

交通部電信總局委託研究計劃
研究報告（一）

行動電話及基地臺電磁波對人體健康之
影響程度評估及其防範措施

計劃委託單位：交通部電信總局

計劃執行單位：國立中山大學

私立長庚大學

計劃主持人：吳宗霖 教授

計劃共同主持人：鄭博仁 醫師

郭志文 教授

中華民國九十年十一月十五日

目錄

目錄	1
第一章 引言	7
第二章 世界電磁輻射曝露安全標準	10
2.1 電磁輻射曝露安全標準的制定背景	10
2.2 電磁輻射標準制定原則	10
2.3 各國電磁輻射曝露標準比較	12
2.3.1 人體曝露於電磁輻射環境的安全標準	12
2.3.2 無線通訊產品的比吸收率(SAR)安全標準	17
2.4 本國對電磁輻射曝露安全標準的採用建議	19
第三章 南台灣行動電話基地臺電磁輻射量測	21
3.1 量測說明	21
3.2 量測原理	23
3.3 量測地點說明(9 站基地臺資料)	26
3.4 量測設備說明	27
3.5 量測程序	28
3.6 量測結果	29
3.6.1 高雄地區	31
3.6.2 屏東地區	51
3.6.3 台南地區	66
3.7 量測討論	76
3.8 基地臺建置的電磁防護措施建議	76
第四章 SAR 量測原理及量測	77
4.1 比吸收率(SAR)的簡介	77

4.1.1 比吸收率之意義及定義	77
4.1.2 比吸收率相關發展歷史	77
4.1.3 比吸收率的量測目的	79
4.2 量測環境及配置	79
4.3 量測設備說明	81
4.4 近場探針	81
4.4.1 近場探針簡介	81
4.4.2 近場探針的必要條件	82
4.5 假人模型	87
4.5.1 頭部模型說明	87
4.5.2 耳部模型說明	88
4.5.3 手部模型說明	89
4.5.4 模擬組織液配方說明	89
4.5.5 頭體大小形狀說明	97
4.5.6 假人外殼說明	98
4.5.7 假人不穩定性概述	99
4.6 SAR 量測說明及步驟	99
4.6.1 量測位置說明	99
4.6.2 掃描	101
4.6.3 量測步驟與過程說明	104
4.7 市面手機 SAR 之研究與討論	109
4.7.1 量測目的	109
4.7.2 樣本敘述	109
4.7.3 操作步驟	114

4.7.4 比吸收率量測結果	125
4.7.5 結論與討論	131
第五章 電磁輻射及正確使用行動之常見問題與回答.....	133
5.1 基礎篇	133
5.2 問答篇	144
第六章 「行動電話及基地台電磁波對人體健康之影響程度評估及其 防範措施宣導說明會」之北、中、南區議程表及出席照片	151
參考文獻	157

圖表目錄

圖 3.1 基地臺電磁輻射量測位置示意圖	21
圖 3.2 量測周圍環境電磁輻射的配置圖	23
圖 3.2(a) 九個基地臺 900MHZ 頻段的電磁輻射強度	30
圖 3.2(b) 九個基地臺 1800MHZ 頻段的電磁輻射強度	30
圖 4.1 已商業化的 SAR 量測系統 (一)	77
圖 4.2 已商業化的 SAR 量測系統 (二)	78
圖 4.3 近場探針的種類及結構	80
圖 4.4 近場探針的內部結構	80
圖 4.5 TEM 傳輸線量測設置	92
圖 4.6 特殊人體測量模型的前各方位圖示	96
圖 4.7 頭部模型	97
圖 4.8 頰位置定義圖	99
圖 4.9 傾斜位置圖	99
圖 4.10 面積掃描圖示	101
圖 4.11 量測探針與垂直假人表面夾角虛小於 $\pm 30^\circ$	102
圖 4.12 偶極天線輸入功率量測	105
圖 4.13 SAR 量測過程流程圖	107
圖 4.14：模擬組織液與假人所在處	114
圖 4.15 說明 DAE 與 probe 的型式與組裝方法	115
圖 4.16 probe 將會在此處做 light beam align	115
圖 4.17 行動電話夾具	116
圖 4.18 DASY3 進入主畫面的 set-up 下	116
圖 4.19 DEVICE 設定項目，有頻率、名稱設定等	117

圖 4.20	進入 predefined，並看到各項測試類型檔案，使用者將可在其中 選擇自己所需要的測試項目	119
圖 4.21	看到的各項測試項目：reference、surface check、antenna out、cube、 drift 與 surface check	119
圖 4.22	行動電話開始量測 SAR 之圖	120
圖 4.23	行動電話 T28 量測位置：speaker 對準耳洞，且行動電話與假人表 面至少有兩點 touch	123
圖 4.24	ACER M330 輻射量分佈圖	127
圖 4.25	ERICSSON T28 接上免持聽筒(免持聽筒只與假人耳洞接觸) 輻 射量分佈圖	129
圖 4.26	ERICSSON T28 接上免持聽筒接上免持聽筒(免持聽筒與假人臉 頰至少接觸兩點以上) 輻射量分佈圖	129
圖 5.1	電磁頻譜	135

表 2.1	造成已訓練的實驗室動物學習行為瓦解所需的能量密度或 SAR 臨 界值比較	11
表 2.2	ICNIRP-1998 安全標準中，人體曝露於 10GHz 以下電磁波基本限 制值	13
表 2.3	ICNIRP-1998 安全標準中，於工作環境可允許電磁輻射曝露的參 考標準值	13
表 2.4	ICNIRP-1998 安全標準中，於公開場合可允許電磁輻射曝露的參 考標準值	14
表 2.5	IEEE C95.1-1999 中，可控制環境內的最大曝露允許值(MPE)...	15
表 2.6	IEEE C95.1-1999 中，非控制環境(即一般公開環境)的最大曝露允 許值(MPE)	15
表 2.7	MPT-1997 中，可控制環境內的限制值(Average time:6 minutes)..	16
表 2.8	MPT-1997 中，一般公開環境的安全限制值 (Average time:6 minutes)	16
表 2.9	ICNIRP, FCC 及 MPT 標準於行動電話頻段之輻射安全標準比較	17
表 2.10	ICNIRP, IEEE 及 CENELEC 對 SAR 安全標準之比較	18
表 2.11	世界各國對 SAR 測試規定	19
表 3.1	本研究實際採用單位制度，相關代表符號及相互數學關係.....	25
表 4.1	各種測試手機及相關吸波樣本的比較說明	109
表 4.2	SAR 量測步驟圖表	122
表 5.1	適用於一般大眾之無線電波的最大可容許曝露極限值	142

第一章 引言

無線通訊技術的日新月異已給人類生活革命性的突破，例如：可指引你行車方位的衛星定位系統，在高山或荒島上仍可與家人報平安的衛星電話，甚或現在幾乎人手一機的行動電話系統，無一不是利用電磁波無遠弗屆的傳播特性，使人類可以保持持續的通訊而不影響其活動的自由。就以泛歐式數位行動通訊系統（GSM）而言，目前全世界有超過 120 個國家，350 個以上的網路系統在運作，並有 2 億以上的人口在使用此無線通訊系統。對 GSM 系統的原創地歐洲而言，芬蘭、挪威、瑞典等國全國使用此系統的普及率更高達六、七成以上。對電子資訊接收度頗高的我國，亦有超過五成的普及率。一般文獻上保守預估，到公元 2003 年全世界將有超過六億人口，利用此無線通訊系統的便利與快速。尤其未來兩年間，各先進國家將陸續開放第三代行動通信頻段，其寬頻高速的特性將使人類對行動通訊系統的依賴及需求更是與日俱增。

行動通訊除了縮短了人與人之間的距離，帶給一般民眾許多便利外，對政府與產業界亦帶來不少的正面價值。在先進國家的研究中指出，行動通訊的蓬勃發展，不僅增加國庫稅收，更可藉此產業降低失業率；對產業界而言，此項創新科技，不僅使許多現有的電子硬體廠商有新的研發及生產產品的切入點，更造就了許多新興的通訊電子、資訊相關的產業，對於活絡電子產業，行動通信技術的發展實有相當的貢獻。

然而，隨著無線通訊的普及，這項新興技術可能對人類造成的負面影響，亦逐漸受到一般民眾的注意，包括：林立於許多建物頂樓的行動電話基地臺，一根根近一米長的天線密集排列，居住於該建物的住戶經常會擔心，其頂樓的天線全天候的輻射電磁能量，會影響其身體的健康；或是人手一機的通訊手機，靠於耳邊經常性使用，其所發射出的電磁波能量是否會被人體吸收，產生細胞病變，甚或致癌的可能。除了電磁輻射對人體健

康影響的疑慮，行動電話所發射的電磁波對醫療設施，例如：心律調節器或特定的助聽器，及飛行器的電子儀器所造成的電磁干擾亦是值得注意的。

雖然，到目前為止，尚未有曝露於來自行動電話或基地臺的電磁輻射下，會導致任何不良的健康影響之結論。但由於一般民眾對無影無形的電磁波不夠了解而產生的疑慮，已對政府、社會及行動通訊產業帶來許多負面效用，如：架設基地臺而使附近居民群體抗爭，或因使用手機而致癌的訴訟官司，不但付出許多不必要的社會成本，亦阻止產業界發展的腳步，同時也使民眾對政府公權力產生質疑。因此，全世界包括各國政府、產業界、學術界，甚或關心此一課題的獨立團體，近幾年無不投入大量經費及人力來進行各類科學性探討。例如：國際電機電子工程師學會（IEEE）的C95 委員會，國際非游離輻射委員會（INCIRP），歐洲電子標準技術委員會（CENELEC）等，皆致力於人體可允許曝露於電磁輻射環境的安全標準及手機可容許的比吸收率（SAR）的規範制定，以提供各國政府制定相關法令及通訊產業研發產品時一個可以依循的科學標準，亦使一般民眾的人身安全得到必要的保障。

我國交通部於五年前陸續開放行動通訊執照後，亦如世界潮流般，帶給台灣人民極大的便利，但對電磁輻射所產生的疑慮也時有所聞。因此，交通部電信總局及衛生署亦積極制定相關規範，長庚大學、陽明大學、交通大學、成功大學及中山大學等學術界也對相關問題深入探討。

本研究計劃將以學術界客觀中立的立場，針對世界各國對行動通訊系統所產生的電磁輻射，及人體健康影響的相關研究報告加以蒐集、分析，並對目前多家行動電話網路業者所架設的基地臺，進行電磁輻射功率密度的量測，檢測是否符合世界及國家的規範，以提出日後相關量測的標準步驟。除此之外，本計劃亦將對行動電話本身的電磁輻射的設計規範，進行資料蒐集、分析及評估，提出適用於本國採用的建議，並對現行市售國內

外手機，進行電磁輻射抽測。本計劃的研究成果，將可成為政府訂定電磁輻射安全標準及相關法規的參考，亦將提供通訊產業設計及量測其產品的相關技術之資訊，更重要的是將提供台灣民眾從法律面、技術面及生活健康等多層面，了解行動通訊系統的電磁輻射對其所產生的影響，並如何保護其安全及保障其應有的權利。

第二章 世界電磁輻射曝露安全標準

2.1 電磁輻射曝露安全標準的制定背景

從 1953 年起，世界各地不同的組織對人體曝露於電磁輻射的安全標準已陸續提出各種建議。直到 1966 年，當時的美國標準協會(USASI) 內的 C95 委員會出版第一份的電磁曝露的安全標準。該委員會之後成為美國國家標準局(ANSI) C95 委員會，並於 1974 及 1982 年分別提出安全標準的修訂版。1989 年後，該委員會亦成為國際電機電子工程師學會中標準指導委員會 28 (IEEE SCC-28)，並於 1981 年提出 IEEE C95.1-1991 的人體曝露電磁波的安全標準[1]，於 1992 年獲美國國家標準局(ANSI)接受成為美國標準。該標準亦於 1999 年提出最新修正版，為 IEEE C95.1-1999 [2]。值得一提的是 SCC-28 並非單純以北美或美國為中心而組成的委員會，其成員包括中國、保加利亞、紐西蘭等人員，並涵蓋學術、產業界及政府部門中的專家，有相當的公正性。

除此之外，由美國國會所授權成立的國家輻射防護量測委員會(NCRP)，該非營利性組織負責收集、分析，並建議有關輻射防護及量測事務。另外，國際非游離輻射委員會(ICNIRP)也於 1997 年 11 月提出電磁輻射曝露安全標準的指導原則，並於 1998 年正式被接受[3]。

2.2 電磁輻射標準制定原則

人體曝露於電磁波輻射的安全標準制定，大多以實驗室內或流行病學相關研究中，對短時間及長時間的電磁曝露所產生生理上的影響為其制定根據。由上千篇世界各國對電磁輻射對生物機能影響的研究中，ICNIRP 或 IEEE 歸納出會影響人體產生傷害的比吸收率(SAR)的臨界值 (threshold level) [4]。為確保其所制定出的標準絕對低於會危害人體健康的 SAR 臨界值，且考慮量測及計算中的不準確性，其所制定出的安全標準 SAR 值，皆會比前述的臨界值小 10~50 倍，該倍率稱為安全因子(safety factor) [5]。

除了限定 SAR 標準外，由電磁理論的推演，安全標準亦可以最大曝露允許值(MPE)來表示，這類允許值大多以電磁場的場量或功率密度來表示。MPE 安全值的制定是以無論在何種曝露條件下，皆不可使其相對應的 SAR 值超過其限制規定。值得一提的，上述的安全標準皆以短時間曝露所產生生理效應為其制定依據，雖然長時間、低劑量的電磁曝露經常被認為有致癌可能，但以目前的科學研究，並無足夠證據證實有如此傷害。

目前 ICNIRP 及 IEEE C95 所制定的 SAR 臨界值皆以可訓練的實驗室動物(如猴子、鼠)對電磁輻射照射後之學習行為的瓦解，為其可能造成人體健康傷害的 SAR 臨界值[15]-[17]，對不同動物及不同頻率的電磁輻射，造成動物學習行為瓦解之全身的 SAR(whole-body-averaged SAR)臨界值介於 2W/kg 至 9W/kg 之間[15]-[17]。因此，現今大部分的安全標準，皆根據此結果，以 4W/kg 為 100kHz 至 6GHz(IEEEC95.1-1999)或 10MHz 至 10 GHz (ICNIRP1998)頻段中的 SAR 臨界值。在 ICNIRP 1998 及 IEEE C95.1-1999 中，是對工作場所(或稱控制環境)中給予 10 倍的安全因子，而非控制環境中給予 50 倍的安全因子，所以在其中規範中，我們可見最後安全標準分別為 0.4W/kg 及 0.08W/kg。

表 2.1 : 造成已訓練的實驗室動物學習行為瓦解所需的能量密度或 SAR 臨界值比較 [15]-[17]

情境和種類	225 MHz (CW)	1.3 GHz (Pulsed)	2.45 GHz (CW)	5.8 GHz (Pulsed)
挪威鼠				
功率密度	—	3 mW/cm ²	128 mW/cm ²	20 mW/cm ²
電磁能吸收率	—	2.5 W/kg	5.0 W/kg	4.9 W/kg
松鼠				
功率密度	—	—	45 mW/cm ²	40 mW/cm ²
電磁能吸收率	—	—	4.5 W/kg	7.2 W/kg
恆河猴				
功率密度	8 mW/cm ²	57 mW/cm ²	67 mW/cm ²	140 mW/cm ²
電磁能吸收率	3.2 W/kg	4.5 W/kg	4.7 W/kg	8.4 W/kg

除了人體曝露於電磁輻射的安全標準外，針對電子產品(特別是無線通訊產品)所產生的電磁輻射的安全標準亦為近來世界各國關心的重點。目前，以國際電子電機工程師學會(IEEE)中的 SCC-34 委員會及歐洲電子技術標準委員會(CENELEC)為較積極及公開的組織，從事這類標準的制定，目的在使電子產品製造商對其開發產品的電磁輻射控制有標準可循。這類標準通常以局部空間的最大比吸收率(peak spatial-averaged SAR)來表示，其制定原則通常可回溯至前述的 SAR 臨界值，達一致的理論基礎。

2.3 各國電磁輻射曝露標準比較

2.3.1 人體曝露於電磁輻射環境的安全標準

1. ICNIRP-1998 的安全標準 [3]

在國際非游離輻射委員會於 1998 年發表曝露標準中，對人體曝露於電磁波的基本限制值(basic restriction level,以 SAR 表示)及參考限制值(reference level,以電場、磁場及功率密度表示)都有完整的說明。世界許多國家都以這份報告為其參考標準。表 2.2 為 10GHz 以下之電磁波的基本限制值。表 2.3 為 300GHz 頻段範圍內，於工作環境(或控制環境內)的電磁場的參考限制值。表 2.4 為從 150kHz 到 300GHz 頻段區間，對一般公開環境的電磁場參考限制值。

表 2.2 : ICNIRP-1998 安全標準中，人體曝露於 10GHz 以下電磁波基本限制值 [3]

Exposure characteristics	Frequency range	Current density for trunk (mA m ⁻²)(rms)	Whole-body and average SAR (Wkg ⁻¹)	Localized SAR (head and trunk) (Wkg ⁻¹)	Localized SAR (limbs) (Wkg ⁻¹)
Occupational Exposure	up to 1Hz	40	—	—	—
	1-4 Hz	40/ <i>f</i>	—	—	—
	4 Hz-1kHz	10	—	—	—
	1-100 kHz	<i>F</i> /100	—	—	—
	100kHz-10MHz	<i>F</i> /100	0.4	10	20
	10MHz-10GHz	—	0.4	10	20
General public Exposure	up to 1 Hz	8	—	—	—
	1-4 Hz	8/ <i>f</i>	—	—	—
	4 Hz-1 kHz	2	—	—	—
	1-100kHz	<i>F</i> /500	—	—	—
	100kHz-10MHz	<i>F</i> /500	0.8	2	4
	10MHz-10GHz	—	0.8	2	4

表 2.3 : ICNIRP-1998 安全標準中，於工作環境可允許電磁輻射曝露的參考標準值 [3]

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μ T)	Equivalent plane wave power density <i>S</i> _{eq} (W m ⁻²)
Up to 1 Hz	—	1.63 × 10 ⁵	2 × 10 ⁵	—
1-8 Hz	20,000	1.63 × 10 ⁵ / <i>f</i> ²	2 × 10 ⁵ / <i>f</i> ²	—
8-25 Hz	20,000	2 × 10 ⁴ / <i>f</i>	2.5 × 10 ⁴ / <i>f</i>	—
0.025-0.82 kHz	500/ <i>f</i>	20/ <i>f</i>	25/ <i>f</i>	—
0.82-65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065-1 MHz	610	1.6/ <i>f</i>	2.0/ <i>f</i>	—
1-10 MHz	610/ <i>f</i>	1.6/ <i>f</i>	2.0/ <i>f</i>	—
10-400 MHz	61	0.16	0.2	10
400-2000 MHz	3 <i>f</i> ^{1/2}	0.008 <i>f</i> ^{1/2}	0.01 <i>f</i> ^{1/2}	<i>f</i> /40
2-300 GHz	137	0.36	0.45	50

表 2.4 : ICNIRP-1998 安全標準中,於公開場合可允許電磁輻射曝露的
參考標準值 [3]

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μ T)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
Up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
0.025-0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8-3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3-150 MHz	87	5	6.25	—
0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1-10 MHz	$87f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000 GHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2-300GHz	61	0.16	0.20	10

2. IEEE C95.1-1999 的安全標準 [2]

表 2.5 為 300GHz 頻段以下,對可控制環境內的最大曝露允許值 (MPE)。

表 2.6 為 300GHz 頻段以下,對非控制環境(即一般公開環境)的
最大曝露允許值(MPE)。

表 2.5: IEEE C95.1-1999 中，可控制環境內的最大曝露允許值(MPE) [2]

Electromagnetic fields				
Frequency range (MHz)	Electric field strength (E)(V/m)	Magnetic field strength (H)(A/m ⁻¹)	Power density(S) E-field,H-filed (mW/cm ²)	Averaging time $ E ^2, H ^2$ or S (min)
0.003-0.1	614	163	(100, 1000000)	6
0.1-3.0	614	16.3/ f	(100, 10000/ f^2)	6
3-30	1842/ f	16.3/ f	(900/ f^2 , 10000/ f^2)	6
30-100	61.4	16.3/ f	(1.0, 10000/ f^2)	6
100-300	61.4	0.163	1.0	6
300-3000	—	—	$f/300$	6
3000-15,000	—	—	10	6
15,000-300,000	—	—	10	616000/ $f^{1.2}$

Note— f is the frequency in MHz.

表 2.6: IEEE C95.1-1999 中，非控制環境(即一般公開環境)的最大曝露允許值(MPE) [2]

Electromagnetic fields					
Frequency range (MHz)	Electric field strength (E)(V/m)	Magnetic field strength (H)(A/m)	Power density(S) E-field, H-filed (mW/cm ²)	Averaging time $ E ^2, S$ or $ H ^2$ (min)	
0.003-0.1	614	163	(100, 1000000)	6	6
0.1-1.34	614	16.3/ f	(100, 10000/ f^2)	6	6
1.34-3.0	823.8/ f	16.3/ f	(180/ f^2 , 10000/ f^2)	$f^2/0.3$	6
3.0-30	823.8/ f	16.3/ f	(180/ f^2 , 10000/ f^2)	30	6
30-100	27.5	158.3/ $f^{1.668}$	(0.2, 940000/ $f^{3.336}$)	30	0.0636/ $f^{1.337}$
100-300	27.5	0.0729	0.2	30	30
300-3000	—	—	$f/1500$	30	
3000-15,000	—	—	$f/1500$	90000/ f	
15,000-300,000			10	616000/ $f^{1.2}$	

Note— f is the frequency in MHz.

3. MPT-1997 (日本郵電省所規定的安全標準) [6]

表 2.7 為 300GHz 頻段以下，對可控制環境內的限制值。

表 2.8 為 300GHz 頻段以下，對一般公開環境的安全限制值。

表 2.7: MPT-1997 中，可控制環境內的限制值 (Average time:6 minutes) [6]

Frequency f	rms electric field strength E[V/m]	rms magnetic field strength H[A/m]	Power density S [mW/cm ²]
10kHz –30kHz	614	163	
30kHz –3MHz	614	4.9 f[MHz] ⁻¹ (163-16.3)	
3MHz –30MHz	1,842 f[MHz] ⁻¹ (614-61.4)	4.9 f[MHz] ⁻¹ (1.63-0.163)	
30MHz –300MHz	61.4	0.163	1
300MHz –1.5GHz	3.54 f[MHz] ^{1/2} (61.4-137)	f[MHz] ^{1/2} /106 (0.163-0.365)	f[MHz]/300 (1-5)
1.5GHz –300GHz	137	0.365	5

表 2.8: MPT-1997 中，一般公開環境的安全限制值 (Average time:6 minutes)

[6]

Frequency f	rms electric field strength E[V/m]	rms electric field strength H[A/m]	Power density S [mW/cm ²]
10kHz –30kHz	275	72.8	
30kHz –3MHz	275	2.18 f[MHz] ⁻¹ (72.8-0.728)	
3MHz –30MHz	1,842 f[MHz] ⁻¹ (614-61.4)	2.18 f[MHz] ⁻¹ (0.728-0.0728)	
30MHz –300MHz	61.4	0.0728	0.2
300MHz –1.5GHz	3.54 f[MHz] ^{1/2} (61.4-137)	f[MHz] ^{1/2} /237.8 (0.0728-0.163)	f[MHz]/1500 (0.2-1)
1.5GHz –300GHz	137	0.163	1

4. 行動通信頻段之電磁幅射安全標準比較

目前 GSM/DCS 行動通信頻段分別在 900MHz 及 1.8GHz 附近，下表（表 2.9）針對此兩頻率點比較 ICNIRP，FCC 及 MPT 的安全標準（以功率密度表示）。

表 2.9: ICNIRP, FCC 及 MPT 標準於行動電話頻段之輻射安全標準比較

	900MHz	1800MHz
ICNIRP	0.45mW/cm ²	0.9mW/cm ²
FCC	0.6mW/cm ²	1.2mW/cm ²
MPT	0.6mW/cm ²	1.0mW/cm ²

由上表可知，ICNIRP 在這部份的規定較 FCC 及 MPT 嚴格。另外，香港、新加坡等城市型國家，其人體曝露於電磁輻射環境的規定皆遵循 ICNIRP 的相關標準及規範。

2.3.2 無線通訊產品的比吸收率(SAR)安全標準

1. ICNIRP-1998/IEEE C95.1/CENELEC ENV50166-2 比較

目前世界對無線通訊產品的 SAR 安全規範，以由世界衛生組織所支持的 ICNIRP 於 1998 年所提出的 ICNIRP-1998 [3]，及國際電機電子工程師學會(IEEE) C95 委員會所提的 IEEE C95.1-1999 [2]及歐洲電子標準技術委員會 CENELEC 所提的 ENV50166-2(1995) [7]三者為最完整的規範。下表(表 2.10)將比較此三種規範對 10MHz 到 10GHz 或 100KHz 到 6GHz 頻段內的 SAR 安全標準值。

表 2.10: ICNIRP, IEEE 及 CENELEC 對 SAR 安全標準之比較

		全 身 平 均 SAR(W/kg)	局 部 身 體 的 最 大 SAR(W/kg) (不 含 手、手 腕、腳 和 腳 踝)	手、手 腕、腳 等 局 部 身 體 最 大 SAR(W/kg)
ICNIRP 10MHz-10GHz	控制環境	0.4	10(每 10 克組織)	20(每 10 克組織)
	非控制環境	0.08	2(每 10 克組織)	4(每 10 克組織)
IEEE 100kHz-6GHz	控制環境	0.4	8(每 1 克組織)	20(每 10 克組織)
	非控制環境	0.08	1.6(每 1 克組織)	4(每 10 克組織)
CENELEC 10MHz-10GHz	控制環境	0.4	10(每 10 克組織)	20(每 10 克組織)
	非控制環境	0.08	2(每 10 克組織)	4(每 10 克組織)

從此表可知，ICNIRP 及 CENELEC 的標準相同，而 IEEE 與他們類似，但局部身體的最大 SAR(不含手、手腕、腳和腳踝)的標準為 8/1.6 W/kg (對每 1 克組織)，較 ICNIRP 的 10/2 W/kg (對每 10 克組織)較小。

2. 世界各國對無線通訊產品的 SAR 測試規定

根據前述的安全規範，針對攜帶於身邊使用的無線通信裝置(如行動電話)，所要滿足的電磁輻射安全標準為局部身體的最大 SAR 值，因正常使用時，行動電話是放置於人的耳邊，故需以不包含手、手腕、腳和腳踝的 SAR 標準為其依據。下表(表 2.11)比較歐盟、美國、日本、澳大利亞、韓國、加拿大等國目前對行動電話產品 SAR 測試的相關規定。

表 2.11: 世界各國對 SAR 測試規定

	SAR 安全標準值	SAR 測試程序標準	目前測試狀態
歐盟	2.0 W/kg	ES59005 [8]	未強制規定測試
美國	1.6 W/kg	FCC OET bulletin 65 supplement C [10]	已強制規定測試
加拿大	1.6 W/kg	與美國類似 [11]	已強制規定測試
日本	2.0 W/kg	ARIB STD-T56 [9]	未強制規定測試
韓國	2.0 W/kg	與美國與 CENELEC 類似	未強制規定測試
澳大利亞	1.6 W/kg	與美國類似	已強制規定測試

2.4 本國對電磁輻射曝露安全標準的採用建議

目前，交通部電信總局對基地臺的電磁輻射及手機之 SAR 標準分別採用 ICNIRP-1998 及 FCC 的相關規定。國際間對電磁輻射的安全標準規範，以國際電機電子工程師學會(IEEE)，國際非游離輻射委員會(ICNIRP)及歐洲電子標準技術委員會(CENELEC)等三個組織有較完整及嚴謹的研究。就現有公開文獻非輻射游離保護委員會著重於電磁輻射對人體健康影響的評估，及人體可曝露於電磁輻射環境的安全規範，但對技術執行層面的研究及規範則較少。然而，IEEE 及 CENELEC 則對安全標準及相關量測技術規範兩者都有較完整的闡述，如 IEEE C95.1 -1999 [2]中規範了人體曝露於電磁輻射環境的標準確性(包含 SAR 及 MPE 值)，IEEE C95.3-1992 [13]則規定了量測電磁輻射的技術標準，而 IEEE Std 1528 [14]則對 SAR 的量測技術、環境，及步驟有清楚的定義。而歐盟的 CENELEC 在 pre EN50360 中對電磁輻射安全標準有所規定，而在 pre EN50361 則對 SAR 等量測技術有所說明。目前，這兩個規範(pre EN50360 及 pre EN50361)尚屬草案階段，預計 2001 年七月才會成

為歐盟規範。

對於本國有關電磁輻射的安全規範及對無線通訊電話的 SAR 量測規定，本計劃建議採用國際電機電子工程師學會(IEEE)的相關規定，其理由包括 1. 如前所述，IEEE 有 SCC-28 及 SSC-34 委員會專責電磁輻射對人體健康影響的評估及研究，並訂定相關標準；2. 該委員會成員組成為包含許多國家、產、學界的專家，立場中立；3. 其法規制定的過程，完全公開，可接受社會大眾之監督；4. 其相關資訊取得容易。

第三章 南台灣行動電話基地臺電磁輻射量測

3.1 量測說明

- 一、本測試係針對設立於台南、高雄、屏東等地之 10 個行動電話基地臺建物及附近環境作電磁波強度測量。
- 二、為測試基地臺建物本身及附近電磁輻射之強度，同一基地臺各選擇 4 個位置點作測量。4 點分別為
 - I. 架設基地臺之建物頂樓空曠處(A 點)
 - II. 基地臺天線正下方一層樓處(B 點)
 - III. 建物一樓可看到天線之室外空曠處(C 點)
 - IV. 基地臺建物附近的建築物頂樓(D 點)

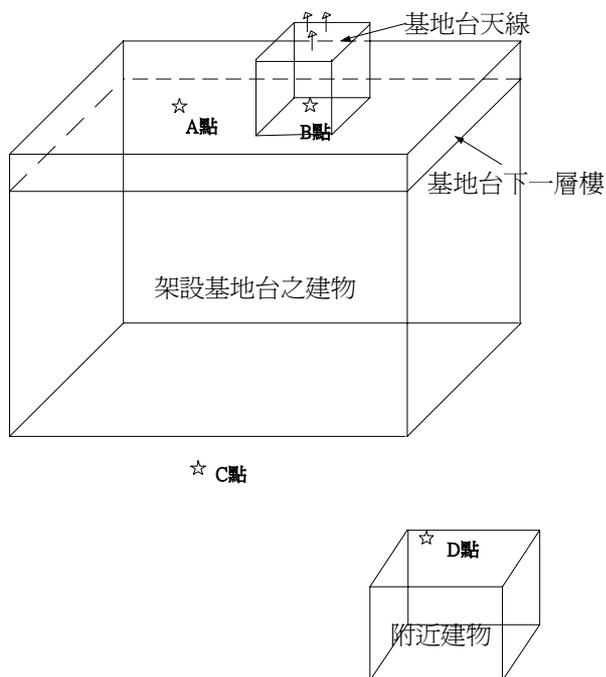


圖 3.1 基地臺電磁輻射量測位置示意圖

3.2 測量原理

1. 由於行動電話基地臺所輻射出的電磁波能量，可由適當的天線將電磁場轉換成相對應的電壓（電流）波，透過高頻同軸導線引入頻譜分析儀，讀出於天線所在位置的電磁場量所對應的功率。
2. 如下圖所示，為一典型的量測周圍環境電磁輻射的配置圖

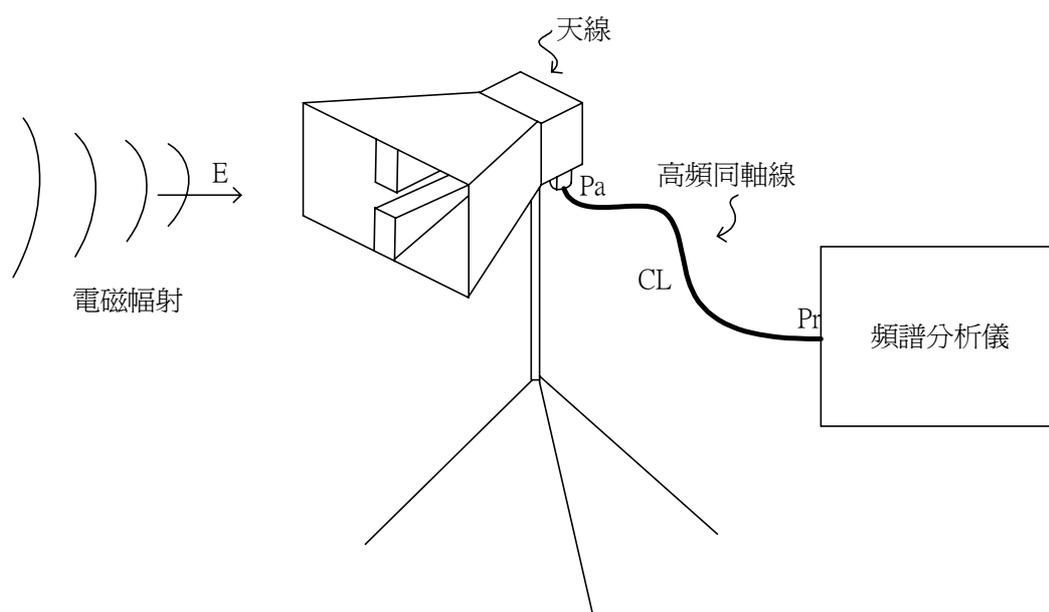


圖 3.2 量測周圍環境電磁輻射的配置圖

假設頻譜分析儀所量測的功率值為 P_r ，而所使用的高頻同軸線的損耗為 CL ，由能量守恆原理，可之餘天線端所接收的功率值 $P_a = P_r + CL$

3. 由於高頻量測系統為一 50Ω ($= Z_0$) 的系統，故在此系統中的功率，可轉換成對應之電壓，關係如下式：

$$P_a = \frac{V^2}{Z_0} \Leftrightarrow \text{Log}P_a = 20\text{Log}V - 10\text{Log}Z_0$$

4. 天線所在位置的電場 E 與天線接收端所量到的電壓 V 有一轉換關係，即天線因子 AF (Antenna Factor)。

$$AF = \frac{E}{V} \Leftrightarrow 20\text{Log}E = AF(\text{dB}) + 20\text{Log}V$$

該因子為天線設計製造後，校準量測而得，通常任一支天線有其特有的天線因子參數，且為頻率的函數。

5. 求得天線所在位置的電場 E 後，利用平面波於空氣中傳播的特徵阻抗 $\eta = 377\Omega$ ，可推得天線所在位置的電磁輻射功率密度 P ， $P = E^2/\eta$
6. 表 3.1 為上述 1~5 過程中，本研究實際採用單位制度，相關代表符號及相互數學關係。
7. 根據 IEEE C95.3 中對電磁輻射量測的規定，是以六分鐘內的平均功率密度為最後結果，在本研究中是以六分鐘內之最大值為量測輻射的結果，是較為嚴格的方式。換言之，若六分鐘內之最大輻射之功率密度都能符合 IEEE C95.1 或 INCIRP 的安全標準，則六分鐘內的平均值必能符合標準。
8. 規範值：若以 IEEE C95.1-1999 為例，其於 900MHz/1800MHz 頻段附近，其安全標準為 $P_{\text{lim}} = f(\text{MHz})/1500$ (mW/cm²)
可見其標準為與頻率正比的函數，頻率愈高，標準規範值愈大。
9. 多頻率點輻射源同時存在時，決定其總輻射是否符合安全標準，根據 IEEE C95.1 及 INCIRP 的規範，是以正規化功率密度合計 (P_n) 的計算方式來決定。以本研究實際量測資訊而言，是以 930 MHz~970 MHz 或 1800 MHz~1860 MHz 兩頻段區間各量取最大功率密度的 10 個頻率點，其個別功率密度以 P_i ($i=1\sim 10$) 表示，則此 10 個不同頻率，其同時

存在之輻射源的正規化功率密度合計 P_n 為

$$P_n = \sum_{i=1}^{10} \frac{P_i}{P_{\text{lim}}^i}$$

其中 P_{lim}^i 為在第 i 個頻率點的安全規範值（以功率密度表示）。若 $P_n < 1$ ，

則符合規範；若 $P_n \geq 1$ ，則不滿足規範。

表 3.1: 本研究實際採用單位制度，相關代表符號及相互數學關係

符號	單位	參數名稱	說明
f	MHz	量測頻率	該測量場地測得的 10 個電磁波最大值的頻率
P_r	dBm	功率值	利用頻譜分析儀以 dBm 單位量得之功率值
AF	dB/m	天線因子	使用天線的特性參數
CL	dB	電纜損耗	量測信號在電纜上傳輸的強度衰減值
E_0	$dB\mu V/m$	電場強度(dB)	E_0 為頻譜分析儀讀得之 P_r 值經過天線因子 AF 轉換後，得到的天線前端之輻射電場強度 即 $E_0 = P_r + 107 + AF + CL$
E	V/m	電場強度	E 為 E_0 不以 dB 表示，轉換而得的結果 即 $E = 10^{[(E_0/20)-6]}$
P	mW/cm^2	功率密度	電磁場功率密度可由 $P = \frac{ E ^2}{\eta}$ 得到 其中 $\eta = 377\Omega$ 為空氣中之波阻抗 電場 E 之單位為 V/m ， $ E ^2$ 即 W/m^2 ，經過單位換算，則 $W/m^2 = W/(10^4 cm^2) = mW/(10 cm^2)$ 因此， $P = \frac{ E ^2}{\eta} = \frac{ E ^2}{3770}$
P_{lim}	mW/cm^2	功率密度(規範值)	根據國際電機電子工程師學會(IEEE C95.1-1999)規範訂定， 300MHz-3GHz 頻率範圍之功率密度規範與頻率成線性關係，即 $P_{lim} = f/1500$

3.3 量測地點(9 站基地臺資料)

	基地臺 編號	基地臺 名稱	系統 別	設備 型式	細胞 型式	裝機地址	備註
第一 站	3033	名流天 廈大樓 (惠民)	GSM 1800	ERICSSON RBS2202	S2/2/6	高雄市楠梓 區德民路 48 號 16 樓頂	共站業者 中華電信、 台哥大、
第二 站	3773	金屬工 業研究 中心(高 市 059)	GSM 1800	ERICSSON RBS2202	S2/2/2	高雄市楠梓 區高楠公路 1001 號樓頂	和信電訊、遠 傳電信、泛亞 電信
第三 站	3788	高都汽 車民族 路(高市 074)	GSM 1800	ERICSSON RBS2202	S2/2/2	高雄市三民 區民族一路 558 號樓頂	中華電信、 台哥大、 遠傳電信
第四 站	3745	高都汽 車九如 路	GSM 1800	ERICSSON RBS2202	S2/2/2	高雄市三民 區九如三路 271 號 7 樓頂	中華電信、 台哥大、 泛亞、遠傳電 信
第五 站	8785	潮州 狄斯奈	GSM 1800	S8000-O	S2/2/2	屏東縣潮州 鎮永春里永 昌路 45 號 A 棟 12 樓頂	共站業者 中華電信、 台哥大、 和信電訊、遠 傳電信、
	8785G	潮州 狄斯奈	GSM 900	S4000-I	S3/4/4	屏東縣潮州 鎮永春里永 昌路 45 號 A 棟 12 樓頂	

第	8737	屏東	GSM	S8000-O	S2/2/2	屏東市建國路253號4樓頂	共站業者
	8737G	屏東高都	GSM 900	S8000-O	S2/2/2	屏東市建國路253號4樓頂	共站業者 中華電信、 台哥大、 和信電訊、遠 傳電信、
第七站	8775D	內埔老埤	GSM 900/ GSM 1800	S8000D-O	S2+B2/ S2+B2	屏東縣內埔鄉老埤村福泰路107巷9號6樓頂	共站業者 中華電信、 台哥大、 和信電訊、遠 傳電信、泛亞 電信
第八站	34018	永康國華	GSM 1800	Nokia intratalk	2/2/2	台南縣永康市國華街102巷92-2號12樓頂樓	共站業者 和信電訊、泛 亞電信
第九站	34516	南市長榮	GSM 1800	Nokia intratalk	2/2/2	台南市東區長榮路二段302號10樓	

3.4 量測設備說明

儀器名稱	型號	數目
頻譜分析儀	HP8563E	× 1
Log-period antenna (for GSM900)	HP11966D	× 1
Horn antenna (for GSM1800)	HF906	× 1
Cable		× 1
天線架		× 2
Printer		× 1
配電盤		× 1

3.5 量測程序

一、儀器校準

1. 頻譜分析儀校準：利用設備內建的校準功能，先進行 300MHz 參考頻率的校準，以確認後續量測的正確性。
2. 高頻同軸線插入損失校準：利用向量網路分析儀（HP8510C 或類似設備）量測連接天線與頻譜分析儀間之同軸線之插入損失（ $|S_{21}|$ ）與頻率的關係。
3. 取得量測天線於 900MHz 及 1800MHz 頻段附近的天線因子參數。

二、現場量測

1. 選定前述（見 3.1 說明）適當位置，將天線架於天線架上，與頻譜分析儀用同軸線連接，做好相關設定，並接上印表機。
2. 頻譜分析儀設定參數

解析頻寬	BW=10KHz
雜訊衰減	AT=0dB
前置放大	PG=0dB
單位	Amplitude Unit=dBm
掃描頻段	GSM900：930MHz~970MHz GSM1800：1800MHz~1860MHz

3. 設定頻譜分析儀使進入記錄最大值（Max/hold）狀態。
4. 分別測量水平及垂直極化方向。測量時，緩慢轉動天線旋轉 360 度，約持續 6 分鐘，再換極化方向；兩個極化方向均測量完畢才紀錄 10 個峰值。（註：天線更換極化方向時，使用頻譜分析儀 trace→view 功能，確保更換動作不影響測量之最大值；更換後，才繼續 Max hold）
5. 同一地點 900MHz 及 1800MHz 系統各測量一次，移至下一測量點，重覆上述動作。

3.6 量測結果

- 一、圖 3.2 為本研究九個基地站臺的電磁輻射正規化功率密度合計(P_n)分佈圖。每一個基地站，都選擇適當的四個位置點 A、B、C、D(其意義如 5.1 所述)量測其輻射。圖 3.2(a)為 900MHz 頻段九個站臺，四個位置點的正規化功率密度分佈曲線，而圖 3.2(b)為 1800MHz 頻段的分佈。
- 二、由圖 3.2(a)及(b)所示，很明顯地無論在哪個基地站臺，或所在的量測位置為何，所量得的 P_n 皆遠小於 1 (小於萬分之一~百萬分之一)，即表示目前的基地臺的電磁輻射，都完全符合 IEEE C95.1-1999 的規定。
- 三、若比較 A、B、C、D 不同位置的電磁輻射的相對大小，可發現在 A、D 點的輻射大都相對大於 B、C 點之輻射。換言之，基地站臺所在大樓的住戶，所感受到的電磁輻射，應是相對地小。

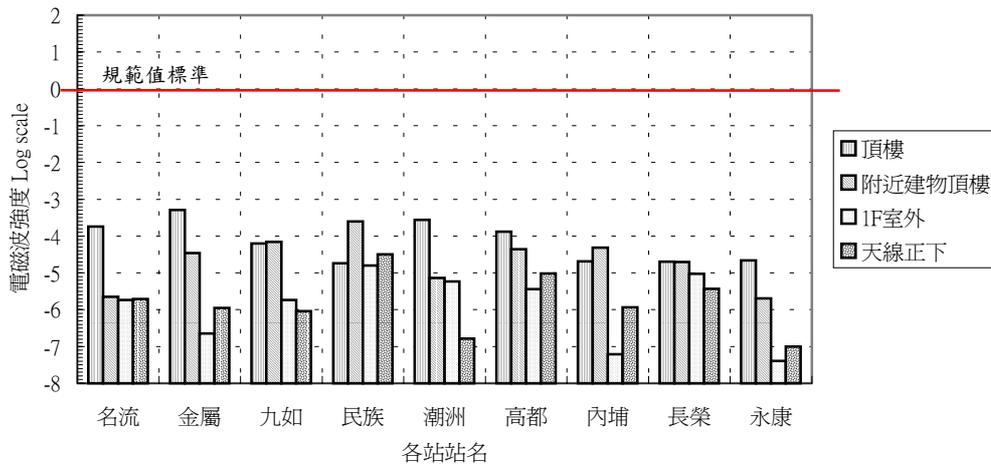


圖 3.2(a): 九個基地臺 900MHZ 頻段的電磁輻射強度

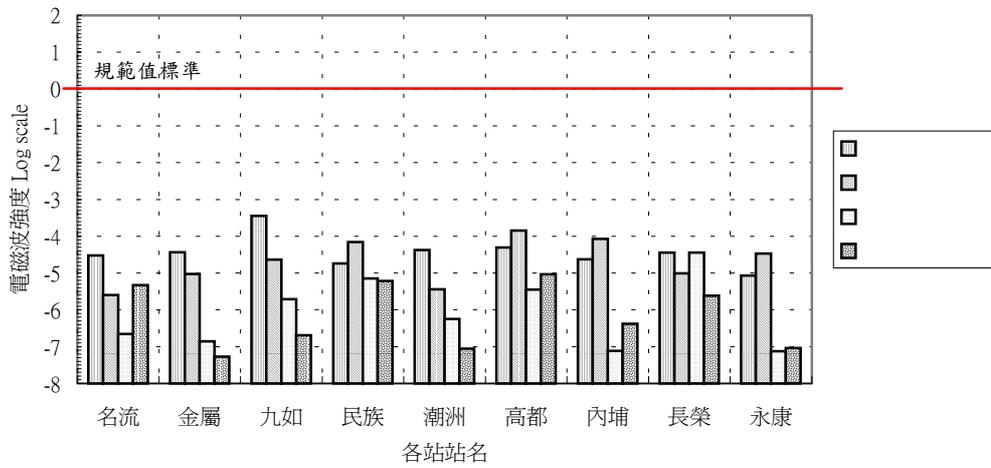


圖 3.2(b): 九個基地臺 1800MHZ 頻率的電磁輻射強度

3.6.1 高雄

A.名流天廈



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓(特殊學校)

a. 頂樓

基地臺編號		3033		量測日期		2001/06/06			
基地臺名稱		名流大廈大樓(惠民)		量測位置		頂樓(16F室外)			
基地臺地址		高雄市楠梓區德民路48號16樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.44	-16.39	24.06	1.25	115.92	6.252E-01	1.037E-04	0.6270	1.828E-04	<input type="checkbox"/> 符合
954.30	-28.06	23.90	1.55	104.39	1.658E-01	7.289E-06	0.6362		
942.96	-34.54	24.06	1.91	98.43	8.346E-02	1.848E-06	0.6286		
948.90	-38.19	23.98	1.27	94.06	5.047E-02	6.756E-07	0.6326		
955.29	-41.14	24.00	1.97	91.83	3.904E-02	4.043E-07	0.6369		
954.93	-42.22	23.90	1.47	90.15	3.217E-02	2.746E-07	0.6366		
943.50	-42.37	24.06	1.53	90.22	3.243E-02	2.790E-07	0.6290		
953.94	-44.23	23.90	1.76	88.43	2.639E-02	1.848E-07	0.6360		
944.13	-49.59	24.06	1.72	83.19	1.444E-02	5.529E-08	0.6294		
951.87	-49.66	23.90	1.77	83.01	1.414E-02	5.305E-08	0.6346		
1820.90	-27.71	26.24	4.46	109.99	3.157E-01	2.644E-05	1.2139	3.002E-05	<input type="checkbox"/> 不符合
1806.75	-38.11	26.14	4.46	99.49	9.430E-02	2.359E-06	1.2045		
1821.30	-39.66	26.24	4.46	98.04	7.976E-02	1.688E-06	1.2142		
1851.45	-40.23	26.38	4.46	97.61	7.595E-02	1.530E-06	1.2343		
1853.40	-42.13	26.38	4.46	95.71	6.102E-02	9.878E-07	1.2356		
1807.50	-42.25	26.14	4.46	95.35	5.855E-02	9.092E-07	1.2050		
1812.90	-43.00	26.19	4.46	94.65	5.400E-02	7.735E-07	1.2086		
1835.55	-43.26	26.28	4.46	94.48	5.299E-02	7.448E-07	1.2237		
1813.35	-43.46	26.19	4.46	94.19	5.122E-02	6.958E-07	1.2089		
1824.75	-46.66	26.24	4.46	91.04	3.563E-02	3.367E-07	1.2165		

b. 天線正下

基地臺編號		3033		量測日期		2001/06/06			
基地臺名稱		名流大廈大樓(惠民)		量測位置		天線正下(16F室內)			
基地臺地址		高雄市楠梓區德民路48號16樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.50	-36.65	24.06	1.39	95.80	6.166E-02	1.008E-06	0.6270	1.930E-06	<input type="checkbox"/> 符合
942.90	-45.92	24.06	1.91	87.05	2.252E-02	1.345E-07	0.6286		
953.80	-53.13	23.90	1.61	79.38	9.311E-03	2.300E-08	0.6359		
948.90	-56.12	23.98	1.23	76.09	6.375E-03	1.078E-08	0.6326		<input type="checkbox"/> 不符合
953.20	-57.19	23.90	1.61	75.32	5.834E-03	9.029E-09	0.6355		
954.30	-57.26	23.90	1.55	75.19	5.748E-03	8.763E-09	0.6362		
954.90	-57.54	23.90	1.47	74.83	5.514E-03	8.066E-09	0.6366		
943.50	-58.22	24.06	1.53	74.37	5.230E-03	7.255E-09	0.6290		
939.60	-67.57	24.14	1.51	65.08	1.795E-03	8.544E-10	0.6264		
956.30	-68.31	24.00	1.38	64.07	1.598E-03	6.771E-10	0.6375		
1820.80	-34.9	26.24	4.46	102.80	1.380E-01	5.050E-06	1.2139	4.716E-06	
1822.20	-46.52	26.24	4.46	91.18	3.621E-02	3.477E-07	1.2148		
1821.20	-52	26.24	4.46	85.70	1.927E-02	9.846E-08	1.2141		
1851.50	-52.45	26.38	4.46	85.39	1.860E-02	9.176E-08	1.2343		
1822.90	-55.97	26.24	4.46	81.73	1.220E-02	3.947E-08	1.2153		
1823.80	-57.85	26.24	4.46	79.85	9.824E-03	2.560E-08	1.2159		
1806.70	-58.77	26.14	4.46	78.83	8.740E-03	2.026E-08	1.2045		
1825.00	-59.17	26.24	4.46	78.53	8.439E-03	1.889E-08	1.2167		
1807.50	-59.49	26.14	4.46	78.11	8.045E-03	1.717E-08	1.2050		
1853.40	-59.64	26.38	4.46	78.20	8.128E-03	1.753E-08	1.2356		

c. 1F 中庭

基地臺編號		3033		量測日期		2001/06/06			
基地臺名稱		名流天廈大樓(惠民)		量測位置		1F中庭			
基地臺地址		高雄市楠梓區德民路48號16樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.50	-37.63	24.06	1.39	94.82	5.508E-02	8.047E-07	0.6270	1.820E-06	<input type="checkbox"/> 符合
943.50	-45.13	24.06	1.53	87.46	2.360E-02	1.478E-07	0.6290		
954.30	-49.91	23.60	1.55	82.24	1.294E-02	4.443E-08	0.6362		
955.30	-52.07	24.00	1.50	80.43	1.051E-02	2.929E-08	0.6369		
948.90	-52.1	23.98	1.27	80.15	1.017E-02	2.746E-08	0.6326		<input type="checkbox"/> 不符合
944.10	-52.52	24.06	1.72	80.26	1.030E-02	2.816E-08	0.6294		
951.90	-52.75	23.90	1.69	79.84	9.817E-03	2.557E-08	0.6346		
953.30	-53.06	23.90	2.21	80.05	1.006E-02	2.683E-08	0.6355		
952.90	-58.14	23.90	2.00	74.76	5.470E-03	7.937E-09	0.6353		
959.00	-64.99	24.00	1.70	67.71	2.429E-03	1.566E-09	0.6393		
1806.65	-53.5	26.14	4.46	84.10	1.603E-02	6.818E-08	1.2044	2.200E-07	
1820.65	-56.5	26.24	4.46	81.20	1.148E-02	3.493E-08	1.2138		
1843.05	-57.59	26.33	4.46	80.20	1.024E-02	2.779E-08	1.2287		
1819.25	-58.1	26.19	4.46	79.55	9.493E-03	2.390E-08	1.2128		
1825.20	-58.25	26.24	4.46	79.45	9.382E-03	2.335E-08	1.2168		
1853.38	-58.75	26.38	4.46	79.09	9.005E-03	2.151E-08	1.2356		
1822.40	-59.17	26.24	4.46	78.53	8.439E-03	1.889E-08	1.2149		
1822.75	-59.42	26.24	4.46	78.28	8.200E-03	1.783E-08	1.2152		
1825.90	-59.84	26.24	4.46	77.86	7.813E-03	1.619E-08	1.2173		
1824.50	-60.24	26.24	4.46	77.46	7.461E-03	1.477E-08	1.2163		

d. 附近建物頂樓(特殊學校)

基地臺編號		3033		量測日期		2001/06/06			
基地臺名稱		名流大廈大樓(惠民)		量測位置		附近建物頂樓(特殊學校)			
基地臺地址		高雄市楠梓區德民路48號16樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
942.90	-37.92	24.06	1.91	95.05	5.656E-02	8.485E-07	0.6286	2.249E-06	<input type="checkbox"/> 符合
954.00	-42.96	23.90	1.61	89.55	3.003E-02	2.391E-07	0.6360		
955.00	-46.18	24.00	1.40	86.22	2.046E-02	1.111E-07	0.6367		
955.40	-47.54	24.00	1.64	85.10	1.799E-02	8.583E-08	0.6369		
943.60	-51.63	24.06	1.96	81.39	1.174E-02	3.653E-08	0.6291		<input type="checkbox"/> 不符合
946.50	-52.82	23.98	1.58	79.74	9.705E-03	2.498E-08	0.6310		
949.00	-53.07	23.98	1.20	79.11	9.026E-03	2.161E-08	0.6327		
940.60	-54.27	24.06	1.48	78.27	8.194E-03	1.781E-08	0.6271		
958.80	-54.53	24.00	1.52	77.99	7.934E-03	1.670E-08	0.6392		
939.80	-54.59	24.14	1.51	78.06	7.998E-03	1.697E-08	0.6265		
1821.45	-41.23	26.24	4.46	96.47	6.657E-02	1.176E-06	1.2143	2.510E-06	
1825.35	-44.10	26.24	4.46	93.60	4.784E-02	6.071E-07	1.2169		
1825.05	-47.41	26.24	4.46	90.29	3.268E-02	2.833E-07	1.2167		
1823.40	-48.72	26.24	4.46	88.98	2.811E-02	2.095E-07	1.2156		
1807.50	-48.84	26.14	4.46	88.76	2.742E-02	1.994E-07	1.2050		
1811.85	-49.41	26.19	4.46	88.24	2.582E-02	1.768E-07	1.2079		
1828.55	-49.88	26.24	4.46	87.82	2.459E-02	1.604E-07	1.2190		
1847.25	-51.53	26.33	4.46	86.26	2.056E-02	1.122E-07	1.2315		
1812.90	-53.84	26.19	4.46	83.81	1.550E-02	6.375E-08	1.2086		
1843.05	-54.08	26.33	4.46	83.71	1.533E-02	6.235E-08	1.2287		

B. 金屬工業研究中心



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓

a. 頂樓

基地臺編號		3773		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		金屬工業研究中心		量測位置		頂樓(8F室外)			
基地臺地址		高雄市楠梓區高楠公路1001號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
950.80	-16.14	23.90	1.12	115.88	6.223E-01	1.027E-04	0.6339	5.145E-04	<input type="checkbox"/> 符合
943.40	-16.51	24.06	1.67	116.22	6.471E-01	1.111E-04	0.6289		
950.50	-18.52	23.90	1.60	113.98	5.000E-01	6.632E-05	0.6337		
957.90	-20.49	24.00	1.58	112.09	4.023E-01	4.292E-05	0.6386		
940.80	-37.40	24.06	1.48	95.14	5.715E-02	8.663E-07	0.6272		<input type="checkbox"/> 不符合
957.10	-40.16	24.00	1.44	92.28	4.111E-02	4.484E-07	0.6381		
944.70	-41.12	24.06	1.82	91.76	3.873E-02	3.978E-07	0.6298		
939.50	-41.95	24.14	1.55	90.74	3.443E-02	3.145E-07	0.6263		
951.20	-42.34	23.90	1.94	90.50	3.350E-02	2.976E-07	0.6341		
939.90	-44.65	24.14	1.12	87.61	2.402E-02	1.530E-07	0.6266		
1824.00	-32.77	26.24	4.46	104.93	1.763E-01	8.246E-06	1.2160	3.654E-05	
1820.55	-32.85	26.24	4.46	104.85	1.747E-01	8.096E-06	1.2137		
1856.55	-34.32	26.38	4.46	103.52	1.500E-01	5.966E-06	1.2377		
1823.10	-34.97	26.24	4.46	102.73	1.369E-01	4.969E-06	1.2154		
1851.75	-35.46	26.38	4.46	102.38	1.315E-01	4.588E-06	1.2345		
1825.35	-36.52	26.24	4.46	101.18	1.145E-01	3.477E-06	1.2169		
1825.95	-37.61	26.24	4.46	100.09	1.010E-01	2.706E-06	1.2173		
1824.60	-37.72	26.24	4.46	99.98	9.972E-02	2.638E-06	1.2164		
1821.90	-38.67	26.24	4.46	99.03	8.939E-02	2.120E-06	1.2146		
1806.90	-39.37	26.14	4.46	98.23	8.156E-02	1.765E-06	1.2046		

b. 天線正下

基地臺編號		3773		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		金屬工業研究中心		量測位置		天線正下(8F室內)			
基地臺地址		高雄市楠梓區高楠公路1001號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
957.20	-41.43	24.00	1.18	90.75	3.447E-02	3.153E-07	0.6381	1.121E-06	<input type="checkbox"/> 符合
958.00	-45.79	24.00	1.40	86.61	2.140E-02	1.215E-07	0.6387		
939.50	-49.08	24.14	1.55	83.61	1.515E-02	6.091E-08	0.6263		
950.50	-50.38	23.90	1.60	82.12	1.276E-02	4.322E-08	0.6337		
943.20	-51.13	24.06	1.76	81.69	1.215E-02	3.914E-08	0.6288		<input type="checkbox"/> 不符合
940.70	-51.76	24.06	1.05	80.35	1.041E-02	2.875E-08	0.6271		
956.20	-52.36	24.00	1.35	79.99	9.988E-03	2.646E-08	0.6375		
938.50	-52.46	24.14	1.41	80.09	1.010E-02	2.708E-08	0.6257		
959.70	-53.11	24.00	2.08	79.97	9.966E-03	2.634E-08	0.6398		
959.10	-53.16	24.00	1.70	79.54	9.484E-03	2.386E-08	0.6394		
1807.35	-59.68	26.14	4.46	77.92	7.870E-03	1.643E-08	1.2049	5.380E-08	
1809.30	-62.10	26.14	4.46	75.50	5.957E-03	9.411E-09	1.2062		
1808.10	-63.30	26.14	4.46	74.30	5.188E-03	7.139E-09	1.2054		
1814.10	-64.11	26.19	4.46	73.54	4.752E-03	5.990E-09	1.2094		
1852.65	-64.24	26.38	4.46	73.60	4.786E-03	6.077E-09	1.2351		
1819.95	-65.02	26.19	4.46	72.63	4.280E-03	4.858E-09	1.2133		
1843.20	-65.40	26.33	4.46	72.39	4.165E-03	4.601E-09	1.2288		
1847.85	-66.24	26.33	4.46	71.55	3.781E-03	3.792E-09	1.2319		
1847.10	-66.43	26.33	4.46	71.36	3.699E-03	3.630E-09	1.2314		
1840.35	-66.69	26.33	4.46	71.10	3.590E-03	3.419E-09	1.2269		

c. 7F 室內(辦公區)

基地臺編號		3773		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		金屬工業研究中心		量測位置		7F室內			
基地臺地址		高雄市楠梓區高楠公路1001號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
957.90	-36.43	25.48	1.58	97.63	7.612E-02	1.537E-06	0.6386	3.126E-06	<input type="checkbox"/> 符合
943.40	-46.05	24.94	1.67	87.56	2.388E-02	1.512E-07	0.6289		
950.50	-48.20	25.30	1.60	85.70	1.928E-02	9.855E-08	0.6337		
957.10	-49.74	25.48	1.44	84.18	1.618E-02	6.945E-08	0.6381		
956.80	-52.55	25.48	1.51	81.44	1.180E-02	3.695E-08	0.6379		<input type="checkbox"/> 不符合
940.00	-52.89	24.94	0.88	79.93	9.920E-03	2.610E-08	0.6267		
939.50	-53.05	24.76	1.55	80.26	1.030E-02	2.816E-08	0.6263		
941.80	-55.18	24.94	1.05	77.81	7.771E-03	1.602E-08	0.6279		
940.70	-56.09	24.94	1.05	76.90	6.998E-03	1.299E-08	0.6271		
944.60	-56.33	24.94	1.89	77.50	7.499E-03	1.492E-08	0.6297		
1847.10	-52.68	26.33	4.46	85.11	1.801E-02	8.607E-08	1.2314	2.552E-07	
1842.90	-53.43	26.33	4.46	84.36	1.652E-02	7.242E-08	1.2286		
1806.45	-55.85	26.14	4.46	81.75	1.223E-02	3.969E-08	1.2043		
1805.25	-58.59	26.14	4.46	79.01	8.923E-03	2.112E-08	1.2035		
1815.90	-59.13	26.19	4.46	78.52	8.431E-03	1.886E-08	1.2106		
1852.65	-59.76	26.38	4.46	78.08	8.017E-03	1.705E-08	1.2351		
1849.20	-59.88	26.33	4.46	77.91	7.863E-03	1.640E-08	1.2328		
1846.35	-60.26	26.33	4.46	77.53	7.527E-03	1.503E-08	1.2309		
1807.05	-60.43	26.14	4.46	77.17	7.219E-03	1.382E-08	1.2047		
1815.00	-61.27	26.19	4.46	76.38	6.590E-03	1.152E-08	1.2100		

d. 附近建物頂樓(廠區內另一建築物)

基地臺編號		3773		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		金屬工業研究中心		量測位置		附近建物頂樓			
基地臺地址		高雄市楠梓區高楠公路1001號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
943.30	-26.23	24.06	2.08	106.91	2.216E-01	1.302E-05	0.6289	3.435E-05	<input type="checkbox"/> 符合
950.50	-29.87	23.90	1.60	102.63	1.354E-01	4.860E-06	0.6337		
957.90	-33.28	24.00	1.58	99.30	9.226E-02	2.258E-06	0.6386		
939.90	-38.63	24.14	1.12	93.63	4.803E-02	6.119E-07	0.6266		
956.40	-43.31	24.00	1.71	89.40	2.951E-02	2.310E-07	0.6376		<input type="checkbox"/> 不符合
941.70	-43.34	24.06	1.74	89.46	2.972E-02	2.342E-07	0.6278		
940.60	-44.82	24.06	1.48	87.72	2.432E-02	1.569E-07	0.6271		
945.60	-46.07	23.98	1.46	86.37	2.082E-02	1.150E-07	0.6304		
958.50	-47.04	24.00	1.57	85.53	1.890E-02	9.477E-08	0.6390		
942.10	-47.34	24.06	1.72	85.44	1.871E-02	9.282E-08	0.6281		
1806.90	-37.79	26.14	4.46	99.81	9.784E-02	2.539E-06	1.2046	9.512E-06	
1811.25	-38.61	26.19	4.46	99.04	8.952E-02	2.125E-06	1.2075		
1813.35	-39.71	26.19	4.46	97.94	7.887E-02	1.650E-06	1.2089		
1811.85	-41.61	26.19	4.46	96.04	6.337E-02	1.065E-06	1.2079		
1820.70	-42.10	26.24	4.46	95.60	6.023E-02	9.622E-07	1.2138		
1826.40	-42.65	26.24	4.46	95.05	5.653E-02	8.477E-07	1.2176		
1823.25	-43.80	26.24	4.46	93.90	4.952E-02	6.505E-07	1.2155		
1812.45	-44.09	26.19	4.46	93.56	4.763E-02	6.018E-07	1.2083		
1809.75	-44.41	26.14	4.46	93.19	4.566E-02	5.529E-07	1.2065		
1847.10	-44.93	26.33	4.46	92.86	4.396E-02	5.127E-07	1.2314		

C. 高都汽車九如路



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓

a. 頂樓

基地臺編號		3745		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車九如路		量測位置		頂樓(6F室外)			
基地臺地址		高雄市三民區九如三路271號7樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.30	-26.28	24.06	1.39	106.17	2.035E-01	1.098E-05	0.6295	6.271E-05	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
946.90	-27.86	23.98	1.27	104.39	1.658E-01	7.289E-06	0.6313		
946.30	-29.62	23.98	1.51	102.87	1.392E-01	5.136E-06	0.6309		
949.30	-30.14	23.98	1.23	102.07	1.269E-01	4.272E-06	0.6329		
950.10	-32.03	23.90	1.46	100.33	1.039E-01	2.862E-06	0.6334		
951.90	-33.21	23.90	1.69	99.38	9.311E-02	2.300E-06	0.6346		
954.70	-33.77	23.90	1.47	98.60	8.511E-02	1.922E-06	0.6365		
947.70	-34.41	23.98	1.14	97.71	7.682E-02	1.566E-06	0.6318		
944.70	-34.62	24.06	1.82	98.26	8.185E-02	1.777E-06	0.6298		
952.10	-34.71	23.90	1.34	97.53	7.525E-02	1.502E-06	0.6347		
1807.95	-18.30	26.14	4.46	119.30	9.226E-01	2.258E-04	1.2053	3.552E-04	
1813.20	-24.56	26.19	4.46	113.09	4.512E-01	5.401E-05	1.2088		
1809.90	-25.56	26.14	4.46	112.04	3.999E-01	4.243E-05	1.2066		
1814.55	-25.82	26.19	4.46	111.83	3.903E-01	4.041E-05	1.2097		
1812.30	-25.98	26.19	4.46	111.67	3.832E-01	3.895E-05	1.2082		
1819.50	-30.54	26.19	4.46	107.11	2.267E-01	1.363E-05	1.2130		
1825.50	-35.51	26.24	4.46	102.19	1.286E-01	4.388E-06	1.2170		
1847.85	-36.26	26.33	4.46	101.53	1.193E-01	3.774E-06	1.2319		
1822.35	-37.32	26.24	4.46	100.38	1.044E-01	2.892E-06	1.2149		
1809.30	-37.77	26.14	4.46	99.83	9.806E-02	2.551E-06	1.2062		

b. 天線正下(6F 室內)

基地臺編號		3745		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車九如路		量測位置		天線正下(6F室內)			
基地臺地址		高雄市三民區九如三路271號7樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
942.40	-41.97	24.06	1.87	90.96	3.532E-02	3.309E-07	0.6283	9.172E-07	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
940.00	-50.35	24.06	0.88	81.59	1.201E-02	3.825E-08	0.6267		
952.40	-51.52	23.90	1.73	81.11	1.136E-02	3.425E-08	0.6349		
951.90	-51.79	23.90	1.69	80.80	1.096E-02	3.189E-08	0.6346		
944.70	-51.88	24.06	1.82	81.00	1.122E-02	3.339E-08	0.6298		
944.30	-52.41	24.06	1.39	80.04	1.005E-02	2.677E-08	0.6295		
952.70	-52.90	23.90	2.09	80.09	1.010E-02	2.708E-08	0.6351		
951.30	-53.84	23.90	1.96	79.02	8.933E-03	2.117E-08	0.6342		
948.40	-53.91	23.98	1.25	78.32	8.241E-03	1.802E-08	0.6323		
958.90	-54.88	24.00	1.72	77.84	7.798E-03	1.613E-08	0.6393		
1852.77	-52.67	26.38	4.46	85.17	1.813E-02	8.723E-08	1.2352	2.041E-07	
1820.28	-54.59	26.24	4.46	83.11	1.430E-02	5.423E-08	1.2135		
1808.24	-59.07	26.14	4.46	78.53	8.443E-03	1.891E-08	1.2055		
1847.89	-59.52	26.33	4.46	78.27	8.196E-03	1.782E-08	1.2319		
1806.56	-60.36	26.14	4.46	77.24	7.278E-03	1.405E-08	1.2044		
1851.70	-60.76	26.38	4.46	77.08	7.145E-03	1.354E-08	1.2345		
1846.06	-61.28	26.33	4.46	76.51	6.693E-03	1.188E-08	1.2307		
1811.13	-61.39	26.19	4.46	76.26	6.500E-03	1.121E-08	1.2074		
1819.06	-61.55	26.19	4.46	76.10	6.381E-03	1.080E-08	1.2127		
1854.60	-62.03	26.38	4.46	75.81	6.173E-03	1.011E-08	1.2364		

c. 1F 室外

基地臺編號		3745		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車九如路		量測位置		1F室外			
基地臺地址		高雄市三民區九如三路271號7樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
955.40	-40.40	24.00	1.64	92.24	4.093E-02	4.443E-07	0.6369	1.848E-06	<input type="checkbox"/> 符合
942.30	-45.48	24.06	1.72	87.30	2.317E-02	1.424E-07	0.6282		
941.40	-46.30	24.06	1.41	86.17	2.035E-02	1.098E-07	0.6276		
948.10	-47.11	23.98	1.55	85.42	1.866E-02	9.240E-08	0.6321		
949.00	-47.94	23.98	1.2	84.24	1.629E-02	7.041E-08	0.6327		<input type="checkbox"/> 不符合
950.30	-48.01	23.90	1.44	84.33	1.646E-02	7.189E-08	0.6335		
947.30	-48.13	23.98	1.16	84.01	1.587E-02	6.678E-08	0.6315		
954.50	-48.88	23.90	1.61	83.63	1.519E-02	6.119E-08	0.6363		
953.60	-48.94	23.90	2.07	84.03	1.590E-02	6.709E-08	0.6357		
950.50	-49.79	23.90	1.16	82.27	1.299E-02	4.474E-08	0.6337		
1809.90	-44.00	26.14	4.46	93.60	4.786E-02	6.077E-07	1.2066	1.957E-06	
1805.40	-44.68	26.14	4.46	92.92	4.426E-02	5.196E-07	1.2036		
1852.80	-44.84	26.38	4.46	93.00	4.467E-02	5.292E-07	1.2352		
1810.80	-49.04	26.19	4.46	88.61	2.694E-02	1.925E-07	1.2072		
1846.05	-50.14	26.33	4.46	87.65	2.413E-02	1.545E-07	1.2307		
1812.15	-52.46	26.19	4.46	85.19	1.817E-02	8.759E-08	1.2081		
1817.25	-53.00	26.19	4.46	84.65	1.708E-02	7.735E-08	1.2115		
1849.65	-53.09	26.33	4.46	84.70	1.718E-02	7.832E-08	1.2331		
1820.10	-53.73	26.24	4.46	83.97	1.579E-02	6.611E-08	1.2134		
1845.15	-53.83	26.33	4.46	83.96	1.578E-02	6.605E-08	1.2301		

d. 附近建物頂樓(民宅)

基地臺編號		3745		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車九如路		量測位置		附近建物樓頂(民宅)			
基地臺地址		高雄市三民區九如三路271號7樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.30	-26.02	24.06	1.39	106.43	2.097E-01	1.166E-05	0.6295	6.945E-05	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
951.50	-29.24	23.90	1.98	103.64	1.521E-01	6.133E-06	0.6343		
949.90	-30.21	23.98	1.55	102.32	1.306E-01	4.525E-06	0.6333		
952.80	-30.24	23.90	2.23	102.89	1.395E-01	5.160E-06	0.6352		
948.70	-30.70	23.98	1.67	101.95	1.252E-01	4.156E-06	0.6325		
947.40	-30.77	23.98	1.16	101.37	1.171E-01	3.636E-06	0.6316		
953.40	-32.09	23.90	2.04	100.85	1.103E-01	3.226E-06	0.6356		
946.80	-33.21	23.98	1.77	99.54	9.484E-02	2.386E-06	0.6312		
954.10	-34.33	23.90	1.22	97.79	7.754E-02	1.595E-06	0.6361		
951.90	-35.19	23.90	1.69	97.40	7.413E-02	1.458E-06	0.6346		
1819.05	-31.97	26.19	4.46	105.68	1.923E-01	9.805E-06	1.2127	2.314E-05	
1822.95	-33.65	26.24	4.46	104.05	1.593E-01	6.734E-06	1.2153		
1823.70	-37.63	26.24	4.46	100.07	1.008E-01	2.693E-06	1.2158		
1824.75	-39.35	26.24	4.46	98.35	8.266E-02	1.812E-06	1.2165		
1847.25	-39.63	26.33	4.46	98.16	8.093E-02	1.737E-06	1.2315		
1826.40	-40.88	26.24	4.46	96.82	6.931E-02	1.274E-06	1.2176		
1825.50	-40.97	26.24	4.46	96.73	6.860E-02	1.248E-06	1.2170		
1809.90	-41.88	26.14	4.46	95.72	6.109E-02	9.901E-07	1.2066		
1813.35	-42.19	26.19	4.46	95.46	5.928E-02	9.321E-07	1.2089		
1816.05	-42.37	26.19	4.46	95.28	5.806E-02	8.942E-07	1.2107		

D. 高都汽車民族路



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓

a. 頂樓

基地臺編號		3788		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車民族路		量測位置		頂樓(頂樓屋突下方外側)			
基地臺地址		高雄市三民區民族一路558號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.30	-33.12	24.06	1.39	99.33	9.258E-02	2.273E-06	0.6295	1.831E-05	<input type="checkbox"/> 符合
956.40	-33.72	24.00	1.71	98.99	8.902E-02	2.102E-06	0.6376		
954.10	-35.87	23.90	1.61	96.64	6.792E-02	1.224E-06	0.6361		
955.50	-35.94	24.00	1.75	96.81	6.926E-02	1.273E-06	0.6370		
948.30	-36.16	23.98	1.51	96.33	6.554E-02	1.139E-06	0.6322		<input type="checkbox"/> 不符合
952.70	-37.23	23.90	2.09	95.76	6.138E-02	9.992E-07	0.6351		
947.30	-38.38	23.98	1.16	93.76	4.875E-02	6.305E-07	0.6315		
948.70	-38.47	23.98	1.67	94.18	5.117E-02	6.945E-07	0.6325		
953.50	-38.67	23.90	1.93	94.16	5.105E-02	6.913E-07	0.6357		
952.10	-38.80	23.90	1.34	93.44	4.699E-02	5.857E-07	0.6347		
1806.00	-34.09	26.14	4.46	103.51	1.498E-01	5.952E-06	1.2040	1.842E-05	
1809.90	-36.38	26.14	4.46	101.22	1.151E-01	3.513E-06	1.2066		
1811.25	-36.56	26.19	4.46	101.09	1.133E-01	3.408E-06	1.2075		
1856.10	-38.30	26.38	4.46	99.54	9.484E-02	2.386E-06	1.2374		
1813.65	-39.20	26.19	4.46	98.45	8.364E-02	1.855E-06	1.2091		
1850.85	-40.57	26.38	4.46	97.27	7.303E-02	1.415E-06	1.2339		
1812.90	-41.20	26.19	4.46	96.45	6.644E-02	1.171E-06	1.2086		
1814.85	-42.18	26.19	4.46	95.47	5.935E-02	9.342E-07	1.2099		
1815.60	-42.37	26.19	4.46	95.28	5.806E-02	8.942E-07	1.2104		
1848.60	-42.96	26.33	4.46	94.83	5.516E-02	8.070E-07	1.2324		

b. 天線正下

基地臺編號		3788		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車民族路		量測位置		天線正下(頂樓屋突下方)			
基地臺地址		高雄市三民區民族一路558號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.30	-29.74	24.06	1.39	102.71	1.366E-01	4.951E-06	0.6295	3.173E-05	<input type="checkbox"/> 符合
952.10	-32.42	23.90	1.34	99.82	9.795E-02	2.545E-06	0.6347		
951.60	-32.70	23.90	1.60	99.80	9.772E-02	2.533E-06	0.6344		
947.60	-32.93	23.98	1.58	99.63	9.583E-02	2.436E-06	0.6317		
947.10	-33.07	23.98	1.69	99.60	9.550E-02	2.419E-06	0.6314		<input type="checkbox"/> 不符合
946.50	-35.43	23.98	1.58	97.13	7.186E-02	1.370E-06	0.6310		
949.00	-36.32	23.98	1.20	95.86	6.209E-02	1.022E-06	0.6327		
950.90	-36.48	23.90	1.60	96.02	6.324E-02	1.061E-06	0.6339		
939.20	-36.79	24.14	1.02	95.37	5.868E-02	9.134E-07	0.6261		
950.30	-37.26	23.90	1.14	94.78	5.483E-02	7.974E-07	0.6335		
1850.55	-40.48	26.38	4.46	97.36	7.379E-02	1.444E-06	1.2337	6.050E-06	
1846.05	-40.68	26.33	4.46	97.11	7.171E-02	1.364E-06	1.2307		
1856.10	-42.09	26.38	4.46	95.75	6.131E-02	9.969E-07	1.2374		
1847.70	-43.61	26.33	4.46	94.18	5.118E-02	6.948E-07	1.2318		
1806.15	-44.31	26.14	4.46	93.29	4.618E-02	5.658E-07	1.2041		
1815.75	-44.54	26.19	4.46	93.11	4.523E-02	5.426E-07	1.2105		
1852.05	-44.70	26.38	4.46	93.14	4.539E-02	5.466E-07	1.2347		
1846.80	-45.26	26.33	4.46	92.53	4.233E-02	4.752E-07	1.2312		
1813.80	-45.80	26.19	4.46	91.85	3.912E-02	4.059E-07	1.2092		
1814.85	-46.03	26.19	4.46	91.62	3.810E-02	3.850E-07	1.2099		

c. 1F 室外

基地臺編號		3788		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車民族路		量測位置		1F室外			
基地臺地址		高雄市三民區民族一路558號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
941.40	-29.82	24.06	1.41	102.65	1.357E-01	4.883E-06	0.6276	1.578E-05	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
948.90	-36.14	23.98	1.27	96.11	6.390E-02	1.083E-06	0.6326		
954.00	-36.83	23.90	1.61	95.68	6.081E-02	9.810E-07	0.6360		
952.10	-38.05	23.90	1.34	94.19	5.123E-02	6.961E-07	0.6347		
954.90	-39.06	23.90	1.47	93.31	4.629E-02	5.684E-07	0.6366		
952.30	-39.21	23.90	1.98	93.67	4.825E-02	6.175E-07	0.6349		
956.30	-39.66	24.00	1.38	92.72	4.325E-02	4.962E-07	0.6375		
946.60	-40.76	23.98	1.77	91.99	3.976E-02	4.194E-07	0.6311		
943.20	-46.23	24.06	1.76	86.59	2.136E-02	1.210E-07	0.6288		
944.30	-46.95	24.06	1.39	85.50	1.884E-02	9.411E-08	0.6295		
1847.70	-39.35	26.33	4.46	98.44	8.358E-02	1.853E-06	1.2318	7.101E-06	
1855.20	-40.16	26.38	4.46	97.68	7.656E-02	1.555E-06	1.2368		
1840.65	-40.32	26.33	4.46	97.47	7.475E-02	1.482E-06	1.2271		
1850.40	-40.33	26.38	4.46	97.51	7.508E-02	1.495E-06	1.2336		
1843.35	-41.07	26.33	4.46	96.72	6.856E-02	1.247E-06	1.2289		
1806.00	-45.73	26.14	4.46	91.87	3.922E-02	4.080E-07	1.2040		
1842.00	-48.76	26.33	4.46	89.03	2.829E-02	2.123E-07	1.2280		
1812.90	-48.85	26.19	4.46	88.80	2.754E-02	2.011E-07	1.2086		
1846.05	-49.23	26.33	4.46	88.56	2.680E-02	1.905E-07	1.2307		
1815.75	-52.47	26.19	4.46	85.18	1.815E-02	8.739E-08	1.2105		

d. 附近建物頂樓(大世界百貨)

基地臺編號		3788		量測日期		2001/06/07			
基地臺名稱		高都汽車民族路		量測位置		附近建物頂樓(大世界百貨)			
基地臺地址		高雄市三民區民族一路558號樓頂							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
943.20	-23.10	24.06	1.76	109.72	3.062E-01	2.487E-05	0.6288	2.474E-04	<input type="checkbox"/> 符合
951.30	-23.44	23.90	1.96	109.42	2.958E-01	2.321E-05	0.6342		
949.10	-23.67	23.98	1.41	108.72	2.729E-01	1.975E-05	0.6327		
948.30	-24.49	23.98	1.51	108.00	2.512E-01	1.674E-05	0.6322		
949.30	-25.01	23.98	1.23	107.20	2.291E-01	1.392E-05	0.6329		<input type="checkbox"/> 不符合
946.30	-25.66	23.98	1.51	106.83	2.195E-01	1.278E-05	0.6309		
952.30	-25.66	23.90	1.98	107.22	2.296E-01	1.398E-05	0.6349		
950.00	-26.28	23.90	1.58	106.20	2.042E-01	1.106E-05	0.6333		
946.90	-26.57	23.98	1.27	105.68	1.923E-01	9.810E-06	0.6313		
952.90	-26.98	23.90	2.00	105.92	1.977E-01	1.037E-05	0.6353		
1846.05	-25.85	26.33	4.46	111.94	3.955E-01	4.148E-05	1.2307	6.929E-05	
1842.00	-29.44	26.33	4.46	108.35	2.616E-01	1.815E-05	1.2280		
1834.50	-31.00	26.28	4.46	106.74	2.174E-01	1.253E-05	1.2230		
1852.50	-31.94	26.38	4.46	105.90	1.972E-01	1.032E-05	1.2350		
1808.70	-42.50	26.14	4.46	95.10	5.689E-02	8.583E-07	1.2058		
1813.65	-43.05	26.19	4.46	94.60	5.369E-02	7.646E-07	1.2091		
1811.40	-45.91	26.19	4.46	91.74	3.863E-02	3.958E-07	1.2076		
1856.85	-46.97	26.38	4.46	90.87	3.495E-02	3.241E-07	1.2379		
1809.60	-49.40	26.14	4.46	88.20	2.570E-02	1.753E-07	1.2064		
1854.00	-50.14	26.38	4.46	87.70	2.427E-02	1.562E-07	1.2360		

3.6.2 屏東

E. 潮洲狄斯奈



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓(特殊學校)

a. 頂樓

基地臺編號		8785		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		潮州狄斯奈		量測位置		頂樓(13F室外)			
基地臺地址		屏東縣潮州鎮永春里永昌路45號A棟12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
941.80	-16.95	24.06	1.65	115.76	6.138E-01	9.992E-05	0.6279	2.768E-04	<input type="checkbox"/> 符合
946.90	-19.56	23.98	1.27	112.69	4.310E-01	4.928E-05	0.6313		
949.00	-25.61	23.98	1.20	106.57	2.131E-01	1.204E-05	0.6327		
944.30	-30.19	24.06	1.39	102.26	1.297E-01	4.463E-06	0.6295		<input type="checkbox"/> 不符合
947.50	-30.33	23.98	1.74	102.39	1.317E-01	4.599E-06	0.6317		
943.20	-37.15	24.06	1.76	95.67	6.074E-02	9.787E-07	0.6288		
951.60	-37.69	23.90	2.15	95.36	5.861E-02	9.113E-07	0.6344		
950.50	-37.81	23.90	1.16	94.25	5.158E-02	7.058E-07	0.6337		
956.50	-37.96	24.00	1.57	94.61	5.377E-02	7.668E-07	0.6377		
957.50	-39.22	24.00	1.37	93.15	4.545E-02	5.478E-07	0.6383		
1808.55	-28.36	26.14	4.46	109.24	2.897E-01	2.227E-05	1.2057	4.218E-05	
1819.20	-31.52	26.19	4.46	106.13	2.025E-01	1.088E-05	1.2128		
1811.10	-36.26	26.19	4.46	101.39	1.173E-01	3.651E-06	1.2074		
1841.85	-37.47	26.33	4.46	100.32	1.038E-01	2.857E-06	1.2279		
1835.85	-37.91	26.28	4.46	99.83	9.811E-02	2.553E-06	1.2239		
1809.45	-38.51	26.14	4.46	99.09	9.005E-02	2.151E-06	1.2063		
1812.45	-39.32	26.19	4.46	98.33	8.249E-02	1.805E-06	1.2083		
1812.90	-39.48	26.19	4.46	98.17	8.098E-02	1.740E-06	1.2086		
1838.85	-39.98	26.28	4.46	97.76	7.730E-02	1.585E-06	1.2259		
1846.65	-39.99	26.33	4.46	97.80	7.764E-02	1.599E-06	1.2311		

b. 天線正下(12F 室內)

基地臺編號		8785		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		潮州狄斯奈		量測位置		天線正下(12F室內)			
基地臺地址		屏東縣潮州鎮永春里永昌路45號A棟12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.70	-52.71	24.06	1.05	79.40	9.333E-03	2.310E-08	0.6271	1.651E-07	<input type="checkbox"/> 符合
942.20	-52.83	24.06	1.74	79.97	9.966E-03	2.634E-08	0.6281		
947.20	-57.03	23.98	1.25	75.20	5.754E-03	8.783E-09	0.6315		
957.10	-57.08	24.00	1.44	75.36	5.861E-03	9.113E-09	0.6381		
953.90	-57.37	23.90	1.76	75.29	5.814E-03	8.967E-09	0.6359		<input type="checkbox"/> 不符合
948.00	-57.87	23.98	1.65	74.76	5.470E-03	7.937E-09	0.6320		
957.50	-58.57	24.00	1.37	73.80	4.898E-03	6.363E-09	0.6383		
943.70	-59.36	24.06	1.91	73.61	4.792E-03	6.091E-09	0.6291		
941.90	-60.93	24.06	1.62	71.75	3.868E-03	3.969E-09	0.6279		
956.30	-61.20	24.00	1.38	71.18	3.622E-03	3.481E-09	0.6375		
1881.30	-54.44	26.52	4.46	83.54	1.504E-02	5.999E-08	1.2542	8.738E-08	
1833.15	-61.15	26.28	4.46	76.59	6.756E-03	1.211E-08	1.2221		
1875.00	-64.22	26.48	4.46	73.72	4.851E-03	6.241E-09	1.2500		
1837.95	-64.48	26.28	4.46	73.26	4.605E-03	5.624E-09	1.2253		
1870.80	-64.84	26.48	4.46	73.10	4.516E-03	5.411E-09	1.2472		
1835.25	-65.50	26.28	4.46	72.24	4.094E-03	4.447E-09	1.2235		
1875.45	-65.92	26.48	4.46	72.02	3.988E-03	4.219E-09	1.2503		
1843.95	-66.34	26.33	4.46	71.45	3.738E-03	3.706E-09	1.2293		
1874.25	-66.48	26.48	4.46	71.46	3.739E-03	3.709E-09	1.2495		
1842.90	-66.78	26.33	4.46	71.01	3.553E-03	3.349E-09	1.2286		

c. 1F 室外

基地臺編號		8785		量測日期		2001/06/20				
基地臺名稱		潮州狄斯奈		量測位置		1F室外				
基地臺地址		屏東縣潮州鎮永春里永昌路45號A棟12樓								
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果	
				(dB μV/m)	(V/m)					
944.3	-34.79	24.06	1.39	97.66	7.638E-02	1.548E-06	0.6295	5.795E-06	<input type="checkbox"/> 符合	
947.5	-35.99	23.98	1.74	96.73	6.863E-02	1.249E-06	0.6317			
951.6	-38.06	23.9	2.15	94.99	5.617E-02	8.369E-07	0.6344			
941.9	-58.5	24.06	1.62	74.18	5.117E-03	6.945E-09	0.6279			<input type="checkbox"/> 不符合
940.7	-59.69	24.06	1.05	72.42	4.178E-03	4.631E-09	0.6271			
953.9	-59.8	23.9	1.76	72.86	4.395E-03	5.125E-09	0.6359			
948.1	-61.29	23.98	1.55	71.24	3.648E-03	3.529E-09	0.6321			
957.5	-62.68	24	1.37	69.69	3.051E-03	2.470E-09	0.6383			
946.8	-63.98	23.98	1.51	68.51	2.664E-03	1.882E-09	0.6312			
949.1	-67.96	23.98	1.41	64.43	1.665E-03	7.356E-10	0.6327			
1819.95	-46.45	26.188	4.46	91.20	3.630E-02	3.495E-07	1.2133	5.621E-07		
1822.5	-52.26	26.236	4.46	85.44	1.870E-02	9.274E-08	1.2150			
1837.5	-53.07	26.284	4.46	84.67	1.713E-02	7.781E-08	1.2250			
1824.75	-53.34	26.236	4.46	84.36	1.651E-02	7.232E-08	1.2165			
1825.65	-56.25	26.236	4.46	81.45	1.181E-02	3.700E-08	1.2171			
1825.35	-59.99	26.236	4.46	77.71	7.679E-03	1.564E-08	1.2169			
1823.25	-60.06	26.236	4.46	77.64	7.617E-03	1.539E-08	1.2155			
1835.85	-60.63	26.284	4.46	77.11	7.173E-03	1.365E-08	1.2239			
1826.4	-64.47	26.236	4.46	73.23	4.585E-03	5.575E-09	1.2176			
1846.5	-66.27	26.332	4.46	71.52	3.768E-03	3.766E-09	1.2310			

d. 附近建物頂樓(郵局)

基地臺編號		8785		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		潮州狄斯奈		量測位置		附近建物頂樓(郵局)			
基地臺地址		屏東縣潮州鎮永春里永昌路45號A棟12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
957.50	-33.52	24.00	1.37	98.85	8.760E-02	2.035E-06	0.6383	7.250E-06	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
958.60	-38.51	24.00	1.58	94.07	5.052E-02	6.771E-07	0.6391		
958.00	-40.89	24.00	1.53	91.64	3.819E-02	3.870E-07	0.6387		
938.40	-41.50	24.14	1.60	91.24	3.648E-02	3.529E-07	0.6256		
959.40	-42.28	24.00	1.74	90.46	3.334E-02	2.949E-07	0.6396		
941.90	-43.51	24.06	1.62	89.17	2.874E-02	2.191E-07	0.6279		
938.70	-43.72	24.14	1.41	88.83	2.764E-02	2.026E-07	0.6258		
959.80	-44.54	24.00	1.82	88.28	2.594E-02	1.785E-07	0.6399		
943.20	-45.10	24.06	1.76	87.72	2.432E-02	1.569E-07	0.6288		
950.50	-46.23	23.90	1.41	86.08	2.014E-02	1.076E-07	0.6337		
1806.75	-41.21	26.14	4.46	96.39	6.599E-02	1.155E-06	1.2045	3.611E-06	
1812.45	-42.15	26.19	4.46	95.50	5.955E-02	9.407E-07	1.2083		
1813.35	-43.74	26.19	4.46	93.91	4.959E-02	6.523E-07	1.2089		
1814.25	-43.74	26.19	4.46	93.91	4.959E-02	6.523E-07	1.2095		
1811.40	-45.06	26.19	4.46	92.59	4.260E-02	4.813E-07	1.2076		
1810.20	-49.53	26.19	4.46	88.12	2.546E-02	1.720E-07	1.2068		
1810.95	-52.04	26.19	4.46	85.61	1.907E-02	9.648E-08	1.2073		
1848.60	-52.77	26.33	4.46	85.02	1.783E-02	8.431E-08	1.2324		
1856.25	-53.70	26.38	4.46	84.14	1.611E-02	6.881E-08	1.2375		
1840.50	-54.22	26.33	4.46	83.57	1.509E-02	6.038E-08	1.2270		

F. 屏東高都



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓(特殊學校)

a. 頂樓

基地臺編號		8737G		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		屏東高都		量測位置		頂樓			
基地臺地址		屏東市建國路253號4樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.2	-18.5	24.06	1.87	114.43	5.266E-01	7.356E-05	0.6295	1.329E-04	<input type="checkbox"/> 符合
940.6	-31.24	24.06	1.48	101.30	1.161E-01	3.578E-06	0.6271		
956.6	-33	24	1.52	99.52	9.462E-02	2.375E-06	0.6377		
941.6	-33.24	24.06	1.05	98.87	8.780E-02	2.045E-06	0.6277		
947.8	-35.38	23.98	1.2	96.80	6.918E-02	1.270E-06	0.6319		<input type="checkbox"/> 不符合
947.3	-41.18	23.98	1.16	90.96	3.532E-02	3.309E-07	0.6315		
944.6	-44.08	24.06	1.89	88.87	2.777E-02	2.045E-07	0.6297		
943.3	-46.63	24.06	2.08	86.51	2.116E-02	1.188E-07	0.6289		
938.5	-47.12	24.14	1.41	85.43	1.869E-02	9.261E-08	0.6257		
950	-47.86	23.9	1.58	84.62	1.702E-02	7.685E-08	0.6333		
1823.7	-30.03	26.236	4.46	107.67	2.417E-01	1.550E-05	1.2158	4.988E-05	
1818.45	-31.67	26.188	4.46	105.98	1.990E-01	1.051E-05	1.2123		
1847.55	-31.98	26.332	4.46	105.81	1.953E-01	1.011E-05	1.2317		
1823.1	-34.55	26.236	4.46	103.15	1.436E-01	5.473E-06	1.2154		
1814.25	-34.73	26.188	4.46	102.92	1.399E-01	5.193E-06	1.2095		
1822.35	-35.84	26.236	4.46	101.86	1.238E-01	4.067E-06	1.2149		
1842.9	-36.45	26.332	4.46	101.34	1.167E-01	3.613E-06	1.2286		
1846.2	-38.06	26.332	4.46	99.73	9.696E-02	2.494E-06	1.2308		
1812	-38.74	26.188	4.46	98.91	8.819E-02	2.063E-06	1.2080		
1824.15	-39.52	26.236	4.46	98.18	8.106E-02	1.743E-06	1.2161		

b. 天線正下

基地臺編號		8737G		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		屏東高都		量測位置		天線正下(7F室內)			
基地臺地址		屏東市建國路253號4樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.20	-32.63	24.06	1.87	100.30	1.035E-01	2.842E-06	0.6295	9.715E-06	<input type="checkbox"/> 符合
956.70	-32.90	24.00	1.44	99.54	9.484E-02	2.386E-06	0.6378		
941.70	-40.06	24.06	1.74	92.74	4.335E-02	4.985E-07	0.6278		
947.80	-45.27	23.98	1.20	86.91	2.216E-02	1.302E-07	0.6319		
940.60	-48.27	24.06	1.48	84.27	1.635E-02	7.090E-08	0.6271		<input type="checkbox"/> 不符合
957.20	-48.88	24.00	1.18	83.30	1.462E-02	5.671E-08	0.6381		
939.90	-49.46	24.14	1.12	82.80	1.380E-02	5.054E-08	0.6266		
956.30	-50.64	24.00	1.38	81.74	1.222E-02	3.960E-08	0.6375		
943.20	-51.00	24.06	1.76	81.82	1.233E-02	4.033E-08	0.6288		
939.40	-51.63	24.14	1.23	80.74	1.089E-02	3.145E-08	0.6263		
1846.20	-34.89	26.33	4.46	102.90	1.397E-01	5.174E-06	1.2308	9.269E-06	
1818.45	-38.64	26.19	4.46	99.01	8.921E-02	2.111E-06	1.2123		
1808.40	-41.83	26.14	4.46	95.77	6.145E-02	1.002E-06	1.2056		
1821.75	-42.96	26.24	4.46	94.74	5.455E-02	7.893E-07	1.2145		
1810.50	-44.34	26.19	4.46	93.31	4.628E-02	5.681E-07	1.2070		
1841.55	-45.71	26.33	4.46	92.08	4.019E-02	4.284E-07	1.2277		
1848.30	-46.16	26.33	4.46	91.63	3.816E-02	3.862E-07	1.2322		
1823.25	-46.83	26.24	4.46	90.87	3.494E-02	3.238E-07	1.2155		
1815.00	-47.10	26.19	4.46	90.55	3.368E-02	3.009E-07	1.2100		
1812.00	-48.17	26.19	4.46	89.48	2.978E-02	2.352E-07	1.2080		

c. 1F 室外

基地臺編號		8737G		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		屏東高都		量測位置		1F室外			
基地臺地址		屏東市建國路253號4樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.7	-39.68	24.06	1.05	92.43	4.183E-02	4.642E-07	0.6271	3.587E-06	<input type="checkbox"/> 符合
947.9	-36.09	23.98	1.34	96.23	6.479E-02	1.113E-06	0.6319		
956.7	-40.62	24	1.44	91.82	3.899E-02	4.033E-07	0.6378		
944.3	-46.27	24.06	1.39	86.18	2.037E-02	1.101E-07	0.6295		
957.2	-46.96	24	1.18	85.22	1.824E-02	8.824E-08	0.6381		<input type="checkbox"/> 不符合
944.6	-53.04	24.06	1.89	79.91	9.897E-03	2.598E-08	0.6297		
950.7	-53.69	23.9	1.12	78.33	8.251E-03	1.806E-08	0.6338		
950.1	-53.95	23.9	1.46	78.41	8.327E-03	1.839E-08	0.6334		
938.8	-55.45	24.14	1.48	77.17	7.219E-03	1.382E-08	0.6259		
954.1	-56.13	23.9	1.61	76.38	6.592E-03	1.153E-08	0.6361		
1810.35	-41.95	26.188	4.46	95.70	6.094E-02	9.851E-07	1.2069	3.540E-06	
1820.55	-42.84	26.236	4.46	94.86	5.531E-02	8.114E-07	1.2137		
1845.6	-42.94	26.332	4.46	94.85	5.528E-02	8.107E-07	1.2304		
1816.05	-43.14	26.188	4.46	94.51	5.314E-02	7.490E-07	1.2107		
1839.75	-45.75	26.284	4.46	91.99	3.978E-02	4.198E-07	1.2265		
1814.25	-49.79	26.188	4.46	87.86	2.471E-02	1.620E-07	1.2095		
1834.95	-50.89	26.284	4.46	86.85	2.201E-02	1.285E-07	1.2233		
1812	-51.78	26.188	4.46	85.87	1.965E-02	1.024E-07	1.2080		
1815.15	-52.29	26.188	4.46	85.36	1.853E-02	9.109E-08	1.2101		
1818.45	-55.47	26.188	4.46	82.18	1.285E-02	4.380E-08	1.2123		

d. 附近建物頂樓(水利局)

基地臺編號		8737G		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		屏東高都		量測位置		附近建物頂樓(水利局)			
基地臺地址		屏東市建國路253號4樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.6	-25.15	24.06	1.48	107.39	2.342E-01	1.454E-05	0.6271	4.397E-05	<input type="checkbox"/> 符合
947.8	-27.69	23.98	1.2	104.49	1.677E-01	7.459E-06	0.6319		
957.1	-31	24	1.44	101.44	1.180E-01	3.695E-06	0.6381		
956.6	-36.51	24	1.52	96.01	6.317E-02	1.058E-06	0.6377		
941.6	-40.46	24.06	1.05	91.65	3.824E-02	3.878E-07	0.6277		<input type="checkbox"/> 不符合
947.2	-43.98	23.98	1.25	88.25	2.585E-02	1.773E-07	0.6315		
938.1	-44.07	24.14	1.09	88.16	2.559E-02	1.736E-07	0.6254		
944.7	-46.97	24.06	1.82	85.91	1.975E-02	1.034E-07	0.6298		
942.5	-49.23	24.06	1.8	83.63	1.519E-02	6.119E-08	0.6283		
943.4	-49.58	24.06	1.67	83.15	1.437E-02	5.478E-08	0.6289		
1810.5	-24.42	26.188	4.46	113.23	4.586E-01	5.578E-05	1.2070	1.435E-04	
1814.25	-24.95	26.188	4.46	112.70	4.314E-01	4.937E-05	1.2095		
1816.05	-29.04	26.188	4.46	108.61	2.694E-01	1.925E-05	1.2107		
1820.4	-29.41	26.236	4.46	108.29	2.596E-01	1.788E-05	1.2136		
1812	-32.94	26.188	4.46	104.71	1.719E-01	7.843E-06	1.2080		
1824.75	-33.3	26.236	4.46	104.40	1.659E-01	7.299E-06	1.2165		
1815	-34.35	26.188	4.46	103.30	1.462E-01	5.668E-06	1.2100		
1834.95	-35.91	26.284	4.46	101.83	1.235E-01	4.046E-06	1.2233		
1823.1	-36.57	26.236	4.46	101.13	1.138E-01	3.438E-06	1.2154		
1825.65	-37.06	26.236	4.46	100.64	1.076E-01	3.071E-06	1.2171		

G. 內埔老埤



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近建物頂樓(特殊學校)

a. 頂樓

基地臺編號		8775D		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		內埔老埤		量測位置		頂樓(6F室外)			
基地臺地址		屏東縣內埔鄉老埤村福泰路107巷9號6樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.60	-28.55	24.06	1.89	104.40	1.660E-01	7.306E-06	0.6297	2.043E-05	<input type="checkbox"/> 符合
955.60	-29.67	24.00	1.24	102.57	1.344E-01	4.794E-06	0.6371		
954.80	-38.18	23.90	1.31	94.03	5.029E-02	6.709E-07	0.6365		
942.60	-50.04	24.06	1.98	83.00	1.413E-02	5.292E-08	0.6284		
939.10	-51.60	24.14	1.44	80.98	1.119E-02	3.324E-08	0.6261		<input type="checkbox"/> 不符合
956.80	-51.79	24.00	1.51	80.72	1.086E-02	3.131E-08	0.6379		
940.20	-54.64	24.06	1.16	77.58	7.568E-03	1.519E-08	0.6268		
956.40	-57.07	24.00	1.71	75.64	6.053E-03	9.720E-09	0.6376		
941.90	-57.30	24.06	1.62	75.38	5.875E-03	9.155E-09	0.6279		
950.90	-57.84	23.90	1.84	74.90	5.559E-03	8.197E-09	0.6339		
1818.30	-32.87	26.19	4.46	104.78	1.733E-01	7.970E-06	1.2122	2.359E-05	
1825.05	-35.04	26.24	4.46	102.66	1.358E-01	4.889E-06	1.2167		
1856.85	-35.30	26.38	4.46	102.54	1.340E-01	4.761E-06	1.2379		
1823.40	-37.49	26.24	4.46	100.21	1.024E-01	2.781E-06	1.2156		
1807.05	-38.81	26.14	4.46	98.79	8.700E-02	2.008E-06	1.2047		
1826.10	-38.62	26.24	4.46	99.08	8.991E-02	2.144E-06	1.2174		
1824.45	-40.17	26.24	4.46	97.53	7.521E-02	1.501E-06	1.2163		
1823.70	-41.88	26.24	4.46	95.82	6.177E-02	1.012E-06	1.2158		
1822.35	-42.74	26.24	4.46	94.96	5.595E-02	8.303E-07	1.2149		
1824.00	-42.74	26.24	4.46	94.96	5.595E-02	8.303E-07	1.2160		

b. 天線正下

基地臺編號		8775D		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		內埔老埤		量測位置		天線正下(6F室內)			
基地臺地址		屏東縣內埔鄉老埤村福泰路107巷9號6樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.60	-40.96	24.06	1.89	91.99	3.976E-02	4.194E-07	0.6297	1.161E-06	<input type="checkbox"/> 符合
954.80	-44.52	23.90	1.31	87.69	2.424E-02	1.558E-07	0.6365		
955.70	-47.91	24.00	1.24	84.33	1.646E-02	7.189E-08	0.6371		
939.50	-52.08	24.14	1.55	80.61	1.073E-02	3.053E-08	0.6263		
942.60	-52.93	24.06	1.98	80.11	1.013E-02	2.721E-08	0.6284		<input type="checkbox"/> 不符合
941.50	-54.85	24.06	1.16	77.37	7.388E-03	1.448E-08	0.6277		
956.90	-58.44	24.00	1.49	74.05	5.041E-03	6.740E-09	0.6379		
939.00	-61.71	24.14	1.48	70.91	3.512E-03	3.271E-09	0.6260		
939.90	-62.97	24.14	1.12	69.29	2.914E-03	2.252E-09	0.6266		
947.30	-63.51	23.98	1.16	68.63	2.701E-03	1.935E-09	0.6315		
1818.30	-49.64	26.19	4.46	88.01	2.514E-02	1.677E-07	1.2122	4.152E-07	
1856.85	-51.19	26.38	4.46	86.65	2.150E-02	1.226E-07	1.2379		
1820.85	-55.73	26.24	4.46	81.97	1.254E-02	4.171E-08	1.2139		
1807.05	-56.93	26.14	4.46	80.67	1.080E-02	3.095E-08	1.2047		
1822.20	-57.38	26.24	4.46	80.32	1.037E-02	2.853E-08	1.2148		
1844.70	-57.69	26.33	4.46	80.10	1.012E-02	2.716E-08	1.2298		
1808.55	-58.30	26.14	4.46	79.30	9.226E-03	2.258E-08	1.2057		
1823.55	-58.35	26.24	4.46	79.35	9.275E-03	2.282E-08	1.2157		
1852.05	-58.68	26.38	4.46	79.16	9.078E-03	2.186E-08	1.2347		
1822.80	-58.79	26.24	4.46	78.91	8.817E-03	2.062E-08	1.2152		

c. 1F 室外

基地臺編號		8775D		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		內埔老埤		量測位置		1F室外			
基地臺地址		屏東縣內埔鄉老埤村福泰路107巷9號6樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
944.70	-53.02	24.06	1.82	79.86	9.840E-03	2.568E-08	0.6298	6.182E-08	<input type="checkbox"/> 符合
954.80	-57.23	23.90	1.31	74.98	5.610E-03	8.349E-09	0.6365		
955.60	-61.20	24.00	1.24	71.04	3.565E-03	3.370E-09	0.6371		
939.50	-66.36	24.14	1.55	66.33	2.073E-03	1.139E-09	0.6263		
942.70	-69.66	24.06	1.44	62.84	1.387E-03	5.101E-10	0.6285		
									<input type="checkbox"/> 不符合
1857.00	-58.49	26.38	4.46	79.35	9.279E-03	2.284E-08	1.2380	7.643E-08	
1818.15	-58.96	26.19	4.46	78.69	8.598E-03	1.961E-08	1.2121		
1840.05	-61.36	26.33	4.46	76.43	6.631E-03	1.166E-08	1.2267		
1844.85	-62.27	26.33	4.46	75.52	5.972E-03	9.459E-09	1.2299		
1823.25	-63.02	26.24	4.46	74.68	5.418E-03	7.785E-09	1.2155		
1807.05	-64.00	26.14	4.46	73.60	4.786E-03	6.077E-09	1.2047		
1825.80	-64.16	26.24	4.46	73.54	4.751E-03	5.988E-09	1.2172		
1825.05	-65.99	26.24	4.46	71.71	3.849E-03	3.929E-09	1.2167		
1821.75	-66.27	26.24	4.46	71.43	3.726E-03	3.683E-09	1.2145		
1822.65	-68.14	26.24	4.46	69.56	3.005E-03	2.395E-09	1.2151		

d. 附近建物頂樓

基地臺編號		8775D		量測日期		2001/06/20			
基地臺名稱		內埔老埤		量測位置		附近建物頂樓(小學)			
基地臺地址		屏東縣內埔鄉老埤村福泰路107巷9號6樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
955.70	-25.21	24.00	1.24	107.03	2.246E-01	1.339E-05	0.6371	4.875E-05	<input type="checkbox"/> 符合
944.70	-25.86	24.06	1.82	107.02	2.244E-01	1.336E-05	0.6298		
954.80	-30.67	23.90	1.31	101.54	1.194E-01	3.781E-06	0.6365		
939.50	-46.58	24.14	1.55	86.11	2.021E-02	1.083E-07	0.6263		
938.20	-47.02	24.14	1.76	85.88	1.968E-02	1.027E-07	0.6255		<input type="checkbox"/> 不符合
942.60	-48.28	24.06	1.98	84.76	1.730E-02	7.937E-08	0.6284		
947.20	-51.52	23.98	1.25	80.71	1.085E-02	3.124E-08	0.6315		
939.00	-52.63	24.14	1.48	79.99	9.988E-03	2.646E-08	0.6260		
939.90	-55.45	24.14	1.12	76.81	6.926E-03	1.273E-08	0.6266		
947.60	-56.08	23.98	1.58	76.48	6.668E-03	1.179E-08	0.6317		
1844.70	-24.38	26.33	4.46	113.41	4.684E-01	5.819E-05	1.2298	8.568E-05	
1857.00	-30.04	26.38	4.46	107.80	2.455E-01	1.598E-05	1.2380		
1849.35	-30.18	26.33	4.46	107.61	2.402E-01	1.531E-05	1.2329		
1808.05	-34.81	26.14	4.46	102.79	1.379E-01	5.043E-06	1.2054		
1818.30	-34.85	26.19	4.46	102.80	1.380E-01	5.052E-06	1.2122		
1812.30	-38.64	26.19	4.46	99.01	8.921E-02	2.111E-06	1.2082		
1825.50	-40.49	26.24	4.46	97.21	7.249E-02	1.394E-06	1.2170		
1822.80	-42.47	26.24	4.46	95.23	5.772E-02	8.836E-07	1.2152		
1824.15	-43.55	26.24	4.46	94.15	5.097E-02	6.891E-07	1.2161		
1810.80	-44.08	26.19	4.46	93.57	4.769E-02	6.032E-07	1.2072		

3.6.3 台南

H. 南市長榮



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近大樓頂樓

a. 頂樓

基地臺編號		34516		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		南市長榮		量測位置		頂樓			
基地臺地址		台南市東區長榮路二段302號10樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
955.90	-33.27	24.00	1.71	99.44	9.376E-02	2.332E-06	0.6373	2.021E-05	<input type="checkbox"/> 符合
940.50	-33.99	24.06	1.39	98.46	8.375E-02	1.861E-06	0.6270		
950.90	-34.26	23.90	1.84	98.48	8.395E-02	1.869E-06	0.6339		
951.30	-34.92	23.90	1.25	97.23	7.269E-02	1.402E-06	0.6342		
946.30	-34.99	23.98	1.51	97.50	7.499E-02	1.492E-06	0.6309		<input type="checkbox"/> 不符合
941.10	-36.16	24.06	0.95	95.85	6.202E-02	1.020E-06	0.6274		
948.30	-37.25	23.98	1.55	95.28	5.808E-02	8.947E-07	0.6322		
947.50	-37.86	23.98	1.74	94.86	5.534E-02	8.122E-07	0.6317		
953.30	-39.47	23.90	2.21	93.64	4.808E-02	6.133E-07	0.6355		
958.90	-40.03	24.00	1.72	92.69	4.310E-02	4.928E-07	0.6393		
1838.85	-33.27	26.28	4.46	104.47	1.674E-01	7.431E-06	1.2259	3.627E-05	
1818.45	-33.99	26.19	4.46	103.66	1.524E-01	6.158E-06	1.2123		
1847.55	-34.26	26.33	4.46	103.53	1.502E-01	5.982E-06	1.2317		
1823.10	-34.92	26.24	4.46	102.78	1.377E-01	5.026E-06	1.2154		
1814.25	-34.99	26.19	4.46	102.66	1.358E-01	4.892E-06	1.2095		
1822.35	-36.16	26.24	4.46	101.54	1.193E-01	3.778E-06	1.2149		
1842.90	-36.37	26.33	4.46	101.42	1.178E-01	3.680E-06	1.2286		
1846.20	-37.25	26.33	4.46	100.54	1.064E-01	3.005E-06	1.2308		
1812.00	-37.86	26.19	4.46	99.79	9.759E-02	2.526E-06	1.2080		
1824.15	-39.47	26.24	4.46	98.23	8.153E-02	1.763E-06	1.2161		

b. 天線正下

基地臺編號		34516		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		南市長榮		量測位置		天線正下			
基地臺地址		台南市東區長榮路二段302號10樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
947.70	-40.71	23.98	1.14	91.41	3.720E-02	3.670E-07	0.6318	3.658E-06	<input type="checkbox"/> 符合
948.30	-42.06	23.98	1.55	90.47	3.338E-02	2.956E-07	0.6322		
950.90	-42.16	23.90	1.84	90.58	3.381E-02	3.032E-07	0.6339		
940.70	-42.46	24.06	1.05	89.65	3.037E-02	2.447E-07	0.6271		
942.90	-43.11	24.06	1.91	89.86	3.112E-02	2.568E-07	0.6286		<input type="checkbox"/> 不符合
946.30	-43.62	23.98	1.51	88.87	2.777E-02	2.045E-07	0.6309		
944.10	-43.94	24.06	1.72	88.84	2.767E-02	2.031E-07	0.6294		
948.90	-43.94	23.98	1.23	88.27	2.591E-02	1.781E-07	0.6326		
955.90	-45.36	24.00	1.71	87.35	2.331E-02	1.441E-07	0.6373		
953.90	-46.35	23.90	1.76	86.31	2.068E-02	1.134E-07	0.6359		
1846.80	-41.84	26.33	4.46	95.95	6.275E-02	1.044E-06	1.2312	2.409E-06	
1820.70	-46.48	26.24	4.46	91.22	3.637E-02	3.510E-07	1.2138		
1815.90	-47.98	26.19	4.46	89.67	3.044E-02	2.457E-07	1.2106		
1841.55	-48.39	26.33	4.46	89.40	2.952E-02	2.311E-07	1.2277		
1839.45	-48.50	26.28	4.46	89.24	2.899E-02	2.229E-07	1.2263		
1806.75	-48.54	26.14	4.46	89.06	2.838E-02	2.136E-07	1.2045		
1825.05	-48.82	26.24	4.46	88.88	2.778E-02	2.048E-07	1.2167		
1822.00	-50.22	26.24	4.46	87.48	2.365E-02	1.483E-07	1.2147		
1847.40	-50.38	26.33	4.46	87.41	2.347E-02	1.462E-07	1.2316		
1814.10	-50.56	26.19	4.46	87.09	2.262E-02	1.357E-07	1.2094		

c. 1F 室外

基地臺編號		34516		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		南市長榮		量測位置		1F室外			
基地臺地址		台南市東區長榮路二段302號10樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
947.50	-43.51	23.98	1.71	89.18	2.877E-02	2.196E-07	0.6317	9.420E-06	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
948.30	-44.26	23.98	1.39	88.11	2.544E-02	1.717E-07	0.6322		
941.10	-45.02	24.06	1.84	87.88	2.477E-02	1.628E-07	0.6274		
955.90	-47.08	24.00	1.25	85.17	1.813E-02	8.723E-08	0.6373		
951.30	-34.99	24.00	1.51	97.52	7.516E-02	1.499E-06	0.6342		
940.80	-36.16	24.06	0.95	95.85	6.202E-02	1.020E-06	0.6272		
946.30	-37.25	23.98	1.55	95.28	5.808E-02	8.947E-07	0.6309		
950.90	-37.86	23.90	1.74	94.78	5.483E-02	7.974E-07	0.6339		
959.10	-39.47	24.00	2.21	93.74	4.864E-02	6.276E-07	0.6394		
953.30	-40.03	23.90	1.72	92.59	4.261E-02	4.816E-07	0.6355		
1846.80	-33.27	26.28	4.46	104.47	1.674E-01	7.431E-06	1.2312	3.610E-05	
1841.55	-33.99	26.19	4.46	103.66	1.524E-01	6.158E-06	1.2277		
1849.05	-34.26	26.33	4.46	103.53	1.502E-01	5.982E-06	1.2327		
1852.35	-34.92	26.24	4.46	102.78	1.377E-01	5.026E-06	1.2349		
1854.00	-34.99	26.19	4.46	102.66	1.358E-01	4.892E-06	1.2360		
1806.30	-36.16	26.24	4.46	101.54	1.193E-01	3.778E-06	1.2042		
1825.95	-36.37	26.33	4.46	101.42	1.178E-01	3.680E-06	1.2173		
1825.35	-37.25	26.33	4.46	100.54	1.064E-01	3.005E-06	1.2169		
1821.30	-37.86	26.19	4.46	99.79	9.759E-02	2.526E-06	1.2142		
1820.85	-39.47	26.24	4.46	98.23	8.153E-02	1.763E-06	1.2139		

d. 附近建物頂樓

基地臺編號		34516		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		南市長榮		量測位置		附近建物頂樓			
基地臺地址		台南市東區長榮路二段302號10樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
940.70	-30.00	24.06	1.05	102.11	1.275E-01	4.312E-06	0.6271	1.976E-05	<input type="checkbox"/> 符合
950.90	-31.42	23.90	1.84	101.32	1.164E-01	3.595E-06	0.6339		
946.30	-36.54	23.98	1.51	95.95	6.273E-02	1.044E-06	0.6309		
948.20	-36.69	23.98	1.44	95.73	6.116E-02	9.923E-07	0.6321		
951.20	-37.25	23.90	1.96	95.61	6.033E-02	9.653E-07	0.6341		<input type="checkbox"/> 不符合
941.10	-37.68	24.06	0.95	94.33	5.206E-02	7.189E-07	0.6274		
956.60	-41.28	24.00	1.52	91.24	3.648E-02	3.529E-07	0.6377		
947.50	-41.31	23.98	1.74	91.41	3.720E-02	3.670E-07	0.6317		
955.90	-49.02	24.00	1.71	83.69	1.529E-02	6.204E-08	0.6373		
942.80	-49.85	24.06	1.87	83.08	1.426E-02	5.391E-08	0.6285		
1820.70	-35.73	26.24	4.46	101.97	1.254E-01	4.171E-06	1.2138	9.743E-06	
1823.40	-36.63	26.24	4.46	101.07	1.131E-01	3.390E-06	1.2156		
1825.50	-41.14	26.24	4.46	96.56	6.727E-02	1.200E-06	1.2170		
1822.05	-42.21	26.24	4.46	95.49	5.947E-02	9.381E-07	1.2147		
1815.90	-45.63	26.19	4.46	92.02	3.989E-02	4.221E-07	1.2106		
1850.85	-45.67	26.38	4.46	92.17	4.060E-02	4.372E-07	1.2339		
1806.30	-45.96	26.14	4.46	91.64	3.819E-02	3.870E-07	1.2042		
1805.25	-46.50	26.14	4.46	91.10	3.589E-02	3.417E-07	1.2035		
1813.50	-47.38	26.19	4.46	90.27	3.261E-02	2.821E-07	1.2090		
1834.95	-47.74	26.28	4.46	90.00	3.164E-02	2.655E-07	1.2233		

I. 永康國華



頂樓



天線正下方一層樓



1F 室外



附近大樓頂樓

a. 頂樓

基地臺編號		34018		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		永康國華		量測位置		頂樓			
基地臺地址		台南縣永康市國華街102巷92-2號12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
939.10	-28.65	24.14	1.44	103.93	1.572E-01	6.556E-06	0.6261	2.167E-05	<input type="checkbox"/> 符合
938.30	-31.56	24.14	1.53	101.11	1.136E-01	3.425E-06	0.6255		
957.30	-35.86	24.00	1.16	96.30	6.531E-02	1.132E-06	0.6382		
940.00	-37.84	24.06	0.88	94.10	5.070E-02	6.818E-07	0.6267		
959.90	-38.34	24.00	1.65	94.31	5.194E-02	7.156E-07	0.6399		<input type="checkbox"/> 不符合
958.70	-41.72	24.00	1.60	90.88	3.499E-02	3.248E-07	0.6391		
959.10	-42.23	24.00	1.70	90.47	3.338E-02	2.956E-07	0.6394		
956.10	-43.22	24.00	1.26	89.04	2.831E-02	2.126E-07	0.6374		
959.50	-44.59	24.00	1.89	88.30	2.600E-02	1.793E-07	0.6397		
940.60	-46.91	24.06	1.48	85.63	1.912E-02	9.697E-08	0.6271		
1813.80	-36.76	26.19	4.46	100.89	1.108E-01	3.254E-06	1.2092	8.535E-06	
1808.55	-38.37	26.14	4.46	99.23	9.152E-02	2.222E-06	1.2057		
1810.35	-40.87	26.19	4.46	96.78	6.901E-02	1.263E-06	1.2069		
1812.00	-40.99	26.19	4.46	96.66	6.806E-02	1.229E-06	1.2080		
1814.40	-40.99	26.19	4.46	96.66	6.806E-02	1.229E-06	1.2096		
1807.05	-46.49	26.14	4.46	91.11	3.593E-02	3.425E-07	1.2047		
1805.40	-46.81	26.14	4.46	90.79	3.463E-02	3.182E-07	1.2036		
1849.05	-49.26	26.33	4.46	88.53	2.671E-02	1.892E-07	1.2327		
1809.30	-50.47	26.14	4.46	87.13	2.272E-02	1.370E-07	1.2062		
1850.85	-50.92	26.38	4.46	86.92	2.218E-02	1.305E-07	1.2339		

b. 天線正下

基地臺編號		34018		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		永康國華		量測位置		天線正下			
基地臺地址		台南縣永康市國華街102巷92-2號12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
957.40	-48.96	24.00	1.51	83.55	1.505E-02	6.007E-08	0.6383	1.004E-07	<input type="checkbox"/> 符合
939.20	-66.45	24.14	1.02	65.71	1.930E-03	9.878E-10	0.6261		
942.60	-67.29	24.06	1.98	65.75	1.939E-03	9.969E-10	0.6284		
956.20	-69.91	24.00	1.35	62.44	1.324E-03	4.652E-10	0.6375		
959.20	-71.38	24.00	1.37	60.99	1.121E-03	3.332E-10	0.6395		<input type="checkbox"/> 不符合
939.60	-71.52	24.14	1.51	61.13	1.139E-03	3.441E-10	0.6264		
944.50	-72.66	24.06	1.96	60.36	1.042E-03	2.882E-10	0.6297		
940.00	-73.40	24.06	0.88	58.54	8.453E-04	1.895E-10	0.6267		
946.40	-74.01	23.98	1.09	58.06	7.998E-04	1.697E-10	0.6309		
955.80	-74.42	24.00	1.52	58.10	8.035E-04	1.713E-10	0.6372		
1808.55	-54.14	26.14	4.46	83.46	1.489E-02	5.884E-08	1.2057	9.111E-08	
1805.25	-55.93	26.14	4.46	81.67	1.212E-02	3.896E-08	1.2035		
1810.35	-66.37	26.19	4.46	71.28	3.664E-03	3.560E-09	1.2069		
1824.00	-69.34	26.24	4.46	68.36	2.617E-03	1.817E-09	1.2160		
1820.10	-69.66	26.24	4.46	68.04	2.522E-03	1.688E-09	1.2134		
1844.85	-70.10	26.33	4.46	67.69	2.424E-03	1.559E-09	1.2299		
1840.80	-71.19	26.33	4.46	66.60	2.138E-03	1.213E-09	1.2272		
1811.85	-72.89	26.19	4.46	64.76	1.729E-03	7.933E-10	1.2079		
1807.20	-73.32	26.14	4.46	64.28	1.637E-03	7.107E-10	1.2048		
1853.85	-73.39	26.38	4.46	64.45	1.669E-03	7.390E-10	1.2359		

c. 1F 室外

基地臺編號		34018		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		永康國華		量測位置		1F室外			
基地臺地址		台南縣永康市國華街102巷92-2號12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
939.10	-55.66	24.14	1.44	76.92	7.015E-03	1.305E-08	0.6261	4.042E-08	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
957.40	-59.19	24.00	1.51	73.32	4.634E-03	5.697E-09	0.6383		
938.70	-62.53	24.14	1.41	70.02	3.170E-03	2.665E-09	0.6258		
958.70	-64.86	24.00	1.60	67.74	2.438E-03	1.576E-09	0.6391		
958.10	-66.04	24.00	1.53	66.49	2.111E-03	1.182E-09	0.6387		
959.30	-69.95	24.00	1.60	62.65	1.357E-03	4.883E-10	0.6395		
942.50	-71.97	24.06	1.80	60.89	1.108E-03	3.256E-10	0.6283		
940.50	-73.56	24.06	1.39	58.89	8.800E-04	2.054E-10	0.6270		
955.80	-74.34	24.00	1.52	58.18	8.110E-04	1.744E-10	0.6372		
946.30	-75.96	23.98	1.51	56.53	6.707E-04	1.193E-10	0.6309		
1812.02	-58.55	26.19	4.46	79.10	9.014E-03	2.155E-08	1.2080	7.505E-08	
1813.80	-59.98	26.19	4.46	77.67	7.645E-03	1.550E-08	1.2092		
1805.34	-60.28	26.14	4.46	77.32	7.345E-03	1.431E-08	1.2036		
1808.46	-60.66	26.14	4.46	76.94	7.031E-03	1.311E-08	1.2056		
1810.38	-61.12	26.19	4.46	76.53	6.705E-03	1.193E-08	1.2069		
1814.39	-61.55	26.19	4.46	76.10	6.381E-03	1.080E-08	1.2096		
1807.12	-66.98	26.14	4.46	70.62	3.396E-03	3.060E-09	1.2047		
1853.85	-81.13	26.38	4.46	56.71	6.847E-04	1.244E-10	1.2359		
1814.83	-81.56	26.19	4.46	56.09	6.374E-04	1.078E-10	1.2099		
1844.65	-81.70	26.33	4.46	56.09	6.377E-04	1.079E-10	1.2298		

d. 附近建物頂樓

基地臺編號		34018		量測日期		2001/06/26			
基地臺名稱		永康國華		量測位置		附近建物頂樓			
基地臺地址		台南縣永康市國華街102巷92-2號12樓							
頻率 MHz	功率值 Pr(dBm)	天線因子 AF(dB/m)	電纜損耗 CL(dB)	電場強度		功率密度 (mW/cm ²)	規範值 (mW/cm ²)	正規化 功率密度合計	測試 結果
				(dB μV/m)	(V/m)				
939.10	-40.37	24.14	1.44	92.21	4.078E-02	4.412E-07	0.6261	2.035E-06	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合
957.30	-42.49	24	1.51	90.02	3.170E-02	2.665E-07	0.6382		
940.50	-45.34	24.06	1.41	87.13	2.272E-02	1.370E-07	0.6270		
959.40	-45.39	24.00	1.60	87.21	2.294E-02	1.395E-07	0.6396		
945.10	-48.13	23.98	1.53	84.38	1.656E-02	7.272E-08	0.6301		
939.90	-48.39	24.14	1.60	84.35	1.650E-02	7.222E-08	0.6266		
955.40	-50.47	24.00	1.80	82.33	1.308E-02	4.536E-08	0.6369		
954.50	-50.61	23.9	1.39	81.68	1.213E-02	3.905E-08	0.6363		
944.30	-50.83	24.06	1.52	81.75	1.223E-02	3.969E-08	0.6295		
956.20	-51.72	24.00	1.51	80.79	1.095E-02	3.182E-08	0.6375		
1808.40	-30.00	26.14	4.46	107.60	2.399E-01	1.526E-05	1.2056	3.419E-05	
1813.65	-31.42	26.188	4.46	106.23	2.048E-01	1.113E-05	1.2091		
1814.25	-36.54	26.188	4.46	101.11	1.136E-01	3.423E-06	1.2095		
1811.85	-36.69	26.188	4.46	100.96	1.117E-01	3.307E-06	1.2079		
1810.20	-37.25	26.188	4.46	100.40	1.047E-01	2.907E-06	1.2068		
1807.05	-37.68	26.14	4.46	99.92	9.908E-02	2.604E-06	1.2047		
1805.10	-41.28	26.14	4.46	96.32	6.546E-02	1.137E-06	1.2034		
1816.05	-41.31	26.188	4.46	96.34	6.560E-02	1.141E-06	1.2107		
1854.30	-49.02	26.38	4.46	88.82	2.761E-02	2.021E-07	1.2362		
1809.60	-49.85	26.14	4.46	87.75	2.441E-02	1.580E-07	1.2064		

3.7 量測討論

- 一、量測點的選擇。對功率密度的量測結果有一定程度的影響，在本研究中，是以 max/hold 方式將要量測位置附近先做粗略掃瞄，找到相對極值位置後，再做細部量測。因不同場地之周遭環境不同，其輻射分佈不盡相同，故將量測位置附近做多點細部量測（尤其在較靠近基地臺天線附近），可得較精準的結果。
- 二、量測設備（如頻譜分析儀、天線及同軸線）在每次量測可以不盡相同，但要確認校正頻譜分析儀的正確性、同軸線的損耗及天線之天線因子的精準，以確保量測結果的可靠度。

3.8 基地臺建置的電磁防護措施建議

基地臺的基本組成包含傳送及接收電磁波能量的天線，傳送信號的高頻同軸線，及相關信號處理電路，其建置原則要位於其負責區域的相對高度，以讓使用者手機皆能與基地臺達成通訊。然而，有些民眾因對電磁輻射的不夠了解，而對基地臺的建置有所疑慮或擔心，而反對其建置或希望加設基地臺的電磁輻射防護措施，如隔離網或設定限制進入區域等。其實，這些措施並不具保障民眾健康的實質意義。因為在美國、歐洲、日本、香港，或台灣都已對人體可曝露於電磁波環境中的安全標準有明確的規定，若在建置基地臺後，於其附近民眾可及之處（可能於天線下方或旁側）其電磁輻射量（功率密度）皆能滿足其安全標準，則基地臺之電磁輻射即無危害健康之疑慮。

第四章 SAR 量測原理及量測

4.1 比吸收率(SAR)的簡介：

4.1.1 比吸收率之意義及定義：

其英文全名為 Specific Absorption Rate，縮寫為 SAR，其物理意義為測量電介質(如:生物組織)單位質量中電磁波能量的吸收速率。

$$\Rightarrow \text{比吸收率(SAR)} = d[dW/dm]/dt = d[dW/\rho dv]/dt \text{ (W/kg)}$$

dW: 電磁能增加率 dv: 單位體積(m³)

dm: 單位質量 (kg) ρ: 組織密度(kg/m³)

或者利用電場強度、導電性及質量密度與比吸收率的關係：

$$\Rightarrow \text{比吸收率} = \sigma |E|^2 / \rho$$

σ: 組織的導電度(s/m)

ρ: 組織密度(kg/m³)

E: 電場強度(V/m)

也可以使用組織內溫度升高與人體電磁能吸收率的關係：

$$\Rightarrow \text{比吸收率} = C \Delta T / \Delta t \Big|_{t=0}$$

ΔT: 組織改變的溫度(°C)

Δt: 組織吸收的時間(sec)

C: 熱容量(J/kg°C)

但是此公式必須定義在假設理想無熱力學的情況，如沒有熱擴張、熱輻射等，使熱量損失。

4.1.2 比吸收率相關發展歷史：

輻射安全的標準和規則在過去幾十年中被許多的組織團體所不斷發展。而標準及規則都是為了讓人體避免吸收到過多的電磁波，以防止造成對人體建康的傷害。但是並非世界上的國家所制訂定的輻射安全標準都是相同，例如俄羅斯和東歐的輻射安全標準就比北美要來的嚴格許多。但是無論標準為何，目的都是為了使人們在電磁波輻射下給予足夠的保護。

在 1971 年，工作安全及健康管理協會(OSHA)根據美國國家標準局(ANSI)在 1966 年規定的電磁能曝露標準，來發佈對工作者在工作場合下的電磁能輻射規則。然而當時工作安全及健康管理協會(OSHA)的規則是給予一個參考，並沒有強制實行，但是過了不久後，工作安全及健康管理協會(OSHA)也強制規定一定要實行。

在美國，在許多州、本地的政府機關及其他的組織對電磁能曝露標準，都是依賴一些由專家所組成的非政府組織的團體，像是美國國家標準局(ANSI)、國際電機電子工程師學會(IEEE)和國家輻射防護量測委員會(NCRP)等。

在 1986 年，國家輻射防護量測委員會(NCRP)提出在工作場合的電磁能曝露標準與 1982 年美國國家標準局(ANSI)所制定的相同；但是國家輻射防護量測委員會(NCRP)在公共場合中所制定的規則要來得比美國國家標準局(ANSI)要嚴格許多。然而國家輻射防護量測委員會的電磁能輻射規則包含了兩層限制，一是一般人口電磁能曝露標準，另一個是工作場合下的電磁能曝露標準。在 1987 年，國家輻射防護量測委員會(NCRP)的電磁能輻射委員會也變成了國際電機電子工程師學會(IEEE)的委員會，並且在 1991 年時，修改了較早之前的規則，這個規則至今已經發展了許多年了。

而國家輻射防護量測委員會(NCRP)/ 國際電機電子工程師學會(IEEE)的所制定的電磁能輻射規則是被廣泛被使用的，有美國及歐洲國家是使用它們所訂定的規則，但是還有一些歐洲國家是根據國際輻射保護委員會(ICNIRP)的規則。而國際非游離輻射委員會(ICNIRP)的規則也是比吸收率以 4W/kg 為標準的開始，也相似於 1992 年國家輻射防護量測委員會(NCRP)/ 國際電機電子工程師學會(IEEE)的規則。

然而世界各國的電磁能曝露標準都不儘相同，所以世界衛生組織(WHO)也希望能試著發展出一個對於輻射安全標準的國際架構。

4.1.3 比吸收率的量測目的：

在使用行動電話時，發射的天線會相當靠近於人體的腦部或其他部位，雖然在過去，有許多專家對於電磁波輻射是否會對人體造成傷害，做過了許多的研究，但是為了避免一些不良的產品會放射出過高的電磁能輻射，所以我們可以經過比吸收率的量測來確保不會有過多的電磁能輻射進入人的體內，保障人們在使用行動電話時的安全性。

4.2 量測環境及配置

由於 SAR 量測為精密的近場量測，故其環境應有良好的金屬屏蔽，最好是將完整的 SAR 量測系統置於屏蔽屋(shielded room)內，並於屋內內壁貼上適當的吸波材料(absorbers)，以避免其他高頻雜訊的干擾。圖 4.1 及 4.2 為目前已商業化的兩種 SAR 量測系統。為達精準的量測 SAR，一般量測系統必需包含自動機械手臂，全向性的近場電場/磁場探針天線，人頭模型(phantom)，及其控制及計算軟體系統，以下將對各別設備做說明。



圖 4.1 已商業化的 SAR 量測系統（一）



圖 4.2 已商業化的 SAR 量測系統（二）

4.3 量測設備說明

1. 自動機械手臂：為一自動化的六軸機械手臂，其精準度(或位置可重複性)須於 $\pm 0.02\text{mm}$ 內。

2. 近場電場探針：為一三個互相垂直的偶極天線整合於一對稱三角型的支架的近場探棒。其等向性(isotropy)約需於 $\pm 0.5\text{dB}$ 內，其動態範圍(dynamic range)約於 0.01W/kg 至 100W/kg 間。而探棒的頂端到偶極天線中心距離約 2.5mm 。該探棒的工作頻率需涵蓋 900MHz 及 1800MHz 。
 3. 人頭模型(phantom)：人頭模型一般是以玻璃纖維(fiberglass)材質製作，其外型以90%使用者皆會達最大的輻射照射為準則。
 4. 控制及計算軟體系統：該部分為SAR量測系統的核心，包含機械手臂的控制及對近場探針的定位。量測控制及掃描(含點、線、面、體積的掃描控制)，及 1g 或 10g 的體積量測演算法等。
- 以下將分別針對近場探針及人頭模型對量測SAR的技術需求加以深入探討，並對SAR的量測步驟逐一說明。

4.4 近場探針 [14]

4.4.1 近場探針簡介：

這裡我們將描述對一個理想的近場探針的偏差和相關的電子特性，及影響比吸收率的不穩定性。比吸收率的量測，通常需由探針、放大器和相關的記錄設備。探針的輸出端所量測到的訊號是與電場強度平方成正比。要測試一低功率行動電話，其探針需有以下基本特性：

頻率範圍： 300MHz — 3GHz

動能範圍： 0.01W/kg — 100W/kg

訊號調變：沒有被調變的連續波(CW)

4.4.2 近場探針的必要條件[14]：

1. 特性與結構：

在行動電話的近場下，場的變化可能是非常劇烈的。然而，一理

想用來量測比吸收率的探針，必須要遠小於波導管大小、具等向性和建立一個對於入射電磁能量密度的線性響應。實際上，近場探針包含了三個相互垂直的短偶極天線，而電場向量大小可以用感應器測到的三個相互垂直成份的均方根值來表示：

$$|E| = \sqrt{|E_1|^2 + |E_2|^2 + |E_3|^2}$$

每個探針感應器包含下列幾種組成：一個短偶極天線、一個真空管檢測器、一電介值的機器支托、一高組抗和用來傳送訊號的傳輸線。對於一小的射頻訊號，一理想操作在平方律的區域檢測真空管，提供一校正的輸出電壓，此輸出電壓正比於電場成份的平方律。而探針本身包含了三個感應器，和三個輸出端，每一個藉由組抗傳輸線提供一低頻率直流電壓值，這動作就像感應器輸出端的一個分佈 R-C 低通濾波器。而電場的大小值為：

$$|E| = \sqrt{\frac{V_1}{\gamma_1} + \frac{V_2}{\gamma_2} + \frac{V_3}{\gamma_3}}$$

這裡的 V_i 是開路電壓， γ_i 是每一端靈敏度 ($i=1, 2, 3$)。一個電介質覆蓋(典型為低損耗圓柱狀塑膠的筒套)圍繞著探針，用來做為保護的功用。下面兩張圖為近場探針的種類及結構，圖 4.3 說明了近場探針的種類，第圖 4.4 說明了近場探針的內部構造。

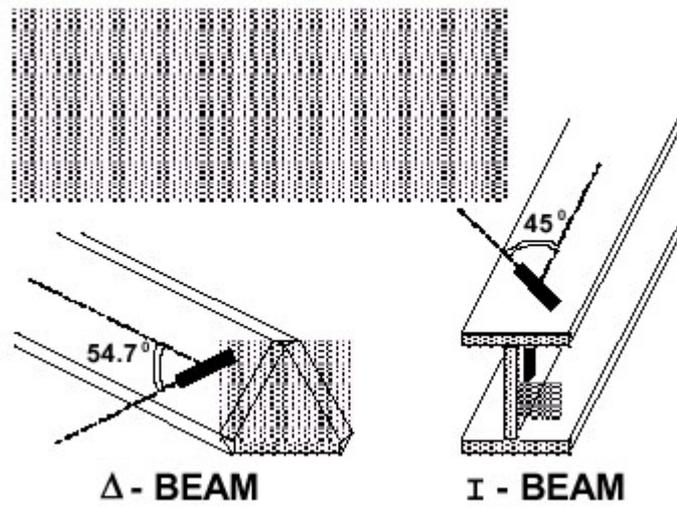


圖 4.3 近場探針的種類及結構[14]

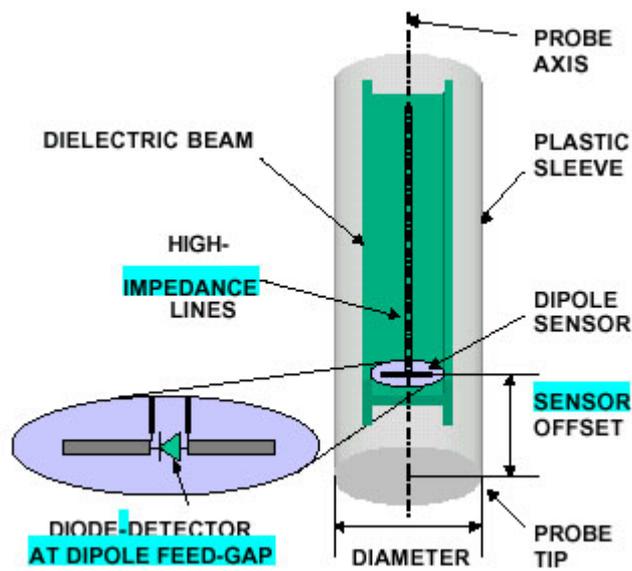


圖 4.4 近場探針的內部結構[14]

被設計用來量測比吸收率的探針響應可能會脫離理想的要求，而探針的結構物質、有限大小和在偶極的位移就像是工業上容忍影響場耦合感應器一樣。而非理想的偶極響應、負載影響和阻抗線得到一假的耦合，都將會偏離理想的線性響應；重要的是，探針的輸出不會只依靠場的強度且也會被其他相關因子所影響，包含下列幾項：

- 1) 入射的方向和場的極化。
- 2) 場在量測點(探針頂點的所在)附近的斜率。
- 3) 探針附近和物質的邊界影響及物質介電常數特性。
- 4) 輸入源的頻率、調變及功率。
- 5) 來自於外界和附近的設備，干擾到場的輸入源，像雜訊、靜場和極低頻（ELF）場等。
- 6) 其它物理影響，如溫度等，會隨著探針的表現而改變。

為了要瞭解探針相關的不穩定性，探針輸出到這些因素的靈敏度應該要被知道。探針結構與來自探針被校正的情形的偏差也將會增加了量測的不穩定性。而探針的校正應預先實行，以瞭解上述那些因素的探針響應；探針也需被校正於各種不同的物質當中。每一次的校正都應該指示出參數的區域(介電常數、導電係數、溫度和頻率)，才能夠估測出探針不穩定性是否正確。上述的那些影響，有些可以在量測的輸出做補償的技巧，像濾波、頻率補償等。

因為高阻抗傳輸線和使用無偏差的檢測真空管，小型探針的典型阻抗介於好幾百 $k\Omega$ 到好幾 $M\Omega$ ，而探針與輸出電壓獨立和輸入組抗和放大器讀出電壓的偏差情況都將會影響到探針的靈敏度、動態響應和電壓偏移誤差。

2. 近場探針的等方性和等方性誤差：

近場探針必須要具有等向性，而近場探針等向性偏差會由下列情形所導致：

- 1) 結構的變化。
- 2) 各別探針感應器不相等的感應。
- 3) 由探針不對稱結構所引起的不對稱場干擾。
- 4) 從探針軸上感應器的位移。
- 5) 一接收訊號的傳輸線可能和一外來場的入射角和極化有關。
- 6) 傳輸線的不等阻抗，可能在感應器中產生矯正訊號不同的衰減。

而等方性需被特性化在至少一個有關係的頻率範圍，如 800—900MHz 和 1800-1900MHz。等方性的不穩定性是在假設垂直錯誤分佈下比吸收率最大的偏差。在一充滿液體的頭部模型下，電場的最大場方向是在平行假人的表面，如果探針位置系統保障一探針在假人表面的傾斜角度，則在等方性估測中旋轉的角度能被限制在系統最大的可能的範圍。如果一等方性不穩定被估測在一限制的範圍，它必定代表著一探針位置的描述。

3. 近場探針的解析說明：

一探針的空間分析是指探針區別兩個比吸收率接近峰值的能力。在近場的曝露情況下，分隔這些峰值是一短距離，來自於行動電話比吸收率強烈相關的電流密度，相當靠近於人體。而在傳輸中，放射結構的電子和幾何特性都可能造成比吸收率峰值非常靠近探針的直徑。然而在充滿液體的頭部中，高比吸收率區域與外來的射頻入射源有關，即使對最壞的入射結構下可能也會有好幾毫米的直徑。

由於探針的物理尺寸，它的輸出並不與在一點的場強度相關，卻

和場在探針感應器的外圍體積有關，而探針和一有限體積的場相整合。這平均過程導致較低的損耗測量值在最大場時；而最大測量值在最小場時。此外，在探針中的感應器位移會產生一量測位置的位移，但只要探針能夠解決鄰近的比吸收率峰值，和比吸收率的傾斜度，則空間中的比吸收率量測誤差通常是很小的。

接著我們對空間分析估測做簡單的說明：下列兩個步驟是對探針在空間中的分析做估測：

一、使用一平衡的 quadrupole 來產生兩個接近的比吸收率峰值。

Quadrupole 有兩對等電位的電極，他們激發出大小相等但是相位相反的訊號。在兩對間，有足夠空隙(典型上為 10mm)滑行到探針頂尖。在相對電位對沿著一平行線和 quadrupole 開端相齊平，探針被移動通過比吸收率峰值。

二、兩平行的偶極被分開 10mm，都使它們接觸假人 2mm 外殼厚度的底部表面。這兩偶極接獲等大小但是相位相反的訊號。探針被置於接近假人的介面，和移動隨著垂直這兩個偶極提供點的軌道。兩個不同的比吸收率在峰值兩個相遇時是無效的。

4.邊界影響：

當探針接近兩個電介質的接觸面時，邊界影響將會上升。在這些條件下，額外的場將會因為重疊效應而對探針的散射場產生極大的影響。邊界對比吸收率峰值的量測過程的影響有：

- 1) 探針頂端和假人或介質表面的距離。
- 2) 用外差法來確定在假人表面的比吸收率。
- 3) 在量測點取得在介質中的頻率、場斜度和場衰減。
- 4) 對衰減的邊界影響下做補償過程。

接著我們對邊界影響估測做簡單的說明：對一個邊緣影響的估測，包含了一個部份充滿頭部模擬組織液的垂直導波管，此液體被匹

配組抗電介質厚板與充滿空氣的垂直波導管分離。電腦模擬和量測能顯示在頭部模擬組織液的解答，如果在探針和介質表面的距離大於探針直徑的一半長，由邊界影響所產生的錯誤將會小於 0.1dB。對於一短的距離，邊界影響會對探針的靈敏度產生極大的影響，當探針接觸到表面，影響會達到 50%。

4.5 假人模型

為了計算出行動電話產生的近場輻射量，我們必須要建立一個模擬人體的模型。這些不同部位形狀的模型可以簡化成只有頭部的模型。然而不同的假人形狀、大小、模擬組織液成份及行動電話測量的位置，都會造成對相同的手機量測，卻有不同的量測結果。

所以我們必須要定義一個標準的形狀、大小的人頭模型以及模擬組織液的成份。讓所有的實驗室在量測比吸收率時，可以減少這些的差異。使用一個標準的假人模型和正確的量測位置時，可以使實驗的誤差降低。而我們接下來要介紹各部位的模型及模擬組織液的調配。

4.5.1 頭部模型說明：

要設計一個頭部的模型，頭部模型分為均勻型(homogeneous)模型及非均勻型(heterogeneous)模型，這兩種在比吸收率的量測中都被接受。一個非均勻型的頭部模型，包含了多種的組織，如：皮膚、頭骨、肌肉、眼睛等。反之一個均勻性的頭部模型則只有單一組織，當選擇了某一組織參數時，且被量測於 900 到 1800MHz 的頻率，可能會高估了比吸收率的大小。要達到一個保守且接近估測的比吸收率，可以藉由選擇正確且可替代的組織參數。一般來說，目前實驗室所用的都是填滿液體的均勻型頭部模型來量測比吸收率的大小，因為要製造非

均勻型的頭部模型是相當困難的。

4.5.2 耳部模型說明：

要量測比吸收率的大小時，由於行動電話與頭部模型相當的接近，所以正確的測量距離就變的相當的重要，如果沒有選對正確的位置，有可能會導致低估了比吸收率的大小。

而耳部的模型就將會影響到正確距離的量測，如果沒有耳部模型，行動電話會太接近頭部，導致我們高估太多了比吸收率的大小。許多的比吸收率的計算顯示，在耳部的比吸收率的大小會較高於頭部的值，這表示當我們使用一個無損耗的耳部模型時，比吸收率的峰值將會位移到耳部和面頰的區域。然而，使用一個小且不規則體積的真實耳部模型來量測比吸收率是不可能的，我們可以在頭部模型內製造一個缺口，來模擬耳部的模型，但是這個模型卻是跟真實的耳部是不太一致的。此外，我們發現相同的輻射功率下，用 6cm× 3.2cm× 0.2cm 大小來模擬耳部的模型是不會提高頭部模型內模擬組織液的電磁能吸收量大小的。很多開始是使用模擬的耳部模型和頭部模型相連接，但是經過實驗的證實，比吸收率的大小在耳部和頭部的連接處的邊緣處會被提高。這個影響是由於當電流經過邊緣處時，增加電磁波的電流密度。另外，由一個填充模擬組織液和形狀不規則的耳部模型與填充模擬組織液的頭部模型相互連接時，我們會發現比吸收率的大小會較高且與探針(probe)的位置有關係。這結果是由於耳部和頭部的相互連接與探針的邊界效應有關。由於這些限制，使比吸收率的耳部模型變得不實用也不可靠。

為了克服這些困難，一個薄、低損耗且外形像人體耳部的電介質空間被用來做為量測比吸收率的耳部模型。一個薄、低損耗空間的均勻型頭部模型，是不會低估比吸收率的大小的，這個耳部模型是 6mm 厚，由一個低損耗 4mm 的介質，及 2mm 厚的假人外殼厚度所組成。

而一個 6mm 低損耗楔形的空間就已經充分足夠來量測了，我們可以利用減少耳部的空間，則一個保守且高估的頭部比吸收率就可以被建立了。

4.5.3 手部模型說明：

當人們使用行動電話時，由於手部握著行動電話，且與天線相當的接近，所以有些電磁輻射量被手部吸收，這是可以預期的結果。多數的實驗結果顯示，手部吸收的電磁能輻射量遠小於頭部所吸收的能量，而且手部的手指位置變化太多，也有許多不同握住行動電話的方式，所以我們要去模擬一個手部模型是相當困難的一件事情，而且也無法使用探針在手部模型內量測比吸收率的大小的。

在許多的研究顯示，行動電話的比吸收率量測是可以忽略掉手部的，只是我們對頭部的比吸收率的量測值通常會高估些，基於這個理由，在未來手部的模型也會慢慢的加上去的。而我們在量測的過程中，則使用一個低損耗的支托物來代替手部固定住行動電話的位置，防止影響了頭部比吸收率的測量。

4.5.4 模擬組織液配方說明：

為了要量測比吸收率，我們就必須要用模擬組織液來替代人體腦內的物質。而組織液的電介質特性已經被發展好幾十年了，包涵了電介質常數和導電係數，前者會隨著頻率而減小；後者則會隨頻率而增加。

而對組織液選擇均勻型的電介質參數時會比用非均勻型的比吸收率來估測的偏高或偏低。對於一個受到電磁波曝露下的均勻型頭部模型，我們必須選擇等效的電介質參數。而選擇這些參數時是必須要非常謹慎的，以防止我們對比吸收率的低估，這些參數通常是表示著平均值。

我們對於頭部內的組織可以用液體來模擬，或者也可以用固體來替代。通常我們目前在量測手機的比吸收率是使用透明的液體來模擬一個均勻型的頭部模型內的組織成份，這些組織成份的比例是可以用數學來計算的，接下來我們介紹組織液的配方：

※ 物質：

蔗糖 Sucrose(糖)(98%)

氯化鈉 Sodium Chloride(鹽)(99+%)

消電離作用的水 De-ionized water

氫氧根細胞膜 Hydroxyethyl Cellulose(HEC)

殺菌劑 Bactericide

Diethylene Glycol Butyl Ether (DGBE)

1, 2 丙烷 1,2-propanediol

2-乙醇 2-ethanol

接下來這些配方的電介質特性是用探針接觸的方法在溫度於 22°C 時所量測到的。這些公式是基於重量的%，而答案是用標準偏差來表示這些電介質特性。

※配方：

1.於 300 MHz

目標：45.3/0.87S/m—測量：46.03(標準偏差 ±0.4)/0.86S/m(標準偏差 ±0.017)

55.32% 糖 Sugar

37.56% 水 Water

5.95% 鹽 Salt

0.98% 氫氧根細胞膜 Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.19% 殺菌劑 Bactericide

2.於 450MHz

目標：43.5/0.87S/m—測量：43.42(標準偏差 ±0.362)/0.85S/m(標準偏差 ±0.012)

56.32% 糖 Sugar

38.56% 水 Water

3.95% 鹽 Salt

0.98% 氫氧根細胞膜 Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.19% 殺菌劑 Bactericide

3.於 835MHz

目標：41.5/0.90S/m—測量：42.54(標準偏差 ± 0.66)/0.91S/m(標準偏差 ± 0.007)

56.0% 糖 Sugar

41.45% 水 Water

1.45% 鹽 Salt

1.0% 氫氧根細胞膜 Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.1% 殺菌劑 Bactericide

4.於 900MHz

目標：41.5/0.97S/m—測量：40.79(標準偏差 ± 1.17)/0.97S/m(標準偏差 ± 0.019)

56.63% 糖 Sugar

40.71% 水 Water

1.48% 鹽 Salt

0.99% 氫氧根細胞膜 Hydroxyethyl Cellulose (HEC)

0.19% 殺菌劑 Bactericide

5.於 900MHz 的另一答案

目標：42/0.99S/m—測量：42/0.99S/m

64.81% 1,2 丙烷 1,2-propanediol

34.40% 水 Water

0.79% 鹽 Salt

6.於 1450MHz

目標：41/1.20S/m—測量：40.09(標準偏差 ± 0.2)/1.21S/m(標準偏差 ± 0.004)

45.51% Diethylene Glycol Butyl Ether(DGBE)

53.82% 水 Water

0.67% 鹽 Salt

7.於 1800MHz

目標：40.1/1.40S/m—測量：41/1.39S/m

44.92% 2-乙醇 2-ethanol

54.90% 水 Water

0.18% 鹽 Salt

對於一個已知的電介質常數，比吸收率直接正比於組織的導電係數。然而組織中物質的電介質特性對於在量測比吸收率時是非常重要的。這些電介質的特性是隨著溫度而變化，我們通常是量測於室溫(18-25°C)，這就相當於這些組織在人體溫度(37°C)。在高頻微波頻段，當電介質常數每攝氏一度減少 0.5%時，含高水份組織的導電係數將會每攝氏一度增加 2%。最重要的是保持腦部模擬組織的溫度在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

接著我們介紹測量組織液的技巧，像電介質性質如：相對介電常數 ϵ' 和導電係數 σ ，是經過實驗而測量到的，而相對介電常數 ϵ' 和導電係數 σ 是隨著溫度和頻率而變化的，但是我們在量測的過程中是必須知道已知的溫度，這是非常重要的。有好幾種的量測方法是可以得到組織液中電介質的特性的，但是需要用到下列幾種的設備：

1. 向量網路分析儀和 S 參數測試器。
2. 樣本。
3. 專業的方法和應用的軟體轉換這些樣本的電介質特性。

一般量測技巧約有三種，為狹縫傳輸線法、接觸探針法及 TEM 傳輸線法，其中 TEM 傳輸線法較為有效，以下就其原理及量測過程作一說明：

TEM 傳輸線法原理：

此法是利用量測注射液體的 TEM 傳輸線的複數傳輸係數，並使用網路分析儀來量測散射係數 S_{21} 的相位和大小。而藉由下面的公式計算液體的複數介電常數：

$$S_{21} = \frac{(1 - \Gamma^2) \exp(-jkd)}{1 - \Gamma^2 \exp(-j2kd)}$$

$$\Gamma = \frac{1 - \sqrt{\epsilon_r}}{1 + \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$k = \frac{2\pi f}{c_0} \sqrt{\epsilon_r}$$

這裡的 Γ 是代表液體表面的反射係數、 k 是液體的傳導因子、 d 是樣本的長度、 f 是頻率和 $\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$ 是樣本的相對複數介電常數。傳輸線的感應器是一個條紋線由一個圓形中心的導體、兩個平面接地導體、一個透明塑膠牆和一個溫度感應器所組成。長度 d 是為了調整到我們想要的頻率範圍以至於感應器多種反射係數的影響是很小且感應器的總衰減量不會超過網路分析儀的動態區域。而中心和接地導體的尺寸 D 和 b 可以被選擇以至於能夠達到空的感應器阻抗為 50Ω 和在量測的頻率範圍中不會產生假的波模型。此外在量測前必須先做下列的準備：

1. 選擇頻率範圍和校正網路分析儀。

2. 對空的傳輸線量測 S_{21} 並儲存資料。
3. 使用注射器，擬定在室溫下的樣本液體和確保避免泡沫產生。
4. 記錄在理想頻率下 S_{21} 的相位及大小。
5. 移開在同軸線中的液體和清除所有水份使它保持乾燥。
6. 連接同軸線和網路分析儀並確保與空的傳輸線 S_{21} 相同(大小的誤差只能小於 0.1dB 或相位小於 0.5° 。
7. 注入新的樣本。
8. 在量測前使用一個參考液體，確保此系統正確無誤。

用此法的好處有高準確度、可在很寬的頻率量測、樣本建立容易、量測體積與樣本體積的比率大、截止頻率高；缺點則為軟體不能從商業上取得。

TEM 傳輸線量測過程：

一部份開路的同軸線被用來當做傳輸線感測器，量測的配置如下圖所示：

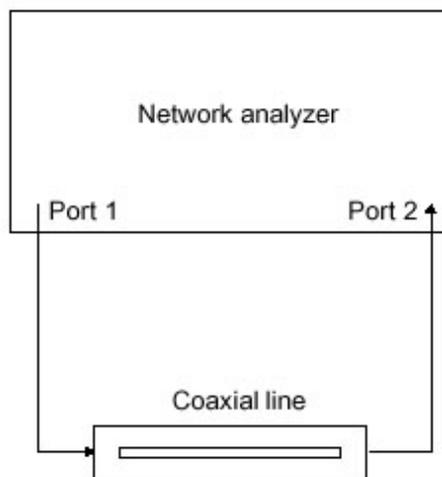


圖 4.5 TEM 傳輸線量測設置

配置好上圖並執行下列步驟：

- 1) 選擇頻率區域，並使用 2-port 校正過程來校正網路分析儀。
- 2) 連接同軸線如下，要確保線的內與外是乾淨且沒有外來物質的。
- 3) 使用一注射器，吸出一室溫下的樣本液體，並確保樣本是沒有空氣氣泡的，然後注入樣本到同軸線中，直到傳輸線全部填滿樣本為止。
- 4) 記錄 S_{21} 在期望頻率下的相位及大小。
- 5) 移去同軸線中的液體，小心的清理線內與外的水份。
- 6) 重新的連接同軸線和網路分析儀，並確保 S_{21} 在未裝液體的相位及振幅沒有改變。(振幅誤差小於 0.1 或相位誤差小於 0.5°)
- 7) 插入一新的樣本。

接著計算相對介電常數和有效導電係數的實數部份：

- 1) 要量測相對介電常數和有效導電係數的實數部份，可以從 S_{21} 的相位及振幅的計算中求得。
- 2) 用一先前已知的相對介電常數，計算 N (相位為 2π 的倍數)，如果複數介電常數 ϵ_r 是近乎於已知的，則 N 的值可以被得到：

$$N = \text{ROUND} \left\{ \frac{fd}{c_0} \left(\text{Re} \left\{ \sqrt{\epsilon_r} \right\} - 1 \right) \right\}$$

這裡的 ROUND 是指最接近的整數、 d 是同軸線的長度、 f 是頻率而 c_0 是真空中速率 ($2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$)。

- 3) 量測： $|S_{21}| \text{ dB}$ ； $\arg(S_{21})^\circ$ 。
- 4) 給定一個 N ， d (線的長度)， f (頻率)， $c_0 = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

5) 從下式解 R,I (其中 $R = \text{Re}\{\sqrt{E_r}\}$, $I = \text{Im}\{\sqrt{E_r}\}$)

$$k_0(R-1)d + \arctan\left[\frac{I[1-(R^2+I^2)]}{R(1+R^2)+I^2(R+2)}\right] - \frac{\pi}{180}(360N - \arg\{S_{21}\}) = 0$$

$$4\frac{\sqrt{R^2+I^2}}{(1+R^2)+I^2}\exp(-k_0Id) - 10^{|S_{21}|/20} = 0$$

此處

$$k_0 = \frac{2\pi f}{c_0} \quad \omega = 2\pi f$$

$$\alpha = k_0 I \quad \beta = k_0 R$$

$$\varepsilon'_r = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{k_0^2} \quad \sigma_{\text{eff}} = \frac{2\alpha\beta}{\omega\mu_0}$$

4.5.5 頭體大小形狀說明：

一個沒有頭髮的頭部和頸部模型，稱為特殊人體測量模型(SAM)，而它可以用 CAD 檔案來雕塑。下面的圖 4.6 為特殊人體測量模型的前、後與旁邊，而 M 是表示一參考點在嘴部的中心位置，LE 表示左耳參考點，RE 為右耳參考點。

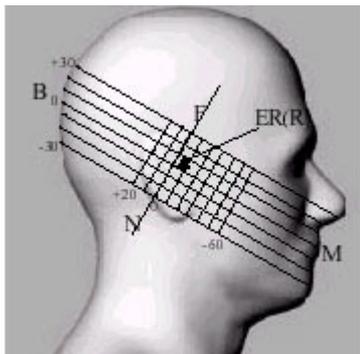
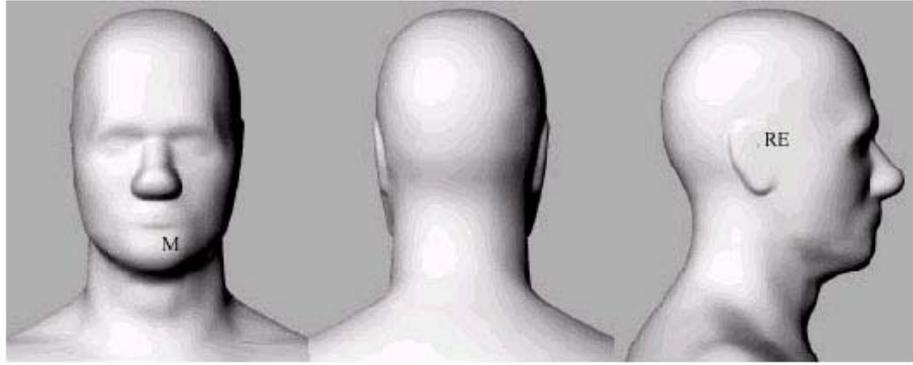


圖 4.6 特殊人體測量模型的前各方位圖示

通過兩耳及 M 點的平面被定義為參考平面，而通過 N-F(頸部前)的直線垂直於參考平面且通過 RE 或 LE 被稱為參考中樞線，線 B-M(嘴部後)與 N-F 互相垂直，並且這兩條線被標記在外殼上當做行動電話的位置。在 N-F 線後，假人在耳部參考點那需有 6mm 厚度以做為耳部空間，在 N-F 線前，耳部空間慢慢往嘴部逐漸減少，直到厚度達到 2mm。CAD 檔則能詳細的畫出標準假人的大小及外形，而通常假人頭部必須要一分為二，因為如果假人頭部為非對稱的情況下，比吸收率的峰值可能會出現在非對稱處。

頭部模型在期望的頻率範圍下需要填滿正確的液體，而且希望液體表面的反射係數能達到最小，通常需要深度 $15\text{cm} \pm 5\text{mm}$ ，兩耳間的距離是接近的等效距離，這液體的深度需要從耳部參考點到液體表面被量測。下面圖 4.7 的頭部模型則需要 15cm 的液體深度：

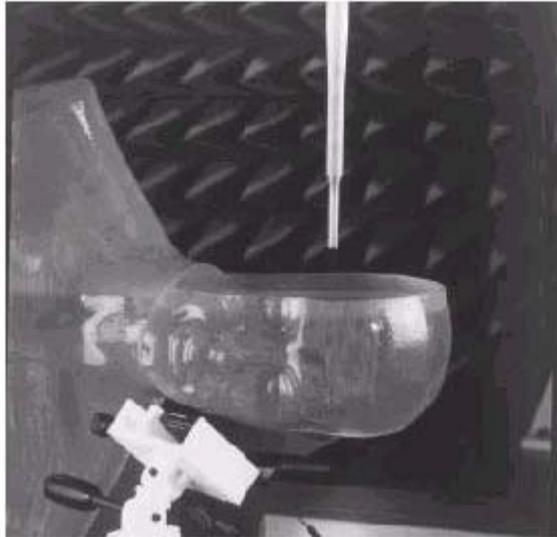


圖 4.7 頭部模型

4.5.6 假人外殼說明：

假人外殼需要是低介電常數且低損耗的物質所組成，而介電常數最好是小於 5，損耗正切小於 0.05。內部的外殼形狀(在 +30mm 和 -30mm 之間)只能忍受 $\pm 0.2\text{mm}$ 的誤差，在行動電話與外殼接觸的地方，其外殼空間應為 2mm，加上能忍受誤差後為 $2\pm 0.2\text{mm}$ ，這是不包括耳部空間的。而耳部空間(6mm)與液體接觸的外殼其能忍受的大小也為 $\pm 0.2\text{mm}$ 。對於假人的任何位置，假人的外殼厚度是不需要吹毛求疵的，但在完美上，最好不要超過 5mm。

4.5.7 假人不穩定性概述：

假人的不穩定性會造成比吸收率的量測產生了誤差，而我們可以歸納成下列幾種造成不穩定性的原因：

- 1)組織液和假人頭部邊界的變化。
- 2)假人頭部外殼與行動電話接觸的位置厚度的變化。
- 3)模擬頭部組織液的介電常數和導電係數的改變。

4.6 SAR 量測說明及步驟 [14]

4.6.1 量測位置說明

1. 頰位置的定義

- a. 需要此定義用來準備好行動電話通話操作的位置。
- b. 定義兩條假想的線在行動電話上：垂直的中心線通過手機前沿的兩點：行動電話（寬度 w_t ）的中點（而這點是在聲音可輸出的範圍）和行動電話底部（寬度 w_b ）的中點。水平線是垂直中心線且通過聲音輸出端的中點。此兩條線交在 A 點。對於許多手機而言，A 點是與聲音輸出端的位置一致，但是，聲音的輸出端可能與水平線是分開的。所以，垂直的中心線不一定要與行動電話的面平行。
- c. 垂直的中心線和水平線所定義出來的平面，行動電話在這平面中的位置是與頭部模型的切面平面平行，且頭部模型上 RE 點和 LE 點所連成的線通過 A 點。當我們保持行動電話在這一個平面時，旋轉行動電話直到垂直的中心線和在模型頭上的 MB 線在同一個平面（此為參考平面）上。
- d. 沿著經過 RE 點和 LE 點的線移動手機向著模型頭前進直到接觸到耳朵，當保持手機在這一個平面時，維持 A 點使其在經過 RE 點和 LE 點的線上，且保持行動電話接觸耳朵，繞著 NF 線旋轉手機直到在手機上的任何點是與模型頭的臉頰接觸。
- e. 其位置如圖 4.8 所示。

2. 傾斜位置的定義

- a. 在模型頭上的裝置描述如上述所言；
- b. 使裝置保持在如上述的參考平面上時，且以耳朵為樞軸來旋轉，但旋轉的方向是轉離臉頰直到行動電話遠離嘴唇約 15° 左右或是直到耳朵不能收到訊息為止。
- 這樣的測試應該是要在模型頭的左耳和右耳都要進行。
- c. 其傾斜位置如圖 4.9 所示。

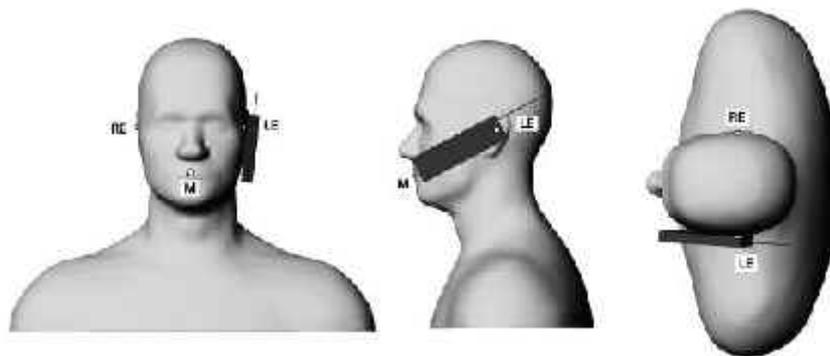


圖 4.8 頰位置定義圖

上圖為行動電話位置，說明臉頰或是接觸的位置，對於左耳 (LE)、右耳 (RE) 和嘴 (M) 的參考點而言，已經明確地定義出與行動電話有關的平面。

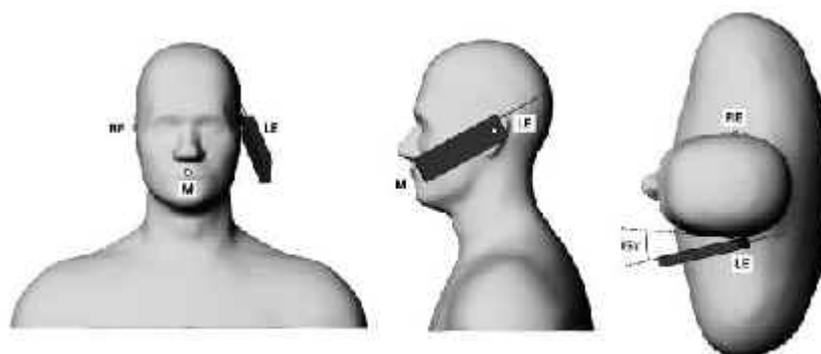


圖 4.9 傾斜位置圖

4.6.2 掃描

決定行動電話是否符合可控制或是不可控制曝露限制規範，需由身體部分曝露的比吸收率估測。部分身體曝露的規範限制一般是由空間比吸收率峰值來決定的，而空間比吸收率峰值是由均勻分布在任何 1g 或是 10g 的組織立體中的平均值來求得。行動電話測試應該要在一般正常操作的情況下，置於充滿頭部組織等效液的模型頭旁進行測試。量測比吸收率需分兩階段進行，首先，所有頭部組織液被探針完整掃描，以找到比吸收率峰值的近似區域，其次，環繞在一個或是多個這些峰值區域的外加體積掃描，可以決定空間比吸收率峰值。通常來說，部分比吸收率峰值發生在模型頭的表面，不易由場域探針直接量得，這是因為實際測量位置通常是在探針的尖端之後約 2 至 4mm。除此之外，假如模型頭表面和探針尖端之間的距離小於探針尖端直徑的一半，將會有明顯的誤差 (>20%) 產生。其誤差原因在於探針與模型頭邊界材料的相互作用而產生的電磁場失真。然而，準確的測量可由補償的演算法達到，如外插演算法。以下，將來討論掃描和演算法。

1. 面積掃描

行動電話之比吸收率的測量過程，通常會先粗略掃描整個頭部以決定比吸收率峰值的可能位置。此過程被稱為「面積掃描」(area scan)。掃描比吸收率的分布，是沿著模型頭的內部表面，或是沿著足夠大的區域，而此區域最好是大於行動電話和其天線所呈現出來的面積。如圖 4.10 所示比吸收率。在完整的測量過程當中，測量點和模型頭表面之間的距離應少 8mm 且要保持固定距離 (變化要少於 $\pm 0.5\text{mm}$)。區域部分最大值的測量點之間，其安全距離最好是在 $\pm 5\text{mm}$ 。一般粗略掃描的密度為 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ 。從這樣的面積掃描之中，

得到比吸收率分布的輪廓圖，以這些資料為基礎，空間比吸收率峰值的近似位置應該就可以決定了。假如這個分布所顯示峰值差異在 2db 之間，則所有的峰值都要被考慮，換句話說，就要以「縮放掃描」(zoom scan) 的方法來估測了。原因是因為具有陡峭梯度的局部峰值可能比具有平緩梯度部分峰值較低的空間平均比吸收率值。

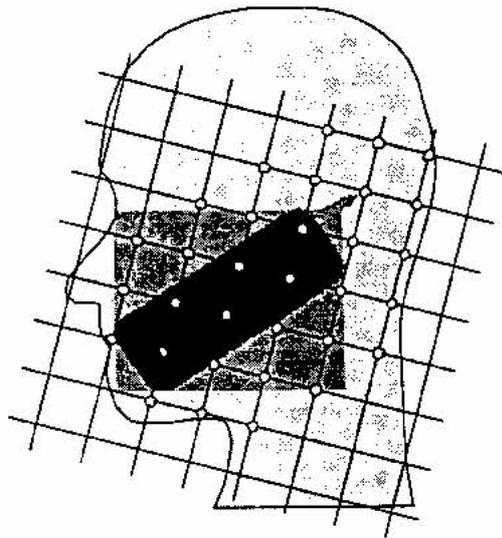


圖 4.10 面積掃描圖示

2. 局部細部掃描

在面積掃描的粗略頭部各區域的局部比吸收率值後，即在一個或多個局部比吸收率極值進行細部掃描 (zoom scan)，以便找出行動電話工作狀態下的 10g 或 1g 的空間比吸收率最大值。細部掃描將以粗略掃描中所找到的局部比吸收率極值的位置為中心，掃描 32mm*32mm*30mm 體積內共 $5*5*7=175$ 個點的細部比吸收率值，並配合內插法 (interpolation) 及外插法 (expolation) 的數學演算法以找出 2mm 解析度的比吸收率，並算出 10g 或 1g 組織內的平均比吸收率值。

3. 外插演算法的使用

當假人模型表面的比吸收率值對決定比吸收率極值為必要的，則外插演算法是需使用。因為大部分的電場探針內部的感應天線是在探針尖端的後部 2 至 4mm，因此假人表面處的比吸收率值是無法被量到。如下圖 4.11 所示，量測假人表面的比吸收率的探針應要儘可能垂直於假人表面（至少應小於 $\pm 30^\circ$ 的角度傾斜）在外插演算法中，前兩點的量測位置要距所對應表面小於 10mm，而最後一點的比吸收率值要小於第一點之比吸收率的 25%，且所有點的間距要小於 5mm，利用這些已知的量測值去外插求得表面的比吸收率值。例如，用四階多項函式及最小均方誤差來逼近其比吸收率分佈線。下圖所示，探針的方位垂直於表面所顯示的兩點，假如 $M_1 \cdots M_n$ 是用來外插於表面的測量點，則垂直表面的角度應該要小於 30° 。

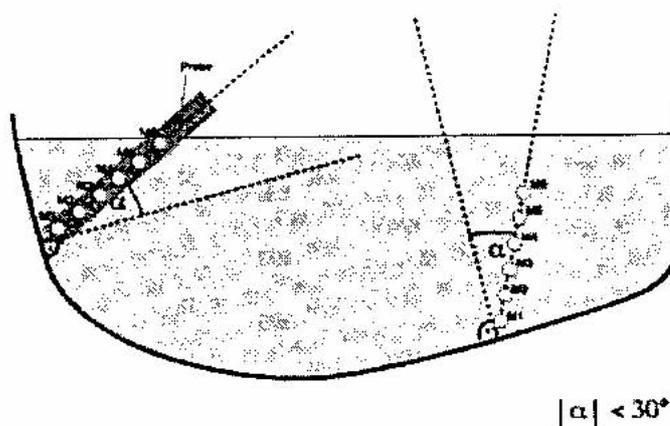


圖 4.11 量測探針與垂直假人表面夾角虛小於 $\pm 30^\circ$

4.6.3 量測步驟與過程說明

1. 預備過程

- a. 測試區域的環境：為了排除環境因素對比吸收率的影響，任何會產生反射或散射的金屬物質或其他高頻輻射源皆應遠離待測物至少 50cm。若這不能做到，亦要確定這些物體對比吸收率的影響少於 3% 時才可使得在測量時更為精確。

b.環境溫度的量測：通常來說，周遭的溫度應該是維持在 18°C 至 25°C 之間。

c.介電參數的量測：液體的介電參數應該是維持在目標值的 $\pm 5\%$ 之間。液體的溫度不應該超過決定介電參數時的液體溫度的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

d.系統的不確定因素：假如所有或是部分的不確定參數不知道，則所有測量不確定因素應該由系統所提供的資料或文獻來確定。

e.系統工作的確認：系統工作應該要遵循以下所描述的過程來做確認，為了是要使系統操作在其安全的工作規格當中。

一、系統工作目的：系統工作檢查之目的是為了證實系統是工作在其規格內。系統檢查是一個責任性的簡單確認，為了確定系統是在標準測試範圍的情況下正常地在工作。系統檢查應該檢驗在系統內短時間可能的漂移和誤差，像是：

- 1) 液體參數的改變
- 2) 量測系統元件的損壞
- 3) 量測系統元件的功能漂移
- 4) 操作人員的錯誤操作或錯誤的參設定。
- 5) 系統中的逆向狀況，像是射頻的干擾

二、模型頭的結構：為了保證在量測上是可不斷覆進行的，以下平坦型的假人頭模型頭之設定是有必要說明的：

- 1) 在寬度和長度上，模型頭最少必須是波長的 0.6 倍。這可使具無窮平坦（理想上）的模型頭在每 1g 的平均比吸收率值上，其最大誤差少於 1%。
- 2) 液體在模型頭內的深度至少要 15cm。
- 3) 模型頭殼的材質最好是使用低介電質常數和低損耗的材質來做成，質常數最好小於 5，損耗常數小於 0.05。
- 4) 模型頭底部的厚度應該要少於 6.5mm，但邊緣要粗一些。厚度的

精確度最好是在 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

5) 平坦的模型頭應該被架設在由低損耗常數的粗糙材質所製成的構造體上。在這區域附近應避免金屬物體的出現。

三、偶極天線發射源：偶極應該被放置在模型頭底部的下方，且集中在模型頭的軸上，此軸是平行模型頭的最大邊。使用低損耗和低介電常數的介質，可以保證在偶極頂部表面和模型頭的底部表面一個正確距離。對於每次測試的頻率，這一個在液體表面和偶極中心的距離是要在 0.1mm 之間。這個偶極返回的損耗最好多於 -20db ，這是為了減少在功率測量中的不確定因素。

四、偶極天線輸入功率的測量：對於偶極而言，輸入功率的不確定因素一定是要盡可能的愈小愈好，在系統確認過程中，這需要以方向耦合器和功率監測來形成這個複雜的結構，建議使用的結構就如圖 4.12 所示。

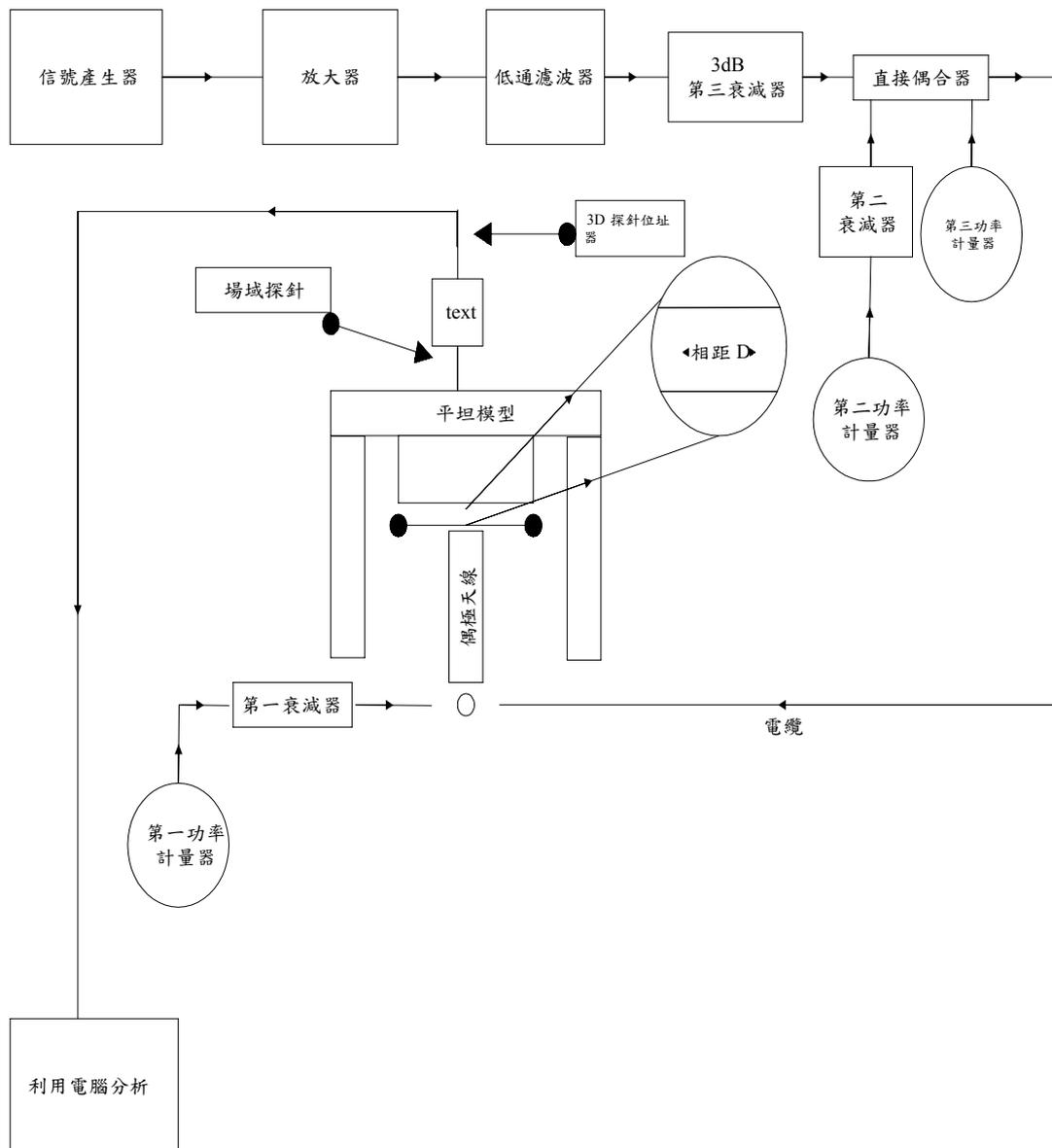


圖 4.12 偶極天線輸入功率量測

五、系統確認過程：系統確認要包括所有在規格測試下的測量過程。

所計算出來的 1g 平均比吸收率值其誤差在 $\pm 10\%$ 之間。

六、裝置確認：在無線裝置操作的條件下，裝置的天線輸入功率應符合正常操作條件。假如天線的輸入功率不能被測量的話，要證明滿足所要的需求時，天線的輸入功率應該要由別的方法來提供。

2. 估測空間中比吸收率峰值的過程

步驟 1：功率參考點的測量：

要選擇一個參考點來量取比吸收率為了要監測功率在測量過程中的變化。此參考點與液體和模型頭交界面的距離需少於 10mm，與近鄰的耳朵參考點的距離為 $\pm 10\text{mm}$ 。

步驟 2：面積掃描：

假如峰值是出現在此區域的邊緣，則區域掃描應該盡可能重覆使用放大的區域。可參考我們之前所討論的「區域掃描」。

步驟 3：局部細部掃描：

如前所述，局部放大後對於在步驟 2 中所找到的任一個第二峰值，此第二峰值是在最大峰值 $\pm 2\text{dB}$ 範圍之內，且不在「局部細部掃描」的範圍之內，對於這些第二峰值而言，步驟 3 是應該被重覆進行的。

步驟 4：功率參考點的確認：

在步驟 1 中所做的參考點比吸收率量測需再重複一次，假如功率的改變超過 5%，則測量應該被重做或是把所有的差異加入先前量測的值當中。

3. 最大空間比吸收率峰值的決定

步驟 1：依前述的四個步驟對面積掃描的所有點及行動電話的工作

中間頻率進行比吸收率量測，並對左手使用及右手使用各做一次

步驟 2：重複前述步驟，但改變其工作頻率在我們之前所討論「操

作頻率」中的低頻和高頻。

步驟 3：重覆步驟 1 和步驟 2，改變行動電話的操作模態。

步驟 4：檢查數據並找出經過步驟 1 到步驟 3 所找到的空間最大比吸收率峰值。

4. SAR 量測流程可參閱圖 4.13

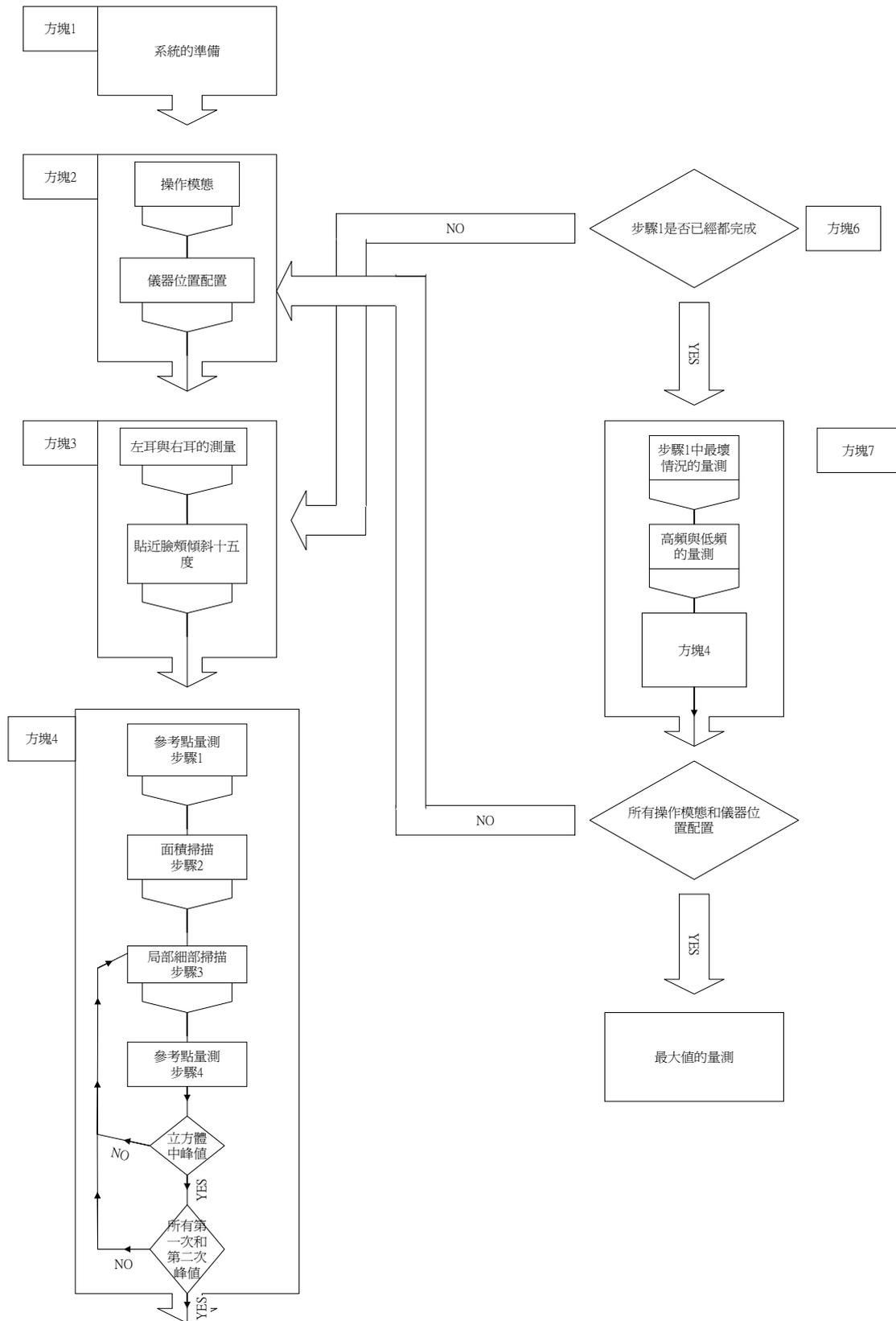


圖 4.13 SAR 量測過程流程圖

4.7 市面手機 SAR 之研究與討論

4.7.1 量測目的：

行動電話是目前人類最常使用的一種新型通訊工具，隨著整個科技與生活的不斷進步，行動電話也成為日常生活中不可缺少的用品。但在使用行動電話的同時，也帶給人類對其電磁輻射是否會對人體造成危害而產生憂慮。為了給人們一個安全保障的前題下，國際間常以比吸收率 (Specific Absorption Rate)，簡稱為 SAR，來定出行動電話輻射量的安全標準。

不久的將來，行動電話都必須得要在機身上標明出比吸收率的值，我們這次就將抽測幾支目前市面上流行的行動電話，並做下列討論：

- (1) 行動電話比吸收率值：量測所抽測之行動電話比吸收率值，是否符合美國聯邦通訊委員會(FCC)的安全標準。
- (2) 防磁貼片之有效性：將所抽測之行動電話，貼上抽樣市面上三種防磁貼片之比吸收率值，並與未貼上貼片時比吸收率做比較，來討論出防磁貼片之有效性。
- (3) 免持聽筒之有效性：將所抽測之行動電話，接上免持聽筒之比吸收率值，並與未接免持聽筒值做比較，來討論免持聽筒之有效性。

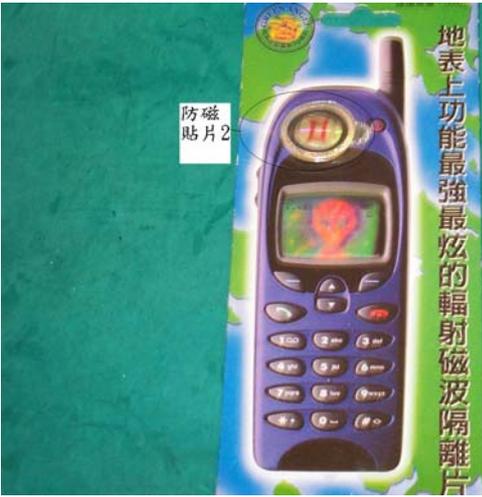
4.7.2 樣本敘述：

因著通訊時代的來臨，所以市面上出現了許多符合這個時代以及個人需求的通訊產品，而通訊產品所產生的電磁波對人體之影響也日益受到了重視，也因此為了防止或是降低電磁波的影響，市面出現了許許多多的防電磁波之產品，而其中對於行動電話電磁波之防護產品，更是琳瑯滿目、不勝枚舉，這些產品中的防電磁波功效是本次實驗的目的之一。表 4.1 即為各種測試手機及相關吸波樣本的比較說明。

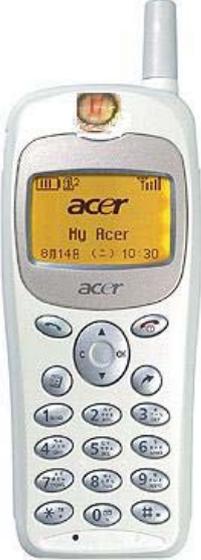
表 4.1: 各種測試手機及相關吸波樣本的比較說明

樣本名稱及簡介	數量	樣本圖形
---------	----	------

<p>行動電話 ACER M330</p> <p>重量：88 公克</p> <p>尺寸: 113 x 43 x 22.3 mm</p> <p>頻率：雙頻 GSM900/GSM1800</p>	<p>×1</p>	
<p>行動電話 ERICSSON T28</p> <p>重量: 83 克</p> <p>尺寸: 97 x 50 x 15 mm</p> <p>頻率：雙頻 GSM900/GSM1800</p>	<p>×1</p>	
<p>行動電話 MOTOROLA V3688</p> <p>重量: 83g</p> <p>尺寸: 80 x 42 x 25 mm</p> <p>頻率：雙頻 GSM900/GSM1800</p>	<p>×1</p>	

<p>行動電話 NOKIA 3310</p> <p>重量: 107 g</p> <p>尺寸: 113 x 48 x 22 mm</p> <p>頻率: 雙頻 GSM900/GSM1800</p>	<p>×1</p>	
<p>市售防磁貼片 1</p> <p>材質: 綿質內裡, 塑膠外皮</p> <p>產地: 日本</p>	<p>×1</p>	
<p>市售防磁貼片 2</p> <p>材質: 塑膠網狀薄片</p> <p>產地: 台灣</p>	<p>×1</p>	

<p>市售防磁貼片 3</p> <p>材質：磁性材質</p> <p>產地：台灣</p>	<p>×1</p>	
<p>市售行動電話 T28 之免持聽筒圖 形</p>	<p>×1</p>	
<p>行動電話 ACER M330 貼上防 磁貼片 1 之圖形</p>	<p>×1</p>	

<p>行動電話 ACER M330 貼上防磁貼片 2 之圖形</p>	<p>×1</p>	
<p>行動電話 ACER M330 貼上防磁貼片 3 之圖形</p>	<p>×1</p>	

以上即為本實驗所選擇的防電磁波貼片、免持聽筒、行動電話與貼上防磁貼片後的行動電話圖形表，而其中的防電磁波貼片製造產地有日本和台灣，有各式各樣的材質，還有防電磁波之材料—磁性材質。我們將使用這些防電磁波貼片來進行防磁貼片效用的測試。

4.7.3 操作步驟：

我們首先來介紹實驗器材：

實驗器材名稱	數目
防電磁波貼片	×3
DAE	×1
分析電腦 PC	×1
自動機械手臂	×1
近場電場探針 probe	×1
自動機械手臂搖控器	×1
探針電源控制器	×1
量測系統總電源控制器	×1
光纖傳輸線	×2
探針校正器	×1
人頭模型	×1
900MHz 組織液(桶)	×3
1800MHz 組織液(桶)	×3
Horn Antenna	×1
模擬基地臺 CMU200	×1
信號指示燈	×1

接著我們介紹實驗步驟：(請參考文後之表 4.2)

步驟一：量測模擬組織液之導電度及密度。

步驟二：清理假人表面，倒入模擬組織液。

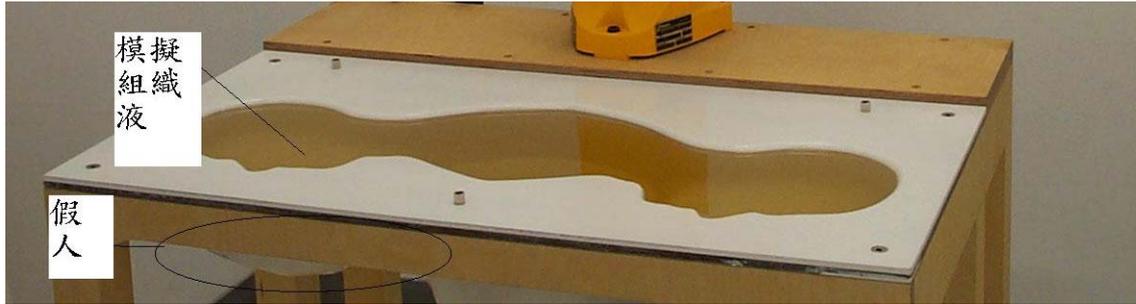


圖 4.14：模擬組織液與假人所在處

步驟三：裝上(a)DAE、(b)probe，依序打開

1)電腦

2)Controller 的 power

3)DAE 的 power，此時 controller 的指示燈應該為綠色(controller 已 power on 但尚未達到 robot)。

4)電腦進入 DASY3，首先打開 robot window(此時 robot window 應該在 error，並會將 error 的項目列出)，依照指示將 error 排除並按 check 檢視最新狀態。最後會到 power not enable 的狀態，此時按下 power enable 鍵，robot 開關上的綠色按鍵會亮，按下按鈕，power 會到達 robot，此時 controller 的指示燈應會轉為紅色，power 到達 bobot 並由電腦控制。

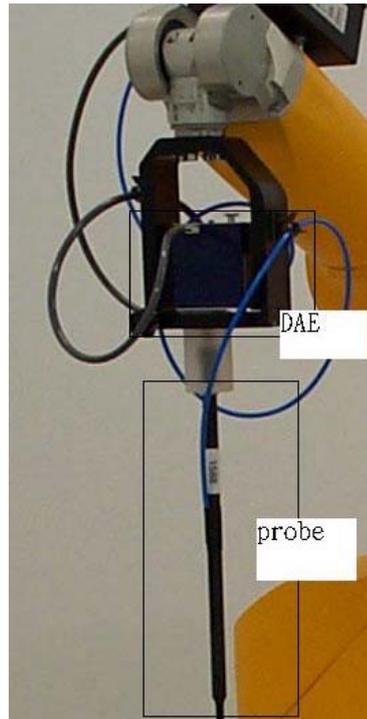


圖 4.15 說明 DAE 與 probe 的型式與組裝方法

步驟四：Align probe 並做 light beam align(完成後 probe 會回到 start position)。

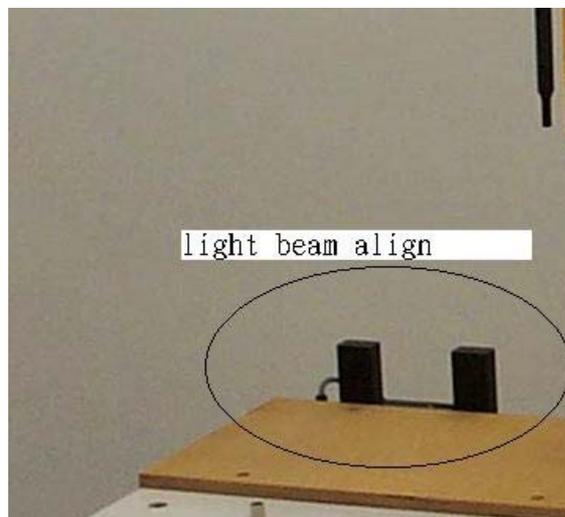


圖 4.16 probe 將會在此處做 light beam align

步驟五：(a)將假人的模擬組織液調和均勻，(b)清除假人表面上的雜質，(c)按 move into 將 probe 放入 liquid，先讓 probe 適應假人中模擬組織液的環境。

步驟六：將 device 夾於夾具上。



圖 4.17 行動電話夾具

步驟七：設定 set-up device 的各項 item。

量測設定：

在 DASY3 下，進入主畫面的 set-up 下，裡面有許多的項目：



圖 4.18 DASY3 進入主畫面的 set-up 下

- ◎ probe：選擇所使用的 probe 型號，在這次我們行動電話的量測中，我們是使用編號 1588 的 probe。
- ◎ medium：模擬組織液中的介質。不同的頻率要選用不同的模擬組織液做為介質，而模擬組織液中的 conductivity 和 density 要在此設定。
- ◎ device：我們所要量測的物件。可以隨自己的需要而新增，如我們這次實驗的 T28、M330、3310，較為重要的是頻率和 crest factor 要視 device 所要在何頻率量測，以及量測系統的設定。
- ◎ phantom：所要測試的範圍，可以依自己需要而做適當調整。
- ◎ section：所要測試的區域。
- ◎ configuration：以數枝狀的圖來顯示上述的各項設定。
- ◎ state：顯示 DAE、robot 的狀態。

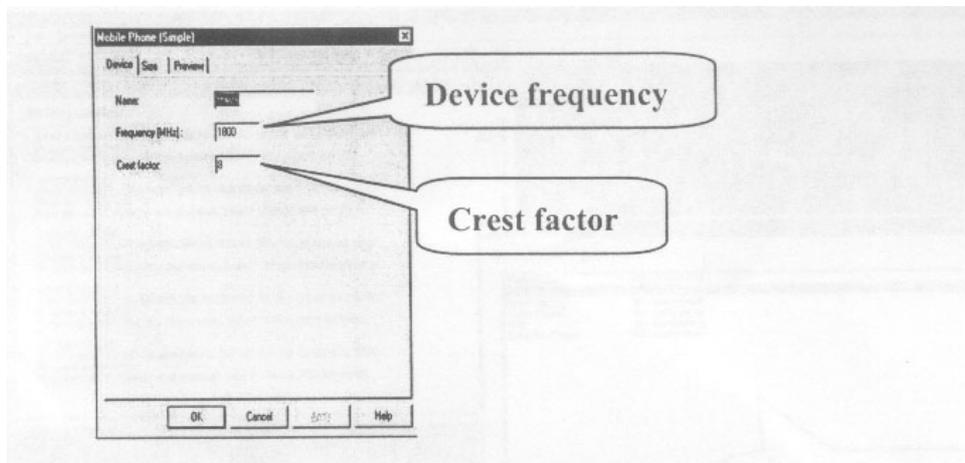


圖 4.19 DEVICE 設定項目，有頻率、名稱設定等

步驟八：先做一次 surface check，確定 surface 沒有問題。Surface check 的方法有機械、光學兩種。使用假人中央平坦部份量測時，兩種都使用(兩者的 tip surface distance 皆設定為 1.2mm，但兩者 surface 判斷方式並不同，所以儘管 tip surface distance 值相同，但意義並不同！)；使用兩邊頭部模型時(不平坦部份)只可以用機械式 check(tip surface distance 設定為 2mm)。

步驟九：將 CMU200(作為模擬基地臺)，並和所要量測行動電話做連線，以 CMU200 將行動電話的 power level 鎖定在最大 (GSM 900 需設為 5；GSM 1800 需設為 0)，將行動電話置於 measure-position 開始量測。完整的行動電話量測需要測兩個頻帶(GSM 900、GSM1800)，每頻帶各左右兩邊頭部，每邊兩個位置(與臉部夾 0°與 15°)，每個位置高中低三個頻道(GSM 900 為 channel 1, 62, 124；GSM 1800 為 channel 512, 700, 885)。以上測試所得到之值取最大值 (worst case)，就是這隻行動電話的 SAR 值。

注意！一隻行動電話的 SAR 值是指其使用狀態中 SAR 的最大值，並不是平均值！

步驟十：至 File 點選 Open，進入 predefined 資料夾，選擇我們所要測試類型的檔案，如：preSAM touch left、preSAM touch right 等，選定後會出現一個測試的視窗，裡面會列出所有要測試的項目，在此仍需要對測試項目做設定(參考前面所提的量測設定)。

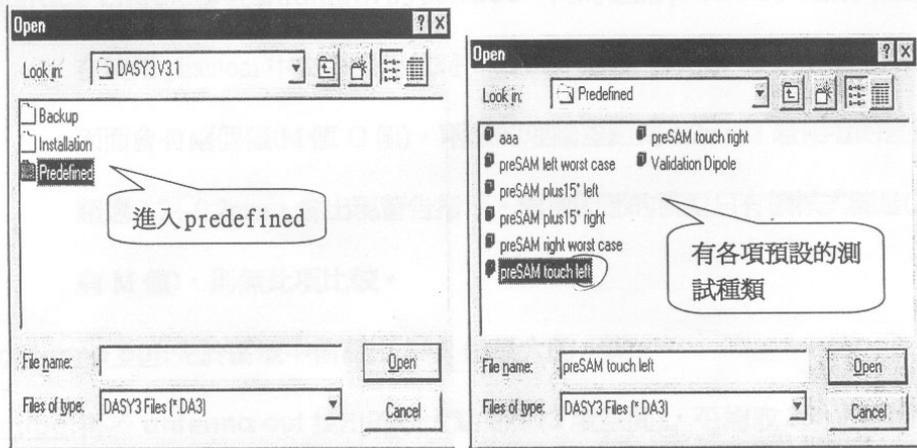


圖 4.20 進入 predefined，並看到各項測試類型檔案，使用者將可在其中選擇自己所需要的測試項目

現在就對各項測試項目做說明：

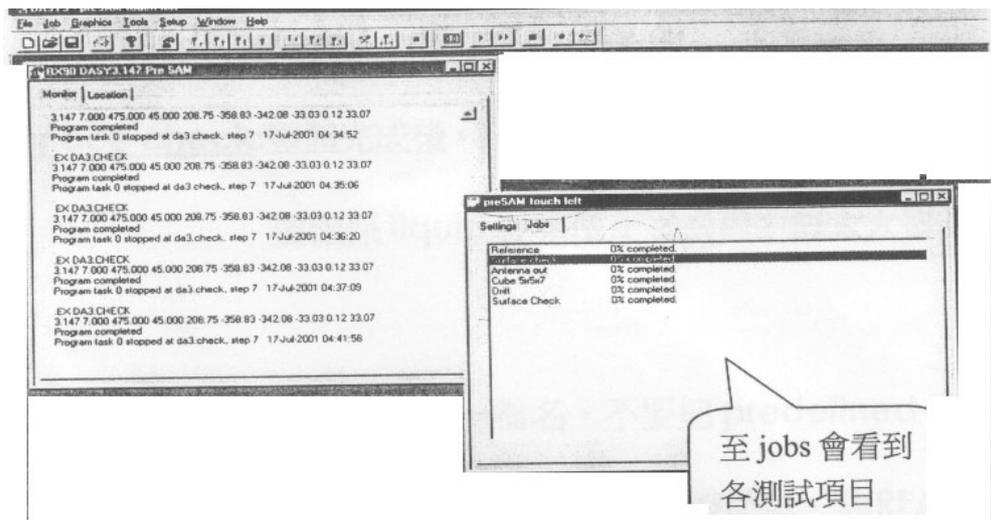


圖 4.21 看到的各項測試項目：reference、surface check、antenna out、cube、drift 與 surface check

- (1) reference：在測試之前先作一次電場值的測試。
- (2) surface check：檢查假人表面，同時確認 probe 的可動作範圍。在使用假人中央平坦部位時，surface check 有光學、機械兩種方法，因而會有兩個值(M 值和 O 值)，兩個理論值差距為 1.2mm，若兩者的差距超過 $1.2 \pm 0.2\text{mm}$ ，會出現警告指

示。兩邊頭部的模型只有機械式量測(只有 M 值)，則無此項比較。

- (3) antenna out：先於所要量測區域中偵測出 SAR 值最大的一點。
- (4) cube：在 antenna out 所找出的最大點周圍(3 度空間)，平均取 35ml 的範圍作 $5 \times 5 \times 7$ 共 175 點的 SAR 測試，找出這些點中最大一點的 SAR 值。
- (5) drift：SAR 值測試後會再做一次的電場測試並和一開始的 reference 相比較，得出飄移量，飄移量不能夠太大，否則就代表所測得的 SAR 值無意義了。Drift 值須要小於 $\pm 0.2\text{dB}$ 左右，整個量測出的結果值才是可以信賴的。
- (6) surface check：整體完成後，再做一次 surface check，此動作和 drift 意義相同，都是為了要確保模擬組織液在整個測試中無太大的變動。

注意！設定完後，記得要存檔，不過要用另存新檔，降才不會將原先 predefined 檔案給覆蓋過去了。

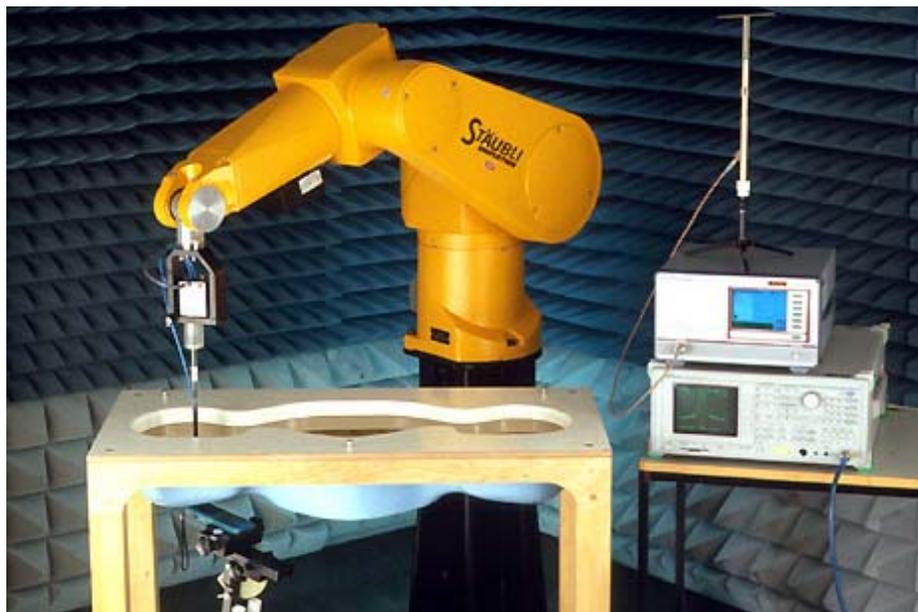
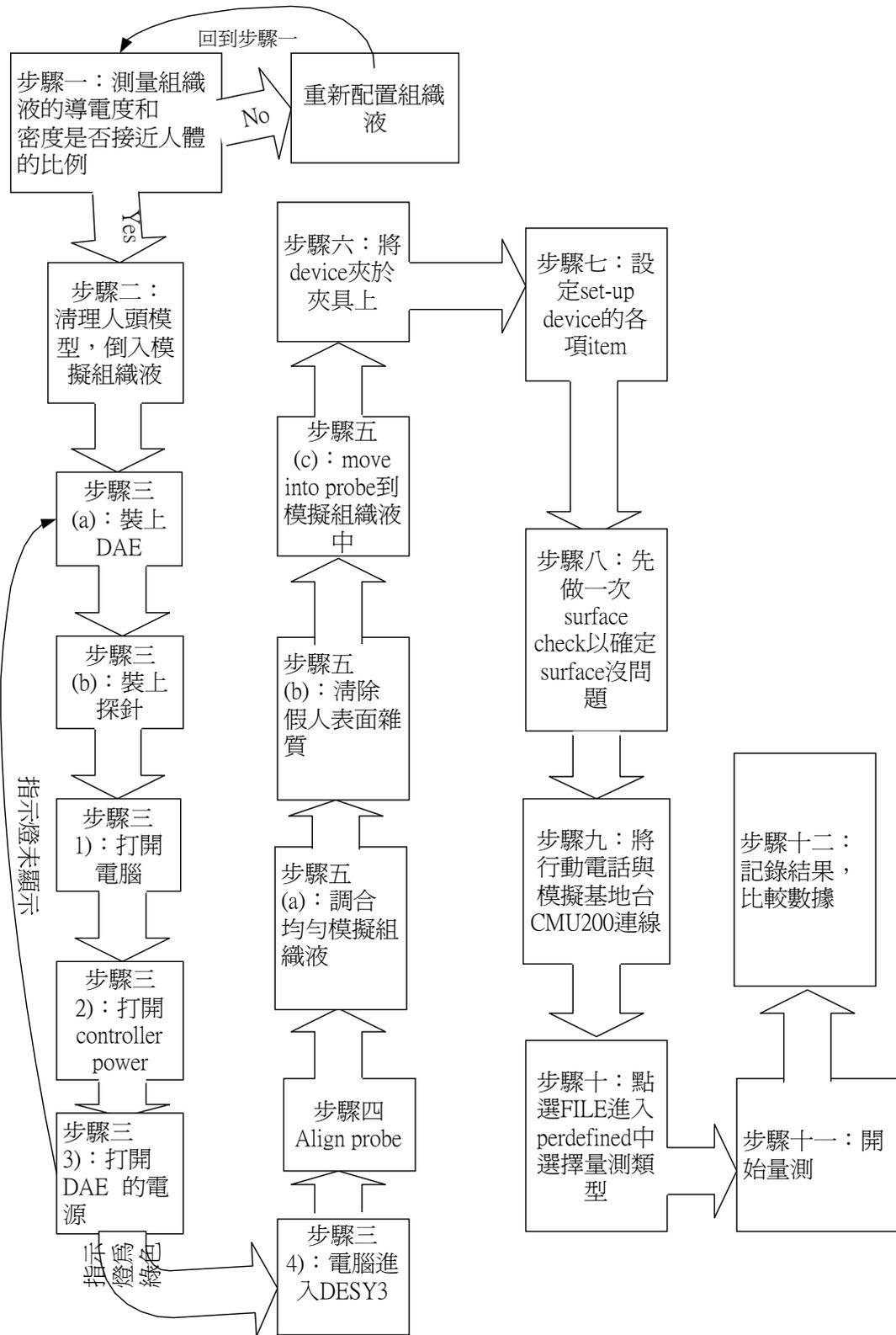


圖 4.22 行動電話開始量測 SAR 之圖

步驟十一：準備就緒，方能開始量測，量測完畢後，可以用 DSAY3 裡的 graphic 來看行動電話輻射量的分佈情形。

步驟十二：記錄結果，比較數據。

表 4.2: SAR 量測步驟圖表



※補充幾項量測說明：

<模擬組織液>：

不同的頻率有不同的配方，為了就是要模擬出不同頻率下的導電係數和密度，然而水份的蒸發會使模擬組織液的濃度因時間而改變，進而影響了原本正確的值，所以在測試前必需要用網路分析儀測試導電係數和密度值；又因為模擬組織液中的糖份比例佔了許多，容易沉澱，故測試前要將模擬組織液混合均勻。倒入假人裡的模擬組織液的量為底部算起 15cm，約距離 top 3mm 處。

而開始測試 SAR 前，也要用玻棒(不能用金屬的，會刮壞假人)攪拌均勻，順便將模擬組織液中的雜質清除。

<校正>：

校正的目的就是要確定系統的正確性與穩定性。原理是以系統測試一「標準」250mw(約 24dBm)的 dipole antenna signal，再將所得到的結果與「原廠標準」做比較，以確定系統的測試準確度。

<量測位置(measure-position)>：

美國聯邦通訊委員會(FCC)目前定出的行動電話量測位置有兩種：

- 1) speaker 對準耳洞且 touch(第一個 touch 點)，行動電話緊貼耳洞至口的一直線且 touch 到第二個 touch 點，至少要有兩個 touch 點以上。



圖 4.23 行動電話 T28 量測位置：speaker 對準耳洞，且行動電話與假人表面至少有兩點 touch

- 3) 與第一個位置相同，以第一個 touch 點為支點，而行動電話與臉頰打開 15 度夾角。

4.7.4 比吸收率量測結果：

在本研究進行期間，國內測試 SAR 的環境並不普遍，加以 SAR 量測需很長時間及非常昂貴，本研究的相關量測借用耀登科技及明碁電通兩處之 SAR 量測環境，由中山大學進行獨立測試

1.以 ACER M330 為例之比吸收率 SAR 之完整量測數據：

(1) ACER M330 GSM900MHz SAR 值 (W/kg)

量測日期 2001/10/13		
量測項目	1g	10g
Left-touch-ch1	0.447	0.315
Left-touch-ch62	0.452	0.319
Left-touch-ch124	0.459	0.322
Right-touch -ch1	0.430	0.307
Right-touch-ch62	0.443	0.316
Right-touch-ch124	0.447	0.316
Left-touch15°-ch1	0.281	0.181
Left-touch15°-ch62	0.285	0.184
Left-touch15°-ch124	0.284	0.183
Right-touch15°-ch1	0.255	0.177
Right-touch15°-ch62	0.262	0.179
Right-touch15°-ch124	0.258	0.176

(2) ACER M330 GSM1800MHz SAR 值 (W/kg)

量測日期 2001/10/13		
量測項目	1g	10g
Left-touch-ch512	0.435	0.256
Left-touch-ch700	0.429	0.254
Left-touch-ch885	0.469	0.270
Right-touch-ch512	0.438	0.266
Right-touch-ch700	0.451	0.272
Right-touch-ch885	0.430	0.258
Left-touch15°-ch512	0.410	0.233
Left-touch15°-ch700	0.398	0.230
Left-touch15°-ch885	0.401	0.231
Right-touch15°-ch512	0.450	0.262
Right-touch15°-ch700	0.461	0.265
Right-touch15°-ch885	0.447	0.255

2.所抽測行動電話之 SAR 值比較：

量測日期 2001/10/13			
型號	品牌	SAR 值 (w/kg)	是否符合 FCC 標準
T28	ERICSSON	1.48	符合
3310	NOKIA	0.76	符合
M330	ACER	0.46	符合
V3688	MOTOROLA	0.04	符合

3.其他行動電話 SAR 值比較：

在電信總局委託計劃中，原需對 GSM, DCS 及雙頻手機各三支，對其 SAR 值做比較。但因目標市面流通的行動電話已無 GSM 或 DCS 單頻的手機，故本計劃以六支雙頻手機之 SAR 值來替代。這六支手機之 SAR 值如下表所示。

型號	品牌	SAR 值	是否符合 FCC 標準
8310	NOKIA	1.18	是
T68	ERICSSON	0.74	是
GD95	PANASONIC	0.95	是
V3688	MOTOROLA	0.04	是
T191	MOTOROLA	1.13	是
9210	NOKIA	0.49	是

(本部份資料參考電信總局網站)

4.防磁貼片對 SAR 值影響之比較：

由上面 1.以 ACER M330 為例之比吸收率 SAR 之完整量測數據找出最大之 SAR 值發生處，並在此處貼上三種防磁貼片，並做比較，結果如下表所示：

◎ 最大值發生處與大小：

SAR 值 (W/kg)

量測日期 2001/10/13		
狀態：未貼防磁貼片通話時		
最大值發生處	1g	10g
GSM900MHz-Left-touch-ch124	0.459	0.322

我們下面並附上此時 ACER M330 通話的電磁輻射量分佈情形：

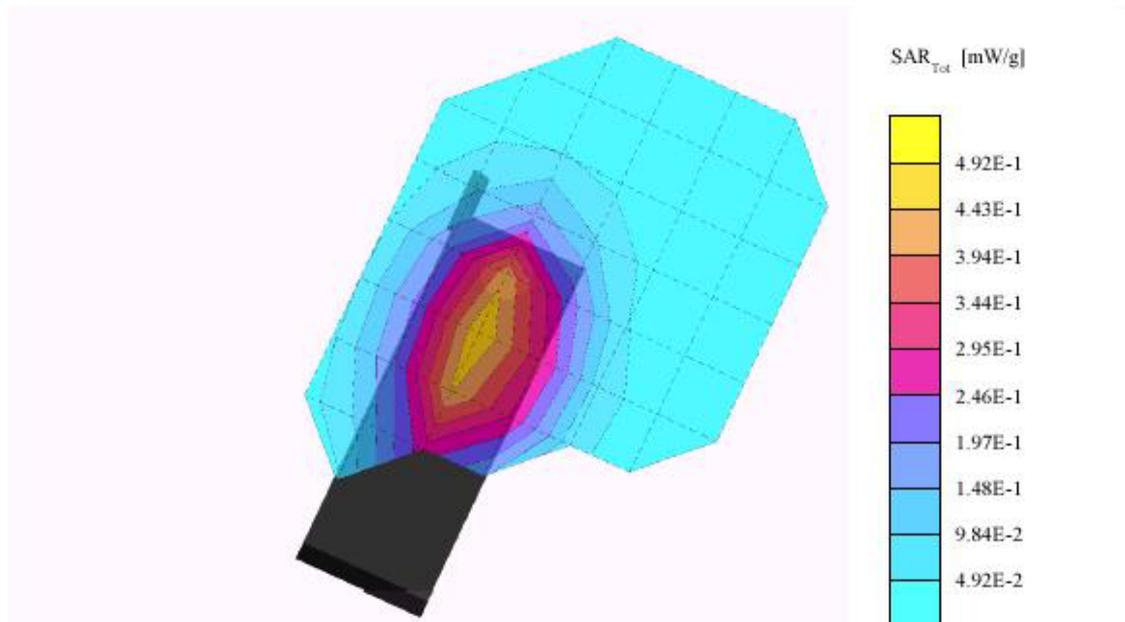


圖 4.24 ACER M330 輻射量分佈圖，GSM 900MHz；channel 124； $s=0.96 \text{ mho/m}$ ； $\epsilon_r=4.19$ ； $r=1.00 \text{ m/cm}^3$ ； $\text{SAR}(1\text{g})=0.459 \text{ w/kg}$ ； $\text{SAR}(10\text{g})=0.322 \text{ w/kg}$

◎ 將上表量測狀況加入三種防磁貼片後比較值：

SAR 值 (W/kg)

量測日期 2001/10/13				
量測項目	1g	差異值	10g	差異值
未加入防磁貼片 (GSM900MHz-Left-ch124)	0.459	-	0.322	-
加入防磁貼片 1	0.481	+0.022	0.336	+0.014
加入防磁貼片 2	0.449	-0.01	0.315	-0.007
加入防磁貼片 3	0.454	-0.005	0.317	-0.005

5.免持聽筒對 SAR 值影響之比較：

量測日期 2001/10/13	
狀態：未接免持聽筒通話時	
行動電話	SAR 最大值
ERICSSON T28	1.48

◎ 將行動電話接上免持聽筒後，通話中 SAR 比較值：

量測項目	SAR 值(w/kg)	差異值
未接免持聽筒時	1.48	-
接上免持聽筒(免持聽筒只與假人耳洞接觸)	0.0019	-1.4781
接上免持聽筒(免持聽筒與假人臉頰至少接觸兩點以上)	0.0024	-1.4776

我們下列附上行動電話 T28 接上免持聽筒時的電磁輻射量分佈情形：

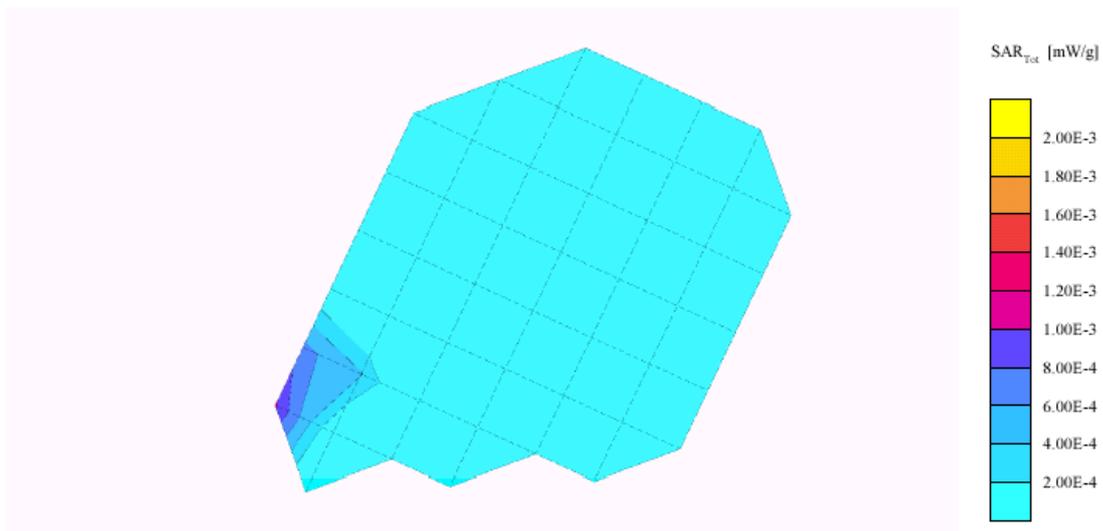


圖 4.25 ERICSSON T28 接上免持聽筒(免持聽筒只與假人耳洞接觸) 輻射量分佈圖，GSM 1800MHz； $s=0.96 \text{ mho/m}$ ； $\epsilon_r=4.19$ ； $r=1.00 \text{ m/cm}^3$ ； $\text{SAR}=0.0019\text{W/kg}$

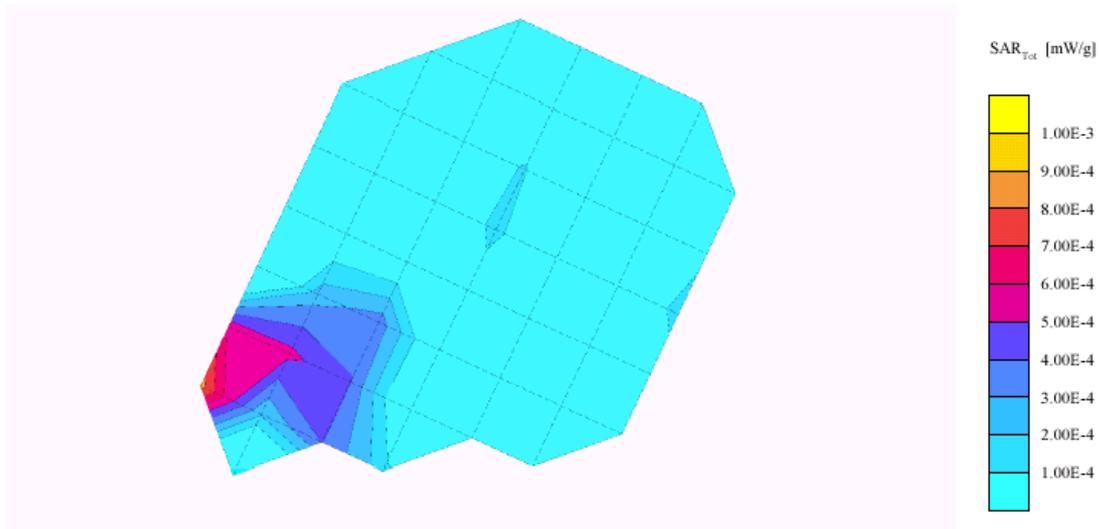


圖 4.26 ERICSSON T28 接上免持聽筒接上免持聽筒(免持聽筒與假人臉頰至少接觸兩點以上) 輻射量分佈圖，GSM 1800MHz；
 $s=0.96 \text{ mho/m}$ ； $\epsilon_r=4.19$ ； $r=1.00 \text{ m/cm}^3$ ； $\text{SAR}=0.0024 \text{ W/kg}$

4.7.5 結論與討論：

1. 所抽測行動電話之比吸收率 SAR 值結果討論：

在我們所抽測的行動電話中並沒有不符合美國聯邦通訊委員會(FCC)所制定的安全標準，但對不同品牌及不同型式的手機，其 SAR 的表現值並不盡相同，消費者在選購行動電話時，應該要了解這些相關的資訊。

2. 防磁貼片之比吸收率 SAR 值結果討論：

在防磁貼片的測試中，我們發現有無防磁貼片並沒有對比吸收率 SAR 值有太大的影響。市面上的防磁貼片，多標榜著具有強電磁波吸收率，可以減低人體暴露於電磁波的危險，但於本次的量測樣本中，貼上防磁貼片的手機並無降低 SAR 值之事實，消費者在選用防磁貼片時應該加以考量。

3. 免持聽筒之 SAR 值結果討論：

在免持聽筒的測試中，我們發現使用免持聽筒可以使人體頭部所吸收的比吸收率 SAR 大幅減少，讓人體頭部受到相當微小的電磁波輻射量，所以消費者在使用行動電話時最好可以儘量的使用免持聽筒，來降低電磁波的暴露；要注意的是雖然頭部的比吸收率 SAR 很微小，但是此時行動電話擺放的位置附近可能又會受到相對較大輻射照射，例如人們常將行動電話置於腰部等，則腰部會相對吸收部分電磁輻射能量，但只要其 SAR 值能小於安全標準，則可安心使用。

在國外的研究報告中，有發現以免持聽筒而增加於頭部的 SAR 值，在本次的量測試驗中並無發生；但如果所使用的手機，其從手機外接聽筒插座處所洩漏的電磁能量較大且與免持聽筒之導線結構行成天線共振結構，則或許有較大 SAR 值之可能。

第五章 電磁輻射及正確使用行動電話之常見問題與回答

行動電話系統（俗稱的「大哥大」）的使用越來越普遍化，到處都可以看到人手一機隨時隨地在使用行動電話，以及放眼可見在大樓頂端的基地臺。行動通訊的使用快速的擴張，導致公眾對存在於環境中的電磁波是否會造成人體健康的損害產生疑慮。

國內目前行動通訊的服務、設備及裝置，主要是由交通部電信總局規範與管理。因應一般大眾對行動通訊使用上的安全疑慮，電信總局委託國立中山大學針對此一主題做資料的收集整理，本手冊即是彙整後的一些事實、客觀的資訊，並回答一些最常被提出的問題。

5.1 基礎篇

行動通訊的基本原理

行動通訊是依靠固定裝置（也就是基地臺）與手持裝置（也就是行動電話、手機）之間，彼此不斷的發射與接收電磁波（無線電波），達到通話的功能。

行動通訊基地臺是低功率、多頻道、雙向的無線電，而行動電話是低功率、單頻道、雙向的無線電。當使用者用行動電話通訊時，等於是透過無線電波在對基地臺說話，而通話的訊息再進入埋設在地下連接各個基地臺的電話線路系統。

行動電話及基地臺是雙向的無線電，透過無線電波傳送與接收訊息，因此會有無線電波的輻射，但是基地臺與行動電話所發射的無線電波強度很弱，因此對於其鄰近環境的曝露量也非常低。

電磁波有哪些應用？

電信服務應該是電磁波最重要的應用了，當中包含有電視與廣播的播送，行動通訊系統、衛星通訊、呼叫器、家用無線電話、警用的無線電、業餘無線電、點對點的微波鏈結等，都是電信服務的內涵。

微波爐是電磁波在非電信上的應用，工業應用上也會使用電器裝置產生無線電波，對物質做加熱及密封的處理等。

電磁波也應用在醫學上，例如熱療的處理，利用無線電波可以加熱的效用，治療人體受傷的組織及腫瘤細胞。

電磁波是什麼？

電磁波的放射及相關現象是用「能量」、「輻射」或「場」等觀念做為研究探討的基礎。

所謂的「波」可以用水波做聯想；在一盆盛水的臉盆中從上方持續的滴下水滴，就可以看到水波一圈圈的由中心向外擴散，而電磁波的放射其實是類似的現象，差別只是在於無線電波是眼睛所看不到的。

電磁波的輻射實際上是電能與磁能以波的方式在空間中移動擴散，「電磁場」是用來代表某一位置電磁能量的存在，以那個位置點的電場強度以及磁場強度做表示。

和所有與“波”有關的現象一樣，電磁能量也是用「波長」及「頻率」來描述其特性。波長是指波在一個完整的週期之內所走的距離，頻率則是在一秒鐘的時間內，傳播通過某一定點的電磁波的數目。以水波來說明，波長就是圈與圈之間的距離，而頻率就是每一秒鐘有多少圈產生。

舉例而言，在說明調頻廣播電台所發送出的無線電波的特性時，可以說某電台的無線電波的波長是 3 公尺 (m)，或是頻率為每秒一百個百萬週期、或 100 MHz。頻率的計算單位是用「赫茲」或「赫」，英文表示成 Hz，一赫就是每秒一個週期。1 KHz 是等於 1000 (10^3) 赫茲，1 MHz 等於一

百萬 (10^6) 赫茲，而 1 GHz 等於十億 (10^9) 赫茲。所以 100 MHz 就是每一秒鐘會有 100×1000000 個無線電波傳送到某一個定點。

電磁波是用光的速度在空間中傳播，而且波長和頻率之間有一個很簡單的數學公式聯繫，頻率（用 f 表示） \times 波長（用 λ 表示）= 光速（用 c 表示），或是 $f \times \lambda = c$ ，這個數學公式也可以用頻率或波長為主體，表示成 $f = c / \lambda$ 或是 $\lambda = c / f$ 。由於光速在真空中或物質中是固定不變的（不過在不同的物質中光速是不一樣的），頻率比較高的的電磁波的波長就比較短，反過來說，頻率比較低的電磁波的波長就比較長。整個電磁的「頻譜」其實是包含了從極低頻（波長非常的長）到 X 射線或伽瑪射線等極高頻（波長非常的短）的各種電磁能量，當中還有無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線等。電磁頻譜中屬於無線電波及微波的部分，一般主要是指頻率在 3 KHz 到 300 GHz 的電磁波。

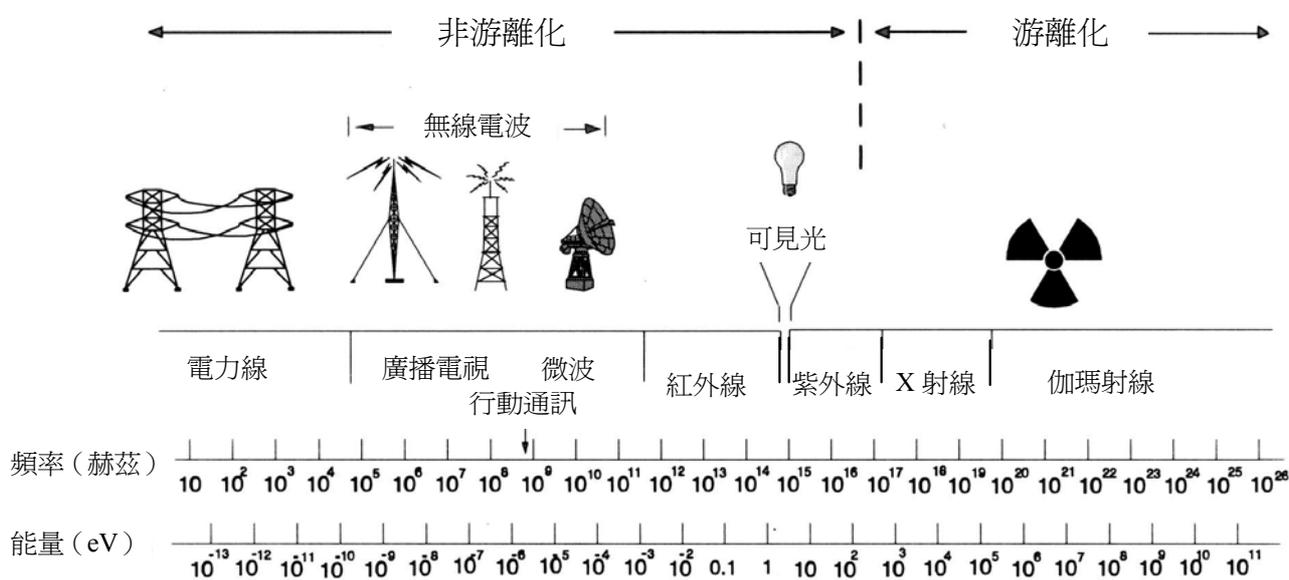


圖 5.1 電磁頻譜

天線是什麼？

「天線」是可以用來發射或接收電磁波的裝置，通常是由金屬所做

成的，即使外觀上看不出是金屬的樣子。行動通訊系統基地臺所使用的天線和手機上的天線是不一樣的形態，雖然兩者都是用來發射及接收電磁波。

電磁波是由電荷在天線上持續來回的運動產生電流，再由電流激發出電磁波的輻射，就像水波的產生是從持續不斷的水滴而來。在遠離“發射”天線的地方，可以用“接收”天線把電磁波接收下來。

行動通訊基地臺的架設

行動通訊基地臺的強度，通常用「有效輻射功率」(Effective Radiated Power, ERP)描述，單位是瓦特(W)，或是用發射機功率(Transmitter Power)和天線增益(Antenna Gain)來表示。

發射機功率是基地臺的總功率，有效輻射功率則是基地臺天線主射束的功率。天線在發射無線電波時基本上是有方向性的，也就是有些方向的輻射比較強而其他方向比較弱。如果天線是「全向性」的(Omni-directional)，而且效率是 100%，那麼該天線的有效輻射功率和發射機功率就是一樣的。但是行動通訊基地臺的天線絕大多數不是全向性的，是屬於中等(低功率天線)到高等(高功率天線)方向性的。

天線增益是用來表示天線方向性的數據，單位是分貝(Decibels, dB)。一個具有高增益的天線而且功率為 20~50 W 的基地臺，可以在任何地方產生幾百到超過一千瓦的有效輻射功率。

增益和有效輻射功率的概念或許可以用電燈泡來解釋。比較一個一般的 100W 電燈泡和一個 100W 的聚光燈泡，它們有相同的總功率，但是聚光燈的主燈束內照射範圍內非常的亮，而外面則非常的暗。行動電話基地臺的天線（尤其是高功率的天線）就像是聚光燈，而有效輻射功率就如同聚光燈主光束範圍內發射出的功率。

游離輻射及非游離輻射是什麼？

電磁輻射就是能量以波或粒子的方式在空間中散佈。有一些電磁的現象，如果將能量以波的方式思考比較容易解釋，而有些現象如果把能量考慮成粒子的流動就比較容易理解，這就是電磁能量的「波—粒子」的雙重特性。此處所謂的粒子就是物理上的「光子」，電磁能量最基本的單元就是一個光子所包含的能量，和波的頻率（或是波長）成正比，電磁波的頻率越高（波長越短），光子所包含的能量就越高。光子的能量是用「電子伏特」或是 eV 做為計算單位。

X 射線與伽瑪射線（頻率非常高）的光子含有相當大的能量，而在電磁頻譜另一端的低頻電磁波的光子能量就非常的小，兩極之間紫外線、可見光、紅外線，及無線電波（包括微波）等電磁波光子的能量則是在兩者之間。舉例來說，高能量 X 射線光子的能量是 1GHz 微波光子的幾十億倍。不同頻段電磁波的光子能量在圖一中有標示。

「游離化」是電子從原子或分子中剝離的一種過程，這種過程會導致分子產生變化以致於引發生物組織的傷害，包括對 DNA 的影響。游離化會因為和高能量的光子發生交互作用而產生，例如物體吸收 X 射線或伽瑪射線的光子後會游離化，導致生物組織的變化，所以 X 射線及伽瑪射線都是「游離化輻射」的一種。要引發游離化效應的光子的能量最少需要有 10eV 以上。游離化輻射也會在核能的製造過程中產生，不過在核能應用上一般都只是將「游離化輻射」稱做為「輻射」。

無線電波段的電磁波的光子能量並沒有大到足以對原子或分子游離化，所以無線電波是屬於「非游離化輻射」的一種，包括可見光、紅外線及其他許多低頻率的電磁輻射也都是非游離化的。在討論電磁輻射的生物效應時必須清楚了解“游離化”與“非游離化”的區別，因為兩者和人體交互作用的機制非常的不一樣。

無線電波的場怎麼測量？

由於無線電波的電磁能量同時有電及磁的成分（電場及磁場），它們強度的表示單位也各有不同，電場是用“伏（特）每公尺”（V/m）做為場強的計算單位，磁場則是用“安培每公尺”（A/m）做為場強的計算單位。另外有一個在描述無線電頻段的電磁場會經常使用到的量是「功率密度」，計算單位是“瓦（特）每平方公尺”（W/m²）。

當測量點在遠離無線電波的發射源時，也就是所謂的輻射源的「遠場」區時，功率密度這個量可以很準確的代表電磁波的強度。在遠場區，電場和磁場有一個固定的關係，只需要量測其中之一就可以知道另一個場強及功率密度的大小。在接近天線的區域，或所謂的「近場」區，則電場和磁場之間就是一種複雜的關係，此時就必須同時測量電場及磁場的強度才能完全了解無線電波的特性。

當頻率差不多在 300MHz 以上，且和發射天線的距離不是太近時，通常只要量測電場強度就足以描述整個無線電波的特性，行動通訊系統的使用就符合這樣的條件。

無線電波會引起哪些生物效應？

「生物效應」是指當一個生物系統受到某種外來的刺激，因而產生可以測量得出的變化。然而有一點必須要了解的是，生物效應本身或伴隨而來的其他改變並不必然就代表對生物的危害。生物效應只有當會對個人或其後代“引發可偵測的健康損害”時，才是一種安全上的危害。

生物組織受到無線電波的照射後產生加熱的現象，這是一種生物效應稱做為「熱效應」，因為無線電波頻段的電磁能量具有可以快速的加熱生物組織的功用，這種功用也就是微波爐烹煮食物的原理。高強度的無線電波輻射是有害的，這是早已為人所熟知的。當人體暴露於功率密度很高的

無線電波的環境中時，例如每平方公分一百毫瓦(100 mW/cm²)，很明顯的會有生物組織加熱的現象並導致體溫的升高，人體如果沒有辦法適應或消散這些曝露於高強度無線電波下所產生的熱度，就有可能產生組織的損害。某些情況下，受到功率密度在每平方公分一到十毫瓦(1~10 mW/cm²)或以上的無線電波的照射，就會產生可以測量得到的生物組織加熱（不一定是組織的損害），加熱的程度則和以下幾項因素有關，包括輻射的頻率，受輻射物體的大小、形狀及方位、照射期的長短、周圍環境的狀況以及消散熱度的效率等。

除了強度以外，無線電波的頻率也會密切的影響到有多少能量被吸收，也就是會密切的影響對生物組織的潛在傷害。

人體有兩個部位特別容易受到無線電波加熱作用的影響，那就是眼睛及睪丸，這是因為這兩個部位附近相對而言缺乏可以消散過多熱度的血流管道，而血液循環正是人體適應過多熱度的主要機制。實驗證明，在短時間之內（例如 30 分鐘至 1 小時）受到非常高強度（每平方公分 100 到 200 毫瓦，100~200 mW/cm²）的無線電波的照射會導致兔子產生白內障；人類睪丸受到高強度無線電波（或其他足以產生等量溫度提昇的能量）的影響，可能會造成像精子數減少或精子活動力減低等暫時性的不孕症狀。

無線電波究竟會不會影響人體健康？

研究證實，一般大眾從環境中持續性的遭受到的無線電波能量，包括從行動通訊系統而來的電磁波，是遠低於會產生加熱效應而導致體溫升高的程度。雖然在某些情況下，尤其是非常接近高功率的無線電波發射源之工作環境，是有可能超過無線電波的安全曝露量的建議值，但僅只是非常少數職業上的工作需求才有可能處於這樣的環境。對這些情況而言，仍有比較嚴格的規範保障無線電波的安全使用。

在無線電波的照射量非常低的狀況下，也就是場強比會產生明顯可以量測得到加熱效應的程度還低時，許多宣稱會產生有害的生物效應的證據

其實都是模稜兩可且未經證實的，這類的效應有時候被稱為「非熱效應」。好幾年前開始有一些科學文獻報導範圍廣泛的各種低強度的生物效應，但是當中有許多卻無法以實驗的方法再次驗證。此外針對此類的效應，即使是長期的受到無線電波的照射，是否就會造成人體健康上的危害目前仍然沒有定論。

一些有關於癌症與無線電波（包括微波）曝露量的可能關聯性的研究，目前為止的結果仍然是不具有決定性，雖然有些實驗數據暗示在某些特定的狀況下，動物組織腫瘤的形成與曝露之間可能有關聯性，但這些結果目前還無法被獨立的複製，事實上也有部份研究並無法找出和癌症或相關症狀有因果關聯的證據。很多實驗室仍然持續的在做更深入的研究以確定這個問題。

比吸收率

生物組織對電磁能量的吸收在科學上是用「比吸收率」(Specific Absorption Rate, SAR)這項數據來衡量，以“瓦每公斤”(W/kg)或是“毫瓦每公斤”(mW/kg)做計算單位，無線電波的安全標準在制定時已將比吸收率和頻率的關聯性考慮進去。手機安全標準的標示主要就是比吸收率的大小。

有關無線電波的生物效應目前有哪些研究正在進行中？

全世界各地的政府機構、學術單位及工業界的實驗室，進行無線電波可能導致的生物效應已經有很多年的時間，而且仍在持續當中，以往的研究成果已經成為這個主題的大量科學文獻。

多年來美國政府持續的贊助無線電波可能導致的生物效應之研究，美國國防部花了相當多的經費，主要是因為雷達及通訊系統都是使用無線電波；美國環保署(EPA)及食品藥物管理局(FDA)以往也曾贊助這方面的研

究，不過目前美國政府針對民用的無線電波可能導致的生物效應之研究並沒有太多的經費支出，這部份主要是由產業界在資助。一般而言，目前在歐洲有比較多的研究在進行。

世界衛生組織(WHO)在 1996 年發起一項計畫 (EMF 計畫)，主要的目的是重新整理電磁波的生物效應的相關科學文獻，確認有關這些效應之知識上的差距，建議研究方向，然後協力合作，找出由於無線電科技的使用所導致健康上的疑慮的國際共通之解決方法

曝露的標準怎麼制定的？

過去幾十年來很多國家及組織都有制定出曝露的標準值及準則，在北美及大部分的歐洲國家曝露標準值及準則是以對人體是否有害的曝露程度做設定，然後加進安全因素的考慮而達成曝露量的幾種極限值，以提供各種不同領域的人口充份的保護。

全世界各地的標準及準則所建議的曝露量極限，並不是到處都一樣的，例如俄羅斯及一些東歐國家的極限值普遍的就比北美及歐洲其他各國現存的或提議中的極限值較嚴格。差別的存在可能是由於以俄羅斯為代表的標準，制定的原則是曝露的程度不可以產生任何的生物效應。這樣的觀念其實是和大多數其他標準制定的組織所採用的程序不太相符的；一般標準的制定都是先確認危害可能會發生的程度，然後再加上適當的安全容許量以確保充份的保護。

曝露的極限值

大部分無線電波的安全極限都是以電場強度、磁場強度以及功率密度做定義，對低頻率的波而言，以電場及磁場的強度來表示極限值是比較有意義的，在此處如果有提到功率密度實際上是一種“遠場等效”值，主要是做為比較參考用，還有另一個原因是有些測量儀器是用遠場功率密度的

值做校正。對高頻率的波以及實際上在一個輻射源的遠場區的狀況而言，通常就必須要知道功率密度的大小。在無線電發射器的遠場範圍內，功率密度與場強之間有標準的數學公式互相關聯。

1996 年美國聯邦通訊委員會(FCC)採用國際電機電子工程師學會(IEEE)及美國國家標準局(ANSI)所制定的曝露極限值，針對操作頻率從 300KHz 到 100GHz 的無線電發射器，以電場強度、磁場強度及功率密度表示，列在表 5.1。(FCC 的限制規範係部分結合 IEEE C95.1 及 NCRP 的規定而訂定，故與本報告中表 2.6 不盡相同。)

頻率範圍 f (MHz)	電場強度 E (V/m)	磁場強度 H (A/m)	功率密度 S (mW/cm ²)	平均時間 (分)
0.3 ~ 1.34	614	1.63	100	30
1.34 ~ 30	824 / f	2.19 / f	180 / f ²	30
30 ~ 300	27.5	0.073	0.2	30
300 ~ 1500	--	--	f / 1500	30
1500 ~ 100,000	--	--	1.0	30

表 5.1: 適用於一般大眾之無線電波的最大可容許曝露極限值

FCC 同時也針對可攜式發射設備，例如手持行動電話的局部吸收，採用 IEEE 及 ANSI 所制定的 SAR 極限值，針對一般大眾，人體局部的 SAR 值必須小於 1.6 W/kg，全部的 SAR 值必須小於 0.08 W/kg。

曝露量的時間平均值

曝露量的條件及大部分的其他標準值都是限定“平均的”最大可容許

曝露值(Maximum Permissible Exposure, MPE)，也就是說短時間的超過極限值是容許的，只要在一段指定的時間內的平均值不要超過就可以了。例如表一中針對一般大眾的曝露，100MHz 頻率的功率密度極限值是每 30 分鐘（任何 30 分鐘的時間區間）內，每平方公分是〇點二毫瓦(0.2 mW/cm^2)。

有一點很重要必須要記得的是，只有當功率密度或是場強可能會暫時的超過絕對的極限值時，才有必要考慮曝露量的時間平均值。這通常只有在曝露量是可以被監控的工作環境中才會發生。對一般的大眾或是無控制的曝露環境，例如住宅區，通常很難得到充份的資訊或控制到底一個人遭受曝露的時間有多久，將曝露量在一段指定的時間內（30 分鐘）做平均一般而言並不是很恰當。對這類公眾遭受曝露的狀況來說，最大可容許曝露值是指連續性的曝露，換句話說，只要絕對的極限值不要超過，任何長時期的曝露都是可以容許的。

5.2 問答篇

行動通訊系統對人體健康有沒有影響？

行動通訊系統的運作主要就是無線電波的發射與接收，所以根本的問題其實是「無線電波對人體的健康到底有沒有影響」？

有一些誤解的存在，使得一般大眾相當關心行動電話使用的安全，雖然沒有卻確的證據指出使用行動電話會危害健康。科學界一致認為，來自於行動通訊基地臺的無線電波很弱，只要不是在基地臺天線的正前方，實在是遠低於危害健康的程度。同樣的，來自於行動電話的無線電波的強度也是很小，基本上對人體健康也是沒有影響的。

行動電話基地臺天線有安全標準嗎？

有的。針對一般大眾暴露於行動電話基地臺天線所產生的無線電波，目前有國家以及許多國際的安全標準。國內電信總局所採用的標準是依據美國聯邦通訊委員會所採用的標準，實際上是由國際電機電子工程師學會(IEEE)及美國國家標準局(ANSI)所制定的，也是最廣泛被採用的標準。

基地臺天線的安全標準是用所產生的無線電波的“功率密度”表示，測量單位為 mW/cm^2 ，1992 年 ANSI/IEEE 制定的公共區域的曝露安全極限值，在 800 MHz ~ 1000 MHz 頻段為 $0.6 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ，在 1700 MHz ~ 1900 MHz 頻段為 $1.2 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 。

行動電話手機有安全標準嗎？

有的。針對一般大眾暴露於行動電話手機所產生的無線電波，目前也有國家以及許多國際的安全標準。國內電信總局所採用的標準是依據美國聯邦通訊委員會所採用的標準，實際上是由國際電機電子工程師學會(IEEE)及美國國家標準局(ANSI)所制定的。

手機的安全標準是用無線電波所造成的“比吸收率”(SAR)表示，因為手機發射出的無線電波會被人體局部的區域所吸收，測量單位為 W/kg，1992 年 ANSI/IEEE 制定的安全極限值是，在一公克的生物組織內 SAR 必須小於 1.6 W/kg。

這些無線電波的安全標準有科學基礎嗎？

有的。所有的安全標準都是依據有關於無線電波之生物效應的長期研究結果而制定的，由於對安全不同的考量基礎，不同機構及國家會可能採用不同的安全標準，一般最廣泛被採用的是 FCC 所公佈使用的安全標準。

行動電話基地臺天線符合安全標準嗎？

經過適當的設計，行動電話基地臺天線都可以在各方面符合所有的安全標準。

行動電話基地臺的天線，架設離地 10 公尺高且操作在最大發射強度時，在天線位置附近的地面，功率密度最大可以允許到 0.01 mW/cm^2 。但是一般基地臺在地面的功率密度大部分都在 0.00001 到 0.0005 mW/cm^2 的範圍間，遠低於安全標準，而且安全標準事實上是設定在遠小於可能產生危險的功率密度範圍內。

行動電話基地臺所發射的無線電波功率非常低，因此對於其周圍的照射量也非常低。科學界一致認為，來自行動電話基地臺天線的無線電波強度很低，只要人們不要站在距離天線幾公尺的範圍內，實在是遠低於危害健康的程度，而在建築物內的功率密度還要比建築物外面少 3 到 20 倍。

行動通訊系統對兒童有無影響？

行動通訊系統的安全標準是依據具有科學基礎的規範所制定的，這些規範是由許多國際性的組織（包括世界衛生組織）所認可與支持的，

在制定時已經把包括兒童在內的不同年齡層的使用者考慮進去，增加額外的安全容許量以確保安全的使用。

住在架設有行動電話基地臺的建築物的頂樓安全嗎？

一般而言，應該不會有問題。行動電話基地臺天線所發射的無線電波，其強度會隨著距離而很快的降低，而且建築物屋頂會吸收大量的電磁能量；一般屋頂的建材會降低電波強度 5 到 10 倍（如果使用強化材質或是金屬屋頂還會降低更多）。

即使用最保守的計算來預測，天線下方屋頂處的功率密度也符合目前的安全標準極限值。在公寓頂樓以及通道的實際量測值，證實無線電波的功率密度遠低於目前所有的安全標準。

如何確知行動電話基地臺有沒有符合輻射標準？

可以用測量或計算的方式，確認行動電話基地臺天線所發射的無線電波有否符合安全標準。

如果已經知道基地臺天線的有效輻射功率(Effective Radiated Power, ERP)、天線增益(Antenna Gain)和天線的高度，則地面上“最壞情況”的無線電波功率密度就可以透過數學公式計算出來。

要用測量的方式得知行動電話基有否符合安全標準，需要精密且昂貴的儀器以及充分的科技知識。如果只是要決定某個基地臺是否符合標準，相對而言是比較容易的，但是如果測量出從行動電話基地臺的天線實際發射出的功率密度大小就很困難，因為在任何地點的無線電波輻射是來自許多不同的發射源，不只是基地臺的天線而已。

行動通訊系統是否會影響醫療儀器（如心律調整器嗎）？

不會。當環境中的無線電波曝露量都保持在標準極限值以下時，並沒有任何證據顯示基地臺天線會干擾心律調整器或是其他植入式的醫療設

備，其原因是當其基地臺的輻射量皆低於 MPE 標準值以下，其耦合進入醫療儀器的能量已非常的小，對有通過電磁相容(EMC)檢測(如 FCC 及 CE)的醫療電子設備而言，絕不會有產生功能失誤的可能。

以往曾有報導指出，如果直接將行動電話手機天線放在心律調整器上，可能會干擾心律調整器，但是這個問題只會出現在某些特定行動電話以及特定心律調整器的組合上，而且是直接將行動電話手機天線放在心律調整器上時才會發生，因手機天線極度靠近心律調整器，其電磁輻射近場效應，有較大的能量耦合進入調整器，而使其誤動作。

無線電波會造成生物效應嗎？

如果曝露的強度足夠的話，無線電波會造成生物效應。可能造成的傷害包括白內障，皮膚淺層燒傷，深層皮膚燒傷，熱衰竭以及熱休克。大部分曝露於高功率無線電波輻射源所造成的生物效應，目前所知都是由於熱效應。這種熱效應的範圍從行為改變到對眼睛的傷害（白內障）。除非在基地臺天線幾公尺範圍之內有可能，由行動電話基地臺天線及手機所產生無線電波的功率都太低而不至於產生熱效應。

有少部份零散的報告中指出某些並非源自於熱效應的生物效應，統稱為「非熱效應」，這些非熱效應都還未被獨立的重複驗證，也沒有與人類健康有任何明顯的關連性。

行動通訊系統會引起人類的生理或行為變化嗎？

目前是有一些這類效應的報告，但是都還未能被重複的實行驗證。有一些研究認為行動電話手機所發出的輻射可能會引起微小的生理或行為改變；然而這些研究並沒有提供行動電話基地臺可能會對健康造成危害的充分證據：

- 報告中的“效應”並沒有隱含危險存在的意味

- 所有這些研究所使用的無線電波強度都遠超過行動電話基地臺的強度
- 這些報告大都沒有被其他研究人員獨立的重複驗證

有任何可重複的證據指出無線電波會致癌？

沒有。就算曝露量很大，目前也沒有確切的證據指出無線電波會引起癌症的發生或促進癌症的發展。雖然在這個領域中的研究很多，但對於行動電話基地臺天線所發射出無線電波的公眾曝露，其無線電波功率在實驗室或是流行病學上並沒有證據顯示會引起癌症。

目前有兩個實驗室發表報告，提出無線電波的曝露對動物可能致癌或是引發與癌症相關的傷害，但兩個研究中所使用的無線電波強度都遠大於一般基地臺天線附近，一般大眾可接近的範圍內的輻射強度，而且這兩個研究都還沒有人再重複驗證。

流行病學研究顯示，無線電波與各種癌症或是特定種類癌症之間並沒有一致的關連性。

行動通訊系統會影響電器產品的使用？

基本上是不會的。所有的電器產品在公開販售以前都必須通過所謂的「電磁相容」檢測，也就是電器本身在運作時一定不能影響到周圍其他電器產品的使用，同時也必需能抵抗外來干擾的影響而正常運作。符合這兩項條件的電器產品才能夠公開的販賣。

如果的確發現電器有受干擾的現象，可能的原因是電器是比較舊的型號，是在電磁相容檢測規範實施前出廠的，因為國內電磁相容檢測規範是在大約三年前開始實施的。另一方面，干擾源是否的確來自行動通訊系統仍然有待詳細確認。

即使是有電器有受干擾的狀況，使用者並不需要擔心健康會受影響，因為電器產品和人體接受無線電波的機制是完全不同的。

國際間所公佈的人體可曝露於電磁輻射環境的安全標準是如何制定的？

國際間所制訂人體可曝露於電磁輻射環境的安全標準是以科學性實驗將動物長期或短期曝露於電磁輻射中，改變其電磁強度，紀錄動物產生作息改變的強度，以此強度加以 10 倍的安全因子（即原強度之 1/10）成為工作場所的安全標準；加以 50 倍的安全因子（即原強度之 1/50）成為一般環境允許曝露的安全標準。

國際間或國內是否對行動電話（手機）的電磁輻射大小有其安全規範？

目前國際間對手機所產生之電磁輻射是以 SAR（比吸收率）為其安全依據。國內是採用美國 FCC 的安全標準，即為 SAR 需小於 1.6W/Kg，小於此安全值的手機為安全的手機。

市面上所販售之防磁貼片，真可消除輻射嗎？

市面上的防磁貼片或類似貼黏物，皆宣稱其有降低手機電磁輻射之效，但依據 SAR 標準規範，將貼黏此類貼片之手機測其 SAR 值，我們發現其對降低手機之 SAR 值並無實際效果。

使用免持聽筒是否可降低人體使用行動電話時的電磁輻射曝露強度？

是的。使用免持聽筒可使手機遠離頭部，自然可以大大降低手機的電磁輻射被人體頭部吸收，但如使用免持聽筒同時，亦將手機置於身上（如繫於腰間），則電磁輻射會部分被腰部組織所吸收，但只要手機其 SAR 符合標準，即表示其安全性。

不同的免持聽筒是否對手機的 SAR 值有不同的影響？

是的。不同廠商所製作的免持聽筒會使手機的 SAR 值表現略為不同（並非很大），但仍建議以原廠的免持聽筒為較佳選擇。

使用行動電話是否有其安全使用時間？

一般人皆會擔心長期使用行動電話，或每日過長的通話時間，使腦部受電磁輻射暴露而產生病變。根據美國研究顯示，持續使用行動電話至少三年以上的消費者，其整體死亡率與不使用行動電話的人幾乎沒有統計上的差異。

因此，只要能使用符合 SAR 安全標準的手機，其使用時間長短應不致對人體產生健康的影響。

開車時應如何正確使用行動電話？

在國際間之實驗性及流行病學研究皆指出，駕駛中使用手持式及非手持式行動電話對道路安全有某種程度的負面影響，故行車中以集中注意力駕車較為安全。

第六章 「行動電話及基地台電磁波對人體健康之影響程度
評估及其防範措施宣導說明會」之北、中、南區議
程表及出席照片

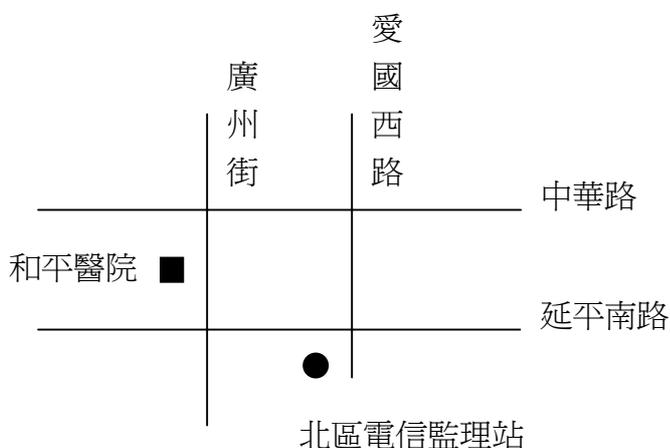
一、北區

➤ 議程表

時間	講題	主講人	備註
90年11月6日星期二	第一場 1:30~2:20 認識行動電話及其電磁輻射對人體健康影響	鄭博仁 教授(醫師)	私立長庚大學暨林口長庚醫院
	第二場 2:30~3:20 認識基地台及其電磁輻射對人體健康影響	郭志文 教授	國立中山大學電機系
	第三場 3:30~4:20 行動電話與基地台之電磁輻射常見問題與回答	吳宗霖 教授	國立中山大學電機系

- 地點：交通部電信總局北區電信監理站一樓大禮堂
地址：台北市延平南路143號

地理位置圖：



➤ 照片



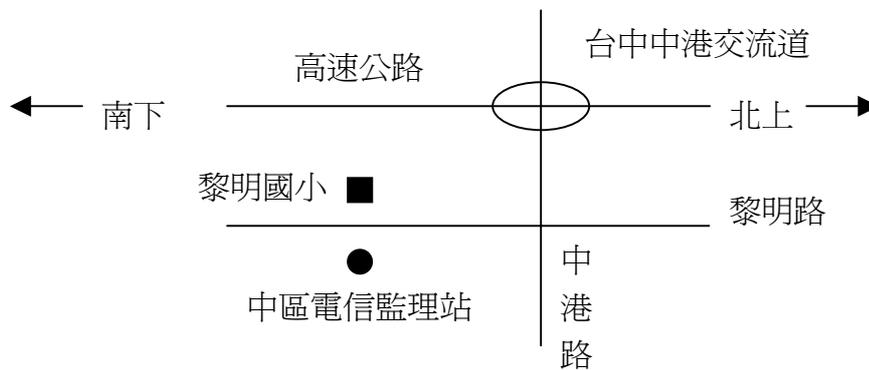
二、中區

➤ 議程表

時間		講題	主講人	備註	
90 年 11 月 14 日 星 期 三	第一場	1:30~2:20	認識行動電話及其電磁輻射對人體健康影響	鄭博仁 教授(醫師)	長庚大學醫學系 暨林口長庚醫院
	第二場	2:30~3:20	認識基地台及其電磁輻射對人體健康影響	郭志文 教授	中山大學電機系
	第三場	3:30~4:20	行動電話與基地台之電磁輻射常見問題與回答	吳宗霖 教授	中山大學電機系

- 地點：交通部電信總局中區電信監理站一樓宣導會場
地址：台中市黎明路二段 660 號

地理位置圖：



➤ 照片



三、南區

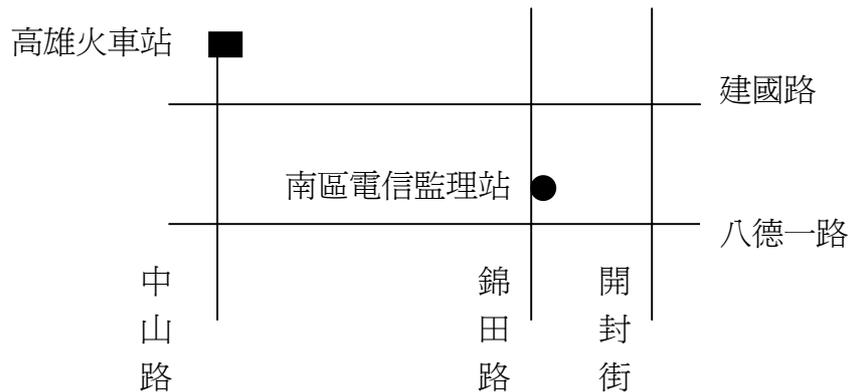
➤ 議程表

時間	講題	主講人	備註	
90年11月22日星期四	第一場 1:30~2:20	認識行動電話及其電磁輻射對人體健康影響	鄭博仁 教授(醫師)	長庚大學醫學系暨林口長庚醫院
	第二場 2:30~3:20	認識基地台及其電磁輻射對人體健康影響	郭志文 教授	中山大學電機系
	第三場 3:30~4:20	行動電話與基地台之電磁輻射常見問題與回答	吳宗霖 教授	中山大學電機系

➤ 地點：交通部電信總局南區電信監理站四樓會議室

地址：高雄市錦田路 142 號 C 棟

地理位置圖：



➤ 照片



参考文献

- [1] IEEE C95.1-1991, "Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz", The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., New York, 1991.
- [2] IEEE C95.1-1999, "Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz", The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., New York, 1999.
- [3] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Health Physics, vol. 74, pp 494-522, April 1998.
- [4] M.H. Repocholi, " Low level exposure to radiofrequency fields : health effects and research needs", Bioelectromagnetics, 1998
- [5] "Radiofrequency electromagnetic fields; properties, quantities and units, biophysical interaction, and measurements," National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, NCRP Rep. 67, 1981.
- [6] MPT, "Radio-radiation protection guidelines for exposure to electromagnetic fields", Telecommunication Technology Council, Ministry of Posts and Telecommunications, Japan, April 1997.

- [7] CENELEC ENV 50166-2, “Human exposure to electromagnetic fields: High-frequency (10 kHz-300 GHz)”, European Prestandard, European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), January 1995.
- [8] CENELEC ES59005,”Considerations for evaluation of human exposure to Electromagnetic fields (EMFs) from Mobile Telecommunication Equipment (MTE) in the frequency range 30 MHz-6 GHz”, European Specification, European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), October 1998.
- [9] ARIB STD-T56,”Specific Absorption Rate (SAR) estimation for cellular phone”, ARIB Standard Version 1.0, Association of Radio Industries and Business (ARIB), January 27, 1998.
- [10] FCC OET Bulletin 65, Supplement C, “Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields”, Edition 97-01, Federal Communications Commissions (FCC), 1997.
- [11] AS/NZS 2772.1(Int): 1998, Interim Australian/New Zealand Standard, “Radiofrequency fields, Part 1: Maximum exposure levels – 3 kHz to 300 GHz”, Standards Australia/Standards New Zealand, 1998.
- [12] FCC Report and Order, ET Docket 93-62, FCC 96-326, federal Communications Commission (FCC), August 1996.
- [13] IEEE C95.3 – 1991, “IEEE Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields—RF and Microwave ”, The Institute of Electrical and

Electronics Engineers Inc., New York, 1991.

- [14] IEEE std 1528 –200x, “Recommended Practice for Determining the Spatial – Peak Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Body Due to Wireless Communication Devices : Experimental Techniques”, IEEE SCC – 34, 2000.
- [15] A.W. Guy, P.O. Kramar, C.A. Harris, and C.K. Chou, “ Long-term 2450 MHz CW microwave irradiation of rabbits : methodology and evaluation of ocular and physiologic effects, “*J. Microw. Power*, vol. 15, pp 37-44, 1980.
- [16] Y. Kamimura, K.I. Saito, T. Saiga, and Y. Amenmiya, “Effect of 2.45 GHz microwave irradiation on monkey eyes,“ *IEICE Trans. Commun.*, E77-B, pp. 762-764, 1994.
- [17] J.O. de Lorge and C.S. Ezell, ”Observing responses of rats exposed to 1.28 GHz AND 5.4 GHz microwaves,“ *Bioelectromagnetics*, 1, pp. 183-198, 1980.