

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

赴美國實習「6 GHz 頻段電波量測系統」
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：張維儒

出國地點：美國

出國日期：92年11月10日至15日

報告日期：92年12月12日

H6/
C09204574

公務出國報告提要

頁數: 11 含附件: 否

報告名稱:

實習「6 GHz頻段電波量測系統」

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:

張維儒 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: 美國

出國期間: 民國 92 年 11 月 10 日 -民國 92 年 11 月 15 日

報告日期: 民國 92 年 12 月 12 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: 實習,6GHz,頻段,電波,量測

內容摘要: 本出國案係依據中華電信股份有限公司九十二年度資本支出派員出國計畫第159項「6 GHz頻段電波量測系統」實習,暨美國Fushine Technology公司訓練課程邀請函,執行九十二年度採購案「UWB全向性天線及量測配件乙全套」(案號:GF3-920109)之國外訓練課程,為期含行程共六天。本訓練課程內容主要包含有超寬頻(UWB; Ultra-wideband)技術簡介、ARA-118/A UWB天線介紹、UWB通道量測與UWB通道模型等。UWB無線傳輸技術具高速率數據傳輸能力,被視為未來無線通信領域的重要技術。如美國聯邦通信委員會FCC即於2002年通過使用UWB技術於公眾安全及寬頻網際網路接取之商業應用;IEEE 802.15.3a亦正進行使用UWB技術於高傳輸速率無線個人區域網路(WPAN; Wireless Personal Area Network)之標準制定工作。藉由本次訓練課程,可協助本所後續之UWB通道量測系統建置與UWB技術研究工作,及早掌握UWB通道傳播與干擾特性,協助本公司未來無線寬頻接取系統之建置規劃。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

赴美國實習「6 GHz 頻段電波量測系統」 出國報告

摘要

本出國案係依據中華電信股份有限公司九十二年度資本支出派員出國計畫第 159 項「6 GHz 頻段電波量測系統」實習，暨美國 Fushine Technology 公司訓練課程邀請函，執行九十二年度採購案「UWB 全向性天線及量測配件乙全套」(案號：GF3-920109)之國外訓練課程，為期含行程共六天。

本訓練課程內容主要包含有超寬頻(UWB；Ultra-wideband)技術簡介、ARA-118/A UWB 天線介紹、UWB 通道量測與 UWB 通道模型等。UWB 無線傳輸技術具高速率數據傳輸能力，被視為未來無線通信領域的重要技術。如美國聯邦通信委員會 FCC 即於 2002 年通過使用 UWB 技術於公眾安全及寬頻網際網路接取之商業應用；IEEE 802.15.3a 亦正進行使用 UWB 技術於高傳輸速率無線個人區域網路(WPAN；Wireless Personal Area Network)之標準制定工作。

藉由本次訓練課程，可協助本所後續之 UWB 通道量測系統建置與 UWB 技術研究工作，及早掌握 UWB 通道傳播與干擾特性，協助本公司未來無線寬頻接取系統之建置規劃。

赴美國實習「6 GHz 頻段電波量測系統」
出國報告

<u>目錄 (Contents)</u>	<u>頁次(Page)</u>
1 目的	1
2 行程概要	1
3 訓練心得	1
3.1 UWB 技術簡介	2
3.1.1 UWB 發展簡史	2
3.1.2 UWB 法規	2
3.1.3 UWB 標準	4
3.1.4 UWB 技術特性	5
3.2 ARA CMA-118/A UWB 天線	6
3.3 UWB 通道量測	7
3.3.1 量測系統架構	7
3.3.2 量測規劃	8
3.3.3 VNA 參數設定	8
3.4 UWB 通道模型	9
4 檢討與建議	11

1 目的

本出國案係依據中華電信股份有限公司九十二年度資本支出派員出國計畫第 159 項「6 GHz 頻段電波量測系統」實習，暨美國 Fushine Technology 公司訓練課程邀請函，執行九十二年度採購案「UWB 全向性天線及量測配件乙全套」(案號：GF3-920109)之國外訓練課程，為期含行程共六天。

本訓練課程內容主要包含有超寬頻(UWB；Ultra-wideband)技術簡介、ARA-118/A UWB 天線介紹、UWB 通道量測與 UWB 通道模型等。UWB 無線傳輸技術具高速率數據傳輸能力，被視為未來無線通信領域的重要技術。如美國聯邦通信委員會 FCC 即於 2002 年通過使用 UWB 技術於公眾安全及寬頻網際網路接取之商業應用；IEEE 802.15.3a 亦正進行使用 UWB 技術於高傳輸速率無線個人區域網路(WPAN；Wireless Personal Area Network)之標準制定工作。

藉由本次訓練課程，可協助本所後續之 UWB 通道量測系統建置與 UWB 技術研究工作，及早掌握 UWB 通道傳播與干擾特性，協助本公司未來無線寬頻接取系統之建置規劃。

2 行程概要

本案自 11 月 10~15 日(含行程)共計六日。

- 11 月 10 日：去程，搭乘長榮航空班機啟程赴美國舊金山
- 11 月 11~13 日：參加 Fushine Technology, Inc.舉辦之訓練課程
- 11 月 14~15 日：回程，搭乘長榮航空班機自美國舊金山返國

3 訓練心得

本次訓練課程為期三天，內容包含 UWB 技術簡介、ARA CMA-118/A UWB 天線介紹、UWB 通道量測與 UWB 通道模型，本次訓練所得重點摘要說明如下。

3.1 UWB 技術簡介

3.1.1 UWB 發展簡史

UWB 技術源於 60 年代對微波網路脈衝響應(impulse response)之量測研究。由於 UWB 信號能量散於相當寬之頻譜傳送，具 LPI/D (low probability intercept/detection)特性，於 70 年代多應用在軍事與政府單位之通信。另因 UWB 信號在時域上為一極短脈衝(~ns)，故在距離測定上具高精確度(~cm)，因此在 80 年代被使用於定位與測距相關應用。90 年代，在美國政府大力支持下，UWB 之技術研究與產品開發漸具成果，其超寬之頻寬具傳送高速訊息之能力，被視為未來無線通信領域深具潛力的技術。

2002 年 2 月 14 日，FCC 通過使用 UWB 技術於公眾安全及寬頻網際網路接取之商業應用，龐大之商機及多樣之應用已引起全球通信業高度關注。IEEE 802.15 無線個人區域網路標準組織有鑑於 UWB 之高傳輸速率能力與定位精準特性，已開始相關應用標準之制定工作。一般預期符合標準之 UWB 產品將於 2006 年問世，並將搭配無線區域網路(WLAN；Wireless Local Area Network)帶動家庭與辦公室無線網路應用市場的大幅成長。

3.1.2 UWB 法規

FCC 於 2002 年發佈 UWB 無線通信技術規範 “Revision of Part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems”。依據本規範，符合以下定義之一的信號稱之為 UWB 信號：

- (1) 信號-10 dB FBW(Fractional Bandwidth)須大於 0.2，FBW 定義如下：

$$FBW = 2(f_H - f_L) / (f_H + f_L)$$

f_H : the upper frequency of the -10 dB emission point

f_L : the lower frequency of the -10 dB emission point

- (2) 信號-10 dB 頻寬大於 500 MHz

FCC 規範 UWB 之應用分為三大類，其應用與使用頻段如下：

■ Imaging Systems

- Ground Penetrating Radar Systems: <960 MHz, 3.1~10.6 GHz
- Wall Imaging Systems: <960 MHz, 3.1~10.6 GHz
- Through-wall Imaging Systems: <960 MHz, 1.99~10.6 GHz
- Surveillance Systems: 1.99~10.6 GHz
- Medical Systems: 3.1~10.6 GHz
- Vehicular Radar Systems: 22~29 GHz
- Communications and Measurement Systems: 3.1~10.6 GHz

其中較受矚目的為通信應用，依據該法規此應用主要限制於室內使用，室外環境則限制手持式通信終端設備相關應用。

對於室內通信應用之 UWB 設備，FCC 規範在 3.1~10.6 GHz 使用頻段內其輻射功率頻譜密度須低於-41.3 dBm/MHz，且等效全向輻射功率(EIRP；Effective Isotropic Radiation Power)須低於 0.5 mW，另在使用頻帶外的輻射功率頻譜密度規定如圖 1 所示，其中 0.96~1.61 GHz 為飛航管制與全球衛星定位(GPS)等應用之頻段，為避免對此應用產生干擾，因此對 UWB 設備在此頻段之輻射有相當嚴格的限制。

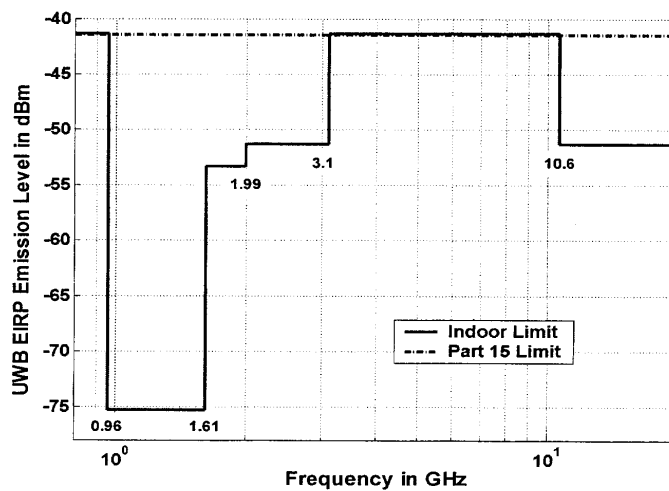


圖 1 FCC 對於 UWB 室內應用之輻射頻譜功率限制

目前除 FCC 已對 UWB 技術相關應用訂有明確規範外，歐盟 CEPT&ETSI 也預計於 2003 年底完成相關法規制訂，日本亦正進行法規研訂工作，新加坡則劃定一特定區域進行試驗。

3.1.3 UWB 標準

目前發展中之 UWB 技術相關標準有 IEEE 802.15.3a (WPAN High Rate Alternative PHY)，該工作小組成立於 2002 年底，目標在制定一高傳輸速率 (>110Mbps@10m、>200Mbps@4m、>500Mbps@1m)之無線個人區域網路標準，將可取代 1394a 與 USB2.0 等高速有線傳輸。

該標準預計可於 2004 年底完成，目前該標準組織成員對技術草案已逐漸達成共識，眾多提案已融合為二，且皆符合 FCC 對於 UWB 應用之規範，此二提案內容概述如下：

■ 提案一：Multi-band OFDM

此案為 TI, Intel, Mitsubishi, Panasonic, Philips, Samsung, SONY, Time Domain 等多數廠家所支持。如圖二，將 3.1~10.6 GHz 頻段分割成 4 個群組共 13 個頻道，利用 OFDM 技術將 128 個次載波組成一頻寬為 528 MHz 之 UWB 信號，單一頻道可提供之最高數據傳輸速率為 480 Mbps。

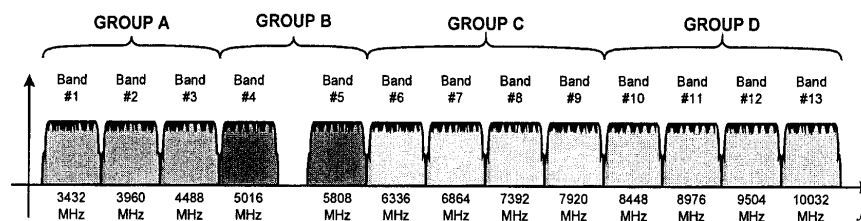


圖 2 Multi-band OFDM 通道規劃

■ 提案二：DS-CDMA

此案為 CRL, XtremeSpectrum, ParthusCeva 等三廠家所支持。如圖 3，

將 3.1~10.6 GHz 頻段分割成 2 個頻道，頻寬分別為 2.05 GHz 與 4.775 GHz，使用直序展頻技術(DS-CDMA)。低頻段通道可提供 450 Mbps 的最高數據傳輸速率，高頻段通道可提供 900 Mbps 的最高數據傳輸速率，雙通道則可提供高達 1.35 Gbps 的最高數據傳輸速率。

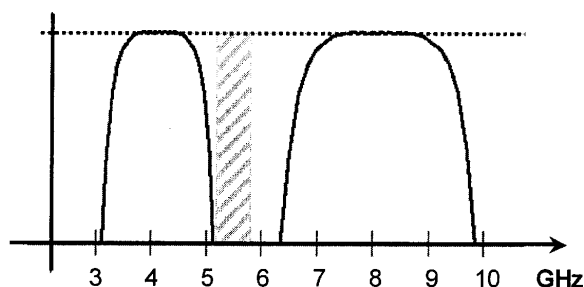


圖 3 DS-CDMA 通道規劃

另 IEEE 802.15 亦成立 SG4a Study Group，旨在評估如何利用 UWB 定位精準的特性，使無線個人區域網路能進一步提供定位相關服務。

3.1.4 UWB 技術特性

UWB 技術之所以被視為未來無線通信領域的重要技術，主因其具以下之技術特性與優點：

(1) High Capacity at Short Range

依據 Shannon Capacity Expression，通道容量(單位為 bits/sec)與頻寬成正比、與訊雜比(SNR; Signal to Noise Ratio)之對數成正比。由於 UWB 具寬頻、低功率特性，因此 UWB 技術於短距離內可提供高通道容量。

(2) High Spatial Capacity

Spatial Capacity 指單位面積內可提供之通道容量(單位為 bit/sec/m²)，如(1)所述 UWB 具高容量特性，加以其低功率傳輸之限制，故可在短距離內同時存在多個 UWB 設備而不致相互干擾，故可得 High Spatial Capacity。

(3) Multipath Immunity

UWB 具相當寬之頻寬，相對的將具良好之時間解析度，故 UWB 接收機對多路徑延遲信號具有良好之解析能力，可避免窄頻通信因多路徑信號相互干涉造成之衰落(Fading)效應。

(4) Fine Range Resolution

如(3)所述因 UWB 接收機對多路徑延遲信號具有良好之解析能力，相對的在多路徑傳播距離之測定將有良好之精準度，故相當適合測距與定位應用。

(5) Extremely Difficult to Intercept

UWB 因功率頻譜密度低，使其具有信號不易被截取之特性，通信保密與安全性高。

3.2 ARA CMA-118/A UWB 天線

本案採購之 UWB 天線由美國 Fushine Technology 公司得標，提供之天線為 ARA(Antenna Research Associates, Inc.)公司生產之 CMA-118/A UWB 全向性天線。ARA 公司成立於 1963 年，為國際知名的天線公司，在天線設計產製上有近 40 年的經驗且擁有 30 個以上專利。

CMA-118/A 為一 UWB 全向性天線，近年來有多個學術與研究單位使用其進行 UWB 通道量測。CMA-118/A 適用頻段為 2~18 GHz，各頻段之電壓駐波比(VSWR)與增益(Gain)如表一所示。

表一 ARA CMA-118/A 天線各頻段之 VSWR 與 Gain

Frequency (GHz)	2	4	6	8	10	12	18
VSWR	1.25	2.1	1.5	1.4	2.1	2.1	1.9
Gain (dBi)	3.0	3.0	3.6	3.3	5.7	4.7	4.5

3.3 UWB 通道量測

UWB 通道量測一般可分為時域與頻域方式。時域量測方法須使用 Pulse Signal Generator 作為發射設備，接收機則為 Digital Sampling Oscilloscope。頻域量測方法則利用一向量網路分析儀(VNA; Vector Network Analyzer)作為 UWB 信號發射與接收設備。因本所已有向量網路分析儀，因此擬建置之 UWB 通道量測系統將採用頻域量測方式，此方式之系統架構與量測規劃說明如下。

3.3.1 量測系統架構

如圖 4，UWB 通道量測系統主要包含有向量網路分析儀、UWB 天線(發射/接收各一)、功率放大器(PA)、低雜訊放大器(LNA)、寬頻低損耗 Cable(長/短各一)及電腦一台(控制 VNA 與分析量測數據)。

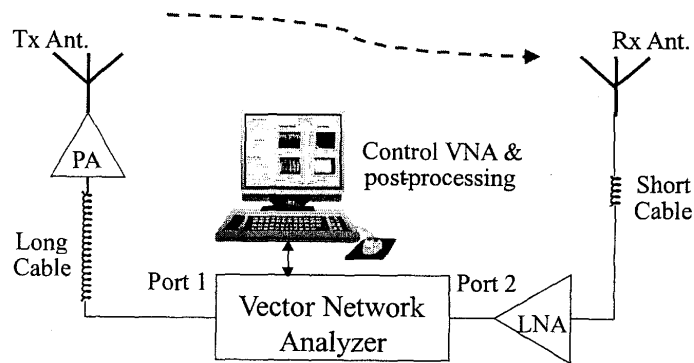


圖 4 頻域方式之 UWB 通道量測系統架構

此量測方式之原理乃利用 VNA 多頻率掃瞄所量測之 S_{21} 參數得到 UWB 通道頻譜響應(Frequency Response)。如圖 4，以 VNA Port 1 為發射端，信號經由 Long Cable 連接至 PA，透過發射天線(Tx Ant.)輻射。電磁波經空間傳播後為接收天線(Rx Ant.)所接收，經由 Short Cable 連接至 LNA 進入 VNA Port 2，則 S_{21} 參數經校正後即可得無線通道頻率響應，而且經由 VNA 之多頻率掃瞄便可得 UWB 無線通道頻率響應。

3.3.2 量測規劃

無線通道模型包含 Path Loss、Large-scale Fading 與 Small-scale Fading，因此對於 UWB 室內無線通道之量測規劃設計須注意以下幾點：

- (1) Measurement Sites：需於不同典型室內環境(住家、辦公室、商業大樓)進行量測，以瞭解不同環境之無線傳播通道特性。
- (2) Path Loss & Large-scale Fading：於同一環境需選定多個(10~30，視環境而定)不同收發距離(1~20 公尺)之定點進行量測。
- (3) Small-scale Fading：於每一定點周圍短距離內(5~10 個波長)進行數十小點之量測，每一小點間距離約為 0.1~0.5 個波長。

圖 5 為一特定室內環境量測規劃圖，紅色圓點為發射站，藍色方格代表接收定點，於每一定點周圍一公尺見方區域內，進行棋盤狀等間距的 25 個小點量測。

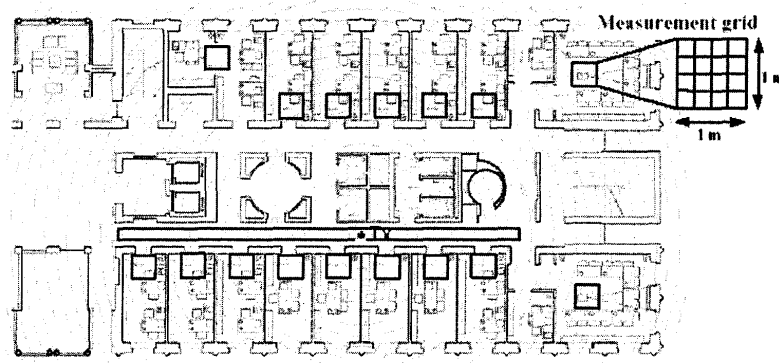


圖 5 UWB 室內通道量測規劃

3.3.3 VNA 參數設定

為確實反應 UWB 室內無線通道特性，利用 VNA 進行 UWB 通道量測時需特別注意 VNA 相關參數設定與通道特性參數間之關係，說明如下：

(1) Frequency Sweeping Steps vs. Max. Excess Time Delay

因 VNA 多頻率掃瞄所得之頻譜響應經 IDFT(Inverse Discrete Fourier Transform)後得通道脈衝響應(Impulse Response)，因此 VNA 掃瞄頻率間隔(Frequency Sweeping Steps)之設定將決定可量得之最長多路徑延遲時間(Max. Excess Time Delay)。

範例：假設一室內環境其有效多路徑傳播距離差最長為 30 m，即最長多路徑延遲時間為 100 ns，因此 VNA 掃瞄頻率間隔須設定在 10 MHz(1/100ns)以下。

(2) Sweeping Time vs. Coherence Time (Doppler Spread)

VNA 完成一週期之多頻率掃瞄時間稱為 Sweeping Time，為確保在這段掃瞄時間內傳播環境是不變的(Time-invariant)，Sweeping Time 須小於通道之 Coherence Time (與 Doppler Spread 成反比)。

範例：假設一室內環境因人之移動而產生 20 Hz 之 Doppler Spread，即通道 Coherence Time 為 0.05 sec，因此 VNA 之 Sweeping Time 須設定在 0.05 sec 以內。

(3) IF Bandwidth vs. Sweeping Time & Receiving Sensitivity

VNA 之 Sweeping Time 與其中頻頻寬(IF Bandwidth)有關，IF Bandwidth 愈窄則 Sweeping Time 愈長，但 VNA 接收靈敏度(Receiving Sensitivity)則愈佳，如此量測系統之動態範圍(Dynamic Range)愈廣。

3.4 UWB 通道模型

由於 UWB 信號包含相當寬之頻譜，經無線通道後將產生頻率選擇性衰落(Frequency Selective Fading)，因此其電磁波傳播特性著重於頻率相關性之探討，即多路徑延遲擴散模型的建立。有別於傳統描述窄頻通訊多路徑延遲模型之 Poisson 分佈，UWB 因具較佳之時間解析度，可分辨較多之多重路徑，需更適當之時間延遲模型以反應一般傳播環境中散射體群聚所致之多重路徑群集(Multipath Clustering)現象。

IEEE 802.15.3a 標準制定小組於 2002 年 4 月開始廣徵 UWB 通道模型，以利後續之技術評估與標準訂定工作。主要貢獻者有：

- AT&T : 5 GHz band (1.25 GHz Bandwidth)
- ULTRAWAVES (Univ. of Oulu) : 5 GHz band (6 GHz Bandwidth)
- Time Domain: 4 GHz band (2 GHz Bandwidth)
- Intel : 5 GHz band (6 GHz Bandwidth)
- CEA-LETI/STM : 5 GHz band (4 GHz Bandwidth)
- IMST : 6 GHz band (10 GHz Bandwidth)

綜合以上廠家之量測結果，UWB 室內通道具有以下特性：

- (1) Path Loss: 可用 Log-distance model 描述，其衰減指數與傳播環境有關，在 LOS(Line-of-sight)情況下，衰減指數約為 1.5，而 NLOS(Non-LOS)情況則介於 3~4 間。
- (2) Small-scale Fading: 為 Frequency Selective Fading，其中多路徑延遲有群集現象，可用 S-V model 描述。而各多路徑振幅衰落不再是適用於窄頻通道之 Rayleigh 分佈，而較趨向於 Log-normal 分佈。

其中 S-V model 為一描述多路徑群集到達現象的傳播模型，如圖 6 所示，將多路徑分為不同群集(Cluster)，每一群集內包含有多條路徑，各群集及群集內各路徑之延遲時間皆為 Poisson 分佈，振幅大小則呈指數衰減。

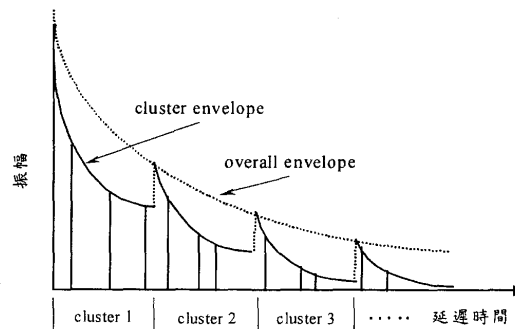


圖 6 S-V model 示意圖

4 檢討與建議

具高速率數據傳輸能力之 UWB 無線傳輸技術，在 2002 年 FCC 通過使用該技術於公眾安全及寬頻網際網路接取之商業應用後，未來龐大之商機及多樣之應用已引起全球通信業高度關注。IEEE 802.15 無線個人區域網路標準組織有鑑於 UWB 之高傳輸速率能力與定位精準特性，已開始相關應用的標準制定工作。一般預期符合標準之 UWB 產品將於 2006 年問世，並將搭配無線區域網路帶動家庭與辦公室無線網路應用市場的大幅成長。

由於使用 UWB 技術於無線寬頻網際網路接取為新應用，其 500 MHz 以上之超寬頻電磁波傳播特性與通道模型尚在研究發展中，且根據 FCC 規範，UWB 使用頻段為 3.1~10.6 GHz，將與 UNII 及 5.7 ISM-band，甚至未來行動通信頻帶重疊，因此亟需透過實際量測掌握 UWB 傳播特性，並建立通道模型進而進行干擾研究分析，協助本公司未來無線寬頻接取系統之建置規劃。