

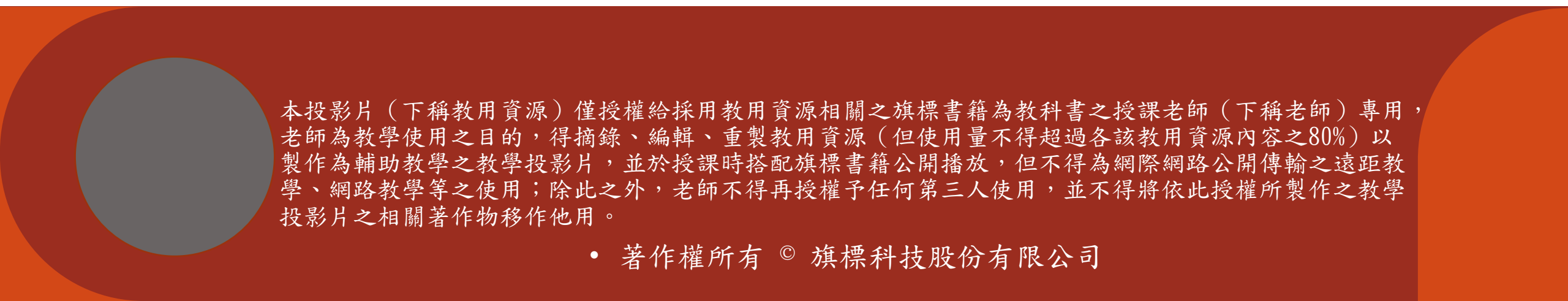
# 最新網路概論-第17版

本投影片（下稱教用資源）僅授權給採用教用資源相關之旗標書籍為教科書之授課老師（下稱老師）專用，老師為教學使用之目的，得摘錄、編輯、重製教用資源（但使用量不得超過各該教用資源內容之80%）以製作為輔助教學之教學投影片，並於授課時搭配旗標書籍公開播放，但不得為網際網路公開傳輸之遠距教學、網路教學等之使用；除此之外，老師不得再授權予任何第三人使用，並不得將依此授權所製作之教學投影片之相關著作物移作他用。

• 著作權所有 © 旗標科技股份有限公司



# 第六章 行動通訊網路



本投影片（下稱教用資源）僅授權給採用教用資源相關之旗標書籍為教科書之授課老師（下稱老師）專用，老師為教學使用之目的，得摘錄、編輯、重製教用資源（但使用量不得超過各該教用資源內容之80%）以製作為輔助教學之教學投影片，並於授課時搭配旗標書籍公開播放，但不得為網際網路公開傳輸之遠距教學、網路教學等之使用；除此之外，老師不得再授權予任何第三人使用，並不得將依此授權所製作之教學投影片之相關著作物移作他用。

• 著作權所有 © 旗標科技股份有限公司

# 6-1 行動通訊網路的架構

- 行動通訊網路從最早單純的語音通話，發展到現在的語音與數據傳輸，基本架構大致相同，有以下幾點特色
  1. 蜂巢式網路 (Cellular Network)
  2. 頻道的重複使用
  3. 基地台的交遞 (Handoff)
  4. 行動通訊網路的運作

# 6-1 行動通訊網路的架構

蜂巢式網路 (Cellular Network):

- 行動通訊網路是由基地台 (Base Station) 組成, 由於整個行動通訊網路外觀也與蜂巢相似, 也稱為『蜂巢式網路』

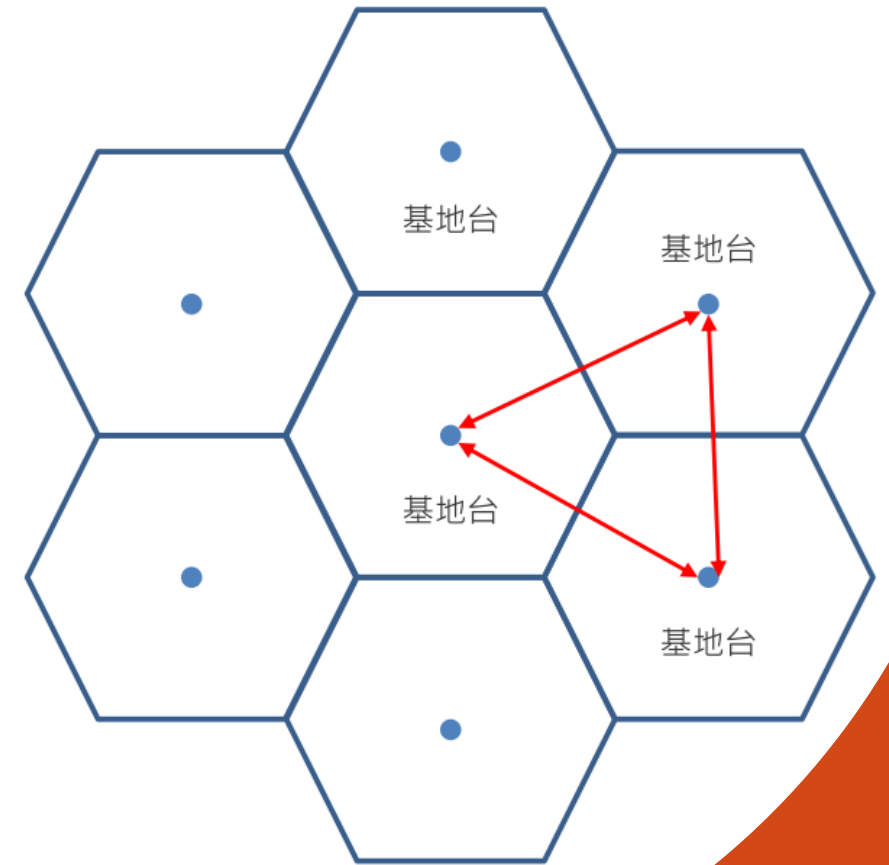


圖 6-1 以基地台佈建而成的蜂巢式網路

# 6-1 行動通訊網路的架構

蜂巢式網路 (Cellular Network):

- 每一個正六角形區域稱為『分區』(Cell)，其中心點就是基地台，負責該區域內行動裝置的通訊

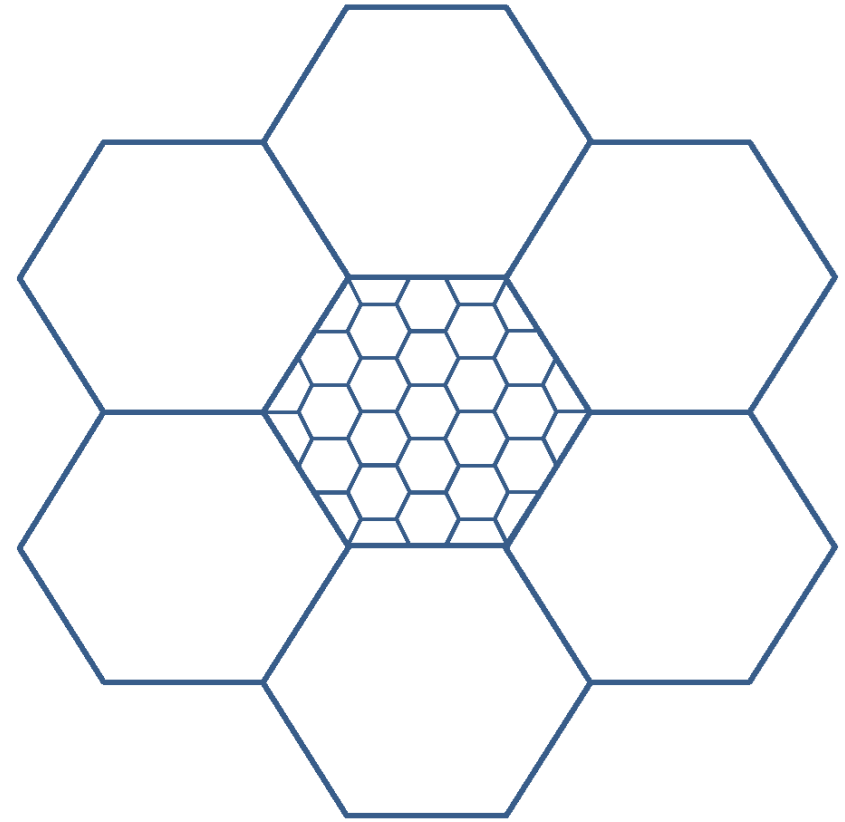


圖 6-02 將特定分區細分蜂巢式網路

# 6-1 行動通訊網路的架構

蜂巢式網路 (Cellular Network):

- 行動通訊網路可用的頻道有限，會將可用的頻道分組，這樣就不會互相干擾



圖 6-03 可重複使用頻道且不會互相干擾的分配方式

# 6-1 行動通訊網路的架構

基地台的交遞：

- 在分區的邊界，當訊號過低，就會切換到鄰近訊號最強的基地台，稱為『交遞』(Handoff, 也稱為Handover)



圖 6-4 隨處可見的行動通訊網路基地台

# 6-1 行動通訊網路的架構

## 行動通訊網路的運作

- 行動通訊網路運作需要基地台控制中心(BSC)和行動服務交換中心 (MSC)
- BSC 負責頻道的配置以及交遞的運作
- MSC 負責話務以及與一般市內電話網路的轉接

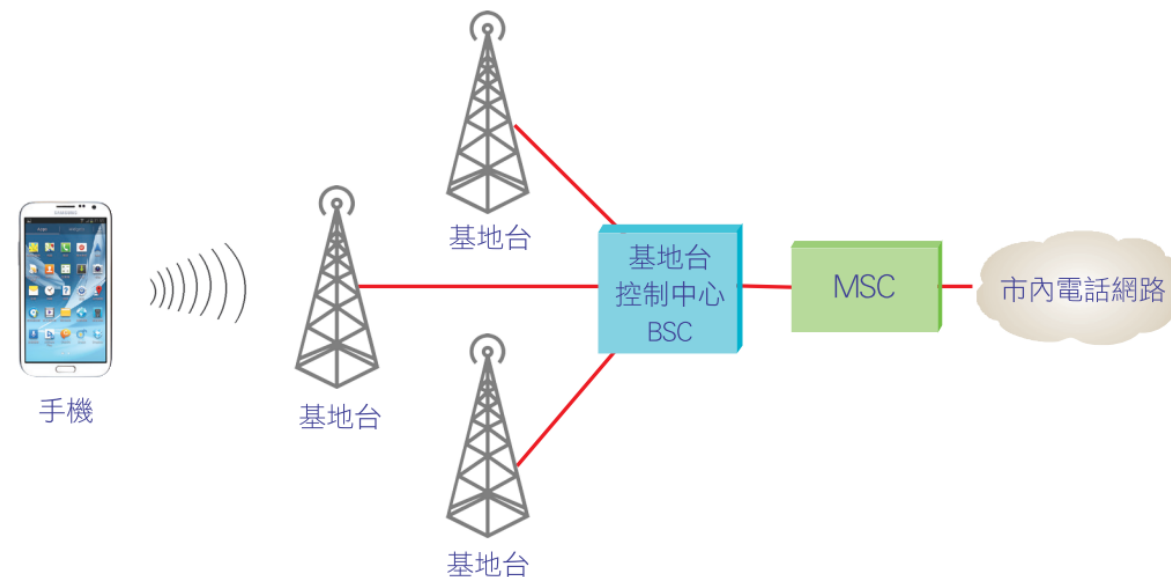


圖 6-5 行動通訊網路的運作



# 6-1 行動通訊網路的架構

## 行動通訊網路的運作

- 所有的基地台都會與某個 BSC 連接，而 BSC 再連至 MSC

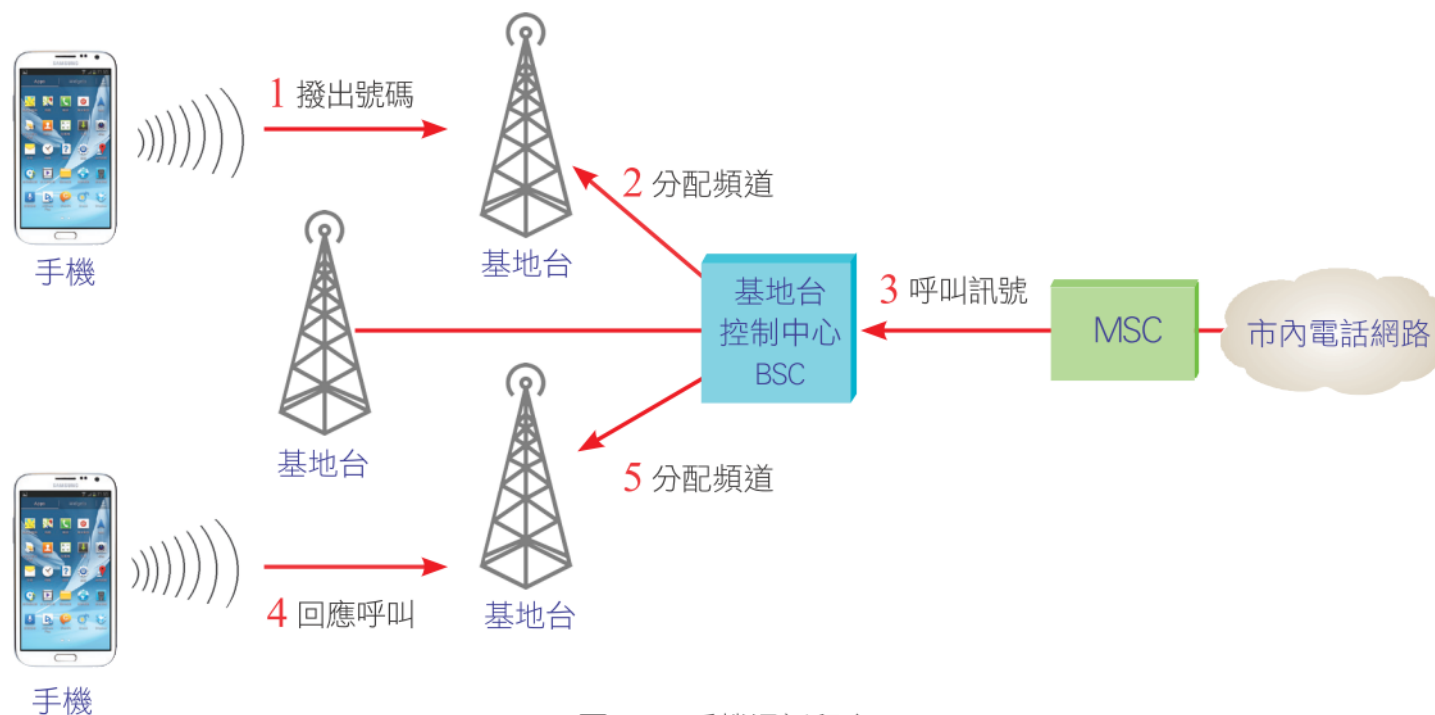


圖 6-6 手機通話程序

## 6-2 2G 行動通訊網路—GSM

- GSM 是歐洲電信標準制定的數位行動網路標準
- 主要是定義如何將類比式的語音轉為數位的訊號，再藉由電磁波傳送出去
- 可以應用在：900 MHz、1800 MHz 及 1900 MHz

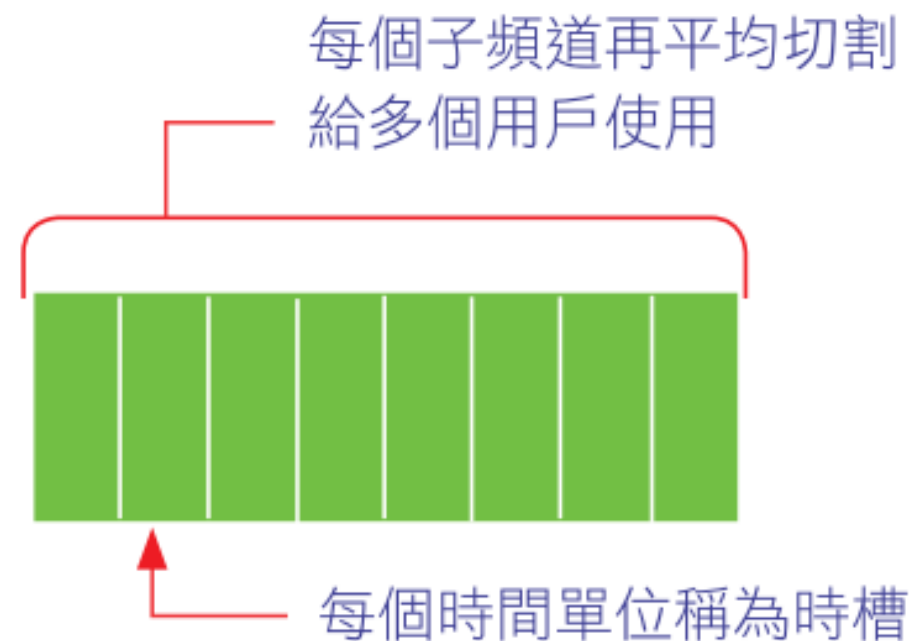
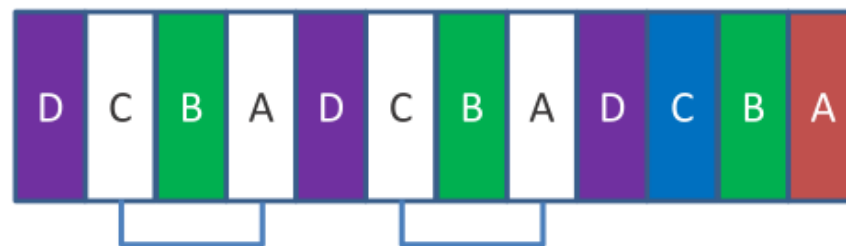


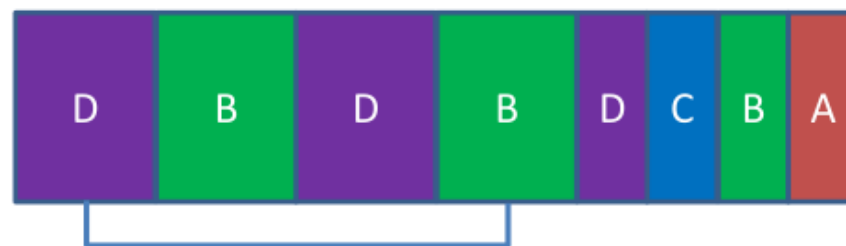
圖 6-7 分時多重存取技術

## 6-3 2.5G 行動通訊網路—GPRS

- GPRS是架構在 GSM 系統之上的服務，只是將通訊的內容改用封包的方式來傳送，降低 TDMA 可能產生的浪費



TDMA 即使沒有資料也會分配時槽



使用封包傳送可在 A 與 C 閒置時  
讓 B 與 D 傳送資料

圖 6-8 使用封包傳送提高頻寬使用效率

## 6-3 2.5G 行動通訊網路—GPRS

- GPRS 提供 4 種不同的編碼機制，可提 72.4Kbps 至 171.2Kbps 不等的最高理論資料傳輸速率
- GSM 網路只需進行一些軟硬體昇級即可提供 GPRS 服務
- 此外在整個網路中還需加入 2 項新的元件：用以連接數據網路（例如：Internet）的 GGSN，以及負責建立數據連線的 SGSN

## 6-3 2.5G 行動通訊網路—GPRS

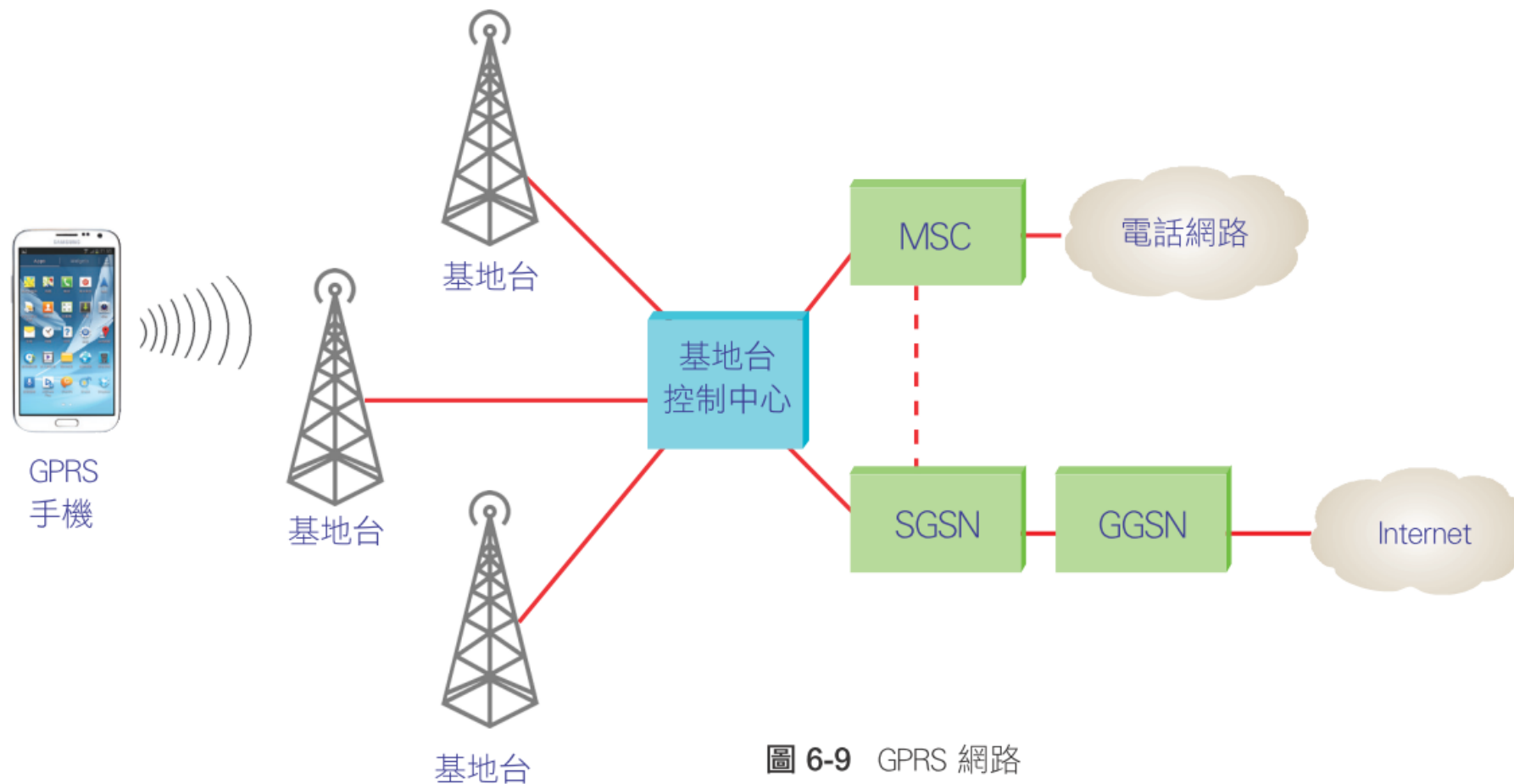


圖 6-9 GPRS 網路

## 6-4 3G 及其延伸技術

### IMT-2000 計畫

- 目標：
  1. 一隻手機、全球漫遊
  2. 傳輸速率達到 2Mbps
  3. 使用 2GHz 頻率
- 在西元 2000 年提供上述服務
- 修正目標：靜止 2 Mbps、低速移動 384 Kbps、高速移動 128Kbps，僅有W-CDMA使用較廣泛

## 6-4 3G 及其延伸技術

### W-CDMA

- 即『寬頻的 CDMA』
- 針對 GSM 系統所設計
- 多數採 GSM 系統的國家, 自然選擇W-CDMA為其3G解決方案

## 6-5 LTE 與 4G 無線寬頻上網

- 為提供更好的無線上網環境，業界發展出第 4 代行動通訊技術 (4G)，其主要需求包括：
  1. 完全使用 IP 封包的網路
  2. 高速移動中最高傳輸率能達到 100 Mbps、低速移動或靜止時最高傳輸率能達到 1 Gbps
  3. 任兩個通訊端點間的傳輸率能達到 100 Mbps
  4. 可支援例如高畫質視訊等次世代多媒體應用
- 目前 4G 技術共有兩種規格：LTE 與 WiMAX, 目前世界各國均以 LTE 為主流



# 6-5-1 LTE 與 LTE-Advanced

LTE (Long Term Evolution) 衍生自 GSM, 相容於 2G/3G 技術

- OFDMA 下行鏈路
- SC-FDMA 上行鏈路
- MIMO
- 全 IP 網路

# 6-5-1 LTE 與 LTE-Advanced

OFDMA 下行鏈路

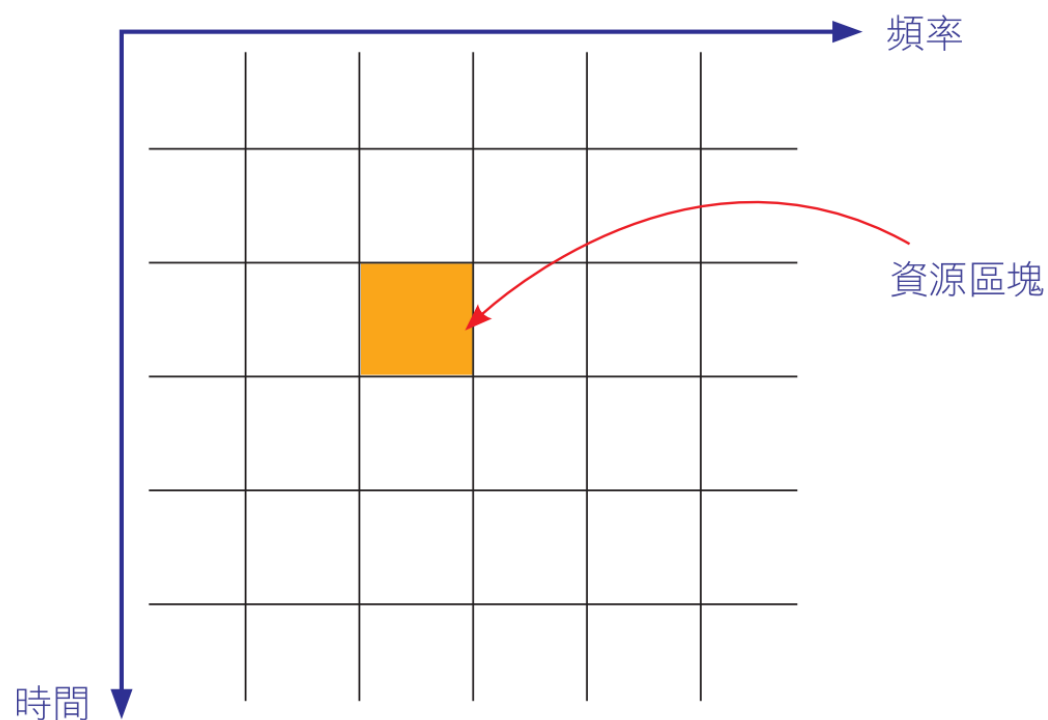


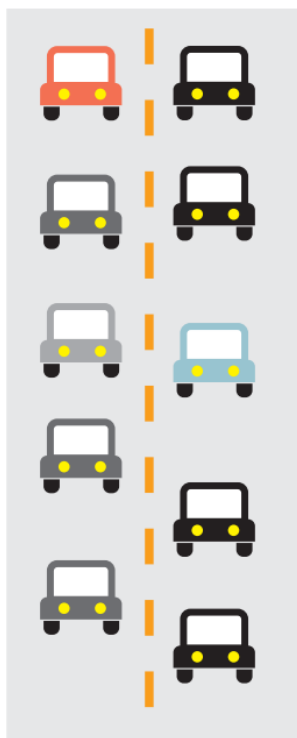
圖 6-10 資源區塊是 LTE 網路中, 配置給使用者存取網路的基本單位

## 6-5-1 LTE 與 LTE-Advanced

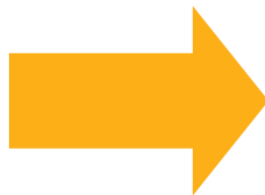
- LTE 支援從 1.4 至 20 MHz 等 6 種不同頻寬供 OFDMA 運作。LTE-Advanced 則加入通道合併的功能，提供更高速的傳輸
- SC-FDMA 會將分配到的子頻道合併成單一載波上傳訊號。LTE-Advanced 改良為上行時亦可使用 OFDMA。
- LTE 實體層引進 MIMO 技術，基地台和手機最高可支援各4個天線。LTE-Advanced 更可同時傳送資料給單一手機。
- LTE 將所有的通訊 IP 化。

## 6-5-2 CA 載波聚合技術

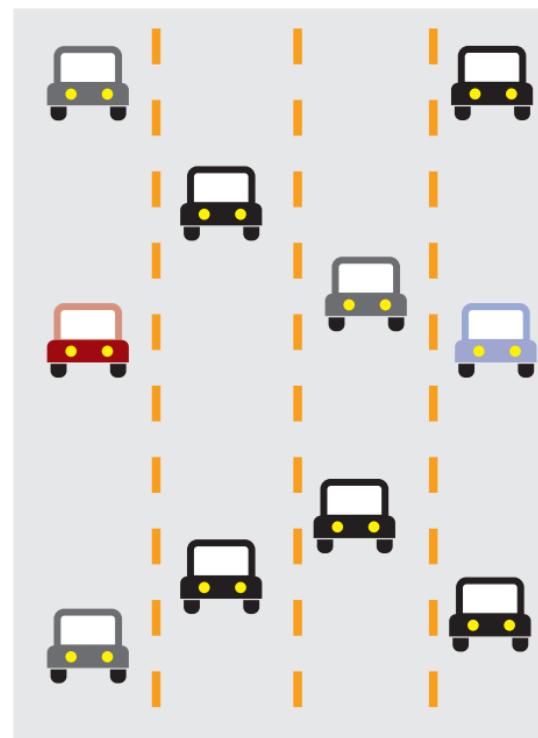
- CA 技術可整合不同頻段的頻道，大幅度擴展用戶傳輸的頻寬。



流量擁擠



採用 CA 載波聚合技術，將不同頻段合併使用



流量順暢

## 6-5-2 CA 載波聚合技術

- CA 技術可將不同頻段合併起來使用，合併 2 個頻段，稱為 2CA；有 3 個頻段合併使用，則稱為 3CA，傳輸速度最高可達 450 Mbps。

## 6-6 5G 行動通訊網路



圖 6-12 5G 行動網路的時代已經全面來臨

# 6-6 5G 行動通訊網路

5G 的優點：

- 超大頻寬（高網速）
- 低延遲
- 巨量連線



圖 6-13 電信業者彙整出 5G 應用的三大情境

## 6-6-2 5G 所使用的頻段

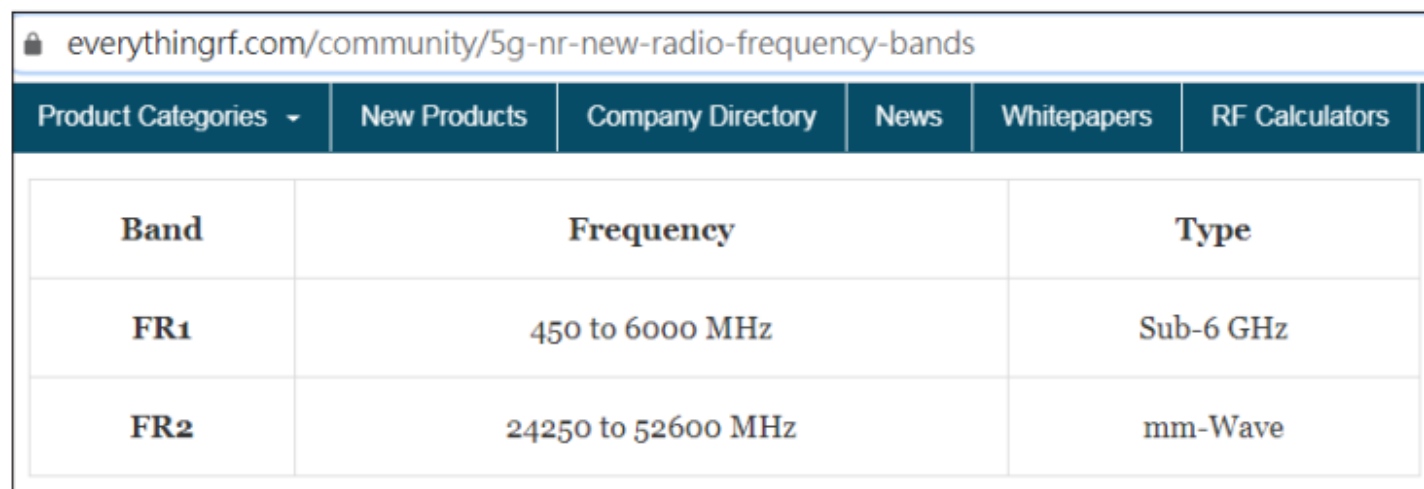
5G 的實際工作頻段在各國會有差異，但是基本上都涵蓋低、中、高三個頻段

- 低頻是指 1GHz 以下，焦點在於 600~700MHz
- 中頻是指 1GHz~6GHz，焦點在於 3.5GHz；
- 高頻是指 24GHz 以上，焦點在於 24GHz~40GHz



## 6-6-2 5G 所使用的頻段

- 3GPP 組織將 5G 所使用的電磁波頻率統稱為 5G NR (5G New Radio)
- 在 Rel-15 規範中，將 5G NR 區分第一頻率範圍 (FR1, Frequency Ranges 1) 和第二頻率範圍 (FR2, Frequency Ranges 2)
- FR1 涵蓋 400MHz~6000MHz；FR2 涵蓋 24250MHz~52600MHz。



everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands					
Product Categories	New Products	Company Directory	News	Whitepapers	RF Calculators
Band	Frequency		Type		
FR1	450 to 6000 MHz		Sub-6 GHz		
FR2	24250 to 52600 MHz		mm-Wave		

圖 6-15 根據 IMT-2020 Rel-15, 5G NR 區分為 FR1 與 FR2 兩大區塊

資料來源：<https://www.everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands>

## 6-6-2 5G 所使用的頻段

- 由於 FR2 的技術與應用還在發展中，本文暫不著墨。而 FR1 根據其採用分時雙工（TDD, Time Division Duplex）技術或分頻雙工（FDD, Frequency Division Duplex）技術，再細分為以下多個子頻段。

# 6-6-2 5G 所使用的頻段

[everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands](https://everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands)

Product Categories	New Products	Company Directory	News	Whitepapers	RF Calculators
FR1 FDD (Frequency Division Duplex) Frequency Bands for 5G-New Radio					
5G NR Band	Uplink Frequency	Downlink Frequency	Bandwidth		
n1	1920 - 1989 MHz	2110 - 2170 MHz	60 MHz		
n2	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz	60 MHz		
n3	1710 - 1785 MHz	1805 - 1880 MHz	75 MHz		
n5	824 - 849 MHz	869 - 894 MHz	25 MHz		
n7	2500 - 2670 MHz	2620 - 2690 MHz	70 MHz		
n8	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz	35 MHz		
n20	832 - 862 MHz	791 - 821 MHz	30 MHz		
n28	703 - 748 MHz	758 - 803 MHz	45 MHz		
n66	1710 - 1780 MHz	2110 - 2200 MHz	90 MHz		
n70	1695 - 1710 MHz	1995 - 2020 MHz	15/25 MHz		
n71	663 - 698 MHz	617 - 652 MHz	35 MHz		
n74	1427 - 1470 MHz	1475 - 1518 MHz	43 MHz		

圖 6-16 上表的 12 個子頻段採用分頻雙工 (FDD) 技術  
資料來源：<https://www.everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands>

[everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands](https://everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands)

Product Categories ▾	New Products	Company Directory	News	Whitepapers	RF Calculators
----------------------	--------------	-------------------	------	-------------	----------------

**FR1 TDD (Time Division Duplex) Frequency Bands for 5G-New Radio**

5G NR Band	Uplink Frequency	Downlink Frequency	Bandwidth
n38	2570 - 2620 MHz	2570 - 2620 MHz	50 MHz
n41	2469 - 2690 MHz	2496 - 2690 MHz	194 MHz
n50	1431 - 1517 MHz	1432 - 1517 MHz	85 MHz
n51	1427 - 1432 MHz	1427 - 1432 MHz	5 MHz
n77	3300 - 4200 MHz	3300 - 4200 MHz	900 MHz
n78	3300 - 3800 MHz	3300 - 3800 MHz	500 MHz
n79	4400 - 5000 MHz	4400 - 5000 MHz	600 MHz

圖 6-17 上表的 7 個子頻段採用分時雙工 (TDD) 技術  
資料來源：<https://www.everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands>

## 6-6-2 5G 所使用的頻段

- 5G 可以用特殊技術來加強下載或上傳的傳輸率
- 加強下載傳輸率的技術稱為「補充下行鏈路」(Supplemental Downlink, SDL)加強上傳傳輸率的技術稱為「補充上行鏈路」(Supplemental Uplink, SUL)
- 而使用 SDL 或 SUL 技術的子頻段也都有規範

everythingrf.com/community/5g-nr-new-radio-frequency-bands				
Product Categories ▾	New Products	Company Directory	News	Whitepapers
RF Calculators				
FR1 Supplementary Downlink Bands (SDL) & Supplementary Uplink Bands (SUL) for 5G-New Radio				
5G NR Band	Uplink Frequency	Downlink Frequency	Bandwidth	Type
n75	-	1432 - 1517 MHz	85 MHz	SDL
n76	-	1427 - 1432 MHz	5 MHz	SDL
n80	1710 - 1785 MHz	-	75 MHz	SUL
n81	880 - 915 MHz	-	35 MHz	SUL
n82	832 - 862 MHz	-	30 MHz	SUL
n83	703 - 748 MHz	-	45 MHz	SUL
n84	1920 - 1980 MHz	-	60 MHz	SUL

## 6-6-3 台灣的 5G 發展

2020 年 2 月競標作業結束後，3.5GHz 和 28GHz 兩種頻段如何分配也就塵埃落定，中華電信、台灣大哥大、遠傳、台灣之星、亞太電信等五家電信商所取得的頻段如下

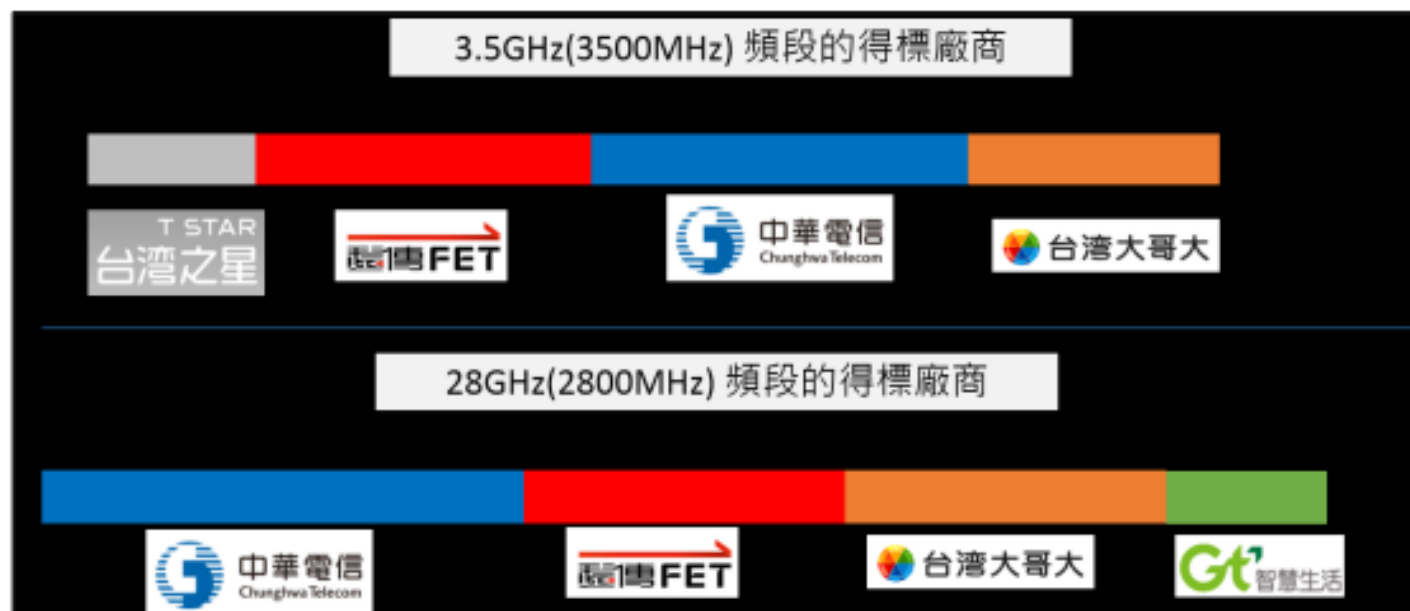


圖 6-19 台灣五大電信商的原始得標頻段

## 6-6-3 台灣的 5G 發展

5G 資費方案昂貴：

目前 4G 吃到飽方案普遍不超過 499 元，甚至有業者推出不到 400 的方案，反觀 5G 吃到飽則要 1399 元，

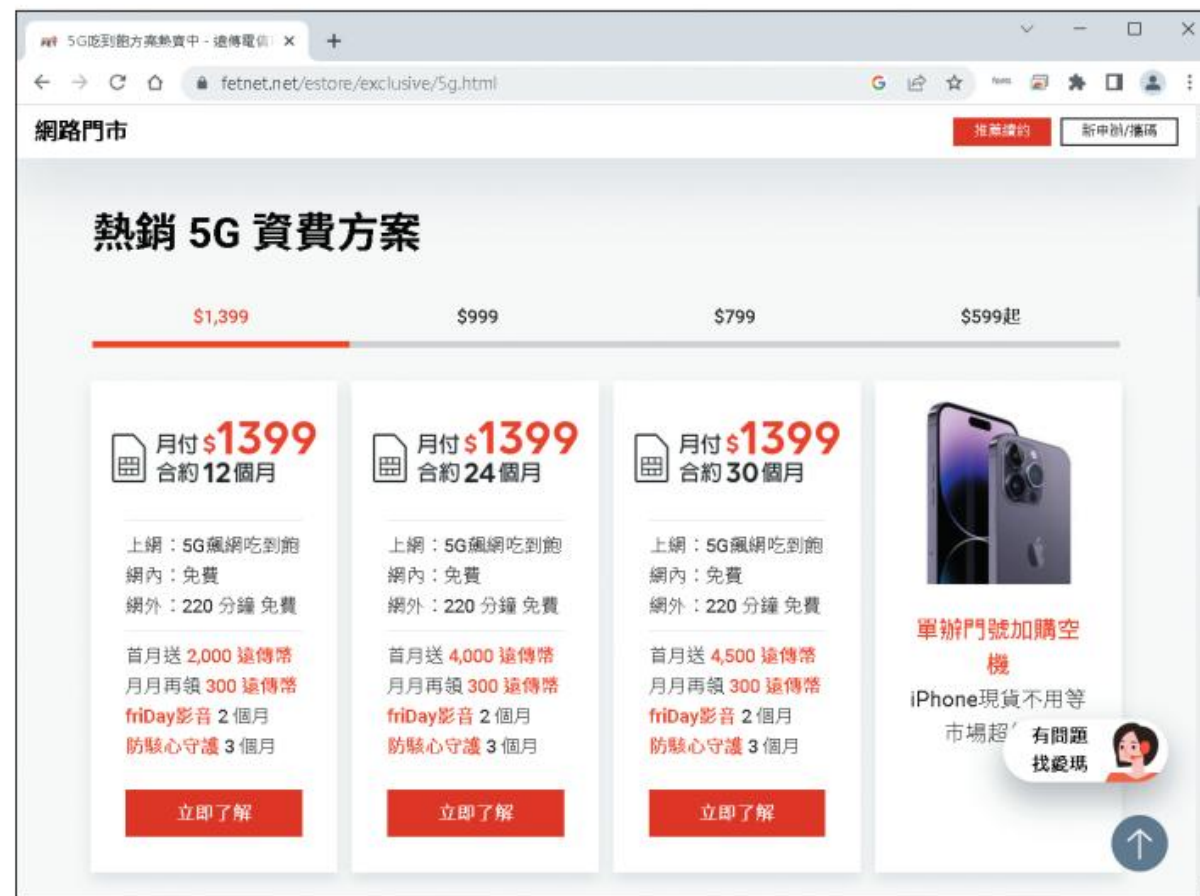


圖 6-20 各家 5G 吃到飽方案，都比以往 4G 方案貴了不少

## 6-6-3 台灣的 5G 發展

### 更新與增建基地台

由於 5G 包含大量的高頻電磁波，而高頻訊號的繞射能力比低頻差，衰減也比較快，不容易穿透到室內，而且涵蓋範圍小



圖 6-21 小型基地台可以附掛在橋樑、路燈、交通號誌桿上, 解決收訊不良的問題

資料來源：<https://tw.news.yahoo.com/>



## 6-6-4 5G 發展的下一步

目前 5G 發展看似已經步入軌道，不過正如本節一開始所說，3GPP 後續仍不斷釋出改良版的 5G 規格，目前即將定案的是 Rel-18，從這版開始，5G 也改稱為 5G Advanced，一方面跟前面的版本做區隔，另一方面也表示 5G 未來勢必會再進化



圖 6-22 5G Advanced 的 Logo



## 6-6-5 蓄勢待發的 6G 行動網路

按照時程，到 2025 年下一個版次的行動網路規格書 Rel-19，就要開始釋出 6G 的規劃方向（requirements）



圖 6-23 採用衛星網路將是 6G 通訊的一大突破

# 實作練習： 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網

開啟 iPhone 個人熱點功能



# 實作練習： 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網

開啟 iPhone 個人熱點功能

**3** 按一下個人熱點項目，將開關往右開啟，即可啟動此功能

若之前已經開啟 WiFi，則不會出現此畫面

**4** 若尚未開啟 WiFi 功能，請按下此項目

**5** 預設自行產生一組連線密碼，也可以點選 **Wi-Fi 密碼** 自行修改密碼

**6** 輸入新的密碼 (至少 8 個字元)

**7** 最後按此即可完成行動網路分享

已關閉 Wi-Fi 和藍牙  
僅能透過 USB 使用「個人熱點」。您是否要同時透過 Wi-Fi 和藍牙來啟用？

開啟 Wi-Fi 和藍牙  
僅使用 USB

取消 Wi-Fi 密碼 完成

密碼 qwertuyl

其他使用者將會使用此密碼加入您共享的 Wi-Fi 網路。

密碼必須至少包含 8 個字元。更改密碼將會中斷目前連接的使用者連線。

# 實作練習：

## 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網

開啟Android手機行動網路分享功能





# 實作練習：

## 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網

點選後方的開關會採原有的設定直接啟動分享功能, 建議還是確認一下設定再開啟

**3** 點選行動網路分享項目

**4** 點選此項目的前方

# 實作練習：

## 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網



# 實作練習：

## 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網



# 實作練習：

## 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網

讓筆電透過手機的行動網路上網





# 實作練習：

## 將手機的行動網路分享給其他 3C 設備上網

讓筆電透過手機的行動網路上網



3 輸入先前設定好的連線密碼

完成連線就可透過手機來上網囉！

