

行動通信的演進歷程

1940 年摩托羅拉為美軍製造手持式無線對講機，開啓了行動通訊的第一步。

■ 蘇俊吉

早在 1940 年，摩托羅拉為美軍製造手持式無線對講機，開啓了行動通訊的第一步。當時的無線電通訊設備非常笨重，即便號稱是「手持」，但若包含無線電跟電池，全部重量可達 25 公斤，因此除了軍用外並無民間使用。

第一個商用的行動通訊系統是 1944 年安裝在計程車上的對講機，但真正被眾多使用者接受的，則是在 1982 年開始的先進移動電話服務系統（advanced mobile phone service, AMPS）。



第一代 AMPS 行動電話

第一代行動通訊

1G（1st generation）是第一代移動通信的簡稱，也是類比式行動電話系統。所謂類比式的通訊，就是把聲音訊號直接以調頻（FM）訊號的形式調變，與平時收聽的 FM 廣播原理相同，而電話開機時會有微弱的沙沙聲，只是其頻率的範圍與 FM 廣播的不同。但這種方式的通訊保密性差，有些手持式無線對講機只要調整至與目標對象相同的頻率，就可以偷聽到通話內容。

台灣在 1989 年 7 月開放了第一代，以 090 為開頭號碼的行動電話。開辦初期，申辦一個門號大約要 3 萬元以上，還需排隊等待，手機則需 6 萬元以上。當時的手機價格不僅昂貴，尺寸也很大，只有經濟條件好的人才買得起，因此就把持有手機的人叫做「大哥大」。後來又直接把行動電話稱為大哥大，更有業者直接把它做為公司名稱。



第二代 GSM 行動電話

另有一說是，當時的港片在台灣非常盛行，台灣民眾常見到香港的黑道大哥和商場大亨持有行動電話，姿態別具一格，因此就把行動電話稱為大哥大。

第二代行動通訊

以類比訊號進行語音傳輸，會有較多雜音跟串音（迴音）的問題，因此第二代（2nd generation, 2G）行動通訊技術把語音訊號數位化。

一般人耳能接收的頻率範圍大約是 20 Hz ~ 20 KHz，其中耳腔的諧振頻率是 1 ~ 4 KHz，因此對這個頻率也最敏感。數位音訊是從類比訊號中採樣，把它轉換成二進位（1/0）的訊號，再以數位方式傳送或儲存，透過加密技術也避免了通話被偷聽的問題。

2G 行動通訊系統除具有通話功能外，也引進了簡訊（short message service,

SMS）功能。在 2G 後期的系統中也支援少量的資料傳輸與傳真，但因為速度緩慢，只適合傳輸量低的電子郵件或軟體等資訊。

台灣在 1995 到 1998 年間陸續引進歐規的 GSM 行動電話系統，脫離開機會有的沙沙聲的困擾，數位通話音質良好，使行動電話產業開始蓬勃發展。各種手機產品種類繁多，價格也隨之大眾化，甚至很多業者陸續推出 0 元手機，只要申辦門號就免費送手機的方案。

第三代行動通訊

第三代（3rd generation, 3G）行動通訊技術是指支援高速資料傳輸的蜂窩式移動通訊技術，能夠同時傳送聲音（通話）及資訊。第三代行動通訊技術不同於第一、二代行動通訊系統僅提供語音服務，系統還提供其他寬頻應用，包括數據上網和多媒體服務。



基地台發出分碼多工存取（CDMA）訊號，但每個人只會收到屬於自己的訊息。

第三代行動通訊主要建立在分碼多工存取（code division multiple access, CDMA）技術，這技術最早使用於軍事通訊，透過很寬的通道發送弱訊號，避免被敵人發現。時至今日，CDMA 行動通訊是把話音訊號轉換為數位訊號，給每組數據話音封包增加一個地址進行擾碼處理，並且把它發射到空中，只有具有相同解碼資訊的使用者，才能接收到送給自己的訊息。

分碼多工存取技術就像在一間房間中同時有一組人用中文交談而另一組人用英文交談，彼此會有干擾的產生，但在中文聽者耳中，英文只是較大的雜音而已，並不會影響到聽中文的辨識能力。同樣地，聽得懂法語的人，即便有其他很多種聲音，也能夠辨識聽到的法語。因此在同一時間、空間，就可以允許很多組人用不同的語言交談。

台灣約在 2005 年開啟 3G 行動電話服務，宣告行動電話進入高速數據傳輸時代。

**有了 3G 的高數據傳輸服務，
才開啟了現今蘋果 iPhone 及智慧型手機劃時代產品的來臨。**



蘋果 iPhone 手機

也因為有了 3G 的高數據傳輸服務，才開啟了現今蘋果 iPhone 及智慧型手機劃時代產品的來臨。演變至今，到處都有低頭族隨時隨地長時間低著頭使用智慧型手機、平板電腦或其他行動裝置，他們寧願低著頭玩遊戲，或透過社群網站與人交談、看電影、瀏覽網站等，卻不願抬頭與身邊的人面對面溝通。

第四代行動通訊

第四代（4th generation, 4G）行動通訊技術是 3G 之後的延伸，簡單說來，1G 是類比、2G 是數位、3G 是數據，4G 就是指非常快的數據傳輸。國際電信聯盟對 4G 的定義，是指用戶在靜止狀態的傳輸速率達 1 Gbps，而在移動狀態也可以達到 100 Mbps。但這並不是意味著 4G 一推出馬上就會有這麼快速率的手機，而是指 4G 的技術規格可以逐漸發展，最後達到 1 Gbps 速率的目標。



低頭族

第四代行動通訊主要建立在正交分頻多工接取 (orthogonal frequency-division multiple access, OFDMA) 技術上，把高速的資料信號轉換成並行的低速的子資料流程，並使其在子通道上傳輸。由於可以把許多子資料載到許多的子頻道上，因此有效地提升了頻譜的利用率，並增加了系統的資料傳輸量。

舉例來說，原本賽馬場上有 8 匹馬和一個跑道，如果每次只跑一匹馬要跑 8 次，而 8 匹馬同時跑只要跑一次。但馬匹跑得太近可能絆倒，於是巧妙安排 1、3、5、7 和 2、4、6、8 穿插的方式同時跑，就可以充分利用跑道。又如在拍團體照片的時候，若利用人員前後穿插的方式，就可以同時在一張照片上容納許多的人。

各世代行動通訊系統傳輸數據的比較

行動通訊世代	最大連線速率	傳輸長 2 小時的高畫質 DVD 影片 (4.7GB) 所需時間
1G	不支援	不支援
2G	2.5G	115 Kbps
	2.75G	384 Kbps
3G	3.5G	3.6 Mbps
	3.75G	21 Mbps
4G	135 Mbps	5 分鐘以內



賽馬場的馬匹同時在跑道上

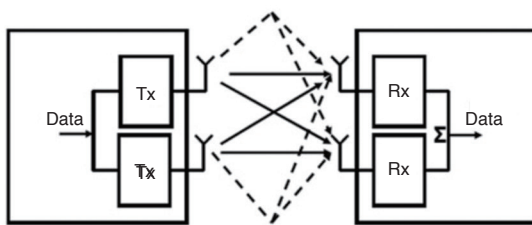
在分配給每個用戶的資源上，OFDMA 比原本 CDMA 的技術更有彈性。在一個基地台內，某些使用者只是講電話或使用線上交談，並不會傳輸很多的數據，但另一部分的使用者，同時間可能在下載檔案或看線上影片，需要傳輸較多的數據，OFDMA 就可以彈性分配給不同使用者所需要的資源。當使用者不再需要傳輸大量數據時，也可以快速地把資源分享給其他人使用。

第四代行動通訊另一個關鍵技術是多輸入多輸出 (multi-input multi-output, MIMO) 傳輸技術，能利用發射端的多個天線各自獨立發送訊號，同時在接收端用多個天線接收並恢復原訊息。

舉例來說，在棒球場上原本一個投手要練習投球，須依序投完編號 1 ~ 100 的 100 顆球才能休息，但如果有兩個投手和兩個捕手需用到這個場地，而且希望可以快速地依序投完這 100 顆球，若讓兩組人馬同時投捕，則 A 投手投出的球，可能被 A 捕手接到，也可能被 B 捕手接到，而 B 投



利用前後交疊可以在一張照片上容納更多的人物，而不會被其他人擋到。



多輸入多輸出通道

發射端用多個天線各自獨立發送訊號，接收端用多個天線接收並恢復原訊息。



並非所有 4G 的手機都適合台灣每家電信業者

手投出的球也可能被 A 捕手接到，這時候投球編號的先後順序會被搞混亂。還好藉由接收端數學的解矩陣運算，就可以還原出編號 1 ~ 100 的 100 顆球。

2014 年，台灣開始了 4G 行動電話服務，進入更快速的數據傳輸。由於不同國家規定的 4G 頻段並不同，即使是相同國家也會因為不同電信業者而使用不同頻段，

因此並非所有標榜 4G 的手機都可以到處使用，宜依據電信業者服務的頻率選擇適用的手機。

蘇俊吉

財團法人電信技術中心檢測認證實驗室

