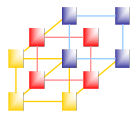


Unit 6 資料鏈結層



資料鏈結層

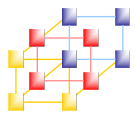


- 資料鏈結層會執行下列作業
 - 允許上層協定存取媒體
 - 接受數據，通常是第 3 層的封包（即 IPv4 或 IPv6）並將它們封裝到第 2 層的訊框
 - 控制資料在媒體上的放置和接收
 - 接收封裝的數據，通常是第 3 層數據包，並將它們引導到適當的上層
 - 執行錯誤偵測，並拒絕任何損壞的訊框。

OSI 模型 (第二層) 的資料鏈結層 (如圖所示) 準備實體網路的網路資料。



通訊與網路概論



資料鏈結子層(1/2)

■ 資料鏈結層(Data link layer)可拆分成兩個子層

- 邏輯鏈結控制 (Logical Link Control, LLC)
 - 這一較高子層定義了為網路層協定提供服務的軟體程序。
- 媒體存取控制 (Media Access Control, MAC)
 - 在硬體中實作此子層。它負責數據封裝和媒體訪問控制。它提供了資料鏈結層尋址，它與各種實體層技術集成



3



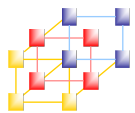
資料鏈結子層(2/2)

■ LLC 子層

- 接收網路通訊協定資料，通常是 IPv4 或 IPv6 封包，並新增第 2 層控制資訊，以協助將封包傳遞至目的地節點

■ MAC 子層

- MAC 子層提供資料封裝
 - 幀分隔 (Frame delimiting)
 - 提供了重要的分隔符來識別幀內的字段
 - 這些分隔位提供傳輸和接收節點之間的同步
 - 位址 (Addressing)
 - 提供源和目的地尋址，用於在同一共享媒體上的設備之間傳輸第 2 層
 - 錯誤檢測(Error detection) -包括用於檢測傳輸錯誤的資訊
- MAC 子層還提供媒體存取控制，允許多個裝置透過共用 (半雙工) 媒體進行通訊。全雙工通訊不需要存取控制

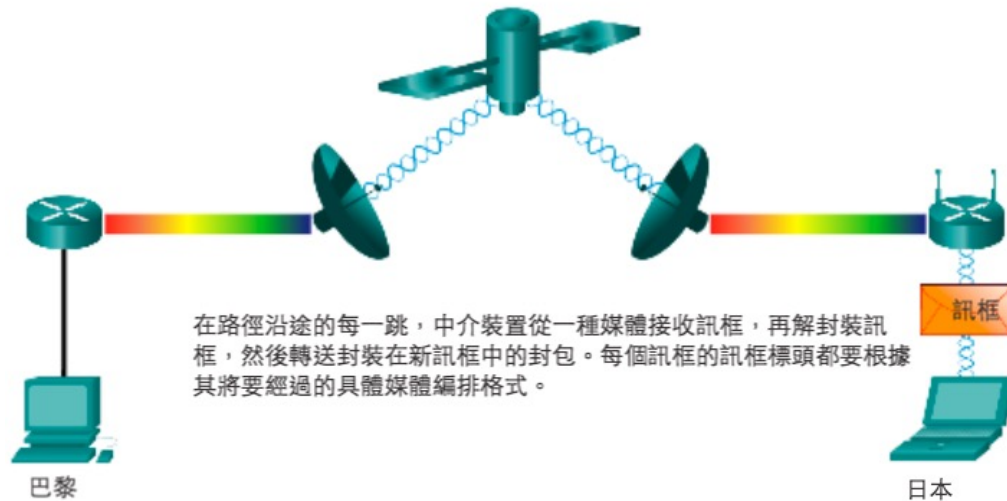


媒體存取控制

資料鏈結層

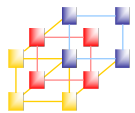
資料鏈結層協定規範了不同媒體上使用的訊框的格式編排方式。
(Frame)

不同媒體使用的協定可能也不同。

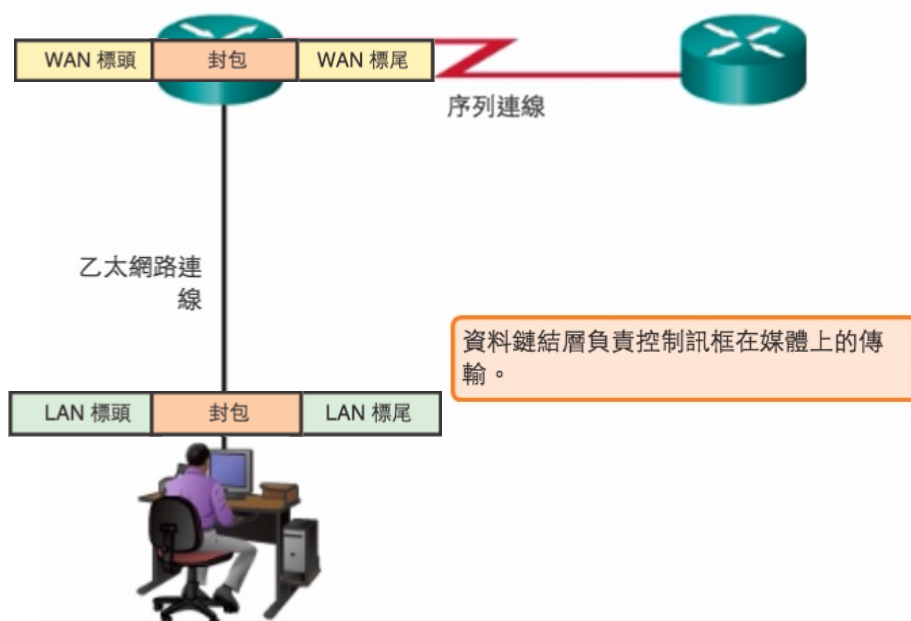


通訊與網路概論

5



提供媒體存取



通訊與網路概論

6



資料鏈結層標準

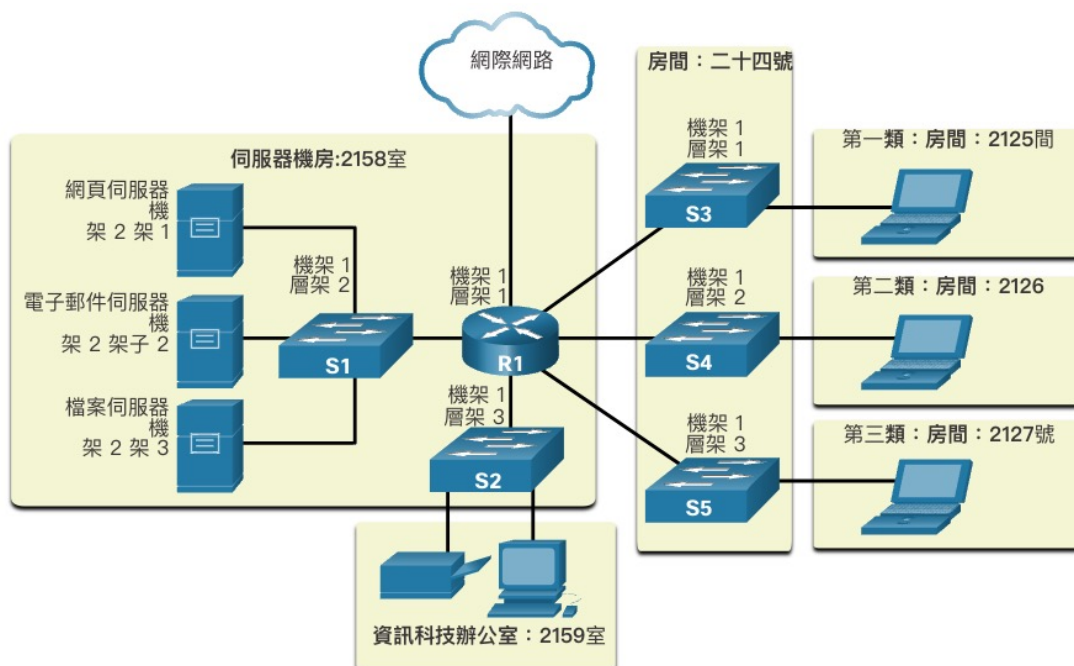
| 標準組織 | 網路標準 |
|-------|---|
| IEEE | <ul style="list-style-type: none"> 802.2：邏輯鏈結控制 (LLC) 802.3：乙太網路 802.4：記號匯流排 802.5：記號環 802.11：無線 LAN (WLAN) & 網狀 (Wi-Fi 認證) 802.15：藍芽 802.16：WiMax |
| ITU-T | <ul style="list-style-type: none"> G.992：ADSL G.8100 - G.8199：傳輸層 MPLS Q.921：ISDN Q.922：Frame Relay |
| ISO | <ul style="list-style-type: none"> HDLC（高階資料鏈結控制） ISO 9314：FDDI 媒體存取控制 (MAC) |
| ANSI | <ul style="list-style-type: none"> X3T9.5 和 X3T12：光纖分佈資料介面 (FDDI) |

通訊與網路概論

7



實體拓撲

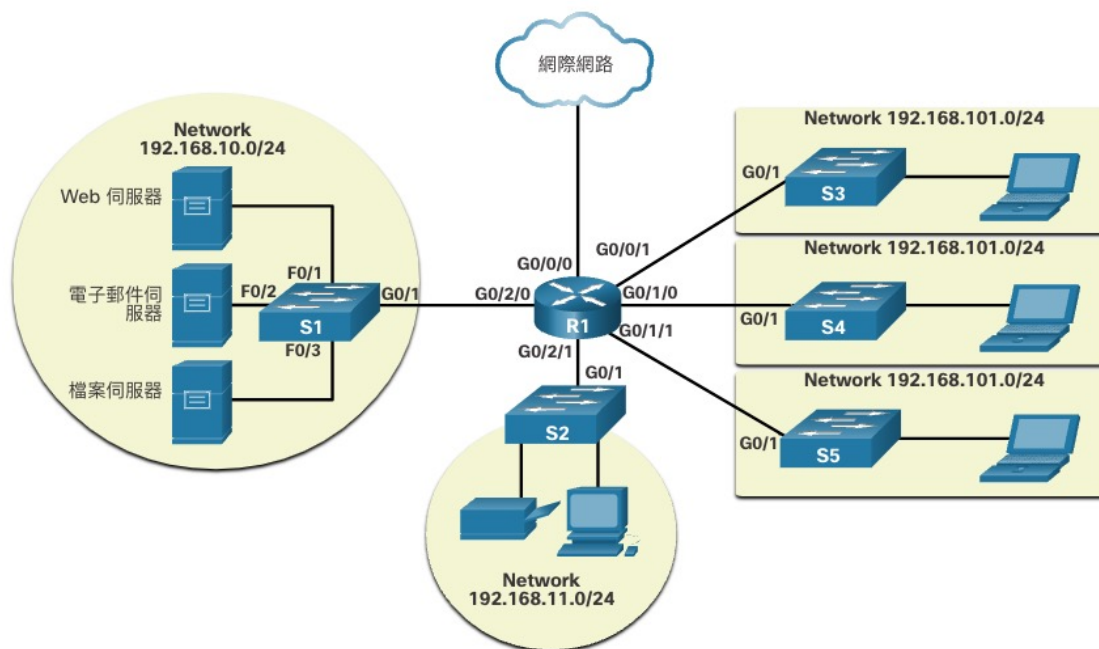


通訊與網路概論

8



邏輯拓撲



通訊與網路概論



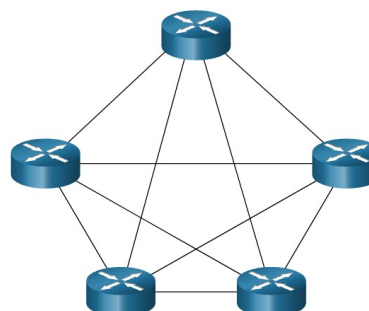
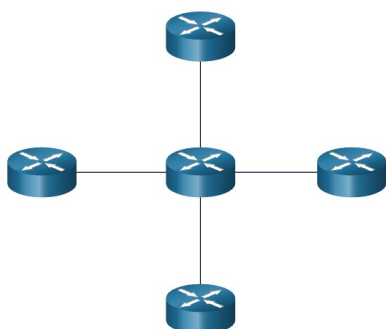
廣域網拓撲

點對點 — 這是最簡單且最常見的 WAN 拓撲。它由兩個端點之間的永久連結組成



網狀 — 此拓撲提供高可用性，但需要每個終端系統都與其他系統相互連接。因此，行政和實際成本可能是顯著的。每個連結基本上都是與其他節點的點對點連結

集線器和分支 — 這是 WAN 版本的星形拓撲，中央站台透過點對點連結互連分支站台。分支站台無法在未經過中央站台的情況下與其他分支站台交換資料



通訊與網路概論



點對點拓撲

- 實體點對點拓撲可直接連接兩個節點，兩個節點不必與其他主機共享媒體



- 來源和目標節點可能會使用多個中介裝置在某些地理距離間接連接彼此。但是，在網路中使用實體裝置並不會影響邏輯拓撲

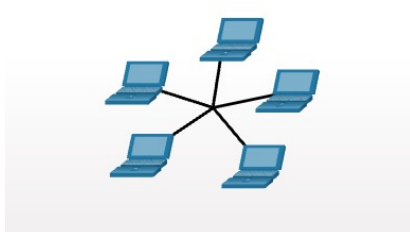


通訊與網路概論

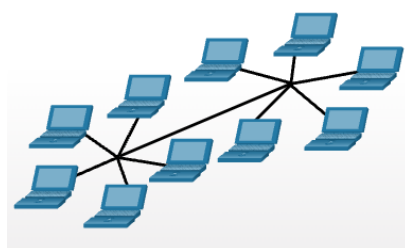
11



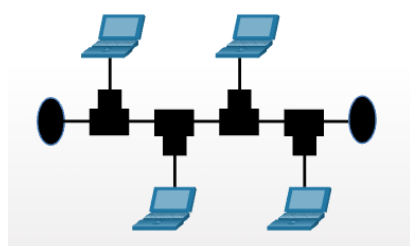
區域網路拓撲



Star topology



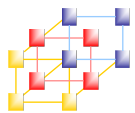
Extended star topology



Bus topology



Ring topology

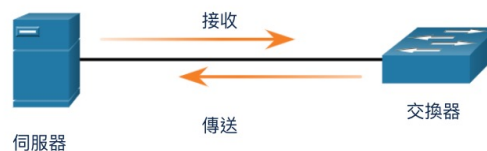


半雙工和全雙工

- 半雙工(Half-duplex)通訊：兩台裝置都可以透過媒體進行發送和接收，但不可同時進行



- 全雙工(Full-duplex)通訊：兩個裝置均可同時透過媒體進行發送和接收



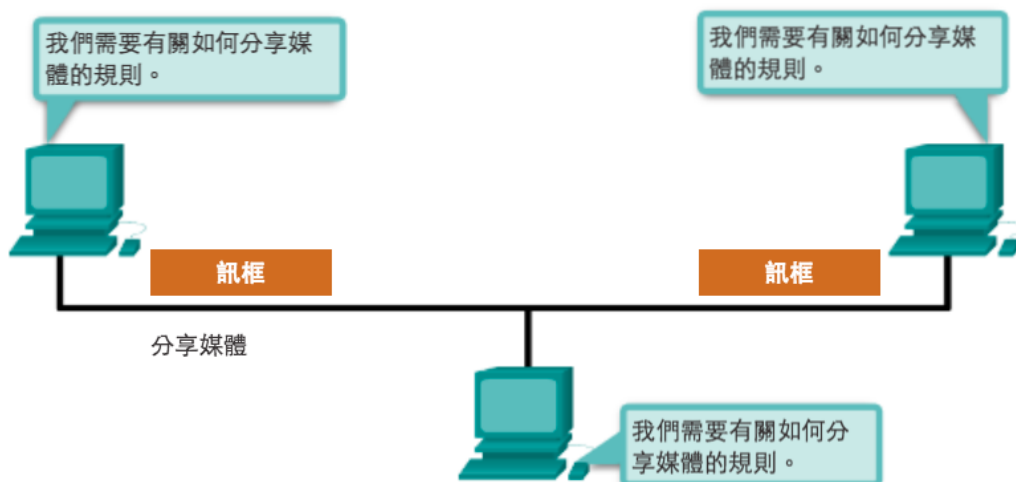
通訊與網路概論

13

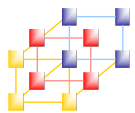


控制對媒體的存取

- 媒體存取控制方法取決於
 - 拓樸：節點之間的連線如何顯示在資料鏈結層中
 - 媒體分享：節點如何分享媒體。媒體分享可以是點對點（例如 WAN 連線中的分享）或者例如 LAN 網路中的分享

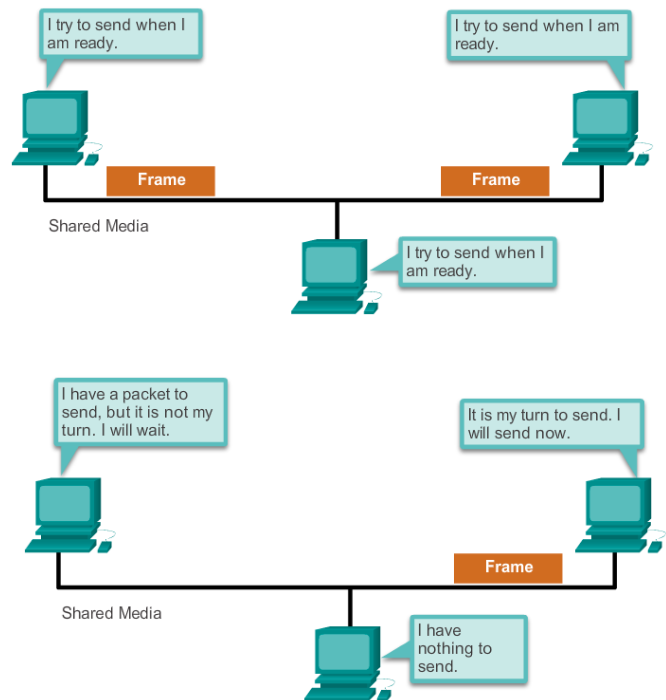


14



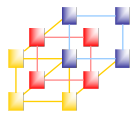
共用媒體的邏輯拓樸

- 對於分享媒體，有兩種媒體存取控制方法
 - 競爭存取(Contention-based access)：所有節點競爭媒體的使用，但在發生碰撞時有自己的計劃
 - 受控存取(Controlled access)：每個節點都有各自使用媒體的時間



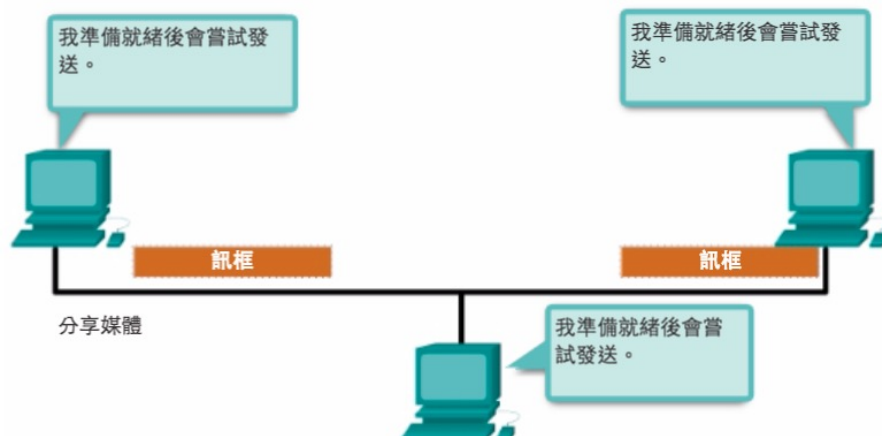
通訊與網路概論

15



競爭存取(1/2)

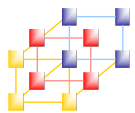
競爭存取



| 特性 | 競爭技術 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">站點可以隨時傳輸存在碰撞某些機制可以解決媒體競爭問題 | <ul style="list-style-type: none">用於 802.3 以太網路的 CSMA/CD用於 802.11 無線網路的 CSMA/CA |

通訊與網路概論

16

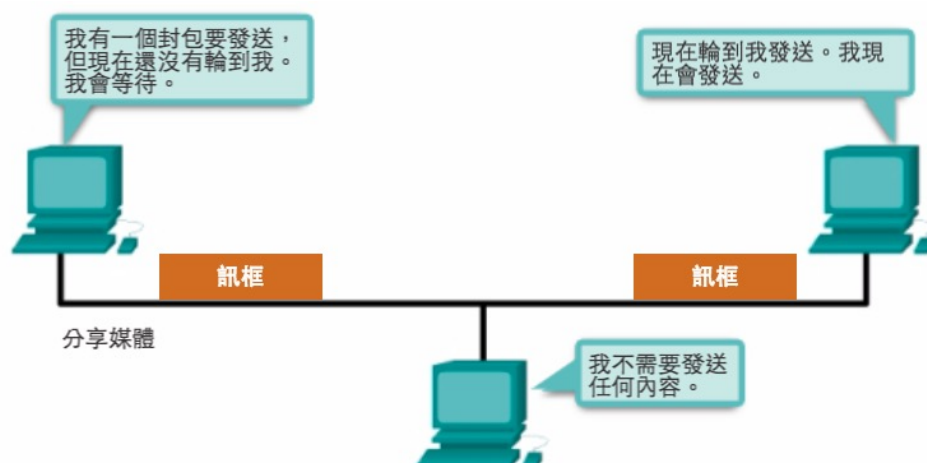


競爭存取(2/2)

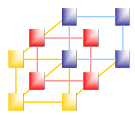
- CSMA 通常與用於解決媒體競爭的方法配合使用
- 兩種常用方法
 - 載波感應多重存取/碰撞偵測 (Carrier sense multiple access with collision detection, CSMA/CD)
 - 終端裝置監控媒體中是否存在資料訊號。若無資料訊號，則表示媒體處於空間狀態，裝置可傳輸資料。如果隨後檢測到另一裝置也在進行傳輸，所有裝置將停止發送並在稍後重試。傳統的乙太網路形式便是使用此方法
 - 載波感應多重存取/碰撞避免 (Carrier sense multiple access with collision avoidance, CSMA/CA)
 - 終端裝置會檢查媒體中是否存在資料訊號。如果媒體空間，裝置將透過它想要使用的媒體發送通知。一旦收到可以傳輸的許可，裝置就會發送資料。802.11 無線連接網路技術即是使用此方法



受控制存取(1/2)

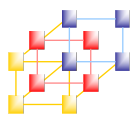


| 特性 | 受控存取技術 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• 每次只有一個站點能夠傳輸• 希望傳輸的裝置必須等待輪到自己• 無碰撞• 可以使用記號傳遞方法 | <ul style="list-style-type: none">• 記號環 (IEEE 802.5)• 光纖分佈資料介面 (FDDI) |

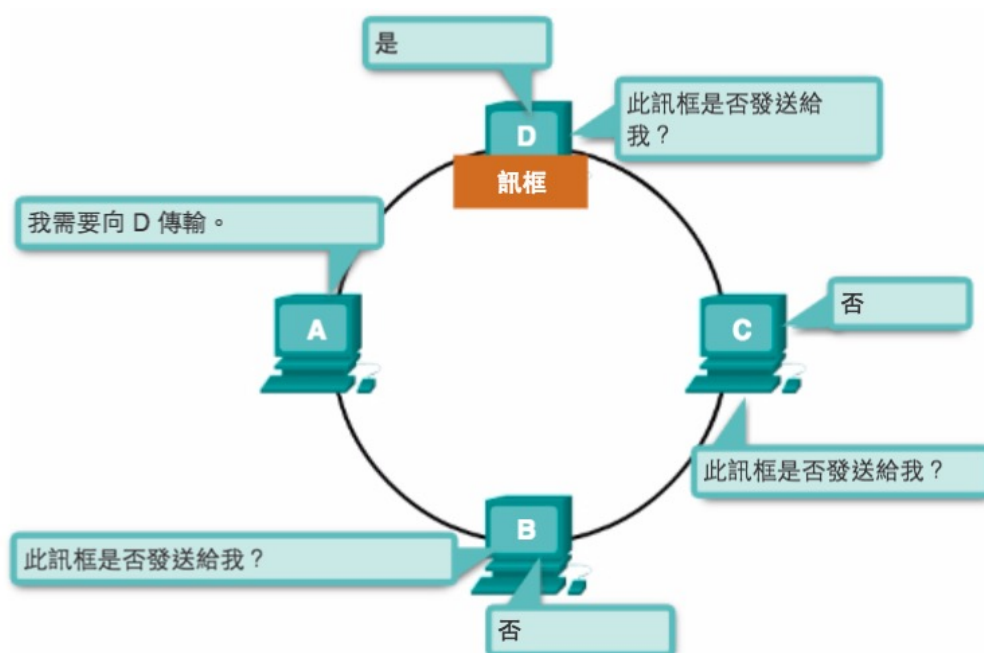


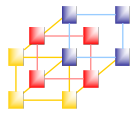
受控制存取(2/2)

- 透過使用記號(Token)實作該程序，網路裝置將依次存取媒體
 - 如果一個終端裝置不需要存取媒體，則將機會傳遞到下一終端裝置
 - 終端裝置在媒體上獲得記號並放入訊框，直到訊框到達目的地並經過處理後釋放記號，其他裝置才能執行此程序
- 此方法也稱為排程存取(scheduled access)或確定性(deterministic)存取
- 雖然受控存取秩序井然且提供可預測的傳輸量，但確定性方法效率過低，
- 受控存取的範例包括
 - 記號環 (IEEE 802.5)
 - 基於 IEEE 802.4 記號匯流排協定的光纖分佈資料介面 (FDDI)



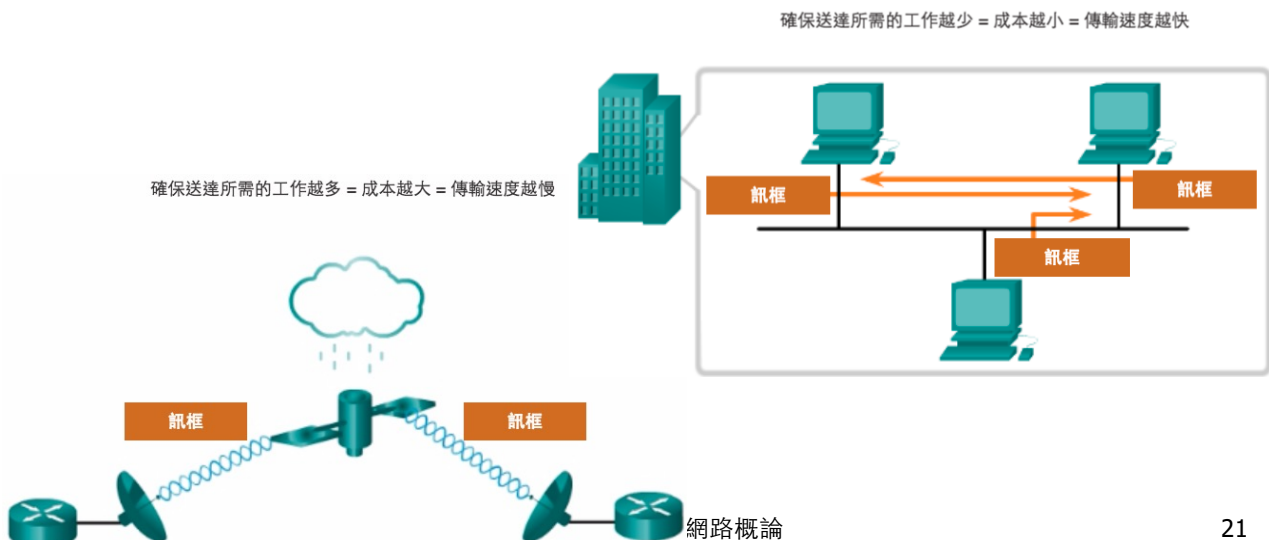
環型拓樸(Ring topology)



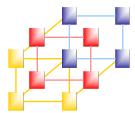


訊框(Frame)

- 易受攻擊的環境要求的控制較多
- 受保護的環境要求的控制較少

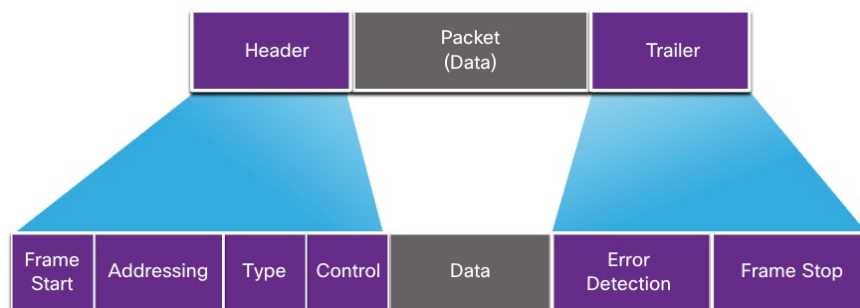


21

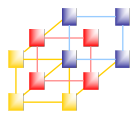


第2層訊框欄位

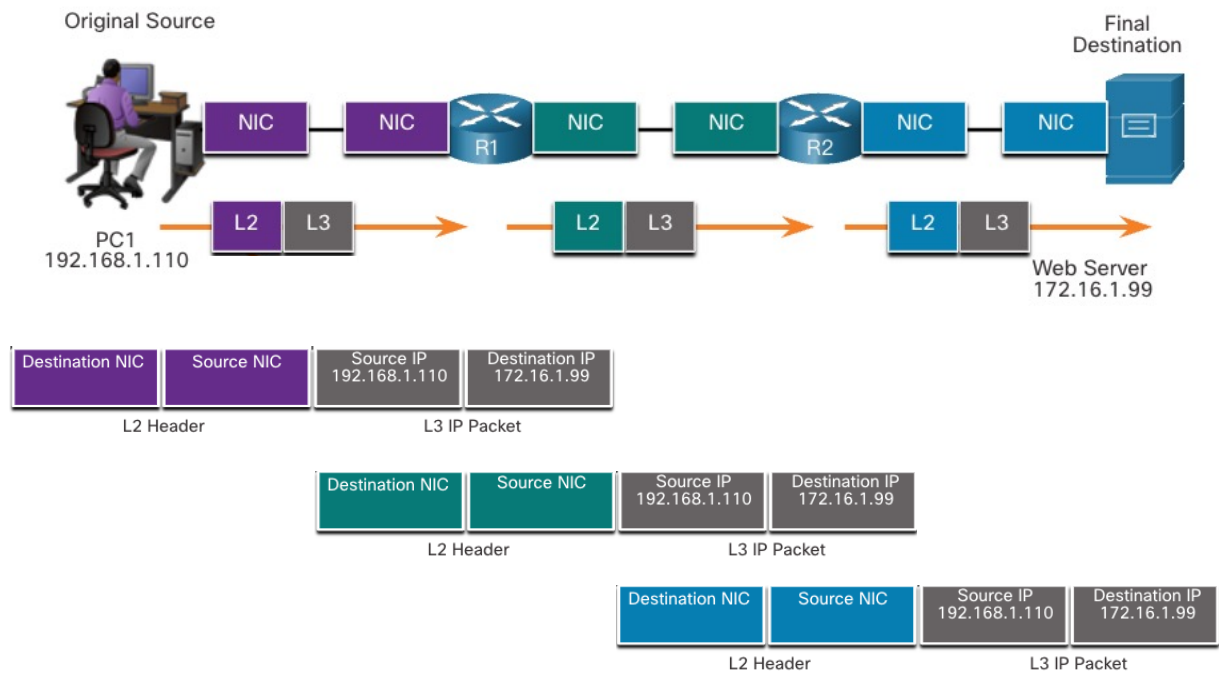
- 訊框標頭(Frame Header)：包含控制資訊（如定址資訊）且位於 PDU 開頭位置。
- 資料(Data)：包含 IP 標頭、傳輸層標頭和應用程式資料。
- 訊框標尾(Trailer)：包含增加到 PDU 結尾的錯誤檢測的控制資訊。



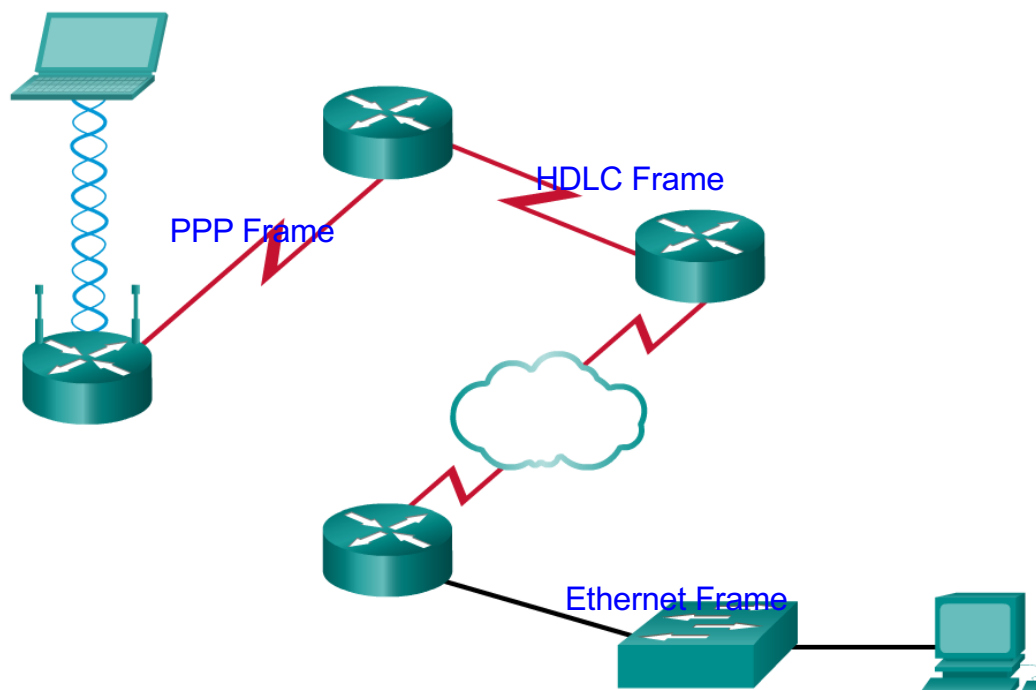
- 訊框開始(Frame Start)和訊框結束(Frame Stop)：MAC 子層用它來標識訊框的開始和結束位置。
- 定址(Addressing)：MAC 子層用它來標識來源和目的節點。
- 類型(Type)：LLC 用它來標識第 3 層協定。
- 控制(Control)：標識特殊的流量控制服務。
- 資料(Data)：包含訊框承載（即封包標頭、資料段標頭和資料）。
- 錯誤檢測：包含在資料之後以形成訊框標尾，這些訊框欄位用於檢測錯誤。

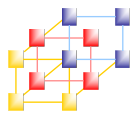


Layer 2 Addresses



LAN 和 WAN 上的訊框





訊框標頭(Header)

- 訊框開始欄位：表示訊框的起始位置
- 來源位址和目的位址欄位：表示媒體上的來源節點和目的節點
- 類型欄位：表示訊框中包含的上層服務
- 不同的資料鏈結層協定可能使用其中的不同欄位
 - 例如，其他第 2 層協定訊框標頭欄位可包括
 - 優先權/服務品質欄位：表示要處理的特殊通訊服務類型
 - 邏輯連線控制欄位：用於在節點間建立邏輯連線
 - 實體鏈路控制欄位：用於建立媒體鏈路
 - 流量控制欄位：用於開始和停止透過媒體的流量
 - 擁塞控制欄位：表示媒體中的擁塞



通訊與網路概論

25



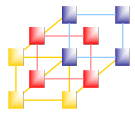
訊框標尾(Trailer)

- 訊框檢查序列 (Frame Check Sequence, FCS)
 - 此欄位用於錯誤檢查
 - 來源裝置根據訊框的資料計算出一個數字，然後將該數字放入 FCS 欄位中。然後，目的裝置重新計算該資料，以檢查 FCS 是否相符

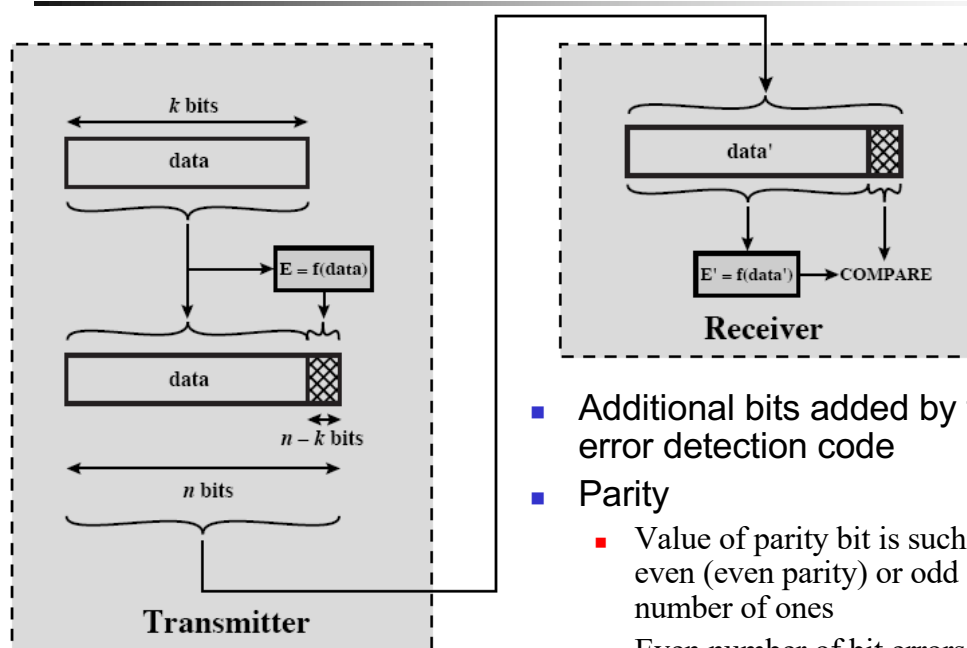


通訊與網路概論

26



Error Detection

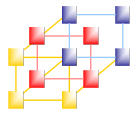


- Additional bits added by transmitter for error detection code
- Parity
 - Value of parity bit is such that character has even (even parity) or odd (odd parity) number of ones
 - Even number of bit errors goes undetected



Cyclic Redundancy Check (CRC)

- For a block of k bits transmitter (D) generates $(n-k)$ bit frame check sequence (F)
- Transmit n bits ($T = 2^{n-k}D + F$) which is exactly divisible by some predetermined number (P)
 - P: pattern of $n - k + 1$ bits
- Receive divides frame by that number
 - If no remainder, assume no error
- Ways for CRC
 - Modulo 2 arithmetic; XOR
 - Polynomials



CRC - Modulo 2 Arithmetic (XOR)

■ Correct reason

$$\frac{2^{n-k}D}{P} = Q + \frac{R}{P} \quad \begin{array}{l} \text{Let } R \text{ be the FCS.} \\ \text{Then, } T = 2^{n-k}D + R \end{array}$$

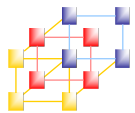
$$\frac{T}{P} = \frac{2^{n-k}D + R}{P} = Q + \frac{R + R}{P} = Q$$

■ Example

- Given message D=1010001101, P=110101
 - Find FCS R= 01110 (remainder of $2^5D/P$)
 - Message to be transmit: T = 1010001101 01110
 - Receiver checks message T/P and gets the remainder 0

通訊與網路概論

29



CRC – Polynomials (1/2)

- $\frac{X^{n-k}D(X)}{P(X)} = Q(X) + \frac{R(X)}{P(X)}$
 $T(X) = X^{n-k}D(X) + R(X)$
- Example
 - Given message D=1010001101, P=110101
 - $D(X) = X^9 + X^7 + X^3 + X^2 + 1$, $P(X) = X^5 + X^4 + X^2 + 1$
 - Then, $R(X) = X^3 + X^2 + X$
- Widely used $P(X)$
 - CRC-12 $= X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1$
 - CRC-16 $= X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$
 - CRC-CCITT $= X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
 - CRC-32 $= X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

通訊與網路概論

30



通訊與網路概論

31



前序編碼 - 用於同步；前序編碼還包含標示時序資訊結束的分隔符號 (delimiter)
目的位址 - 目的節點的 48 位元 MAC 位址
來源位址 - 來源節點的 48 位元 MAC 位址
類型 - 該值用於在乙太網路程序完成後指示那一個上層協定將接收資料
資料或承載 - 這是 PDU，通常是透過媒體傳輸的 IPv4 封包。
訊框檢查序列 (FCS) - 該值用於檢查訊框是否損壞。



點對點(PPP)通訊協定訊框

| Frame | | | | | | |
|------------|--------|---------|---------|----------|----------|--------------|
| Field name | Flag | Address | Control | Protocol | Data | FCS |
| Size | 1 byte | 1 byte | 1 byte | 2 bytes | variable | 2 or 4 bytes |

旗標 - 表示訊框開始或結束位置的一個位元組。旗標欄位包含二進制序列 01111110。

位址 - 包含標準 PPP 廣播位址的一個位元組。PPP 不單獨分配站點位址。

控制 - 包含二進制序列 00000011 的一個位元組，要求以不排序的訊框傳輸使用者資料。

協定 - 兩個位元組，用於標識訊框的資料欄位中封裝的協定。最新的編號指派 (Assigned Numbers) RFC 中指定了協定欄位的最新的值。

資料 - 零或多個位元組，包含協定欄位中指定協定的封包。

訊框檢查序列 (FCS) - 通常為 16 位元 (2 個位元組)。透過事先協商，一致同意 PPP 實作可以使用 32 位元 (4 個位元組) FCS，進而提高錯誤檢測能力。



802.11 無線訊框

