

# 網路概論

最新

第15版

第3篇 鏈結層篇

## 第三章

### 有線區域網路 - 以乙太網路為例

*Networking  
Essentials*

15th Edition

本投影片（下稱教用資源）僅授權給採用教用資源相關之旗標書籍為教科書之授課老師（下稱老師）專用，老師為教學使用之目的，得摘錄、編輯、重製教用資源（但使用量不得超過各該教用資源內容之80%）以製作為輔助教學之教學投影片，並於授課時搭配旗標書籍公開播放，但不得為網際網路公開傳輸之遠距教學、網路教學等之使用；除此之外，老師不得再授權予任何第三人使用，並不得將依此授權所製作之教學投影片之相關著作物移作他用。

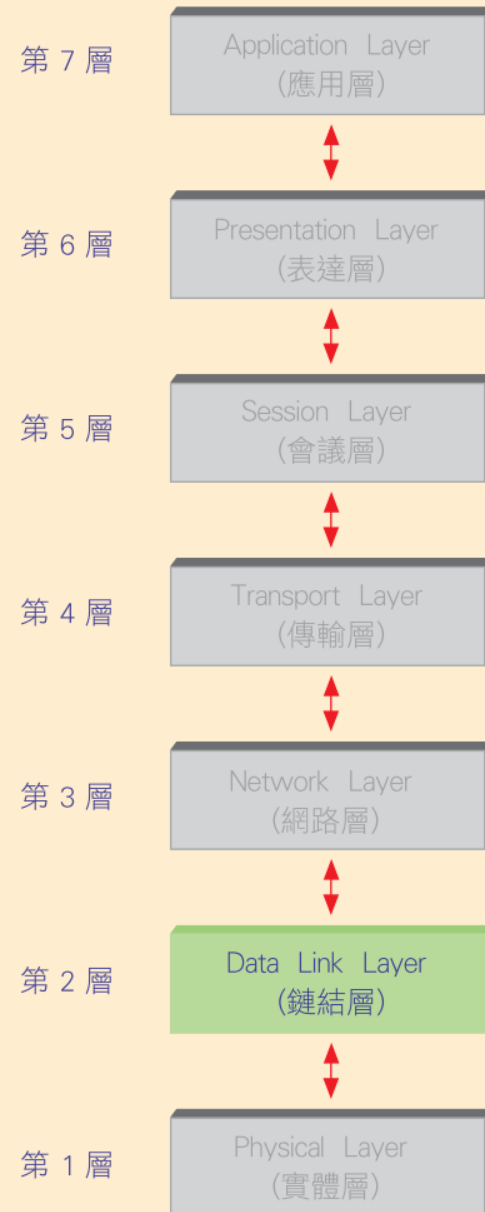
著作權所有 © 旗標公司

# 前言

- ◆ 3-1 鏈結層的工作
- ◆ 3-2 乙太網路簡介
- ◆ 3-3 乙太網路的演進
- ◆ 3-4 VLAN
- ◆ 實作練習：以雙絞線架設乙太網路

# 3-1 鏈結層的工作

- ◆ 3-1-1 切割為訊框
- ◆ 3-1-2 偵錯
- ◆ 3-1-3 媒介存取控制方法



# 3-1 鏈結層的工作

- ◆ 鏈結層將一串資料送達傳輸媒介可直接連通的另一個網路裝置, 包含以下工作
  - ◆ 切割為訊框 (Framing)  
將資料分割為適當大小的區塊 (稱為『訊框』, frame) 可提昇效率
  - ◆ 偵錯  
判斷接收到的訊框是否有錯誤
  - ◆ 制訂媒介存取控制方法  
決定那一個裝置可以發送資料



# 3-1-1 切割為訊框

## ◆ 固定訊框長度

只要接收端發現有資料傳入, 就接收固定長度的資料

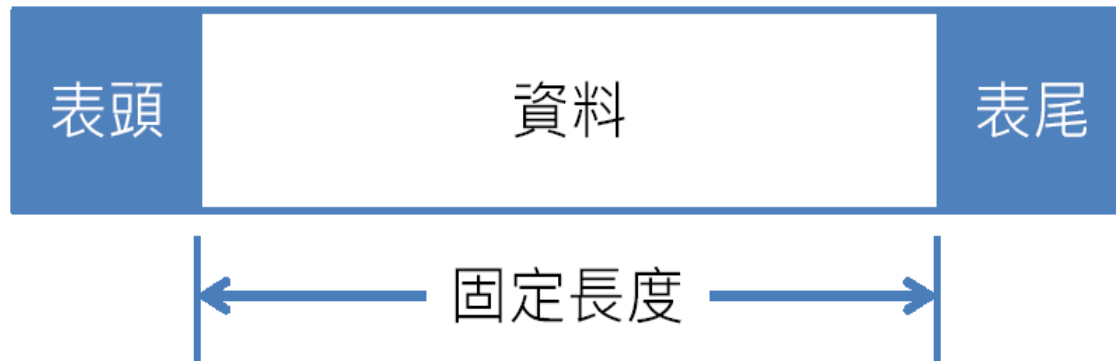


圖 3-01 固定長度的訊框

# 切割為訊框

## ◆ 加入長度欄位

在表頭加入一個長度欄位, 接收端只要依據此欄位的值接收指定長度的資料

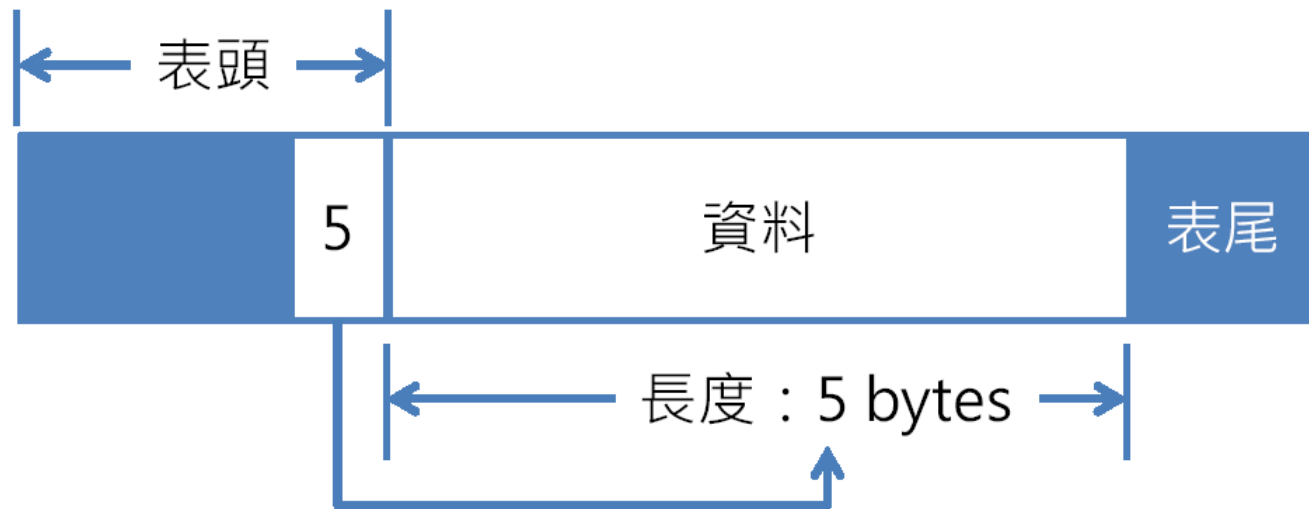


圖 3-02 加入長度欄位的訊框

# 切割為訊框

## ◆ 以特定字元標示

選取一個特定字元作為旗標 (flag), 標示訊框的頭尾

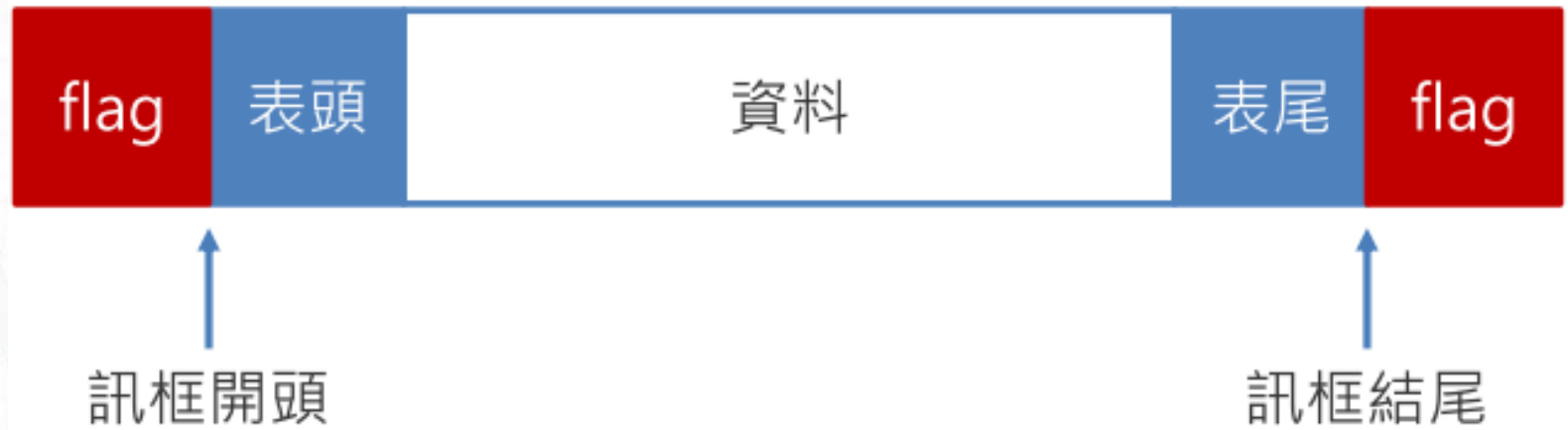


圖 3-3 以特定字元為旗標, 標示訊框頭尾

# 切割為訊框

- ◆ 如果資料中包含有作為旗標的特定字元, 會額外加上一個跳脫字元

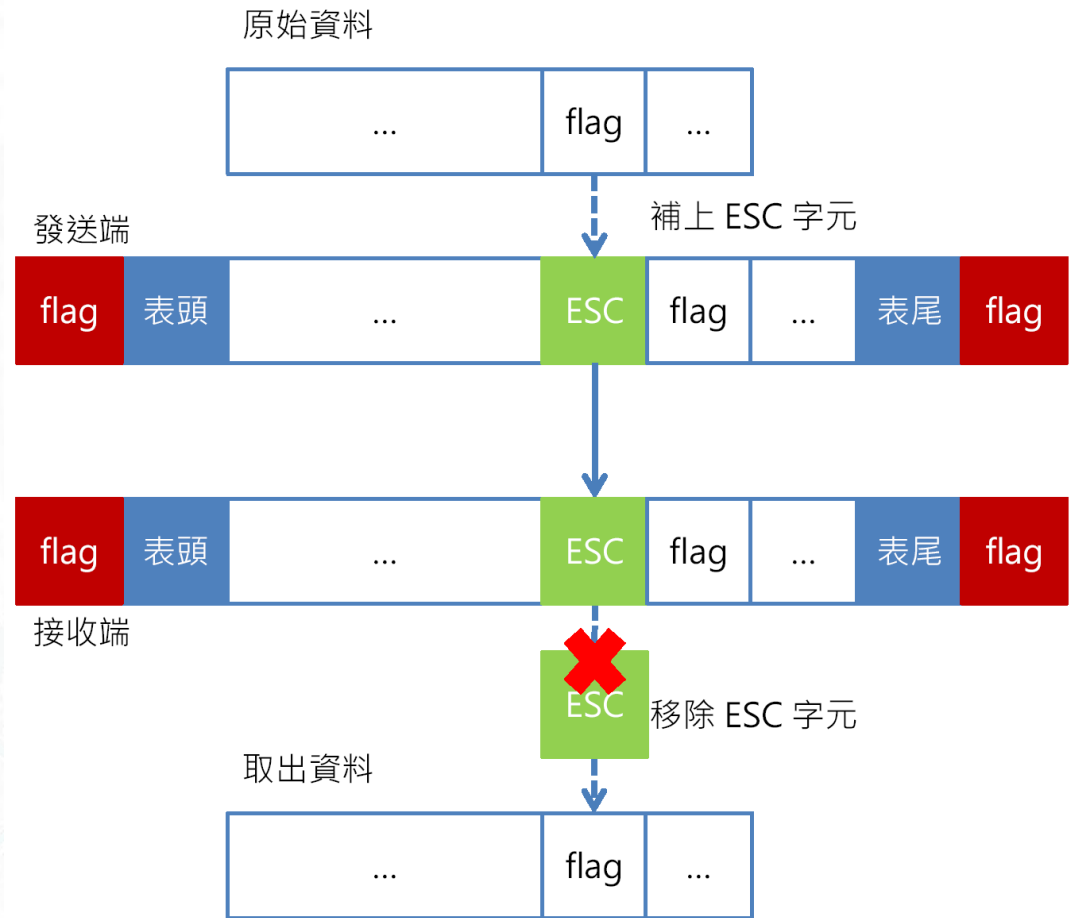


圖 3-04 以跳脫字元標示資料中出現的旗標



# 切割為訊框

- ◆ 如果資料中包含有跳脫字元, 要額外再多加一個跳脫字元:

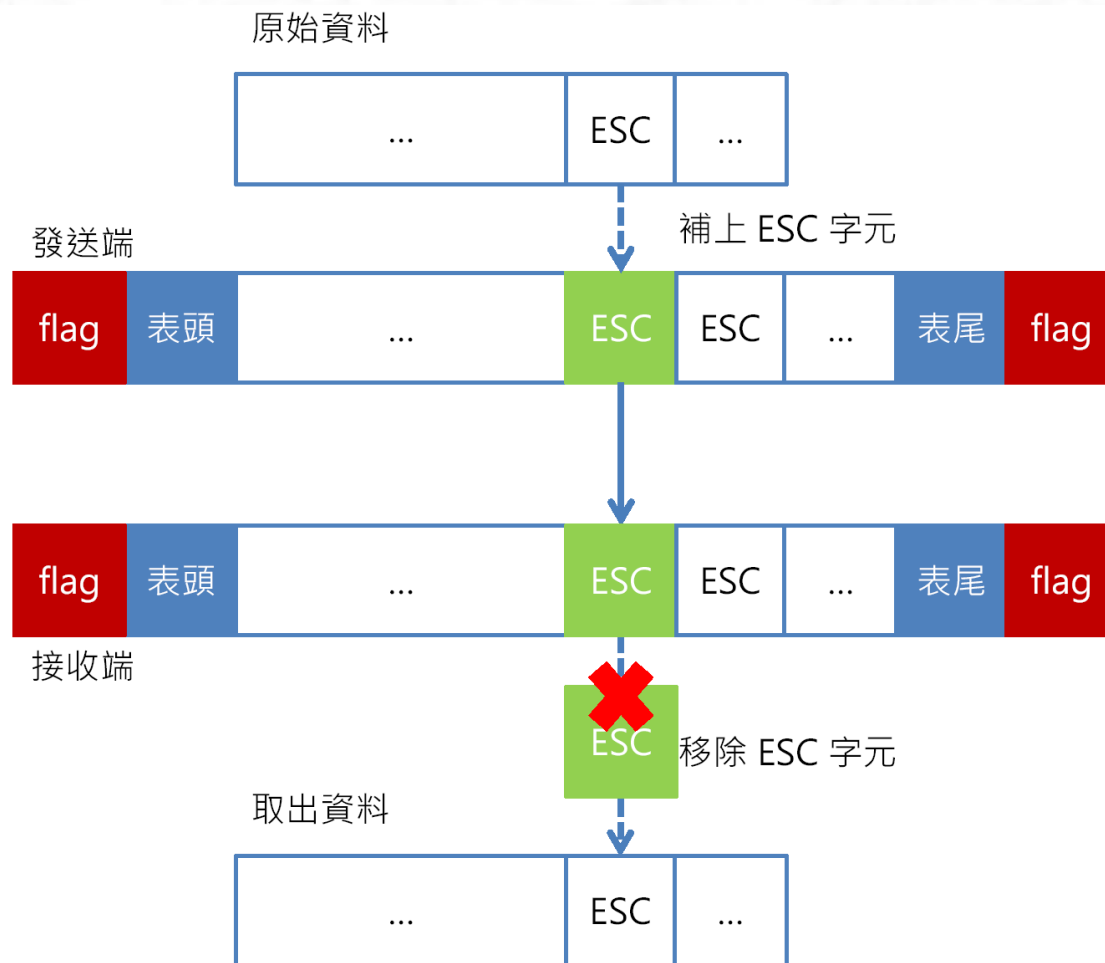


圖 3-05 處理資料中出現的跳脫字元

# 切割為訊框

- ◆ 以特定位元樣式標示

選取特定的位元樣式當成旗標, 表示訊框的頭尾

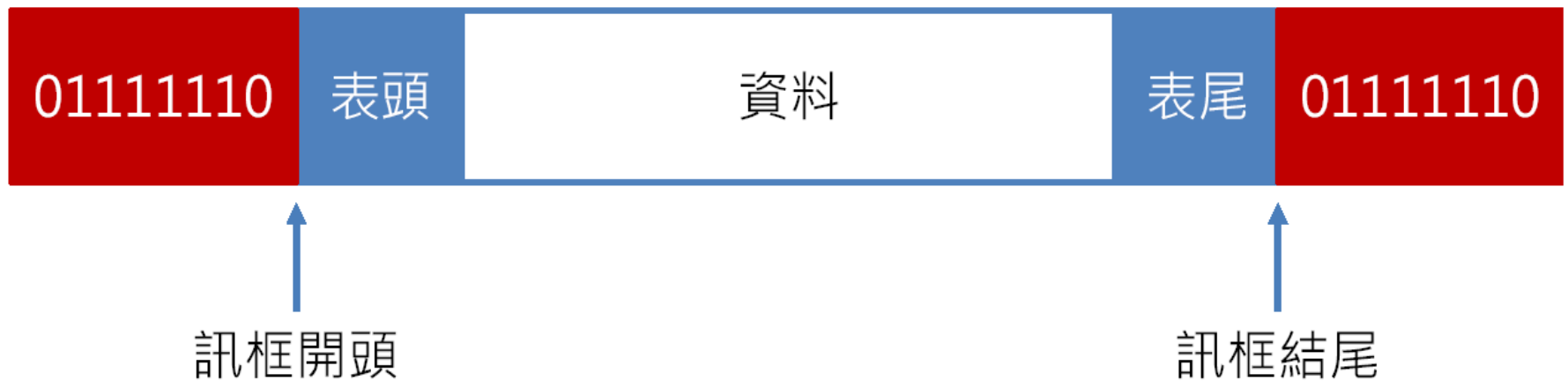


圖 3-06 以 01111110 當成旗標標示訊框首尾

# 切割為訊框

- ◆ 若資料出現指定好的特定位元樣式, 會自動多補上 1 個 0

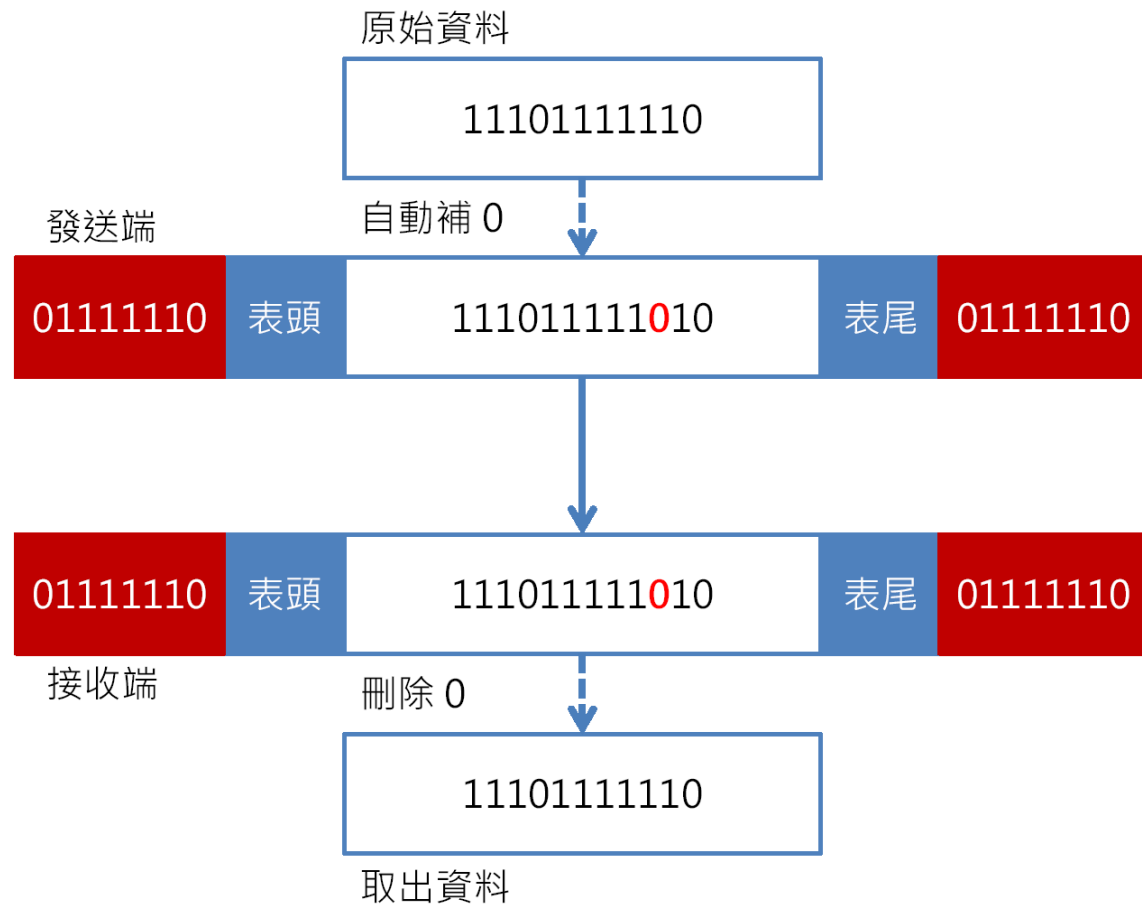


圖 3-07 自動補 0 避免資料中出現作為旗標的位元樣式

## 3-1-2 偵錯

- ◆ 在傳輸的過程中, 有可能因為雜訊而使資料錯誤
- ◆ 偵錯的做法大致都是依據原始的資料計算出輔助資料後, 一同傳送
- ◆ 接收端可依據輔助資料判斷資料是否有錯

## 3-1-2 偵錯

### ◆ 同位元檢查

透過檢查位元 1 的數量是否為偶數，即可知道是否發生錯誤。

原始資料	檢查位元	送出結果
0110111	+ 1	01101111

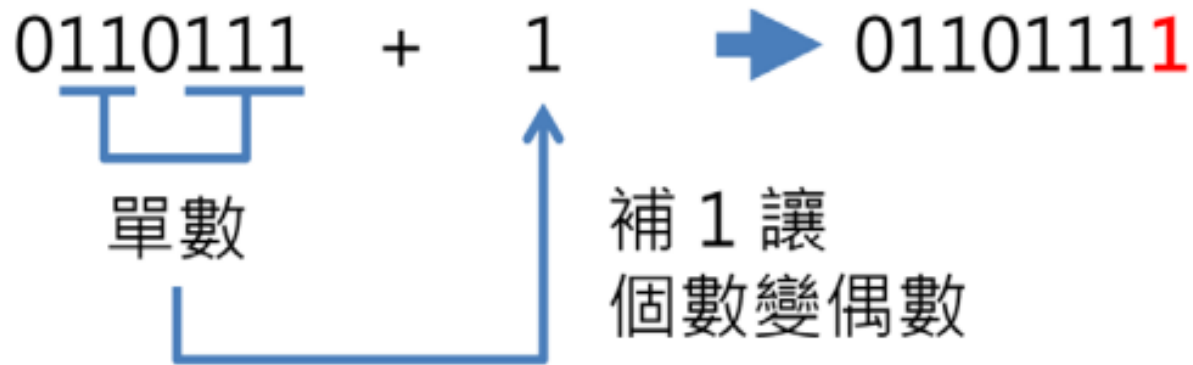


圖 3-8 同位元檢查

如果傳輸過程中有2個位元發生錯誤，則會無法發現錯誤，此法適用於傳輸穩定的環境



### 3-1-3 媒介存取控制方法

- ◆ 匯流排網路或星狀網路, 因為訊號是以廣播方式傳送, 如果兩台電腦同時傳資料, 就會發生『碰撞』。
- ◆ 當電腦偵測到發生碰撞, 便會送出『壅塞訊號』或『碰撞訊號』, 以通知其它電腦
- ◆ 壅塞訊號所能到達的範圍便稱為『碰撞領域』(Collision Domain)。
- ◆ 為了減少發生碰撞, 必須要管理、協調各電腦對媒介的使用, 決定哪一部電腦可在媒介上傳輸訊號, 這就是『媒介存取控制』

## 3-1-3 媒介存取控制方法

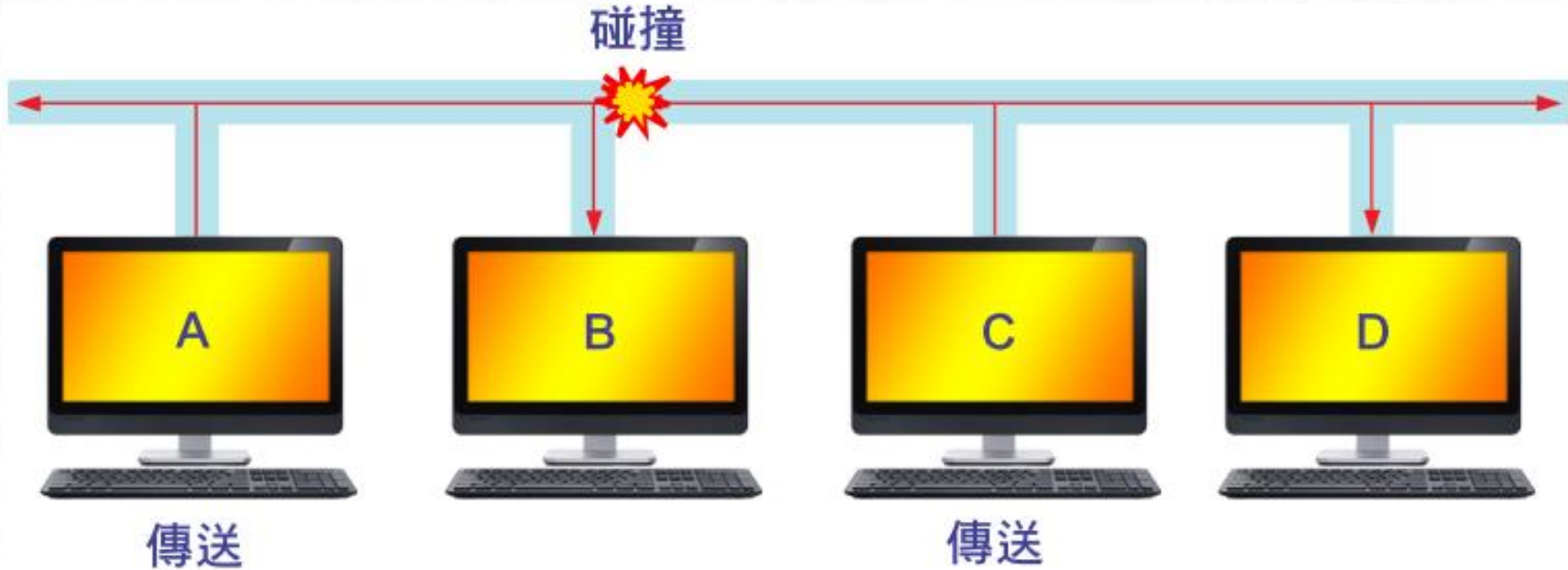


圖 3-9 兩部電腦的訊號互相碰撞

# 媒介存取控制方法

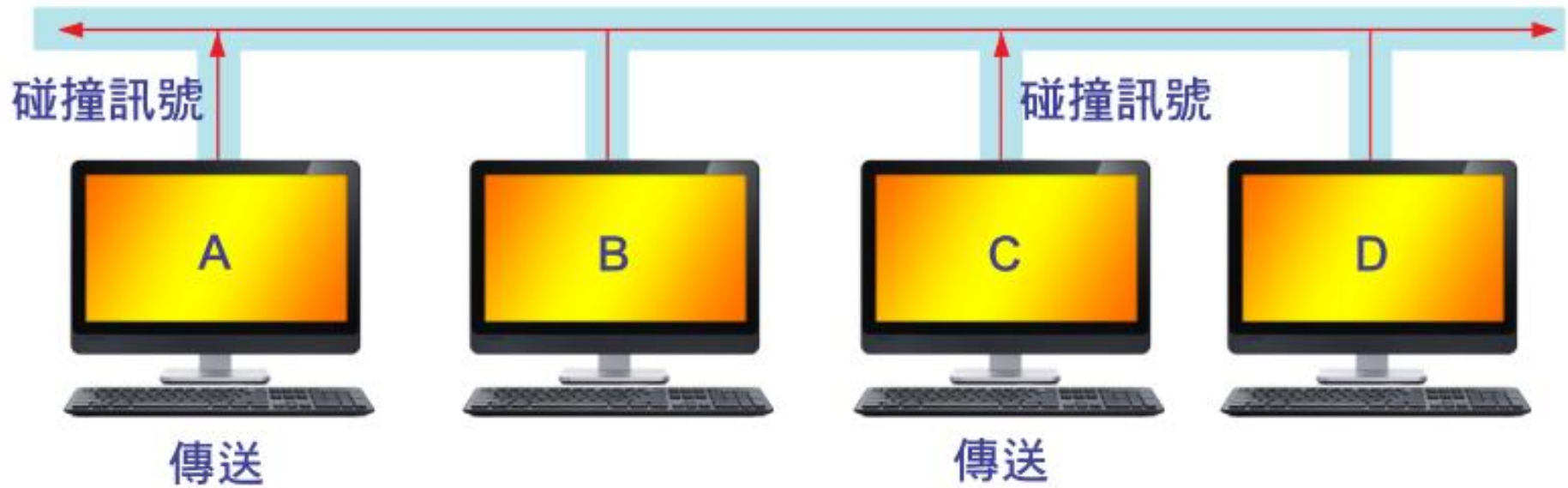


圖 3-10 發送碰撞訊號, 並暫停傳送

# 媒介存取控制方法

- ◆ CSMA/CD：有訊框需要送出時，會先偵測媒介上是否能持續一小段時間有空檔，然後才開發送出
- ◆ 如果有距離較遠的裝置同時偵測到媒介有空檔而發送訊框，就會等到兩個裝置的訊號傳遞到中途碰撞後才會發現。此時發生碰撞的兩個裝置都必須等待一段隨機決定的『退讓時間』(Back-Off Time) 後再重新搶送資料。

## ◆ CSMA/CD

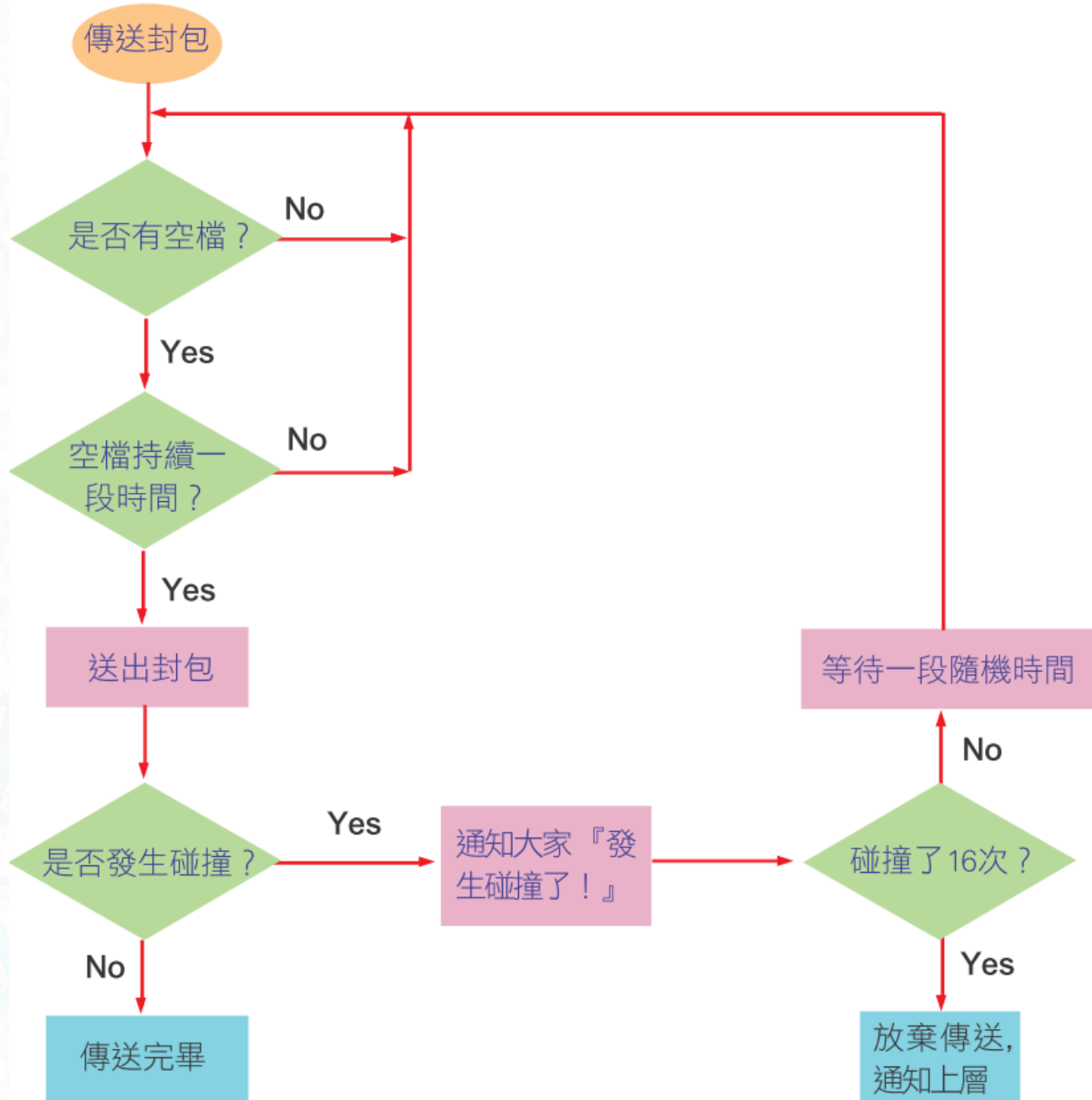


圖 3-11 CSMA/CD 傳輸流程圖



# ※ 使用中繼器會擴大碰撞領域

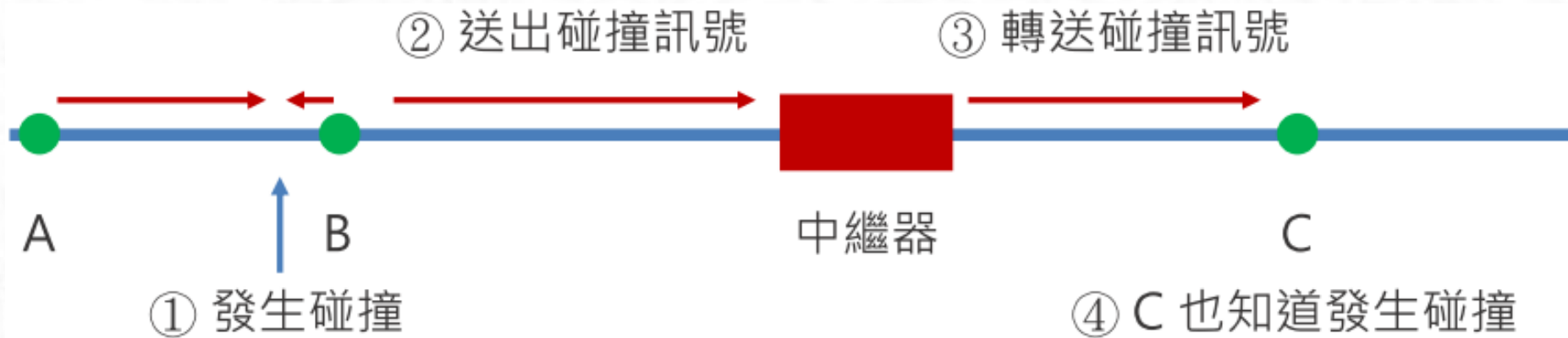


圖 3-12 中繼器會轉送碰撞訊號

# ※ 使用橋接器可以分割碰撞領域

橋接器(Bridge)是指可以連接兩個獨立網路的設備。

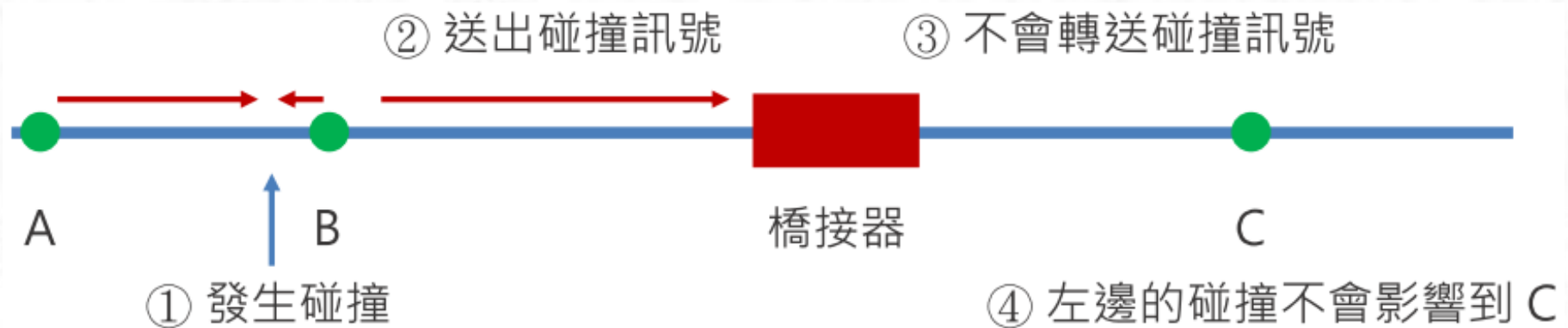


圖 3-13 橋接器不會轉送碰撞訊號

## 3-2 乙太網路簡介

- ◆ 乙太網路 (Ethernet) 技術最早是在 1973 年由全錄 (Xerox) 公司所發展, 而後轉移給 IEEE 協會維護。
- ◆ 1983 年, IEEE 802.3 委員會正式公佈了 802.3 CSMA/CD 規格, 是乙太網路標準的濫觴。

# 乙太網路的工作原理

## ◆ 廣播訊號

- ◆ 乙太網路最大的特性在於訊號是以廣播的方式傳輸
- ◆ 所有收到訊號的電腦必須根據訊框的表頭，判斷自己是否為該訊框的收件人

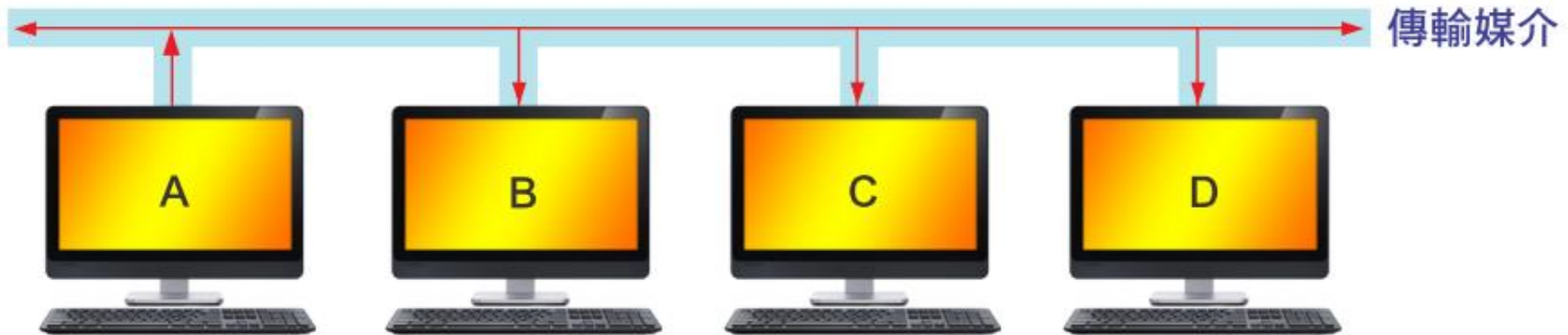


圖 3-14 訊號是以廣播的方式來傳送

# 乙太網路的工作原理

## ◆ 鏈結層的定址 (MAC 位址)

網路裝置透過訊框表頭中目的端位址與自身的位址,來判斷是否要收下訊框

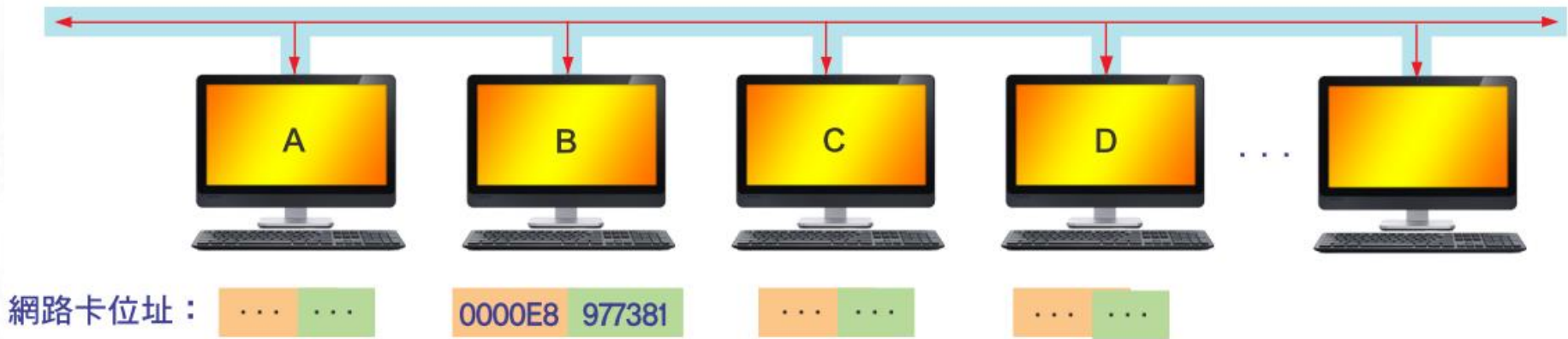


圖 3-15 網路裝置會收下目的端位址與自己相同的資料

每一個乙太網路裝置都擁有一個由硬體製造商設定好的網路卡位址, 稱為 **MAC 位址**。此位址為獨一無二



# 乙太網路的工作原理

## ◆ 切割為訊框

資料在傳輸到媒介之前, 會切割為訊框



圖 3-16 乙太網路的訊框格式

除來源位址、目的位址、以及資料長度外, 其它有幾個欄位要特別說明：

# 切割為訊框

- ◆ 前置訊號 (Preamble)  
這是由連續 7 個 10101010 的位元組所組成的訊號, 主要是讓接收端準備接收訊框。
- ◆ SFD (Start Frame Delimiter) 旗標  
用來標註訊框的開頭
- ◆ 資料 (Payload)  
長度限定在 46~1500 位元組之間
- ◆ CRC 檢查碼  
由訊框中其他欄位計算出來, 接收端可藉此檢查框內容是否有錯

# 乙太網路的工作原理

- ◆ CSMA/CD 媒介存取控制方法  
乙太網路的訊號是以廣播傳送, 因此必須處理碰撞問題。採取的方式就是 CSMA/CD。
- ◆ 使用 CSMA/CD 的關鍵就在於發送端必須要能偵測碰撞, 並在發生碰撞時重新傳送。



圖 3-17 距離較遠的兩端發生碰撞

- ◆ 如果發送端與目的端的距離很遠, 當 A 開始傳送訊框, 且訊框的第 1 個位元的訊號到達 B 之前, B 可能會認為媒介為空檔並開始傳送訊框, 因而發生碰撞, 此時 B 偵測到碰撞而發出壅塞訊號。A 要等到壅塞訊號傳到, 才知道發生碰撞。
- ◆ 如果 A 傳送的訊框太小, 就有可能在 A 傳送出訊框最後 1 個位元後都還沒偵測到碰撞, 而誤以為沒有發生碰撞。

- ◆ 因此乙太網路便根據傳輸媒介的特性, 考量最長傳輸距離與傳輸速度, 規定訊框中資料長度不得少於 **46** 個位元組, 加上表頭等欄位後, 訊框不能少於 **64** 個位元組, 以保證可在整個訊框送出前偵測到碰撞。

Networking  
Essentials

15th Edition



## 3-3 乙太網路的演進

- ◆ 3-3-1 10 Mbps 乙太網路
- ◆ 3-3-2 100 Mbps 乙太網路 (Fast Ethernet)
- ◆ 3-3-3 Gigabit 乙太網路
- ◆ 3-3-4 10 Gigabit 乙太網路
- ◆ 3-3-5 40Gb、100Gb 乙太網路

乙太網路標準使用一種簡易的命名方法, 其格式為『XBaseY』, 其中『X』表示頻寬, 『Y』若為數字則表示最大傳輸距離, 若為英文字母則表示傳輸媒介, 『Base』表示『基頻』。

# 3-3-1 10 Mbps 乙太網路

- ◆ 遵循 802.3 規格的乙太網路, 頻寬皆為 10 Mbps, 傳輸媒介包含同軸電纜、雙絞線和光纖, 分別有不同的特性, 分別賦予『10Base5、10Base2、10BaseT 和 10BaseF』4 種名稱

表 3-1 10 Mbps 乙太網路規格

項目	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseF
線材	RG-11 粗同軸電纜	RG-58 A/U 細同軸電纜	Cat 3 雙絞線	光纖
接頭	DB15	BNC	RJ-45	ST
區段最大長度	500 公尺	185 公尺	100 公尺	2000 公尺
最大延伸範圍	2500 公尺	925 公尺	500 公尺	500 公尺
最大節點數	100	30	1024	2 或 33
拓樸	匯流排	匯流排	星狀	星狀

## 3-3-2 100 Mbps 乙太網路 (Fast Ethernet)

- 為應付更大量的資料傳輸量, IEEE 在 1995 年發表了 100BaseTX、100BaseT4、100BaseFX 這 3 種 100 Mbps 的高速乙太網路, 並在 1997 年再推出 100BaseT2

表 3-2 100 Mbps 乙太網路規格簡表

項目	100BaseTX	100BaseT4	100BaseFX	100BaseT2
線材	Cat 5 雙絞線	Cat 3~Cat 6 雙絞線	光纖	Cat 3 雙絞線
接頭 RJ-45	RJ-45	RJ-45	ST、MIC、SC	RJ-45
區段最大長度	100 公尺	100 公尺	2/10 公里	100 公尺
拓樸	星狀	星狀	星狀	星狀

# 100 Mbps 乙太網路(Fast Ethernet)

100 Mbps 乙太網路最主要的想法是在與 10 Mbps 乙太網路相容的前提下, 提升傳輸的速度, 這包含了 2 個部分：

- ◆ 媒體存取控制方法

捨棄匯流排拓樸, 改採星狀網路, 並縮短單一連線的最長距離, 使得碰撞訊號來得及傳回發送端

- ◆ 自動協商 (Auto Negotiation)

讓裝置協商傳輸的速率, 避免低速的裝置來不及接收從高速裝置湧來的資料。

## 3-3-3 Gigabit 乙太網路

- ◆ 1998 年 IEEE 公佈了 1000BaseSX、1000BaseLX、1000BaseCX 這 3 種超高速乙太網路 (Gigabit Ethernet) 的標準 - 802.3z, 並於 1999 年追加使用雙絞線的 1000BaseT 規格 - 802.3ab 標準

表 3-3 1000 Mbps 乙太網路規格簡表

項目	1000BaseSX	1000BaseLX	1000BaseCX	1000BaseT
線材	光纖	光纖	特殊同軸電纜	Cat 5e 或 Cat 6 雙絞線
接頭	SC	SC	DB9	RJ-45
區段最大長度	275/550 公尺	550/5000 公尺	25 公尺	100 公尺
拓樸	星狀	星狀	星狀	星狀



- ◆ **Gigabit** 乙太網路主要是以交換器為中心建立星狀網路, 但仍舊保持相容性, 由於不需要 **CSMA/CD** 偵測碰撞, 因此連線長度主要取決於傳輸媒介的特性

*Networking  
Essentials*

15th Edition

## 3-3-4 10 Gigabit 乙太網路

IEEE 協會於 2002 年 6 月通過 802.3ae 10GbE (10 Gigabit Ethernet, 10 Gbps 乙太網路) 的標準規格

- ◆ 以光纖為傳輸介質
- ◆ 實體層規格區分為 LAN PHY 和 WAN PHY 兩種
- ◆ 沿用 10/100Base 乙太網路的封包長度和格式
- ◆ 只支援全雙工 (Full Duplex) 傳輸模式

## 3-3-5 40Gb、100Gb 乙太網路

- ◆ IEEE於 2010 年正式發表802.3ba-2010 標準。針對不同的應用場合及需求, 直接定義了 40Gb、100Gb 兩種不同傳輸速率、8 種不同規格：

表 3-4 802.3ba-2010 規格

傳輸速率	40Gb				100Gb			
傳輸距離	1 公尺	7 公尺	100 公尺	10 公里	7 公尺	100 公尺	10 公里	40 公里

## 3-4 VLAN

- ◆ VLAN (Virtual LAN, 虛擬區域網路) 是交換式技術的進階應用。原本的交換式技術只能提供兩個連接埠互傳資料, 但是 VLAN 將應用範圍大幅地延展開來
- ◆ VLAN 具有 3 個主要的功能：

# VLAN

## ◆ 隔離廣播封包

將交換器上的連接埠賦予不同的 VLAN ID, 廣播封包只會在該連接埠所屬的群組內傳送



圖 3-18 賦予連接埠不同的 VLAN ID, 將單一區域網路分成 2 個 VLAN



# VLAN

- ◆ 突破實體位置限制, 便於管理  
相同 VLAN ID 的電腦就屬於相同群組

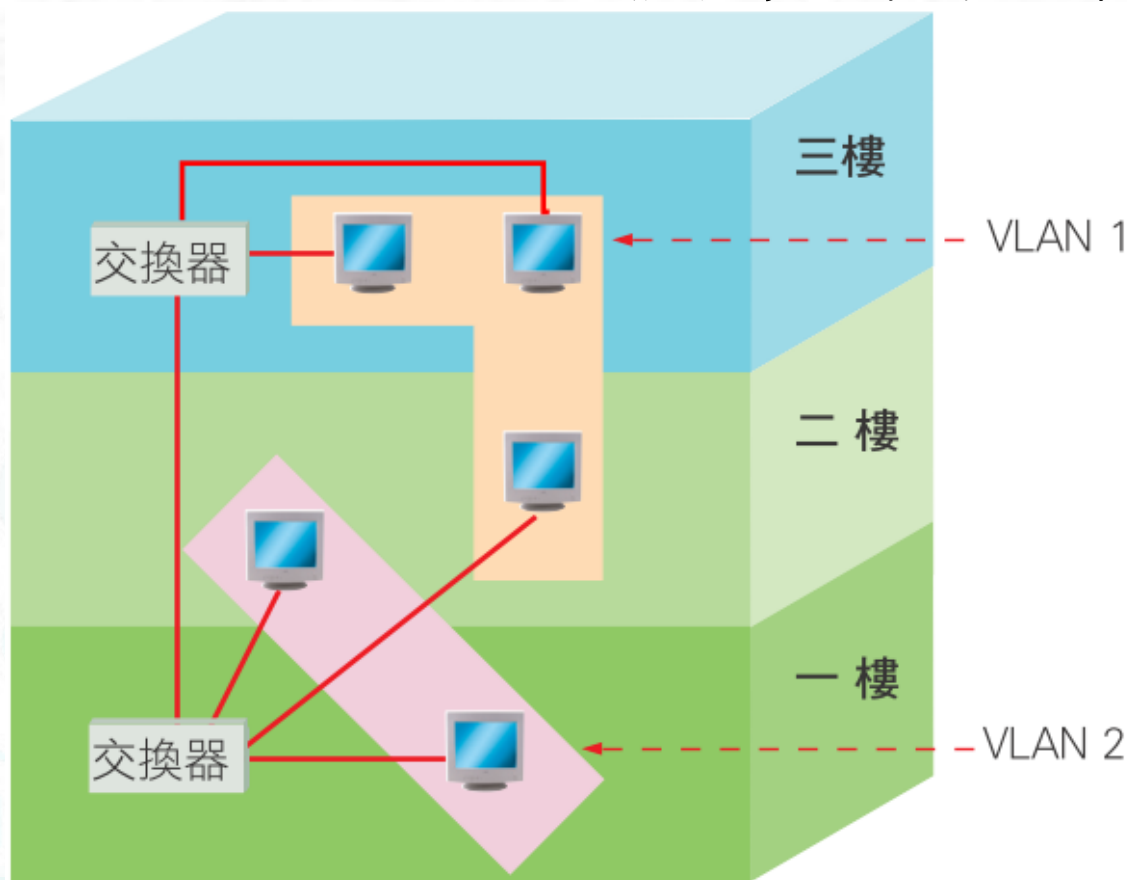


圖 3-19 不同樓層的電腦也可組成 VLAN

# VLAN

- ◆ 限制存取, 提高安全性  
將交換器分割成不同的群組, 限制存取權限

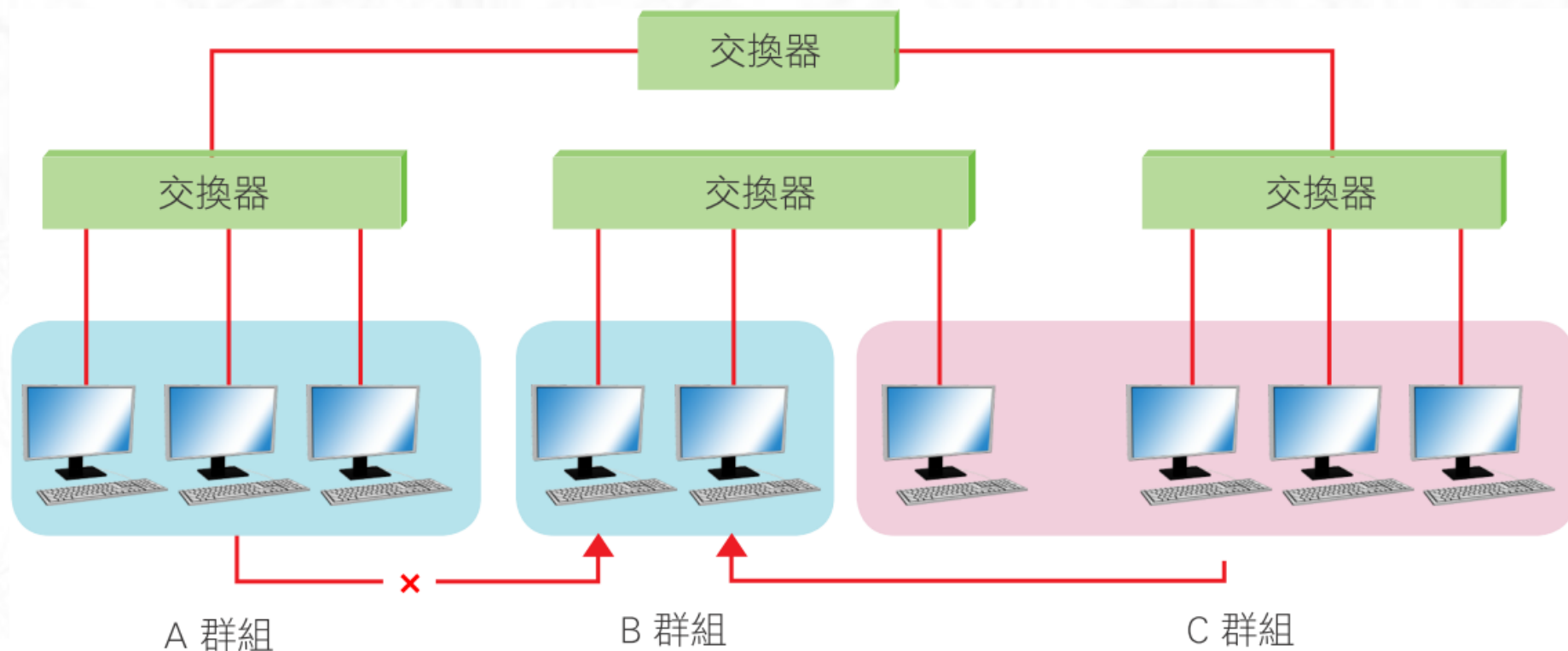


圖 3-20 以 VLAN 劃分群組, 提高安全性

# VLAN

- ◆ 早期不同廠商 VLAN 功能無法相容, 後來 IEEE 提出了 802.1Q 的標準解決此問題
- ◆ VLAN 是針對實體層與鏈結層所發展的技術, 目前廠商各自研發第三層以上的技術來分割 VLAN, 仍有相容問題

# 實作練習：以雙絞線架設乙太網路

- ◆ 準備基本工具與材料
- ◆ 動手壓接 RJ-45 接頭
- ◆ 連接交換器與電腦

Networking  
Essentials

15th Edition

# 準備基本工具與材料

## ◆ 斜口鉗



斜口鉗的功用是要剪線，  
唯一的要求就是要夠利



# 準備基本工具與材料

## ◆ 剝線器



一般人較少買剝線器, 但專業網路人員就不該省這點小錢, 還是買一隻比較方便

# 準備基本工具與材料

## ◆ 壓線鉗



什麼工具都可以替代，  
就是壓線鉗一定不能省

# 準備基本工具與材料

- ◆ 雙絞線
- ◆ RJ-45 接頭
- ◆ 護套



# 動手壓接 RJ-45 接頭

1.



護套必須先套入雙絞線, 將來才不會被 RJ-45 接頭擋住

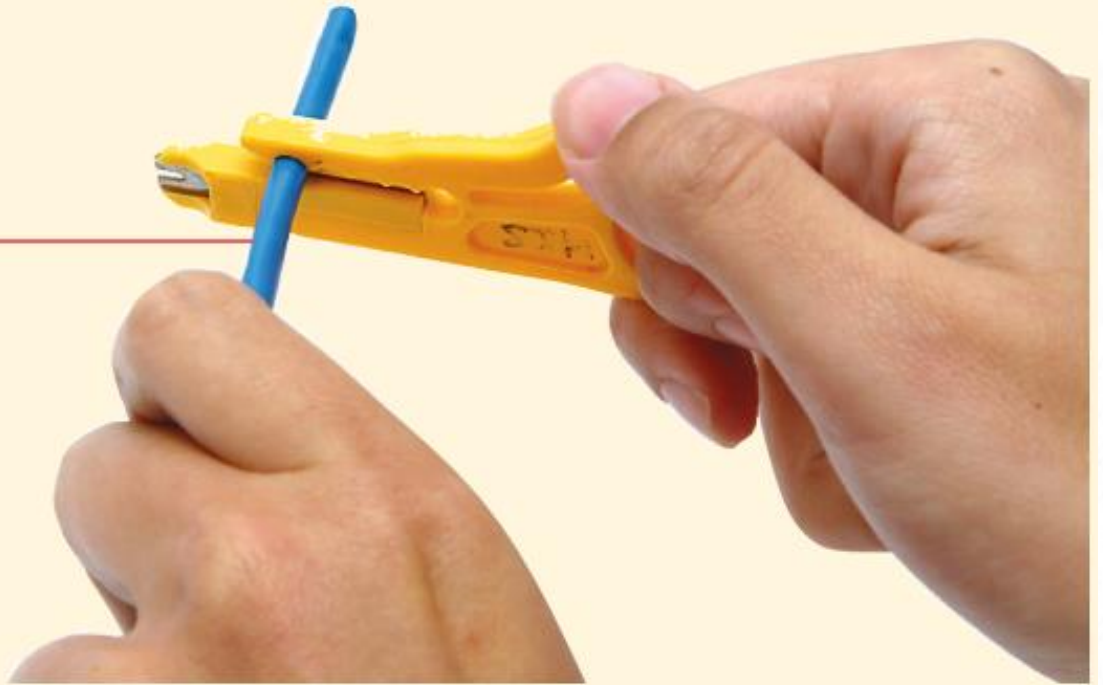
Essentials®

15th Edition

# 動手壓接 RJ-45 接頭

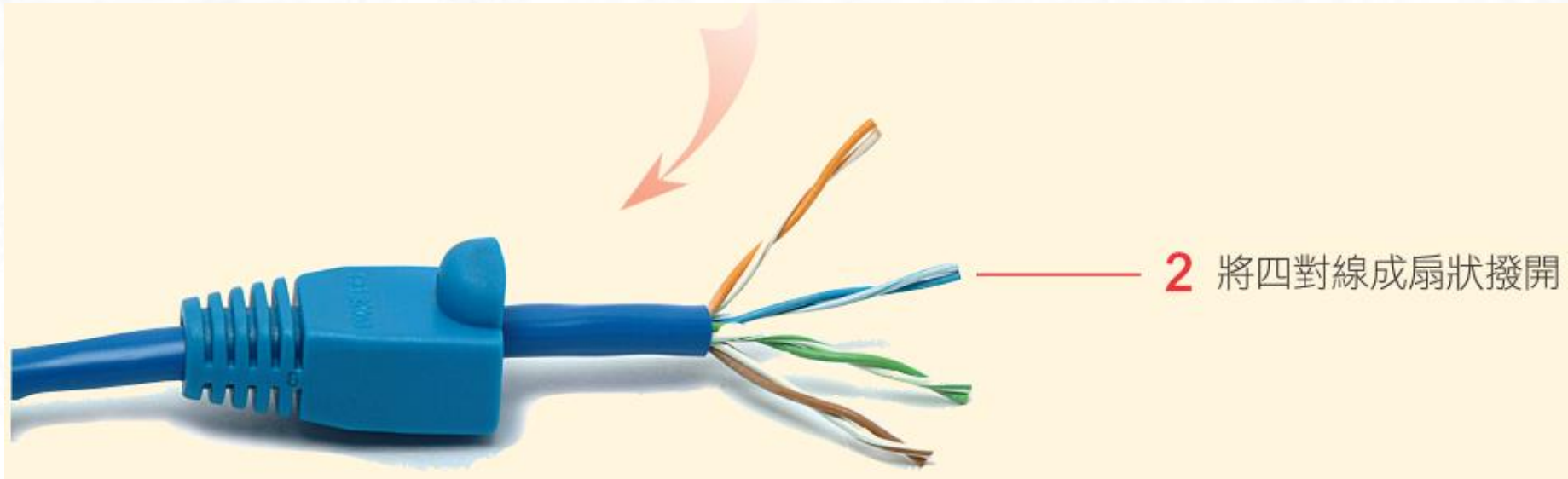
2.

1 剥去線的外皮





# 動手壓接 RJ-45 接頭

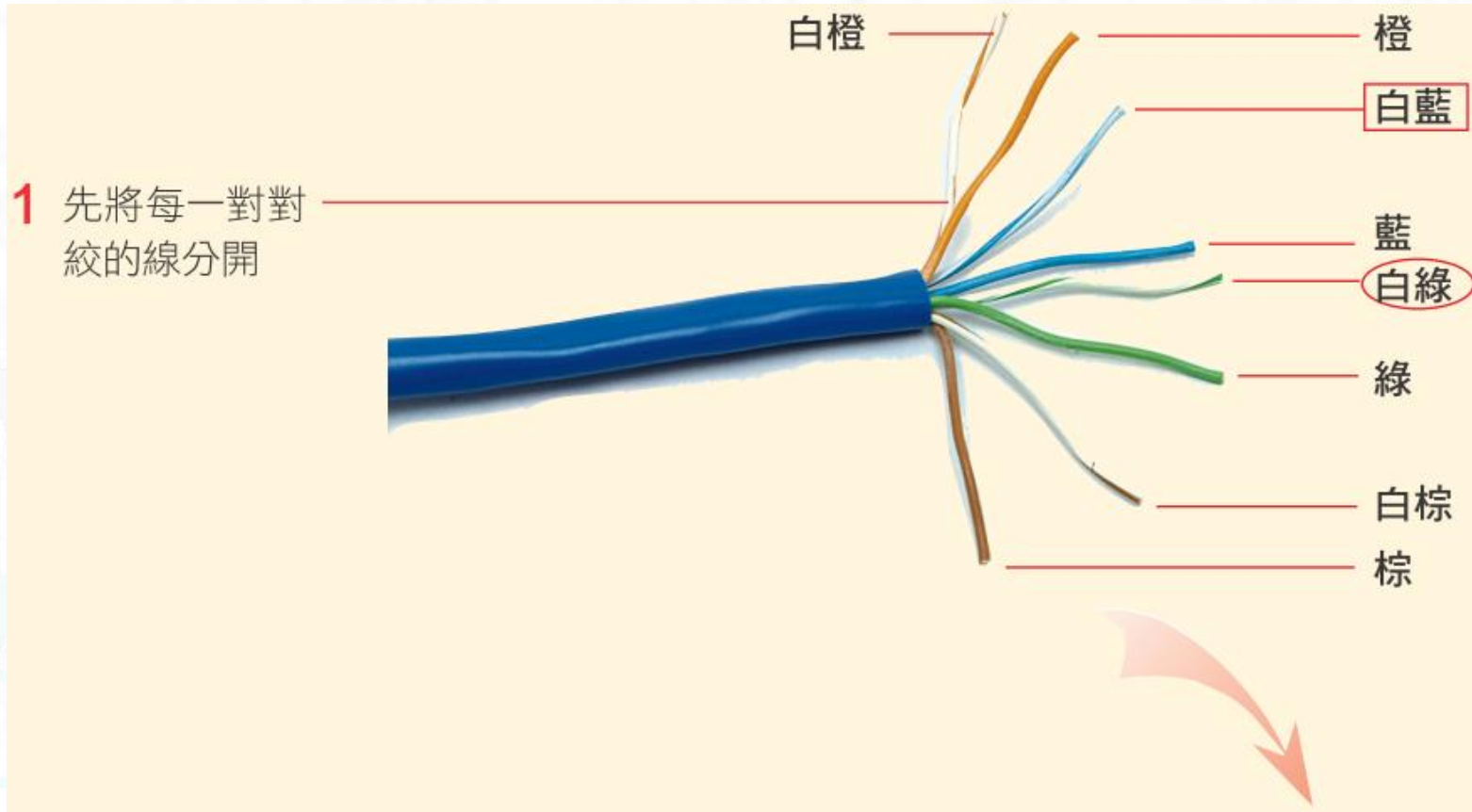


ESSENTIALS

15th Edition

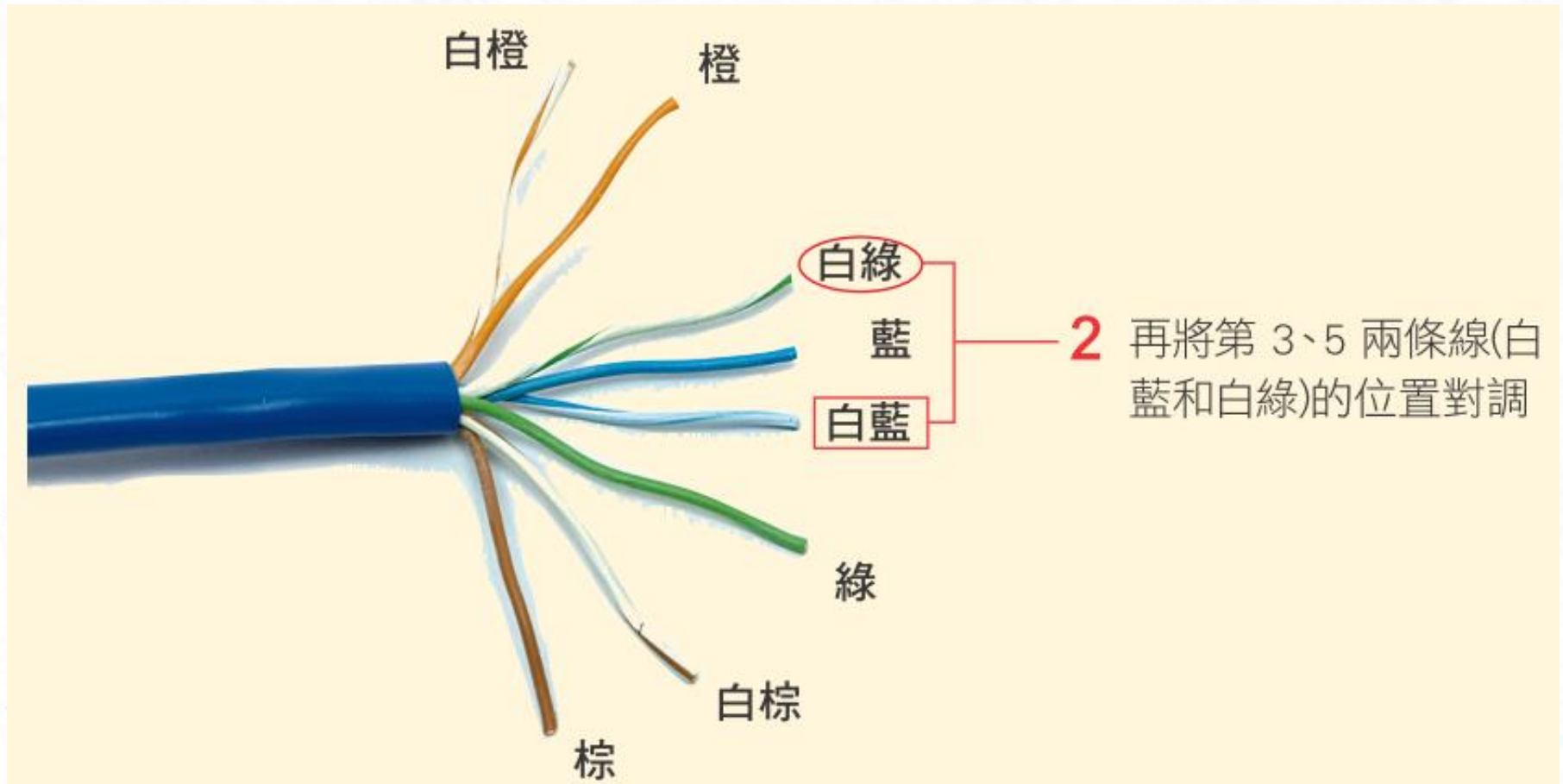
# 動手壓接 RJ-45 接頭

3.



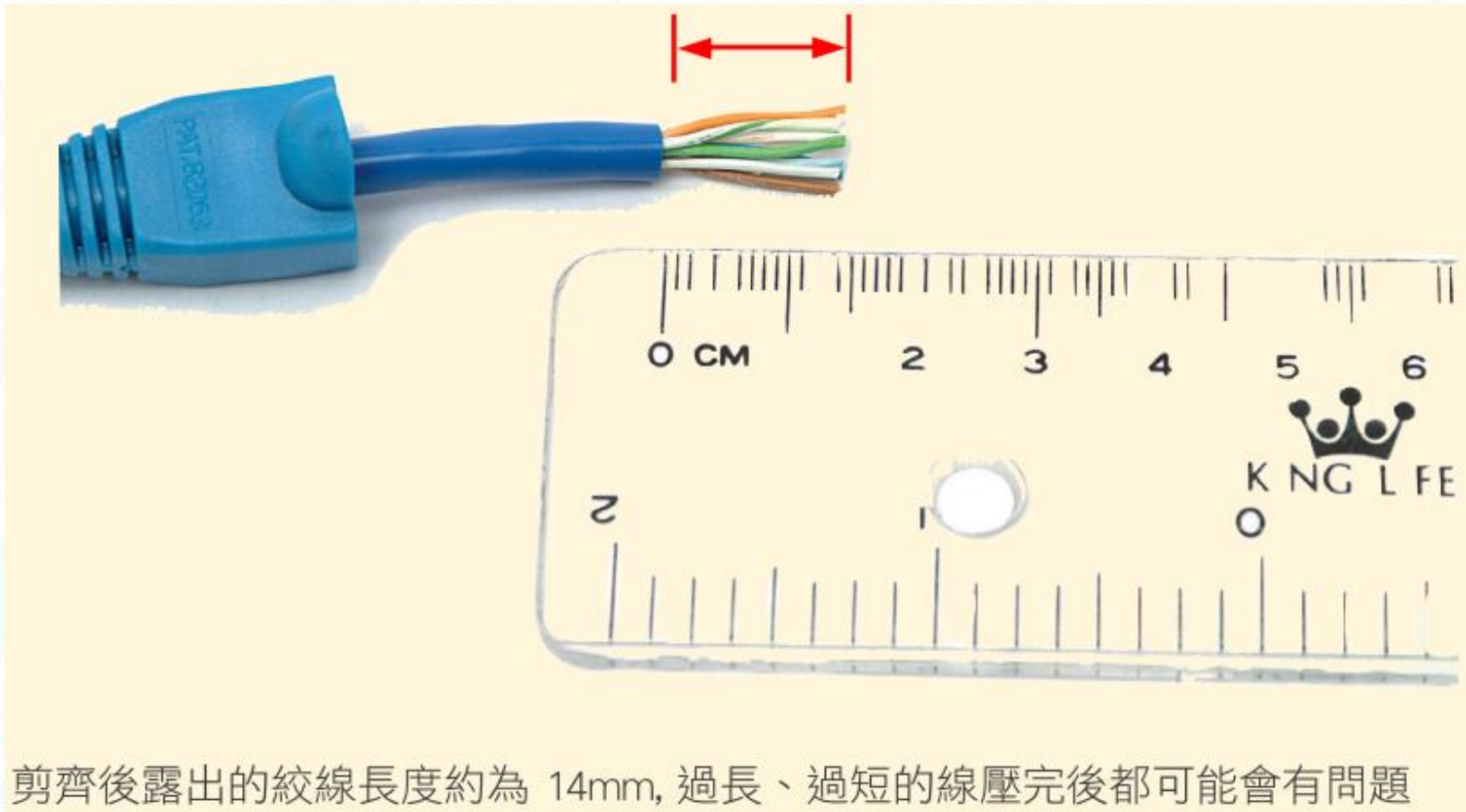
15th Edition

# 動手壓接 RJ-45 接頭



# 動手壓接 RJ-45 接頭

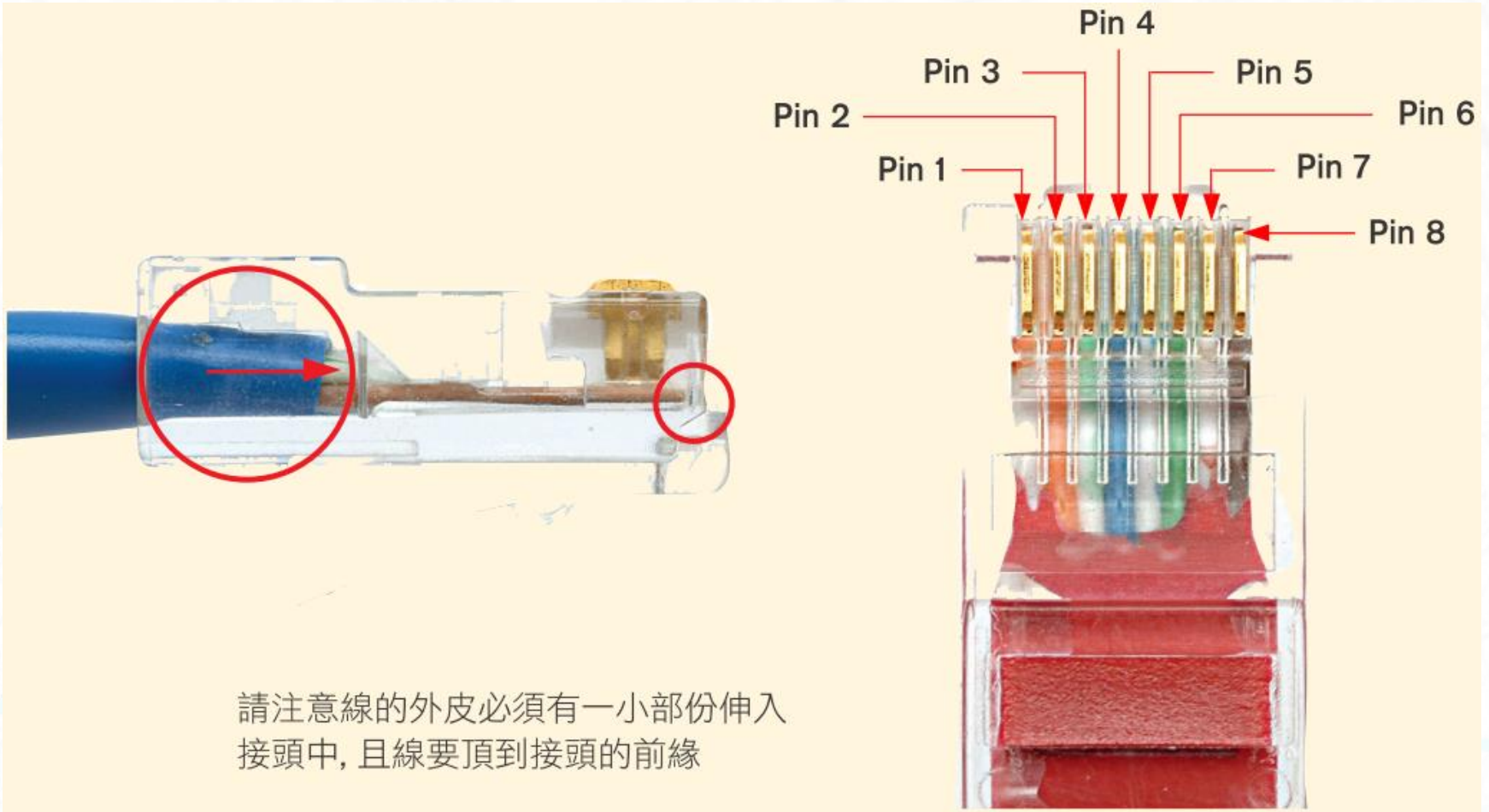
4.



剪齊後露出的絞線長度約為 14mm, 過長、過短的線壓完後都可能會有問題

# 動手壓接 RJ-45 接頭

5.





# 動手壓接 RJ-45 接頭

6.



將 RJ-45 接頭放入壓線器中壓緊, 取出後纜線與接頭就合而為一了

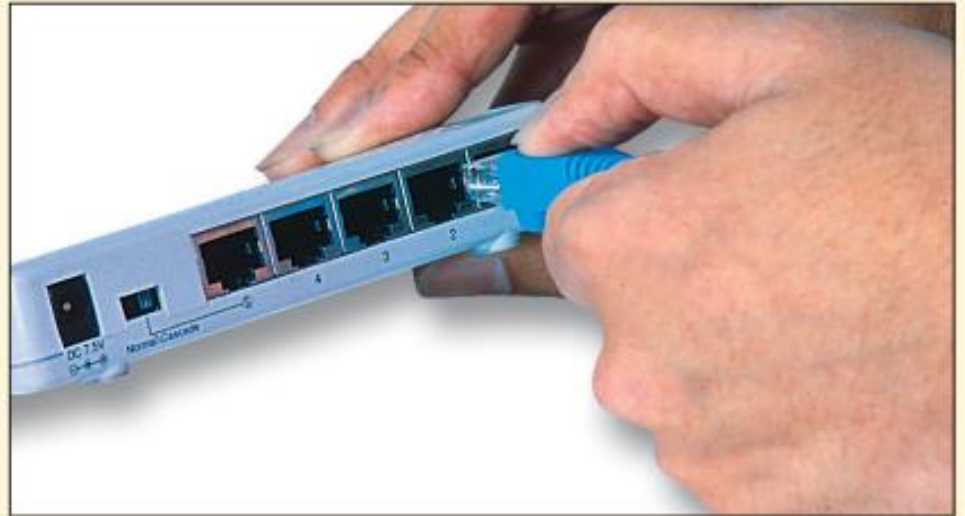
# 動手壓接 RJ-45 接頭

7.



套上護套後, 即完成 RJ-45 接頭的壓接

# 連接交換器與電腦



確實連接交換器與電腦之後便大功告成

Essentials

15th Edition