

## CHAPTER 05

# 電腦網路



5-1 電腦網路的用途

5-2 電腦網路的架構

5-3 傳輸媒介

5-4 OSI與TCP/IP模型

5-5 常見的網路設備

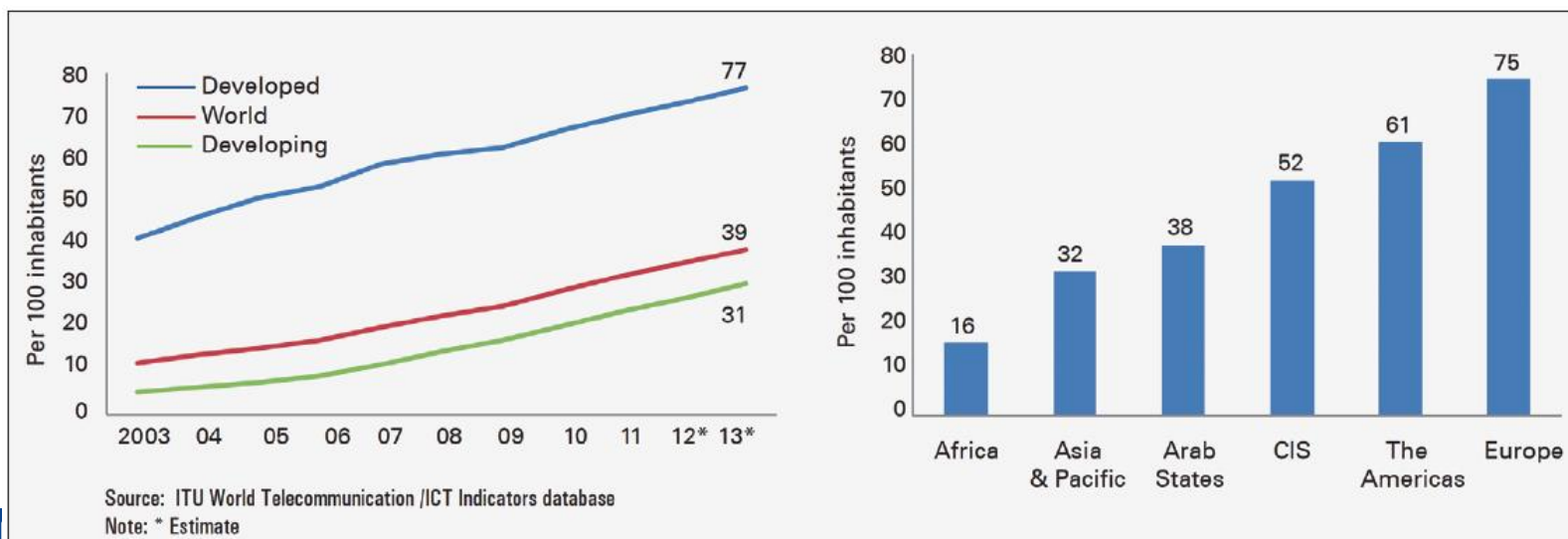
5-6 電信網路

5-7 無線網路



## 5-1 電腦網路的用途

- 讓二個裝置可以互相交換訊息
- 其發展可回溯到1960年代
- 早期是為軍事及研究用途所發展
- 普及化後，使用人口以爆炸性的速度成長





## 5-1-1 訊息交換

- ➡ 訊息交換可以說是電腦網路發展的初衷之一。電腦網路最重要的特色就是封包交換（packet switching）。所有透過電腦網路傳輸的資料，都必須切割成較小的片段後，再以「封包」（packet）的型式包裝，然後再進行傳輸。



## 5-1-1 訊息交換

- 時至今日，利用網路進行的訊息交換機制十分的多元，包括電子郵件、網頁論壇、部落格、電子佈告欄（BBS）、社交網路（如Facebook）、即時訊息（如MSN、LINE、WeChat）與視訊電話（如Skype與FaceTime）等等。配合行動上網裝置的流行，透過網路交換訊息方便、經濟又迅速。



常見的訊息交換機制應用程式



## 5-1-2 資源分享

- ➡ 資源分享也是電腦網路裡重要的應用。早期的分享以檔案交換為主，透過如Gopher、FTP 和網路磁碟（如NFS和網路芳鄰）等方式進行。而隨著技術的進步，幾乎所有的資源都可以透過網路來分享。





## 5-1-3 電子商務

- ▶ 透過網路做生意，也是現在網路上的重要用途之一。相信讀者多少都有線上購物的經驗。這種線上的商家販售產品給消費者的方式，我們稱為 B2C ( Business to Customer ) 類型的電子商務，常見的購物網站如eBay、Yahoo! 奇摩、PCHome的商城都是屬於這種類型。





## 5-1-3 電子商務

- 除了B2C之外，電子商務的類型還包括B2B（Business toBusiness）、C2C（Consumer to Consumer 或是Customer to Customer）、C2B（Consumer to Business）等等。分別指的是企業對企業、用戶對用戶、以及用戶對企業等不同的類型。完整的介紹請參閱第9章「電子商務」。





## 5-1-4 娛樂

- ▶ 雖然娛樂並不是電腦網路當初發展的目的，但現在娛樂已經是電腦網路上最廣泛的應用之一。使用者可以透過網路來分享照片、欣賞影片，或是進行線上遊戲。







## 5-2 電腦網路的架構

► 要了解電腦網路的運作，首先最基本的就是了解電腦網路的架構。我們這裡從三個不同的角度來認識電腦網路的架構。

- 依據線路連接的方式
- 依據資源服務的提供者
- 依據建置的規模



## 5-2-1 依據網路線路連接的方式

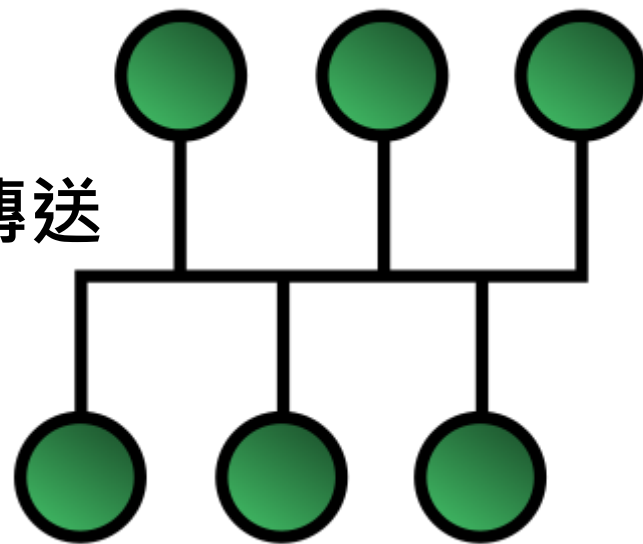
- ▶ 也稱為「網路的拓樸」(network topology)
- ▶ 常見的方式
  - ▶ 匯流排 (bus)
  - ▶ 環狀 (ring)
  - ▶ 星狀 (star)
  - ▶ 網格 (mesh)





# 匯流排

- 所有的網路裝置接在同一條線路上
- 最簡單的連接方式
- 一次只能有一台裝置傳送資料，否則會發生衝突 (collision)
- 多人使用時，效率較差
- 衝突發生時，資料必需要重新傳送
  - Ethernet的CSMA/CD機制
- 建置成本低廉，且不易故障





# CSMD/CD

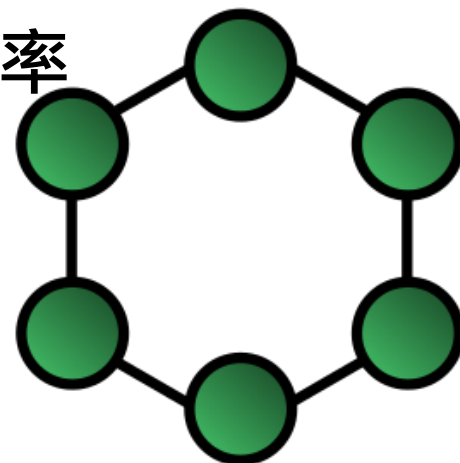
- ➡ 全名為Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- ➡ 主要解決衝突發的情況
- ➡ CSMA/CD運作概念如下
  - ▶ 任一主機傳送資料前，先偵測網路是否無人使用
  - ▶ 確認無人使用，則進行傳送，否則等待
  - ▶ 萬一傳送時仍然不幸發生碰撞(二台或以上裝置同時傳送)，則隨機暫停一段時間後，再重新嘗試





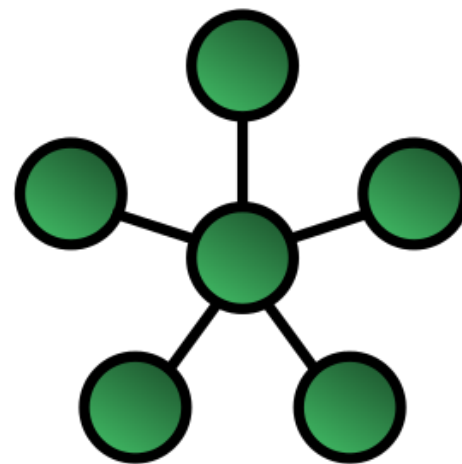
# 環狀

- 顧名思義，裝置連接成一個圈圈
- 資料傳輸是單向的: 順時鐘或是逆時鐘擇一
- 因此，任二個裝置之間的傳輸路徑是固定的
- 可以避免衝突的發生
- 網路負載高時，有比較好的傳輸效率
- 網路故障時，較難找出問題點
- 建置成本較高





# 星狀

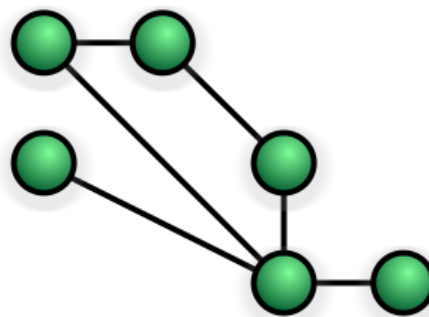
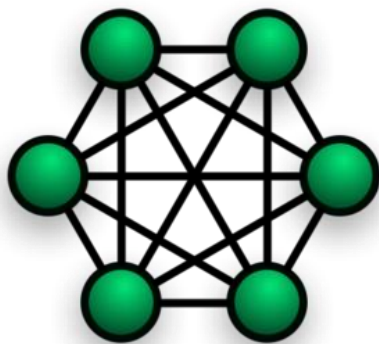


- 最常見的區域網路架構
- 中心點有一個特定的裝置
  - 通常是集線器或是交換器
- 所有的訊息都需要透過中心點進行傳輸
- 中心點若使用交換器，可降低發生衝突的機率
- 網路發生問題時，比較容易除錯
- 中心點故障時，全部的裝置都無法連線



# 網格

- ➡ 建置、管理和維護都是較為複雜的連線方式
- ➡ 通常使用於廣域網路、網際網路
- ➡ 每個裝置(節點)都需要擔任轉送的角色
- ➡ 裝置需要通力合作，網路才得以正常運行
- ➡ 彈性較大。網路故障時，可以嘗試改變路由，繞道傳輸





## 5-2-2 依據網路資源及服務提供者

### ➡ 主從式(client-server)架構

- ▶ 「伺服器」及「用戶端」角色分明
- ▶ 是大部份網路服務採用的方式

### ➡ 同儕式(peer-to-peer, P2P)架構

- ▶ 每個網路裝置可以同時是「伺服器」或是「用戶端」
- ▶ 常見的應用如P2P檔案分享(如bittorrent或是emule)、  
線上影音串流(如ppstream)





## 5-2-3 依據網路建置的規模

- ➡ 區域網路 – LAN, Local Area Network
  - ▶ 規模最小，涵蓋的範圍可能是房間、房屋、建築物，或是校園
- ➡ 都會網路 – MAN, Metropolitan Area Network
  - ▶ 中等規模，涵蓋的範圍可能是同一個城市裡的不同建築。
- ➡ 廣域網路 – WAN, Wide Area Network
  - ▶ 規模最大，可以是跨城市甚至跨國的網路





## 5-3 傳輸媒介

- 電話線
- 同軸電纜
- 雙絞線
- 光纖
- 電磁波





## 5-3-1 電話線

- ➡ 電話線也可以用來傳網路訊號
  - ▶ 電話撥接上網，或是ADSL使用電話線進行傳輸
- ➡ 電話線本來是用來傳送聲音(類比)訊號
- ➡ 因此需要配合「數據機」將網路(數位)訊號轉為類比訊號，才能傳送
- ➡ 常見的電話線的接頭規格為RJ-11
  - ▶ 內含4條銅線





## 5-3-1 電話線 (續)

### ► 優點

- ▶ 成本低廉
- ▶ 建置方便 – 使用現有線路，不需要再額外配置

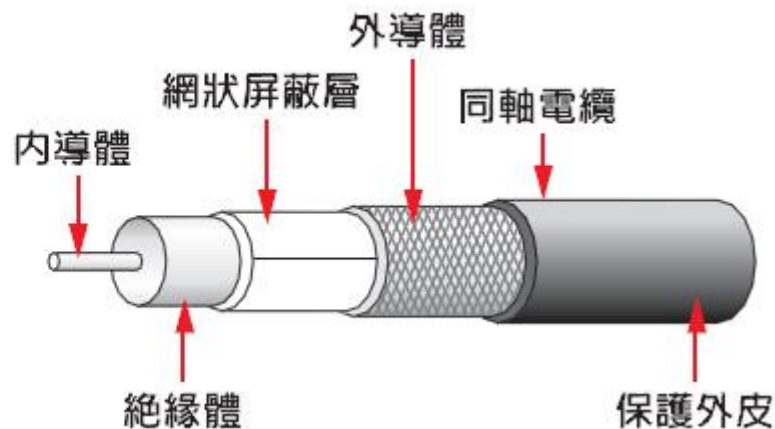
### ► 缺點

- ▶ 傳輸速率不高
- ▶ 傳輸品質受到距離影響



## 5-3-2 同軸電纜

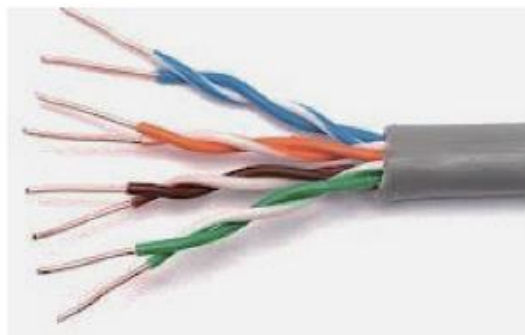
- ➡ 與一般有線電視(Cable TV)所使用的線路類似
- ➡ 用於建置「匯流排」架構的網路 – 裝置共享同一條線路
  - ▶ 不需額外購置「集線器」(hub)
- ➡ 傳輸速率較快，可達10Mbps或是100Mbps
- ➡ 線材成本較高





## 5-3-3 雙絞線

- ➡ 區域網路內常見的網路線材
- ➡ 外型像是大一號的電話線
- ➡ 接頭規格為RJ-45，內含8條銅線，且兩兩成對，互相纏繞 – 所以稱為雙絞線
- ➡ 依線材的品質，傳輸速率可高達10Gbps





# 雙絞線的等級與限制整理表

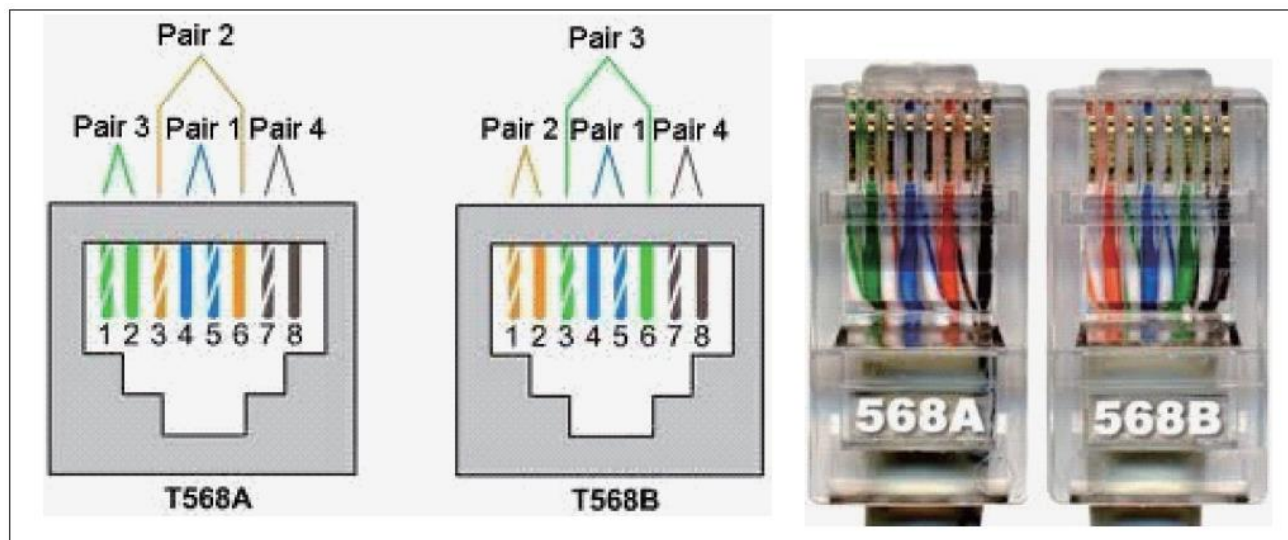
等級	限制
Category 1	適用於電話訊號傳輸，不適用於網路訊號。
Category 2	傳輸速率上限：4Mbps。
Category 3	傳輸速率上限：10Mbps。
Category 4	傳輸速率上限：16Mbps。
Category 5	傳輸速率上限：100Mbps。
Category 5e	傳輸速率上限：1Gbps。
Category 6	傳輸速率上限：10Gbps，線長需短於55 公尺。
Category 6a	傳輸速率上限：10Gbps。





# 雙絞線接頭的花色

- 雙絞線內的每一條銅線都有不同的花色的外皮包覆白橙、橙、白綠、藍、白藍、綠、白棕、棕雙絞線的花色標準: 568-A 和 568-B







# 雙絞線接頭的花色 (續)

## ➡ 一般的雙絞線

- ▶ 線二端的接頭使用相同的花色配置
- ▶ 如: 二端皆為568A，或是二端皆為568B
- ▶ 通常用於連接電腦和交換器

## ➡ 跳線

- ▶ 線二端的接頭使用不同的花色配置
- ▶ 如: 一端使用568A、另一端使用568B
- ▶ 通常用於連接二個同種類的裝置，如電腦對電腦，或是交換器對交換器





## 5-3-4 光纖

- ➡ 速度最快、距離最長且不受干擾的傳輸媒介
- ➡ 但成本也最高
- ➡ 光纖是單向傳輸，所以每一組線路會有二條光纖
- ➡ 一般分為「單模」及「多模」二種光纖

	單模	多模
傳輸速率	10Gbps~40Gbps	10Mbps~10Gbps
傳輸距離限制	數百公里 ~ 數千公里	100 公尺 ~2000 公尺
線徑	較細（8~10 毫米）	較粗（50~100 毫米）
成本	較高	較低





## 5-3-5 電磁波

- ➡ 不需連接線路，即可直接傳輸
- ➡ 電磁波的頻段是公共財，且受到嚴格規範
- ➡ 一般用途可使用所謂的ISM頻段(industrial, scientific, and medical band)，供工業、科學、及醫療用途使用
  - ▶ 大多數國家都將2.4GHz規畫為ISM頻段
  - ▶ 台灣規畫的ISM頻段約落在2.4GHz及5GHz
- ➡ 因為頻段規畫不同，所以國外買的無線設備，在國內可能會無法使用



## 5-4 OSI與TCP/IP模型

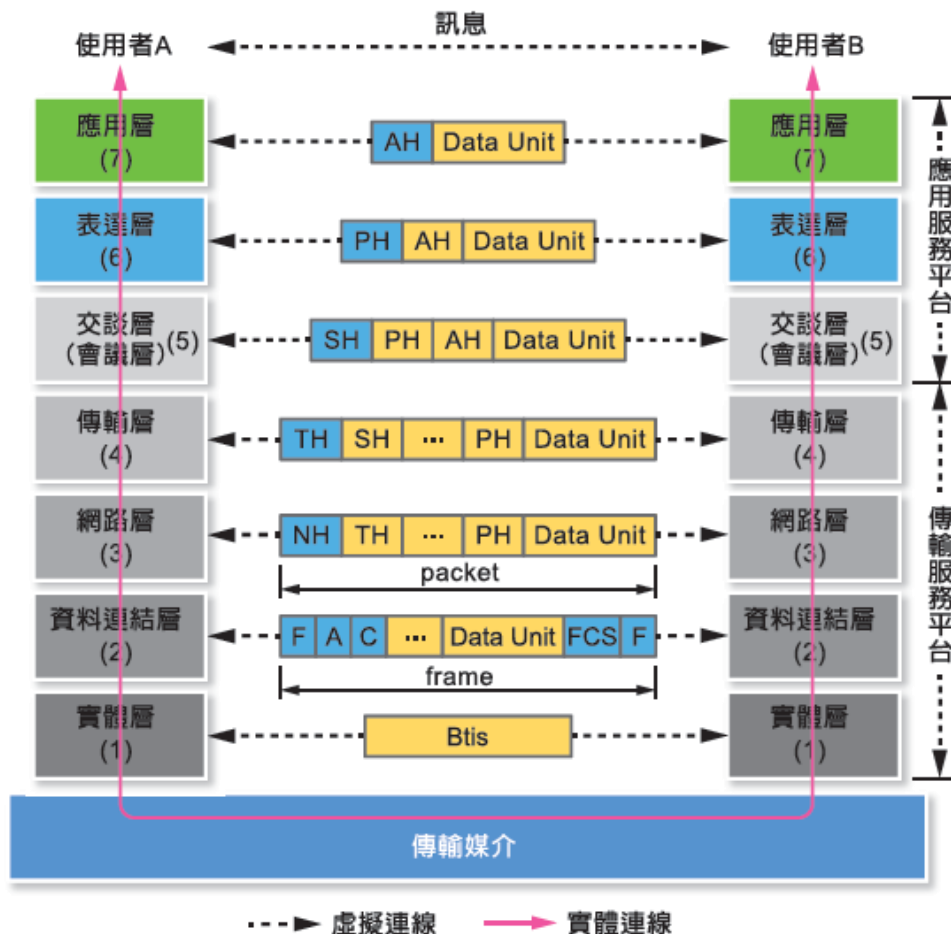
- 網路裝置之間的語言，通常稱為「通訊協定」
- 國際標準組織(ISO)訂定OSI模型，對通訊協定進行管理與分級
- OSI模型一共有七層，由於較為複雜，因此網路系統在「實作」時，常使用TCP/IP模型
- TCP/IP模型只有四層
- OSI模型的1至7層可以對應到TCP/IP模型中的1至4層





# OSI模型的各層

- 應用層
- 表達層
- 交談(會議)層
- 傳輸層
- 網路層
- 資料連結層
- 實體層





# 資料傳輸與OSI模型

- ➡ 每一台網路主機裡都會分層處理OSI裡的各層
- ➡ 資料傳送
  - ▶ 使用者要傳送的訊息從最上層(應用層)開始傳送
  - ▶ 依序往下經過各層處理後，最後送到網路上
- ➡ 資料接收
  - ▶ 網路主機收到網路資料從，由最底層(實體層)開始處理
  - ▶ 依序往上經過各層處理後，最後將資料呈現給使用者





# 資料傳輸與OSI模型

- ➡ 以郵務系統比擬
- ➡ 網路訊息就像是郵件的內容
- ➡ 每一層有不同的任務
- ➡ 經過層層包裝後，可以寄送出去
- ➡ 經過層層拆解後，可以取得內容





# 資料傳輸與OSI模型







# 資料傳輸與OSI

- ➡ 資料由上層往下層傳送的过程中 ...
  - ▶ 每一層會對訊息「加料」(增加標頭)
  - ▶ 標頭的目的是紀錄各層所需的資訊
- ➡ 經料由下層往上層接收的过程中
  - ▶ 每一層會讀取其對應的標頭資訊
  - ▶ 取得和處理標頭資料後，移除標頭後，再將剩餘的訊息向上繼續傳送





## 5-4-1 應用層 – Application Layer

- ➡ 第七層
- ➡ 最貼近使用者的一層
- ➡ 常見的應用層通訊協定
  - ▶ 收發Email – SMTP、POP3、IMAP
  - ▶ WWW網路瀏覽 – HTTP
  - ▶ 網路串流 – RTSP、RTP、RTCP
  - ▶ 電子佈告欄BBS – TELNET





## 5-4-2 表達層 – Presentation Layer

- 第六層
- 以標準化的方式處理使用者的資料
- 發送端
  - 編碼、壓縮、加密等
- 接收端
  - 解碼、解壓縮、解密等





## 5-4-3 交談(會議)層 – Session Layer

- ➡ 第五層
- ➡ 主要負責對話的建立
- ➡ 常見的例子
  - ▶ RPC (Remote Procedure Call) – 允許使用者執行遠端不同的函數呼叫
  - ▶ RTSP (Real-Time Streaming Protocol) – 建立多通道以分別傳輸聲音及影像等多媒體資料
  - ▶ SSL (Secure Socket Layer) – 建立多通道以傳送需要加密保護的各種資料





## 5-4-4 傳輸層 – Transport Layer

- ➡ 第四層
- ➡ 提供多種資料傳輸服務，包括
  - ▶ 多工(multiplexing) – 允許主機建立多條網路連線
  - ▶ 流量控制及雍塞控制
  - ▶ 連接導向與無連接導向連線
  - ▶ 可靠傳輸
- ➡ 傳輸層輸出的資料傳輸單位為區段(segment)或是數據包(datagram)
- ➡ 常見的協定如TCP、UDP、SCTP等等





## 5-4-5 網路層 – Network Layer

- ➡ 第三層
- ➡ 主要提供網路主機識別資訊及相關服務，包括
  - ▶ 網路位址 – 用以識別網路上的主機
  - ▶ 資料切割 – 將資料裁切為適合傳輸的封包  
以Ethernet為例，每個封包的上限為1500位元組
  - ▶ 網路路由 – 將封包正確的傳送到目的地網路位址
- ➡ 網路層輸出的資料傳輸單位為「封包」(packet)
- ➡ 常見的網路層協定如IPv4及IPv6





## 5-4-6 資料連結層 – Data Link Layer

- ➡ 資料連結層和網際網路的運作，並無直接關係
  - ▶ 大多負責區域網路內，或是點對點網路的連線
- ➡ 但要連上網際網路，得把封包交由區域網路內負責對外的**路由器**(router)轉送
- ➡ 區域網路內的裝置通常用硬體編號加以識別
- ➡ 上網主機的網路卡上有實體位址；路由器的網路界面上也有實體位址





## 5-4-6 資料連結層 – Data Link Layer

- 第二層
- 處理區域網路或是點對點的網路連線
- 提供的服務包括
  - 硬體實體位址
  - 包裝封包(framing)
  - 錯誤偵測或修正
  - 多重存取(multiple access)
- 傳輸單位為頁框(frame)
- 常見的協定如Ethernet、無線網路802.11、PPP等







# 5-4-7 實體層 – Physical Layer

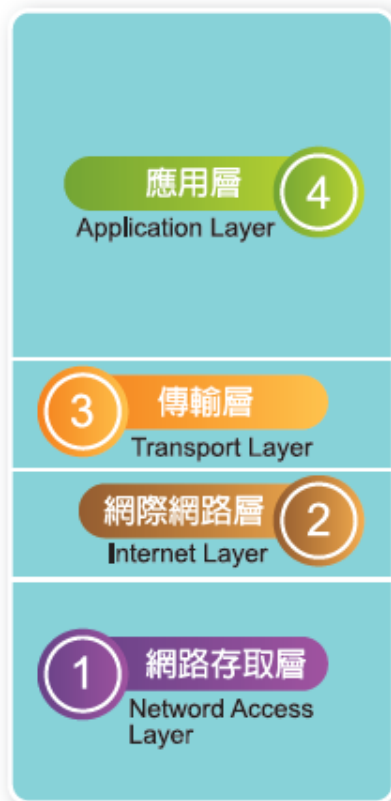
- 第一層
- 主要將資料轉為硬體訊號傳送
- 傳送的單位為位元(bit)
- 可能透過各種不同的傳輸媒介進行傳送，如電子訊號、光學訊號、或是電磁波





# TCP/IP模型

- ➡ 從實作的角度而言，OSI可能太過複雜
- ➡ TCP/IP模型為一個較簡化的模型 – 只有四層



TCP/IP 模型



OSI 模型





## 5-5 常見的網路設備

- ➡ 網路設備的分級，和網路協定一樣，是使用OSI模型
- ➡ 再次強調: TCP/IP模型只有**實作時**使用，一般討論網路設備或是網路協定，**都是使用OSI模型**
- ➡ 網路上傳送的封包，包含OSI模型各層的資訊
- ➡ 而設備的分級取決於該設備可以處理到網路封包裡的哪一層協定的標頭





# 5-5-1 網路卡 – Network Interface Card

- ➡ 網路卡是連上網路的必要設備
- ➡ 網路卡屬於第二層(layer 2)的設備
  - ▶ 處理第一層的各种硬體訊號
  - ▶ 以硬體或軟體處理第二層的協定





## 5-5-2 中繼器 – Repeater

- ➡ 中繼器主要目的是延長網路線的長度
- ➡ 可以想像是一種強波器 – 負責增強網路訊號
  - ▶ 單一線路長度或是傳輸距離有限，所以需要在中間加強訊號，讓訊號可以傳得更遠
  - ▶ 屬於第一層的設備



## 5-5-3 集線器 – Hub

- ➡ 屬於第一層的網路設備
- ➡ 可以建置匯流排式的網路環境
- ➡ 訊號從任一連接埠傳送進來後，複製到其他所有的連接埠
- ➡ 同樣會有碰撞的問題





## 5-5-4 橋接器 – Bridge

- ➡ 屬於第二層的網路設備
- ➡ 將二個或多個實體網路連接在一起
- ➡ 每個實體網路可以不同的第二層協定運作
  - ▶ 常見的例子如: 橋接有線網路和無線網路的橋接器
  - ▶ 有線網路常使用802.3或是Ethernet協定
  - ▶ 無線網路常使用802.11協定





# 5-5-5 交換器 – Switch

- 屬於第二層的網路設備，外觀和集線器沒有太大差別
- 可依據第二層的協定，進行連接埠學習的功能，以降低封包碰撞的機率
  - ▶ 建立硬體實體位址和網路孔連接埠的對應關係
  - ▶ 接收封包後，依據封包目的地的實體位址，轉送到相對應的網路孔連接埠







## 5-5-6 路由器 – Router

- ➡ 屬於第三層的網路設備
- ➡ 依據第三層的網路位址，進行封包的傳送轉發
- ➡ 傳送的規則可以是手動設定，或是自動學習
  - ▶ 路由表(routing table)





# 無線網路存取點 – Wireless AP

- ➡ 至少是第二層的網路設備
- ➡ 橋接無線網路的使用者至有線網路或是電信網路 – 橋接器的功能屬於第二層
- ➡ 有一些設備也提供IP分享、防火牆等功能
- ➡ IP分享必需要檢查到傳輸層的封包，屬於第四層
- ➡ 防火牆依其檢查的封包標頭而定，可能是第二層、第三層、第四層、甚至第七層的功能





# 無線網路存取點 – Wireless AP (續)



不同類型的無線網路存取點：單天線、多天線、隱藏式天線





## 5-6 電信網路

- ➡ 和電腦網路不同
- ➡ 打電話(市內、國際、長途電話或是手機)、傳簡訊時所使用的網路
- ➡ 傳統的電話網路使用線路交換(circuit switching)技術
  - ▶ 電腦網路則使用封包交換(packet switching)技術
- ➡ 每個使用者所使用的電話線路都是專屬線路
- ➡ 就發展趨勢上而言，封包交換技術較受到青睞
  - ▶ 4G LTE全部採用封包交換技術
- ➡ 但線路交換技術仍有其不可取代性





# 封包交換 VS 線路交換

	線路交換 (circuit switching)	封包交換 (packet switching)
基本精神	每個用戶配置專屬傳輸線路	所有用戶共享相同線路
資料傳輸單位	無	封包
頻寬	每個用戶配有專屬頻寬	所有用戶共享 可視網路使用情況調整分配
成本	較高	較低
可靠度	較高	較低
計費方式	依使用時間計費	依傳輸量計費
彈性	較低	較高





## 5-6-1 POTS/PSTN

- ➡ 傳統的市內電話: POTS – Plain Old Telephone Service
- ➡ 公共電話交換網: PSTN – Public Switch Telephone Network
  - ▶ 串起鄉鎮、城市、甚至國家的電話網路
- ➡ 使用線路交換技術，所以通話前需要透過通話設定，保留對話使用的專屬線路。
  - ▶ 所以就算雙方都不講話，還是得付線路費用
  - ▶ 按時計費
- ➡ 傳輸的訊號為類比訊號





## 5-6-2 第一代行動電話網路 – 1G

- ➡ 約於1980年代開始使用
- ➡ 使用無線傳輸，透過分割頻率的方式，讓多人同時講電話(frequency division multiple access, FDMA)
- ➡ 就好像廣播電台或是無線對講機——使用相同頻率的人就可以聽到彼此的聲音
  - ▶ 但功率較低，所以需要廣設基地台以增加服務範圍
- ➡ 傳輸類比訊號，且容易被監聽
- ➡ 使用「細胞群」式的網路架構
- ➡ 使用的無線頻段必需經過申請核准，才可使用



# 細胞群網路

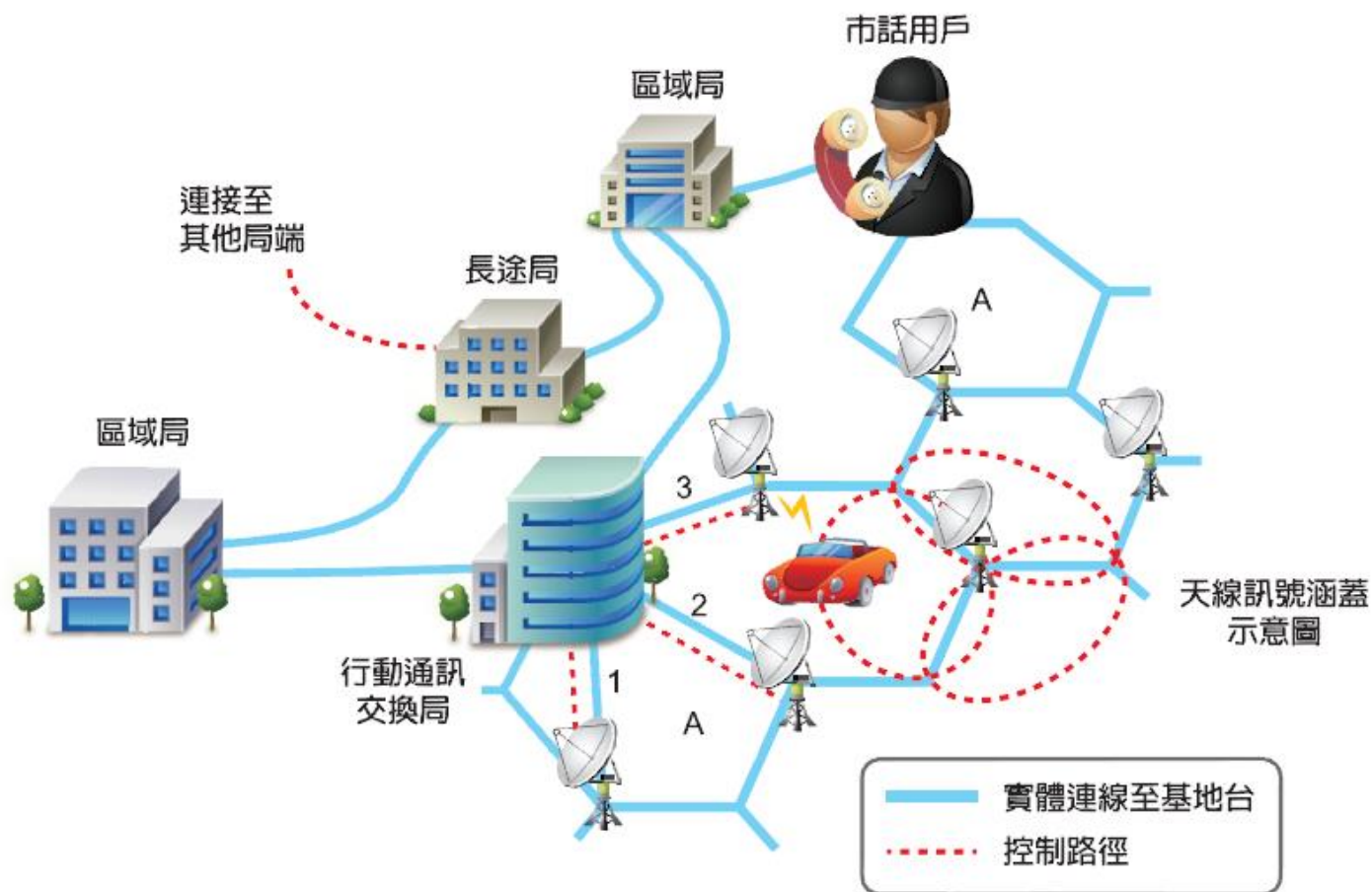
- ➡ 每個基地台只負責臨近的區域
- ➡ 使用者移動時，則依其區域，選擇不同的基地台服務
- ➡ 後來發展的2G、3G、4G也是使用類似的概念







# 細胞群概念示意圖





## 5-6-3 第二代行動電話網路 – 2G

- ➡ 採用數位方式進行傳輸
- ➡ 提供簡訊的功能
- ➡ 提供數據資料傳輸功能
- ➡ 標準由3GPP這個組織維護
- ➡ 提供較高速的數據資料傳輸
  - ▶ 俗稱2.5G的GPRS以及2.75G的EDGE
  - ▶ 採用封包交換技術
  - ▶ 但資料傳輸仍不夠快





## 5-6-4 第三代行動電話網路 – 3G

- ➡ 語音部份仍採線路交換
- ➡ 數據資料採封包交換
- ➡ 數據資料的傳輸速度大幅提升，也使得使用者可以接受手機上網的速度
  - ▶ HSDPA提供下載上限14.4Mbps的速度
  - ▶ HSPA+ 提供下載上限21Mbps的速度
- ➡ 實際表現依訊號品質及使用人數而有所不同





## 5-6-5 第四代行動電話網路 – 4G

- ➡ LTE技術
- ➡ 捨棄了線路交換，完全採用封包交換 – 所謂的 All IP Network
- ➡ 聲音傳輸部份採用VoIP技術
- ➡ 可向下相容
  - ▶ 所以實際通話部份不是一定要使用VoIP來進行
- ➡ 規格訂定的下載速度高達300Mbps





## 5-7 無線網路

- 通常使用於區域網路
- 和電信網路相比，規模(傳輸距離)小很多
  - 距離短至數公分、長至數百公尺
- 使用不需要申請的ISM無線頻段
- 大多為2.4G或是5G的頻段





# 5-7-2 802.11標準

- ➡ 就是俗稱的無線網路所使用的規格
- ➡ 有許多不同的版本: 802.11a/b/g/n/ac

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
提出時間	1999	1999	2003	2009	2012
頻段	5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4/5GHz	5GHz
最大通訊距離 <sup>1</sup>	120m	140m	140m	250m	250m
最大傳輸速率 <sup>2</sup>	54Mbps	11Mbps	54Mbps	72.2Mbps	87.6Mbps

1. 「最大通訊距離」是指無障礙物的情況
2. 「最大傳輸速度」是指頻寬為20MHz、單通道的情況下。實際上可能使用更高的頻寬、或是多通道來達成更高的傳輸整率





# 無線網路的連接方式

- ➡ 傳統的連接有「基礎建設」和「直接對接」二種模式
- ➡ 基礎建設 (infrastructure)
  - ▶ 需要透過無線網路存取點(wireless AP)來上網
  - ▶ 二台無線主機交換資料時，需透過存取點來轉送
  - ▶ 大部份的情況下是使用這種模式
- ➡ 直接對接 (ad-hoc)
  - ▶ 任二台無線網路設備可直接對傳
- ➡ WiFi Direct: 屬於直接對接的方式，但設定更為簡易





# WiFi 聯盟

- 常常被(誤)用為「無線網路」或是802.11的代名詞
- 目的: 確保不同的無線網路設備，可以正確地進行連線
- 負責設備的認證
- 通過認證的設備，表示其相容性沒有問題
- 通過認證的設備，會發予標章







## 5-7-2 藍牙 – Bluetooth

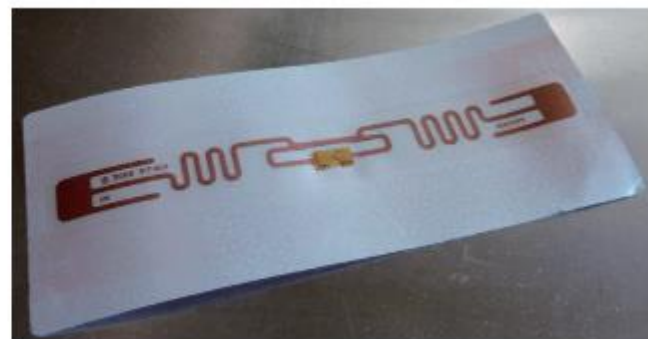
- ➡ 無線個人區域網路
- ➡ 主要目的是取代週邊低速裝置的連接線
  - ▶ 印表機、鍵盤、滑鼠、並列埠、序列埠等
- ➡ 1998年提出，頻寬僅1Mbps，使用2.4GHz的頻段
- ➡ 新版本的規格提升頻寬至3Mbps
- ➡ 若頻寬仍不夠，可搭配802.11無線網路標準使用





## 5-7-3 無線射頻識別 – RFID

- ➡ 無線的條碼
- ➡ 透過特殊的讀取裝置，使用無線的方式讀取
- ➡ 不需要對準條碼就可讀取，甚至可以遠距(數公尺)讀取
- ➡ 圖：一維條碼、二維條碼、RFID





# RFID運作方式

- 被動式
  - 沒有電源
  - 由讀取訊號天線，將電磁波轉為電能運作
- 半被動式
  - 有外部電源，但不主動運作
  - 接收到讀取訊號時，才傳送出資訊
- 主動式
  - 有外部電源，且可以主動運作





# RFID的應用

- ➡ RFID在日常生活中隨處可見
  - ▶ 各種無線卡片 – 悠遊卡、門禁卡、信用卡、電子錢包等
  - ▶ 新版護照
  - ▶ 出國機場行李托運
  - ▶ 免接觸開車門、發動汽車的鑰匙
  - ▶ 高速公路的電子收費系統





## 5-7-4 近場通訊 – NFC

- ➡ 短距離、非接觸式的通訊方式
- ➡ 距離通常低於20公分
- ➡ 傳輸速度非常慢 – 約424Kbps
- ➡ 二個裝置通常需要靠在一起
- ➡ 基於RFID技術開發，所以可取代部份RFID的應用
- ➡ 和RFID相較起來，二個NFC裝置可直接溝通

