

# 電腦網路概論

陳雲龍 編著



NETWORK

 全華圖書股份有限公司

## ▶ 著作權聲明

---

本書所有內容（含本書所附贈之光碟內容）未經作者或全華圖書股份有限公司書面同意，不得以任何方式進行複製、翻譯、抄襲、轉載或節錄。

## ▶ 商標聲明

---

- ▶ 本書中所引用的商標或商品名稱之版權分屬各該公司所有。
- ▶ 本書中所引用的網站畫面之版權分屬各該公司、團體或個人所有。
- ▶ 本書中所引用之圖形，其版權分屬各該公司所有。
- ▶ 在書本中所使用的商標名稱，因為編輯原因，沒有特別加上註冊商標符號，我們並沒有任何冒犯商標的意圖，在此聲明尊重該商標擁有者的所有權利。

## 作者序...

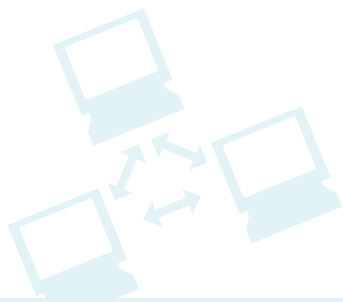
為了讓自己的博士學位順利完成，民國93年時，筆者毅然地離開已任職多年的中華電信，雖然非常不捨，但人生總是有所期待與抉擇。本書的提筆，應該是從民國96年即開始斷斷續續地寫了幾章，但期間由於博士論文的壓力，也休息了一陣子，專心發表論文再說。總算努力沒有白費，就在民國98年，終於拿到大同大學通訊工程研究所博士學位。緊接著就專心提筆，整整一年的時間把後面的幾章陸續完成。

這本書應該是我的第三本書，前面兩本分別為由全華出版的Tocci的譯文本，稱為「數位原理與應用(第五版)」，以及編著的「ATM網路基礎原理」。

個人在中華電信從事寬頻網路研究、教學，及累積的實務經驗，正好可以藉由此書對多年努力的自己有一交待。希望這本書可讓從事資訊網路人員對TCP/IP網路基礎有一清晰觀念，並能透徹瞭解電腦網路的基本原理，加上免費的Wireshark軟體可公開取得，使本書的分析更加如虎添翼，對初進此資訊領域的學生及業界人員，應是不可缺少的網路資訊圖書。

在此我要感謝我的太太的默默支持及小孩在寫作期間幫忙打字等，全華編輯團隊的大力校閱協助。

作者 陳雲龍 通訊工程研究所博士  
[tense.chen@msa.hinet.net](mailto:tense.chen@msa.hinet.net)



# 目錄...

## CHAPTER01 網路基本概念

» 1-1	網路發展的歷史與演進 .....	1-2
» 1-2	何謂網際網路 .....	1-4
	1-2-1 協定和標準 .....	1-4
	1-2-2 制定標準的團體 .....	1-5
» 1-3	網路類型 .....	1-7
	1-3-1 區域網路 .....	1-7
	1-3-2 都會網路 .....	1-8
	1-3-3 廣域網路 .....	1-9
	1-3-4 無線網路 .....	1-12
	1-3-5 互連網路 .....	1-15
» 1-4	網路拓樸 .....	1-17
	1-4-1 匯流排拓樸 .....	1-17
	1-4-2 星狀拓樸 .....	1-17
	1-4-3 環狀拓樸 .....	1-18
	1-4-4 樹狀拓樸 .....	1-19
» 1-5	對等式網路與主從式網路 .....	1-19
» 1-6	雲端運算(Cloud Computing) .....	1-22
» 1-7	新一代的SDN網路 .....	1-23
	1-7-1 SDN的網路架構發展源由 .....	1-23
	1-7-2 SDN網路架構 .....	1-24
	1-7-3 展望 .....	1-25

## CHAPTER02 資料通訊基礎

» 2-1	資料通訊系統的組成 .....	2-2
» 2-2	類比資料與數位資料 .....	2-3

# NETWORK

» 2-3	類比訊號 .....	2-3
	2-3-1 類比訊號的振幅 .....	2-4
	2-3-2 不同頻率的類比訊號 .....	2-5
	2-3-3 不同相位的類比訊號 .....	2-5
	2-3-4 複合訊號 .....	2-6
» 2-4	數位訊號 .....	2-8
» 2-5	數位傳輸與類比傳輸 .....	2-9
	2-5-1 線路編碼類型 .....	2-10
	2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 .....	2-11
	2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號 .....	2-17
	2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 .....	2-20
	2-5-5 類比訊號轉換成類比訊號 .....	2-24
» 2-6	傳輸模式 .....	2-25
» 2-7	多工技術 .....	2-27
	2-7-1 FDM .....	2-28
	2-7-2 同步式與非同步式TDM .....	2-28
	2-7-3 WDM/DWDM/CWDM .....	2-31
» 2-8	基頻傳輸與寬頻傳輸 .....	2-31
» 2-9	數位傳輸通道 .....	2-32
	2-9-1 BRI與PRI .....	2-32
» 2-10	錯誤偵測 .....	2-34
	2-10-1 垂直冗餘檢查 .....	2-34
	2-10-2 縱向冗餘檢查 .....	2-35
	2-10-3 循環冗餘檢查(CRC) .....	2-36
	2-10-4 檢查和 .....	2-38

## CHAPTER03 通訊協定與OSI模型

» 3-1	通訊協定的重要性 .....	3-2
» 3-2	開放系統互連(OSI)參考模型 .....	3-3
» 3-3	網際網路協定堆疊 .....	3-5



3-3-1 應用層 .....	3-8
3-3-2 傳輸層 .....	3-8
3-3-3 網路層(IP層) .....	3-9
3-3-4 數據鏈路層 .....	3-9
3-3-5 實體層 .....	3-9

## CHAPTER04 網路傳輸媒介與設備

» 4-1 有線傳輸的媒介 .....	4-2
4-1-1 雙絞線簡介 .....	4-2
4-1-2 雙絞線類別 .....	4-3
4-1-3 EIA/TIA 568B/A雙絞線的顏色 .....	4-3
4-1-4 同軸電纜 .....	4-4
4-1-5 光纖 .....	4-5
» 4-2 網路傳輸設備 .....	4-7
4-2-1 網路卡 .....	4-7
4-2-2 中繼器 .....	4-9
4-2-3 集線器 .....	4-9
4-2-4 橋接器 .....	4-10
4-2-5 第2層交換器 .....	4-11
4-2-6 路由器 .....	4-15
4-2-7 第3層交換器 .....	4-16
4-2-8 數據機 .....	4-17
4-2-9 閘道器 .....	4-18
4-2-10 CUS/DSU與DTE/DCE .....	4-18

## CHAPTER05 最主流的區域網路乙太網路

» 5-1 區域網路簡介 .....	5-2
» 5-2 區域網路相關標準 .....	5-2
» 5-3 10Mbps乙太網路(IEEE 802.3) .....	5-3
» 5-4 CSMA/CD原理 .....	5-6
5-4-1 乙太網路的訊框格式 .....	5-8

5-4-2 Ethernet封包的擷取分析.....	5-10
» 5-5 100Mbps乙太網路(IEEE 802.3u).....	5-11
» 5-6 1000Mbps乙太網路(IEEE 802.3z與IEEE 802.3ab).....	5-14
» 5-7 10 Gigabit乙太網路(IEEE 802.3ae).....	5-15
5-7-1 10 Gigabit乙太網路的類型.....	5-16
» 5-8 架設乙太網路.....	5-17
5-8-1 RJ-45接頭.....	5-17
5-8-2 網路線製作.....	5-18
» 5-9 虛擬區域網路(VLAN).....	5-21

## CHAPTER06 廣域網路

» 6-1 簡介.....	6-2
» 6-2 交換型態.....	6-2
6-2-1 電路交換.....	6-2
6-2-2 封包交換.....	6-4
6-2-3 細胞交換(Cell Switching).....	6-7
» 6-3 傳統的數位階層架構.....	6-7
» 6-4 同步數位傳輸.....	6-8
6-4-1 SONET簡介.....	6-8
6-4-2 SDH簡介.....	6-9
6-4-3 PDH與SDH.....	6-10
6-4-4 SONET與SDH.....	6-11
» 6-5 ATM網路技術簡介.....	6-14
6-5-1 ATM與STM區別.....	6-15
6-5-2 ATM基本交換技術.....	6-17
» 6-6 MPLS基本交換技術.....	6-19

## CHAPTER07 無線網路技術

» 7-1 無線網路簡介.....	7-2
» 7-2 紅外線.....	7-3



» 7-3	雷射 .....	7-4
» 7-4	無線電波 .....	7-5
» 7-5	展頻技術 .....	7-5
	7-5-1 展頻傳輸技術的典型應用 .....	7-8
» 7-6	802.11的網路架構 .....	7-8
» 7-7	802.11 b/g/a .....	7-10
» 7-8	802.11n/802.11ac/802.11ad .....	7-10
» 7-9	藍牙(Bluetooth)技術 .....	7-13
» 7-10	ZigBee 技術 .....	7-15
	7-10-1 ZigBee協定概述 .....	7-15
» 7-11	行動通訊系統 .....	7-16
	7-11-1 進階行動電話服務系統(AMPS) .....	7-18
	7-11-2 數位式AMPS(DAMPS) .....	7-18
	7-11-3 GSM/CDMA/GPRS .....	7-18
	7-11-4 HSCSD .....	7-19
	7-11-5 第三代行動電話(3G) .....	7-19
	7-11-6 WCDMA與3.5G .....	7-20
	7-11-7 WAP .....	7-21
» 7-12	WiMAX與4G和5G .....	7-21
» 7-13	RFID .....	7-22
» 7-14	近場通訊(NFC) .....	7-22

## CHAPTER 08 IP協定

» 8-1	IP簡介 .....	8-2
	8-1-1 Net ID與Host ID .....	8-3
	8-1-2 IP Class分類 .....	8-3
» 8-2	網路遮罩(Net Mask) .....	8-6
» 8-3	IP設定規則 .....	8-6
» 8-4	特殊用途之IP位址 .....	8-7



» 8-5	子網路遮罩 .....	8-8
» 8-6	無等級的IP位址 .....	8-10
» 8-7	NAT簡介 .....	8-12
	8-7-1 NAT動作原理 .....	8-13
» 8-8	IP 封包格式 .....	8-14
» 8-9	IP封包的擷取分析 .....	8-20
» 8-10	IP路由 .....	8-23
» 8-11	IPv6簡介 .....	8-25
	8-11-1 IPv6封包的標頭欄位 .....	8-28
	8-11-2 IPv4和IPv6間的轉換 .....	8-29
» 8-12	IP Spoofing .....	8-32
» 8-13	IPv6 安全性 .....	8-32

## CHAPTER09 ARP/RARP/ICMP協定

» 9-1	ARP操作原理 .....	9-2
» 9-2	ARP cache(快取) .....	9-4
» 9-3	RARP操作原理 .....	9-5
» 9-4	ARP/RARP封包格式 .....	9-6
» 9-5	ARP工具程式 .....	9-8
» 9-6	ARP封包的擷取分析 .....	9-11
» 9-7	ICMP簡介 .....	9-14
» 9-8	ICMP訊息格式 .....	9-15
	9-8-1 ICMP的查詢訊息 .....	9-16
	9-8-2 錯誤回報訊息 .....	9-20
» 9-9	ICMP工具程式測試 .....	9-24
» 9-10	ICMP封包的擷取分析 .....	9-29



## CHAPTER10 TCP/UDP協定

» 10-1	TCP/UDP簡介 .....	10-2
» 10-2	連接埠編號 .....	10-2
» 10-3	netstat命令用法 .....	10-4
» 10-4	行程通訊 .....	10-7
» 10-5	Socket通訊概念 .....	10-7
» 10-6	多工/解多工簡介 .....	10-8
	10-6-1 UDP多工/解多工 .....	10-9
	10-6-2 TCP多工/解多工 .....	10-11
» 10-7	採用TCP或UDP .....	10-12
» 10-8	UDP標頭格式 .....	10-14
» 10-9	UDP封包的擷取分析 .....	10-17
» 10-10	TCP封包格式 .....	10-18
» 10-11	TCP連線建立 .....	10-21
» 10-12	TCP連線結束 .....	10-25
» 10-13	TCP連線封包的擷取分析 .....	10-25

## CHAPTER11 DNS協定

» 11-1	DNS簡介 .....	11-2
» 11-2	DNS的架構 .....	11-4
	11-2-1 二層網域 .....	11-7
	11-2-2 DNS Zone .....	11-7
» 11-3	DNS伺服器的種類 .....	11-9
» 11-4	階層且分散式的資料庫 .....	11-10
» 11-5	DNS名稱的查詢 .....	11-11
» 11-6	遞迴查詢與循環查詢 .....	11-13
» 11-7	DNS資源記錄 .....	11-17

» 11-8 DNS客戶端的驗證 .....	11-20
» 11-9 DNS的封包格式 .....	11-25
» 11-10 基礎DNS封包的擷取分析 .....	11-32

## CHAPTER12 DHCP協定

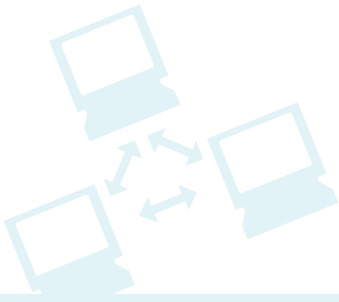
» 12-1 DHCP簡介 .....	12-2
» 12-2 DHCP工作原理 .....	12-3
» 12-3 DHCP封包格式 .....	12-7
» 12-4 DHCP更新租約 .....	12-15
» 12-5 DHCP提前終止租約 .....	12-16
» 12-6 DHCP封包擷取的分析 .....	12-16
12-6-1 Options封包擷取的分析 .....	12-21
12-6-2 更新IP位址租約封包擷取的分析 .....	12-22
12-6-3 撤銷IP位址租約封包擷取的分析 .....	12-25

## CHAPTER13 FTP協定

» 13-1 FTP簡介 .....	13-2
» 13-2 FTP擷取封包的分析 .....	13-3
» 13-3 FTP檔案伺服器架設 .....	13-6
» 13-4 FTP伺服器連線測試 .....	13-12

## CHAPTER14 PPP協定

» 14-1 PPP簡介 .....	14-2
» 14-2 PPP連線程序 .....	14-3
» 14-3 PPPoE封包的格式 .....	14-4
14-3-1 Discovery階段 .....	14-5
14-3-2 PPP Session階段 .....	14-6
» 14-4 PPP的封包格式 .....	14-6



» 14-5 LCP封包 .....	14-9
14-5-1 LCP封包種類.....	14-10
» 14-6 NCP封包 .....	14-11
» 14-7 CCP封包 .....	14-12
» 14-8 PPP封包擷取的分析 .....	14-13
» 14-9 PAP協定.....	14-23
» 14-10 CHAP協定 .....	14-24

## **CHAPTER15 HTTP協定**

---

» 15-1 WWW簡介 .....	15-2
» 15-2 HTTP協定 .....	15-2
» 15-3 Web Browser與Web Server之間的溝通 .....	15-3
» 15-4 HTTP訊息架構.....	15-6
15-4-1 HTTP Request訊息.....	15-7
15-4-2 HTTP Response訊息 .....	15-8
» 15-5 HTTP連線範例 .....	15-10
» 15-6 HTTP客戶端與HTTP伺服器連線實例 .....	15-14
» 15-7 HTTP擷取封包的分析 .....	15-16
» 15-8 Cookie簡介 .....	15-18
» 15-9 Java Applet/ActiveX/ActiveX Scripting.....	15-20
15-9-1 Java Applet .....	15-20
15-9-2 ActiveX .....	15-20
15-9-3 ActiveX腳本(ActiveX Scripting) .....	15-21
» 15-10 HTTPS (SSL/TLS).....	15-21

## **CHAPTER16 SMTP協定與POP3協定**

---

» 16-1 SMTP協定與POP3協定簡介.....	16-2
» 16-2 E-mail送收概念 .....	16-3

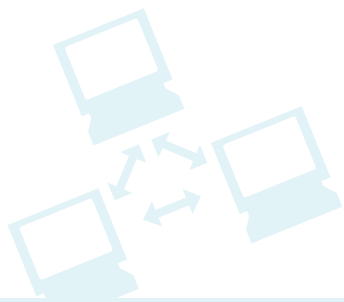
» 16-3	SMTP操作方式.....	16-4
» 16-4	電子郵件的架構.....	16-5
» 16-5	SMTP命令操作.....	16-9
» 16-6	郵件訊息格式.....	16-12
» 16-7	POP3命令操作.....	16-14
» 16-8	IMAP.....	16-17

## CHAPTER17 網路管理

» 17-1	網路管理簡介.....	17-2
» 17-2	網管架構.....	17-3
» 17-3	SNMP架構.....	17-4
	17-3-1 MIB II.....	17-5
» 17-4	SNMP版本.....	17-7
» 17-5	SNMP命令運作.....	17-8

## CHAPTER18 網路安全

» 18-1	資訊網路安全簡介.....	18-2
» 18-2	資料加密與解密.....	18-2
» 18-3	數位簽章.....	18-6
» 18-4	數位信封.....	18-7
» 18-5	數位憑證.....	18-7
» 18-6	防火牆.....	18-9
» 18-7	IPSec簡介.....	18-10
» 18-8	IPSec AH協定.....	18-12
	18-8-1 AH傳輸模式(Transport Mode).....	18-13
	18-8-2 AH隧道模式(Tunnel Mode).....	18-14
» 18-9	ESP協定.....	18-14



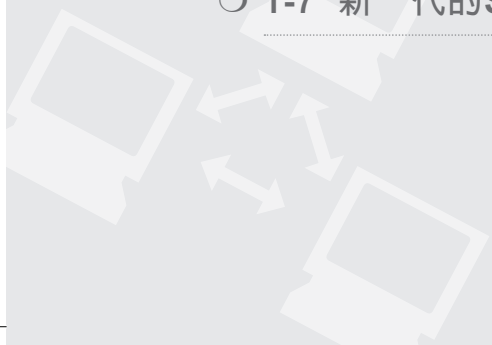
- 附錄A ASCII表  
.....
- 附錄B Wireshark使用簡介  
.....
- 附錄C 8B/6T 編碼表  
.....

## CHAPTER 01



# 網路基本概念

- 1-1 網路發展的歷史與演進
- 1-2 何謂網際網路
- 1-3 網路類型
- 1-4 網路拓樸
- 1-5 對等式網路與主從式網路
- 1-6 雲端運算(Cloud Computing)
- 1-7 新一代的SDN網路





## 1-1 網路發展的歷史與演進

早在1945年，美國麻省理工學院副校長，同時也是著名的曼哈頓計劃的組織者和領導者布希(Vannevar Bush)，在"Atlantic Monthly"7月號發表了一篇名為'As We May Think'的文章中提出：「人類有一天會發明出名為mexmex的機器」，其中已經包含今日的超文字和超連結概念，也因此，他被稱為互連網路的先知者。現今的網路使用率已非常普及，對產學界，甚至個人，均提供了快速便利的資訊交流服務。網際網路(Internet)時代已經來臨，而且還繼續以驚人的速度改變著全世界人與人溝通的方式及生活作息。

自1957年冷戰時期，蘇聯發射了第一枚人造衛星飛越美國上空的事實，對美國造成了非常強大的震撼與不安，因此，美國國防部立刻成立了「先進研究計畫署」，希望能把最先進的科技應用在戰爭策略上。由於當時正處於冷戰時期，任何電子線路都可能在戰爭時遭到嚴重的破壞，而造成通訊線路無法正常運作。故在初期，美國高等計畫署(The United States Department of Defense Advanced Research Projects Agency；ARPA)，先從事分封交換式網路的實驗計畫研究，並聯合一些研究單位進行合作。

在1969年，由美國國防部出資架設了ARPANET網路。ARPANET網路研究計畫的主要目的是希望能建立一個通訊網路，萬一這個網路架構即使遭到一些破壞，在這樣的架構下，各主機間還可以保持對等通訊。該計畫的研究還包括如何提供穩定且不受限定於各種機型及廠牌的數據通訊網路技術。1969年秋季，ARPANET第一個網路轉接點架設在加州大學洛杉磯分校；到了該年年底，共有4個大學和研究機構的大型電腦陸續成為ARPANET上的網路轉接點。使用者可以在一部電腦上為其他電腦撰寫所需的程式。由於這個網路實驗得到成功，研究人員可以透過網路，分享遠端研究機構的電腦資源。至1971年，ARPANET已經有23部主機。

ARPA於1972年改名為DARPA。1973年，DARPA也與英國、挪威等國的大學主機互連。更進一步，ARPANET開始歡迎更多學術單位及私人企業加入研究。1979年，美國國家科學基金會(National Science Foundation；NSF)也開始參與網路技術研究。1980年中期，ARPANET開始被許多機構的內部網路所取代，如MILNET等。從此以後，由美國軍方主導的色彩也逐漸褪去，取而代之的是NSF。



1984年起，該基金會設立NSFNET，以整合美國各大學和研究機構的先進電腦資源為首要；也因此，NSFNET成為全球Internet的主幹。1985年，NSF撥款協助近一百所大學連上網路；1986年建造NSFNET廣域網，並將全美5大超級電腦中心和各大學連接在一起，使得愈來愈多的學術界菁英加入了此項研究。

有鑑於ARPANET的成功，其他單位開始紛紛加入網路的建構，如美國能源署的ESNET、太空總署等。其他民營機構如HP、IBM、XEROX等單位亦參與相關研發。

為了更清楚了解網路的歷史，表1-1是Internet依發生時間先後的一些重要記錄。

表1-1 網際網路的演進

1969年	4個節點的ARPANET建立。
1970年	ARPA主機加入網路控制協定(Network Control Protocol : NCP)軟體。
1973年	開始研發傳輸控制協定(Transmission Control Protocol : TCP)與網際網路協定(Internet Protocol : IP)。
1977年	測試一個TCP/IP的互連網路。
1978年	UNIX分佈到各學術研究單位。
1981年	CSNET建立。
1983年	TCP/IP成為ARPANET的官方協定。
1983年	MILNET建立。
1986年	NSFNET建立。
1990年	ARPANET被NSFNET取代。
1995年	NSFNET回歸為研究網路。
1995年	出現Internet服務提供者(Internet Service Provider : ISP)，使用者若想在家裡上網，就必須透過ISP的連線服務。



## 1-2 何謂網際網路

Internet是將全球各地的電腦網路中的主機連接起來，並藉由某一些主機提供資訊，也可讓其他主機讀取資訊。ARPANET的成功，使得不同地區的遠端電腦能互相連接，並能互相傳遞訊息；再加上網路資源可以共享和不斷提升通訊能力，這也是奠定電腦網路所必備的優點。值得一提的是，NSF對Internet最大的貢獻，在於它讓每一個使用者都可以取得網路的資源；而在此之前，只有研究人員與政府機關人員才有這些特權。目前全世界大約42.4%的人使用網際網路。根據國際電信聯盟的資料，2015年底將會有約32億人或是全世界一半的人口可以連線上網，其中包含約20億名來自開發中國家以及8900萬名來自未開發國家的人。在未來，將會有約80%來自已開發國家以及34%來自發展中國家的家庭可以連線上網。

### 1-2-1 協定和標準

當雙方主機欲在網路上傳遞訊息時，必須透過所謂的「通訊協定(protocol)」來達成。

ARPANET一開始所採用的網路通訊協定是NCP。由於網路的應用技術愈來愈多元化，相對也愈來愈複雜，特別是不同系統的網路上的主機，再加上各自使用不同的軟體，使得系統不相容的問題也跟著浮上台面。

1974年，後來被稱為「Internet之父」的文特·瑟夫(Vint G. Cerf)與康恩(Bob Kahn)開始研發一套能流通於所有主機上的通訊協定，也就是現在電腦網路所使用的TCP/IP協定。該協定解決了跨越不同電腦系統間連接上的一些問題。

1976年，BBN公司與史丹佛大學共同研發出路由器(Router)設備，使得網路互連更加的便捷。後來，美國國防部做了一個令人意想不到的決定：將TCP/IP的所有技術公諸於世，讓全世界使用者免費使用。原先因為戰爭的動機而發展出來的網路技術，最後竟然完全公開給全世界電腦使用者使用，這實在是當初始料所未及。

為了決定出TCP通訊規則，必須有相關組織或團體制訂各界共同遵循的標準。這些標準建立了網路通訊的基本規則及功能，並且也讓協定符合所要求。這些標準通常是由相關的組織經嚴格的評估所制訂出來，以便讓各廠家依循該標準，作為軟硬體相關技術的基礎。

「正式標準(de jure standard)」指的是經過相關組織正式核可的標準，而正式標準有時候是來自「實際用的標準(de facto standard)」發展而來。實際用的標

準可能出自某一家廠商自己研發的專利技術，因此也稱為「業界用的標準」。最為人知的例子就是乙太網路(Ethernet)。

乙太網路是由全錄公司所開發，後來被美國的電子電機工程師協會(Institute of Electrical and Electronics Engineers ; IEEE)納為正式標準，代號為IEEE 802.3。

## 1-2-2 制定標準的團體

標準的制訂是由專業組織、論壇(forum)及政府所形成。以下所列是資料通訊標準制訂的組織。

### ◆ 國際標準組織

國際標準組織(International Standards Organization ; ISO)是個國際性團體，成員來自世界各國所建立的委員會。ISO建立於1947年，為一志願性的組織，主要致力在建立全球標準的方式，今天它已在資訊科技領域擁有非常大的影響力。網址：[www.iso.org](http://www.iso.org)。

### ◆ 國際電訊聯盟電訊標準部門

早在1970年，一些國家一直有系統相容上的問題，後來聯合國建立一個國際電訊電報諮詢委員會，稱為CCITT；至1993年，更名為ITU-T(International Telecommunications Union-Telecommunication Standards Sector)，主旨致力發展國際性的電訊、電話與資訊系統標準。網址：[www.itu.int](http://www.itu.int)。

### ◆ 美國國家標準協會

美國國家標準協會(American National Standards Institute ; ANSI)是個非營利的民間組織，成員包括業界廠商、消費者團體、政府代表、專業人士，以及其他社團。ANSI是美國國內主要的標準制訂團體，它也協調並指導標準制定、研究和使用的單位，以提供國內外標準化情報。網址：[www.ansi.org](http://www.ansi.org)。

### ◆ 電子電機工程師協會

電子電機工程師協會(Institute of Electrical and Electronics Engineers ; IEEE)是全世界最大的專業工程師協會，主旨致力發展管理、電子電機與無線通訊標準。它定義了許多區域網路和骨幹網路的標準。網址：[www.ieee.org](http://www.ieee.org)。



### ◆ 電子工業協會

電子工業協會(Electronics Industries Association ; EIA)是定義連接介面、電子訊號規格、設備的功能特性標準，與序列通訊等技術的非營利組織。主旨致力電子製造業者所關注的議題。網址：[www.eia.org](http://www.eia.org)。

### ◆ 網際網路工程任務小組

網際網路工程任務小組(Internet Engineering Task Force ; IETF)是由一個名為「工作群組(Working Group ; WG)」的委員會所組成。IETF是一個開放性的組織，其成員是由來自於全世界關注Internet技術發展的網際網路設計者、操作者、使用者和研究人員所組成。IETF特別關注Internet架構的發展，以及網路效率的提升、工程和發展。目前在IETF的網站上，可以看到各個工作群組的相關資料和運作現況。網址：[www.ietf.org](http://www.ietf.org)。

### ◆ 網際網路工程推動小組

網際網路工程推動小組(Internet Engineering Steering Group ; IESG)負責管理、執行IETF的相關技術進度及發展。網址：[www.iesg.org](http://www.iesg.org)。

### ◆ 網際網路架構理事會

網際網路架構理事會(Internet Architecture Board ; IAB)是IESG和IETF這兩個單位的指導單位，負責提供Internet策略方向。網址：[www.iab.org](http://www.iab.org)。

### ◆ 網際網路位址指派機構

網際網路位址指派機構(Internet Assigned Numbers Authority ; IANA)是負責統籌IP位址分配的國際組織。網址：[www.iana.org](http://www.iana.org)。

### ◆ 網際網路協會

網際網路協會(Internet Society ; ISOC)是個開放性的專業社團，是負責發展並公佈Internet使用標準的組織。ISOC下面包括3個組織，分別是IAB、IETF與IESG。網址：[www.isoc.org](http://www.isoc.org)。

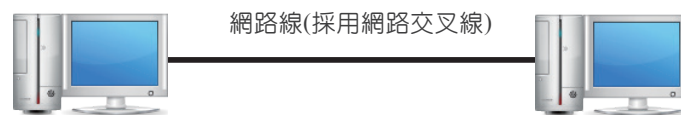
### ◆ 亞太網路資訊中心

亞太網路資訊中心(APNIC ; Asia-Pacific Network Information Center)主要掌控亞太地區的新IP位址申請，及反向解析網域註冊。可以參考<http://www.apnic.net>。而歐洲則由RIPE(Réseaus IP Européen)代為管理，美洲則由ARIN(American Registry for Internet Number)代為管理。

## 1-3 網路類型

什麼是網路(Network)? 簡單的說, 網路就是在一定的區域內至少有2部或2部以上的電腦(或稱主機), 以某種拓樸架構連結(或稱連接)在一起的方式, 並讓使用者能共享網路所提供的資源。

早期的電腦只讓個人獨立操作, 後來人們利用網路線, 將2部電腦連結起來工作, 形成最簡易的短距離網路(如圖1-1所示)。接著以這樣的方式連結整個企業或公司的電腦, 形成企業或公司內部的區域網路, 這樣就可以輕鬆地傳遞及交換內部的資料。若兩部電腦距離較遠, 不能直接用網路線連結起來, 則需透過設備如交換器、路由器等裝置(device), 以達成溝通連結整個企業或公司的電腦。



●圖1-1 最簡易的短距離網路

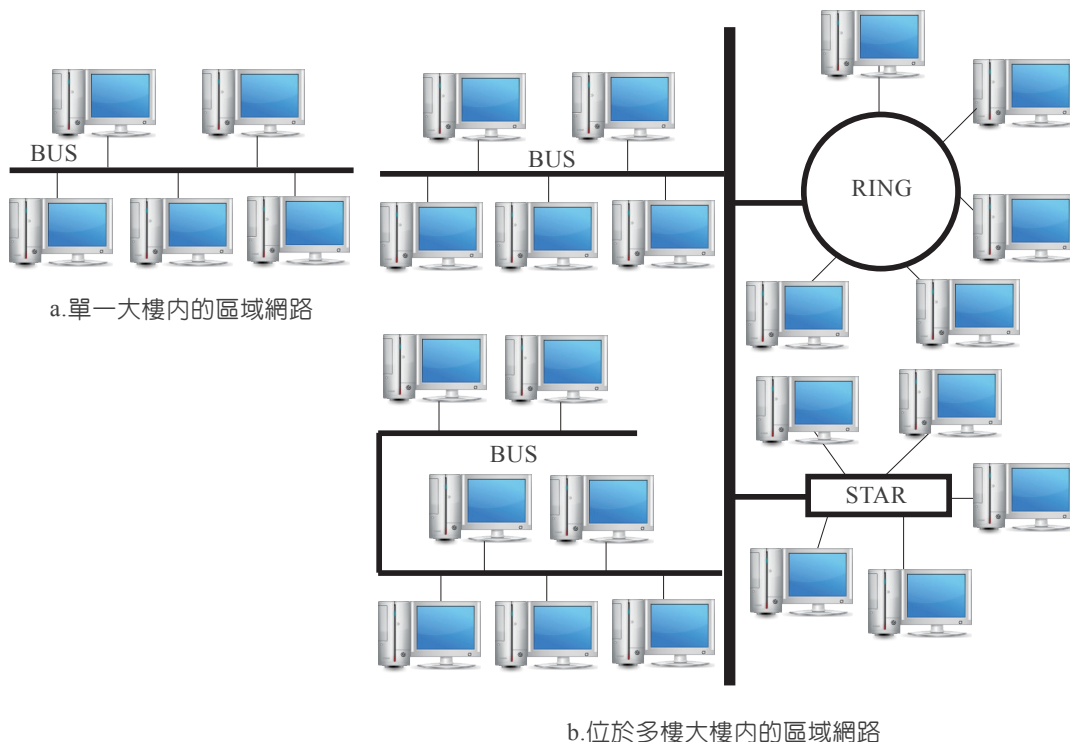
我們會依地區大小所形成的網路規模, 將網路類型分為區域網路(Local Area Network; LAN), 例如公司內部之間的通訊、都會網路(Metropolitan Area Network; MAN), 例如都市內部之間的通訊, 和廣域網路(Wide Area Network; WAN), 例如國家內部或國與國之間的通訊。再利用無線網路通訊或公眾交換網路(電路交換或分封交換), 將世界各角落的網路裝置連接起來, 如此一來, 便形成了密集的資訊高速公路, 也就是所謂的Internet, 也稱為互連網。換句話說, Internet是由這些無數的LAN、MAN和WAN所共同組成的。

### 1-3-1 區域網路

區域網路(LAN)通常是指一個公司內部、同一辦公區域或企業大樓內部的網路。一個LAN包括兩部以上的電腦和使用者。LAN所指的範圍是約2公里以內的網路, 而不牽扯到電信網路架構。我們通常指這樣的網路為區域網路, 如圖1-2所示。LAN架構可分為網路硬體設備與軟體系統, 其中包括:



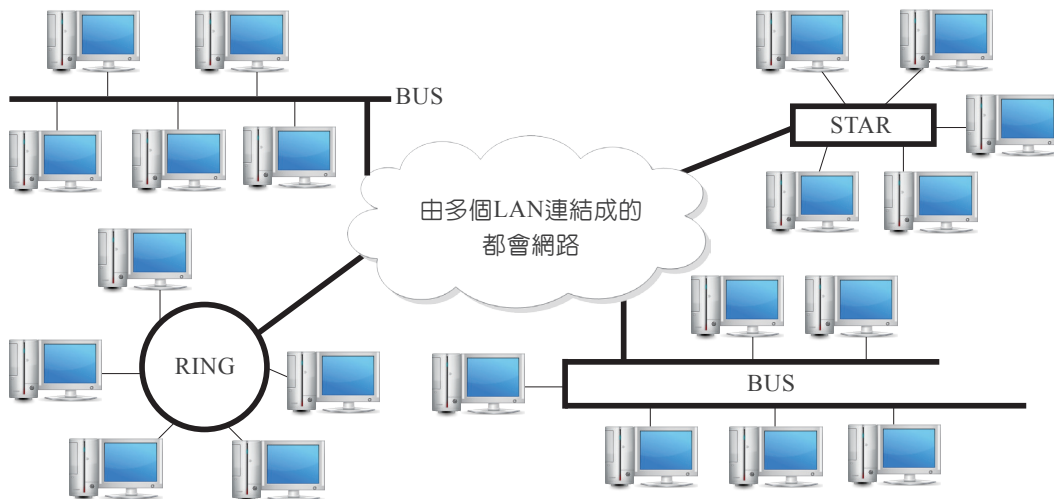
1. 個人電腦或工作站。
2. 傳輸媒介，例如同軸電纜線、雙絞線、網路卡、集線器、交換器及路由器。
3. 網路作業系統，負責網路上各主機間的溝通與協調及管理，例如Windows XP、Windows Vista、Windows 7/8/10、Windows NT、UNIX或Netware。
4. 檔案伺服器(File Server)，負責提供硬碟的資料存取。
5. 列印伺服器，提供電腦或工作站資料的列印。



●圖1-2 典型的區域網路

### 1-3-2 都會網路

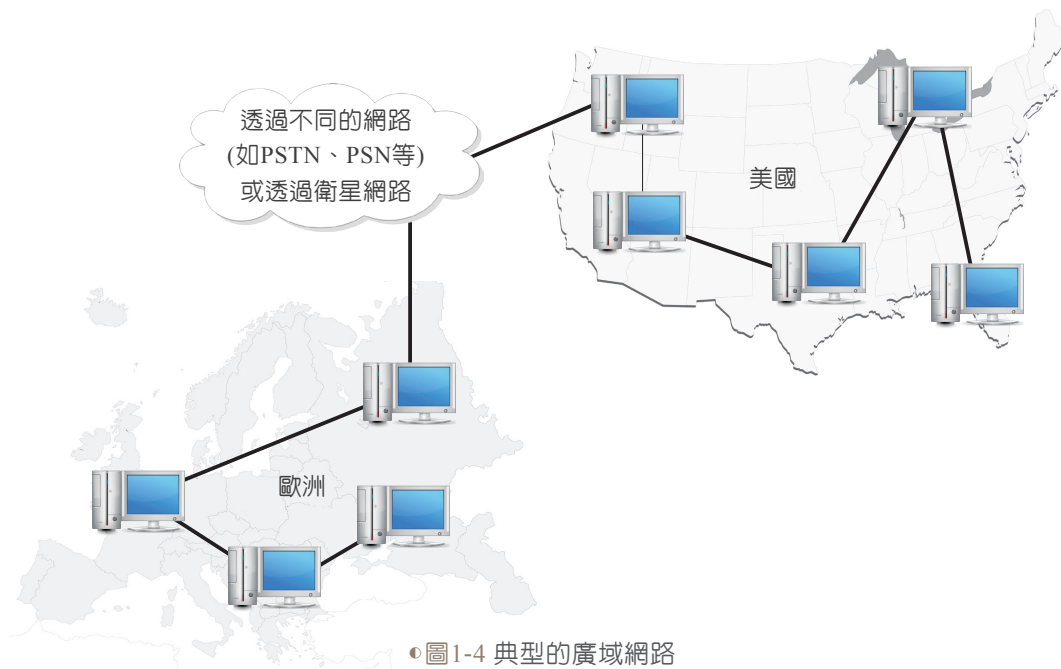
都會網路(MAN)是將多個區域網路連結在一起所形成的大型網路。都會網路涵蓋範圍比區域網路大，主要是用來連結多個LAN或是都市裡各分公司間的網路，如圖1-3所示。一般而言，MAN所指的範圍是約在2~10公里以內的網路。值得一提的是一種稱為「Transparent LAN(透通的LAN)」的區域網路，這種LAN的傳輸距離愈來愈遠，發展技術也不斷的提昇，使得MAN的角色也愈來愈模糊。



●圖1-3 典型的都會網路

### 1-3-3 廣域網路

廣域網路(WAN)是比MAN更廣闊的大型網路，如圖1-4所示。廣域網路是主要用來連接距離較遠的通訊網路，像是同一國家內不同的都市，甚至不同的國家。因為WAN所連結的使用者跨越了廣大的地理區域範圍，所以WAN可讓使用者跨越遠距離而能互相溝通。一般而言，WAN所指的是範圍約在10公里以上的網路。廣域網路的組成包括如下說明的不同網路及設備：



●圖1-4 典型的廣域網路



### ◆ 公眾交換電話網路

傳統的公眾交換電話網路(Public Switched Telephone Network ; PSTN)，其所有的語音傳送是透過電路交換來實現的，因此，其設備費用成本較高。隨著數位交換技術的進步，電話交換機也由機械式轉變為電子式，再進步到數位式。PSTN電話網路也就是一般家庭所使用的電話網路。PSTN使用電路交換(circuit switching)技術來連接雙方用戶，也就是用戶雙方在溝通的過程中，這條電路連接是一直存在的，直到有一方掛上話筒為止。PSTN提供的語音通訊，每一條電路有64Kbps(包括語音訊號)的頻寬，後來，PSTN在整體服務數位網路(Integrated Service Digital Circuit ; ISDN)中的應用，則是在專屬的頻寬傳送64Kbps的語音資料傳輸。

#### N.O.T.E

一典型的電話系統，其用戶端設備包含電話機、傳真機或音頻數據機，這些設備正是常稱的「純舊式電話服務(Plain Old Telephone Service ; POTS)裝置」，它可透過類比用戶迴路連接至電話交換設備。



### ◆ 租用專線

租用專線(Leased Line)可分為類比式專線和數位式專線；類比式提供的速率可達到19.2Kbps；而數位式專線有64Kbps、128Kbps、256Kbps及T1(1.544Mbps)、E1(2.048Mbps)等。

### ◆ 分封交換網路

分封交換網路(Packet Switched Network ; PSN)是利用分封交換技術將資料以封包形式在數位網路上傳輸。大致上，分成傳統分封交換網路及快速交換網路，前者如X.25；後者如Frame Relay、ATM(Asynchronous Transfer Mode)和MPLS(Multi-Protocol Label Switching)等網路技術。

### ◆ xDSL數位用戶迴路

數位用戶迴路技術(Digital Subscriber Loop ; DSL)有很多種，如：非對稱數位用戶迴路(Asymmetric DSL ; ADSL)、HDSL(High-speed DSL)、VDSL(Very High Speed DSL)等。ADSL上網連線以雙絞線為傳輸媒介，以中華電信ADSL為例，其採用DMT(Discrete Multi-Tone)調變技術，可以將語音與數據資料分開傳送，透過ADSL數據機(Modem)使低頻帶的部分傳送語音；高頻帶的部分傳送較高速率的資料。目前提供的最高下行傳輸速率與上行傳輸速率為8M/640K。



### ◆ 光纖到大樓(FTTB)網路

以光纖為傳輸媒介的光纖到大樓(Fiber to the Building；FTTB)網路又稱光世代網路，傳輸速率可依客戶頻寬需求提供雙向傳輸速率，以中華電信為例，其目前(指2016年中華電信的HiNet光世代)提供的最高下行傳輸速率與上行傳輸速率分別為1G/600M。FTTB利用各式光網路設備，搭配乙太網路或VDSL技術，提供客戶高速寬頻電路之數據傳輸服務。而早期的經濟型FTTB或舊式大樓(無預留的光纖管道)，其用戶迴路技術正是採用VDSL。

### ◆ 纜線數據機

纜線數據機(Cable Modem)被用來作為有線電視(Cable TV)網路的上網連線裝置。ADSL與Cable Modem兩者各有優缺點：後者的理論頻寬較大，但因頻寬是共享的，所以，當使用者到達某一數量，業者必須跟著提升傳輸頻寬，否則使用者(或稱用戶)分享到的傳輸速率就會愈來愈慢。

### ◆ ATM或MPLS網路

將在第6章做介紹。

最後，我們也用表1-2比較相關業者的光世代網路、ADSL與Cable Modem三種上網連線情形。

表1-2 光世代網路、ADSL與Cable Modem三種上網連線比較

項目	光世代網路	Cable Modem	ADSL
線路品質	光纖網路	同軸電纜	雙絞線
上行速率(bps)	3M~600M	1M~10M	64K~640K
下行速率(bps)	16M~1G	12M~100M	2M~8M
頻寬分配	獨自使用	共享頻寬	獨自使用
安全性	使用VLAN和PPPoE 安全性高	使用同一媒介 安全性低	點對點架構 安全性高
用戶額外設備	僅需網路卡，惟用戶線路 超過100公尺者，需另加 VDSL	除網路卡外，還需 Cable數據機	除網路卡外，還需 ADSL數據機
網路擴充性	可彈性選擇所需要的速 率，未來具擴充性	視客戶數決定傳輸 速率，擴充性低	可擴充至12M下行，1M 上行，速率擴充有限
網路保護機制	具路由與設備保護機制	無保護機制	無保護機制



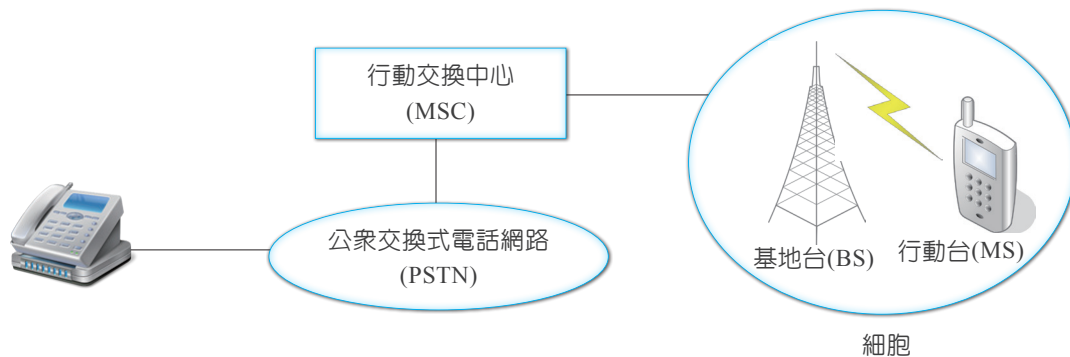
### 1-3-4 無線網路

利用無線電波來作為資料傳輸的無線網路，其與有線網路最大不同的地方，除了在於傳輸媒介為無線外，其他部分與有線網路的用途完全一樣。由於它是無線，因此比有線網路更有彈性。

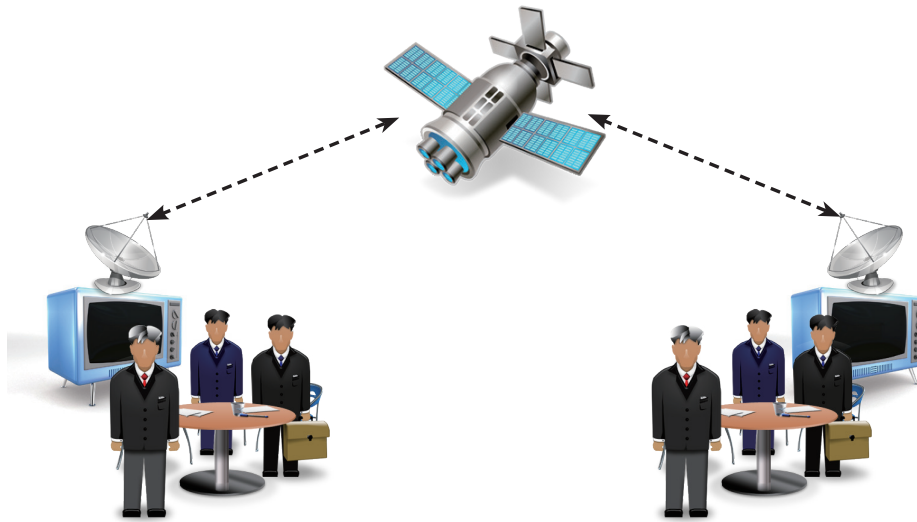
無線網路的發展，最先普及的是無線廣域網路(Wireless Wide Area Network；WWAN)，即是大家熟悉的蜂巢式電話系統，如GSM(Global System for Mobile Communications)行動電話與衛星網路；到了1999年，WiFi無線區域網路(Wireless Local Area Network；WLAN)也開始廣為盛行；直到2002年，介於廣域與區域的無線都會區域網路(Wireless Metro Area Network；WMAN)也引起很多人關注。最近幾年來，又有新網路技術陸續被提出，如無線個人區域網路(Wireless Personal Area Network；WPAN)，與無線感測區域網路(Wireless Sensor Area Network；WSAN)等。無線網路與行動網路的說明如下。

#### ◆無線廣域網路

無線廣域網路(WWAN)可以分為蜂巢式電話系統和衛星網路，如圖1-5(a)-(b)所示。近10年來，WWAN的行動通訊，隨著第1代(1G)行動通訊系統，如類比式行動電話(Advanced Mobile Phone Service；AMPS)、第2代(2G)行動通訊系統，如泛歐數位式行動電話系統(Global System for Mobile Communication；GSM)、第2代與第3代過渡期，稱2.5G行動通訊系統，如一般封包擷取服務(General Packet Radio Access；GPRS)、第3代行動通訊系統(3G；包括UMTS以及CDMA2000)，以及目前的4G LTE (Long Term Evolution)，以及進行中的5G，行動網路通訊的服務，無疑已是如明日之星的寵兒。



●圖1-5 (a) 典型的蜂巢式電話網路



●圖1-5 (b) 典型的衛星網路

### ◆無線區域網路

無線區域網路(WLAN)又稱為無線乙太網路(Wireless Ethernet Network)，其使用的無線媒介有兩大類：一是利用光波傳導，包括紅外線(infrared)和作為資料傳輸的載波，即雷射光(laser)；另一為無線電波，包括窄頻微波、直接序列展頻(Direct Sequence Spread Spectrum；DSSS)、跳頻展頻(Frequency Hopping Spread Spectrum；FHSS)、HomeRF、HyperLan和藍牙(bluetooth)技術。光波的缺點是無法穿透障礙物，以致中斷通訊；無線電波則沒有這個問題。目前WLAN的規格書是源自IEEE的802.11，它屬於1997年所推出的第一份標準，使用的是FHSS和DSSS展頻技術。

2000年以後陸續推出的第二份標準與第三份標準，即是802.11a和802.11b(又稱Wi-Fi，全名Wireless Fidelity)；後來又有802.11g的出現。802.11b與802.11g是目前廣被使用的標準；而802.11a的優點是頻寬較大，但相對的，它的傳輸距離就較短。802.11g和802.11b採用的頻段都是2.4GHz，前者的速率比802.11b快很多。

WLAN則是從802.11b、802.11g及802.11a，發展到802.11n，在2009年802.11n也被正式批准發展，它的目標主要放在改善先前的無線網路標準，包括802.11a與802.11g，在網路流量上的不足。它的最大傳輸速度理論值為600Mbit/s，與前面的54Mbit/s相比有大幅提升，傳輸距離也會增加。另一方面，802.11ac是802.11n的繼承者。它採用並擴展了源自802.11n的空中介面概念，包括：更寬



的RF頻寬(提升至160MHz)，更多的MIMO(Multiple Input Multiple Output)空間串流(spatial streams)，下行多使用者的MIMO，以及高密度的調變(modulation)。值得一提是802.11ad可工作在低至2.4/5GHz與高至60 GHz的頻段及極高速率。有關802.11a/b/g/n/ac/ad速率及頻段如表1-3所示；另外，無線網路通訊的應用，目前正是進入蓬勃發展的階段，除了在現有的WWAN與WLAN運作下進行升級外，在2002年，WMAN的標準802.16也被發表出來，主要以都會網路連線通訊為主。另外，WPAN、WSAN也同步持續發展中。

表1-3 比較802.11a/b/g/n/ac/ad速率及頻段

IEEE標準	傳輸速率	使用頻段
802.11	1Mbps	2.4GHz
	2Mbps	
802.11a	最快54Mbps	5GHz
802.11b	5.5Mbps	2.4GHz
	11Mbps	
802.11g	最快54Mbps	2.4GHz
802.11n	600Mbps(理論值)	2.4/5GHz
802.11ac	866Mbps(頻寬在160MHz)	5GHz
802.11ad	7Gbps	2.4/5/60GHz

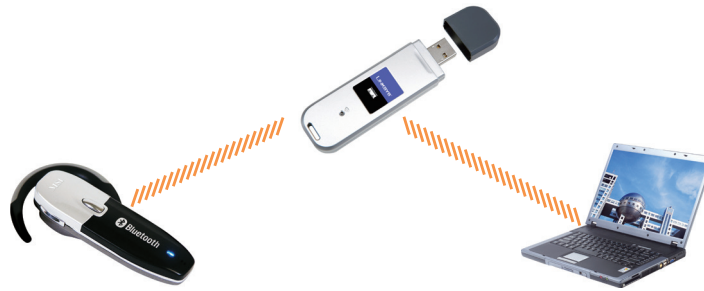
### ◆無線個人區域網路

無線個人區域網路(WPAN)用來連接各類家電裝置，並進階至Internet，這些設備包括PDA個人數位助理、行動電話、藍牙裝置等。藍牙原想在WLAN上有所發展，然而，它在WiFi的競爭下，後來也轉進到WPAN。近年來，藍牙(IEEE 802.15)在WPAN的發展上大有斬獲。

另一個WPAN的代表是Wireless USB(WUSB，如圖1-6所示)，其應用包括電視遊樂器、個人數位助理、資訊周邊裝置等。WUSB能在3公尺至10公尺範圍內，傳輸速率可以達到480Mbps，且與傳統USB一樣，能達128個節點數，同時具有省電的特性。舉例來說，CSR公司推出USB藍牙傳輸器設計，可以讓藍牙耳機搭配個人電腦撥打網路電話，如圖1-7所示。



●圖1-6 典型的WUSB(圖片來源：Linksys)



●圖1-7 典型的藍牙應用

#### ◆無線感測區域網路

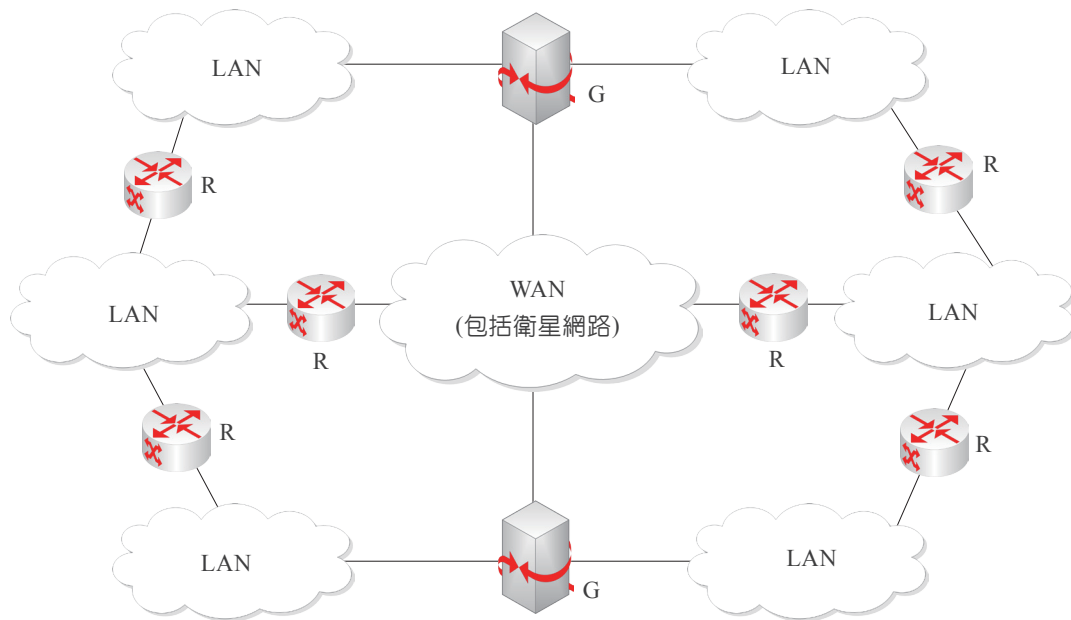
無線感測區域網路(WSAN)是一個新的無線通訊應用，它構成的網路型態並不特定，其應用在例如數位家庭常用的門禁保全、亮度感測、醫療、工業自動化等控制。

#### ◆物聯網

物聯網(Internet of Things, IoT)是一個以網際網路、傳統電信網等訊息承載體，讓所有能夠被獨立定址的實體物件實現互聯互通的網路。物聯網一般為無線網，任何物件皆可以上網與具智能裝置連接，而被散佈於各角落的物件標籤能被識別出來、定位，以及利用遠端來啓用／禁用。在物聯網上，每個使用者都可以應用電子標籤將真實的物體上網連結，在物聯網上都可以查找出它們的具體位置。透過物聯網可以用中心計算機對機器、設備、人員進行集中管理、控制，也可以對家庭設備、汽車進行遙控，以及搜尋位置、防止物品被盜用等。產業界和學界都已將物聯網視為下一代的技術革命。

### 1-3-5 互連網路

當使用者的電腦連接至LAN的通訊設備，並延伸至WAN，在這之間會以直接或間接互相連結而成一個超大的電腦網路群，也就是所稱的互連網路，而用戶也就可以進入所謂的Internet，並享用所提供的資源如圖1-8所示。簡單的說，互連網路就是將全球任何地方的電腦網路互相連接，讓全世界各地的使用者、機構或企業公司可以隨時獲取資訊進行交換，故互連網路也可說是使用者共同擁有的一個超級資料庫。



R : 路由器      G : 閘道器

●圖1-8 典型的互連網路

透過互連網路，可得到很多其他的服務，如：Web、E-mail、FTP(檔案傳輸)、Telnet(遠端登錄)、Gopher(提供使用者各種不同的資訊服務，如圖書館資料查詢、生活情報、氣象預測)、BBS(電子佈告欄)、VoIP(網路IP電話)、IM(即時通訊)、網路遊戲、視訊會議、遠距教學及電子商務等。互連網路分為2種：

#### ◆內連網

內連網是透過互連網路的標準和通訊協定來運作的一種系統，主要可以提高公司或機構內部的通訊、資訊交換的效率及數據集中管理。例如：視訊會議的內連網減少了必須面對面開會的奔波需要。

#### ◆外連網

外連網是企業公司為了與其他企業和客戶共享訊息而使用的一種系統。客戶必須註冊和安裝防火牆，以保護資訊互通上的安全。

## 1-4 網路拓樸

所謂的「網路拓樸」，是指網路上的電腦或與其他裝置連接起來所構成的模式。換言之，在電腦網路系統中，電腦彼此互相連接，並利用傳輸裝置來達成資料通訊，電腦之間連接方式有不同的型態，這就稱為網路拓樸。常見的網路拓樸有：匯流排(BUS)拓樸、星狀(STAR)拓樸、環狀(RING)拓樸及樹狀(TREE)拓樸共4種。說明如下：

### 1-4-1 匯流排拓樸

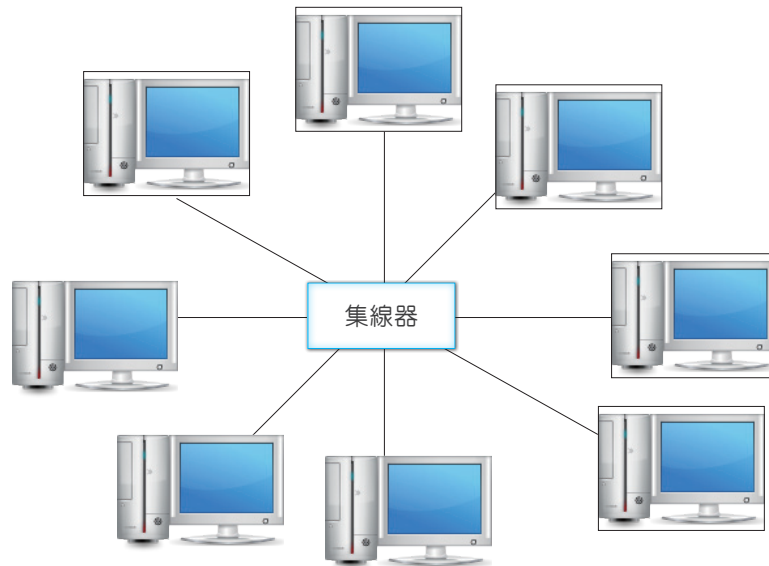
匯流排拓樸它是將所有電腦與連接裝置(像印表機)皆連接在一條線上，而線上電腦皆可互相傳輸資料，如圖1-9所示。此拓樸的優點是成本低；缺點是：只要任一端發生問題，維修、除錯就很費時。



●圖1-9 典型的匯流排拓樸

### 1-4-2 星狀拓樸

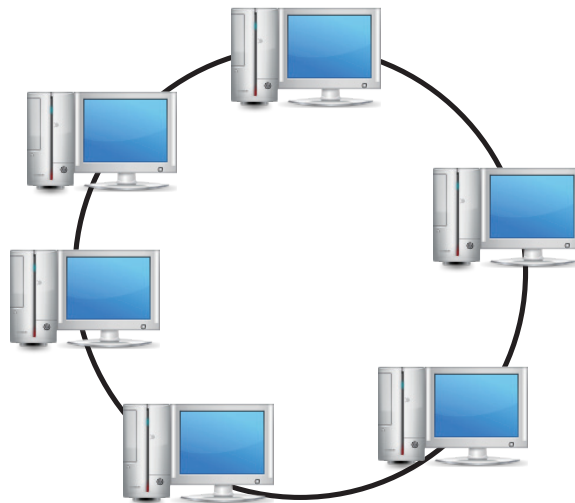
星狀拓樸指出，所有裝置都接到一中點的裝置上，例如：每部電腦可被連接到集線器或交換器，電腦和集線器的連接是點對點的，它使用的傳輸是單向式，如下頁圖1-10所示。星狀拓樸的優點是：其中一連接裝置發生故障，並不會影響整個網路；缺點是：中點裝置要是壞掉了，那整個網路也就癱掉了。



●圖1-10 典型的星狀拓樸

### 1-4-3 環狀拓樸

環狀拓樸如圖1-11所示，指出所有的電腦連接成一個環狀網路。此拓樸的優點是：它有一定的傳輸效率；缺點是：只要有一裝置發生問題，就會影響整個網路。

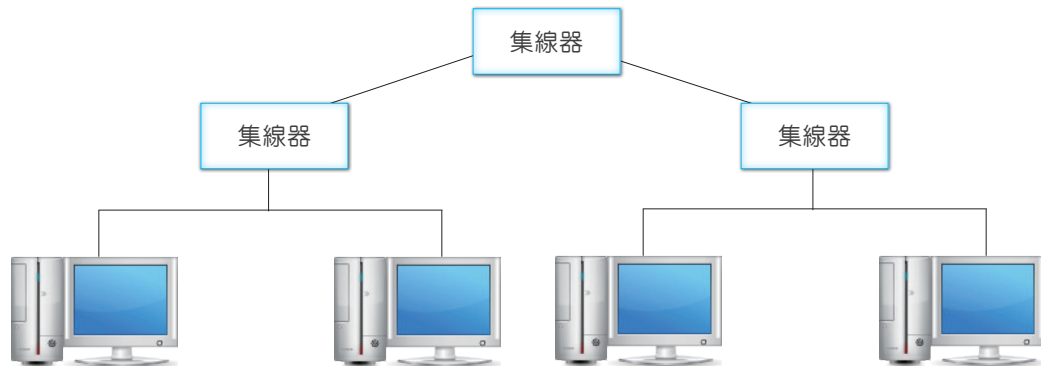


●圖1-11 典型的環狀拓樸



### 1-4-4 樹狀拓樸

樹狀拓樸如圖1-12所示，電腦的连接方式就像樹狀一般。樹狀架構中的任何2部電腦之間都只有一條傳輸線連接，當資料進入任何一個節點後，會向所有的分枝傳遞。



●圖1-12 典型的樹狀拓樸

### N.O.T.E

將上面幾種拓樸混合起來使用，稱為混合式(hybrid)拓樸，常見的有星狀匯流排、星狀環等。星狀匯流排的典型例子可假設A跟B兩區域內各自採用星狀拓樸，但A、B兩星狀拓樸之間的連結是使用匯流排拓樸。

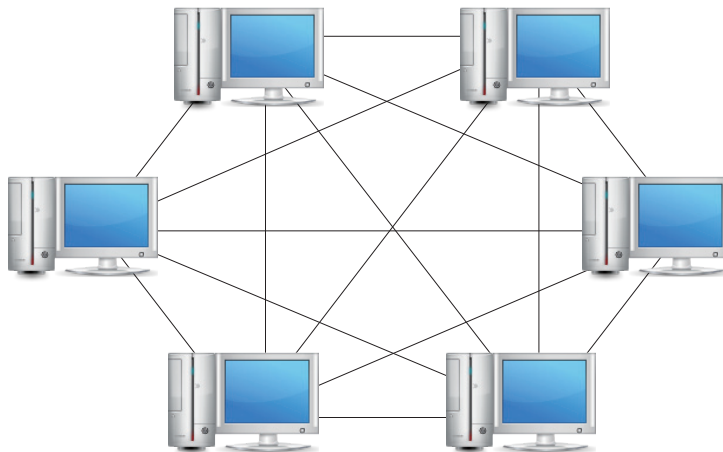


## 1-5 對等式網路與主從式網路

對等式網路(Peer-to-Peer Network)的每一部主機，在網路上的地位彼此間是相等的關係。亦即每一部主機皆可當成伺服器、工作站或具有雙重身分，如圖1-13所示。整體而言，架設對等式網路很容易，由於不需要功能強大的伺服器，故花費較少；又使用者可以掌控自己的資源，不需要伺服器管理軟體，也不需要專業的管理人員，很適合使用在辦公室或個人工作室等的小型網路，但安全性、效能較差，且無法擴充成較大型的網路。換言之，對等點並不需透過專門伺服器來進行通訊，而只需具備最低需求就可以，這樣的網路架構也就是所謂P2P(點對點)架構，像Skype、IPTV等應用皆屬此架構。P2P的特性可歸納如下：

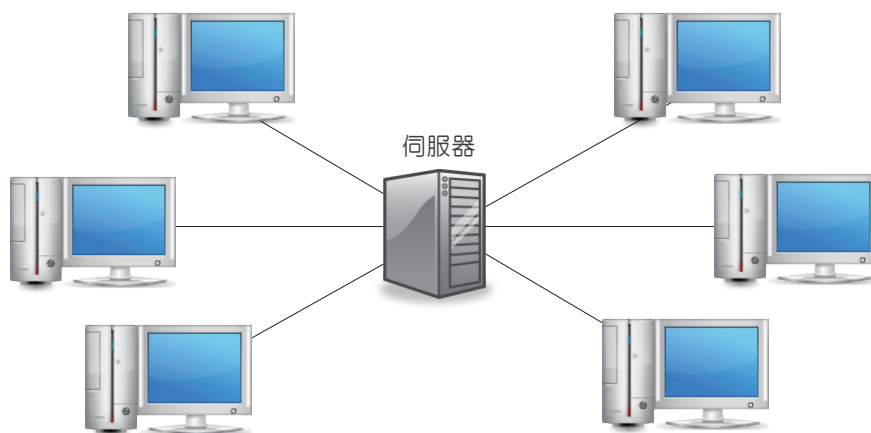


- 無需隨時服務的伺服器。
- 任何一對主機可直接通訊。
- 一旦決定擴充網路規模，就會變得不好管理。



●圖1-13 典型的對等式網路

相對於對等式網路為主從式(Client/Server)網路，適用於較大型的網路。主從式架構下所提供的網路服務需要一部稱為「伺服器」的專用電腦。伺服器負責回應客戶端的要求，如圖1-14所示，由於伺服器必須能長時間開機運作，因此採用該等級的電腦費用也自然較貴，像網頁、FTP、E-mail、Telnet等應用皆屬此架構。

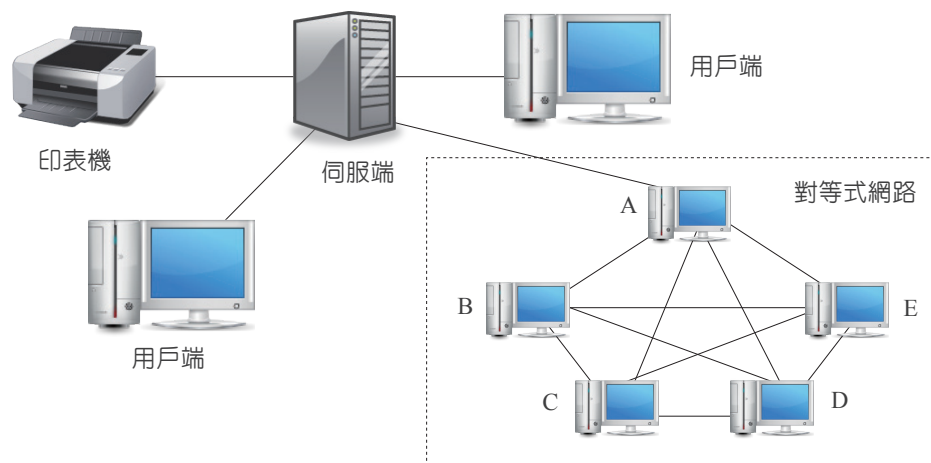


●圖1-14 典型的主從式網路

主從式網路採用的網路作業系統包括Windows、UNIX或Linux等作業系統，由於集中管理，因此提供較好的安全，但需要專業的管理人員，當然，一旦伺服器當機，就無法與客戶端做資料存取。此主從式架構的特性可歸納如下：

- 伺服器可隨時提供用戶端所要求的服務。
- 伺服器有固定IP位址。
- 以伺服器群達成網路擴充。
- 用戶端也許會有動態IP位址。
- 用戶端不會直接彼此通訊。

必要時可採用混合式的網路架構，即將對等式網路與主從式網路結合使用，如圖1-15所示。



●圖1-15 典型的混合式網路

### N.O.T.E

有些人覺得和其他的商用UNIX系統以及Windows相比，Linux具有低成本、安全性高、更加可信賴的優勢。





## 1-6 雲端運算(Cloud Computing)

「雲端」(cloud)是代表了網際網路(Internet)，透過網路的運算能力，取代原本安裝在你自己電腦上的軟體，或者取代本機硬碟空間，轉而透過網路服務來進行各種工作，並存放檔案資料在巨大的虛擬空間上。通過這種方式，我們可以共享軟硬體資源和資訊，並可以按需求提供給電腦各種終端和其他裝置。用戶透過瀏覽器、桌面應用程式或是行動應用程式來存取雲端的服務。像這樣的運算使得企業能夠更迅速的部署應用程式，並降低管理與維護的複雜度及成本，使得IT資源可快速重新分配。雲端運算其應用通常以虛擬的型式，把資訊技術，包括運算、儲存及頻寬，以「服務」的形式提供給客戶。依照服務的類別常分為三種模式：

- 軟體即服務(SaaS；Software as a Service)：

SaaS是透過網際網路提供軟體的模式，用戶可以不用再購買軟體，而改向提供商租用的軟體來管理企業，且無需對軟體進行維護。換言之，它讓許多企業(尤其是小型企業)可享有因SaaS採用的先進技術，也消除了企業購買、構建和維護應用程式的需要。

- 平台即服務(PaaS；Platform as a Service)：

是把伺服器平台作為一種服務提供的商業模式。用戶可以掌控運作應用程式的環境及擁有主機部分的掌控權，但並不掌控作業系統、硬體或運作的網路基礎架構，例如：Google App Engine。另一方面，因SaaS的需求發展，PaaS它能夠提供企業進行研發的中間平台，讓企業享有方便的數據庫和應用伺服器，並讓用戶編寫自己的程式碼於PaaS的提供上傳的介面或API服務，以提高在Web平台上的資源量應用。

- 基礎設施即服務(IaaS；Infrastructure as a Service)：

是將運算、儲存及網路和其它計算等資源轉成標準化的服務，它的特點就是可快速進行操作系統及應用程序之擴充，用戶不需管理雲端的基礎架構就能掌控儲存、網路、作業系統所部署的應用程式。IaaS服務廠商除了必須建置一個管理良好的機房環境外，還需提供安全的使用環境、高速的運算機能、大量的儲存機能，以及寬頻優質的網路環境。另外，就是虛擬化技術(virtualization)。透過虛擬化技術，IaaS廠商才能有效提高各項資源的使用效率從而降低成本。典型應用例如：Amazon AWS、Rackspace。

## 1-7 新一代的SDN網路

隨著雲端應用發展及巨量資料需求日益增加，網際網路的路由也越來越複雜，讓現有的網路架構產生了許多問題，使用上也越來越不堪負荷。爲了要實現各種網路協定，交換器或是路由器必須不斷的拆分及重組封包，導致傳輸效率不佳，無法有效發揮網路頻寬；因此有SDN的架構被發展起來。現有網路與SDN機制比較如下：

- 現有龐大的Internet基礎設施已極難發展進步。
- 現有網路管理控制和性能調整總是帶有挑戰威脅性並容易出錯。
- 現有網路的控制邏輯與網路設備(如乙太網交換器)很緊密，SDN則轉變集中至控制器。
- 可程式設計網路的概念是一種促進網路進化所提出的，特別是SDN新的網路模式，把執行轉送(forwarding)的硬體部分，例如專用的轉送引擎從控制決策部分，如協定和控制軟體中分離出來。

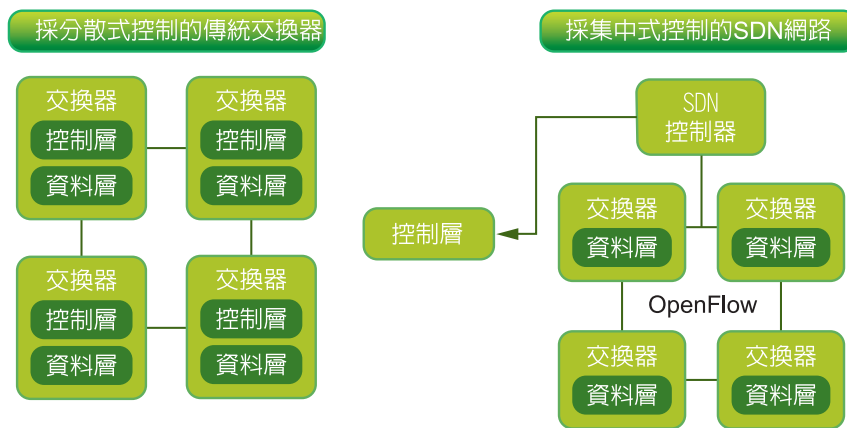
### 1-7-1 SDN的網路架構發展源由

SDN的網路架構是由美國史丹佛大學Nick Mckeown提出Clean Slate方案。利用OpenFlow協定，如圖1-16所示把路由器的控制面(control plane)從資料面(data plane)中分離出來，以軟體方式實現，其特點如下：

- SDN架構可以讓網路管理員，在不更動硬體裝置的前提下，以集中控制方式，用程式重新規劃網路，爲控制網路流量提供了新的方法，也提供了核心網路及應用創新的一種平台。
- 網管人員只需在控制器上下達指令就可以進行自動化設定，無須逐一進行個別的設定，也避免人爲錯誤疏失。
- 透過SDN，虛擬化原則可應用於網路資源、抽象化、建立自動化作業上，超越實體架構的限制。
- 指派網路服務至各個應用程式，並繼續提供服務，彈性適應其變動的需求。
- 更簡化的佈建作業。



- 更強大的延展性。
- 可以簡化管理。
- 較低的營運成本。
- SDN可以可程式化(programmable)的方式來控制，一旦控制權從個別的網路設備上脫離，然後轉移到SDN控制器(Controller)後，這樣會使底層的網路基礎架構抽象化，這樣的結果，網路基礎架構就能變得非常的動態、容易管理。

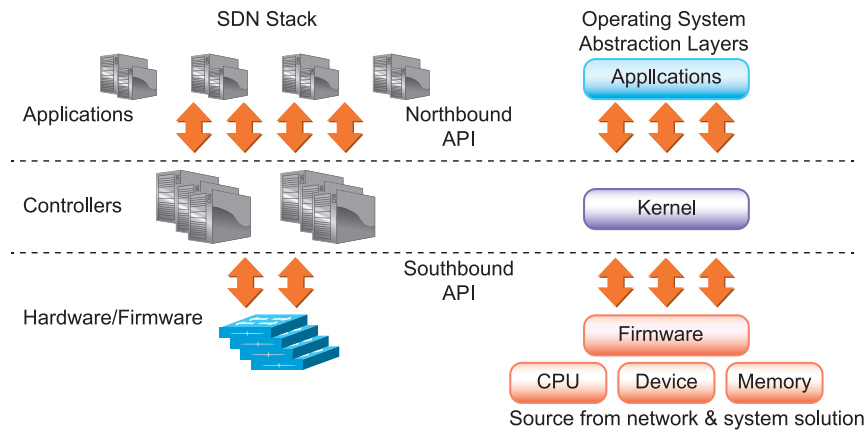


●圖1-16 控制面從資料面中分離出來

## 1-7-2 SDN網路架構

SDN網路架構就是爲了要解決傳統網路的一些問題，它的特色是改變了傳統網路架構的控制模式，將網路分爲控制層(即控制面)與資料層(即資料面)，將網路的管理權限交由控制層的控制器軟體負責，採用集中控管的方式。而OpenFlow技術則是SDN網路採用的一項通訊協定，用於控制層和資料層間建立傳輸通道，就像是人類的神經系統，負責大腦與四肢的溝通，所以OpenFlow協定也是實現SDN架構最主流的技術。它的架構如圖1-17所示。

- Application：決定使用者資料流的方向及去處，並加以記錄以提供給下一個程式來應用。
- 控制器：承接來自北向(介面)應用層所決定的結果，並以此指揮南向(介面)的設備，使用的協定爲OpenFlow。
- 硬體：Forwarding hardware包括flow table(由match rules和flow actions等組成)以及新項目(entry)利用傳輸層與控制器之間的安全通訊。



●圖1-17 SDN架構

由OpenFlow技術所打造的SDN架構，除了可解決現今網路架構的一些問題，在控制器軟體上也將提供API讓第三方使用者可依據企業政策及需求來開發相關的應用程式，像是網路安全管理、負載平衡、頻寬管理QoS等，也就是說，SDN是個可程式化的開放網路架構。

### 1-7-3 展望

德國2013年4月工業4.0工作小組提出透過數位化資訊整合物聯網、大數據(Big Data)、感應器、互聯網路等科技，提供更智慧化及自動化的生產與供應鏈能力，並提出資料安全和資料保護相關的策略。當工業3.0朝向工業4.0時，管理階層會要求把公司資料、軟體開發的服務及相關資料庫放置於雲端且虛擬化。由於一個安裝虛擬化作業系統的實體伺服器，可能有多個虛擬主機與多種應用程式，受限於VM頻寬無法保證，也無法自由更動，除非把另一個實體伺服器網路設定完全才能進行VM遷移作業，這將限制了新的雲端應用服務的部署。解決方式是採用稱為下一代新網路SDN/OpenFlow架構，換言之，軟體定義網路(Software-Defined Networking；SDN)成爲唯一解決方案。

現階段要開發SDN應用程式的門檻較高，但對於硬體設備廠商來說，將會是一大衝擊，交換器的重要性再也不如以往那麼重要，未來客製化的軟體就可以提供各項硬體設備的功能，而網路硬體設備的廠商是否會因爲SDN架構的出現就可能不進則退，這也是自SDN被提出後，備受關注的議題之一。不可諱言，很多專家皆認爲，SDN開放API將會在市場上帶來一波新的商機，也就是說，SDN在市場上的競爭相當具有發展的潛力，網路設備大廠HP則預測在2016年市場價值則將達到20億美元，而依據IDC預測，SDN的市場將從2017年成長到37億美元以上。

# 重點整理

- 網際網路(Internet)就是將全球各地的電腦網路中的主機連接起來，藉由某些主機提供資訊，而讓其他主機可以讀取資訊。
- 相互連結的主機，雙方在網路傳遞訊息時，必須透過所謂的通訊協定來達成。
- 網路就是在一定的區域內，2部或2部以上的電腦連結在一起的方式，並讓使用者能共享網路所提供的資源。
- 區域網路(Local Area Network；LAN)，例如公司內部之間的通訊。
- 都會網路(Metropolitan Area Network；MAN)，例如都市內部之間的通訊。
- 廣域網路(Wide Area Network；WAN)，例如國家內部或國與國之間的通訊。
- 互連網路就是以直接或間接互相連成的一個超大的電腦網路群。
- 網路作業系統(Network Operation System；NOS)是網路的核心，主要提供電腦網路通訊和網路資源共享的作業系統。
- 對等式網路(peer-to-peer network)上的每一台主機，在網路上的地位彼此間是平等的關係。
- 在主從式架構下所提供的網路服務，需要一部稱為伺服器的專用電腦。
- 802.11n它的目標主要放在改善先前的無線網路標準，包括802.11a與802.11g，在網路流量上的不足。它的最大傳輸速度理論值為600Mbit/s，與前面的54Mbit/s相比有大幅提升，傳輸距離也會增加。
- 雲端運算其應用依照服務的類別常分為三種模式：軟體即服務(SaaS；Software as a Service)、平台即服務(PaaS；Platform as a Service)及基礎設施即服務(IaaS；Infrastructure as a Service)。
- SDN可以可程式化(programmable)的方式來控制，一旦控制權從個別網路設備上脫離，然後轉移到SDN控制器(Controller)後，這樣會使底層的網路基礎架構抽象化，這樣的結果，網路基礎架構就能變得非常的動態、容易管理。



# 本章習題

## 選擇題

- ( ) 1. 下列何者為電腦網路的優點 (1)遠端遙控 (2)資源可以共享 (3)提升通訊能力 (4)以上皆是。
- ( ) 2. 電腦網路的節點可以是一台 (1)電腦 (2)交換器 (3)印表機 (4)以上皆是。
- ( ) 3. 電腦與電腦之間或電腦與終端機之間為相互交換資訊的格式和內容而訂定一套規則，稱為 (1)IP (2)通訊協定 (3)TCP (4)以上皆是。
- ( ) 4. 網際網路的發展起源是 (1)國防之需 (2)學術界之需 (3)商業界之需 (4)以上皆非。
- ( ) 5. 兩部電腦使用網路卡直接連接而不透過Hub/Switch時，網路線必須做何處理？ (1)任何網路線均可 (2)要經過跳線 (3)這種方式行不通 (4)以上皆非。
- ( ) 6. 用戶若想在家裡上網，就必須透過誰的連線服務 (1)IP (2)ISP (3)電腦和作業系統 (4) WWW。
- ( ) 7. 目前在家準備上網的裝備須有 (1)網際網路 (2)電話門號與數據機 (3)電腦和作業系統 (4)以上皆是。
- ( ) 8. TCP/IP是什麼的簡稱 (1)位址 (2)傳輸控制協定及網際網路協定 (3)網際網路工程任務小組 (4)以上皆非。
- ( ) 9. 網際網路英文簡稱是 (1)LAN (2)MAN (3)WAN (4)Internet。
- ( ) 10. 有關區域網路的敘述，下列哪一項敘述不正確 (1)網路可以僅由兩部電腦組成 (2)短距離的通訊網路 (3)軟硬體資源共享 (4)無法做Email傳送。
- ( ) 11. 傳輸速率11Mbps的無線網卡，遵循的國際標準是 (1)802.11a (2)802.11b (3)802.11g (4)以上皆非。
- ( ) 12. 802.11ad所使用的最高頻段為？ (1)2.4 GHz (2)5 GHz (3)7 GHz (4)60 GHz。
- ( ) 13. 802.11ac所使用的頻段為 (1)2.4GHz (2)5GHz (3)7GHz (4)60GHz
- ( ) 14. 802.11n理論值的速率為 (1)100Mbps (2)300Mbps (3)500Mbps (4)600Mbps

# 本章習題

## 簡答題

1. 在公司的網路中哪些會被分享？
2. 公司的網路包含5部電腦及1部印表機，最有可能的網路類型為何？
3. 若公司的網路遍佈歐、亞、美三洲，最有可能的網路類型為何？
4. 租用專線屬何種網路類型？
5. 列出目前在台灣利用寬頻連上網際網路的技術？
6. 常見的網路拓樸為何？
7. GSM、WiFi及WiMAX屬何種無線網路類型？
8. 一個互連網的網絡(亦稱互連網路)可以包含哪些網路類型？
9. 寫出兩種NOS類型。
10. WWW全球資訊網屬對等式網路或主從式網路？
11. 舉6個生活中與網路有關例子。
12. 列出近十年來WWAN的行動通訊發展情況。
13. 物聯網上利用什麼可以將真實的物體上網連結？
14. 繪出SDN的網路架構圖與傳統網路架構之比較。