
EE110300 電機資訊工程實習
Lecture 11 無線通訊系統
(Wireless Communications Systems)

國立清華大學電機系暨通訊工程研究所
蔡育仁編寫、陳俊才講解

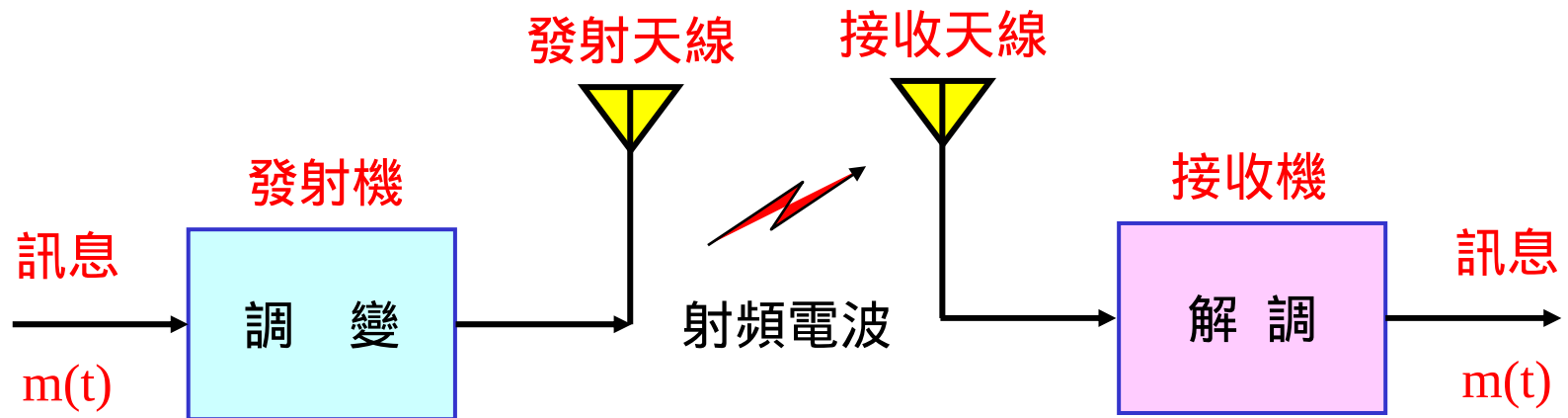
Contents

- 無線通信概念
- 無線傳播環境
- 陸地行動通訊系統
- 衛星行動通訊系統
- 行動數據服務系統
- 中繼式無線電系統
- 無線用戶迴路
- 第三代行動通信系統
- 相關新技術

無線通信概念

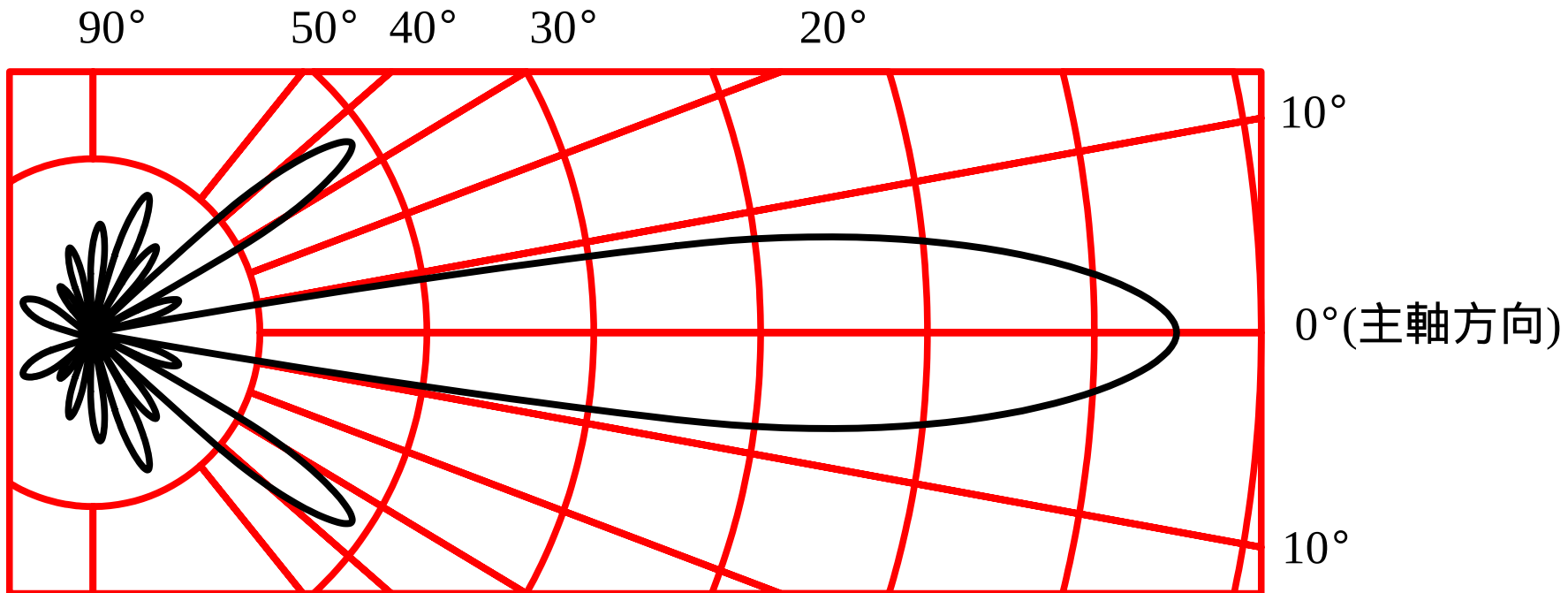
無線通訊概念

- 無線電通信，是由發射機將聲音或影像或訊息轉變(調變)為較高頻率的射頻 (RF)交流電波，或稱電磁波，並將它輻射到空中。在接收端再由接收機來接收、解調變為原來的訊息或影像或聲音
- 發射機須利用天線(Antenna)將此信號輻射到空中，同樣，在接收端亦須有接收天線使接收機可自空中檢取該射頻信號能量



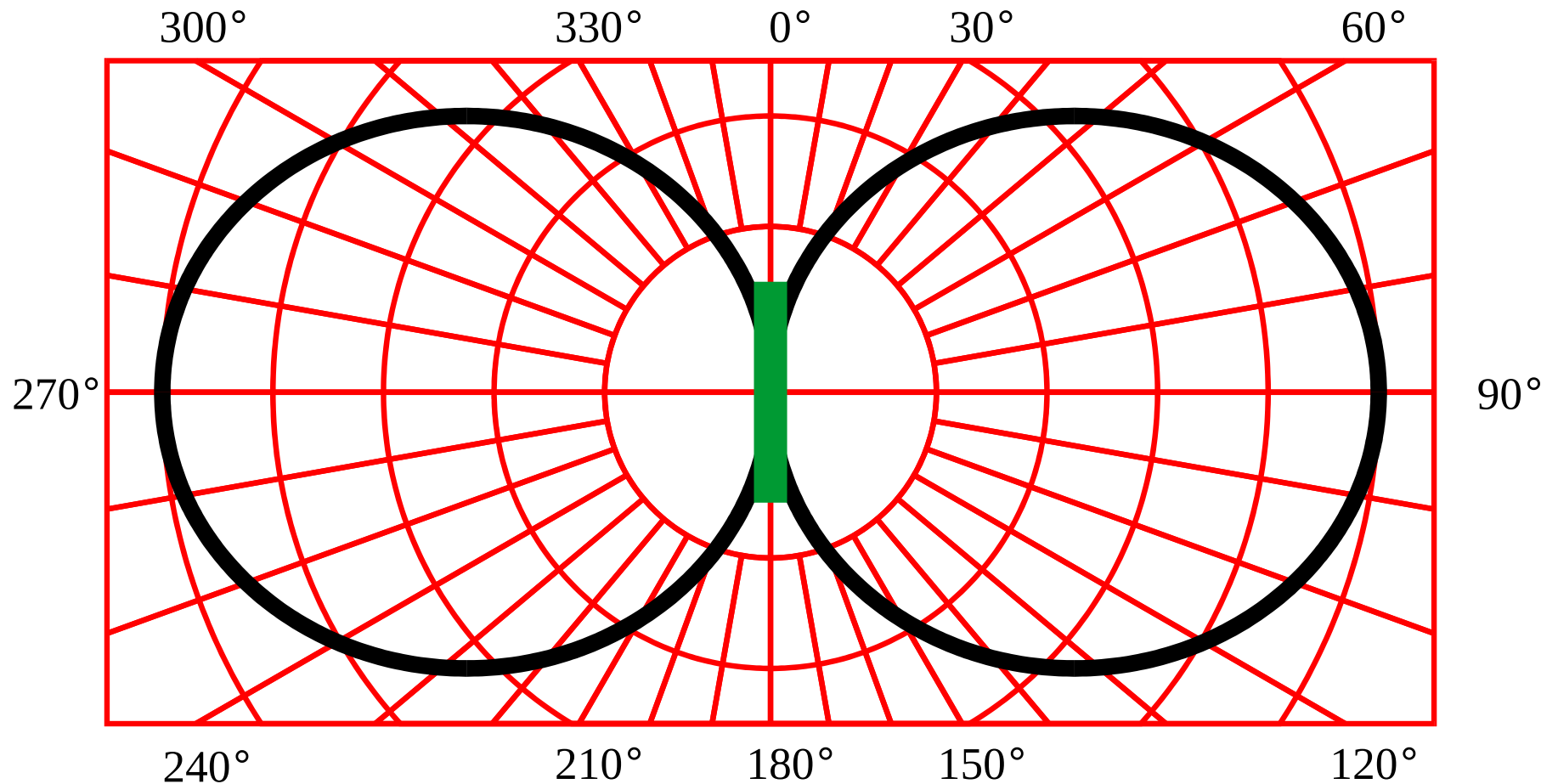
天線的輻射圖型

- 方向性天線的輻射圖型



天線的輻射圖型

- 偶極天線之輻射圖型



無線通訊系統

- 無線通信系統就其所提供服務用戶的行動能力而言，
可以分為：
 - 定點用戶通信系統：
 - 微波通信
 - 無線區域網路 (LAN)
 - 固定點衛星通信 (VSAT、衛星廣播)
 - 移動用戶通信系統：
 - 無線呼叫 (Pager) 系統
 - 行動電話 (Cellular Phone) 系統
 - 衛星行動電話系統
 - 無線電話 (Coreless Phone) 系統
 - 行動數據 (Mobile Data) 系統
 - 中繼式無線電 (Trunked Radio) 系統

無線通訊系統

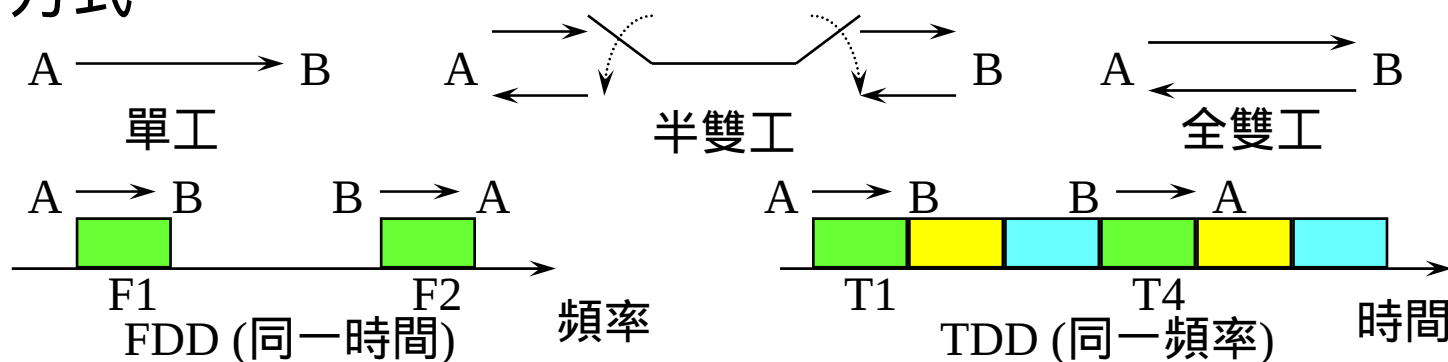
- 無線通信系統就其所提供服務對象的不同而言，可以分為：
 - 私人使用系統：只提供特定的對象使用，一般大眾無法申請使用，通常無計費的問題；通常無所謂的經營者，亦不需要申請特許執照
 - 公眾使用系統：提供不特定對象的大眾來申請使用，必須考慮收費及計費等問題；有固定的經營者，必須申請特許執照經營

行動通訊系統

- 行動通信系統依其架構的不同，可以分為：
 - 衛星行動通信系統：發射功率較大，可以達成接近全球涵蓋的服務，細胞半徑相當大 (巨細胞)、系統架構複雜且成本較高
 - 高階 (High Tier) 系統：發射功率較大，細胞半徑可以較大 (大細胞) (亦可以縮小其細胞半徑)、系統架構較複雜
 - 低階 (Low Tier) 系統：發射功率較小，細胞半徑較小 (微細胞)、系統架構較簡單

多工技術

- 只能進行單向通訊的系統稱為單工(simplex)系統，例如呼叫系統 (Paging System) (現今已有雙向呼叫系統)
- 能進行雙向通訊，但同一時間只能進行單一方向通訊的系統稱為半雙工(half-duplex)系統，例如派遣式(Dispatch)通訊系統
- 能同時間進行雙向通訊的系統稱為全雙工(full-duplex)系統，例如行動電話系統
- 雙工之方式有分頻雙工(Frequency Division Duplex, FDD)及分時雙工(Time Division Duplex, TDD)等兩種方式



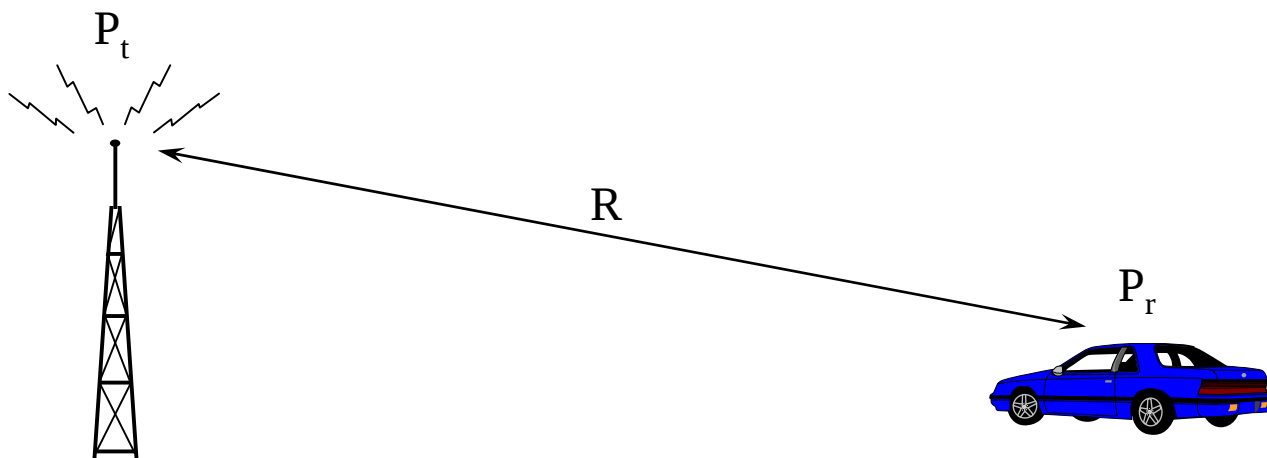
無線傳播環境

無線行動通訊傳輸環境

- 發射機與接收機間距離之路徑傳播損失 (Propagation Loss)
- 多重路徑傳播效應 (Multipath Propagation Effect)
- 遮蔽效應 (Shadowing Effect)
- 訊號衰褪效應 (Fast Fading Effect)
- 訊號延遲擴散 (Delay Spread)

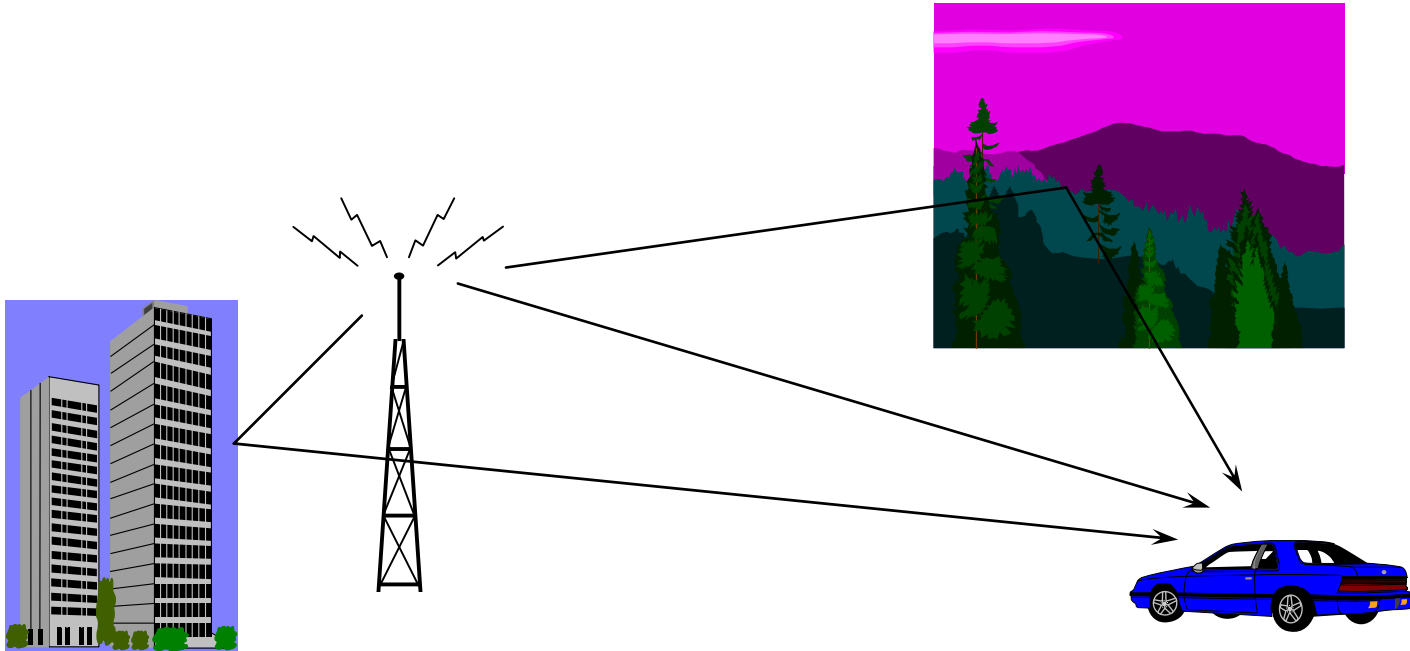
路徑傳播損失

- 傳播損失和環境、頻率及傳播距離相關
- 傳播損失和傳播距離成指數關係
- $P_r = P_t \times K \times R^{-n}$
- 自由空間 (Free Space) 傳播損失之 n 為 2
- 一般而言，行動通訊環境中之 n 約為 3~4
- 在室內無線傳輸環境之中， n 有可能小於 2



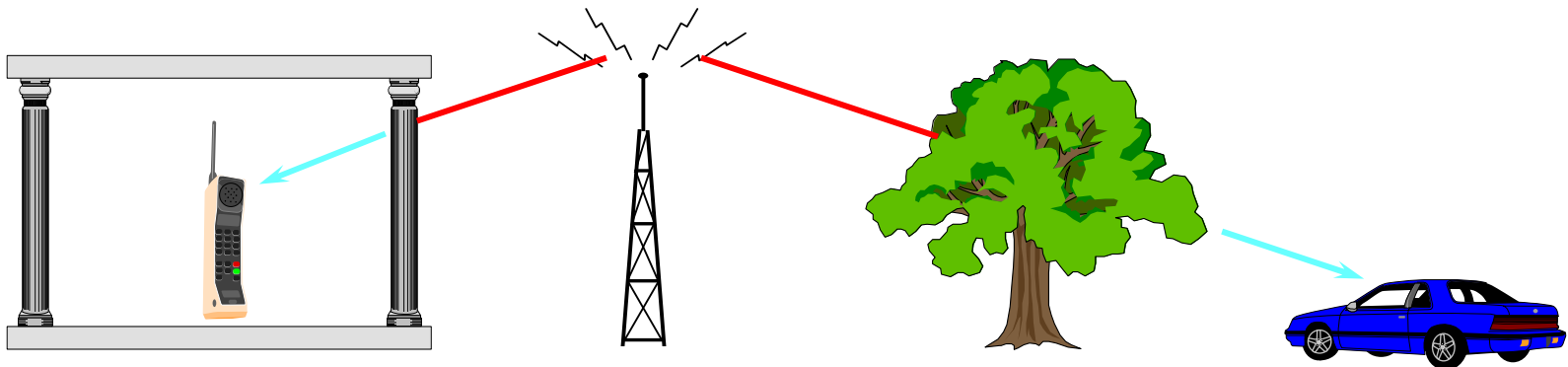
多重路徑傳播效應

- 多重路徑傳播效應 (Multipath Propagation Effect) 是由於電波遇到大型的阻隔物，經由反射、繞射等原因，訊號由發射機送出之後經由不同路徑而傳遞至接收機
- 由於接收機接收到來自於不同路徑之不同相位與強度的訊號，在接收端會引起訊號的混雜與干擾



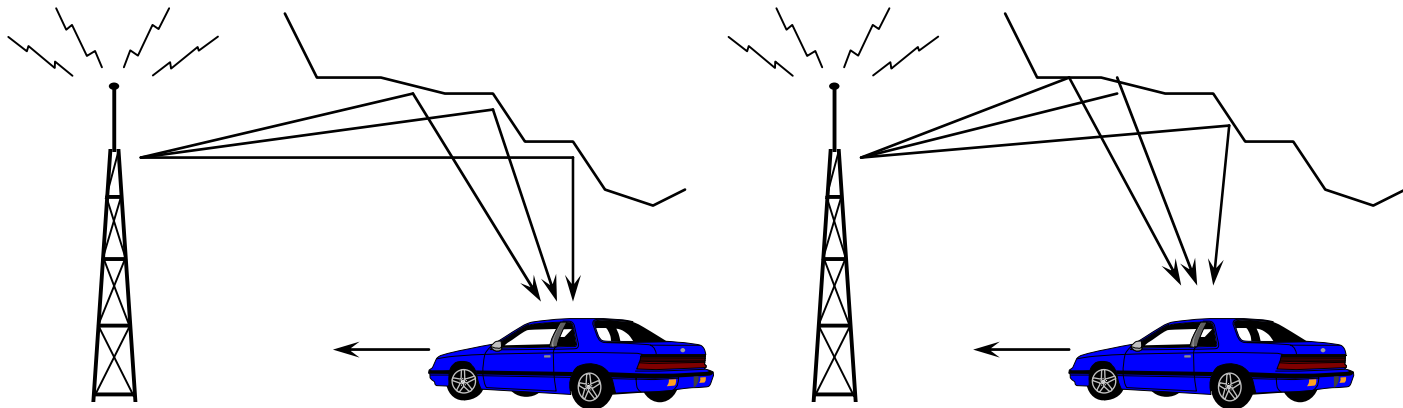
遮蔽效應

- 遮蔽效應 (Shadowing Effect) 是由於發射機與接收機間之電波傳播受到物體阻隔，使得電波傳播損耗增大。此又稱為慢速衰褪效應 (Slow Fading)
- 室內接收機和外界發射機之間的通訊由於受到建物的阻隔，其效應更加明顯
- 室內由於建物阻隔所引起的訊號衰減量，約為20dB，但是實際情況必須視建物的材質而定



訊號衰褪效應

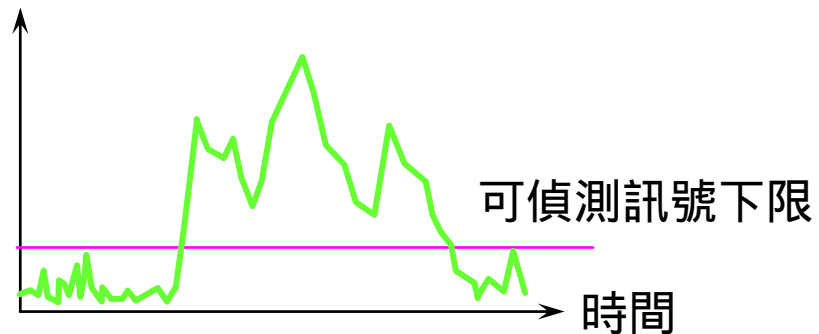
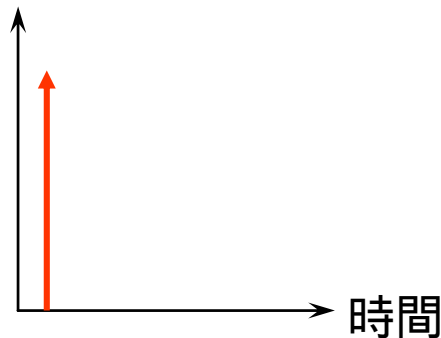
- 訊號衰褪效應 (Fast Fading Effect) 是由於訊號經由不同的路徑傳播而來，在接收端造成多重不同延遲時間及不同相位的訊號重疊，使得訊號強度有不同的變化
- 訊號衰褪效應通常會隨時間、地點及不同的操作頻率而變化
- 通常訊號衰褪效應所造成的訊號強度變化呈現瑞雷 (Rayleigh) 分布、萊斯 (Ricean) 分布或 Nakagami 分布
- 訊號衰褪效應隨時間變化之關係是由於接收端位置隨時間而改變或是由於外在環境隨時間而改變所造成的



訊號延遲擴散

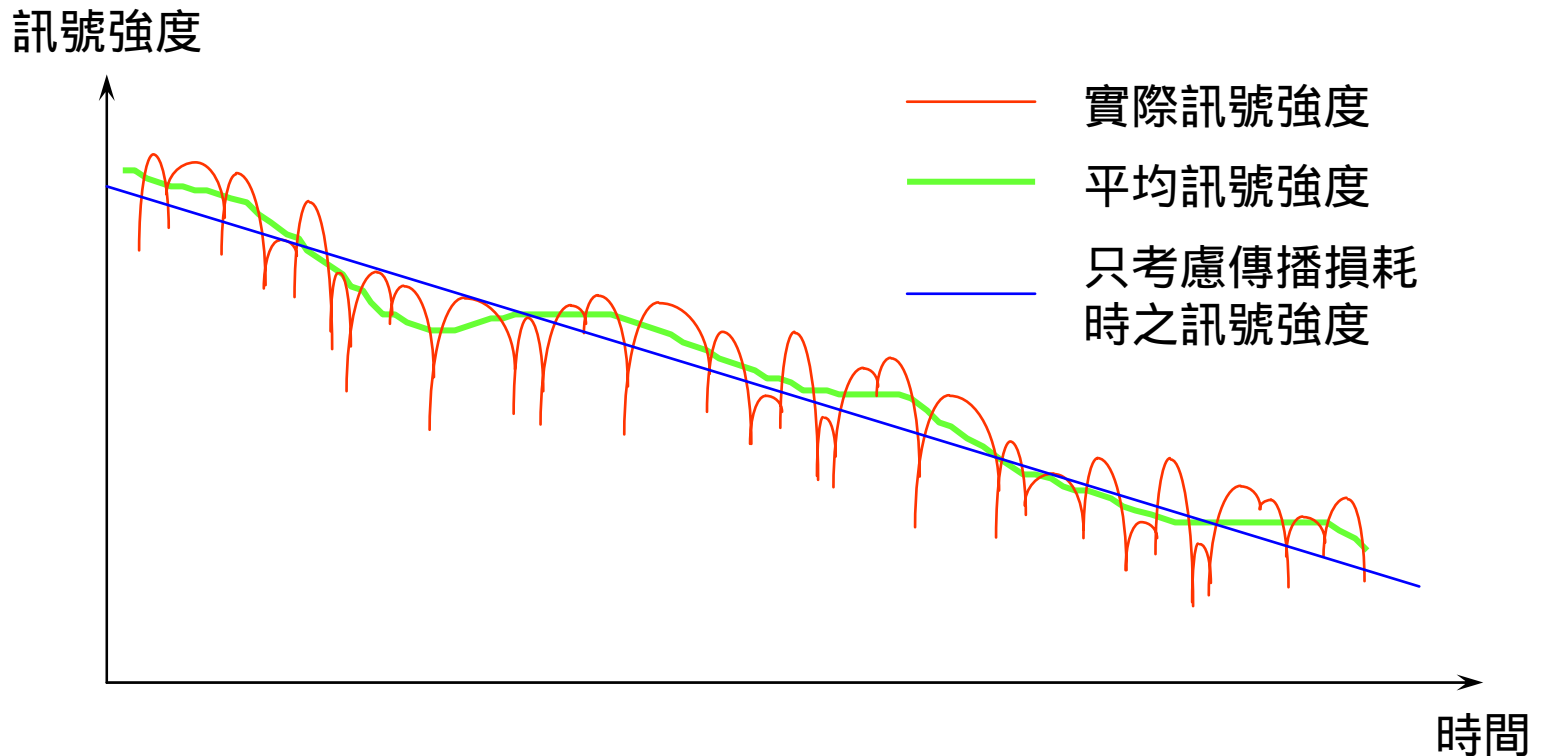
- 訊號經由不同傳輸路徑至接收端會有不同的傳輸延遲，對於同一個訊號而言，從第一個到達訊號開始計算至最後一個可偵測的訊號為止，其訊號擴散之時間標準差 (standard deviation) 即為訊號延遲擴散 (Delay Spread)
- 一般而言，較複雜的傳輸環境中，其訊號延遲擴散較大，開闊地形則訊號延遲擴散較小
- Open Area 之訊號延遲擴散約 $< 0.2 \mu\text{s}$
- Suburban 之訊號延遲擴散約 $0.5 \mu\text{s}$

Urban 之訊號延遲擴散約 $1 \mu\text{s}$



行動通信訊號變化情形

- 在行動通信的環境中，訊號由於受到傳播路徑損耗、遮蔽效應及訊號衰褪效應等的影響，其接收到的訊號強度將隨時間及地點而改變



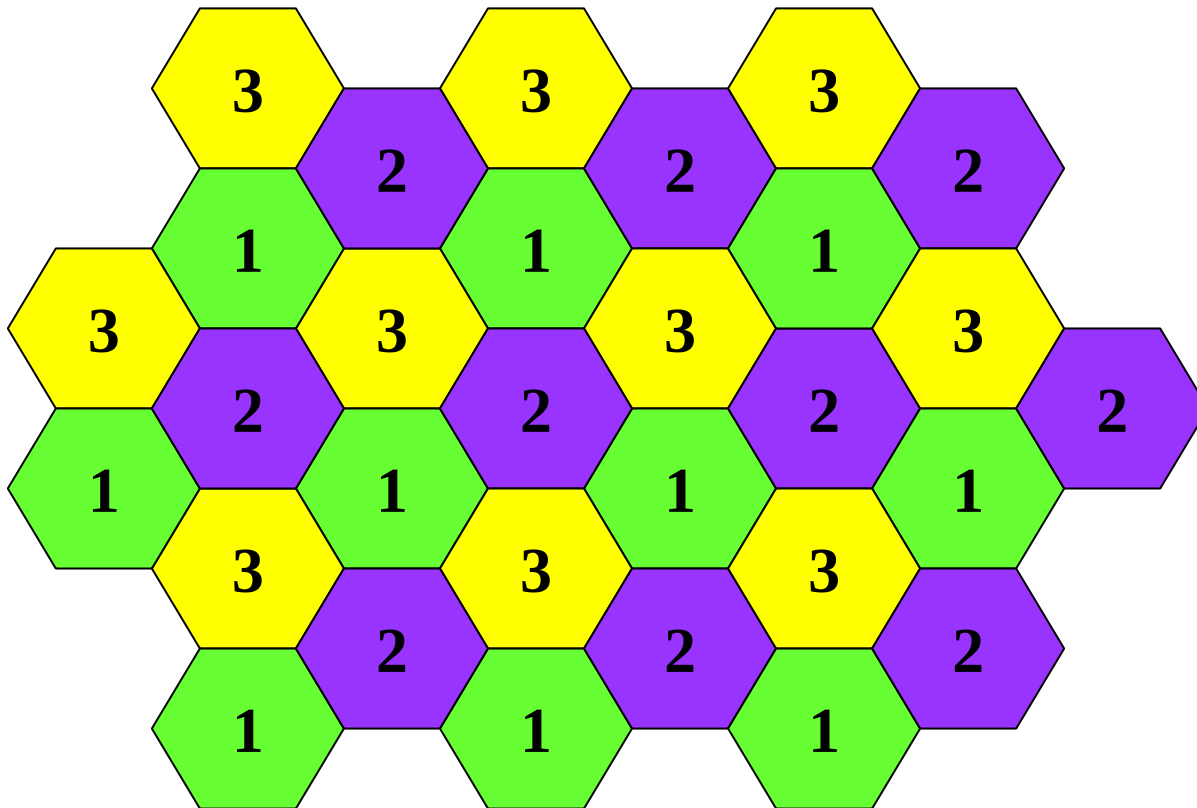
陸地行動通訊系統

細胞式行動通訊系統

- 行動通訊系統採用細胞式電波涵蓋規劃的優點：
 - 由於無線頻譜之有限及珍貴，利用細胞式頻率重複使用的方式，將可以提高頻譜使用效率，有效及充分的利用頻譜資源
 - 由於頻譜使用效率提高，整體系統容量可以大幅增加
 - 每個細胞涵蓋區域有限，因此可以大幅減少系統之發射功率
 - 整體系統之規劃與安排將更有彈性
- 必須考慮電波之有效涵蓋、話務量之分布情況與用戶行為模式等問題

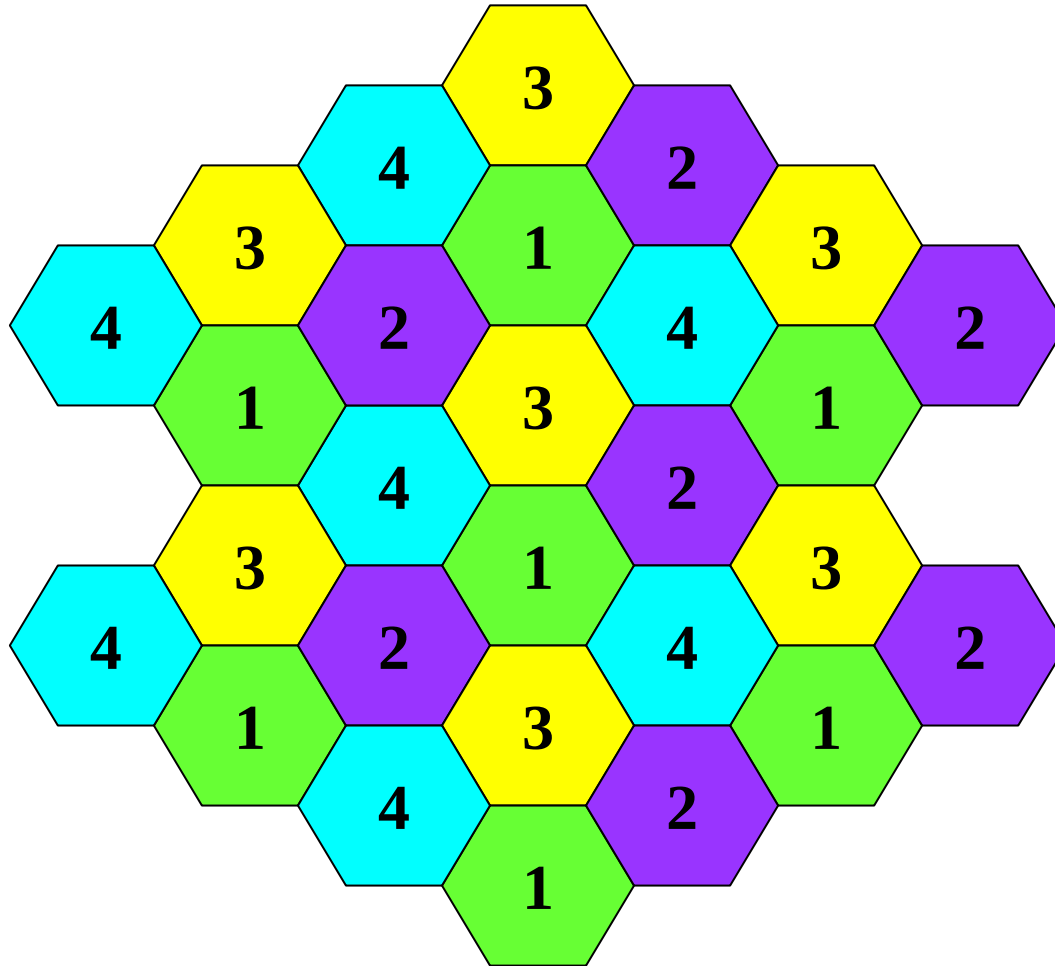
細胞之頻率安排及技術

- 頻率重複使用參數等於 3

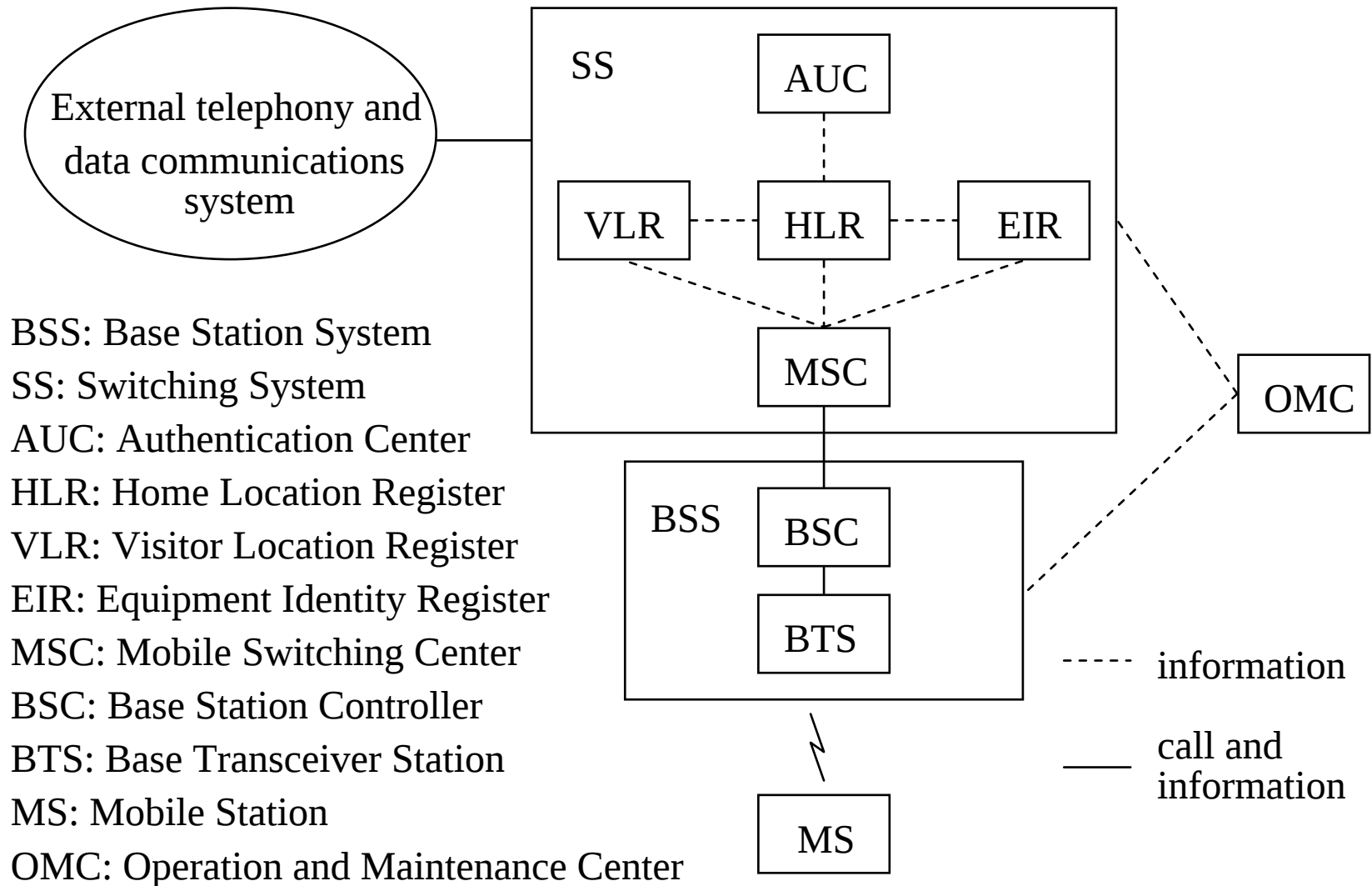


細胞之頻率安排及技術

- 頻率重複使用參數等於 4



行動電話系統架構方塊圖



個人通信服務

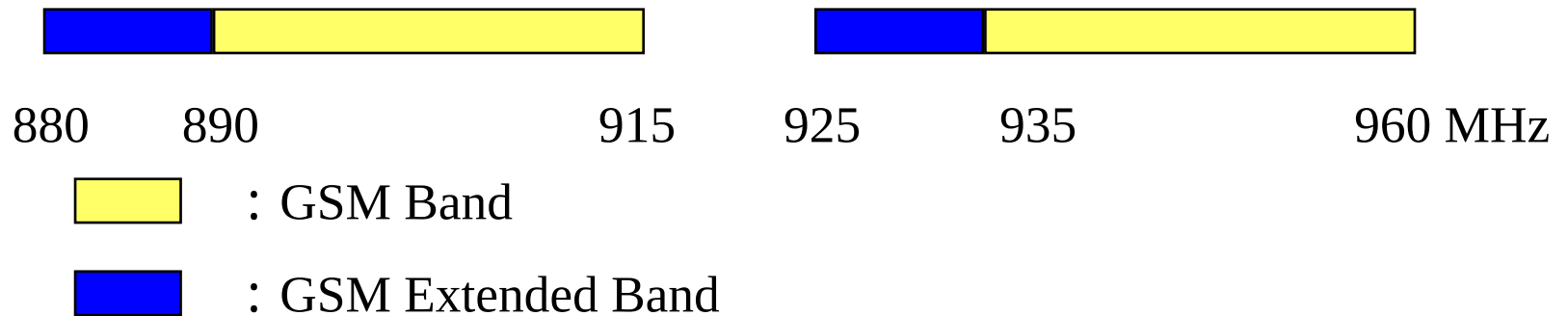
- 個人通訊服務 (Personal Communication Services, PCS) 的概念是最近通訊服務最熱門的主題
- 所謂的個人通訊服務最少系必須包含下列三方面：
 - 終端機移動性 (Terminal Mobility)：用戶的終端機設備 (例如用戶之手機) 移動時，必須仍有可以得到服務及不漏失服務的能力
 - 無線通訊網路 (Wireless Communication Network) 的建設
 - 服務內容管理 (Service Profile Management)：服務的項目及內容可以有多方面的安排及各種功能的選擇 (例如來話轉接、語音信箱)
 - 智慧型網路 (Intelligent Network) 的建設

個人通信服務

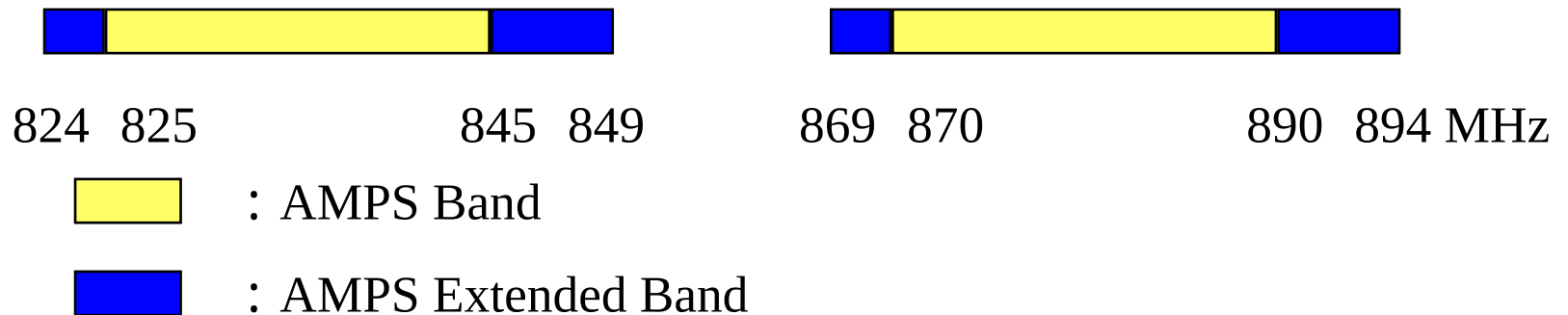
- 個人移動性 (Personal Mobility)：個人的移動及所在地點的不同，不可以造成相關通信服務的漏失 (例如個人全球通訊單一號碼的使用，任何訊息的傳遞必須可以隨時進接至此用戶)
 - 無線通訊網路及智慧型網路的建設與整合
- 為因應逐漸增加的個人行動通訊需求，除了原先早期的行動電話 (Cellular phone) 頻段之外，各國又開放了較高頻的新頻段，通常稱為 PCS 或 PCN (Personal Communication Network) 頻段

Cellular 系統使用頻段

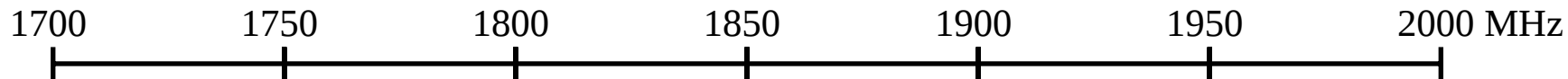
GSM



AMPS/IS-95/IS-136



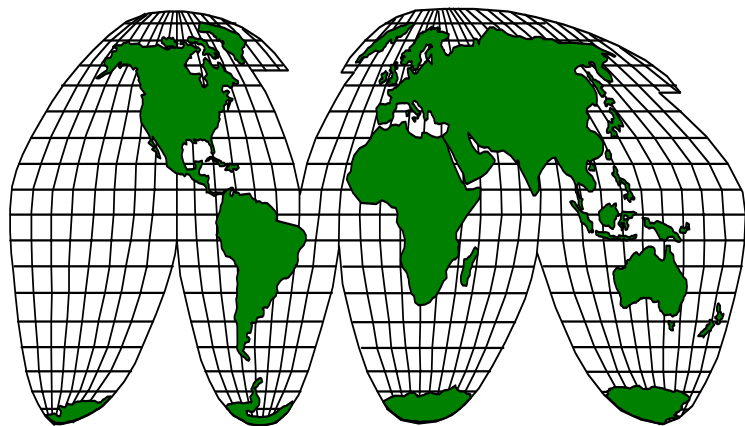
全球主要 PCS 標準頻段



DCS-1800

1710 1735 1760 1785 1805 1830 1855 1880

FCC PCS Plan



1850 1910 1930 1990

DECT



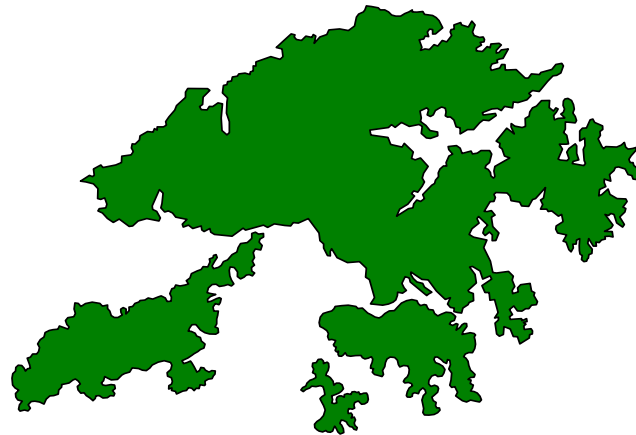
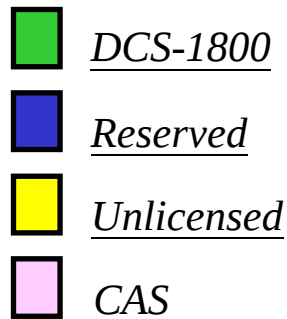
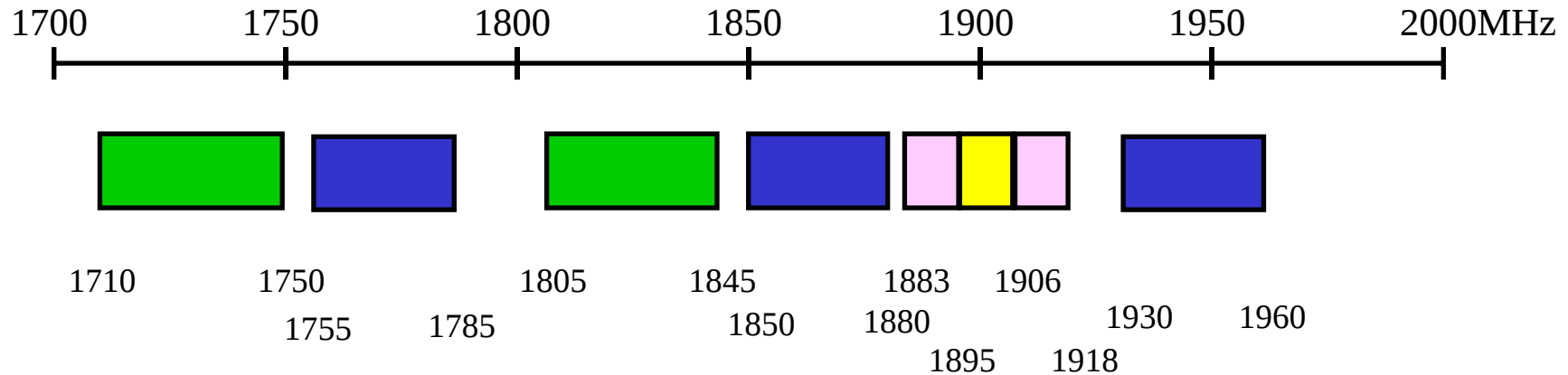
1880 1900

PHS



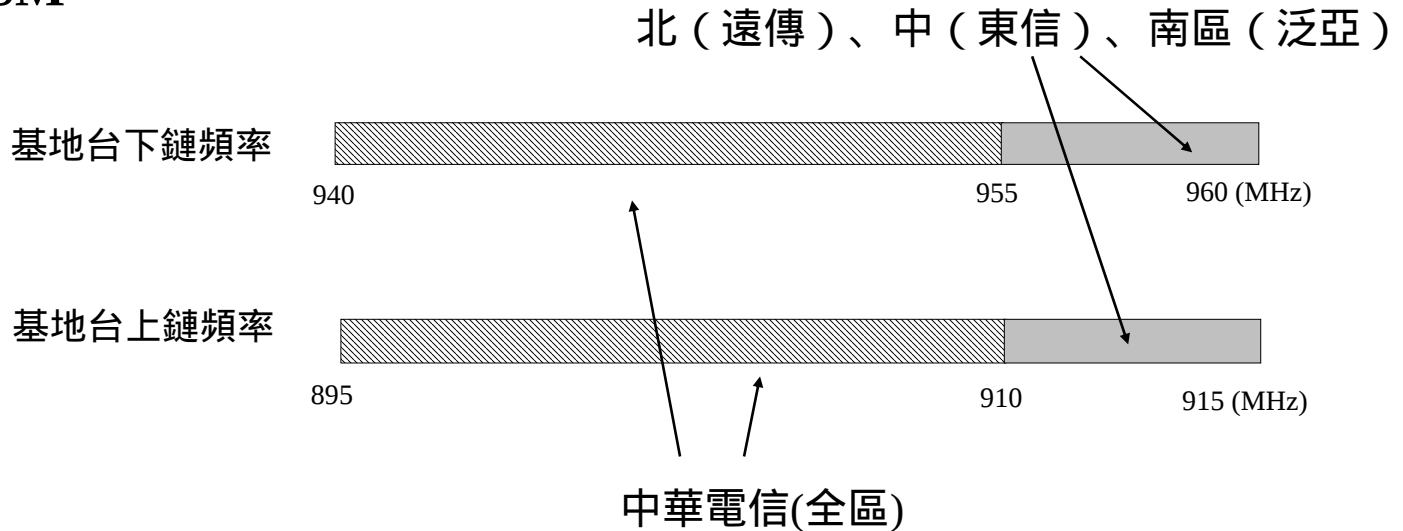
1895 1918

香港 PCS 頻段規劃

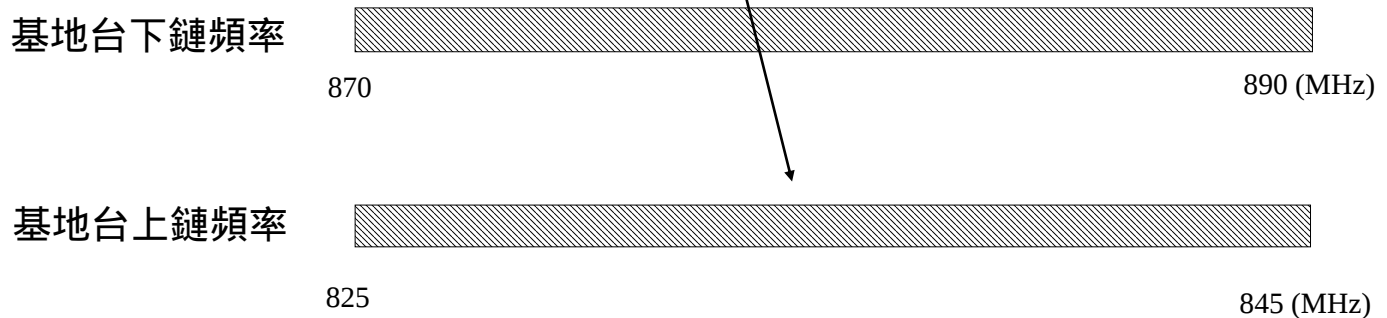


國內AMPS、GSM系統使用頻段

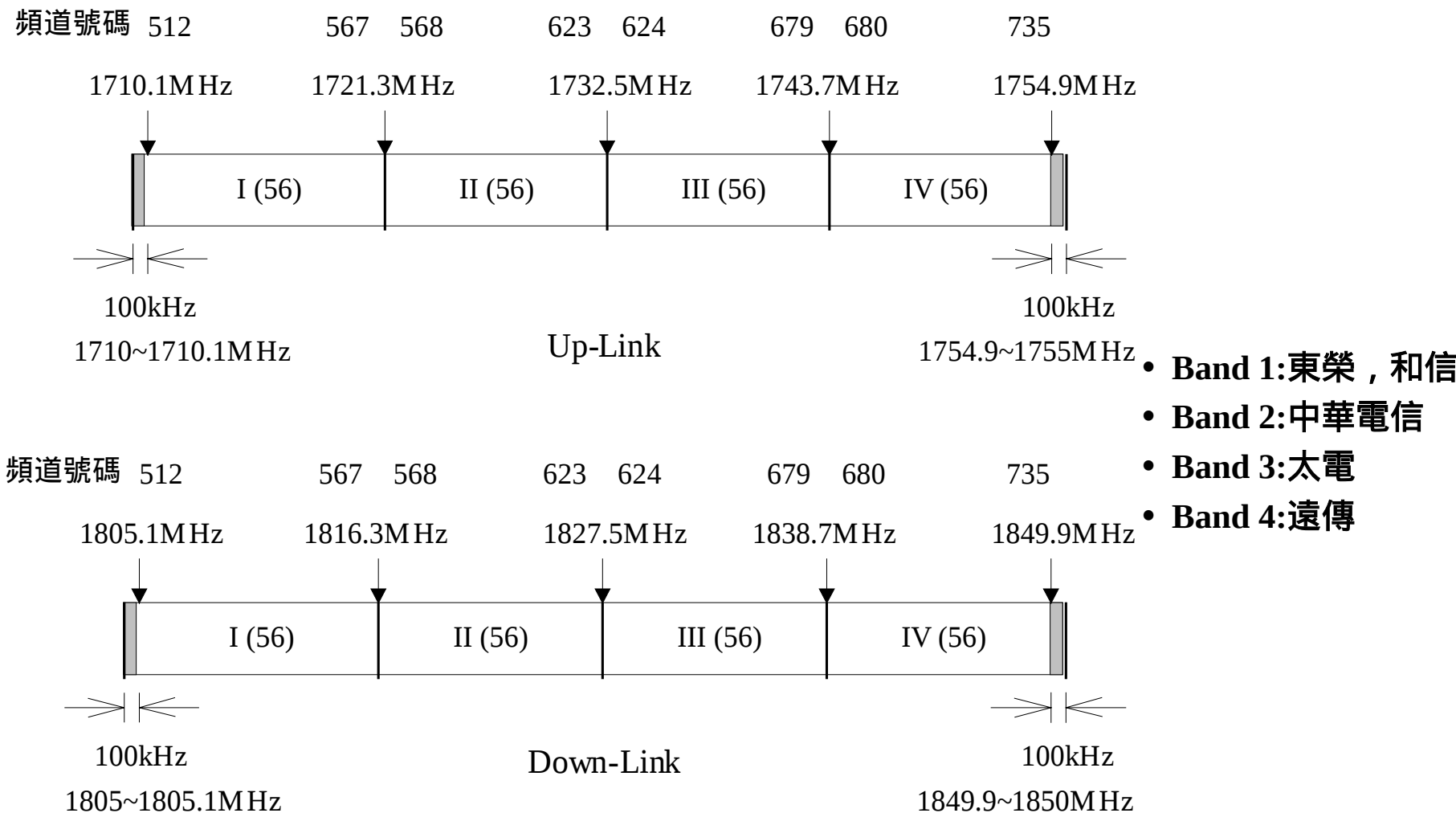
- GSM



- AMPS



國內DCS1800系統使用頻段



現有行動電話系統及標準

個人行動通信(PCS)系統

- 高階(High Tier)行動通信系統
 - AMPS、GSM/DCS、CDMA.....
- 低階(Low Tier)行動通信系統
 - DECT、PACS、PHS.....
- 衛星行動通信系統
 - Globalstar、Iridium、Oddsey.....
- 中繼式行動通信系統
 - EDACS

陸地行動電話系統標準

- 第一代行動電話系統
 - AMPS、TACS、NMT
- 第二代行動電話系統
 - IS-54/IS-136、GSM900/DCS1800、CDMA(IS-95)、PCS1900、PDC
- 第三代行動電話系統
 - WCDMA、cdma2000、UWC-136、TD/SCDMA.....

高階與低階行動通信系統比較

	高階系統 (如 GSM)	低階系統 (如 DECT)
細胞半徑	汽車使用大細胞 設計	室內使用之小 細胞
頻道規劃	固定式，較無彈 性	動態指配式， 較具彈性
頻譜效率	20mErl/sub	200mErl/sub
提供用戶之話務 量	低(e.g. 9.6kbps)	高(e.g. 32kbps)
數據容量/傳輸率	較高	較低
話機複雜度/成本	較高	較低

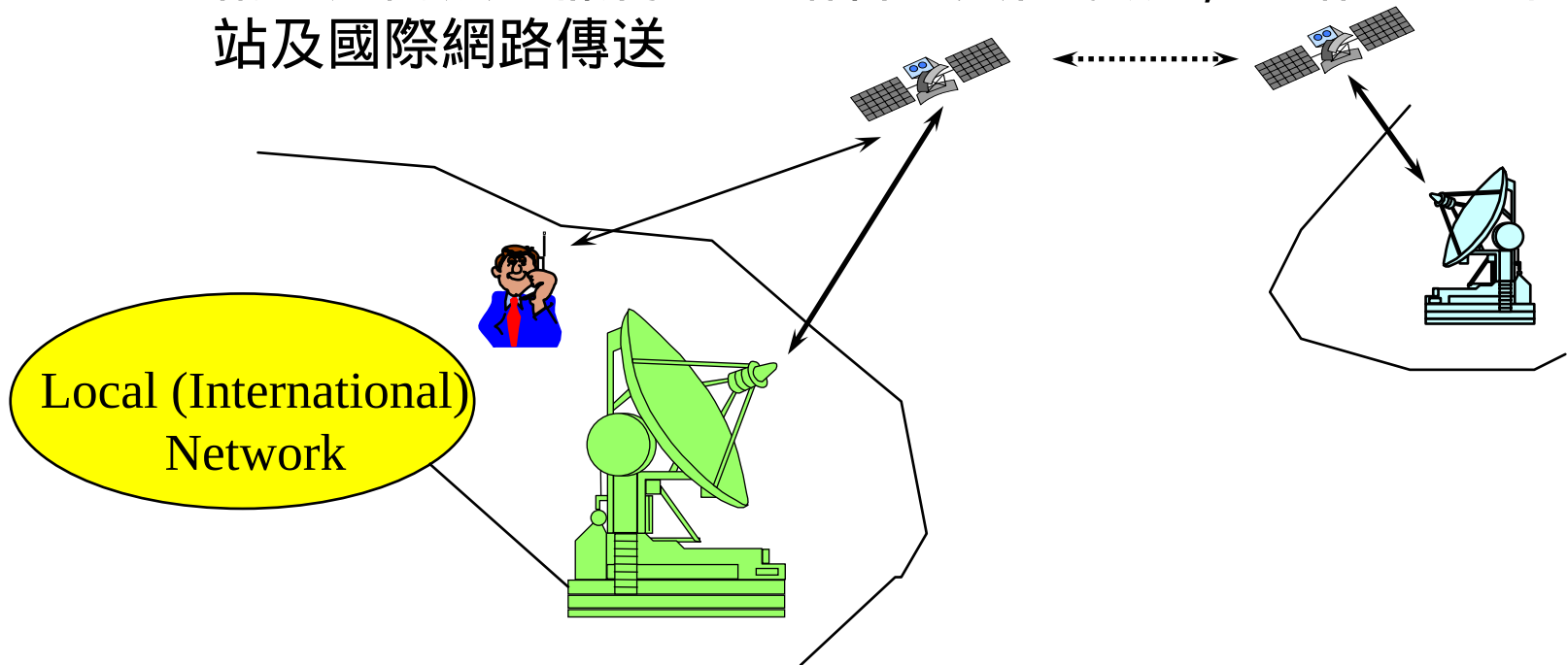
衛星行動通訊系統

全球衛星數位式行動電話系統

- 衛星行動電話系統為一個可以達成全球服務涵蓋的單一網路
- 衛星行動電話系統可以涵蓋陸地系統所難以涵蓋的地區：高山、海洋
- 其所採用的為低軌道 (Low Earth Orbit, LEO) 衛星
- 衛星行動電話系統多為跨國合作投資建設的系統
- 目前較為主要兩大系統為 Iridium 及 Globalstar

全球衛星數位式行動電話系統

- 衛星行動電話系統依衛星鏈路傳遞方式可以分為兩類：
 - 衛星之間有通訊傳遞鏈路者：例如 Iridium 系統
 - 衛星之間無通訊傳遞鏈路者：其他系統，鏈路透過地面站及國際網路傳送



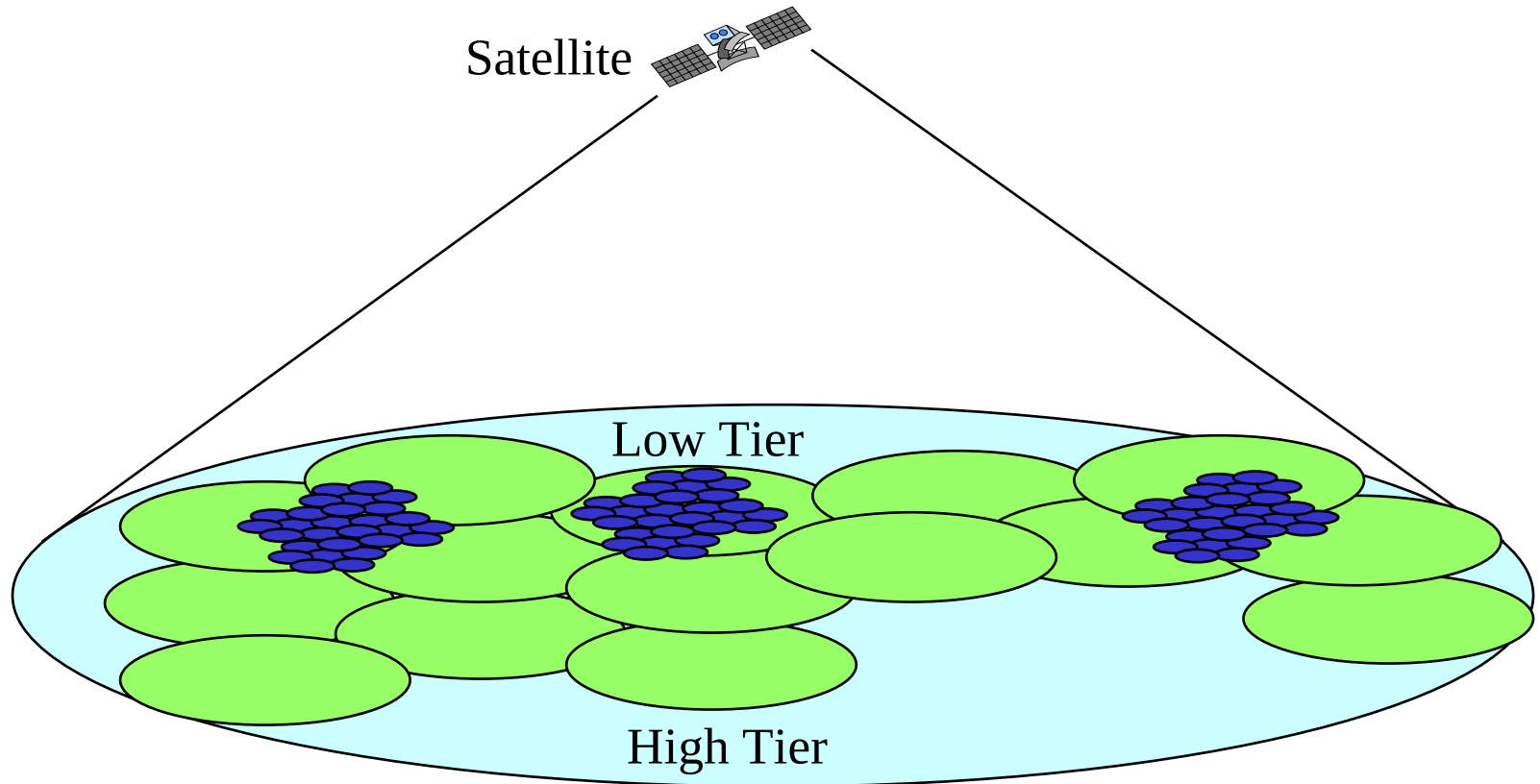
全球衛星數位式行動電話系統

- 衛星行動電話系統手機



層級 (Hierarchical) 式行動通訊架構

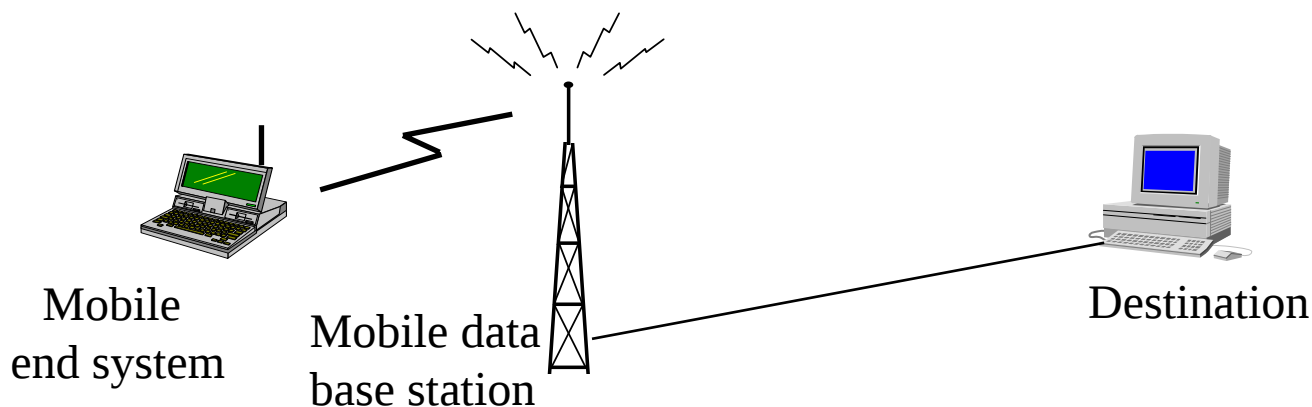
- 利用層級式架構有助於減少系統基地台的佈放、增加整體系統容量及達成全區域涵蓋的目的



行動數據服務系統

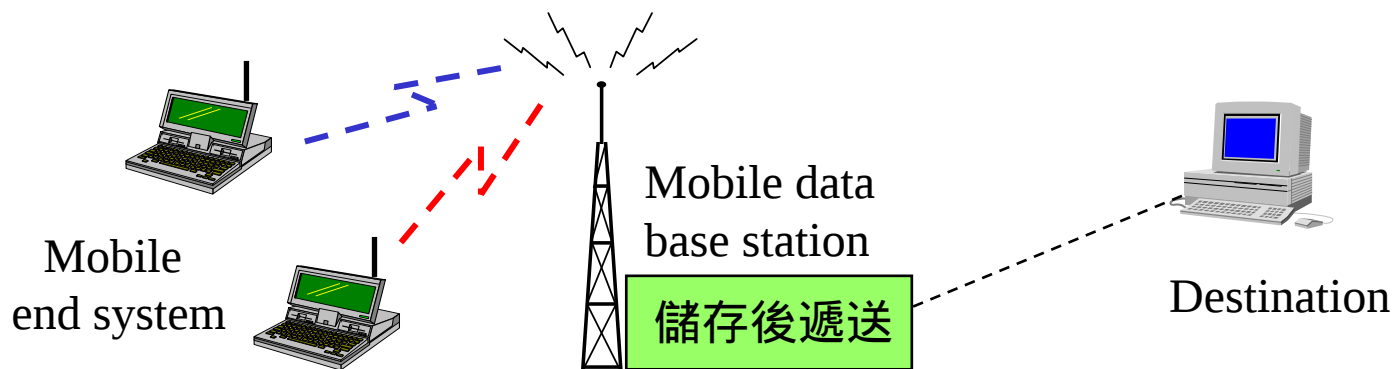
電路交換式數據傳輸

- 電路交換式數據傳輸的特點包括有：
 - 數據的傳輸如同一般通話之建立，在傳送數據前先將通話路徑建立，為一個點對點的傳輸專線
 - 用戶使用時全時間佔有一個通道，用戶付費方式為計算佔有通道的時間長短，不論實際傳輸量之多寡
 - 鏈路之建立與釋放均需時間，但是只要一經指派通道，即可獨佔該通道之資源，快速的傳送數據



分封交換式數據傳輸

- 分封交換式數據傳輸的特點包括有：
 - 將較長的數據資料先行切割為一個個的封包
 - 藉由虛擬連接 (virtual connection)，數個使用者可同時分享一個通道與系統頻寬
 - 具儲存並轉送 (store and forward) 特徵，可將傳送資料暫時儲存於系統，事後再自動遞送訊息至目的地
 - 使用者依據數據真正傳送數量多寡來付費



電路交換式與分封交換式比較

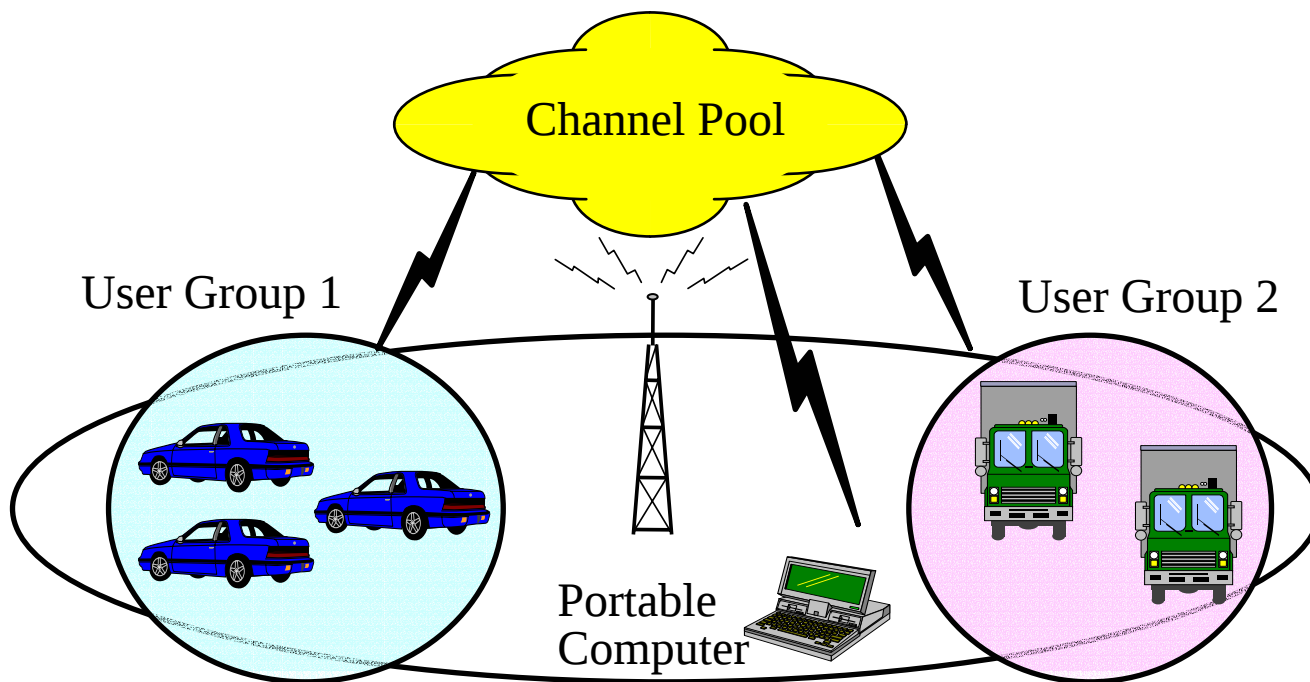
- 電路交換式與分封交換式數據傳輸各有其優缺點與適用環境，必須視使用者傳送數據的需求、環境、特性等等因素來決定

分封交換式	電路交換式
與其他用戶共享通道頻譜資源	用戶獨享通道頻譜資源
傳送數據前不必先建立完整鏈路	傳送數據前必須先建立完整鏈路
通道建立與釋放時間非常短	通道建立與釋放時間較長
適合突發性、數量較少的數據傳輸	適合持續性、數量較多的數據傳輸
傳輸延遲稍長	傳輸延遲較短
以傳送數據量多寡來計費	以佔用通道時間長短來計費

中繼式無線電系統

中繼式 (派遣式) 無線電系統

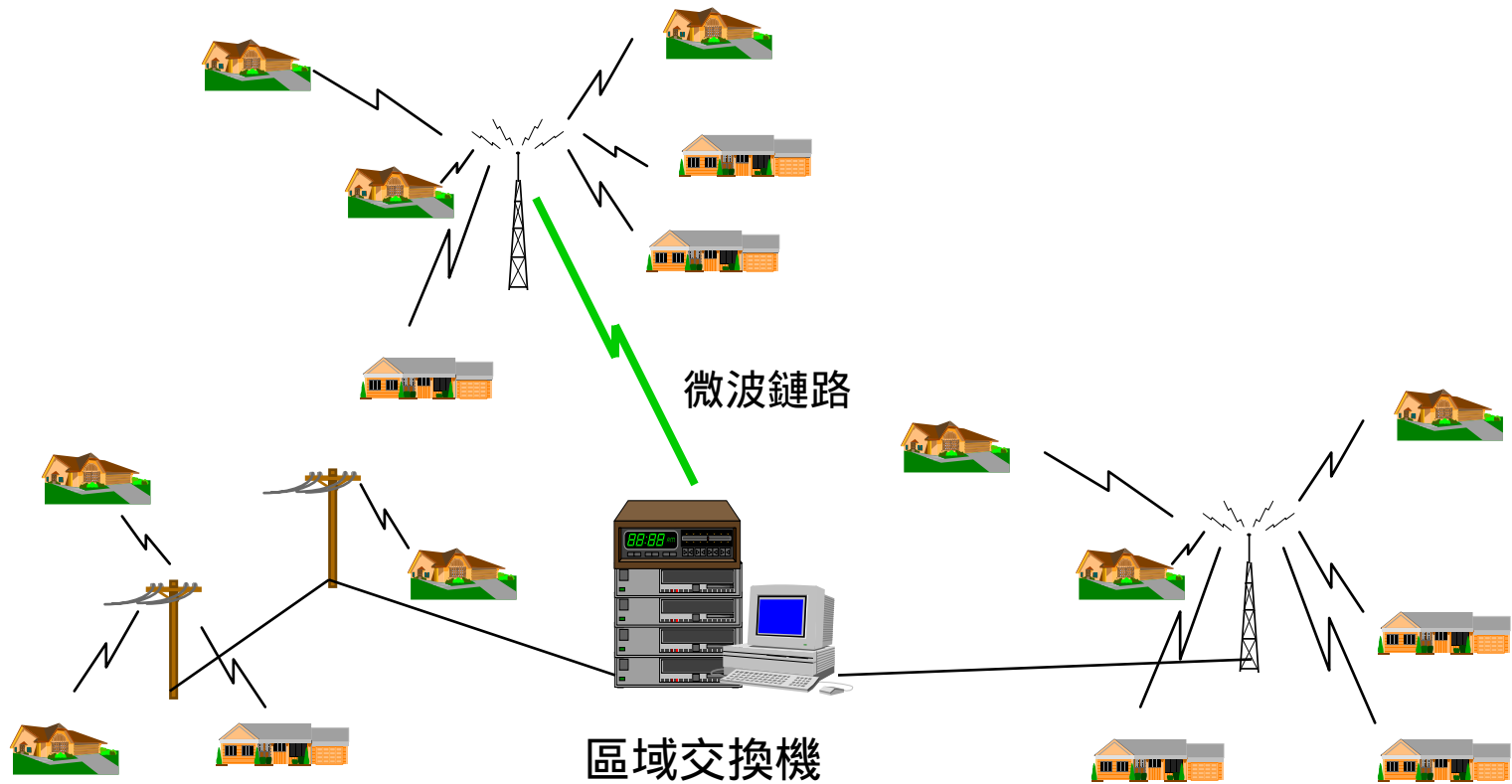
- 將所有可用的通道群集起來，統籌分配給進接之用戶
- 無固定通道指派給某一個用戶 (族群)，所有用戶平時均在系統之控制通道上等待，若要進接或是接受系統呼叫，再轉至系統所指派之通道進行通訊



無線用戶迴路

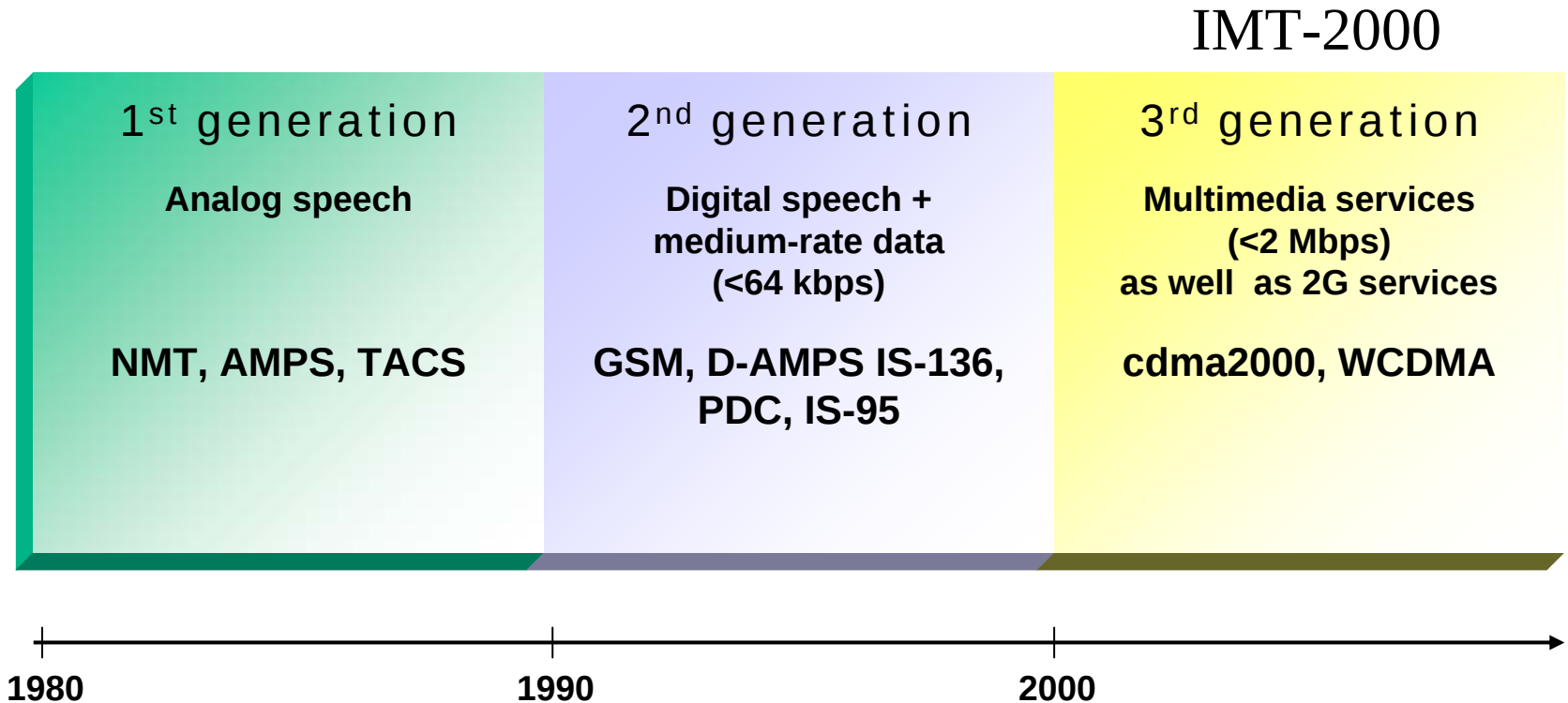
- 無線用戶迴路 (Wireless Local Loop, WLL or WiLL) 系統為利用無線通信系統來取代有線電話系統之用戶端迴路
- 有線網路系統及用戶端迴路有如下的缺點：
 - 有線成本並不便宜
 - 維護相當麻煩
 - 維護成本相當高
 - 短期內要完成建設與普及並不容易
- 因此在某些區域 (例如偏遠地區、用戶密度稀少地區、有線網路十分不普及地區) 可以利用高、低階行動電話系統，短期內達到固定電話的普及，並節省相關成本

無線用戶迴路



第三代行動通訊系統

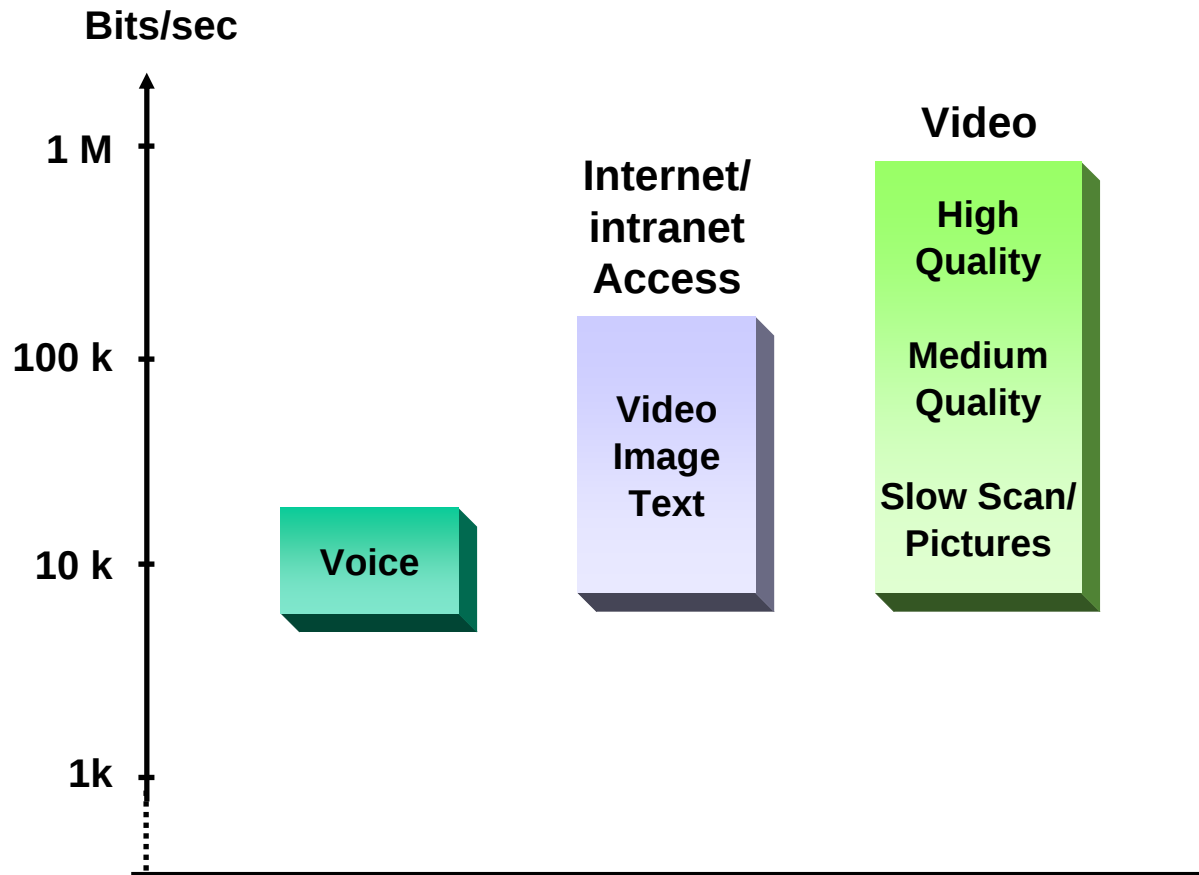
行動通訊系統演進



第三代行動通信系統的需求

- 依據國際電信聯合會 (International Telecommunications Union, ITU) 的預估，在公元 2000 年行動通信用戶數將可達到 5 億 $\Rightarrow$ 系統容量的需求
- 預估未來行動通信系統之數據服務傳輸量將會超過語音服務傳輸量 $\Rightarrow$ 數據傳輸的需求
- 未來行動通信系統必須可以提供多媒體服務 $\Rightarrow$ 高速數據傳輸的需求

用戶傳輸數據率需求

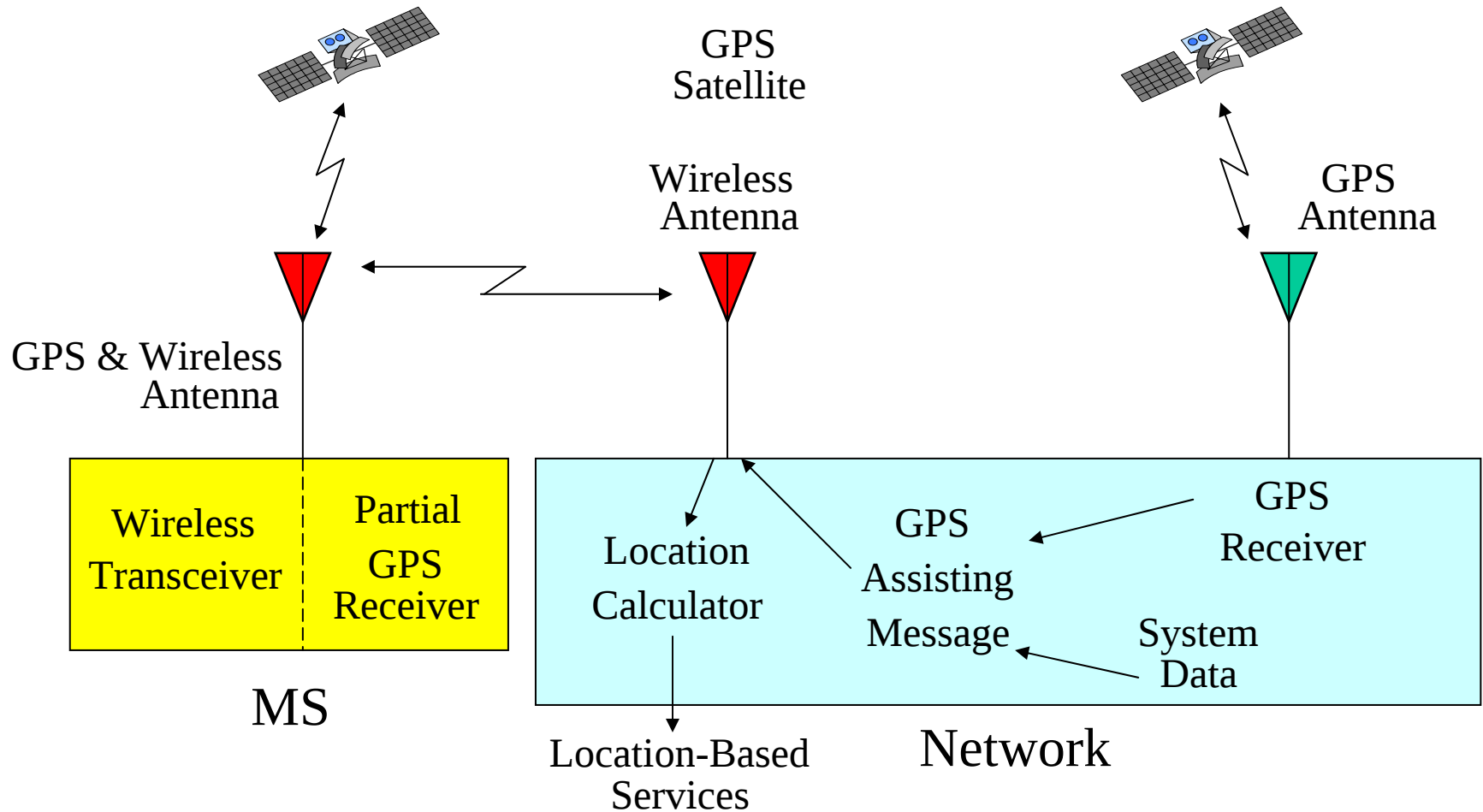


IMT-2000 提供之服務

- IMT-2000 所要求之數據傳輸速率：
 - 在室內時必須為 2 Mbps
 - 在步行時必須為 384 kbps
 - 在車行時必須為 144 kbps
 - 使用衛星系統時為 9.6 kbps
- IMT-2000 要求能使用在多重環境下：
 - 巨細胞 (Mega Cell)：100 ~ 500 km
 - 大細胞 (Macro Cell)：35 km
 - 小細胞 (Micro Cell)：1 km
 - 微細胞 (Pico Cell)：50 m

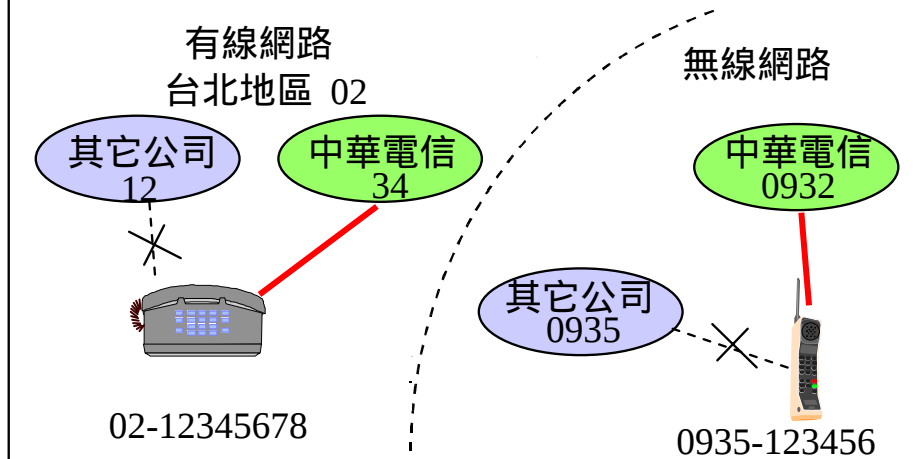
相關新技術

用戶位置確認技術

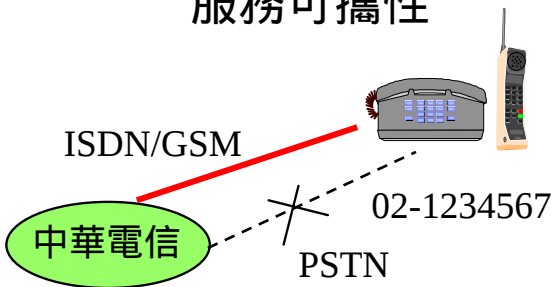


用戶號碼可攜式服務

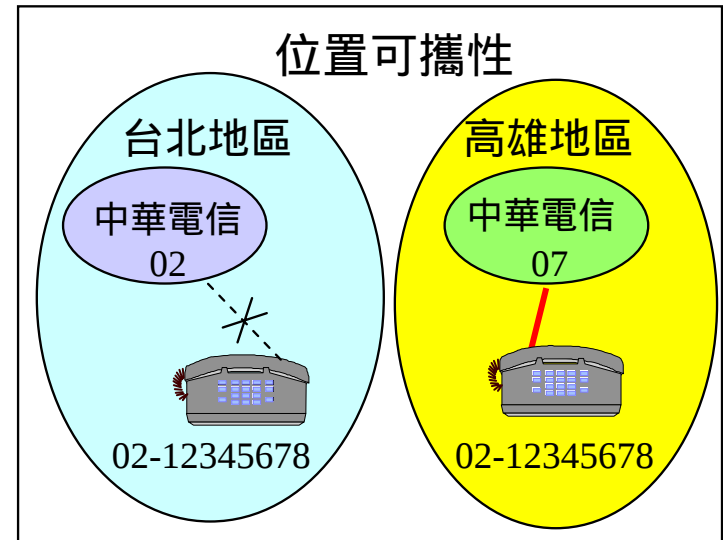
服務提供者的可攜性



服務可攜性



位置可攜性



Wireless Application Protocol (WAP)

