

第二章

OSI 七層參考模組





歷屆考試出題分析

本章重點在於 OSI 七層模組介紹，OSI 七層概念雖非強制性標準，但卻是網路各類軟硬體及各種機制設計的參考。在歷年來的考試題目範圍中，直接針對七層觀念出題的機率約有 15%~20% 的比例。

【內文教學區】

一、OSI 模組簡介

(一) 基本概念

OSI 模組是由 ISO (International Standard Organization, 國際標準組織) 所發展，並在 1984 年提出。所謂的 OSI 其實是 Open-data System Interface Reference Model，中文應譯為開放資料系統參考模組，常被稱為「OSI 七層」、「OSI 七層模組」、「OSI 參考模組」或直接稱為「OSI」。

在 ISO 原本的構想中，希望建立一個原型 (Prototype) 好讓之後的網路軟硬體廠商、通訊協定 (Protocol) 開發者等，都能夠遵照此原型來設計開發產品。雖然到目前為止 OSI 七層並沒有真正成為網路元件的遵從原型，但很明顯地所有的網路元件，包含軟硬體、通訊協定、其他機制（如加密、壓縮等）都以 OSI 為參考而設計的。因此網路上任何元件，都可以輕易地找到其在 OSI 七層中的對應層級。

正因如此，OSI 七層除了是一個很好的參考模型之外，它也是一個很好的教學工具。學習網路知識與技術的人，極需了解 OSI 七層的理論。

OSI 七層可參見圖 2-1。其由上到下分別是第七層「應用層」(Application Layer)、第六層「表達層」(Presentation Layer)、第五層「會議層」(Session Layer)、第四層「傳輸層」(Transport Layer)、第三層「網路層」(Network Layer)、第二層「資料連結層」(Data Link Layer)、第一層「實體層」(Physical Layer)。一

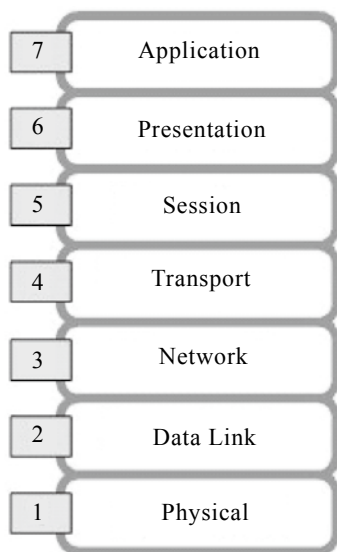


圖 2-1 OSI 七層模組

般不會記中文名稱，因中文翻譯各有小異，故提到 OSI 七層時，無論是文字或口語，皆以英文名稱描述。

(二) 記憶方法

想要學好網路，熟悉 OSI 七層理論是百分之百必須的。對於初學者而言，因為記得七層順序並不是一件容易的事，所以有人發明了兩套口訣來幫助記憶：

All People Seem To Need Data Process

(所有的人看來都需要資料處理)

All People Seem To Need Domino's Pizza

(所有的人看來都需要達美樂比薩)

(三) 七層模組優勢

OSI 七層模組給網路這個世界帶來了不少的好處，它的優勢如下：

1. 降低網路複雜化程度。
2. 將介面標準化。
3. 把所有網路上的功能模組化。



4. 確保協調操作技術。
5. 加速網路元件開發及事後改版時效。
6. 簡化教學。

(四) 重點名詞解釋

在分層介紹 OSI 七層的各層細節之前，有一些重點名詞及概念要先講述：

1. Layer 中文譯為「層」，它是一個邏輯群組，用來將網路上的「服務」(Services) 及「功能」(Functions) 分類到各屬的群組中。每一個 Layer 會要求它的下層 (lower layer) 提供所需的服務。
2. Protocol 中文譯為「通訊協定」。Protocol 可說是網路上一個「協議」(agreement)、「標準」(standard) 或一群「規則」(a set of rules)。用一個簡單的譬喻法，Protocol 可以說是兩個或數個網路元件溝通的「語言」。Protocol 所呈現的功能面可用「2W1H」來解釋 What is communicated，此 Protocol 溝通的內容；When it is communicated，內容訊息的佇列順序；How it is communicated，Protocol 的格式。
3. Interface 這個字很常見，通常學電腦資訊類的人經常會用到或看到。一般會將其解釋為「介面」，用在 OSI 七層也是指介面，深入一點說，是指七層中跨層呼叫使用它層功能的一種方式，舉例而言，我們常用瀏覽器上網，在瀏覽一些加密網頁時，這個瀏覽器可能要呼叫其他位在別層的加密機制，提供加密演算法讓瀏覽器可以呈現這個頁面。Interface 是垂直在各層間溝通協調的一套子系統。
4. Architecture 即整套架構，亦即：

$$\text{Layers} + \text{Protocols} + \text{Interfaces} = \text{Architecture}$$

二、實體層 Physical Layer

(一) 基本概念

第一層 Physical Layer 是實體存在於各裝置之間的連結，在多數的情況下，網路最終都是要透過媒體傳遞訊號。這些媒體有可能是纜線、光介質、頻率 (Radio Frequency)。而 Physical Layer 就是負責



控制與定義這些程序、機制、電器信號標準等，以及功能上的詳述與規格。當然還有安裝與維護，例如：電壓標準與時脈、傳輸速率、最大傳輸距離以及線材與連接介面。

在 Physical Layer 中所傳輸的「內容物」是化為 bit（位元）的串流流量（Stream）。bit 使用的是二進位表示法，在人類的眼中，這個 Physical Layer 裡的單位 bit 所帶的內容不過就是「0」或「1」。所有的資料最終都必須經由 Physical Layer 的操作而轉換成與其連接媒體相容的信號（Signals）而傳輸。而「0」在數位世界中的意義就是「關」，「1」在數位世界中的意義就是「開」，在無數的關開之間，實踐了實體層的運作。

（二）編碼解碼

資料轉換成信號的過程稱為「編碼」（encoded），信號轉換成資料的過程稱為「解碼」（decoded）。舉一個常用的編解碼方式為「曼徹斯特」，如圖 2-2 所示。

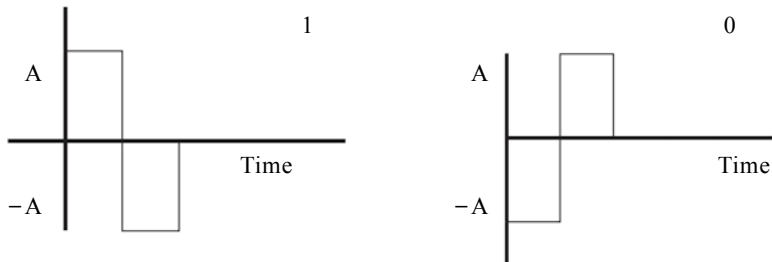


圖 2-2 曼徹斯特編碼圖

曼徹斯特信號定義由正脈波轉向負脈波為「1」，而負脈波轉向正脈波為「0」，這種編碼方式並不定義 0 電壓，電壓為 0 時即代表無資料。IEEE802.3 所定義的乙太網路即是使用這種編碼方式。圖 2-3 為一小段曼徹斯特信號。

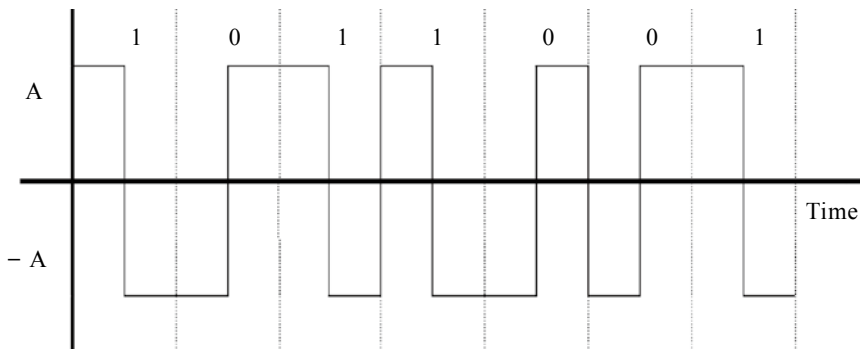


圖 2-3 代表一段 1 · 0 · 1 · 1 · 0 · 0 · 1 的曼徹斯特信號

(三) 傳輸方式

在 Physical Layer 還有兩個重要的觀念，一個是「同步與非同步」，另一個是「對稱與非對稱」。

同步 (Synchronization) 是指資料在傳輸時是否一定是先傳先到。在傳統電話網路 (PSTN) 中，資料的傳輸一定是同步的。而在電腦網路中，資料的傳輸則是非同步的，因為資料傳輸的非同步，所以它必須依靠其他的機制將資料重組好，這就是其他層的工作，而非實體層的工作。

對稱 (Symmetric) 是指傳送與接收的速度完全相同，一般大部分的網路都是對稱的，然而有一種大家相當熟悉的網路 ADSL 就是傳送與接收不對稱的，所以 ADSL 是一種「非對稱網路」(Asymmetric)。^{*1}

在實體層 Physical Layer 中，所有被傳輸的位元，都有可能會出現一定比例的錯誤，稱為「位元錯誤率」(Bit Error Rate, BER)。位元錯誤率相當於「總傳輸位元數」分之「錯誤位元數」：

$$BER = \frac{Bit(error)}{Bit(total)}$$

位元錯誤率之所以會出現，可能是因為不良的設計，包含軟硬體、通訊協定等，或是外部環境及事件。在一個外部充滿干擾的情況下，位

^{*1} ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line。



元錯誤率就會較高。例如：在一個電腦網路中，所使用的雙絞線佈線與其他用途的纜線纏繞在一起，這樣有可能造成大量的背景雜訊，又稱「白雜訊」。而事件指的是非常態性的存在，有可能是蓄意或無意造成的，如「脈衝雜訊」，且脈衝雜訊是有破壞性的。

（四）實體層總結

實際存在實體層（Physical Layer）中常見的設備有：Hub、Repeater、網路卡、線路等。表 2-1 整理了實體層（Physical Layer）的重點。

表 2-1 Physical Layer 要點

層 級	工 作	作用方式
實體層 Physical Layer	實體信號 Signal	信號定義，信號解碼
	傳輸方式 Transport	同步／非同步 對稱／非對稱
	傳輸介質 Media	有線，無線，線材，增幅設備
	干擾 Interference	雜訊，錯誤率
	設備 Equipments	Hub，Repeater，網路卡，線路
	傳輸單位 Unit	位元（Bit）

三、資料連結層 Data Link Layer

（一）基本概念

第二層，資料連結層（Data Link Layer）主要定義網路設備的定址方式、網路拓撲、錯誤偵測、資料序列與流量控制，以便在實體網路連結上提供可靠的資料傳輸。而 IEEE 將第二層又細分兩個子層，一是「邏輯鏈路控制子層」（Logic Link Control Sublayer, LLC），另一個是「媒體存取控制子層」（Medium Access Control Sublayer, MAC）。請見圖 2-4。

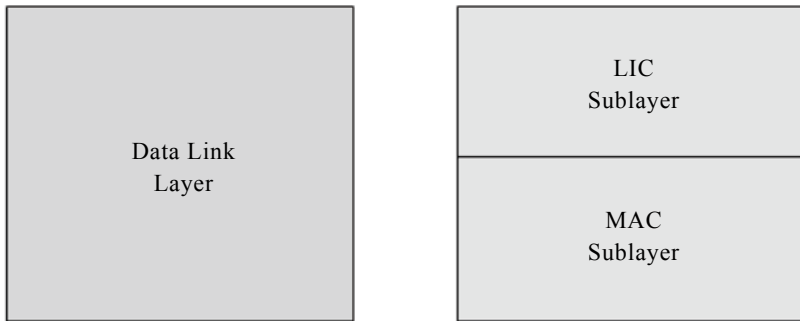


圖 2-4 第二層 Data Link 及所屬子層

(二) LLC 子層

跑在第二層上時，資料的單位稱之為「訊框」(frame)，「邏輯鏈路控制子層」(Logic Link Control Sublayer, LLC)的最主要功能包含了定義並整理訊框，好讓更上層能夠使用這些訊框，當然也能把下層連接起來。參考圖 2-5。此外 LLC 也負責控制與確認設備間的通信訊號。參考圖 2-6。

(三) MAC 子層

「媒體存取控制子層」(Medium Access Control Sublayer, MAC)是負責在傳輸媒介上制定規則及定義 MAC 子層之位址，提供網路設備互相辨識。

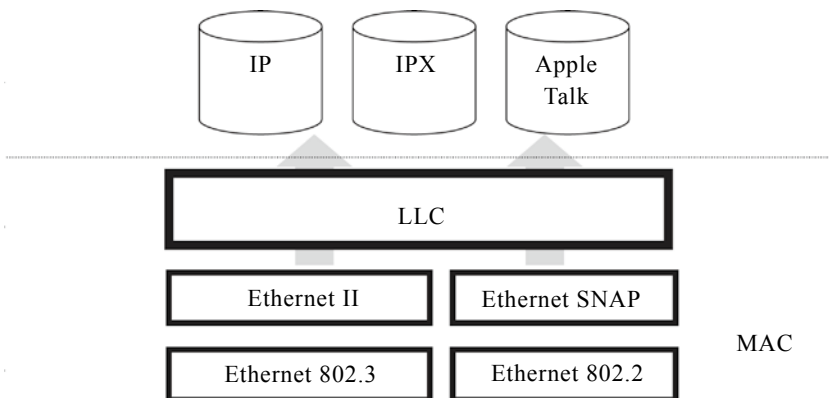


圖 2-5 LLC 子層鏈路功能

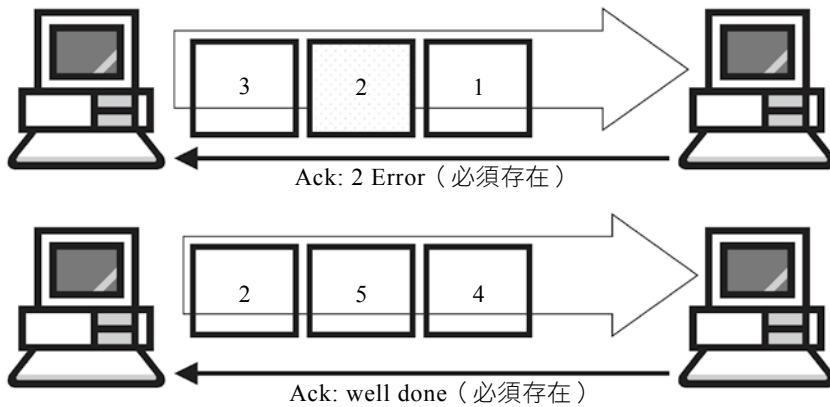


圖 2-6 LLC 子層負責控制與確認

就好像道路交通規則一樣，如果車輛不遵守交通規則，就會發生車禍。同理，網路如果沒有一定的存取方式，訊號也會不通。不同網路標準有不同的媒介存取方式，圖 2-7、2-8、2-9 分別是三個不同的媒介存取方式。

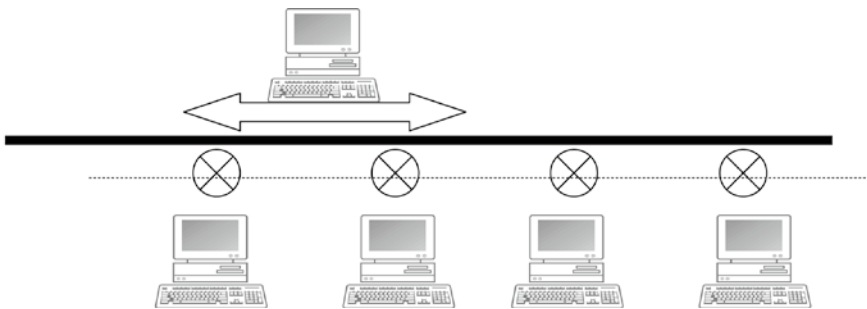


圖 2-7 競爭性存取方式

(四) 競爭性存取方式

圖 2-7 是一種競爭性的存取方式，在這種方式中，每個節點的地位平等，先發出訊號的節點擁有媒體的使用權。如乙太網路（Ethernet）就是以這種方式存取。^{*2}

^{*2} 乙太網路是現今 LAN 中最常見的拓撲，細節可參考本書第四章第二節。



(五) 錯誤控制

然而以競爭性存取方式來講，必會有資料封包互相碰撞衝突發生的時候。因此有兩種常見的機制來解決這類的衝突，一是 CSMA/CD，另一種是 CSMA/CA。

CSMA/CD 全名為 Carrier sense multiple access with collision detection，中文譯為載波存取碰撞偵測。當網路上某一個節點正要準備送出資料時，它會先偵測網路狀況，如果它偵測到（常說「聽到」）有別的節點已經正在傳送資料時，它會暫停傳送並且向外發出一個「Jam」的訊號，然後等待一段隨機的時間再重新送出。CSMA/CD 這種機制完全的應用在乙太網路中。

CSMA/CA 全名為 Carrier sense multiple access with collision avoidance，中文譯為載波存取碰撞避免。在實施這樣機制的網路中，每個節點在傳送前會先聆聽網路上是否有其他活動正在進行，這樣的聆聽會維持一段時間，如果網路上沒有其他活動正在進行，則此狀況會被感知為「Idle」。在 Idle 的狀況下，該節點即會立刻傳送資料。如果有其他活動正在進行，則此狀況會被感知為「busy」。在 busy 的狀況下，該節點會等候到 Idle 情況時再傳送。

(六) Token Passing 存取方式

圖 2-8 是在乙太網路全面流行之前常見的一種媒體存取方式。掌握 token 的工作站有傳訊號的權力，當它結束工作之後，把 token 傳給下一個工作站。工作站可設定 token 停留時間，區分不同工作站的位階。Token Ring 網路和 FDDI 都是屬於這一種類。（可參閱第一章第二節「網路拓撲」）

(七) Polling 存取方式

還有一種媒體存取方式叫 Polling，也就是輪詢。執行方式是由一媒體存取裝置「MAU」逐一詢問工作站的要求。現在這種存取方式已不復多見。可參考圖 2-9。

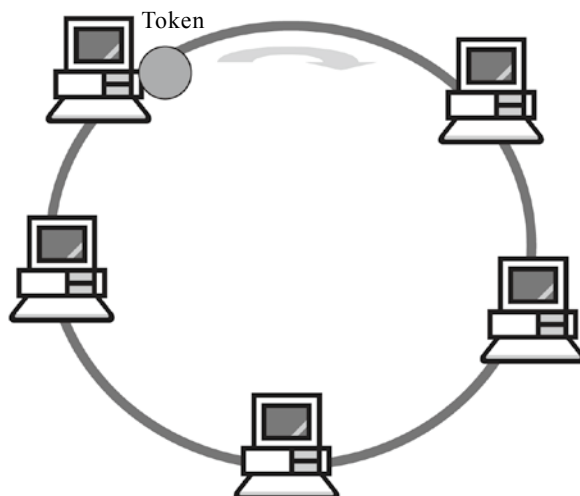


圖 2-8 Token Passing 方式進行存取

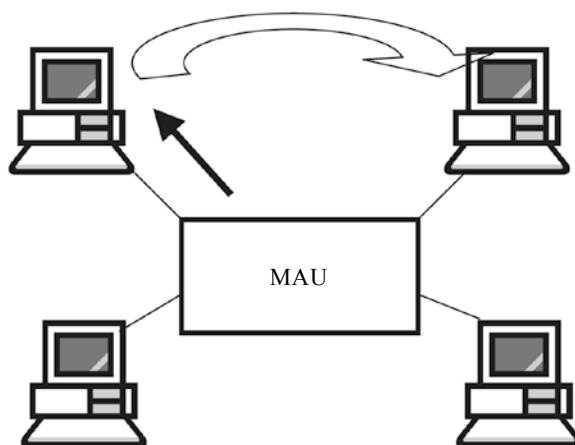


圖 2-9 Polling 方式存取媒體

(八) MAC 定址

「媒體存取控制子層」(Medium Access Control Sublayer, MAC) 除了負責存取方式之外，還有一個很重要的功能就是定址。這個「址」是位在第二層中的節點實體位址，我們常稱之為「MAC」、或「MAC 位址」(MAC Address)。這個 MAC 位址是任何節點上都有的一個獨一無二的位址，舉例而言，每一片網卡會有一個 MAC



位址，網路設備上的每一個 Port 會有一個 MAC 位址。我們可在 Windows 作業系統下開一個「命令提示字元」（DOS 視窗），然後鍵入「ipconfig/all」來查詢該電腦上所有網卡的 MAC 位址。如圖 2-10 所示。在此圖中，Physical Address 這一欄中的「00-21-5C-00-51-1D」這種格式就是 MAC 位址，是一組以十六進位表示的 48bit 位址。其中前 6 碼為生產該設備的廠商編號（Vendor Code），如 00-21-5C 是 Intel 的 Vendor Code，而後 6 碼則是流水編號。和 Windows 類似，Linux 及其他 Unix-like 的作業系統也可以用指令「ifconfig」查詢，如圖 2-11 中「Hwaddr」這一欄就是 MAC 位址。

```
CA Command Prompt
C:\Documents and Settings>ipconfig/all

Ethernet adapter Wireless Network Connection:

    Connection-specific DNS Suffix . . : 
    Description . . . . . : Intel(R) Wireless WiFi Link 4965AGN
    Physical Address. . . . . : 00-21-5C-00-51-1D
    Dhcp Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . : Yes
    Autoconfiguration IP Address. . . : 169.254.10.178
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0
    Default Gateway . . . . . :
```

圖 2-10 Windows 系統中查看 MAC 位址

```
File Edit View Terminal Tabs Help
messiah@debian:~$ su
Password:
debian:/home/messiah# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  Hwaddr 00:00:C8:0D:B8:9C
          inet addr:192.168.0.2  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:5870 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:6122 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:2 txqueuelen:1000
          RX bytes:854211 (834.1 KiB)  TX bytes:2126833 (2.0 MiB)
          Interrupt:11 Base address:0xd000

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:138 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:138 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:8540 (8.3 KiB)  TX bytes:8540 (8.3 KiB)

debian:/home/messiah#
```

圖 2-11 Linux 系統中查看 MAC 位址



有了這個 MAC 位址後，在同一個 LAN 裡面，所有的節點即可透過第二層中的網路設備做資料（訊框 Frame）的交換。舉例而言，在一個 LAN Switch 連結數個 PC 節點的網路中，假設 PC1 欲傳送資料至 PC2，PC1 會送出資料給 LAN Switch，該 Switch 則參照其內部的 MAC table 而得知 PC2 是在那個 Port 上，並傳送給 PC2。如果該 Switch 是「Cut-Through」的 Switch，那麼它會直接將資料傳給 PC2，如果該 Switch 是「Store and Forward」的 Switch，那它會將資料複製一份下來再傳送給 PC2。

有一點很重要的是，Switch 必須要維護一份表單，稱為「MAC Table」，這是一份 MAC Address 和 Port 的對應表，紀錄那一個 Port 上連結之節點的 MAC，一旦該單一節點有傳輸或接收動作時，Switch 就會主動紀錄或更新 MAC Table。如果是該 Switch 剛開機，或是某一節點剛加入這個網路時，Switch 沒有辦法找到該節點相關的紀錄，它就必須用 Flood 的方式向每個 Port 傳送，直到該節點後，Switch 就會更新這份紀錄，下一次就不再需要用 Flood 的方式傳送了。所謂的「Flood」指的是在 Switch 第一次傳送訊框到該目的 MAC 位址時，因為在其 MAC table 內還沒有該筆 MAC 位址記錄，所以 Switch 會向所有的連接節點傳去此訊框。此種動作類似廣播，在第二層 Switch 的處理模式下，我們稱之為「Flood」。

（九）資料連結層總結

存在於第二層 Data Link Layer，資料連結層常見的設備有 Switch、Bridge、Wireless Access Point（AP）。當然也有不同層級的 Switch 和不同層級的 AP，它們提供除了第二層以外更多的功能。下表 2-2 整理了資料連結層（Data Link Layer）的要點。

表 2-2 Data Link Layer 要點

層 級	工 作	作用方式
資料連結層 Data Link Layer	邏輯拓撲 Topology	Bus, Ring, Polling, Tree (Star)
	存取方式 Access	Contention, Token Passing, Polling
	實體定址 Addressing	MAC Address, MAC Table
	傳輸單位 Unit	訊框（Frame）
	連接服務 Services	流量控制，錯誤控制，連接下子層與上層堆疊
	錯誤控制 Error Control	CSMA/CD, CSMA/CA
	設備 Equipments	Switch, Bridge, Wireless AP