

無線生活更無限：現代微波的應用

蕭宇劭

國家奈米元件實驗室 / 高頻技術組

隨著近年來智慧型手機普及之後，手機上網已經成了全民運動，幾乎人人隨時隨地都離不開網路。不管是傳簡訊，打卡，和朋友分享照片或影片，上網已經是現代人的生活必需品。而讓這項運動可以如此風行，幾近瘋狂，除了蘋果電腦所帶來的手機使用經驗革命外，還有個幕後功臣則是赫茲先生（Heinrich Hertz）在 1887 年所發現的電磁波。手機使用的通訊技術便是電磁波的一種，微波。

微波是在空間中行進的不可見波。行進波可以用波長，波速和頻率來描述。微波和光都是屬於電磁波。所以微波的本質和可見光一樣，只有在頻率和波長上的不同，和物質反應也不同，空氣中波速都是光速。兩者都可以用同樣的科學公式描述，所以偉大的法拉第（Michael Faraday）和馬克士威爾（James Clerk Maxwell）則整理寫下了幾個著名但深澀的方程式，也預測電磁波的存在。

法拉第先生對磁學上有深入的瞭解。發現電磁感應的現象，所以也發明電動機雛型，是個好好先生。馬克士威爾則是對電有精闢的研究，加上他數學很好，可以說是個數學天才，用微積分和向量分析完整描述其他科學家所發現的電磁場和電荷電流關係，共四個方程式。高斯定律，高斯磁定律，法拉第感應定律和安培定律，讓後代科學家和工程師學生常常唸書時頭痛不已，因此電磁學可稱上物理系四大力學最難過的課，作者差點也被當，餘悸猶存。不過聽說愛因斯坦辦公室掛三幅照片，除了年頓先生，其中兩幅便是法拉第和馬克士威爾。

赫茲發現電磁波是實驗物理的一大成功。為了觀測電磁波，他在一個線圈的兩個電極上各接一根銅棒，每根銅棒的一端接上正方形金屬板形成電容，另一端則接銅球，所以整個變成電子振盪器。通電之後，兩個銅球

變成天線，銅球間便會產生高頻振盪火花，這便是發射器。另外則用一圈銅線兩端都接上銅球變成接收器。發射器發射時，接受器也會觀察到火花，這便是電磁波傳遞的過程。為了感謝赫茲的功勞，頻率的單位便命為赫茲。1895 年俄國亞歷山大·波波夫（A. S. Popov）改良接收器能接收遠處雷電產生的電磁波訊號，並研發成用在通訊上發射機和接收機。1896 年亞歷山大波波夫發射了世界上第一份無線電報，發射的距離為 250 公尺。1901 年義大利的馬可尼（Guglielmo Marconi）用大功率無線電收發機，在法國海岸成功地接收到從英國發射出來得電碼，無線電第一次橫越大西洋，此次發射的距離約為 3,700 公里。

所以電磁波最早的應用是無線電報，利用超級大天線和手動開關把摩斯電碼用電磁波傳給大西洋的彼岸，堪稱是最早的數位傳輸，所以事實上數位傳輸早於類比傳輸技術。後來船和飛機都也採用這樣的技術進行通訊，譬如在海難時傳出 SOS 的急救信號。類比傳輸技術起來後，收音機便開始盛行。不幸的是，好的科技終究會被有心人士用在軍事用途。所以各國軍方很快變成的電磁波領域的先驅，大家絞盡腦汁要設計更好的收發機，也就是近代雷達和通訊系統。

第二次大戰一開始各國都使用長波長的電磁波，因為波長長，空間上的解析度不高。雷達站常常會知道有敵人來襲，但是敵機速度和方向不是很清楚。所以全力研發短波長雷達系統，也就是微波系統。二戰開打後，英國劍橋大學物理學家發現了微波訊號產生器，也就是高功率磁控管，但是在英國會被空襲，所以科學家（大部分是物理學家）飛到麻省理工學院繼續研究，成功研發出微波雷達，從此日軍戰艦和德軍潛艇都被打假的，敵機和艦艇航向都可預測，改變海空戰戰局。

二戰結束後，微波便進入了商用的領域。首先是微波爐，1946 年便正式有專利，1947 年有了第一台商用微波爐販售。同時間各國進入太空競賽和冷戰。衛星通訊和飛彈技術變成最熱門的領域。微波可以用於導航和傳送指令給遠方衛星或飛彈基地。民間則開始有香腸族（短距離）和火腿族（長距離，跨洲）使用特定的開放頻率做交流。大約到了 1980 年代，因為太多香腸族，變成市場需求高，但是空中訊號雜亂，常有蓋台的問題。所以政府開放商用頻段給公司去經營。當時第一代手機像公事包一樣大。使用的人不是富豪便是政府單位。後來便慢慢朝小型化和智慧型發展。使用頻率也從比較低移到比較高，以便於增加頻寬。如今民衆最有感的微波應用便是智慧型手機，小小的手機內其實藏著近幾十年來電腦工業和微波工業的進化成果。有多核心系統晶片，計算能力不輸給一般桌機，但是卻十分省電和輕巧。為了使用微波收發語音和資料，微波工程師把天線，放大器和轉換器都縮小化，並提高效能。想辦法塞在手機內，還要不怕使用者摔或姿勢不對造成收訊不好。其中需要成就的技術，仔細想想都非常的不可思議。

微波在科學應用上也有不少，如無線電天文望遠鏡。宇宙背景輻射是在 3 K，最強的訊號頻率是在微波波段。一般星際間的塵埃溫度約 10-100 K。利用微波接收機可以看到光學望遠鏡看不到的結構。許多分子譜線也落在微波波段，因此科學家可以藉由譜線分辨出有哪些分子在太空中或星雲內。對科學研究提供重要的觀測資料，進而協助建立理論。目前世界上最新最大的天文望遠鏡是阿塔卡瑪計畫，the Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) project (見下圖)。有多國參與，臺灣也是其中一員。

目前最新的微波應用便是利用微波偵測是否有恐怖份子攜帶武器或炸藥。其原理是微波可以穿透人體表層和衣服，所以可以比 X 光安全，但是又比較靈敏。過海關時常常可以看到巨大的太空艙立起來給旅客進行全身掃描。

現代人已經離不開微波了，太多便利的產品都和微波有關，可見的將來還會有更新的應用會出現，究竟無線的生活才會更無限可能。



註：取自 www.almaobservatory.org