



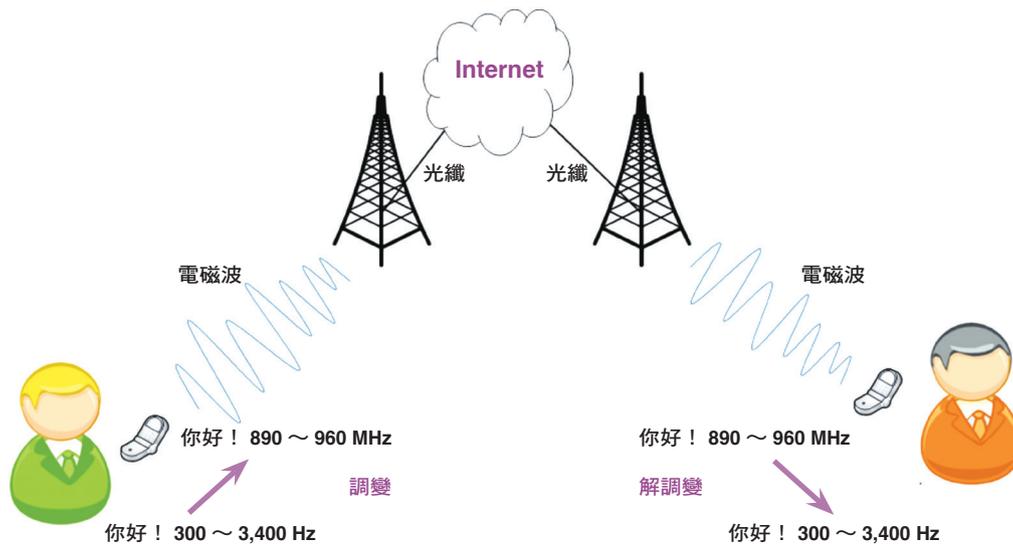
■ 趙涵捷、簡暉哲

# 5G 時代 改變你我生活

5G 標準的制定已大致完成，許多與 5G 結合的應用陸續推出。5G 把行動通訊從人與人之間的溝通拓展至萬物之間的通訊，這樣的發展會給我們的生活帶來哪些改變呢？

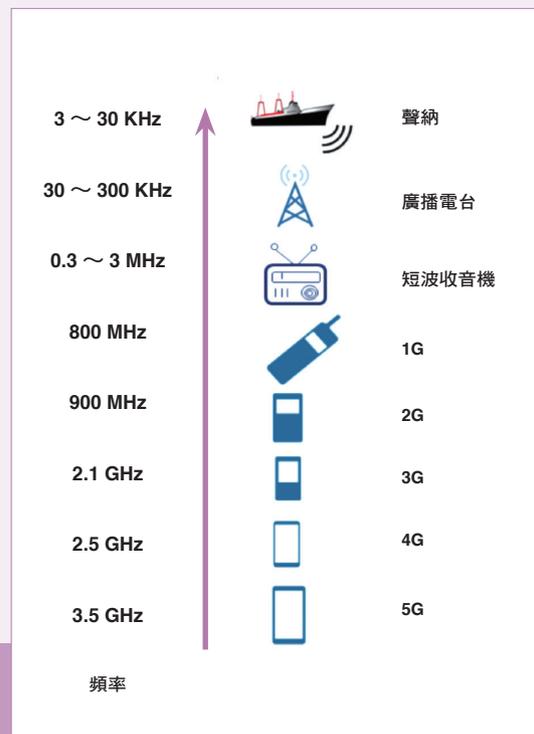


無線通訊示意圖



「你知道什麼是 5G 嗎?」「我的手機是 XX 電信上網吃到飽的。」很多人會把行動通訊設備使用的網路流量上限 5GB 和 5G 搞混，實際上 5G 全名是：第五代行動通訊技術（5th generation mobile networks, 5G），是目前最新一代蜂窩行動通訊技術，其 G 的意思是「代」（generation），而非網路傳輸量的單位（G byte, GB）。

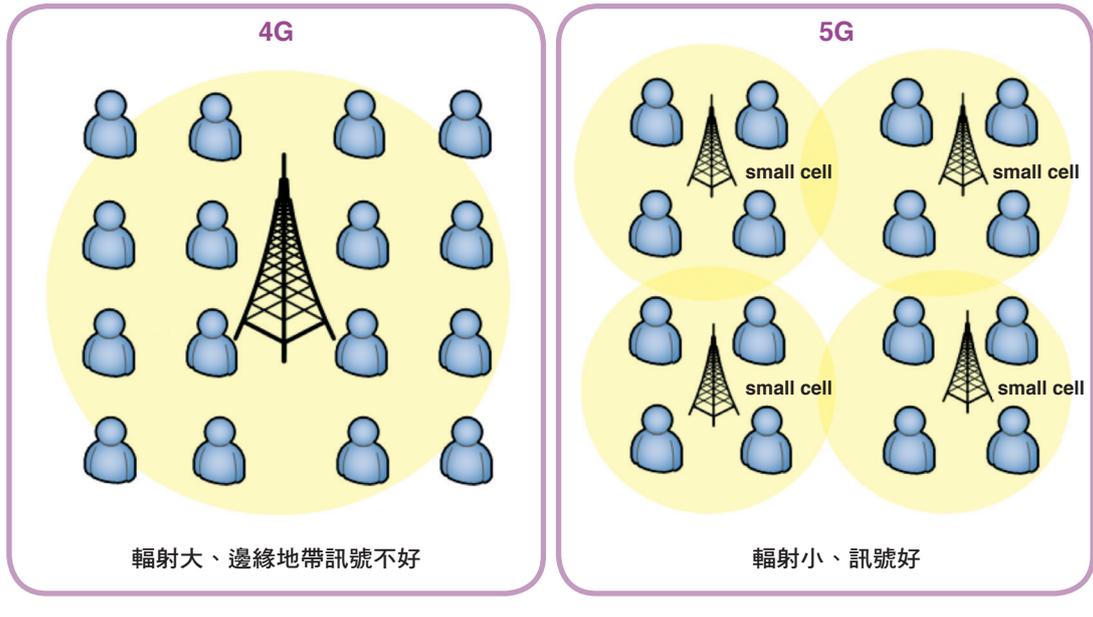
隨著科技的進步，物聯網、擴增實境（augmented reality, AR）、虛擬實境（virtual reality, VR）、8K 超高清影片、人工智慧等網路應用的興起，導致網路需求不斷增加。國際行動通訊組織針對 2020 年後的行動通訊願景，提出了 3 大應用情境，包含了增強型行動寬頻通訊、超可靠度和低延遲通訊、大規模機器型通訊，也預期 5G 將於今年開始商用。究竟 5G 能給我們的生活帶來什麼改變呢？



通訊電磁波頻譜圖

每一代新的行動通訊技術的誕生，  
代表了頻率限制的突破。

4G 與 5G 基地台部署的示意圖



## 破除 5G 迷思

我們使用的手機、電腦、導航、衛星、藍芽等無線通訊，都需要靠電磁波傳送訊息。以行動通訊來說，手機把聲音或需要傳遞的訊息調變成高頻的電磁波，並且發送給基地台，因為高頻電磁波較不易損耗，可以傳輸較遠的距離。基地台收到訊號後，透過光纖把資料傳送至網路，最後把訊息發送至目的地，透過這種方式完成無線傳輸。

為了避免電磁波的干擾，按照不同的頻率把電磁波劃分範圍。就好比車道一樣，不同的無線通訊工具需要在指定的頻段內通訊，例如：聲納的使用頻段在 3 ~ 30 kHz，廣播電台的頻段在 30 ~ 300 kHz。

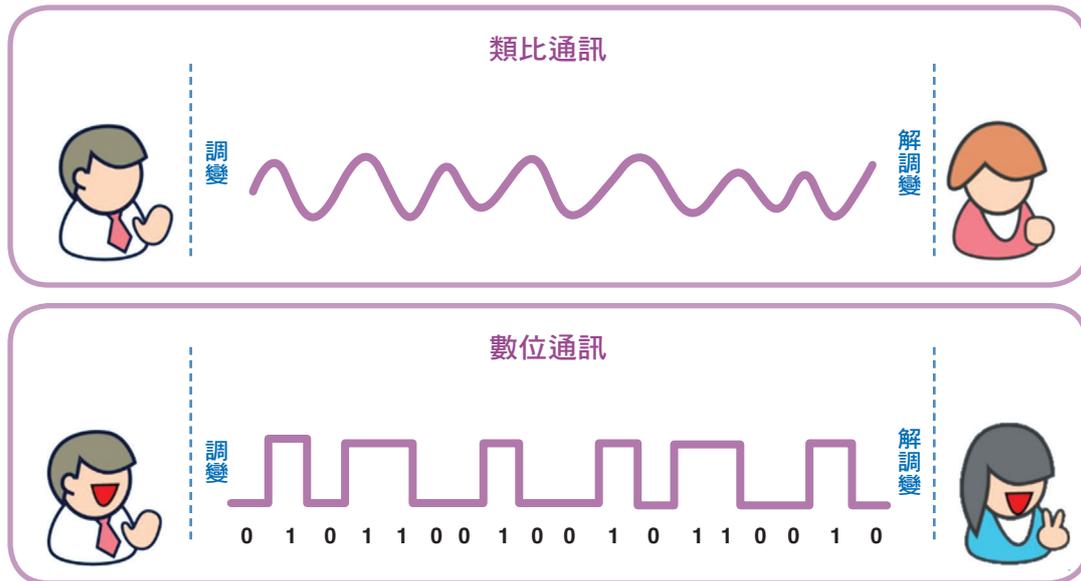
每一代新的行動通訊技術的誕生，代表了頻率限制的突破。隨著網路的流量需求增加，低頻的頻段不敷使用，行動通訊採用的頻段越來越高。但是頻率越高訊號衰退越快，對於障礙物的穿透力也越差。

4G 因為採用的頻率較低，基地台能覆蓋的範圍是好幾公里。相反地，5G 採用的頻段較高，為了避免訊號衰減過快的問題，將布建大量的微型基地台提升訊號品質。

有人會有疑慮，基地台數量變多會不會對人的身體有損害？在相同的覆蓋範圍下，多個微型基地台的輻射量（5G）會比單一基地台的輻射量還要少（4G）。單一基地台為了讓距離較遠的使用者收到訊號，需要花費較大輻射功率提升覆蓋率，雖然輻射功率越大訊號越好，但是輻射量也越多。相反地，透過部署大量的微型基地台可以減少輻射功率。

很多人會好奇使用 5G 需要換手機嗎？答案是「要」。由於 5G 使用的頻段和通訊協定與 4G 不同，因此需要更換手機。5G 的速度提升，對於手機而言會比較耗電嗎？答案是「肯定的」。5G 手機需要處理更多的任務和較大的頻寬，因此耗電量會增加。

## 數位通訊與類比通訊的比較



## 行動通訊技術的演進

要知道 5G 是什麼？需要從行動通訊的發展談起。首先，各位讀者需要先了解什麼是數位訊號，什麼是類比訊號。舉凡自然界的訊號，例如聲音、光、影像等連續的訊號都稱為「類比訊號」，而把連續的類比訊號轉換成 0 與 1 兩種不連續的訊號，稱為「數位訊號」。

**1G — 類比通訊** 行動通訊技術的演進最早要從 1G 開始談起。行動通訊的開創者是摩托羅拉，1941 年二戰時期與美國陸軍簽訂發展無線通訊工具的合約，有了第一款產品 SCR-300。到了 1980 年開發出最經典的產品：黑金剛，也就是俗稱的大哥大，當時能夠配有大哥大的人代表有雄厚的財力和不凡的身分地位。1G 因為使用類比通訊，導致保密性很差、訊號品質不穩定，時常聽到沙沙的聲音，因此人們開始研發新一代的行動通訊技術。

## 2G — 數位通訊、簡訊、網路漫遊

1980 年代後期，隨著數位訊號的應用、微處理機和積體電路的發展，數位通訊取代了類比通訊的使用，進入 2G 時代。1G 時代的行動通訊技術由美國的摩托羅拉公司壟斷，歐洲各國意識到單打獨鬥無法贏得了美國，為了在行動通訊領域分一杯羹，歐洲郵電管理委員會在 1982 年成立「行動專家組」（Groupe Spécial Mobile, GSM）專門研究通訊標準。

GSM 的核心技術是分時多工，概念是把一條資訊通道依據時間平均劃分給 8 位通話者。舉例來說：有 3 個人同時要說話，分時多工運作的方式是 A 說完話後再換 B 說話，最後才輪到 C 說話，也就是說，同一個時間只允許其中一位使用者說話。2G 除了通話功能外，還提供簡訊的功能，解決了 1G 訊號品質不好的問題。由於 GSM 建置容易，並提供 SIM 卡儲存個人



訊息且開放國際漫遊，從 1991 年 Ericsson 和 Nobia 在歐洲架設第一個 GSM 通訊網路後，10 年內許多國家陸續建立 GSM 通訊網路，擁有高達 75% 的市占率。

歐洲各國發展 2G 的同時，美國也在發展 2G 的新技術，其中高通提出的分碼多工技術最具影響力。分碼多工技術把特定的密碼加入數位訊號中，當使用者發送資料時，資料會經過加密運算再傳輸至資料通道，接收端在接收資料時，會根據不同密碼分辨接收的訊號。就好比不同國家的人在相同的空間內談話，因為彼此聽不懂對方的語言，不會造成干擾和安全疑慮。

分碼多工技術與分時多工技術相比有更好的效能，但是因為技術的起步較晚，加上短短數年之間 GSM 快速部署全球，導致分時多工技術成為 2G 時代的主要技術。高通堅信分碼多工技術技術能夠戰勝 GSM 通訊網路，便開始建立專利布局，聘任大量的專利律師和圍繞分碼多工技術相關技術申請專利。

對於高通的專利布局，歐洲國家不願買單，仍然堅持使用 GSM，讓高通一度對分碼多工技術心灰意冷。但是韓國電信商的出現拯救了高通，韓國決定採用分碼多工技術而非 GSM，短短幾年的時間內，韓國使用行動通訊的普及率快速提升，並且培養三星成為分碼多工技術的手機出口商，讓分碼多工技術開始崛起。

**3G — 網路時代的來臨** 隨著人們對於行動通訊的需求增加，世界各國開始布局 3G，智慧型手機的問世成為 3G 發展的推手。3G 手機的功能除了語音、簡訊服務外，還能夠上網傳送影片、玩遊戲等，3G 的關鍵技術正是高通所開發的分碼多工。

歐洲各家廠商知道分時多工技術難以抗衡分碼多工技術，因此與推行 GSM 的國家聯合組成 3GPP 組織（3rd generation partnership project）制定 3G 標準，並提出 W-CDMA 的技術。美國和韓國則組成 3GPP 2，推出了 CDMA2000 與 3GPP 抗衡。大陸則自己創立一個 TD-S CDMA，全球廠商所開發的技術都是基於分碼多工技術來開發。換句話說，這些技術多少會觸碰到高通的專利地雷，進而讓高通成為 3G 時代的霸主。

**4G — 網紅經濟、大量影音串流** 由於智慧型手機的快速發展，網路的使用需求急遽上升，為了能夠更有效地利用頻譜資源，1980 年後美國通信委員會把頻譜資源標準放寬，規定發射功率較大且容易產生信號干擾的無線通訊設備需要頻譜的授權，發射功率較低的設備可以使用非授權頻譜。也因為這個標準鬆綁，發展出現今廣泛使用的 WiFi，

2003 年，IEEE 基於正交頻分復用（OFDM）技術，推出 802.11b 和 802.11g（WiFi 規格）。相較於分碼多工技術，OFDM 的複雜度低很多，除了能消除多重路徑干擾外，還可支援多重輸入和多重輸出來提升無線傳輸的速度和距離，成為 4G 的關鍵技術。

4G 的發展主要可分為兩大派系。第一派系是 3GPP，提出 LTE-Advanced 作為 4G 的標準，把原本 3G 所使用的 W-CDMA 汰換為 OFDM 技術。另一個派系是 Intel 所領頭的 WiMaX 技術，WiMaX 是 Wifi 技術演進而來。由於目前全球大部分使用的 3G 技術由 W-CDMA，LTE-Advanced 能夠向下支援現有的電信設施（W-CDMA），WiMaX 基地台卻要從頭架設，許多營運商基於

〔 未來的 5G 時代以低時間延遲、高可靠傳輸、低功耗為目標。 〕

	1G	2G	3G	4G	5G
年分	 1980	 1991	 2001	 2008	
類別	類比通訊	數位通訊	數位通訊	數位通訊	數位通訊
速度	2.4 kbps	64 kbps	2,000 kbps	100 Mbps	20 Gbps
技術	AMPS	GSM CDMA	WCDMA CDMA2000 TD-SCDMA	LTE	5G NR

成本考量紛紛支持 LTE-Advanced，因此 LTE 成為 4G 時代的主要標準。

**5G — 萬物互聯** 回顧目前行動通訊的發展，1G 使用類比通訊開啟無線通訊發展的大門；2G 從類比通訊轉成數位通訊，且開始有了簡訊、漫遊的功能；3G 時代開始，手機可以使用網路功能；4G 網路速度快速提升，造就實況主、youtuber、手機遊戲等新型職業和產業的誕生。

每一代的行動通訊都有著突破性的改變，未來的 5G 時代以低時間延遲、高可靠傳輸、低功耗為目標，通訊的層面不僅只是人跟人之間的溝通，而是達到萬物都能互相通訊的物聯網技術。同時，隨著物聯網、VR、AR 等的應用出現，這些應用有不同的網路需求和需要搭配的網路協定技術，傳統的網路架構難以滿足大量且不同

的應用情境需求。5G 將結合軟體定義網路與網路功能虛擬化的技術，改善傳統網路架構複雜且擴展性低的問題。

在傳統的網路架構中，要實現各種網路協定時，網路管理人員需要針對每台交換器或路由器逐一設定，過程相當繁瑣且容易出錯。SDN 使用 Openflow 的協定把路由器的控制平面跟資料平面分離，所有的動作在不更動硬體設備的前提下，都透過軟體執行，透過這個方式提供靈活且高彈性的網路資源調度。

NFV 時常與 SDN 相提並論，兩者的主要訴求相同，但是面向不同。目前有許多的網路功能和設備，例如防火牆、網路入侵偵測等，NFV 能夠把這些網路功能從硬體設備中抽離，以軟體方式執行。藉由這種方式讓有限的資源能夠得到充分的利用，

〔 5G 將結合軟體定義網路與網路功能虛擬化的技術，改善傳統網路架構複雜且擴展性低的問題。 〕



SDN 與 NFV 相輔相成，可提升 5G 網路架構的可擴充性和靈活性。

**5G 的應用** 行動通訊的演進會受到不同時代的相關技術、法規所影響。5G 將實現「萬物連網，無網不能」，在應用服務上強調即時、大量、同地點多人的資料傳輸，造就未來 5G 有很多的應用場景，包括車聯網、智慧製造、智慧能源、無線醫療、無線家庭娛樂、個人 AI 助理、智慧城市等。

在自動駕駛方面，最重要的網路要求是低延遲，一旦網路發生延遲會造成煞車延誤，稍有不慎可能導致不可挽回的結果。為了滿足這項應用，3GPP 針對 V2X (vehicle to everything) 方面正在制定 5G 標準。此外，自動駕駛需要透過大量的資料分析，例如影像辨識、使用者行為數據等，除了結合 5G 快速傳輸的特性外，還需要結合雲端運算和邊緣運算來達到自動駕駛的應用。

在遊戲方面，當遊戲做得越精緻，對於硬體設備的要求越高。為了讓玩家體驗更好的遊戲品質，且不需顧慮硬體設備的效能，玩家們可以通過 5G 連接遊戲伺服器後，把遊戲畫面即時回傳至終端設備，讓玩家有更好的遊戲體驗。此外，AR、VR 的遊戲需要大量的資料傳輸，透過 5G 的大量傳輸資料功能，讓玩家擁有良好的即時互動體驗。

在影音娛樂方面，隨著智慧型手機的進步，搭載的相機規格越來越高。目前許多手機都能支援 4K 錄影，出門旅遊、參加活動、聽演唱會，隨手一拍加上後製，人人都能成為導演。目前所觀看的影片都是

追隨拍攝者的視角，但是 5G 時代將改變這個使用習慣。

由於 5G 能夠提供大量的資料傳輸，未來影片的視角不再取決於拍攝的人，而是觀看的人。怎麼說呢？大量資料傳輸的基礎配合環場錄影技術，觀眾可以隨時移動手機畫面，觀看自己有興趣的視角，不再局限於拍攝者的主觀角度，因此對於演唱會、球賽重播等影片，會因為觀看視角的不同而有不同的感受。

在解析度方面，5G 的速度最快可達 20 Gbps，可支援 8K 影片傳輸（目前最高影像解析度規格）。8K 影片的總像素比 4K 多了 4 倍，比 1080P 多了 16 倍，能夠提供觀眾更好的解析度和觀看品質。目前日本廠商已完成 5G 傳輸 8K 超高畫質影像的測試，未來的商用產品可以說勢在必行。

在醫療方面，當緊急事故發生時，由於 5G 能夠提供低延遲和快速的影音傳輸服務，急救人員可以使用救護車上的急救及影像傳輸系統，透過影像及視訊會議的方式與當地醫院溝通，提供病患準確且即時的遠端急救措施。

在智慧教育方面，透過各種影片教學讓學生和民眾可以無時無刻地學習。由於 5G 提供高速且大頻寬的傳輸，可以結合 VR、AR 等技術讓學生更容易理解書本上的知識。俗話說讀萬卷書不如行萬里路，AR、VR 的結合可以讓學生身歷其境，對於地理、歷史、化學等課程的教學有很大的幫助。

在智慧醫療結合和學習方面，沒有臨床經驗的實習醫師需要觀摩開刀手術，由

5G 將實現「萬物連網，無網不能」，在應用服務上強調即時、大量、同地點多人的資料傳輸，造就未來 5G 有很多的應用場景。

於 5G 具備低延遲、高可靠的網路品質，可把手術的 3D 環場影片藉由 5G 即時傳輸，讓觀摩的實習醫生能夠自我調整視角，充分地學習。此外，有些較困難的手術並非所有醫生都能動刀，5G 技術可結合機器手臂技術遠端為病人執刀。

在緊急救援方面，目前 3GPP 已發展 NB-IoT 和 eMTC 的相關標準協定，換句話說，感測器可透過基地台連上網路並且傳遞訊息。透過感測器所蒐集各地區的資料，如溫度、二氧化碳濃度等，回傳到雲端資料庫分析後，預測或發現有緊急事故發生時，便可以快速回報相關單位處理，避免或降低事故的發生率和傷害程度。

在智慧農業方面，可以在農地裝上各種功能的感測器，如：溼度、溫度、含氮量等。農地面積較大，單靠人力難以達到完善的管理，配合感測器和無人機，可以更有效地管理農地，成為降低成本、提高產量的智慧化農場。

在智慧工廠方面，為了能夠滿足工業物聯網的需求，3GPP 組織正在制定資料傳輸的壓縮標準。未來所有工廠內的機器設

備可相互溝通，且能夠蒐集大量的訊息，透過這些訊息偵測工廠的設備和營運狀況。舉例來說，透過大數據分析工廠設備的電力使用狀況，電力異常時能緊急維修，避免耽誤生產流程。

5G 的應用不僅止於上述的例子，未來會有更多為了提升人類生活品質、工作效率、學習效率等的相關應用。俗話說：「科技始終來自於人性。」行動通訊的應用也是如此。行動通訊已深深影響人們的生活，手機成了生活不可或缺的一部分，如：行動支付取代了現金、行動電話取代了市話。5G 時代讓原本人跟人之間的通訊擴展到萬物之間的通訊，大量的 5G 應用會慢慢改變你我的生活。

---

趙涵捷

東華大學電機工程學系

簡暉哲

成功大學工程科學系

---

