

計畫編號：MOTC-DGT-91-008

廣播電臺共站評估與規劃

委託單位：交通部電信總局

研究單位：國立台灣大學電信工程學研究所

計畫主持人：李學智

協同主持人：唐震寰、楊成發

中華民國九十一年十二月

目 錄

摘 要.....	2
第一章 簡 介.....	3
第二章 電波傳播模.....	6
第三章 電台干擾保護規範與同鄰頻干擾分.....	12
第四章 共站初步規畫.....	18
第五章 共站設計考慮重點與設備需求.....	48
第六章 電台節目製作站與發射站間的訊號傳輸方式.....	56
第七章 共站後之諧波交互調變及干擾.....	59
第八章 共站可能面臨的問題及克服方法.....	73
第九章 討論與結論.....	81
參考文獻.....	84

摘 要

本計畫的主要目的是評估國內 FM 廣播電台共站的可行性，及提出廣播電台共站的規畫。本期末報告的主要內容為：

簡述用於 FM 廣播的主要電波傳播模式，比較不同傳播模式的特性及其適用限制，探討天線高度對接收場強的影響；簡述電台干擾保護規範，電台涵蓋範圍之計算以及干擾分析的方法；提出共站的初步規畫，包括規畫步驟、規畫方案、涵蓋範圍分析、頻道指配方法等等；探討共站設計的一些需求，包括鐵塔高度、陣列天線、功率結合器等方面上的需求，並探討增加天線高度及陣列天線元素個數的效益；討論電台節目製作站與發射站間的訊號傳輸方式以及所需成本；討論共站之後可能產生之諧波相互調變，及其對飛航頻道可能產生的干擾，探討共站可能面臨之問題，因應的辦法及推動的方法。

第一章 簡 介

目前國內調頻廣播電台區分為大功率、中功率及小功率電台。電台服務範圍則依行政區域畫分為二十個廣播區。大功率電台以 60km 為半徑範圍，中功率以 20km 為服務半徑範圍，小功率則以 10km 為服務半徑範圍。為達到廣播收聽品質的要求，電台的設置位置，電波涵蓋範圍，同鄰頻電台的間距，頻率指配，都必需滿足同鄰頻干擾保護規範。目前台灣境內廣播電台林立，或設於山脊制高點，或設於大樓頂樓，或設於鐵塔。由於電台鐵塔、天線未經規畫，造成景觀凌亂。由於民意高漲，電台常遭受附近居民抗爭而必須遷移。台灣多山的地形，常造成廣播涵蓋區域的死角，業者為擴大服務範圍往往自行加大功率，造成相互干擾，違反廣電規範。許多電台業者資本不足，工程人員素質不高，業者未在天線設計方面下功夫，造成電波無謂的漫溢與浪費。而全國性的大功率電台設在山脊制高點，以大功率發射，造成鄰近數個頻道不能指配，形成頻譜使用效益不張。另外，非法電台林立，更破壞了整個電波秩序。

過去，廣播的概念是將訊息以極大的功率，傳播到各地，涵蓋範圍愈大，表示功能愈強。這在早期無線電使用稀少的年代尚無可厚非。但在無線頻率使用頻繁的今天，大功率的廣播則形成電波功率電波頻譜的浪費。目前，廣播與通訊的概念是將訊息傳達到該到的地方。不需傳達到的地方，則不要有該電波的存在，以免浪費功率干擾他人。而從頻率重複使用的觀點，電波涵蓋區域過大，亦不利於頻率重複使用。實際上大範圍的廣播是可以經由幾個小範圍的聯播來達成。過去的電台多是大功率的電台，需要 RF 技術的工程人員，來維護及改善工程品質。但是目前台灣的電台多是中、小功率電台，相對的所需的 RF 技術不高，但仍需工程人員做一般性的維護以備緊急之需。這造成了人才的浪費，亦增加了業者的營運負擔。而台灣對於無線廣播電台的需求，更是全球之冠。除了現有 180 餘家合法電台之外，尚有許多家等待申請。為了讓更多有意經營者能合法的加入體制內經營，電

波的使用及頻率的指配必須做更有效率的規畫。

綜合上面所述，鑑於時代潮流的演變，台灣廣播生態的特殊狀況，為了能容納更多的電台能在合法的體制內接受規範，讓中小功率電台能不必浪費 RF 工程人員，而可以專注於節目的製作，避免電台受到附近居民的抗爭，消除廣播電台鐵塔凌亂的景象，減少電台業者的發射成本，有效地利用頻譜資源，以及讓電波管理單純容易，建立集中共用的廣播鐵塔，讓所有頻道的廣播電台都採共站設計，將是台灣在無線廣播界獨步全球的前瞻性做法。

所有頻道的電台如果都是共站設計，除了上述優點外，還有其他諸多的優點，例如：站台位置可以精心細選，天線場型可以精心設計，收訊不良地區可以共同改善，發射工程成本可以共同分擔，因此每家電台都可以獲得最佳的服務範圍與工程品質。而共站的電台亦可成為地方的景觀代表，電台間不再有相互干擾或蓋台現象，電波管理趨於單純，電波秩序也得以維持。

本計畫的工作項目如下：

1. 評估調頻廣播電台共站的可行性
2. 提出調頻廣播電台共站的規畫，包括站台分佈及發射功率的規範
3. 依據台灣地形圖及適當的電波傳播模式，提出共站之後的電波涵蓋分佈
4. 預估電波涵蓋的死角分佈，提出改善涵蓋死角的方案
5. 提出共站的設計需求，包括：
 - 鐵塔高度
 - 天線陣列所需的特性
 - 可容納的電台數
 - 塔內所需設備
 - 與 DAB、DTV 共站的可行性
6. 提出發射站與電台節目製作站間的訊號傳輸方式
7. 評估共站規畫產生之諧波拍差及寄生振盪干擾飛航頻道之可能情形

本期末報告的主要內容如下：

第二章將簡述用於 FM 廣播的主要電波傳播模式，並比較不同傳播模式的特性及其適用限制，討論天線高度對接收場強及電波涵蓋範圍的影響。第三章將簡述電台干擾保護規範，電台涵蓋範圍之計算以及干擾分析的方法。第四章將提出共站的初步規畫，包括規畫步驟、規畫方案、涵蓋範圍分析、頻道指配方法等等。第五章將探討共站設計的一些需求，包括鐵塔高度、陣列天線、功率結合器等方面上的需求，以及討論增加天線高度及陣列天線元素個數所能產生的效益。第六章將討論電台節目製作站與發射站間的訊號傳輸方式以及所需成本。第七章則討論共站之後可能產生之諧波相互調變，及其對飛航頻道可能產生的干擾，並進行相互調變的實驗與量測。第八章將探討廣播共站可能面臨的問題及因應的方法。第九章為結論。

第二章 電波傳播模式

2.1 電波傳播模式簡介

用於 FM 廣播的主要電波傳播模式有下面幾種：

- A. 自由空間傳播模式 (Free space model)
- B. 地面反射模式 (Plane-earth reflection model)
- C. Okumura-Hata model
- D. ITU-R 模式
- E. Deygout 傳播模式

各種模式的簡介如下：

A. 自由空間電波傳播模式

自由空間電波傳播模式假設接收功率與發射天線及接收天線之間距的平方成反比。定義傳播損失為接收功率與發射功率的比值。當發射天線與接收天線的增益皆為 1 時的傳播損失稱為自由空間基本傳播損失。自由空間基本傳播損失的表示式為

$$PL=32.4\text{dB}+20\log f(\text{MHz})+20\log d(\text{km}) \quad (2.1)$$

其中 f 的單位是 MHz， d 的單位是 km。

在視線未被阻擋的近距離（如小於 5km）情況時，可使用該傳播模式。

B. 地平面反射傳播模式〔1〕

如圖 2.1 所示，令發射天線高度為 h_t ，接收天線高度為 h_r ，兩天線間距為 d 。設地球表面為平面，接收天線所接收到的電波除了直接波外，尚有由地面反射的間接波。當天線間距極大於 h_t 、 h_r ，而且 $\lambda d \gg h_t h_r$ 時，傳播損失可寫成

$$PL=40\log d - 20\log h_t - 20\log h_r \quad (2.2)$$

上式表示，由於地平面的反射使得接收功率與距離的四次方成反比，與發射天線高度及接收天線高度的平方成正比。2.2 為 $h_t=75\text{m}$ ， $h_r=10\text{m}$ ， $f=100\text{MHz}$ ，在不同距離下，自由空間電波傳播模式與地平面反射電波傳播模式所預測的傳播損失。當距離小於 1 km 時，直接波與地面反射波會有建設性及破壞性的干涉。距離大於 3 km 後，即與距離呈四次方的衰減。當距離等於 3.12km 時，自由空間電波傳播模型與地平面反射電波傳播有相同的傳播損失。

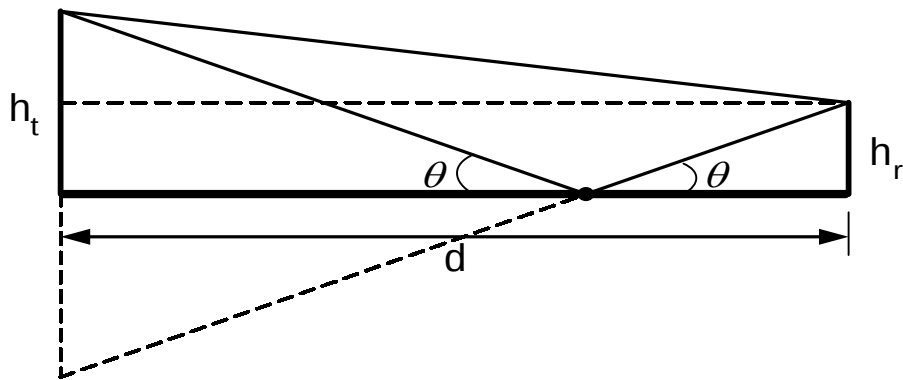


圖 2.1：地平面反射電波傳播示意圖

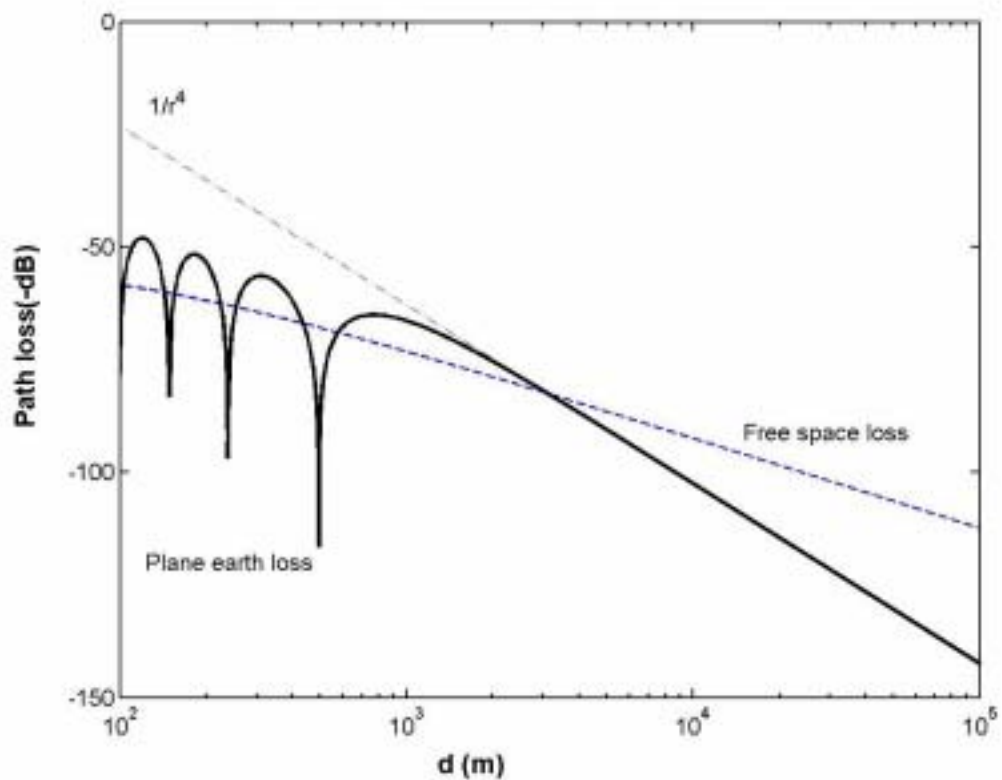


圖 2.2：自由空間傳播損失及地平面反射模型電波傳播損失的比較。

$$f=100\text{MHz}, h_t=75\text{m}, h_r=10\text{m}.$$

C. Okumura Hata Model [2,3]

Okumura Hata Model 主要是依據大量的量測數據，經過統計分析所得到的經驗式。該模式適用於非山區之行動通訊的涵蓋範圍預測，適用的頻率範圍為 150~1500MHz，天線間距為 1~100km，天線高度 30m~1000m。對於台北市區短距離的 FM 廣播，Okumura Hata Model 傳播損失的預測值與量測值的誤差尚稱接近，但對於長遠距離及山區的 FM 廣播誤差值就很大而不適用。有關台灣地區調頻廣播頻段，Okumura Hata Model 的預測值與量測值的比較，可以參見 [4]。

D. ITU-R 370 模型 [5]

ITU-R 370 模型是國際電信聯合會所建議，用於 VHF 和 UHF 廣播及電視的電波傳播模型。它的頻率適用範圍從 30MHz~1000MHz，距離可以遠至 1000km。它提供了當 ERP=1000W 時，在不同頻帶，不同有效天線高度，不同距離時之接收場強的統計預測曲線圖，它定義了代表地形起伏的參數 h ，亦提供了不同地形起伏時，場強預測的修正因素。從其所提供的場強預測曲線圖，約略可發現，當天線間距小於地平線距離時，天線高度每增加一倍，場強增加 6dB，而距離每增加一倍，場強減少 12dB，這個結果與地平面反射模型相似。但 ITU-R 模型考慮了地形起伏因素，它可根據數位地形圖來做場強預測。而地平面反射模型則只考慮直接波和地面反射波，它沒有考慮地形起伏的因素。

E. Deygout Diffraction Model [6]

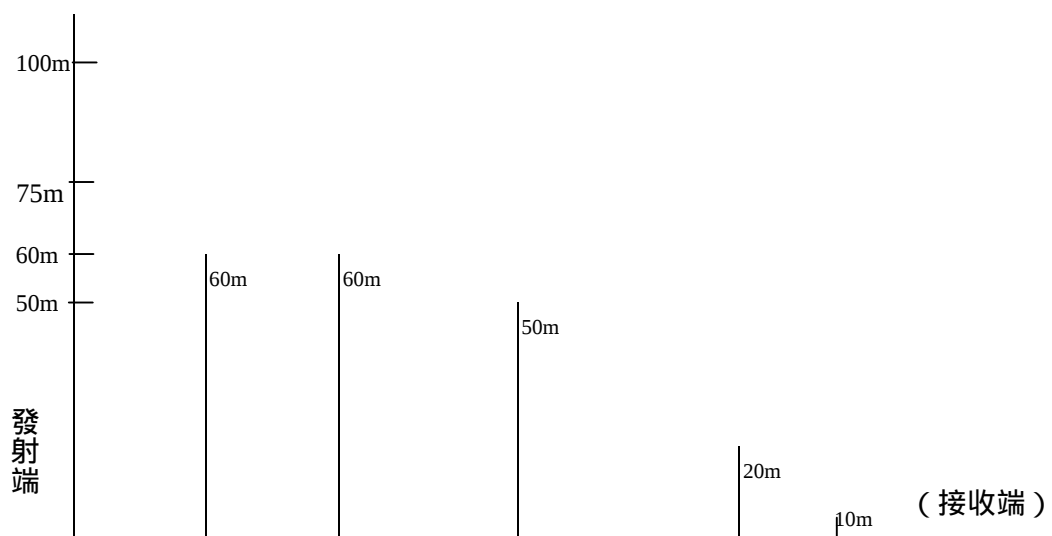
Deygout 繞射模型是 Knife-edge 繞射模型的延伸。Knife-edge 繞射模型把一座山脈簡化為刃狀物，再算出電波經過此刃狀物的繞射損失。Deygout 模型則是把多個山脈的繞射損失視成三個主要山脈之繞射損失的總和，有關 Deygout 繞射模型的說明及其預測值與量測值的比較，可以參見 [4]。

2.2 不同傳播模式的比較

不同的傳播模式有不同的適用環境。例如：當直接波沒有被阻擋，且天線間距不是很遠（例如兩公里以內），地面反射及其他多路徑波相對不是重要時，可使用自由空間傳播模式。在一片廣大平原，且天線間距很長時（例如大於 15 公里），則可使用地平面反射傳播模式。在遠距離且是平原時，ITU-R 模式與地平面反射傳播模式接近，都是與距離四次方成反比，與天線高度的平方成正比。但是 Deygout 繞射模式在平原地區則不準確，因為 Deygout 模式並沒有考慮地面反射。當與地表相切時，Deygout 模式的預測值比自由空間傳播損失多了 6dB，但比地平面反射傳播模式或 ITU-R 模式的預測值則低了許多。至於在山區，Deygout 預測模型則較適合。本計畫將交叉使用不同的傳播模型，例如在北部山區，東部山區及南部山區，將使用 Deygout 模型來計算。西部、中南部沒有阻擋的平原區域將使用 ITU-R 模型或地平面反射傳播模型。近距離的視線場強預測則使用自由空間傳播模型。

2.3 天線高度對接收場強的影響

由地平面反射模式，可以發現接收功率與發射天線高度的平方成正比。在平原地區，天線高度變成二倍，相等於發射功率變成四倍，因此可以經由增加天線高度來增加涵蓋地區。而在市區，增加天線高度，對於場強的增加更有助益。我們可以用 Deygout model 來模擬下面的情況。



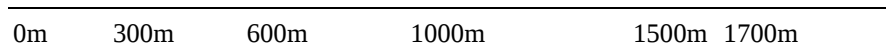


圖 2.3 發射天線、接收天線及建築物的間距及高度示意圖

假設發射天線與接收端的連線間，建築物的距離及樓層的高度如圖 2.3 所示。當天線的高度分別為 50m，75m，100m，125m 及 150m 時，使用 Deygout model 所計算的傳播損失，如表 2.1 所示：

表 2.1 不同發射天線高度的額外傳播損失

高 度	50m	75m	100m	125m	150m
額外傳播損失 (dB)	41	25	17	14	5

由表可以看出，提升天線高度，可以大幅減少傳播損失。由電波繞射理論可以知道，電波每經一次繞射，額外損失（excess loss）就會增加 10~20dB。若需經過二次繞射，場強就會衰減甚大。如果發射天線的高度可以使得電波到達接收端最多只有一次的繞射，則可以獲得較小的傳播損失。因此，在市區發射天線的高度，若能超過鄰近建物高度 20 公尺以上，將可以有效的減少傳播損失。反之，若天線高度低於周圍建物的高度，電波涵蓋範圍將會大幅的減少。

2.4 功率、電壓及場強間單位的換算

功率的單位為 Watt，電壓的單位為 Volt，場強的單位為 Volt/m，FCC 對於信號品質及干擾的規範是場強，但接收機及場強儀所量到的信號大小則是功率或電壓。功率、電壓及場強之間的單位可以相互轉換，其間的關係主要與天線的增益，波長及接收機的電阻有關。

在一個位置的場強若為 E ，其功率密度為 $\frac{E^2}{\eta}$ ，其中 η 為自由空間的特性阻抗，其值為 377Ω 。假設接收天線的等效接收面積為 A_e ，天線所收到的功率為功率密度乘上接收面積，亦即

$$P_r = \frac{E^2}{\eta} \cdot A_e \quad (2.3)$$

假設接收天線的輸入阻抗與接收機的輸入阻抗兩者相匹配，其值皆為 R ，則接收機

所量到的功率、電壓與電場間的關係為

$$P_r = \frac{V^2}{R} = \frac{E^2 A_e}{\eta} \quad (2.4)$$

其中 A_e 為接收天線的等效接收面積。天線的等效接收面積與天線增益 G_r 的關係為

$A_e = \frac{\lambda^2 G_r}{4\pi}$ ，其中 λ 為波長。由式 (2.3) 與 (2.4)，可得到場強與量測電壓值間的關係為

$$E = \sqrt{\frac{\eta \cdot 4\pi}{R \lambda^2 G_r}} \cdot V = A_f \cdot V \quad (2.5)$$

其中 $A_f = \sqrt{\frac{\eta \cdot 4\pi}{R \lambda^2 G_r}}$ 又稱為天線因素 (Antenna factor)。當接收機的阻抗為 50Ω ，接

收機天線增益 1 為 (0dB)，波長為 3m (頻率=100MHz) 時，量測功率與量測電壓值之間的關係可簡化成

$$\text{dBm} = \text{dB}\mu\text{V} - 107\text{dB} \quad (2.6)$$

場強值與量測電壓值的關係可簡化成

$$\text{dB } \mu\text{V/m} = \text{dB } \mu\text{V} + 10.2\text{dB} \quad (2.7)$$

第三章 電台干擾保護規範與同鄰頻干擾分析

3.1 干擾保護規範

美國 FCC 對於 FM 廣播的傳輸干擾保護比要求如下表：

	新電台	既設電台
同頻(0KHz)	40 dBuV/m	60 dBuV/m
第一鄰頻(200KHz)	54 dBuV/m	60 dBuV/m
第二鄰頻(400KHz)	80 dBuV/m	60 dBuV/m
第三鄰頻(600KHz)	100 dBuV/m	60 dBuV/m
中頻(10.6~10.8KHz)	120 dBuV/m	60 dBuV/m

上表表示，在場強 $60\text{dB}\mu\text{V/m}$ 服務範圍邊緣處，新設的同頻電台電場強度要比已設電台的電場強度少 20dB，新設的第一鄰頻電台電場強度要比已設電台場強小 6dB，第二鄰頻電台場強不可高於已設電台場強 20dB，第三鄰頻電台不可高於已設電台場強 40dB。

我們將上表的干擾保護比規範推廣到在已設電台的服務範圍內，新設的同鄰頻電台亦要滿足相同的場強規範。亦即，我們認定：當第二、第三鄰頻的場強分別高於現有電台的場強 20dB，40dB 時，將對現有電台造成干擾。

假設在已設電台的服務範圍內，離已設電台 D 公里處欲架設另一新的第二(第三)鄰頻電台，在新電台附近的區域，因距離新電台較近，新電台的電場強度可能高於已設電台的場強 20dB(40dB)以上。因此已設電台在這區域內的傳輸品質將受到影響。同樣的，在已設電台附近的部分區域內，已設電台的場強亦會高於新設第二(第三)鄰頻電台的場強 20dB(40dB)以上，新設電台在這區域亦無法提供良好的傳輸品質。下面將計算未能滿足傳輸規範的範圍。

3.2 同鄰頻干擾分析

假設電波傳播的模式為 $P_r \propto R^{-n}$ ，其中 P_r 為接收功率， R 為距離， n 為指數。

設已設電台位置為 A，新設鄰頻電台為 B，兩電台間距為 D ，如圖 3.1 所示。假設兩電台發射相同的功率。在 AB 連線上，距 B 點為 a_1 的位置，及連線延長線上距 B 點為 a_2 的位置，所收到的已設電台功率和鄰頻電台功率比值分別為

$$\frac{P_{A,a_1}}{P_{B,a_1}} = \frac{a_1^n}{(D - a_1)^n}$$

$$\frac{P_{A,a_2}}{P_{B,a_2}} = \frac{a_2^n}{(D + a_2)^n}$$

$$\text{當 } 10 \log \frac{P_{A,a_1}}{P_{B,a_1}} = n \cdot 10 \log \left(\frac{a_1}{D - a_1} \right) = -20(-40)$$

$$10 \log \frac{P_{A,a_2}}{P_{B,a_2}} = n \cdot 10 \log \left(\frac{a_2}{D + a_2} \right) = -20(-40)$$

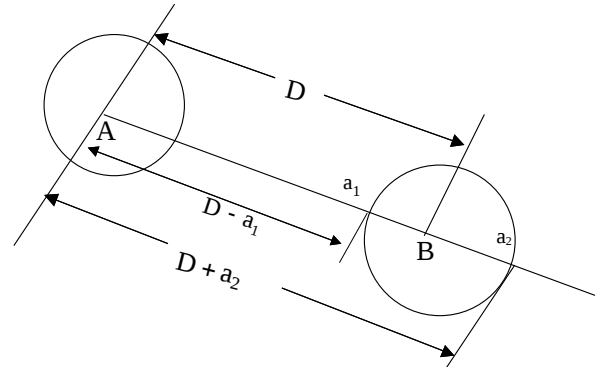


圖 3.1 鄰頻干擾分析之電台幾何位置示意圖

所對應的 a_1 ， a_2 ，即為不滿足傳輸規範的界限。

對於第二鄰頻電台， a_1 及 a_2 的解法如下：

$$\frac{a_1}{D - a_1} = 10^{-\frac{2}{n}}$$

$$\frac{a_2}{D + a_2} = 10^{-\frac{2}{n}}$$

$$\text{當 } n=2 \quad \frac{a_1}{D - a_1} = 0.1 \quad \therefore a_1 = \frac{D}{11}$$

$$\frac{a_2}{D + a_2} = 0.1 \quad a_2 = \frac{D}{9}$$

$$\text{當 } n=3 \quad \frac{a_1}{D - a_1} = 0.21 \quad a_1 = 0.173D$$

$$\frac{a_2}{D + a_2} = 0.21 \quad a_2 = 0.265D$$

$$\begin{aligned} \text{當 } n=4 \quad \frac{a_1}{D-a_1} &= 0.316 & a_1 &= 0.24D \\ \frac{a_2}{D+a_2} &= 0.316 & a_2 &= 0.46D \end{aligned}$$

當 $D=1\text{km}$, 2km , 5km 及 10km 時 , 不同的 n 所對應的 a_1, a_2 解如表 3.1 :

表 3.1 對於第二鄰頻 , 不同電台距離時 , 不同 n 值所對的 a_1 及 a_2 值

		D(km)			
		1	2	5	10
n=2	a_1	0.09	0.18	0.45	0.9
	a_2	0.11	0.22	0.55	1.1
n=3	a_1	0.173	0.346	0.865	1.73
	a_2	0.265	0.53	1.325	2.65
n=4	a_1	0.24	0.48	1.2	2.4
	a_2	0.46	0.92	2.3	4.6

對於第 3 鄰頻電台 , a_1 及 a_2 的解法如下 :

$$\frac{a_1}{D-a_1} = 10^{-\frac{4}{n}}$$

$$\frac{a_2}{D+a_2} = 10^{-\frac{4}{n}}$$

$$\begin{aligned} \text{當 } n=2 \quad \frac{a_1}{D-a_1} &= 0.01 & \therefore a_1 &= \frac{1}{101} \cong 0.01D \\ \frac{a_2}{D+a_2} &= 0.01 & a_2 &= \frac{1}{99} \cong 0.01D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{當 } n=3 \quad \frac{a_1}{D-a_1} &= 0.046 & a_1 &= 0.044D \\ \frac{a_2}{D+a_2} &= 0.046 & a_2 &= 0.048D \end{aligned}$$

$$\text{當 } n=4 \quad \frac{a_1}{D - a_1} = 0.1 \quad a_1 = 0.091D$$

$$\frac{a_2}{D + a_2} = 0.1 \quad a_2 = 0.111D$$

當 $D=1\text{km}$, 2km , 5km 及 10km 時 , 不同的 n 所對應的 a_1, a_2 解如表 3.2 所示 :

表 3.2 對於第三鄰頻 , 不同電台距離時 , 不同 n 值所對應的 a_1 及 a_2 值

		D(km)			
		1	2	5	10
n=2	a_1	0.01	0.02	0.05	0.1
	a_2	0.01	0.02	0.05	0.1
n=3	a_1	0.044	0.088	0.22	0.44
	a_2	0.048	0.096	0.24	0.48
n=4	a_1	0.091	0.182	0.455	0.91
	a_2	0.111	0.222	0.555	1.1

由上表可知 , 當已設電台及新設電台距離越遠 , 不能滿足傳輸規範的範圍愈大。

當兩台共站時 (亦即 $D=0$) , 則任何位置都可以滿足傳輸規範。因此 , 若所有電台都共站 , 頻道間隔只要相差 400KHz 即可。

3.3 同鄰頻干擾的測試

為了要更清楚的了解干擾對於電台收聽的影響 , 我們在實驗室中主觀測試干擾所造成的品質下降 , 藉由一個可以接收並解調調頻電台的接收機 , 和一台產生干擾源的信號產生器 , 來評估目前干擾保護比的規範是否和實際收聽的狀況相符合。整個實驗的配置圖如圖 3.2 所示 :

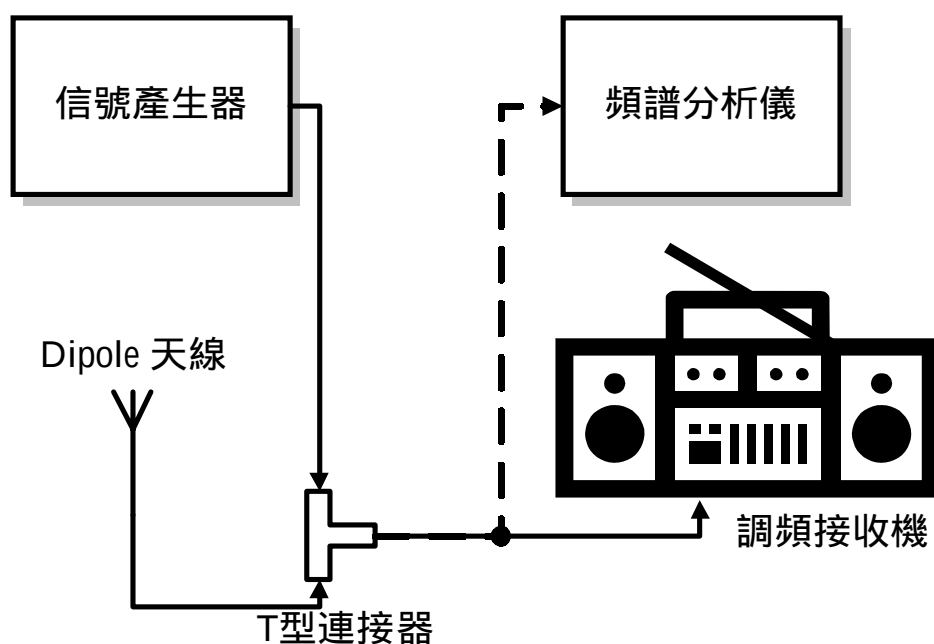


圖 3-2 主觀聆聽干擾對於調頻電台的影响實驗配置圖

我們採用簡單的實驗方式，只以載波作為干擾的來源，先由一個 T 型連接器將由天線進入的電台信號和信號產生器的干擾結合，然後使用頻譜分析儀分別量測欲解調信號和干擾的大小，最後再由接收機做收聽及記錄的工作。我們先將干擾之功率調高直到節目聲音不可辨識，然後每次調降 5 dB 來收聽聲音的清晰程度，以同頻、第一鄰頻、第二鄰頻的干擾分別來量測，並將結果以收聽者的感覺整理於表 3.3、表 3.4、表 3.5。

表 3.3、同頻干擾

訊號干擾比	音質
7dB	可聽見模糊的聲音，背景雜音相當大。
12dB	有背景雜音，偶有干擾使談話或音樂間斷。
17dB	可以聽到完整的節目，但聲音略嫌混濁。
22dB	可接受，必須相當仔細聆聽才感覺的到干擾的存在。
27dB 以上	相當清晰。

表 3.3、第一鄰頻干擾（相差 200 kHz）

訊號干擾比	音質
-25dB	開始可以聽到聲音，但是分辨不清談話內容。
-20dB	滋滋聲嚴重，可聽到摻雜有其他頻道的聲音。
-15dB	滋滋聲仍存在，漸漸聽不到其他頻道的聲音。
-10dB	聲音已在可以接受的範圍，仍有細微雜音。
-5dB 以上	聲音相當清晰。

表 3.5、第二鄰頻干擾（相差 400 kHz）

訊號干擾比	音質
-52dB	開始能聽到聲音，惟聲音比正常音量來的小很多。
-47dB	雜音過大，幾乎不能分辨節目內容。
-42dB	背景雜音仍大，且可聽到其他頻道摻雜的內容。
-37dB	其他頻道的聲音減小，有滋滋聲。
-32dB	聲音可接受，仔細聆聽仍有滋滋聲。
-27dB 以上	非常清晰。

在第三鄰頻以上（超過 600 kHz）的干擾對信號品質已不造成影響，因此並沒有列入上面的紀錄中。由表 3.3 的同頻干擾得知，雖然每個人的主觀聆聽經驗會造成些許差異，但是大約信號比同頻干擾高於 20 dB 以上即是可接受的聲音品質。

以上的結果僅是使用某一品牌接收機接收少數的電台節目，以單頻載波當作干擾源，及單一個人的主觀判斷所做的紀錄，其結果尚不具代表性。要獲得更有意義的結論，尚須使用更多不同的接收機，收聽不同性質的節目，以及有更多人做主觀及客觀測試。因此上表僅能供作參考。

第四章 共站初步規畫

4.1 共站台規畫考慮的因素

現有調頻廣播電台分為大功率、中功率及小功率電台。大功率電台 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的服務半徑定為 60km ，中功率 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的服務半徑為 20km ，小功率 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的服務半徑為 10km 。另外，現有電台的服務區域是依縣市行政區來畫分，因此若有電台設於縣市邊界時，為使電波不溢入外縣市，所發射的功率卻遠小於可核配的功率。

目前，由於經濟不景氣，而且大、中、小功率電台眾多，再加上未合法申請使用的電台的不公平競爭，造成許多電台面臨營運上的困難。若要推動電台共站必須考慮所規畫的電台服務範圍對於現有的電台是否具有吸引力，以及是否具有經濟規模。欲對現有電台具有吸引力，電台電波涵蓋範圍必不可小於現有中功率電台的涵蓋範圍。在經濟規模方面，目前廣告市場的趨勢是：涵蓋範圍愈大，愈具有廣告商機。涵蓋範圍太小則不易招引到廣告。另外，電波的傳播特性，很難嚴格地限制電波不溢出縣市範圍，因此規畫方向亦可打破縣市界限，依地理環境來做適當的規畫。本計畫將提出數種規畫案。第一種規畫，儘量以縣市行政區為電波涵蓋區，服務半徑約為 20 公里，但由於縣市面積大小及邊界形狀不一，電台間距長短亦有不同。為避免同頻電台間距不足而影響干擾保護比，可以適當地選

擇電台位置，以及調整天線場型及功率分配，使其能同時滿足涵蓋區域及干擾保護比。第二種規畫方式則是增大涵蓋範圍，以半徑為 25km 的設計目標，涵蓋範圍將會跨越縣市。其優點是對現有中功率電台會更具吸引力，且較具有經濟規模，較有廣告商機。缺點則是可核配的電台數較少。

共站的地點必須考慮下列的因素：

1. 為避免對飛航造成干擾，應該離開機場及航道 5km 以上。
2. 為避免對電波監測站造成干擾，應遠離監測站 5km 以上。
3. 為避免居民疑慮，以及避免共站之後，不同頻道電台所造成接收機的飽和現象，引起交互調變，而影響其他頻道，如電視頻道的接收，因此共站鐵塔周圍 500 公尺內不要有住家。
4. 共站鐵塔若是要兼具地標及觀光景點，宜選在離市區不遠的地方。若是要擴大電波涵蓋範圍，則宜利用制高點位置。

4.2 共站規畫方案

共站的規畫步驟如下：

1. 先設定共站的規畫方向，例如 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的涵蓋範圍，是以行政區域規畫或是跨縣市規畫等等。
2. 選定共站鐵塔的位置，位置的選擇應考慮前述的因素，若要擴大電波涵蓋範圍，提高鐵塔有效高度，位置宜選在制高點上。
3. 決定電波涵蓋區後，反推鐵塔高度，發射功率及天線輻射場型。
4. 共站位置、鐵塔高度、輻射場型、以及 EIRP 決定之後，配合台灣數位地形圖，依據適當的電波傳播模式，計算各個位置的接收場強值或電波傳播損失，畫出傳播損失分佈圖或電波涵蓋圖。
5. 進行干擾分析，查核是否滿足干擾保護規範。

我們提出兩個規畫方案，第一個規畫方案 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的半徑約為 20km，以縣市行政區為規畫標的，但亦容許 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的範圍跨縣市界。第二個方案則是擴

大涵蓋範圍，以 $54\text{dB}\mu\text{V/m}$ 的半徑為 25km 來做規畫，站台的位置主要是依地理環境以及制高點來做選定。第一個方案，共站鐵塔皆設在平地上。初步規畫之站台的設置地點，以及在模擬時所使用的站台地理座標如表 4.1 所示。因為本報告的主要目的是對共站進行可行性評估，因此所選擇的地點未必是未來設站的地點。將來若真的要設站，還有許多實際的問題需要去考慮及克服。

表 4.1：方案一台灣西部之共站位置的經緯度及地理座標

	經度	緯度	UTM_X	UTM_Y	天線高度(m)	地面高度
基隆市	121° 47'3.3"	25° 8'25.1"	329073	2781557	100	60
台北青年公園	121° 30'16.8"	25° 1'23.9"	300932	2768463	100	10
桃園內壢	121° 15'21.2"	24° 58'18.0"	275835	2762623	100	125
新竹市	120° 58'20.0"	24° 48'3.2"	247191	2743733	100	30
苗栗市	120° 49'18.8"	24° 34'12.1"	231959	2718175	100	40
台中豐原	120° 43'23.5"	24° 15'15.3"	221892	2683218	100	220
彰化溪湖	120° 32'3.2"	24° 5'35.0"	202644	2665416	100	15
南投	120° 40'22.6"	23° 55'25.7"	216705	2646632	100	90
雲林虎尾	120° 25'37.7"	23° 43'1.3"	191588	2623811	100	30
嘉義太保	120° 20'27.3"	23° 28'29.0"	182673	2597015	100	15
台南善化	120° 17'32.5"	23° 8'33.9"	177533	2560275	100	15
台南市	120° 18'18.1"	22° 38'23.1"	178282	2504569	100	22
高雄市	120° 18'18.1"	22° 38'23.1"	178282	2504569	100	5
屏東潮州	120° 32'7.8"	22° 32'50.5"	202225	2494245	100	15
恆春	120° 48'41.1"	21° 58'49.9"	230525	2431421	100	180

假設共站天線的高度為 100m, EIRP=2000W 時, 以各共站位置為中心, $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 所涵蓋的範圍 (傳播損失為 126dB) 如圖 4.1 (a) 至圖 4.1(o) 所示。圖中紅色部份為海面部份, 以及台灣數位地形缺乏高度資料的部份。白色部份為場強大於 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的區域, 黑色部份為場強小於 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的部份, 每張圖的半徑為 50km。

第二個方案, 初擬的共站台位置及模擬所使用的站台地理座標如表 4.2 示。該方案的特點是跨縣市, 站台涵蓋範圍較第一方案為大, 並利用地形的制高點, 例如基北區是使用五指山公共電視台附近的高地, 使之可以涵蓋基隆及台北一部份地區, 桃竹區使用楊梅高地, 苗中地區使用火焰山, 中彰投雲區使用鳳鳴高地等。該方案的著眼點是: 若是規畫的頻道數足以容納現有的電台數及未來的市場需求, 在滿足同頻及鄰頻保護規範之下, 儘量增加電台服務涵蓋範圍, 使之更具市場規模。各共站台 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的涵蓋如圖 4.2 (a) 至 4.2 (j) 所示。模擬所使用的天線高度示於表二, EIRP 為 3kW。

東部地區多山且多縱谷, 地形與西部平原非常不同。東部人口密集區多集中在宜蘭平原、花蓮平原、台東平原, 以及花東公路區。中廣在東部地區亦建有廣播網。以中廣在東部的四個廣播站, 宜蘭壯圍鄉、花蓮市、花蓮玉里及台東市, 其地理座標示於表 4.3, 當 EIRP 為 3kW 時, $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的涵蓋範圍如圖 4.3 (a) 至 4.3 (d) 所示。花東公路縱谷的地形非常特殊。縱谷地形的電波傳播有如導波管的傳播, 似乎不宜用第二章所述的各種模式來處理。這種地形的電波傳播很值得去做實測及研究, 以發展出合適的電波傳播模式。

共站之後, 許多山區人口密集的地方, 會因高山阻擋而收不到任何電台的信號, 解決收訊不良的問題, 可以在各人口密集區, 裝設 Gap filler。因為 Gap filler 只提供給小區域範圍收訊, 因此發射功率可以較小, 在 100W 以下, 天線高度可以較低, 天線陣列元素個數可以較少。要在那些地區設置 Gap filler, 則依地區人口多寡, 地方是否強力爭取, 以及廣播電台是否願意投資設置而定。烏來、坪林、平溪、雙溪、埔里、恆春等地區的地理座標示於表 4.4。當天線高度為 20m, EIRP=300W 時, $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的涵蓋範圍如圖 4.4 (a) ~ (f) 所示:

表 4.2：方案二之共站位置的經緯度及地理座標

西部站台位置

	經度	緯度	UTM_X	UTM_Y	天線高度(m)	地面高度
台北五指山	121°36'0"	25°8'0"	310499	2780690	50	680
台北青年公園	121°30'16.8"	25°1'23.9"	300932	2768463	150	10
桃園楊梅	121°8'41.7"	24°54'52.8"	265138	2756343	100	170
苗栗頭份	120°55'4.7"	24°41'32.1"	241699	2731703	100	30
苗栗苑裡火焰山	120°43'18.4"	24°21'55.5"	221733	2695530	50	420
南投鳳鳴	120°37'45.9"	23°55'39.4"	212274	2647064	50	400
嘉義新港	120°20'38.0"	23°33'47.2"	183021	2606802	100	18
台南善化	120°17'32.5"	28°8'33.9"	177533	2560275	100	15
高雄火車站	120°18'9.1"	22°38'22.8"	178310	2504559	150	5
屏東潮州	120°32'7.8"	22°32'50.5"	202225	2494245	100	15

表 4.3 東部地區共站位置之地理座標

	經度	緯度	UTM_X	UTM_Y	天線高度(m)	地面高度
台東市	121°8'12"	22°45'15"	264035	2517076	50	10
宜蘭縣壯圍鄉	121°47'45"	24°44'9"	331179	2736612	50	5
花蓮市	121°35'15.0"	23°59'12.0"	309780	2653680	50	10
花蓮縣玉里鎮	121°18'48"	23°20'48"	282038	2582715	50	130

表 4.4 Gap filler 之共站位置的地理座標

	經度	緯度	UTM_X	UTM_Y	天線高度(m)	地面高度
烏來	121°33'10.5"	24°50'51.6"	305880	2749027	20	620
坪林	121°42'38.9"	24°54'50.0"	321800	2756436	20	380
平溪	121°45'6.3"	25°1'38.1"	325866	2769015	20	320
雙溪	121°49'20.1"	25°0'1.7"	332999	2766091	20	150
埔里	120°56'25.3"	23°57'54.2"	243930	2651163	20	470
恆春	120°48'41.1"	21°58'49.9"	230525	2431421	20	180

4.3 共站後的頻道指配方式

目前台灣本島的調頻廣播共分為 17 個廣播區，台灣西部廣播區現有的電台數如表 4.5 所示。共站後可以指配的電台數應該要能容納所有的現有電台並能因應未來的市場需求。限制可指配電台數目的主要因素為同頻再使用的距離。如後面所述，若使用 ITU-R 或地平面反射傳播模型甚至 $n=3$ 的傳播模型，隔一廣播區即可以同頻再使用。而在北部及中部因有自然地形的阻隔，更容易滿足保護規範。在中南部地區，第一種規畫案，部份廣播區重疊嚴重，因此這些廣播區要一併考慮。而第二種規畫案，因涵蓋範圍較廣，共站鐵塔間距較遠，因此只要隔一廣播區，就可以同頻再使用。由於都是共站，不同頻率的電波在各個接收位置的傳播損失約略相同，因此同一站台可以指配的頻道間隔只要差 400KHz 即可。至於相鄰廣播區的頻道間隔亦要間隔 400KHz。

至於同頻電台干擾部份，干擾保護規範規定，在 $60\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的邊緣地帶，新設電台的場強應低於既設電台場強 20dB 以上。欲滿足此規範，同頻電台與既有電台的間距應保有一段相當距離。假設電台 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的服務半徑為 R ，而連續三個共站廣播服務區的 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的涵蓋範圍如圖 4.5 所示，它們之間有一部份重疊區域。圖中並畫有各自站台 $60\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的圓。如果我們規畫，每間隔一個廣播區，就同頻再使用，我們要評估這種規畫方式是否可以滿足同頻干擾保護規範。

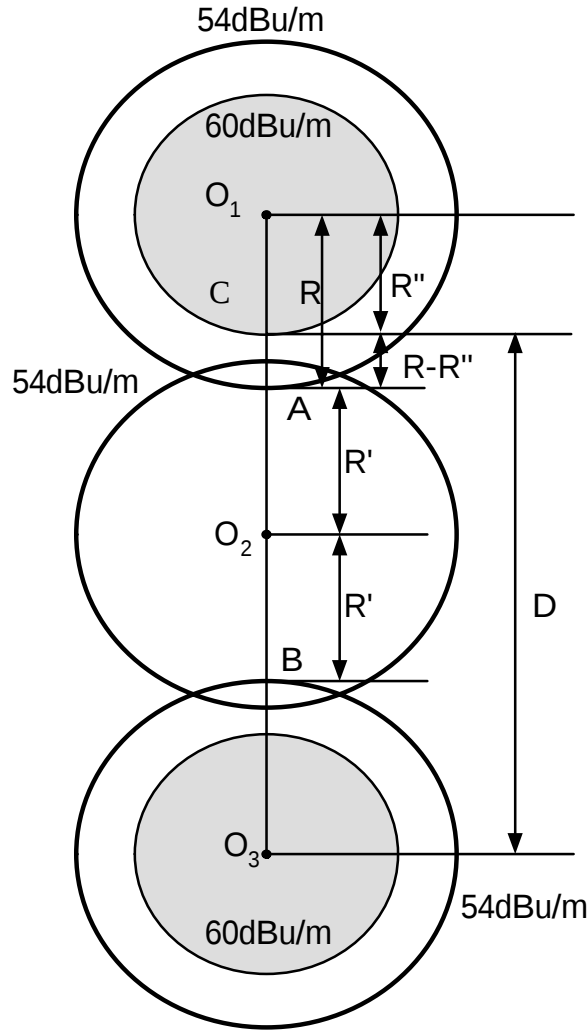


圖 4.5：電台干擾保護比分析計算之電台幾何位置示意圖

要回答這個問題，必先假設某種的電波傳播模式，假設電波的傳播損失與距離的 n 次方成正比。若 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的半徑為 R ，則 $60\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的半徑為

$R'' = (10^{-\frac{6}{10n}})R$ 。再假設第二個共站台至 A 點及 B 點的距離為 R' ，在這兩個位置的場強為 $(54 + \frac{\Delta}{10n})\text{dB } \mu\text{V/m}$ ，則 R' 的值為 $(10^{-\frac{\Delta}{10n}})R$ 。因此，第三站台至第一站台的 $60\text{dB } \mu\text{V/m}$ 邊緣處 C 點之的距離為

$$D = R + 2R' + (1 - 10^{-\frac{6}{10n}})R$$

$$= [2 + 2 \times 10^{-\frac{\Delta}{10n}} - 10^{-\frac{6}{10n}}]R$$

而在 C 點的主信號與干擾信號的比值為

$$\frac{C}{I} = 10 \cdot n \log \frac{D}{R''}$$

表 4.5 為 $n=2, 3, 4$ ， $=0\text{dB}$ ，及 3dB 時的 C/I 值。其中，當 $=0\text{dB}$ ，表示 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的圓相切，沒有重疊。 $n=2$ 對應於自由空間傳播模型， $n=4$ 對應於地平面反射傳播模型。

表 4.5 不同傳播模式， $60\text{dB } \mu\text{V/m}$ 邊緣處的 C/I 值

C/I	$=0\text{dB}$	$=3\text{dB}$
$n=2$	16.9 dB	15.3dB
$n=3$	21.8dB	20.15dB
$n=4$	26.7dB	24.9dB

由上表顯示，即使 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的圓有 $=3\text{dB}$ 的重疊時，使用地平面反射傳播模型及 ITU-R 模型，每隔一個廣播區即可同頻再使用，它們都可以滿足干擾保護規範。即使 $n=3$ 的傳播模型，亦可以滿足規範。由於台灣西部人口較密集的地區呈一長帶形，且其寬度約為一個廣播涵蓋區的半徑，因此我們的規畫方式大約是共站的位置呈南北向排列，各站台 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的區域會有相互重疊，每隔一個廣播區即可同頻再使用。

本報告所使用的頻道指配原則及方法如下：

1. 各廣播區 $88.1\sim 88.7\text{MHz}$ 的頻段供學術實驗電台使用。
2. 同頻再使用的間隔為一個廣播區。若是幾個廣播區有相互重疊，且會相互影響，這幾個廣播區的頻率指配要一併考慮，例如第一方案的台中、彰化、南投、雲林應一併考慮，台南、台南市、高雄、屏東應一併考慮。
3. 由於間隔一個廣播區即可同頻再使用，且不管同一廣播區或相鄰廣播區的鄰頻電台，之間間隔至少 400KHz ，因此相鄰廣播區可以指配的電台數至多為 48 個。
4. 都市區人口眾多，電台需求量大，因此予以指配較多的電台，但因相鄰廣播區可以指配的電台數總和一定，因此與都會區相鄰的廣播區，就核配較少的電台數。
5. 頻道的指配從台北區開始。指配給台北區的頻道決定之後，其他廣播區的頻道

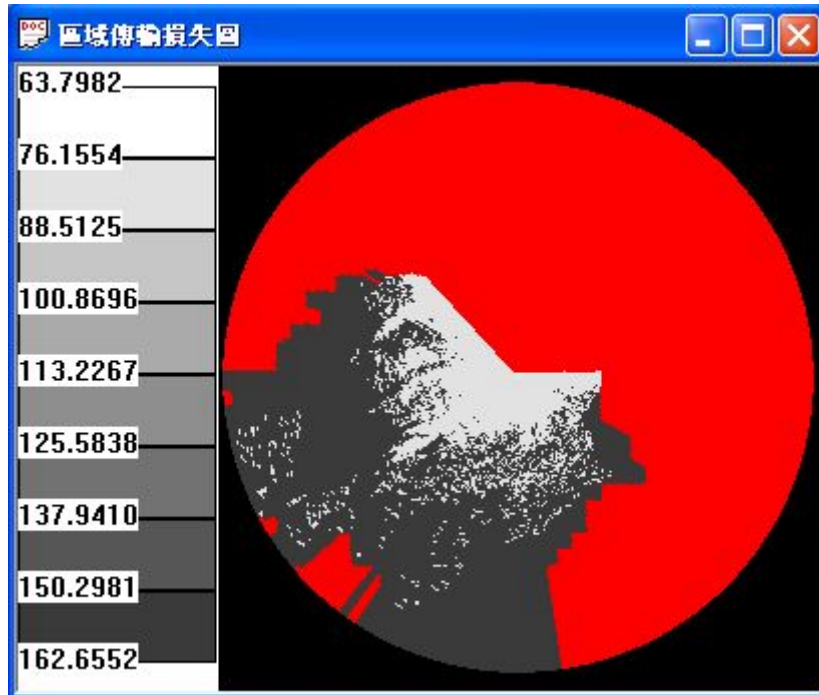
指配，才可以跟著調整。

頻道的指配可以有很多方式，表 4.6 是台灣西部各廣播區現有電台數及方案一共站之後可核配的電台數。表 4.7 各廣播區現有電台數及方案二共站之後可核配的電台數。至於東部區域，由於高山的阻隔，不會有同頻干擾的問題，而且電台的需求應少於可分配的頻道數，因此頻道指配不會構成問題。

在使用 Gap filler 的區域，由於都是獨立的區域，電波與外界隔絕，頻率可以重複使用，頻率指配的方式可以有很大的彈性。

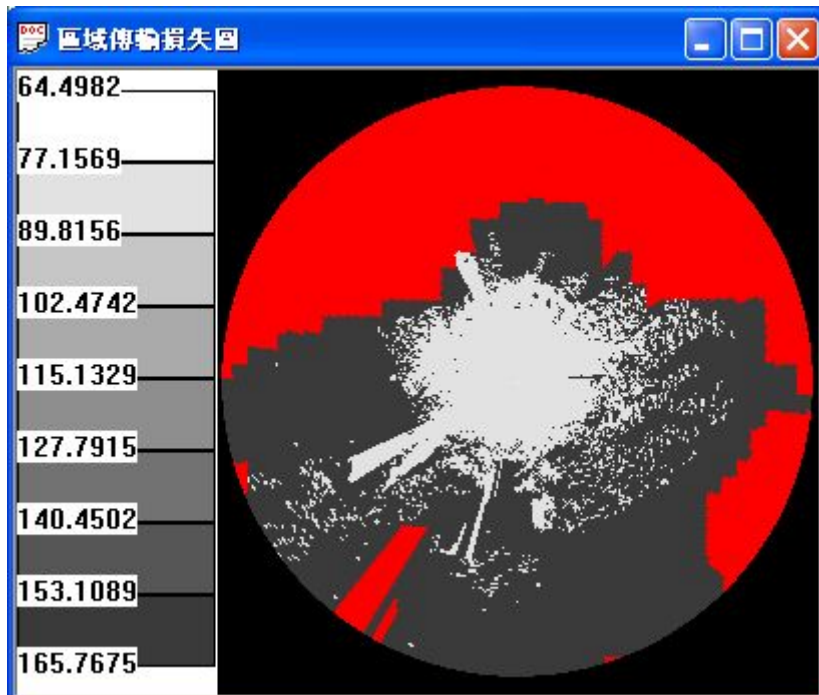
方案一：

SRC:基隆市 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(a)

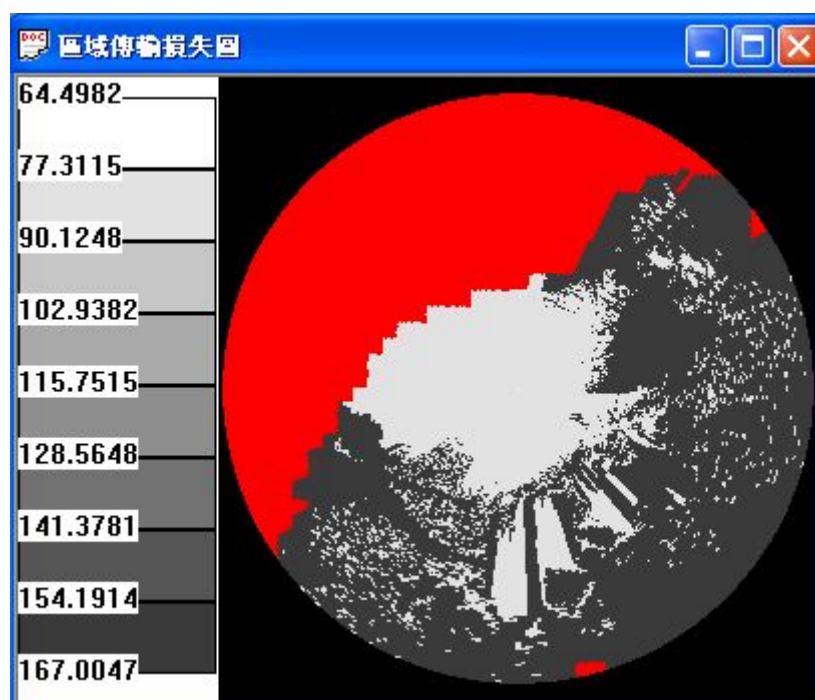
SRC:台北青年公園 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(b)

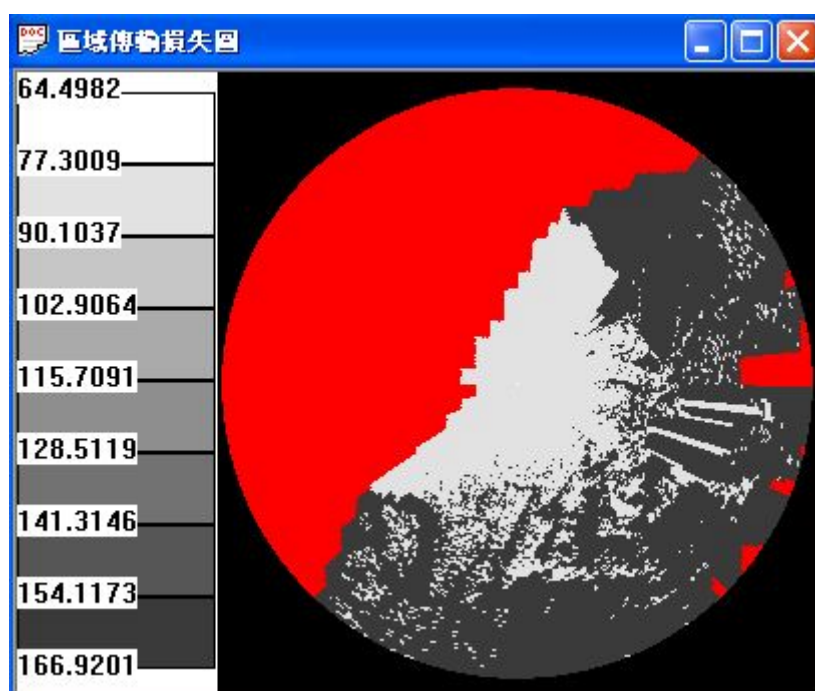
圖 4.1

SRC:桃園內壢 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(c)

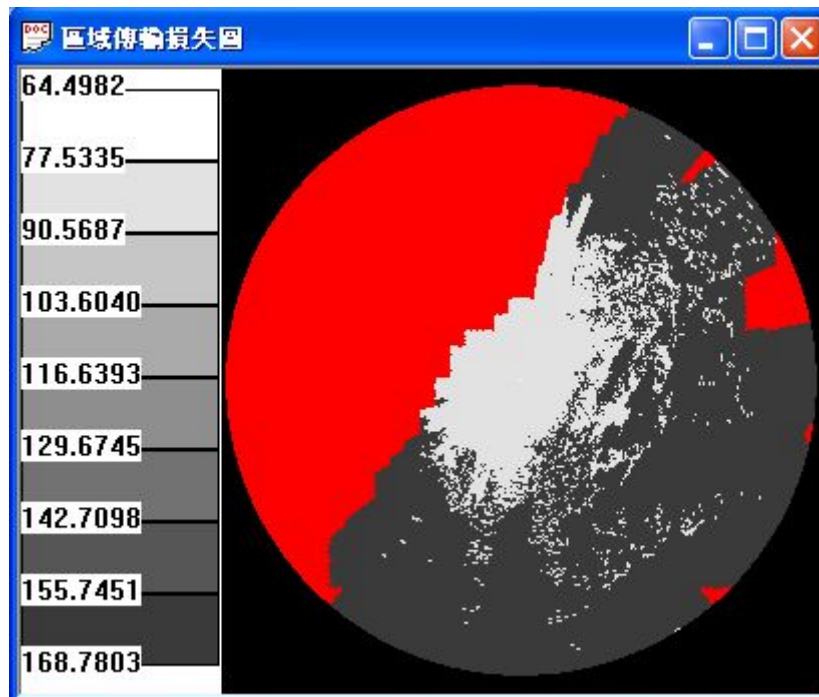
SRC:新竹市 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(d)

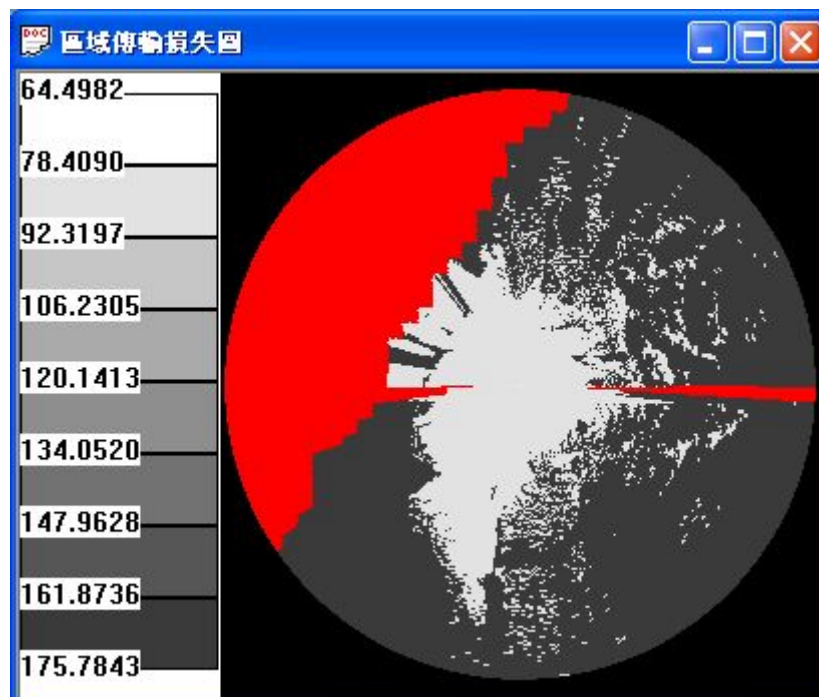
圖 4.1

SRC: 苗栗市 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(e)

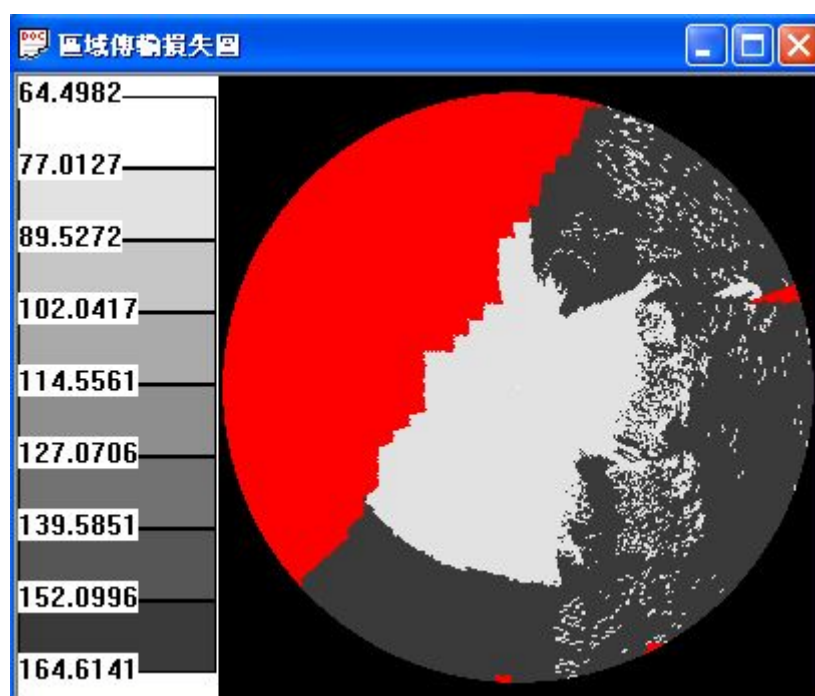
SRC: 台中豐原 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(f)

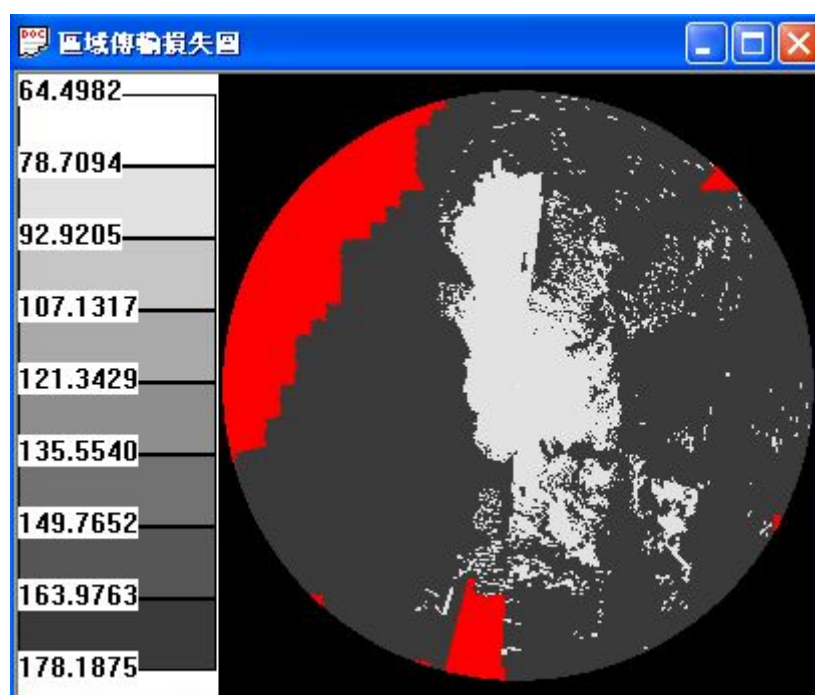
圖 4.1

SRC:彰化溪湖 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(g)

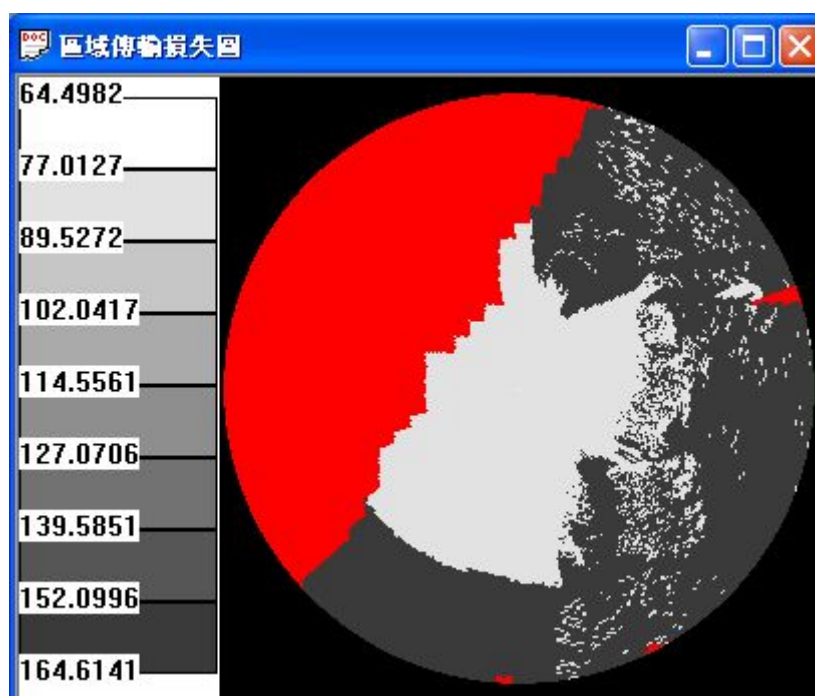
SRC:南投市 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(h)

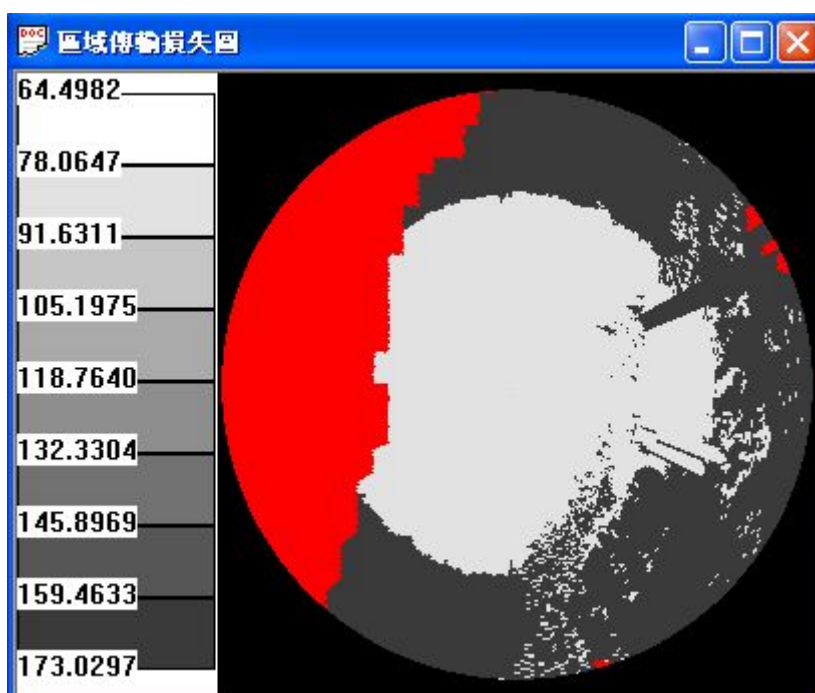
圖 4.1

SRC: 雲林虎尾 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(i)

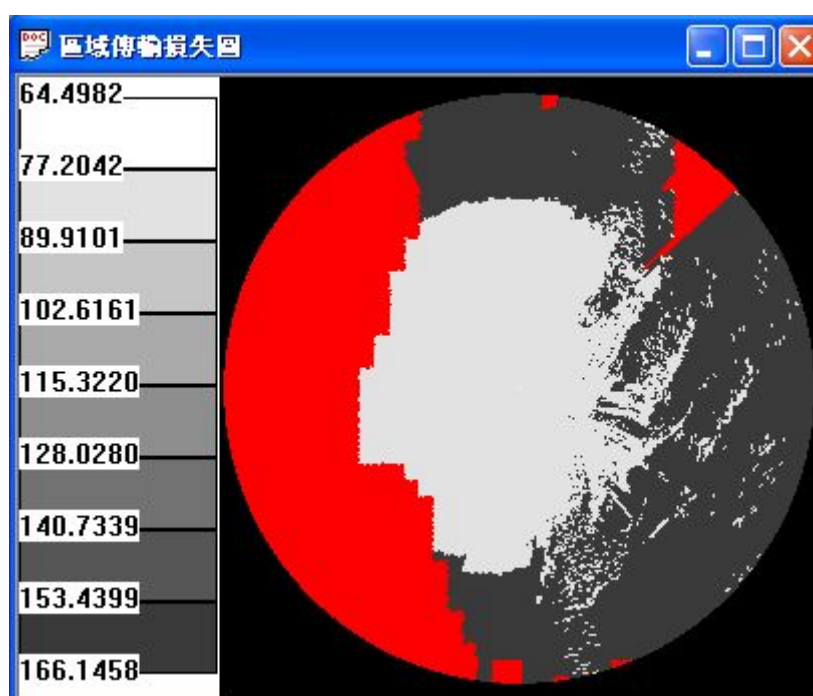
SRC: 嘉義太保 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(j)

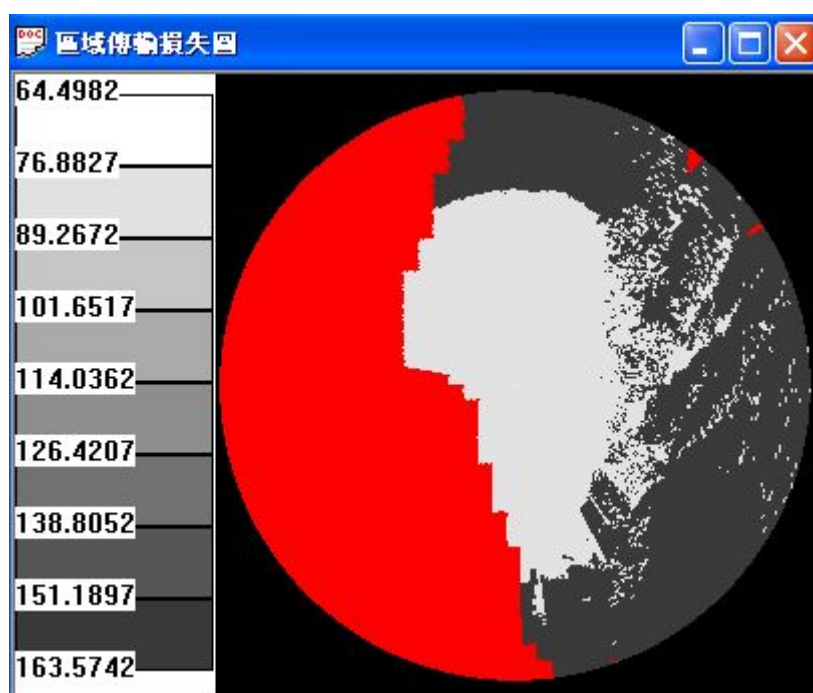
圖 4.1

SRC:台南善化 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(k)

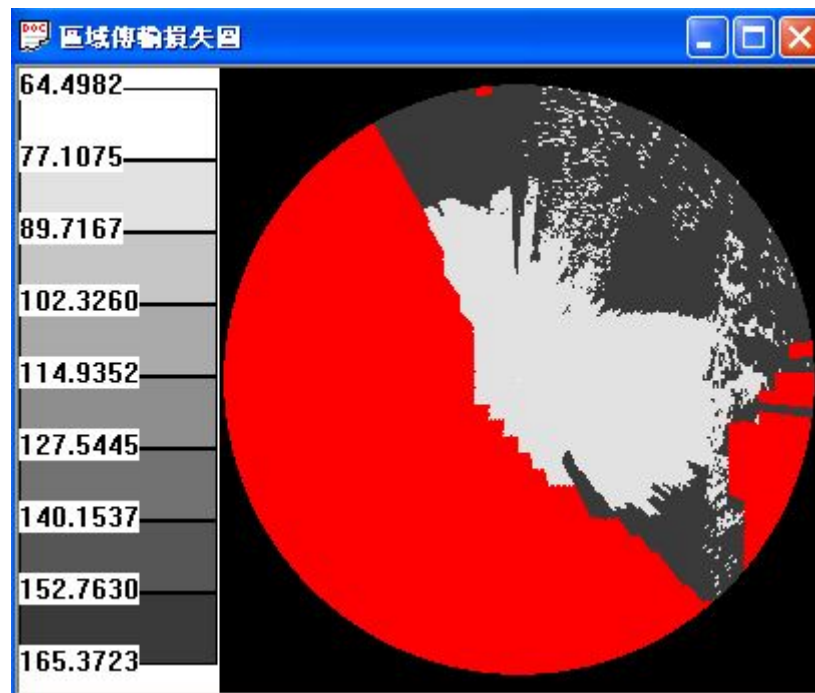
SRC:台南市 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(l)

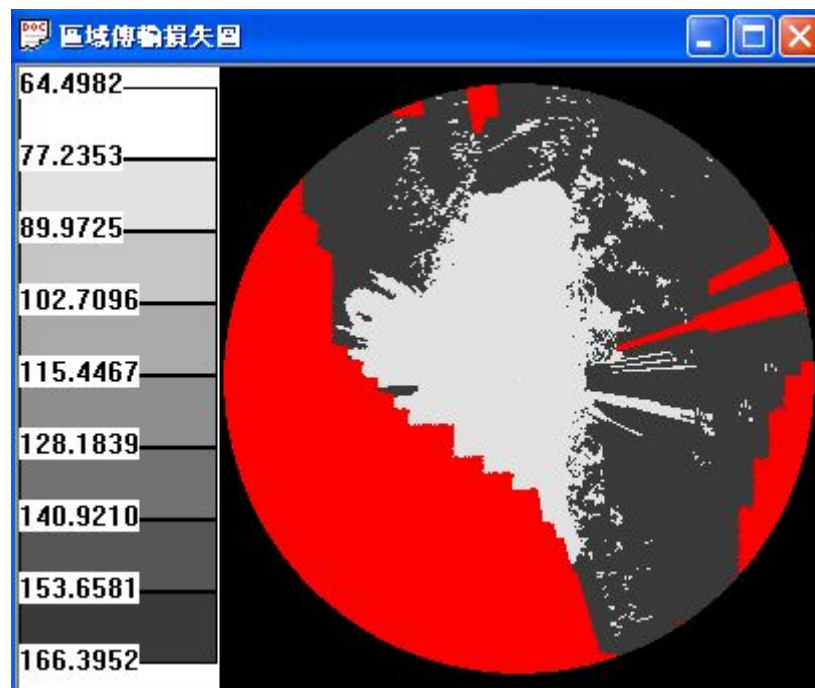
圖 4.1

SRC: 高雄市 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(m)

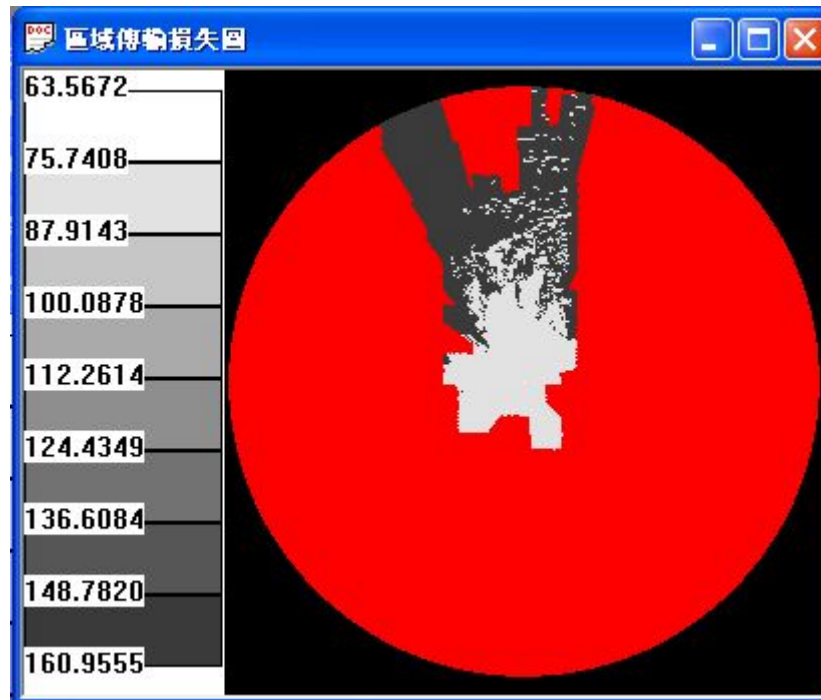
SRC: 屏東潮州 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(n)

圖 4.1

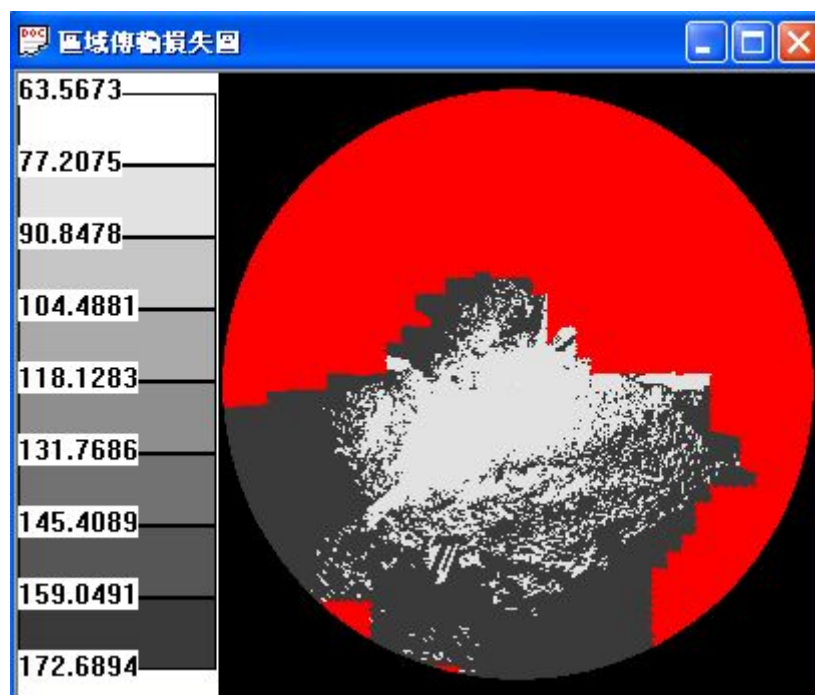
SRC:恆春 EIRP=2kW Loss<126dB R=50km



(o)

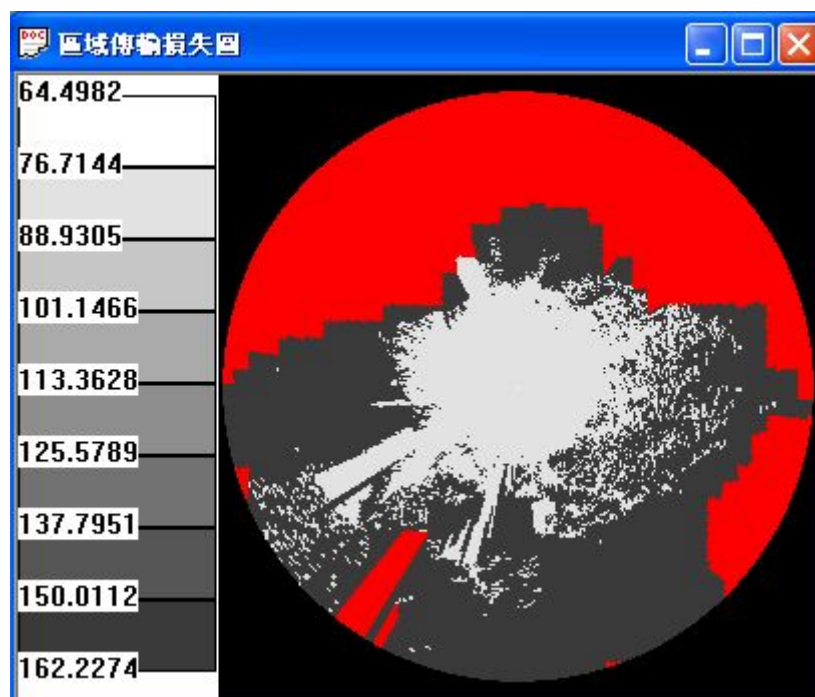
圖 4.1

SRC:萬里 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(a)

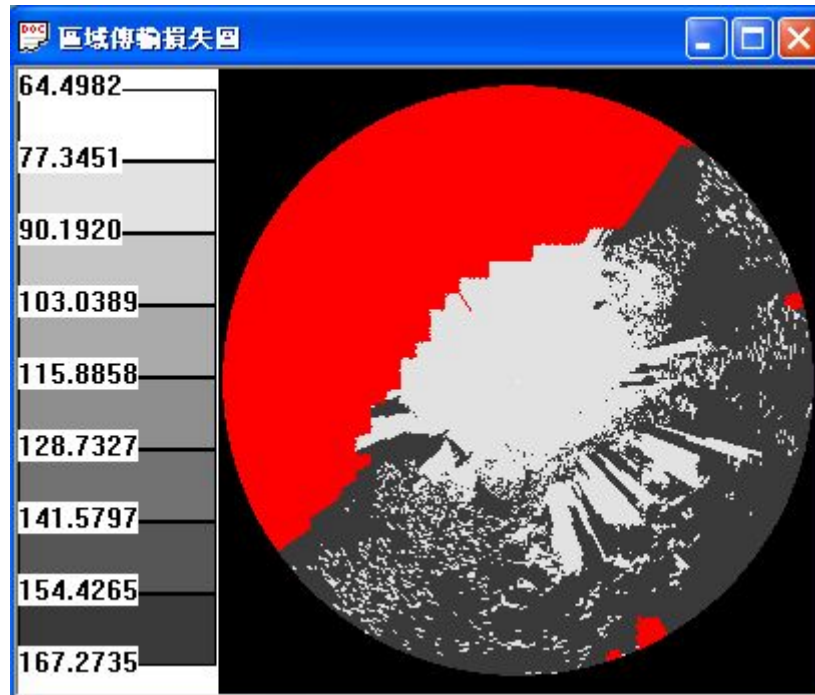
SRC:台北青年公園 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(b)

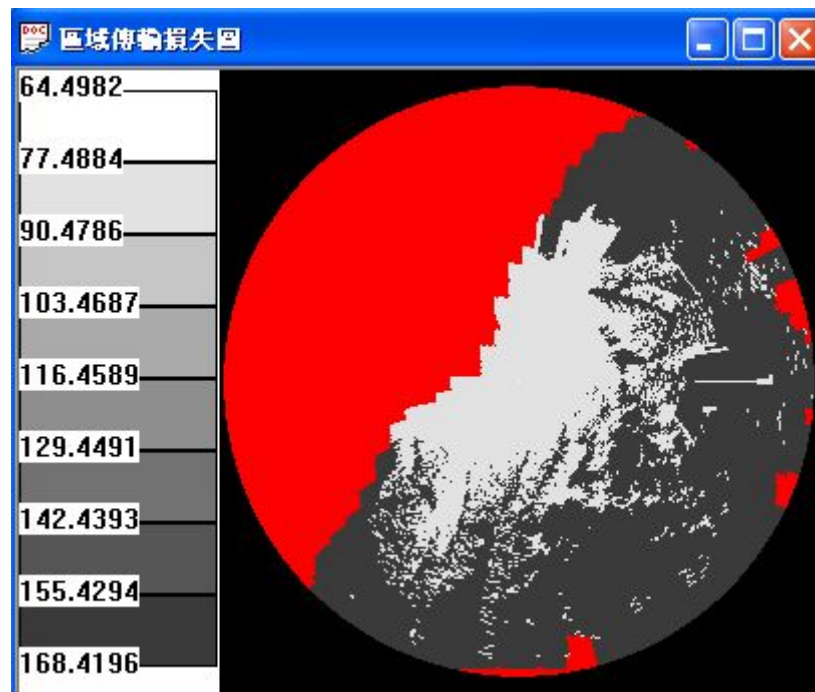
圖 4.2

SRC:桃園楊梅 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(c)

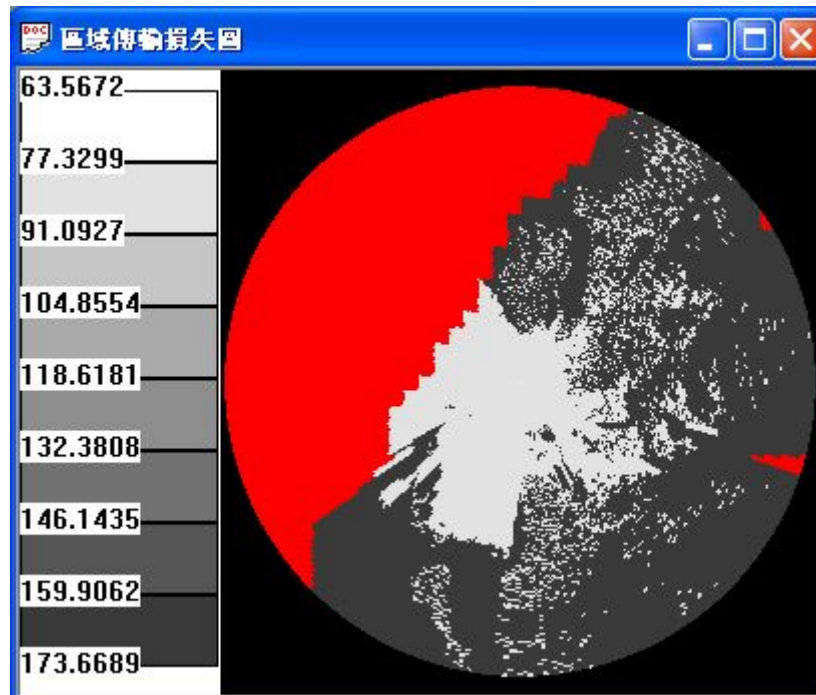
SRC:苗栗頭份 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(d)

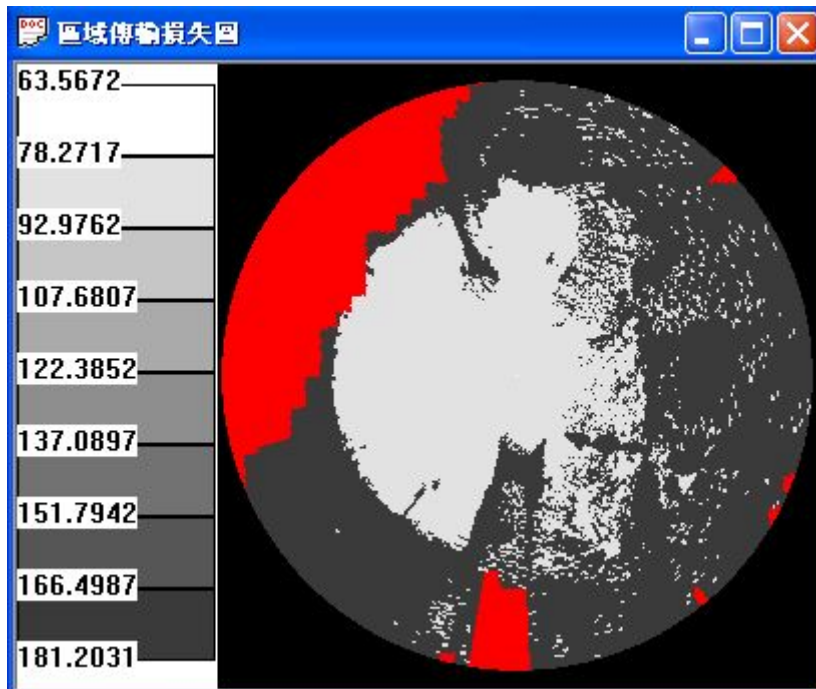
圖 4.2

SRC:苑裡火焰山 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(e)

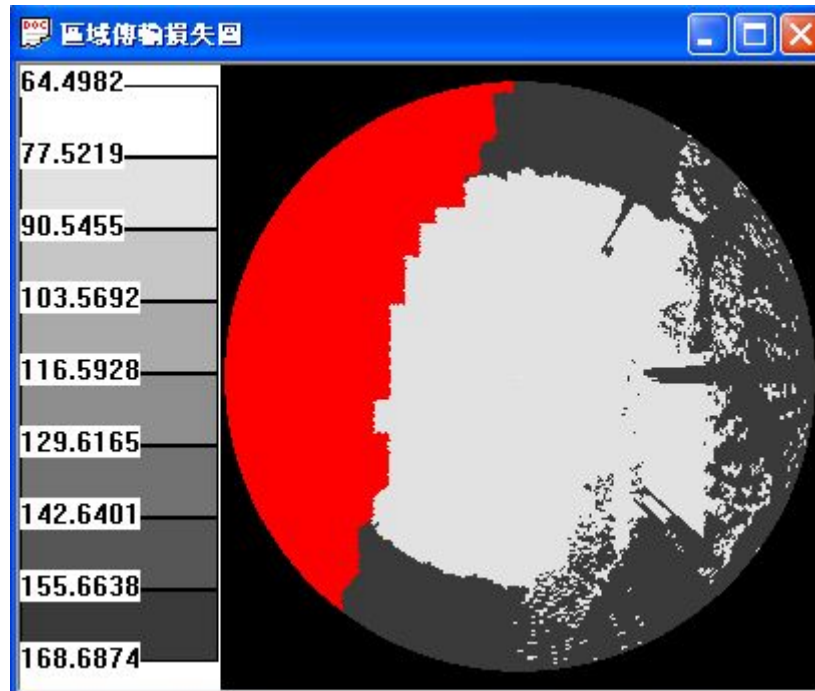
SRC:南投鳳鳴 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(f)

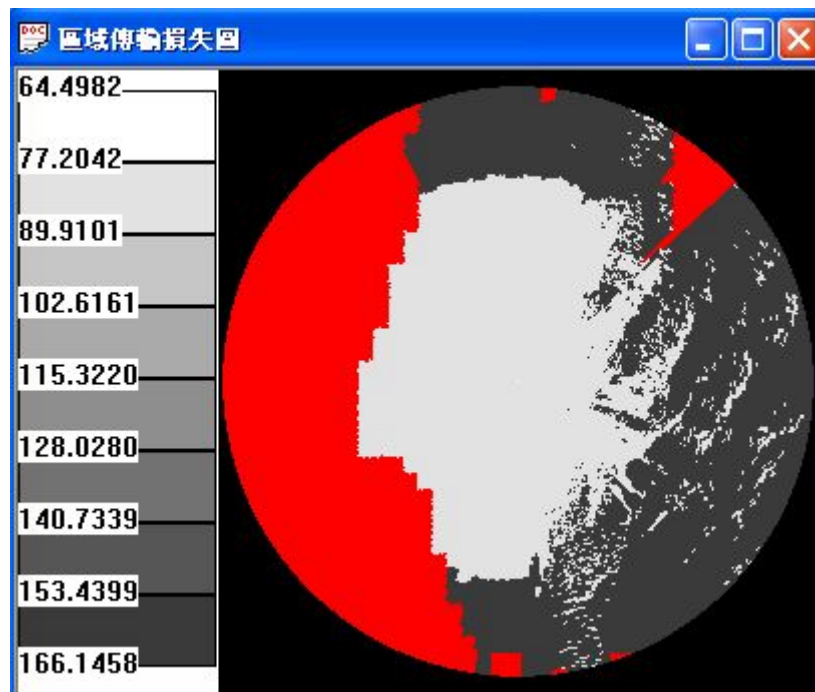
圖 4.2

SRC:嘉義新港 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(g)

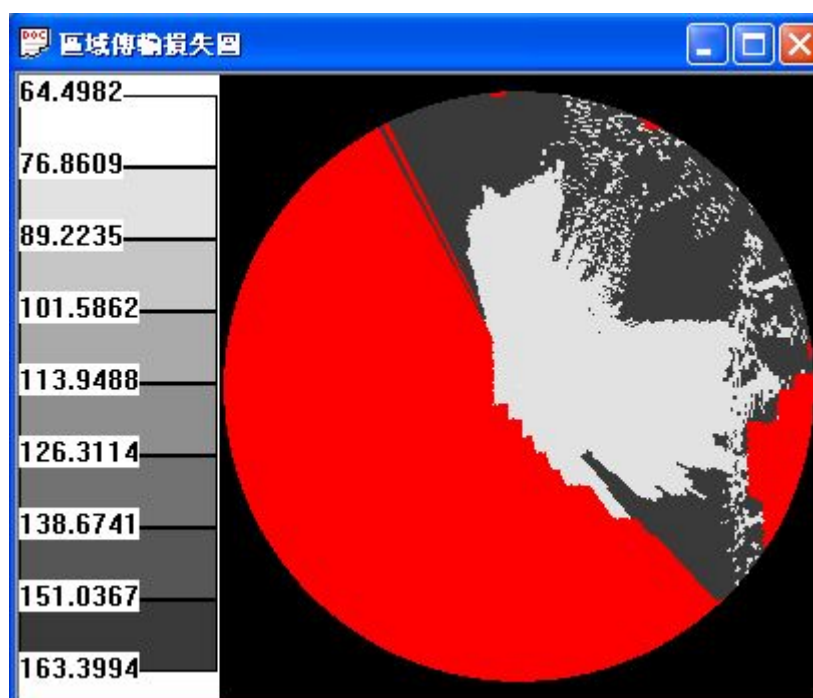
SRC:台南善化 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(h)

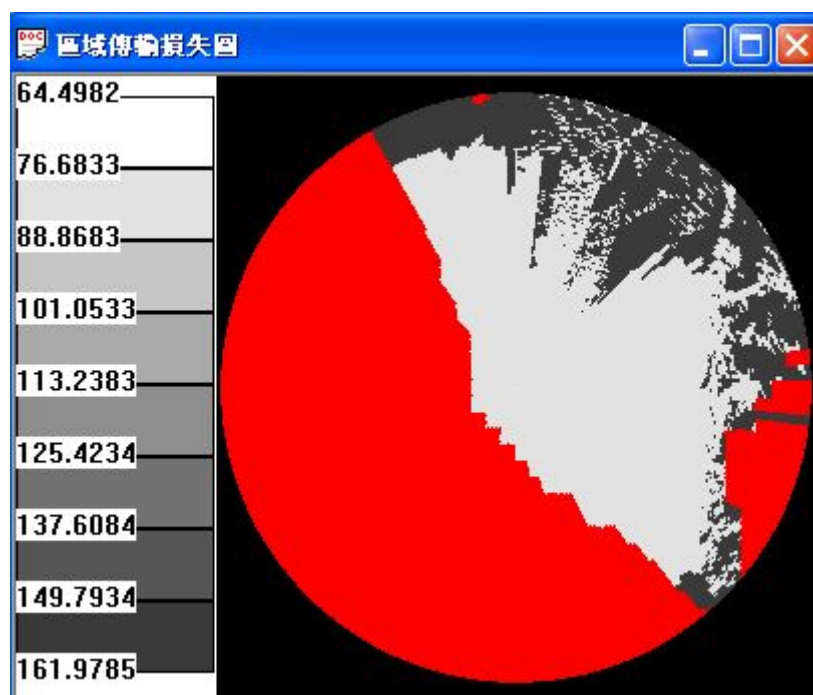
圖 4.2

SRC:高雄壽山 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(i)

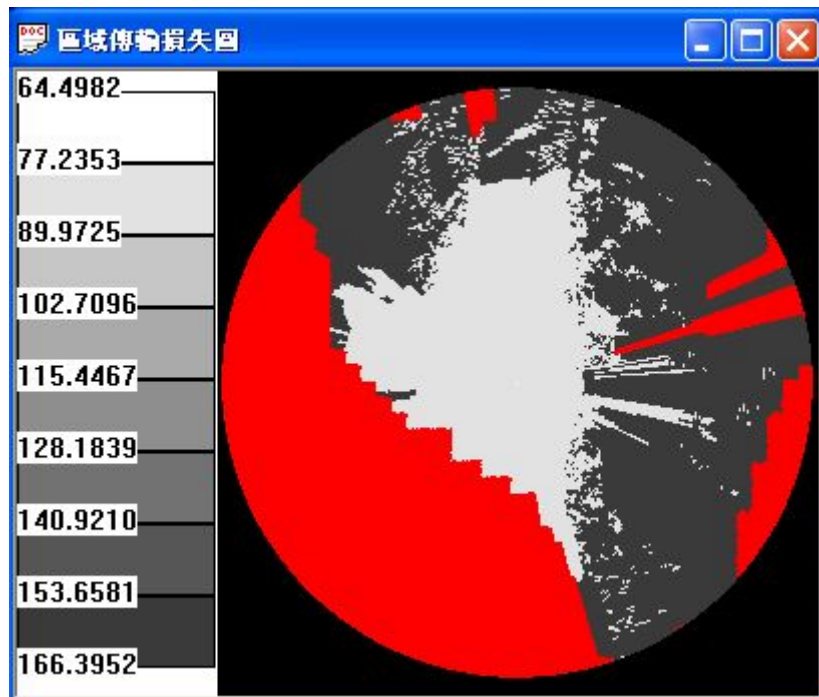
SRC:高雄火車站 ht=150m EIRP=3kW Loss<127.77dB



(j)

圖 4.2

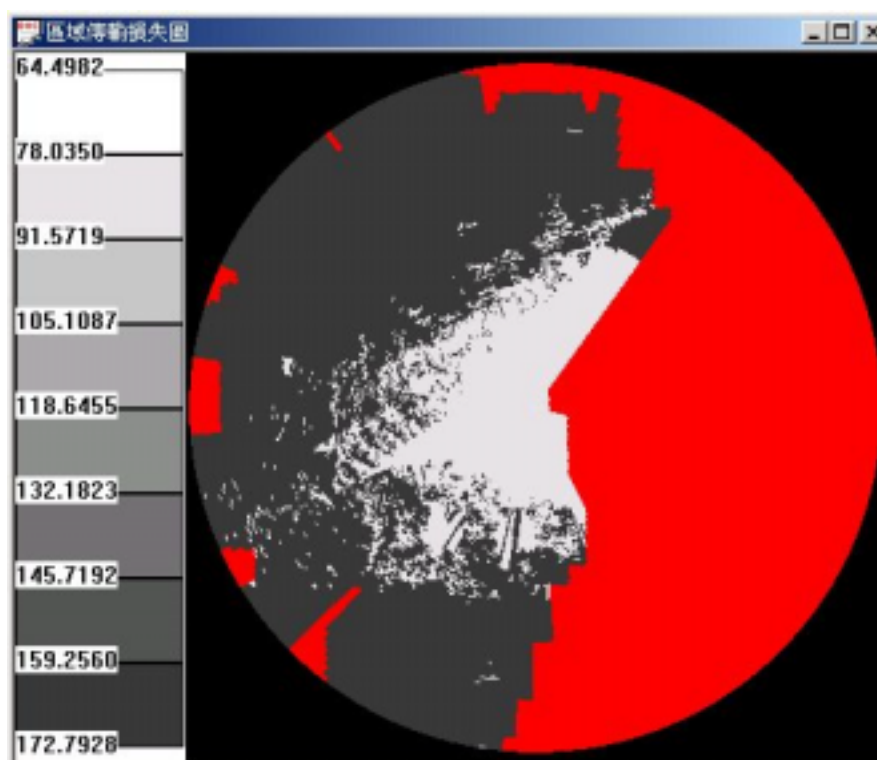
SRC:屏東潮州 EIRP=3kW Loss<127.77dB



(k)

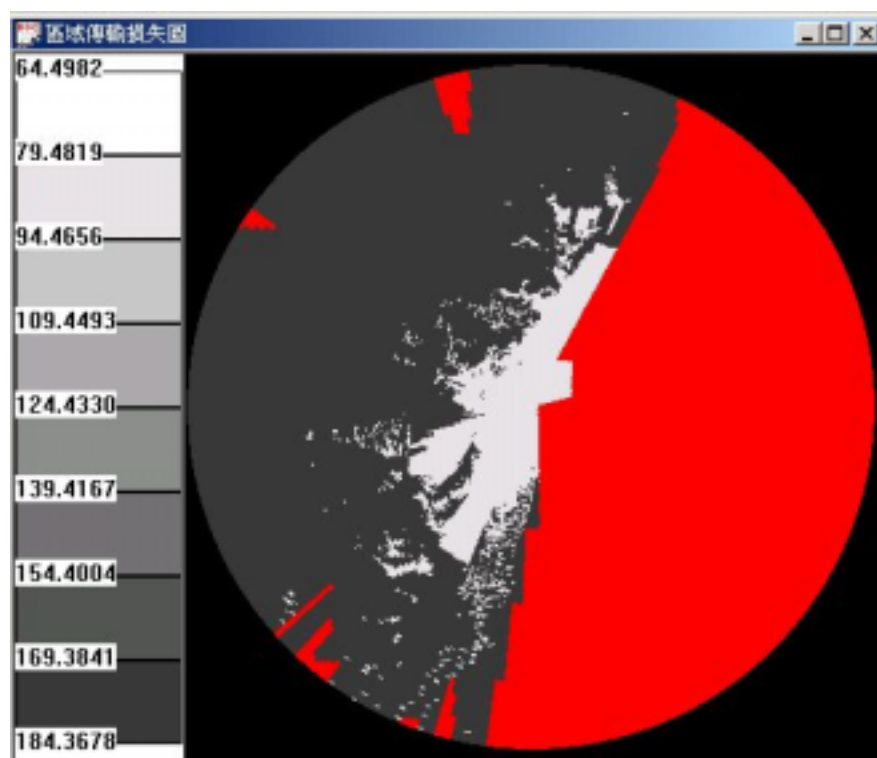
圖 4.2 西部地區 54dB μ MV/m 涵蓋圖，共站台中心點的位置 (a) 萬里、(b) 台北青年公園、(c) 楊梅、(d) 頭份、(e) 苗栗火焰山、(f) 南投鳳鳴、(g) 嘉義新港、(h) 台南善化、(i) 高雄壽山、(j) 高雄火車站、(k) 屏東潮州

SRC 宜蘭壯園 EIRP:3kW Loss<127.77dB



(a)

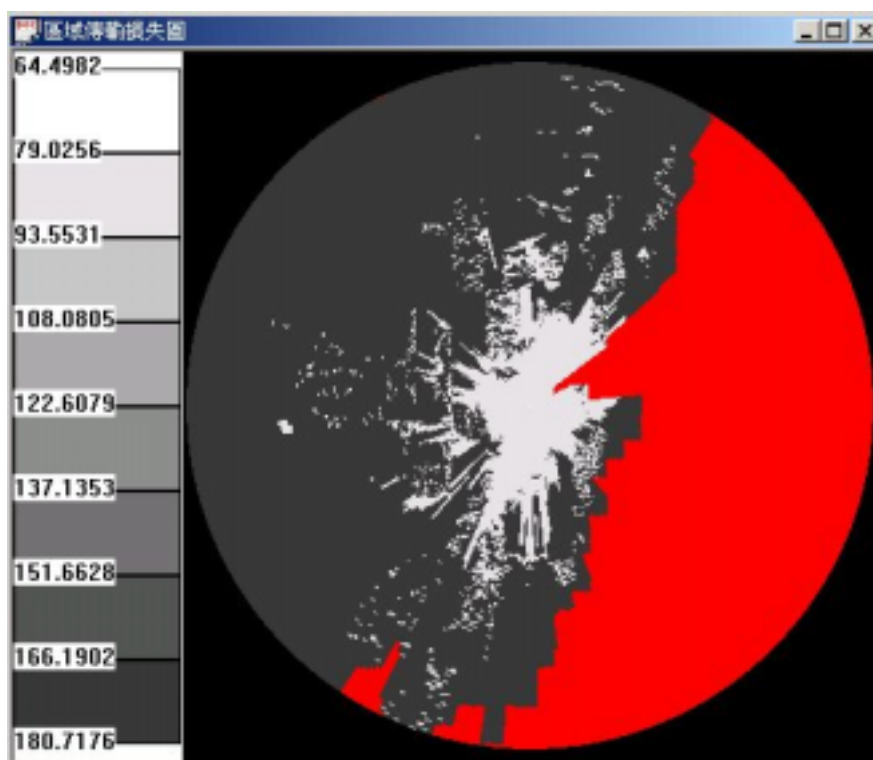
SRC 花蓮市 EIRP:3kW Loss<127.77dB



(b)

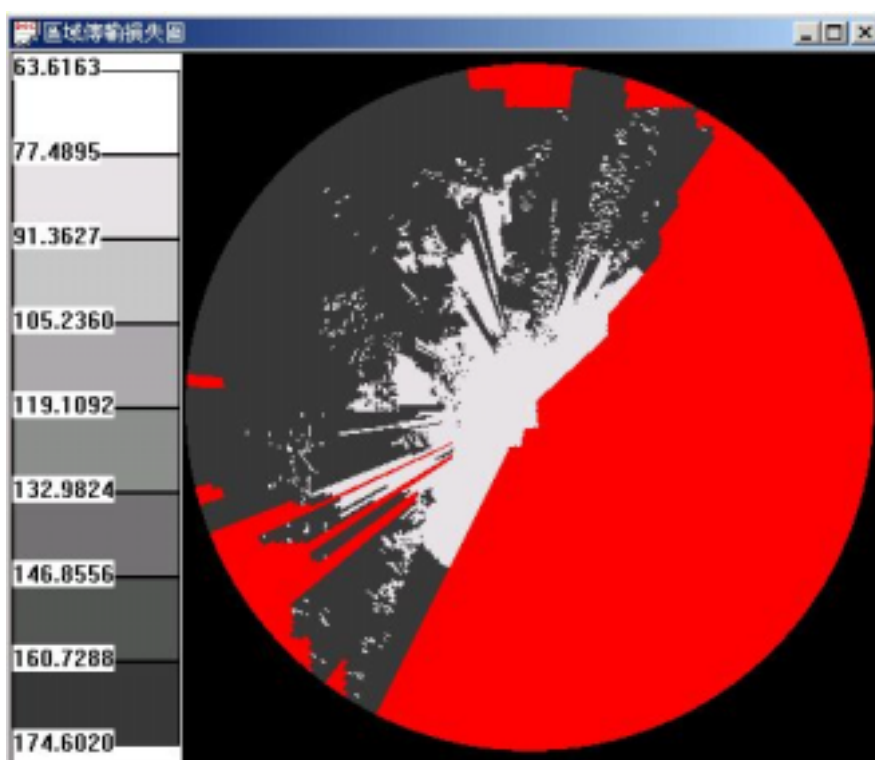
圖 4.3

SRC 花蓮縣玉里 EIRP:3kW Loss<127.77dB



(c)

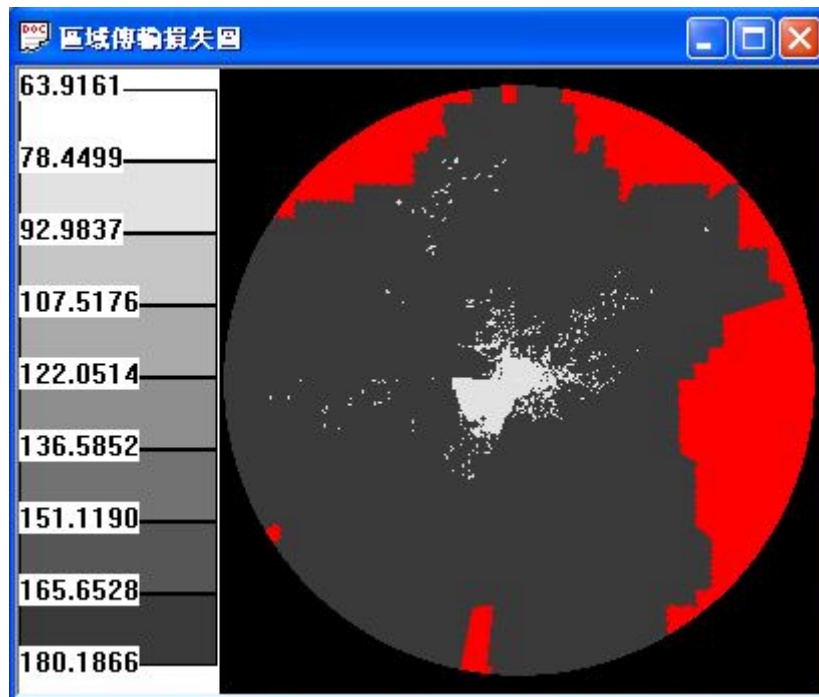
SRC 台東市 EIRP:3kW Loss<127.77dB



(d)

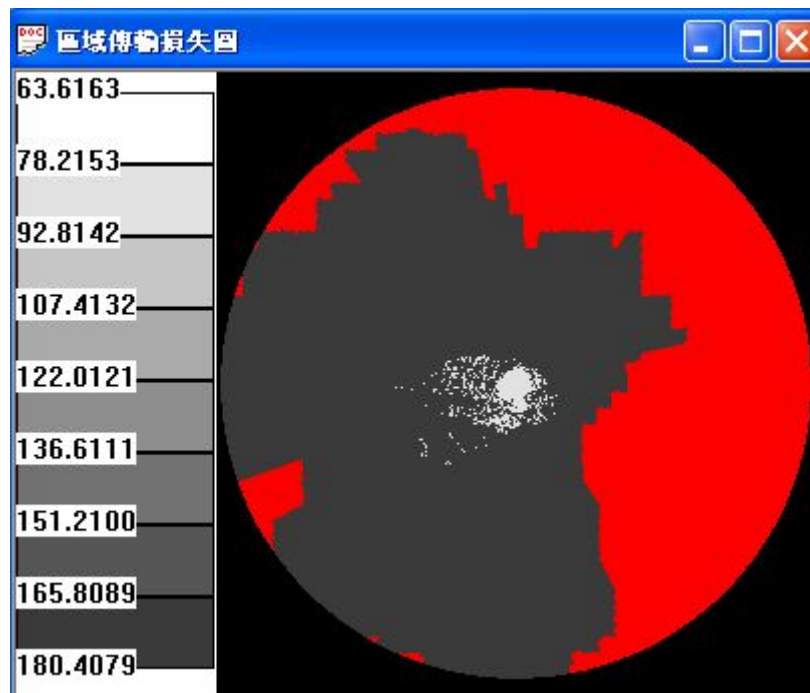
圖 4.3 54dB μ MV/m 涵蓋 (a) 宜蘭、(b) 花蓮市、(c) 花蓮玉里、(d) 台東市

烏來 EIRP:300W Loss<117.77dB



(a)

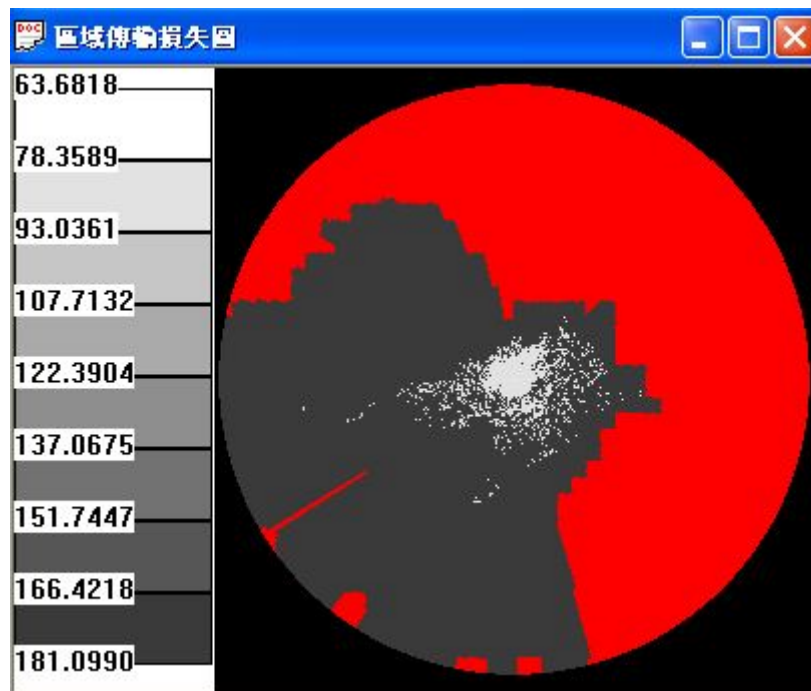
坪林 EIRP:300W Loss<117.77dB



(b)

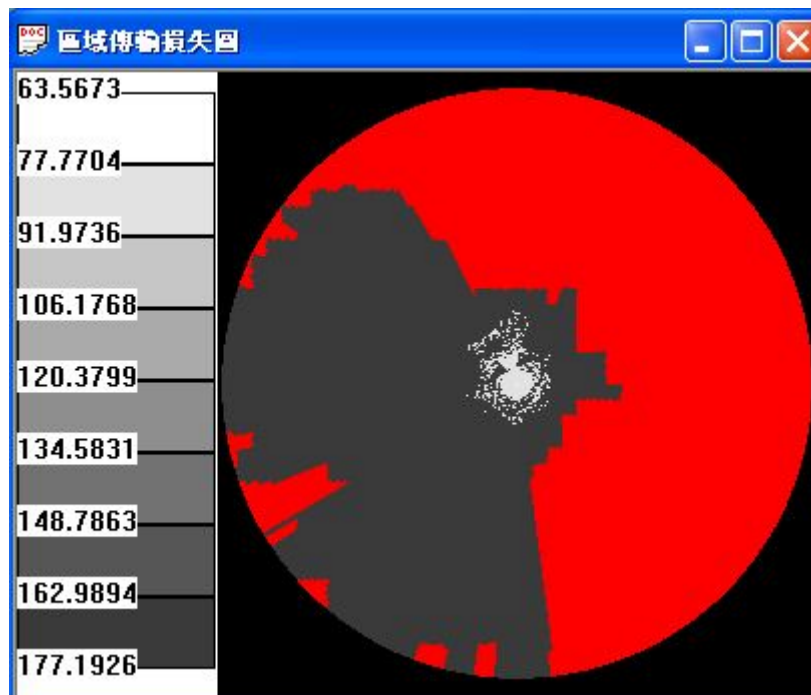
圖 4.4

平溪 EIRP:300W Loss<117.77dB



(c)

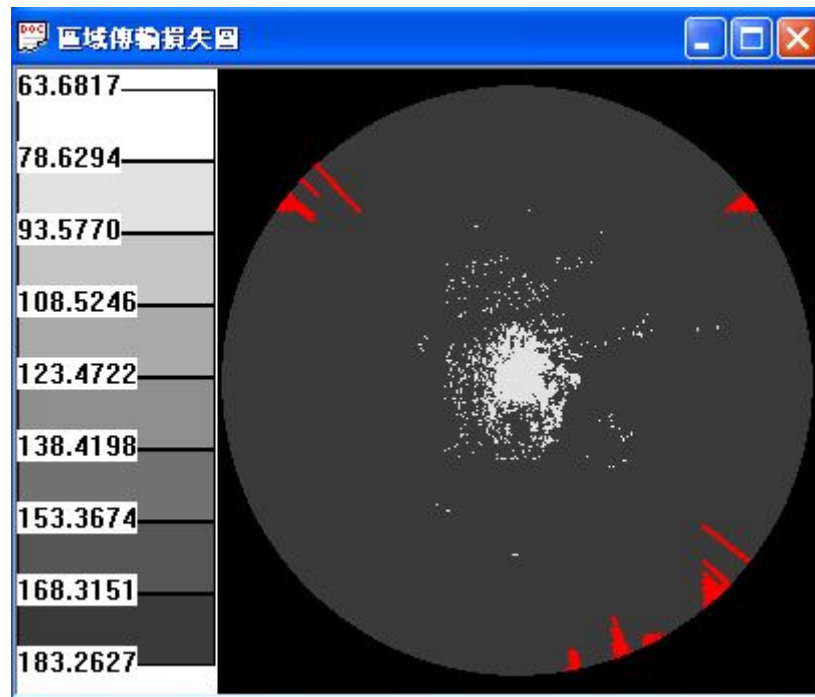
雙溪 EIRP:300W Loss<117.77dB



(d)

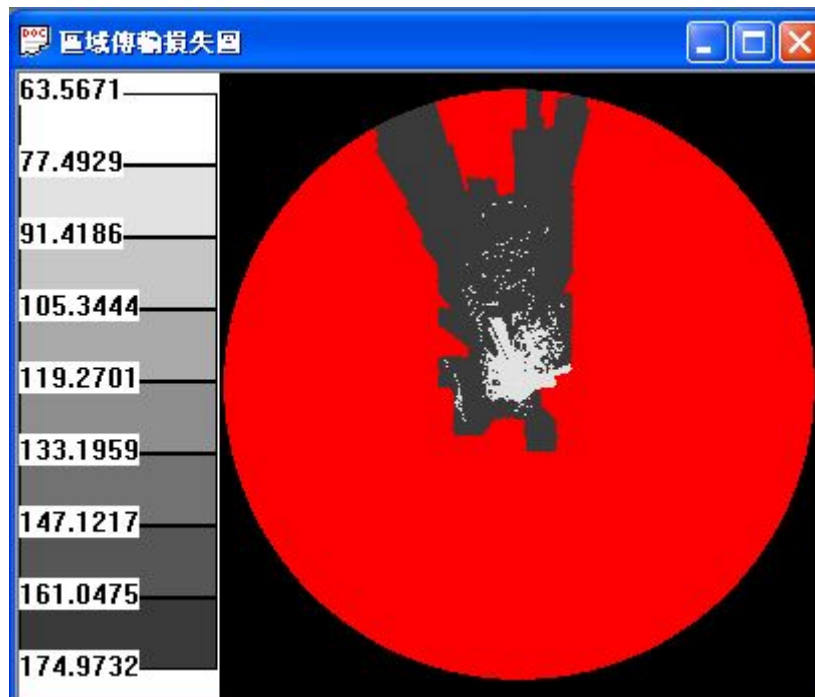
圖 4.4

埔里 EIRP:300W Loss<117.77dB



(e)

恆春 EIRP:300W Loss<117.77dB



(f)

圖 4.4 Gap filler 54dbuV/m 涵蓋範圍

(a)烏來 (b)坪林 (c)平溪(d)雙溪 (e)埔里 (f)恆春

表 4.6：方案一各共站台可核配的台數

	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	台中	南投	彰化	雲林	嘉義	台南縣	台南市	高雄	屏東	恆春
現有 台數	5	24	9	6	17	12	6	11	5	13	18		18	6	1
可配數	18	30	18	24	24	22	10	15	22	21	13	13	22	11	14

0、現有台數不包含實驗電台。

1、88.0~88.8 保留當學術實驗電台。

2、相鄰區域可分配頻道總數必須在 48 個頻道以內。

3、(台中、南投、彰化)，(嘉義、台南縣、台南市)，(台南縣、台南市、高雄)，(高雄、屏東、旗山) 為相鄰區域，埔里可視成獨立區域。

4、以台北可配頻道數為 30 個頻道做為計算基礎。

5、取消縣市界限的限制。

6、涵蓋區以半徑 20Km 為原則，但是可以藉由功率分配比率及天線輻射場型來調整涵蓋區域。

表 4.7：方案二各共站台可核配的電台數

現有廣播區	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	台中	南投	彰化	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	恆春
現有台數	5	24	9	6	17	12	6	11	5	13	18	18	6	1
方案二	基北區	北桃區	桃竹區	竹苗區	苗中區	中、投、彰、雲、區			雲嘉區		台南區	高雄區	屏東區	
可核配台數	9	27	12	24	20	28			20		24	24	24	

1. 88.0-88.8 保留當學術實驗台。

2. 相鄰區域可分配頻道總數必須在 48 個頻道內。

3. (基北、北桃、桃竹) 視為相鄰區域。

4. 桃園市在北桃區及桃竹區涵蓋範圍，新竹市在桃竹區及竹苗區涵蓋範圍，台中市在苗中區及中投彰雲區涵蓋範圍。

5. 以北桃區可配頻道數 27 個為計算基礎。

6. 涵蓋區以半徑 25Km 為原則，但可以藉由功率分配比率及天線輻射場來調整涵蓋區域。

第五章 共站設計考慮重點與設備需求

廣播電台共站，首先需要有一共站的鐵塔。鐵塔所需的高度、型式、以及建築，則與所擬發揮的用途以及建塔預算有關。若純粹僅考慮廣播的功能，共站設計需考慮的重點包括鐵塔高度，可容納的電台數，陣列天線的設計以及塔內所需的設備，各項重點的說明如下：

5.1 鐵塔高度

鐵塔高度與電波涵蓋範圍，使用的天線陣列元素個數，天線陣列個數，以及建設成本有關。地平面反射傳播模式以及 ITU-R 模式都指出，接收功率與天線高度的平方成正比。亦即發射天線高度變成原來 2 倍，相等於發射功率提高 4 倍。因此增加鐵塔高度，可以增加電波涵蓋範圍或是節省發射功率。然而鐵塔高度愈高，建設成本愈高。目前，廣播電台的天線大都建在高樓頂樓。而中型大樓的樓層多是 12~16 層。天線離地面高度約在 50~65 公尺之間。少數電台，如飛碟電台的天線高度約為 110 公尺。共站鐵塔因需容納 10~20 個電台，共站所需設備較多，鐵塔以及天線皆需經過特殊設計。現有高樓不適合作為共站鐵塔的場所，一來原本大樓並無做為共站的設計，二來，共站更易引起住戶及附近居民的抗爭，因此共站鐵塔應該另覓新址。

目前大功率的電台，為了擴大涵蓋區域，都是選擇在高地的制高點上。而我們的第一個方案規畫，並不希望涵蓋區域過大，而且不要造成同頻干擾，因此共站地點儘量選在平地上。

鐵塔若建在平地上，鐵塔的高度將對電波涵蓋範圍以及同頻干擾有很大的影響。為了使共站後的電波涵蓋區域不小於現有的中功率電台，天線高度應高於現有電台天線的高度。如果共站的電台數超過 15 個，為避免 power combiner 及天線的功率負荷量太重，應該分成兩組天線陣列上下排列。而每組八個元素的陣列長度需達 20 公尺。另外，如果共站鐵塔亦要保留給 DAB 使用，則需要更高的鐵塔。因此西部的共站鐵塔若建築在平地上，高度應在 120 公尺以上。若是屬於改善收

訊不良地區的 gap filler，因為功率小，涵蓋範圍小，鐵塔高度可以降低許多，甚至可設置在一般建築的頂樓上。

共站鐵塔若是建在制高點地區，鐵塔高度對涵蓋範圍的影響就比較小，只要能容納天線陣列的長度及未來 DAB 的備用天線陣列長度即可。

5.2 陣列天線的需求

為達到較佳的涵蓋範圍，避免電波輻射到不必要的地方，以及降低發射機的功率，共站天線必須經過精心的設計。目前有不少中小功率的電台，由於對天線的功能認識不清，以為盡量加大發射功率，就可以增加涵蓋範圍。殊不知若在天線下點功夫，不必加大功率亦可以達到同樣效果，但可以節省許多的電費。有效輻射功率為發射功率與天線增益的乘積。增加天線增益等於增加發射功率。但天線是屬於被動元件，增加天線增益並不會增加電費。然而要獲得較佳的天線增益及輻射場型，天線需經精心的設計，此需花一定的成本。目前中小功率電台由於資本額不大，多不願意花太多的經費於天線的建設上。共站之後，多家電台共用一組天線，平均所負擔的天線成本將降低許多。因此可以在天線設計上多下點功夫，以發揮天線的功能。

天線陣列的輻射場型與天線元素的個數，饋入電流分佈有關。天線元素個數愈多，增益可以愈大，但成本會愈高，佔用空間愈大。而所需的輻射場型則由擬涵蓋的服務範圍來決定。

輻射場型可以分成垂直場型及水平場型。理想的垂直輻射場型如圖 5.1 所示。上半平面的輻射場盡量地小，因往天空輻射形同浪費。下半平面部份，傾斜角愈大，增益愈小，因傾斜角愈大的地區距離發射天線愈近，場強值自然愈高，不需靠天線增益來增加功率，而傾斜角很小的地區，距發射天線愈遠，需要較高的天線增益來提高接收準位，垂直場型可以藉由調整垂直方向之天線元素的饋入電流大小和相位來達成。

水平方向的輻射場型則與擬涵蓋區域的分佈相關。一般的天線鐵塔有四個

面。每個面可以有不同的天線個數。藉由調整每個面的天線元素個數，及饋入功率比例，可以來調整水平方向輻射場型。

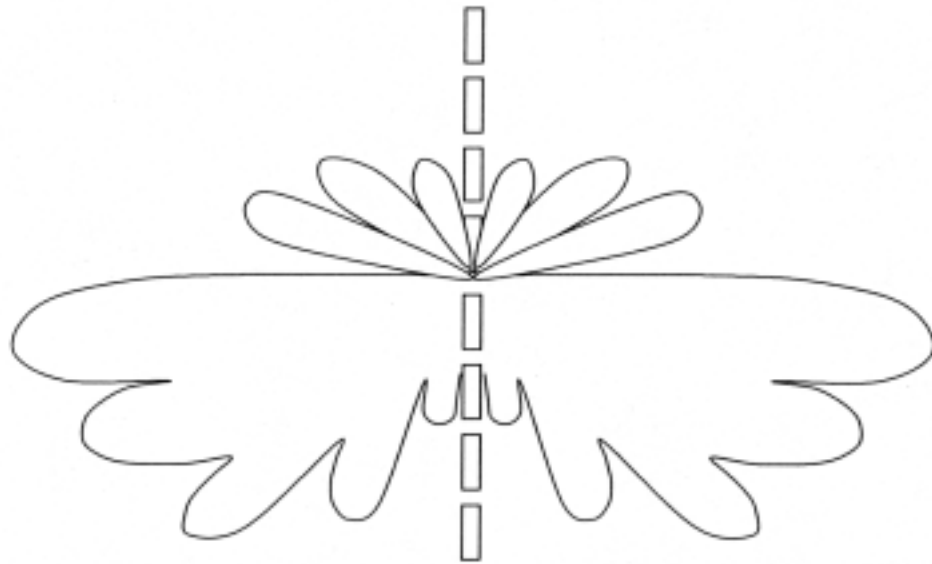


圖 5.1：理想的天線陣列場型示意圖

5.3 功率結合器(power combiner)

功率結合器可以將各個電台的信號合併以後經由同一個天線發射，這樣做的好處是可以節省天線和饋送器的成本。另一方面，使用功率結合器也可以提供發射器之間的有效隔離，以控制發射器的信號干擾。但是另一方面，使用功率結合器也要付出一些代價，例如在功率合併後需要考慮較複雜的天線設計，信號本身經過功率結合器也會增加損失，這都是在設計共站發射台時所需要考慮的地方。其他像是額外的成本花費(散熱裝置、擺設儀器的位置)，也是在共站的規劃之中需要考慮的。

一般來說，功率結合器必須要考量的因素如下：

1. 發射器之間的隔離度。
2. 插入損失(insertion loss)。
3. 反射損失(return loss)。
4. 失真。這裡包括振幅的失真和相位的失真，而相位的失真會造成頻率對相位的關係並非一個定值，根據群速延遲(group delay)的定義，由於不同頻率下相

位對於頻率的微分不同，而與相位延遲有所偏差。

5. 冷卻的方式，使用自然對流或是強迫對流，以及所需要額外的功率消耗。

常用之調頻電台的結合器架構有兩種。第一種是所謂的分支結合器 (branched combiner)，如圖 5.2 所示：

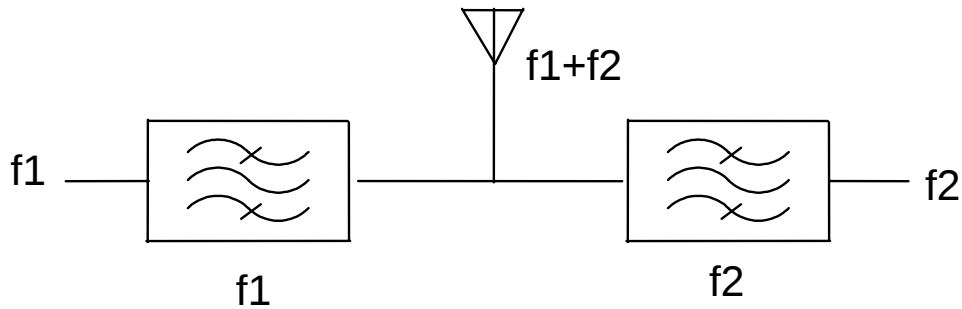


圖 5.2：分支結合器

此功率結合器主要是用兩個帶通濾波器分別濾出不同載波頻率的輸入信號，然後再將輸出合在一起。此種結合器在成本上較為經濟，但是可以提供的輸入頻道數最高只有三到四個，不太能符合目前共站規劃的需求。而此種架構的電壓駐波比 (VSWR) 通常較其他的結合器為高，也是其中的一個缺點。

圖 5.3 則是平衡式的功率結合器，透過兩個 3dB 的耦合器將兩個輸入信號結合。這種架構最為廣泛被使用在相鄰頻道很接近的調頻電台系統中，且此架構可以模組化的組成多個輸入的功率結合器，可輕易的達到共站系統中較多中功率電台的規劃。

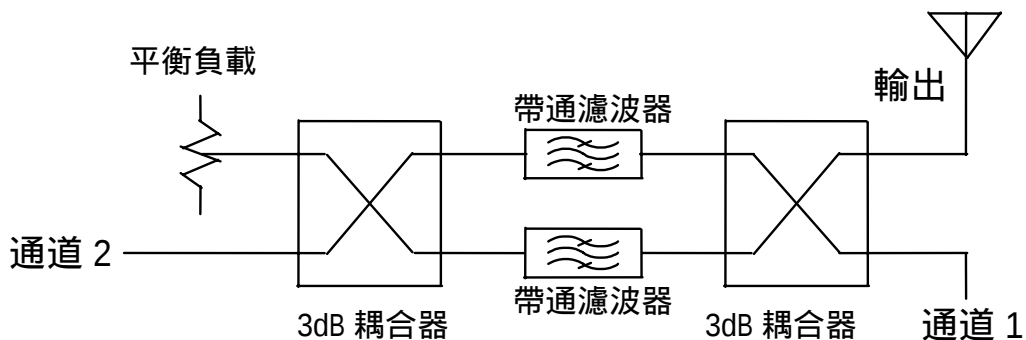


圖 5.3：平衡式功率結合器

調頻電台功率結合器可以容許的輸入電台數依輸入功率的大小，最大可容許功

率以及擬結合的電台數而決定。一般而言，單一電台的輸入功率越大，可容許的電台數越少。功率結合器通常依客戶的需求來設計。當每個電台的功率在 1~2kW 之間，15 個電台共用一個功率結合器是可行的。超過 15 個電台的功率結合器則需要特別的設計，且其成本會增加許多。因此當共站電台超過 15 台時，需使用二組的功率結合器及二組的天線陣列，同時需要更高的鐵塔及預留更大的設備空間。

10 個頻道之功率結合器，其方塊圖如圖 5.4 所示

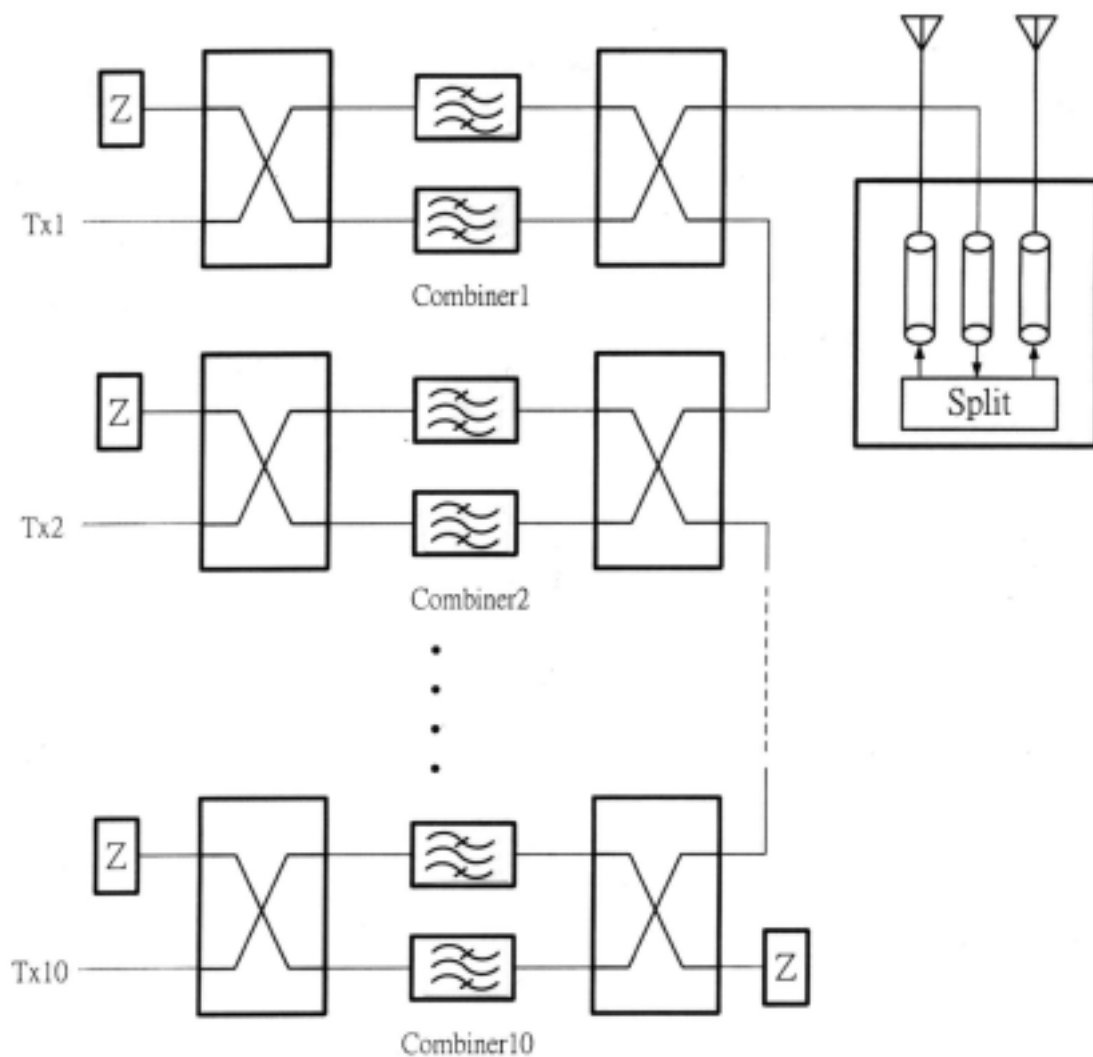


圖 5.4 10 個頻道的功率結合器

5.4 共站塔台高度，陣列天線元素個數及發射功率間的整體考量

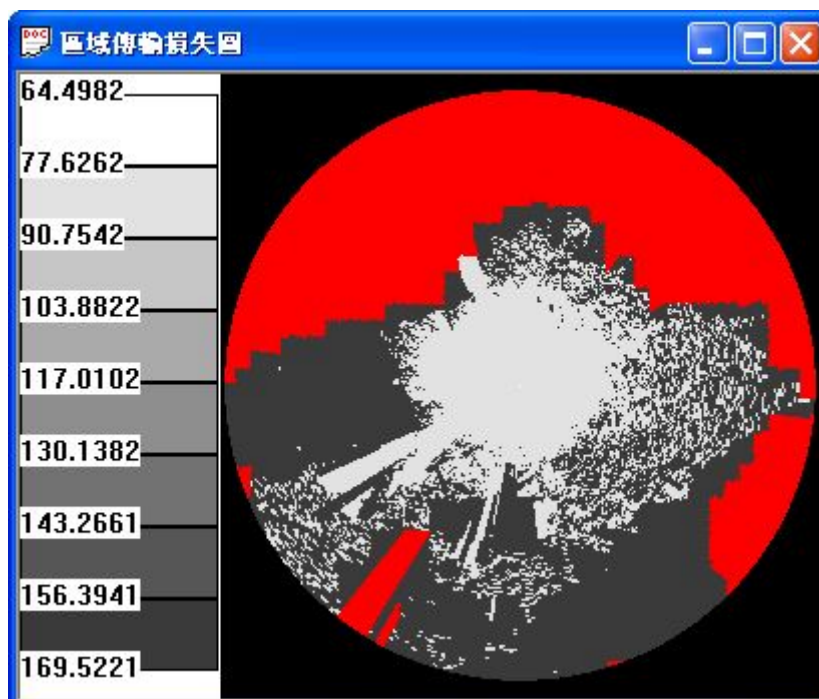
前面已探討過，天線高度、陣列天線、發射功率對電波涵蓋範圍影響。基本上這幾個因素互為影響，到底該如何搭配，則應考慮硬體建設的固定成本以及將來營運的變動成本。在平地上，天線高度愈高，涵蓋範圍愈廣，但塔台的建設成本愈高。天線陣列天線元素增多，增益增加，EIRP 變大，涵蓋範圍變廣，但天線建設成本增加，也需要更高的塔台。發射機功率愈大，功率放大器的成本愈高，需要更大型的功率結合器，空調及冷卻設備，也需要更多的電費。鐵塔、陣列天線、發射機、功率結合器，空調及冷卻設備是屬於固定資本，一次投資就可以長期使用，不會再增加營運費用。但是空調、冷卻以及發射機則需要電力來維持，每個月都需要支付電費。電費將是未來發射站營運的重要支出。下面將比較不同建設方式，所需的建設成本以及用電量。

目前大部份的中功率電台，多是使用 3kW 的發射機，天線多置於高層樓頂樓的塔台上，天線陣列多為 4 個元素。16 層樓的建物天線高度約為 65 公尺，26 層樓的建物，天線高度約 105 公尺。我們比較 65 公尺的天線高度，4 個天線元素，3kW 的發射機；105 公尺的天線高度，4 個天線元素，3kW 的發射機；以及 150 公尺的天線高度，8 個天線元素，1kW 的發射機等三種，三種不同組合的電波涵蓋範圍所需要的建設成本及每年所需的電費。我們以台北青年公園為共站地點，計算三種組合的 54dB μ V/m 的涵蓋範圍，結果示於圖 5.5 (a) 至 5.5 (c)。很顯然地，第三種組合有最大的涵蓋範圍。假設共站台有 15 個電台。發射機的效率為 60%。僅考慮發射機所需的電費，15 個站台 1kW 和 3kW，一年所需的度數分別為 $(1\text{kW} \times 24 \text{ 小時} \times 365 \text{ 天} \times 15 \text{ 台}) / 0.6 = 219000 \text{ 度}$ 及 657000 度 。每度的電費若為 2.5 元，使用 1kW 發射機，每年可節省電費將近 110 萬元。這尚不包括冷卻及空調的電費。

在建設成本方面，在平地上 100 公尺的鐵塔的建設費用約 1200 萬元，四個面，每面四個元素的天線陣列約 350 萬元；四個面，每面 8 個元素的天線陣列約 700 萬元。每頻道 1kW，15 個頻道的結合器約 600 萬元，每頻道 10kW，15 個頻道的結合器約 1200 萬元，每部 3kW 的發射機約 110 萬元，15 部 3kW 的發射機約需 1650 萬元。每部 1kW 的發射機約 45 萬元，15 部 1kW 的發射機約 675 萬元。

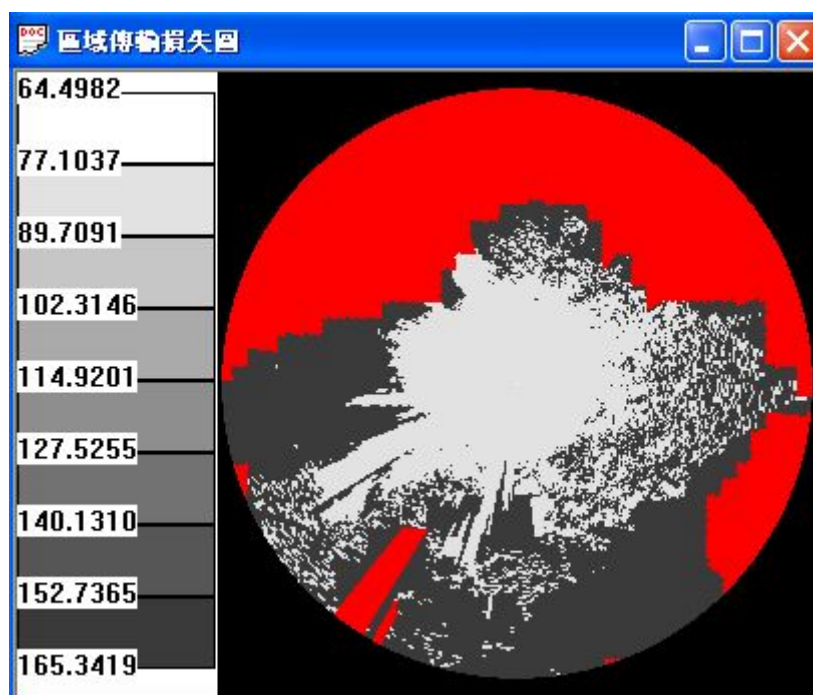
由以上的分析，很顯然地，較高的鐵塔，較多的天線元素，較低功率的發射機是較佳的組合，不只節省建設經費，每年也可節省相當多的電費。而且亦可以有更廣大的電波涵蓋範圍。

台北 EIRP:12kW Ht=65m Loss<133.79dB



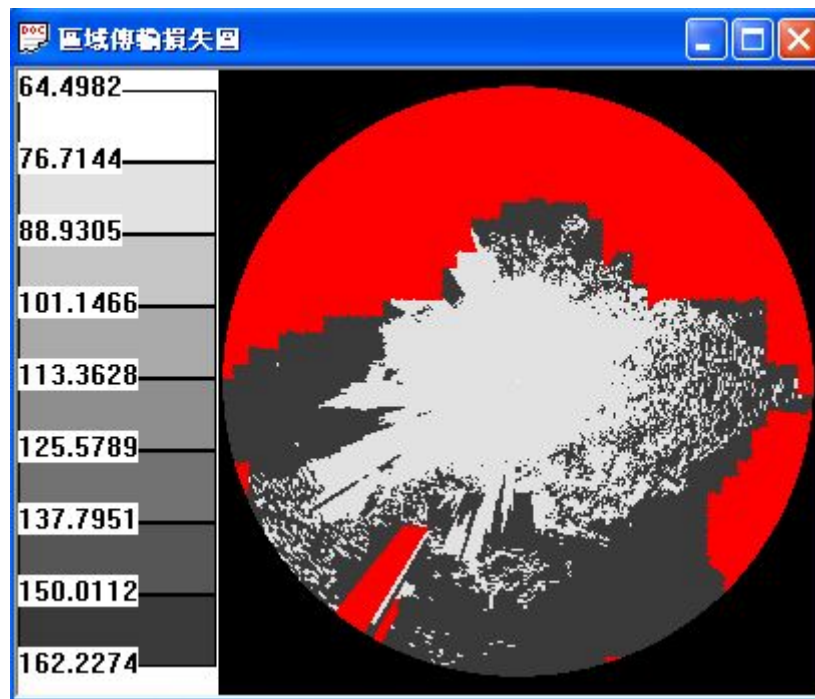
(a)

台北 EIRP:12kW Ht=105m Loss<133.79dB



(b)

台北 EIRP:8kW Ht=150m Loss<132.03dB



(c)

圖 5.5 三種不同組合的 54dbuV/m 涵蓋範圍

- (a)天線高度 65m,天線元素個數:4,發射功率:3kW
- (b)天線高度 105m,天線元素個數:4,發射功率:3kW
- (c)天線高度 150m,天線元素個數:8,發射功率:1kW

第六章 電台節目製作站與發射站間的訊號傳輸方式

在共站的系統規劃下，所有電台的節目製作部門和發射站為分開的地點，因此需要額外的成本來完成節目由製作部門傳送到發射站的工作，在這裡我們考慮兩種不同的傳送模式：衛星傳送和專線傳送。

衛星傳送是將節目製作後的信號由衛星中繼的方式送到各地的電台發射站，好處是較容易作為全國聯播的信號發送，但是成本較高且會受天氣影響。而專線傳送則是藉由電信業者的數據專線，將信號直接送至發射站，在成本上較衛星傳送的方式節省，而一般地區性的電台使用此種模式較為可行。圖 6.1 為規劃中電台傳送節目的示意圖。相關的電路或衛星租用費則列為參考，供以後評估節目傳送的成本估算。

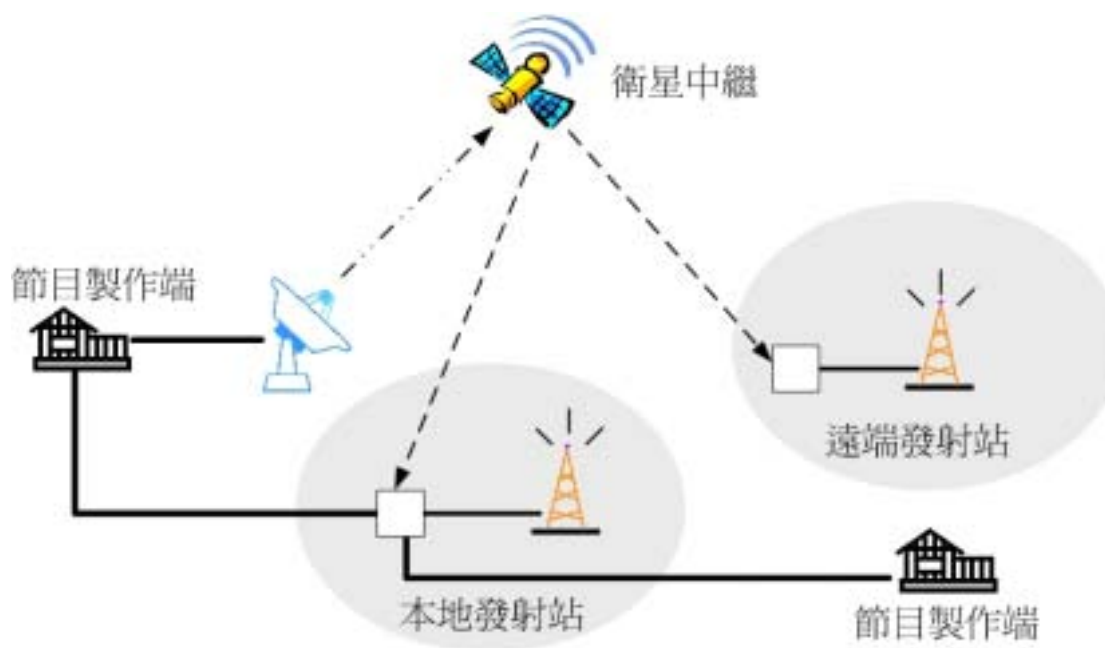


圖 6.1、電台節目傳送示意圖

市內數據電路月租費

本表生效日期：民國 91 年 2 月 1 日

單位：新台幣元

傳輸速率	音頻級	64K	128K~512K	768K~2048K
台北台中高雄 三大都會區	1,000	3,600	4,600	12,700
其他地區	1,000	3,600	4,600	14,000
界外電路 (每半公里)	125	450	450	1,462

長途電路各級月租費

本表生效日期：民國 91 年 2 月 1 日

單位：新台幣元

區間/速率		64K(含)以下	128~512K	768~2048K
台北~桃園		1,650	4,100	14,000
台北~台中		1,900	5,600	16,400
台北~高雄、新竹~台南		2,650	7,750	28,000
新竹~桃園、台中~彰化、高雄~台南		1,750	4,350	14,800
其他區間	第一級	2,200	4,800	15,000
	第二級	3,500	6,200	17,000
	第三級	6,400	9,100	31,500

註：其他區間之級數需參考中華電信網頁

衛星轉頻器費用

單位：新台幣元

電信機線設備	月租費	租用期間
Ku 轉頻器 頻寬 256KHz	50,000~60,000	一年
C 轉頻器 頻寬 256KHz	40,000~50,000	
上鏈站	20,000~30,000/Carrier	

由中華電信所提供的專線及衛星月租費率表，從節目製作站至共站發射站，使用專線每個月所需的月租費約為 5,000 元。將來若要在收訊不良地區增加 Gap filler，則可以在共站點，先將數個節目的信號結合後，用更高速的專線將節目傳送到 Gap filler 站來轉播。此種方式，比個別的電台單獨租專線做信號傳輸要便宜許多。若是節目要全國聯播，因為全國共站台將有十餘個站，若是站台間都使用專線傳輸，其費用將比衛星中繼的租金來得貴，因此，對於全國聯播的節目，使用衛星中繼將較為經濟。若是使用衛星中繼，在 Gap filler 端則可以直接接收衛星的信號，不必設置專線來傳輸基帶信號。

第七章 共站後之諧波交互調變及干擾

在一個無線通信系統中，為了將信號有效的傳至遠處，因此需要在發射端使用功率放大器將信號以大功率輸出，而在接收機中，也同樣需要低雜訊放大器來將經過通道衰減的信號放大。由於放大器是由電晶體等主動元件所組成，所以勢必會面臨元件非線性失真的問題，由於在調頻廣播系統中，信號是藉由載波所傳遞，因此諸如諧波失真、交互調變等等的問題，都會對鄰近的頻帶造成干擾。以下將評估在一個共站的規劃中，交互調變對系統內其他電台或是其他系統所產生的影響。

7.1 發射機的互調變

互調變之產生主要是主動元件或被動元件有非線性的成份。在發射端，當放大器的工作範圍不在線性範圍，就可能產生諧波而產生干擾。在 power combiner 部份，不同頻道的信號經共振腔濾波器及結合器。如果結合器的各個部份都是線性的元件，應該不會有互調變產生，因此不會產生諧波或差頻。各頻道信號在進入功率結合器之前，都是先經過自己的功率放大器。未來共站，各頻道的功率都不會超過 1kW，因此都應該在其功率放大器的線性範圍內。在進入功率結合器之後，因為沒有主動元件，亦沒有使用非線性材料，因此不會產生互調變的高次項諧波或差頻。從廠商所提供的目錄，都有標明互調變甚低，因此似乎可以不必考慮發射端互調變的問題。

發射端所產生的互調變效應與接收端的互調變效應不同，發射端所產生的互調變頻率，將在空中傳播，對任何地點的同頻率的接收機會產生直接干擾。而接收機端互調變的產生是因超過接收機放大器輸入端的飽和電壓而產生非線性效應。只有在共站台附近，場強甚強的地區才會產生互調變干擾。遠離電台之後，就不再有互調變干擾問題。

7.2 接收機端的互調變

針對接收機放大器的非線性特性，我們藉由頻譜分析儀的前級放大器來做實驗，測量對於不同大小的接收信號，會因放大器的飽和而產生何種程度的干擾。我們想要量測兩個共站的信號 P_1 、 P_2 ，對於相鄰頻帶的其他信號 P_3 所造成的干擾，因此藉由連接器將三個信號結合後送至頻譜分析儀的輸入端，然後量測其他交互調變諧波的干擾功率值。以下的量測單位皆以 dBm 表示，三個輸入頻率分別為 $f_1=108\text{MHz}$ ， $f_2=107\text{MHz}$ ， $f_3=109\text{MHz}$ 。 $P_{@xxx}$ 表示在 xxx 頻率的干擾項之功率。

「實驗一」

表 7.1 ($P_1=P_2=4.5\text{dBm}$)

P_3	$P_{@105}$	$P_{@106}$	$P_{@110}$	$P_{@111}$
0	-27.26	-22.09	-36.13	-45.44
-5	-32.35	-22.01	-41.97	-49.59
-10	-35.82	-21.56	-48.34	-57.81
-20	-44.67	-22.16	-58.8	-64.05
-30	-48.4	-22.84	-63.21	-67.05
-40	-50.95	-22.33	-65.15	-69.03
-50	-51.32	-22.68	-68.13	-68.16

表 7.2 ($P_1=P_2=1.5\text{dBm}$)

P_3	$P_{@105}$	$P_{@106}$	$P_{@110}$	$P_{@111}$
0	-51.05	-45.88	-53.98	56.38
-5	-53.15	-47.73	-56.57	-65.45
-10	-60.81	-47.67	-61.55	-72.08
-20	-62.06	-47.26	-71.46	****
-30	-68.01	-47.74	****	****
-40	-65.81	-47.81	****	****
-50	-70.03	-47.76	****	****

表 7.3 ($P_1=P_2=-1.5\text{dBm}$)

P_3	$P_{@105}$	$P_{@106}$	$P_{@110}$	$P_{@111}$
0	-64.94	-58.19	-61.13	-62.58
-5	-69.01	-62.46	-63.2	-74.21
-10	****	-62.68	-68.21	****
-20	****	-66.45	****	****
-30	****	-65.9	****	****
-40	****	-65.53	****	****
-50	****	-66.13	****	****

表 7.4 ($P_1=P_2=-4.5\text{dBm}$)

P_3	$P_{@105}$	$P_{@106}$	$P_{@110}$	$P_{@111}$
0	-64.91	-61.95	-61.96	-64.14
-5	-67.31	-63.68	-67.16	-72.28
-10	****	-65.49	-71.9	****
-20	****	-66.69	****	****
-30	****	-67.38	****	****
-40	****	-67.12	****	****
-50	****	-68.54	****	****

表 7.5 ($P_1=P_2=-7.5\text{dBm}$)

P_3	$P_{@105}$	$P_{@106}$	$P_{@110}$	$P_{@111}$
0	-65.01	-65.2	-62.78	-66.81
-5	-66.54	-68.78	-70.11	-72.23
-10	-68.34	-67.58	-71.82	****
-20	****	-68.34	-73.39	****
-30	****	-68.77	****	****
-40	****	-68.95	****	****
-50	****	-69.03	****	****

可以看出當 P_1 和 P_2 功率總和小於 7dBm 以下，則超過三階的交互調變項就會因為小於此頻譜分析儀的噪音底(noise floor)而無法量測。然後將其中的兩個輸入信號結合，也就是僅使用其中一個頻率，但具有兩倍大的功率，再來重新量測交互調變的影響。結果如下所示：

「實驗二」

表 7.6 ($P_1=7.5\text{dBm}$, $P_2=0$)

P_3	$P_{\text{⑩107}}$	$P_{\text{⑩110}}$
0	-57.34	-58.9
-5	-63.21	-68.87
-10	-68.16	****
-20	****	****

表 7.7 ($P_1=4.5\text{dBm}$, $P_2=0$)

P_3	$P_{\text{⑩107}}$	$P_{\text{⑩110}}$
0	-62.77	-61.74
-5	-67.41	-72.39
-10	-72.55	****
-20	****	****

表 7.8 ($P_1=1.5\text{dBm}$, $P_2=0$)

P_3	$P_{\text{⑩107}}$	$P_{\text{⑩110}}$
0	-67.64	-64.41
-5	-72.5	-73.2
-10	****	****

表 7.9 ($P_1=-1.5\text{dBm}$, $P_2=0$)

P_3	$P_{\text{⑩107}}$	$P_{\text{⑩110}}$
0	-72.25	-67.32
-5	****	-73.43
-10	****	****

表 7.10 ($P_1=-4.5\text{dBm}$, $P_2=0$)

P_3	$P_{\text{⑩107}}$	$P_{\text{⑩110}}$
0	****	-71.21
-5	****	****
-10	****	****

其結果顯示當輸入的信號越多的時候，雖然總功率不變，但是對於相鄰頻帶所造成的干擾也越大。當接收機所收到總功率一樣，可以得知在共站的情況下(實驗一)，因為接收機所收到不同載波頻率的功率大小相仿，因而產生較大的干擾，而在非共站的情況下(實驗二)，因為接收機所收到信號功率相差較大，所以產生的干擾項就會被較小的信號所限制。

為了進一步預測當輸入頻率數增多時交互調變的干擾，我們可以對放大器的非線性特性作一個分析，並藉由數學的模型來探討其影響。

首先，考慮到放大器的非線性特性，通常一個放大器在高於某一個輸入功率後，其增益會開始呈現逐漸下降的狀態，也就是輸出的功率無法無限制的隨輸入而增加。每一個不同的放大器，都可以由其輸入和輸出的關係，得到一個由多項式寫成的近似曲線(如圖 7.1)，在此我們假設：

$$y(t) \approx a \cdot x(t) + b \cdot x(t)^2 + c \cdot x(t)^3 \quad (7.1)$$

其中 $x(t)$ 和 $y(t)$ 分別代表放大器的輸入和輸出信號， a ， b ， c 為常數，其值的大小由放大器所使用的元件參數來決定，亦可由量測方法來獲得，高於三次方的項則予以忽略。

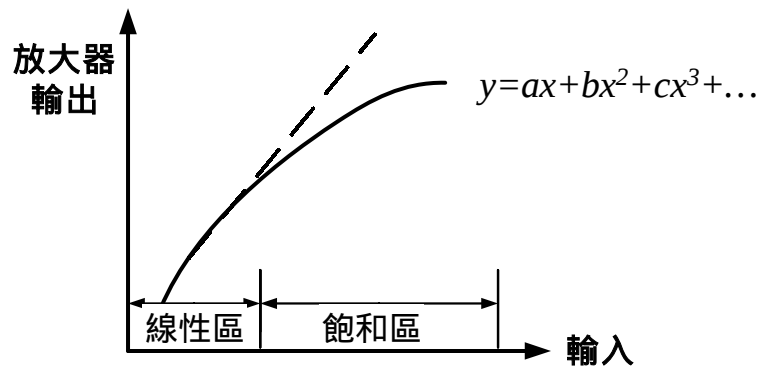


圖 7.1：接收機輸入輸出關係示意圖

對於一個共站的系統，可以假設此系統中的每一個電台都使用相同的功率。對於同一個接收地點，每一個電台的信號假設都經過相同程度的衰減，但是信號的相位卻不一定相同。基於以上假設，可以將接收機前級所得之信號定義為：

$$x(t) = \sum_{i=1}^N x_i(t) = \sum_{i=1}^N A \cdot \cos(\omega_i t + \phi_i) \quad (7.2)$$

其中 ω_i 和 ϕ_i 分別是第 i 個輸入信號的頻率和相位， N 則是輸入信號的個數。

將式(7.2)代入式(7.1)中，可以得到：

$$\begin{aligned} y(t) &\approx a \cdot x(t) + b \cdot x(t)^2 + c \cdot x(t)^3 \\ &= a \cdot \left(\sum x_i(t)\right) + b \cdot \left(\sum x_i(t)\right)^2 + c \cdot \left(\sum x_i(t)\right)^3 \end{aligned} \quad (7.3)$$

其中對於相鄰頻帶影響較大的為三次項的部分，因為三次的交互調變會落於原輸入頻率的附近，而影響系統內其他電台的頻道。考慮三次項的部分，可以得到下面的式子：

$$\begin{aligned} \omega &= 2\omega_i - \omega_j : \frac{3A^3c}{4} \cdot \cos[(2\omega_i - \omega_j)t + (2\phi_i - \phi_j)] \\ &= \omega_i + \omega_j - \omega_k : \frac{6A^3c}{4} \cdot \cos[(\omega_i + \omega_j - \omega_k)t + (\phi_i + \phi_j - \phi_k)] \end{aligned} \quad (7.4)$$

放大器參數 a/c 之值可以由實際量測放大器之輸入對輸出關係得出，另外，也可以由其規格所給定之三階輸入截取點 (IP3) 反推之：

$$A_{IP3} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{a}{c}} \quad (7.5)$$

用一個實例來表示上面的結果，假設各頻道輸入的功率皆為 0dBm，放大器參數 a/c 為 10^{-1} ，則可以將 N=7, 11, 15 的情況，分別畫出其三階交互調變的結果，圖 7.2 為單邊的交互調變項。

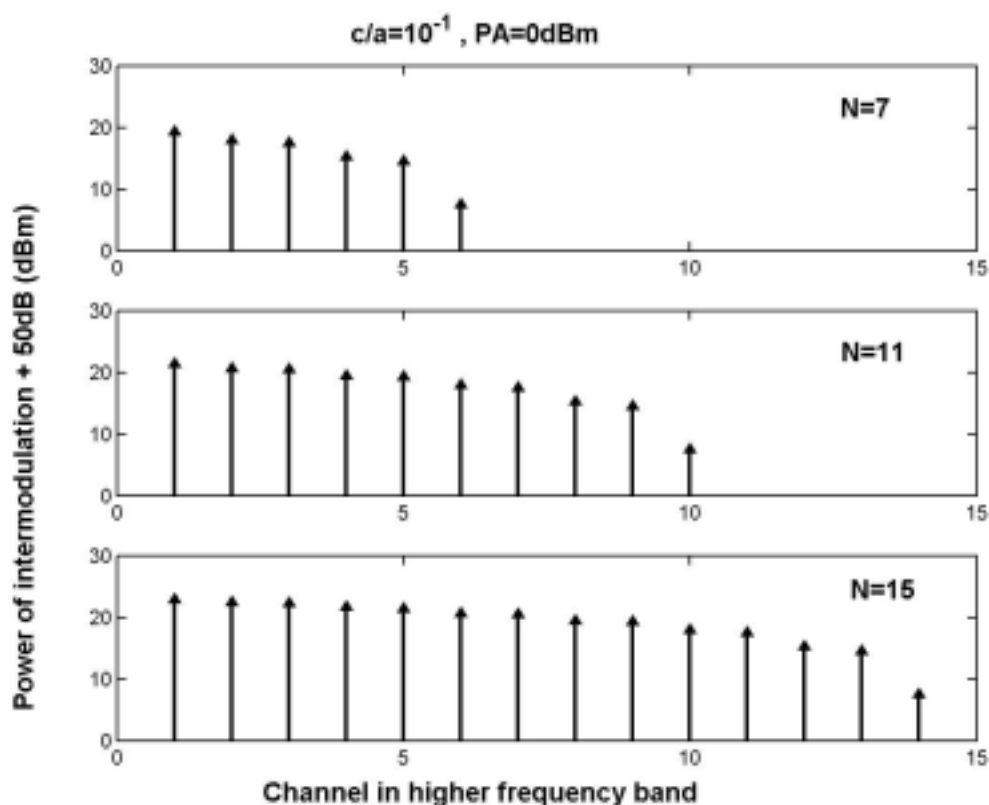


圖 7.2、接收機飽和情況下，第三階的交互調度

由圖 7.2 可知，隨著輸入的頻道數目增加，在各頻道功率不變的情形下，交互調變的影響也就越大，不僅是在相鄰頻道的干擾功率增大，且影響的頻道數也會隨之增多。在圖 7.3 中，則假設交互調變為最嚴重的情況，也就是所接收信號皆同相位的時候($\phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \dots$)，所得到的結論和上面也相差不遠，因此我們可知在理論上隨著頻道數的增加，交互調變的影響必定越大。

對於共站的系統來說，交互調變對於其他共站的電台影響較小，這是由於接收機所收到的信號皆經過約等長度的路徑衰減，可以確保所想得到的電台信號一定會大於交互調變的干擾。但是對於相鄰頻帶的應用來說，就會產生一些限制，例如對於飛航頻道的影響方面，鄰近發射站的高場強值會使得飛安系統的頻道易遭受到調頻電台交互調變的影響，在此一方面，則要考慮航空器接收機的頻率選擇性和線性度，也就是需要有接收機的天線頻寬特性、濾波電路、和放大器架構相關資訊，才能進一步瞭解影響所及的範圍和大小。

由以上可知，交互調變所產生的影響和接收機所收到的信號大小有關。由於

調頻電台的信號在室內一般都小於-40dBm，所以交互調變所生的影響並不大，但是在室外空曠處尤其是在視野範圍(line of sight)，則是需要考量的部分。

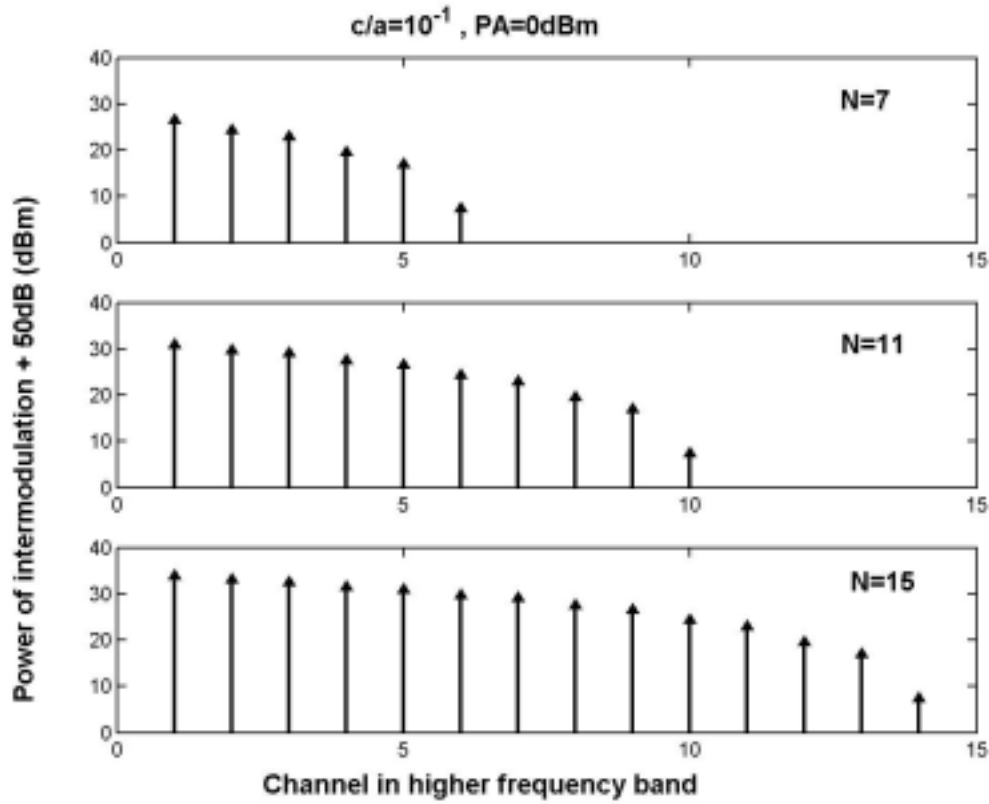


圖 7.3、接收機飽和情況下，各頻道成份皆為同相時的第三階交互相調變

在視野範圍的電波傳遞可以用自由空間的傳播模型來預測，在自由空間中接收機所接收來自 d 距離遠之發射機之功率為：

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (7.6)$$

其中 P_t 為發射功率， $P_r(d)$ 為接收功率， G_t 和 G_r 分別為發射機和接收機天線的增益， L 為系統損失因素， λ 為波長以公尺為單位。

為了進一步簡化式(7.6)，假設系統的硬體沒有任何損失，也就是 $L=1$ ，且不考慮天線的增益，使得 G_t 和 G_r 皆為 1，則可以定義自由空間中的通道損失為

$$PL(dB) = 10 \log \frac{P_t}{P_r} = -10 \log \left[\frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] \quad (7.7)$$

上述的通道損失在遠場區域皆可符合。藉由電波的頻率和接收機距發射機的距

離，便可以預估在自由空間中的通道損失。

為了對式(7.6)有進一步的概念，我們可以定義一個參考距離當作已知的接收功率參考點。此距離 d_0 也必須要符合遠場區域的範圍，由式(7.5)

$$P_r(d) = P_r(d_0) \left(\frac{d_0}{d} \right)^2 \quad (7.8)$$

由於接收功率多以 dBm 來表示，所以將式(7)改寫為

$$P_r(d) \text{ dBm} = 10 \log \left(\frac{P_r(d_0)}{0.001 \text{ W}} \right) + 20 \log \left(\frac{d_0}{d} \right) \quad (7.9)$$

視野範圍中通常以 1 公里作為參考功率的參考距離，由式(7.8)右邊的第二項可知，每當距離增加(或減少)一倍，則通道損失則增加(減少) 6dB，因此，可以很容易的得出通道損失和距離的關係。假設每個電台的 EIRP 為 2kW，便推得不同距離下接收機所得的信號大小。(表 7.11)

表 7.11

距離	100m	200m	500m	1km	2km	5km	10km
接收功率準位 (dBm)	10.6	4.6	-3.4	-9.4	-15.4	-23.4	-29.4

由表 7.11 不同距離下接收功率值，配合前面推導之放大器非線性特性，可以計算出當共站發射電台功率為 2kW 時，在不同距離下接收機因非線性失真所造成交互調變的影響。圖 7.4 中可以看出，由於我們考慮的交互調變主要是三階的失真，所以隨著接收功率準位的下降，交互調變會減少的更快，當距離超過 10km 後，交互調變項已低於 -100dBm。

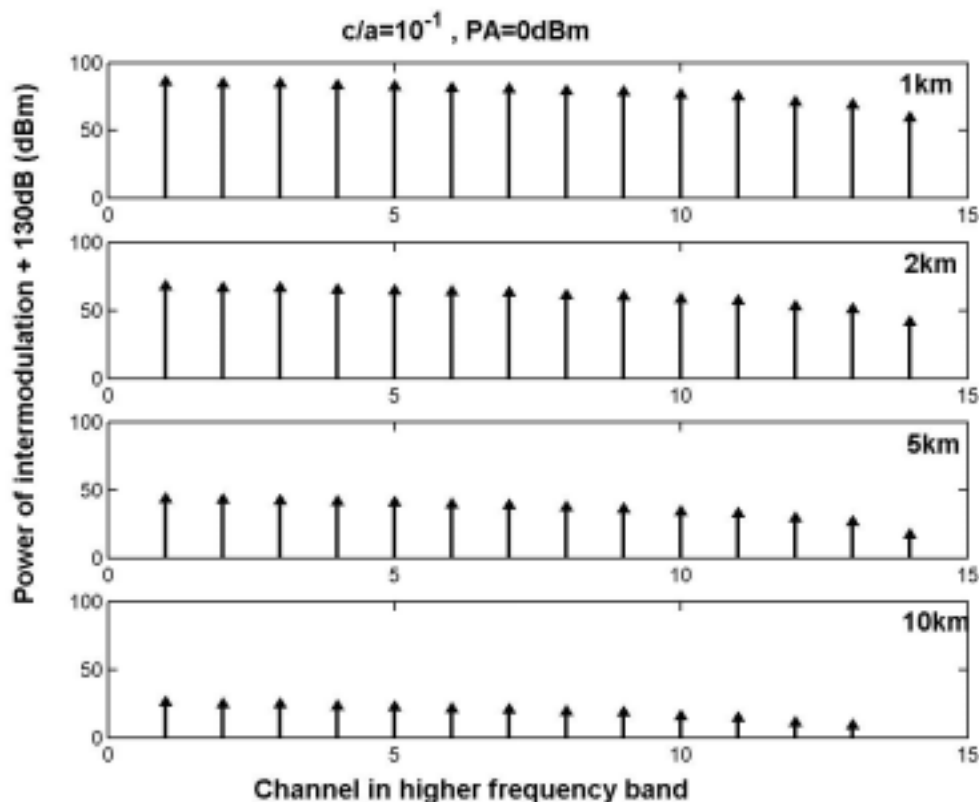


圖 7.4、不同距離時的第三階交互調變

由於飛行物體對於調頻電台天線來說為視野範圍，所以遭受到交互調變所干擾的影響最大，因此由以上交互調變和自由空間中通道損失，我們就可以用來評估發射機功率的大小，和所影響的範圍，使得電台共站的位置可以避開飛機的航道。

7.3 廣播共站互調變的量測

上節分析了廣播共站可能產生的互調變，本節則討論國內一些廣播共站的實例，以及展示共站互調變的量測結果。

廣播發射站台為了避免被阻擋，以及增加電波涵蓋範圍，往往選擇制高點的位置。在多山的地形，適合的發射站位置並不多，因此一些山頭成了發射站台的最愛，許多發射站台都設置在同一山頭。例如，在竹子山上方圓一公里內就有許多家電視台，例如中視、台視、公視、華視，以及 FM 廣播電台，如中廣、漢聲、警廣在同區設站。而就在 2.5 公里距離內亦有民航局 VOR 助航站台。這些站台的

發射功率甚至高至 30 kW，全部的發射功率超過 200 kW。雖然這些站台有各自的鐵塔，但因為距離甚近，所產生的互調變效應與共站電台會很類似。而這些站台已存在甚久，對附近 VOR 電台的干擾應在容許範圍之內。因此，上節模擬分析所示的互調變結果，應只是一個上限，實際上互調變的頻率不一定落在飛安使用的頻率，而飛安所使用的天線及接收機前端的濾波器效應，亦會減少互調變所產生的影響。

在台北市區內亦有中功率電台共站及其他電台設在鄰近大樓的情形。這些電台成了量測互調變效應的最佳電波源。飛碟電台（頻率 92.1 MHz）及台灣全民電台（頻率 98.1 MHz），係使用同一鐵塔，發射功率皆為 3 kW，各自使用四個天線元素，圓極化的全向性天線陣列。鐵塔設在 26 樓的樓頂上，天線高度約 100 m。在距離約 100 公尺的大樓，亦有寶島新聲電台（頻率 98.5 MHz）。我們在延平南路電信總局的頂樓進行互調變量測實驗，頂樓與飛碟電台及台灣全民電台相距約 1.5 公里，有視線存在，中間未被阻擋，與寶島新聲電台之間則有大樓阻擋。量測器材為場強計，天線長度為可調整式的偶極（dipole）天線。量測值為電壓值（dB μ V），並輔以收聽解調後聲音的品質來作為干擾判斷的參考。我們在頂樓同一位置，進行不同極化（水平極化及垂直極化）以及對準不同方向，記錄不同頻率的量測值，量測結果如表 7.12 所示。

表 7.12、視野範圍內無線調頻電台之信號強度量測

頻率 (MHz)	信號強度 (dB μ V)							
	天線方向(水平)				天線方向(垂直)			
	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
98.1	88.1	86.2	88.7	84.0	98.8	96.4	96.8	95.5
98.5	88.7	87.3	89.7	78.1	76.6	76.8	74.3	76.0
98.9	75.3	81.9	79.4	82.1	81.5	85.8	82.3	84.6
92.1	97.0	97.8	92.1	87.4	98.0	96.8	101.9	101.2
104.1	94.5	87.3	92.6	84.9	未量測			
86.1	65.9	64.4	70.6	67.6				

對於第三階的互調變，98.1 MHz 和 92.1 MHz 會產生 104.1 MHz 和 86.1 MHz 的頻率，98.1 MHz 和 98.5 MHz 會產生 98.9 MHz 的頻率。但因 104.1 MHz 及 98.9 MHz 都有電台在廣播，因此所量到數值不能代表互調變的結果，而 86.1 MHz 因沒有電台在使用，因此可以視成互調變的結果。表中顯示，對於 104.1 MHz，因該電台所發射的電波場強值極大於互調變的干擾，因此可以清晰的收聽到電台的節目，不受互調變的干擾。但是我們在另一次相同的環境下，轉動天線對準飛碟電台時，104.1 MHz 電台的信號減弱，發現收聽到的是飛碟電台的節目，顯示受到互調變的干擾。而 86.1 MHz 所解調出來的信號，確實是飛碟電台的內容。

接著，我們探討接收機置於室內時，互調變所產生的影響，我們在電信總局七樓的實驗室進行量測，結果如表 7.13 所示。由表中顯示，各電台的場強，均遭到 20~30 dB 的衰減，其衰減程度與電波的來向及中間被阻擋的情況有關。但是可以發現 86.1 MHz 被衰減達 50 dB，亦不再聽到飛碟電台的內容。但是表中所顯示的數值已在接收機的 noise floor 之內，不代表真正的互調變結果。上面的實驗，顯示互調變的干擾，在有視線情況下較為嚴重，但接收機移到室內，場強減弱之後，互調變現象就不構成問題。

表 7.13、室內無線調頻電台之信號強度量測

頻率 (MHz)	信號強度 (dB μ V)	
	天線方向(水平)	天線方向(垂直)
98.9	59.8 ~ 61.2	66.4 ~ 68.9
98.5	42.8 ~ 53.6	45.2 ~ 53.2
98.1	63.2 ~ 65.1	63.4 ~ 67.1
92.1	55.0 ~ 64.1	63.2 ~ 68.0
104.1	59.2 ~ 63.0	49.3 ~ 56.5
86.1	16.8 ~ 24.7	17.3 ~ 23.6

另外，我們亦考慮二階互調變的影響。由於廣播電台頻率二階互調變大致落於無線電視台的頻段，因此我們探討互調變對於電台附近居民收視無線電視的影響。我們在電信總局頂樓，調整偶極天線的長度，分別是對應於 100 MHz 的長度及 200 MHz 的長度，來接收記錄二倍頻及兩接收頻率相加頻率的場強，量測結果示於表 7.14 及表 7.15。

表 7.14、二階交互調變之信號強度量測（天線長度為接收 100 MHz 之信號）

頻率 (MHz)	信號強度 (dB μ V)			
	0°	90°	180°	270°
190.2	64.8	53.5	60.0	54.0
190.6	40.9	47.4	41.6	47.7
196.2	55.5	46.3	52.5	47.1
184.2	59.8	42.0	52.6	43.2

表 7.15、二階交互調變之信號強度量測（天線長度為接收 200 MHz 之信號）

頻率 (MHz)	信號強度 (dB μ V)			
	0°	90°	180°	270°
190.2	44.5	47.5	50.5	45.2
190.6	39.5	50.5	45.0	51.1
196.2	22.1	27.1	20.3	22.3

表中 190.2 MHz 是 (92.1 + 98.1) MHz，190.6 MHz 是 (92.1 + 98.5) MHz，196.2 MHz 是 (98.1 + 98.1 或 92.1 + 104.1)，184.2 MHz 是 (92.1 + 92.1) MHz。由於中視的頻率範圍為 186 ~ 192 MHz，因此 190.2 及 190.6 MHz 的信號包含中視的節目訊號及互調變信號，無法加以分辨，而 184.2 及 196.2 MHz 則是二階倍頻

的結果。比較兩個表顯示，當使用 100 MHz 的天線時，二階調變的值與電視信號值相當。但是使用 200 MHz 天線時，因為 200 MHz 的偶極天線對 FM 信號有濾波作用，進入到接收機的信號減小，因此二階調變也就明顯減小，這在表 7.15 中 196.2 MHz 的場強值明顯減小可以看出來，而且這個數值亦在 noise floor 範圍。但是對於 190.2 MHz 及 190.6 MHz 則因為仍屬於電視信號，因此與表 7.14 中的場強值大小差異不大。

由於電視信號的頻寬是 6 MHz，而二階互調變的頻寬較小，我們在同一位置，量四家無線電視台影像方面的信號強度值，結果如表 7.16 所示。表中，中視的場強值明顯高於表 7.15 中的 190.2 MHz 及 190.6 MHz 的數值。這是因為表 7.16 所代表的是整個影像信號頻寬的總電壓，而表 7.15 則只是場強儀所定的頻寬內的電壓值。因此二階互調變對電視接收的影響，應是對於某些頻率信號的影響，而不是全面畫面的影響。

表 7.16、無線電視台於電信總局樓頂量測之信號強度值

頻率 (MHz)	信號強度 (dB μ V)							
	天線方向(水平)				天線方向(垂直)			
	0°	90°	180°	270°	0°	90°	180°	270°
民視	80.1	75.9	83.3	75.2	70.2	70.4	67.9	62.1
台視	64.8	65.0	70.1	68.3	60.1	57.8	61.3	64.1
中視	65.9	67.2	70.1	68.1	64.9	57.3	65.8	63.7
華視	68.9	53.2	70.7	62.8	65.3	56.1	61.1	63.9

第八章 共站可能面臨的問題及克服方法

台灣本島的廣播電台若能全面都採共站，將是台灣在無線廣播界獨步全球的前瞻做法。雖然全面共站，有前幾章所述的諸多優點，然而將來要全面推動，亦會面臨諸多問題，例如：業者的疑慮與加入意願，土地的取得與民眾的抗爭，頻道電台與發射站台間的關係與權責，緊急狀況下的備站措施，站台的籌資與興建，政府介入的程度等等。本章將探討共站可能面臨的問題，以及克服的方法。

8.1 業者可能的顧慮及因應業者疑慮的方法

現有廣播電台都有自己的發射設備以及工程人員，驟然要改換成共站，對於其未來的發展及經營，不免引起恐慌與疑慮，茲就業者可能的疑慮及解決方法，分述如下：

1. 節目製作站與電波發射站分離，增加訊號傳輸的專線租用費用

目前，許多電台的發射站台與節目製作站台是在同一建物，節目訊號可以直接輸入至發射機的調變器。共站之後，節目訊號須經由專線接到遠端的共站台，因此會增加專線租金的營運成本。目前，亦有部份電台其節目製作與發射站台分離，利用專線，ISDN，或是衛星來傳送節目訊號。每一頻道所需的專線月租費不超過 5,000 元，因此應不至於構成太大的負擔。

2. 能否保有原來的電台頻率

共站之後，各站台頻率間隔及分配需要重新整體規畫，因此部份電台頻必需有所更動。有些聽眾已習慣於電台的頻率，若是改變頻率，聽眾需要一段適應期，甚至於就失去了聽眾。老字號的電台是不願意輕意改變頻率的。但是並非所有電台的頻率都需要更動頻率，應該可以有一半的電台不必更動。因此，可以由電台選擇是否更換頻率。對於必須改變頻率的電台，可以在定期內給予頻率使用費的折扣，以作為補償。

3. 發射站台遷移到共站台，原有發射設備是否可再使用或需重新投資

現有的電台都有其發射設備，包括調變器、發射機、功率放大器、天線、鐵塔

等等。鐵塔及天線，當然都不能搬移到共站台。發射機部份，各電台使用的廠牌不同，規格亦不盡相同，例如有 3kW，1kW 或 500W 等不同的規格。共站之後，站台內各頻道的發射機最好是同廠牌，同規格，如此才容易管理，因此共站電台內的設備最好是一併規畫，一併採購。這些新的設備是由廣播電台各自負擔或是由未來的共站台發射公司來投資，再向各頻道電台收取費用，可以由未來發射公司的經營型態及組織來做決定。但是共站之後，亦需考慮到戰時或緊急情況的應變措施。現有的設備或許可當作應變措施的備胎。

4. 服務區域的調整

現有電台有大功率、中功率及小功率之分，各電台的台址不同，因此服務的範圍亦不相同。共站之後，同站台的各頻道電台都有相同的電波涵蓋範圍，也都是屬於中功率的電台。原有大功率的電台涵蓋面可能由二到三個共站台來涵蓋，中功率電台則可能需調整其服務範圍，小功率電台則明顯增加了涵蓋面積。服務區域的調整，各電台需針對其聽眾群來重新調整其營運計畫。然而整體而言，共站之後各電台的服務範圍應該不會小於現有服務範圍，因此這項顧慮容易解決。

5. RF 工程人員可能失業的疑慮

目前許多中小功率電台的規模不大，工程人員在 RF 方面的工作量不多，因此常要兼負其他業務，無法獲得 RF 方面的訓練及技術的提升。然而共站之後，電台只需專注於節目製作，不再需要 RF 工程人員。現有工程人員將面臨失業的恐慌。然而共站之後，發射站台的技術層次提高，也需要更多的工程維護人員。現有電台工程人員將有機會轉至共站台工作，學習更先進的技術。因此，共站電台的成立反而可以提供更高技術層次的工作機會。

6. 緊急狀況下如何播音

共站電台在平日運作正常時，可以發揮許多優點，但是遇到戰時或天災時，共站電台一旦遭到破壞，則所有電台都不能發聲，重大訊息將無從傳播，這對於國家安全，以及人民生命財產都是很大威脅。為顧慮到這種情況，電台應有緊

急應變措施。電台似乎可以利用遷台後所留下的現有發射設備，做為緊急情況時發聲使用。

7. 與共站發射站台的權責關係以及有糾紛時的處理

電台業者最顧慮的事情應是他們與共站發射站台間的權利與義務，電台的節目訊號是否能夠暢通無阻的傳播出去，會不會受到控制要脅而喪失自主權。當碰到與發射站台有糾紛時，會如何處理。這些都是相當重要且實際的問題。因此在推動共站之前，必須先由政府邀請所有電台業者，有意經營共站台業者，傳播人士，法規人士及學者專家，制定出各方可以接受的共站台管理規則及營運規範，以解除電台業者的疑慮。

8.2 廣播共站可以提供的誘因

未來現有電台業者是否願意共站，會與廣播共站所提供的誘因息息相關，廣播共站可以提供的誘因如下：

1. 可以獲得較為良好的工程品質及較低的營運成本

中小功率電台由於經營規模較小，工程人員通常只做一般維護性質的工作，遇到工程問題時，缺乏解決問題的能力，共站之後，由專業人員來負責維修，可以維持較為良好的工程品質。而且共站之後，不必設置機房天線、及鐵塔，可以節省空間及空調設備，亦不必設置 RF 工程人員。因此可以節省空間，電費及人力，但每個月要負擔傳輸專線的租用費用，以及委託發射費用。整體而言，委託發射成本應該會低於自行發射成本。可以降低營運成本，現有電台業者才比較有意願加入。

2. 可以避免居民的抗爭

目前，許多中小功率電台的天線置於大樓的頂樓。居民由於對電磁波的疑慮，常常會要求電台把天線遷移到他處，因此電台需要增加鐵塔的用地費用，裝置費用，維護人員的費用，以及信號的傳輸費用。廣播共站之後，電台只需專心製作節目，不必擔心居民的抗爭，電台辦公室及節目製作室位址的選擇更具彈性，不必要選在大樓的頂樓。可以避免居民抗爭，應是電台業者願意加入共站

的誘因之一，尤其對於新設電台更是。

3. 可以擴大服務範圍，增加營業規模

目前中功率電台 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的半徑約為 20km ，小功率電台相同場強的半徑約為 10 km ，這兩種電台同時要受到廣播區域的限制。未來共站電台的服務半徑約為 25 km ，所有電台都是中功率電台，大功率電台可以經由 2~3 個共站電台聯播，而維持原服務範圍或增加範圍，而且也不限制電波外溢到相鄰廣播區。擴大服務範圍可以增加聽眾人口，對於廣告的爭取應該更具商機。而且共站位址可以選擇最佳的地點，鐵塔及天線場型可以精心設計，因此共站台所有頻道電台都可以有良好的電波涵蓋範圍，這對於發射位置不是很好的現有電台，以及新設的電台，應該是他們願意加入共站廣播的極大誘因。

4. 可以鼓勵小功率電台合併為中功率電台

小功率電台涵蓋範圍較小，服務人口較少，營運規模較小，因此比較不易爭取到廣告。目前許多小功率電台經營業績不佳，或淪為賣時段或是變成他台的聯播台。共站之後所有電台都成為中功率電台。若所有小功率電台都可以直接轉換成中功率電台，似乎有違當初申請時的規定，對於現有中功率電台亦不盡公平。如果數家小功率電台能夠合併成一家，而把多出的頻率繳回，則值得鼓勵合併。對於有意擴大營運規模的小功率電台，經由共站來准許其合併，應是誘因之一。

5. 准許聯播及策略聯盟，開放全國台的申請

現有中小功率的電台雖允許聯播，但是必須經過核備，且聯播比例有一定的限制。而目前也沒有再開放全國台的申請。為了增加播音的服務範圍，有些電台策略聯盟，而形成聯播網。共站之後，各共站電台若聯播同一節目，性質就形同全國台。如果某些電台所提供的訊息適合各地區的聽眾，且有其市場需求，只要不造成資訊壟斷，似乎沒有理由禁止全面聯播。開放全國台的申請，亦有其他的好處，尤其是可以照顧到收訊不良地區的民眾。因為共站之後，各頻道電台的電波傳播特性約略相同，有一些人口密集的山區將收不到任何電台的訊

號，要改善這些地區的收訊，必需設置 Gap filler，但是必須先把節目訊號傳送到 Gap filler 端才能將節目訊號轉播出去。若是租用專線，專線租金由誰負擔？如果有全國台節目，這些節目會經由衛星傳送到各站台。這時 Gap filler 端不必租用專線也可以接收到衛星轉送的全國台節目訊號，因此開放全國台的設置，Gap filler 端的民眾，至少也有全國台的節目可以收聽。如果共站廣播可以准許聯播及策略聯盟，也開放全國台的申請，盡量減少對電台業者的限制，對電台加入共站行列，應最具誘因。

6. 規定新設電台，必須共站

新設立的電台，其發射設備，包括發射機、天線、鐵塔，都尚未採購，電台的發射位置也都還沒有取得，要求其加入共站，他們可以不必去顧慮工程的問題及民眾的抗爭，因此其配合意願一定很高。

7. 可以有效杜絕非法電台，維護電波秩序

目前非法電台猖獗，漠視法律，不理電波管理及廣播規範，破壞廣告行情，任意架設電台，不僅干擾了合法電台的收聽品質，更造成不公平的競爭，嚴重影響了合法電台的權益及生存。無法有效杜絕非法電台的存在，是合法電台及政府心中永遠的痛。共站之後，若是可以規範，除共站台之外，不能私自擁有發射器材，同時嚴格取締非法電台，讓合法電台能不受到電波干擾，可以在公平合理條件下相互競爭，相信會是現有廣播電台願意加入共站廣播的誘因。

8.3 共站廣播政府應扮演的角色

共站廣播要能順利推行，除了現有廣播業者的配合之外，政府更要扮演積極的角色。政府要做的事情如下：

1. 提供誘因，讓現有業者願意加入

可提供的誘因，如上節所述。

2. 制定廣播業者與發射站台之間的關係與規範

目前廣播業者同時是節目製作者，頻道擁有者，以及電波發射者。未來廣播共站的政策是否要像有線電視一樣，分成節目供應者及系統經營者，亦即是製播

分離。發射站台是否僅是接受委託代為發射，或是為頻率的擁有者？發射公司與廣播業者間的關係及規範如何，必須由政府來制定。

3. 協助成立共站台發射公司，及共站電台土地的變更與取得

未來共站台不宜由政府直接經營，應該由民間成立廣播共站台電波發射公司。

共站台位址的選取，必須符合第一章所述的規範。選取的位址若是地目不合或屬於國有地，政府應該幫助電波發射公司來變更地目及取得土地。

4. 嚴格取締非法電台，維護廣播及電波秩序

廣播共站雖然有諸多優點，但是方案能否推行成功，端賴現有廣播業者是否願意加入，以及願意共同遵守規範。如果共站之後，非法電台仍無法杜絕，隨意架設，造成不公平競爭，那麼現有業者將不願意加入。就如同建了設備、環境均佳的公有市場，但是周遭仍是攤販充斥，那麼對於是否搬入公有市場就會裹足不前。因此政府必須發揮公權力，嚴厲取締非法電台，維護廣播及電波秩序，現有業者才願意配合。

5. 規畫戰時及緊急狀況的應變措施

廣播電台共站，平時可以發揮許多好處。但在戰時，將是敵人攻擊的主要目標。廣播電台在戰時的重要性，不言可論，一旦遭受破壞，人民生命財產及國家安全將受嚴重損害。如果遇到天災，電台遭受破壞，所有廣播將會被迫停擺。為防範這些情況發生，政府必須預先規畫戰時及緊急狀況的應變措施，例如必須有備用電台及備用發射設備，否則損失將不計其數。

8.4 廣播共站施政可能面臨的困難

廣播共站雖經仔細的評估與規畫，但是在施政上仍會面臨一些困難，可能的困難包括：

1. 土地的取得與民眾的疑慮和抗爭

近來民意高漲，對於電磁波輻射傷害的疑慮甚深。尤其當所有廣播電台集中共站，民眾的抗爭是可以預期的。我們所規畫的方案，每一頻道的發射功率不超過 1kW，總功率不超過 30kW，只相等於一個大功率的電台。但民眾的認知可能

會不一樣。消除民眾疑慮的方法，可以把安全標準、場強數據以及外國的共站的例子，如東京鐵塔的高度，周圍環境以及共站的台數及總功率，和本地共站的狀況相比，清楚的告知民眾，以解除其疑慮，必要時也需要發揮公權力。

2. 沒有強制要求加入共站廣播的法源依據，部份業者可能缺乏參加意願

廣播共站雖是前瞻性的做法，可是現有的廣播法並沒有共站廣播的規定，沒有法源依據強制現有業者一定要加入共站廣播。現有的規定，只規範發射功率大小，以及不能超越廣播區。雖然有規定中功率電台的 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 半徑不得超過 20km ，但是實際上很難去執行。然而 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 涵蓋範圍與天線高度及周圍環境息息相關。天線愈高，周圍沒被阻擋，天線陣列元素愈多，則涵蓋範圍愈大。部份電台的位置已經很好，電波涵蓋範圍已經很廣，除非有其他更好的誘因，否則他們加入共站廣播的意願可能不高，但是也沒有法源依據強迫他們加入，這是未來施政的困難點。

3. 共站台的興建耗資大，是由政府出資興建或由民間集資興建

共站電台的土地取得，機房及鐵塔的興建都需一大筆資金。如果共站塔台亦要兼做景觀用途時，其建築更需講究，耗資更大。在推動初期，現有廣播業者加入意願未明時，要民間來投資興建，可能意願不高，若全面由政府出資興建，在政府經費預算拮据之際，要編列預算恐有困難。共站台興建的經費，是施政的另一個困難點。

4. 能否全面投資興建，充滿變數

全面推動共站廣播，需要現有業者的配合，亦要成立共站電波發射公司。發射公司的組織型態，與廣播業者間的權利、義務關係都需周詳擬定。共站塔台的土地取得，機房、發射設備及鐵塔的興建，需要一段時程，因為沒有強制業者加入共站的法源，機房的容量及設備的採購，都充滿了未知數，這會造成發射公司投資興建的躊躇不前。

8.5 共站廣播的推動

台灣全島若能全面實施共站廣播將是全世界的一項創舉，困難度很高，不是

一蹴可及的。推動的方式應採取漸進式，取得經驗，獲得認同之後，再全面實施。
推動的方式建議如下：

1.加強宣導，與電台業者座談，取得業者的認同

全面共站的觀念，在台灣，甚至於全球，乃是一項創舉，業者難免有諸多的疑慮。因此必須加強宣導，多與業者座談，瞭解業者的顧慮及需求，未來在制定共站廣播辦法時，才有較周詳的考慮。取得業者的認同之後，未來施行時的阻力也會較少。

2.分區同時試辦，成效良好再全面推廣

由於廣播共站是屬創舉，成效如何尚須驗證，而且共站建設耗資不貲，不宜貿然全面實施。推動之初，可由中央政府投資部份試辦之建設經費，鼓勵各地方政府聯合大、中、小功率電台，提出共構計畫書，經由中央政府相關單位評選後，擇優選取 3~5 家（依經費多寡）進行共塔示範計畫之執行；評選考量或條件可依政府政策另行訂定之。如果試辦成功，反應良好，共站塔台可以轉售或轉租給未來的發射公司。試辦期間的困難點，在於無法掌握會有多才現有業者願意加入，因為未來共站塔台的設計，需考量到最大的容量，可以容納多少家電台，甚至於未來的 DAB 及 DTV，都是在考量的範圍。例如，開始可能只有五家業者願意加入，但 power combiner 必須預備 15 個端口。否則無法滿足未來的擴充。未來 DAB，DTV 若要加入，則需預留機房及鐵塔空間。試辦期間，可以評估電波的涵蓋情況，電台相互間的干擾，互調變以及其他工程上的問題，亦可摸索共站塔台的營運問題，包括如何成立電波發射公司，發射公司與廣播業者的相互關係，收費機制的制定，以及居民的反應。試辦初期，經費的籌措，或許可採貸款方式，由未來的發射租金收入分年攤還。試辦地區如果選在都會區，則可以把塔台的興建與觀光相結合，因此可以配合地方政府，共同來規畫興建。若試辦成效良好，再全面實施廣播共站。

第九章 討論與結論

本期末報告在第二章已簡述了 FM 廣播的幾種主要電波傳播模式，包含自由空間傳播模式，地平面反射傳播模式，Okumura-Hata 模式，ITU-R 370 模型及 Deygout 繞射模型，並比較了不同傳播模式的特性及其限制，以及探討了天線高度對傳播損失的影響。我們認為在有高地阻隔情況下，宜使用 Deygout 繞射模型，在遠距離平原區宜使用地平面反射傳播模式，在近距離視線區域則宜使用自由空間傳播模型。在第三章我們已根據電台干擾保護規範，進行同鄰頻干擾分析。我們發現當電台共站時，由於各頻道在涵蓋區各個位置所受到的傳播損失都大約相近，因此電台頻道只要間隔 400KHz，即可滿足干擾保護規範，如此，可以核配的電台數目可以增加，尤其是在電台需求較高的都會區。

在第四章，我們進行了電台共站的初步規畫，並提出兩個方案，一是以縣市行政區為規畫標的，但不限制 $54\text{dB } \mu\text{V/m}$ 的邊緣越過縣市界，該規畫方式的共站台多設在平地上，目的是不要讓電波輻射太遠而造成同頻干擾。另一方案的目標則是增加電波的涵蓋範圍，讓電台的經營更具經濟規模，讓現有電台更能認同共站的方案。我們同時對現有的電台數及其共站後可以核配的電台數做了比較。在共站地點的選擇上，我們提出了必須考慮的因素，亦提出了共站規畫的步驟。在共站地點選定之後，我們利用過去研究計畫所建立的電波傳播模擬軟體，配合台灣的數位地形圖，進行電波傳播損失的計算及涵蓋範圍的分析。我們發現只要間隔一個廣播區，同頻即可再用，因此可核配的頻道數可以增加。

第五章，我們探討了共站設計時所需考慮重點以及共站所需的設備。我們討論了鐵塔高度的影響，陣列天線的需求，以及功率混合器的需求。鐵塔若建在平地上，鐵塔高度對於涵蓋範圍有極大的影響。鐵塔高度應考慮共站後的電台數，以及是否保留未來 DAB 共站使用。陣列天線在垂直面的輻射場型應該精心設計，避免電波往天上輻射，造成無謂的電波浪費以及干擾。在功率結合器方面，製造商多可以根據需求來做特殊設計，15 個頻道每一頻道 2kW 以下的 15 個頻道的結合

器是做得到的。我們的規畫是每一頻道，發射機功率應在 1kW 以下。因此，共站台的電台數若在 15 台以下，可以使用一個功率結合器，一組天線陣列，若是 15 個站台以上，則需要二組功率結合器，及二組天線陣列，所需的鐵塔高度當然就要增加。我們亦提出，提高天線高度，增加陣列天線元素個素，降低發射機功率，不僅不會減少電波涵蓋範圍，還可以節省共站建設成本以及每個月的用電費用。

第六章，我們討論了電台節目製作站與發射站間以及共站台進行聯播時的訊號傳輸方式以及傳輸所需的成本。訊號傳輸方式可以經由專線方式及透過衛星中繼方式。若是只有單點傳輸，專線方式的價錢可以便宜許多，但若是要構成全國網的共站聯播，利用衛星共站將是較好的選擇。若是將來要用於改善收訊不良地區的 Gap filler，可以將數個站台的基帶訊號結合，再由專線傳輸到 Gap filler，如此可節省訊號傳輸的成本，亦可達到照顧服務偏遠地區的功能。

第七章，我們討論了共站之後可能產生之諧波相互調變及其對飛航頻道可能產生的干擾。我們對共站之後，在共站台附近因為場強過強造成接收機飽合，所可能產生的諧波相互調變做了分析。我們發現共站之後的確會產生一整段頻帶的接收會受到影響。其影響程度則與距共站台的距離，接收天線的特性及接收機的架構，例如前級放大器之前是否有濾波器有關。為避免影響飛航安全，共站台應離飛機航道及塔台 10km 以上，亦應離電波監測站 5km 以上，為避免對住家無線電視台的影響，在站台鐵塔 500 公尺內亦不要有住戶。我們亦在台北市區針對 92.1MHz 及 98.1MHz 兩個共站台的互調變進行量測。量測結果印證了我們的推論。

第八章我們探討了全面廣播共站可能面臨的問題，因應的方法，以及推動的方式。我們先探討了廣播業者可能的疑慮，廣播共站所能提供的誘因，政府在廣播共站應扮演的角色，及未來在施政上可能的困難點，最後提出了漸進的推動方式，先由一區試辦，成效良好，再全面推動。

共站廣播若得以在台灣全面性的施行，將是台灣廣播史劃時代的重大工程與成就，在全球的廣播界亦屬創舉。廣播共站有許許多多的優點。然而要全面的推動，亦會面臨相當多的問題。廣播共站是未來的趨勢，不僅是 FM 廣播電台要共

站、DAB、DTV 也需要共站，甚至於三種廣播亦可以共站。然而，廣播共站要獲得成功，必須有效地杜絕非法電台。否則，就如同建好了完善的集中市場，如果路邊還是攤販充斥，那麼集中市場就形同虛設。

本報告提出了廣播電台共站的評估與規畫，這只是一個開端，未來的推動，尚需要業者提供更多的意見，政府必須提供足夠的誘因，制定可行的辦法，讓業者樂於加入。唯有業者的全力支持，全面廣播共站才能獲得實現。

參考文獻：

1. Theodore S. Rappaport, “Wireless communications”, Prentice Hall 1966.
2. Okumura, T., Ohmori, E., and Fukuda, K., “Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Mobile Service”, Review Electrical Communication Laboratory, Vol. 16, No 9-10, pp. 825-873, SEP-OCT, 1968.
3. Hata, Masahaaru, “Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-29, No. 3, pp. 317-325, AUG, 1980.
4. 台灣大學電信研究中心 “ 台灣地區 TV-band (VHF-UHF) 之電波傳播模式 ”
5. CCIR, 1982-1986c
6. J. Deygout, “Multiple Knife edge diffraction of microwave”, IEEE Trans. On Antennas Propagation, Vol. AP-14, No 4,pp. 480-489, July 1966.7.