

千里佳緣「無線」牽

手持式無線通訊裝置天線設計

近20年來，手持式無線通訊裝置天線設計產生革命性變化，由大變小，由小變細，最後內藏於無線通訊裝置。臺灣有一群天線奇兵，讓天線化有形於無形……

手機、筆記型電腦等手持式無線通訊裝置，實踐了古代千里眼、順風耳的夢想，翁金輅教授帶領的國立中山大學電機工程學系天線實驗室研究團隊，19年來致力於研發無線通訊天線設計，讓我們聽得更清楚，看得更遠，讓更多人能千里佳緣一線牽。

天線是左右通訊品質最重要的元件之一，通訊系統由資訊的傳送端、接收端與傳遞所構成，手持式無線通訊裝置的資訊傳遞路徑靠電磁波，而傳送與接收電磁波的主要媒介就是天線。

一代小於一代

近20年來，手持式無線通訊裝置天線設計產生革命性變化，由大變小，由小變細，最後內藏於無線通訊裝置內。1989年，中華電信行動電話開始營運時採取類比式訊號傳輸系統，第1代手機黑金剛，天線長度為10公分，寬度為1.2公分，軟質的黑色橡膠材質，綁上釣鉤、釣線，幾乎可以拿來釣泰國蝦了。

① 環形天線以其外觀形狀為環狀而著稱，而其結構一端為饋入端（能量輸入天線的位置）、另一端為接地端，當環形天線連接至一般行動通訊裝置之系統接地面時，其基頻模態（天線頻率共振路徑之最低模態）大致為二分之一波長。

② 「印刷式天線」不是真的用油墨「印」出來，而是用蝕刻機在微波基板上蝕刻出天線的形狀。要做出印刷式天線得先讓微波基板曝光，然後依照形狀用化學藥品蝕刻完成天線形狀，即完成天線成品。印刷式天線可以很方便地改變成任何形狀，甚至是不規則曲線，以滿足不同設計的要求，而不降低任何使用性能。



◀ 無限通訊天線設計運用在手機上，讓我們聽得更清楚。

（圖片來源 / 123RF）

到了目前的第2代數位行動電話，將天線內藏於手機裡面，其中，國立中山大學電機工程學系天線實驗室研發的折疊式環形天線①體積僅0.6立方公分，印刷式環形天線②直接蝕刻在系統電路板上，面積只有2.2平方公分，分別為目前全球體積及面積最小的手機天線。

臺灣的手機十分普及，持有率早在6年前就突破100%，至少人手一機。無線通訊產業的蓬勃發展與多樣化，以及對天線設計人才的強烈需求，刺激了一

個全新的職業誕生——天線工程師。而中山大學天線實驗室，正是孕育這群天線工程師的最佳園區。

翁金輅會從電漿核融合研究轉戰天線領域，可說是因緣際會。他在美國德州理工大學取得博士學位，赴德國馬克斯普朗克（Max-Planck）研究院擔任客座研究員，回國後到中山大學任教，從事高能電漿用於核融合發電的研究。這些研究當時國內用不到，等於是使用臺灣的經費幫國外做研究，對臺灣的產業沒有幫助。又因為在電漿核融合的研究中，必需使用天線傳輸能量到氫離子，以達成核融合的條件，讓他對天線亦有涉獵。從1990年起，便配合國內通訊產業的發展，全心投入可應用於無線通訊的天線研究。這些研究在當時國內用不到，等於是使用臺灣的經費幫國外做研究，對臺灣的產業沒有幫助。又因為在電漿核融合的研究中，必需使用天線傳輸能量到氫離子，以達成核融合的條件，讓他對天線亦有涉獵。從1990年起，便配合國內通訊產業的發展，全心投入可應用於無線通訊的天線研究。

從寂寞到熱門

雖然做了很多學術性的研究，但當時大環境尚未成熟，直到1999年，無線通訊產業蓬勃發展，民間企業紛紛投入手機通訊市場，業界開始尋求與學界合作，進行產學計畫或技術移轉。

翁金輅說，行動通訊產品及其技術發展至今，天線設計仍然是關鍵技術之一，高性能天線設計能提升通訊品質。1990年起，中山大學天線實驗室配合國內通訊產業發展，開始研究平面天線理論及應用設計，成為國內在這個領域的研究先驅。中山大學天線實驗室目前也是國際上在手持式無線通訊裝置（手機、智慧型手機，以



▲ 2008年天線設計大賽，翁金輅教授（左3）領導的天線實驗室學生囊括了前3名與評審團獎。

及筆記型電腦等等）天線設計研究的主要領先者之一。

在研究團隊的資料庫中，擁有四百多件具代表性之天線設計，隨時可從中找出相關設計以因應業界之不同產品需求。此外知名軟體公司ANSOFT免費提供研究團隊16套，每套售價200多萬元的模擬軟體；他們是全球唯一得到贊助的研究團隊。另一知名軟體公司SPEAG，近年亦提供20套SEMCAD-X軟體及數張加速卡，市值超過2,600萬，支援中山大學天線實驗室針對不同無線通訊產品規範要求進行研發設計，顯見團隊實力備受肯定。

他們甚至在連續3屆（2006-2008年）由經濟部工業局及通訊產業發展推動小組共同主辦的「通訊大賽二部曲——手機天線設計競賽」中，展現雄厚的實力，在全國大學菁英團隊的激烈競爭下，共贏得2個冠軍、1個亞軍、3個季軍。

積極創新 獲獎無數

2008年的比賽，他們歷經半年的初、複、決賽，從30餘組參賽隊伍中脫穎而出，囊括冠、亞、季軍及評審團特別獎，抱回100萬元獎金。研究團隊成員郝韻文、康庭維設計之微小型多頻環形手機天線，突破環形天線之二分之一波



▲ 2008手機天線設計競賽冠軍組作品：微小型多頻環形手機天線維平面式的設計，體積小，尺寸僅10X40mm²。
(圖片提供 / 翁金輅)

長^③共振限制，有效激發出四分之一波長共振模態，因而能大幅縮小天線佔據空間，加上其整合度、商業化程度高而奪得冠軍。李偉宇、朱芳賢設計之可表面黏著的六頻^④晶片式天線元件，因體積小、薄形化、雙寬頻操作、可表面黏著且整合性高而獲得亞軍。張志華、廖詩佳之八分之一波長內藏式五頻手機天線，因能與其他元件高整合度而獲得季軍。李政哲和賴鵬宇的「一線多功」則獲得評審團特別獎。

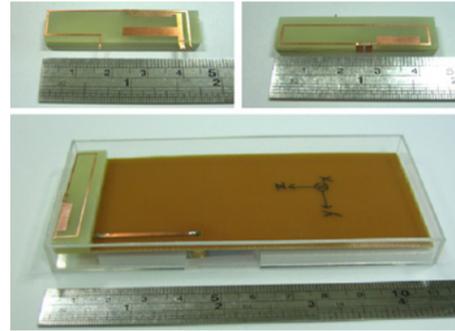
2008年，他們並研發出一款0.6立方公分的手機環形天線，融合市面上手機內藏式的平板天線^⑤的設計優點，達到輕薄短小的目標。目前一般手機天線多採平板天線，但平板天線厚度大，不易在空間上有所突破，因此研究團隊把腦筋動到未被應用在手機上的環形天線。經過實驗證明，這種環形天線也適合用

③ 波長為光速除以頻率所得到的長度。當頻率越高，其波長就越短；波長越短，天線尺寸就可以做的越小。故頻率越高、波長越短的天線，具有資料傳輸量大與體積小的優勢。

④ 所謂六頻指的是包含GSM850/900/1800/1900/UMTS/WLAN等通訊頻帶。一般手機為雙頻，GSM900和GSM1800。而頻帶即包含一段頻率的範圍，例如GSM900的頻帶就是包含了880~960 MHz頻率的範圍，而GSM1800的頻帶就是包含了1710~1880 MHz頻率的範圍。

⑤ 平板天線為一種平面天線，優點是適合依附在一般物體的表面，不影響到物體的外觀與結構，其應用相當廣泛，尤其是用在無線通訊天線設計上。

⑥ Scopus (www.scopus.com) 由全球超過 500 位使用者以及圖書管理人員所共同設計發展而成，是全球最大之引文索摘資料庫，也是最容易使用的瀏覽工具。這獨一無二的資料庫，包含來自全球5,000個出版公司，涵蓋超過18,000種期刊之摘要及參考書目。



▲ 2008手機天線設計競賽亞軍組作品：可表面黏著六頻晶片式天線元件。這種可表面黏著的元件式設計，使該天線的應用更加多元廣泛。上排左方為該天線元件的下表面結構、右方則為上表面結構。此天線尺寸為10x45x3mm³。
(圖片提供 / 翁金輅)

在內藏式手機天線，因而開發出一系列內藏式環形手機天線。

翁金輅的研究團隊是國科會的研究補助案中，少數只針對單一項目，做長達19年的研究，未來他們還會針對不同需求持續研發。他回想在1991~1999年做基礎研究期間，採取多投稿學術論文到國外期刊尋求建議的方式，來追求自我成長。如今，終成為全球無線通訊天線設計頂尖研發團隊之一，愈來愈多人向他們以尋求建議。2009年5月，以Scopus^⑥資料庫搜尋近10年國際間發表有關行動通訊天線的統計結果，當中3,104篇期刊論文，中山大學天線實驗室就佔有120篇，論文總數排名及被引用次數，皆是全球第一。



▲ 研究人員只要設定好天線以及人體頭部模型的參數(圖中右方螢幕)，電腦模擬軟體即可模擬使用者使用手機的狀況(圖中左方螢幕)。
(圖片拍攝 / 葉基)

天線幫主 桃李天下

1999年以來，翁金輅研發的平面天線設計獲得超過100項包含美國、臺灣、中國、德國、韓國等國的專利。其中一項雙頻平面天線專利(US 6,788,257, TW 176316, CN 1200478C)由工研院代理讓與國內筆記型電腦大廠，其專利讓與金達新臺幣3,000萬元，在近年來工研院專利讓與價值中名列前茅。傑出的研發成果不但提高臺灣本土企業在全球市場的競爭力，更進一步提升臺灣在無線通訊天線設計領域的知名度。

在臺灣天線工程師的領域裡，中山大學天線實驗室畢業的學生占有一席之地，因此有「中山幫」之稱，而「幫主」正是深具專業與人文素養的翁金輅。中山大學天線實驗室至今19年已培育了47位博士，1999年至今，超過21位博士畢業生幾乎全數為業界及工研院延攬，投入無線通訊天線研發。

翁金輅之教育宗旨為培育「具有領導力的高級天線研發人才」，並以「專業、自信、領導力及人文素養」為指標要求。扎實且全方位的訓練，讓研究團隊成員畢業後到業界服務不僅品質掛保證，還有「售後服務」，在業界服務遇

⑦ 「廣域」網路的英文縮寫是WAN (Wide Area Network)，超過一個「區域」網路的時候，就會進入到「廣域」網路的範圍內了。換句話說，「廣域」網路等於是把「區域」網路連接起來成為更大的網路。

到技術瓶頸，也歡迎回校尋求解決。

天線工程師有別於一般的工程師，是一門很特殊的職業，並非設計出成品之後就能置身事外，必須走出實驗室，花很多時間與客戶溝通，依照不同產品的需求更改其設計，以利與產品整合。優秀的天線設計師要有藝術家的創意，就像畫圖一樣，要及時把握靈感，才能設計出有美感且渾然天成的作品。

未來，天線將會跟著手機設計一樣愈來愈輕薄短小，共振波長從四分之一突破到八分之一之後，仍然在繼續往前突破。此外，多頻天線也勢必將整合無線廣域、無線區域^⑦等網路以及行動數位電視接收的功能。等待突破的挑戰很多，但翁金輅帶領一手訓練出來的研究團隊對未來的挑戰充滿信心，早已準備好要一路過關斬將。

不滿足 永不妥協

翁金輅對人文素養的堅持與扎實的專業訓練，讓中山大學天線實驗室學成畢業的學生，與他校學生形成明顯的區隔，不僅具有專業實力且具團隊作戰意識，更具備人文素養。科學實驗是一條漫長的路，永遠在「不滿足」中尋求突破，卻是只有兩種結果，做出來或沒有做出來。即使完成99%，只要沒有達到100%就等於沒有做出來。翁金輅非常重視方向並且會在關鍵時刻細心叮嚀，因為只要方向對了，早晚都會到達終點。

這個團隊就像座落於西子灣的大型天線，聳立於海天一線間19年，不捨晝夜的收放訊號，探索天線設計的最終疆域。如今，他們漸漸相信，天線設計的世界恐怕是無邊無際——這正是他們自我砥礪的原動力！