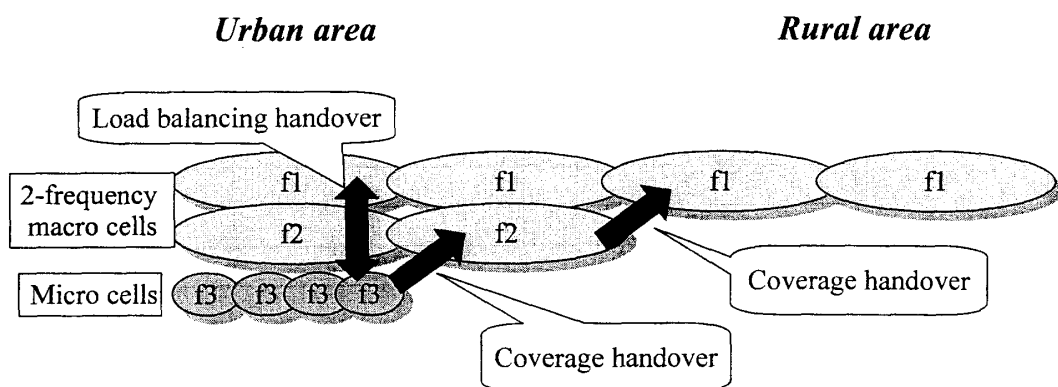


圖 5 HCS 網路架構 INTER FREQUENCY 交遞種類

4.4 HCS 網路架構之容量與涵蓋

典型 WCDMA 空中介面傳輸容量為

1. 3-sector macro cell : 1.0Mbps/sector/5Mhz carrier
2. micro cell : 1.5Mbps/5Mhz carrier

上述 micro cell 容量之所以大於 macro cell 其主因為 micro cell 細胞間隔離度較佳，且因 micro cell 有較小之 delay spread，因此下鏈路碼際間(DL codes)正交性較佳。假設基地台佈建密度為 5 macro sites/ km² 及 30 micro sites/ km²，若 macro 及 micro cell 各使用 1 組 carrier，系統可提供最大容量為 60Mbps/ km²

其中 15Mbps 由 macro cells 提供，45Mbps 由 micro cells 提供，詳細資料請參照表 1 及表 2。

Item	Macro cell layer	Micro cell layer
Capacity per site per carrier	3 Mbps with 3 sectors	1.5 Mbps
Maximum site density	5 sites / km ²	30 sites / km ²
Maximum capacity	15 Mbps / km ²	45 Mbps / km ²

表 1 典型 WCDMA 空中介面容量

Macro frequencies	Micro frequencies	Total capacity
2	-	30 Mbps / km ²
1	1	60 Mbps / km ²
-	2	90 Mbps / km ²
3	-	45 Mbps / km ²
2	1	75 Mbps / km ²
1	2	105 Mbps / km ²

表 2 最大系統容量估算(舉例)

系統涵蓋及容量與 CPICH 有著密不可分關係，兩者之間關係彼此是 Trade-off。舉例而言增加 CPICH 發射功率，可使電波涵蓋獲得改善，但相對而言 Traffic 頻道總發射功率便因而縮小，同時由於下鏈路電波涵蓋增加，手機可在離基地台較遠距離收到基地台訊號，換言之，手機亦須較大發射功率來進行通信，因而壓縮分配給其他手機功率，因此整體系統容量反而下降。

4.5 WCDMA Carrier 及 Layer 之話務分配

4.5.1 UTRAN

Idle mode 參數載送是利用 SIB Type11，Connected mode(包括 Cell FACH, Cell PCH 及 RAU_PCH State)則是利用 SIB Type12。

1. Cell_DCH state：專屬數據頻道將指配手機，手機位於隨時可傳送接收資料狀態，經規定時間若仍無資料進行傳送，手機將移動至 Cell_FACH 狀態，藉以釋放系統資源。
2. Cell_FACH state：此狀態下手機不再用 DPCH 進行通信，取而代之為利用 RACH/FACH 作為信號及少量資料傳送之頻道。由於 Cell FACH 功率耗損仍相對較高，經規定時間後，手機將移動至 Cell_PCH 狀態(非連續性接收)。
備註：Cell_FACH 狀態下將不執行 Inter frequency 及 Inter system 鄰細胞量測(此功能在 3GPP 是屬於 optional)，NOKIA 基於開啟此功能會造成 Cell_FACH 狀態信號容量降低，目前並不提供。

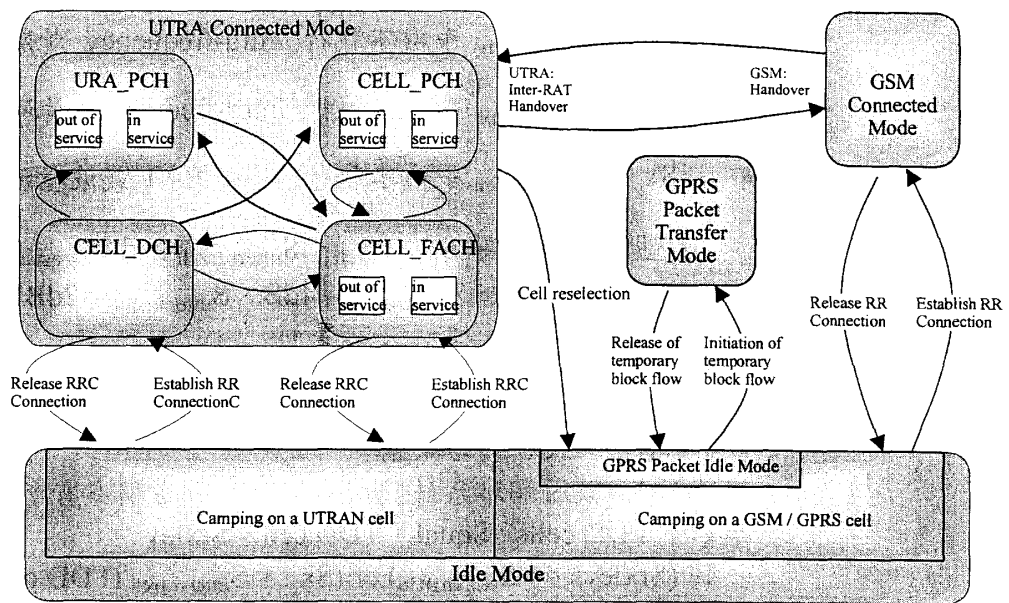


圖 6 RRC 服務各種狀態圖

3. Cell_PCH state：此狀態系統對手機位置了解仍位於 cell level，但若 cell update 次數太過頻繁，超出系統預設值，手機將移動至 URA_PCH，避免耗損系統資源，URA_PCH 狀態下系統僅知手機在 UTRAN Registration Area level。
4. Cell_DCH state 可直接單向進入任一狀態(Cell_FACH、Cell_PCH 及 URA_PCH)，但 URA_PCH 及 Cell_PCH 欲進入 Cell_DCH 則都必須透過 Cell_FACH 狀態。

系統 idle mode 參數設定可根據營運商經營策略讓雙模 (GSM/3G) 於 Idle state camp 在某一系統上。如讓 Idle 手機 camp 在 GSM 系統，藉此降低位置更新次數及減少手機電力消耗(WCDMA 電力消耗較大)。亦可讓雙模手機在 Idle state 儘量選擇 3G 系統，藉以增加 3G 系統使用率。

4.5.2 手機 Cell reselection 量測資料

1. 當系統未使用 HCS 網路架構

下述 Sx 參數因網路系統技術不同，參數名稱亦有所差異，列舉如下 FDD cells：Squal，TDD cell：Srxlev，GSM：Sx。

- If $S_x > S_{\text{intrasearch}}$, 手機不執行 intra-frequency 量測
- If $S_x > S_{\text{intersearch}}$, 手機不執行 inter-frequency 量測
- If $S_x > S_{\text{searchRAT } n}$, 手機不執行 其他 RAT 載波量測

典型參數設定為 $S_{\text{intrasearch}} < S_{\text{intersearch}}$ and $S_{\text{intrasearch}} < S_{\text{searchRAT } n}$ 例如 $S_{\text{intrasearch}} = 4\text{dB}$ 、 $S_{\text{intersearch}} = 2\text{dB}$ 、 $S_{\text{searchRAT } n} = 0\text{dB}$

2. 當系統使用 HCS 網路架構

下述 S_x 參數因網路系統技術不同，參數名稱亦有所差異，列舉如下 FDD cells : Squal，TDD cell : Srxlev

IF ($S_{\text{rxlevs}} \leq S_{\text{searchHCS}}$) or ($S_x \leq S_{\text{intersearch}}$ (FDD only))
THEN

UE 需量測所有 intra- and inter-frequency 細胞

ELSE

IF ($S_x > S_{\text{intersearch}}$) THEN

UE 需量測所有 intra- and inter-frequency 細胞，且這些細胞 HCS priority level 需高於現有服務細胞，本測 fast-moving UEs 量測準則被觸發才停止。

ELSE

UE 需量測所有 intra- and inter-frequency 細胞，且這些細胞 HCS priority level 需相同或高於現有服務細胞，本測 fast-moving UEs 量測準則被觸發才停止。

ENDIF

ENDIF

4.5.3 快速移動手機之 Intra 及 Inter Frequency 量測準則

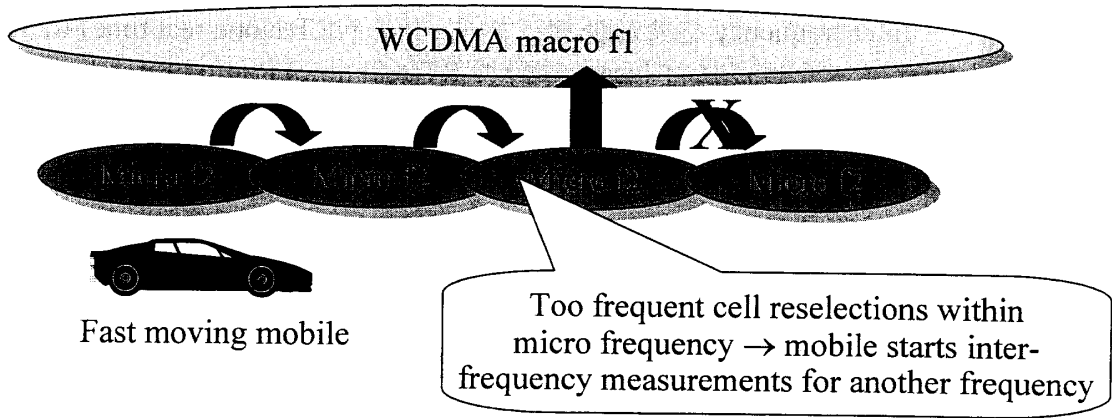


圖 7 快速移動手機之 IF-HO 示意圖

高速移動手機偵測判斷法則如下：如果在 T_{CRmax} 時間內手機細胞重選次數大於預定值 NCR ，該手機 UE 即被判斷進入高速移動狀態，此時該手機需量測 Inter 及 Intra 載波之鄰細胞，且該待量測鄰細胞 HCS 優先權可等同或低於目前服務細胞。順道一提，若 macro cell 及 micro cell 使用不同載波，那麼藉由 Inter-Frequency 交遞，將可驅使手機在 hot spot 區域強迫使用 micro cell 進行通信，如下圖所示。

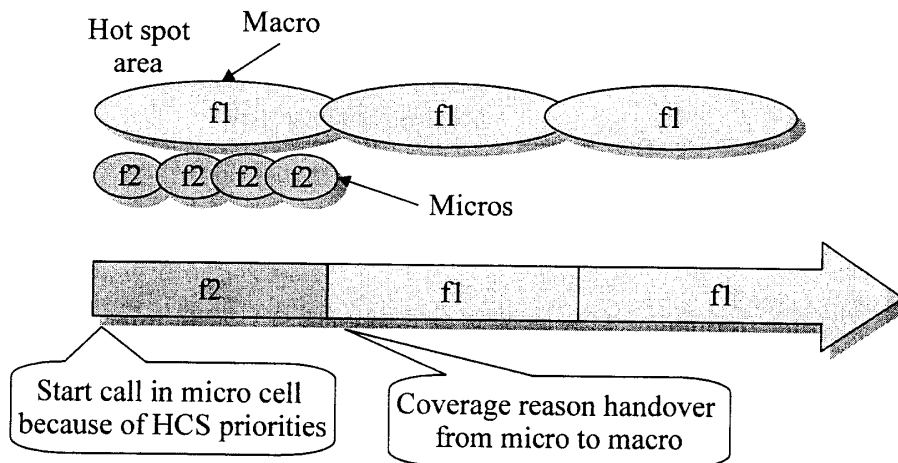


圖 8 HCS 網路 INTER FREQUENCY 交遞示意圖

4.5.4 Nokia RAN IF-HO 演算法

Inter frequency 交遞屬於硬式交遞，對於 NRT(Non real time) Radio bearer 並不會造成任何 loss，但對於 RT(real time) Radio bearer 如語音則造成短暫中斷現象。Nokia RAN 設備針對 NRT 及 RT 之 Radio Bearer 支援下列各式 Inter frequency 交遞控制

1. Intra- BTS 硬式交遞：同一基地台不同載波間之交遞模式
2. Intra-RNC 硬式交遞：受同一 RNC 控制不同基地台間不同載波之交遞模式
3. Inter-RNC 硬式交遞：受不同 RNC 控制不同基地台間不同載波之交遞模式

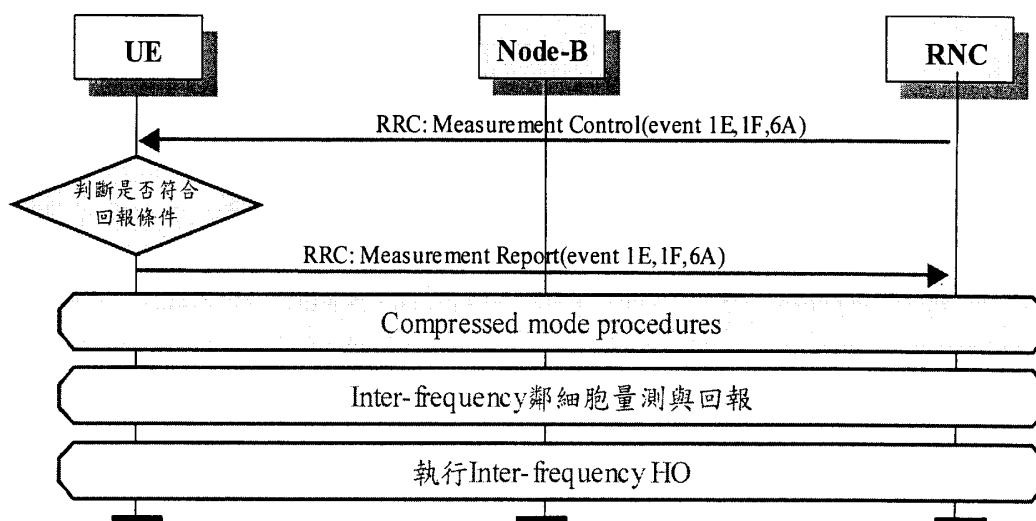


圖 9 INTER FREQUENCY 鄰細胞量測程序圖

Inter frequency 鄰細胞量測程序圖如圖 9，控制 inter-frequency 鄰細胞量測的觸發方式有以下 5 種

1. IFHO caused by UL DCH Quality
2. IFHO caused by UE TX Power
3. IFHO caused by CPICH RSCP
4. IFHO caused by CPICH Ec/No
5. IFHO caused by DL DPCH TX Power

不同載波間硬式交遞屬於網路端評核交遞 NEHO(Network evaluated handover)，主控權在 RNC，RNC 根據手機回報 Inter frequency 量測報告及相關控制參數，對個別手機下達交遞決定。另外 RNC 會根據上下鏈路 RF 狀況通知手機進行 Inter Frequency 鄰細胞品質量測及回報。量測相關控制參數如量測載波、鄰細胞優先權及量測回報週期等均由 RNC 來規定通知手機遵行。由於手機並不會主動同接收兩個載波信號，因此當手機需進行不同載波量測時，必須運用 Compressed 壓縮模式來量測其他載波。

當 RNC 根據回報量測結果，決定進行硬式交遞後，RNC 會指配交遞目標細胞(Target cell)無線電頻道資源，並在手機及新交遞鄰細胞間建立新的無線鏈路，然後命令手機執行 inter frequency 硬式交遞動作。

4.5.5 Directed RRC connection 建立

利用 Directed RRC connection 建立，可有效平衡同一細胞使用兩個或兩個以上 carrier 載波之負荷，RNC 當建立 RRC connection 會選用負荷較輕之 Carrier 來達此目的。Directed RRC connection 建立方法亦適用於同一基地台不同細胞基於負荷考量之 RRC connection。目前 Nokia RAN 1 phase1.5 已可提供 Directed RRC connection 建立功能，當建立 RRC connection 時 RNC 利用 AC(Admission Control)來決定使用之 Carrier。

4.5.6 負荷原因觸發之 Inter-Frequency 交遞

基地台負荷曲線係呈現指數(Exponential)分布現象，因此若儘可能來平衡不同 carrier 間之負荷，系統容量便可做到最大化。基於此考量，因負荷而觸發之 Inter-Frequency 交遞種類也就蘊孕而生。但相反地，Inter-Frequency 交遞需利用壓縮模式來進行不同載波信號量測，此會徒增信號訊務，而壓縮用戶傳送數據訊務空間，網路系統容量反而會因為過於頻繁 Inter-Frequency 交遞，使得系統容量下降。因此 IF-HO 首要目標並非用來平衡不同 carrier 間之負荷，而是用來避免單一 carrier 負荷很高，另一 carrier 卻無負荷之窘境。

負荷準位可定義如下

1. 針對 RT 用戶：
 - UL：BTS 總接收功率/PrxTarget(Target 接收功率)
 - DL：BTS 總發射功率/PtxTarget(Target 發射功率)

2. 針對 NRT 用戶：

Packet scheduler 之封包延遲時間

在 RAN 2 決定是否進行 Inter-frequency 及 Inter-system 交遞前，RT Load 及 NRT Delay 兩項條件都會列入考量條件中，在此情況下，RT 用戶會因而進行交遞來避免 carrier 負荷過重所衍生容量及品質問題，但 NRT 用戶除交遞外，尚可由動態調整 Idle mode 參來減少服務細胞被選用機率，藉以降低 Delay 現象，該 Idle mode 參數係透過 CRRM 來執行。

當進行 IF-HO 時，系統會檢查，是否有低負荷 Inter-frequency 之鄰細胞存在，當 IF 鄰細胞和目前服務細胞均屬同一 RNC 管轄，自然該 IF 鄰細胞負荷狀況 RNC 充分掌握，因此 RNC 可決定是否可進行 IF-HO，若 IF 鄰細胞負荷，服務細胞之 RNC 並不知道，IS-HO 將取代 IF-HO，上述基於服務細胞務負荷狀況所觸發之交遞行為會持續到該細胞負荷降至預定負荷值為止。

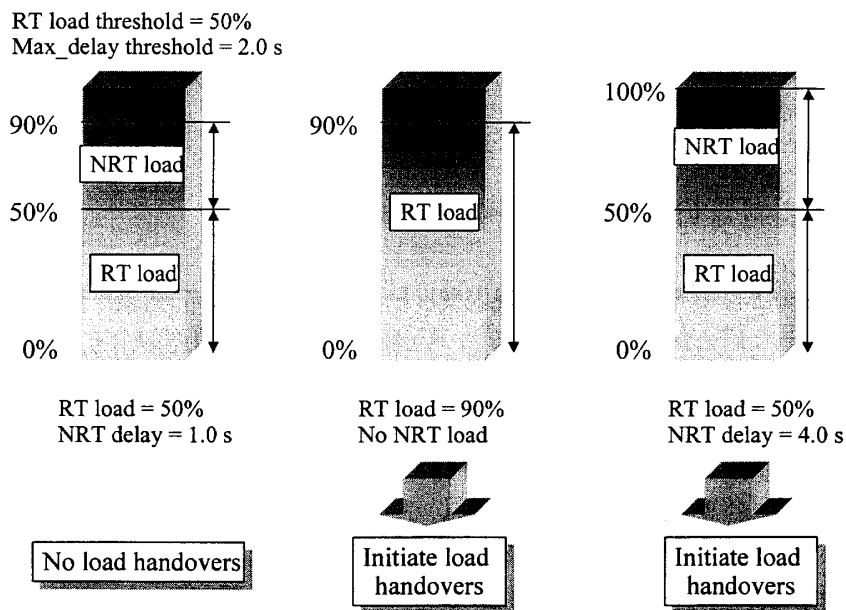


圖 10 INTER FREQUENCY 交遞負荷準位設定範例圖

圖 10 為負荷交遞示範圖，假設 RT Load 為 50%、NRT 最大 Delay time 為 2sec。

1. 圖 10 左例：RT Load 及 NRT delay 均未大於預設值，因此無負荷交遞發生
2. 圖 10 中例：RT Load 90%大於預設值 50%，因此觸發負荷交遞發生
3. 圖 10 右例：NRT delay 4sec 大於預設值 2sec，因此觸發負荷交遞發生

當 RNC 決定哪些用戶將進行交遞時，下列幾項規則將列入考慮中。

1. 各項服務優先權，此為各營運商根據費率及營運策略所擬定，如圖 11。
2. 用戶發射功率將達最大值
3. 可參考細胞優先權設定，來進行交遞
4. 其他

	Speech	Packet (GPRS) <64 kbps	Packet (GPRS) >=64 kbps	Circuit (HSCSD) <32 kbps	Circuit (HSCSD) >=32 kbps
GSM/EDGE	1	3	4	-	-
WCDMA macro	2	1	1	1	2
WCDMA micro	3	2	1	2	1

Operator defines priorities

表 3 各項服務優先權示意圖

4.5.7 服務等級觸發之 Inter-frequency 交遞

服務等級原因所觸發 Inter-Frequency 交遞過程與 4.5.6 相同，但為一不同的是將服務等級加入考量，以決定哪一用戶進行交遞，服務等級交遞對營運商網路經營相當有助益，例如可將語音用戶使用 macro layer 進行通信，高傳輸速率用戶鎖定 micro layer 來使用網路服務。

4.5.8 涵蓋所觸發之 Inter-frequency 交遞

當 UTRAN 網路使用不同 carrier，個別 carrier 將有不完全相同電波涵蓋，同時若一 carrier 無法提供完涵蓋，涵蓋漏洞可藉由另一 carrier 涵蓋來補足。最典型例子便是 Macro/Micro 網路架構設計，若 Macro/Micro Cell 分屬不同 Carrier，通常 Micro cell 僅佈建於 hot spot 區域無法提供連續性涵蓋，此時就必須透過 inter frequency 交遞行為，由 macro cell 來補足其涵蓋上之不足。

因涵蓋所觸發之 Inter frequency 交遞過程，首先用戶端以逐漸離開其中一 Carrier 的電波涵蓋範圍，同時 RNC 了解網路另一 Carrier 有可供交遞之鄰細胞，RNC 命令手機進行 IF 量測，若手機回報量測結果顯示有符合交遞門檻之鄰細胞，RNC 將通知手機進行 IF-HO 至該鄰細胞。

由於手機並不會同時監測多個 Carrier 載波，RNC 將視實際需要通隻手機進行 IF 量測，此時手機必須進入 Compressed mode (CM)，在 CM 狀態下因 SF(Spreading factor)下降，將導致手機必須以較大發射功率進行傳送，另一方面量測及交遞程序亦須儘早觸動，避免手機在執行交遞前，已發生中斷現象，涵蓋不足觸發條件主要事根據上下鏈路信號強度來決定，但亦可用上鏈路 Quality 及下鏈路 Pilot RSCP 及 Pilot Ec/Io 來作為觸發條件。

4.5.9 Inter Frequency 量測之 Compressed 模式

Compressed mode 運用時機當手機必須利用 Single receiver 進行另外一個載波(FDD)或 RAT(GSM)量測所必須採用之量測模式。當進入壓縮模式後，意味著手機原先傳送及接收資料必須暫停一段時間約幾個毫秒，利用該短暫時間，手機將進行另一載波信號量測。上述

並不表示手機將失去任何 DCH 用戶資料，相反地，手機必須將資料壓縮再更短時間內傳送完畢。

上下鏈路均個別進行壓縮，DPCCH 及 DPDCH 均暫停傳送，根據使用優先權依序條列如下幾種典型壓縮模式：

1. Puncturing：將傳輸串列騰空一區間，利用特殊動態速率匹配演算法(Dynamic rate matching algorithm)來降低實體通道資料量。
2. Halving the SF(Spreading factor)：將 SF 減半，暫時使無線傳輸實體通道傳輸速率增加一倍。
3. Higher layer scheduling：降低實體通道傳輸之 DCH 用戶資料傳輸率，此種方式相當適用於 NRT 資料傳輸型態，因 NRT 資料傳輸速率式可變的。

實際運用上，觸發手機進入 Compressed mode 時機點是當手機必須去量測 inter frequency 及 inter system 交遞量測報告。RNC 根據鄰細胞定義、頻道指配及網路 Layer 架構實際需要，通知手機去量測特定載波。另外值得一提手機進入 Compressed mode 之傳輸空檔，快速閉迴路功率控制是不能被使用，當手機離開傳輸空檔後，再透過供率控制機制，再最短時間內恢復 SIR (Signal to interference)數值至目標值。

4.5.10 Compressed mode 模擬結果

根據多份研究參考文獻顯示，Compressed mode 對系統容量影響 UL 要比 DL 還來得嚴重。當系統參數適當設定前提下，Compressed mode 對 RAN 容量損失約在 0~4%。若再考慮 AMR codec 之 DTX、進入壓縮模式時降低用戶數據傳輸速率及利用更高階資料排程(higher layer scheduling)等，Compressed mode 對 RAN 容量損失可再更減緩。

另外快速移動手機受 Compressed mode 影響低於慢速移動手機，其主要因為受惠於 inner loop 功率控制。測試結果亦顯示，FDD Inter-frequency 量測對系統影響程度可能不會像 GSM 那麼直接，其中之一原因來自 FDD Inter-frequency 量測時間與 GSM 相較變動空間相當大。因 Compressed mode 對系統容量影響空間有限，所以並不需要特

別對手機進入 Compressed mode 有特別限制或改變。

4.5.11 Compressed mode 對網路規劃之涵蓋及容量影響

因為在 Compressed mode 狀態下會增加手機發射功率，導致網路干擾量增加，因此電波涵蓋會所縮小，另一方面快速功率控制(Fast power control)在 Compressed frame 傳輸間隙影響亦是無效的，此亦會造成 Eb/No 上升，使得網路容量因此而下降。Compressed mode 綜觀上述雖有以上負面影響，但 IF-HO 技術對 WCDMA 網路整體而言仍是正面，因為 IF-HO 使得網路負荷可在不同載波間共同承擔，讓網路運作可操作在線性負荷曲線中，下表列舉出各種不同行動網路技術運用 IF-HO 情形比較表。

	WCDMA	IS-95A	GSM
Why inter-frequency measurements?	For inter-frequency & inter-system handovers	No IF-measurements => utilization of multiple frequencies difficult	For all handovers
How to make IF-measurements	Compressed mode or UE Dual Receiver		Simple since discontinuous tx & rx

表 4 各行動網路使用 INTER-FREQUENCY 量測技術比較表

1. Compressed mode 對涵蓋影響

當手機移動至細胞邊緣，若此時手機又已達其最大發射功率限制，網路命令手機進入 Compressed 量測模式的話，確實會造成手機誤碼率。為避免此現象產生，網路命令手機進入 Compressed 量測時間點就必須提早，在手機移動至基地台邊緣前即觸發，對 NRT 及 AMR 語音用戶可將其 Bit rate 降低一點，藉以降低手機發射功率，減少 Compressed mode 對涵蓋影響。

Compressed mode 對涵蓋影響可參考下表 5 計算，根據計算結果平均電波涵蓋會降低 2.1dB，峯值為 4.2dB，實際影響程度與下列因素有關

- (1).分集(Diversity)特性
- (2)手機移動速度
- (3)傳播環境

- (4)收發訊機性能
- (5)量測間隙長度(measurement gap length)
- (6)壓縮模式方法(compressed mode method)

Assumption	Effect to the coverage of real time services
Required E_b/N_0 is 1.5 dB higher during compressed frames	1.5 dB reduced coverage
7-slot gap is used	$10 \cdot \log_{10}(15/8)$ = 2.7 dB reduced coverage
Every 2nd frame is compressed with 20 ms interleaving (speech)	$4.2 \text{ dB} / 2 = 2.1 \text{ dB}$ reduced coverage

表 5 COMPRESSED MODE 對電波涵蓋影響

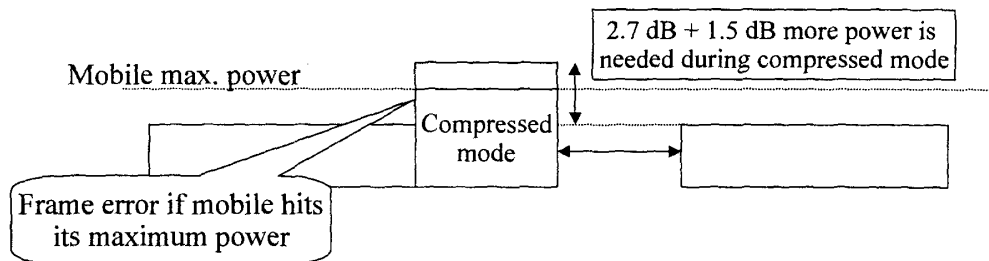


圖 11 COMPRESSED MODE 手機增加之發射功率示意圖

2.Compressed mode 對容量影響

當手機進入 Compressed 量測模式，快速功率控制將無法發揮效果，因進入 Compressed 量測將會產生傳輸間隙，功率控制將會失效。因此手機會需要較高 E_b/N_0 ，意即需較大發射功率，進而對網路產生較大干擾。Compressed mode 對容量影響試算如下表 6，本計算假設進入壓縮模式之 E_b/N_0 需求要比未進入該模式大上 1.5dB，實際上真正 E_b/N_0 需求大小，與下列因素均有關係

- (1)分集(Diversity)特性
- (2)手機移動速度
- (3)傳播環境
- (4)收發訊機性能

- (5)上下鏈路量測間隙長度(measurement gap length)
 (6)壓縮模式方法(compressed mode method)為 Spreading factor 或是 puncturing

Assumption	Effect to the coverage of real time services
Required E_b/N_0 is 1.5 dB higher during compressed frames	1.5 dB = 41% more interference
Every 3rd frame is compressed	41% / 3 = 14% more interference
7% of the users are measuring at the same time	14% * 7% = 0.98% more interference

表 6 COMPRESSED MODE 對容量影響

根據表 6 驗證 Compressed mode 對容量影響相當有限 ~1%，因此當進行系統設備量估算時 Compressed mode 之影響可不列入計算，此與 3GPP 計算結果是相仿的。

4.6 與其他 RAT(GSM)網路共站或共享

運用現在既有 GSM 基地台佈置點與將來的 WCDMA 基地台做共站或共享規劃，可大幅降低如基站佈放所需之土木工程和安裝費用。都會地區常缺乏合適地點來裝置基地台區域，因為建築物所有者常基於種種因素考量，不願意出租適當空間做基地台佈建如電磁波疑慮、住戶抗爭及對大樓安全管理漏洞...等，同時相關電信監理單位亦會製定相關基地台建置規則，使得各營運商對基地台佈建困難度雪上加霜。基於以上陳述使得 GSM/WCDMA 共站是未來必然趨勢。

4.7 Macro/Micro layer 載波重用

WCDMA 是一個干擾受限(Interference limited)之行動網路系統，所以網路容量與涵蓋完全取決於上下鏈路干擾情形。在下鏈路方面，干擾源是來自相鄰基地台發射功率，上鏈路來源，則是由手機來提供。通常 Micro 及 Marco layer 基地台之 Total 及 Pilot 發射功率相差數個 dB，Micro 及 Marco layer 基地台若使用相同載波常會造成品質劣化問題，舉例而言如近場效應(Near-far problem)。

以下報告中針對 2 layer 網路載波重用問題進行討論，該 2 layer 中 Micro layer 共包括 31 cells 及 Marco layer 18 cells。無論本架構是否為真實網路，前提是上述 Micro 及 Marco layer 是個別存在且無互相考慮彼此設置地點所規劃出之兩層式獨立網路。

本研究模擬軟體為 WCDMA network simulator npsw version 5，該軟體支援兩 carrier 間 IF-HO 模擬計算，Micro 及 Marco cell 傳播損失計算係利用 3 階 Ray Tracing 軟體 WinProp 來獲得相關資訊。

本次研究步驟列舉如下：

1. 個別檢驗 Micro 及 Marco layer 品質是否在合理
2. Micro 及 Marco layer 個別操作在不同載波，可進行 IF-HO
3. Micro F1 及 Marco F2 個別品質當比較基礎
4. 進行各項載波重用組合分析(如 Micro 重用 Marco carrier 或者 Macro 重用 Micro carrier)
5. 各種網路評估指標包括基地台發射功率、細胞負荷、不同 carrier 間用戶分佈、各項服務發生機率、軟性交遞額外負擔均在不同網路架構安排下被討論。

4.7.1 網路架構及基本參數

基地台及手機在 Micro 及 Marco layer 使用之各項參數表列如下表 7 及 8。當重用相同載波在不同網路 layer，CPICH 及基地台總發射功率將進行修正，各種修正數值，將在下列各種討論 Case 中描述。

Parameters	Macro	Micro
BS TX Max Power	43 dBm	37 dBm
TX max power per link	40 dBm	34 dBm
TX min power per link	15 dBm	9 dBm
CPICH power	30 dBm	24 dBm
Other common channel powers	30 dBm	24 dBm
CPICHtoRefRabOffset ¹	5.5 dB	5.5 dB
Cable losses	2 dB	2 dB
MHA gain	0 dB	0 dB
Channel	Two equal taps	Two equal taps
SHO window	3 dB	3 dB
Max load own	0.6	0.8
Max total load	0.6	0.8
BS antenna type and gain	65 deg, 16 dBi	60 deg, 12 dBi
Average antenna height	32 m	10 m
BS noise figure	5 dB	5 dB

表 7 MICRO 及 MARCO 基地台基本參數

Parameter	Value
Max MS TX power	21 dBm
Min MS TX power	-50 dBm
Service in use (UL, DL)	12.2 kbit/s
Mobile speed	3 km/h
MS noise figure	8 dB

表 8 手機端基本參數

針對 npsw 模擬，若 2 Layer 透過 IF-HO 協運，手機將初始指配使用 Micro layer f1，若 Micro carrier pilot power(CPICH)未出現，手機將被允許移動至 Marco carrier 2，然後 npsw 軟體再開始進行 iteration，npsw 模擬參數請參考下表 9。

¹ This parameter defines the maximum power per link with respect to the CPICH power. It is given as dBs below CPICH power.

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
Number of allowed IFHOs	2
UL load reduction	Remove mobiles randomly
BS Tx Power reduction	Remove mobiles randomly
Hard blocking (code limit)	Not used
Number of snapshots in averaging	3

表 9 NPSW 模擬參數

WinProp ray tracing 使用經驗統計之繞射(diffraction)及反射(reflection)模型來做 ray iteration 計算，相關調整參數詳如下表 10。與絕對 Fresnel 傳送及反射係數及 GTD/UTD 繞射複雜模型相較，WinProp ray tracing 所採用較為簡化之模型，顯得較為實際且可獲得較快且準確數據。

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
Reflection loss	14 dB
Outer wall transmission loss	8 dB
Minimum diffraction loss of incident rays	15 dB
Maximum diffraction loss of incident rays	40 dB
Diffraction loss of diffracted rays	12 dB
Resolution	12.5 m

表 10 WINPROP RAY TRACING MODEL 參數

下圖 12 將 Micro 及 Marco layer 放在一起，所有手機均勻分佈在多邊形(Polygon)。平均 micro cell 密度~ 8 cells/km²， Marco cell 密度~ 5 cells/km²

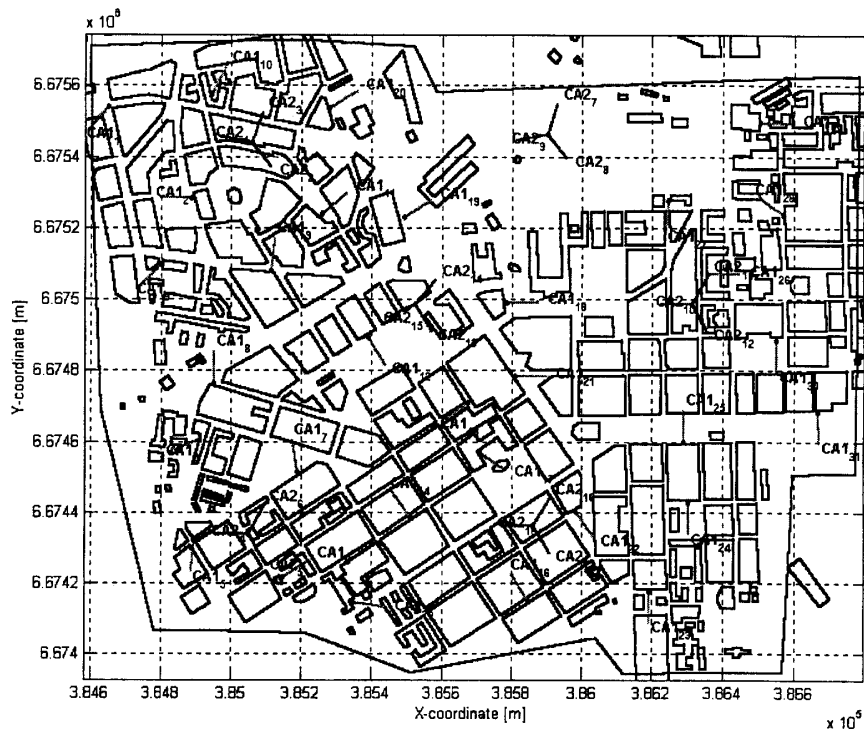


圖 12 MICRO (綠色) 及 MACRO (紅色) 基地台分布圖

4.7.2 Micro f1, Macro f2

各 layer 細胞涵蓋範圍取決於下鏈路 CPICH 信號強度如下圖 13 及 14 分別針對 Micro cell 及 Macro cell 所繪製各細胞電波涵蓋圖。在 Micro cell 電波涵蓋圖中各細胞間電波涵蓋範圍可清楚界定劃分出來，其主因為 Micro cell 天線位置及發射功率均較低，鄰近建築物又提供 Micro cell 之間天然隔離遮蔽效應所致。反觀 Marco cell 因天線位置較高且發射功率較大，電波涵蓋分佈就顯得較為零散，會有電波重疊情形。

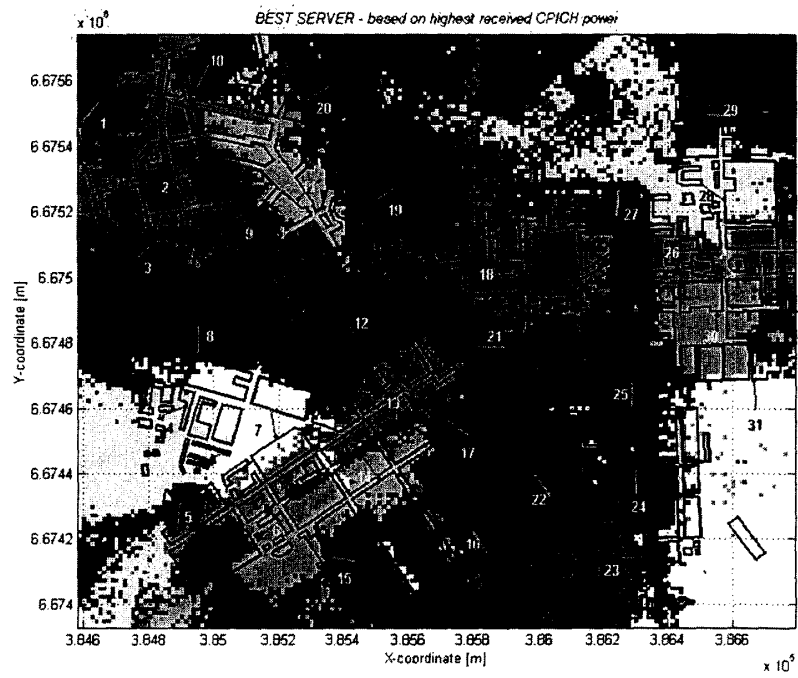


圖 13 MICRO 各基地台電波涵蓋分布圖

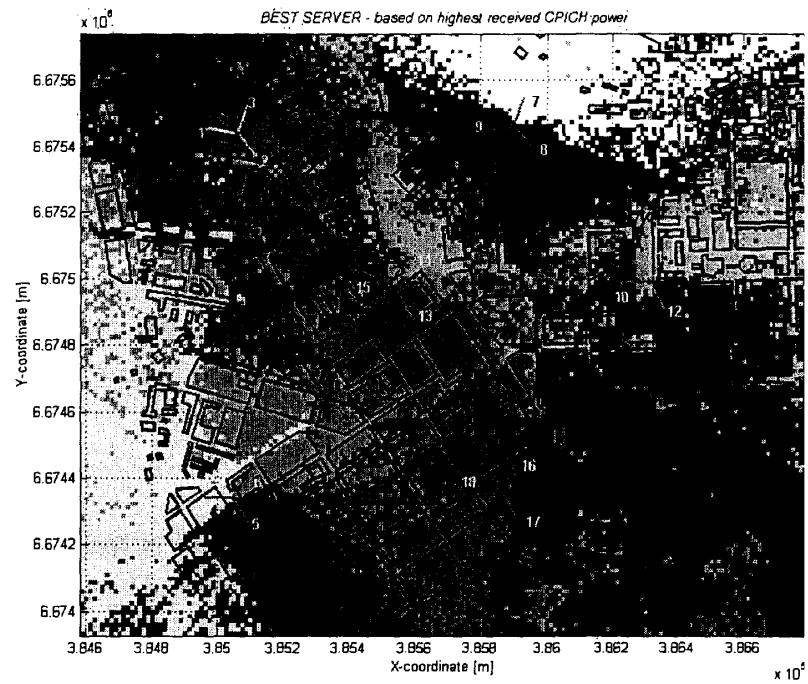


圖 14 MACRO 各基地台電波涵蓋分布圖

考量圖 15 及 16 顯示藉由開啟 Micro f1+Macro f2 IF-HO，整體服務率可獲得改善提升。在單一 Micro 或 Macro layer 網路架構下，服務率 92%為最佳狀態。由圖 15 顯示，約 90%服務率，單一 Micro 或 Macro layer 可個別提供~50-55 初始用戶/cell，但之後隨著每個細胞初始用戶數增加，網路服務率卻發生急速下降之現象。

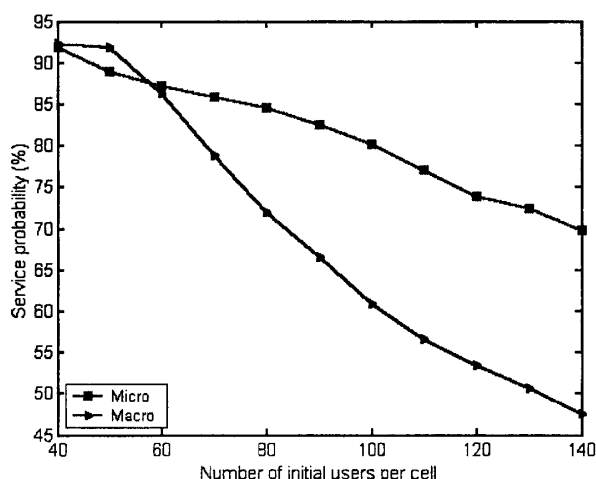


圖 15 個別 MICRO/MACRO LAYER 所提供服務率

由圖 16 顯示，Micro f1+Macro f2 並開啟 IF-HO 之網路架構，98%服務率單一 Micro layer 每個細胞可個別提供~80 初始用戶，90%服務率單一 Micro layer 每個細胞可提供~135 初始用戶，與圖 15 個別 Micro/Macro layer 架構比較，網路容量是獲得 250%改善。

若同樣以 90%服務率作為比較基礎，有開啟 If-HO 2 layer 架構整體服務客戶數比未開啟 If-HO 個別獨立運作 2 layer 架構多出~75%客戶服務數量。這些改善主因為 Micro/Macro layer 間涵蓋及容量互補性所達成。

服務客戶數計算(90%服務率)

(1) 未開啟 If-HO 個別獨立運作 2 layer 網路架構：

Micro cell : 45 用戶/cell.....共有 31 細胞

Marco cell : 55 用戶/cell.....共有 18 細胞

小計服務客戶總數=45*31+55*18=2354

(2) 開啟 If-HO 2 layer 架構

Micro cell : 135 用戶/cell.....共有 31 細胞
小計服務客戶總數 = 135*31=4185

所以(4185-2354)/2354~75%

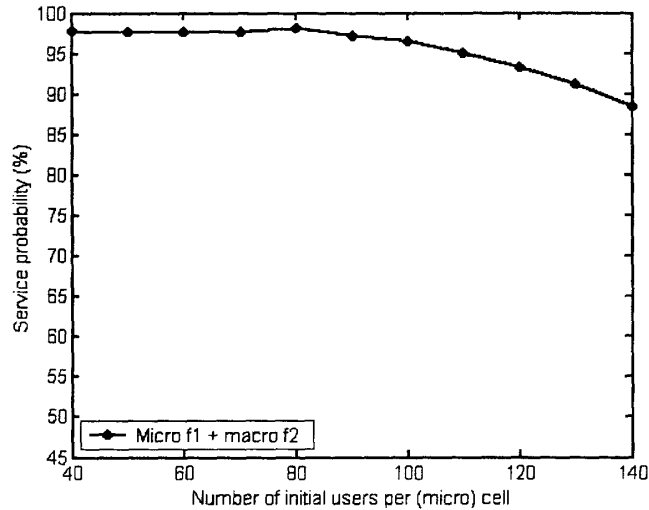


圖 16 MICRO F1+MACRO F2 並開啟 IF-HO 所提供服務率

在 Macro cell 基地台下鏈路最大發射功率及上鏈路負荷(0.6)之上限會限制住該基地台可提供服務之用戶數，在 Micro cell 承載用戶數限制則來自下鏈路基地台最大發射功率及上鏈路負荷(0.8)。

下圖 17/18/19 顯示在 Micro cell 及 Marco cell 未能提供手機服務原因。首先根據圖 17 單一 Marco cell layer 上鏈路品質受限原因分析發現，當該細胞用戶數未達 100 以上用戶，UL Loading 是造成中斷手機服務主因，當用戶數超過 100 以上用戶，基地台下鏈路發射功率會成為限制之因素。由圖 17 亦發現當用戶數到達 100 以上，UL Loading 造成手機用戶無法通信比例卻不增反降，其原因為高負荷情況下，網路運作於非線性區，nspw 對 load 及 power 抑制是較難控制。

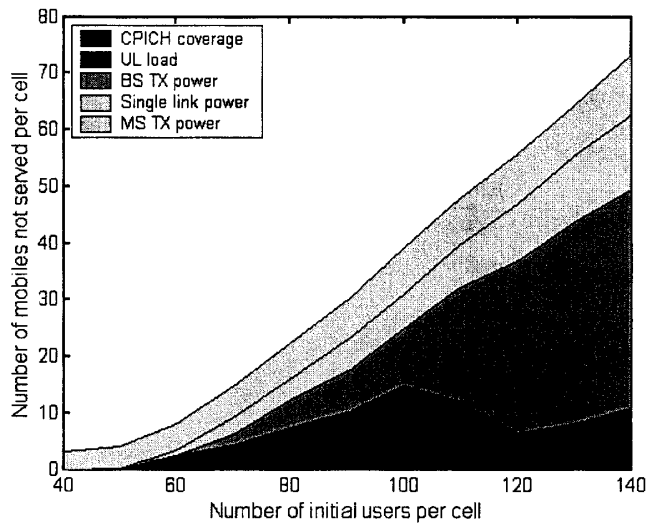


圖 17 單一 MACRO CELL 手機中斷服務原因

根據圖 18 單一 Micro cell layer 上鏈路品質受限原因分析發現，當基地台下鏈路發射功率會成為限制之因素要比 UL Loading 發生的還要早的許多。

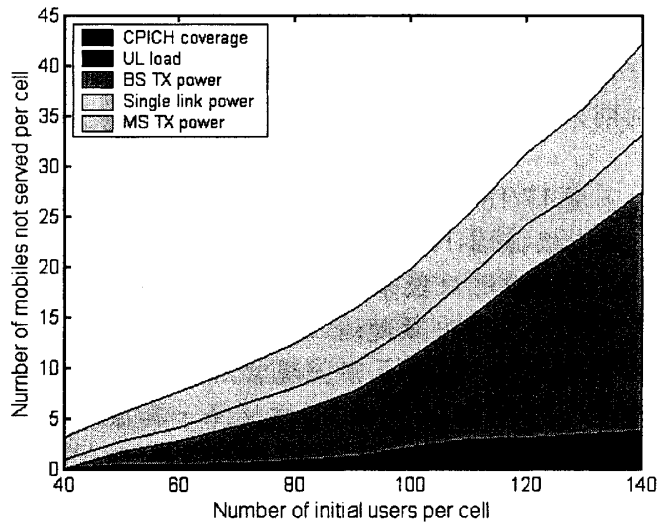


圖 18 單一 MICRO CELL 手機中斷服務原因

根據圖 19 利用 Micro cell 及 Marco cell 2 Layer 網路協運，開啟 If-HO，那些在 Micro cell layer 因下鏈路發射功率限制，而無法繼續提供服務之用戶，透過 If-HO 交遞給 Marco layer，所以 Micro cell 下鏈路發射功率不限制網路容量。造成 Micro cell 及 Marco cell 2 Layer 網路中斷手機服務主因是下鏈路單一 link power 及手機在上鏈路最大發射功率。

以同樣均為 100 用戶進入網路：

- (1) 單一 Micro cell 架構網路將中斷 20 用戶服務
- (2) 單一 Micro cell 架構網路將中斷 40 用戶服務
- (3) Micro cell 及 Marco cell 2 Layer 網路協運架構下，僅中斷 2 用戶服務。

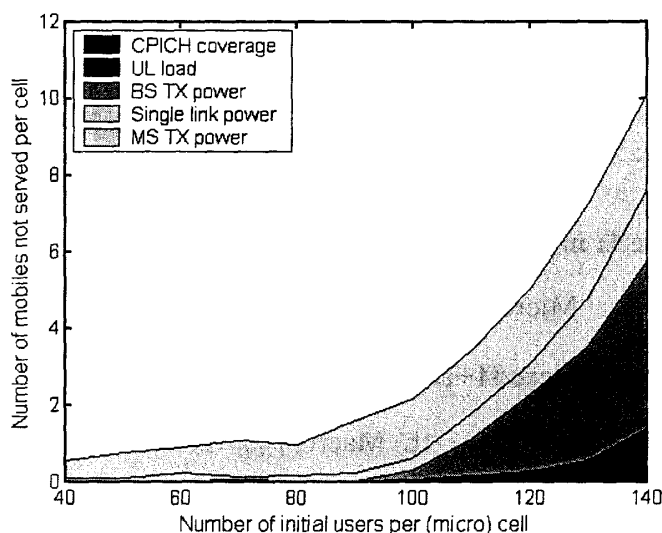


圖 19 MICRO CELL 及 MARCO CELL 網路協運手機中斷服務原因

綜觀上述，允許 2 layer 網路架構進行 If-HO 與單一 Macro/Micro layer 相較，可有效增加網路系統容量，同時藉由 2 layer 協運，可提供較為連續性電波涵蓋。單一 Macro layer 系統品質受限於 UL loading，單一 Micro layer 系統容量又會在基地台 DL Tx power 最先受到瓶頸。允許上述 2 Layer (Micro/Macro)間 If-HO，Micro cells 可克服 Macro cell 之涵蓋漏洞，間接改善網路整體品質。另一方面當 Micro 基地台 DL power 耗盡時，Macro 亦可提供額外 DL 容量，兩者相輔相成，不僅提升網路容量，同時提供更完整涵蓋。

4.7.3 Micro f1+f2 , Macro f2

WCDMA 不同 Layer 間載波指配最直接想法，便是允許每一 Layer 均操作在自己專屬不同的 carrier 上，並藉由 If-HO 來平衡彼此間之負荷，此結果已經上述章節中驗證。Micro cell 間隔離度通常要比 Macro cell 好的許多，此優點為 Micro cell 帶來較低的干擾準位。

使用 Micro cell 通信手機時常與基地台之間有直線通信 (line-of-sight) 關係，此現象亦使得 Micro cell 與通信手機間可以用比較低的 UL/DL 傳輸功率，獲得較高之傳輸速率。當 Micro cell 下鏈路傳輸功率到達上限，用戶可被命令交遞至使用不同 carrier 之 Macro cell，本章節所探討主體是 Macro cell 所使用之載波是否可在高負荷之 Micro cell 中重用。

下列網路組態是用來研究重用 Macro 載波在 Micro layer 之可行性：

- **Case 1: micro f1, macro f2,**

Micro_{CPICH} 比 Macro_{CPICH} 低 6 dB (基準點)

- **Case 2: micro f1+f2, macro f2,**

Micro_{CPICH} 比 Macro_{CPICH} 低 3 dB

- **Case 3: micro f1+f2, macro f2,**

Micro_{CPICH} 比 Macro_{CPICH} 低 6 dB

- **Case 4: micro f1+f2, macro f2,**

Micro_{CPICH} 比 Macro_{CPICH} 低 9 dB

- **Case 5: micro f1+f2, macro f2,**

Micro_{CPICH} 比 Macro_{CPICH} 低 6 dB，相較 cases 2, 3, and 4，case5 之 BS Tx Power 加倍

Case 2-4 BS Tx Power 將平均分攤在 2 carrier 上，other common channels 之 power 是固定的，用來檢視 Pilot channel 變化對架構於 Macro layer 下之 Micro cell 之影響，Case5 因為 BS Tx Power 是加倍

的所以，每一 carrier 之 power 和基準點是相同(case1)， Micro 及 Marco 基地台基本參數請參考表 7，上述各項 Case 之基地台參數如下表 11。

<i>Parameter</i>	<i>Case 1</i>	<i>Case 2</i>	<i>Case 3</i>	<i>Case 4</i>	<i>Case 5</i>
<i>TxMaxPower</i>	37 dBm	34 dBm	34 dBm	34 dBm	37 dBm
<i>TxMaxPowerPerLink</i>	34 dBm	31 dBm	31 dBm	31 dBm	34 dBm
<i>CPICH power</i>	24 dBm	27 dBm	24 dBm	21 dBm	24 dBm
<i>Other Common channels</i>	24 dBm	21 dBm	21 dBm	21 dBm	24 dBm
<i>CPICHtoRefRabOffset</i>	5.5 dB	5.5 dB	5.5 dB	5.5 dB	5.5 dB

表 11 各種測試 CASE 基地台參數(表內數值只針對單一 CARRIER)

表 11 所列參數及 NPSW 軟體所模擬假設前提為基地台總發射功率，是平均分攤在兩個 carrier 上，實際上基地台總功率是 pooled resource 概念，換言之，基地台總發射功率可在不同 carrier 間借用，因此 npsw 模擬結果會低估 DL 容量，在模擬假設每一 carrier 分配之發射功率是固定，即使另一 carrier 仍有未使用功率，但基於軟體限制仍無法被拿來模擬使用。

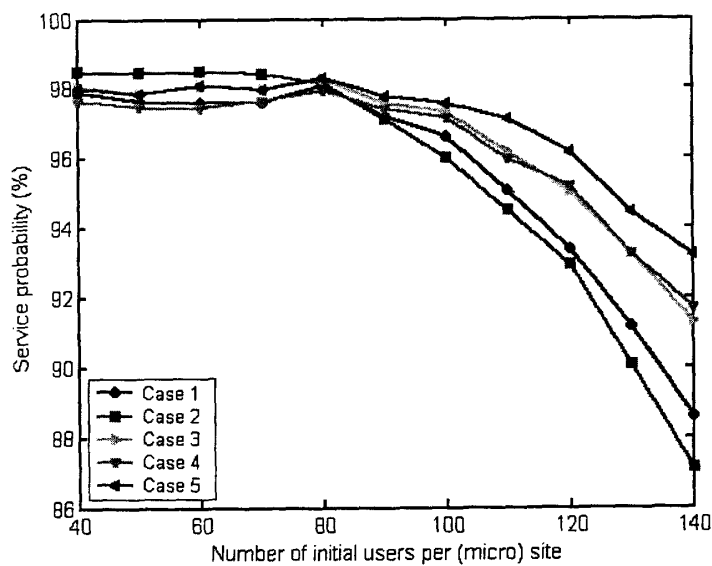


圖 20 MACRO 載波重用各種不同基地台參數假設之服務率

圖 20 顯示在 Micro layer 重用 Macro layer 載波各種基地台發射功率參數模擬結果顯示之服務率，所有假設情況下，80 用戶以下服務率均可維持在 97% 以上，之後各種假設 case 服務率均開始下降，尤以 Case2 下滑曲線最快，其主因為 Case 2 CPICH 功率在各種 case 中最大高達 27dBm，當較多用戶數同時近接網路使用時，服務率甚至比基準 case(micro f1, macro f2)還要低，H 此時重用 Marco 載波並得不到一點容量上的好處，因為相對偏高 CPICH power 將減少 Traffic channel 分配之功率，基地台發射功率上限將快速降低整體網路品質。

Case 2 95% 服務率約可允許 100 用戶同時上線使用，然而最佳 Case5 每一 Micro cell 將可同時允許 125 用戶同時使用，因為 Case5 倍增 Micro carrier1 及 carrier2 之發射功率，與其他 case 相較，約增加~20% 容量改善，至於 Case3 或 4，與基準 case 相較容量約改善~10%。

<i>Case</i>	<i>f1 UL</i>	<i>f1 DL</i>	<i>f1 CPICH</i>	<i>f1 CCPCH</i>	<i>Remarks</i>
Case 1	93.5%	90.4%	95.8%	93.9%	Reference case
Case 2	94.2%	93.9%	97.4%	95.9%	3 dB CPICH difference to macros
Case 3	93.9%	91.3%	95.9%	94.1%	6 dB CPICH difference to macros
Case 4	93.6%	87.5%	93.9%	91.5%	9 dB CPICH difference to macros
Case 5	93.6%	90.5%	95.8%	93.9%	6 dB CPICH difference to macros, doubled BS Tx Powers

<i>Case</i>	<i>f2 UL</i>	<i>f2 DL</i>	<i>f2 CPICH</i>	<i>f2 CCPCH</i>
Case 1	95.4%	95.0 %	98.1%	96.8%
Case 2	98.4%	98.6%	99.6%	99.2%
Case 3	98.3%	98.3%	99.6%	99.0%
Case 4	98.1%	98.1%	99.5%	98.9%
Case 5	98.4%	98.4%	99.6%	99.1%

表 12 F1/F2 電波涵蓋(12.2KBPS)當用戶數達 90MSs/CELL

上述涵蓋模擬條件為，用戶初始進接使用網路服務時，均從

Micro cell 開始，用戶移動至 Macro layer 唯一方法是透過 If-HO。由表 11 發現 f1 Uplink 部分各種 case 涵蓋率均相近，但 Downlink 涵蓋率即受 CPICH power 改變有所影響。當 CPICH power 上升，基地台可供 dedicated channel 功率會下降，因此 BS Tx Power 限制造成手機離開服務比例自然增加。95%電波涵蓋率 CPICH 可接受準位為 24dBm 或更高，Case4(21dBm)似乎使得細胞涵蓋率較小。當重用 Macro f2 在 Micro Layer UL/DL 電波涵蓋情形約改善~3%。

綜合上述，Micro f1+f2, Macro f2

- (1) 95%服務率，CPICH 功率小於 Macro cell 6~9dB，網路容量約可增加~10%
- (2) CPICH 功率小於 Macro cell 3dB，當用戶少時固然可提供良好服務率，但當 Micro cell 用戶數增加時，因分配給 Traffic ch 功率空間被高功率發設之 CPICH 所佔用，反而系統提供容量與基準點比較是最低的。
- (3) 若當 Micro cell 增加 carrier，基地台最大發射功率加倍，如此將可使網路容量增加~20%，但增加功率結果亦可能造成 RF pollution 使網路干擾量上升，而將增加功率浪費在軟交遞 overhead 上，而無法對網路容量有實質幫助。

4.7.4 Micro f1 , Macro f1+f2

重用 Micro layer 載波在 Macro layer 上使用是本章節探討重點雖然可預見此結果並非是好的解決方案，模擬結果可用來驗證重用 Micro layer 載波在 Macro layer 上使用通常是不建議來使用。

Macro cell 容量上限制是來自 UL 干擾量，相反的 Micro cell 容量上限制為 DL BTS Tx Power，因此若 Macro cell 想利用重用 Micro cell 載波來增加 Macro cell 容量，值得注意的是，增加 Macro cell BTS Tx power 並非可達成大幅容量上之改善(如上節所述)，相反地需考慮的是 Macro cell BTS Tx power 會因此而分散在兩個 carrier 上。

下列網路組態是用來研究重用 Macro 載波在 Micro layer 之可行性：

- **Case 1: micro f1, macro f2,**
Macro_{CPICH} 比 Micro_{CPICH} 高 6 dB (基準點)
- **Case 2: micro f1, macro f1+f2,**
Macro_{CPICH} 比 Micro_{CPICH} 高 0 dB
- **Case 3: micro f1, macro f1+f2,**
Macro_{CPICH} 比 Micro_{CPICH} 高 3 dB
- **Case 4: micro f1, macro f1+f2,**
Macro_{CPICH} 比 Micro_{CPICH} 高 6 dB

<i>Parameter</i>	<i>Case 1</i>	<i>Case 2</i>	<i>Case 3</i>	<i>Case 4</i>
TxMaxPower	43 dBm	40 dBm	40 dBm	40 dBm
TxMaxPowerPerLink	40 dBm	37 dBm	37 dBm	37 dBm
CPICH power	30 dBm	24 dBm	27 dBm	30 dBm
Other Common channels	30 dBm	27 dBm	27 dBm	27 dBm
CPICHtoRefRabOffset	5.5 dB	5.5 dB	5.5 dB	5.5 dB

表 13 MARCO CELL 各種測試之參數設定表

特別說明一下，上一測試 case(Micro f1+f2, Macro f2)用戶初始連接使用網路服務時，均從 Micro cell 開始，用戶移動至 Marco layer 唯一方法是透過 If-HO。但本例中因 Macro cell 重用 Micro cell 載波，因此用戶可由一開始連接網路便由 Macro layer 開始。

圖 21 顯示在 MACRO LAYER 重用 MICRO LAYER 載波各種基地台發射功率參數模擬結果顯示之服務率，結果顯示對 MACRO LAYER 容量並無很大改善空間。CASE 3 將 MACRO CELL 之 CPICH 發射功率比 MICRO CELL 高 3DB，但比原先 MACRO CELL 參考點之 CPICH 發射功率低 3DB，除 CASE3 有稍微增加一點服務率(服務用戶數為 120 戶服務率增加~1%)外，其他 CASE 均下降。

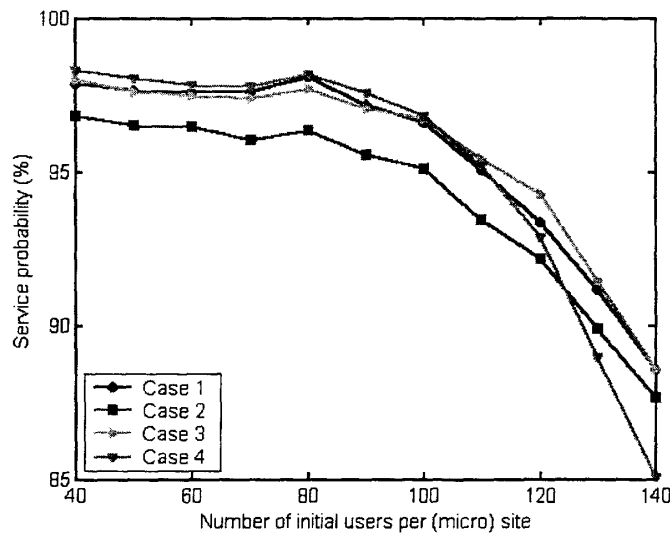


圖 21 MICRO 載波重用各種不同基地台參數假設之服務率

重用 Micro 載波 f1 在 Macro layer 使用，由表 14 可明顯看出

1. f1 UL：上鏈路涵蓋與 Case1 參考點(microf1, macrof2)比較，約增加 4%。
2. f1 DL：下鏈路以 Case2 (0 dB CPICH power difference compared to micro cells)與 Case1 參考點(microf1, macrof2)比較，對下鏈路容量增加幾乎可以忽略，其主因為 CPICH 下鏈路發射功率太低導致手機端服務率受限。

隨 CPICH 下鏈路發射功率逐步增加如 Case3, Case4，下鏈路涵蓋得以獲得改善，95%涵蓋率是當 Case 4 (6 dB CPICH power difference between micro- and macro cells) 所達成。
3. f2 UL：因為用戶使網路時，均優先選用 f1 載波，使用 f2 載波僅在 f1(micro 及 macro)無法提供服務時，才會發生。因此 f2 使用機會不高，涵蓋服務率各種 Case 亦接近 ~95%。

4. f2 DL : f2 下鏈路電波涵蓋服務率同樣隨 CPICH 發射功率大小而變化, 當 Case2 Macro 與 Micro 採相同 CPICH 發射功率, Macro 下鏈路很快達到功率發射上限, 導致電波涵蓋服務率~88%。隨 CPICH 下鏈路發射功率逐步增加如 Case3, Case4, 下鏈路涵蓋得以獲得改善, 95%涵蓋率是當 Case 4 (6 dB CPICH power difference between micro- and macro cells)所達成。

Case	f1 UL	f1 DL	f1 CPICH	f1 CCPCH	Remarks
Case 1	93.5%	90.4%	95.8%	93.9%	Micro f1, macro f2
Case 2	97.9%	91.4%	98.5%	95.8%	0 dB CPICH difference to micros
Case 3	97.7%	93.9%	99.0%	97.2%	3 dB CPICH difference to micros
Case 4	97.8%	97.9%	99.5%	98.9%	6 dB CPICH difference to micros

Case	f2 UL	f2 DL	f2 CPICH	f2 CCPCH
Case 1	95.4%	95.0%	98.1%	96.8%
Case 2	95.6%	88.1%	94.9%	91.9%
Case 3	95.5%	92.4%	96.8%	95.0%
Case 4	94.9%	95.2%	98.2%	96.8%

表 14 F1/F2 (12.2KBPS)涵蓋率, 當用戶數達 90MSS/MICROCELL

由本次測試 CASE (MICRO F1 , MACRO F1+F2)可清楚了解, 相對於 MACRO 及 MICRO 分別使用不同載波(MICRO F1 , MACRO F2), 重用 MICRO LAYER 之載波在 MACRO LAYER 上, 並無法對網路電波服務率/容量有所改善。各種假設中唯一對網路服務率有些許改善測試是將 MACRO CELL 之 CPICH 發射功率, 相較 MICRO CELL 調高 3DB, 服務率有或些許提升(服務用戶數為 120 戶服務率增加~1%)。

若將 Macro pilot 發射功率與 Micro pilot 發射功率設定一致, 下鏈路總發射功率將很快用盡, 而限制住網路容量。反之, 較高 CPICH 功率不但會浪費 Macro cell 總發射功率, 同時整體干擾量亦會增加, 若再考慮 Macro cell 及 Micro cell 間同一 carrier 間乒乓交遞所耗費功率, 因此對容量貢獻度就相當有限。

4.7.5 Micro f1+f2 on selected cells , Macro f2

將 Macro layer 載波在 Micro layer 上重複使用，由圖 20 可清楚發現，網路容量可獲明顯提升，最佳容量提升例子便是 Case 5，其假設為：

1. $Micro_{CPICH}$ 比 $Macro_{CPICH}$ 低 6 dB
2. $Micro_{total_power} = Macro_{total_power} = 37dBm$

圖 22~24 顯示當每一 Micro cell 均承載 140 用戶，每一細胞承載用戶數、基地台發射功率及負荷情形，根據圖 20 整體服務率達 93.2%。

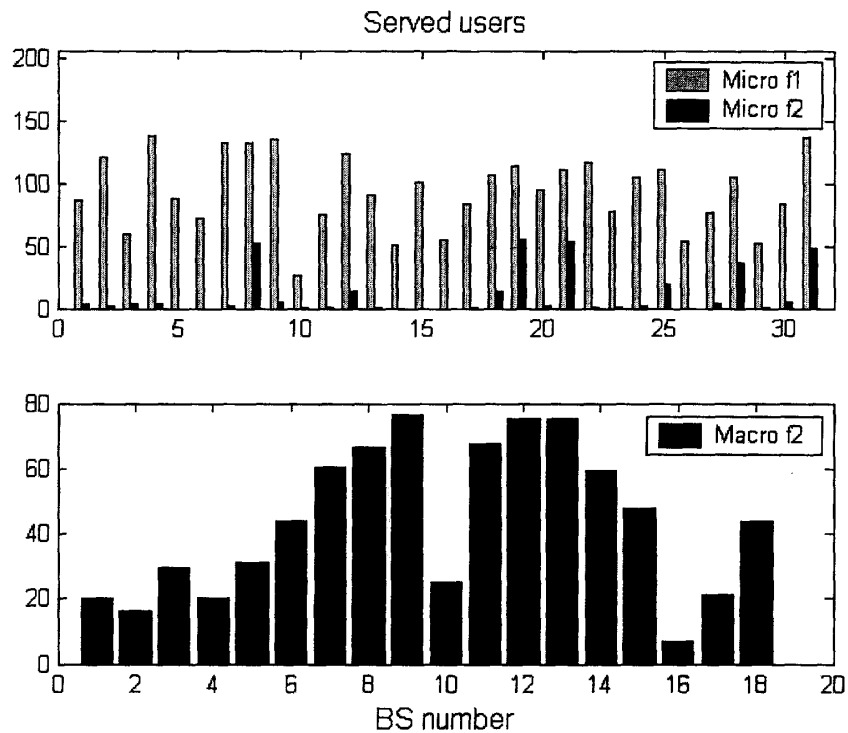


圖 22 CASE5(表 11), MICRO F1+F2, MACRO F2 每一細胞服務用戶 (Micro 31 cells , Macro 18cells)

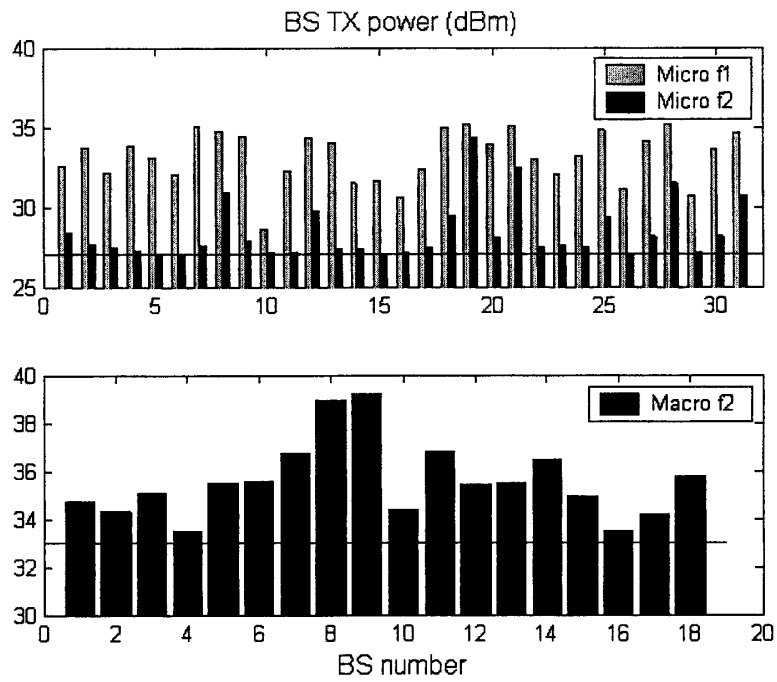


圖 22 CASE5(表 11), MICRO F1+F2, MACRO F2 每一細胞發射功率
(黑線代表 CPICH 及其他共同頻道之發射功率)

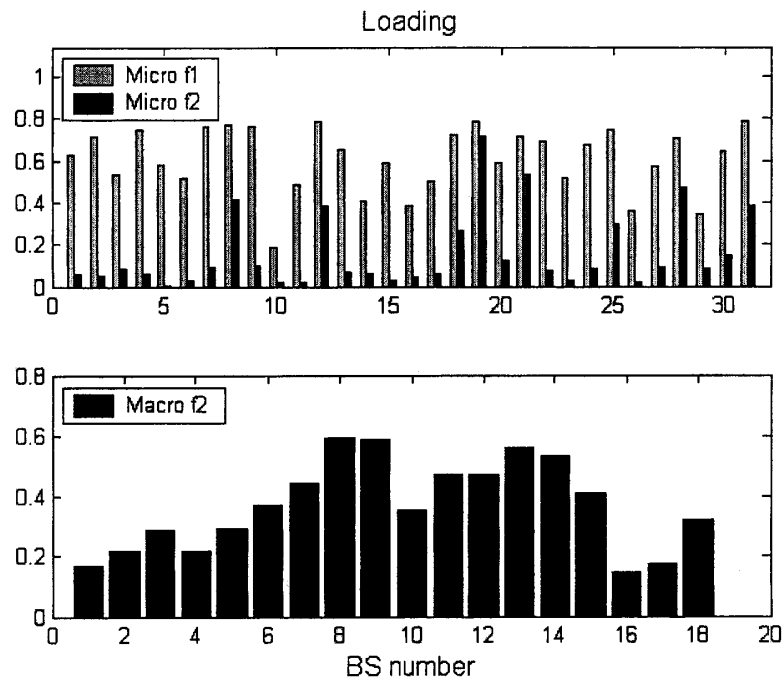


圖 23 CASE5(表 11), MICRO F1+F2, MACRO F2 每一細胞負荷

即使網路負荷增加，但只有很少 Micro cell 有機會使用 f2 載波提供通信，其主因為當 f1 carrier 無法提供服務，網路才會啟動 If-HO 機制，由 f1 交遞給 f2 來使用。由圖 21~23 可見使用 f1 之 Micro cell 仍有許多未用容量，負荷較重 Micro cell 為 BS#8,12,19,21,28,31。

以 BS#12 Micro cell 而言，其負荷較重 f1 ~80%，但 f2 並未承載很多用戶，其主因為 Micro cell 服務範圍相當接近 Macro cell (13,15)，所以 Micro cell 執行 If-HO 由 f1 切換至 f2 載波時，因 Macro cell(f2)發射功率較大，因此 Micro cell(f2)使用機率便下降。

上例說明，因為基地台佈置，RF 場強限制，許多 Micro cell 站台並不需額外配置 f2 carrier，因此本例中僅選擇 Micro cell 8,19,21,25,28,31 約占 Micro cell 20%指配 carrier f2，觀測對容量影響。

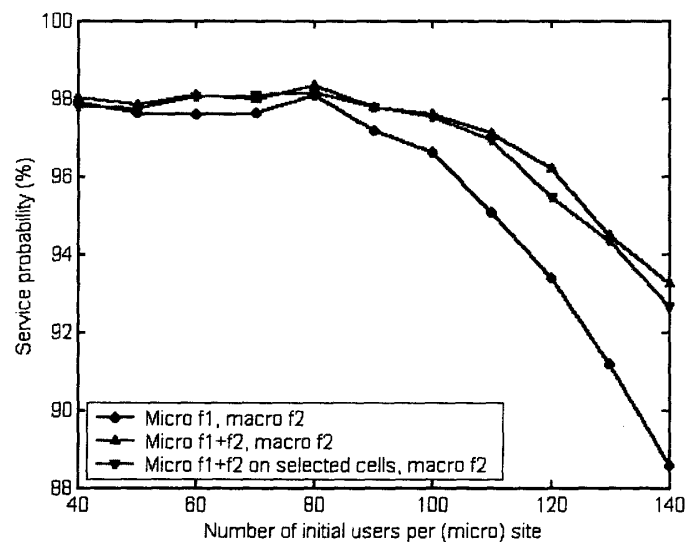


圖 23 不同載波重用測試之網路服務率

由圖 23 發現，紅色線僅有特定 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2，網路服務率與藍色線全數 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2 相似，大約增加~15%用戶數(以 95%服務率來比較)。

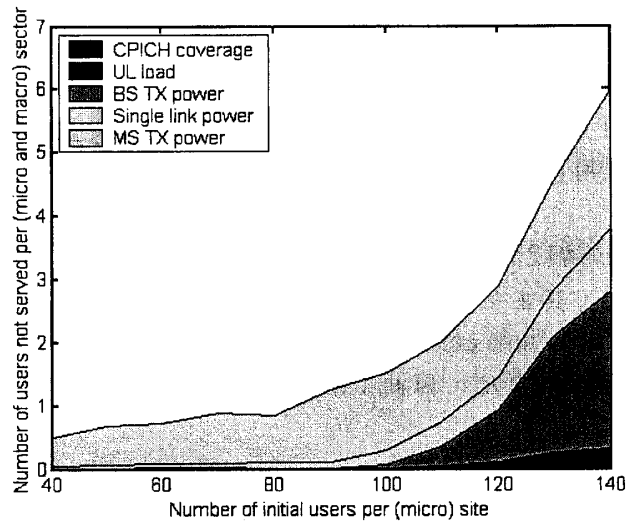


圖 24 MICRO F1+F2, MACRO F2, DOUBLED POWER 手機中斷服務原因

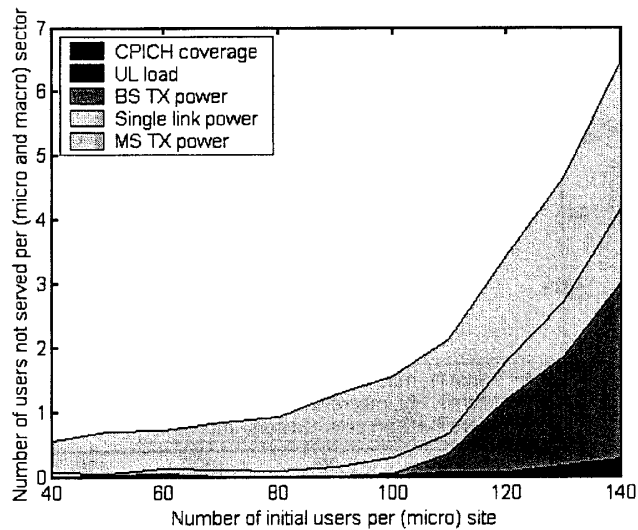


圖 25 MICRO F1+F2 ON SELECTED CELL, MACRO F2, DOUBLED POWER 手機中斷服務原因

圖 24 僅有特定 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2，手機中斷服務原因與圖 25 全數 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2 相似，其主因同前所述，多數 Micro cell 無法從重用 Macro cell 載波 f2 獲得容量上之改善(因鮮少用到)。

<i>Parameter</i>	<i>f2 UL</i>	<i>f2 DL</i>	<i>f2 CPICH</i>	<i>f2 CCPCH</i>
Micro f1, macro f2	95.4%	95.0%	98.1%	96.8%
Micro f1+f2, macro f2	98.4%	98.4%	99.6%	99.1%
Micro f1+f2 on selected cells, macro f2	96.4%	95.9%	98.3%	97.2 %

表 15 F2 (12.2KBPS)涵蓋率，當用戶數達 90MSs/MICROCELL

與 Micro 及 Macro 分開使用不同載波相較，Micro layer 特定細胞重用 Macro 載波之電波涵蓋率有些許改善，但改善幅度不及 Micro layer 所有細胞均重用 Macro 載波。但此結果亦與整體服務率有關。

本次模擬測試可清楚了解到即使所有 Micro cell 均重用 Macro cell 之 f2 載波，但結果顯示卻只有少數 Micro cell 會真正用到 Macro cell 之重用載波 f2 來承載用戶服務，即使 Micro cell f1 負荷已相當高。因此本測試只將 f2 載波指配給特定高負荷細胞，且其涵蓋份範圍儘可能明確，不會被鄰近 Macro site 重複涵蓋，來增加 Micro cell 進行 If-HO 會成功交遞給 Micro cell f2 載波機率，而非 Macro cell 之 f2 載波。

整體而言僅有特定 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2，在容量及涵蓋表現上都與所有 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2 相近。特定 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2 特點列舉如下

1. Macro layer 干擾量降低，網路容量提升

當 Micro cell 重用 Macro cell 載波，不論 Micro cell 是否有使用 Macro cell 載波來承載手機訊務，最基本的 CPICH 及其他共同頻道功率都必須發射，此對 Macro layer 來說就是干擾，當將 Micro cell 重用 Macro cell 載波範圍僅限用在部分特定細胞，即可減少許多無效 CPICH 及其他共同頻道功率發射，使得 Macro layer 諸如軟交遞 overhead，負荷及 other-to-own 干擾降至最低。

由模擬結果顯示，僅有特定 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2，網路服務率與全數 Micro cell 重用 Macro cell 載波 f2 相似，且均比 Macro/Micro layer 個別使用不同載波之服務率佳，大約增加~15%用戶數(以 95%服務率來比較)。

2. 涵蓋面改善不及所有 Micro cell 均重用 Macro cell 載波就涵蓋面而言，Micro layer 特定細胞重用 Macro 載波改善幅度不及 Micro layer 所有細胞均重用 Macro 載波，佐證數據如下

(1) Micro cell 均重用 Macro cell f2 載波，Micro layer f1 涵蓋率，~93% uplink、~90% downlink，但可由 Macro layer ~95% (uplink 或是 downlink)，上述資料請參考表 12

(2) 特定 Micro cell 重用 Macro cell f2 載波，Micro layer 涵蓋率~96% (uplink 或是 downlink)，Micro layer 所有細胞均重用 Macro 涵蓋率~98% (uplink 或是 downlink)

4.7.6 載波重用效能

根據上述各式模擬測試結果顯示，重用另一 Layer 之載波頻道，或可改善電波涵蓋情形，但亦可能增加網路整體干擾量，而降低網路通信品質。

本次研究係假設 Micro/Macro layer 均可各自提供獨立連續涵蓋。Micro layer 不僅是 Macro layer 容量上增強，同時亦可獨立提供涵蓋服務。Macro layer 提供類似 umbrella cells 網路架構，可用來提供快速移動手機所需電波涵蓋需求，藉以避免快速移動手機對 Micro cell 造成高交遞次數需求。另一方面 Macro layer 亦可用來填補 Micro cell 涵蓋空缺，或承受 Micro layer 因負荷達上限所交遞進入 Macro layer 之用戶訊務。

1. 較佳網路容量提升效能：重用 Macro 載波在 Micro

由研究中發現，Micro layer 容量限制是來自可用之下鏈路總發射功率(BS Tx Power)，Macro layer 容量限制則來自於上鏈路負荷(uplink loading)。綜合模擬結果，對網路 Capacity 及 Coverage 均有改善空間組合為重用 Macro layer 載波在 Micro layer，即 **Micro (f1+f2), Macro (f2), Double BS Tx Power**，與參考測試點(Micro f1, Macro f2)相較，容量改善幅度達~20% (以用戶服務度 95%為計算基準點)。

2. 重用 Macro 載波在 Micro，需搭合 Micro 雙倍功率輸出，網路容量才可獲得最佳提升

為何 Micro cell 需要雙倍輸出功率？誠如前述，Micro cell 為 Downlink limited，因此重用 Macro cell 載波載波 f2，假設在總輸出功率不變情況下 Micro cell 分配至 f1 及 f2 載波則會減半，此對 Micro cell 容量限制更是雪上加霜，用戶會在各載波 Loading 更輕情況下發生交遞，徒增耗費系統資源，Micro layer 當重用 Macro layer 載波，BS Tx Power 不變情況下，容量上並無法獲得好處。所以 Micro cell 需以雙倍輸出功率維持增加 Macro layer 載波所需之功率需求，自然成本較高，Micro cell 需額外一組功率放大器(PA)。

3. 選用特定 Micro 重用 Macro 載波與全部 Micro 重用 Macro 載波，效能接近，但可節省 PA 支出

在此研究中顯示，多數 Micro cell 並無法由重用 Macro 載波獲得容量上之增強，其主因為 Micro cell 原先指配 carrier 仍有餘裕度，根本尚未達需觸發 Interfrequency Handover 之標準，進而有機會使用於 Micro cell 之 Macro 載波。相反地，雖然這些 Micro cell 顯有機會重用 Macro 載波來提供通信，但 Micro cell 上 Macro 載波之 CPICH 及其他共通頻道功率消耗是固定，對網路形成額外下鏈路干擾。本研究中經篩選大約僅有 20% 基地台需要額外重用 Macro layer 載波載波，如此可大幅降低不需要之下鏈路干擾及 Pilot pollution。

4. Micro 重用 Macro 載波成功要件：Micro 與 Macro 距離不要太近

Macro 載波欲成功在 Micro layer 中使用來平衡原有 Micro cell 載波負荷，承載高訊務量，首要便是不要距離 Macro layer 太近否則發生 IF-HO 會減少承載機會，因干擾量在兩個在載波間分攤，網路干擾量亦會降低。通常 Macro cell pilot 發射功率會比 Micro cell 高數個 dB，重用 Macro 載波之 Micro cell 容量常會需耗功率資源在高干擾及軟交遞等 overhead 上。鄰近 Macro cell 較易受影響，因為 Macro cell 對容量限制即是 uplink load limited。用戶連上 Micro cell 會貢獻上鏈路干擾量，若 Macro cell 與該 Micro cell 相當近，就會對 Macro cell 產生近場 uplink

blocking 效應，使 Macro 上鏈路負荷達飽和值上限值，對 Macro cell 容量造成衝擊。簡言之，若 Micro cell 本身原有載波承載訊務量就非常重，但若距離 Macro cell 很近，如此想藉由重用 Macro cell 載波來增加原有 Micro cell 容量效果是相當有限且不值得。

5. 降低 Micro CPICH 發射功率可提升 Micro 品質表現

另一方面，若 BS Tx Power 限制住 Micro cell 品質表現，實驗數據顯示降低 Micro cell CPICH 功率發射可獲得較佳改善，雖然如此 Micro cell 主信號服務範圍會因此而縮小，吸納較少用戶，但可預留較多功率給 Traffic channel，因而對高速傳輸用戶可享受較佳之通信品質。

6. 重用 Micro 載波在 Macro 並無法獲得網路品質改善

Micro cell 用戶通常與基地台間是直視距離(line-of-sight)，與 Macro cell 相較，Micro cell 通常可提供更佳隔離度。但當重用 Micro 載波在 Macro，會導致更多用戶有機會選擇 Macro 之 Micro 載波，自然在 Macro uplink 形成干擾量，對 Macro 造成品質影響，Micro 亦會用到此載波進行通信，此對 uplink loading limited Macro layer 來說，引進 Micro 載波，容量並無法獲得滿意提升。對使用相同載波 Micro 來說，更由於整體上鏈路干擾量增加，容量因而降低。

另一方面，If-HO 亦會同時佔據 Micro/Macro 功率資源，影響網路整體容量，由實驗數據顯示，若重用 Micro 載波在 Macro，Macro layer 之軟交遞 overhead~70-80%，Micro layer 軟交遞量會增加~30%。

7. HCS 網路架構 Pilot Power 設定相形重要

WCDMA 網路是屬於 Interference limited 網路技術，基地台 Pilot Power 設定允適性相形重要，特別是 HCS 網路架構重用另一 Layer 在載波在特定 Layer 使用。細胞服務範圍界定是由接收 Pilot power 來決定，在軟交遞細胞邊界必須確保手機發射功率不會太高，造成網路過度干擾。

過高 Pilot power 會造成以下問題

- (1) 佔據基地台總發射功率較大比例，使得預留給 Traffic 頻道功率分配不足。
- (2) 吸納涵蓋較遠用戶，但又會因手機發射功率不足導致無法與基地台連線通信。

相反地，過低 Pilot power 會造成以下問題

- (1) 提供不足 CPICH 涵蓋，導致基地台主信號涵蓋範圍過小。
- (2) 限制 Link power 發射功率(因該值設定與 CPICH 發射功率連動，CPICH 越小，Link power 經由參數 CPICHtoRefRabOffset 設定，亦會變小)

特別是操作在距離相近且採相同載波之 Micro 及 Macro cell，高功率 Pilot power cell 很容易 Block 低功率 Pilot power cell，造成網路運作效能不彰。

8. Macro/Micro Pilot Power 相差 6dB 為 Micro 重用 Macro 載波較佳設定值

本測試網路實驗數據顯示 Macro/Micro Pilot Power 相差 6dB 為 Micro 重用 Macro 載波最佳設定值，但此值設定與不同 Layer 間使用天線型式種類、基地台密度、組態及位置均有很大關聯性。假如 CPICH 功率差距是藉由降低 Micro cell 之 Pilot 發射功率來達成，那麼 BS Tx Power 將對 Micro cell 容量及涵蓋造成更關鍵之影響因素。

另一方面過大 Macro/Micro Pilot Power 差距，即使 Micro layer 負荷很輕，亦會造成 Macro/Micro 兩 layer 間不必要的交遞。Micro layer Pilot 發射功率過低，亦很難去吸納承載用戶訊務量。

假如基於頻寬限制或其他因素，必須重用 Micro 載波在 Macro layer 上， Macro/Micro Pilot Power 相差 3dB 為似乎為不錯選擇，但重用 Micro 載波在 Macro layer 終究不會對網路品質有任何改善。

總結 Macro/Micro layer 載波重用機制，下圖所列為 WCDMA 網路載波重用演進沿革(Evolution path)

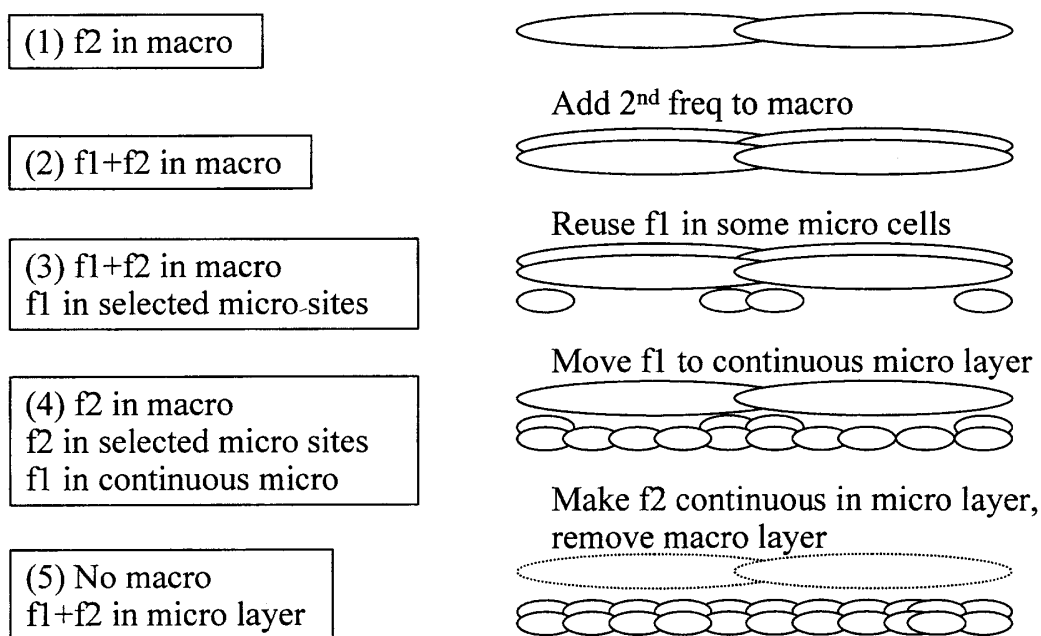


圖 26 WCDMA 網路載波引進演進沿革圖

4.8 總結

本份報告詳述 WCDMA 階層式網路架構運行優劣點進行效能評估，根據研究結果顯示，針對高訊務需求用戶而言，Micro layer 可提供最佳解決方案，針對低訊務用戶，Macro layer 以可提供良好服務品質，就實際運用面，考慮不同用戶對訊務需求，WCDMA 網路將是混合 Micro/Macro 階層式基地台佈建之架構。

本報告中亦針對載波重用問題加以探討，研究結果顯示，用若手機開始近接網路可由 Macro 或 Micro 進接使用，重用 Micro 載波在 Macro 上使用，與 Micro/Macro 個別使用不同 carrier 相較，並無法對網路服務率有所增益。若手機剛開始進接網路均由 Micro layer，重用 Macro 頻率在 Micro layer 上，系統容量率將可增加 15~20%(以 95%網路服務率計算可提供服務之用戶數)。

CPICH 功率調整對 HCS(Hierarchical Cell Structure)影響，在本告中亦深入探討，Macro/Micro Pilot Power 相差 6dB 為 Micro 重用 Macro 載波較佳設定值。

執行 If-HO(Inter-frequency handover)，手機必須進入壓縮模式(Compressed mode)，其對系統容量所造成損失在合理範圍內約 0~4%。

5. 感想與建議

本公司 WCDMA 系統預定於 2004 年 Q2 正式開始對外營運，宣示本公司在無線行動通信領域將由 2G 語音及低速數據服務，正式邁向 3G 高速分封交換數據新紀元。隨著 2.5G GPRS 網路引進，重點加值數據服務雖未能如傳統語音服務為公司帶來龐大收益，但對營運商而言，卻是提早為 3G 數據網路世界到來，預先建立行動網路數據技術及加值服務開發所需之基礎，對 3G 網路營運有推波助瀾之效。

雖然直至 2003 年 Q2 世界各國 3G 網路採用 WCDMA 接取技術成功商業化運轉之網路數量相當有限，但基於全世界 2G GSM 網路基礎龐大，採用 WCDMA 3G 技術，對未來漫遊便利性與互通性，並非其他 3G 技術可一蹴而成。WCDMA 仍主導未來 3G 網路發展，成為行動通信網路的新主流。

GPRS 系統是從第二代 GSM 系統演進至第三代 UMTS 系統的一個試金石，如何有效的去開發這一片龐大的分封數據市場商機，創造另一個如日本 NTT DoCoMo 之 i Mode 成功經驗，正是所有行動通信業者努力開拓的目標，同時也是奠定未來 3G 基礎網路建設完竣後，如何讓用戶針對 2G/3G 網路服務有所區隔之重要關鍵，同時擁有 2G/3G 網路之行動營運商應儘早思考如何使兩網路互運，而非互斥，針對客戶族群需求不同，利用 2G/3G 網路各自優點，在趨於飽和行動電話市場中，爭取更多客戶來使用，為公司網路營運締造更高利潤。

本次出國實習 3G 系統 Multi-Layer 基地台技術，是主宰未來 3G 無線網路成功技術之重要關鍵，藉由本次出國學習，對 3G HCS 階層式網路佈建技術有更充分認知與了解，對未來建設與維運均甚有助益。

行動通信網路技術日新月異，在公司經費許可下，除例行參與每年 MOU 大會外，建議應積極參與國際上各項有關行動電話技術性研討與爭取規格製定會議，配合本公司龐大 RD 人力資源，爭取本公司技術性主導地位，自許不久未來中華而不只是引用商用技術之營運商，更是世界通用行動規格製定者，基於公司最大利益考量下，整合本公司各項電信資源，成為世界級行動電話營運商。

6. 參考文獻

1. *Nokia WCDMA Hierarchical Cell Structure CDMA_HCS.doc Version1.0.0*
2. *3GPP: "UE Procedures in Idle Mode and Procedures for Cell Reselection in Connected Mode (Release 1999)" (3G TS 25.304) version 3.4.0.*
3. *3GPP TS 25.215: "Physical Layer Measurements (FDD)".*
4. *3GPP TS 25.212: "Multiplexing and channel coding (FDD)".*
5. *3GPP TS 25.133: " Requirements for Support of Radio Resource Management (FDD)".*
6. *3GPP TS 25.331: "RRC Protocol Specification".*
7. *3GPP TS 25.101: "UE Radio transmission and reception (FDD)".*
8. *Gustafsson, M., Jamal, K. and Dahlman, E., "Compressed Mode Techniques for Inter-Frequency Measurements in a Wide-Band DS-WCDMA System", Proc. IEEE Int. Conf. On Personal Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC'97, Helsinki, Finland, 1-4 September 1997, Vol.1, pp. 231-235.*
9. *WinProp documentation, "Propagation models, Background Information," AWE Communications GmbH, Germany.*

7. 縮寫簡譯

2G	Second Generation Mobile Networks (GSM, IS-95, PDC etc.)
3G	Third Generation Mobile Networks
3GPP	3 rd Generation Partnership Project
AMR	Adaptive Multi Rate
BCCH	Broadcast Control CHannel
BCH	Broadcast Channel
BS	Base Station
BTS	Base Transceiver Station
CM	Compressed Mode
CPICH	Common Pilot Channel
DCH	Dedicated Channel
DL	Downlink
DPCCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DTX	Discontinuous Transmission
Eb/No	Bit Energy to Noise Density Ratio
Ec/Io	Energy Per Chip to Interference Ratio
FDD	Frequency Division Duplex
GSM	Groupe Special Mobile, Global System for Mobile Communications
GTD	Geometrical Theory of Diffraction
HC	Handover Control
HCS	Hierarchical Cell Structure
HO	Handover
HW	Hardware
IF-HO	Inter-Frequency Handover
IS-HO	Inter-System Handover
Iub	Interface between BTS and RNC
IS-95	Interim Standard 95 (Qualcomm's CDMA)
MHA	Mast Head Amplifier
MS	Mobile Station
NEHO	Network Evaluated Handover
NMS	Network Management System
NPSW	Network Planning Strategies for Wideband CDMA
NRT	Non-Real Time Data (Packet Data)
P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel
RAN	Radio Access Network
RAT	Radio Access Technology
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control protocol for the UE-UTRAN radio interface
RT	Real Time Data
S-CCPCH	Secondary Common Control Physical Channel
SHO	Soft Handover
TDD	Time Division Duplex
TX	Transmitter

UE	User Equipment
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URA	UTRAN Registration Area
URA_PCH	UTRAN Registration Area - Paging CHannel
UTD	Uniform Geometrical Theory of Diffraction
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WCDMA	Wideband CDMA