

2G/3G/WLAN電波涵蓋率之分析

洪培森 少校 · 邵雅玲 · 黃進芳 副教授



提要

本文主要為分析三種不同的系統(2G/3G/WLAN)之地區電波涵蓋率狀況，探討這三種不同的系統對地形、建築物或其它外在環境影響而造成電波涵蓋率的干擾或中斷等問題。同時實地量測台北市信義計畫區附近三種不同系統電波涵蓋率的情況，並探討將來三種不同系統整合的可行性。

前言

二十一世紀是行動通訊快速發展的世紀，為了達到隨時隨地(Anytime And Anywhere)都可上網接收訊息的無遠境界，並考慮投資效益及信號干擾的問題時，如能將2G/3G/WLAN三種不同的系統整合在一

起，再依照不同的地形、障礙物、建築物等環境而提供不同的系統服務，這樣不但可快速的達到訊號傳送，減少不必要的干擾，更能保持信號應有的品質。隨著網路科技日新月異的發展及應用的開拓，使得二十一世紀的社會大眾，對網路的依賴程度相對地也愈

來愈高，而且對於「隨時隨地可上網」的需求，也日漸殷切，因此，無線上網將是科技發展應用的趨勢。

從2003年開始，政府爲了讓民衆隨時享有無線上網的生活便利，從台灣北部到南部選用八個旅遊的定點，建置無線上網的接收組件AP(Access Point)，以便利民衆可隨時隨地的連網接收及傳送資訊，使得無線上網的便利添增了許多應用願景及商機。因此在2004年，許多電信業者紛紛推出各種無線上網與手機系統結合的應用方案，最大的目的是要讓民衆走到哪裡，都可以利用PDA或筆記型電腦上網查詢資訊，以增加生活上的便利。在各種無線上網的解決方案中，3G行動上網在業者積極主導下，成爲當前最熱門討論的議題。然而，隨著時間的演進，3G的發展似乎未如業者先前預期般的順利，在國外除日本NTT DoCoMo外，台灣3G行動系統業者也嘗試推出相關的行動上網服務，但是由於系統尚未建置完整、手機價格居高不下及民衆對通訊費率的疑慮，客戶滲透率(penetration)不高，迄今尙未能全面普及。雖然如此，大多數行動系統業者和研究分析師仍一致認爲，3G行動上網一旦全面正式展開，推出多元內容、廉價促銷等配套措施，將可加速普及化，引領無線上網邁向另一股發展風潮。

目前無線網路的主要連線方式，包括全球行動通訊系統(GSM)、奠基於GSM（第二代行動通訊，或稱2G）的整合封包無線服務(GPRS)、第三代行動通訊(3G)、數位式低功率行動通訊(PHS)、無線區域網路(WLAN)等。不同的系統依照傳輸頻寬的差異可以分爲無線窄頻傳輸與無線寬頻傳輸兩種。

GSM無線上網傳輸速率僅有9.6Kbps，屬於窄頻傳輸；無線寬頻傳輸指的是傳輸速率高於GSM的無線連網方式，包括GPRS（屬於第2.5代行動通訊，或稱2.5G）、第三代行動通訊(3G)、數位式低功率行動通訊(PHS)和無線區域網路等。各系統有其不同的優劣點，茲將其個別的傳輸速率彙整如表一所示。

表一 無線連線方式及頻寬

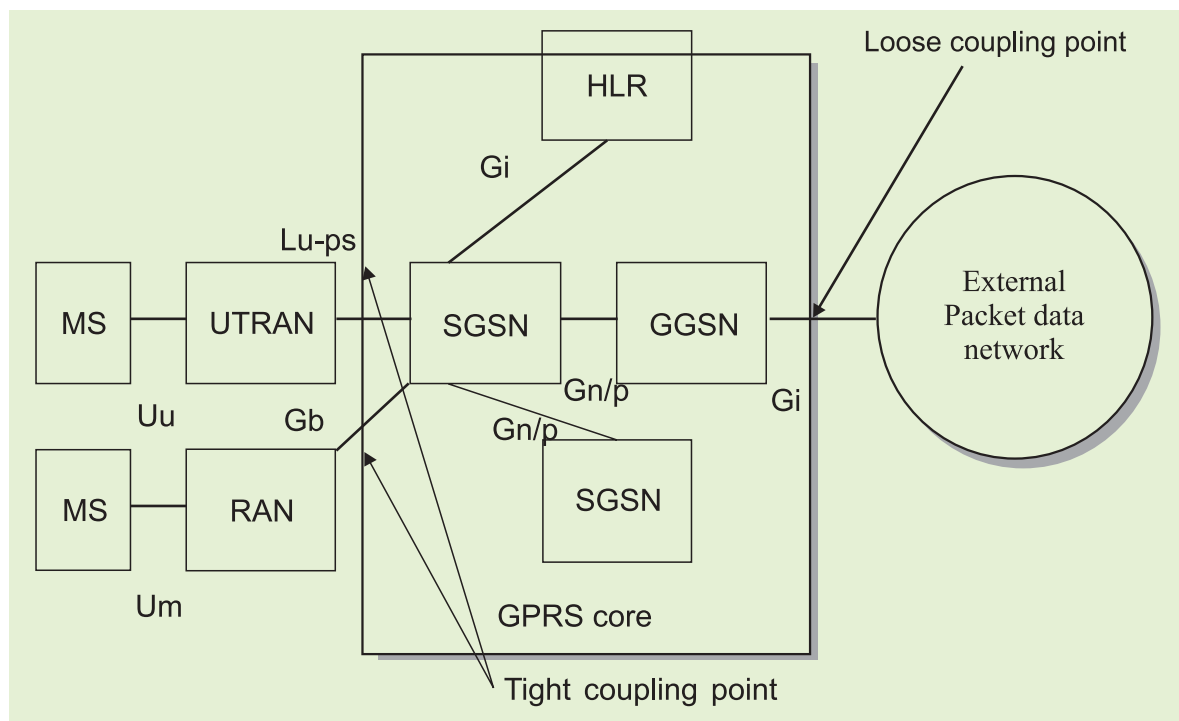
連 線 方 式			頻 寬 (bps)
無 線 網 路	窄 頻	GSM (2G)	9.6K
	寬 頻	GPRS (2.5G)	171.2K（理論最高值） 20-40K（目前實際）
		3G	2M
		PHS	32K~64K
		WLAN	1M~54M(802.11g)

本文

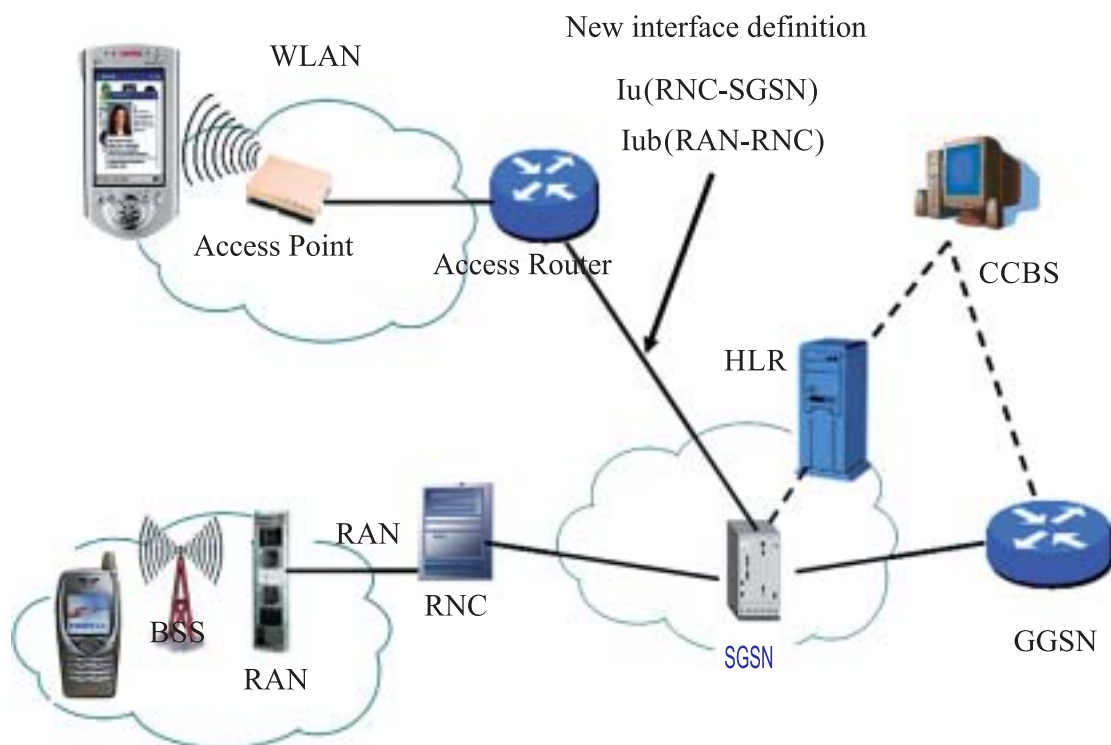
一、GPRS/3G和WLAN之整合機制

對於現況下三網的整合，大多提供兩種傳輸方式（如圖一），而這兩種方式各有優劣且適用的狀況也不一樣。其中一種由2G系統的Gb結點或3G系統的Iu-ps結點接出，此種接法稱之爲密連接（Tight Interworking；如圖二）。另外一種是由Gi結點接出，稱之爲疏連接（Loose Interworking；如圖三）。

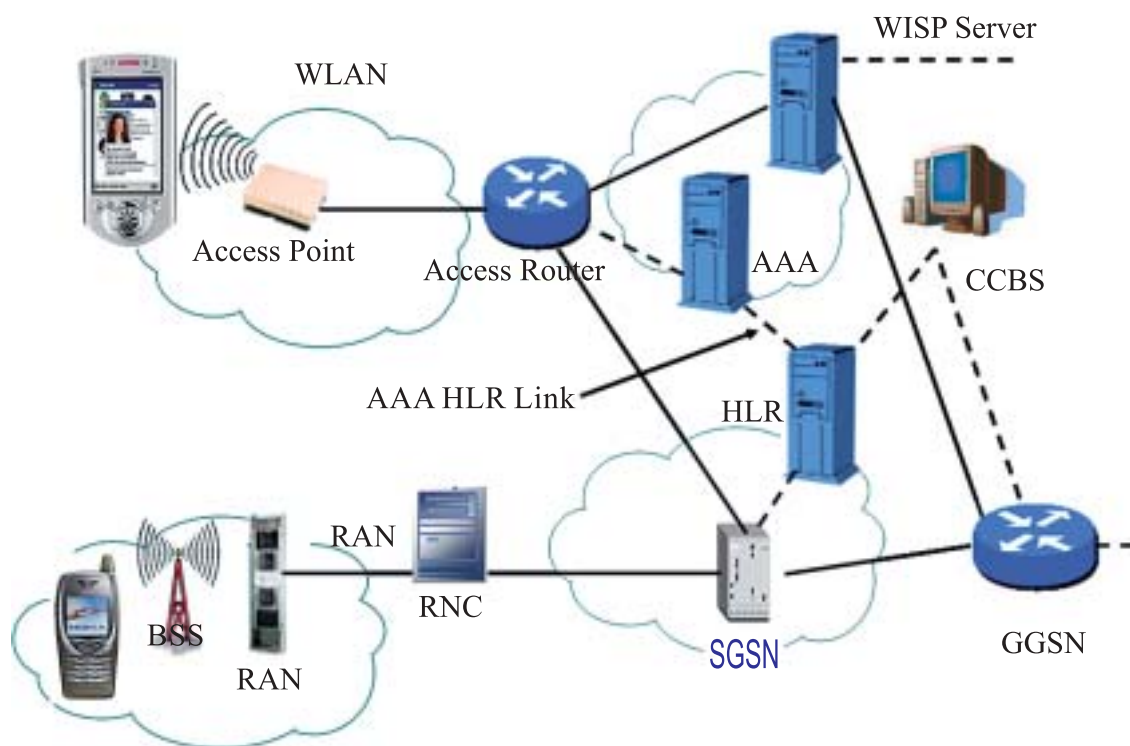
密連接的機制是將WLAN視爲其中一種UMTS之射頻接取網路（Radio Access Network）。這種系統技術上必須開發新的網路界面及規約(protocol)以連接於UMTS系統的SGSN Node上。其對於交遞(hand-off)的支



圖一 UTRAN&GPRS整合機制圖



圖二 密連接網路架構



圖三 疏連接網路架構

援能力較好，然而其缺點之一為較適用於行動電信業者同時擁有兩種網路系統的情況。

疏連接的機制，是由UMTS與WLAN使用相同的AAA資料來進行使用者之認證、授權與帳務管理，而在行動管理機制部分仍可以透過IETF所制定的協定如Mobile IP、SIP等來達到位置的管理，也是現在許多電信業者推出雙網合併而以SIM卡做為認證授權與帳務管理的機制。

二 2G/3G/WLAN電波涵蓋率預測

無線通訊系統主要是由基地台、行動台（如手機、車機、呼叫器等）與一些負責控制及儲存資料的電腦程式所組成。在WLAN與2G/3G系統服務區域量測出電場有效的涵蓋範圍，意指基地台與行動台間可以互相通信的範圍。一般而言，所量測的服務範圍會因其地形、地物及建築物等分布狀態而影響

信號強度，進而波及服務品質，所以地形、地物與建物是量測電波涵蓋的重要考慮因素之一。

依據通信品質需求，接收機的信號雜訊比(S/N Ratio)有其一定的規格。一般所謂服務範圍，是指達到通信品質規格所需之發射端最小EIRP (Effective Isotropically Radiated Power)其等電場強度線所涵蓋之範圍。通常只要知道發訊端之EIRP、信號頻率及距離等參數，即可求得收訊端之電場強度，而影響收訊端信號強度之主要因素為路徑衰減(Path Loss, PL)。PL值為發射端全方向(Isotropic Radiation)之輻射電力 P_1 與收訊端之有效電力 P_2 之比值，即：

$$\text{路徑衰減 } L_p = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad (1)$$

三 2G/3G/WLAN量測分析

一般而言，地形變化會引起區域一平均值 (Local-mean) 衰減，亦即長距離衰落 (Long-term Fading) 和變動；然而，人為環境會引起區域一平均值衰減，也會引起短距離變動或衰落 (Short-term Fluctuation/Fading)。短距離衰落主要是由發射波傳播時因反射造成多重路徑所引起。反射的造成因素頗多，諸如房屋、建築物和其它人造結構或森林等自然障礙物圍繞手機而成，是以目前區域一平均值衰減的預測常使用電磁傳播模式加以計算，並且可針對某特定服務區域之地形、建物、大氣狀況等擇定一適當的電波傳播模式，計算出設定範圍內的電波涵蓋狀況。

因此，本研究案先就2G/3G/WLAN系統進行實地量測其電波涵蓋，再據以分析探討其電波強度是否會因地形或建築物而造成影響。量測地區為台北市信義區的部分街道（如圖四）：由台北市松仁路的停車場出發→轉信義路五段→再轉市府路→最後沿松

高路→再回松仁路停車場。

(一)2G系統量測分析

圖五為量測2G的系統裝置，是將PC電腦安裝量測2G的系統軟體 TEMS，再配置 GPS (Global Positioning System) 的設備，並使用一只SonyEricsson T610手機來定位2G量測路徑及量測接收信號的強度。所接收的信號經電腦內的TEMS軟體處理之後，可顯示出量測的結果及2G量測語音信號的強度曲線圖，如圖六、七、八及九所示。

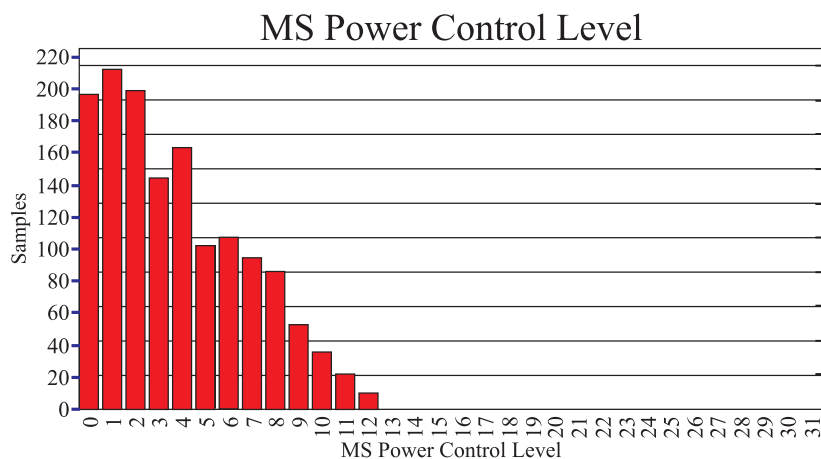
圖六顯示，TEMS軟體統計出手機下載連結時，行動台 (Mobile Station, MS) 的能量會隨著距離基地台的遠近，而增加或減少，且基地台的無線收發機系統 BTS (Base Transceiver System) 的接收端，也會隨著MS距離（以數字大小表示；數字小表示距離較近）的遠近而產生變化。當基地台的無線收發機系統所發射的功率愈大時，則MS本身所需的發射功率愈小（如圖六橫座標0的位



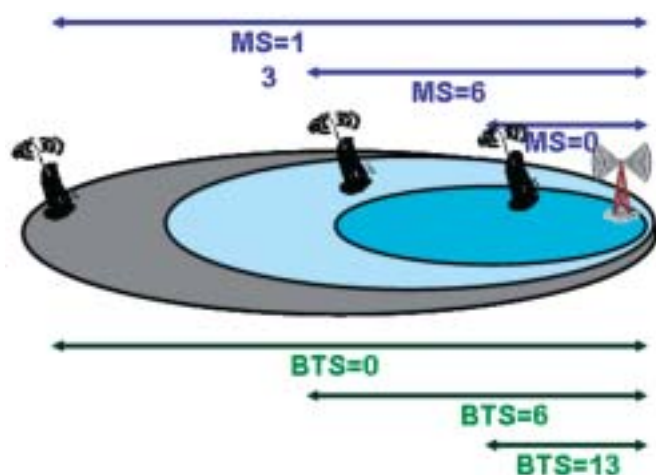
圖四 台北市信義區無線上網區域圖（圖片取材自：台北市政府網站）



圖五 2G量測系統裝置



圖六 功率控制圖



圖七 MS與BTS強度座落比

置)，這表示因為MS本身距離基地台很近，故MS本身發射功率較小（如圖七中，MS=0則表示MS離基地台很近，MS本身發射功率較小）；相反地，BTS發射功率越小，則MS發射功率就愈大，這表示因MS本身距離基地台愈遠，故MS本身發射功率愈大（如圖七中MS=13的位置表示距離基地台較遠，MS本身發射功率較大）。因此，MS與基地台的無線收發機系統兩者之間成反比關係。

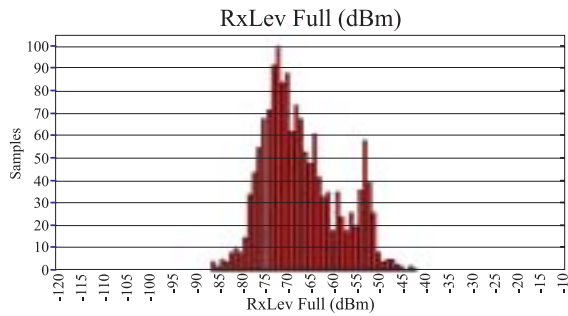
TEMS的2G系統量測軟體可再統計分析出手機下載連結時，BTS接收端的層面是座

落在多少dBm上，由圖八看出，BTS接收端的層面(RxLev)其取樣的能量區間介於-40 ~ -90 dBm之間，且可由圖得知，取樣的接收能量大都集中在-73 dBm中，相當符合高斯(Gaussian)分佈特性。

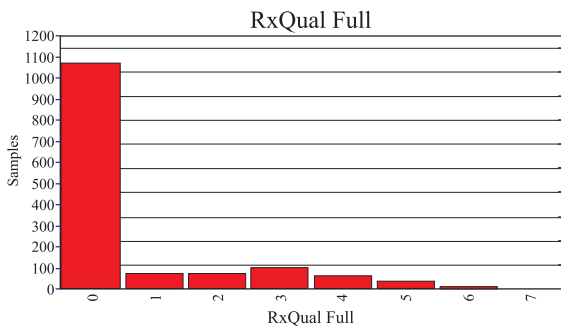
由TEMS軟體進行接收信號的處理後得到如圖九所示的結果。手機下載

連結時，每個基地台無線收發機系統接收端坐落在橫座標0~3區間者有較好的信號品質，而少數坐落在4~7區間者品質較差，可由圖4-6取樣量測評估出接收端的信號品質。

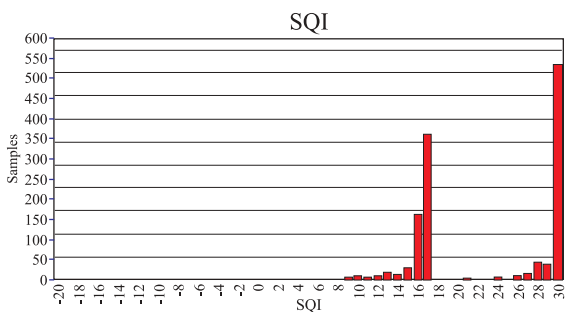
TEMS軟體對接收信號處理後可看出語音品質指標(Speech Quality Indicate, SQI)。如圖十所示，橫座標數字坐落愈大表示音質指標愈好，數字愈小則表示音質指標愈差。一般而言，語音品質指標宜坐落在橫座標28的位置，而當天量



圖八 全部的接收端層面



圖九 整體性接收端品質



圖十 語音品質指標(Speech Quality Indicate)

測手機與基地台所表現出的音質，坐落在30指標位置上者有95%，坐落在17位置上者則有65%，這表示音質會隨著手機的移動與基地台的遠近，而變好或變差。

(二)3G系統量測分析

圖十一為3G量測系統裝置示意圖，主要是安裝Nokia所提供3G量測軟體以為Nemo Outdoor行動通信路測設備，再搭配二隻Nokia 7600型的3G手機，一隻做語音量測，另一隻是以封包傳送的方式進行量測，兩隻



圖十一 3G量測系統裝置

手機同時進行3G系統的量測，走訪路線與2G系統相同，仍為台北市信義計畫區附近街道，量測後再利用3G系統所量測的結果，來探討這兩隻手機做不同的功能時會產生什麼不同的結果。

圖十二、十三、十四及十五分別為量測出3G Ec/No、RSCP (Received Signal Code Power)、SC(Scanned Carrier)、RSSI(Received Signal Strength Indicator)的結果。如圖十二顯示，Ec/No是表示所要求接收功率與頻帶中接收功率密度之比率；RSCP（如圖十三）表示接收信號編碼功率，可量測出從各基地台接收到的無線電波電場強度；SC (Scanned Carrier) 則可偵測出訊號載入的強度（如圖十四）；RSSI則表示信號強度，其標準是在-30dBm到-90dBm之間，由圖十五可看出其結果都在標準範圍內。

圖十六為Nemo Outdoor行動通信路測設備軟體顯示出量測時所看到的下鏈區塊誤碼率(Block Error Rate Downlink)與基地台輻射功率(TX Power)和下鏈傳輸速率(Application Throughput Downlink)的情況。茲將所有的數據統計並分析如圖十七、十八及十九所示。

圖十七顯示下鏈區塊誤碼率(Block Error



圖十二 接收功率與頻帶中接收功率密度之比率



圖十四 偵測出訊號載入的強度



圖十三 接收信號編碼功率

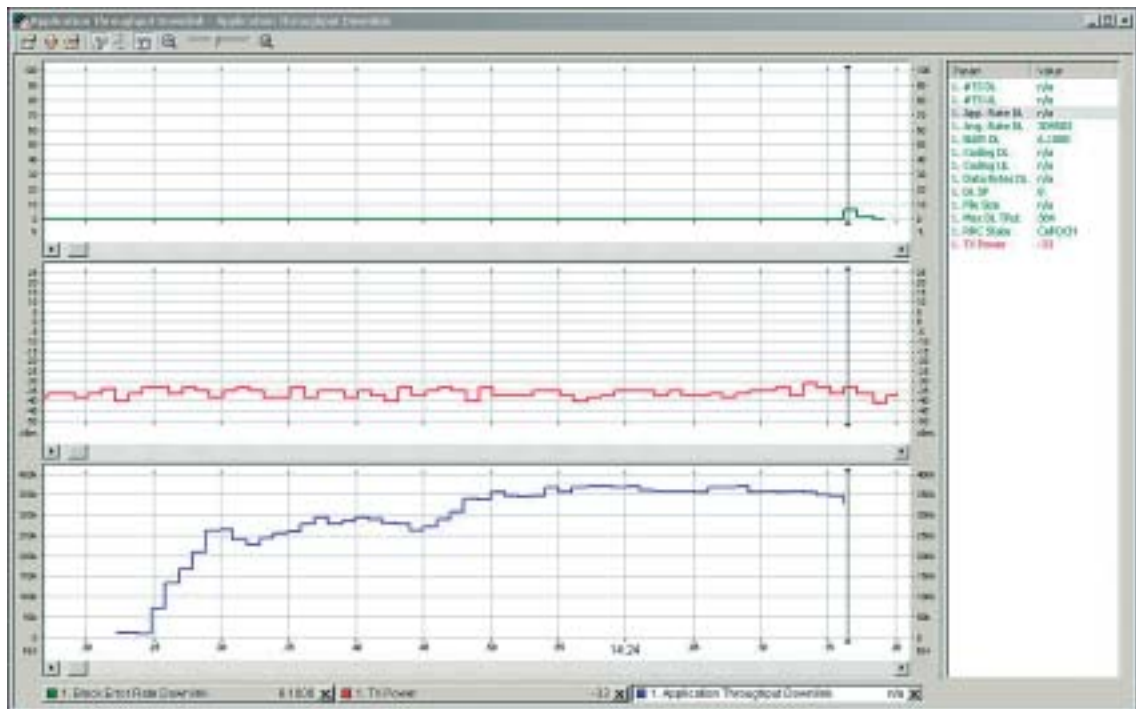


圖十五 接收信號強度

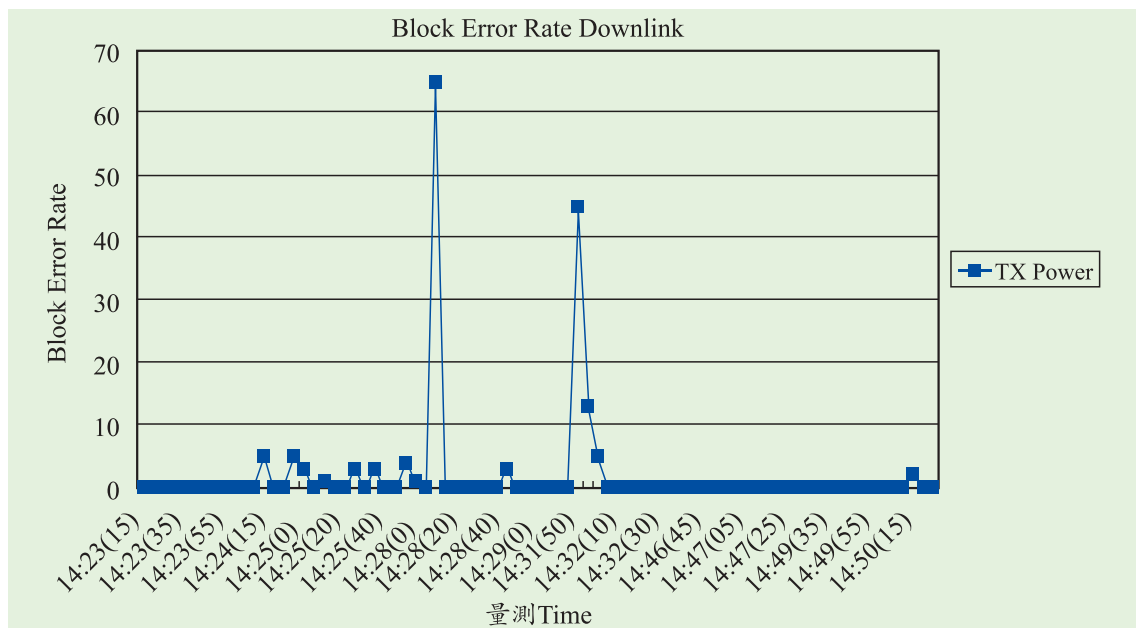
Rate Downlink)的情況。在14:28(05秒)與14:31(45秒)兩點的錯誤率相當高，這可表示在這兩個時間點，3G手機在做封包下載連接傳送時，因發生斷線情況而導致錯誤率發生現象增加，但因其下一段的瞬間，訊號馬上就連結上去，一般使用者並無法感覺到斷訊。另外在其旁邊有許多小段的錯誤率發生，這表示在做3G移動量測時，因受到建

築物阻礙或者距離3G基地台太遠，或者其他3G訊號的干擾所造成，但並不影響使用者利用3G封包下載接收的功能。

圖十八顯示基地台輻射功率的情形。輻射功率最高可達-7dBm，最低約達-40dBm，而在時間14:28~14:32分時約為-10dBm，這表示訊號之間曾有中斷過，使得在這段量測期間基地台輻射功率所顯示出的數據傳輸



圖十六 行動通信所有的傳輸速率與功率

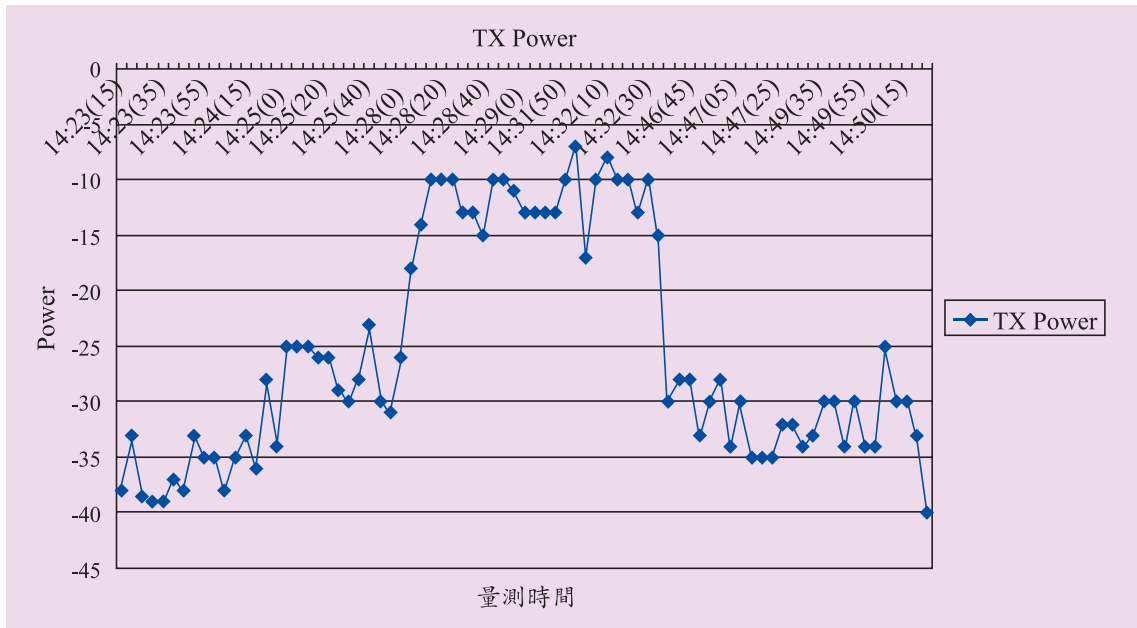


圖十七 下鏈區塊誤碼率

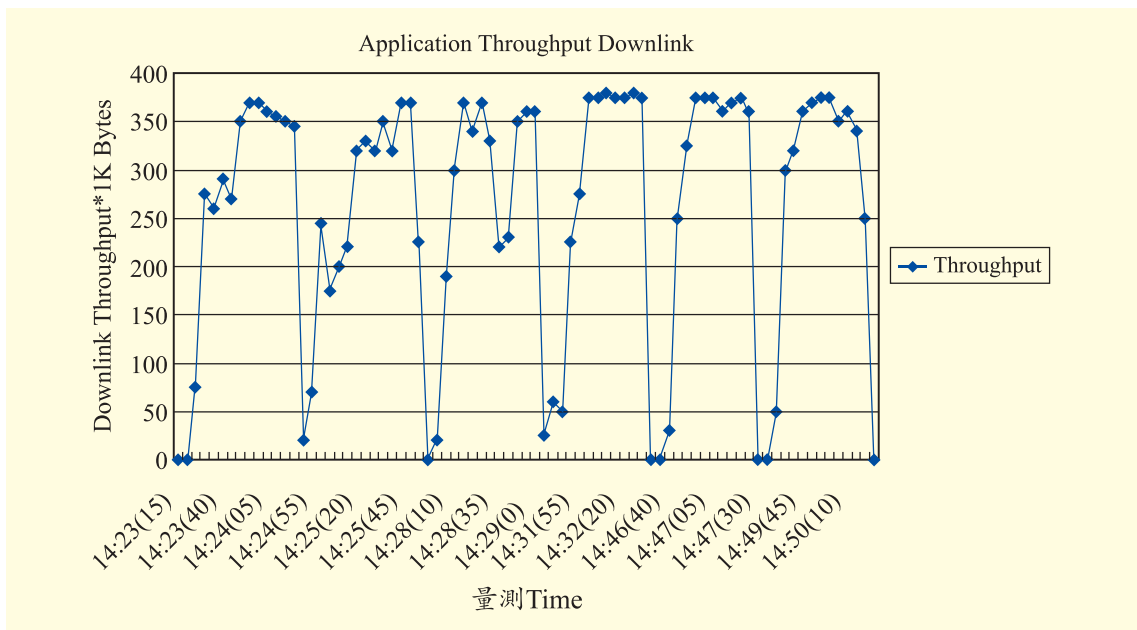
速率較差。

圖十九顯示 3G 手機在做封包下載連接時的情況。環繞台北市信義計畫區附近街道

進行量測時，3G 封包傳送的訊號會因建築物阻擋或者是距離基地台太遠，或者其他 3G 的干擾，而影響封包下載情形。由圖十



圖十八 基地台輻射功率



圖十九 下鏈傳輸速率

九，可看出訊號有幾段斷訊的情形與干擾的問題，使得利用 3G 下載封包呈現不甚穩定。

(三) WLAN 系統量測分析

目前廠商在設計 WLAN 產品時，採用

許多種存取設計方式，大致上可歸納為三大類：窄頻微波 (Narrowband Microwave) 技術，展頻 (Spread Spectrum) 技術，及紅外線 (infrared) 技術。本研究案所使用的 WLAN 量測儀器（如圖二十所示），是採用展頻的技



圖二十 WLAN量測裝置

術，以目前市面上WLAN的產品是依據美國FCC (Federal Communications Committee) 規定的ISM頻帶，所用頻率範圍開放在902M~928MHz及2.4G~2.484GHz兩個頻段，所以並無所謂頻譜使用授權的限制。

因此，WLAN量測的頻率範圍是設定在2.4~2.484GHz；量測的地區一樣是選在信義計畫區的商圈附近，以利進行WLAN與2G/3G電場強度之比較與分析；量測設備是使用安立 (Anritsu) 頻譜分析儀。為了要獲得更完整的量測結果，量測時加用了一支全方位的天線來加強接收的電場強度。由於量測時，無法得知商家所架設AP的所在位置，因此只能使用移動的方式施行量測作業。WLAN電場強度的量測結果如下圖二一所示。

茲將ISM搭配頻道與其電場接收強度整理如表二所示。

在信義計畫區附近的商圈，店家所使用的WLAN標準絕大部分都是採用IEEE 802.11b，因此所量測的頻率範圍是從2.4~2.4835GHz的ISM頻段。從上表可以發現，在秀場附近電場信號最強的是位於2.442

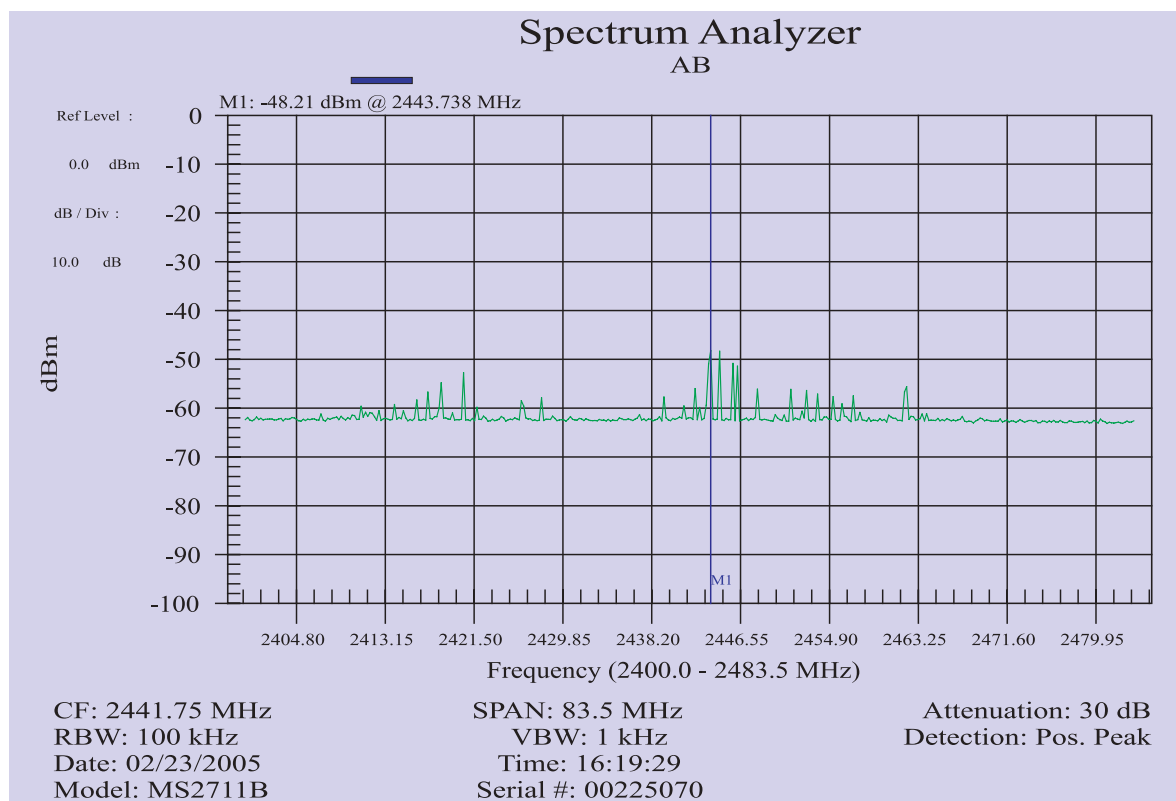
表二 ISM頻道與電場強度分佈

Channel Identifier	Center Frequency (MHz)	Receiver Level (dBm)
1	2412	-60
2	2417	-54
3	2422	-58
4	2427	-58
5	2432	-62
6	2437	-62
7	2442	-50
8	2447	-55
9	2452	-55
10	2457	-56
11	2462	-54

GHz Channel 7的頻道，其次是2.417 GHz 的第2頻道以及2.462GHz的第11頻道。由此可知，使用頻道為2、7、11時，因其頻譜恰未互相重疊，故電場強度最強，而其它非使用這三個頻道的電場強度就相對地容易遭受到彼此間的干擾，所以變得較為微弱。

由於信義計畫區附近的商圈店家所使用的WLAN系統五花八門，過於複雜，量測的信號來源有咖啡店、麥當勞與台北市無線網路計畫等多種，加以事前並未預作頻道安排與協調，致而其它會發生重疊的頻道都在使用，也因此造成干擾，使得其電場強度的變化較不穩定。

綜上可知，WLAN所使用的頻道未見互相重疊時，即可獲得較佳的訊號品質，因此在規劃WLAN時，就必須考量系統整體所要使用的頻道，才可以避免使用過於鄰近或是相同的頻道所產生的干擾，也就是才能避免同頻干擾與鄰頻干擾的發生。



圖二一 WLAN電場強度分佈圖

結論

實地去量測2G、3G與WLAN三種不同的通訊系統服務範圍，發現到三種通訊系統都有共同的缺點，就是容易受到地形、房屋、建築物或者其他人造結構的影響，造成使用者在接收時信號呈現不穩定的現象，而且使用者距離基地台的遠近，均與信號接收品質的良窳息息相關，所以在評估或設計通訊傳輸網路時，除了考量室外狀況外，室內傳播模式對於建築物材質與內部裝潢等人為環境尤為敏感。尤其是WLAN系統，在都會區需架設較密集的AP才能使信號加強，而達到交遞的功能，不致造成訊號中斷。

因此，目前若想將2G、3G、WLAN三種不同的系統加以整合，必須依不同的地形與地物，規劃不同的網路建置，才能提供較

完整的系統服務。例如在室內可使用WLAN系統，而室外地區則可使用3G或GPRS，如此不但能有效運用鄰近位置的資源，提昇系統的效率，並能減少不必要的干擾，而達到所需的通訊服務品質。

誌謝

感謝台灣大哥大股份有限公司（研發建字2105號）對本研究案經費的贊助及協助量測2G電磁波場強，同時亦感謝NOKIA公司提供3G量測儀器及協助量測3G的電磁波場強。

參考資料

一、柳世洋，黃胤年，「VHF/UHF帶陸上行動通信電波傳播特性之預測」，電信技術季

- 刊，第九卷第三期。
- 二 http://www.eagletek.com.tw/products/nemo_pages/nemo_01.htm .
- 三 http://www.iii.org.tw/itpilotmz/unit2/3_1.htm .
- 四 Arunesh Mishra, William A. Arbaugh, "An Initial Security Analysis of the IEEE 802.1x Standard" <http://www.cs.umd.edu/~waa/1x.pdf>.
- 五 John Edney, William A. Arbaugh, "Real 802.11 Security: Wi-Fi Protected Access and 802.11i", Addison-Wesley.
- 六 William A. Arbaugh Narendra Shankar YC Jstin, "Your 802.11 Wireless Network Has No Clothes", <http://www.cs.umd.edu/~waa/wireless.pdf>.
- 七 Salkintzis, A.K.; Fors, C.; Pazhyannur, R, "WLAN-GPRS integration for next-generation mobile data networks", IEEE Wireless Communication, October 2002.
- 八 Charles E. Perkins, "Mobile IP : Design Principles and Practices", 1998.
- 九 IEEE 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification," 1999.
- 十 Shiao_Li Tsao, "Quality of Service Control over GPRS Data Network," IEEE VTC 2000. [10] Eva Gustafsson, Annika Jonson, and Charles E.Perkins, "Mobile IP Regional Registration", Internet-Draft , March 2000.
- 十一 Wee-Seng Soh , Hyong S. Kim "Dynamic Guard Bandwidth Scheme for Wireless Broadband Networks", INFOCOM.2001.
- 十二 Chi-chao Chao, Wai Chen, "Connection Admission Control for Mobile Multiple-Class Personal Communication Networks", IEEE Journal on SELECTED AREAS in Communications, 1997.
- 十三 "Coverage Prediction for Mobile Radio Systems Operating in the 800/900 MHz Frequency Range", IEEE Vehicular Technology Society Committee on Radio Propagation, IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 37, No.1, 1988.
- 十四 "Wireless Communication Principle & Practice " Theodore S. Rappaport, 1996.
- 十五 William C. Y. Lee, "Mobile Communication Design Fundamentals," 1993.
- 十六 Dennis Bodson, George F. McClure, Samuel R. McConoughey, "Land-Mobile Communications Engineering " 1984.

作者簡介

洪培森少校，私立明新科技大學應用電子系、志願役預備軍官班43期、陸軍通信電子資訊學校安全正規班2期、國立台灣科技大學電子工程所碩士在職專班，曾任排長、副連長、連長、隊長、通信官、教官，現任陸軍通信電子資訊學校綜合保修組教官。

邵雅鈴研究員，私立聖約翰科技大學電子系、國立台灣科技大學電子工程所碩士92年班，現任國立台灣科技大學電子工程所助理研究員。

黃進芳副教授，國立成功大學電機工程系、國立成功大學電機工程所碩士、美國堪薩斯大學電機博士，曾任中山科學研究院助理研究員，現任國立台灣科技大學電資學院副教授兼任中華民國衛星與有線電視技術協會理事長。