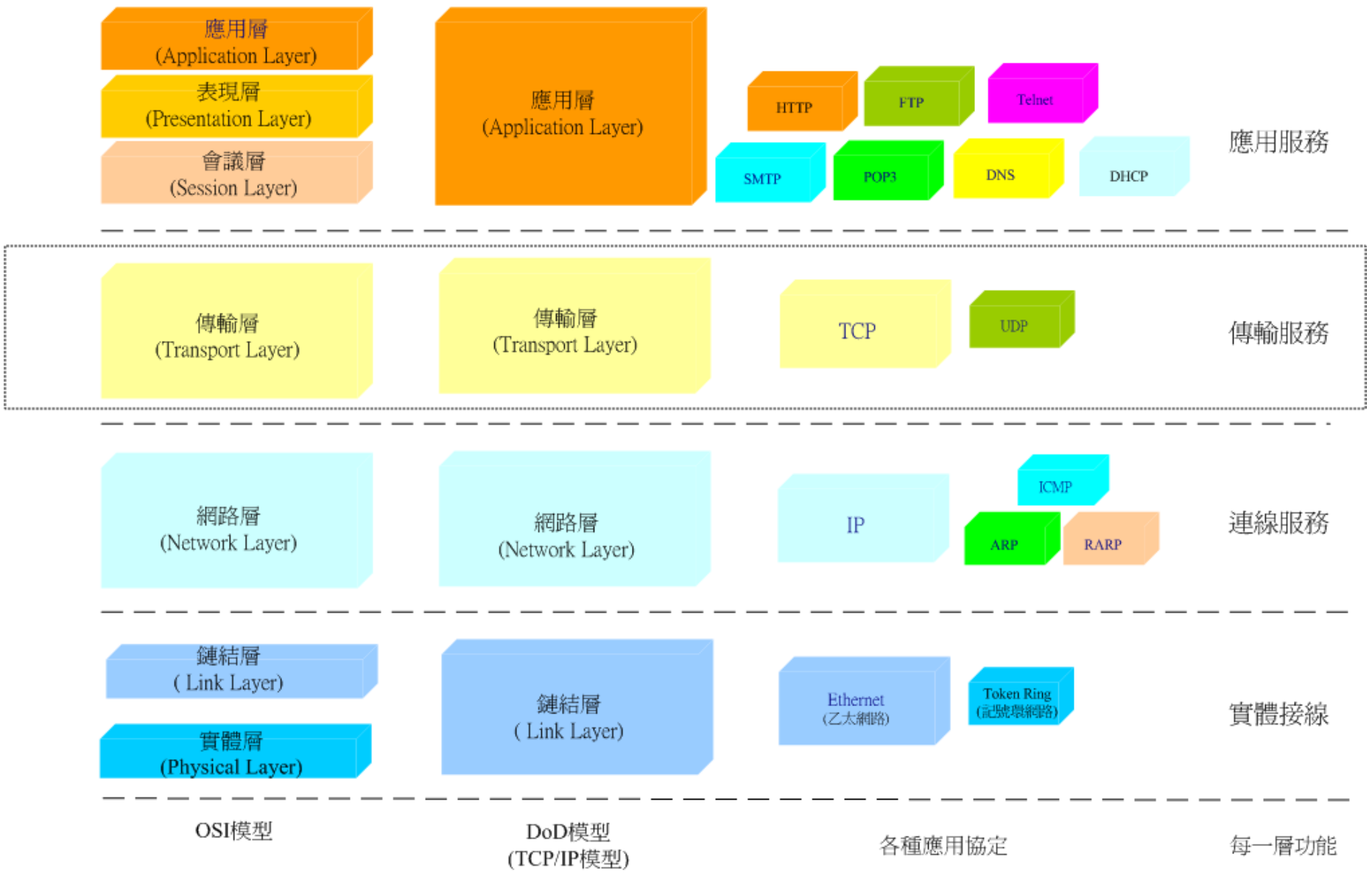
網路層-IP

NO3. NETWORK LAYER


應用層
(Application Layer)
表現層
(Presentation Layer)
會議層
(Session Layer)
應用層
(Application Layer)
HTTP
FTP
Telnet
SMTP
POP3
DNS
DHCP
應用服務
傳輸層
(Transport Layer)
傳輸層
(Transport Layer)
TCP
UDP
傳輸服務
網路層
(Network Layer)
網路層
(Network Layer)
IP
ICMP
ARP
RARP
連線服務
鏈結層
(Link Layer)
實體層
(Physical Layer)
鏈結層
(Link Layer)
Ethernet
(乙太網路)
Token Ring
(記號環網路)
實體接線
OSI模型
DoD模型
(TCP/IP模型)
各種應用協定
每一層功能

IP協定的功能

IP協定的二大主要功能

1. 選擇轉送路徑

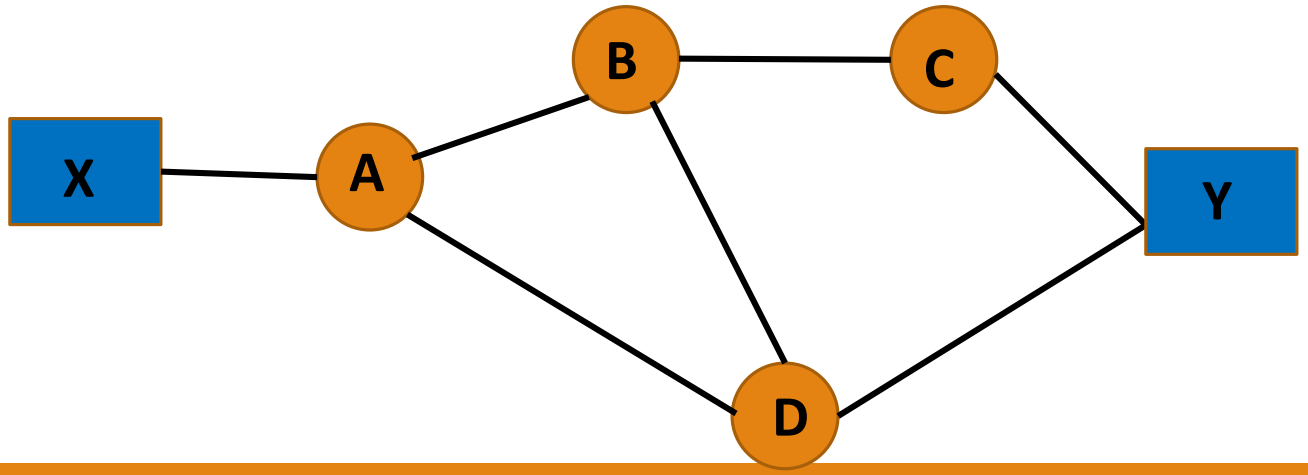
2. 封包的分割與重組

1.選擇轉送路徑

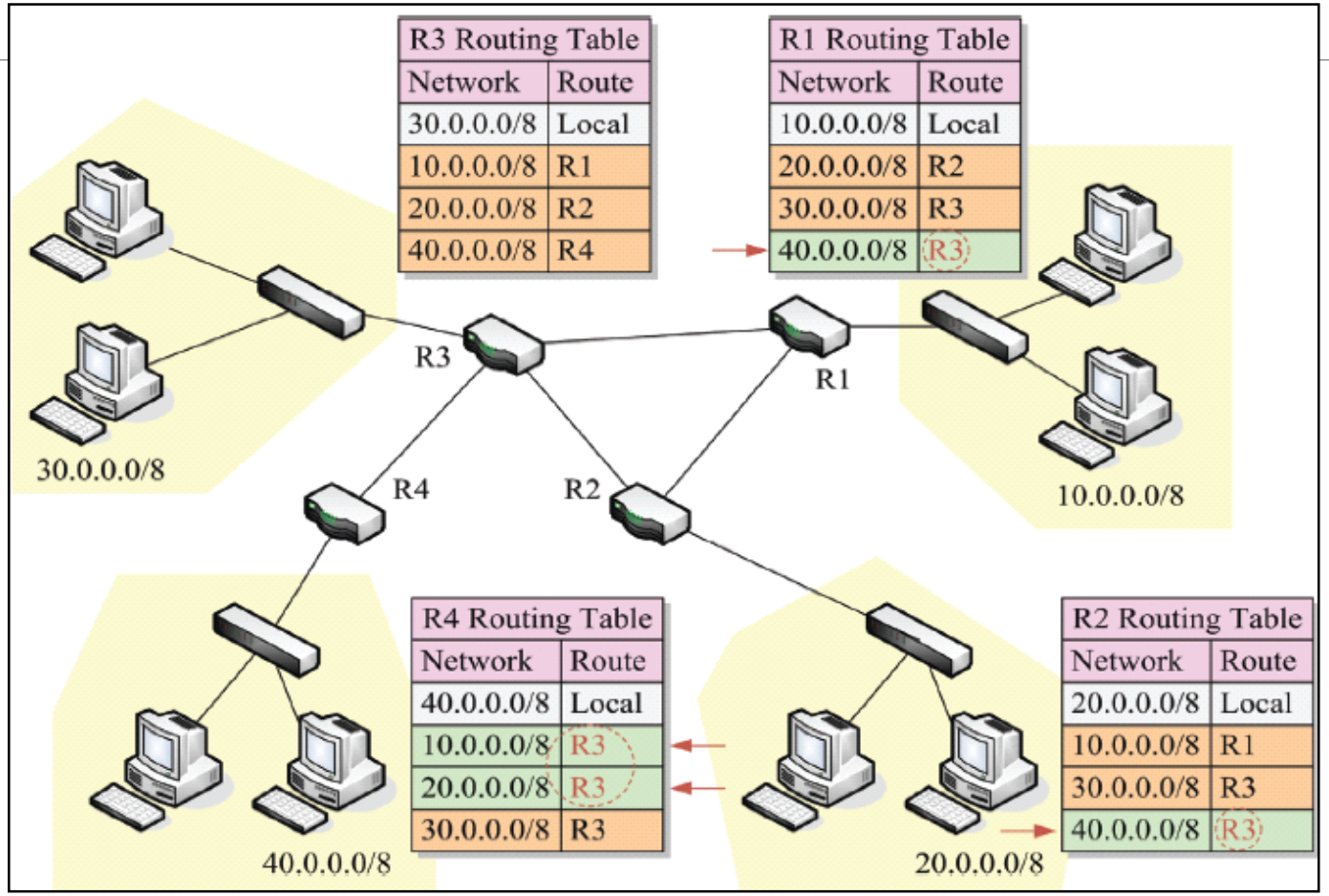
- 最佳路徑: 路由協定 Routing Protocol

如：X主機要傳封包到Y主機上

序號	路徑
1	X A B C Y
2	X A B D Y
3	X A D B C Y
4	X A D Y



例：IP路由表

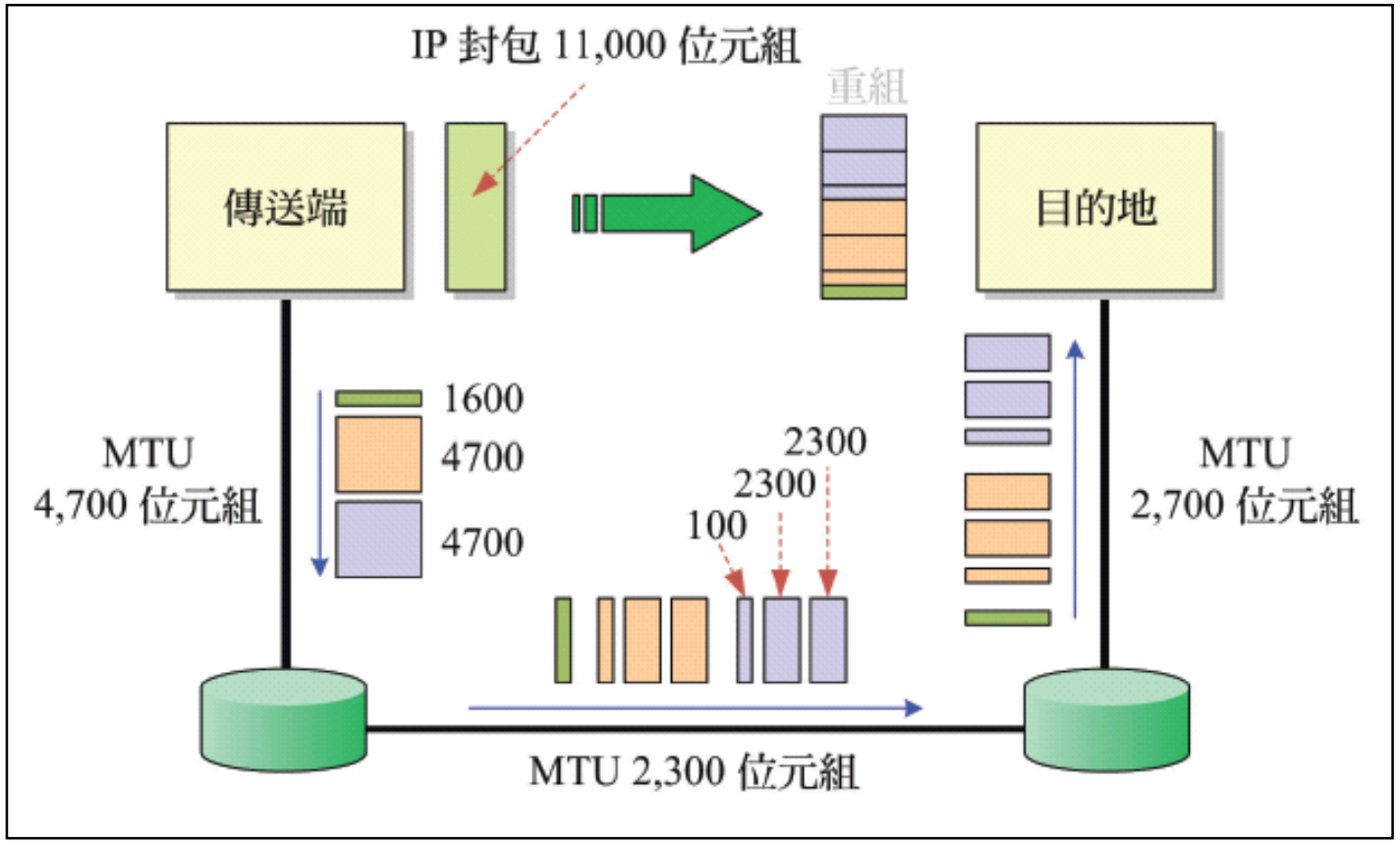


圖、路由表和網路架構的關係

2.封包的分割與重組

- 讓封包符合實體網路能運送的大小
- 最大傳送單位(Maximum Transmission Unit)
  - 實體網路能夠運送資料的最大單位
  - MTU= IP表頭+ IP運送的資料
  - 不同實體網路的MTU大小不同 (例如乙太網路1,500位元組)。
  - 合適的MTU大小選擇，能決定封包傳送的效能
- 封包抵達目的地後再重組上送傳輸層
  - 傳輸路徑上不同網路MTU不同，運送途中若可能發生切割後的封包，需要再切割的情形。
    - 封包切割後，不一定走相同的路線到目的地，也未必能依照順序抵達目的地

封包的切割與重組

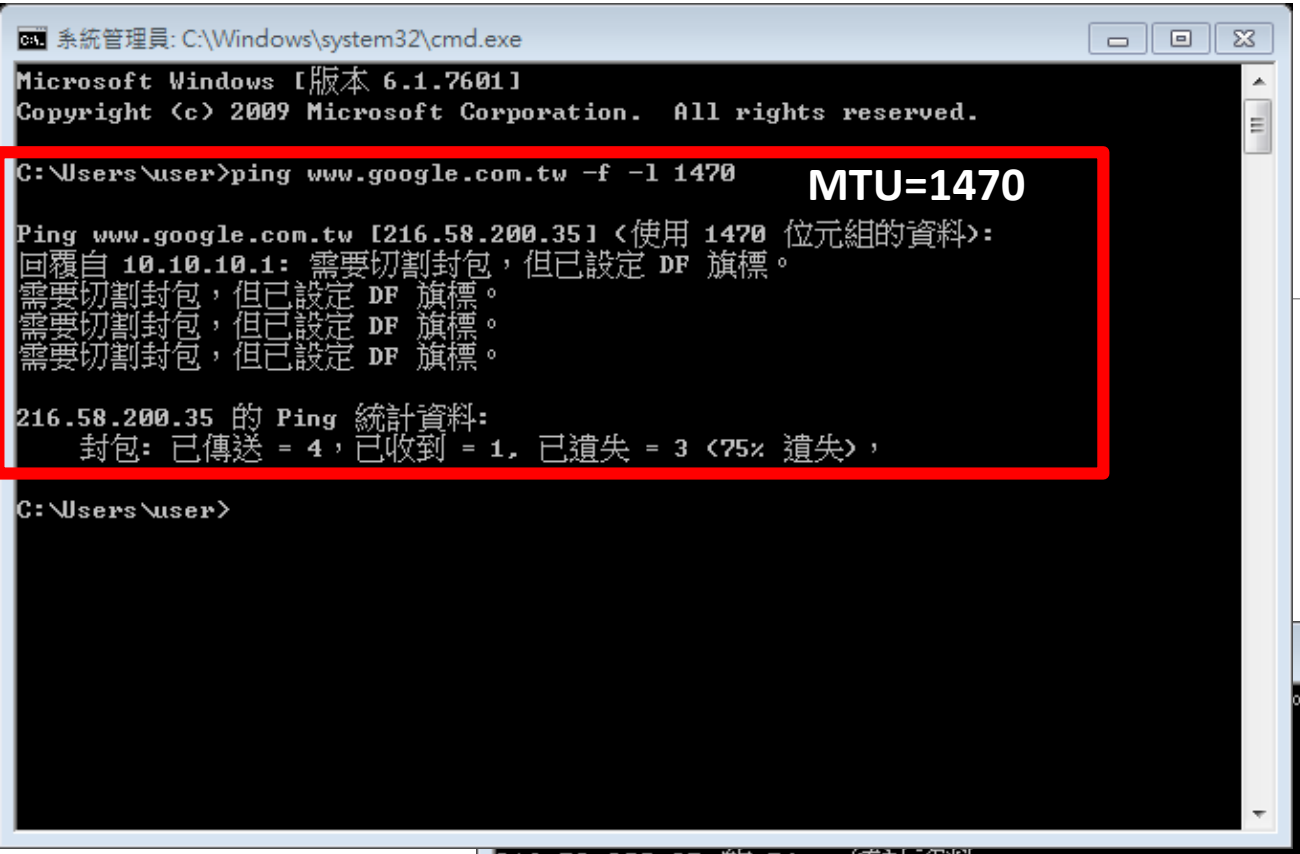

IP 封包 11,000 位元組
重組
傳送端
目的地
MTU
4,700 位元組
1600
4700
4700
2300
2300
100
MTU
2,700 位元組
MTU 2,300 位元組

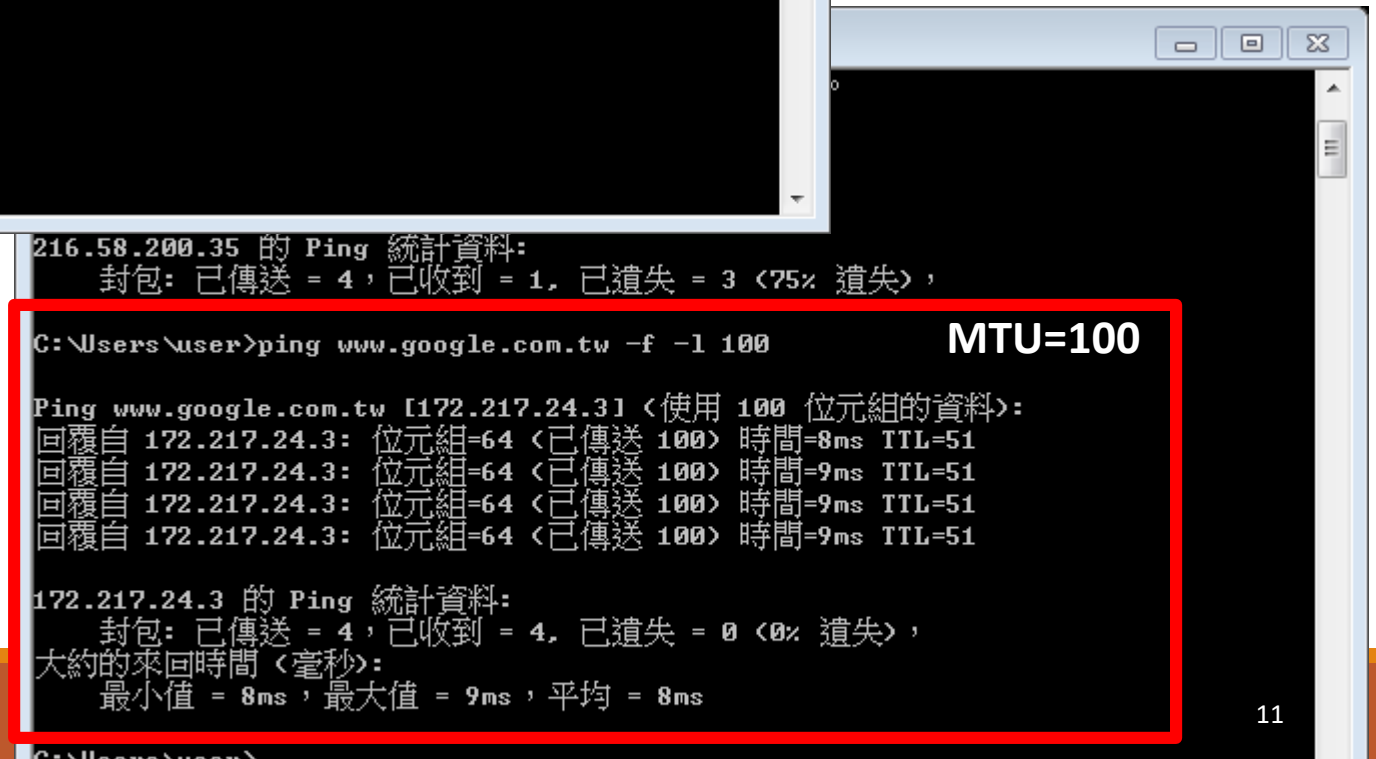
MTU實作

指令解釋

Ping 測試的指令是 ping tw.yahoo.com -f -l xxxx (數值)

- 可測試任何網址或IP
- 每一個指令之間有一個空格。
- "-l" 是小寫的 L ，不是數字一。
- 最後四位數字是測試的封包大小。


系統管理員: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.
C:\Users\user>ping www.google.com.tw -f -l 1470
MTU=1470
Ping www.google.com.tw [216.58.200.35] (使用 1470 位元組的資料):
回覆自 10.10.10.1: 需要切割封包，但已設定 DF 旗標。
需要切割封包，但已設定 DF 旗標。
需要切割封包，但已設定 DF 旗標。
需要切割封包，但已設定 DF 旗標。
216.58.200.35 的 Ping 統計資料:
封包: 已傳送 = 4，已收到 = 1，已遺失 = 3 (75% 遺失)，
C:\Users\user>


216.58.200.35 的 Ping 統計資料:
封包: 已傳送 = 4，已收到 = 1，已遺失 = 3 (75% 遺失)，
C:\Users\user>ping www.google.com.tw -f -l 100
MTU=100
Ping www.google.com.tw [172.217.24.3] (使用 100 位元組的資料):
回覆自 172.217.24.3: 位元組=64 (已傳送 100) 時間=8ms TTL=51
回覆自 172.217.24.3: 位元組=64 (已傳送 100) 時間=9ms TTL=51
回覆自 172.217.24.3: 位元組=64 (已傳送 100) 時間=9ms TTL=51
回覆自 172.217.24.3: 位元組=64 (已傳送 100) 時間=9ms TTL=51
172.217.24.3 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 = 8ms，最大值 = 9ms，平均 = 8ms

IP協定的四大特性

1. 非連線的傳輸協定
   - 傳送前不需要先建立連線路徑
2. 非同步通訊
   - 封包可以透過不同路徑抵達目的地
3. 不可靠的傳輸協定
   - 沒有傳送確認的機制，只送出封包但不追蹤封包是否到達目的地。
   - 沒有流量控制、錯誤重送、資料錯誤檢查的機制。
4. 較有效率的傳輸協定
   - 一切都以「傳送封包」為主要目的的功能

IP網路傳輸協定不可靠，怎麼辦？

- IP協定不可靠？？ 怎麼辦？
- IP協定 (快，但不可靠)
- IP協定如何同時達到可靠與 不可靠性 二種傳輸需求?
- 需配合上層的協定來幫忙完成，上層協定是”可靠的傳輸協定”
- TCP (可靠)、UDP(不可靠)

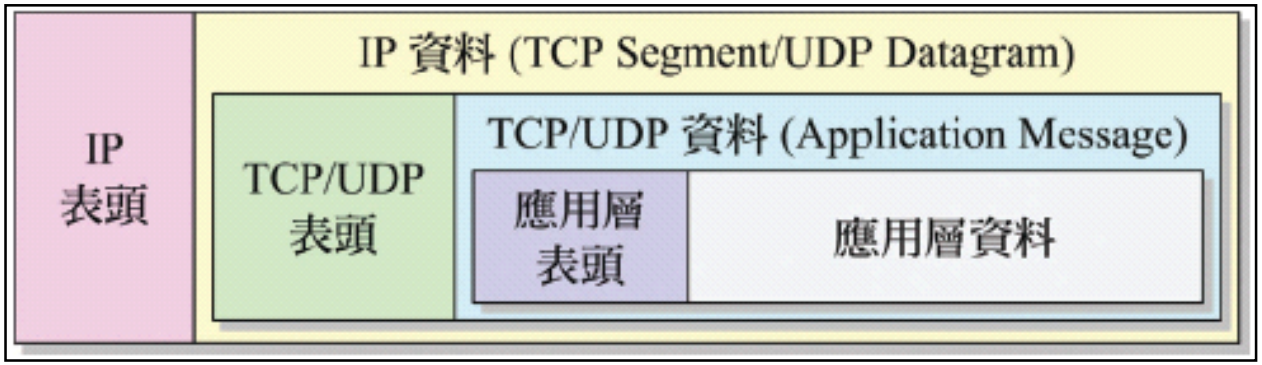
封包結構

網路層資料封裝與封包的格式

傳輸層送下來的TCP或UDP訊息加上IP表頭後封裝成傳送的封包

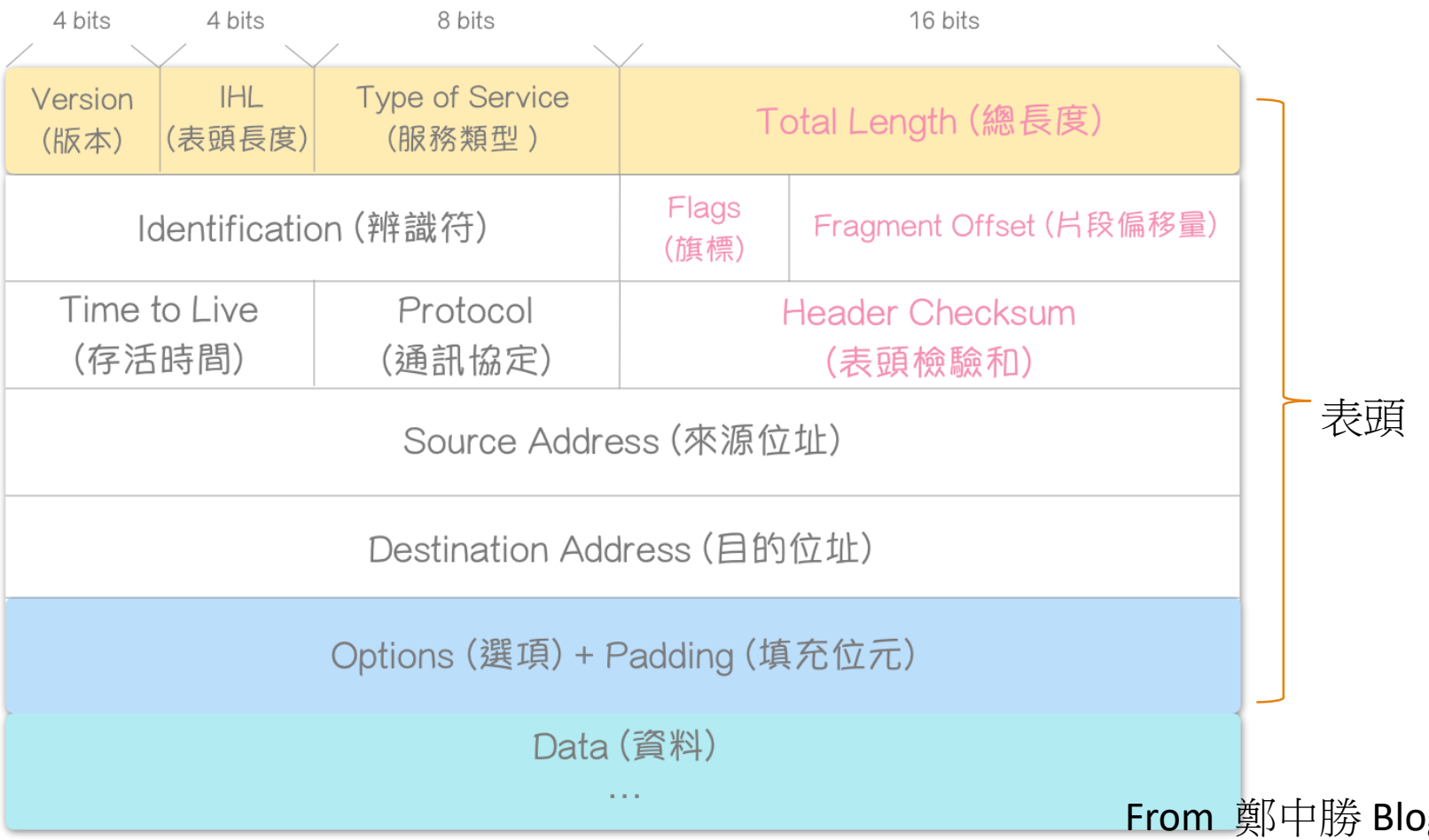
封包太大超過實體網路的運送單位，就必須切割成符合的大小

網路世界的包裹遞送系統



圖：IP封包的封裝內容

資料封裝與封包的格式



From 鄭中勝 Blog

版本、表頭長度

- Version (版本)

  佔 4 Bits, 記錄 IP 的版本編號。

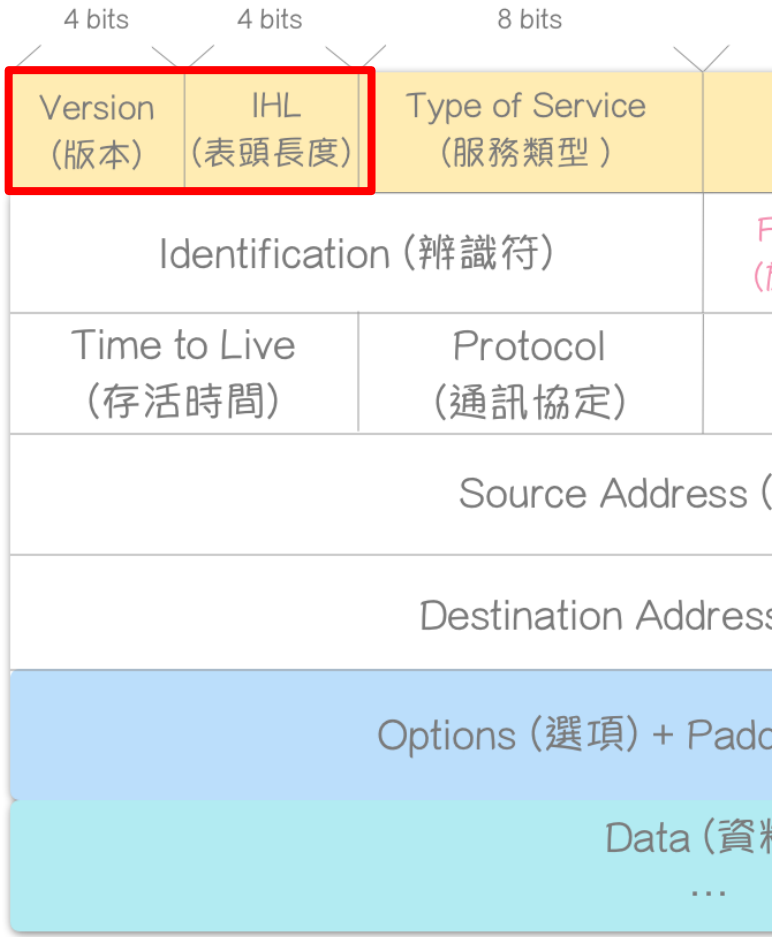
  目前最常見的 IP 版本為 IP Version 4, 亦即第 4 版, 欄位值為 4 (十進位) 或 0100 (二進位)。

- IHL (Internet Header Length,表頭長度)

  用來定義 IP 表頭的長度。

  由於 IP 表頭長度並不固定, 因此有必要記載其長度。

  以 4 Bytes 為基本單位。例如：IHL 欄位值為 0101 (二進位) 時, 換算為十進位為 5, 即代表 IP 表頭的長度為 5 x 4 = 20 Bytes。



服務類型

路由器可根據 Type of Service 中的 6 項參數, 決定如何處理 IP 封包：

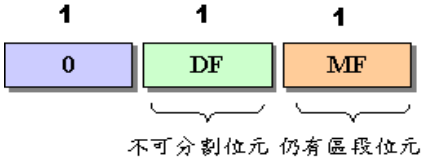
- Precedence
  - 用來決定 IP 封包的優先等級。
  - 數值愈大, 代表 IP 封包優先等級愈高
- Delay延遲性、Throughput傳輸量、Reliability可靠度、Cost成本
  - 提供路由器選擇路徑時的參考。
- Reserved
  - 保留未使用。

表、應用程式Type of Service 的參數參考

應用程式	Delay	Throughput	Reliability	Cost
Telnet	1	0	0	0
FTP Control	1	0	0	0
FTP DATA	0	1	0	0
SMTP Command	1	0	0	0
SMTP Data	0	1	0	0
DNS	1	0	0	0
ICMP	0	0	0	0
NNTP	0	0	0	1

總長度、辨識、旗標

- TL (Total Length)：封包總長度 (16 bits)
  - 包含「IP標頭」和「IP資料」的長度，以 “ bytes “ 為長度單位
- ID (Identification)：識別碼 (16 bits)
  - 資料發送端對IP資料封包設定的辨識碼，接收端可依此代碼來辨認封包
- FL (Flags)：旗幟識別 (3 bits)
  - 提供封包分割的控制訊息

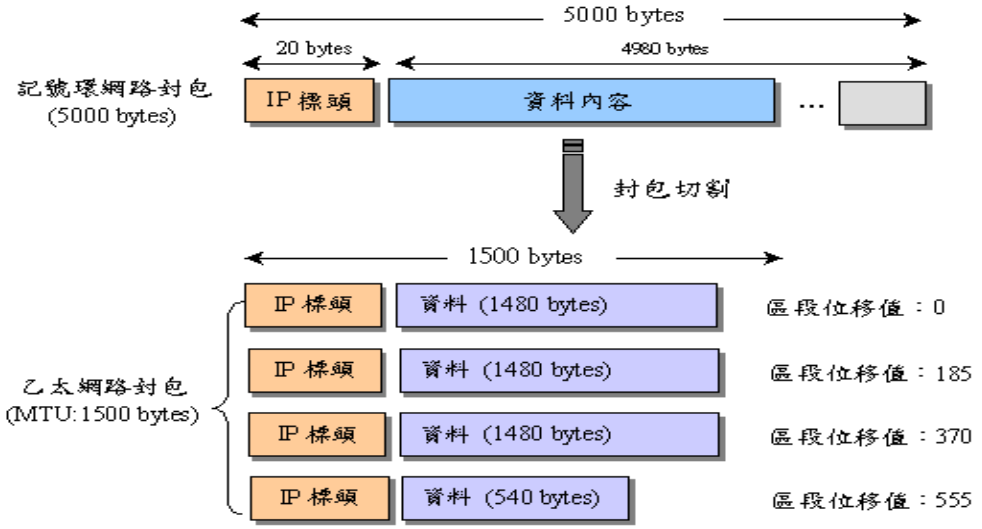


區段位移

FO (Fragment Offset)：區段位移 (13 bits)

記錄區段封包被分割後的位移值

ex:訊息長度:5000 bytes ; 乙太網路系統 ;IP標頭長度為20 bytes



其他

- TTL (Time To Live)：存活時間 (8 bits)
  - 記錄封包可在網路上進行傳送的剩餘時間
- PORT (Protocol)：網路協定 (8 bits)
  - 記錄封包在傳輸層所使用的網路協定識別碼
- HC (Header Checksum)：標頭檢查碼 (16 bits)
  - 檢查標頭訊息的傳送是否正確
- SA (Source IP Address)：來源IP位址 (32bits)
  - 儲存訊息發送的來源IP位址
- DA (Destination IP Address)：目的IP位址 (32bits)

儲存訊息接收的目的IP位址

- Options 與 Padding
  - 此 2 欄位為選擇性, 提供 IP 封包功能擴充的可能性。

定址

IP位址如何配發

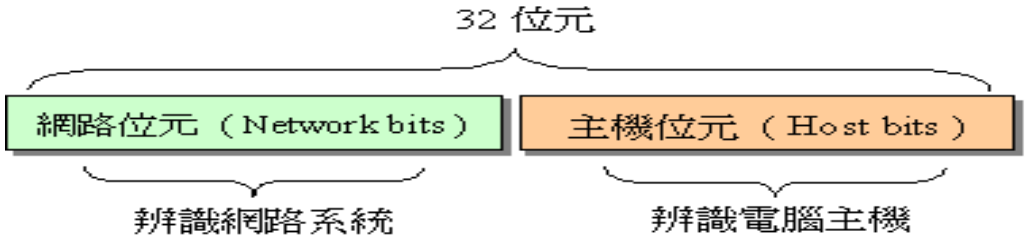
- IP位址原先由IANA（Internet Assigned Numbers Authority）負責，於1998年至1999年間將業務移交給ICANN，IANA成為ICANN的一個部門。
- ICANN現階段掌管全球IP位址配發的部分，先將IP配發給全球5個區域性管理組織：ARIN（北美和部分加勒比海地區）、RIPE NCC（歐洲、中東、中亞）、APNIC（亞太）、LACNIC（拉丁美洲和部分加勒比海地區）、AfriNIC（非洲），再由這些區域性組織往下分配到 各個國家，像是台灣為TWNIC負責IP申請及配發事務。

網路定址原理

IP包含兩部分:

- 網路位元(Network bits)

  辨識IP位址之所屬網路系統

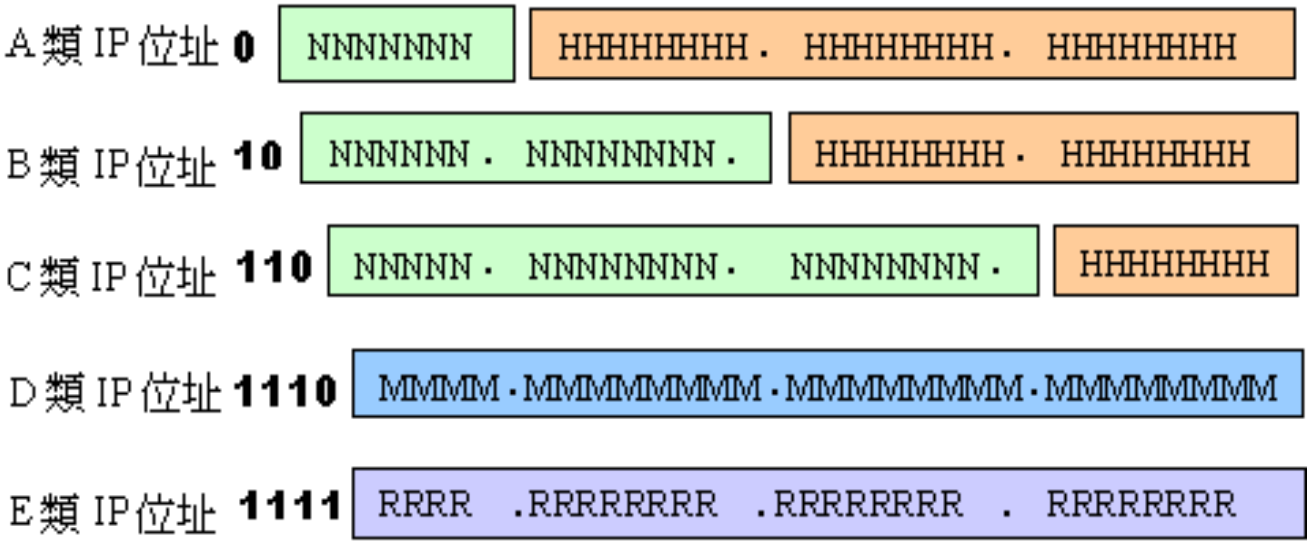


- 主機位元(Host bits)

  辨識IP位址在該網路系統中之所屬電腦主機

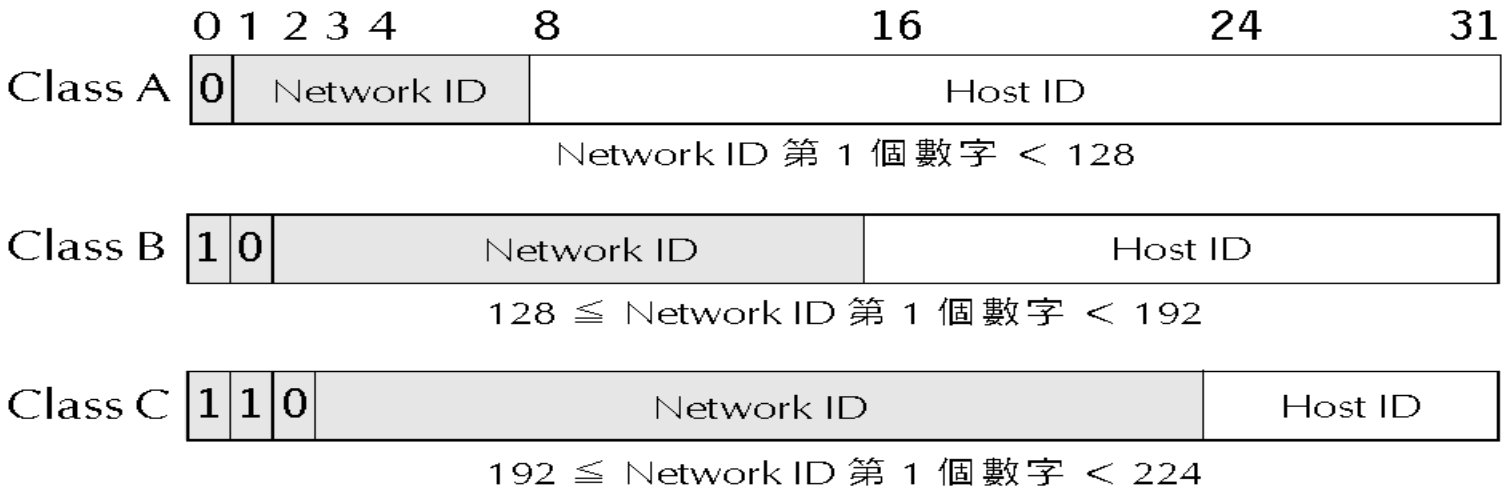
網路定址原理

網路位址分五類:



N—網路位元　H—主機位元
M—群播位元　R—保留位元

Class A、B、C 的範圍



以十進制來看

由1到126開頭的IP是A Class。
由128到191開頭的IP是B Class。
由192到223開頭的IP則為C Class。

練習

請判斷以下的這個IP的屬於Class A/B/C？

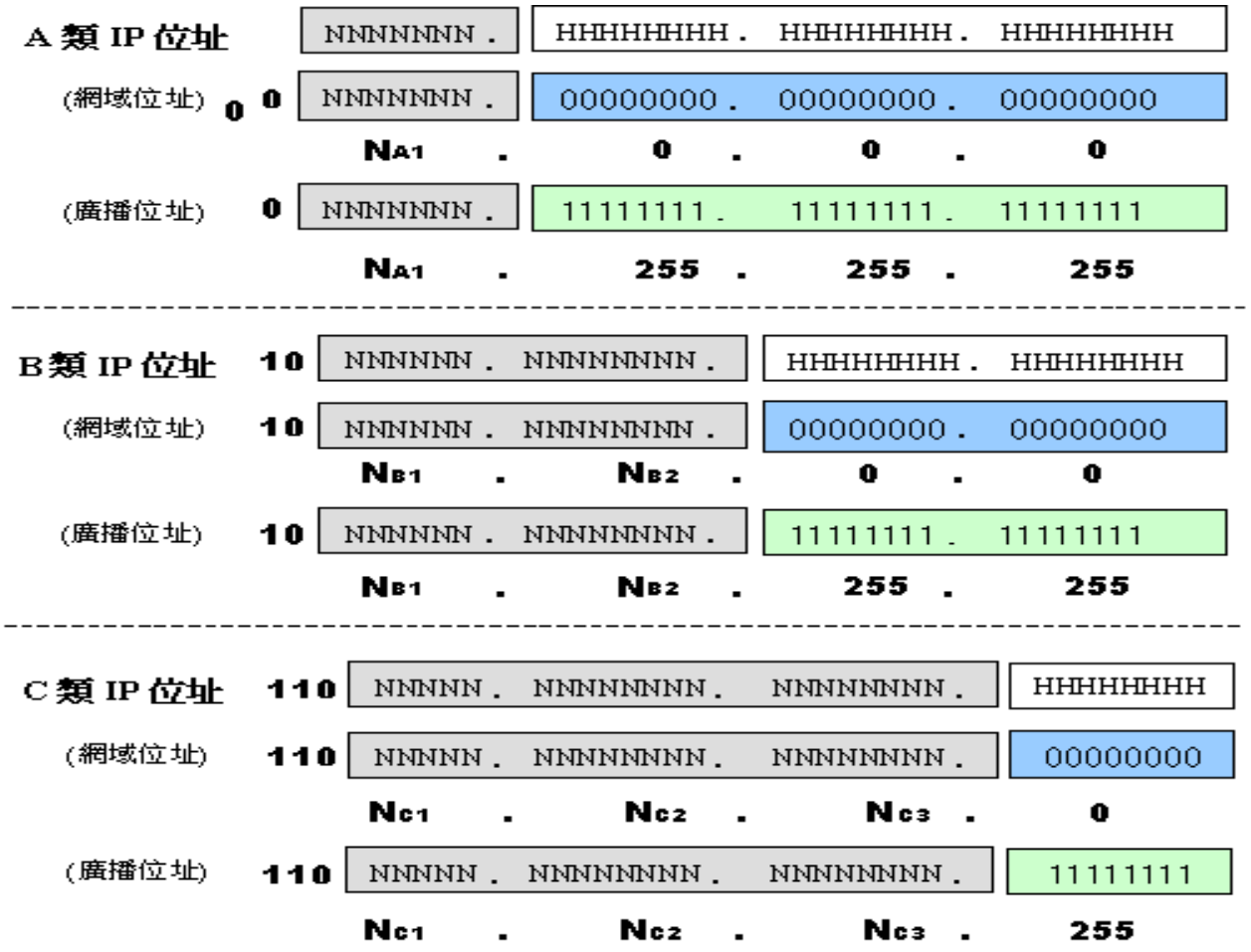
- 140.137.41.227
- 203.204.103.97

網路定址:
特殊位址、保留位址

A/B/C類IP位址中，均有兩個特殊位址不做主機位址使用

- 網域位址（Domain Address):用來判斷IP位址之所屬網域
  - 將IP位址中所有主機位元均設為 ” 0 ”
- 廣播位址（Broadcast Address）:用來對所屬網域之所有主機進行廣播
  - 將所有主機位元值均設為 “ 1 “
- 保留位址
  - 是在Class制定時就已經預訂保留，部分則是制定Class之後才因實際需求而保留，詳細的保留位址範圍可參考RFC 5735與RFC 6598文件。

各類IP位址之網域位址與廣播位址



➢網域位址（Domain Address):用來判斷IP位址之所屬網域

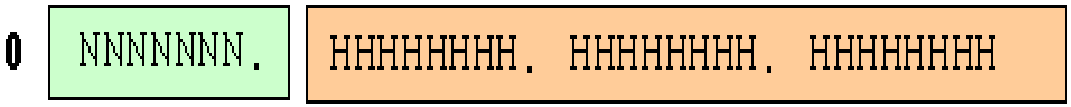
- 將IP位址中所有主機位元均設為 " 0 "

➢廣播位址（Broadcast Address）:用來對所屬網域之所有主機進行廣播

- 將所有主機位元值均設為 " 1 "

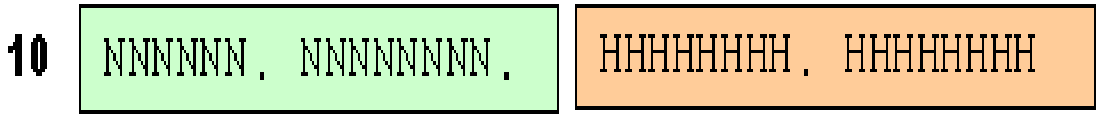
A類 IP位址

- 特殊網域:” 0.0.0.0 ” . “ 10.0.0.0 “. “ 127.0.0.0 ”
- 可提供(2^7-3) = 125個網路系統
- 可提供 (2^{24}-2) 個主機位址
- 共可提供約 125 ×(2^{24} - 2) 個IP位址
- 迴路回測 (Loopback Testing) --“ 127.0.0.1 “
  - 自己送自己訊息來檢查主機的TCP / IP的設定是否正確
- 以十進制來看，由1到126開頭的IP是A Class。



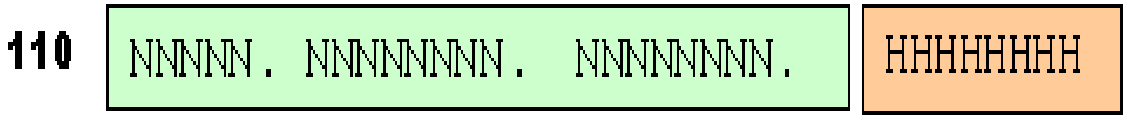
B類 IP位址

- 可提供$2^6 \times 2^8 = 2^{14}$個網路系統
- 可提供$(2^{16} - 2)$個主機位址
- 共可提供約 $2^{14} \times (2^{16} - 2)$ 個IP位址
- 以十進制來看，由128到191開頭的IP是B Class。



C類 IP位址

- 保留 “192.168.0.0 “網域作為企業內網路使用
- 可提供$(2^5 \times 2^8 \times 2^8 - 1) = (2^{21} - 1)$個網路系統
- 可提供$(2^8 - 2)$個主機位址
- 共可提供約 $(2^8 - 2) \times (2^{21} - 1)$個IP位址
- 以十進制來看，由192到223開頭的IP則為C Class。



IP位址

由表可看出Class A、B、C雖然各有多個主機數目可分配，但若將這麼多部電腦連接在同一個網路中，勢必造成網路效能的低落，因此實際上不可行。

所以在此情況下，是會浪費掉許多IP位址的。

等級	開頭	網路數目	主機數目	使用範圍	申請領域
A	0	126	16,777,214	1.x.x.x到126.x.x.x	國家級
B	10	16,384	65,534	128.x.x.x到191.x.x.x	跨國組織
C	110	2,097,152	254	192.x.x.x到223.x.x.x	企業組織
D	1110	-	-	224.-到239.-	多播傳遞
E	1111	-	-	240.-到255.-	保留範圍

IPv4枯竭: APNIC 首先

負責管理亞太地區IP配發的APNIC，在2011年4月，只剩下最後一個/8位址區段，之後如果想要再申請IP，只能得到最後/8區段其中的 /22區段。

目前APNIC在2012年7月2號時，剩下93%的/8位址區段。不過全球其他4個區域性管理組織的狀況也不好，預計也將在這1、2年之內 進入最後一個/8區段。

這個情形其實相當不樂觀，尤其這幾年手持式連網裝置爆炸性成長，IP位址的消耗更為快速，極有可能在預定的時間之前就把位址使用完畢，雖然可以利用NAT的方式減少實際對外網路IP的需求，但並非長久之計。

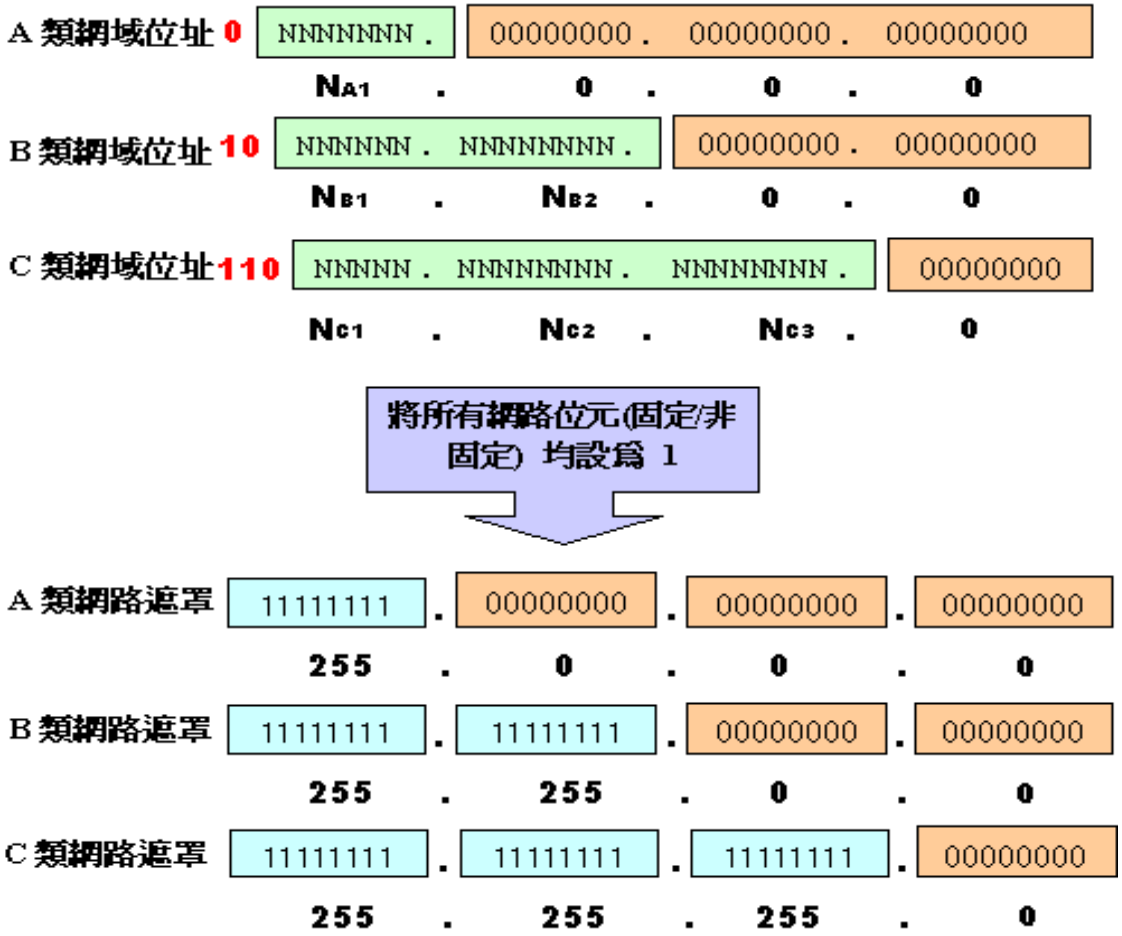
解決方案之一：IPv6

- 網際網路通訊協定第6版
- 網際網路協定的最新版本，用於封包交換網際網路的網路層協議，旨在解決IPv4位址枯竭問題
- 主要的想解決IPv4的種種問題：
  - 提供充足的IP位址數量
  - 頻寬保證：具有Flow Label，加上RSVP協定，可提供項電信服務般的頻寬保證。
  - 安全性：具有加密功能，不怕IP被竊聽竄改。

網路遮罩
Network mask

網路名稱的識別:讓機器看懂網路名稱

A/B/C類網路遮罩示意圖



網路遮罩

- 讓機器看懂網路名稱
- 利用AND 運算
- 計算步驟
  - 1.10進制 ->2進制
  - 2.AND運算 (有零則零)
- 表示法： ex: 172.16.3.0/27

網路遮罩

定義

- 將網域位址中所有的網路位元 (固定與非固定) 均設為 “ 1 “
- 用來進行網域辨識

A類網路遮罩 : “ 255.0.0.0 “

B類網路遮罩 : “ 255.255.0.0 “

C類網路遮罩 : “ 255.255.255.0 “

例子

- 請判斷以下的這個IP的 網路位址 網路名稱？
  - 表示法：26.2.21.198/8
  - 運算時：26.2.21.198/255.0.0.0
  - 0011010.0000000.0000000.00000000

二個IP在同網段嗎?

例如：100.100.100.1跟100.100.100.100在同網段嗎？

(假設遮罩是255.255.255.0)

100.100.100.1　　換成2進位 01100100.01100100.01100100.00000001

100.100.100.100 換成2進位 01100100.01100100.01100100.01100100

255.255.255.0　　換成2進位 11111111.11111111.11111111.00000000

2組IP分別跟遮罩做 AND 運算 (AND: 其中一個有0的就是0,除非2個都是1才會是1)

結果

100.100.100.1 AND 255.255.255.0 => 100.100.100.0

(01100100.01100100.01100100.00000000)

100.100.100.100 AND 255.255.255.0 => 100.100.100.0

(01100100.01100100.01100100.00000000)

運算後的結果都一樣, 都是 100.100.100.0 ,所以 100.100.100.1 跟 100.100.100.100 是鄰居

二個IP在同網段嗎? (情況二)

- 100.100.100.1跟100.100.100.100在同網段嗎？

假設遮罩是255.255.255.248

255.255.255.248　換成2進位 11111111.11111111.11111111.11111000

結果

100.100.100.1 AND 255.255.255.248 => 100.100.100.0

(01100100.01100100.01100100.11111000)

100.100.100.100 AND 255.255.255.248 => 100.100.100.192

(01100100.01100100.01100100.01100000)

運算後的結果2個不一樣耶, 變成 100.100.100.0 跟 100.100.100.192 所以在這個例子遮罩是 255.255.255.248, 100.100.100.1 跟 100.100.100.100 就不是鄰居.

二個IP在同網段嗎? (結論)

- 100.100.100.1跟100.100.100.100在同網段嗎？

- 情況一：

  假設遮罩是255.255.255.0

  相同！！

- 情況二：

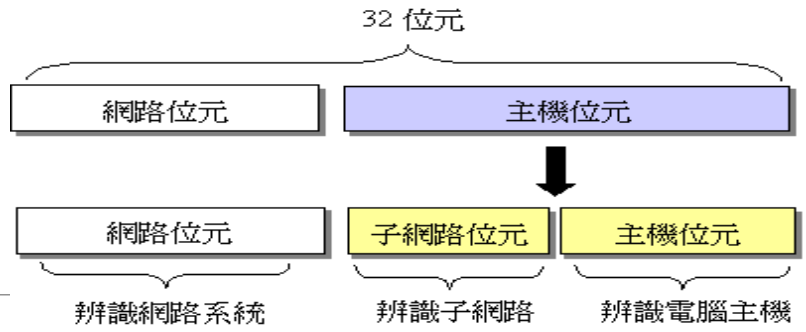
  假設遮罩是255.255.255.248

  不相同！

結論：不一定，要看遮罩

子網路與子網路遮罩

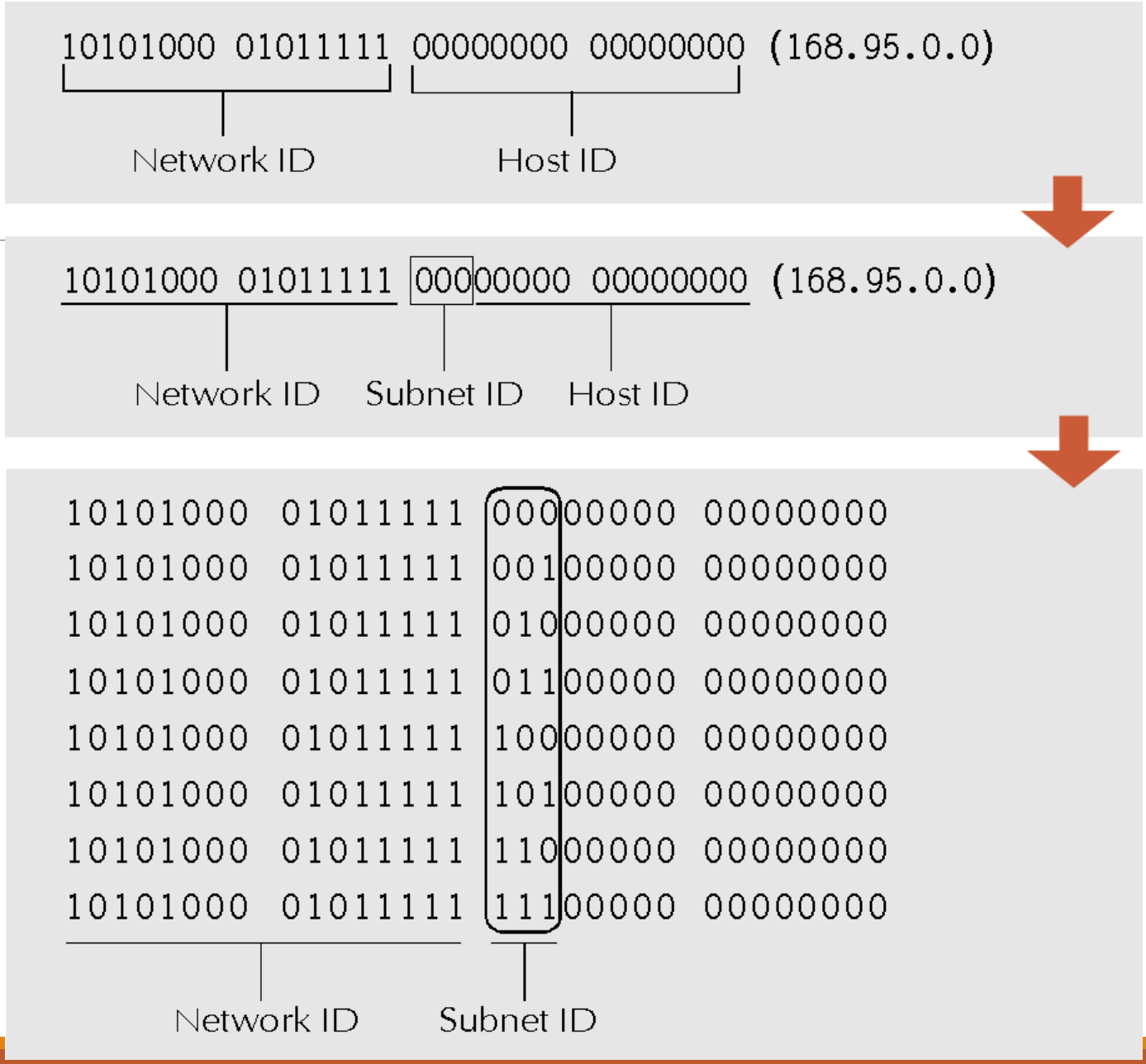
子網路 (Subnet)



- 同一個 IP 位址等級的網路切割成數個子網路, 使網路規模較小, 增加網路效能。
- 切割後的子網路可正常與其他網路互相連接。
- 切割方式：向主機位元借位成子網路位元，將網路劃分成數個較小的子網路 (從 Host ID『借用』前面幾個 Bit, 作為子網路ID。)
  - 讓每個子網路擁有一個獨一無二的子網路ID, 以便路由器能識別這些切割出來的子網路。
- 識別網路名稱方法：子網路遮罩

例子1

Class B等級的IP跟網路名稱借3bits，切割成2^3個子網路(8個)

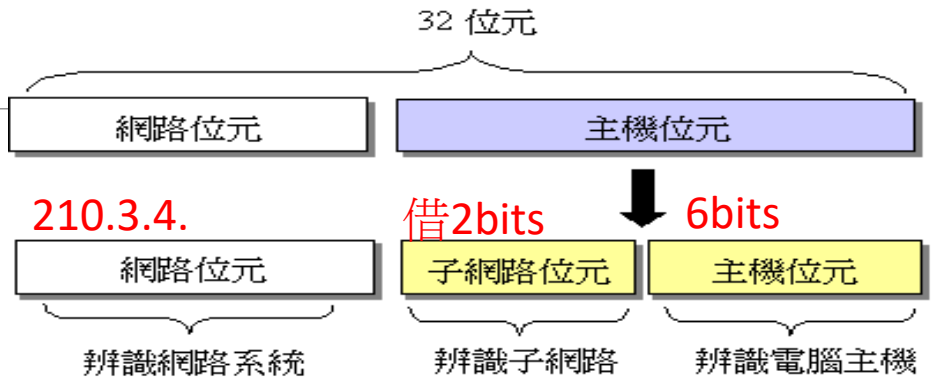


例子2

- 小黃分配到 一個class C的 IP (210.3.4.x), 今天想要切成數個子網路來分配使用，他借數個主機名稱
  - 借2bits主機名稱

答案請包含每個子網路網路名稱、子網路可用IP範圍、廣播IP

解答



第x個子網路	子網路位址	子網路用IP	有效IP	廣播用IP
1	00	210.3.4.0	210.3.4.1 ~ 210.3.4.62	210.3.4.63
2	01	210.3.4.64	210.3.4.65 ~ 210.3.4.126	210.3.4.127
3	10	210.3.4.128	210.3.4.129 ~ 210.3.4.190	210.3.4.191
4	11	210.3.4.192	210.3.4.193 ~ 210.3.4.254	210.3.4.255

子網路遮罩 subnet mask

子網路遮罩

- 是一種用來指明一個IP位址的哪些位標識的是主機所在的子網路以及哪些位標識的是主機的位遮罩。
- 通常情況下，子網路遮罩的表示方法和位址本身的表示方法是一樣的。
- 子網路遮罩的好處就是：不管網路有沒有劃分子網路，只要把子網路遮罩和IP位址進行逐位的「與」（AND）運算，就立即得出網路位址來。
- 這樣在路由器處理到來的分組時就可以採用同樣的方法。

Subnet Mask (子網路遮罩)

切割子網路後, 路由器無法從前導位元來識別 Network ID。

子網路遮罩讓路由器能判斷 IP 位址中哪幾個位元為 Network ID, 哪幾個位元為 Host ID。

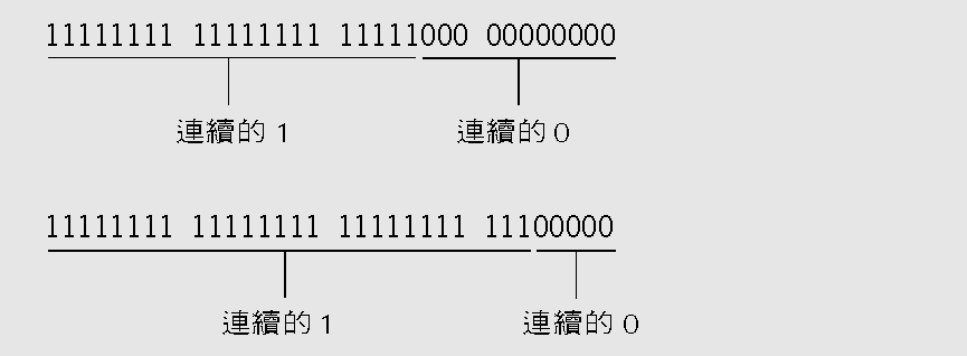
表、Class C 網路可能切割 Subnet 的方式

Subnet ID 位元數	形成的 Subnet 數目	每個 Subnet 可用的 Host ID
1	2	128
2	4	64
3	8	32
4	16	16
5	32	8
6	64	4
7	128	2

Subnet Mask 的特性 -1

長度為 32 Bits, 與 IP 位址的長度相同。

必須由連續的 1, 加上連續的 0 所組成。

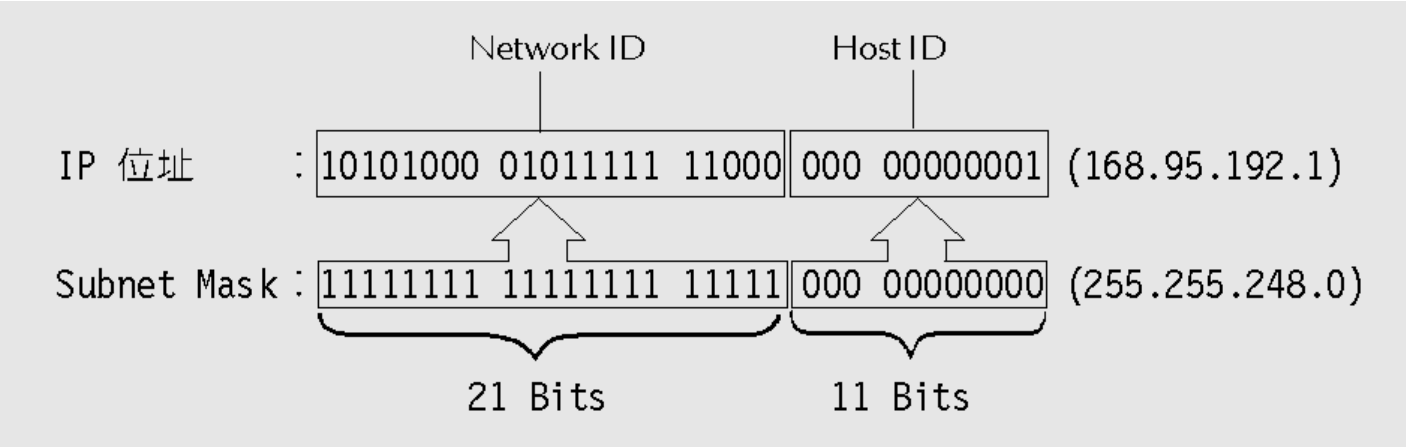


會轉成十進位以方便閱讀。

11111111 11111111 11111111 00000000 → 255.255.255.0

Subnet Mask 的特性 -2

必須與 IP 位址配對使用才有意義。



168.95.192.1 / 21

亦可這樣表示

『/』前面是正常的 IP 表示法,『/』後面的數字 21 則代表 Subnet Mask 中 1 的數目。

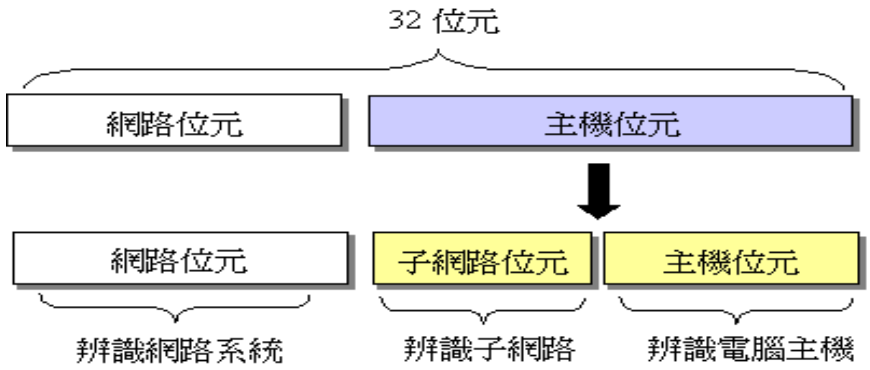
Class A、B、C 對應的 Subnet Mask

```
Class A   : 11111111 00000000 00000000 00000000 (255.0.0.0)

Class B   : 11111111 11111111 00000000 00000000 (255.255.0.0)

Class C   : 11111111 11111111 11111111 00000000 (255.255.255.0)
```

練習一

小明分配到 一個class B的 IP (140.112.x.x)， 今天想要切成數個子網路來分配使用

- case 1 : 不切割
- case 2 : 借1bits主機名稱
- case 3 : 借2bits主機名稱
- Case 4 : 借8bits主機名稱



答案請包含每個子網路網路名稱、子網路可用IP範圍、廣播IP 、子網路遮罩

練習二

請設定172.16.3.x/27的網路遮罩

台灣某公司有40個員工，需要40個IP，如何設定網段、遮罩

網卡設定實作

網卡設定 (WIN7為例)

Step 1. 點擊左下角的「開始」功能表，接著點擊「控制台」

Step 2. 接著點擊「網路和網際網路」中的「檢視網路狀態及工作」

Step 3. 順利開啟「網路和共用中心」後，再從左邊的項目中點擊「變更介面卡設定」

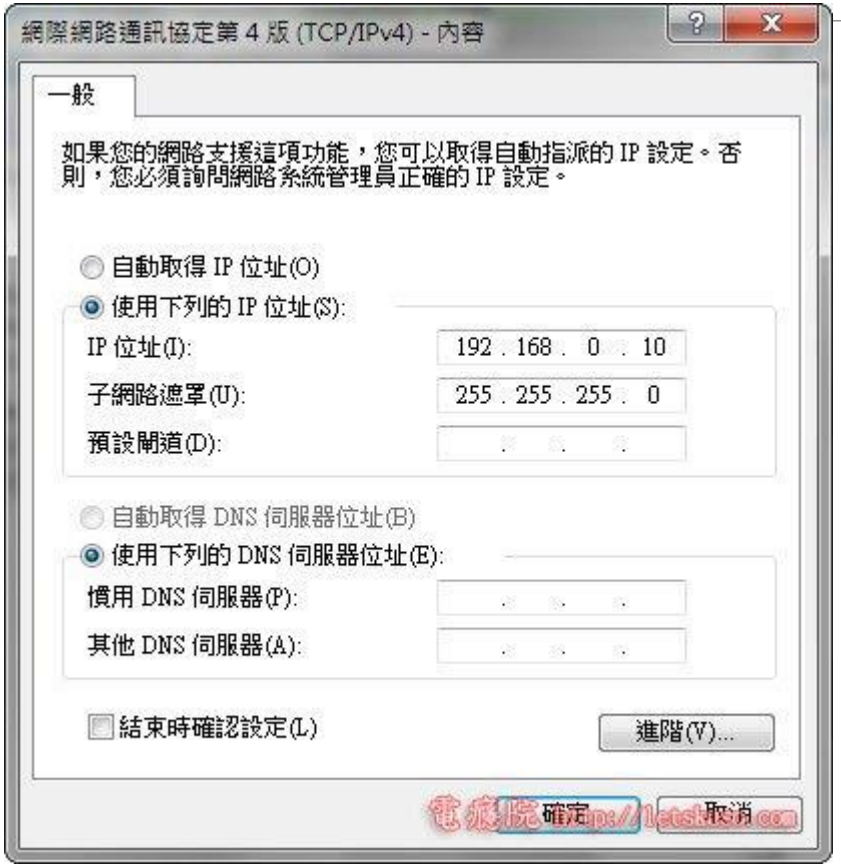
Step 4. 來到「網路連線」的頁面 (每台電腦網路連線內容都不同)

Step 5.了解自己是透過哪一個網路卡上網之後，在那一個網路卡的上方按滑鼠右鍵，並點選「內容」

Step 6. 接著從清單中點選「網際網路通訊協定第4版(TCP/IPv4)」，並點擊下方的〔內容〕

Step 7.「自動取得IP」或「固定IP」

IP 設定實例



- IP 位址
- 子網路遮罩
- 預設閘道
- 領域名稱伺服器(DNS)

From:電癮院