

第七章 區域網路模型

介紹建構區域網路的基本模型，包含網路拓樸圖、媒介存取與協定標準，並介紹 LLC 的多工服務、協定資料單元、介面規格與通訊協定。

7-1 區域網路模型

『區域網路』(**Local Area Network, LAN**) 是指連接範圍較小或限定某一固定區域範圍內的網路，不像大型網路，網路連接範圍隨時變動，因而增加網路連線管理的困難度。其實區域網路是所有網路的基礎，透過區域網路的連結可將網路範圍延伸至大都會網路、乃至廣域網路。本章首先介紹區域網路的基本模型，由此基本模型延伸為最小的雛型網路 (Fast Ethernet 或 Gigabit Ethernet，第八、九章介紹) 網路，再透過連結技術將若干個雛型網路，連結成較大型的區域網路 (第十章介紹)。

我們由下列三個特性來介紹區域網路的基本模型。

7-1-1 區域網路的拓樸圖

一個區域網路的雛形是將多部工作站連接在一起，它們之間共用某一傳輸媒介來互相通訊。工作站之間的連結方式，有各種不同的連接形狀，即所謂的網路『拓樸圖』(Topological)。一般區域網路的拓樸圖可區分為：星狀、環狀、匯流排、以及樹狀等，不同的拓樸圖也涉及到工作站之間的傳輸媒介存取技術，以下分別介紹之。

(A) 星狀拓樸圖 (Star Topological)

星狀拓樸圖是一種集中控制型，有一個主機置於網路的中央，以點對點的通訊線路連結周圍的工作站，而形成星狀架構。工作站和主機之間的連線以點對點之專線 (如絞對線、光纖或 ADSL 連線等)。一般將該主機稱之為『交換機』(Switches)，如 Ethernet Switch、ATM Switch。此類型網路有 ATM 網路或 ISDN 網路等等，如圖 7-1 (a) 所示。

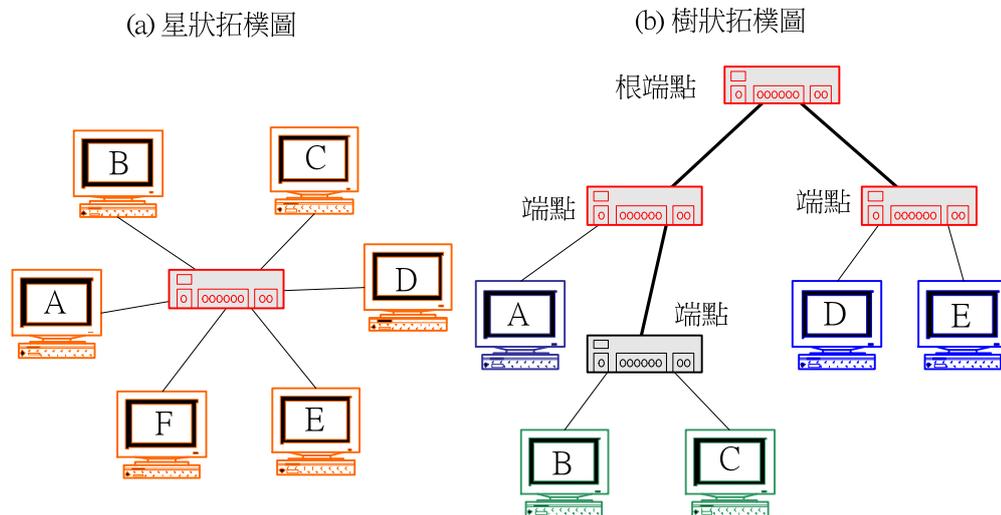


圖 7-1 星狀拓樸圖與樹狀拓樸圖

- **優點：**資料傳輸品質高、資料安全強及網路維護較容易。
- **缺點：**當網路的中央主機發生故障時，將導致整個網路癱瘓，而且每一台周邊電腦都必須佈放一條連線到中央主機，對於範圍比較大的環境不易達成，費用也較高。

星狀拓樸圖為『**佈線系統**』(**Wiring System**) 的主要架構圖。如果依照各種區域網路的拓樸圖來佈線，可能非常的困難 (如環狀拓樸圖)，也可能使網路可靠性降低、以及維護困難 (如匯流排拓樸圖)。因此必須透過佈線系統來佈線，使網路佈線較簡單、可靠度提高、維護上也較容易，但也保留原來區域網路的特性 (各個電腦之間的通訊協定不變)。最常見的佈線系統是利用**集線器 (HUB)** 來做傳輸媒介，譬如：Ethernet HUB 及 Token-Ring HUB 等等。每單一集線中心為星狀型態，但連結多個集線中心成為一個完整的網路佈線環境，即成為多重星狀網路。因此，考慮到施工、網路維護、以及整個網路的可靠性問題，目前不管何種網路架構都採用多重星狀的佈線系統來佈線。[備註：所謂佈線系統是不涉及特定的通訊協定，而將網路中電腦連結成一個完整系統，至於有關通信協定的製作是由佈線系統中的設備來達成。

(B) 樹狀拓樸圖 (Tree Topological)

樹狀拓樸圖類似星狀拓樸圖，但由多部主機做為網路的中心控制。主機之間以點對點方式連結，分層來連接周邊的工作站，而形成樹狀架構。各個主機成為樹狀拓樸圖中的節點，周邊工作站和主機之間的資料是透過其它節點的主機傳出轉送，使得網路內所有工作站之間都能夠互相通訊。主機也許是交換器或其他網路控制設備，如圖 7-1 (b) 所示。

- **優點：**除了具有星狀優點外，又可改善星狀的缺點，當某一主機電腦故障時，只會影響到該節點的周邊電腦不能通訊，而不會使整個網路癱瘓。其他網路節點還是可以正常運作。
- **缺點：**整個網路的可靠度還是受限於各節點主機電腦。

(C) 環狀拓樸圖 (Ring Topological)

環狀拓樸圖不以主機為中心，而是將一串列的節點連結成圓圈或環狀，任一節點上的工作站均可能成為網路的控制中心，資料亦非直接傳遞給對方，而是經由相鄰之間的節點轉送，如圖 7-2 (a) 所示。

- **優點：**網路上任何一個節點使用傳輸媒體的權限都相等，而且各節點使用傳輸媒體的機會平均分配，沒有爭執及碰撞的現象，尤其使用在高負載網路上非常適合，譬如 FDDI 網路所架設的骨幹網路 (Backbone)。
- **缺點：**環狀拓樸圖上任何一個節點發生故障，可能使整個網路癱瘓。而且在佈放網路方面，由一個起始點開始佈放線路，經過整個網路區域後必須回到原點，在網路網路架設施工方面的確有困難。

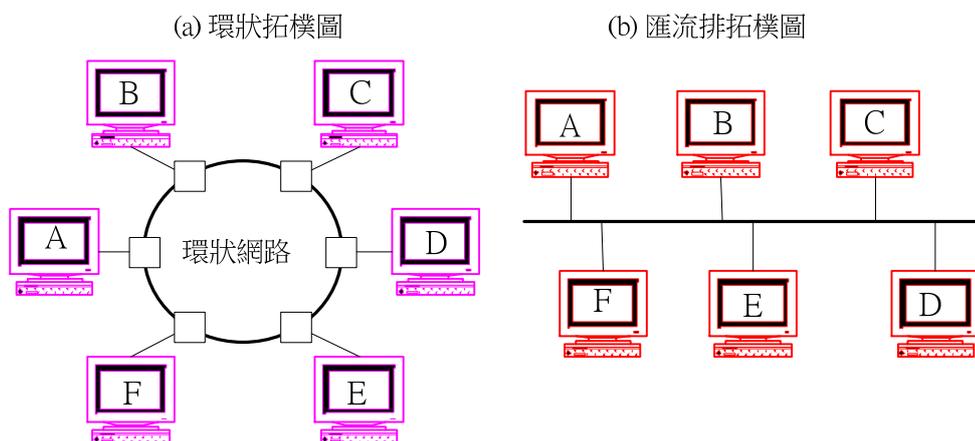


圖 7-2 環狀拓樸圖與匯流排拓樸圖

(D) 匯流排拓樸圖 (Bus Topological)

匯流排拓樸圖是不以任何一部工作站為中心，各個節點工作站分別連接在同一傳輸媒介上。工作站之間欲傳送資料，就將訊號廣播到網路主幹線上，每一部工作站也必須隨時隨地

由網路上接收訊號，再判斷是否傳送給自己，如果是傳送給自己的便將其保留；否則將已收進來之資料丟棄。其網路結構如圖 7-2 (b) 所示。

- **優點：**網路佈線簡單，只要一條網路主幹就能將網路上所有電腦連結起來，而且不管是要在該網路加入新電腦或想將那部電腦退出網路，都不需要做特殊處理。
- **缺點：**連結網路的傳輸媒體任何一個地方斷線，將使整個網路癱瘓。而且想找出到底什麼地方故障非常困難，必須利用特殊設備，如纜線掃描器 (Cable Scanner) 才能找出。但是網路佈線大多走管線佈放，實務上非常困難，更別提各工作站之間傳送資料還都必須透過同一傳輸媒介。針對每一工作站如何取得傳輸媒介的使用權？或傳送資料中是否會和其它工作站發生衝突？為了克服這些問題，網路通訊協定必須作適當的處理，這樣做將大大降低網路的效益。因此，對於較大且負荷較重的網路，匯流排拓樸圖便不大適合。

7-1-2 區域網路的媒介存取

網路上工作站大多是透過共同傳輸媒介來互相通訊。因此，同一個網路上所有工作站必須使用相同的媒體存取方法，才能保證它們之間能夠相互通訊，一般有下列幾種存取技術：

(A) 交換式技術

交換式存取技術大多使用於星狀拓樸圖，網路上各個電腦均連接到中心的交換設備上，交換設備必須紀錄每一個埠口連接電腦的名稱，一般都紀錄電腦的 MAC (Medium Access Control) 位址。任何一部工作站如欲傳送資料給其它工作站，當它傳送訊框進入自己的埠口時，交換設備再依照訊框內所紀錄的目的地位址 (MAC)，轉送到該位址所屬的埠口上，達成交換的工作。由於各通訊埠口的傳輸速率不一定相同，交換設備為了協調它們之間的速率，在各埠口上皆安裝有大量的緩衝器。也因為這樣，所以各通訊埠口同時具有儲存與轉送的功能 (Store-and-Forward)。例如， Ethernet Switch。

(B) 循環式技術

在循環式技術中，網路上每部工作站都依序給予使用傳輸媒介的機會。當工作站取得傳送的權利時，可以拒絕傳送，或是送出資料量在某一指定上限的資料。傳送完資料之後，便

將傳送權利交給下一個邏輯順序中的工作站。一般都使用符記 (Token) 來表示權利的象徵，工作站取得 Token 就可以使用傳輸媒介來傳遞資料，而沒有取得 Token 者則只能接收資料。在高傳輸量的環境裡，循環式技術具有高傳輸效率，但應用於傳輸量較低的環境，可能會浪費不少符記傳遞的時間。例如：Token-Bus、Token-Ring 網路或 FDDI 網路。

(C) 競爭式技術

競爭式技術就是在網路上並沒有依序使用傳輸媒介的順序，任何一部工作站想要傳送資料便直接將資料發送到網路上，只要搶到使用權就可以傳送資料。因此，較適合應用於突發式的傳輸情形。此技術在輕負載網路上效率較高，但在高負載時，常因兩部以上工作站同時傳送資料，而產生碰撞的情形，可能使整個網路癱瘓。所以，競爭式技術中的碰撞機率控制，完全主宰系統的性能。例如，CSMA/CD 網路就利用隨機等待時間的長短來減低碰撞的機率。

(D) 預約式技術

在預約式技術中，傳輸媒介的傳輸時間會被切成某一固定的時槽 (time slot)，類似 TDM 一樣。欲傳送資料的工作站需事先預約時間槽，其預約時間長度可依需求而無限的延伸。網路型態使用樹狀拓樸圖，工作站欲傳送資料時便向它所屬的節點預約，節點依照網路狀況再決定是否授於傳送權利。對於傳輸量少且傳輸時間長的傳輸作業而言，預約式技術是相當適用的。例如，AnyLan 網路。

7-1-3 區域網路的協定標準

一般區域網路的通訊協定都是採用『國際電機電子協會』(**Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE**) 所制定的標準。在 IEEE 所發表的 802 文件裡規定了各種區域網路連接的規格，也就是一般所稱的 IEEE 802 系列規格。它針對各種環境需求制定了一些標準規範，希望各家廠商能依照規範標準製造相關產品。

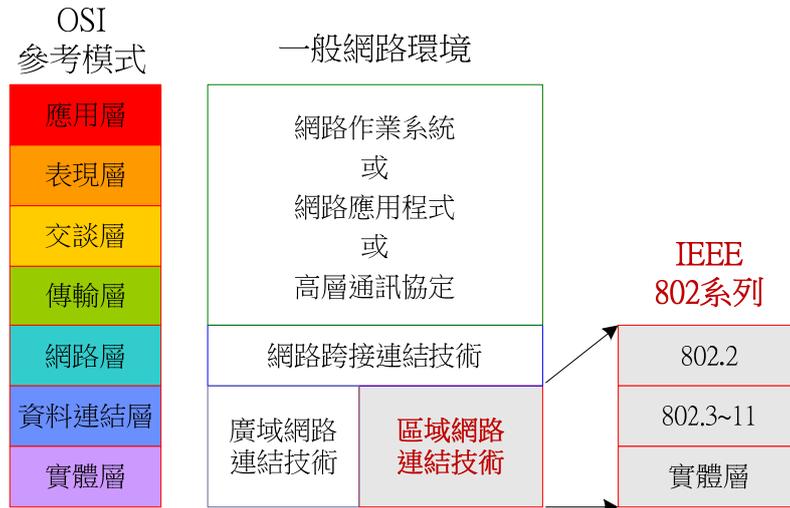


圖 7-3 區域網路的通訊協定關聯

在圖 7-3 中的廣域網路連接技術相當於 OSI 參考模式中的第 1、2 層，一般是由電信公司所提供(或稱為電信網路)，例如 ATM 網路、Frame Relay 網路、或 10 Gigabit 網路(本書第三部份介紹)。區域網路也屬於這兩層，依照 IEEE 的建議模式，將鏈路層分為『邏輯鏈路控制』(Logical Link Control, LLC)和『媒介存取控制』(Medium Access Control, MAC) 兩層(如圖 7-3 所示)。IEEE 針對區域網路、大都會網路和高速網路提出一系列標準，統稱為 IEEE Project 802，並分為若干次級委員會，分別制定下列標準：(如圖 7-4 所示)

- **802.1**：高層次介面 (High Level Interface) 管理。
- **802.2**：邏輯連結控制 (Logical Link Control)。提供和上層 (第三層) 與 MAC 層無關的獨立連接介面，及提供傳輸介面的服務存取點。(本章介紹)
- **802.3**：CSMA/CD 網路。提供載波感應多重存取/碰撞偵測 (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 的媒介存取控制方法 (MAC)。(第八章介紹)
- **802.4**：Token-Bus 網路。提供符記傳遞的匯流排網路的媒介存取控制。(第十八章介紹)
- **802.5**：Token-Ring 網路。提供符記傳遞的環狀網路的媒介存取控制。(第十八章介紹)
- **802.6**：DQDB (Distributed Queue Dual Bus) 網路。提供雙匯流排的大都會網路 (Metropolitan Area Network, MAN) 的媒介存取控制方法。

- **802.7**：寬頻技術 (Broadband Technical Advisory Group)。提供對 802.3 和 802.4 的寬頻電纜中的傳輸存取控制方法。
- **802.8**：光纖技術 (Fiber Optic Technical Advisory Group)。提供對 802.3 和 802.4 的光纖電纜中的傳輸存取控制方法。
- **802.9**：語音/數據整合區域網路 (Integrated Voice and Data LAN Working Group)。提供有關區域網路上多媒體整合的標準。
- **802.10**：區域網路安全技術 (LAN Security Working Group)。提供有關區域網路中安全問題的標準。
- **802.11**：無線式區域網路 (Wireless LAN)。提供無線區域網路中傳輸媒介的存取控制標準。(第十五章介紹)
- **802.12**：需求優先權 (Demand-Priority) 網路。提供具有優先順序之即時網路的媒介存取控制標準。
- **802.14**：CATV 網路。提供有線電視網路中的媒介存取控制標準。(第十四章介紹)



圖 7-4 IEEE 802 系列通訊協定標準

圖 7-4 為 IEEE 802 系列區域網路標準的架構，其中包含了許多 MAC 層的協定標準，各種標準都有其應用範圍。譬如，CSMA/CD (Ethernet) 網路雖然不具有即時系統 (Real-Time System) 的功能，但佈線簡單、維護容易，適合於一般辦公室自動化系統的網路。然而 Token-Ring 網路具有即時系統的功能，對於工廠自動化網路來講是最佳選擇；D/P LAN 網路雖然包含 CSMA/CD 和 Token-Ring 網路的優點，但對於工廠自動化而言又不夠可靠，對於

辦公室自動化而言，又沒有 Ethernet 網路那麼普遍化，因此一直未被廣泛使用；CATV 網路主要應用在寬頻網路(有線電視纜線傳輸)上，這和一般網路的訴求範圍有很大的差異；DQDB 網路主要使用於高速傳輸骨幹方面；最後 Wireless LAN 網路的傳輸媒介是無線電波，所訴求的重點是可移動性電腦之間的連接，也是時下最熱門網路之一。值得注意的是，各種 MAC 協定都有其實體層的規範，並且每一種 MAC 協定為了能配合不同環境的需求，也會提出各式各樣的傳輸標準，當我們在探討這些協定標準時，也須特別去注意它。

圖 7-5 為區域網路的通訊模型，每一種 MAC 協定都延伸有個自的網路型態，而各種網路型態都有其適用範圍，也都有其自行規範的實體層規格。然而各種 MAC 協定(802.3 ~ 802.14)都是透過 802.2 LLC 層來連接較高層次的通訊協定，提供較高層通訊軟體和媒介存取軟體之間的獨立介面。對較高層次的通訊軟體而言，只要透過 LLC 介面，就可以存取不同的實體環境的網路。也就是說，高層通訊協定(如 NetBEUI、IP 或 IPX)只要符合 LLC 的介面標準，便可連結各種型態的 MAC 網路，甚至可以不知道目前所連接網路是何種型態，如此才符合通訊協定的堆疊原理。由此可見，LLC 層是區域網路模型的核心，這也是本章介紹的重點。

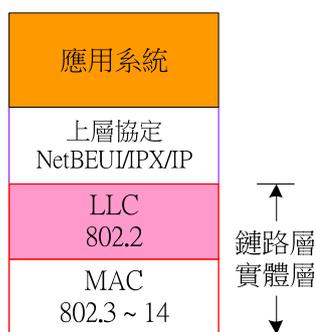


圖 7-5 區域網路的通訊模型

7-2 LLC 層簡介

在 IEEE 制定區域網路的 802 系列標準中，將鏈路層 (Data Link Layer) 區分為：『**邏輯鏈路控制**』(Logical Link Control, LLC) 和 『**媒介存取控制**』(Medium Access Control, MAC) 兩個子層次。LLC 層是提供一個和實體網路架構無關的介面，讓較高層次的通訊軟體使用，使得那些較高層次的通訊軟體(如，網路層)只要透過 LLC 層就可以存取網路，而不用去考慮所連接的網路型態。如圖 7-6 所示，其中連接實體層的 MAC 層可以是 CSMA/CD、

Token-Ring 或其它網路，這也符合通訊協定的堆疊原理。LLC 的工作是控制訊號的交換、控制資料的流量 (Data Flow Control)、解釋上層通訊軟體傳來的命令並產生回應、以及克服資料在傳送的過程中所可能發生的種種問題，如資料發生錯誤、重覆資料等等。LLC 的規格分為三大部分：

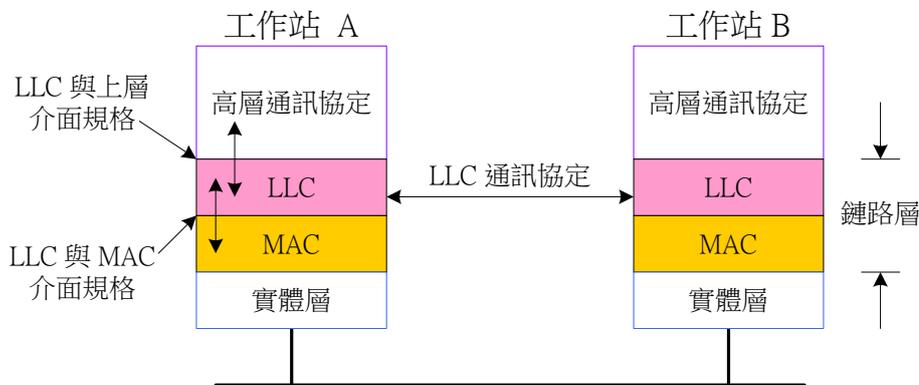


圖 7-6 LLC 通訊協定規格

- LLC 與上層通訊協定的介面規格。
- LLC 與 MAC 層通訊協定的介面規格。
- LLC 與其他工作stations上 LLC 之間的通訊協定。

以下分別敘述這些規則的特性及功能。

7-3 LLC 多工服務

多工服務就是一個通訊設備能被多個應用程式存取。LLC 提供若干個『邏輯鏈路』 (Logical Link)，讓多個應用程式同時使用。在一部工作stations上可能同時執行多個網路程式 (Process)，對每一個程式而言，皆需透過網路介面卡來與其他工作stations上的程式連線。如圖 7-7 (a)，工作stations A 的 P1 程式和工作stations B 的 P4 程式通訊，同時，P2 和工作stations C 的 P5 程式，以及 P3 和工作stations D 的 P6 程式通訊。對這些個程式而言，當它在傳送資料時都必須享有網路卡的獨立使用權，就如同 7-7 (b) 所示，每個程式都享有獨立的 LLC 及 MAC 的服務。如果工作stations上有多個程式在執行，好比每一個程式都獨享網路卡的使用權，這就是 LLC 層的多工服務，也是邏輯鏈路控制的重點。

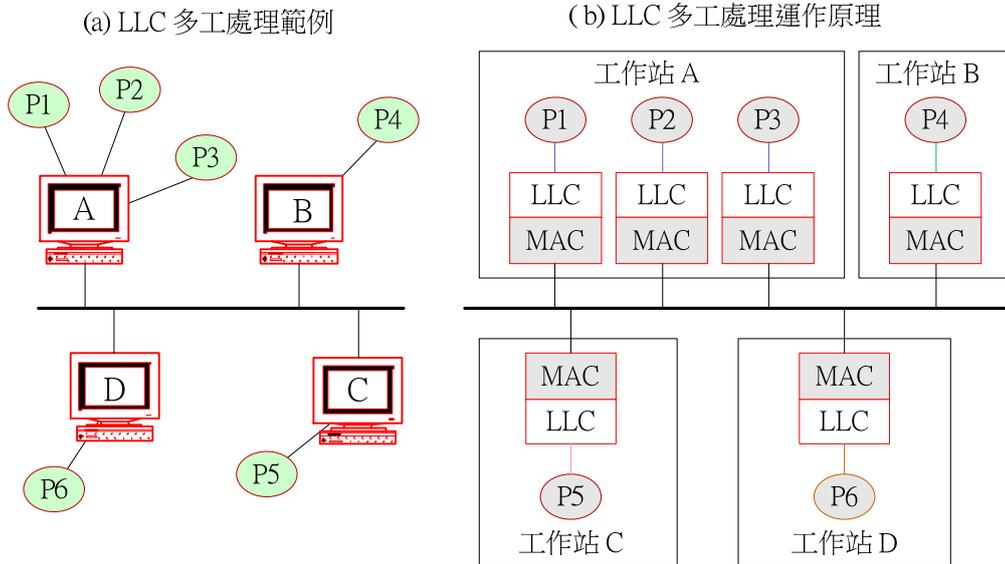


圖 7-7 LLC 多工處理範例

LLC 層為了達到多工處理的邏輯鏈路，LLC 的介面上必須建立若干個『服務存取點』(Service Access Point, SAP)，以使上層 (網路層) 的通訊軟體連接。每一個服務存取點都是一個虛擬鏈路，一般都採用分時多工方式 (依照作業系統的工作排序方式而定)。當應用程式被啟動時，便分配並銜接 (Attach) 到一個 SAP，如果時序輪流到這個 SAP，這個應用程式就享有 MAC 層的使用權，便可以傳送訊息，如圖 7-8 所示。

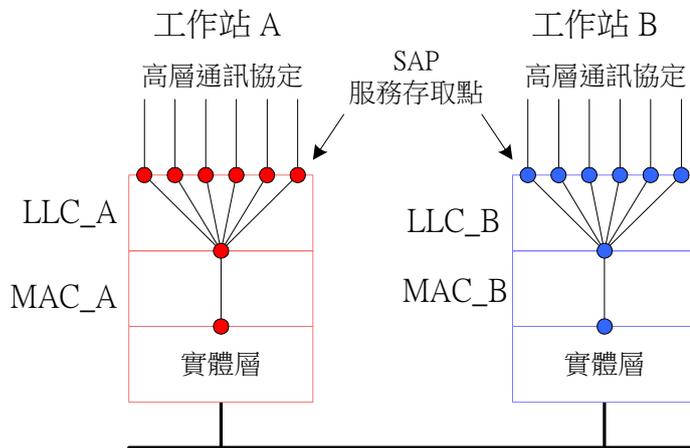


圖 7-8 LLC 的服務存取點

7-4 LLC 協定資料單元

『LLC 協定資料單元』(LLC Protocol Data Unit, LLC-PDU) 是傳送端的 LLC 和接收端的 LLC 之間資料交換的封包，主要區分為四個欄位，如圖 7-9 所示，分別介紹如下：

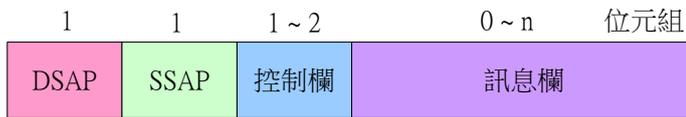


圖 7-9 LLC-PDU 格式

- 『目的地服務存取點點』(**Destination Service Access Point, DSAP**) : DSAP 是為了能夠辨認出 LLC 通訊協定間傳送的資料到底是屬於誰的，在 DSAP 欄位標明對方工作站的服務存取點，也表示銜接到對方通訊應用程式。
- 『原始服務存取點點』(**Source Service Access Point, SSAP**) : 傳送端 LLC 的服務存取點，亦表示連接傳送端本身的應用程式。
- **控制欄** : 告訴對方本 LLC-PDU 的意義，是傳送資料(由上層傳送下來)，或是雙方的控制訊息，控制欄主要作為雙方協議溝通使用。
- **訊息欄** : 如果由控制欄位知道該封包做為傳送資料之用，則訊息欄是負責接受上層(或網路層)的資料，再包裝成 LLC-PDU。如果控制欄表示本封包是作為連線交談用，則訊息欄是作為交談訊息存放用，對方由訊息欄可知道溝通的內容。

當兩個 LLC 之間傳遞 LLC-PDU 時，每一個 PDU 都有其特殊的功能，它的功能皆由控制欄位表示，可分類為以下三種主要型態的命令：

- **無編號命令** (Unnumbered Command, U-format)
- **訊息傳送命令** (Information Transfer Command, I-format)
- **監督命令** (Supervisory Command, S-format)

7-4-1 無編號命令格式

『U-格式』(**U-format**) 的 LLC-PDU 上沒有編號，表示該 PDU 並非傳送資料，而是傳遞控制訊息。U-format 命令主要應用於 LLC 之間雙方連線管理的通訊使用，如通訊連線的建立、終止、或重置等等。依照控制欄位編碼可分 8 個不同功能的命令及回應，如圖 7-10 所示。其中 P/F 表示查詢/最後之位元：

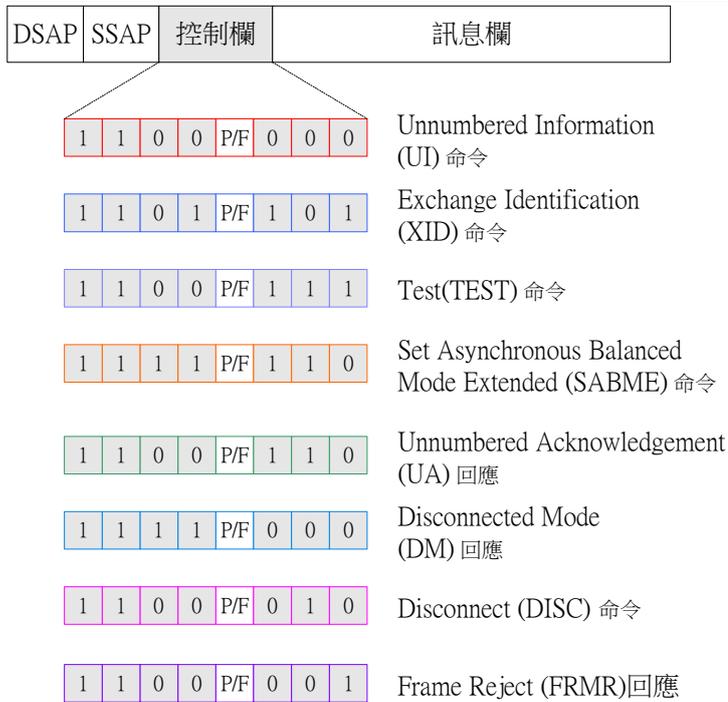


圖 7-10 LLC-PDU 的 U-格式命令及回應

- **Unnumbered Information (UI)**：一般使用在廣播資料給多個 LLC。DSAP 位址可以是一個別位址、群體位址或廣播位址。
- **Exchange Identification (XID)**：XID 命令配合 UA 回應命令，使用於偵測某部工作站 (的 LLC) 是否存在、詢問工作站的群體位址、檢查重覆位址、或宣告自己的存在。
- **Test (TEST)**：TEST 命令及 UA 回應命令用來檢查 LLC 之間的傳輸是否順暢。
- **Set Asynchronous Balanced Mode Extended (SABME)**：SABME 命令是要求建立連線。某一個 LLC 傳送 SABME 給對方 LLC 要求建立連線，如果對方同意則回應 UA；否則回應 DM。
- **Unnumbered Acknowledgement (UA)**：UA 回應命令用於表示同意連線對方或其它控制訊息的要求。
- **Disconnected Mode (DM)**：DM 回應命令用於表示拒絕對方連線要求 (SABME) 或同意對方終止連線要求 (DISC)。
- **Disconnect (DISC)**：DISC 命令是使用於要求對方終止連線。

- **Frame Reject (FRMR)**：回應 FRMR 訊號，表示拒絕對方傳送的資料 (如：UI)。

7-4-2 訊息傳送命令格式

『**I-格式**』 (**I-format**) 的 LLC-PDU 是應用在 LLC 雙方資料傳送使用，每個 PDU 上都有編號，以標示資料的順序。如圖 7-11，I-format 的 LLC-PDU 的控制欄位可區分為三個次欄位：

- **N(S)**：傳送本封包的編號
- **N(R)**：期望對方下一次傳送封包的封包序號，附帶有確認的功能。例如 N(R)=8 表示第 8 序號封包以前的封包 (7, 6, 5, 4...) 都正常接收，請下次送給我第 8 序號封包 (流量控制之滑動視窗法) (容後介紹)。
- **P/F**：P (Polling) 表示請對方回應，F (Final) 表示資料傳送結束。

由於 N(S)和 N(R)都只有 7 個位元，因此其值介於 0 到 127 之間。通常順序編號由 0 開始，依照傳送資料的順序逐次加 1，到達 127 之後又回到 0 重新開始重複使用。

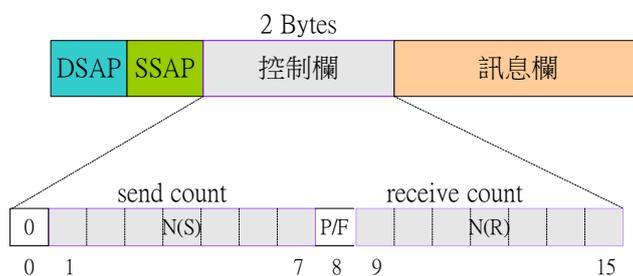


圖 7-11 I-format 的 LLC-PDU 格式

7-4-3 監督命令格式

『**S-格式**』 (**S-format**) 是用來管理 LLC 之間資料傳送的狀況。接收端可以用 S-format 回應給傳送端表示資料接收的情形 (拒絕或正常接收)；或者使用在兩端 LLC 只有一端在傳送資料，另一端回應的控制命令的情況。例如，傳送端使用 I-format 傳送資料，但接收端沒有在傳送資料，無法使用 I-format (N(R)) 告訴對方接收情形，則用 S-format 來回應傳送端。S-format 有三種不同功能格式：(如圖 7-12)

- **Receive Ready (RR)**: RR 命令表示通訊連線的接收端已準備好接收資料，傳送端可以開始傳送資料。
- **Receive Not Ready (RNR)**: RNR 命令表示接收端尚未準備好接收資料，請傳送端暫時不要傳送資料。
- **Reject (REJ)**: REJ 命令表示拒絕接受傳送端的要求或資料傳送。

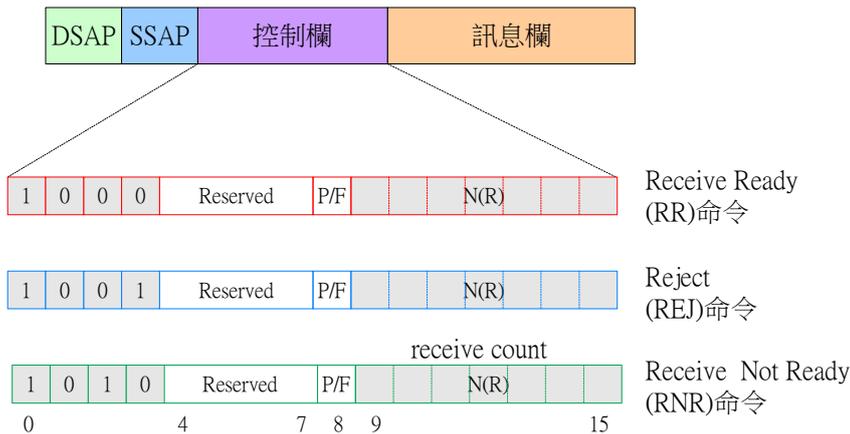


圖 7-12 S-format 的 LLC-PDU 格式

7-5 LLC 介面規格

如圖 7-6 所示，LLC 上下層之間的介面規格有下列兩種：

- **Network/LLC 介面規格**
- **LLC/MAC 介面規格**

以下分別敘述之：

7-5-1 基礎呼叫

網路上每個通訊層次都是建構成獨立的軟體實體，上下層之間的通訊交換行為必須利用介面程式(Interface)來呼叫。為了標準化，通訊軟體的介面程式都以『基礎呼叫』(Primitive)為基礎，再依照介面程式的功能建構成各種介面程式。一般有下列四種基礎呼叫：(如圖 7-13 所示)

- **要求基礎呼叫 (Request Primitive)**

- 通知基礎呼叫 (Indication Primitive)
- 反應基礎呼叫 (Response Primitive)
- 確認基礎呼叫 (Confirm Primitive)

圖 7-13 (a) 為兩個通訊實體 (LLC) 間的通信動作，上層通訊軟體 (網路層) 經由『要求』基礎呼叫 (Request Primitive) 來向本層 (LLC-A) 提出服務要求，此要求將經過網路傳送達對方的對等層次 (Peer-to-Peer)。接收端的對等層 (LLC-B) 則以『通知』基礎呼叫 (Indication Primitive) 來通知上一層的通訊軟體 (網路層)。接收端的通訊軟體以『回應』基礎呼叫 (Response Primitive) 回應接收端的對等層 (LLC-B)。回應訊號經過網路上傳輸到本層 (LLC-A)，本層次 (LLC-A) 以『確認』基礎呼叫 (Confirm Primitive) 來回答剛才所提出的要求，到底是成功或失敗，或其他訊息回應。圖 7-13 (b) 是以程式介面方式表達四個基礎呼叫的動作，以時間軸來繪圖。

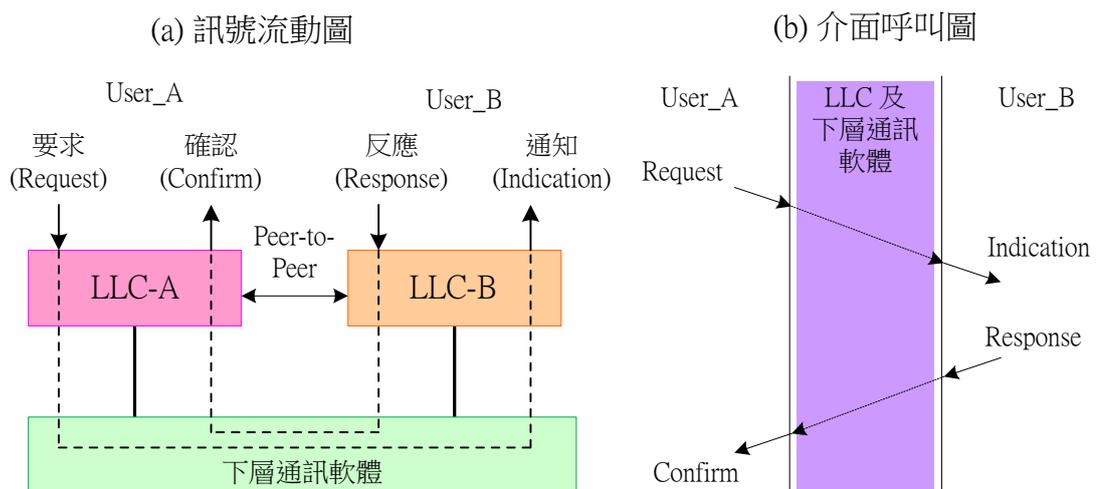


圖 7-13 基礎呼叫動作

7-5-2 Network/LLC 介面規格

LLC 所提供的服務有三種類型 (Type 1 ~ 3)，因此，網路層 (或其他應用程式) 和 LLC 之間的介面也有三種形式相對應：Type 1、Type 2 與 Type 3，以下分別介紹這三種介面程式 (下小節介紹其運作程序)。

(A) Type 1 介面程式

Type 1 介面程式是使用於非連接導向服務，因此沒有反應(Response)及確認(Confirm)兩種基礎呼叫，只有下列兩個介面程式：

- **DL_UNITDATA.request** (傳送資料要求)
- **DL_UNITDATA.indication** (接收資料通知)

(B) Type 2 介面程式

Type 2 介面程式是使用於連接導向服務的通訊，根據不同的功能可區分為下列五大項：

- **連線建立時相 (Connection Establishment Phase)**
 - ◆ DL_CONNECT.request (要求連線)
 - ◆ DL_CONNECT.indication (要求連線通知)
 - ◆ DL_CONNECT.response (連線要求回應)
 - ◆ DL_CONNECT.confim (連線要求確認)
- **資料傳送時相 (Data Transfer Phase)**
 - ◆ DL_DATA.request (資料傳送要求)
 - ◆ DL_DATA.indication (資料傳送通知)
- **連線終止時相 (Data Transfer Phase)**
 - ◆ DL_DISCONNECT.request (要求終止連線)
 - ◆ DL_DISCONNECT.indication (終止連線確認)
- **連線的重設 (Connection Resetting)**
 - ◆ DL_RESET.request (重設要求)
 - ◆ DL_RESET.indication (重設通知)
 - ◆ DL_RESET.response (反應重設)
 - ◆ DL_RESET.confirm (確認重設)

- 連線的資料流量控制 (**Connection Flow Control**)
 - ◆ DL_CONNECTION_FLOWCONTROL.request (流量控制要求)
 - ◆ DL_CONNECTION_FLOWCONTROL.indication (流量控制通知)

(D) Type 3 介面程式

Type 3 介面程式是使用於非連接導向附帶確認服務的通訊連線，其命令程式如下：

- DL_DATA_ACK.request
- DL_DATA_ACK.indication
- DL_DATA_ACK_STATUS.indication
- DL_REPLAY.request
- DL_REPLAY.indication
- DL_REPLAY_STATUS.indication
- DL_REPLAY_UPDATE.request
- DL_REPLAY_UPDATE_STATUS.indication

7-5-3 LLC/MAC 介面規格

LLC 是利用 MAC 所提供服務來傳送和接收 LLC-PDU。LLC 利用下列三種命令和 MAC 溝通：

- **MA_UNITDATA.request**
- **MA_UNITDATA.indication**
- **MA_UNITDATA_STATUS.indication**

圖 7-14 為 LLC 和 MAC 之間的運作情形。假設 LLC_A 欲將 LLC_PDU 透過 MAC_A 傳送給 LLC_B：

- (1) 首先 LLC_A 發送 MA_UNITDATA.request 要求 MAC_A 傳送 LLC_PDU，MAC_A 便將該資料透過網路傳送給 MAC_B。
- (2) MAC_B 收到該資料後以 MA_UNITDATA.indication 命令傳送給 LLC_B。

- (3) 當 MAC_A 將資料發送後，便以 MA_UNITDATA.STATUS.indication 命令通知 LLC_A 是否傳送成功。

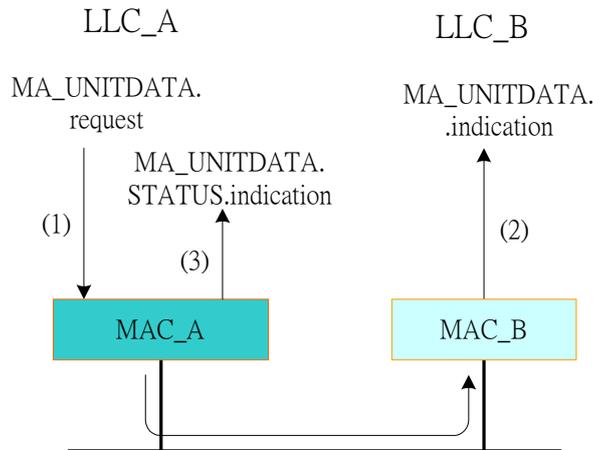


圖 7-14 LLC/MAC 介面程式的運作

7-6 LLC 通訊協定

LLC 可提供給網路層多種服務類別，不同的服務類別有相對應的介面程式呼叫，來建立兩個 LLC 通訊實體之間連線。LLC 提供給網路層的服務類別，有下列三種：

- **Type 1：非連接服務 (Connectionless Service)**
- **Type 2：連接導向服務 (Connection Oriented Service)**
- **Type 3：非連接附確認服務 (Connectionless with Acknowledgement Service)**

其中 Typ1 和 Type3 服務方式係提供非連接方式，Type 2 服務則提供連接方式。在 Type1 和 Type 3 服務下，每一筆被傳送的資料單元 (LLC-PDU) 都被當成一個通訊中的獨立個體。網路中根據其中的目的位址來傳送資料，也就一般所說的『電報傳輸』(Datagram)方式服務，並不保證資料是否可以安全到達目的地。Type 3 增加回應確認的功能，目的地如果有接收到訊息，會回應一個確認訊息給傳送端。在 Type 2 服務之下，資料傳送之前必須建立通訊連線 (虛擬鏈路)，然後才依照連線傳送資料。此時傳送端的 LLC 和接收端的 LLC 會依照通訊協定標準，排除各種傳輸中發生的問題，如資料錯誤、資料重複、順序不對等等。如此才能使資料正確又按照順序 (In-order) 傳送。

7-6-1 Type 1 非連接服務

Type 1『非連接服務』(Connectionless Service)沒有『回應基礎呼叫』和『確認基礎呼叫』，只提供要求和通知兩種介面程式。一般應用在廣播訊息給所有工作站，或應用在建立連線時的控制訊息傳送。它的介面程式呼叫時序如圖 7-15 所示。

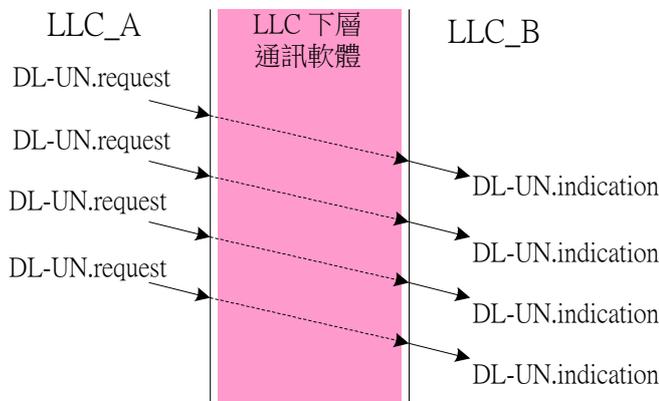


圖 7-15 Type 1 非連接服務

當上層通訊軟體要求 Type 1 非連接服務的傳送方式時，LLC 會用到下列 U-format 的命令 (命令格式請參考圖 7-10)。

- **未編號資料 (UI)**：傳送端的 LLC 利用 UI 命令發送資料，在 LLC-PDU 中的 DSAP 位址可以是個別位址、群組位址或廣播位址。UI 命令並沒有序號，因此每一筆資料都是獨立性的。
- **XID**：在 Type 1 中，傳送端可以利用 XID 命令查詢 LLC 的群組位址或個別位址。接收到 XID 命令者，同樣以 XID 命令回應給發送者，但都採用個別地址發送。
- **TEST**：此命令適用於測試 LLC 之間的連線是否還存在。接到 TEST 命令者也是回應 TEST 命令。

如圖 7-16 中，User_A 欲發送訊息給 User_B。當 LLC_A 接收到 DL_UNITDATA-request 介面程式後，依照程式內包含的命令 (UI、XID 或 TEST) 傳送給對方 LLC_B。LLC_B 再將該命令包裝為 DL_UNITDATA.indication 介面程式傳送給 User_B。

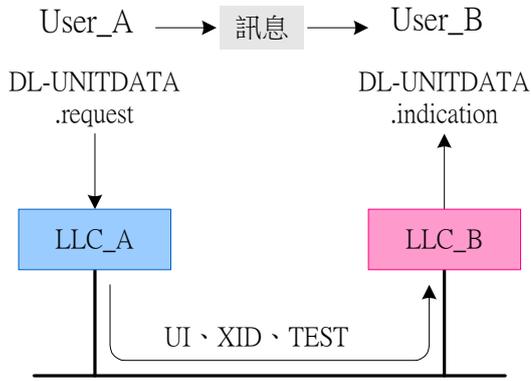


圖 7-16 Type 1 與 U-format 命令

7-6-2 Type 2 連接導向服務

Type 2 『連接導向服務』(Connection-oriented Service) 的連線管理包含連線建立、資料傳送與連線終止等三個時相，如圖 7-17 所示。相同的，Type 2 服務會使用到 Type 2 的介面程式。以下分別介紹它們與格式命令之間的關係：(有關格式命令請參考 7-4 節介紹)

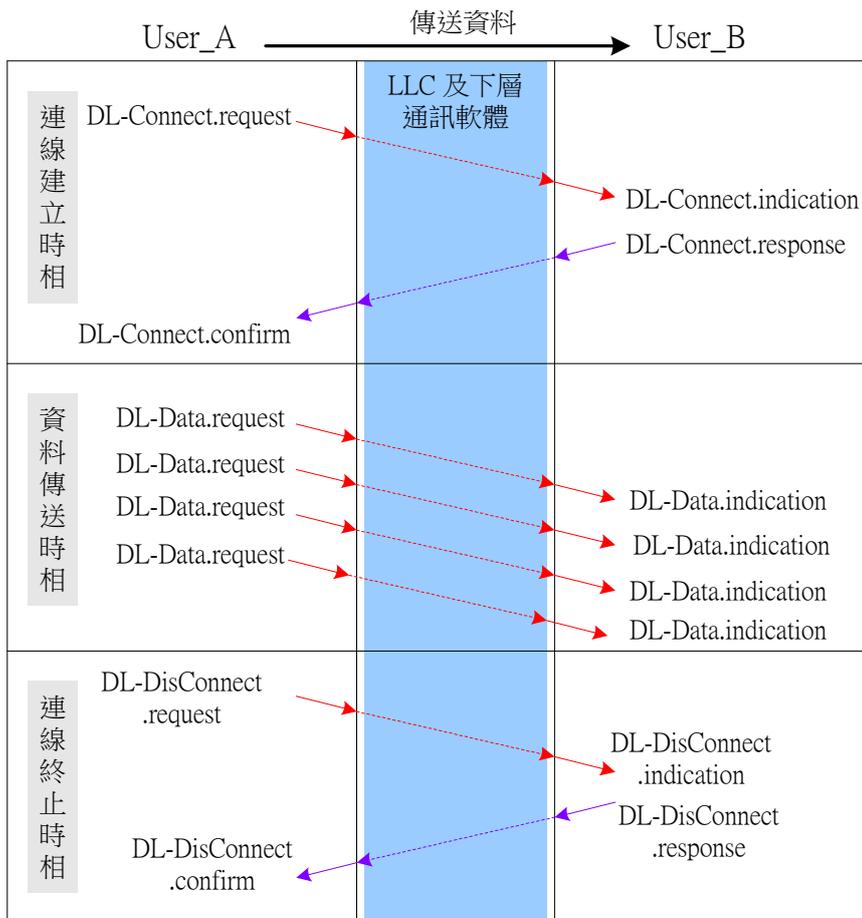


圖 7-17 Type 2 連接導向連線運作圖

(A) 連線之建立、終止與 U-format 命令

在圖 7-17 的連線建立時相中，會使用到 U-format 格式中的 SAME、UA 和 DM 命令，它們之間的關係如圖 7-18 所示。首先，要求連線端 User_A 傳送 DL_Connect.request 給 LLC_A，LLC_A 發送 SAME (設定連線模式) 命令給對方 LLC_B，LLC_B 再傳送 DL_Connect.indication 給上層使用者 User_B，User_B 回應 DL_Connect.response 給 LLC_B，其中包含是否同意連線的訊息。如同意連線，則 LLC_B 回應 UA 給 LLC_A；否則回應 DM。LLC_A 將 LLC_B 的回應訊號包裝後，以 DL_Connect.confirm 回應給 User_A。

連線終止的動作如同連線建立，它會用到 U-format 中的 DISC 與 DM 兩個命令。首先 LLC_A 收到 DL_Disconnect.request 便發出 DISC 給對方 LLC_B，LLC_B 再將該訊號包裝成 DL_Disconnect.indication 給 LLC_B 的使用者 User_B。User_B 回應 DL_Disconnect.response 給 LLC_B，LLC_B 便發送 DM 給 LLC_A，LLC_A 再回應 DL_Disconnect.confirm 給 LLC_A 的使用者 (User_A)。

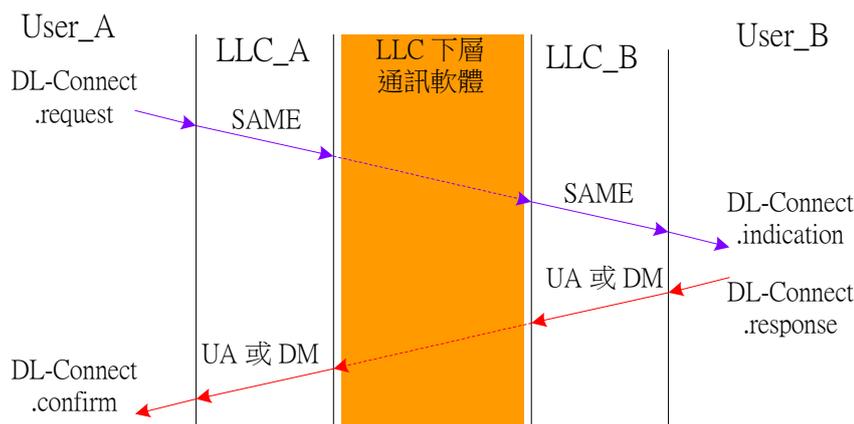


圖 7-18 Type 2 建立連線的訊號方式

(B)資料傳送與 I-format、S-format 命令

圖 7-19 為資料傳送的訊號方式。如果 LLC_A 和 LLC_B 兩端之間都在傳送資料，它們之間確認訊號是利用『搭順風車』(Piggyback)方式回應。也就是 LLC 接收 DL_DATA.request 時，將 N(S) 和 N(R) 包裝於 I-format 的命令格式之中，而其中 N(R) 就是以搭順風車方式回應確認 (滑動視窗法)，如圖 7-21 中的 (1) 訊號。但如果只有單方向傳送資料，接收端無法搭順風車回應訊號給傳送端。這種情況下接收端必須使用 S-format 的 LLC-PDU 來回應確認訊息 (N(R))。而在 S-format 之中只有 N(R) 欄位，而沒有 N(S) 的欄位。其中：

- **Receive Ready(RR)**: 用來回覆收到的資料單元，同時表示可以繼續接收資料，如圖 7-21 (2) 訊號。
- **Receive Not Ready(RNR)**: 用以回覆收到的資料單元，並告訴對方暫時無法在接收資料。可能是緩衝器已滿或其他原因，等到原因排除後，再送出 RR 訊號表示可以繼續接收資料，如圖 7-21 (3) 訊號。
- **Reject (REJ)**: 用來要求對方重新傳送 I-format 命令。REJ 要求從 N(R) 開始的序號重新傳送，同時也表示在 N(R) 序號之前的資料以正常方式接收，如圖 7-21 (4) 訊號。

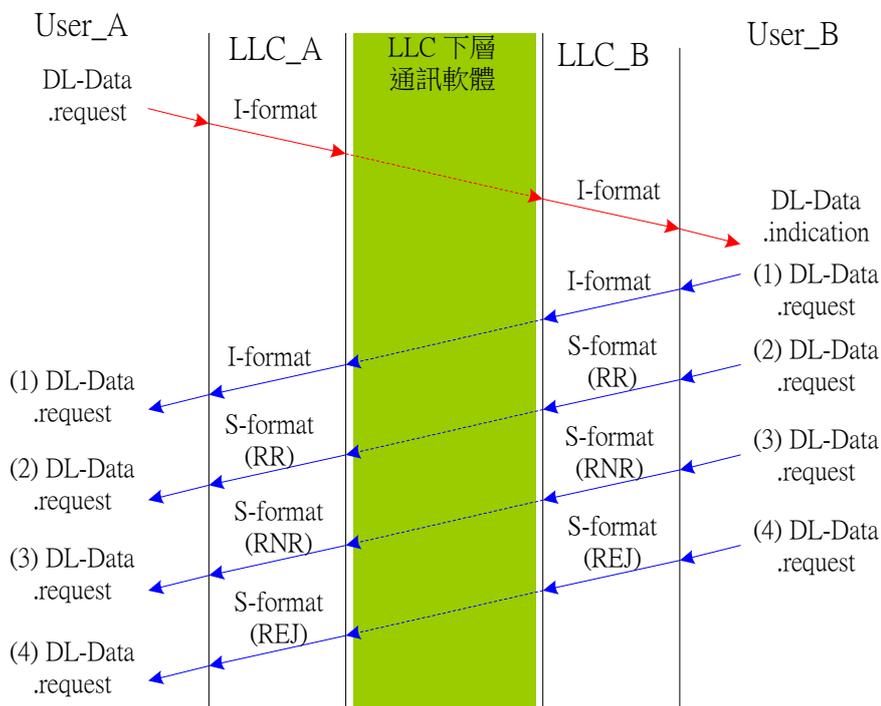


圖 7-19 Type 2 資料傳送的訊號方式

(C) 流量控制

在 LLC 雙方連線建立後，傳送端可連續發送多筆資料給對方，對方只要回應給傳送端已安全接收到第幾筆資料便可，不需要每一筆資料都回應確認訊號。流量控制就是管理雙方在通訊連線上多筆資料的流動，包括資料的確認和錯誤資料如何重新傳送。一般電腦網路上的流量控制都採用『滑動視窗法』(Sliding Window)。這裡我們僅針對 LLC 流量控制的特殊特性作簡單的介紹，至於詳細運作原理，請參考本書 3-4 節。

Type 2 連接導向的通訊鏈路是屬於雙工方式，表示雙方的 LLC 都可接收與傳送資料，因此，雙方都必須有傳送緩衝器和接收緩衝器。LLC 將接收到的資料填入接收緩衝器，在適當的時機再傳送給上一層通訊軟體。同樣的，LLC 將上一層所欲傳送的資料填入傳送緩衝器，再依序發送到對方。上一層的資料也許非常大，我們必須依照 LLC-PDU 封包的大小分割成若干個，再依照順序填入傳送緩衝器。也就是說，每一筆資料都編有序號，無論接收或傳送都必須依照序號順序。至於緩衝器空間是否足夠接收新的 PDU，可利用 I-format 內的 P/F 位元來通知對方。

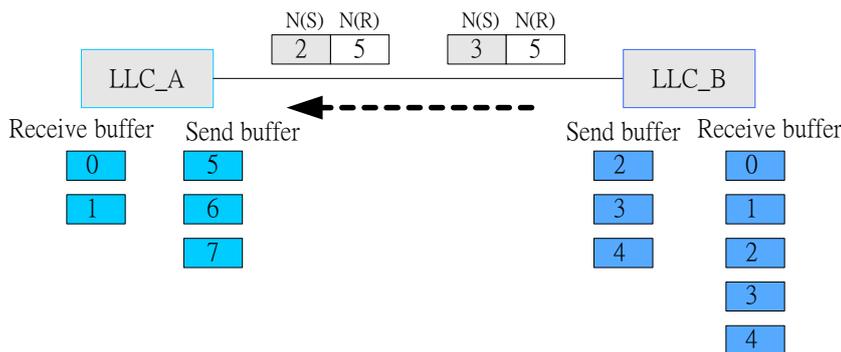


圖 7-20 (b) Type 2 的流量控制之 2

7-6-3 Type 3 非連接附確認服務

Type 3 『非連接附確認』(Connectionless with Acknowledge) 服務非常類似於 Type 1，兩者皆是提供非連接方式。但 Type 3 接收端接收到訊息時，必須回應確認訊號，因此，它比 Type 1 較為可靠，一般應用於重要訊息廣播或查詢使用。

在 Type 3 服務中，每一筆資料都要求回應，以達到可靠性的傳輸。因此，對於大量資料傳送的效率較差，只適合用於少量資料的傳送。對於大量資料傳送還是 Type 2 比較適合。基本上，Type 3 的傳送服務和 Type 2 有很大的不同點，Type 2 傳送資料是由上層發動後再由 LLC 傳送出去，回應訊號也是由上層通訊軟體告知後再由 LLC 發送給對方。Type 3 則不然，上層通訊軟體首先將欲發送的資料單元，存放在 LLC 層內，LLC 層再找適當的時機發送給對方 LLC。對方 LLC 接收到後，立即回應確認訊號給傳送端 LLC，再找適當的時機將資料單元傳送給上層的通訊軟體。因為在 Type 3 的 LLC-PDU 上沒有序列編號，所以一次只能傳送一個資料單元。如果，發送端的上一層速率過快，重覆傳送資料單元給 LLC 層，

可能造成資料蓋覆，而遺失資料單元。同樣的，接收端的上層通訊軟體速率過慢，也可能會造成 LLC 層上的資料被蓋覆掉。有關於 Type 3 的傳輸運作方式有下列四種情況：

(A) 成功的資料傳送

網路層軟體可利用 DL_DATA_ACK.Request 要求 LLC-A 將資料傳送給對方，並要求對方回應。對方 LLC-B 接收到該筆資料後，以 DL_DATA_ACK.indication 通知其上層的通訊軟體（網路層）並且即時回送一個回覆訊息。LLC-A 收到此回覆訊息以後以 DL_DATA_ACK_STATUS.indication 通知上一層通訊軟體(網路層)，對方已正常接收到資料。如圖 7-21 (a) 所示。

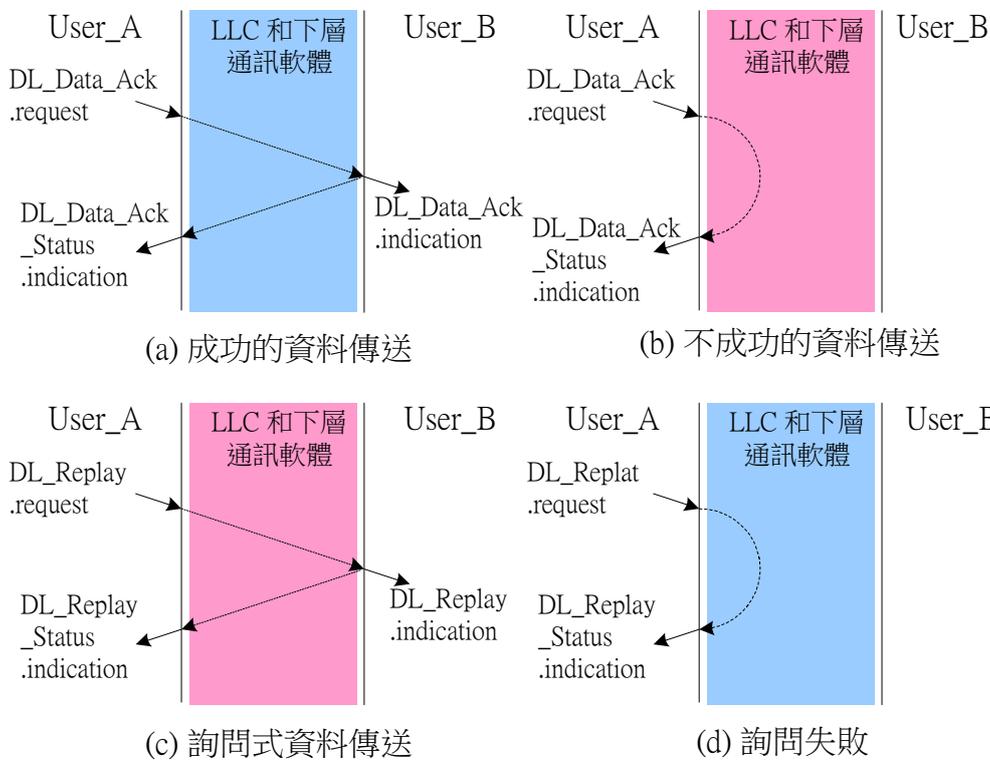


圖 7-21 Type 3 的傳送方式

(B) 不成功的資料傳送

當 LLC-A 傳送資料訊息後，在一段時間後 (Time out) 沒有接收到對方 LLC-B 傳回來的回覆訊息，則 LLC-A 以 DL_DATA_ACK_STATUS.indication 通知其上層通訊軟體(網路層)，告知傳送失敗的原因。如圖 7-21 (b) 所示。

(C) 詢問資料傳送

除了主動傳送資料外，Type 3 服務也提供邀請其他工作站傳送資料的服務。上層通訊軟體（網路層）可利用 DL_REPLY.request 邀請（或詢問）對方傳送資料。對方的 LLC-B 以 DL_REPLY.indication 通知上一層通訊軟體（網路層），並且立即回覆訊息給傳送端。傳送端的 LLC-A 接收到回應訊息後，以 DL_REPLY_STATUS.indication 通知上一層通訊軟體（網路層）邀請或詢問的結果。如圖 7-21 (c) 所示。

(D) 詢問失敗

如同詢問資料的傳送一樣，但當傳送端 LLC-A 經過一段時間後（Time out）未接收到對方回應訊息，便以 DL_REPLY_STATUS.indication 通知上層通訊軟體（網路層）詢問失敗的原因。如圖 7-21 (d) 所示。

詢問式資料傳送必須要兩個介面程式配合。如上層通訊軟體有資料需要 LLC 層等待對方來詢問傳送，首先上層通訊程式以 DL_REPLY_UPDATE.request，將資料填入 LLC 層，當 LLC 層接收到對方詢問傳送資料時，便立即將資料送出。LLC 層接收到本身電腦填入資料，可以用 DL_REPLY_UPDATE_STATUS.indication 回應上層（網路層）已填入資料。如果上層通訊軟體重複填入資料，LLC 層將保留最新資料，而拋棄舊資料。

習題

1. 何謂區域網路的拓樸圖？可區分為哪幾種？請分別敘述其特性。
2. 何謂佈線系統？請舉例說明其特性。
3. 一般區域網路的媒介存取技術可歸類哪幾種？請分別敘述其特性。
4. 何謂 LLC 的多工服務？請說明其製作的方法。
5. 請問 LLC 通訊服務提供哪三種服務？請分別敘述其特性。
6. 在 Type 2 的服務中，如果某一端的 LLC 要求重新設定通訊連線，請繪出兩端之間的介面程式的時序圖，並描述出相關的 LLC-PDU 之命令格式。
7. 在 Type 2 的服務中，如果某一端的 LLC 要求設定流量控制，請繪出兩端之間的介面程式的時序圖，並描述出相關的 LLC-PDU 之命令格式。
8. 由 LLC/MAC 介面規格之中，我們發現其回應訊號並非來自對方（如圖 7-14）。如果某訊框由 MAC 發送後，在傳輸中被訊號干擾而失敗，LLC 如何知道？如何重新傳送？LLC 和 MAC 之間是如何控制管理？
9. 在滑動視窗法的流量控制中，如果只有一端傳送資料，它們之間如何回應確認訊號？
10. 在 Type 2 的連線裡，通訊雙方所傳遞的 I-format 之 LLC-PDU 中有 P/F 位元。請問該 P/F 位元的功能是什麼？它對滑動視窗法中有何重要的應用？
11. 何謂 Type 3 非連接附確認服務？請描述其功能及動作程序。
12. Type 2 和 Type 3 皆是可靠的傳輸，請比較兩者的優劣點？
13. 請舉例說明 Type 3 的應用方法和時機。
14. Type 3 的介面程式之運作程序如圖 7-21 所示，請繪出他們相關的 LLC-PDU 命令格式。