

# 第五代行動通訊 (5G) 的原理與應用

台北福星曙光衛星社 曲建仲博士 Hightech



第五代行動通訊 (5G: 5th Generation) 無疑是近來最熱門的話題之一，大家對它的印象不外乎是上網的速度更快，到底什麼是第五代行動通訊 (5G)? 它上網的速度更快又是如何辦到的呢?

## 第三代合作夥伴計畫

### (3GPP: 3rd Generation Partnership Project)

第三代合作夥伴計畫 (3GPP) 成立於 1998 年 12 月，成員包括歐洲的 ETSI、日本的 ARIB 和 TTC、中國的 CCSA、韓國的 TTA、北美洲的 ATIS 和印度的電信標準開發協會等，主要的任務是制定第三代行動通訊 (3G) 標準，3G 上線後開始規劃下一代的無線通訊標準，也就是後來被大家稱為第四代行動通訊的「長期演進技術 (LTE: Long Term Evolution)」，其實它是從第三代 (3G) 演進到第四代 (4G) 行動電話的意思，所以稱為「長期演進 (Long term)」。

商業上宣傳的 4G LTE 其實是由 3G 邁向 4G 的過渡版本，2017 年開始進行技術研究與制定第五代行動通訊 (5G: 5th Generation) 通訊標準稱為「新無線電 (NR: New Radio)」。

## 第五代行動通訊的特性

當年第四代行動通訊主要的發展目標是提高尖峰資料傳輸率 (PDR: Peak Data Rate)、提高網路覆蓋區域邊緣的傳輸性能、降低系統延遲與連線設定的時間，而第五代行動通訊進一步改善，達到下列三個特性：

### → 增強行動寬頻上網 (eMBB: Enhanced Mobile Broadband): 速度快

基本上 5G 最基本的特性就是超高速度，可以支援 10Gbps 以上的資料傳輸率與超大傳

輸容量，應用在全息影像、虛擬實境 (VR)、擴增實境 (AR) 等大量影像訊號傳輸。

### → 高可靠低延遲通訊 (URLLC: Ultra Reliable Low Latency Communication): 反應快

5G 要求最低延遲，可以支援 1ms 以下的資料傳輸延遲與高可靠度，比 4G 的 10ms 快 10 倍以上，應用在工廠自動控制、公共安全監控、車聯網等即時反應訊號傳輸。

### → 大量裝置連網通訊 (mMTC: Massive Machine Type Communication): 連結多

5G 希望支援大量「節點 (Node)」，節點是指可以連接網路的通訊裝置，必須滿足超低功耗、超大範圍，可以支援每平方公里 100 萬以上節點，應用在智慧城市、智能電網、智慧交通等小量訊號傳輸。

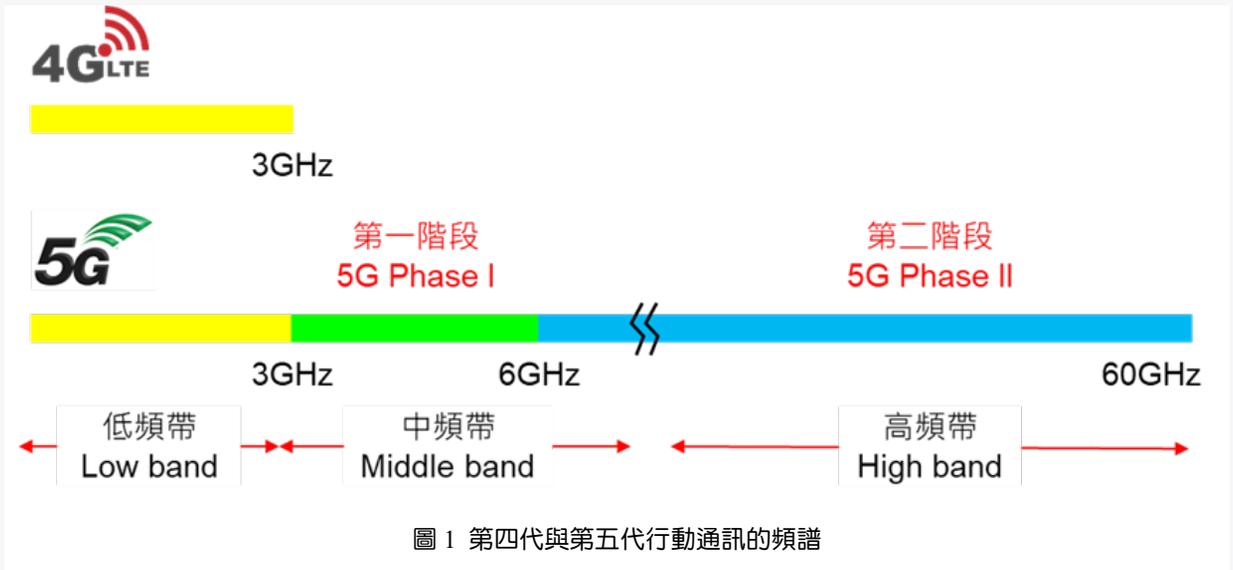
值得注意的是，上面提到的三個特性，最重要的是大量裝置連網通訊 (mMTC)，其次才是高可靠低延遲通訊 (URLLC)，最不重要的是增強行動寬頻上網 (eMBB)，因此物聯網才是 5G 最重要的特性。

## 第五代行動通訊的兩個階段

由於相同頻率範圍的電磁波只能使用一次，而 3GHz 以下的電磁波又稱為「低頻帶 (Low band)」，已經被 4G 與其他產品使用了，5G 能用的頻率範圍並不多，唯一的辦法是使用頻率更高的電磁波，因此 5G 將更高頻率的電磁波分為兩個階段執行，如圖 1 所示：

### → 第五代行動通訊第一階段 (5G Phase I):

電磁波頻率在 3-6GHz 的電磁波又稱為「中頻帶 (Middle band)」，也就是所謂的「Sub 6GHz」，結合最新的數位調變與大量天線技術可以將資料傳輸率提升到 10Gbps，由於電磁波的頻率和之前的系統差不多，因此電磁波



的特性也差不多，一般預計 2019 年開始全球各地的電信服務商就會開始布建基地台，手機廠商也陸續推出 5G 智慧型手機，不過真正普及的時間應該會在 2020 年。

→ **第五代行動通訊第二階段 (5G Phase II)：**電磁波頻率在 6-60GHz 的電磁波又稱為「高頻帶 (High band)」，也就是所謂的「毫米波 (mm wave)」，利用超大頻寬可以將資料傳輸率進一步提升到 100Gbps，但是電磁波的頻率和之前的系統差很多，因此電磁波的特性也差很多，基本上毫米波（高頻帶）的電磁波方向性高，不像中頻帶與低頻帶的電磁波向四面八方傳播，而且毫米波容易在傳輸過程衰減，因此傳輸距離很短，通訊裝置的射頻積體電路 (RF IC) 與天線都必須重新設計，一般預計 2022 年開始全球各地的電信服務商才會開始布建基地台，而且主要的應用可能不是手機，而是散布在全世界的所有連網裝置，包括：汽車、監視器、紅綠燈、感測器等，也就是所謂的「物聯網 (IoT：Internet of Things)」。

### 低功耗廣域網路

#### (LPWAN：Low Power Wide Area Network)

由於物聯網產品需要的通訊系統必須具備三大特性：低功耗、低價格、高覆蓋，相較之下對於訊號延遲與傳輸速度的要求比較低，在實際的應用上，例如：智慧城市的電錶只需要固定時間傳送少量用電資訊；水錶、瓦斯錶只需要固定時間傳送少量用電資訊，必須使用電池等，如圖 2 所示。因此第三代合作伙伴計畫 (3GPP) 標準組織自 Release-13 版制定「長期演進裝置連網通訊 (LTE-MTC：LTE Machine Type Communication)」與「窄頻物聯網 (NB-IoT：Narrowband IoT)」；並且自 Release-16



圖 2 水錶、電錶、瓦斯錶的物聯網應用

版制定第五代行動通訊 (5G) 將延續支援 LTE-MTC 與 NB-IoT，未來 4G LTE 原有基地台升級為 5G NR 基地台時，使 LTE-MTC 與 NB-IoT 共存。

→**長期演進裝置連網通訊 (LTE-MTC)**：頻寬 1MHz，可以提供資料傳輸率 10K-1Mbps，主要傳送「即時性 (RT: Real Time)」資料與中量封包，適合在移動物件追蹤等，可能的應用包括：健康管理、智慧穿戴、資產追蹤、智慧安防。

→**窄頻物聯網 (NB-IoT)**：頻寬 200KHz，可以提供資料傳輸率 1K-10Kbps，主要傳送「非即時 (NRT: Non Real Time)」資料與少量封包，適合在固定裝置等，可能的應用包括：智慧建築、智慧停車、環境監測、智慧三錶。

### 第五代行動通訊 (5G) 是通訊產業必然的趨勢

由於大家對於資料傳輸率 (Data rate) 的要求愈來愈高，因此 5G 市場的成長是必然的趨勢，再加上近年來智慧型手機的銷售量不佳，全球通訊大廠都需要一個「話題」炒作來刺激銷售量，因此一個全新的名詞「5G」自然成為各家廠商首推的發展方向，紛紛趕著推出

5G 手機上線，因此 5G 通訊產業的發展是必然的趨勢。

從 2019 年開始上市的 5G 手機其實只是第五代行動通訊第一階段 (5G Phase I)，它與現有 4G LTE 特性相似，基地台與手機的射頻積體電路 (RF IC) 特性相似，技術障礙較低，但是增加的資料傳輸率並不多，還需要幾年的發展才有可能達到 10Gbps；而第五代行動通訊第二階段 (5G Phase II) 由於使用毫米波繞射特性差，基地台數目大量增加，稱為「小型基地台 (Small cell)」，它與現有 4G LTE 特性差異極大，技術障礙較高，可以大幅增加資料傳輸率，一般認為要到 2022 年才會開始推動，由於毫米波繞射特性差，必須建置大量基地台，未來是否能夠完全覆蓋地面有待觀察，在人多處以「熱點 (Hotspot)」建置比較可行。

人類的無線通訊發展，從第一代 (1G) 的行動電話問世，到第二代 (2G) 的行動電話普及，第三代 (3G) 的行動上網登場，第四代 (4G) 的行動上網普及，現在發展到第五代 (5G) 的重點將是萬物相連的物聯網最後將造成產業翻轉，讓我們一同期待未來更方便的通訊服務應用吧！

