

# NCC

NATIONAL COMMUNICATIONS COMMISSION

# NEWS

第16卷 第3期 · 中華民國111年9月出刊

## | 頭條故事 |

解析電磁波的安全顧慮

## | 專欄話題 |

電磁波安全議題之探究

## | 通傳展望 |

5G NR毫米波及整合式接收與  
回傳 (IAB) 技術

## | 會務側寫 |

5G基地臺演進與審驗方式簡介  
基地臺電磁波宣導與溝通

09

2022 · SEP

# 09

中華民國111年9月出刊  
第16卷·第3期  
2022·SEP

出版機關	國家通訊傳播委員會
發行人	陳耀祥
編輯委員	翁柏宗、林麗雲、王維菁、 王正嘉、王怡惠、陳崇樹
編輯顧問	鄭泉評
總編輯	王德威
副總編輯	吳娟
執行編輯	王怡方、張淑婷、林淑娟
電話	0800-177-177
地址	10052 臺北市仁愛路一段50號
網址	<a href="http://www.ncc.gov.tw">www.ncc.gov.tw</a>
G P N	4810700685
I S S N	1994-9766
本刊沿革	96.4.28 創刊 101.1.1 同時發行電子書 107.1.1 停止發行紙本 108.1.1 以電子書與網頁發行並改為雙月刊 110.1.1 改為季刊 網頁版： <a href="http://nccnews.com.tw">nccnews.com.tw</a>
美術編輯	奧得設計顧問股份有限公司



歡迎線上閱讀  
並下載本刊



歡迎瀏覽網頁版





# 目錄 CONTENTS

02 本會新任委員到任紀實

03

---

#### 頭條故事

---

科學驗證 以理解代替誤解  
解析電磁波的安全顧慮

09

---

#### 專欄話題

---

實測研究 破解危害迷思  
電磁波安全議題之探究

13

---

#### 通傳展望

---

深度涵蓋建設 打造數位願景  
5G NR毫米波及整合式接取與回傳  
(IAB) 技術

24

---

#### 會務側寫

---

高速應用 嶄新生活體驗  
5G基地臺演進與審驗方式簡介

28

提升通訊品質 生活更便利  
基地臺電磁波宣導與溝通

31

委員會重要決議

# 本會新任委員到任紀實

本會原任委員鄧惟中、孫雅麗及蕭祈宏3人之任期均至本(111)年7月31日屆滿，依本會組織法第4條第3項規定，由行政院院長在相關領域遴選適當人選，於本年4月28日提名王正嘉、王怡惠及陳崇樹3位為新任委員，經立法院於本年5月24日完成人事同意權行使後任命，已於8月1日履新上任，任期至115年7月31日止。

以上3位新任委員具豐富之專業學識或實務經驗，學養俱優，為本會帶來新氣象，未來委員會將持續與全體同仁共同展現專業素質與前瞻視野，持續強化與各部會之聯繫及合作，優化數位發展趨勢下產業發展之環境。

## 新任委員簡介

### | 王委員正嘉 |

王委員係國立臺灣大學法律學研究所法學博士，專精刑事法、新科技與刑法、網際網路言論與刑法、犯罪新聞報導與刑事法等領域，曾任律師、高雄市私立道明高級中學董事會秘書、輔仁大學天主教學術研究院約聘博士後研究員、國立中正大學法律學系助理教授、副教授及教授。曾多次獲得科技部委託研究案主持人獎勵，並曾獲101年理律文教基金會超國界法論文獎，於國立中正大學任教期間亦獲得教務處優質教學感謝狀及彈性薪資獎勵。王委員任期自111年8月1日至115年7月31日止共計4年。



### | 王委員怡惠 |

王委員係英國卡帝夫大學管理博士，專精產業經濟、電信政策、競爭政策等領域，曾任花旗銀行副理、德意志銀行助理副總裁、花旗銀行助理副總裁、全球策略管理顧問股份有限公司投資經理及財團法人台灣經濟研究院副研究員。於財團法人台灣經濟研究院任職期間研究成果良好，曾獲台灣經濟研究月刊107年度第33屆金筆獎副研究員組第1名。王委員任期自111年8月1日至115年7月31日止共計4年。



### | 陳委員崇樹 |

陳委員係國立臺灣大學電機工程學研究所碩士，專精通信傳播技術、頻譜管理、通訊傳播監理等領域，曾任本會射頻與資源管理處、基礎設施與資通安全處處長及主任秘書。曾獲86年全國公務人員專書閱讀心得寫作活動第四獎、91年交通部模範公務人員及108年行政院模範公務人員。108年至109年間率領同仁研採特製化帶通濾波器(BPF)規格及安裝施作工法，加量釋出臺灣5G釋照所需3.5GHz頻段頻譜60MHz頻寬，等同為國庫增加新臺幣312億元收入，109年國家關鍵基礎設施指定及訪評演習榮獲最佳主推官。陳委員任期自111年8月1日至115年7月31日止共計4年。





# 科學驗證 以理解代替誤解 解析電磁波的安全顧慮

文 | 林基興

## 一、前言

「電磁場」(Electromagnetic field, EMF)由電場與磁場組成，「場」指力的作用範圍。國人習慣稱電磁場為「電磁波」，因以波的形式向外傳播。電磁波的頻率是連續的，涵蓋非游離輻射與游離輻射，組成電磁頻譜(如圖1)，電磁波的應用造福民生甚多，若不了解相關知識而抗爭這些設施，將對人類文明造成傷害。

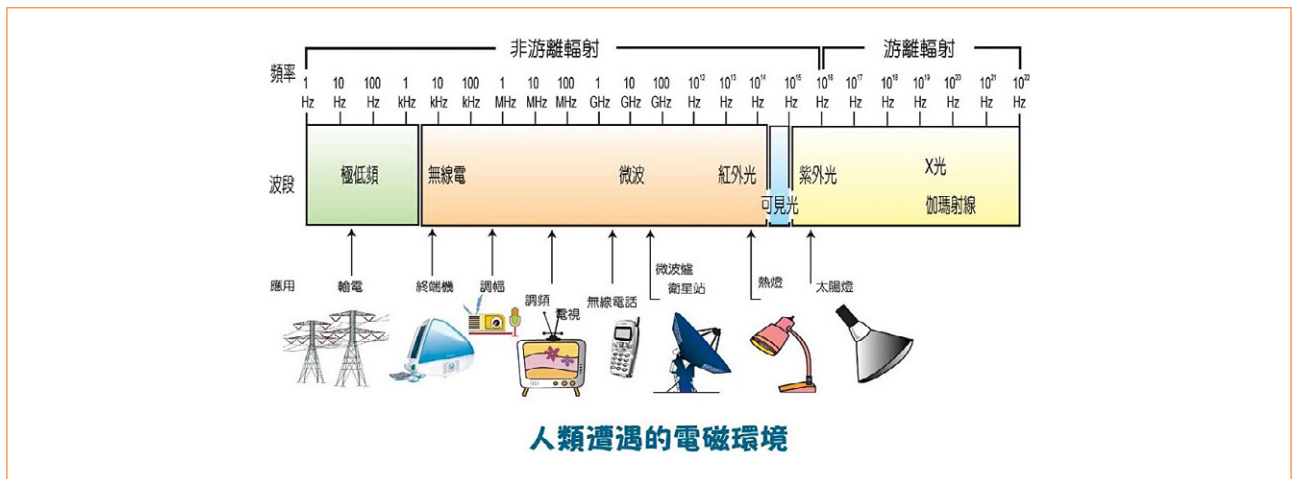
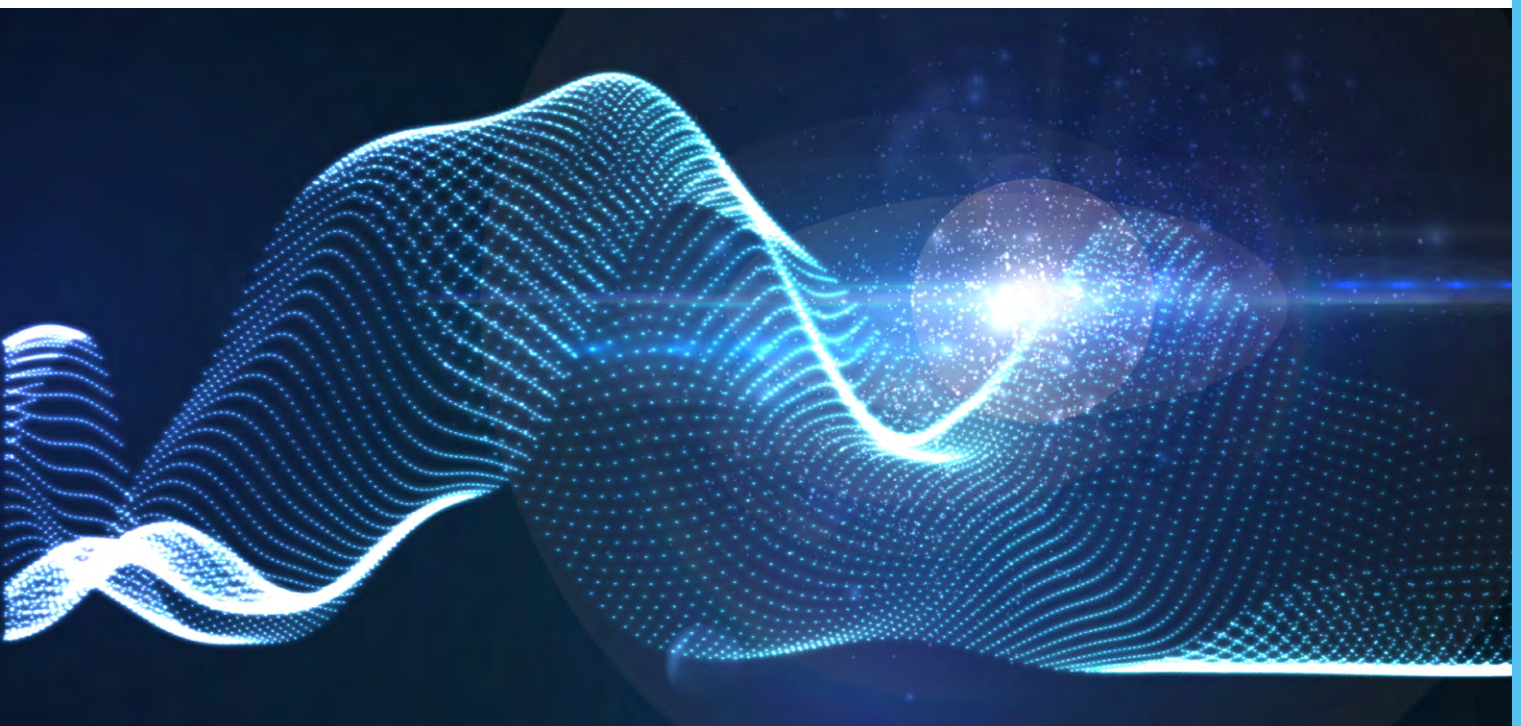


圖1 電磁頻譜

資料來源：本文作者



在較低頻的部分，諸如電力與無線電的電磁波，能量低於打斷化學鍵所需的臨界值，稱為「非游離輻射」。在較高頻的部分，諸如X光，具備足夠能量可以打斷化學鍵而放出電子，稱為「游離輻射」。因此，電磁波的健康效應和頻率有關，頻率越高則能量越大，非游離輻射與游離輻射的分界在紫外光頻率。

在非游離輻射部分，電磁波無影無蹤而讓人遐思，包括致病。電磁波的生物效應研究已經70年了，從上世紀50年代開始研究軍用雷達電磁波、60年代廣播與電視臺電磁波、70年代微波、80年代高壓電電磁波及90年代無線電電磁波，國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）和電機電子工程師學會（IEEE）則是科學界的箇中翹楚。世界衛生組織從1999年的第226號文件「雷達與人體健康」，到2014年的第193號文件「手機」<sup>1</sup>等，均顯示「在國際規範下，至今無電磁波有害的證據」。全球主要政府部會與諸如電機電子工程師學會轄下國際電磁安全委員會（ICES）<sup>2</sup>等科技單位，也一再發表類似的聲明。

世紀前取名「非游離輻射」與「游離輻射」，當年科學還在摸索期而籠統命名，並未預料到健康效應與頻率有關而須分開處理。沿用以來，許多人以「輻射」稱呼電力與無線電等非游離電磁波，然而「輻射」應指「游離輻射」，例如，X光或伽瑪（ $\gamma$ ）射線的輻射，因具游離能力而較威脅安全。為避免混淆與誤解，世界衛生組織和電機電子工程師學會在文件中儘量以「電磁曝露」（electromagnetic exposure）取代「輻射」。在我國，一些民眾使用「輻射」稱呼電力與通訊等非游離電磁波，這可能增加溝通的難度。

在應用上，電磁波區分為極低頻的電力（變電所與高壓電纜等）及射頻的通信（手機與基地臺等），還有其他頻率的應用。在健康效應上，極低頻的關注在磁場（會引起感應電流），射頻則在熱量強度（功率密度），民眾常「雞兔同籠」地混淆。其次，因為電磁波的特性，使用的測量儀器也需區分，例如，若測量磁場使用高斯計，測量功率密度則使用頻譜分析儀。一般民眾購買市面的廉價儀器，往往不知其精確度可能有問題，也不了解使用這些儀器前應先校正。

有些民眾擔心手機與基地臺電磁波，會像微波爐一樣煮熟使用者的腦袋，其實，微波爐（耗用多量電以達高功率）使用很高強度（intensity）的電磁波，但通訊電磁波則不然，因能量太低而不可能傷人。

## 二、複雜的安全議題

### （一）健康效應：來自領域整合

電磁波的健康效應是個複雜的跨領域議題，包括整合流行病學、動物實驗、臨床研究、細胞研究等。例

如，電機電子工程師學會制定電磁波安全標準的成員，來自「工程／物理、生物學／生物物理、環衛／風險、醫學、心理學」等多領域。

科學分工越細，越需整合專業知識，以準確地宏觀健康效應；其次，各研究須經驗證；第三，出版界有嚴謹審查的科學期刊，也有來者不拒的付費「掠奪性期刊」（predatory journal），品質反映於期刊的影響係數（impact factor），若以為刊登於期刊的文章即具可信度，其實未必。總之，社會甚或科技界出現爭議之原因，與以上三項因素有關。

在反對陣營，「國際電磁場科學家訴求」（International EMF Scientist Appeal）公布「科學家敦促聯合國環境規劃署保護大自然和人類免受電磁場侵害」一文，文內提到2016年美國國家衛生研究院下屬的美國國家毒理學計畫研究，顯示射頻輻射與癌症之間的明顯關聯為「以前認為射頻輻射不會導致癌症或其他不良健康影響的假設顯然是錯誤的」<sup>3</sup>。但是，國際非游離輻射防護委員會聲明，美國國家毒理學計畫的研究方法與結果均有誤，美國食品藥物管理局也拒絕該項說法<sup>4</sup>。其次，110年3月10日臺北醫學大學護理學研究所石雅文等人，在「實驗與治療醫學」（Experimental and Therapeutic Medicine）期刊刊登之專文「暴露於射頻輻射增加乳癌風險」（Exposure to radiofrequency radiation increases the risk of breast cancer: A systematic review and meta-analysis），亦遭撤銷<sup>5</sup>。

### （二）「可能」的意涵

反對者會說「可能」有害，通常基於猜測，或個人較高的風險意識等因素。不論最後是否有害，他均說對，因他只說「可能」有害，但這已讓許多聽眾擔心了。可能的意義很廣泛，用數學表示，就是機率的分布可從幾無可能（趨近0），到近於一定（趨近1）。用庶民語言說明的例子是，臺北火車站可能有隻狗？有可能。可能有隻獅子？是有可能，但很不可能。可能有隻恐龍？雖說有可能，畢竟從2億3千萬年前到6千6百萬年前，恐龍橫行地球，但今天呢？可說幾無可能，或說可能性低到不足以信。

當前部分社會氛圍是，電磁波危害民眾健康，必須禁用。反對者的論述包括「不要跟我講機率，一旦降臨都是百分之百的災難」，難怪一些人堅決反對，絕不妥協。「機率再小也不能接受」嗎？則他不能在家（跌倒等事故），也不能外出（車禍等事故）。在高速公路上，駕駛一個不小心可能導致嚴重傷亡，例如，應該稍轉彎而沒轉的話，就是大災難，但是高速公路上滿是車與人，我國交通事故每年幾十萬件、死亡幾千人，但有人抗議與禁車嗎？





科學能證明有害，因只要提出一件有害的個案即可；但科學不能證明無害，因無法證明「虛無假設」。則科學家頂多只能每隔一段時間（例如每年）檢視，提出「至今無證據顯示有害」的聲明，而非「某科技絕對無害」，但民眾要的是明確的「有害」或「無害」。其次，「不能證明無害」未必隱含有害。

總之，嚴謹科學的論述無法滿足庶民的需求，此認知差異是當前溝通困難的部分原因。對於電磁波，至今無致一人亡，反對者只會說它們「可能」致命。

### （三）風險認知

毒物學的基礎思維「萬物是否有毒，關鍵在劑量」，以喝水量為例，沒水可斃命，喝適量水助益健康，但灌巨量水入身則「水中毒」（超低鈉）或甚破腸。關於電磁波與輻射劑量，國際有規範，符合即安全（世界衛生組織的安全係數通常是50倍，很保守）。

人生事物均有風險，做有做的風險，不做有不做的風險，或大或小。美國政府（環保署）的規範是，小於 $10^{-6}$ 的風險則可忽略<sup>6</sup>。亦即，在實用上夠安全了，沒必要「吹毛求疵」或「庸人自擾」。就如各處有浮塵或微生物，而無塵室或無菌室係指其數量低於某量，而非絕對無塵或無菌。例如，潔淨區等級1,000級的無塵室，最大落塵量為每1立方英尺內不小於 $0.5\mu\text{m}$ 粒徑之粒子不超過35,200顆，而其落菌培養皿微生物行動水準為3<sup>7</sup>。

國人反對電磁波的理由常為「無法保證『絕對』安全」，但是，每天一開始，早餐絕對安全嗎？廚房設施絕對安全嗎？廣告招牌絕對安全嗎？我們要求安全，但知仍有不確定性，因此，更適當的要求應為「夠安全」。國際標準化組織對「安全」的解釋為「免於無可接受的危害風險」，以「降低相對風險」取代「追求絕對安全」<sup>8</sup>。1977年諾貝爾生醫獎得主雅蘿（Rosalyn Yalow）強調，民眾需要了解「無害、可忽略的風險」觀念<sup>9</sup>。

害怕科技者以為有人宣稱不同意見，就是沒共識或沒定論，因此，「擔心有理」，他們尋求邊緣科學家等的觀點，罔顧世界衛生組織等深具公信力的聲明。美國國家科學院在其1997年報告中提到：「何時可說某物致病的因果關係已經確立了呢？大概不會有全世界每個人都同意的時候。想想看，即使到現在仍有一些懷疑者宣稱，抽菸與肺癌的因果關係還沒得到證明呢<sup>10</sup>。」另外，美歐當前仍有人主張地球是平的<sup>11</sup>，則能說地球是圓的尚未有共識嗎？

### （四）證據權重、福祉風險

自由社會，人人有話。對於同一議題，誰的意見

「更」可信呢？則比較證據。至今，包括國際非游離輻射防護委員會、電機電子工程師學會、美國癌症學會、瑞典輻射防護署等，全球許多深具公信力的組織均聲明，至今無證據顯示通訊電磁波傷人（致癌等）<sup>2</sup>。因此，他們多年來一再聲明，其證據權重甚大，遠比相反論調的證據可信。對於電磁波是否無害，則「贊成方」的世界衛生組織其證據遠重於「反對方」的臺灣某教授。反對者常無力分辨證據的良窳，而引述「科學邊緣」者或更差的說辭。

至今，電磁波的風險頂多只是電刺激（極低頻）與熱效應（射頻），但要在超出日常環境常見值極多倍（千倍萬倍）才有可能<sup>12</sup>。宣稱有「非熱效應」（例如致癌）者只是猜想，雖然一些害怕電磁波者堅持，但研究結果經不起重複驗證，因此，至今並無非熱效應。至於福祉，行動通訊有如現代「順風耳兼千里眼」，包括山難與綁架等救援可說救人無數。著名的例子是，105年2月6日臺南永康大地震，維冠大樓倒塌，層層瓦礫下兩姊妹以手機求救而得以倖存。總之，數位化減少許多物質消耗與污染（網路代替馬路），民生福祉可說不勝枚舉。

### （五）預警原則

反對電磁波設施者認為應採取「預警原則」，例如，國立臺灣大學「2007年無線通訊電磁場暴露健康風險分析與管理國際研討會」中，某教授提議，我國電磁場的規範應是比世界規範更加嚴格10倍。但世界衛生組織聲明，即使要預警措施，「不該採用任意降低暴露規範的政策」<sup>13</sup>。

預警原則有其優點，例如，提醒我們「三思而後行」；但也有缺點，例如，預警原則無足夠客觀科學根據。世界衛生組織文件「保護公共衛生的預警架構」<sup>14</sup>指出，預警原則缺乏明確定義，例如，其一詮釋：「若有合理科學理由認為可能不安全，就不可引入，直到證明風險小於福祉。」另一詮釋：「即使缺乏有害的證據，不表示無害，須證明無害後才能引入。」由此可知，預警原則不符合「實證」（evidence-based）決策常規。在此角度中，預警原則不利創新。例如，40萬年前人類發現火時，可想見贊成和反對兩派爭論用火，若反對派贏了，今天文明將就此改觀。預警原則就是注意某些風險而忽視其他風險，但此取捨有何科學根據呢？

### （六）「比吸收率」（SAR）值的意義

政府要求手機上，要標示「比吸收率」（SAR）值。美國聯邦通訊委員會聲明，對於手機，「比吸收率」量度人體吸收手機射頻能量率。一般人誤以為，「比吸收率值」越低，就越安全。實情是，政府為確保

手機不超過安全上限，而訂定比吸收率值，以表示在所有情況下的最大值（最糟情況）。因此，比吸收率值反映人體的最大可能曝露值，但單一比吸收率值，並不表示通常手機使用時的射頻曝露量，因為通訊時，手機經常改變其功率，而使用最小功率，就很少需要最大功率。例如，比較甲與乙兩手機，甲的比吸收率值較高，亦即，最糟情況時較高，但甲更有效率，而在較低功率下運作。因此，平常通信時，射頻量較低，若要曝露量而以比吸收率值來挑乙，則是被該值誤導了。

因各種手機的比吸收率值差異甚小，並非挑選手機的可靠指標。但比吸收率值的安全規範，已足以保護使用者，只要不超過此值，即可安心使用，而批核上市的手機均符合此規範，因此均可選購。我國國家通訊傳播委員會聲明，手機電磁波能量比吸收率值以不超過規範值每公斤2.0瓦為準，目前批核市售手機均低於此值。

### 三、社會動盪

#### （一）積憂成疾

有些反對者似乎已達精神官能症地步，100年國立臺灣大學公衛教授林瑞雄受邀為副總統候選人，隨後宣稱受到電磁波威脅，並握有相關證明文件。同年12月3日，台灣電磁輻射公害防治協會舉行記者會，要他儘早公開證明文件。同年12月6日，他宣稱遭到電磁波攻擊，「要讓我發瘋與中風」。同年12月10日副總統候選人辯論會中，他表示需不斷換旅館，東躲西藏以避開電磁波攻擊。101年選後一個多月，仍堅稱住處被電磁波攻擊。

一些國人從各地寫信給筆者，很擔心附近基地臺設施，甚至有人惶惶難以度日。這些人因錯誤認知而把自己弄到精神官能症地步，類似焦慮症患者堅持偏差認知而致自律神經失調，或強迫症患者無法放棄不合理的風險觀念而寢食難安。

#### （二）過敏症

有些人宣稱對電磁波過敏，亦即，周遭若存在電磁波，就會導致他頭痛、胃腸不適，甚至生理疾病，這源自要求絕對安全的心態。然而世界衛生組織聲明<sup>15</sup>，電磁過敏因個體而異，具多種非特異性症狀與嚴重程度，但並無明確的診斷標準，以及電磁過敏與電磁曝露關聯的科學證據。事實上，電磁波敏感的主因是反安慰效應（nocebo effect），亦即，自認有害而身心交感地產生症狀。其中有些人披上「宣稱阻擋電磁波的衣物」就自認沒事，其實電磁波無所不在，可知其過敏只是錯誤認知使然，正如「自我應驗預言」（self-fulfilling

prophecy）。其實，使用諸如「雙盲實驗」等技巧，就可檢測這些宣稱過敏症是真或假。

#### （三）「愛之適以害之」

不解電磁波科技的立委也許有服務選民等的好動機，但其實是顛倒是非而幫倒忙。因擔心影響國家未來主人翁的健康，102年立委受反電磁波者慫恿而修改「電信法」第32條第4項規定，新增高中（職）以下學校得不同意設置室外基地臺之約束。

反對者驅逐基地臺的後果為何呢？首先，更差的訊號或甚無訊號，這在災情突發時，即知「生死之差」可能在有無訊號。其次，更貴的電信帳單，因拆臺的營運損失至少以百萬元計。第三，使用者遭受到更強的電磁波，因手機須發出更強電磁波搜尋更遠的基地臺，附帶地更消耗手機電池的電量。第四，為無害的基地臺電磁波而擔心，甚可導致積憂成疾。

#### （四）分裂社會

因擔心電磁波，諸如房屋仲介業熟知所謂的「鄰避現象」（not in my back yard）。筆者曾到不動產估價師公會說明電磁波的健康效應，請他們勿將基地臺列為鄰避對象。

這幾年，基隆、新竹、金門等地，反對與贊成基地臺的民眾對峙互嗆，一下子要建臺，另一下子要拆臺，弄得民代與電信公司雙方「永無安寧」，支持與反對兩造也在立法院攻防。

反對電磁波之一因是認定它「不自然」，但這只是誤解，因為電磁波本就充斥環境，最明顯的是「光」，遠比電力電磁波或通訊電磁波強萬倍以上。另一原因是有雙重標準，例如，要求電磁波絕對安全，但不會要求諸如菜刀或瓦斯爐等其他事物的絕對安全。

民主社會要求基地臺的設立須經民眾同意，不幸的是，一些諸如高風險觀念者或不解電磁波者就「趁機」極力抗議，導致無建設。這是公共建設的「選址」難題，也是多數暴力（tyranny of the majority）或少數暴力（tyranny of the minority）難題。解決之道為何？反對者的證據權重遠低於贊成者，因此，公權力應依法理介入，怎可「濫用民主」而「劣幣驅逐良幣」？

### 四、充分澄清疑慮

#### （一）「可能」有害？

2011年5月國際癌症研究署聲明，將手機基地臺的電磁波歸類為「疑似可能致癌物（2B）」<sup>16</sup>。結果，全



球哀鴻遍野，畢竟，幾乎人手一機、處處可見基地臺。但該署的上司世界衛生組織，一個月內（2011年6月）隨即發布第193號文件聲明<sup>1</sup>，至今無證據顯示手機與基地臺的電磁波有害。但許多人只知前一事件，國際癌症研究署召開記者會致使全球媒體樂意大肆報導；卻極少人知後一事件，世界衛生組織僅「低調地」在其網站上公告。也有許多人混淆地以為「世界衛生組織認為手機基地臺的電磁波可能致癌」，畢竟世界衛生組織的名氣遠比國際癌症研究署響亮太多倍。

世界衛生組織第193號文件有其重大的科學意涵，它可說是科學家所能做的最大限度與最明確的聲明（因科學無法否定「可能有害」）；亦即，世界衛生組織技巧性地但嚴謹地澄清國際癌症研究署的說辭。

## （二）科技適用性原理

世界衛生組織的回應，還是難以平息國際癌症研究署聲明引發的「手機基地臺可能致癌」疑慮，主因是沒針對「無所不包而欠科學定量的說辭『可能』」。因此，筆者提出「科技適用性原理」（Principle of Applicability of Technologies），某科技是否可利用需考慮：1.科學不能證明（絕對）無害，人生事物均具風險；2.對策是比較證據權重，比較福祉與風險。

則世界衛生組織更佳的回應是，包括國際非游離輻射防護委員會、電機電子工程師學會、美國癌症學會、瑞典輻射防護署等，全球許多深具公信力的組織均聲明，至今無證據顯示通訊電磁波傷人，這些證據權重均遠大於相反的論述。其次，手機與基地臺的福祉包括救人無數與節能減碳；至於風險，人生事物均有風險，科學不能證明無害。安全是個無盡的連續觀念，並無絕對安全，現實中夠安全就可，例如美國法規小於 $10^{-6}$ 的風險則可忽略。第三，由生物物理學可知，其電磁波只是非游離輻射，比起室內光，其強度約僅50萬分之1，能量太低而不可能傷人。總之，諸如國際癌症研究署聲明「通訊電磁波可能致癌」的可信度極低，不值得理會，民眾可放心使用手機與基地臺。

## （三）教育的成效

111年1月筆者於任教之中央大學及清華大學就班上各系暨年級學生對於電磁波之認知進行民調，總計126人，量化的呈現方式為「認知分數-5（很擔心）一直到5（很放心）」，上課前與後整體對於電磁波的擔心程度如圖2所示，課前擔心的程度大致上是常態分布而稍偏擔心（紅色直線），課後則明顯變得較不擔心（藍色虛線）。

各人上課前與後對於電磁波的認知變化，如圖3所

示，極少人認知不變（藍色對角線上），絕大多數變得較不擔心（紅色為曲線配適curve fitting），原先較擔心者改變更明顯。

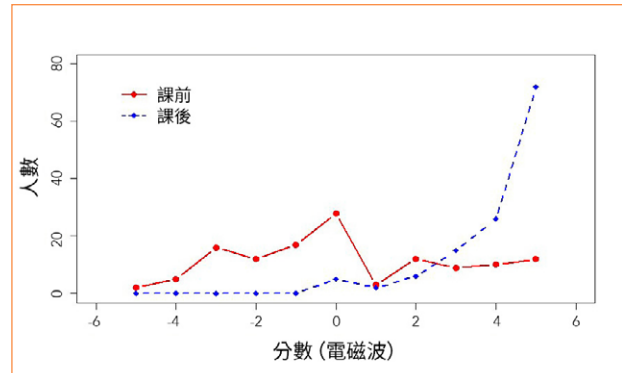


圖2 上課前與後的電磁波認知人數分布

資料來源：本文作者

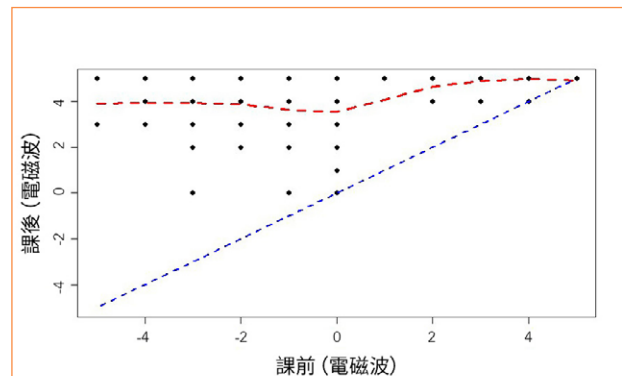


圖3 上課前與後的電磁波認知

資料來源：本文作者

說明健康效應時，「科技適用性原理」解決了疑慮者的最大障礙「無所不包的『可能』有害」。學生可接納此原理，如圖2顯示上課後明顯變得較不擔心，圖3顯示原先較擔心者的改變更明顯，此為教育之功。

大學生可說是社會的「科技知識」中上程度者，課前過半擔憂電磁波，可想見一般民眾更加擔心，難怪社會抗爭事件多，國家基礎建設遭受重挫<sup>17</sup>。

## （四）同理解析更新科技5G

在射頻方面，更先進的5G科技，往往使用比4G較高的頻率，甚至毫米波。因其特性，5G需布建增多小基地臺，但涵蓋的地區更小，發射功率就越小，手機越小的功率即可通話，使用者的電磁波曝露量就更低。

目前最新的標準適用5G，來自電機電子工程師學會（2019年）及國際非游離輻射防護委員會（2020年）。世界各地的專家及國家衛生機構，均認為這些標準規範內的電磁波，不會影響健康。例如，2020年8月

電機電子工程師學會發表「民眾曝露於5G無線通訊網電磁能中的健康與安全事宜」報告，顯示5G科技減少民眾的電磁波曝露（包括不穿透人體外部皮膚）<sup>18</sup>。因此，科學無法證明5G電磁波絕對安全，但由「科技適用性原理」可知不用擔心它。

## 五、結論

居禮夫人指出：「要理解生活中的事物，而非害怕，理解更多則害怕就更少。」例如，不解通訊電磁波者須瞭解光也是電磁波，而且比通訊電磁波強約50萬倍。也要知道國際非游離輻射防護委員會與電機電子工程師學會等專業機構的證據權重，遠大於反對者的，前者的結論「至今無證據顯示通訊電磁波有害」遠比後者的相反說辭可信。

愛因斯坦說：「科學家隨時不可或忘，所有科技作為，最關心的總是人類福祉。」電磁波至今並無致一人亡，而其福祉則甚巨。反對者說它「可能」致癌而導致恐慌，但「可能」無所不包，民眾若寧可信其有，將成為科學的「致命弱點」（Achilles' heel）。本文以電磁波為例，解析科學本質、風險認知、證據權重、福祉風險等，整合而以「科技適用性原理」回應「可能致癌」的說辭，充分澄清其健康效應的疑慮。☞

（本文作者為國立清華大學通識教育中心助理教授）

- 1 "Electromagnetic fields and public health: mobile phones". Web. 20 March 2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>. "World Health Organization Updated Fact Sheet 193". <http://www.emfexplained.info/?ID=25662>.
- 2 "Statements from Governments and Expert Panels Concerning Health Effects and Safe Exposure Levels of Radiofrequency Energy (2010-2021)". Web. 20 March 2022. <https://www.ices-emfsafety.org/expert-reviews/>.
- 3 "Cell Phone Radio Frequency Radiation". Web. 20 March 2022. <https://www.emfscientist.org/index.php/science-policy/emf-science-and-related-policy-developments>.
- 4 "Note on Recent Animal Carcinogenesis Studies". Web. 20 March 2022. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPnote2018.pdf>. "Statement from Jeffrey Shuren, M.D., J.D., Director of the FDA's Center for Devices and Radiological Health on the National Toxicology Program's report on radiofrequency energy exposure", Web. 20 March 2022. <https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm624809.htm>.
- 5 Web. 20 March 2022. <https://www.spandidos-publications.com/10.3892/etm.2021.9903>.
- 6 "Environmental Fact Sheet". Web. 20 March 2022. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/9100CFQV.PDF?Dockey=9100CFQV.PDF>.
- 7 行政院衛生署，《無菌操作作業指導手冊》，2007年，頁4，<https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?id=f636694191969455687>.
- 8 ISO/IEC Guide 63:2012(en), <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:guide:63:ed-2:v1:en>.
- 9 Yalow, Rosalyn, 1983, Before It's Too Late: A Scientist's Case for Nuclear Energy, by Bernard Cohen, <https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-1-4684-4577-0%2F1.pdf>. p.5.
- 10 NAS, Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields, The National Academies Press. 1997. 119, <https://nap.nationalacademies.org/read/5155/chapter/7?term=smoking#119>.
- 11 International Flat Earth Research Society, The Flat Earth Society, [https://en.wikipedia.org/wiki/Modern\\_flat\\_Earth\\_beliefs#International\\_Flat\\_Earth\\_Research\\_Society](https://en.wikipedia.org/wiki/Modern_flat_Earth_beliefs#International_Flat_Earth_Research_Society).
- 12 "Synopsis of IEEE Std C95.1TM-2019 IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz". Web. 20 March 2022. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8910342>.
- 13 "Electromagnetic fields and public health". Web. 20 March 2022. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/elff>.
- 14 "Precautionary Framework for Public Health Protection". Web. 20 March 2022. [https://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/en/Precaution\\_Draft\\_2May.pdf](https://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/en/Precaution_Draft_2May.pdf).
- 15 "Electromagnetic hypersensitivity". Web. 20 March 2022. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/el-hsensitivity>.
- 16 "IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic to Humans". Web. 20 March 2022. [https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr208\\_E.pdf](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf). 補充說明：國際癌症研究署對於致癌物的分類，第二類包括2A (Probably carcinogenic)，衛福部翻譯：2A（很可能致癌）。2B (Possibly carcinogenic)，衛福部翻譯：2B（疑似可能致癌）。英文的Probably與Possibly，中譯常均為「可能」，缺乏定量的科學定義。
- 17 《經濟日報》2007年3月16日報導〈NCC促拆基地臺1,600座，電信業的夢魘〉，政府要求中華電信、台灣大、遠傳等行動通訊業者，今年合計要拆除1,600多座基地臺，業者損失高達30億元上。Web. 20 March 2022. <http://city.udn.com/54543/2124541>.
- 18 "IEEE Committee on Man and Radiation—COMAR Technical Information Statement: Health and Safety Issues Concerning Exposure of the General Public to Electromagnetic Energy from 5G Wireless Communications Networks". Web. 20 March 2022. [https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/08000/IEEE\\_Committee\\_on\\_Man\\_and\\_Radiation\\_COMAR.7.aspx](https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/08000/IEEE_Committee_on_Man_and_Radiation_COMAR.7.aspx).



# 實測研究 破解危害迷思 電磁波安全議題之探究

文 | 陳文字

## 一、前言

電磁波輻射是否會對人體健康造成影響，長久以來，一直是一個不易有共識的議題。每個人會因職業、工作、生活等因素，對此議題的相關知識、資料或數據等，有各自的解讀，即便是以筆者服務的學術界為例，研究資通訊相關議題的學者們，看法也不盡相同。本文嘗試以一個從事無線通訊研究的學者，同時也是需要高度依賴行動通信應用的使用者，以及對自己身體健康相當關心的普羅大眾角度，來探討此議題，並且提出個人一些粗淺的看法。

多年以前，有位朋友傳了一個影片給筆者，內容是一些外國年輕人，在桌上擺了一些生的玉米粒，旁邊圍繞了四隻手機。接著，手機同時響鈴振動，表示有人同時撥打這四隻手機。經過約5秒時間，玉米粒一個個往上跳動，變為成熟的爆米花。筆者這位朋友因此有些困惑，想了解電磁波輻射是否真的可以爆米花。

另外，有一位鄰居，曾經跑來問筆者一件事。他表示，如果把手機放在右邊腰帶，他的右腰就會酸痛；若放在左邊腰帶，換成左腰會酸痛，這是否是他的手機電磁波所造成的現象？再者，也時有所聞，有電信業者要建置基地臺時，許多民眾憂慮暴露在行動通訊的電磁波下，可能會對他們的健康造成影響，往往會拿起手機，紛紛連絡親朋好友加入抗爭的行列。

## 二、電磁波傳播特性

在一個無線通訊系統中，電磁波經由發射天線輻射出去，經過一段距離的傳播後，訊號強度會隨距離增加，產生所謂衰落 (fading) 現象，即訊號強度減弱<sup>1</sup>。衰落程度愈大，訊號到達接收端也變得愈小。這也意味著要維持良好的通訊，發射接收之距離愈遠，發射機需要發射的電功率也會變大。上述衰落現象，又可分成路徑損失 (path loss)、遮蔽效應 (shadowing) 及快速衰落 (fast fading)。路徑損失指的是由距離引起的訊號衰減；遮蔽效應通常是由牆壁及建築物等形成之阻擋效應；快速衰落指的是由多重路徑引起的訊號衰減。



電波傳播之衰落程度，受到路徑周遭環境影響很大。圖1所示為一個典型都會區的行動通訊系統，基地臺和用戶手機間往往會有建築物等物體阻隔。因都會區的大樓林立，且建築物之材質及密度較為複雜，就會有遮蔽效應及快速衰落現象，訊號的衰落會比較大。

一般而言，若在所謂的自由空間（free space），即沒有任何物體擋在電磁波傳播的路徑上，電磁波從天線輻射出來，訊號強度和距離的平方成反比。即距離增加為原來的2倍，訊號強度減小為原來的4分之1。如果傳播的路徑上有建築物等物體，則訊號強度減小更為嚴重，可能減小到只有原來的百分之一或千分之一<sup>2</sup>。

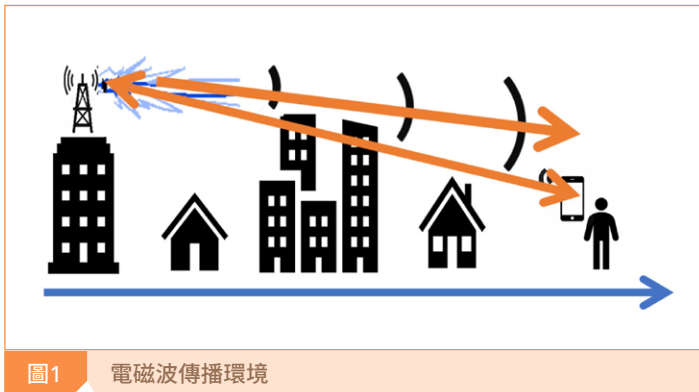


圖1 電磁波傳播環境

資料來源：本文作者

表1 距離和路徑損失之關係

距離（倍率）	訊號衰減（dB）
1	0
2	10.5
3	17
5	24.5
10	35

資料來源：本文作者

在不考慮快速衰落的情形下，常用的電磁波傳播模型為COST-231 Hata<sup>3</sup>，其路徑損失如下：

$$\text{Path loss}_{(\text{dB})} = 35.2 + 35 \log_{10}(d) + 26 \log_{10}(f/2) \quad (1)$$

其中，d 係指距離，單位是公尺；f 係指訊號之頻率，單位是GHz，而此公式可適用於1.8 GHz至2.5 GHz的頻率範圍。

若將此公式由對數刻度換成線性刻度，則路徑損失和距離的3.5次方成正比，即接收訊號功率和距離的3.5次方成反比。表1所示為公式（1）中，距離和路徑損失之關係。若距離增加10倍，訊號會衰減35dB。顯然，若基地臺與手機用戶之間有一足夠的距離，其訊號衰減很大，對人體安全的影響相當小，甚至可能毫無影響。

由上述分析可知，電磁波輻射強度和距離有非常密切的關係。以行動通訊系統之基地臺和手機而言，手機輻射之電磁波訊號，因手機和使用者之身體距離非常近，身體接收來自手機電磁波輻射的強度，遠比來自基地臺的要強得多。因此，若以手機使用者的角度而言，我們更應該注意手機所產生的電磁波輻射，而非基地臺。

### 三、無線區域網路訊號特性

本文接下來要探討一般民眾最常用的無線區域網路WiFi之電磁波輻射，因WiFi技術發展非常成熟，相關產品如無線路由器或稱接取點（AP, Access Point）等，其價格通常介於幾百元至幾千元新臺幣之間。一般市售手機、平板或筆記型電腦，也都內建WiFi模組。民眾在家使用無線區域網路上網的情形已經相當普遍，而一些公共場所如校園、車站、購物商場、咖啡廳等，也都有提供WiFi上網的服務，因此，WiFi電磁波應該是民眾接觸最多的訊號。

此外，依據Cisco研究報告指出<sup>4</sup>，大部分的行動數據傳輸量，係經由免執照系統傳送，如WiFi、Bluetooth等，且大都在住家中傳送。該研究預測，至2022年，約有59%的行動數據會經由無線區域網路WiFi傳送，其他41%之數據傳輸則經由蜂巢式行動通訊網路傳送。未來經由WiFi網路傳送的比例將成長至71%，這顯示大多數民眾使用無線區域網路上網的趨勢，正持續不斷增加中。

要量測電磁波訊號，常用的儀器為頻譜分析儀（Spectrum Analyzer）。圖2所示為筆者於國立成功大學課堂教室實際量測WiFi訊號情形，圖中右下角之手機設定為WiFi AP路由器，左下角之手機設定成WiFi接收模式並開啟YouTube應用服務。此連線係由右側手機利用行動通訊網路（4G或5G）連上網際網路，同時以該手機內建WiFi無線網路卡發射訊號至左側之手機，後方之頻譜分析儀即可量測到右側手機之電磁波訊號。量測結果如圖3所示，黃



色圈圈處即是手機發射的訊號，中心頻率約為2.462 GHz（通道11），可以觀察到，其頻譜範圍約為2.45 GHz~2.47 GHz，即頻寬約為20 MHz，訊號強度約為-35 dBm左右。



圖2 WiFi訊號量測

資料來源：本文作者

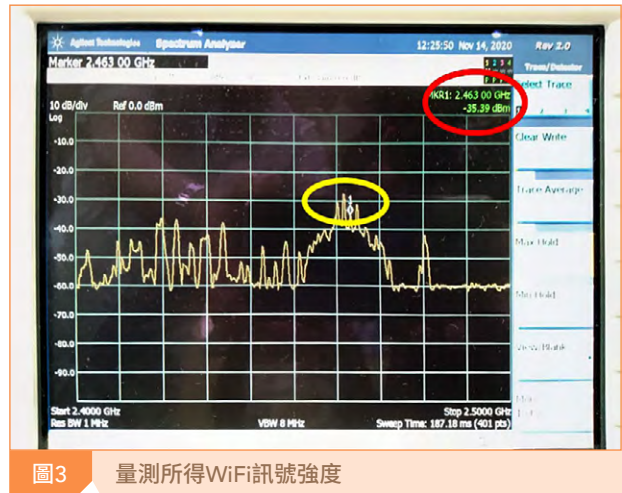


圖3 量測所得WiFi訊號強度

資料來源：本文作者

## 四、電磁波輻射之國際標準

上述所量測電磁波強度，是否符合國際或國內標準？是否對身體健康造成影響？依據嚴謹之科學量測方法，基本上，基地臺與手機之電磁波輻射量都會符合相關標準。制定此標準的機構之一為國際非游離輻射保護委員會（ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection），採用指標為特別吸收率（SAR, Specific Absorption Rate），量測單位為人體每公斤吸收之瓦特數（Watt/Kg），目前的標準值為0.08 Watt/Kg<sup>5</sup>。一般而言，手機製造商都會委由公正之檢驗機構進行SAR的量測，並且符合國際標準，才會被允許在各國的市場上販售。

另一個電磁波輻射標準指標為最大許可曝露量（MPE, Maximum Permissible Exposure），量測單位為每平方公分之毫瓦特（mW/cm<sup>2</sup>）。目前美國聯邦通訊委員會（FCC）制定的標準為1.0 mW/cm<sup>2</sup>，這個值適用於頻率高於1,500 MHz之電磁波<sup>6</sup>。如前段所述，一般的發射機（含基地臺和手機）所輻射的電磁波訊號，都會符合此一標準，市場上也有公正檢驗或量測機構可以進行查驗。前揭所提量測WiFi訊號強度-35 dBm，經由筆者進行有點複雜之單位轉換，結果是遠低於最大許可曝露量1.0 mW/cm<sup>2</sup>，即符合國際標準；當然，也符合我國規定標準。

## 五、手機上網成癮

至於電磁波輻射是否對身體健康造成影響，筆者比較關注的是心理層次的上網成癮議題。大腦被手機的應用吸引而無法控制，導致對手機的過度依賴，而影響到日常生活。同時也易於伴隨一些副作用，如眼力衰退、坐姿不良、睡眠不足及免疫力下降等。

對於網路成癮議題，依據衛生福利部資料<sup>7</sup>，所謂網路成癮，係指過度使用網路，難以自我控制導致學業、人際關係、身心健康、家庭互動及工作表現上的負面影響。網路成癮型態可分為3類：網路遊戲、色情網站及社群網站成癮等。其中，最常見的是網路遊戲成癮，也已經被世界衛生組織在國際疾病分類上正式列為精神疾病，即「遊戲行為失調症」（Gaming disorder），其主要特徵為：

- （一）玩遊戲的控制力受損；
- （二）生活以電玩為優先，忽略其他興趣和日常活動；
- （三）即使造成負面影響，仍持續增加打電玩時間。

依據國立政治大學傳播學院黃威威教授所進行「2021年臺灣青少年價值觀與上網趨勢調查報告」指出，我國青少年學生每週上網時間約40小時，其中使用手機上網大約25.9小時。如果換算成每天的話，分別是5.7及3.7小時，每天這樣的上網時間是否過高，值得大家深思。青少年過度依賴網路，確實需要各界的關注，也是每個家庭需要面對的議題。

相較於青少年，成年人具有較高的克制能力，但也會因工作關係、社交需求或沈溺於娛樂，而有上網成癮的風險。為了判斷網路使用是否已達到成癮情形，新竹縣政府衛生局提供以下4個準則作為參考：

- (一) 無法停下：覺得花費太多時間與精神在網路，但又不自主地拿起手機；
- (二) 耐受性：越來越無法滿足，要花更多時間使用網路等；
- (三) 戒斷症狀：如果主動或被動停止使用時，會產生焦慮、煩躁等負面情緒；
- (四) 負面效應：對身心出現不好的影響，如近視加劇、肩頸痠痛、甚至是放棄其他活動等。

此外，衛生福利部也提供一個測量APP，如圖4所示，有興趣的讀者可自行掃描上網進行測試。

以上手機上網成癮，造成手機使用人身心健康的影響是容易理解的，但是否與手機電磁波有關呢？電磁波訊號強度基本上都會符合國際規範，這可經由嚴謹的量測程序及公正客觀的檢驗機構得到驗證。而且，WiFi無線區域網路上網的連線型態，是一種間歇性輻射，當有連線接取資料需求時，就會發射訊號。以瀏覽網頁為例，在點選超連結時，才會發射電磁波，用以要求下載資訊；而在下載過程，手機是扮演接收器的角色，原則上並不會發射電磁波。於用戶瀏覽網頁階段，基本上也是不會發射訊號的，這種連網型態要造成對身體健康的危害，應屬不易。



圖4 網路成癮量測APP超連結QR碼  
資料來源：本文作者

## 六、結論與建議

本文一開始所提到的爆米花案例，經由筆者指導學生進行相關實驗，結果是手機輻射電磁波無法拿來爆米花，有興趣的讀者可到YouTube頻道觀看，或根據參考文獻<sup>8</sup>之超連結點入觀看。至於鄰居的問題，手機電磁波是否為造成他腰酸背痛的原因，筆者不敢妄下定論。但以個人生活經驗研判，可能是長期坐姿不良或心理因素造成，不過筆者還是給了一個建議，試著換支新手機，或者手機不要掛在腰帶上。

使用手機或網路已是人類不可或缺的生活方式，在國家發展委員會因應氣候變遷所擬定之策略下，通訊被列為維生基礎設施之範疇，顯見其對人類生存的重要性。而莊子山木篇裡有一句話：「物物而不物於物，則胡可得而累邪」，這句話的意思是，利用萬物，但不被外物所役使，這樣就不會受到外物的控制及連累。手機是一種生活必需的物品，或可視為一種必備的工具，人要主導、駕馭手機，而不是被手機綁架了我們的人生。若手機的使用占據我們太多時間，人就好像是被手機使喚的奴隸，人被物所役，是一件極為可悲的事。☺☺☺

(本文作者為國立成功大學電信管理研究所教授)

- 1 S. R. Saunders, Antenna and propagation for wireless communication systems, New York: John Wiley & Sons, 1999.
- 2 B. Sklar. Digital Communications: Fundamentals and Applications, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 2001.
- 3 IEEE Std. 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, "IEEE 802.16m Evaluation Methodology Document (EMD)," Jan. 2009.
- 4 Cisco, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2017–2022, Feb., 2019. <https://s3.amazonaws.com/media.mediapost.com/uploads/CiscoForecast.pdf>.
- 5 ICNIRP, Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz), 2020. <https://www.icnirp.org/en/publications/article/rf-guidelines-2020.html>.
- 6 FCC, The Code of Federal Regulations 47, CFR47 § 1.1310 and § 2.1091, 2020.
- 7 衛生福利部，網路成癮專區<https://dep.mohw.gov.tw/domhaoh/cp-4910-55038-107.html>.
- 8 <https://www.youtube.com/watch?v=IPgr3m0JNz8&t=14s>.



# 深度涵蓋建設 打造數位願景 5G NR毫米波及整合式接取與 回傳 ( IAB ) 技術

文 | 王建智、溫俊瑜

## 一、前言

依據國際電信聯盟 (International Telecommunications Union, ITU) 所制定的「IMT-2020願景建議書」 (International Mobile Telecommunications Vision for 2020 and beyond)，第5代行動通訊系統 (5th Generation Wireless Communication System, 5G) 應支援三大應用場景，即增強行動寬頻 (eMBB)、高可靠低遲延通訊 (uRLLC) 及巨量物聯通訊 (mMTC)。其中所提出的願景包括，針對eMBB場景，要求下行鏈路峰值速率應達20Gbps及上行鏈路峰值速率應達10Gbps；針對uRLLC場景，要求空中介面延遲 (Air-Interface Latency) 低於1毫秒；針對mMTC場景，要求每平方公里能夠提供至少100萬部設備連接。第3代合作夥伴計劃 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 向ITU提交的5G候選技術標準3GPP Release 15，為新無線電 (New Radio, NR) 的第1個版本，並於2020年7月通過ITU技術驗證，正式被接受為IMT-2020全球5G技術標準，而目前全球也大多以5G NR為主進行商用部署。

5G NR定義了相當大的工作頻譜範圍，3GPP將其分為兩個頻率範圍，FR1 (Frequency Range 1) 頻段範圍介於410~7,125MHz，俗稱Sub-7GHz頻段；FR2 (Frequency Range 2) 頻段範圍在24.25~71GHz，即為俗稱的毫米波頻段。如今6 GHz以下的頻譜早已相當擁擠，過往的行動通訊系統操作頻段也幾乎在此；而毫米波頻段的可用頻寬非常充裕，甚至能提供1 GHz以上的連續可用頻寬，再加上IMT-2020對更高傳輸速率的要求，毫米波頻段及其相關技術便成為了實現前述5G願景的重要手段。本文將闡述毫米波相關特性與網路布建所面臨的挑戰，並基於此背景介紹5G NR第2版標準 (即3GPP Release 16) 中所引入，有助於快捷且低成本部署毫米波網路的技術—整合式接取與回傳 (Integrated Access and Backhaul, IAB)。



## 二、毫米波與小型基地臺

近年來由於行動終端設備數量和資訊服務需求（如視訊串流和雲端運算等）的急遽增長，致使全球行動數據流量飆升。預計2030年全球行動數據流量將比2020年增加約80倍<sup>1</sup>。5G網路建設初期的重點是以Sub-7 GHz頻段建立廣域涵蓋為主，隨著用戶設備規模與數據流量指數級增長，建設重點將由廣域涵蓋轉向深度涵蓋，預計未來5G基地臺的部署密度將大幅提高，除了部署大範圍涵蓋的Sub-7 GHz大型基地臺外，將可能搭配部署多種態樣的毫米波小型基地臺，構成頻譜多樣化且基地臺型式多樣化的異質網路（Heterogeneous Network, HetNet），各類段互補以滿足各種場景需求。

### （一）NR毫米波及物理特性

毫米波（Millimeter Wave, mmWave）是指頻率範圍30~300 GHz（即EHF頻段），對應波長介於1~10毫米的電磁波。儘管如此，5G NR所使用的FR2頻段（24.25~71 GHz）通常也被視為毫米波頻段範圍。

NR毫米波技術的第1個優勢是具有超大頻寬，可滿足eMBB場景對於大容量、高速率的應用需求。數據通訊就好比水管輸水，水管越粗則最大流量越大。Sub-7 GHz頻段的單個分量載波（Component Carrier, CC）最大通道頻寬為100 MHz，應用載波聚合技術（Carrier Aggregation, CA）最高可使用400 MHz的聚合頻寬；而具備超大頻寬特性的毫米波頻段單個組成載波最大通道頻寬可達400 MHz，應用載波聚合最高可使用1.2 GHz的聚合頻寬，故理論傳輸容量為Sub-7GHz的3至4倍。愛立信（Ericsson）指出<sup>2</sup>，NR毫米波400 MHz頻寬操作於分時雙工模式（Time-Division Duplexing, TDD）的下、上行峰值速率分別為17.5Gbps、9.4Gbps，利用2CC CA聚合800 MHz頻寬，則下、上行峰值速率分別達35Gbps、18.8Gbps，能夠實現IMT-2020對於5G標準下、上行峰值速率分別應達20 Gbps、10 Gbps的技術指標。

NR毫米波技術的第2個優勢是可降低空中介面的時間延遲，28 GHz NR訊號一個時隙（Time Slot）的長度是0.125毫秒，是目前主流3.5 GHz NR訊號的四分之一，可幫助實現uRLLC場景中對於低延遲的應用需求，不過空中介面延遲僅是端到端延遲（End-to-End Latency）的一部分，還須配合軟體定義網路（Software Defined Networking, SDN）、網路功能虛擬化（Network Functions Virtualization, NFV）等核心網路架構改良，以及行動邊緣運算（Mobile Edge Computing, MEC）等技術方能進一步減少整體延遲。

相較於Sub-7 GHz頻段，使用毫米波進行通訊將存在嚴峻的挑戰，根據弗里斯傳輸方程（Friis transmission equation）表明，天線接收功率PR等於入射波功率密度S與接收天線有效孔徑（面積）Ae的乘積。前述接收天

線有效面積Ae與頻率呈平方反比，故即便電磁波在真空中傳播的功率密度S僅隨距離擴散衰減，最終有效接收功率PR仍會隨頻率增加而減少，因此，毫米波的傳輸距離將遠不如中、低頻段。除此之外，頻率高也代表著電波繞射能力差，若受到介質的阻擋，除了因反射損失部分功率外，高頻電磁波在非理想介質中的傳播損耗也更嚴重，訊號將快速衰減且難以穿透介質。

為了克服上述毫米波固有特性的限制，毫米波基地臺通常使用具有多波束（Multi-Beam）的高增益陣列天線系統，針對個別用戶群發射能量集中的窄波束，以提高接收端的訊號干擾雜訊比（Signal-to-Interference Plus Noise Ratio, SINR）。然而，將能量集中到一條主傳播路徑上將失去多路徑環境可提供的分集（Diversity）特性，在波束方向上若受到人員或車輛等遮擋，將存在通訊鏈路中斷的風險。此外，窄波束還會限制用戶的移動性，需要搭配波束轉向（Beam Steering）及波束切換（Beam Switching）技術使波束能夠隨著用戶位置動態地進行轉向，或者當主要路徑受阻時動態地切換波束。

### （二）毫米波應用於小型基地臺

無線接取網路（Radio Access Network, RAN）的設計原則是以大型基地臺（Macro Cell）為主，主要以中、低頻段提供戶外大範圍的通訊服務，視其使用頻段及發射功率大小，涵蓋範圍可達數公里至數十公里。而大型基地臺電波訊號受高樓或其他障礙物遮蔽，容易在障礙物背面形成訊號涵蓋缺口，無法完整涵蓋所有區域。另外，室外訊號主要透過繞射（衍射）方式傳播至室內，使用頻段越高其繞射能力越差，因此室內深處或地下室亦是大型室外基地臺容易形成通訊死角的場所。若以增加大型基地臺數量方式改善上述涵蓋問題將不符成本效益，其中一種解決方案是在大型細胞內額外部署小型基地臺（Small Cell）構成異質網路，提供改善室內涵蓋、填補室外涵蓋缺口的作用。

行動數據流量大部分產出於室內或特定熱點區域，毫米波超大頻寬及涵蓋範圍較小的特性正適合用於100至150公尺以下小型基地臺的涵蓋，每單位面積具有超高傳輸容量，非常適合部署於大型體育館與展演場域等高訊務量熱點場景，滿足局部區域超高流量密度、超高連接數密度等需求。毫米波小型基地臺也應用於企業專網（Enterprise Private Network）作為通訊骨幹，藉由其低延遲、高頻寬及大量設備連線的特性，可支援生產線即時影像資訊回饋及AR遠端協作等應用，提升工廠自動化及生產效能，加速邁向智慧工廠的發展。

隨著全球行動數據流量指數級成長，以大型基地臺為主體的無線接取網路將無法承載未來大量的流量需求。小型基地臺被視為提高傳輸容量及網路深度涵蓋的關鍵設施，密集布建毫米波小型基地臺進行網路稠



密化 (Network Densification) 更將成為趨勢，以紓解日益龐大的數據流量。在同一大型細胞內密集部署毫米波小型基地臺，並且各小型細胞重複使用頻譜資源以進一步增加頻譜重複利用程度，藉此提升整體網路容量。例如傳輸容量1 Gbps的大型基地臺，其細胞內的行動終端必須分享此1 Gbps的傳輸容量，若在此大型細胞內部署7個傳輸容量7 Gbps的毫米波小型細胞，並在這些小型細胞間採全頻率重用 (Full Frequency Reuse)，假設所有細胞皆具備充足的回傳 (Backhaul, BH) 容量，則整體傳輸容量理想上可增加至50倍，有效提升整體網路容量。

### (三) NR毫米波部署的回傳鏈路挑戰

愛立信 (Ericsson) 對於未來每站基地臺回傳容量的需求預估如圖1，面對3GPP預計於2025年商用化的5G-Advanced標準 (即3GPP Release 18)，屆時都市、郊區及鄉村的每站基地臺回傳容量需求將分別增加至600 Mbps~20 Gbps、300 Mbps~5 Gbps及100 Mbps~600 Mbps。

雖然具有大量頻寬的毫米波頻段能夠滿足爆炸成長的流量需求，然而在回傳網路的部署上卻也帶來許多難題，即使電信業者決定投入鉅額成本密集地布建毫米波小型基地臺，所有站點也都需要有數個Gbps級的大容量回傳鏈路 (Backhaul link) 支援，以將本地網路的資料流量傳輸到核心網路。其回傳鏈路建設的密度與基地臺密度成正比，因此如何支援如此密集的大容量回程傳輸將是大規模部署毫米波網路的一大挑戰。

Backhaul capacity per site in Distributed RAN			
	2018 Low – high cap sites	2022 Low – high cap sites	Towards 2025 Low – high cap sites
Urban	150Mbps – 1Gbps	450Mbps – 10Gbps	600Mbps – 20Gbps
Suburban	100Mbps – 350Mbps	200Mbps – 2Gbps	300Mbps – 5Gbps
Rural	50Mbps – 150Mbps	75Mbps – 350Mbps	100Mbps – 600Mbps

圖1 分散式RAN架構每站點回傳容量之需求預估

資料來源：Ericsson

## 三、整合式接取與回傳 (IAB)

使用傳統的光纖回傳鏈路仍然是最優先方案，但並非所有場所都有光纖建設，特別是在一些受地理限制難以鋪設光纖管道或嚴格限制挖掘的場所，即使取得許可鋪設新的光纖管道，還需要負擔新的光纖建設所衍生的成本，建設過程也可能需要幾個月的時間。其他方案如點對點或點對多點微波，經常作為光纖回傳鏈路的替代方案，用於郊區及鄉村地區或光纖管道鋪設困難地區。微波回傳鏈路的優點是比光纖建設成本低且更加快捷，但點對點微波天線主要是以直線視距 (Line of Sight, LOS) 方式通信，容易受到地形或障礙阻擋之限制。目前微波回傳鏈路主要採用傳統微波技術 (6~42 GHz 頻段)，平均傳輸容量在50 Mbps至500 Mbps之間，因此無法滿足毫米波基地臺高載時的回傳容量需求。

對於傳統回傳鏈路無法到達或建設經濟效益低的地區，多跳式中繼技術 (Multi-hop relaying) 可以更快捷的方式滿足隨時隨地取得行動寬頻服務的社會需求。將基地臺與用戶設備間的直接路徑以一個或多個中繼站點分成數段通訊品質較佳的短路徑，下行資料先由基站發送到中繼節點，再由中繼節點間轉送至用戶設備，上行傳輸則反向而行。不同於傳統的行動通訊增波器 (Repeater/Booster) 僅做訊號放大轉送 (Amplify-and-Forward)，這種中繼站點通常遵循某種路由協定將訊號解碼轉送 (Decode-and-Forward)，不僅能擴大涵蓋範圍還能改善接收端訊號雜訊比 (Signal-to-Noise Ratio, SNR)。

3GPP Release 16規範了一種用於NR整合接取鏈路及回傳鏈路的架構—整合式接取與回傳 (Integrated Access and Backhaul, IAB)，又稱5G自回傳技術 (5G Self-backhauling)。該技術的前身—LTE中繼 (LTE Relaying) 為LTE-Advanced (3GPP Release 10) 中所引入的多跳式中繼技術，但至今僅有少數電信業者商用化。然而鑑於NR毫米波頻段的固有特性限制，以及近年來巨量MIMO天線 (Massive MIMO, mMIMO) 與混合式波束賦形 (Hybrid Beamforming) 等增強技術逐漸成熟，多跳式中繼又重新受到矚目，IAB作為相關技術的



圖2 IAB設備示意圖

資料來源：Samsung

後繼者進行了標準化工作。圖2為IAB設備示意圖，此技術擴展現有的NR功能及介面，在單一基礎設施整合了接收鏈路及無線回傳鏈路，不僅能提供用戶接收服務還能進行無線中繼回傳，既可擴大原有涵蓋範圍，還可藉此減少建設初期對於光纖或微波回傳鏈路的需求密度，無須依新設站點比例增設回傳鏈路，尤其適合5G毫米波網路，作為快捷部署且成本效益較佳的解決方案。

## 四、IAB網路架構

### (一) IAB系統架構

IAB是基於NR接收網路邏輯功能拆分Option 2的應用，以協定堆疊中的PDCP (Packet Data Convergence Protocol) 子層 (sublayer) 與RLC (Radio Link Control) 子層為分界，將gNodeB (NR基地臺) 拆分為負責處理上層協定的中央單元 (Central Unit, CU)，以及負責處理下層協定等高即時性需求任務的分散單元 (Distributed Unit, DU)，所有分散站點皆配有一套DU，多個站點透過F1介面共用同一個CU進行集中式管理。以此架構為基礎，將現行的NR空中介面與功能進行修改，即構成圖3所示IAB架構。

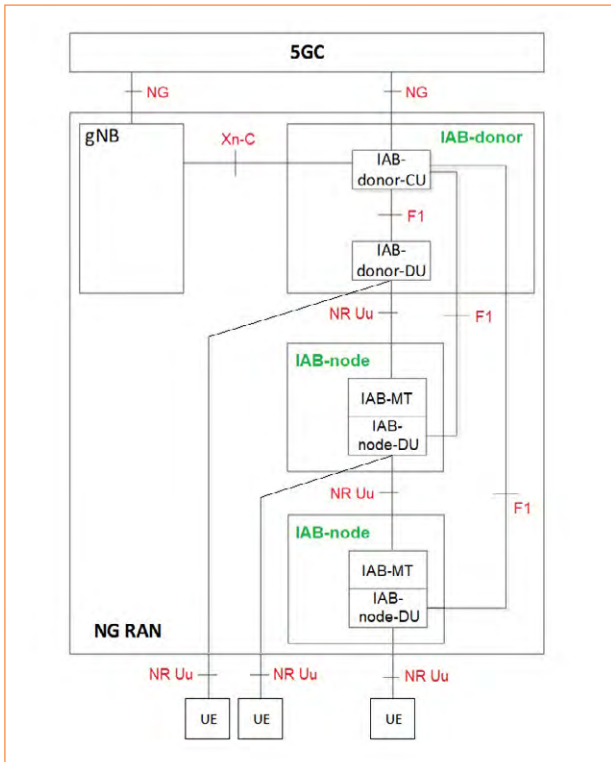


圖3 IAB總體架構圖

資料來源：本文作者

IAB-node是IAB網路中的無線中繼節點，既需要向上級父節點發起接收，又需要為下級子節點提供接收服務，因此IAB-node將包含兩個功能模組，IAB行動終端 (IAB Mobile Termination, IAB-MT) 和IAB-node-DU。

IAB-donor是IAB網路中的中央控制節點，由有線F1介面連接的IAB-donor-CU和IAB-donor-DU組成，其中IAB-donor-CU將以無線F1介面與所有IAB-node-DU建立連線，負責整個IAB網路的無線資源管理、拓樸路由管理及承載映射等。

### (二) IAB網路拓樸

3GPP Release 16中，IAB網路支援生成樹 (Spanning Tree) 拓樸及有向無環圖 (Directed Acyclic Graph) 拓樸，本文將以生成樹拓樸建構之IAB網路進行說明。如圖4所示，該結構係以一個具有傳統回傳鏈路 (光纖或點對點微波) 的IAB-donor為樹根，作為IAB網路的中央控制節點，以及往返接收網路與核心網路間的流量匯聚節點，並透過無線連結向外樹狀延伸到多個中繼節點IAB-node。IAB-node不僅提供用戶接收服務，還支援多跳接傳輸，可協助轉發其子節點的回傳流量。

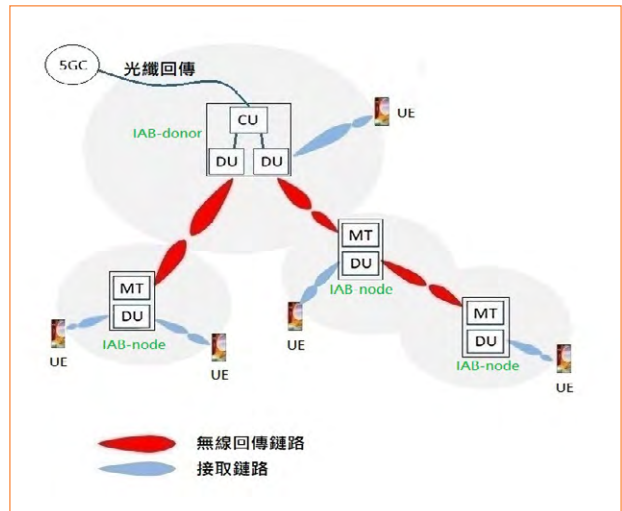


圖4 IAB網路樹狀拓樸圖例

資料來源：本文作者

IAB-donor-CU透過有線及無線F1介面與IAB拓樸內的所有DU組件建立連線，負責承載整個拓樸往返核心網路的流量，並協調整個IAB拓樸的運作。對用戶設備 (UE) 而言，IAB-node或IAB-donor與一般NR基地臺無異，皆透過DU模組為其電波涵蓋範圍內的UE提供接收鏈路；而對其子IAB-node而言，則是在電波涵蓋範圍提供無線回傳鏈路。IAB-MT模組類似於UE，具有UE的子集功能，IAB-node透過IAB-MT模組的NR空中介面連接到其父節點DU。剛啟動的IAB-node須先作為UE接收IAB網路並取得IP位址，以建立IAB-node-DU與IAB-donor-CU之間的無線F1介面，待IAB-node-DU組態設定完成，始作為此拓樸的中繼節點運作。

在單跳 (single-hop) 傳輸情境，UE是由IAB-donor直接提供的接收鏈路獲得網路服務；在多跳 (multi-hop) 傳輸情境，UE則透過鄰近的IAB-node接收網路，



並利用無線回傳功能進行多跳傳輸，上行傳輸通過數段無線回傳鏈路往IAB-donor中繼轉送，最終到達核心網路，下行傳輸則反向而行。

### (三) 支援SA組網及EN-DC NSA組網

IAB架構設計除了支援獨立組網 (Standalone, SA) 外，亦支援基於EN-DC (E-UTRAN-NR Dual Connectivity) 的非獨立組網 (Non-Standalone, NSA)。應用於EN-DC NSA組網時，IAB-node啟動後須透過IAB-MT模組以LTE空中介面 (LTE Uu) 先與一個Master eNodeB (錨點 LTE 基地臺, MeNB) 建立連線，並接著以NR空中介面 (NR Uu) 與一個Slave gNodeB (從屬 NR 基地臺, SgNB) 聯繫建立起EN-DC雙連結，始能加入IAB拓樸中執行中繼功能，SA組網和EN-DC NSA組網之架構差異詳見圖5。

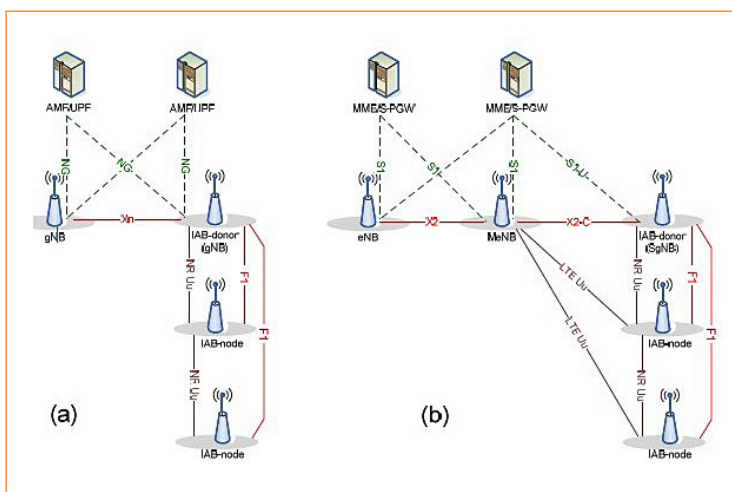


圖5 IAB架構：(a) SA組網、(b) EN-DC NSA組網

資料來源：3GPP TS 38.300<sup>4</sup>

## 五、IAB協定堆疊

5G NR定義了F1介面作為CU與DU間的通訊介面，IAB架構將此功能修改，令IAB-donor-CU可透過有線及無線方式與IAB拓樸中的各DU模組建立F1介面連線。根據用途，F1介面又可分為負責控制平面 (Control Plane) 信令傳輸的F1-C，以及負責用戶平面 (User Plane) 資料傳輸的F1-U。F1-C及F1-U介面的網路層皆基於IP協定，而傳輸層則分別採SCTP協定 (Stream Control Transmission Protocol, 串流控制傳輸協定) 及UDP協定 (User Datagram Protocol, 用戶資料元協定)。

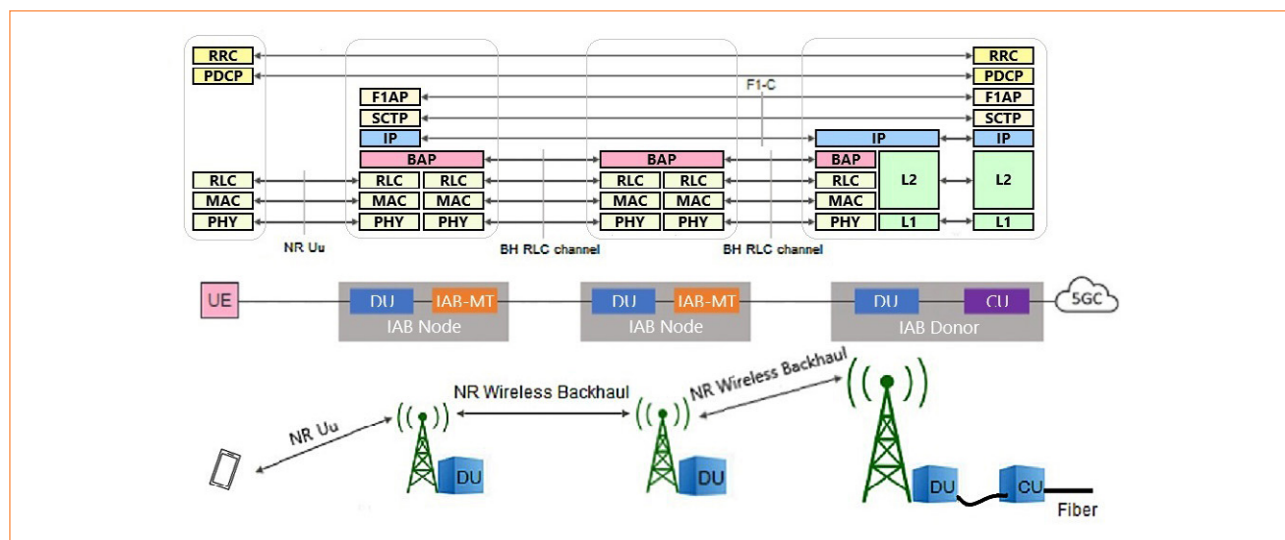


圖6 IAB架構控制平面協定堆疊

資料來源：本文作者

IAB架構控制平面協定堆疊如圖6所示，有別於一般NR RAN架構的協定堆疊，IAB架構在IAB-donor及IAB-node的第2層協定中額外定義了回傳適配協定 (Backhaul Adaptation Protocol, BAP) 子層，該層僅存在於IAB網路中，主要作用為回傳鏈路的封包路由和承載 (bearer) 映射。IAB-donor-CU會為拓樸中每一段無線回傳鏈路配置邏輯通道 (即BH RLC channel)，並為鏈路上的每個BH RLC channel預先設定承載映射配置資訊，藉以對流量實施優先權分級及QoS (Quality of Service, 服務品質) 控制。IAB-donor與接取端IAB-node間的IP封包會先在起站點經BAP子層封裝成BAP封包，並根據承載映射配置資訊映射到相應需求的BH RLC通道傳送出去。BAP表頭中包含目的節點的BAP地址和路徑ID，IAB-node將根據這些資訊找出下一個節點進行轉發，最後到達終站點後解封裝完成路由。

IAB網路內的無線中繼轉發採BAP路由協定可獨立於IAB外部的IP封包路由規則，其優點是IAB拓樸內部路由資訊的改變無須傳遞到核心網路或其他相鄰gNodeB，可避免增加信令負擔，將IAB對核心網路的影響最小化。IAB-node及無線中繼鏈路的存在對於核心網路與UE而言是透明的，單個IAB拓樸可視為一個gNodeB邏輯節點，核心網路與UE只會認為是一般gNodeB提供網路存取服務。

## 六、IAB鏈路資源分配

在實體層方面，部署IAB網路面臨的其中一項主要挑戰是拓樸內的無線鏈路間可能互相干擾，尤其IAB-node自身MT和DU機能的兩組收發器天線隔離程度不足時，父、子鏈路傳輸將對彼此造成嚴重的自干擾（Self-Interference）現象，因此須設計各種無線資源分配機制將訊號從時域或頻域甚至空間上進行隔離，以避免干擾造成IAB整體網路效能下降。

3GPP Release 16中，IAB網路主要以分時多工（Time-Division Multiplexing, TDM）方案作為鏈路間的無線資源分配機制，由父節點半靜態或動態地配置可用的時間資源給IAB節點的子鏈路使用，使MT和DU兩方不會呈現一收一發的狀態，從而避免父子鏈路間自干擾。3GPP Release 17對IAB的增強技術進行了標準化，進一步支援分頻多工（Frequency Division Multiplexing, FDM）和空間多工（Space Division Multiplexing, SDM）等增強方案，包括結合複數種方案進一步降低自干擾的應用，如圖7所示。

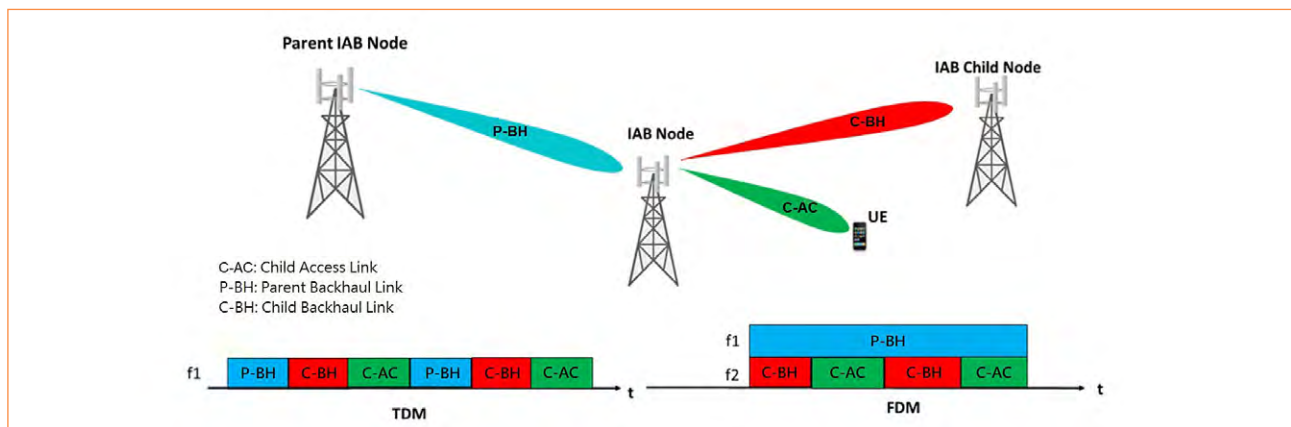


圖7 鏈路資源分配方案：TDM+SDM（左）／FDM+SDM（右）

資料來源：5G Americas white paper (2020) <sup>4</sup>

前述的所有多工方案都是基於無線資源的切割以避免自干擾，而3GPP Release 17中還提出了全雙工（Full Duplex, FD）方案作為IAB網路的增強功能之一。該方案透過自干擾消除（Self-interference cancellation, SIC）演算法將自干擾抑制到低於雜訊的水準，允許IAB-node的所有鏈路在相同的時頻資源發送和接收，大幅提高頻譜效率和減少IAB網路的延遲，如圖8所示。

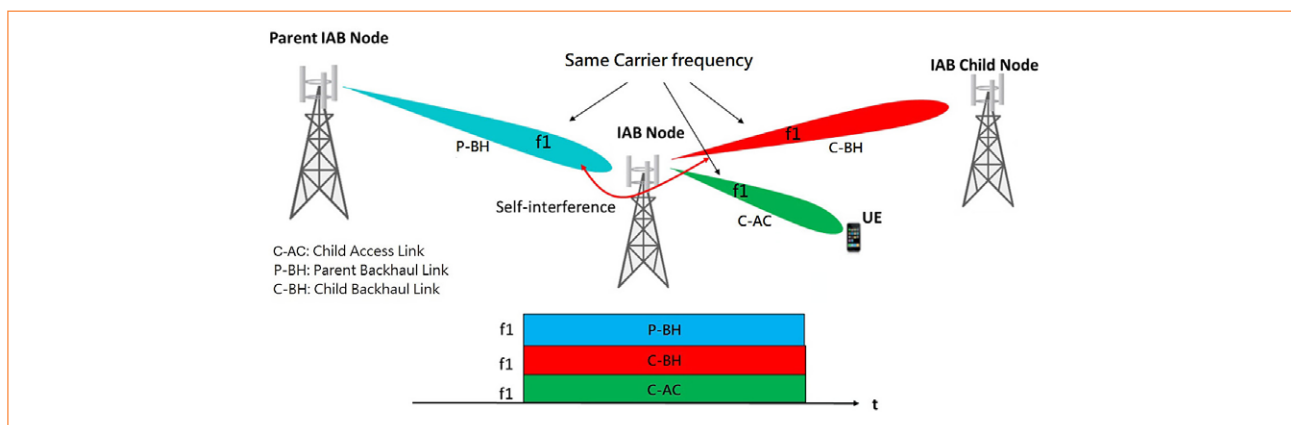


圖8 應用SIC技術達成鏈路間同時同頻全雙工傳輸

資料來源：5G Americas white paper (2020) <sup>4</sup>

## 七、IAB應用場景

作為LTE Relay的後繼技術，IAB技術通常採用巨量MIMO天線進行波束賦形及多波束操作，以提升頻譜利用率、增強訊號品質並減少鏈路間干擾。IAB-node整合了無線接收及無線回傳功能，並具備多跳中繼傳輸的能力，可減少對於光纖回傳鏈路的依賴。相較於小型基地臺，低功耗中繼站點IAB-node的成本更低，並能使NR毫米波網路部署更加快捷、靈活。以下介紹IAB Release 16版本的幾個典型用例：

### (一) 延伸室外涵蓋範圍

在山區、海島等光纖鋪設困難的偏遠區域，主要著重於如何降低部署成本延伸涵蓋範圍，而不是增加每個站點的容量，運營商可以選擇共享毫米波頻譜給IAB-node作為無線回程傳輸用途，將涵蓋範圍延伸至缺乏光纖建設的區域。如圖9所示NR毫米波室外部署場景，當IAB-donor涵蓋範圍內的用戶容量充足，過剩的毫米波頻譜資源可分享給外圍的IAB-node，進一步延伸涵蓋範圍。

放大器在以上場景較不適合使用，放大並轉發訊號的機制在進行長距離的轉發時，轉發點所接收之原始訊號已經衰弱，且因各級節點的雜訊也會被累積放大，導致最終轉發到達的訊號SNR較差。基於中繼技術的IAB-node是將信號進行解碼並轉發，轉發訊號是經重新產生的乾淨訊號，具有較佳SNR。

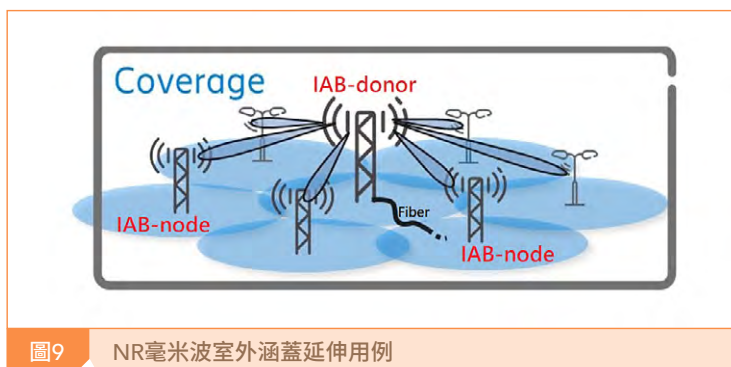


圖9 NR毫米波室外涵蓋延伸用例

資料來源：2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (2019) <sup>5</sup>

### (二) 改善室內涵蓋品質

行動數據流量大部分由室內產生，隨着5G網路建設的不斷完善，網路涵蓋的重點將由室外轉向室內。建築物對室外基地臺訊號有很強的遮蔽作用，尤其高頻段電磁波更不易傳播至室內深處或地下室等場景，將形成5G行動網路的訊號盲區或弱涵蓋區。針對上述場景，如圖10所示，可將IAB-node設置於窗邊或者其他與IAB-donor通訊品質良好的位置，使5G網路接收點更進一步接近室內用戶或固定無線接入服務（Fixed Wireless Access, FWA）的用戶終端設備（Customer premise equipment, CPE），將室外涵蓋延伸至室內並增強室內通訊容量。

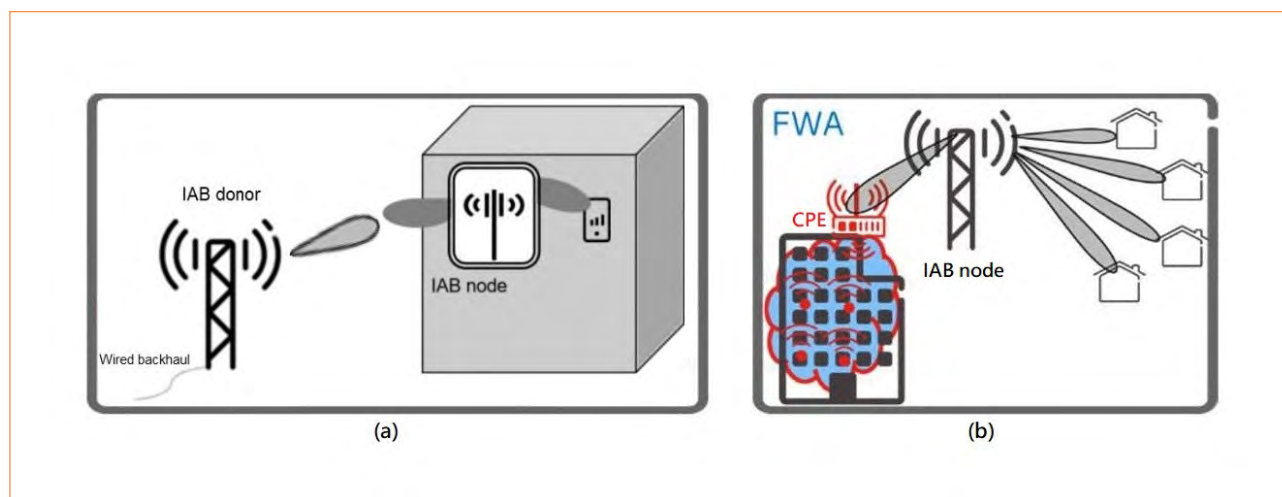


圖10 IAB用於改善室內涵蓋品質：(a) IAB node置於窗邊；(b) IAB node置於室外近處

資料來源：2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (2019) <sup>5</sup>

### (三) 提供熱點高容量涵蓋

ITU於2015年<sup>1</sup>報告中指出了行動數據流量在時間及空間上的不均勻性，80%的行動數據流量僅由20%的基地臺站點處理，並且會在某些尖峰時段大量產生。因此NR毫米波最重要的應用場景即為提供熱點高容量涵蓋，包括室內/室外場館、繁華地帶或交通樞紐等最需要高速率、大量連結的地方，如圖11所示，都是非常適合部署IAB網路的場景。



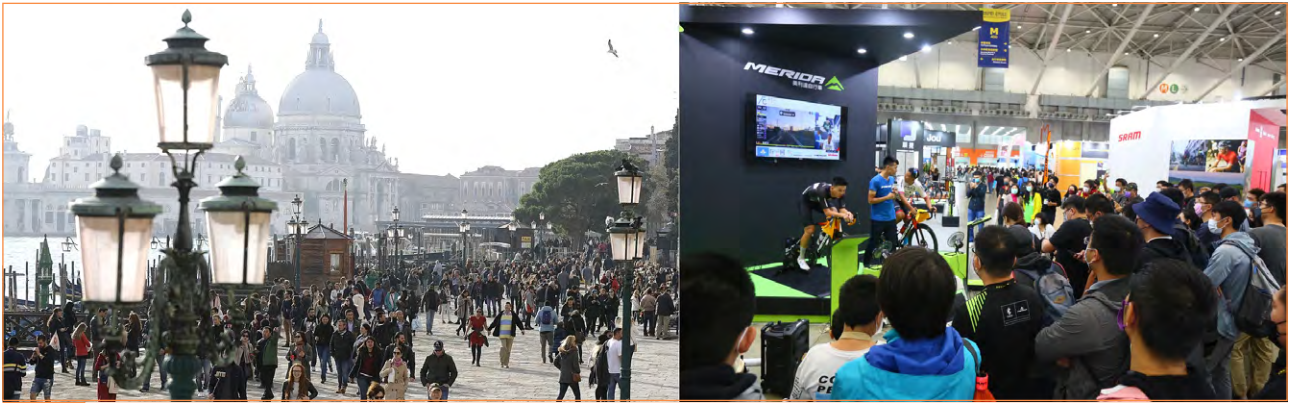


圖11 IAB提供熱門觀光景點及室內展場大容量涵蓋

資料來源：本文作者

#### (四) 填補涵蓋缺口

都市裡高樓林立，地形地物複雜，5G網路中的高頻段訊號傳播容易受高大建物所遮蔽，可能產生訊號無法到達的區域，也稱為涵蓋缺口。此場景可另尋一處高點設置IAB-node，填補被高大建物所遮蔽區域的涵蓋缺口，並利用無線回傳鏈路將訊務中繼轉發至IAB-donor，如圖12所示。

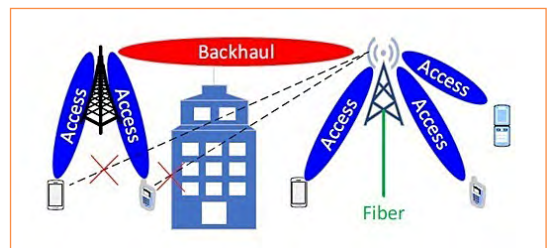


圖12 利用IAB填補涵蓋缺口

資料來源：5G Americas white paper (2020) 6

#### (五) 高速公路沿線涵蓋延伸

車輛行駛於高速公路上會穿越多個不同基地臺細胞，用戶在基地臺間轉移服務時容易遇到訊號中斷的情況，主要是基地臺涵蓋範圍間存在大大小小的間隙，造成沿線存在許多訊號涵蓋不良的路段，行經這些路段時手機未能及時完成行動服務交遞 (Handoff) 程序，服務將受到中斷直到重新連上可用基地臺。如圖13所示，IAB技術可應用於這些路段的涵蓋範圍延伸，各節點間涵蓋範圍緊密相接，用戶訊號可以進行多跳中繼回傳到最近的IAB-donor，幫助減少沿線擴展涵蓋的建置成本。

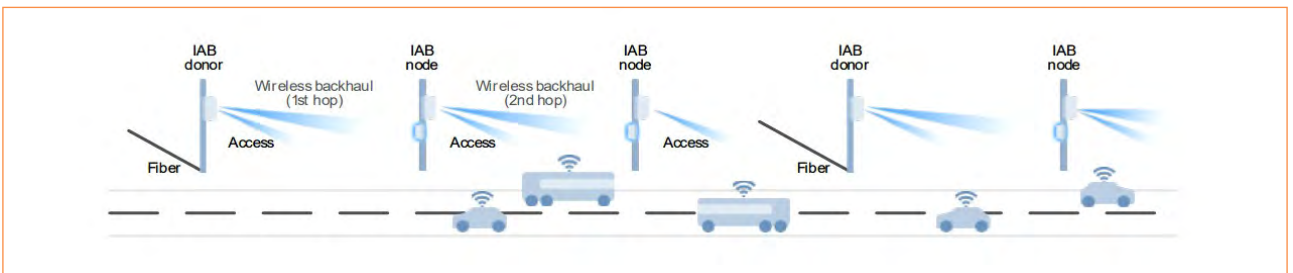


圖13 利用IAB沿線擴展涵蓋範圍

資料來源：5G Americas white paper (2020) 4

#### (六) 提供臨時性基地臺部署

針對特殊場景需求，可將IAB與移動車體或無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 進行整合，並搭載便攜式供電設備，構成一個便於移動的機動式基地臺或空中基地臺，滿足傳統基地臺所無法提供的靈活移動及快捷部署等特點。其應用場景包括在大型運動賽事、演唱會、緊急救災等非常態事件中提供臨時性部署。如圖14所示，大型活動場合由於用戶密度極高，當地基地臺將可能面臨容量不足的問題，利用機動式基地臺搭載IAB-node，發揮毫米波超大頻寬的特點，滿足局部區域立即且暫時性的高訊務流量及大量連結數需求。而在地震、

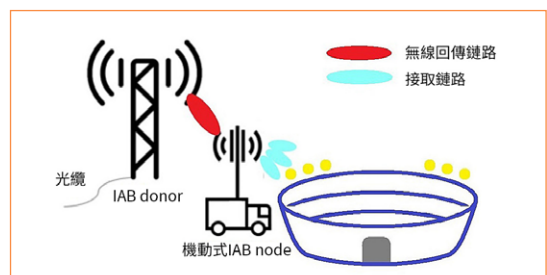


圖14 機動式IAB node用於大型體育賽事現場

資料來源：本文作者

颱風和土石流等自然災害發生時，當地基地臺或其後端設備受損將導致部分區域通信癱瘓，為了快速恢復行動通訊機能，可依圖15所示部署空中基地臺，快速建立起一條無線回傳鏈路，為災區提供臨時網路涵蓋。

## 八、結語

為滿足ITU所制定的IMT-2020各項技術指標，具有大量可用頻寬的毫米波頻段可真正實現5G eMBB的需求指標，使數十Gbps峰值數據速率及空中介面延遲時間低於1毫秒成為可能，實現8K直播和擴增實境（Augmented Reality, AR）／虛擬實境（Virtual Reality, VR），甚至達到元宇宙（Metaverse）的境界。目前國內刻正進行整合了智慧照明、智慧交通、環境感測、多媒體播放、Wi-Fi熱點及5G毫米波小型基地臺等多項功能的5G智慧杆（5G Smart Pole）場域驗證，可以預期未來毫米波小型基地臺將被大規模廣泛地採用，實現各項智慧城市應用。

隨著5G建設發展從初期的廣度涵蓋轉向深度涵蓋，毫米波運用帶來大頻寬可使數據傳輸速率大幅提升，然而電信業者將面臨布建及擴充回傳網路的困難。毫米波IAB技術將接收鏈路及無線回傳鏈路整合於單一網路節點中，使電信業者能夠利用多跳無線回傳的方式快速增設新站點，因而無須按新設站點比例增設回傳鏈路，大大降低對光纖或微波回傳鏈路的依賴。總而言之，以上技術可應用於室內、外涵蓋擴展、填補涵蓋缺口及熱點高容量需求等場景，作為NR毫米波網路快捷靈活且高成本效益部署的解決方案。☁



圖15 搭載中繼技術的空中基地臺

資料來源：雷虎科技

（本文作者為北區監理處技士及處長）

縮略語中英文對照表

英文縮寫	英文全名	中文譯義
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第3代合作夥伴計畫
5G	5th Generation Wireless Communication	第5代行動通訊
5GC	5G Core Network	5G核心網路
AMF	Access and Mobility Management Function	存取與移動管理功能
AR	Augmented Reality	擴增實境
BAP	Backhaul Adaptation Protocol	回傳適配協定
BH	Backhaul	回傳
CA	Carrier Aggregation	載波聚合技術
CC	Component Carrier	分量載波
CP	Control Plane	控制平面
CPE	Customer premise equipment	用戶終端設備
CU	Central Unit	中央單元
DRAN	Distributed Radio Access Network	分散式無線接入網路

英文縮寫	英文全名	中文譯義
DU	Distributed Unit	分散單元
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增強行動寬頻
eNB	Evolved Node B	即LTE基地臺
EN-DC	E-UTRAN-NR Dual Connectivity	即LTE-NR雙連結
E-UTRAN	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network	即LTE無線存取網路
F1AP	F1 Application Protocol	F1應用協定
FD	Full Duplex	全雙工
FDM	Frequency Division Multiplexing	分頻多工
FWA	Fixed Wireless Access	固定無線存取服務
gNB	Next Generation Node B	即NR基地臺
HetNet	Heterogeneous Network	異質網路
IAB	Integrated Access and Backhaul	整合式存取與回傳
IAB-MT	IAB Mobile Termination	IAB行動終端
IMT-2020	International Mobile Telecommunications-2020	2020年版之國際行動通訊規格，簡稱5G
ITU	International Telecommunication Union	國際電信聯盟
LOS	Line of Sight	直線視距
LTE	Long Term Evolution	長期演進技術
LTE Uu	LTE air interface	LTE空中介面
MAC	Media Access Control	媒體存取控制
MEC	Mobile Edge Computing	行動邊緣運算
MeNB	Master eNodeB	錨點LTE基地臺
MME	Mobility Management Entity	行動管理實體
mMIMO	massive MIMO	巨量多輸入多輸出系統
mMTC	Massive Machine Type Communication	巨量物聯通訊
mmWave	Millimeter Wave	毫米波
NG-RAN	Next Generation Radio Access Network	次世代無線存取網路
NFV	Network Functions Virtualization	網路功能虛擬化
NSA	Non-Standalone	非獨立組網
NR	New Radio	新無線電
NR Uu	NR air interface	NR空中介面
PDCCP	Packet Data Convergence Protocol	封包數據匯聚協定
QoS	Quality of Service	服務品質
RAN	Radio Access Network	無線存取網路
RLC	Radio Link Control	無線鏈路控制
RRC	Radio Resource Control	無線資源控制



英文縮寫	英文全名	中文譯義
SA	Standalone	獨立組網
SCTP	Stream Control Transmission Protocol	串流控制傳輸協定
SDM	Space Division Multiplexing	空間多工
SDN	Software Defined Networking	軟體定義網路
SgNB	Slave gNodeB	從屬NR基地臺
SIC	Self-Interference Cancellation	自干擾消除
SINR	Signal-to-Interference Plus Noise Ratio	訊號干擾雜訊比
SNR	Signal-to-Noise Ratio	訊號雜訊比
S-PGW	Serving/ Packet Data Network Gateway	服務／封包數據網路閘道器
TDD	Time-Division Duplexing	分時雙工
TDM	Time-Division Multiplexing	分時多工
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人飛行載具
UDP	User Datagram Protocol	用戶資料元協定
UE	User Equipment	用戶設備
UP	User plane	用戶平面
UPF	User Plane Function	用戶平面功能
uRLLC	Ultra-Reliable and Low Latency Communications	高可靠低遲延通訊

### 參考文獻

1. I. Union, "IMT traffic estimates for the years 2020 to 2030," Report ITU-R M.2370-0, 2015.
2. Ericsson, "5G wireless access: an overview," Ericsson White Paper, 1/28423-FGB1010937, p. 8, April 2020.
3. 3GPP, "NR; NR and NG-RAN Overall description; Stage-2," 3GPP, TS 38.300, v17.0.0.
4. 5G Americas, "Innovations in 5G Backhaul Technologies: IAB, HFC & Fiber," 5G Americas white paper, June 2020.
5. Oumer Teyeb, Ajmal Muhammad, Gunnar Mildh, Erik Dahlman, Filip Barac, Behrooz Makki, "Integrated Access Backhauled Networks," 2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Fall), Sep. 2019.
6. 5G Americas, The 5G Evolution: 3GPP Releases 16-17; 5G Americas white paper; June 2020.
7. 5G Americas, "3GPP Releases 16 & 17 & Beyond," 5G Americas white paper, June 2021.
8. GSMA 5G 毫米波技術白皮書，GSMA，2020年9月。
9. 3GPP, "NR; Study on integrated access and backhaul," 3GPP, TR 38.874, v16.0.0.
10. 3GPP, "5G System architecture for the 5G System (5GS)," 3GPP, TS 23.501, v17.4.0.
11. 3GPP, "NG-RAN; Architecture description," 3GPP, TS 38.401, Jul. 2022, v17.1.1.
12. 3GPP, "NR; Integrated Access and Backhaul (IAB) radio transmission and reception," 3GPP, TS 38.174, v17.1.0.
13. 3GPP, "NR; Backhaul Adaptation Protocol (BAP) specification," 3GPP, TS 38.340, v17.0.0.

1. I. Union, "IMT traffic estimates for the years 2020 to 2030," Report ITU-R M.2370-0, 2015.
2. Ericsson, "5G wireless access: an overview," Ericsson White Paper, 1/28423-FGB1010937, p. 8, April 2020.
3. 3GPP, "NR; NR and NG-RAN Overall description; Stage-2," 3GPP, TS 38.300, v17.0.0.
4. 5G Americas, "Innovations in 5G Backhaul Technologies: IAB, HFC & Fiber," 5G Americas white paper, June 2020.
5. Oumer Teyeb, Ajmal Muhammad, Gunnar Mildh, Erik Dahlman, Filip Barac, Behrooz Makki, "Integrated Access Backhauled Networks," 2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Fall), Sep. 2019.
6. 5G Americas, The 5G Evolution: 3GPP Releases 16-17; 5G Americas white paper; June 2020.

# 高速應用 嶄新生活體驗

## 5G基地臺演進與審驗方式簡介

文 | 陳佩均

### 一、5G時代來臨

我國於109年6月起，5家行動通信業者陸續取得國家通訊傳播委員會（以下簡稱本會）核發之行動寬頻業務3,500MHz、28,000MHz頻段特許執照，我國正式進入第5代行動通訊（5G）時代，5G網路的高寬頻影視（4K/8K）、多樣化AR/VR、360°視訊等場景進入國人的生活中，可應用5G大頻寬、低延遲及大連結的服務體驗。

目前全球採用兩種不同頻段部署5G網路，即3GPP劃分的FR1頻段和FR2頻段。其中FR1頻段範圍為450MHz~6GHz，被稱為Sub-6GHz頻段；FR2頻段範圍為24.25GHz~52.6GHz，被稱為毫米波頻段。

國際電信聯盟無線電通信部門（ITU-R）定義的5G使用情境，主要有以下3種（如圖1）：

- （一）增強版行動寬頻（Enhanced Mobile Broadband, eMBB）：多媒體內容、服務與資料接取；
- （二）高可靠且低延遲通訊（Ultra-reliable and Low Latency Communications, URLLC）：工業製造的無線控制、遠距醫療手術、智慧電網、交通運輸安全；
- （三）大量機器型式通訊（Massive Machine Type Communications, mMTC）：大量連網數據量低之感測裝置。

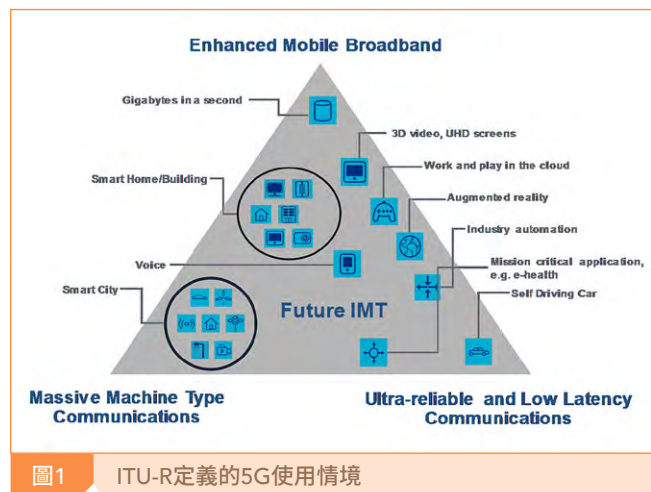


圖1 ITU-R定義的5G使用情境

資料來源：國際電信聯盟（ITU）

為了達成使用情境，其基本要求為高速通訊速率、高連線數、低延遲及高移動性等，需要靠新的無線技術如大規模多輸入多輸出系統（Massive MIMO）、毫米波（mmWave）及網路技術來達成。

## 二、4G與5G無線接取網路（RAN）的差異

5G（NR）無線接取網路與4G（LTE-A）皆採用扁平化架構，基地臺拆成基頻單元（Baseband Unit, BBU）與遠端無線電單元（Remote Radio Unit, RRU），5G將BBU再拆分為集中單元（Central Unit, CU）及分散單元（Distributed Unit, DU），CU負責非即時性基頻處理，DU負責即時性基頻處理，RRU也可稱為無線電單元（Radio Unit, RU）。依據不同應用場景，CU與DU之間的功能分割可以有不同的選項，讓接取網路更有彈性。

為方便進行4G設備拆裝與維修，通常會採取RRU與天線系統分離，天線與RRU中間以饋線連接，RRU不需掛在天線支架上端或鐵塔上端，可以減少支架或鐵塔載重，也可以增加天線或RRU的配置彈性。

5G採用Massive MIMO多天線的技術，將RU、饋線和天線模組整合為主動天線模組（Active Antenna Unit, AAU），通道數的增加可提升系統傳輸量，多天線也可以提供空間自由度，運用波束成形之技術，對高樓的覆蓋能力可增強，也可減少用戶間的干擾。

5G由於採用頻段（3,500MHz、28,000MHz）的電波特性，除需建設的基地臺數量較多外，也需要小型基地臺填補小區域的訊號涵蓋，或布建於熱點。小型基地臺的運用，具有靈活部署的特點，可以有效加強網路效能和服務品質，可應用於下列場景：

- （一）立體涵蓋：小型基地臺可安裝於燈桿、號誌桿或建築物外牆，或安裝於大樓室內，與大型基地臺形成立體涵蓋。
- （二）大容量室內涵蓋：室內使用者較多時，安裝小型基地臺可支援MIMO，提供足夠的容量及高速傳輸的要求。
- （三）提升整體網路容量：安裝於熱點，可減少大型基地臺負荷，讓大型基地臺服務中速至高速移動者的廣域涵蓋，提升網路效能。

基於5G基地臺設備上述改變，本會配合電信管理法訂定「公眾電信網路基地臺設置使用管理辦法」，以因應5G設備之演進。

## 三、基地臺審驗因應的改變

為實現5G相關技術，需要充足且更高頻段的頻率及更密集的基地臺建設，預估依現行技術及商業模式，4G與5G將並存10年以上。因此，基地臺的布建除以一般中低頻段基地臺為大範圍訊號涵蓋外，亦需要更大量之小型、高頻段及低功率基地臺進行布建。

配合電信管理法之頒布，對基地臺之規管方式爰予以做適度的調整。因此，本會以「行動通信網路業務基地臺設置使用管理辦法」為基礎，訂定「公眾電信網路基地臺設置使用管理辦法」，汲取電信管理法解除管制之精神，將設置基地臺由許可制簡化為登錄制，並就基地臺之使用採取分級管理，區分微型基地臺與大型基地臺為不同密度之管制。此外，也將5G基地臺附掛燈桿等公共設施需求納入考量，以加速5G之建設與發展。

新的「公眾電信網路基地臺設置使用管理辦法」業於109年7月1日施行，基地臺管理區分為大型基地臺及微型基地臺，大型基地臺指射頻設備最大輸出功率大於10瓦特之基地臺，微型基地臺指射頻設備最大輸出功率大於1.26瓦特，且為10瓦特以下之基地臺。此外，因應新的基地臺管理辦法，也一併配合訂定「公眾電信網路基地臺審驗技術規範」。

因微型基地臺天線輻射功率及電波涵蓋範圍均較大型基地臺為小，且其射頻設備已依相關規定辦理型式認證，得由設置者自主管理，設置者僅須向本會登錄微型基地臺資料後，即得逕行設置使用，免除審驗及核發執照之程序，僅大型基地臺應經審驗合格並取得電臺執照後，始得使用。

## 四、大型基地臺之審驗項目

依據「公眾電信網路基地臺審驗技術規範」，大型基地臺之射頻審驗項目介紹如下：

### （一）最大有效等向輻射功率（必測項目）

1.每一載波之最大有效等向輻射功率（Effective Isotropic Radiated Power, EIRP）應在57分貝毫瓦（dBm）以下，量測方法依下列4種方式擇一測試，屬LTE（Long Term Evolution）或NR（New Radio）規格者，對每一載波之測量頻寬設為5MHz。目前實務上大多採用以量測儀器於空中介面（Over The Air, OTA）測得基地臺EIRP值，OTA量測方式將於下一節介紹。

- （1）以量測儀器直接連接射頻單體輸出端，測得其輸出功率，再加計連接器損失、饋電線損失及天線增益後，得出EIRP值。
- （2）經由維運或網管等設備讀取基地臺射頻單體輸出功率之設定值，或是依據所讀取之設定值參考原



廠或經本會認可驗證機構提供之「基地臺射頻單體輸出功率設定值與實際輸出功率對照表」為射頻單體輸出功率，再加計連接器損失、饋電線損失及天線增益後，得出EIRP值。

(3) 以量測儀器於空中介面 (Over The Air, OTA) 測得基地臺EIRP值。

(4) 經由維運或網管等設備讀取基地臺EIRP值。

2. 射頻單體輸出端如有多組饋電線、連接器時，以損失最小之一組提報資料並測試之。EIRP 20瓦特以下之基地臺，可免本項審驗，但申請人應檢送各臺之測試報告。

## (二) 電波功率密度 (必測項目)

1. 各頻段最大電磁波功率密度應符合行政院環境保護署所訂「限制時變電場、磁場及電磁場曝露指引」中非職業場所之公眾於環境中曝露各頻段之限制時變電場、磁場及電磁場曝露參考位準值。

2. 各頻段之最大電波功率密度

700MHz頻段為0.35毫瓦/平方公分 (mW/cm<sup>2</sup>)；900MHz頻段為0.45mW/cm<sup>2</sup>；1,800MHz 頻段為 0.9mW/cm<sup>2</sup>；2GHz以上頻段為1mW/cm<sup>2</sup>。

3. 電波功率密度之防護

(1) 單一基地臺使用某一頻段，該基地臺量測所得之電波功率密度，不得大於該頻段之最大電波功率密度。

(2) 單一基地臺使用多種頻段，該基地臺量測所得之電波功率密度加總值，不得大於該多種頻段中最低頻段之最大電波功率密度。

(3) 共站或共構基地臺使用某一頻段，各基地臺量測所得之電波功率密度加總值，不得大於該頻段之最大電波功率密度。

(4) 共站或共構基地臺使用多種頻段，各基地臺量測所得之電波功率密度加總值，不得大於該多種頻段中最低頻段之最大電波功率密度。

4. 電波功率密度之測試程序

(1) 測試點之高度

基地臺架設於建築物者，將量測儀器 (頻譜分析儀或場強分析儀) 測試用之接收天線，設置於基地臺天線所在區域之人員合理活動範圍，並離該樓板地面1.6公尺處為測試點之高度。基地臺架設於空地者，將測試用之接收天線設置於離地面1.6公尺處為測試點之高度。

(2) 測試點之選擇

測試點之選擇，以基地臺每一根天線附近人體可活動範圍內為測試區域。

(3) 測試方法

以測試饋電線之兩端分別連接至接收天線信號輸出端，以及量測儀器信號輸入端。審驗人員在測試區域內先以儀器或工程型用戶終端設備量測電波功率值 (dBm)，並以量測出最大值之地點為測試點，再利用量測儀器進行量測並記錄之。每一測試點均須以該天線所發射頻率，進行電波功率值量測，其量測時間為1分鐘，必要時得延長測試時間為6分鐘，並以量測之最大值記錄之。

(4) 測試值換算

每一測試紀錄值先換算成電波功率密度值毫瓦/平方公分 (mW/cm<sup>2</sup>) 再加總，始為此測試點之電波功率密度值。

## (三) 帶外輻射發射限制 (屬LTE規格者之選測項目)

為防止業者之基地臺有干擾情事發生，得由本會審驗人員視防範基地臺干擾之需要，決定本項測試與否。測試時以網管中心或基地臺直接設定基地臺之最大發射功率頻道作為測試頻道，測試結果須符合行動通信基地臺射頻設備技術規範之規範值。

#### (四) 操作頻帶之不必要發射、混附發射區域之不必要發射(屬NR規格者之選測項目)

為防止基地臺有干擾情事發生，得由本會審驗人員視需要決定是否為本項測試，測試方式及測試結果須符合行動通信基地臺射頻設備技術規範之規範值。

### 五、OTA量測基地臺EIRP值

因為5G基地臺將射頻單體與天線封裝在一起，所以射頻單體沒有輸出介面，傳統的射頻單體量測，直接用纜線將待測射頻單體的輸出介面與測試儀器介面連接，進行發射功率量測的方式，不再適用於該型式之5G基地臺，因此改用OTA方式來量測EIRP。

量測時於基地臺天線前方，用雷射測距儀測量基地臺天線的距離，將距離輸入頻譜儀，接著於測量位置，將指向性天線以垂直和水平2方向對準天線，分別量測EIRP數值，如圖2、3，頻譜儀內建計算公式得到天線端的EIRP數值，如圖4中EIRP1、EIRP2及SUM數值。



圖2 指向性天線以垂直方向對準天線

資料來源：本文作者

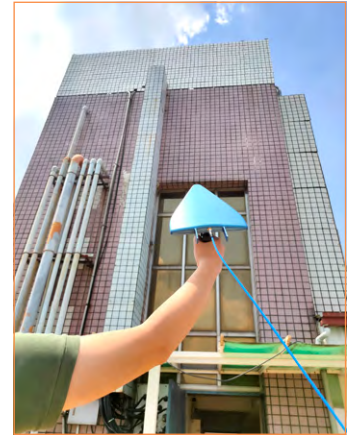


圖3 指向性天線以水平方向對準天線

資料來源：本文作者



圖4 頻譜儀EIRP量測數值

資料來源：本文作者

### 六、結語

本會因應5G基地臺設備之演進，訂定「公眾電信網路基地臺設置使用管理辦法」及「公眾電信網路基地臺審驗技術規範」，配合電信管理法施行後，鬆綁電臺管理，將基地臺設備依功率分級管理，並簡化基地臺設置及審驗程序，全力加速5G基地臺建設進度。

各電信業者配合政府政策加速建設5G基地臺，5G已為各行各業帶來了數位轉型的創新應用，如自駕車、智慧娛樂、智慧製造、遠距醫療等垂直場域的應用，相信在不久的將來，不論是在文化、製造、教育等多元領域，5G會有更多的應用服務出現，為國人帶來更多嶄新的生活體驗。☎

(本文作者為中區監理處專員)

# 提升通訊品質 生活更便利

## 基地臺電磁波宣導與溝通

文 | 蔡宜璋

### 一、前言

自78年我國引進1G類比式行動電話AMPS系統後，隨著行動通信技術的演進，行動電話系統也從1G升級到目前的5G。在使用者方面，除了提供傳統的語音通話外，最大的改變就是數據傳輸量變大了；在電信業者方面，除了設備不斷的更新外，還要競標新頻段提供更好的服務。但不變的是不管技術如何演進，都需要設置基地臺與手機連繫信號，且隨著使用者對行動通訊品質的要求，基地臺越建越密集。至111年6月底全國的基地臺數已多達15萬臺，又由於臺灣地區人口密集，人口越密集區域，手機使用率越高，基地臺也越建越密。因此，如何讓民眾了解使用手機一定需要基地臺，手機與基地臺之距離不能太遠，且基地臺之電磁波為非游離輻射無礙人體健康等議題，均需向基地臺附近民眾說清楚講明白，使民眾了解基地臺，進而接受基地臺，達到通訊品質與民眾支持雙贏的局面。

### 二、基地臺抗爭的原因

經歸納分析，基地臺陳情抗爭的原因，可大略分為下列9點：

- (一) 電信業者與附近住戶溝通管道不佳；
- (二) 民眾對基地臺認識不足，再加上媒體不平衡報導；
- (三) 基地臺電磁波資訊不足，造成民眾疑慮及恐慌；
- (四) 基地臺屋主有租金收入，鄰近住戶沒有好處；
- (五) 鄰近住戶向業者要求回饋金；
- (六) 基地臺天線未施作景觀美化影響觀瞻；





- (七) 基地臺抗爭成為各級民意代表拼選舉、爭選票的舞臺；
- (八) 業者家數過多，且為加強上網速率，快速擴建基地臺，致使基地臺數量暴增，引起民眾恐慌；
- (九) 民眾檢舉基地臺違反相關規定（如建築法，違建；公寓大廈管理條例，未經頂層或該樓層區分所有權人同意）。

### 三、目前狀況

#### (一) 儘量減少基地臺數量

目前行動通信業者有中華電信、台灣大哥大、遠傳電信、台灣之星電信及亞太電信五大業者，但台灣大哥大與台灣之星電信、遠傳電信與亞太電信合併案均在送審中，可預見的是未來臺灣行動通信市場，將只剩中華電信、台灣大哥大及遠傳電信三大公司，再加上主管機關國家通訊傳播委員會（以下簡稱本會）積極推動基地臺共構共站設置，將儘可能縮小基地臺數量。

#### (二) 推動公有建物及土地設置基地臺

由公務機關以身作則，開放公有建物及土地供業者設置基地臺，不僅沒有基地臺租金落入私人口袋的問題，亦可活化公有建物及土地的使用率，更是電磁波宣導最好的教材。

#### (三) 鼓勵電信業者基地臺天線作美化

目前行動電話系統有3G、4G及5G且設備大都朝射頻單體結合天線設計，1座基地臺有非常多支天線已是未來趨勢，故宜作美化且最好能將美化設施融入周圍景觀當中。

#### (四) 電磁波宣導

本會每年都有編列預算在電視媒體、廣播媒體、平面媒體、網路媒體及下鄉做電磁波宣導，雖然邀請的學者專家都是電磁波方面的專業人士，活動現場民眾反應也很熱烈，都能接受學者專家的意見，無奈的是，反對設置基地臺的人士對電磁波宣導活動，都以不出席方式做消極的抵抗，難以達到雙向溝通的效果。

### 四、精進作為

以往的做法為單純把基地臺隱藏，儘量讓民眾看不到基地臺，民眾質疑時儘量閃躲，等到被發現時，才請學者專家做電磁波宣導，殊不知反對的力量已集結成一股很強大的勢力，這時已有理說不清，最後導致拆臺的命運。因此，如果能在民眾有疑慮時，適時的說明以提早消除民眾的疑慮，或許可以達到雙贏的局面。電信業者可以從下列幾點與民眾進行協調：

#### (一) 事前溝通

事前的溝通是很重要的，當有少數人質疑基地臺的安全性時，如能即時將電磁波正確的觀念告知並化解其疑慮，使民眾了解基地臺無礙身體健康後，就不會到處詢問基地臺狀況。假使有疑問的人越來越多，進而產生害怕的心理，一旦發出反對信號，就會瞬間點燃而致一發不可收拾，造成無法收拾的局面。就像一個大水缸破了一個小洞，如果很快把洞補起來，就能很快解決；但若忽略不管，讓洞越變越大，水越漏越多，終會小洞變大洞，想補也無法補，最後整個水缸就破掉了，由此可知事前溝通的重要性。

#### (二) 選擇溝通對象

基地臺的溝通策略，首先要知道溝通對象是誰。我們可將反對基地臺的民眾進行分類，可分為強烈反對、反對但能接受別人意見及好奇心跟著看熱鬧等三大類民眾。一般來說強烈反對的民眾占少數，其特點是自我意識甚強，無法聽從旁人的聲音，我們可先略過，從反對但能接受別人意見的民眾方面先著手，其特徵如下幾點：

1. 缺乏基地臺資訊且希望取得基地臺脈絡資訊和詳細資訊；
2. 有接受設置基地臺的機會，但需要被合理地說服；

3. 反對設置基地臺，但還願意接受學者專家的意見；
4. 擔心基地臺設置後對其周遭環境造成影響。

### （三）溝通內容

我們要跟民眾說什麼呢？我們的目的是「說服」民眾支持設置基地臺，或降低民眾的反制行為，策略是提供一個緩衝，讓民眾在提出主張或採取行動之前，有時間了解基地臺的設置目的，進而找出彼此的共同點，可從下列幾點切入：

1. 引起注意：引起民眾的興趣，以及告知基地臺設置與否對行動通訊品質的影響。
2. 告知需求：讓民眾了解基地臺設置的位置，可先模擬基地臺設置後的圖檔，供民眾了解基地臺設置後的外觀，減少民眾對基地臺設置後周圍景觀的疑慮。
3. 滿足期待：民眾最在乎基地臺電磁波對人體造成的影響，可提供國內外基地臺電磁波研究報告，或本會基地臺宣導手冊供民眾參考。必要時可邀請電磁波方面的學者專家向民眾說明，並可於基地臺設置前後分別量測電磁波，供民眾比較設置前後的電磁波大小。
4. 可視化：強調行動電話品質要好，除了設置基地臺沒有其他辦法，且需讓民眾明瞭行動電話為雙向性的，基地發射功率需與手機發射功率配合，才能達到雙向通信的目的，故基地臺離手機越近其發射功率越低，基地臺離手機越遠其發射功率越高。甚至在沒有基地臺的情況下，手機會加大功率尋找基地臺的訊號，此時手機發射出的功率最強，讓民眾了解於通訊不良地區，手機發射功率最強，最直接的感受是手機電池很快就沒電了。
5. 採取行動：告知民眾設置基地臺的重要性，讓民眾明瞭基地臺有固定的服務範圍與通訊容量，而人口稠密地區的手機用戶多，通訊量大，因此基地臺數量要夠多，才能服務更多的用戶，提供更快的上網速率與良好的通訊品質，且基地臺與手機發射的電磁波功率較低。

若能夠把反對但能接受別人意見的民眾先說服，使他們能接受基地臺，再加上解除跟著看熱鬧民眾的好奇心，則反對設置基地臺的民眾人數將大幅降低，設置基地臺的阻力亦將大幅減少，這時面對強烈反對設置基地臺的民眾，要誠懇以對表明設置基地臺之重要性。雖然反對的聲音還是有，但他們仍享用著行動通訊所帶來的便利性。

## 五、結論

行動電話已融入每個人的生活中，隨著行動電話功能的增加，慢慢取代了手錶、鬧鐘、相機等各類電器用品。目前都是手機取代電器用品，還未有電器用品可以取代手機的，且隨著行動通訊頻段開放越來越高頻段，頻率之特性為在相同發射功率下，越高頻段其衰減越快且傳輸距離越短，故基地臺離我們越來越近已是未來趨勢。以往電信業者設置基地臺，都以訊號品質為優先考量，而忽略了基地臺的美化重要性，造成基地臺周遭民眾觀感不佳，並引起不必要的抗爭，希望爾後電信業者設置基地臺時，亦應把基地臺的美化方式融入周遭環境內，讓基地臺看起來不致於太突兀。當民眾有疑慮時應適時地做說明，化解民眾的疑慮，必能減少不必要的拆臺成本，讓民眾享有優良的通訊品質。☎

（本文作者為南區監理處專員）

## 委員會議重要決議

111.06.01-111.08.31

### 111年6月1日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計336件及第4點、第6點所列業經本會第847次分組委員會議決議案件計14件。

許可洄瀾有線電視股份有限公司換發有線廣播電視系統經營者經營許可執照，其補正資料及面談承諾事項均列為營運計畫一部分，並通知該公司依委員會議意見確實執行，相關執行情形將納為未來評鑑及換照之重點審查項目。

一、TVBS新聞台110年6月1日播出「午間12.13新聞」節目，函請業者就下列事項予以改進：

- (一) 引用法條進行報導，因涉及政府施政及民眾權益，仍應落實查證工作，即使採訪對象為特定領域之專業人士，對其講述內容仍應循其他具可信度管道多方比對，以提升報導正確性。
- (二) 不同觀點之報導，其內容篇幅與時間長度應合乎比例原則，不宜有明顯落差，並應完整呈現各該觀點資訊，以求新聞客觀性。
- (三) 對於錯誤報導之更正，應於相同媒體、頻道和時段，以相同篇幅比例呈現，而非僅於網站刊登相關訊息。
- (四) 請提出具體改善計畫報送本會，並列入內部檢討與教育訓練課程。

二、台灣藝術台110年6月10日播出「母娘慈悲」節目，其內容違反衛星廣播電視法第31條第3項置入性行銷規定，依同法第54條第1款核處新臺幣20萬元。

三、TVBS歡樂台110年6月10日播出「11點熱吵店」節目：

- (一) 其內容違反衛星廣播電視法第27條第3項第2款不得妨害兒童或少年身心健康、第30條節目應能明顯辨認並與其所插播之廣告區隔之規定，從一重處斷，依同法第53條第2款核處新臺幣80萬元。
- (二) 基於引導業者改善不妥內容立場，依衛星廣播電視法第53條併請業者採取必要更正措施：
  1. 請業者提出改正計畫並報送本會。
  2. 邀請具性別平等及廣播法令專業講師，針對節目製播人員及主持人辦理教育訓練。

四、TVBS台110年7月7日播出「地球黃金線」節目，函請業者就下列事項予以改進：

- (一) 節目呈現多款汽車時，相關介紹不宜集中於特定品牌，各品牌呈現時間宜相當。
- (二) 介紹汽車時應正反併陳不同資訊，而非僅有優點、功能等單方面之介紹，避免有節目與廣告未區隔之虞。

五、緯來電影台110年7月10日播出「角頭-浪流連」節目，函請業者就下列事項予以改進：

本電影雖列為輔15級，惟考量電視深入每個家庭，劇中吸毒片段過於詳細清楚，應調整加註警示訊息，提醒觀眾注意。

六、緯來日本台110年7月10日播出「TOKYO MER 東京救難英雄」節目，不予處理。

### 111年6月8日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計280件及第4點、第6點所列業經本會第848次分組委員會議決議案件計6件。

審議通過「國家通訊傳播委員會指定非公務機關個人資料檔案安全維護辦法」第二條、第四條修正草案預告結果及後續發布事宜案，並依本會法制作業程序辦理發布事宜。

審議通過111年度智慧型手機系統內建軟體資安抽測作業規劃案，並即辦理111年度手機資安抽測事宜。

### 111年6月15日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計330件及第4點、第6點所列業經本會第849次分組委員會議決議案件計7件。

一、東森新聞台110年8月16日播出「東森1100午安新聞」節目及TVBS新聞台於同日播出「上午9點新聞」節目，函請該兩業者就下列事項予以改進：

- (一) 媒體引用非第一手拍攝之畫面，應標註來源及出處，及查證是否與報導事件相符。



- (二) 媒體引用非報導事件之畫面，應標示「資料畫面」、「非本次事故畫面」等文字，避免誤導觀眾認知。
- (三) 於事實查證時，應加強查核流程與核實。發現錯誤後應迅速更正，由主播口說澄清或持續以插播式字幕及時更正，避免閱聽眾誤解及錯誤訊息持續散播。
- (四) 請將本案提送新聞自律委員會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。
- 二、三立新聞台110年11月24日播出「新台灣加油」節目，不予處理。
- 三、年代新聞台110年9月6日播出「1800年代晚報」節目，函請業者就下列事項予以改進：  
新聞主播播報、評論新聞時事應保持公正性，避免情緒性的不雅言詞影響客觀性。
- 四、三立都會台110年10月2日播出「金鐘56頒獎典禮」節目，函請業者就下列事項予以改進：  
宜強化轉播典禮參賽入圍影片之編審與內控流程，應注意電視節目分級處理辦法之規定，以免為維持原創之藝術性，而有失內容分級之掌握。
- 五、公共電視台110年10月2日及公視三台110年10月3日播出「金鐘56頒獎典禮」節目，不予處理。
- 六、東森新聞台110年10月4日播出「東森大社會」節目，其內容違反衛星廣播電視法第30條節目應明顯辨認並與其插播之廣告區隔之規定，依同法第52條第1項第4款規定，予以警告。
- 七、民視無線台110年12月10日播出「黃金歲月」節目，函請業者就下列事項予以改進：
- (一) 節目內容出現特定廠商購物網站之手機網頁，出現時間雖僅有7秒，惟廣告時段播送相關廣告，致有節目廣告化之虞；另置入特定產品雖未直接鼓勵消費，惟涉有未能自然呈現、刻意影響節目編輯之虞。請加強內控編審機制，以免違法受罰。
- (二) 請將本案提送節目自律會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。
- 
- 一、華視新聞資訊台111年4月20日播出「華視晨間新聞」節目，其內容違反廣播電視法第21條第3款不得妨害公共秩序或善良風俗規定，依同法第43條第1項第2款規定，處罰鍰新臺幣50萬元，並另函請業者就下列事項予以改進：
- (一) 請落實新聞內控機制與新聞編審SOP，避免再度出現錯誤。
- (二) 請將本案提送新聞自律委員會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。
- 二、華視新聞資訊台111年4月20日播出「0900整點新聞」節目，其內容違反廣播電視法第21條第3款不得妨害公共秩序或善良風俗規定，依同法第43條第1項第2款規定，處罰鍰新臺幣50萬元，並另函請業者就下列事項予以改進：
- (一) 請落實新聞內控機制與新聞編審SOP，避免再度出現錯誤。
- (二) 請將本案提送新聞自律委員會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。
- 三、華視新聞資訊台111年4月24日播出「華視午間新聞」節目及華視(主頻)於同日播出「華視午間新聞」節目，函請業者就下列事項予以改進：
- (一) 請落實新聞內控機制與新聞編審SOP，避免再度出現錯誤。
- (二) 請將本案提送新聞自律委員會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。
- 四、華視新聞資訊台111年4月7日播出「1800整點新聞」節目及華視(主頻)於同日播出「1900華視晚間新聞」節目，函請業者就下列事項予以改進：
- (一) 請落實編輯室公約，針對經理人兼新聞部主管職責應明確區分，以維持新聞專業自主；新聞部員工不應從事業務行為。
- (二) 請將本案提送新聞自律委員會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。
- 五、華視新聞資訊台111年4月17日播出「1500整點新聞」節目及華視(主頻)於同日播出「1900華視晚間新聞」節目，函請業者就下列事項予以改進：
- (一) 請落實編輯室公約，針對經理人兼新聞部主管職責應明確區分，以維持新聞專業自主；新聞部員工不應從事業務行為。
- (二) 請將本案提送新聞自律委員會議討論，其決議及具體改善措施函送本會備查，並納入教育訓練，前項辦理情形應於該公司網站對外公告周知。

## 111年6月22日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計324件及第4點、第6點所列業經本會第850次分組委員會議決議案件計8件。

審議通過本會112年度施政計畫草案，並依規定時程辦理後續行政作業。

審議通過「數位有線電視頻位區塊化及編碼機制」後續規劃案，請平臺事業管理處持續蒐集外界意見，並適時彙整研提委員會議報告。

## 111年6月29日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計288件及第4點、第6點所列業經本會第851次分組委員會議決議案件計28件。

審議通過「數位中介服務法」(草案)，並依本會法制作業程序辦理草案公告周知事宜，及於「眾開講—公共政策參與平臺」進行公開意見諮詢60日，並辦理公開說明會、公聽會及機關協商。

審議通過「衛星地球電臺設置使用管理辦法」部分條文修正草案，並依本會法制作業程序辦理草案預告事宜。

## 111年7月6日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計401件及第4點、第6點所列業經本會第852次分組委員會議決議案件計52件。

一、東森電視事業股份有限公司所屬「東森財經新聞台」營運計畫執行情形，依衛星廣播電視法第17條第1項規定，評鑑結果「合格」，該公司應依負擔、總評意見確實辦理，其辦理情形列為下次換照之重點審查項目。

二、本案負擔如下：

- (一) 為落實新聞自主，該公司應修正編輯室公約，並納入「本公約為本公司製播新聞同仁基本勞動條件之一，並應視為勞動契約之基本構成要件，本公司不得因製播新聞同仁主張本公約之權利而給予不利之處分」之規定；公約完成修正並簽署，應於公司官網公開，並應於文到之次日起3個月內報送本會。
- (二) 為補強既有採、編、播體系缺失，該公司就旨揭頻道製播新聞及其他新聞性節目，依該公司規劃及承諾應至少配置不擔任其他職務之專職編審7位(不得與同公司東森新聞台共用)，並應確保其職務行使之獨立；該公司應於文到之次日起3個月內就旨揭頻道配置專職編審暨確保其行使職務獨立性之方式報送本會。
- (三) 該公司應依衛星廣播電視法第22條、申設相關規定及內部自律組織章程設置並運作內部自律規範機制，討論案件時，應有合於背景之專家學者參與；該公司並應逐字或詳細記載會議個別委員發言及討論過程，定期於官網公開。
- (四) 該公司應適切處理觀眾對旨揭頻道之內容申訴，並將申訴及處理情形統計整理後提交內部自律組織，俾提出改善措施、追蹤改善結果；該公司應每季於公司官網公布旨揭頻道受理公眾申訴之處理情形及回覆報告。
- (五) 評鑑期間旨揭頻道計有2次違反廣播法令紀錄，請落實內控機制及教育訓練，提升經營者及員工職能素養，如出現違規應立即召集相關人員檢討，並將案件提交內部自律規範機制討論。

## 111年7月13日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計256件及第4點、第6點所列業經本會第853次分組委員會議決議案件計18件。

審議通過「行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法」(草案)，並依本會法制作業要點辦理後續草案預告事宜。

## 111年7月20日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計372件及第4點、第6點所列業經本會第854次分組委員會議決議案件計15件。

審議通過「國家通訊傳播委員會處務規程」修正草案及「國家通訊傳播委員會編制表」修正草案，並將二修正草案函送行政院核定。

審議通過「電信管理業務規費收費標準」第十二條及第十條附表五修正草案，並依本會法制作業要點辦理後續草案預告事宜。

#### 111年7月27日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計292件及第4點、第6點所列業經本會第855次分組委員會議決議案件計6件。

#### 111年8月3日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計340件及第4點、第6點所列業經本會第856次分組委員會議決議案件計13件。

審議通過「通訊傳播監督管理基金收支保管及運用辦法」修正草案，並依本會法制作業要點辦理後續草案預告事宜。

#### 111年8月10日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計361件及第4點、第6點所列業經本會第857次分組委員會議決議案件計30件。

核定財團法人台灣網路資訊中心112年度預算書；其112年度工作計畫書予以備查。

審議通過「無線電頻率使用管理辦法」部分條文修正草案，並依本會法制作業要點辦理後續草案預告事宜。

#### 111年8月17日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計306件及第4點、第6點所列業經本會第858次分組委員會議決議案件計20件。

核定財團法人電信技術中心112年度預算書；其112年度工作計畫書予以備查。

依廣播電視法第10之1條第2項及第12條之2第1項規定核准財團法人公共電視文化事業基金會CH26營運計畫變更（新增TaiwanPlus服務）並准予換發電視事業執照。

#### 111年8月24日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計299件及第4點、第6點所列業經本會第859次分組委員會議決議案件計49件。

審議通過「通訊傳播監督管理基金收支保管及運用辦法」部分條文修正草案預告結果及函報行政院案，並依行政作業程序函報行政院核定發布。

#### 111年8月31日

照案通過依本會委員會議審議事項及授權內部單位辦理事項作業要點第5點、第7點所列案件清單計332件及第4點、第6點所列業經本會第860次分組委員會議決議案件計12件。

龍祥育樂多媒體股份有限公司提出之「LS TIME電影台」營運計畫執行情形，依衛星廣播電視法第17條第1項規定，評鑑結果「合格」，請該公司依總評意見確實辦理，其辦理情形並列為下次換照之重點審查項目。

審議通過台灣大哥大申請合併台灣之星案及遠傳電信申請合併亞太電信案專家學者諮詢會會議結果報告暨聽證會規劃案，後續並依本會法制作業程序辦理聽證會事宜。







電子書版



網頁版



 **國家通訊傳播委員會**  
NATIONAL COMMUNICATIONS COMMISSION

地址：10052臺北市仁愛路一段50號

電話：0800-177-177

網址：[www.ncc.gov.tw](http://www.ncc.gov.tw)

ISSN : 1994-9766



9 771994 976008

GPN : 4810700685