network

比較項目	直線(乙太網路纜線)	跳線(Patch Cable)
長度	較長，從幾英尺到數百英尺	較短，通常幾英寸到幾英尺
用途	永久性安裝，例如佈線到不同房間，用於高速資料傳輸的穩定連接	臨時性連接，例如在網路機架內互連設備、測試設備或在不同設備之間進行臨時駁接
佈建方式	於牆壁內或走廊固定佈線	位於機架內或設備附近，用於快速連接
結構	雙絞銅線，可最大限度減少干擾	也可以是雙絞線，但有不同型號（非屏蔽或屏蔽）以滿足不同用途

乙太網路透過標準化的IEEE 802.3協議，利用載波感應多重存取/碰撞偵測（**CSMA/CD**）或交換器（**Switch**）來管理資料傳輸。

1. CSMA/CD (舊式集線器網路)
   概念: 每個節點共享同一條網路線，並以廣播方式傳送訊框。
   運作流程:
   載波感應(Carrier Sense): 傳送前先監聽網路是否有其他訊號。
   多重存取(Multiple Access): 多個節點共用同一通道。
   碰撞偵測(Collision Detection): 傳送過程中，若偵測到訊號碰撞（表示有多個節點同時傳送），則立即停止傳送，並發送一連串的干擾訊號「Jam signal」，告知所有設備發生了衝突。 。
   隨機退避(Random Backoff)： 停止傳送後，等待一個隨機的時間，然後再次從載波偵聽開始重試。
   若連續發生多次衝突，則會使用更複雜的「截斷式二進位指數退避演算法」來增加等待時間。若嘗試多次後仍失敗，則會放棄傳送。

2. 交換器(現代網路)
   概念: 使用交換器代替集線器，建立點對點的連接。
   運作流程:
   接收與處理(Receiving and Processing): 交換器接收到數據封包後，會根據封包內的目的MAC 位址查找內建的位址表。
   轉發封包(Forwarding Frames): 將封包直接轉發到目標設備所在的埠口。
   解決衝突(Collision Avoidance): 在全雙工模式下，交換器可以同時進行傳輸和接收，避免了訊號碰撞。
   流量控制(Flow Control): 如果高速埠的數據傳輸到較低速埠，交換器會暫時儲存數據並發送「暫停訊框」(Pause frame) 給傳送端，讓傳送端暫停傳送以避免緩衝區溢出。

repeater:

是OSI 7 layer的layer 1設備，一個將輸入訊號增強放大的類比裝置，而不考慮輸入訊號種類（是類比的還是數位的）。

優點:延長傳送距離。

缺點:

1.由於共享頻寬，每台電腦理論分配的頻寬減少，就是效能減少。

2.碰撞領域變大(碰撞所影響到的範圍變大)。

中繼器是用來加強纜線上的訊號，把訊號送得更遠，以延展網路長度。當電子訊號在電纜上傳送時，訊號強度會隨著傳遞長度的增加而遞減。因此需要中繼器將訊號重新加強以增加資料的傳送距離。

hub:

是OSI 7 layer的layer 1設備，只會放大電子訊號，但不去判斷封包的內容。目前星狀架構，hub以取代repeater。hub跟repeater運作原理一樣。

=>個人電腦和hub相接是用雙絞線的直線相接。

=>hub和hub相接是用雙絞線的跳線相接。

優點:延長傳送距離。

缺點:

1.由於共享頻寬，每台電腦理論分配的頻寬減少，就是效能減少。

2.碰撞領域變大(碰撞所影響到的範圍變大)。

由於集線器會把收到的任何數位訊號，經過再生或放大，再從集線器的所有ports送出，這會造成訊號之間碰撞的機會很大，而且訊號也可能被竊聽，並且這代表所有連到集線器的裝置，都是屬於同一個碰撞網域以及廣播網域，因此大部份集線器已被交換機取代。

bridge(橋接器):

改良了hub的缺點，是OSI 7 layer的layer 2設備。可以認得每個封包的來源端和目的端的MAC address。主要用在RG-58同軸電纜的網路線上。

bridge內部有forwarding table, port number和所接電腦的MAC address對照表，對於不知道該往哪裡送的封包(目的端的MAC address不在forwarding tabble)，會從bridge的每個port送出去。

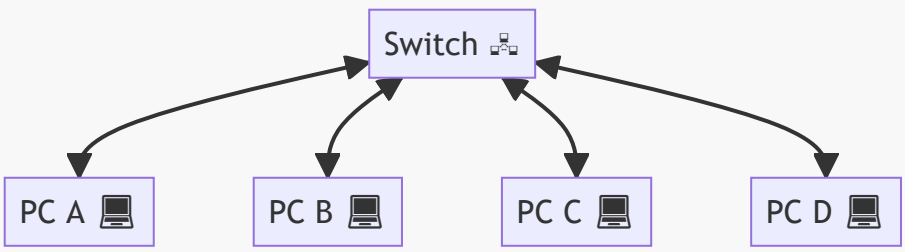
特性:

增加效能:A傳給B，封包會被bridge擋住，這段時間C就可以傳資料給D。

隔離碰撞封包:若bridge左段發生碰撞，不會影響到右段。

switch:

效能好，價格便宜。是OSI 7 layer的layer 2設備，已取代hub,bridge。主要用在雙絞線的網路線上。大部分的port都是全雙工(可同時傳送接收資料)。可認得電腦在哪個port上。有學習功能，會建立forwarding table。



How to build a forwarding table?　每個乙太網路frame會含有來源端和目的端的MAC address。(OSI layer2的封包稱為frame，layer3的封包才稱為packet)　剛開始，forwarding table is empty。

- steps:
  1.A傳資料給D。
  　swtich從port-1收到，知道電腦A連接到port-1，建立一筆(1,A)的table。
  2.因為forwarding table is empty，switch不知送往哪裡，所以全送，每個port都送，但只有D會收到這個封包，因為B,C發現MAC address不是自己的MAC address，所以B,C會把這個封包丟掉。
  3.D收到是送給自己，接收資料後回傳給A。
  　swtich從port-4收到，知道電腦D連接到port-4，建立一筆(4,D)的table。
  4.switch查表得知A在port-1，就從port-1送出給A。
  5.A收到。

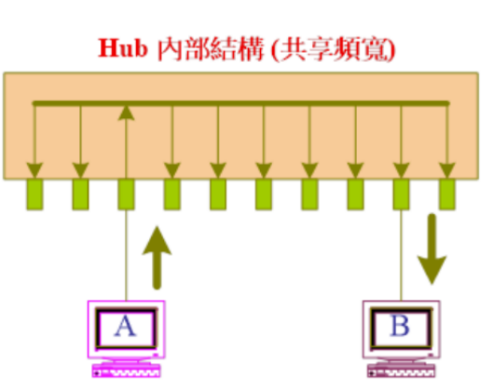
重要觀念:forwarding table的建立是根據來源端的MAC address。

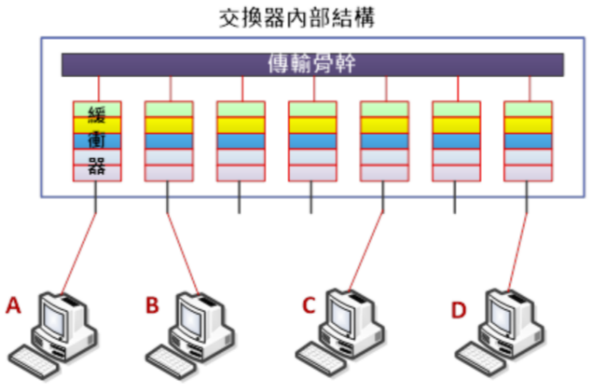
特性:

增加效能:A傳給B，封包會被bridge擋住，這段時間C就可以傳資料給D。

隔離碰撞封包:若switch左段發生碰撞，不會影響到右段。稱為microsegment。

比較:





hub	switch
共用頻寬	專屬頻寬
半雙工	全雙工
無法隔離碰撞域封包	可隔離碰撞域封包
Layer 1	Layer 2
複製電子訊號	辨別MAC位址
無表格	傳送表

router:

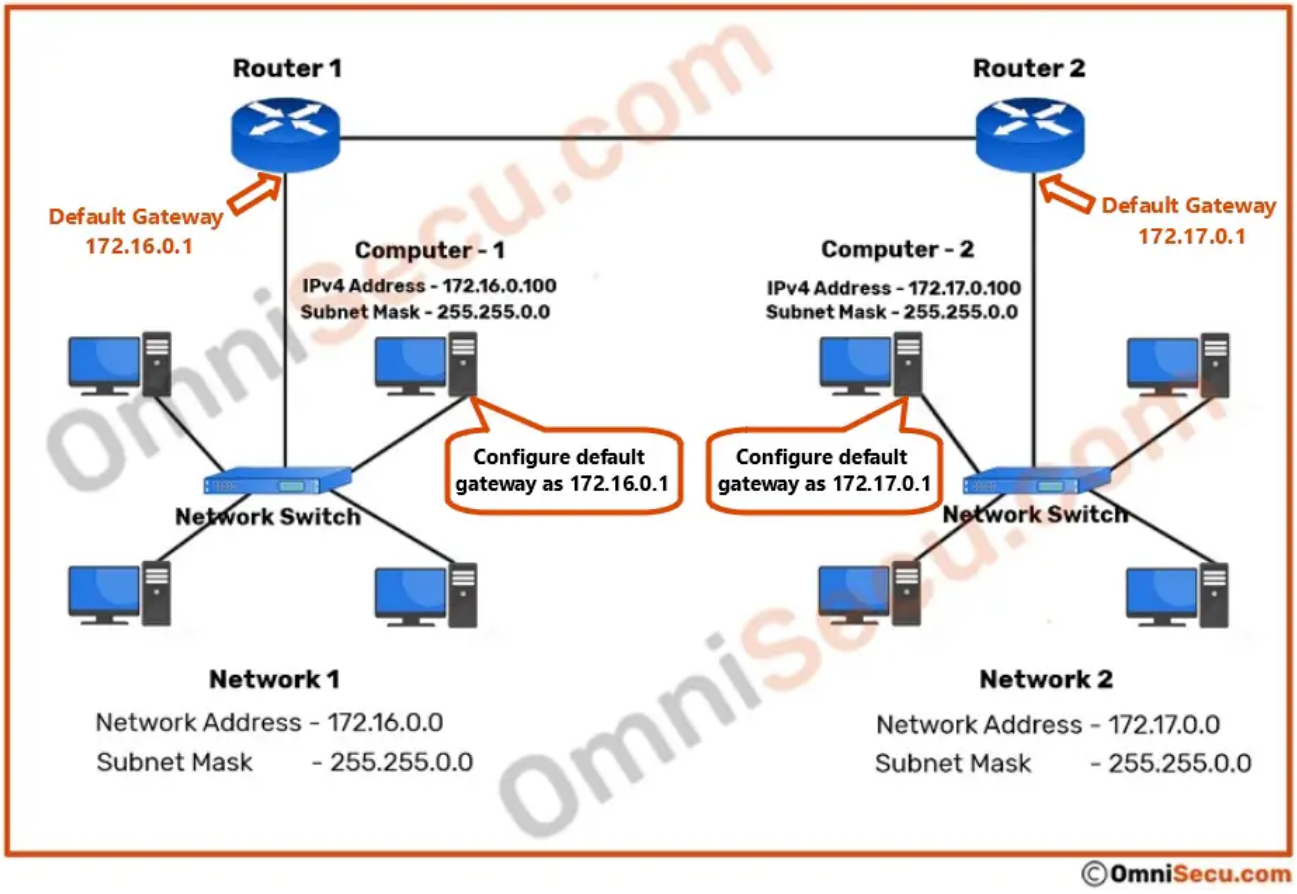
是OSI 7 layer的layer 3設備，想像成一台電腦，配有兩張以上網路卡以及路由協定程式。就可以將封包從一張網路卡傳到另一張網路卡。只要被router隔開就是一個網路。

重要功能: 尋找路徑,隔離封包
尋找路徑:幫封包找到正確的路徑
隔離封包:隔離廣播封包
=>router最重要的table:(routing table）or（RIB, Routing Information Base)

目的地網路號碼	目的地subnet mask	下一站IP
Network ID, Network number	subnet mask	Next hop / interface
就是目標位址的網路ID	用來判斷IP所屬網絡	就是資料在傳送到目標位址的旅途中下一站的位址

router對於不知道往哪裡送的封包，會直接丟棄

default gateway :



以 172.16.0.0 這一個 IP 來說明一段區域網路的話，那麼區域網路的參數就會有：
subnet mask (子網域遮罩)：255.255.0.0 或 /16：功能是在定義出區域網路的『巷子』號碼所在處，也是 32 位元，只是作為網域 ID 的位置全部為 1， 而作為主機 ID 的位置則全部為 0 ，因此 Class B 的預設 subnet mask 就會是 11111111.11111111.00000000.00000000
network IP(網域 IP 位址，亦即是第一個 IP 位址的意思)：**172.16.0.0**：網域 ID 是不可變的，而主機 ID 可以全部是 0 (最小)，此時就是網域 IP 位址！ 這個位址搭配 subnet mask 則是一整個網域的代表數字
broadcast IP (廣播 IP 位址，亦即是最後一個 IP 位址的意思)：**172.16.255.255**：網域 ID 是不可變的，而主機 ID 可以全部是 1 (最大)，此時就是廣播 IP。
network IP 與 broadcast IP 是有特殊用途的，因此不能作為一般裝置設定 IP 之用
可用 IP 位址範圍：172.16.0.1 ~ 172.16.255.254 ：就是去掉 network IP 與 broadcast IP 之後的其他 IP 位址。

子網路遮罩運算

等級	舉例	表示法
A	10.1.2.3 00001010.00000001.00000010.00000011 AND 11111111.00000000.00000000.00000000 00001010.00000000.00000000.00000000	網路號碼 10.0.0.0 255.0.0.0 或 10.0.0.0/8
B	140.117.1.2 10001100.01110101.00000001.00000010 AND 11111111.11111111.00000000.00000000 10001100.01110101.00000000.00000000	網路號碼 140.117.0.0 255.255.0.0 或 140.117.0.0/16
C	192.1.2.3 11000000 .00000001.00000010.00000011 AND 11111111.11111111.11111111.00000000 11000000.00000001.00000010.00000000	網路號碼 192.168.1.0 255.255.255.0 或 192.168.1.0/24

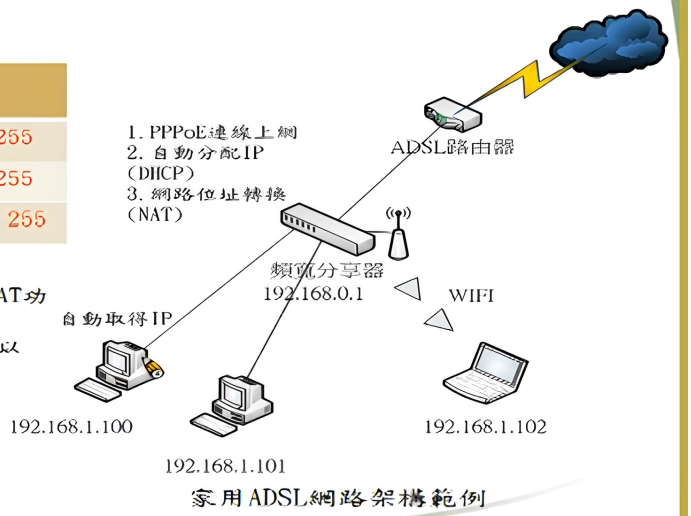
⇨將IP和子網路遮罩做AND運算就得到網路號碼。

私有IP範圍

⇨IP位址一般是由網路管理者向ISP公司申請。
⇨有三段IP網路稱為私有IP。這三段IP分別為

等級	IP範圍	IP範圍
A	10.0.0.0/8	10.0.0.0 到 10.255.255.255
B	172.16.0.0/12	172.16.0.0 到 172.31.255.255
C	192.168.0.0/16	192.168.0.0到 192.168.255.255

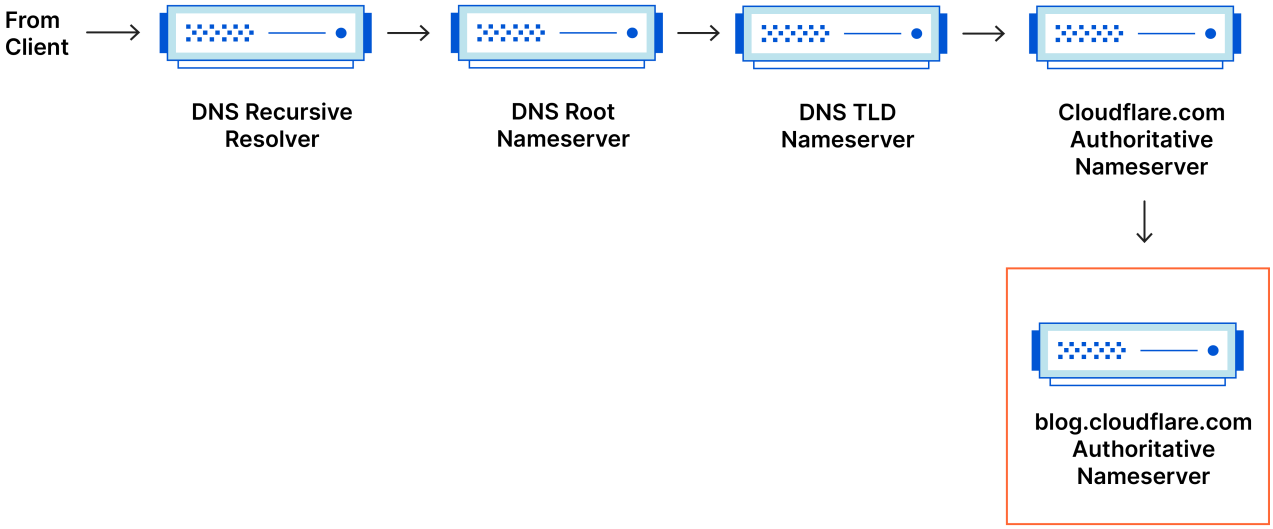
⇨這三段IP若要連上網際網路就必須要透過網路設備NAT功能。
⇨NAT(網路位址轉換)，將私有IP轉換為公共IP，就可以存取網際網路。
⇨一般頻寬分享器都是分配 192.168.0.0/16這段網路的IP。
⇨DHCP為自動取得IP的協定。



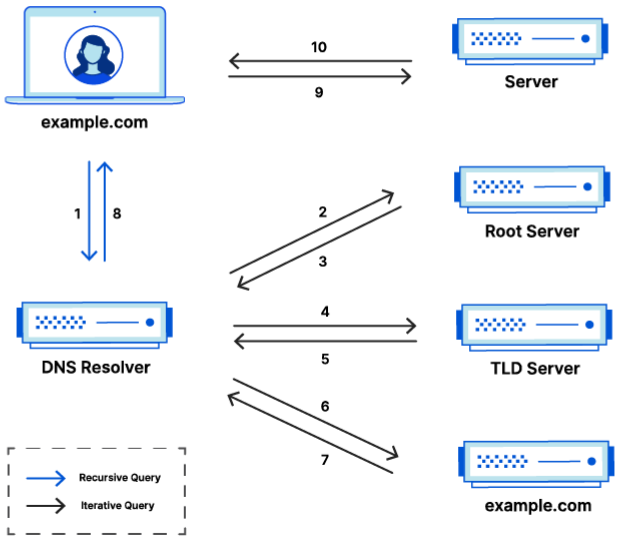
家用ADSL網路架構範例

DNS(Domain Name System):
它作為將域名和IP位址相互對映的一個分散式資料庫，能夠使人更方便地訪問網際網路。
nslookup 是一個TCP/IP指令，用來查詢DNS伺服器中，網址和IP位址的對照資料。
=>nslookup www.google.com.tw 俗稱正查
=>nslookup 142.250.198.67 俗稱反查
ping 是一個TCP/IP指令，來偵測對方主機存不存在or用來測試主機之間的連通性(是否可達)
原理：使用 ICMP(Internet Control Message Protocol) 協定中的Echo Request(回應請求) 和 Echo Reply(回應答覆)訊息。
tracert 是一個TCP/IP指令，檢查從本地主機到目的端之間經過的路由器(hop)
原理：透過 ICMP 封包 + 不斷遞增的 TTL(Time To Live) 來追蹤路徑。每經過一個路由器，TTL 減 1，當變成 0 時，該路由器會回傳一個 ICMP "Time Exceeded" 訊息。這樣 tracert 就能知道中途經過了哪些節點。

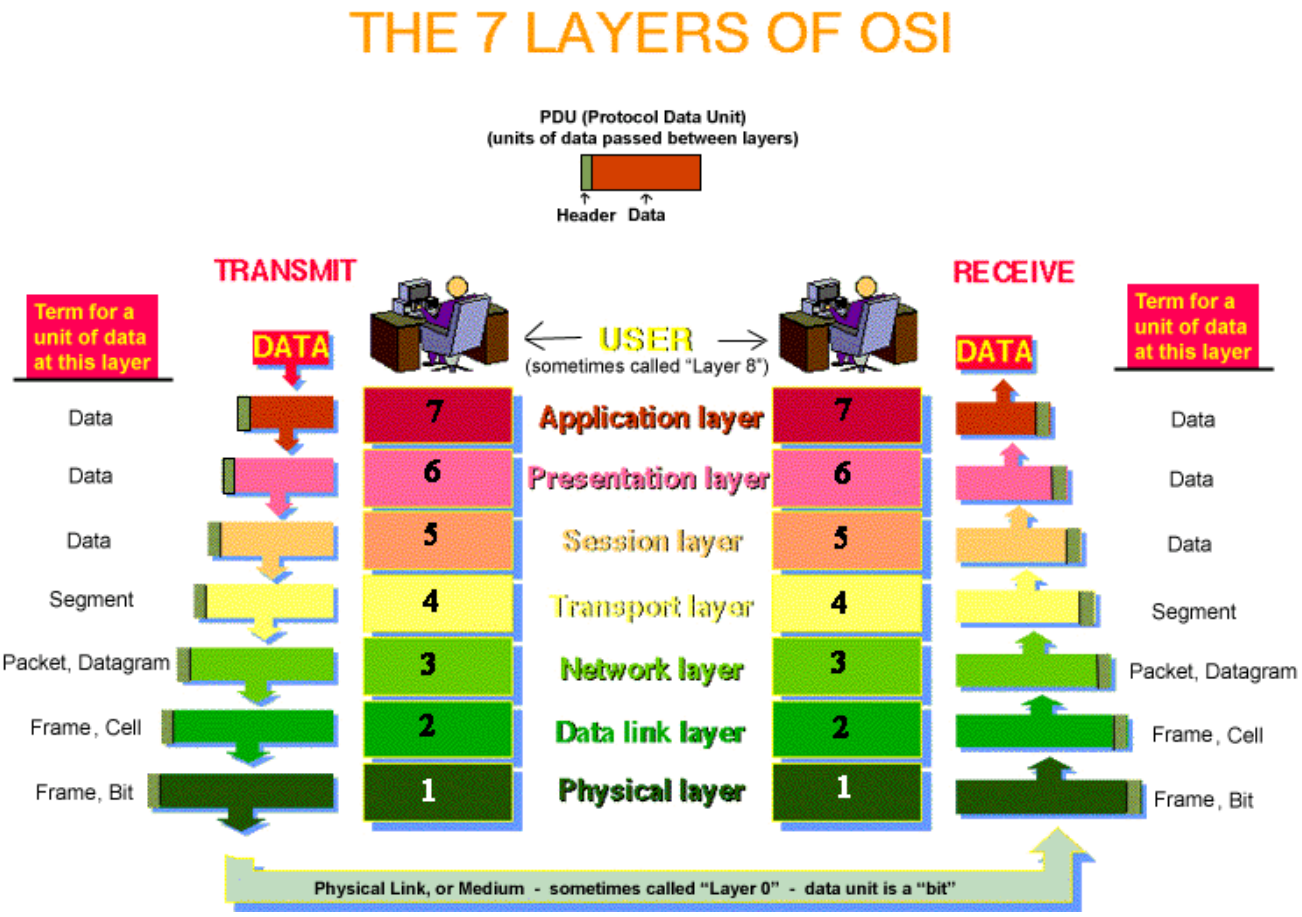
CNAME DNS Record Request Sequence



Complete DNS Lookup and Webpage Query

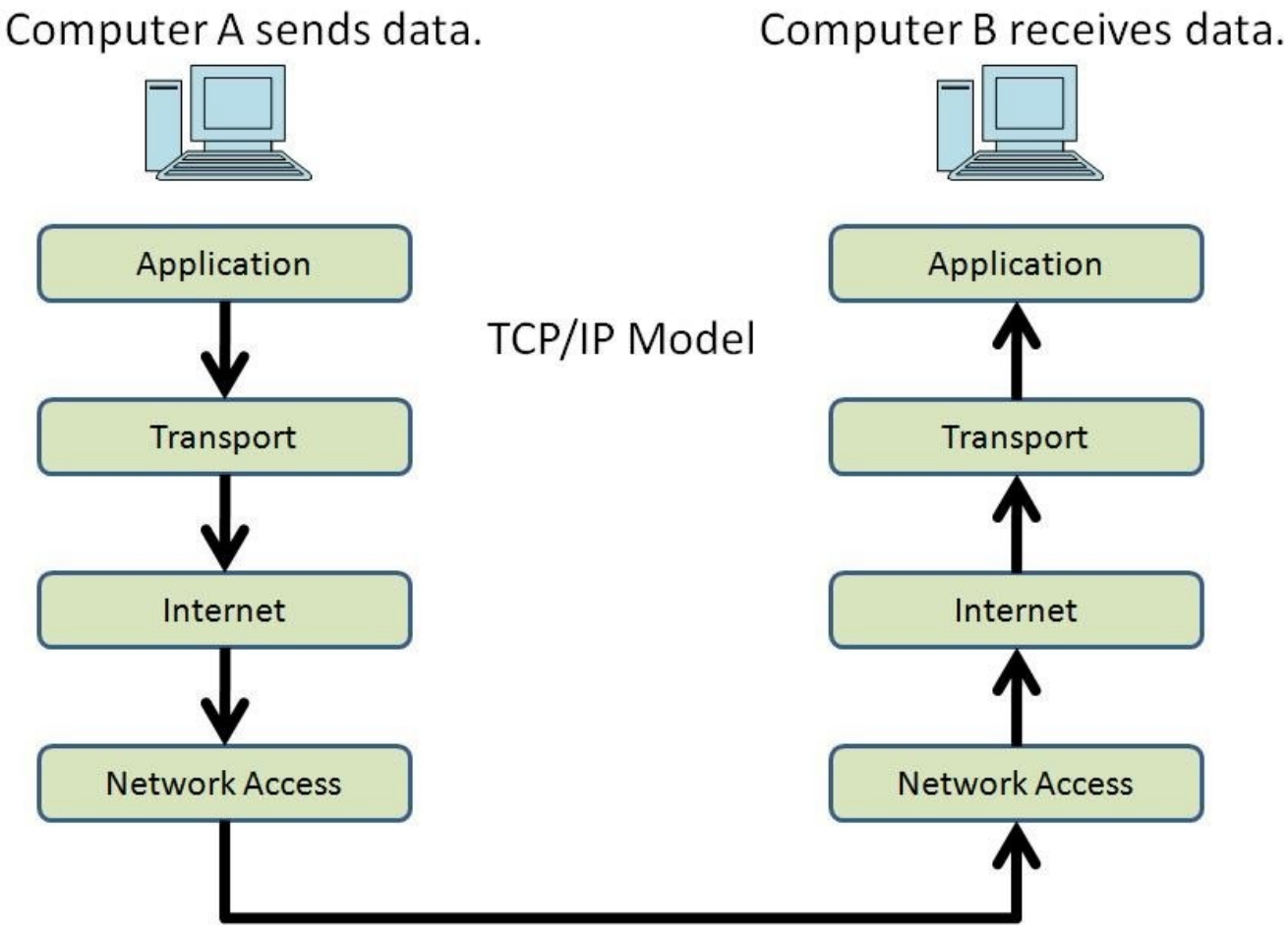


OSI 7 Layers

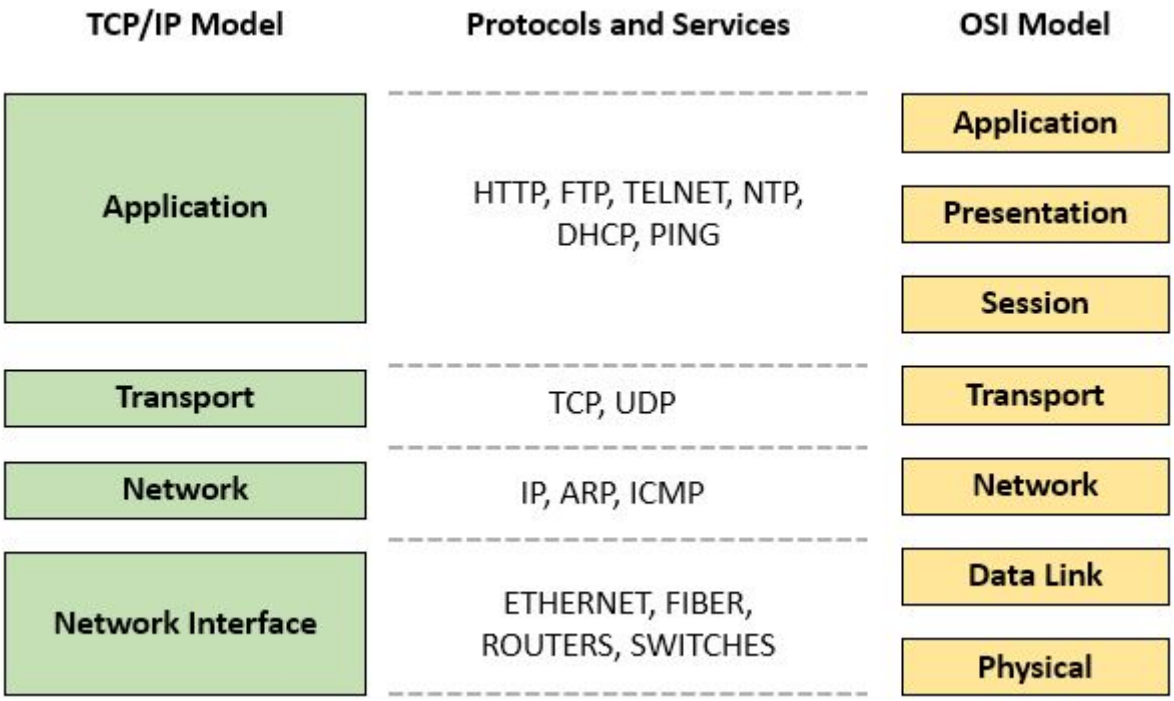


TCP/IP

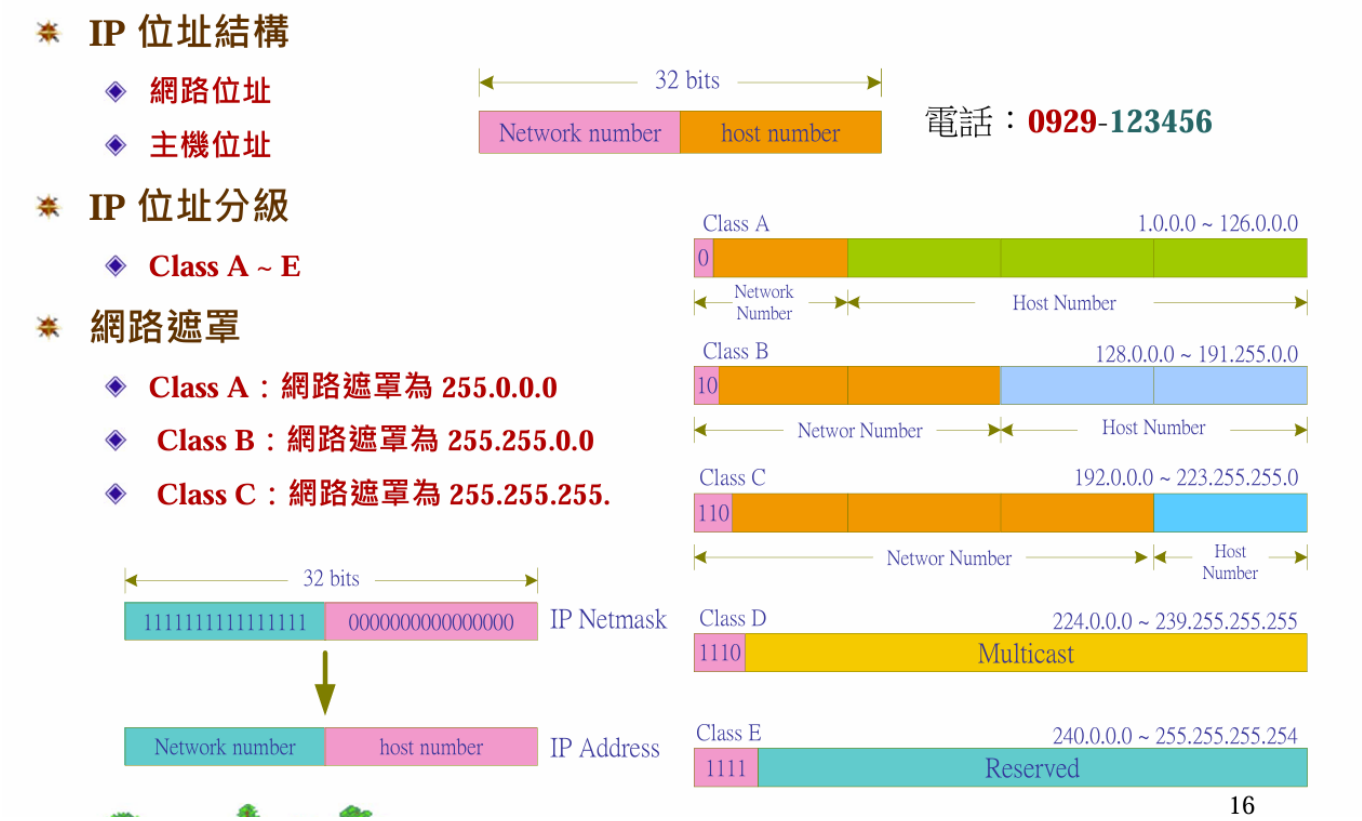
為另一種模型，只有分四層。因為發展過程比OSI早，所以並沒有遵守OSI模型


Computer A sends data.
Computer B receives data.
Application
Transport
Internet
Network Access
TCP/IP Model
Application
Transport
Internet
Network Access

比較:


TCP/IP Model
Protocols and Services
OSI Model
Application
HTTP, FTP, TELNET, NTP, DHCP, PING
Application
Presentation
Session
Transport
TCP, UDP
Transport
Network
IP, ARP, ICMP
Network
Network Interface
ETHERNET, FIBER, ROUTERS, SWITCHES
Data Link
Physical

IP class



常見無線頻段與應用

頻段 (GHz)	應用範圍與技術
0.9GHz (900MHz)	遠距通訊、工業自動化、RFID、智慧家庭
1.8GHz - 2.1GHz	行動通訊（3G、4G LTE 頻段）
2.3GHz - 2.7GHz	LTE 擴展頻段（WiMAX、部分行動網路）
3.5GHz	5G NR、固定無線接取、衛星通訊
4.9GHz	公共安全無線網路（政府用途）
5.8GHz	無線橋接、商業 Wi-Fi（特殊用途）
6GHz	Wi-Fi 6E（更高頻寬、更低延遲）
10GHz - 30GHz	衛星通訊、雷達系統、專用無線連結
24GHz - 28GHz	5G mmWave（高速行動網路）
60GHz (毫米波)	WiGig（高速無線傳輸，如 8K 影像）
77GHz	汽車雷達（自駕車、碰撞預警）

900MHz (0.9GHz) 頻段

- **主要應用**：物聯網 (IoT)、RFID、農業、智慧家居
- **特點**：

    - **穿透力強**：由於低頻段的波長較長，能夠有效穿透牆壁、建築物等障礙物，適合長距離無線傳輸。
    - **距離遠**：相比較高頻段的頻率，這個頻段可以實現更遠的信號傳播，因此適用於需要廣域覆蓋的應用。
    - **低速率**：由於頻寬較窄，這個頻段的資料傳輸速率較低，適合傳輸少量資料。

- **典型應用場景：**

    - **物聯網 (IoT)**：例如智慧城市中的各種感應器與設備。
    - **RFID**：例如自動識別和追蹤貨物。
    - **農業應用**：遠距離的感測器監控農田。
    - **智慧家居**：例如智能燈泡、智能插座等設備之間的通訊。

3.5GHz - 6GHz 頻段

- **主要應用：**5G NR (新無線標準)，固定無線接入 (FWA)，公共安全

- **特點：**

    - **高速與低延遲**：這個頻段的頻寬較大，支援更高的資料傳輸速率與更低的延遲，適合5G網絡所需的性能。
    - **較差的穿牆能力**：相比低頻段，較高的頻率信號容易被牆壁或其他障礙物阻擋，距離也較短。
    - **多樣化的應用**：這個頻段被廣泛用於未來的 5G 網絡，能夠支援大規模物聯網 (IoT) 和高速資料傳輸。

- **典型應用場景：**

    - **5G NR**：支援高數據傳輸速率與低延遲，適用於智慧城市、智能製造和增強現實 (AR)、虛擬現實 (VR) 等高頻寬需求應用。
    - **固定無線接入 (FWA)**：將寬帶服務提供給無法直接通過光纖或有線連接到網際網路的區域。
    - **公共安全**：如警察、消防等緊急通訊系統需要低延遲、穩定的連接。

24GHz - 60GHz (毫米波 mmWave)

- **主要應用：**5G極高速資料傳輸、短距離高頻無線傳輸、車聯網等

- **特點：**

    - **極高的資料傳輸速率**：毫米波支援極高的資料速率，遠超過 4G LTE 和 5G 的其他頻段，因此被用於需要大量資料傳輸的應用，如 4K/8K 影片串流。
    - **短距離傳輸**：由於高頻信號衰減快，因此其有效範圍較小，穿牆能力差，適合用於開闊或小範圍區域內的高速傳輸。 高頻段使用挑戰：毫米波容易被雨、葉子或其他物體阻擋，因此需要更密集的基站來支援無線網路。

- **典型應用場景：**

    - **5G mmWave**：提供極高的資料速度，適用於密集都市或大範圍公共場所的 5G 網路部署。 車聯網 (V2X)：在自駕車和交通系統中進行超高速、低延遲的資料傳輸。
    - **無線顯示 (WiGig）**：支持高解析度影片流，如無線 HDMI、虛擬現實 (VR)、擴增現實 (AR) 等應用。

60GHz WiGig

- **主要應用**：無線 HDMI、虛擬現實、8K 影像流
- **特點：**
  - **極高的傳輸速率：**60GHz 頻段支援更高的資料傳輸速率（可達數十 Gbps），適合無線傳輸大量資料（例如 8K 影像流）。
  - **非常短的有效範圍**：由於頻段特性，信號衰減快，穿牆能力幾乎沒有，因此此技術適用於短距離、同一房間內的應用。
  - **對準性強**：通常需要在同一空間內有精確的設備對準才能達到最佳性能。
- **典型應用場景：**
  - **無線 HDMI 傳輸**：用於連接電視、投影儀等設備，實現高品質的影音傳輸。
  - **虛擬現實 (VR)**：提供高速無線傳輸，減少延遲，提升體驗。
  - **8K 影像流**：支持極高畫質的影像流傳輸，適合高清視頻或遊戲。

未來技術發展 (超 GHz 頻段)

100GHz+ 頻段 (太赫茲波段, THz)

- **主要應用**：未來 6G 網絡、高精度雷達、超高速資料傳輸等
- **特點：**
  - **非常高的傳輸速率**：太赫茲波段可以提供比毫米波更高的資料傳輸速率，預計會成為未來超高速網絡的一部分。 穿透性差：這個頻段的波長較短，穿透能力非常差，受到物體阻擋的影響很大。
  - **廣泛的應用領域**：除了 6G 網絡，太赫茲波段在高精度雷達、醫療影像、物質分析等領域也有潛力。
- **典型應用場景：**
  - **6G 網絡：**6G 預計會使用太赫茲波段來支援超高速的資料傳輸和極低的延遲。
  - **高精度雷達與成像技術**：可用於車輛、航空和醫療領域，進行高精度監測與影像分析。
  - **超高速資料傳輸**：在未來的應用中，太赫茲波段有可能支援下一代極高頻寬和超低延遲的資料交換。

比較：Router vs. Switch

功能/特性	Router (路由器)	Switch (交換機)
主要用途	連接內外網，分配 IP，管理流量	連接內部設備，交換資料
IP 分配 (DHCP)	☑ 支援，自動分配內部 IP	🚫 不支援，僅資料轉發
無線功能 (Wi-Fi)	☑ 常見內建	🚫 不支援
設備數量支援	4~8 個 LAN 埠，適合小型網路	8+ 埠，支援更多設備
連外網	☑ 可以連到外網 (ISP 提供)	🚫 僅供內部資料交換

功能/特性	Router (路由器)	Switch (交換機)
適用範圍	家用/小型企業網路	中大型企業網路擴展

比較：Router vs. Gateway

功能	Router (路由器)	Gateway (閘道器)
主要用途	管理內部設備，連接到外網	網路出入口，連接不同網路
IP 分配	提供 DHCP，分配內部 IP	不一定分配 IP，依設備而定
家用常見？	☑ 常見	🚫 少見 (多內建於路由器)
企業常見？	☑ 使用 (和交換機配合)	☑ 必備 (內建於防火牆等)