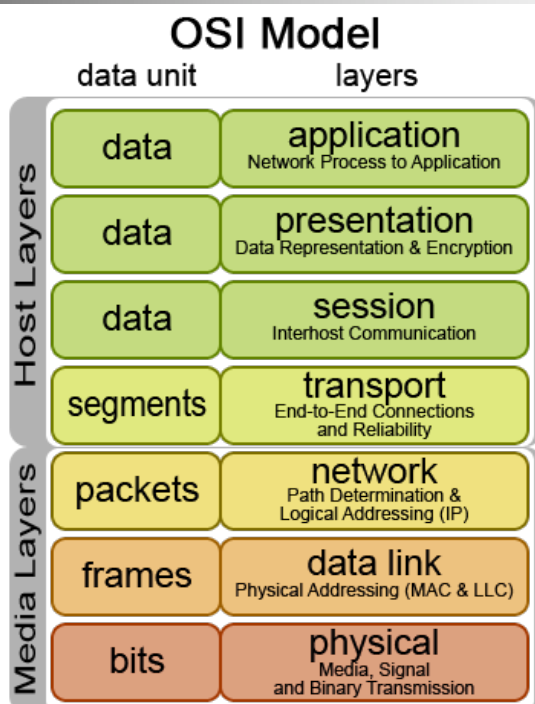


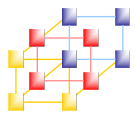
## Unit 8

### 網路層



## 網路層

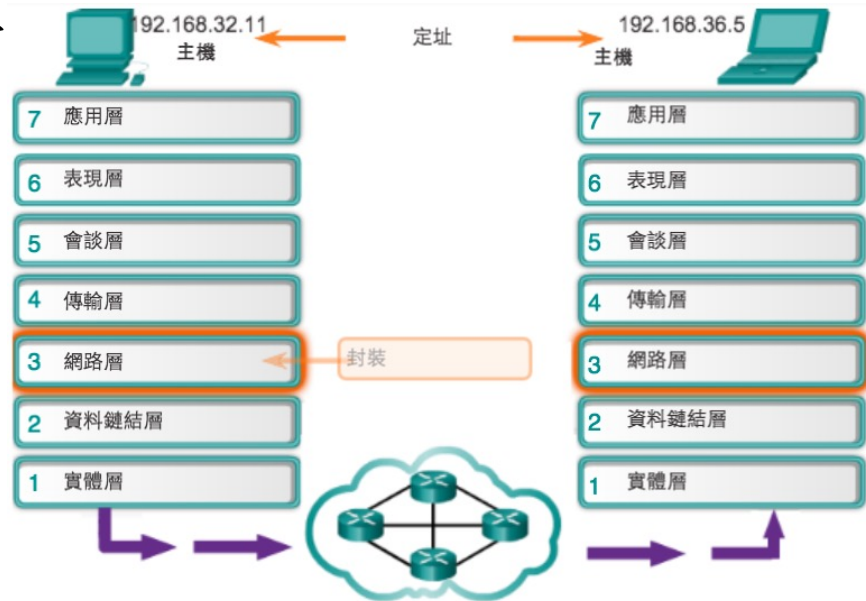




## 通信中的網路層

### ■ 端對端傳輸程序

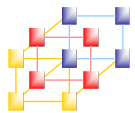
- 終端裝置定址
- 封裝 (Encapsulation)
- 路由 (Routing)
- 解封裝 (De-encapsulation)



網路層協定在主機之間轉送傳輸層 PDU。

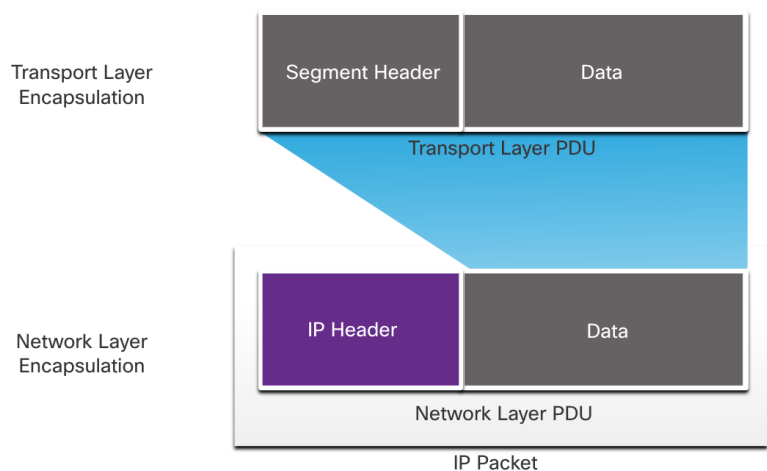
通訊與網路概論

3



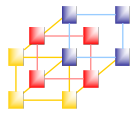
## 封裝 IP

- IP 會透過新增 IP 標頭來封裝傳輸層的網段或其他資料
- IP 標頭用於將封包傳送到目的地主機
- 每層都做數據封裝使得在不同層的服務開發和擴展而不會被其他層影響
- IP 頭由第 3 層設備（即路由器和第 3 層交換器）檢查，因為它在網路傳播到其目的地。需要注意的是，從封包離開來源主機開始直到它到達目的地主機之前，IP 位址資訊保持不變，除非有經過 IPv4 的網路位址轉譯（NAT）的裝置轉譯



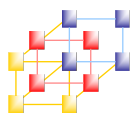
通訊與網路概論

4



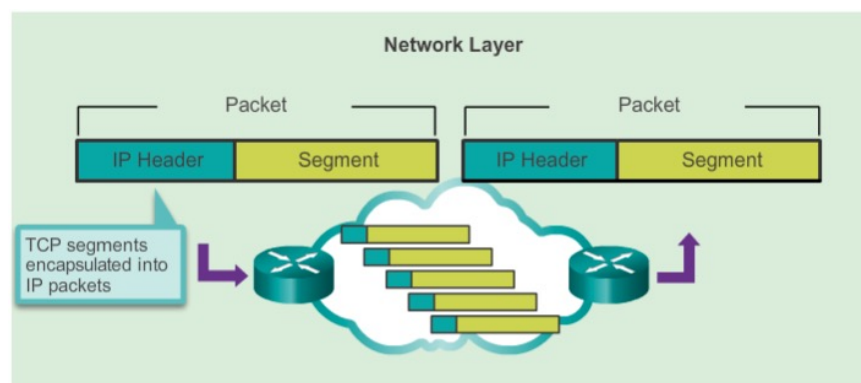
## 網路層協定

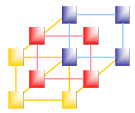
- 常用網路層協定
  - Internet 協定第四版 (IPv4)
  - Internet 協定第六版 (IPv6)
- 傳統網路層協定
  - Novell 互連網路封包交換協定 (IPX)
  - AppleTalk
  - 非連接導向網路服務 (CLNS/DECNet)



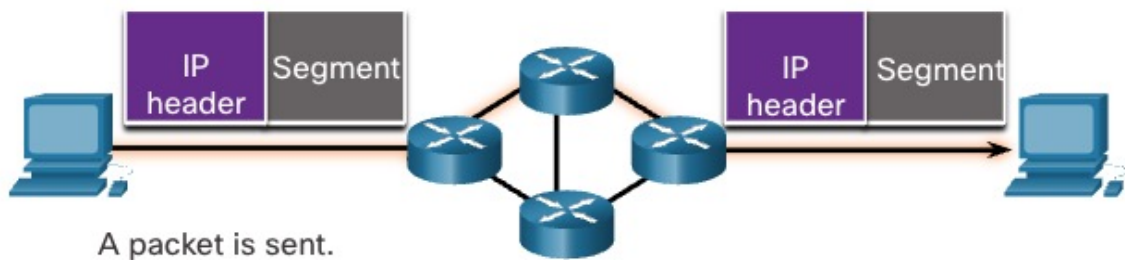
## IP 的特徵

- IP 的基本特徵有
  - 非連接導向 (Connectionless)
    - 發送封包前不與目的建立連線
  - 盡力 (Best Effort) (不可靠)
    - 不能保證封包可靠傳輸
  - 媒體獨立性 (Media Independent)
    - 運作和傳輸資料的媒體無關





## IP - 非連接導向協定



發送者不知道：

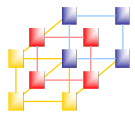
- 接收者是否存在
- 封包是否到達
- 接收者是否可以閱讀該封包

接收者不知道：

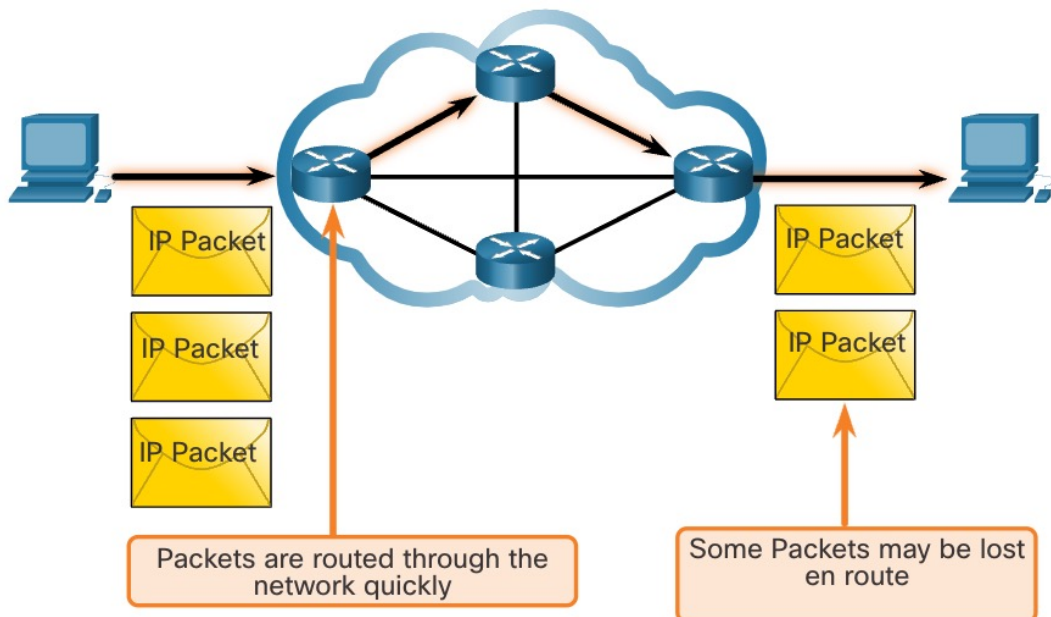
- 封包何時到達

通訊與網路概論

7



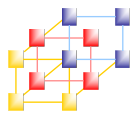
## IP - 盡力傳送



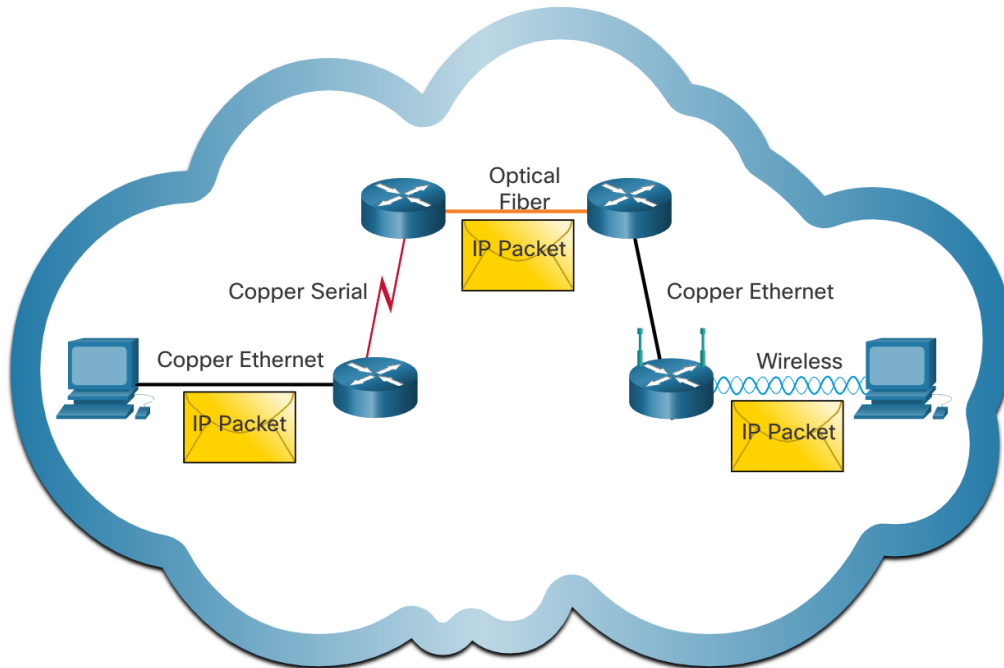
As an unreliable network layer protocol, IP does not guarantee that all sent packets will be received. Other protocols manage the process of tracking packets and ensuring their delivery.

通訊與網路概論

8

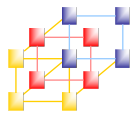


## IP - 媒體獨立性

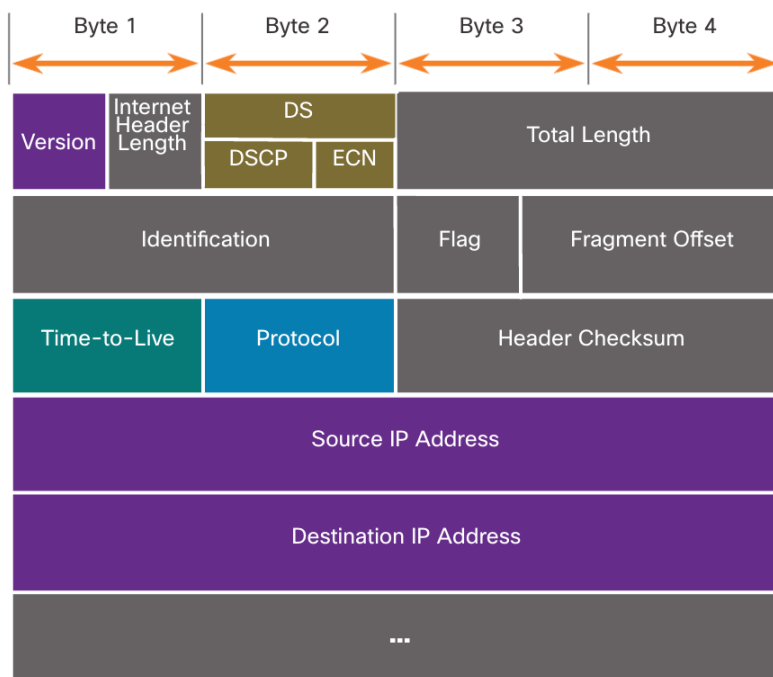


通訊與網路概論

9



## IPv4 封包標頭

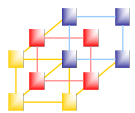


- 版本
- 區分服務 (DS)
- 存活時間 (TTL)
- 協定
- 來源 IP 位址
- 目的 IP 位址
- Internet 標頭長度 (IHL)
- 總長度
- 標頭總和檢查碼
- 識別
- 旗標和分片偏移量

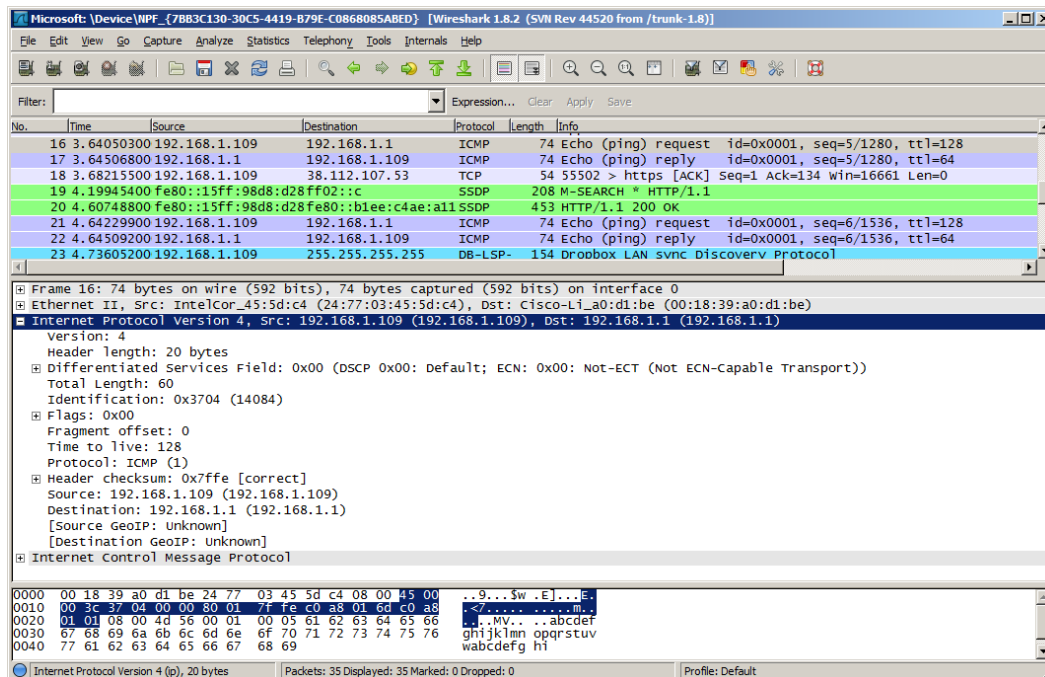
20 Bytes

通訊與網路概論

10



## IPv4 標頭範例



通訊與網路概論

11

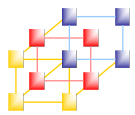


## IPv4 的侷限性

- IPv4 位址耗盡
  - IPv4 具有可用的唯一公共位址的數量有限
- 缺乏端對端連線能力
  - NAT 提供多個裝置共用單一公用 IPv4 位址的
  - 公用 IPv4 位址是共用的，所以會隱藏內部網路主機的 IPv4 位址
  - 對於需要端對端連線的技術，這可能會有問題
- 增加了網路的
  - NAT 在其各種實作中會在網路中造成額外的複雜性，造成延遲並使疑難排解更加困難

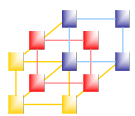
通訊與網路概論

12



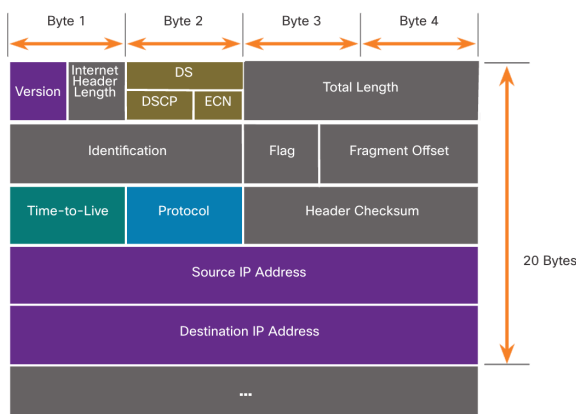
## IPv6 簡介

- 增加位址空間
  - IPv6 位址是基於 128 位分層尋址，而不是 IPv4 的 32 位
- 改進的數據包處理
  - IPv6 頭已經用較少的字段簡化
- 消除對 NAT 的需求
  - 有了如此大量的公共 IPv6 位址，私有 IPv4 位址和公共 IPv4 之間的 NAT 是不需要的
  - 可避免需要端對端連線的應用程式所遇到的某些 NAT 引起的問題

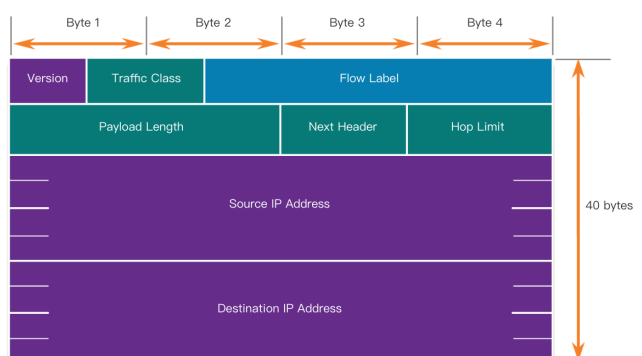


## 封裝 IPv6

IPv4 Packet Header



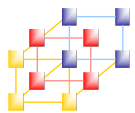
IPv6 Packet Header



Legend

- – Fields name kept from IPv4 to IPv6
- – Name and position changed in IPv6
- – Fields no longer required in IPv6

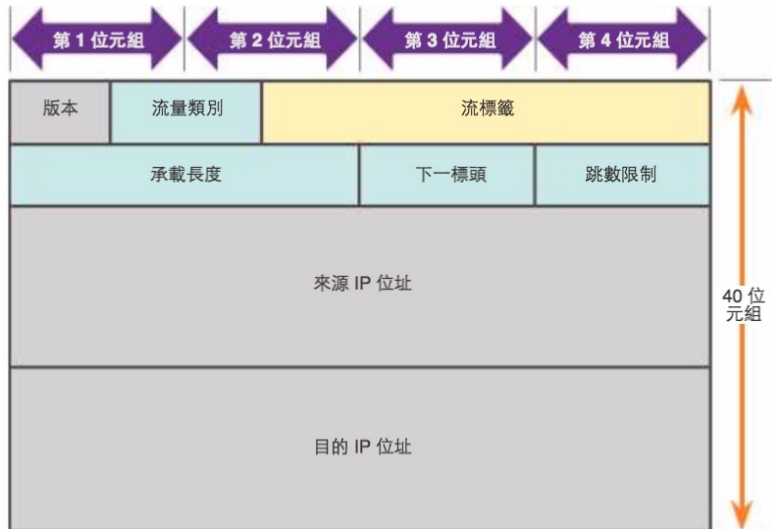




## IPv6 封包標頭

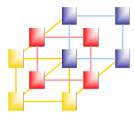
### ■ IPv6 封包標頭中的欄位包括

- 版本 - IP 封包版本的 4 位元二進制值
- 流量類別 - 包含用於分類封包的 6 位元區分服務代碼點 (DSCP) 值和用於流量擁塞控制的 2 位元顯式擁塞通知 (ECN)
- 流標籤 - 此 20 位元欄位為即時應用程式提供特殊服務。它可用於通知路由器和交換器為封包流維護同一條路徑，確保不會重新排序封包
- 承載長度 - 定義了整個封包（分段）大小，包括標頭和選擇性延伸
- 下一標頭 - 表示封包傳送的資料承載類型，使網路層將資料傳送到對應的上層協定。如果有選擇性的延伸標頭增加至 IPv6 封包，也會使用此欄位
- 跳數限制 - 此 8 位元欄位取代 IPv4 的 TTL 欄位
- 來源位址 - 發送主機的 IPv6 位址
- 目的位址 - 接收主機的 IPv6 位址

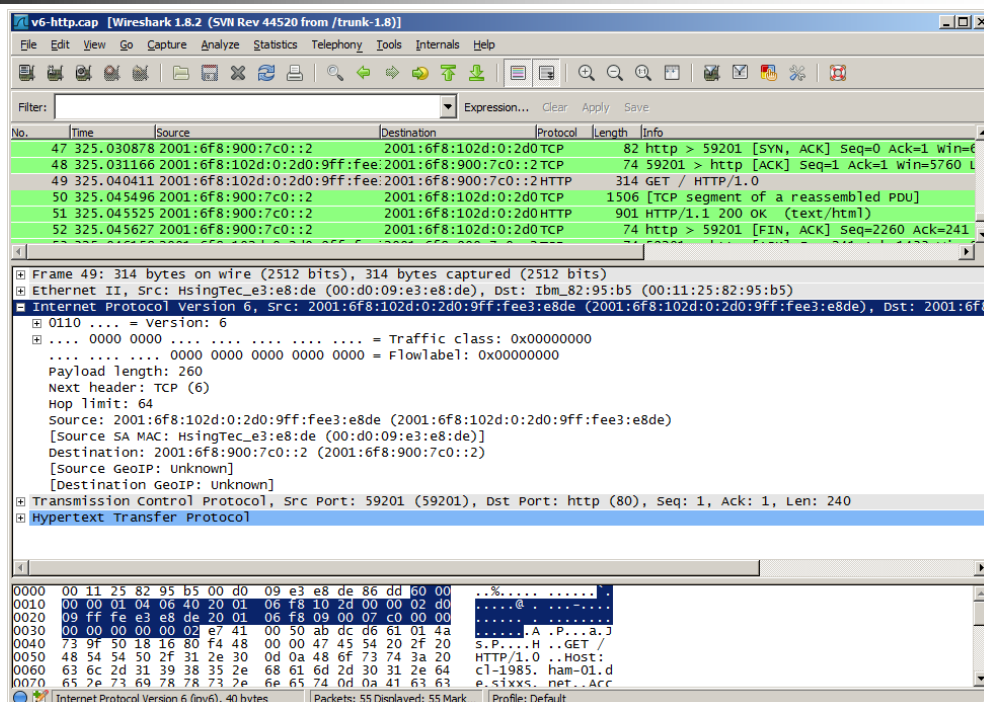


### ■ IPv6 封包還可能包含延伸標頭 (EH)，以便提供選擇性的網路層資訊。

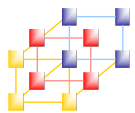
15



## IPv6 標頭範例

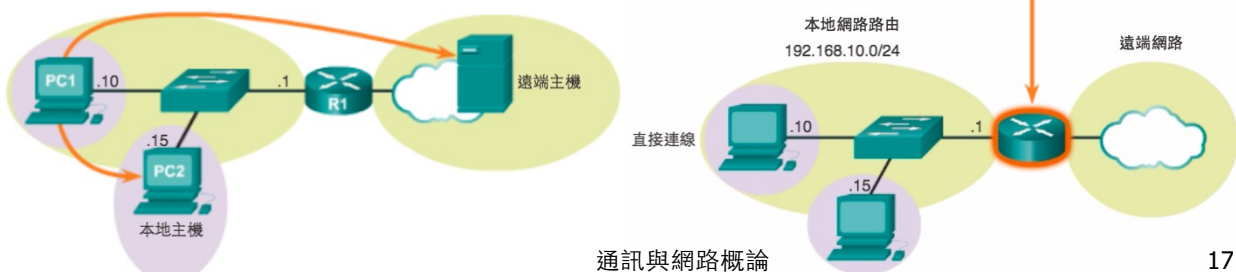




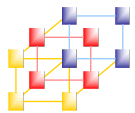


## 主機路由方式

- 主機可以將封包發送至
  - 自身 - 這是一個稱作迴路介面的特殊 IP 位址 127.0.0.1
  - 本地主機 - 該主機與發送主機位於同一網路
  - 遠端主機 - 這是位於遠端網路上的主機
- 本地預設路由
  - 預設路由表示封包到達所有遠端網路位址必須使用的路由
  - 預設閘道 (Default gateway) 位址是連線本地網路的路由器的網路介面 IP 位址。預設閘道位址可以在主機上手動設定，也可以動態獲取



17



## 主機路由表

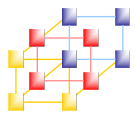
```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>route print
=====
Interface List
=====
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ..... Broadcom NetXtreme
0x3 ..... Bluetooth Peripheral
0x4 ..... VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter
=====
Active Routes:
Network Destination Netmask Gateway Interface Metric
0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.10.1 192.168.10.10 25
127.0.0.0 255.0.0.0 127.0.0.1 127.0.0.1 306
169.254.0.0 255.255.0.0 192.168.10.1 192.168.10.10 281
192.168.56.0 255.255.255.0 192.168.10.1 192.168.10.10 281
192.168.56.1 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
192.168.56.255 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
192.168.100.0 255.255.255.0 192.168.10.1 192.168.10.10 281
192.168.100.123 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
192.168.100.255 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
224.0.0.0 240.0.0.0 192.168.10.1 192.168.10.10 281
224.0.0.0 240.0.0.0 192.168.10.1 192.168.10.10 281
255.255.255.255 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
255.255.255.255 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
255.255.255.255 255.255.255.255 192.168.10.1 192.168.10.10 281
Default Gateway: 192.168.100.254
=====
Persistent Routes:
None
C:\>
```



```
C:\Users\PC1>netstat -r
<省略部分輸出>

IPv4 Route Table
=====
Active Routes:
Network Destination Netmask Gateway Interface Metric
0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.10.1 192.168.10.10 25
127.0.0.0 255.0.0.0 On-link 127.0.0.1 306
127.0.0.1 255.255.255.255 On-link 127.0.0.1 306
127.255.255.255 255.255.255.255 On-link 127.0.0.1 306
192.168.10.0 255.255.255.0 On-link 192.168.10.10 281
192.168.10.10 255.255.255.255 On-link 192.168.10.10 281
192.168.10.255 255.255.255.255 On-link 192.168.10.10 281
224.0.0.0 240.0.0.0 On-link 127.0.0.1 306
224.0.0.0 240.0.0.0 On-link 192.168.10.10 281
255.255.255.255 255.255.255.255 On-link 127.0.0.1 306
255.255.255.255 255.255.255.255 On-link 192.168.10.10 281
=====
<省略部分輸出>
```

18



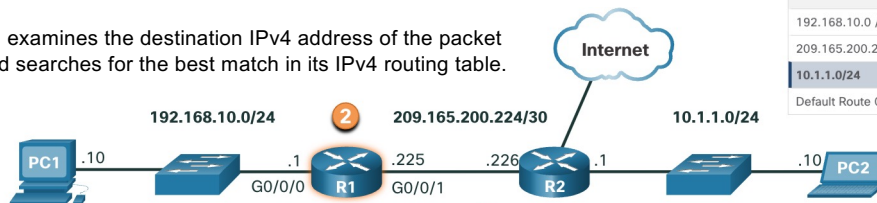
## 路由器封包轉送決策

- 當數據包到達路由器接口時會發生什麼？
  - 路由器會檢查封包的目的地 IP 位址
  - 搜尋其路由表，以判斷要轉送封包的位置
    - 路由表包含所有已知的網路位址 (prefixes) 清單，以及轉送封包的位置
    - 這些項目被稱為路由項目 (route entries) 或路由 (routes)
    - 路由器會使用最佳 (最長) 相符的路由項目來轉送封包

R1 Routing Table

Route	Next Hop or Exit Interface
192.168.10.0/24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
10.1.1.0/24	via R2
Default Route 0.0.0.0/0	via R2

2. R1 examines the destination IPv4 address of the packet and searches for the best match in its IPv4 routing table.



1. Packet arrives G0/0/0 of R1.  
R1 de-encapsulates the L2 ethernet header and trailer

Destination IPv4 Address: 10.1.1.10

Destination IPv4 Address: 10.1.1.10

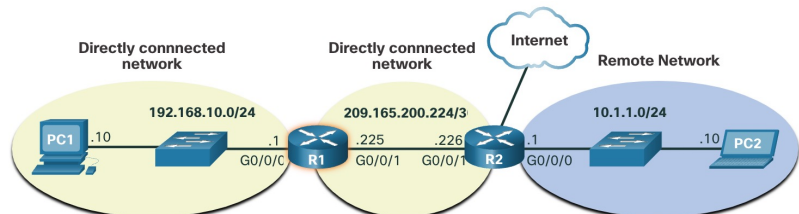
3. R1 encapsulated the packet into a new ethernet header and trailer, and forward the packet to the next hop router.

通訊與網路概論

19



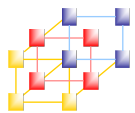
## IP 路由表



- 路由表儲存三種類型的路由項目
  - 直接連線網路 (Directly-connected networks)
    - 這些網路路由項目是活動路由器介面
    - 路由器會在介面配置 IP 位址並啟動時新增直接連線的路由
    - 每個路由器介面都連接到不同的網路區段
  - 遠程網路 (Remote networks)
    - 這些網路路由條目被連接到其他路由器
    - 路由器了解遠程網路無論是由管理員明確配置 (static routing) 或使用動態路由協議 (dynamic routing protocol) 交換路由信息
  - 預設路由 (Default route)
    - 當 IP 路由表中沒有較佳 (較長) 相符時，會使用預設路由

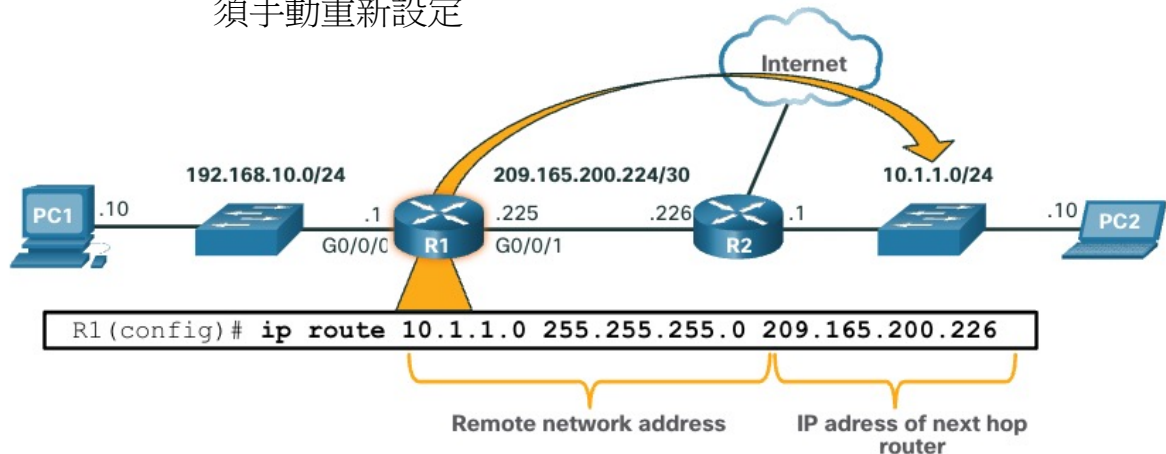
通訊與網路概論

20



## 靜態路由 (static routing) (1/2)

- 靜態路由是手動配置的路由項目
  - 靜態路由包括遠端網路位址和下一個躍點路由器的 IP 位址
  - 如果網路拓撲中有變更，則不會自動更新靜態路由，而且必須手動重新設定



R1 is manually configured with a static route to reach the 10.1.1.0/24 network. If this path changes, R1 will require a new static route.

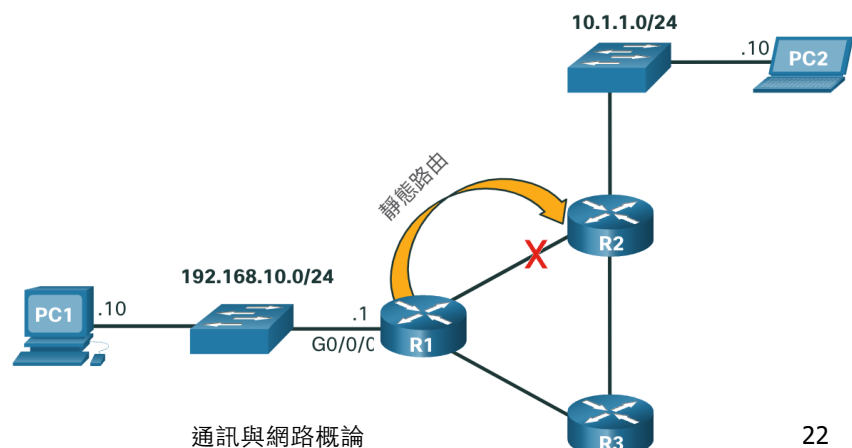
通訊與網路概論

21



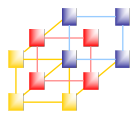
## 靜態路由 (static routing) (2/2)

- 靜態路由具有下列特性
  - 靜態路由必須手動配置
  - 如果拓撲中發生變更，且靜態路由不再可行，則系統管理員需要重新設定靜態路由
  - 靜態路由適用於小型網路，並且當有很少或沒有冗餘鏈接



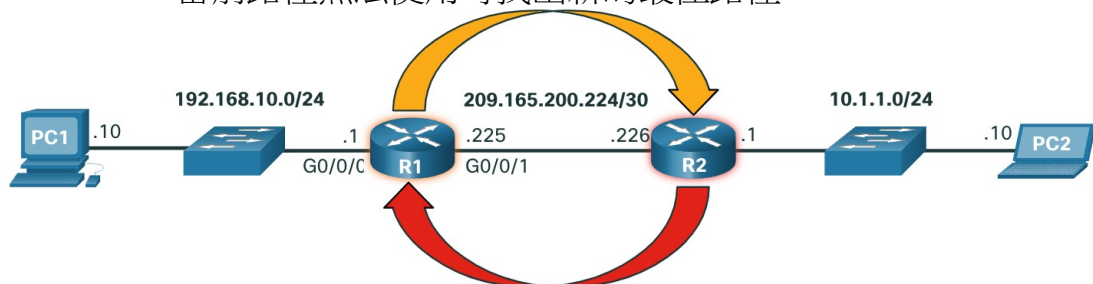
通訊與網路概論

22



## 動態路由(dynamic routing) (1/2)

- 動態路由通訊協定可讓路由器從其他路由器自動瞭解遠端網路，包括預設路由
- 動態路由通訊協定會自動執行如下
  - 探索遠端網路
  - 維護最新路由資訊
  - 選擇通往目的網路的最佳路徑
  - 當前路徑無法使用時找出新的最佳路徑



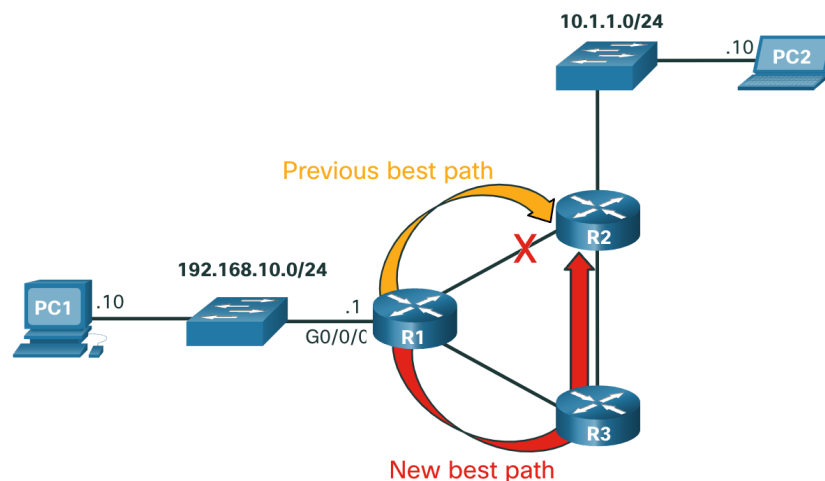
- R1 is using the routing protocol OSPF to let R2 know about the 192.168.10.0/24 network.
- R2 is using the routing protocol OSPF to let R1 know about the 10.1.1.0/24 network.

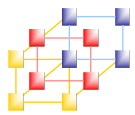
23



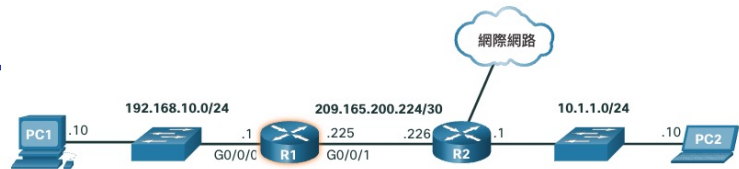
## 動態路由(dynamic routing) (2/2)

R1, R2, and R3 are using the dynamic routing protocol OSPF. If there is a network topology change, they can automatically adjust to find a new best path.





# IPv4 路由表 簡介



```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static
route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR
Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, GigabitEthernet0/0/1
      10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O      10.1.1.0 [110/2] via 209.165.200.226, 00:02:45,
GigabitEthernet0/0/1
      192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L      192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      209.165.200.224/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L      209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
R1#
```