

# 30 至 600MHz 頻段無線電通訊頻譜使用率 量測之研究

陳騰輝

永達技術學院機械工程系助理教授  
e-mail : cherryroger@gmail.com

周順成

永達技術學院機電工程研究所碩士班研究生  
e-mail : n0932684020@kimo.com

## 中文摘要

近年來，隨著無線電通信網路科技蓬勃發展，人們對無線電頻率需求與使用度亦大幅的增加。基此，頻譜資源顯得更難獲取，隨之而來的嚴重問題，則是少部分不肖無線電通信器材業者未依政府規範擅自販售使用頻率，再加上非法電臺未經申請立案即開播，遂導致時常發生通信干擾現象，嚴重影響合法通信頻道使用及肇生飛航意外等事件。

本研究針對臺灣中部地區特/超高頻(30-600 MHz)無線電通信頻譜進行量測蒐整及研究，以探討頻譜使用率。其中顯示 144-146 MHz 遠較其他頻率使用率過高，顯見頻譜必須有效管理的重要性。

**關鍵字：**無線電通訊、通訊干擾、頻譜管理

## Abstract

In recent years, with the booming development of radio communication network technologies. People substantial increase in needs of the spectrum. Therefore, less spectrum resources, and the growing problem of interference for frequency. This is not in accordance with government regulations approval for private use frequencies. Often cause interference of communication, serious impact on the legitimate communications and flight safety and so on.

In this paper, based on V / UHF bands in the midst of Taiwan. The research carried out measurements of from 30 to 600 MHz, and to explore the radio spectrum utilization. The results showed that the highest rates in 144-146 MHz is, while other frequencies are low usage. The obvious importance of spectrum management.

**Keywords:** Radio Communications, Communication Interference, Spectrum Management

## 1. 前言

頻率是一種資源，隨著過去十餘年無線通訊技術的快速發展與規格的不斷進化，各種不同的無線電器材已逐漸朝向高科技化及人類生活化發展，且能普及於日常生活中各項頻率需求，使用率也相對的提高許多，反觀頻譜資源並沒有相對的增加，反而變得越來越少，就無線電通訊而言，無線電頻率的運用更應需被重視與關切的。

參考美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission ; FCC)[1]公布 2007 年 12 月間對美國各地區無線電頻譜使用率調查報告，指出在美國地區任何一個特定時刻(2007 年 4 月 16 日 18:02 時至 4 月 18 日 12:09 時)，人類所使用到的頻譜只佔所有可用頻譜的 2%~6%。然而在目前的無線通訊標準規範下，每一種標準所發展的系統，在頻譜的佔用率 (Spectrum Occupancy)上，並不是很好的現象，可由圖 1 中得知，平均使用率其實低於 15%。

其中從案例頻譜使用率實例圖分析指出，美國境內 1525 至 1990 MHz 頻帶使用率較高(達 40%以上)，920 至 1400 MHz 頻帶使用率較低(概略為 1-2%)；另亦分析出 30-900 MHz 低頻無線電通信頻段使用率較為複雜，顯見有將近 70-80%的頻譜是被閒置[2]。

在無線電的物理特性中，頻率越低則傳送距離越長；許多國家以明訂相關法令針對 30-300 MHz 之 VHF 頻段提供類比無線電電視撥放及軍方無線電通信運用，反觀我國通信頻譜使用狀況，早期低頻段無線電通信設備隨著行動通信的開發，已逐漸從主流市場被取代，為能探討我國 30-600 MHz 無線電通信頻段使用狀況，將以臺灣中部地區進行量測及研究，並選定不同特性區域作為研究無線

電通信進行量測，各區域特性可區分都會地區、次都會地區、鄉村地區及丘陵地區等四種地形，期能發展出有效提升我國頻譜管理效能的方式。

## 2. 研究方法

本研究選用臺灣中部地區，並針對不同特性區域(都會、次都會、鄉村及丘陵等地區)實施電磁頻譜量測，因不同區域會有不同頻譜使用之特性，所以區分為都會地區(臺中市北屯)、次都會地區(臺中市大肚山)、丘陵地區(臺中市新社)及鄉村地區(雲林縣斗南)等四類電磁環境場景，實施 V/UHF 頻段(30MHz 至 600MHz)量測及調查作業。

此外，頻譜的量測方式區分「環境影響」及「傳輸特性影響」等兩大主軸進行研究，如圖 2 所示；「環境影響」為於量測期間所遇天氣因素及頻譜背景雜訊狀況詳實記錄，以瞭解各地區背景因素所影響狀況，而「傳輸特性影響」係依據各地區環境特性等條件區分頻段及時間兩個因素量測民用無線電使用率及使用狀況、公務用通信頻道(警察、救護、消防、航空及其他公務等)使用情形，時間因素採 24 小時全時段量測，藉以瞭解地區使用無線電通信在尖峰時段、一般時段及離峰時段差異性，亦分析各地區無線電使用狀況是否有其關聯性。

量測頻譜方式，使用無線電偵蒐系統、頻譜分析儀及全向性偵蒐天線組成量測硬體設備設計頻譜使用率量測的實驗模式，可區分頻譜(依我國無線電通信頻譜策定方針)、地點(依不同區域及顯現不同頻譜特性)、時間(依頻譜使用頻繁程度)等；另對照國家通訊傳播委員會(NCC)所公布之頻率資料庫查詢系統來區別無線電訊號及使用用戶端。

### 2.1 研究裝備

#### 1. ICOM IC-PCR2500-全頻段接收機：

(1)工作頻段範圍為 0.01-3299MHz，對無線電通信頻段之訊號進行監測、錄音及資料庫建檔作業，如圖 3 所示。

(2)全頻段接收機偵測設定如下：

A. 記憶掃描(MEMO)=30-600 MHz

(針對量測頻段實施全頻段掃描作業外，另外測得訊號自動寫入資料內，並提供頻率、信號強度(dBm)及使用時間)。

B. 接收模式(MODE)=AUT-M(自動調變模式)

C. 頻率間隔(MOD)=10K

D. 掃描速率(SPEED)=10sec

#### 2. Anritsu MS2723B-頻譜分析儀

(1)工作頻段範圍為 0.09-13000MHz，對無線電通信頻段之訊號進行量測、訊號頻偏追蹤，並記錄及分析獲得信號，如圖 4 所示。

(2)頻譜分析儀偵測設定如下：

A. 解析頻寬(RBW)=15KHz(觀察水平頻率軸變化)

B. 視訊頻寬(VBW)=30KHz(觀察垂直功率軸變化)

C. 取樣週期(Sample cycle)：32sec(86400/2700)

D. 取樣天數：1 天

### 2.2 檢測對象區分

由於中部地區的地形豐富，加上人口分布、聚落明顯，針對不同的特性區域，分成都會地區、次都會地區、鄉村地區及丘陵地區，茲分布詳述如下：

#### 1. 都會地區：

都會地區為人口稠密高地區，對無線電頻率使用率需求會較高，所以選定臺中市北屯為代表，圖 5 及表 1 分別是都會地區檢測的位置及空間基本資料。

#### 2. 次都會地區：

次都會地區為人口次稠密高地區，對無線電頻率使用率需求與都會地區相比較為低，所以選定臺中市大肚山為代表，圖 6 及表 2 分別是都會地區檢測的位置及空間基本資料。

#### 3. 鄉村地區：

鄉村地區為平原地區，因地形及地區居民作業特性，對無線電頻率使用率需求會較低，惟夜間及清晨無線電通訊使用較為高，所以選定雲林縣斗南為代表，圖 7 及表 3 分別是都會地區檢測的位置及空間基本資料。

#### 4. 丘陵地區：

丘陵地區為山區地形，與鄉村地區亦同屬特殊地形，且因地區居民作業因素，夜間及清晨無線電通訊使用較為高，所以選定臺中市新社為代表，圖 8 及表 4 分別是都會地區檢測的位

置及空間基本資料。

### 3. 量測結果與分析

#### 1. 都會地區-臺中市北屯

如表 5、圖 9、圖 10 都會地區 30-600 MHz 頻譜使用率所示，使用頻帶較為複雜為 137-210 MHz 及 400-600 MHz，尤以 146-147 MHz 通信頻段佔用率最高，使用率 21.37%。

#### 2. 次都會地區-臺中市大肚山

如表 6、圖 11、圖 12 所示，次都會地區 30-600 MHz 頻譜使用率分析圖所示，使用頻帶較為複雜為 108-174 MHz 及 400-600 MHz，尤以 146-147 MHz 及 432-450 MHz 通信頻段佔用率最高，使用率 13.88%及 16.58%，均為地區業餘無線電通信所使用之頻率。

#### 3. 鄉村地區-雲林縣斗南

如表 7、圖 13、圖 14 所示，鄉村地區 30-600 MHz 頻譜使用率分析圖所示，該地區頻率佔有率較為低，頻率使用率較高之頻帶為 30-249 MHz 及 400-600 MHz，尤以 146-147 MHz 及 174-210 MHz 通信頻段佔用率最高，使用率 13.94%及 14.80%，均為地區業餘無線電通信所使用之頻率。

#### 4. 丘陵地區-臺中市新社

如表 8、圖 15、圖 16 所示，丘陵地區 30-600 MHz 頻譜使用率分析圖所示，該地區與鄉村地區同樣為頻率佔有率較低，頻率使用率較高之頻帶為 137-174 MHz 及 400-600 MHz，尤以 140-144 MHz 及 146-174 MHz 通信頻段佔用率最高，使用率 17.19%及 18.14%，均為地區業餘無線電通信所使用之頻率。

經量測結果顯示各地區使用頻段較為複雜之頻帶為 144-146 MHz，此頻段屬業餘無線電通訊頻率，使用者因任意擴頻或擅自調變頻率，導致 146-175 MHz 專用電信用戶頻段遭受干擾或佔用等情況發生；目前我國無線電頻譜資源都採固定式分配給不同用戶類別使用，此種固定式頻率的分配方式，使得頻譜使用效率低於 35%以下 [3]。

### 4. 頻譜運用之彈性化

#### 1. 現有中部地區低頻段無線電通信頻譜運用探討

從以上分析可得知，各地區無線電通訊頻譜佔用率較高之頻帶，分別為 146-147 MHz 及 400-600 MHz 頻段，依 NCC 國家通信傳播委員會公布之頻譜劃分，均為業餘無線電頻段所使用範圍，以都會地區(臺中市北屯區)為例，量測作業期間，頻譜活動較為複雜之頻帶為 146-147 MHz，使用率達 21.37%，勤務用波道，僅佔無線電頻率 8.54%，其餘均為地區業餘無線電通信及計程車通信頻道佔用率達 12.83%，而其中含任意使用(變換)頻率所產生之諧波及其他干擾訊號，因而導致頻譜複雜化。

另外依圖 10、圖 12、圖 14 及圖 15 頻譜分析表顯示，頻譜平均運用狀況較低之無線電通信頻段為 30-88 MHz，該頻段為專用電信業務所使用，量測期間，該頻段 CT 加大功率無線電話、轄區漁船通訊訊號、無線遙控訊號及中國大陸沿海地區廣播電臺諧波訊號外，餘無其他訊號產生，顯示在目前我國頻譜規劃及分配狀況與使用現況比對後，仍有部分頻段是可以收回再利用的。

#### 2. 實現彈性化頻譜共享

為解決極低的頻譜使用率進而更有效率的運用頻譜資源，一種具備「頻譜感知能力」的感知無線電(Cognitive Radio, CR)技術被提出，希望能在時間和空間上充分利用閒置的頻譜資源，從而有效解決頻譜擁擠或複雜電磁環境下通訊作業的問題。

感知無線電技術發展是一種高效率且能適應性配置頻譜資源的方法，期能解決頻譜使用率過低問題，並進而做到不同系統的整合運用感知無線電技術之目的，一為解決頻譜壅塞或使用率偏低的問題；另一為提供多模式多波形(Multi-mode Multi-waveform)通信整合方案，避免相互干擾[4]。

感知無線電的頻譜運用可從圖 17 示意來瞭解，一多載波頻譜通訊系統

如果使用感知無線電技術，則其每個次載波可按不同時間安插使用到空閒頻譜中，有效做到「見縫插針、擴展頻譜」的功用，當然也就達到提高頻譜使用率的目的。

感知無線電可監測頻譜使用狀況，在感知到未利用的頻段時，若擁有優先使用權的一次使用者存在，會在不造成一次使用者干擾的範圍內判斷二次使用者共用該頻段的可行性，而採取資訊傳送的行動，此外，依上述分析所瞭解到中部地區低頻段無線電電磁頻譜壅塞結果，感知無線電技術可滿足頻譜使用需求，計有三項優點：

### (1) 抗干擾及評估能力

感知無線電技術的抗干擾技術主要為干擾估測和功率控制等，管理者透過通訊協定及網路參數等實施無線電頻率授權通聯使用，而系統於雙方構聯時，主動偵測並評估量測異常訊號，針對頻譜已授權使用之用戶產生干擾的前提下，利用授權系統的空閒頻譜提供可靠的通信服務。一旦該頻率被已授權用戶使用，感知無線電將有2種重新配置能力應對方式，一是切換到其他空閒頻譜通信(備用頻率)，自動切換到一個不同的天線和調整訊號檢測參數來減少干擾的影響；二是更改發射參數，如調整功率、調變等，以主動避開其它已授權用戶之互相干擾。

### (2) 提升無線電通信能力

對於都會地區及次都會地區(如圖10、圖12頻譜使用率分析所示)無線電通信頻段，均呈現頻譜複雜狀況，為整合無線電資源達到有效率的傳輸模式，感知無線電能夠從其使用的無線電環境中偵搜或感知相關訊息，從而辨識出特定時間和空間的未使用頻譜資源，並選擇最適當的頻譜和傳輸參數。通常感知能力包括3個主要的步驟：頻譜感知(Spectrum Sensing)、頻譜分析

(Spectrum Analysis)和頻譜判決(Spectrum Decision)。頻譜感知的主要功能是監測可用頻譜，檢測頻譜空洞；頻譜分析估計頻譜感知獲取的頻譜空洞之特徵；頻譜判決係根據頻譜空洞的特性和用戶需求選擇合適的頻段來進行通信傳輸最佳化需求。

### (3) 頻譜管理能力

無線電頻譜使用若未能妥善管控，將造成已授權用戶產生干擾或通信波道佔用情事，感知無線電技術被認為是解決此問題的最有效方法。感知無線電的幾個主要功能使其能智慧地運作，其中一項重要的功能是頻譜管理，頻譜管理的功能可以決定如何從可接取的所有頻率中選取適當的頻率來進行傳輸，以符合使用者的需求。分析管理可用的頻譜空洞(Spectrum hole)時，感知無線電技術會賦予頻譜幾項特徵，如頻寬、操作中心頻率、主要使用者在時域上使用的狀況變化等。再依照這些特徵去修改、設定如干擾的程度、通道產生的錯誤率、通道會造成的損失量、延遲等參數。有了這些參數再配合使用者的需要，感知無線電技術可以智慧的判斷出該接取什麼樣的頻譜可以達到最好的效益。

## 5. 結論

現今的科技進展使得可以在頻段、功率、空間等變數之外，將時間納入頻譜政策的考量之中，低頻段無線電頻率之應用性應具前瞻性，並靈活參考國際上的新規範或大眾需求，對於新技術發展或新系統測試所需頻率，亦應事先規劃、預留頻率，整合、回收已不符使用之頻段，以此增加的彈性將可使頻譜所有權的核配與使用權的調度更具動態性，如此將可使未使用或已使用的頻譜供更多使用者分享，以促進頻譜資源更有效運用，期許能提供純淨的頻譜空間。

## 參考文獻

- [1] Federal Communications Commission ,  
FCC 美國聯邦信委員會為負責規定  
所的非聯邦政府機構的無線電使用及  
規範。
- [2] 林高洲，無線通信系統發展新趨勢-智  
慧型合作是通信網路，中華民國電子零  
件認證委員會，IECQ 報導第 53 期，頁  
1，2009 年 9 月份。
- [3] 李政遠，台北都會區 GSM/3G 行動通信  
頻譜使用率量測與分析，國立台灣大學  
電機資訊學院電機工程學系，2009 年 6  
月。
- [4] 林高洲，感知無線電之運用與發展，  
中華民國電子零件認證委員會，IECQ  
報導：[www.cteccb.org.tw/pdf/IECQ-52-5.pdf](http://www.cteccb.org.tw/pdf/IECQ-52-5.pdf)

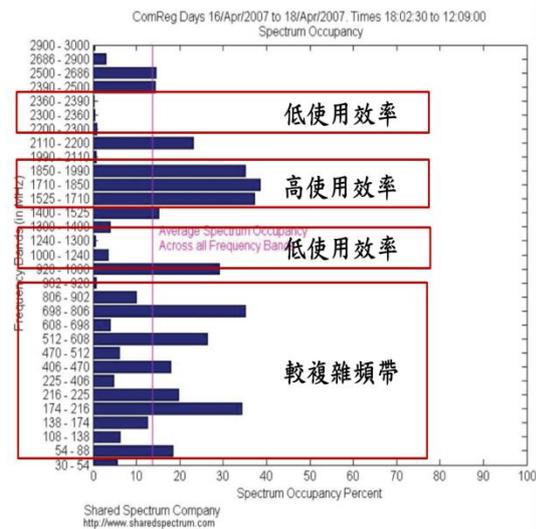


圖 1 頻譜使用率實例圖

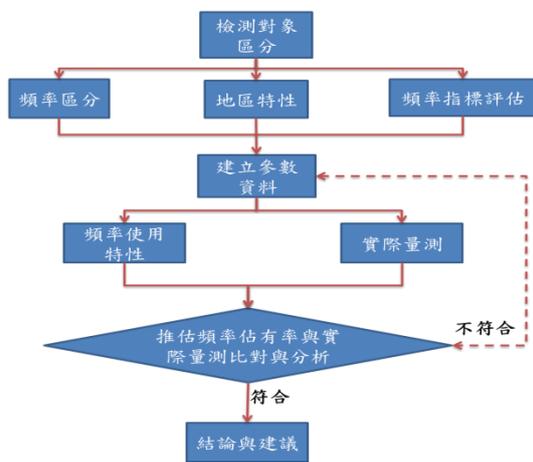


圖 2 研究流程



圖 4 Anritsu MS2723B 頻譜分析儀



圖 5 都會地區-臺中市北屯檢測位置

表 1 都會地區量測空間基本資料調查表

| 分析項次       | 分析數據                 |
|------------|----------------------|
| 量測地區       | 臺中市北屯                |
| 人口數(臺中市)   | 2,695,353 人          |
| 地區總面積      | 62,7034 平方公里         |
| GSM 基地台    | 546 座                |
| 廣播電台       | 9 座                  |
| 無線電視發射台中繼台 | 4 座                  |
| 備註         | ▲架設量測地點<br>北屯區台電工程廠庫 |



圖 3 IC-PCR2500 全頻段接收機電腦介面



圖 6 次都會地區-臺中市大肚山檢測位置

表 2 次都會地區量測區域基本資料調查表

|            |                     |
|------------|---------------------|
| 分析項次       | 分析數據                |
| 量測地區       | 臺中市大肚山              |
| 人口數        | 85,829 人            |
| 地區總面積      | 64,1709 平方公里        |
| GSM 基地台    | 400 座               |
| 廣播電台       | 5 座                 |
| 無線電視發射台中繼台 | 5 座                 |
| 備註         | ▲ 架設量測地點<br>中華佈施關懷會 |

表 3 鄉村地區量測區域基本資料調查表

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 分析項次       | 分析數據                 |
| 量測地區       | 雲林縣斗南                |
| 人口數        | 46,424 人             |
| 地區總面積      | 48,1505 平方公里         |
| GSM 基地台    | 69 座                 |
| 廣播電台       | 4 座                  |
| 無線電視發射台中繼台 | 3 座                  |
| 備註         | ▲ 架設量測地點<br>雲林斗南私宅處所 |



圖 8 丘陵地區-臺中市新社檢測位置

表 4 丘陵地區量測區域基本資料調查表

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 分析項次       | 分析數據                 |
| 量測地區       | 臺中新社地區               |
| 人口數        | 25,347 人             |
| 地區總面積      | 68,8874 平方公里         |
| GSM 基地台    | 46 座                 |
| 廣播電台       | 3 座                  |
| 無線電視發射台中繼台 | 4 座                  |
| 備註         | ▲ 架設量測地點<br>新社受奉宮香客棧 |



圖 7 鄉村地區-雲林縣斗南檢測位置

表 5 都會地區量測統計表

|      |            |             |             |
|------|------------|-------------|-------------|
| 頻段範圍 | 30-200 MHz | 200-400 MHz | 400-600 MHz |
| 量測筆數 | 9,022      | 793         | 7,102       |
| 使用率% | 53.33%     | 1.09%       | 41.98%      |

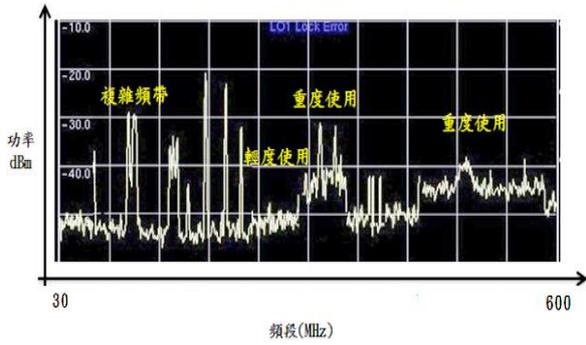


圖 9 都會地區頻譜顯示圖

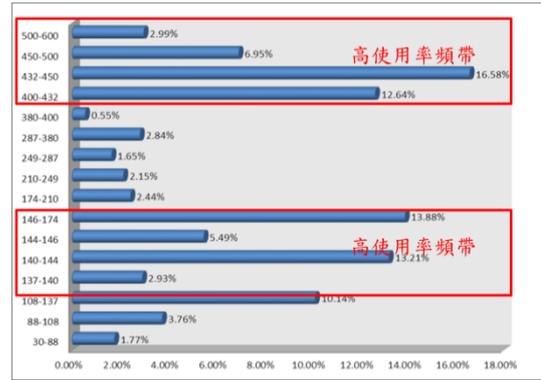


圖 12 次都會地區頻譜使用率

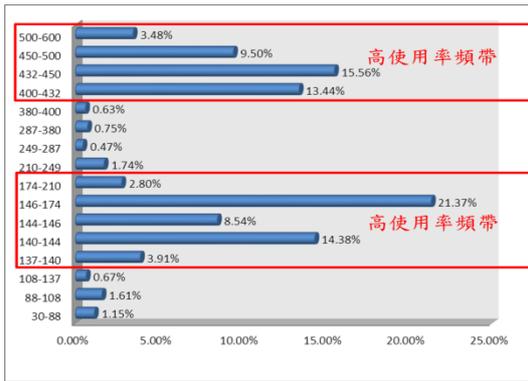


圖 10 都會地區頻譜使用率

表 7 鄉村地區量測統計表

| 頻段範圍 | 30-200 MHz | 200-400 MHz | 400-600 MHz |
|------|------------|-------------|-------------|
| 量測筆數 | 1,676 筆    | 300 筆       | 801 筆       |
| 使用率% | 60.35%     | 10.80%      | 28.84%      |

表 6 次都會地區量測統計表

| 頻段範圍 | 30-200 MHz | 200-400 MHz | 400-600 MHz |
|------|------------|-------------|-------------|
| 量測筆數 | 2,686 筆    | 403 筆       | 1,989 筆     |
| 使用率% | 52.89%     | 7.94%       | 39.17%      |

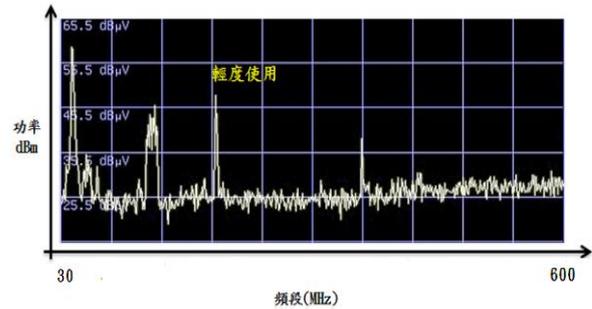


圖 13 鄉村地區頻譜顯示圖

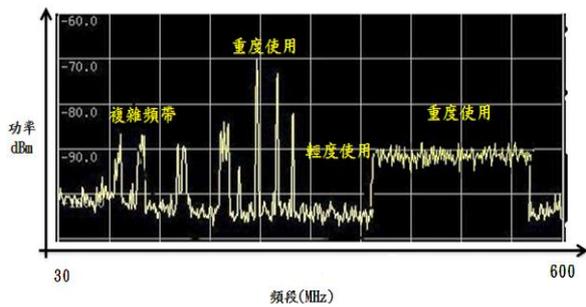


圖 11 次都會地區頻譜顯示圖



圖 14 鄉村地區頻譜使用率

表 8 丘陵地區量測統計表

| 頻段範圍 | 30-200 MHz | 200-400 MHz | 400-600 MHz |
|------|------------|-------------|-------------|
| 量測筆數 | 2,534 筆    | 129 筆       | 1,769 筆     |
| 使用率% | 57.18%     | 2.91%       | 39.91%      |

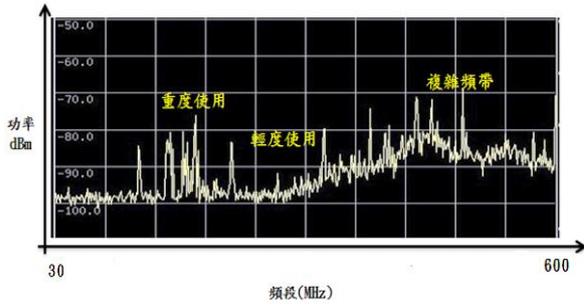


圖 15 丘陵地區頻譜顯示圖



圖 16 丘陵地區頻譜使用率

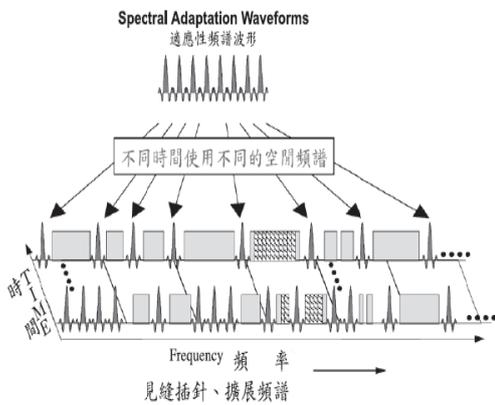


圖17：感知無線電頻譜運用示意圖