

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：實習)

赴英國實習『寬頻無線通信應用  
服務開發及測試』出國報告

服務機關：中華電信研究所

出國人 職 稱：助理研究員

姓 名：廖宏祥

出國地區：英國倫敦

出國期間：自 91 年 11 月 17 日至 24 日

報告日期：92 年 2 月 11 日

H6/  
CO9200749

公務出國報告提要

頁數: 21 含附件: 否

報告名稱:

實習『寬頻無線通信應用服務開發及測試』

主辦機關:

中華電信研究所

聯絡人/電話:

楊學文/03-4244218

出國人員:

廖宏祥 中華電信研究所 無線通信技術研究室 助理研究員

出國類別: 實習

出國地區: 英國

出國期間: 民國 91 年 11 月 17 日 - 民國 91 年 11 月 24 日

報告日期: 民國 92 年 02 月 11 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: 寬頻,無線通信,應用服務,開發,測試

內容摘要: 無線網路規劃及測試分析技術與無線通信應用服務開發及測試有非常密切的關連性。開發應用服務前須對無線網路特性有全盤了解,並對網路運作效能進行必要的測試及分析;以求用戶可便利地接取網路提供的各種服務。由於本公司第三代行動通信系統採用3GPP UMTS 標準,其無線接取技術採用寬頻分碼多工接取方式(簡稱WCDMA),空中介面具有容量、品質和涵蓋區大小相互影響的特性;此與傳統的頻分多工接取或時分多工接取方式完全不同。另外,為提供多種的服務類型及服務等級也使WCDMA系統的網路規劃及性能優化方式不同於傳統方式。因此,此次實習的目的即在於充分了解WCDMA系統無線網路規劃特性與性能優化方法,有助於本公司第三代行動網路性能優化技術及無線通信應用服務發展。此次赴英國 AIRCOM 總公司訓練中心的實習課程包含:「GSM Performance Management and Optimisation」及「UMTS Applied Planning for Experienced Radio Engineers」兩部分;除了概述GSM網路管理及優化的要點,並對UMTS網路語音及各種速率的數據訊務其服務涵蓋區、品質及容量的設計均有充分探討,有助於無線網路規劃、參數調整及無線應用服務的開發及測試。本文內容章節安排如下,首先為研習目的、研習過程及研習內容,最後為研習心得及建議。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

# 赴英國實習『寬頻無線通信應用服務開發及測試』 出國報告

## 摘 要

無線網路規劃及測試分析技術與無線通信應用服務開發及測試有非常密切的關連性。開發應用服務前須對無線網路特性有全盤了解，並對網路運作效能進行必要的測試及分析；以求用戶可便利地接取網路提供的各種服務。

由於本公司第三代行動通信系統採用3GPP UMTS 標準，其無線接取技術採用寬頻分碼多工接取方式（簡稱WCDMA），空中介面具有容量、品質和涵蓋區大小相互影響的特性；此與傳統的頻分多工接取或時分多工接取方式完全不同。另外，為提供多種的服務類型及服務等級也使WCDMA系統的網路規劃及性能優化方式不同於傳統方式。因此，此次實習的目的即在於充分了解WCDMA系統無線網路規劃特性與性能優化方法，有助於本公司第三代行動網路性能優化技術及無線通信應用服務發展。

此次赴英國 AIRCOM 總公司訓練中心的實習課程包含：「GSM Performance Management and Optimisation」及「UMTS Applied Planning for Experienced Radio Engineers」兩部分；除了概述GSM網路管理及優化的要點，並對UMTS網路語音及各種速率的數據訊務其服務涵蓋區、品質及容量的設計均有充分探討，有助於無線網路規劃、參數調整及無線應用服務的開發及測試。本文內容章節安排如下，首先為研習目的、研習過程及研習內容，最後為研習心得及建議。

# 目 錄

1. 實習目的.....	1
2. 實習過程及內容.....	1
3. UMTS 無線網路規劃.....	2
3.1 前言.....	2
3.2 無線網路規劃原則與考量 .....	3
3.2.1 一般規劃原則.....	4
3.2.2 鏈路預算分析.....	5
3.3 無線網路規劃工具簡介與應用 .....	7
3.3.1 簡介.....	7
3.3.2 規劃程序與功能應用.....	19
3.3.3 無線網路參數優化與性能評估.....	20
3.4 結論.....	20
4. 實習心得與建議.....	21

# 1. 實習目的

本公司第三代行動通信系統採用3GPP UMTS 標準，其無線接取技術採用寬頻分碼多工接取方式（簡稱WCDMA），空中介面具有容量、品質和涵蓋區大小相互影響的特性；此與傳統的頻分多工接取或時分多工接取方式完全不同。另外，為提供多種的服務類型及服務等級也使WCDMA系統的網路規劃及性能優化方式不同於傳統方式。因此，此次實習的目的即在於充分了解WCDMA系統無線網路規劃特性與性能優化方法；課程內容除了概述GSM網路管理及優化的要點，並對UMTS網路語音及各種速率的數據訊務其服務涵蓋區、品質及容量的設計均有充分探討，有助於無線網路規劃設計、參數調整及無線應用服務的開發及測試。

# 2. 實習過程及內容

職於民國91年11月17日搭乘長榮航空班機由桃園中正機場起飛，於英國當地時間11月17日到達倫敦希斯洛國際機場，次日前往AIRCOM公司訓練中心報到，研習時間從11月18日至11月22日。實習過程及課程內容如下：

日期	研習課程及工作記要
91.11.17-91.11.17	行程，桃園中正機場→英國倫敦
91.11.18-91.11.22	(1) GSM Performance Management and Optimisation (2) UMTS Applied Planning for Experienced Radio Engineers
91.11.23-91.11.24	回程，英國倫敦→桃園中正機場

研習課程包含：「GSM網路性能管理及優化 (GSM Performance Management and Optimisation)」及「UMTS無線網路規劃(UMTS Applied Planning for Experienced Radio Engineers)」兩部分。除了概述GSM網路管理及優化的要點，並對UMTS網路語音及各種速率的數據訊務其服務涵蓋區、品質及容量的設計均有充分探討。研習過程所採用的規劃分析工具(ENTERPRISE)也為此次本公司第三代行動電話系統得標廠商NOKIA 採用，使此次研習的經驗更可應用於本公司無線網路規劃。由於本公司目前仍無WCDMA商用網路營運的經驗，加以WCDMA系統為干擾限制性(interference-limited)的系統，其服務涵蓋區、品質及容量相互關連，無線網路規劃較過去的AMPS行動電話網路或現有的GSM行動電話網路更為複雜，本文將特別提出UMTS無線網路規劃研習成果報告，以提供本公司第三代行動無線網路規劃經驗及相關優化技術。

## 3. UMTS 無線網路規劃

### 3.1 前言

UMTS WCDMA 系統採用分碼多工技術，無線網路的規劃更須注意干擾量的控制；話務管理、功率控制及細胞交遞機制都和系統效能密切相關。UMTS 系統網路架構圖簡如圖 1 所示，包含核心網路與無線接取網路，無線接取網路則為本文討論的重點。由於行動通信的通道環境變動頻繁，用戶接收信號狀況常因用戶分布、行動速度、傳輸速率、地勢變化及功率控制等因素而快速變化，通信鏈路的功率餘裕也因地、因時而異，不易準確規劃。因此，以電腦模擬方式計算因地勢、建物高低與環境變動造成的信號傳播衰減，並考慮系統軟性交遞、功率控制、干擾量

變動等對鏈路餘裕損益的影響，增進通信品質估測與控制的準確性。

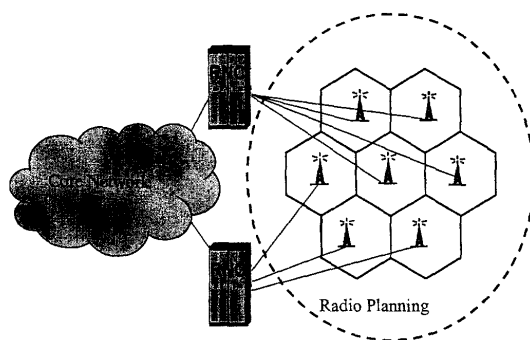


圖 1、UMTS 系統的網路架構示意圖

### 3.2 無線網路規劃原則與考量

一般建設陸地行動電話系統時，基地台位置選定、發射功率及通道單體數目配置等規劃，除須考慮交換設備、中繼鏈路等設備配合因素、用戶話務分佈狀況、最近用戶成長狀況、人口分佈及地理環境等影響因素外，最終仍須遷就於現實覓得的站址，以現實取得的站址進行基地台服務區之規劃。基地台規劃須以最經濟有效的方式，以架設最少基地台且能提供良好服務為目標。系統經營者為求建設之時效與成本，常因過分使用既有站台而導致信號涵蓋強度不足或信號干擾嚴重，造成通話情況不佳。故站址規劃仍須遷就於現實情況，輔以系統參數微調來加以改善。

WCDMA 系統基地台可使用相同載波頻率，系統規劃上不同於 GSM 或 AMPS 等系統在不同細胞使用不同頻率。傳統上行動電話系統採用分時多重進接（如 GSM900/GSM1800 系統）或分頻多重進接（如 AMPS 系統）的技術，其每個細胞所能承載之話務量皆已固定；在非尖峰時段，

空閒之通道設備亦無法為重負荷細胞所利用，而 WCDMA 系統為一干擾限制性的系統，其利用快速功率控制機制調整發射功率來降低系統之干擾量，在話務較低時提供更好的通話品質，而只在超過通話品質劣化容忍範圍時才拒絕用戶進接系統，其細胞之涵蓋區會因為話務增加或減少而變動。故 WCDMA 系統在規劃時較具彈性，但卻須考慮各類型訊務及分布對系統性能之影響。

### 3.2.1 一般規劃原則

理論上涵蓋區規劃均以蜂巢式的六邊形(Hexagonal)為細胞服務範圍，但實際上因建築物及地形高度的影響，使得實際上電波涵蓋與理論上之六邊形有所出入。細胞涵蓋區的規劃上，我們因不同環境選擇合適的電波傳播模型，預估在各種不同環境的傳播衰減量，以使電腦模擬預測能接近實際上的電波涵蓋。實務上，WCDMA系統基地台規劃有如下之一般性規劃準則：

- 明顯的主伺服細胞導引信號強度
- 細胞間話務平衡：  
利用調整天線之偏角或傾角及其他交遞參數，平衡細胞間話務以提升效率降低阻塞率。
- 硬性交遞：  
儘量使相鄰細胞配置相同頻率的載波，減少發生不同載波硬性交遞之次數。
- 軟性交遞：  
雖然軟性交遞可提供基地台與行動台之接收增益，但同一使用者佔用兩個以上鏈路，不只浪費功率資源且增加網路中所有使用者的干擾量，降低系統容量。故應調整系統參數，盡量減少不必要



的軟性交遞發生。

- 干擾控制：

在系統中應設定合適參數來限制在細胞收訊太差之用戶進接系統，以避免為允許該用戶通信，而造成增加系統下鏈路產生大量干擾。

- 室內涵蓋規劃：

在話務量較密集的大樓或商場等室內環境應以建置微微細胞(Pico Cell)等小型細胞由室內站台提供信號涵蓋；若由戶外之大型細胞提供室內用戶的信號涵蓋，將使戶外之信號位準不易控制，增加戶外用戶之干擾量。

- 天線安排：

在都會區等話務密集區域宜使用方向性天線，有利於天線傾角及偏角隨話務改變作調整。

- 參數優化：

因為 WCDMA 系統之細胞涵蓋有所謂的呼吸現象(Cell Breathing)，即細胞範圍會隨話務增減而有所變動，故隨著系統用戶數逐漸增加或用戶行為改變時，均必須隨時進行天線與細胞參數調整。

### 3.2.2 鏈路預算分析

鏈路預算分析為任何網路設計所必須的前置工作，包含上行鏈路、下行鏈路、電波傳播損耗、多路徑信號衰減、功率控制、交遞機制、系統接收性能及網路承載造成的干擾等相關考量；此等眾多相互關聯的因素需要依靠電腦輔助規劃工具，依個別環境及不同與服務等級需求狀況進行評估，以提昇規劃及效能查核的效率。經由鏈路餘裕分析，求得

系統可接受的最大傳播損失，再利用合適的電波傳播模式即可算得細胞的涵蓋範圍，並進一步改變訊務量得到網路可承載的服務容量。表 1 所列为在 120 km/h 移動速度的車內用戶，使用 12.2 kbps AMR 語音編碼語音服務的鏈路餘裕分析實例。電腦模擬工具即是應用此分析方式計算每一位置之接收情況並圖示其計算結果。

表 1、12.2 kbps 含 AMR 語音編碼之語音服務的鏈路預算實例

12.2 kbps 語音服務 (120 KM/h, 車內)		
<b>發射機 (手機)</b>		
Max. mobile transmission power [w]	0.125 (21 dBm)	a
Mobile antenna gain [dB]	0	b
Body loss [dB]	3	c
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) [dBm]	$21+0-3=18$	$d=a+b-c$
<b>接收機 (基地台)</b>		
Thermal noise [dBm/ Hz]	-174	e
Base station receive noise figure [dB]	5	f
Receiver noise density [dB]	-169	$g=e+f$
Receiver noise power [dBm]	-103.2	$h=g+10\log^*(3840000)$
Interference margin [dB]	3	i
Receiver interference power [dBm]	-103.2	j
Total effective noise+interference [dBm]	-100.2	$k=i+j$
Processing gain [dB]	25	l
Required Eb/No [dB]	5	m
<b>Receiver sensitivity</b>	<b>-120.2</b>	<b><math>n=m-l+k</math></b>
Base station antenna gain [dBi]	18	o
Cable loss in the base station [dB]	2	p
Fast fading margin [dB]	0	q
<b>Max. path loss [dB]</b>	<b>154.2</b>	<b><math>r=d-n+o-p-q</math></b>
Coverage probability [%]	95	
Log normal fading constant [dB]	7	
Propagation model exponent	3.52	
Log normal fading margin	7.3	s

Soft handover gain[dB], multi-cell	3	t
In-car loss [dB]	8	u
<b>Allowed propagation loss for cell range</b>	<b>141.9</b>	<b>v=r-s+t-u</b>

## 3.3 無線網路規劃工具簡介與應用

### 3.3.1 簡介

AIRCOM公司發展的規劃工具(ENTERPRISE)主要功能可使規劃人員自訂站台位置、細胞參數、話務分布以進行性能模擬，並記錄、分析及圖示性能模擬結果，具備以下基本功能：

- 地理圖層資料：提供地形高度、地理叢集型態、道路圖層及文字標示等圖層資料，協助模擬結果與實際環境比較與分析。圖2及圖3分別為地理叢集型態及道路圖層。
- 基地台所屬基控站、交換機
- 經緯度、站名
- 天線型態(使用天線種類、型號，如圖4所示)、或使用者自訂天線型態
- 細胞發射功率(話務及控制信號通道)
- 細胞交遞參數設定
- 參數設定(天線高度、傾斜角度、偏斜角度)
- 細胞傳播模式設定
- 站台資料庫(可支援現有的PLANET站台資料庫格式匯入使用，如圖5所示)

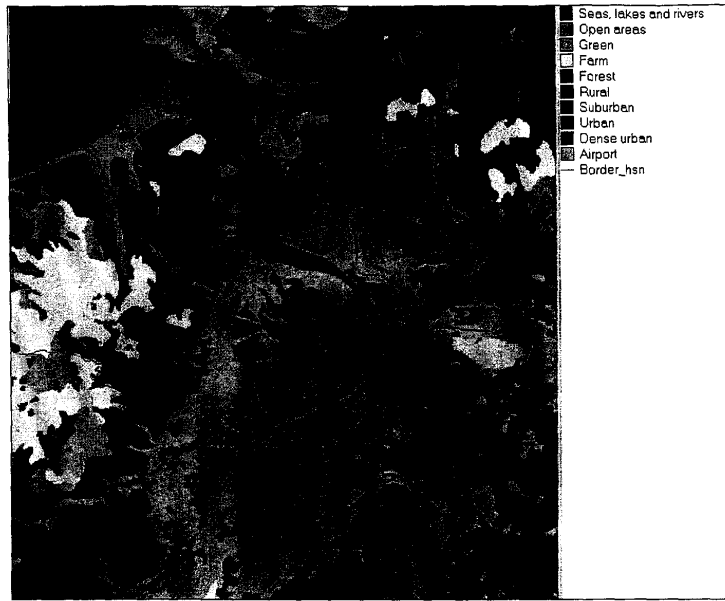


圖 2、地理圖層資料提供叢集型態協助規劃分析

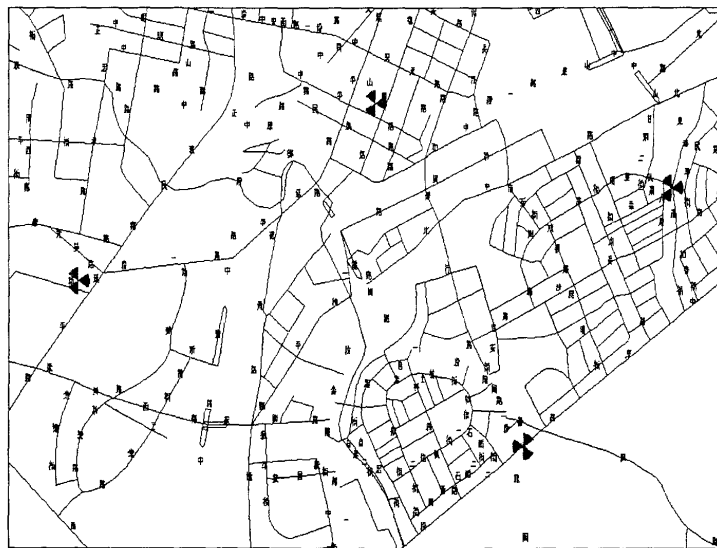


圖 3、地理圖層資料提供道路及路名協助規劃分析



圖 4、天線型態

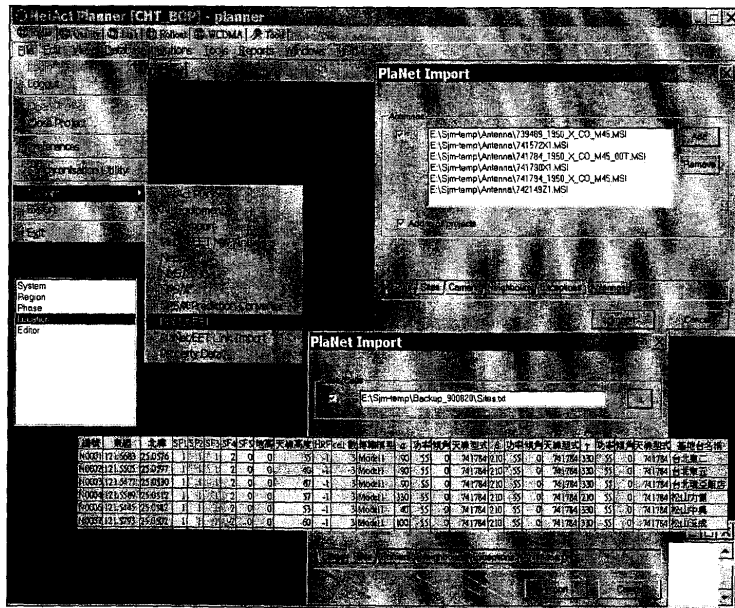


圖 5、站台資料轉入資料庫

- 電波傳播模式：提供 Okumura-Hata、COST 231- Hata、Walfisch 等內定傳播模式，或提供使用者自訂傳播模式，有些工具並具備以查測的信號場強資料自動校正電波傳播模式的功能。
  - 話務規劃工具：提供不同種類話務(語音或不同數據率之數據通信服務)之分布，其可依不同城市型態、道路類型、地理類型，以合適的比例進行話務的分佈。
  - Monte-Carlo 模擬方法：分碼多工系統的系統性能與系統負載有關，須以統計方法(Monte-Carlo 模擬方法)探知網路的行為。
  - 模擬結果分析
    - 導引信號強度
    - 導引信號信雜比
    - 通道功率需求
    - 誤碼率/碼框誤碼率狀況
    - 最佳伺服細胞/次佳伺服細胞
    - 行動台接收功率狀況
    - 軟性交遞狀態及機率分析
    - 通話/阻塞分析

圖 6 為規劃工具模擬性能項目選單，可選擇分析項目進行模擬計算。圖 7~圖 19 所示為性能模擬結果圖示。而表 2 及表 3 則為模擬結果的性能分析統計報表。

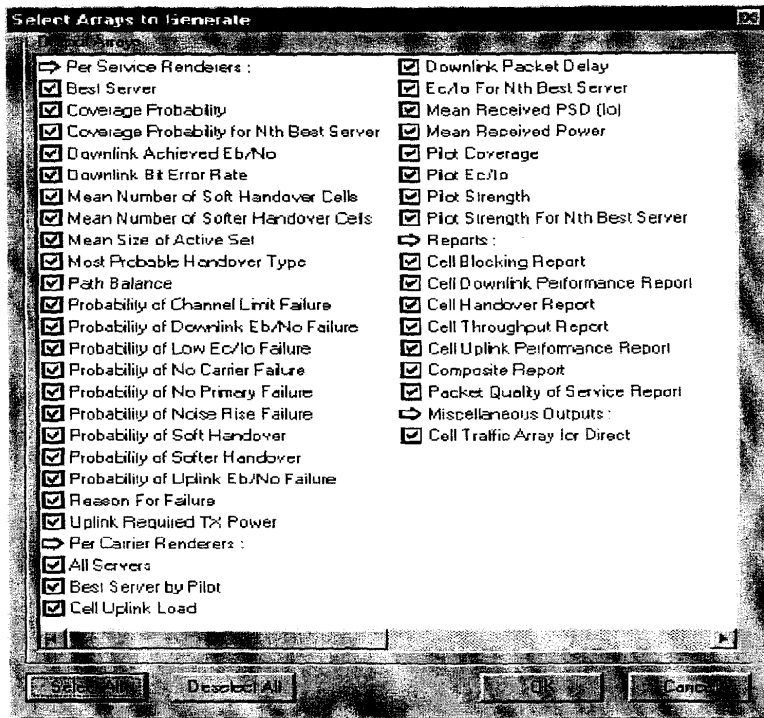


圖 6、性能項目選單



圖 7、Pilot Strength 性能



圖 8、Best Server Array 性能



圖 9、Best Server (By Pilot)性能



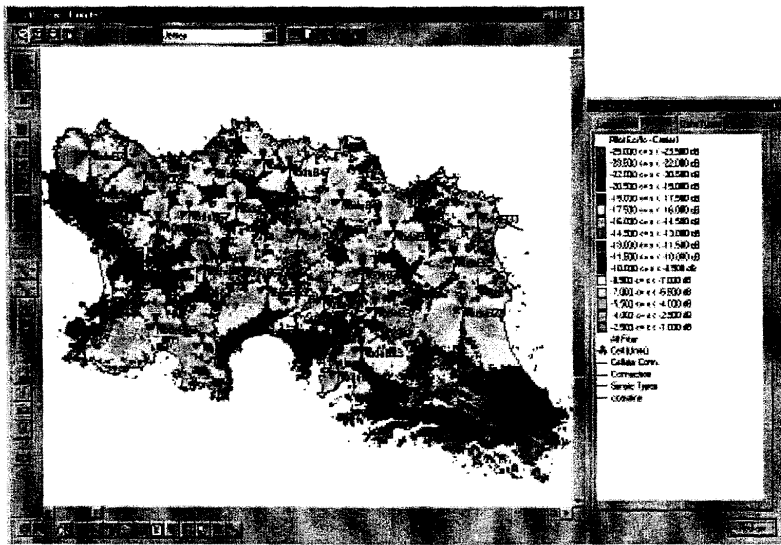


圖 10、Ec/Io 性能

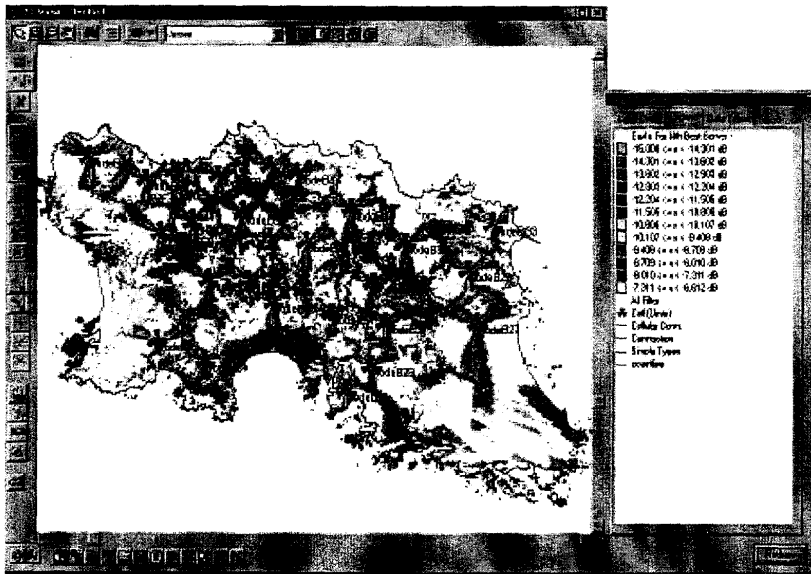


圖 11、Ec/Io nth best server 性能



圖 12、Uplink load arrayr 性能

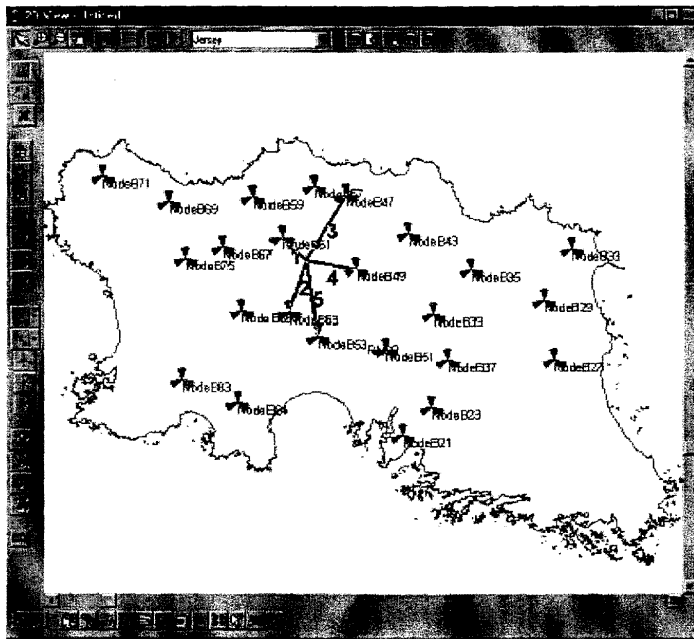


圖 13、All server 性能

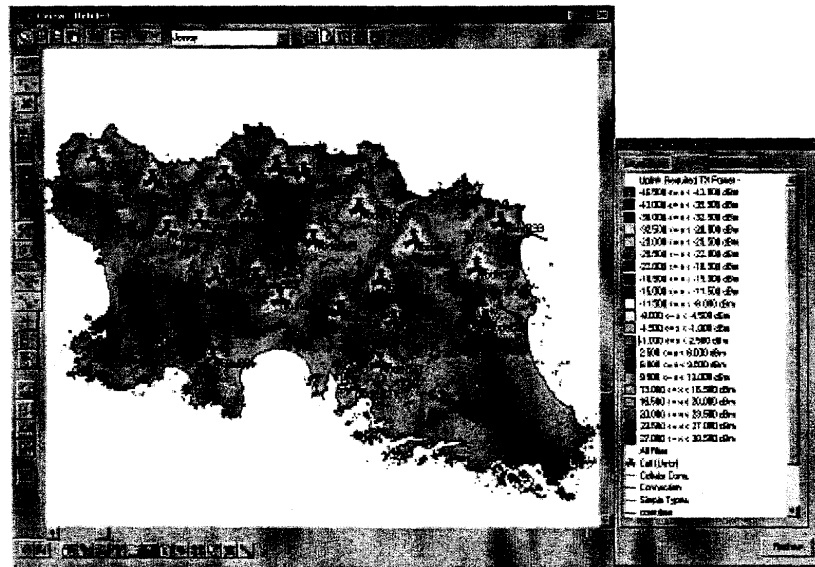


圖 14、Uplink required power 性能



圖 15、斷話成因分析

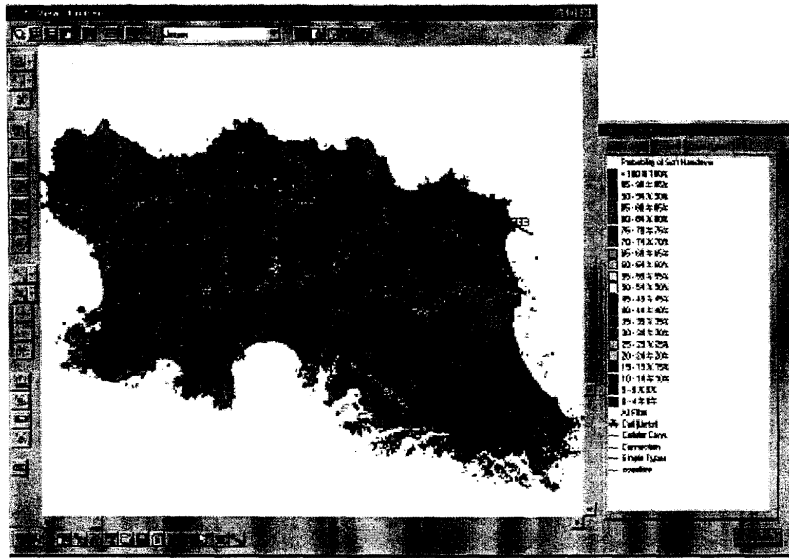


圖 16、Soft handover 機率分析



圖 17、Path balance 分析

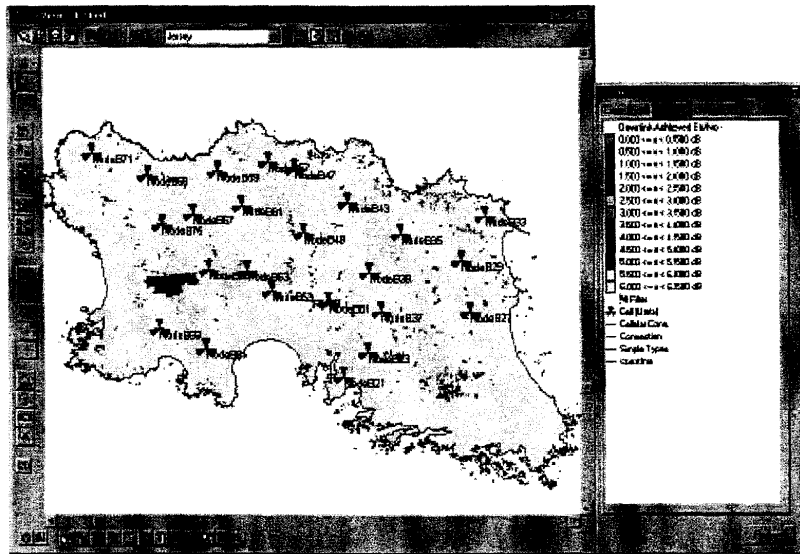


圖 18、Downlink achieved Eb/No 分析

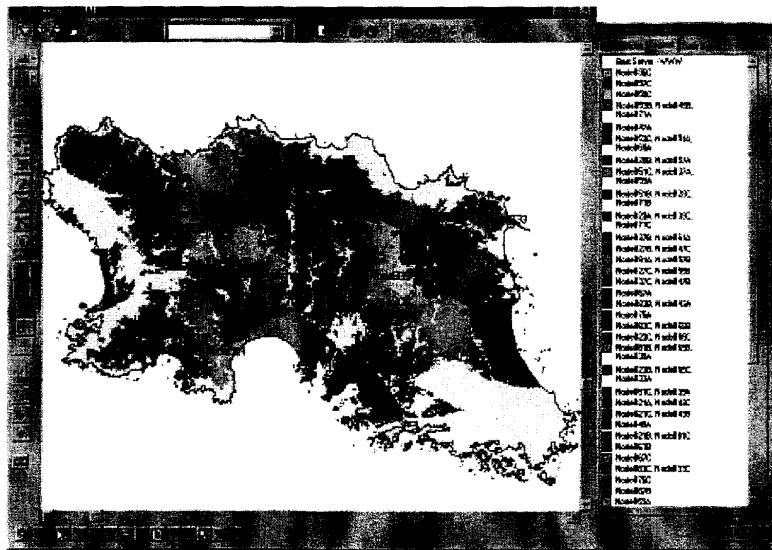


圖 19、Best server 分析

表2、細胞阻塞統計分析

Cell Blocking Report On Service Service1									
Cell Identity	Mean Number of Failures	Mean Number of Attempts	Failure Rate (%)	Percentage of Failures due to No Primary Channel	Percentage of Failures due to Channel Limit Reached	Percentage of Failures due to Low Ec/Io	Percentage of Failures due to Uplink Eb/No	Percentage of Failures due to Downlink Eb/No	Percentage of Failures due to Noise Rise
NodeB9A	12.833	56.900	22.71	0.00	0.00	90.91	96.10	0.00	10.39
NodeB9B	3.000	35.167	8.53	0.00	0.00	77.78	77.78	0.00	22.22
NodeB9C	17.667	113.167	15.61	0.00	0.00	22.64	42.45	0.00	65.09
NodeB10A	11.667	73.833	15.60	0.00	0.00	78.57	96.71	0.00	4.29
NodeB10B	13.000	81.900	15.95	0.00	0.00	19.23	37.18	0.00	67.96
NodeB10C	15.000	90.000	16.67	0.00	0.00	34.44	70.00	0.00	31.11

表3、細胞傳輸性能統計分析

Packet QoS Report On Carrier Carrier1									
Cell Identity	Mean Offered Packet Traffic	Mean Transmission Time (s)	Mean Queuing Delay (s)	Mean Retransmission Delay (s)	Total Transmission Delay (s)	Gross Throughput Per User (kb/s)	Gross Throughput Per Cell (kb/s)	Not Throughput Per Cell (Excludes Queuing and Retransmission) (kb/s)	% Increase in Traffic due to Retransmission
NodeE6A	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0
NodeE6B	17	0.200	0.000	0.045	0.245	0.32	5.47	4.96	35
NodeE6C	18	0.200	0.000	0.045	0.245	0.32	5.79	5.26	36
NodeE7A	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0
NodeE7B	3	0.200	5.000	0.044	5.244	0.01	0.04	0.88	34
NodeE7C	12	0.200	0.000	0.043	0.243	0.32	3.89	3.50	33
NodeE8A	5	0.200	0.000	0.049	0.249	0.33	1.63	1.46	39
NodeE8B	1	0.200	5.000	0.045	5.245	0.02	0.02	0.29	35
NodeE8C	24	0.200	0.000	0.044	0.244	0.32	7.69	7.01	34
NodeE9A	3	0.200	0.000	0.038	0.238	0.31	0.94	0.88	28
NodeE9B	16	0.200	0.000	0.045	0.245	0.32	5.14	4.67	35
NodeE9C	44	0.200	0.455	0.044	0.699	0.11	4.92	12.85	34
NodeB10A	35	0.200	0.000	0.044	0.244	0.32	11.21	10.22	34
NodeB10B	26	0.200	0.000	0.044	0.244	0.32	8.34	7.59	34
NodeB10C	91	0.200	10.000	0.044	10.244	0.01	0.69	26.59	34
NodeB11A	34	0.200	0.000	0.045	0.245	0.32	10.94	9.93	35
NodeB11B	30	0.200	0.000	0.044	0.244	0.32	9.61	8.76	34
NodeB11C	53	0.200	0.000	0.044	0.244	0.32	17.02	15.49	34
NodeB12A	1	0.200	5.000	0.044	5.244	0.01	0.01	0.29	34
NodeB12B	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0
NodeB12C	1	0.200	0.000	0.047	0.247	0.32	0.32	0.29	37

### 3.3.2 規劃程序與功能應用

在可能的話務分布及用戶數量假設下，選定合適的傳播模式、基地台數量及位置、天線及功率參數等設定後，進行電腦模擬及系統鏈路預算分析後可得到各項模擬結果：導引信號接收狀況、行動台或基地台接收狀況、功率餘裕及交遞等狀況，並藉此分析選定的基地台站址、基地台數量、天線參數及細胞參數設定的合適性與調整方式。整個規劃與調整參數程序簡如圖 13 所示，經由反覆修改與調整，我們將可的得到合適的結果。

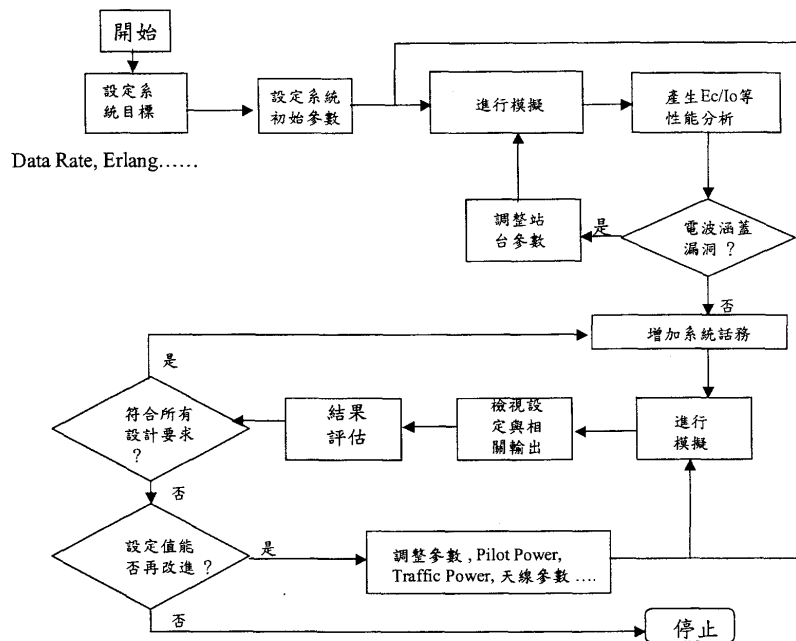


圖 13、無線網路規劃程序示意圖

### 3.3.3 無線網路參數優化與性能評估

網路建設初始階段，在確認基本的交遞功能、通話處理功能完成後，便可進行無線網路參數優化的設計。在固定承載及傳輸速率下，一般無線網路性能評估項目約可歸納如下：

- 誤碼率/區塊誤碼率(BER/BLER)
- 共同導引通道(Common Pilot Channel, CPICH)通信品質： $E_c/I_o$
- 可提供的信雜比( $E_b/N_o$ )
- 軟交遞狀態
- 接收功率/發射功率
- 掉話率(Dropped call)
- 阻塞率(Blocked call)

由於網路參數設定彼此密切相關，相互影響，經由規劃工具的模擬，我們可以了解行動台及基地台間上行/下行鏈路的功率餘裕、誤碼率/區塊誤碼率、系統的負載狀況及通話阻塞或掉話原因。例如我們調整天線參數(功率或角度)、交遞參數(軟交遞數目或臨界值)控制細胞涵蓋區及隔鄰細胞；以調整導引信號功率來改變主伺服細胞或改善導引信號品質；以調整交遞參數控制軟交遞數目與機率。

## 3.4 結論

WCDMA系統具有涵蓋、容量以及品質互相影響之特性。我們利用電腦規劃軟體，以實際基地台及話務分布，考慮地形及建物影響下的電波傳播特性，並在一定的通信品質要求下，以電腦模擬計算電波場強涵蓋、導引信號訊雜比、交遞情況及上、下行鏈路功率接收情況、最佳伺服細胞等性能；並以數值化、圖示化顯示，配合地理資訊系統的輔助，



了解系統涵蓋漏洞及問題成因所在。利用電腦輔助規劃工具對新網路設計、現有網路的擴充、性能參數性能優化和障礙排除及診斷都提供相當助益，有助於實際網路狀況的掌握與了解。

## 4. 實習心得與建議

高速率的數據傳輸及多樣化的服務要求與日俱增，WCDMA系統成為目前GSM網路經營者最合適的系統選擇。但不同於GSM系統採用分時多工技術，WCDMA系統採用分碼多工技術，無線網路的規劃更須注意干擾量的控制，話務管理、功率控制及細胞交遞機制都和系統效能密切相關。由於行動通信的通道環境變動頻繁，用戶接收信號狀況因行動速度、傳輸速率、地勢變化及功率控制等因素而快速變化，通信鏈路的功率餘裕的損益也因地、因時、因用戶而異，不易準確掌控。因此，藉助電腦規劃輔助工具考慮實際話務分布、模擬用戶話務行為及無線環境變動，以儘量接近真實網路的狀況，得到精確的估測及規劃。

第三代行動通信服務以寬頻、多樣化及品質為重要的訴求，是以合適的無線網路規劃與提供優質的無線通信服務有非常密切的關係。此次實習藉助電腦輔助工具進行無線網路規劃，儘管影響系統性能的因素眾多，但利用合適的電波傳播模式、參數設定及話務模式，考慮系統軟性交遞、功率控制、干擾量變動等對鏈路餘裕損益的影響，將可增進通信品質估測與控制的準確性。

將來在進行網路擴增容量或性能優化之前，配合服務品質、系統容量與涵蓋範圍的需求，輔以準確的電波傳播模式，利用電腦輔助工具進行涵蓋區及網路性能模擬，將可大幅減少現場路測時間與人力，有效提升系統服務區設計規劃與參數微調的效率。