

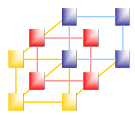
Unit 7

乙太網路交換



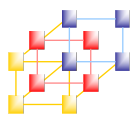
乙太網路協定

- 乙太網路已經從一種共用媒體(shared media)、競爭(contention-based)的資料通信技術發展成為今天的高頻寬、全雙工技術
- 乙太網路
 - 使用最廣泛的的 LAN 技術
 - 在資料鏈結層和實體層執行
 - 是 IEEE 802.2 和 802.3 標準中定義的一系列網路技術
 - 支援的資料頻寬包括 10、100、1000、10,000、40,000 和 100,000 Mbps (100 Gbps)
- 乙太網路標準
 - 定義第 2 層協定和第 1 層技術
 - 依靠資料鏈結層的兩個單獨子層執行 - 邏輯鏈路控制 (LLC) 和 MAC 子層

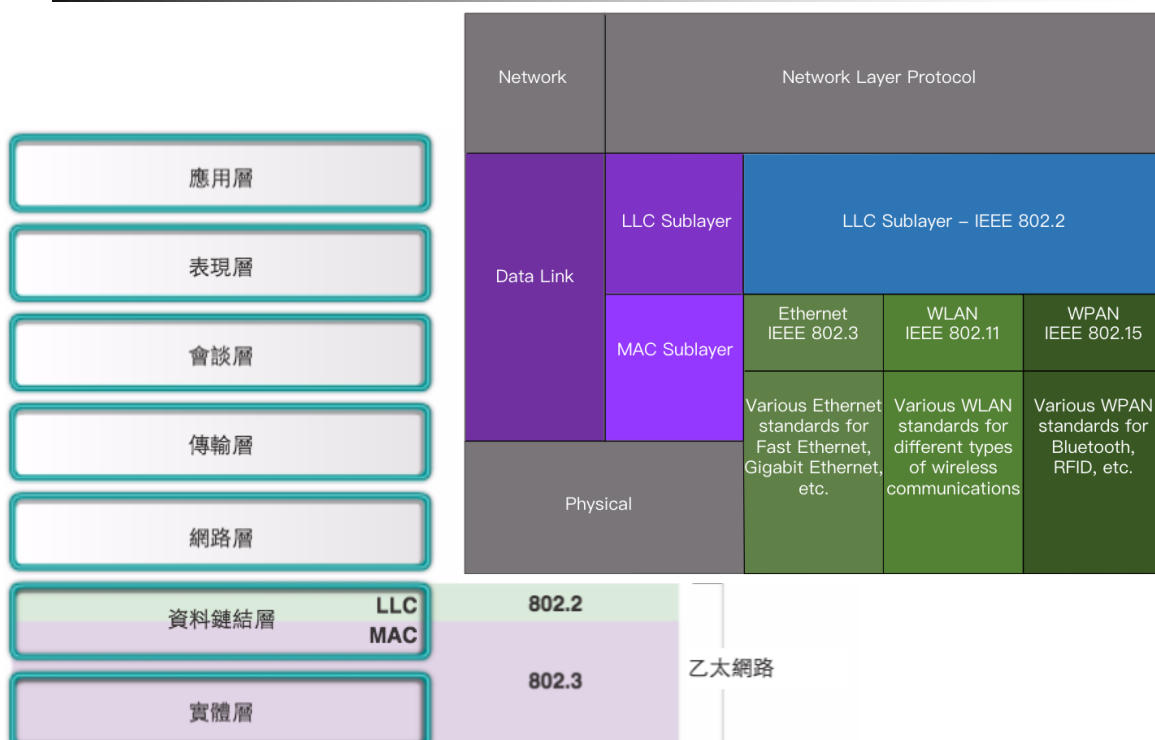


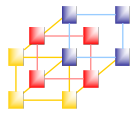
LLC 和 MAC 子層 (1/2)

- LLC (邏輯鏈路控制，Logical Link Control)
 - 處理上層和下層之間的通信
 - 獲取網路通訊協定資料並加入控制資訊，以幫助將封包傳送到目的地
- MAC (媒體訪問控制，Media Access Control)
 - 構成資料鏈路層的較低子層
 - 由硬體實施，通常在電腦網路卡中實施
 - 兩項主要職責：
 - 資料封裝 (Data encapsulation)
 - 媒體存取控制 (Media access control)



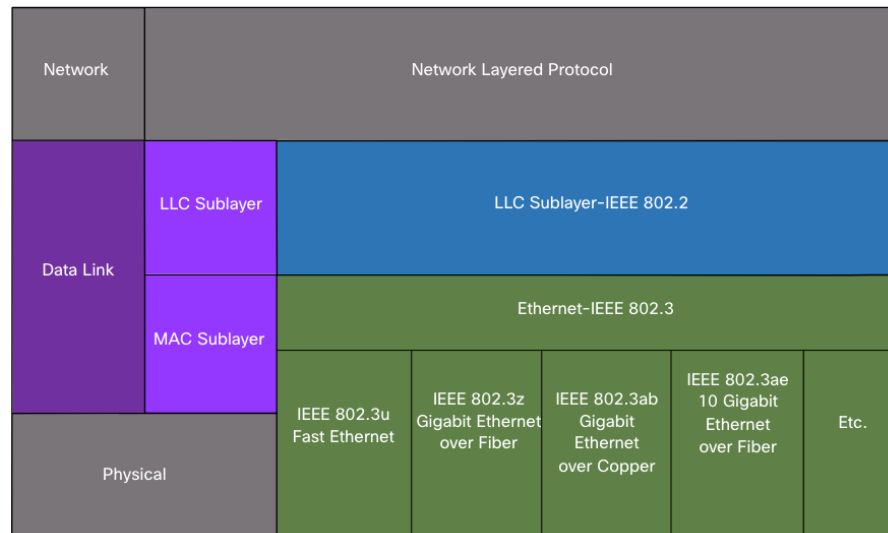
LLC 和 MAC 子層 (2/2)





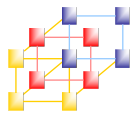
MAC 子層 (1/2)

- 資料封裝 (Data Encapsulation)
 - 乙太網框架
 - 定址
 - 錯誤檢測
- 媒體存取控制 (Accessing the Media)
 - 控制媒體上和媒體外訊框的定位
 - 媒體復原



通訊與網路概論

5



MAC 子層 (2/2)

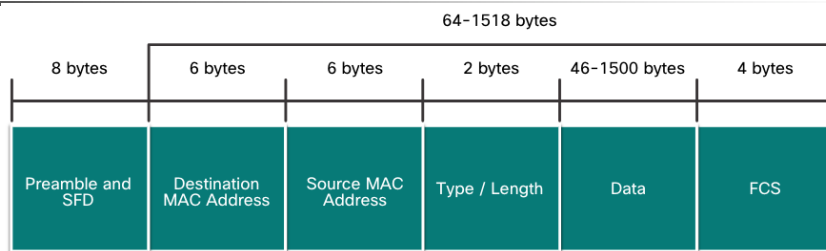
- 資料封裝
 - 發送前的訊框組裝和收到訊框時的訊框解析
 - MAC 層將網路層 PDU 增加標頭和標尾
 - 提供三個主要功能
 - 訊框分隔：提供重要的分隔字元，用於標識組成訊框的一組位元。此程序會對發送節點與接收節點進行同步
 - 定址：訊框中加入的每個乙太網路訊框標頭都含有實體位址 (MAC 位址)，使訊框能夠傳送到目的節點
 - 錯誤檢測：訊框標尾含有訊框內容的循環冗餘檢查 (CRC)
- 媒體存取控制
 - 負責在媒體上放置訊框和從媒體上移除訊框
 - 與實體層直接通信
 - 如果單一媒體上的多個設備同時嘗試轉送資料，則資料將發生碰撞，導致資料損壞或不可用
 - 乙太網路通過使用載波感應多重存取 (CSMA) 技術提供一種方法來控制節點共用存取的方式

通訊與網路概論

6



乙太網路訊框簡介



- 前序編碼和訊框標頭分隔字元 (Start Frame Delimiter, SFD)(也稱為訊框開始) 欄位用於發送裝置與接收裝置之間的同步
- 目的 MAC 位址欄位是預期接收者的識別碼
- 來源 MAC 位址欄位標識發出訊框的網卡或介面
- 長度欄位定義訊框的資料欄位的準確長度
- 資料欄位：該欄位(46 - 1500 個位元組)包含來自較高層的封裝資料（一般是第 3 層 PDU 或更常見的 IPv4 封包）
- 訊框檢查序列 (Frame Check Sequence, FCS) 欄位用於檢測訊框中的錯誤。它使用的是循環冗餘檢查 (Cyclic Redundancy Check, CRC)

通訊與網路概論

7



MAC 位址和十六進制

0 到 F 十六進制與十進制和二進制等價

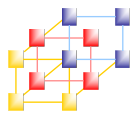
十進位	二進位	十六進位
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

選取的十進位數、二進位數和十六進位等效數

十進位	二進位	十六進位
0	0000 0000	00
1	0000 0001	01
2	0000 0010	02
3	0000 0011	03
4	0000 0100	04
5	0000 0101	05
6	0000 0110	06
7	0000 0111	07
8	0000 1000	08
10	0000 1010	0A
15	0000 1111	0F
16	0001 0000	10
32	0010 0000	20
64	0100 0000	40
128	1000 0000	80
192	1100 0000	C0
202	1100 1010	CA
240	1111 0000	F0
255	1111 1111	FF

通訊與網路概論

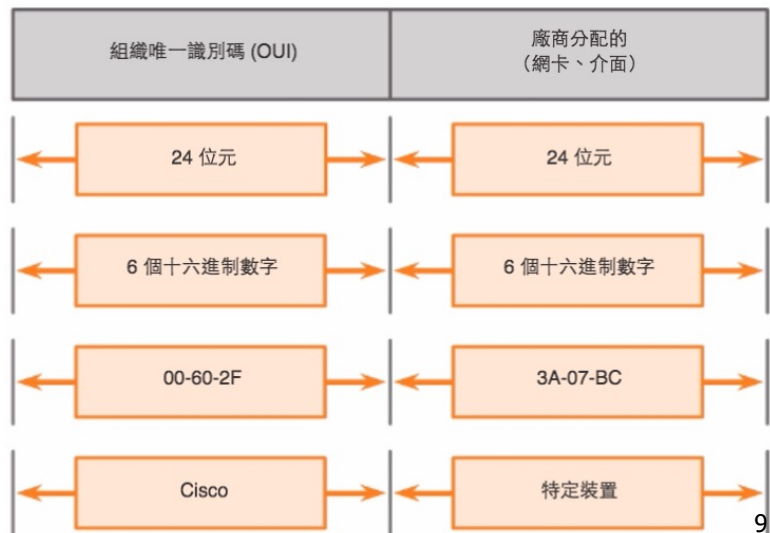
8



MAC 位址：乙太網路身份

- 乙太網路 MAC 位址是一種表示為 12 個十六進制數字的 48 位元二進制值
- IEEE 要求廠商遵守兩條簡單的規定
 - 必須使用該供應商分配的 OUI 作為前 3 個位元組
 - OUI 相同的所有 MAC 位址的最後 3 個位元組必須是唯一的值

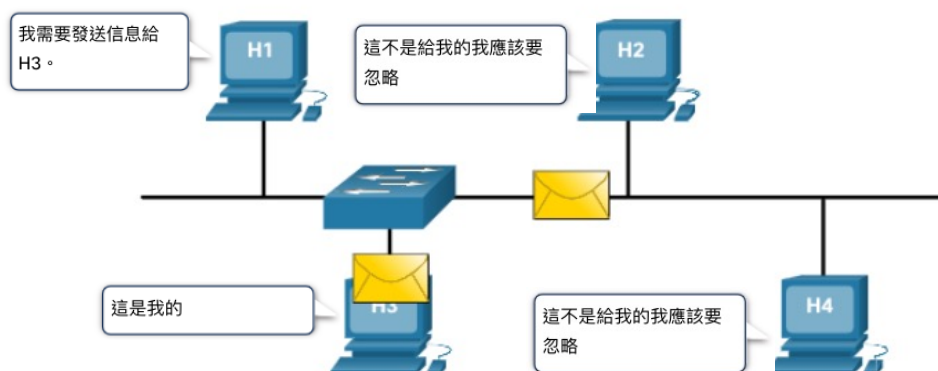
乙太網路 MAC 位址結構

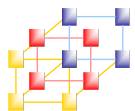


框架處理

目標裝置 NIC 的 MAC 位址

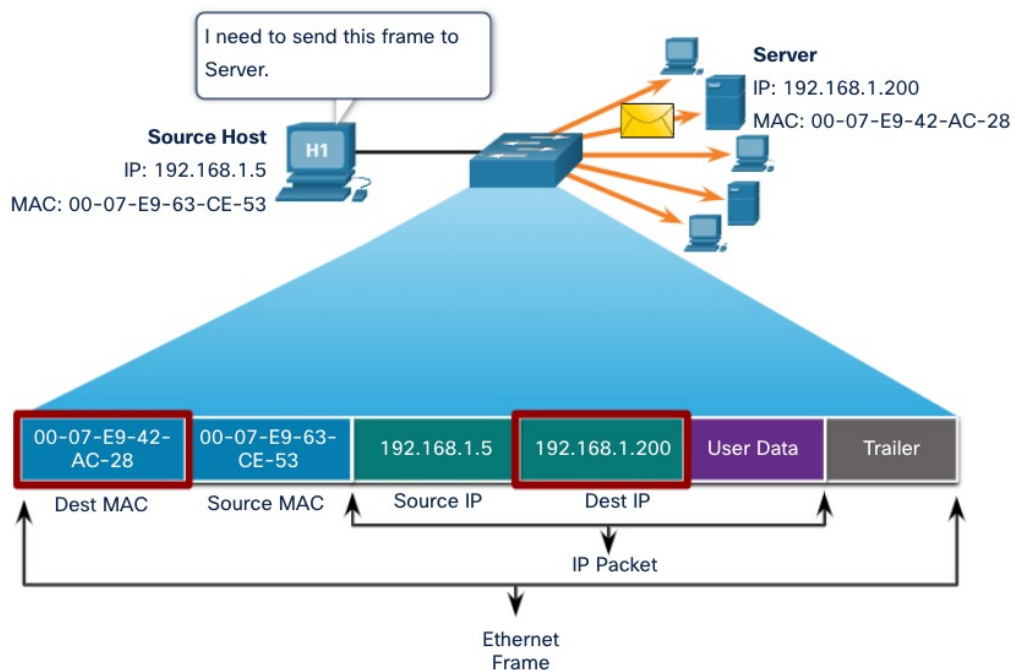
目的位址	來源位址	資料
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	封裝資料
框架定址		





單點傳送 MAC 位址

Unicast MAC Address

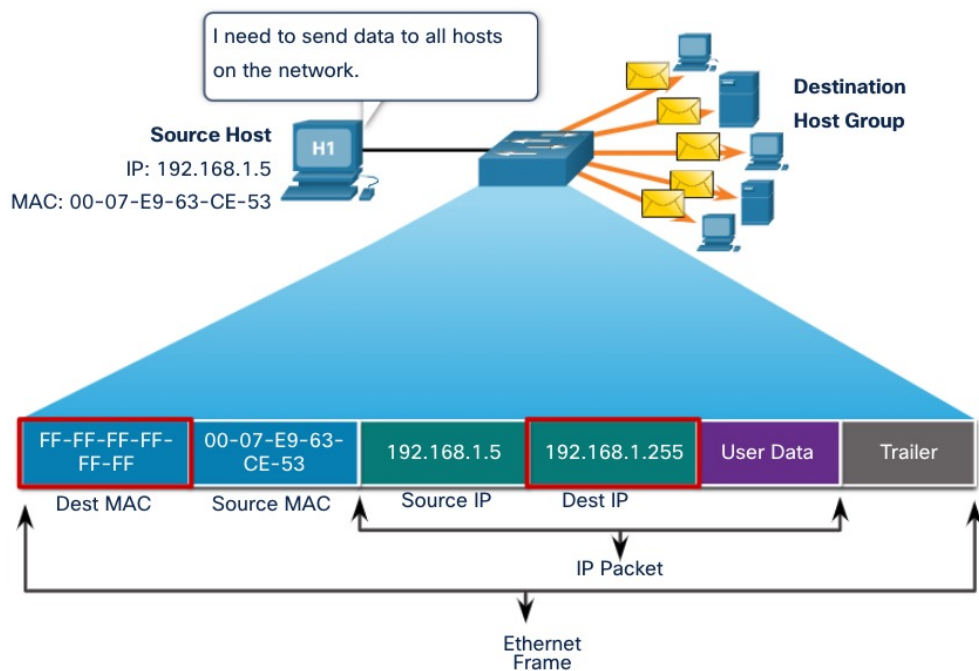


11



廣播 MAC 位址

Broadcast MAC Address

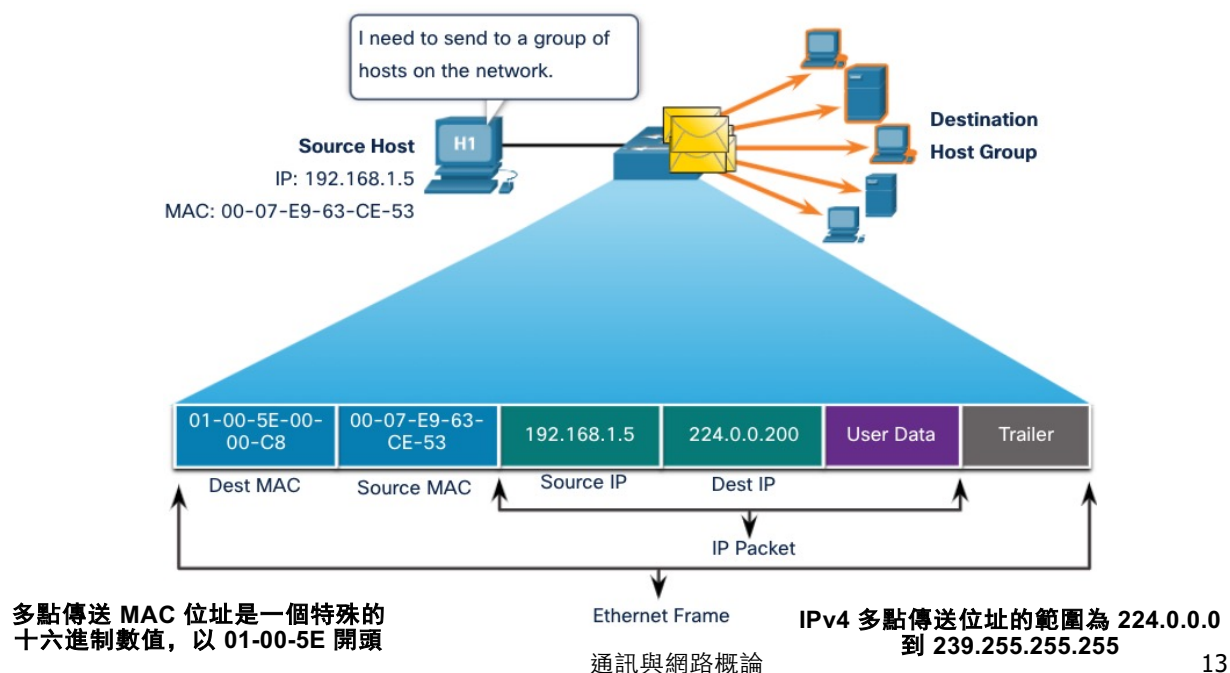


12



多點傳送 MAC 位址

Multicast MAC Address



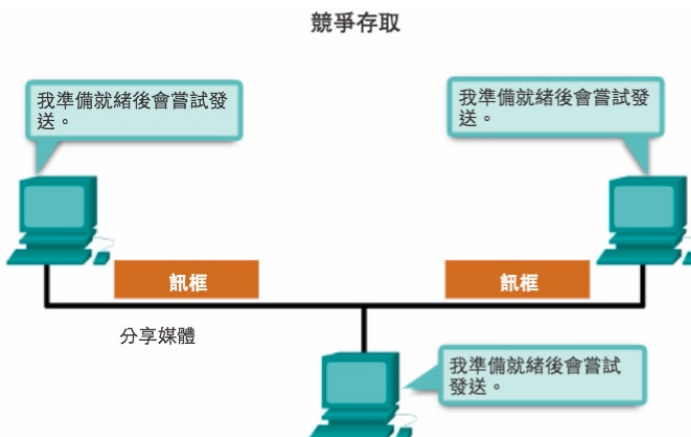
13



媒體存取控制(1/2)

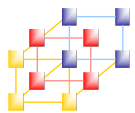
■ 載波感應多重存取 (CSMA) 程序

- 首先檢測媒體是否正在傳送信號
- 如果未檢測到載波信號，則設備開始傳輸資料
- 如果兩台設備同時傳輸 - 資料碰撞



方法	特性	範例
競爭存取	<ul style="list-style-type: none">站點可以隨時傳輸存在碰撞可以解決競爭問題的機制用於乙太網路的 CSMA/CD用於 802.11 無線網路的 CSMA/CA	<ul style="list-style-type: none">乙太網路無線媒體

14



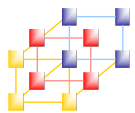
媒體存取控制(2/2)

- 載波偵聽多重存取/碰撞偵測 (CSMA/CD)
 - 設備監控媒體中是否存在資料信號
 - 若無資料信號，則表示媒體處於空閒狀態，設備可傳輸資料
 - 如果隨後檢測到另一設備此時正在進行傳輸，所有設備將停止發送並在稍後重試
 - 雖然乙太網路在設計時要求使用 CSMA/CD 技術，但使用現在的中繼裝置，並不會發生碰撞而且 CSMA/CD 所採用的程序也毫無必要
 - LAN 環境中的無線連接仍須考慮碰撞的發生
- 載波感應多重存取/碰撞避免 (CSMA/CA)
 - 設備會檢查媒體中是否存在資料信號 - 如果媒體空閒，則設備將透過它想要使用的媒體發送通知
 - 然後，設備開始發送資料。
 - 由 802.11 無線網路技術使用



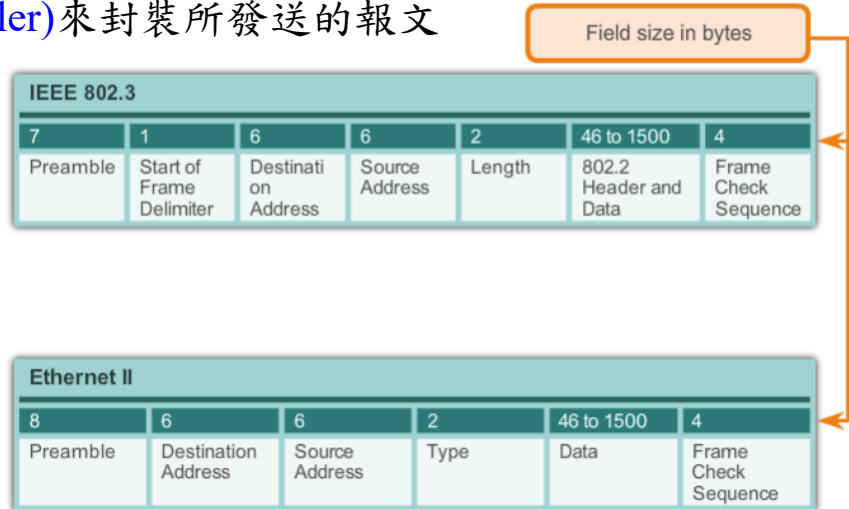
訊框處理

- 為工作站、伺服器、印表機、交換器和路由器分配 MAC 位址
 - MAC 範例：00-05-9A-3C-78-00、00:05:9A:3C:78:00 或 0005.9A3C.7800
 - MAC 位址燒錄於 ROM 中，系統運作後會拷貝到 RAM 中
- 將訊息轉送到乙太網路，向封包中增加標頭資訊，包含來源 MAC 位址和目的 MAC 位址
- 每個網卡都會查看資訊，以確定訊框中的目的 MAC 位址是否與設備 RAM 中儲存的實體 MAC 位址匹配
 - 如果不匹配，則設備將丟棄此訊框
 - 如果與訊框中的目的 MAC 匹配，則網卡會將訊框向上傳送到 OSI 層進行解封裝處理



乙太網路封裝

- 乙太網路的早期版本速度非常慢，只有 10 Mbps
- 現在的執行速度已經超過每秒 10 Gbps
- 乙太網路訊框結構向第 3 層 PDU 增加訊框標頭 (header) 和訊框標尾(trailer)來封裝所發送的報文



Ethernet II 是 TCP/IP 網路中使用的乙太網路框架格式

通訊與網路概論

17



乙太網路訊框大小(1/2)

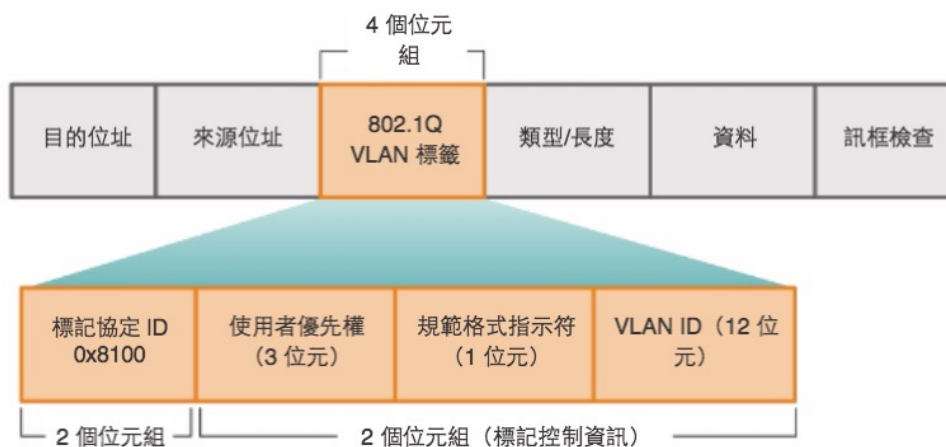
- Ethernet II 標準和 IEEE 802.3 標準將最小的訊框定義為 64 個位元組，最大的訊框定義為 1518 個位元組
 - 長度小於 64 個位元組將被視為“碰撞碎片”(collision fragment) 或“侏儒訊框”(runt)
 - 如果發送的訊框小於最小值或者大於最大值，接收設備將會丟棄該訊框
 - 在實體層，不同版本的乙太網路用於在媒體中檢測和放置資料的方法不同
- 1998 年發佈的 IEEE 802.3ac 標準將允許的最大訊框延伸到 1522 個位元組
 - 為了支援一種稱為虛擬區域網路 (VLAN) 的技術
 - 許多服務品質 (QoS) 技術利用使用者優先權欄位實作各種級別的服務

通訊與網路概論

18



乙太網路訊框大小(2/2)



通訊與網路概論

19



MAC 位址表示方式

使用破折號 00-60-2F-3A-07-BC

使用冒號 00:60:2F:3A:07:BC

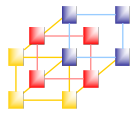
使用句點 0060.2F3A.07BC

```
C:\>ipconfig/all
```

Ethernet adapter Local Area Connection:

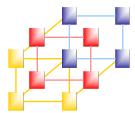
```
Connection-specific DNS Suffix . : example.com
Description . . . . . : Intel(R) Gigabit Network Connection
Physical Address. . . . . : 00-18-DE-C7-F3-F8
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.67(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : Monday, November 26, 2012 12:14:48 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, December 01, 2012 12:15:02 AM
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.254
DHCP Server . . . . . : 192.168.1.254
DNS Servers . . . . . : 192.168.1.254
```

20



MAC 和 IP

- MAC 位址
 - 該位址不會改變
 - 類似於人的名字
 - 稱為實體位址，因為是實際分配給主機網卡的
- IP 位址
 - 類似於人的住址
 - 以主機的實際位置為基礎
 - 稱為邏輯位址，因為是按邏輯分配的
 - 由網路系統管理員分配給每台主機
- 電腦要實作通信，同時需要實體 MAC 位址和邏輯 IP 位址，就像寄送信件時同時需要收信人的名字和位址一樣



端對端連接、MAC 和 IP

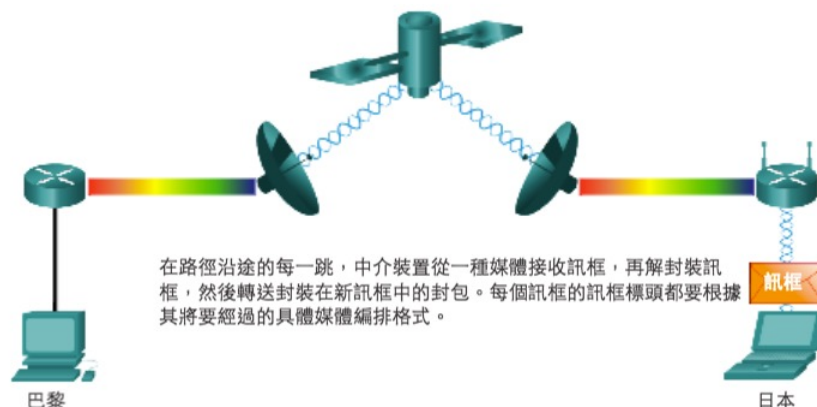
目的 MAC 位址 BB:BB:BB:BB:BB:BB	來源 MAC 位址 AA:AA:AA:AA:AA:AA	來源 IP 位址 10.0.0.1	目的 IP 位址 192.168.1.5	資料	訊框標尾
--------------------------------	--------------------------------	----------------------	-------------------------	----	------

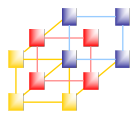
Switch 檢查 MAC Address

Router 檢查 IP Address

資料鏈結層協定規範了不同媒體上使用的訊框的格式編排方式。

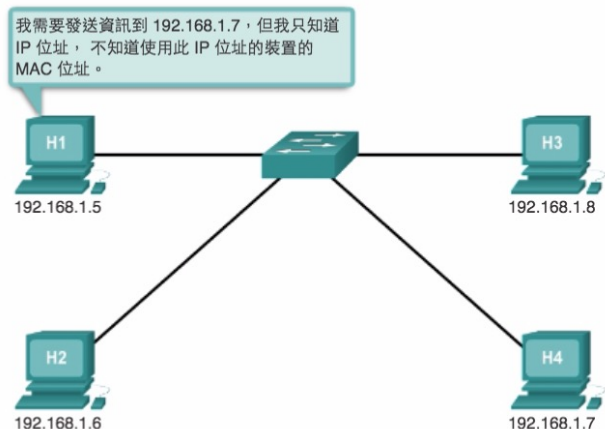
不同媒體使用的協定可能也不同。





ARP 簡介

- ARP (Address Resolution Protocol) 的用途
 - 發送節點需要一種方法來查詢給定乙太網路鏈路的目的設備的 MAC 位址
- ARP 協定具有兩項基本功能
 - 將 IPv4 位址解析為 MAC 位址
 - 維護對應表 (ARP Table)



通訊與網路概論

23



ARP 功能/工作原理(1/6)

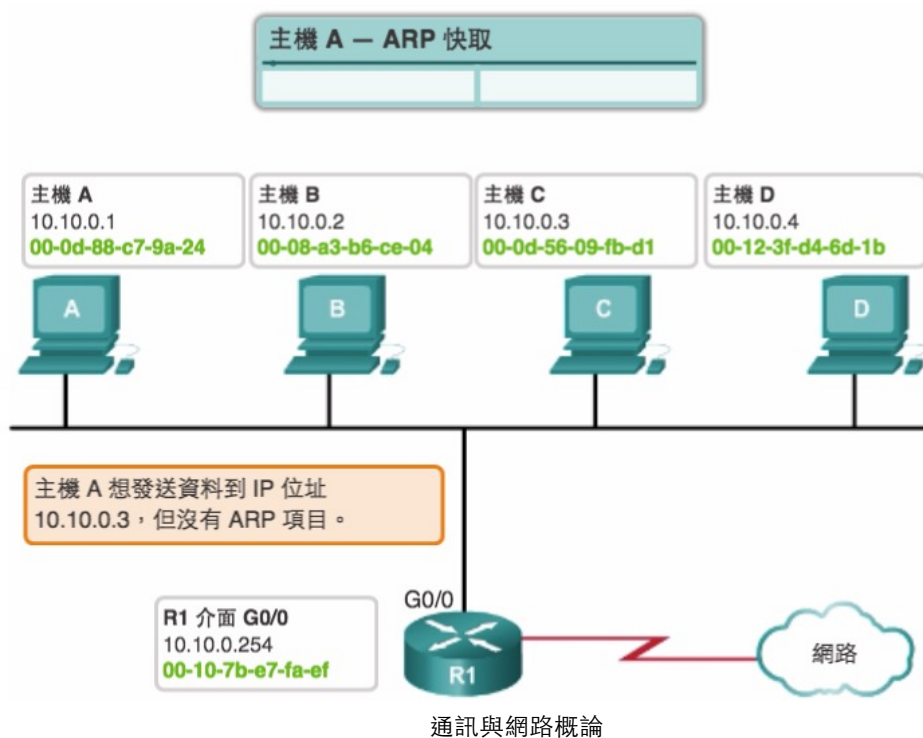
- ARP 表 (ARP Table)
 - 用於查詢對應至目的 IPv4 位址的資料鏈結層位址
 - 當節點從媒體收到訊框時，可將來源 IP 和 MAC 位址記錄為 ARP 表中的對應
- ARP 請求 (ARP Request)
 - 發送到乙太網路 LAN 中所有設備的第 2 層廣播
 - 與廣播中的 IP 位址匹配的節點將會作出回覆
 - 如果沒有設備回應 ARP 請求，就無法新增訊框，所以會丟棄資料包
- 可以在 ARP 表中輸入靜態對應條目，但這種情況很少見

通訊與網路概論

24



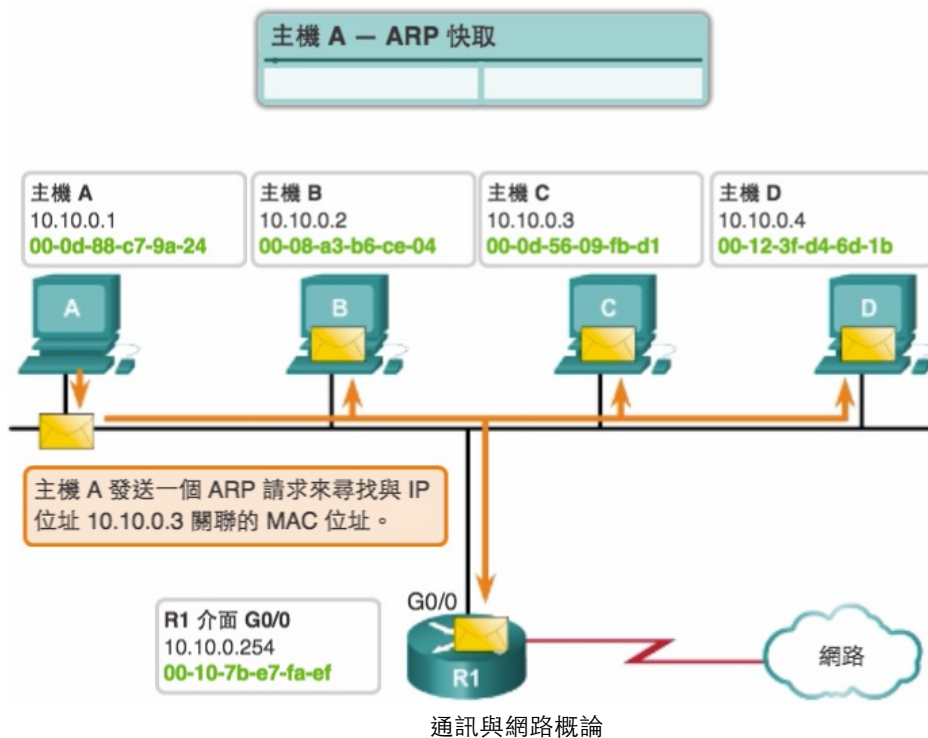
ARP 功能/工作原理(2/6)



25



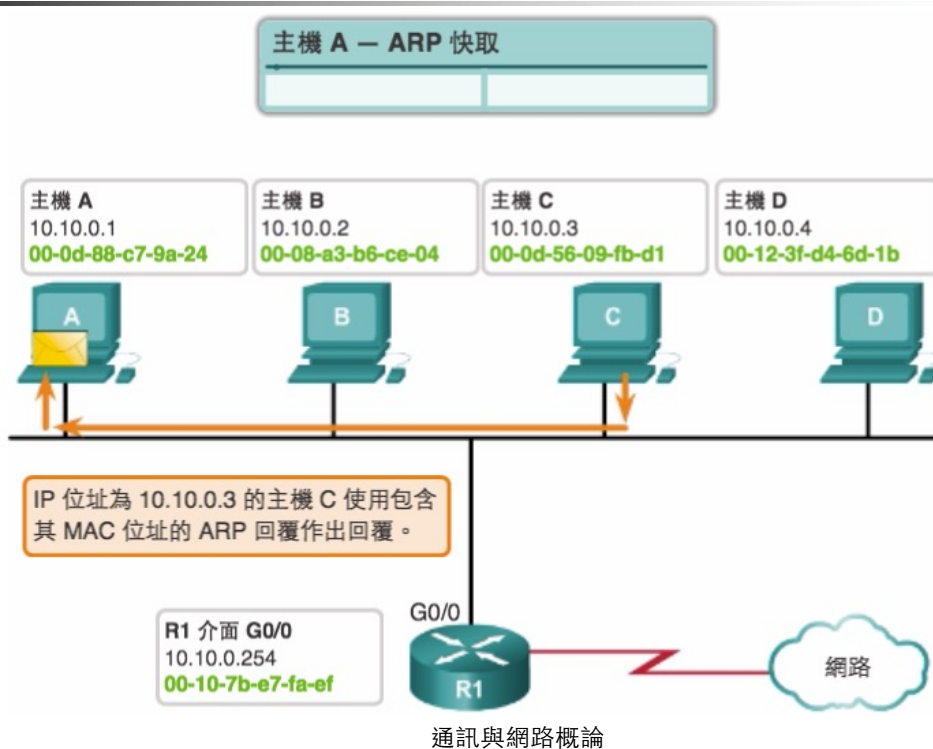
ARP 功能/工作原理(3/6)



26



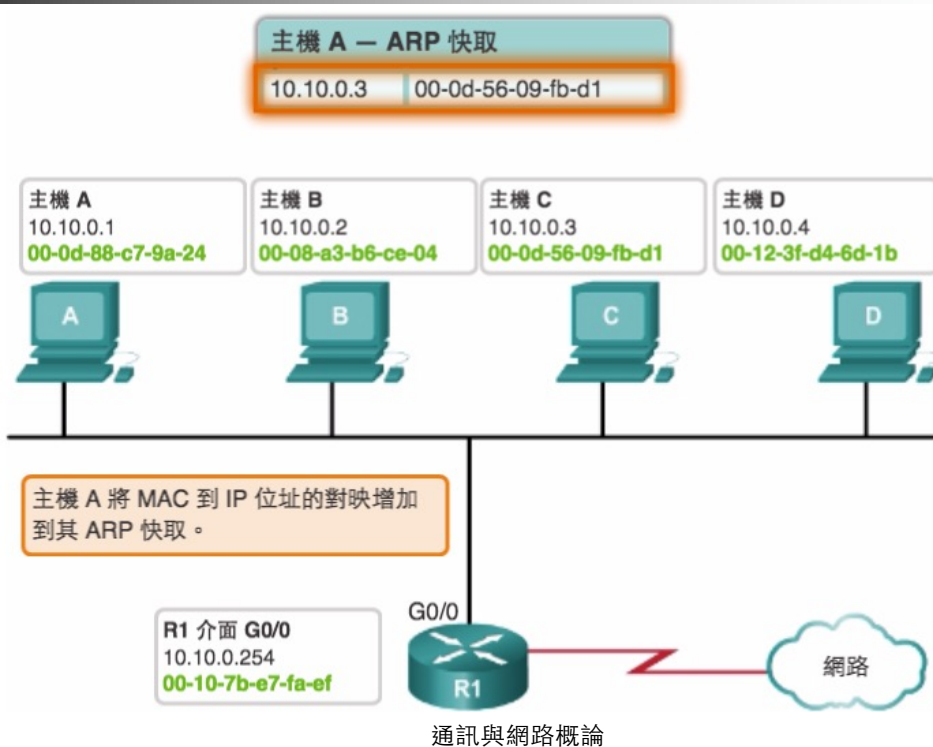
ARP 功能/工作原理(4/6)



27



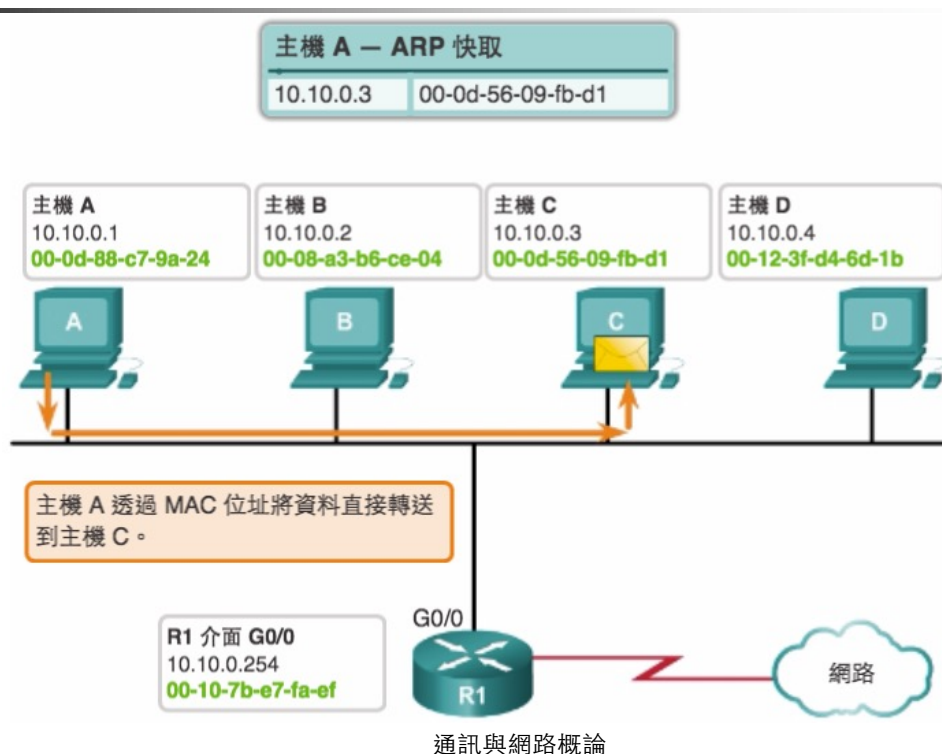
ARP 功能/工作原理(5/6)



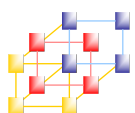
28



ARP 功能/工作原理(6/6)



29

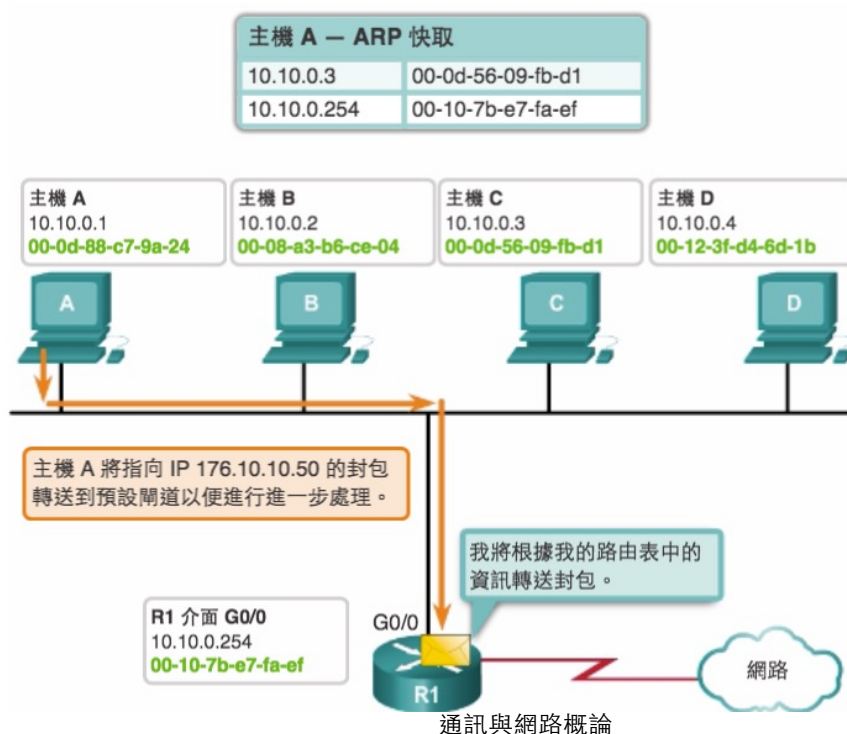


ARP 在遠端通訊中的作用(1/2)

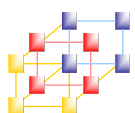
- 如果目的 IPv4 主機在本地網路上，訊框將使用此設備的 MAC 位址作為目的 MAC 位址
- 如果目的 IPv4 主機不在本地網路上，則來源主機將使用 ARP 程序來確定閘道路由器 (Gateway Router) 介面的 MAC 位址
- 如果閘道條目不在表中，則使用 ARP 請求來檢索與路由器介面的 IP 位址關聯的 MAC 位址



ARP 在遠端通訊中的作用(2/2)



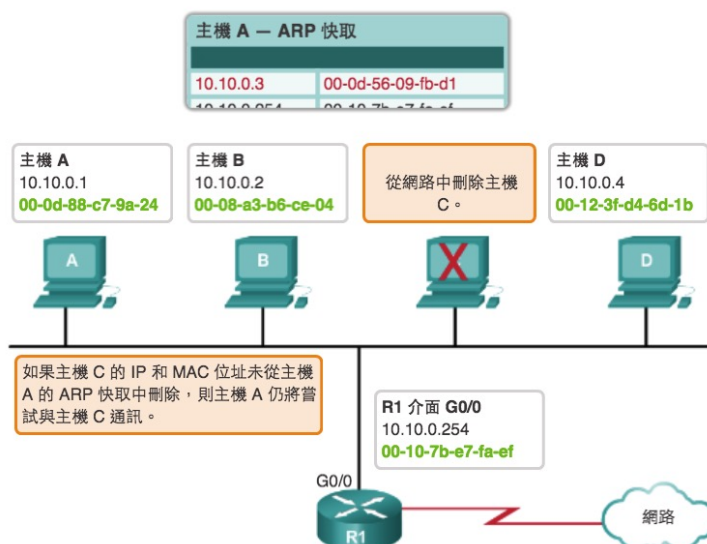
31



刪除 ARP 表中的條目

- ARP 快取計時器將會刪除在指定時間內未使用的 ARP 條目
- 也可以使用命令來手動刪除 ARP 表中的全部或部分條目

刪除 MAC 到 IP 位址的對映



32



網路設備上的 ARP 表

```
Router#show ip arp
```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	172.16.233.229	-	0000.0c59.f892	ARPA	Ethernet0/0
Internet	172.16.233.218	-	0000.0c07.ac00	ARPA	Ethernet0/0
Internet	172.16.168.11	-	0000.0c63.1300	ARPA	Ethernet0/0
Internet	172.16.168.254	9	0000.0c36.6965	ARPA	Ethernet0/0

```
C:\>arp -a
```

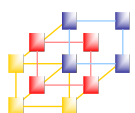
```
Interface: 192.168.1.67 --- 0xa
```

Internet Address	Physical Address	Type
192.168.1.254	64-0f-29-0d-36-91	dynamic
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	static
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	static
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	static
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static

```
Interface: 10.82.253.91 --- 0x10
```

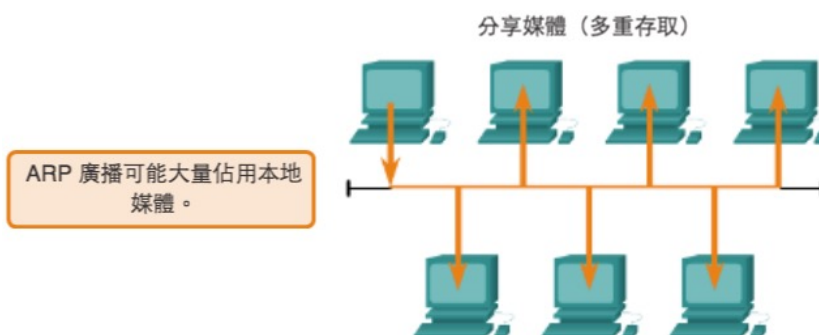
Internet Address	Physical Address	Type
10.82.253.92	64-0f-29-0d-36-91	dynamic
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	static
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	static
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	static
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static

33



ARP 為什麼會引起問題

- 媒體成本、廣播
 - 本地網路上的每台裝置都會收到並處理 ARP 請求
- 安全性
 - ARP 欺騙或 ARP 毒化是攻擊者使用的一種攻擊手法
 - 透過發出偽造的 ARP 回覆將錯誤的 MAC 位址關聯加入網路



34



Diagram illustrating a LAN topology. A central switch, labeled "位於 LAN 核心的交換器" (Switch located at the LAN core), is connected to 12 computers arranged in two rows of six. Each computer is represented by a laptop icon inside a yellow circle. The connections show a central switch connected to multiple devices, forming a star topology.

位於 LAN 核心的交換器

每台電腦各有自己的碰撞領域。

35

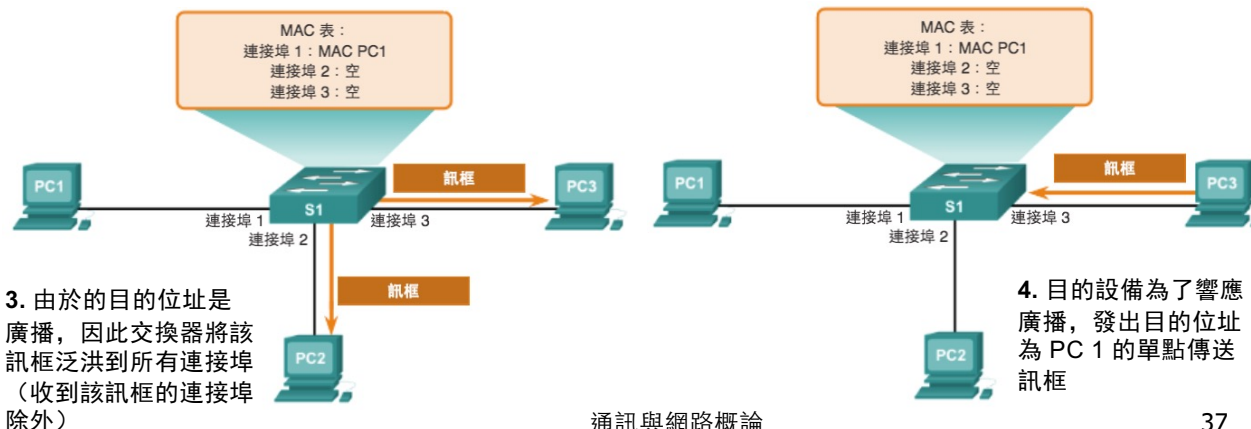
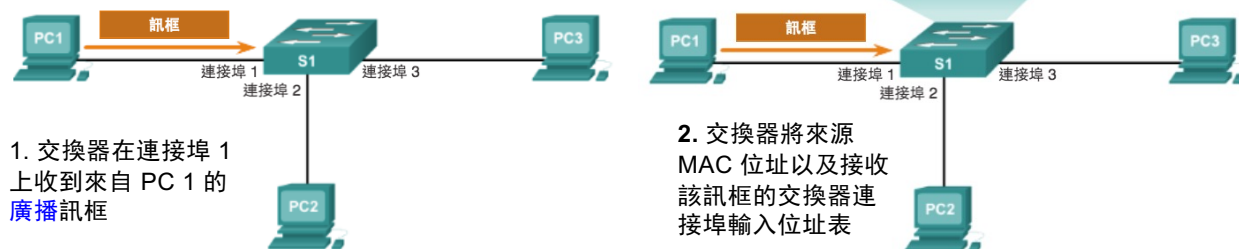


- 在大多數乙太網路中，將終端設備連接到中央的中介設備
- 只根據 **MAC** 位址執行交換和過濾
- 建立一張 **MAC** 位址表，使用該表作出轉送決策
- 依靠路由器來傳遞 IP 子網之間的資料

fa0/1	fa0/2	fa0/3
206d.8c01.0000	206d.8c01.1111	206d.8c01.2222
fa0/5	fa0/6	fa0/7
206d.8c01.4444	206d.8c01.5555	206d.8c01.6666



交換 MAC 位址表(1/2)

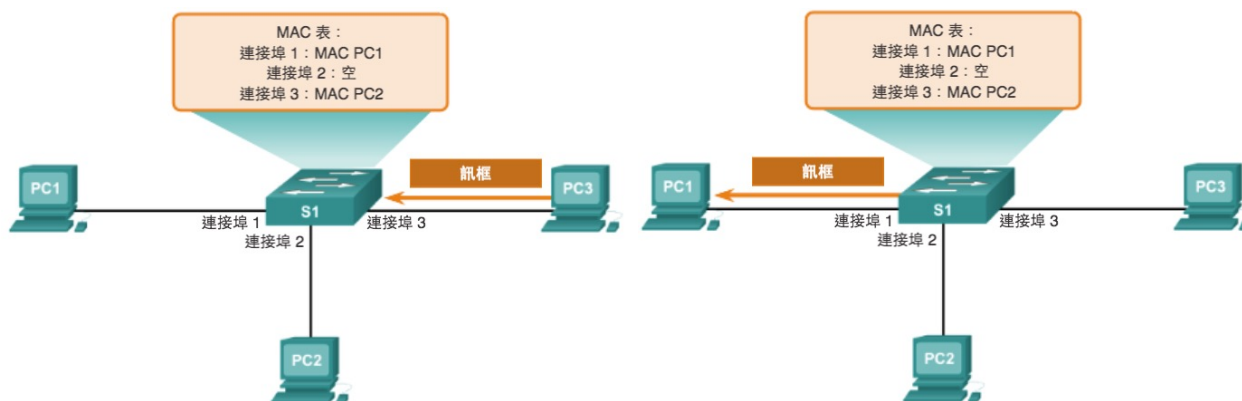


通訊與網路概論

37

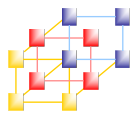


交換 MAC 位址表(2/2)



通訊與網路概論

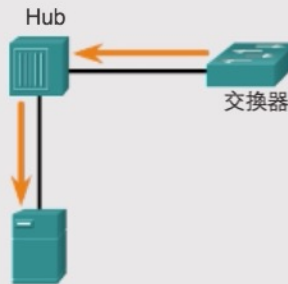
38



雙工設定

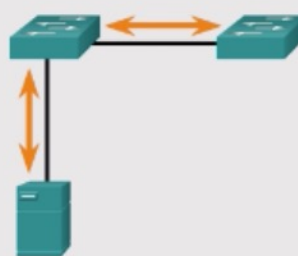
半雙工 (CSMA/CD)

- 單向資料流量
- 發生碰撞的可能性更高
- 集線器連線



全雙工

- 僅點對點
- 連線專用的交換連接埠
- 要求兩端均支援全雙工
- 無碰撞
- 停用碰撞偵測電路



通訊與網路概論

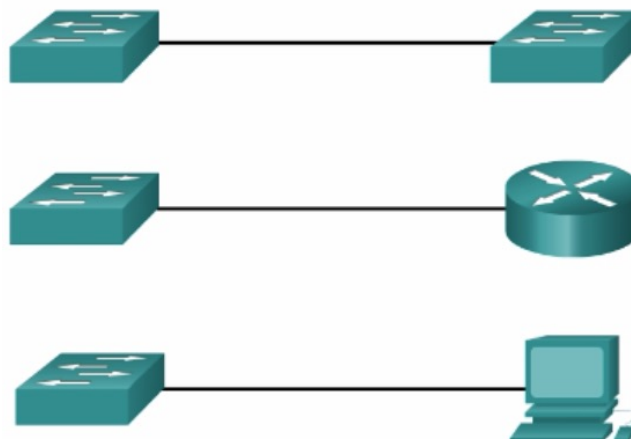
39



自動 MDIX

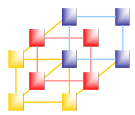
- 大多數交換器裝置可以透過在 CLI 中使用 `mdix auto` 介面設定命令來啟用自動媒體相關介面交叉 (auto-MDIX) 功能

當 auto-MDIX 功能啟用時，交換器可檢測所要的銅纜乙太網路連線的纜線類型，並相應地設定介面



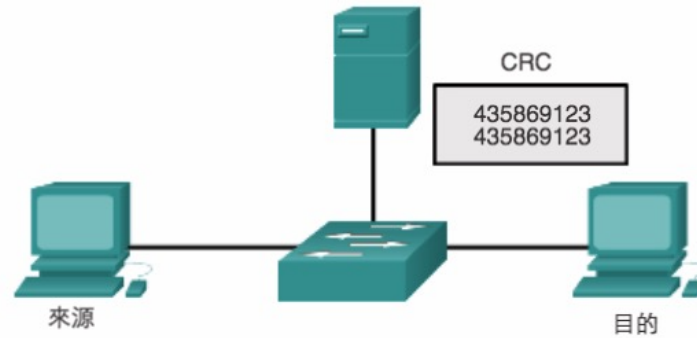
通訊與網路概論

40

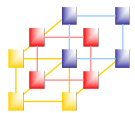


儲存轉送交換(Store-and-forward switching)

儲存轉送交換



儲存轉送交換器接收整個訊框並計算 CRC。如果 CRC 有效，則交換器尋找目的位址，目的位址決定了傳出介面。然後訊框從正確的连接埠轉送出去。



捷徑交換(Cut-through switching)

■ 兩種變體

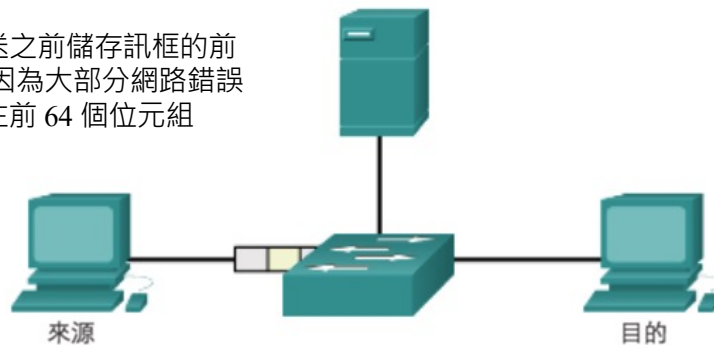
■ 快速轉送交換

- 延遲最低，在讀取目的位址後立即轉送封包，是典型的捷徑交換方法

■ 無碎片交換

- 交換器會在轉送之前儲存訊框的前 64 個位元組，因為大部分網路錯誤和碰撞都發生在前 64 個位元組

捷徑交換



捷徑交換器在收到整個訊框之前即轉送訊框。在可以轉送訊框之前，至少必須讀取訊框的目的位址。



交換器記憶體緩衝

基於連接埠的記憶體	在基於連接埠的記憶體緩衝中，訊框儲存在連結到特定傳入連接埠和傳出連接埠的佇列中。
分享記憶體	分享記憶體緩衝將所有訊框都放入交換器上所有連接埠分享的公共記憶體緩衝區中。



固定架構與模組化設定(1/2)

乙太網路供電 (PoE)





固定架構與模組化設定(2/2)

交換器的外形因素



固定架構交換器
功能和選項限於交換器的出廠設定。



模組化設定交換器
交換器機殼接受包含連接埠的線路卡。

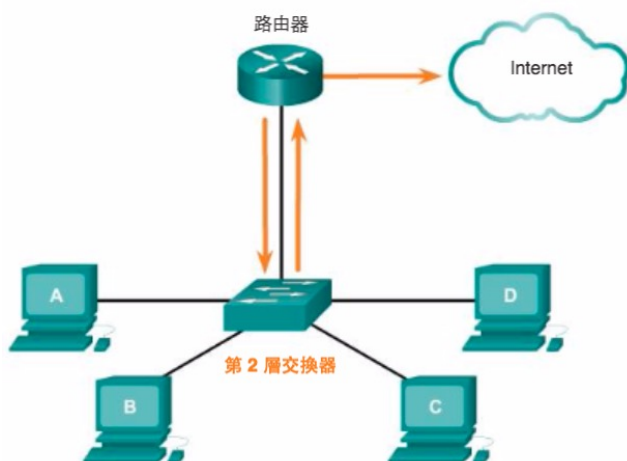


可堆疊設定交換器
採用專用纜線連線的可堆疊交換器可以作為一台大型交換器有效地執行。

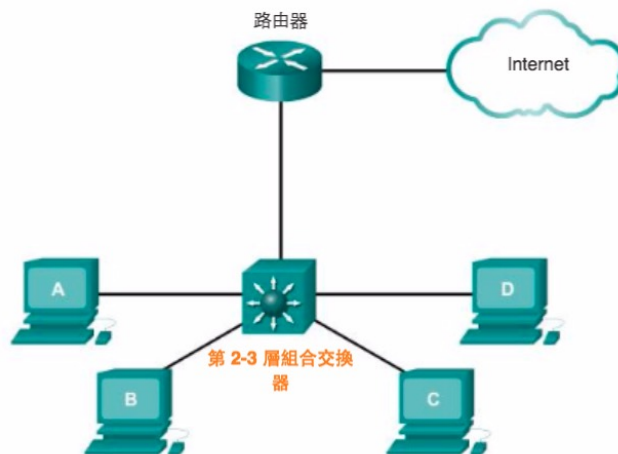


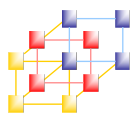
第 2 層交換與第 3 層交換

第 2 層交換



第 3 層交換





思科快速轉送(2/2)

■ 兩個主要組件

■ 轉送資訊庫 (FIB)

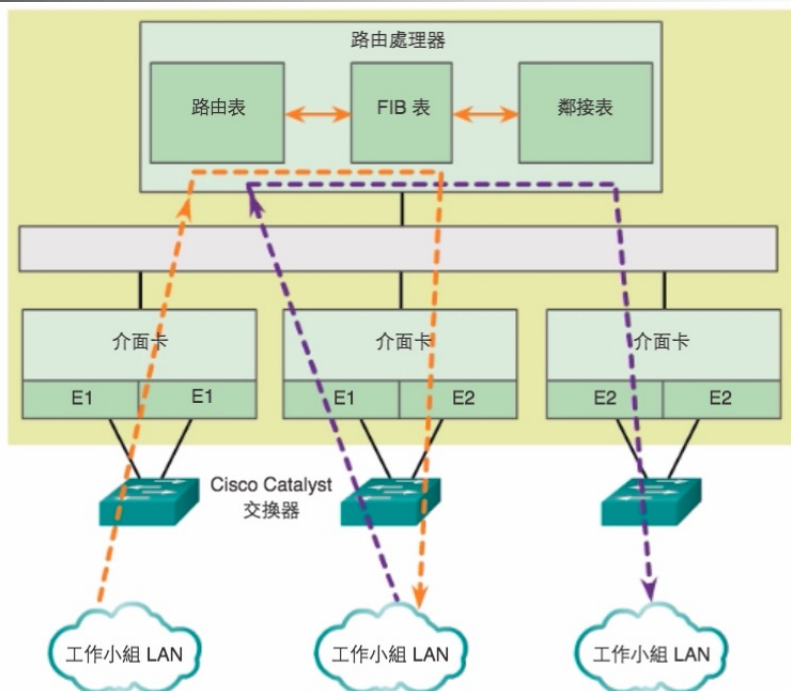
- 概念上與路由表類似
- 網路設備使用該查詢表在思科快速轉送操作程序中根據目的地作出交換決策
- 在網路中出現更改時進行更新並包含當時的所有已知路由

■ 鄰接表

- 維護所有 FIB 條目的第 2 層下一跳位址



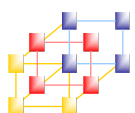
思科快速轉送(2/2)





第 3 層介面的類型

- 第 3 層介面的主要類型包括
 - 交換器虛擬介面 (SVI) – 交換器上與虛擬區域網路 (VLAN) 關聯的邏輯介面
 - 路由連接埠 – 第 3 層交換器上充當路由器連接埠的實體連接埠。透過將接口置於第 3 層模式下使用 `no switchport` 介面設定命令設定路由連接。
 - Layer 3 EtherChannel – 思科設備上與一系列路由連接埠關聯的邏輯介面



在第 3 層交換器上設定路由連接埠

```
S1(config)#interface f0/6
S1(config-if)#no switchport
S1(config-if)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
S1(config-if)#no shutdown
S1(config-if)#end
S1#
*Mar 1 00:15:40.115: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
S1#show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
Vlan1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
FastEthernet0/1	unassigned	YES	unset	down	down
FastEthernet0/2	unassigned	YES	unset	down	down
FastEthernet0/3	unassigned	YES	unset	down	down
FastEthernet0/4	unassigned	YES	unset	down	down
FastEthernet0/5	unassigned	YES	unset	down	down
FastEthernet0/6	192.168.200.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/7	unassigned	YES	unset	up	up
FastEthernet0/8	unassigned	YES	unset	up	up

<省略部分輸出>