

CHAPTER 06

網際網路



6-1 網際網路

6-2 資料連結層

6-3 網路層

6-4 傳輸層

6-5 應用層

6-6 網際網路的基本設定
和除錯方式



6-1 網際網路

- 「網路」和「網際網路」是常常混淆的二個名詞
 - 網路：把電腦與電腦使用網路線相連成網
 - 網際網路（Internet）：連結各個網路所成的大型網路(inter-network)，特指今日全球個人電腦等設備所連結上的大型網路
- 連結上網的機器常稱為主機(host)或是終端(terminal)







上網

- ➡ 一般所謂的「上網」指的是「連上網際網路(Internet)」
- ➡ 一般使用者上網都是透過ISP業者(Internet Service Provider)連上網路
 - ▶ 知名的ISP業者如中華電信、台灣固網等
 - ▶ 各家電信公司的行動網路
 - ▶ 提供學術單位連接網路的臺灣學術網路(TANet)



封包交換 – Packet Switching

- 網際網路使用封包交換技術傳輸資料
- 1961年由學者Leonard Kleinrock所提出
- 所有的資料均切割包裝為「封包」後，再進行傳輸
- 封包大小有其限制
 - 以Ethernet為例，其上限為1500位元組



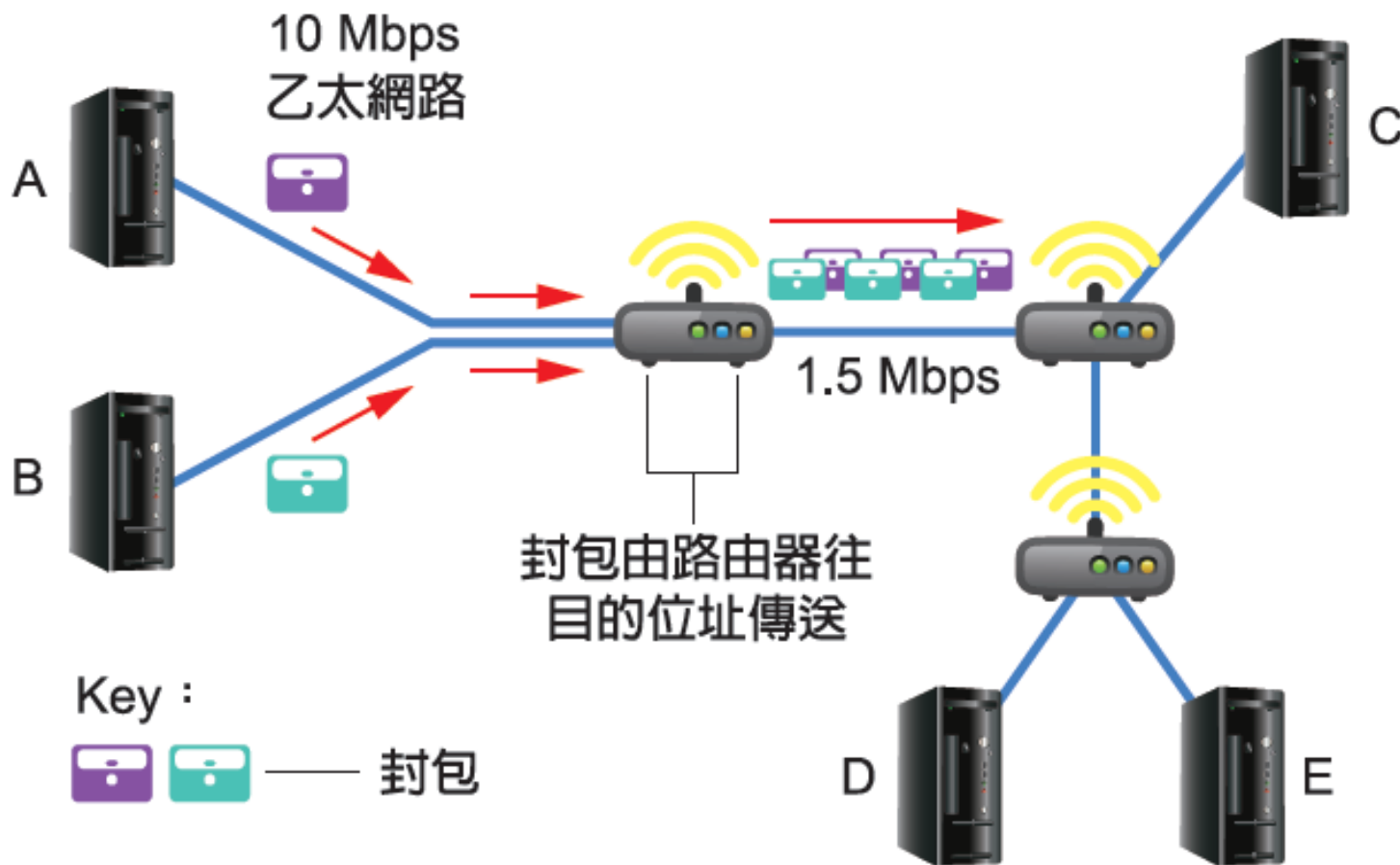


封包交換 – Packet Switching

- ➡ 資料傳送時，需要先切割為小片段的封包
- ➡ 接收端收到資料後，再將小片段的封包組合起來
- ➡ 每個封包由發送端傳送到接收端，其傳輸過程所經過的網路路徑可能會有所不同
 - ▶ 和傳統的線路交換比較起來，封包交換可以充份利用網路資源，減少資源浪費，執行效率更佳
 - ▶ 但缺點是，因為資源是共享的，所以網路的品質較難掌握



封包交换 – Packet Switching





網際網路的歷史

年份	事件
1961	Leonard Kleinrock 提出封包交換的概念。
1963	J.C.R Licklider 提出ARPANet 的概念，這也是Internet 最早的雛形。
1969	ARPANet 正式啟用！連接四所美國大學及研究機構：UCLA、Stanford Research Institute (SRI)、UCSB、University of Utah。
1971	Telnet、FTP、Email等概念被提出。
1972	Ray Tomlinson修改Email程式開始使用@符號。
1973	ARPANET與國際連線：透過挪威連線至英國的University College of London。 TCP/IP被設計出來，這也成為將來網際網路Internet的標準。
1973	TCP/IP被設計出來，這也成為將來網際網路Internet的標準。
1976	英國女皇伊莉莎白二世送出她的第一封Email。
1978	第一個線上多人遊戲MUD（Multi-User Dungeon）文字介面版誕生。
1982	網際網路網域名稱（domain name）的概念被提出，大家再也不用記死板板的數字位址。
1988	第一隻網路病毒出現，大約攻擊了網路上10% 的主機。





網際網路的歷史(續)

年份	事件
1989	WWW 和HTML 誕生。
1990	ARPANet 完全終止營運！
1993	Mosaic：第一個圖形化的WWW瀏覽器誕生。
1994	Netscape：第一個商業化的WWW瀏覽器誕生。
1995	VoIP 網路電話的概念被提出。
1996	Internet2 誕生，其宗旨為改善Internet，發展更好的網際網路。ICQ：最早的即時通軟體誕生。
1997	無線網路標準IEEE 802.11被提出。
1998	Google 搜尋引擎網站成立。手機上網標準GPRS 被提出。
1999	出現第一個點對點（peer-to-peer）檔案分享軟體Napster。
2003	免費的網路通話服務Skype推出。
2004	Facebook社群網站成立。



網際網路的歷史(續)

年份	事件
2005	YouTube 線上影音分享網站成立。
2007	Apple iPhone 手機以及Google Android手機正式推出。
2008	Google釋出Chrome瀏覽器；HTML5誕生；Apple線上應用程式商店開張。
2009	微軟推出Bing搜尋引擎。
2011	微軟用85億美金買下Skype，並整合旗下即時通軟體。全世界Internet使用人口超過20億。
2012	Facebook平均每月活躍使用者突破10億。世界IPv6啟動日訂為6月6日。
2013	Apple線上應用程式商店有超過4千萬的下載次數。Internet上超過50%的流量由Netflix和YouTube供獻。
2014	許多大型企業遭到駭客入侵，包括Sony、JP Morgan與eBay。
2015	美國有超過一半的成人在使用網路銀行。免費的安全憑證服務Let's Encrypt上線。
2016	Let's Encrypt發出超過2千萬張網路憑證。IPv6建置率達到10%。
2017	全球超過150個國家的使用者遭到WannaCry病毒勒索。





6-2 資料連結層

- ➡ 資料連結層所使用的通訊協定往往是取決於使用者上網時所使用的網路介面。
- ➡ 舉例來說，使用雙絞線進行連接的有線網路卡，其資料連結層常常是使用 IEEE 802.3 或是 Ethernet 協定；而使用無線網路卡存取網路的話，其資料連結層常常是使用 IEEE 802.11 協定。





6-2 資料連結層

- ➡ 每一個網路裝置都會有一個硬體編號加以識別，我們常稱其為MAC (Media Access Control) 位址或是實體位址。
- ➡ 實體位址常常是6 組8-bits 數字以16 進位的方式表示，每一組數字以「-」減號或是「:」冒號分隔。
- ➡ 在Windows 系統裡，我們可以使用「ipconfig /all」指令，列出系統裡所有的網路介面卡和其硬體位址。





6-2 資料連結層

- ➡ 網路上有許多網站提供透過實體位址查詢製造商的服務，如官方的組織識別代碼列表「IEEE-SA-Registration Authority OUI Public Listing (<http://standards.ieee.org/develop/regauth/oui/public.html>)」，以及坊間的「MACVendorLookup.com」，都可以將實體位址的前三組數字輸入，查詢其相對應的製造商。





6-2 資料連結層

- ➡ 在Windows 8.1 下使用「ipconfig /all」顯示出來的部分網路卡資訊。圖中包含一張有線網路卡（乙太網路）以及一張無線網路卡的資訊

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

乙太網路卡 乙太網路:

媒體狀態 . . . . . : 媒體已中斷連線
連線特定 DNS 尾碼 . . . . . :
描述 . . . . . : Intel(R) 82577LC Gigabit Network Connection
實體位址 . . . . . : 00-24-BE-D8-12-9F
DHCP 已啟用 . . . . . : 是
自動設定啟用 . . . . . : 是

無線區域網路介面卡 Wi-Fi:

連線特定 DNS 尾碼 . . . . . : cse.ntou.edu.tw
描述 . . . . . : Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6200 AGN
實體位址 . . . . . : 00-27-10-DD-94-F8
DHCP 已啟用 . . . . . : 是
自動設定啟用 . . . . . : 是
連結-本機 IPv6 位址 . . . . . : fe80::b008:39b4:7081:1730x3<偏好選項>
IPv4 位址 . . . . . : 192.168.1.81<偏好選項>
子網路遮罩 . . . . . : 255.255.255.0
租用取得 . . . . . : 2013年12月5日 上午 09:53:43
租用到期 . . . . . : 2013年12月5日 上午 11:03:43
預設閘道 . . . . . : 192.168.1.254
DHCP 伺服器 . . . . . : 192.168.1.254
DHCPv6 IAD . . . . . : 50341648
DHCPv6 用戶端 DUID . . . . . : 00-01-00-01-19-F7-ED-3D-00-24-BE-D8-12-9F
DNS 伺服器 . . . . . : 140.121.100.16
                          140.121.81.16
NetBIOS over Tcpip . . . . . : 啟用
```





6-3 網路層

- ➡ 網路層在網際網路裡扮演十分重要的角色
- ➡ 重要的功能包括
 - ▶ 網路位址 (addressing)、資料切割 (fragmentation)以及網路路由 (routing)
- ➡ 常用的網路層協定為IPv4及IPv6
 - ▶ IP (Internet Protocol)協定的第四版和第六版
 - ▶ 目前最常用的網路層協定是IPv4
 - ▶ 但一直以來也有人在推廣IPv6



網路位址

- ➡ 每一個連上網際網路的主機，都必須要有一個可以在網路上識別的位址。這個位址便是在網路層裡定義的；而這也是網路層裡最基本的功能！目前 Internet 上常用的協定是 IP（Internet Protocol）協定，有IPv4 和IPv6 二個常見的版本。



傳統IP分段表示

類別 (Class)	二進位表示法 (32-bit)	4組8-bit數字表示法		
A	0wwwwwww xxxxxxxx yyyyyyyy zzzzzzzz	0.0.0.0	～	127.255.255.255
B	10wwwwww xxxxxxxx yyyyyyyy zzzzzzzz	128.0.0.0	～	191.255.255.255
C	110wwwww xxxxxxxx yyyyyyyy zzzzzzzz	192.0.0.0	～	223.255.255.255
D	1110www www xxxxxxxx yyyyyyyy zzzzzzzz	224.0.0.0	～	239.255.255.255
E	1111www www xxxxxxxx yyyyyyyy zzzzzzzz	240.0.0.0	～	255.255.255.255





私有IP位址列表

類別	IP範圍			IP個數	描述
A	10.0.0.0	～	10.255.255.255	16,777,216	1個classA網路
B	172.16.0.0	～	172.31.255.255	1,048,576	16個classB網路
C	192.168.0.0	～	192.168.255.255	65,536	256個classC網路



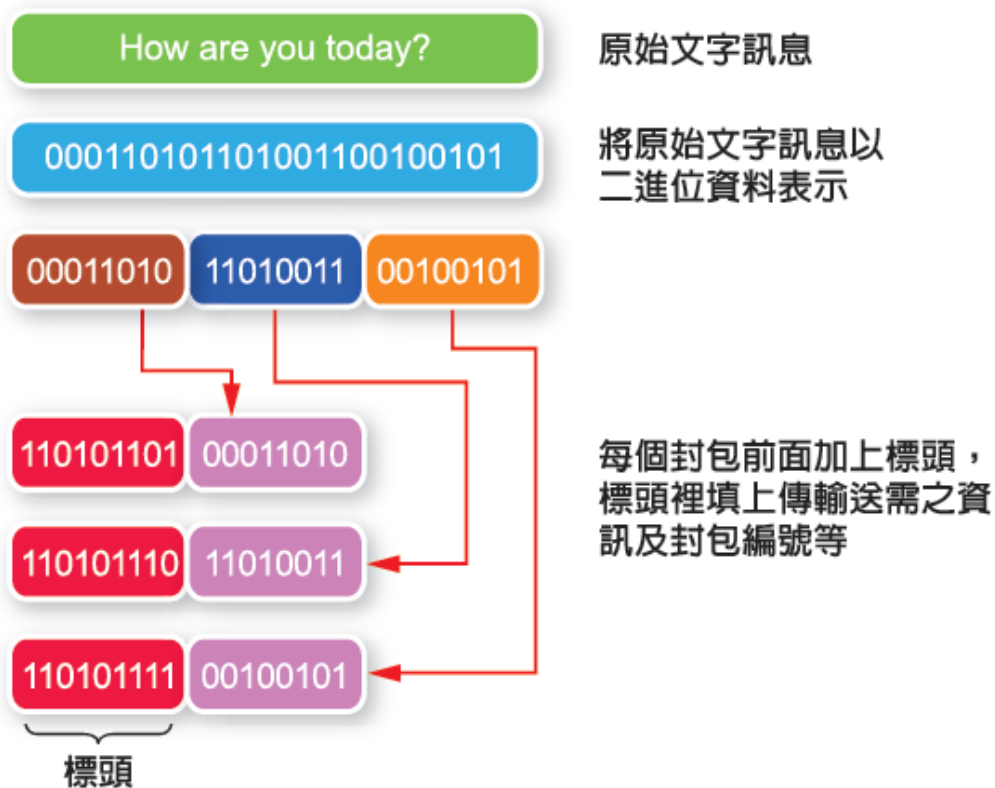


資料切割 (fragmentation) 與組裝 (defragmentation)

- ➡ 網路層另一個基本的功能，就是網路封包的切割與組裝。網際網路上的資料傳輸以封包為單位，而在不同網路裡，所定義的封包大小上限可能會有所不同。
- ➡ 在網路層進行資料傳輸時，必須依據網路的限制，視資料大小情形加以裁切。每一個封包裡除了存放傳輸內容外，還需要加上標頭 (header) 。
- ➡ 標頭裡記錄網路層協定裡的許多資訊，包括協定的版本、封包大小、來源主機位址、目的地主機位址、夾帶的資料是否經過裁切、封包標頭檢查碼等資訊。而接收端收到這些資料後，會再依據標頭裡所夾帶的資訊，驗證封包標頭的正確性，並視情況進行內容的重組和還原。



資料切割成封包，每一個封包加上標頭後才進行傳送。
接收方收到後再反向處理：移除標頭並進行重組





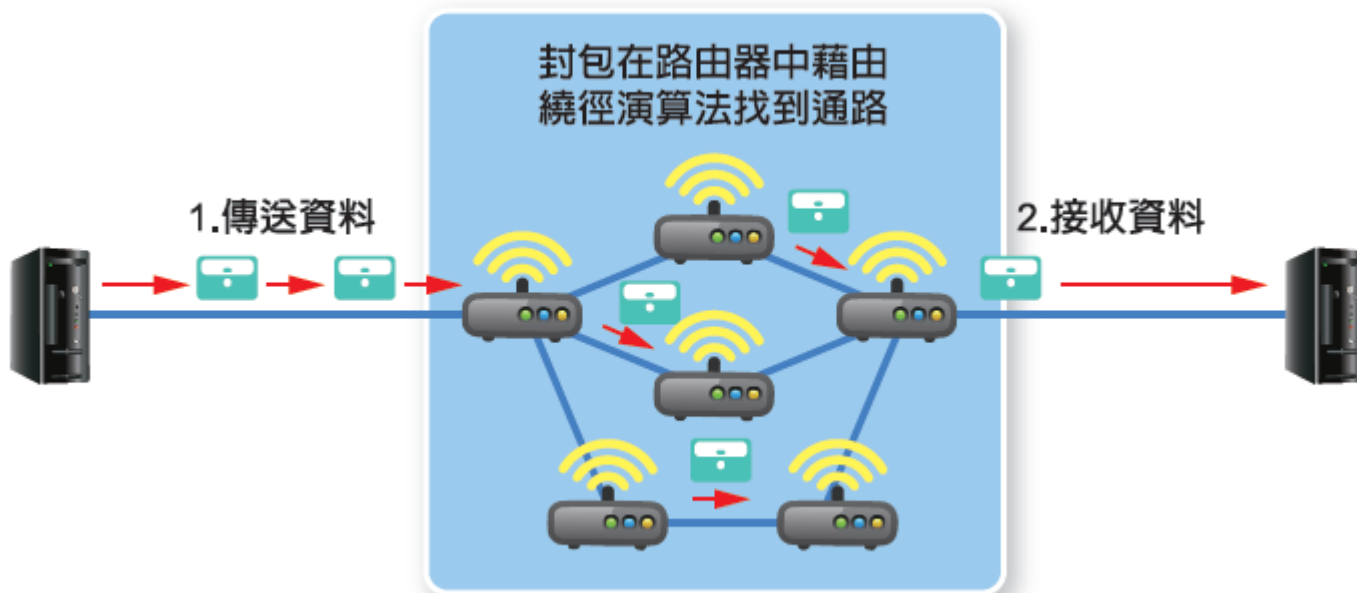
網路路由 (routing)

- ➡ 路由可以說是網路層裡最重要的功能！網路封包由網路主機送出後，便由路由器（router）負責傳送。整個網際網路是由大小不一的路由器合力串接起來。
- ➡ 由於從發送端將訊息傳送至目的端的路徑可能有很多種，路由器會倚靠路徑演算法（routing algorithm），計算由發送端至目的端的最佳路徑。



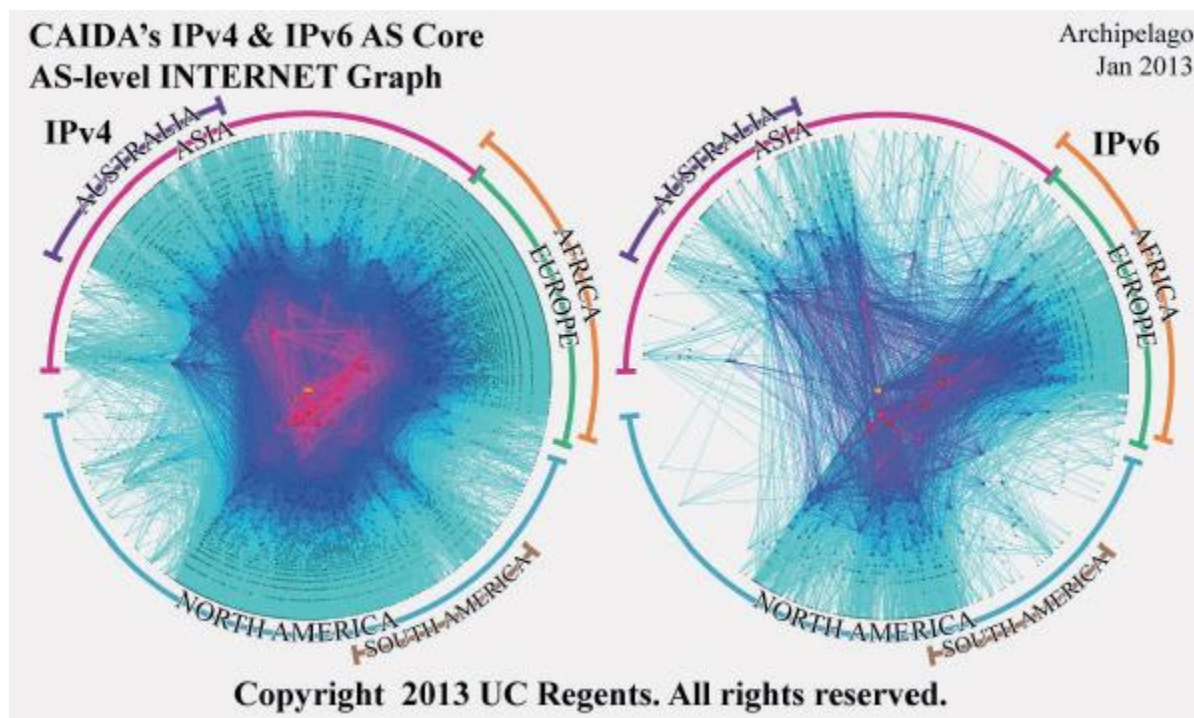


資料從傳送端送出後，經過數個路由 器，最後抵達接收端





CAIDA機構於2013 年量測的IPv4 和IPv6 骨幹網路連接情況





在Linux 系統上使用traceroute 指令查詢封包傳送路徑上的路由器位址。其中出現「*」號的，表示路由器探測逾時，或是路由器不允許/ 不支援探測。

```
[screen 0: bash]
$ traceroute -I google.com
traceroute: Warning: google.com has multiple addresses; using 74.125.31.101
traceroute to google.com (74.125.31.101), 30 hops max, 46 byte packets
 1  xdn42o254 (140.112.42.254)  0.681 ms  0.586 ms  0.537 ms
 2  140.112.1.81 (140.112.1.81)  0.437 ms  0.452 ms  0.401 ms
 3  140.112.0.222 (140.112.0.222)  0.648 ms  0.610 ms  1.002 ms
 4  140.112.0.186 (140.112.0.186)  0.794 ms  0.773 ms  0.731 ms
 5  140.112.0.198 (140.112.0.198)  0.961 ms  0.905 ms  0.988 ms
 6  140.112.0.34 (140.112.0.34)  1.133 ms  1.501 ms  1.241 ms
 7  72.14.196.229 (72.14.196.229)  26.676 ms  23.802 ms  22.075 ms
 8  209.85.243.26 (209.85.243.26)  21.880 ms  20.766 ms  21.468 ms
 9  209.85.250.103 (209.85.250.103)  23.480 ms  30.748 ms  28.992 ms
10  * * *
11  tb-in-f101.1e100.net (74.125.31.101)  7.953 ms  7.996 ms  7.444 ms
$
```





6-4 傳輸層

- ➡ 傳輸層在網際網路裡也扮演很重要的角色。我們可以透過網路層的IP位址找到網路上的指定主機。然而，不論是主從式或是同儕式的網路服務架構，同一台主機可能需要同時服務許多來自不同IP位址的網路使用者；而同一個使用者也可能同時使用多個不同IP 位址主機上的服務；甚至一個使用者可能同時使用位於同一台主機上的多種服務。
- ➡ 因此，除了透過IP 位址外，我們需要使用另一種方式來識別網路主機上的服務和連線。而這件事情就是透過傳輸層的協定來達成。





6-4 傳輸層

多工

(multiplexing)

流量控制

(flow control)

壅塞控制

(congestion
control)

連接導向

(connection-
oriented)

無連接導向

(connectionless)
連線

可靠 (reliable)
傳輸





多工 (multiplexing)

- ▶ 任意二個網路上的主機，都可以建立多組不同的網路連線以交換資料。為了識別網路連線，除了透過來源主機的網路IP位址和目的主機的網路IP位址之外，利用傳輸層協定，還可以透過「連接埠編號 (port number)」來識別網路連線。文獻上常常以5-tuple 來定義一條網路連線，其中包括本機IP位址、本機連接埠編號、外部主機IP位址、外部主機連接埠編號，以及傳輸層協定等5項資訊。





常用的服務及伺服器連接埠編號對照表

服務名稱	慣用傳輸層協定	連接埠編號	用途說明
ftp	TCP	21	檔案傳輸
ssh	TCP	22	有加密的終端機操作
telnet	TCP	23	無加密的終端機操作，如BBS
smtp	TCP	25	發送Email
domain	UDP	53	查詢IP位址或網域名稱
http	TCP	80	網頁
pop3	TCP	110	下載Email
netbios	TCP 或 UDP	137 ~ 139	netbios（常用於網路上的芳鄰）





在Windows 用戶端下使用「netstat -na」指令查看主機上相關連線

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\> netstat -na

使用中連線

協定    本機位址                外部位址                狀態
TCP     192.168.1.81:17500      192.168.1.92:60882      ESTABLISHED
TCP     192.168.1.81:62294     111.221.72.98:443       ESTABLISHED
TCP     192.168.1.81:62348     108.160.162.104:80      ESTABLISHED
TCP     192.168.1.81:64605     74.125.31.99:443        ESTABLISHED
TCP     192.168.1.81:64606     63.245.216.134:443      TIME_WAIT
TCP     192.168.1.81:64611     63.245.217.161:443      TIME_WAIT

C:\>
```





連接導向與無連接導向

- ➡ 「TCP」與「UDP」是傳輸層中重要的傳輸協定，而這二者間最大的差別，就是連接導向（connection-oriented）和無連接導向（connectionless）的連線。
- ➡ TCP建立的是一個連接導向的連線，也就是說，連線二端的機器，在開始傳送資料前，必須先透過一個設定連線的動作。這也就是所謂的「三方交握（three-way handshaking）」動作。



可靠傳輸 (reliability)

- ➡ 傳輸層可以提供較可靠的網路資料傳輸。
- ➡ 網際網路使用封包交換技術進行封包的傳送，而常見的錯誤包括封包內容錯誤以及封包遺失。
- ➡ 封包內容錯誤可以透過錯誤檢查碼的方式來檢測。不論是使用TCP或是UDP，這二個傳輸協定都可以透過錯誤檢查碼來驗證傳輸內容的正確性1。





當發現內容有誤時

UDP協定

僅僅會將有問題的封包丟棄

無法偵測封包遺失

TCP協定

會讓傳送端重新傳送含有錯誤的區段

可以根據標頭裡記錄的封包序號偵測封包遺失，並重新傳送遺失的部分。





流量控制 (flow control)

- ➡ 流量控制的目的，是讓傳送端盡量以符合網路及接收端能力的方式傳送，以避免發生接收端來不及處理的情況。
- ➡ 一般而言，伺服器可能是配備大頻寬、多核心的高檔電腦；而用戶端可能只是平價的電腦、手機或是平板電腦。如果用戶端的主機能力較弱，每秒只能接收及處理5個封包；而伺服器硬是以每秒10個封包的速率傳送資料給用戶端，那麼用戶端就會發生來不及處理，使得多出來的封包必須被丟棄的情況。





流量控制之緩衝區示意圖





壅塞控制 (congestion control)

- ➡ 壅塞控制主要是當網路壅塞發生時，減緩網路壅塞情況的措施。由於網際網路使用封包交換機制，將資料轉換為封包後再交給路由器傳送。當網路流量升高、路由器的工作負擔大到無法負擔的時候，便會開始丟棄封包而發生封包遺失 (packet loss) 的情況。



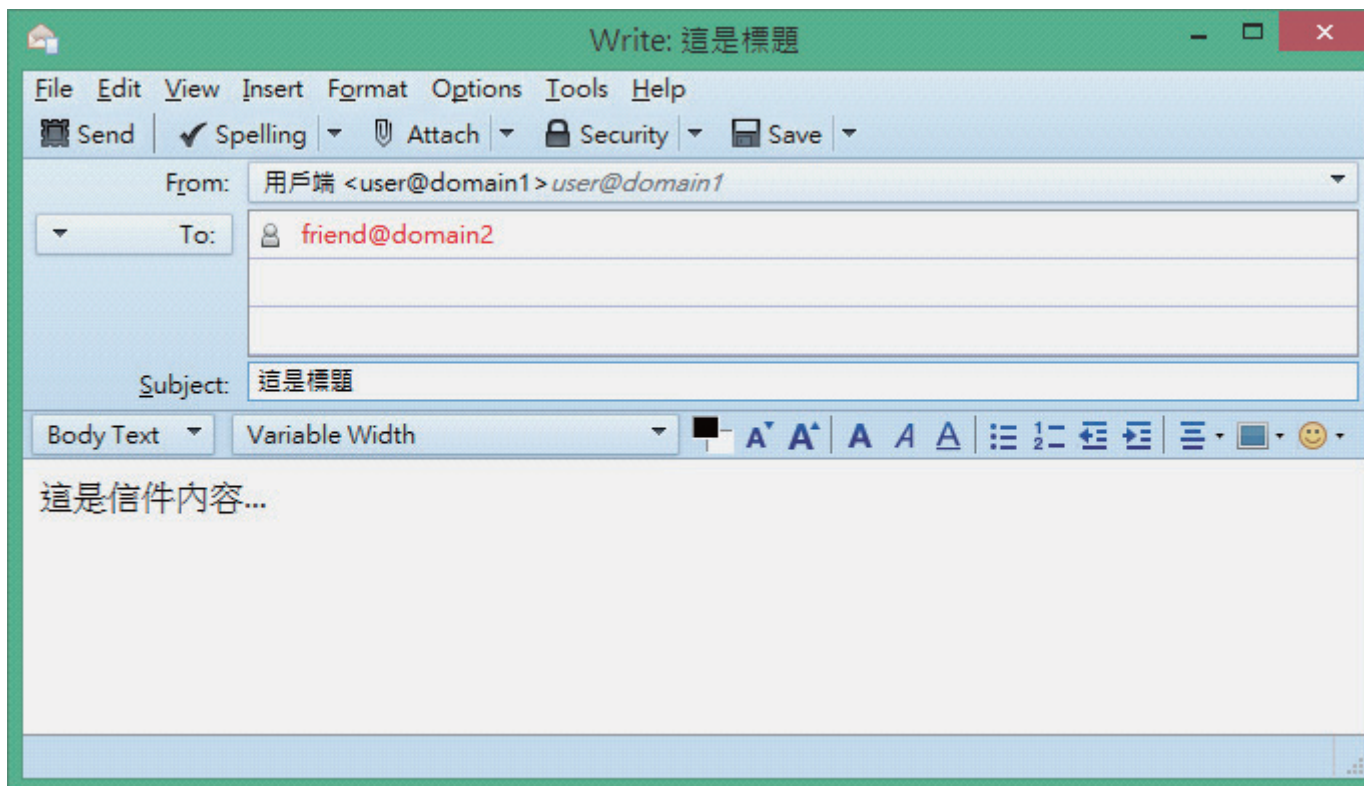


6-5 應用層

- ➡ 應用層就是最貼近網路使用者的各種不同應用程式所使用的通訊協定。現有的網路應用程式和協定包山包海，像是用來瀏覽網頁的超文件傳輸協定（Hyper-Text Transfer Protocol ; HTTP）、傳輸檔案的檔案傳輸協定（File Transfer Protocol ; FTP）、或是寄送Email使用的簡易郵件傳輸協定（Simple Mail Transfer Protocol ; SMTP）等等。



使用Mozilla Thunderbird 寄信的操作介面



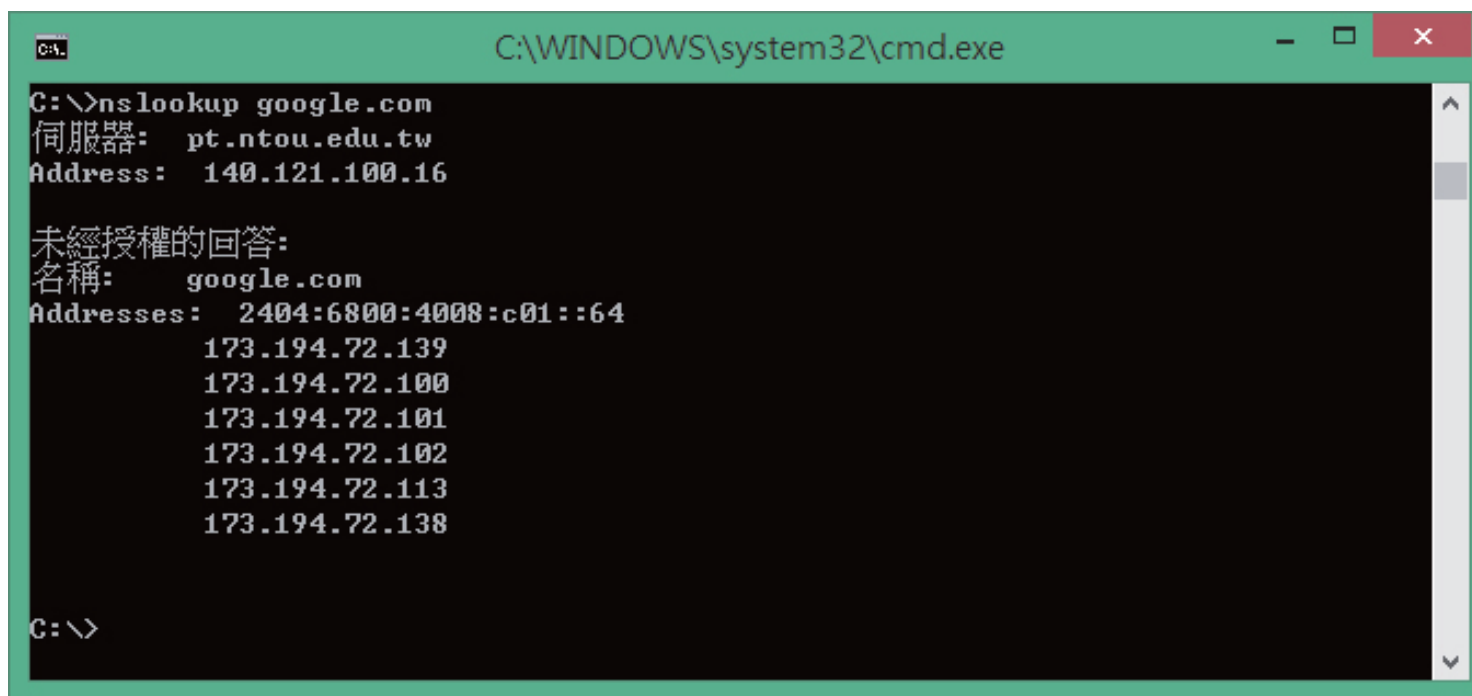


一個使用SMTP寄送Email 的範例





使用「nslookup」指令透過DNS名稱伺服器 查詢「google.com」所回傳的結果



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\>nslookup google.com
伺服器:  pt.ntou.edu.tw
Address:  140.121.100.16

未經授權的回答:
名稱:     google.com
Addresses: 2404:6800:4008:c01::64
          173.194.72.139
          173.194.72.100
          173.194.72.101
          173.194.72.102
          173.194.72.113
          173.194.72.138

C:\>
```



6-6 網際網路的基本設定和除錯方式

- ▶ 一個主機要連上網際網路，其基本的必要設定包括：
 - ▶ IP位址 (IP address)
 - ▶ 網路遮罩 (netmask)
 - ▶ 預設閘道器 (default gateway) 或是預設路由器 (default router)
 - ▶ 名稱伺服器 (DNS server)





6-6 網際網路的基本設定和除錯

- ➡ 可以手動設定，也可以自動取得 – 要看網路環境而定
 - ▶ 自動取得通常使用DHCP協定
- ➡ 同一個網路下，每個主機都要使用不同的IP位址





不同系統的設定界面 – Windows

網際網路通訊協定第 4 版 (TCP/IPv4) - 內容

一般

如果您的網路支援這項功能，您可以取得自動指派的 IP 設定。否則，您必須詢問網路系統管理員正確的 IP 設定。

☐ 自動取得 IP 位址(O)

☒ 使用下列的 IP 位址(S):

IP 位址(I): 192 . 168 . 1 . 1

子網路遮罩(U): 255 . 255 . 255 . 0

預設閘道(D): 192 . 168 . 1 . 254

☐ 自動取得 DNS 伺服器位址(B)

☒ 使用下列的 DNS 伺服器位址(E):

慣用 DNS 伺服器(P): 140 . 121 . 100 . 16

其他 DNS 伺服器(A): 140 . 121 . 81 . 16

☐ 結束時確認設定(L)

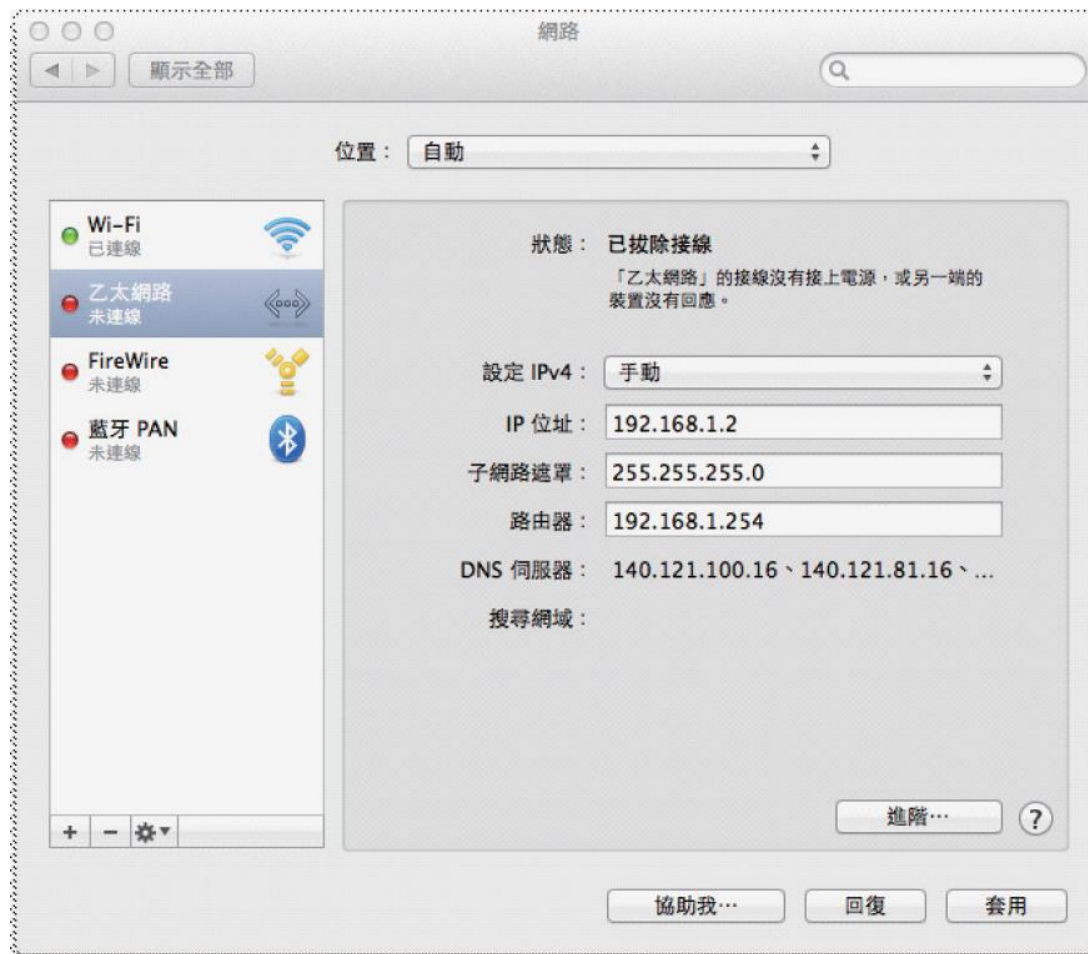
進階(V)...

確定 取消





不同系統的設定界面 – Mac OS X





使用「ipconfig /all」檢查IP設定

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>ipconfig /all

Windows IP 設定

主機名稱 . . . . . : giraffe
主要 DNS 尾碼 . . . . . :
節點類型 . . . . . : 混合式
IP 路由啟用 . . . . . : 否
WINS Proxy 啟用 . . . . . : 否
DNS 尾碼搜尋清單 . . . . . : cse.ntou.edu.tw

無線區域網路介面卡 Wi-Fi:

連線特定 DNS 尾碼 . . . . . : cse.ntou.edu.tw
描述 . . . . . : Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6200 AGN
實體位址 . . . . . : 00-27-10-DD-94-F8
DHCP 已啟用 . . . . . : 是
自動設定啟用 . . . . . : 是
連結-本機 IPv6 位址 . . . . . : fe80::b008:39b4:7081:1730%3<偏好選項>
IPv4 位址 . . . . . : 192.168.1.81<偏好選項>
子網路遮罩 . . . . . : 255.255.255.0
租用取得 . . . . . : 2013年12月6日 上午 09:45:53
租用到期 . . . . . : 2013年12月6日 下午 01:10:53
預設閘道 . . . . . : 192.168.1.254
DHCP 伺服器 . . . . . : 192.168.1.254
DNS 伺服器 . . . . . : 140.121.100.16
                        140.121.81.16
NetBIOS over Tcpip . . . . . : 啟用

C:\>
```





使用「netstat -rn」檢查路由

- 網路目的地為 0.0.0.0 的為預設路由器

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>netstat -rn

=====
介面清單
19...00 27 10 dd 94 f9 .....Microsoft 主控網路虛擬介面卡
4...00 24 be d8 12 9f .....Intel(R) 82577LC Gigabit Network Connection
3...00 27 10 dd 94 f8 .....Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6200 AGN
1.....Software Loopback Interface 1
5...00 00 00 00 00 00 e0 Microsoft ISA/IA6 Adapter
6...00 00 00 00 00 00 e0 Teredo Tunneling Pseudo-Interface
=====

IPv4 路由表
=====
使用中的路由:
=====
網路目的地          網路遮罩          閘道          介面          計量
0.0.0.0              0.0.0.0            192.168.1.254  192.168.1.81  25
127.0.0.0            255.0.0.0          在連結上      127.0.0.1    306
127.0.0.1            255.255.255.255    在連結上      127.0.0.1    306
127.255.255.255      255.255.255.255    在連結上      127.0.0.1    306
192.168.1.0          255.255.255.0      在連結上      192.168.1.81  281
192.168.1.81         255.255.255.255    在連結上      192.168.1.81  281
192.168.1.255        255.255.255.255    在連結上      192.168.1.81  281
224.0.0.0            240.0.0.0          在連結上      127.0.0.1    306
224.0.0.0            240.0.0.0          在連結上      192.168.1.81  281
255.255.255.255      255.255.255.255    在連結上      127.0.0.1    306
255.255.255.255      255.255.255.255    在連結上      192.168.1.81  281
=====
持續路由:
無
```





使用「ping」指令來檢查連線情況

- 注意：ping沒有回應不代表網路不通
- 成功的情況

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\>ping 192.168.1.254

Ping 192.168.1.254 <使用 32 位元組的資料>:
回覆自 192.168.1.254: 位元組=32 時間=6ms TTL=64
回覆自 192.168.1.254: 位元組=32 時間=3ms TTL=64
回覆自 192.168.1.254: 位元組=32 時間=3ms TTL=64
回覆自 192.168.1.254: 位元組=32 時間=1ms TTL=64

192.168.1.254 的 Ping 統計資料:
    封包: 已傳送 = 4, 已收到 = 4, 已遺失 = 0 (0% 遺失)
    大約的來回時間 (毫秒):
        最小值 = 1ms, 最大值 = 6ms, 平均 = 3ms

C:\>
```





「ping」失敗的情況

■ 主機連不上，或是連線逾時

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - □ ×
C:\>ping 192.168.1.254

Ping 192.168.1.254 <使用 32 位元組的資料>:
回覆自 192.168.1.81: 目的地主機無法連線。
回覆自 192.168.1.81: 目的地主機無法連線。
回覆自 192.168.1.81: 目的地主機無法連線。
回覆自 192.168.1.81: 目的地主機無法連線。

192.168.1.254 的 Ping 統計資料:
    封包: 已傳送 = 4, 已收到 = 0, 已遺失 = 4 (100% 遺失)

C:\>
```

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - □ ×
C:\>ping 192.168.1.254

Ping 192.168.1.254 <使用 32 位元組的資料>:
要求等候逾時。
要求等候逾時。
要求等候逾時。
要求等候逾時。

192.168.1.254 的 Ping 統計資料:
    封包: 已傳送 = 4, 已收到 = 0, 已遺失 = 4 (100% 遺失)

C:\>
```





使用「arp -a」指令檢查第二層

- ➡ 使用Ethernet或無線網路時，可用「arp -a」指定查詢鄰近主機的網路界面實體位址
- ➡ 連線狀態有誤時，相關紀錄會查詢不到
- ➡ 通常可以配合「ping」指令：先ping預設閘道，然後馬上用arp查詢

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>arp -a

介面: 192.168.1.81 --- 0x3
網際網路網址      實體位址      類型
192.168.1.92      60-33-4b-24-60-d9      動態
192.168.1.93      60-a4-4c-e6-53-d0      動態
192.168.1.99      00-08-9b-c4-69-07      動態
192.168.1.254     7e-c5-06-e1-17-3c      動態
192.168.1.255     ff-ff-ff-ff-ff-ff      靜態
224.0.0.2         01-00-5e-00-00-02      靜態
224.0.0.22        01-00-5e-00-00-16      靜態
224.0.0.252       01-00-5e-00-00-fc      靜態
224.0.0.253       01-00-5e-00-00-fd      靜態
239.255.255.250   01-00-5e-7f-ff-fa      靜態
255.255.255.255   ff-ff-ff-ff-ff-ff      靜態
```





使用nslookup指令，檢查DNS

- 若DNS服務不正常，也會無法正常存取網路服務
- 「要求逾時」
表示DNS服務
可能有問題
- 「找不到」
可能是近端
網路沒問題，
但對外可能
有問題

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>nslookup google.com

伺服器:  pt.ntou.edu.tw
Address:  140.121.100.16

DNS request timed out.
        timeout was 2 seconds.
DNS request timed out.
        timeout was 2 seconds.
*** 對 pt.ntou.edu.tw 的要求逾時

C:\>nslookup google.com

伺服器:  pt.ntou.edu.tw
Address:  140.121.100.16

*** pt.ntou.edu.tw 找不到 google.com: Non-existent domain

C:\>
```

