

## 第十二章 ATM 網路連結技術

包含 ATM 區域網路仿效之工作原理，以及 IP over ATM、Multi-protocol over ATM、IP over ATM over ADSL、ATM DXI 與 ATM FUNI 之網路連結技術。

### 12-1 ATM 網路連結簡介

記得在第一章討論過，我們所期望的網路基礎建設，不但傳輸率高、透通性良好、穩定性也要高外，更期望將區域網路的範圍一直擴大，使網路型態不再以區域範圍為限，而應該以網路品質來劃分。尤其目前大都會網路（如 HiNet、SeedNet）的傳輸品質愈來愈穩定，所應用的範圍已不再侷限於單純的瀏覽器功能，漸漸地可以將區域網路上較高層次的應用軟體（如，SQL Server）透過大都會網路來傳輸。其中最大的瓶頸是如何整合現有的區域網路和大都會網路，來建構一個穩定性較高的廣域網路。ATM 網路不但傳輸速率高，並提供連接導向的服務，除了提高傳輸連線的穩定性，也是整合區域網路與廣域網路的最佳利器。透過 ATM 網路連結，將能使整個網路不再區分區域網路、大都會網路或廣域網路，也能容易地讓區域網路上的應用軟體推廣到廣域網路上使用。也就這樣，許多大都會網路公司不遺餘力地發展 ATM 網路，全世界各個國家也都以 ATM 架設國家高速網路。由此我們可瞭解 ATM 網路連結技術之重要性，本章將針對 ATM 網路的連結技術加以介紹，首先，我們來探討傳統網路和 ATM 網路之間的連結方式有何不同。

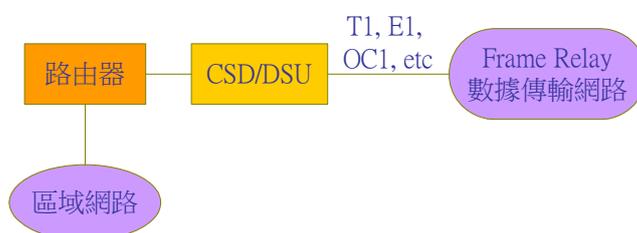
前面幾章，我們介紹了許多網路型態的特性，如果以區域骨幹網路來觀察，目前可以選擇架設的網路型態有下列幾種：

- (1) 交換式 Fast Ethernet 網路（Gigabit、10 Gigabit Ethernet）（第九章介紹）
- (2) FDDI 網路（第十八章介紹）
- (3) 100VG-AnyLan（本書未介紹）
- (4) Hybrid Fiber Cable（HFC）（第十四章介紹）
- (5) ATM 網路（第十一章介紹）

交換式 Fast Ethernet 網路雖然具有較高的傳輸效率，但只能在區域網路上使用。FDDI 網路為目前區域骨幹網路的大宗，但它的傳輸速率（100 Mbps）漸漸不能符合新的應用需求，雖然有新的 FDDI-II 標準出爐，但反映並沒有預期的熱烈。100VG-AnyLan 是 HP 公司所設計，於 1992 年制定標準（IEEE 802.12）的網路型態，主要拿來做數據和多媒體的使用。AnyLan 由名稱可知它可以支援各種傳統網路，如 Ethernet 或 Token-Ring 網路等等，傳輸速率可達 100 Mbps，網路拓樸圖為星狀結構，傳輸媒介可採用光纖及雙絞線；並且 100VG 採用『需求優先』（Demand Priority）的媒介存取方法（MAC），對消除網路碰撞的消除比 CSMA/CD 有效，因此，網路頻寬可以被更有效地運用。

100VG 的典型應用是用在延遲時間要求較高的應用服務，如聲音、影像等，並提供相當程度的優先等級區分。雖然 100VG 網路具有哪麼多優點，但一直未能在網路上發揮所長的原因，可能是一般使用者還是較習慣使用 Ethernet 網路。HFC 網路是整合有線電視線路和光纖網路所構成的區域網路，對於整合多媒體的應用非常有幫助，目前正致力發展中，但它的骨幹網路還是採用 ATM 網路。我們可以發現，上述網路都是屬於共享傳輸媒介方式，實體媒介上都是採取非連接方式，在傳輸應用上很難達到 QoS 的服務品質要求，甚至傳輸速率也不及 ATM 網路高。

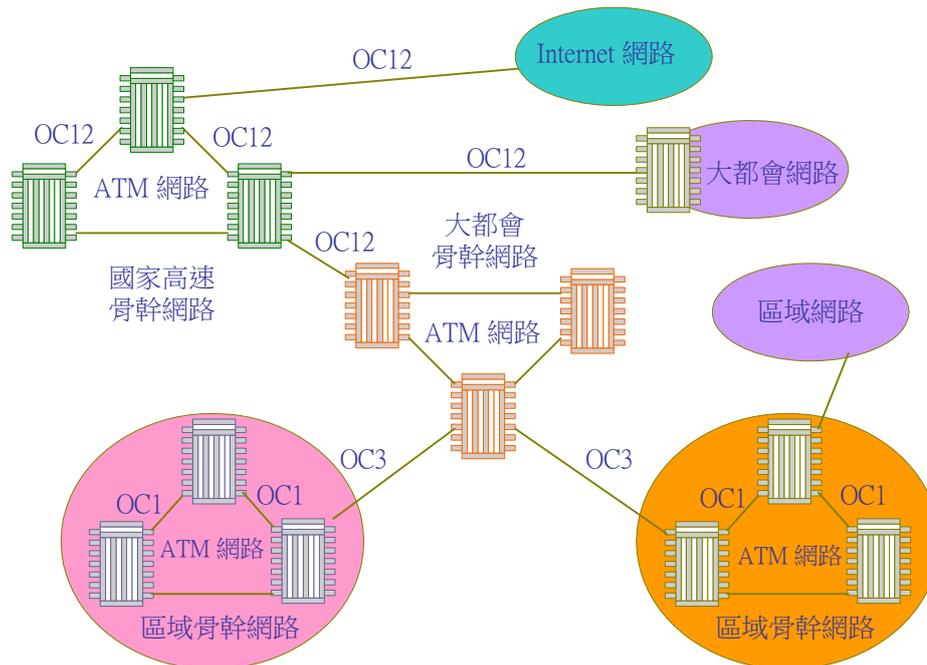
傳統廣域網路，早期大多是採用 Frame Relay 交換式網路（目前還使用很多）。各地區之路由器透過 CSU/DSU（Channel Service Unit/Digital Service Unit）裝置、租用專線（T1、E1 或 OC1），連接到 Frame Relay 之傳輸網路上，如圖 12-1 所示。但基本上，傳輸網路只負責數據的傳送，有關路徑選擇及通訊連線的建立，還是必須由各地區之路由器負責。



**圖 12-1 數據專線連線**

ATM 網路本身具有區域網路和廣域網路連結之功能，由最小的區域網路到大都會網路系統（如 HiNet 網路），都可以採用一致性的連接方式，可節省每一端點連線之訊號轉換，甚至建立國家高速網路，連結各地區之大都會網路（如 SeedNet），以 ATM 網路整合成一個大

網路系統，如圖 12-2 所示。我們相信不久的將來，將會再進一步整合目前的電話系統，使語音、影像、數據在同一網路上傳輸，真正達到多媒體的網路系統。



**圖 12-2 以 ATM 網路整合區域網路與廣域網路**

為達到整合網路的功能，ATM Forum 和 ITU-T 也致力發展各種連接標準，目前在網路連結方面 (LAN/WAN)，已有許多標準被制定出來，本章選擇幾種比較基礎性，也較通用性來說明其運作原理，首先，簡單介紹如下：

### (1) Frame Relay over ATM 網路

ATM 網路希望能快速取代現有的 Frame Relay 網路，讓現有的網路設備能在不須更新設備的情況下，連結上 ATM 網路，因此，發展兩種介面：ATM DXI 和 ATM FUNI。透過這兩種介面，來連結 Frame Relay 的網路設備(如，路由器)，便可銜接上 ATM 網路。

### (2) ATM 區域網路仿效

ATM 區域網路仿效是 ATM 最重要的連結技術，它不但可模仿傳統區域網路的連接，也可以擴展到廣域網路。透過區域網路仿效，在 ATM 網路上，能即時應用原來傳統網路上所開發的軟體，使傳統網路也能連接上 ATM 網路。

### (3) IP over ATM 網路

為了要讓 IP 網路能架設在 ATM 網路上，也有 IP over ATM 的連接技術，讓 ATM 網路和原有之 IP 網路能結合在一起。

- Multiprotocol over ATM 網路
- Multiprotocol over ATM 的連結技術是要讓各種高層之通訊協定，都能以 ATM 為基礎網路來連接，也使 ATM 能連結各種網路型態，甚至廣域網路型態。

## 12-2 ATM 區域網路仿效

雖然 ATM 網路具有高傳輸率和可靠性的連接導向服務，但這良好的特性，竟成為 ATM 網路最大的瓶頸。傳統區域網路 ( Legacy LAN ) ( 如 Ethernet、Token-Ring、FDDI ) 都是屬於共享式的非連接傳輸，因此，ATM 網路如未經特殊處理，將無法和現有之區域網路共存，而彼此之間連線也有困難。這個特殊處理方式是希望 ATM 網路能模擬像傳統區域網路一樣，使用類似共享式的非連接傳輸，因此稱之為『區域網路仿效』( LAN Emulation, LANE )。

『區域網路仿效』是由 ATM Forum 所制定的標準，希望現有區域網路能透過區域網路仿效連接到 ATM 網路，而不用修改任何架構。換言之，連結後之現有區域網路上的應用程式仍然可以執行，使用者甚至不知道，已將網路移植到 ATM 網路上，完全合乎通訊協定所要求的『透通性』( Transparency )。另一方面，同時希望 ATM 網路上的應用軟體能和傳統網路上的程式互相通訊，也不會感覺到自己是和非 ATM 的工作站連接。

首先，我們來探討 ATM 網路和傳統區域網路在通訊行為上有何不同：

- ATM 網路採用『連接導向』( Connection-oriented ) 的連線方式；而傳統區域網路則採用『非連接導向』( Connectionless ) 的連線方式。亦即，ATM 網路上的任何兩部工作站在通訊之前，必須事先建立實質的連線；而傳統區域網路則直接將訊框發送到網路上，每一工作站都必須讀取它，再判斷是否傳送給自己。為了達到透通性的功能，ATM 網路必須為傳統網路的訊框建立連線。
- 傳統區域網路大多是採用『共享媒介』( Shared Medial )，因此很容易在網路上進行『群播』( Multicast ) 或『廣播』( Broadcast ) 的功能。但反觀 ATM 網路是屬於『專用媒

介』( **Dedicated Medial** )，反而比較難達成廣播的功能。因此，區域網路仿效必須特別處理有關廣播的訊息，使 ATM 網路也能具有廣播的功能。

- 傳統區域網路中的『**網路區段**』( **Network Segment** ) 是依照網路的實體連接來區分，例如，每經過一個路由器或橋接器的埠口，就會被設定為一個網路區段。但在 ATM 網路上，整個網路都屬於同一區段，因此，區域網路仿效必須將 ATM 網路劃分為若干個『**虛擬區域網路**』( **Virtual LAN** ) 或『**邏輯區域網路**』( **Logical LAN** )，才可以針對某一個邏輯區域網路從事廣播的功能。
- 傳統區域網路的工作站採用 MAC ( IEEE 802 系列 ) 的定址方法，與網路的實際位置無關；而一般 ATM 網路都採用 E.164 位址格式 ( ISO-NSAP )，其位址會隨工作站所在地而有所不同。

由以上的比較，我們大略可以瞭解區域網路仿效所必須達成的工作如下：

- 如何將一個 ATM 網路劃分為若干個『**邏輯區域網路**』？
- 如何達到傳統區域網路的群播和廣播 ( Multicast/Broadcast ) 功能？
- 如何將非連接導向之訊框給予適當的連結通道？亦即，如何將傳統區域網路的訊框指定到某一虛擬通道 ( Virtual Channel ) 上？
- 如何達成 ATM 位址和傳統 MAC 位址之間的轉換 ( Address Resolution )。

### 12-2-1 ATM 區域網路連結

ATM 網路與傳統區域網路的連結方式有骨幹連接和整合型連接兩種。骨幹連接表示傳統區域網路透過高速 ATM 網路連接，ATM 網路主要做區域網路之間的傳輸骨幹使用，如圖 12-3 所示；這種架構最簡單，也最為常用。一般傳統區域網路利用 ATM 網路整合成一較大型的區域網路或大都會網路，不但網路之連結性好，網路透通性也較高。只要在連結網路之間的橋接器加入區域網路仿效功能即可，不須對網路中的應用程式作任何的變更。

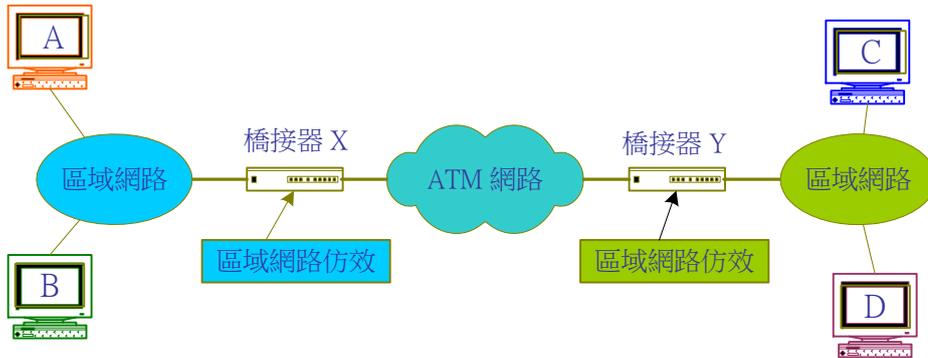


圖 12-3 ATM 網路扮演網路骨幹功能

圖 12-4 為整合型 ATM 網路，網路之中有 ATM 工作站、ATM 伺服器、橋接器、路由器等等。為了使 ATM 工作站能和傳統工作站通訊，因此，必須具有區域網路仿效之功能。如果我們將 IP 路由器連結到 ATM 網路上，它不僅必須具備有橋接器之區域網路仿效的功能外，還必須有能力將 IP 封包轉入 ATM 細胞之能力，因此，也必須具有 IP over ATM 的連結功能，ADSL 網路連結到 ATM 網路也需要類似這樣的能力。

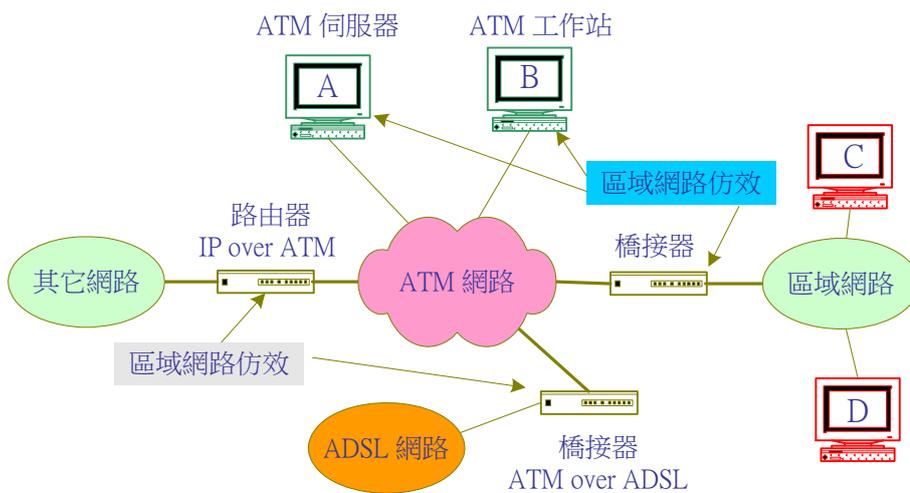


圖 12-4 整合型 ATM 網路

### 12-2-2 LANE 通訊協定堆疊

『區域網路仿效』(LANE)的協定堆疊是屬於橋接器協定架構，如圖 12-5 所示。橋接器和 ATM 工作站的 LANE 都架設在 AAL5 通訊軟體之上；而 ATM 交換機只負責細胞交換的工作，亦即僅有 ATM 層而已。

又『傳統區域網路』( Legacy LAN ) 有許多類型，如 Ethernet、Token-Ring 或 FDDI 網路等等，目前被 ATM Forum 制定了較完整的規範有 Ethernet 仿效 ( Ethernet Emulation ) 和 Token-Ring ( Token-Ring Emulation ) 兩種。

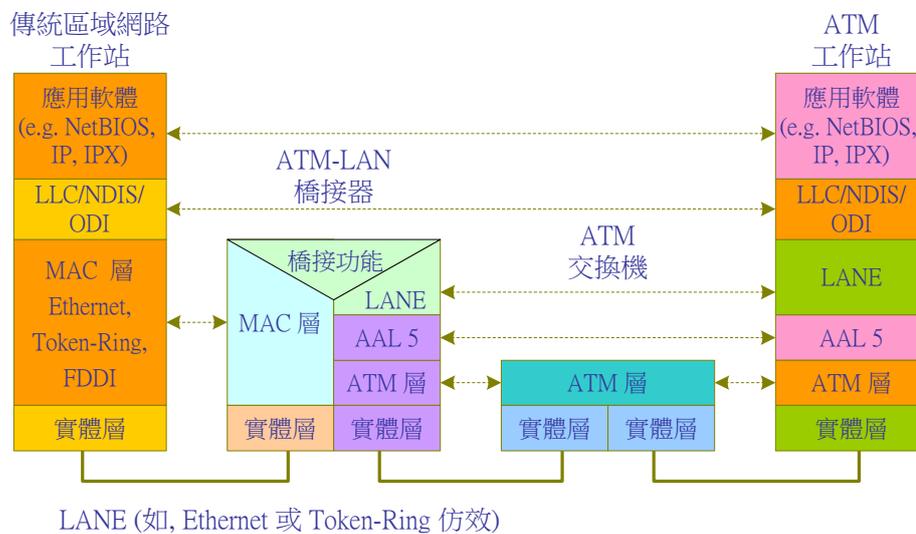
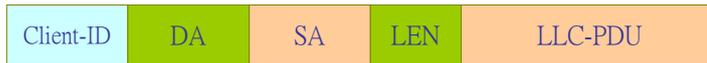


圖 12-5 ATM 區域網路仿效之通訊協定堆疊

由圖 12-5 中可觀察到，LANE 通訊軟體是相當於傳統網路的 MAC 層，表示 LANE 必須將訊框建構成類似『仿效區域網路』( Emulated LAN, ELAN ) 的訊框( 如 Ethernet 訊框 )，再將這個訊框傳送給 AAL 5；AAL 5 再將該訊框以 48 位元組為單位，分割成若干個細胞，再傳送給 ATM 層 ( 組合成 53 位元 )；細胞經過 ATM 層交換後，再發送到網路上；對方橋接器收到一連串的細胞後，再將細胞組合回原來訊框格式 ( 如 Ethernet 訊框 )。但當訊框被分割成若干個細胞後，這些細胞在 ATM 網路上所建立的『虛擬通道連線』( Virtual Channel Connection, VCC ) 上傳送時，為了要分辨是哪一個客戶 ( 上層連線 ) 所發送的訊框，因此會在訊框前面加上 2 位元組的客戶識別碼 ( Client-ID )，如圖 12-6 所示。被仿效的訊框 ( Ethernet 或 Token-Ring ) 和原來訊框格式稍有不同，譬如，原來訊框 ( 如 Ethernet 訊框 ) 內的 FCS ( Frame Check Sequence ) 和其它有關網路控制欄位，在 LANE 環境下已沒有實質的意義，因此 LANE 的 MAC 訊框中沒有這些欄位。又 Token-Ring 訊框原來是利用開始和結束符號來區隔訊框，因此沒有長度欄位。但在仿效之 Token-Ring 上，這些特殊符號編碼已不可行，所以用長度欄位來標示資料的長度。雖然訊框格式稍有不同，但訊框被轉入真實網路上時，都會被組裝為標準格式。

(a) Ethernet 仿效訊框格式



(b) Token-Ring 仿效訊框格式

**圖 12-6 Ethernet 與 Token-Ring 仿效訊框格式**

### 12-2-3 LANE 元件

『ATM 區域網路仿效』並非將一個 ATM 網路模擬成一個區域網路，如果這樣的話，將會嚴重失去區域網路仿效的功能。試想，在一個較大的區域網路系統下，ATM 網路要達到模擬群播、廣播和位址轉換功能，這可能要損耗許多負荷 ( Overhead )。因此，如將一個 ATM 網路分割為若干個『**虛擬區域網路**』( **Virtual LAN** ) 或『**邏輯區域網路**』( **Logical LAN** )，這可能較容易達到仿效的功能。當然，對一個 ATM 網路而言，並沒有區分出各網路區段，所以我們劃分邏輯區域網路，和網路中工作站的所在位置，沒有實質的關係。而是工作站向哪一個『**區域網路仿效伺服器**』登錄，就表示屬於該伺服器所管轄的邏輯區域網路下的成員。以下將介紹在一個『**仿效區域網路**』( **Emulated LAN, ELAN** ) ( 如仿效成 Ethernet 或 Token-Ring 網路 ) 中，應包含哪些元件：

- (1) **區域網路仿效客戶端 ( LAN Emulation Client, LEC )** : LEC 是指在 ATM 網路上裝設有 LANE 軟體之工作站或橋接器。又因橋接器具有代理傳統區域網路上工作站的功能，又稱為『代理 LEC』( Proxy LEC )。每一個 LEC 除了必須具備一個仿效的 MAC 位址( 如 Ethernet 位址 )外，還必須擁有一個 ATM 位址( 如 E.164 位址 )。ATM 位址是作為建立連線時使用；而 MAC 位址是當傳送或接收資料時使用。
- (2) **區域網路仿效伺服器( LAN Emulation Server, LES )** : 每一個『仿效區域網路』( ELAN ) 中都必須有一個 LES。換言之，一部 LES 伺服器管理一個仿效的邏輯區域網路。欲加入此 ELAN 的 LEC，都必須向 LES 註冊。LEC 註冊時將 ATM 位址和 MAC 位址傳送給 LES，而 LES 將所有 LEC 的位址收集起來，建立一個 ATM 位址和 MAC 位址的對照表。

(3) **廣播及未知伺服器 ( Broadcast and Unknown Server, BUS )**: 每一個 ELAN 皆有一部 BUS。若 LEC 欲廣播或群播訊框時，就將該訊框傳送給 BUS，再由 BUS 負責轉送給想要廣播的工作站。因此，每部 LEC 啟動時，都必須向 BUS 註冊登錄其工作站位址。另一種情況，某一工作站欲傳送資料給另一工作站，雙方並未建立連線，或不知道對方的工作站位址 ( Unknown )，該工作站便將訊框傳送給 BUS，由 BUS 廣播給所有工作站，再由所有工作站判斷是否傳送給自己的，如不是便將其拋棄。建立連線後，就不用經過 BUS 廣播。

(4) **區域網路仿效組態伺服器 ( LAN Emulation Configuration Server, LECS )**: 此伺服器為選項設備 ( Optional )，其功能是紀錄目前網路上有哪些 ELAN，以及每個 ELAN 的 LES 位址。網路上 LEC 開機後，通常會先到 LECS 上查詢有哪些 ELAN，以及其 LES 的位址，再向欲加入網路的 LES 註冊登錄。

ATM 區域網路仿效是由 ATM Forum 所制定的標準，規範包含兩種主要介面，一為客戶端和伺服器之間的介面標準，稱之為『**LANE 使用者與網路介面**』( **LAN Emulation User to Network Interface, LUNI** )，另一者，是不同 LANE 網路之間的溝通介面，稱之為『**LANE 網路與網路介面**』( **LANE Network to Network Interface, LNNI** )。整個 ATM 區域網路仿效架構如圖 12-7 所示。

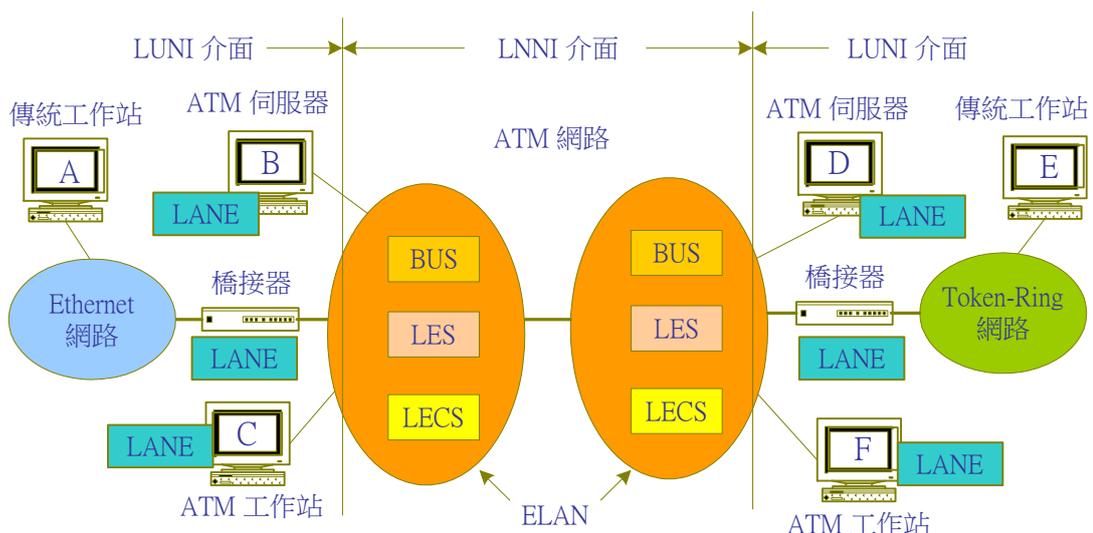


圖 12-7 ATM 區域網路仿效架構圖

我們可以簡單的歸類所有 ELAN 元件相互之間的主要工作項目，如下列：

- (1) **啟動 ( Initialization )**: LEC 啟動時由 LECS 伺服器上得知欲加入之邏輯網路的 LES 伺服器位址 ( 或事先設定 LES 位址 )，並且和它建立連線。
- (2) **註冊 ( Registration )**: LEC 將自己的 ATM 位址和 MAC 位址傳送給 LES 伺服器，並向其註冊。如果 LEC 是一部橋接器，則可能傳送一串列的 MAC 位址給 LES，這些位址是橋接器經過學習得到的，也表示這些位址的工作站都可經由本橋接器到達 ( Proxy 功能 )。
- (3) **位址解析 ( Address Resolution )**: LEC 之間建立連線之前，必須知道對方的 ATM 位址。但在仿效網路的環境下，通常只知道對方的 MAC 位址，因此 LEC 需以對方的 MAC 位址透過 ARP ( Address Resolution Protocol ) 協定，向 LES 伺服器查詢對方的 ATM 位址。如果該位址已登錄在 LES 的位址對照表上，則 LES 回應 ATM 位址給查詢者，否則轉送給橋接器代為查詢。
- (4) **資料前送 ( Data Forwarding )**: LEC 如果知道對方之 ATM 位址並建立連線後，便可依該連線傳送資料。如未建立連線，也可透過 BUS 轉送資料。

『位址解析協定』( **Address Resolution Protocol, ARP** ) 在整合型 ATM 網路上有三種類型：(1) 於 LANE 環境裡，位址解析是利用 ARP 通訊協定，由 MAC 位址 ( 48 bits ) 查詢到 ATM 位址 ( 20 bytes )；(2) 至於 IP over ATM 環境裡，ARP 通訊協定是被用來以 IP 位址 ( 32 bits ) 查詢出 ATM 位址；(3) 而一般傳統網路上，是利用 ARP 通訊協定將 IP 位址轉換成 MAC 位址。這三種 ARP 功能類似但目的不同，為了容易分辨，分別稱為 LE-ARP ( LAN Emulation-ARP )( MAC/ATM 位址 )、ATM-ARP( IP/ATM 位址 )及 IP-ARP( IP/MAC 位址 )。

在 LANE 的運作程序中，LEC 之間經過建立連線後，便可以傳送訊框。為了達到這個目的，LEC 和 伺服器 ( LES、LECS 或 BUS ) 之間也必須建立連線，才能完成註冊、查詢、及傳送/接收的工作。因此，LEC 與伺服器之間可能建立的『**虛擬通道連線**』( **Virtual Channel Connection, VCC** ) 可區分為資料 VCC 和控制 VCC 兩大類：

控制 VCC ( Control VCC ) 有下列三種：

- (1) **組態直接 VCC ( Configuration Direct VCC )**: 為 LEC 和 LECS 之間雙向點對點 VCC 連線，LEC 可利用此 VCC 獲得組態資訊，如 LES 的 ATM 位址。
- (2) **控制直接 VCC ( Control Direct VCC )**: 為 LEC 和 LES 之間所建立的雙向點對點 VCC 連線，以便傳送控制訊息。
- (3) **控制分散 VCC ( Control Distribute VCC )**: 為 LES 和一個或多個 LEC 之間所建立的單向點對多點的 VCC 連線。

資料 VCC ( Data VCC ) 也有下列三種：

- (1) **資料直接 VCC ( Data Direct VCC )**: 為兩個 LEC 所建立的雙向點對點 VCC 連線，可利用此連線傳送資料。
- (2) **多點傳送 VCC ( Multicast Send VCC )**: 為 LEC 和 BUS 之間所建立的雙向點對點 VCC 連線。LEC 可透過此連線傳送『群播資料訊框』( Multicast Data Frame ) 給 BUS。
- (3) **多點前送 VCC ( Multicast Forward VCC )**: 為 BUS 至單一 LEC ( 單向點對點 ) 或 BUS 至多個 LEC ( 單向點對多點 ) 所建立的連線，此連線是被用來轉送群播訊框給 ELAN 中的所有成員。

### 12-2-4 LANE 工作原理

在我們了解各種控制訊號之後，接下來探討 LANE 的工作原理。整個仿效過程中，還是區分為啟動、註冊、位址解析和資料傳送等四個步驟來探討。為了方便說明，我們以圖 12-8 為範例，包含有三個 LEC ( 兩部 ATM 工作站和一部橋接器 ) 和 LES、BUS、LECS 伺服器，其中橋接器具有代理傳統區域網路之工作站的責任，又稱為『代理 LEC』( Proxy LEC )。其運作步驟如下：

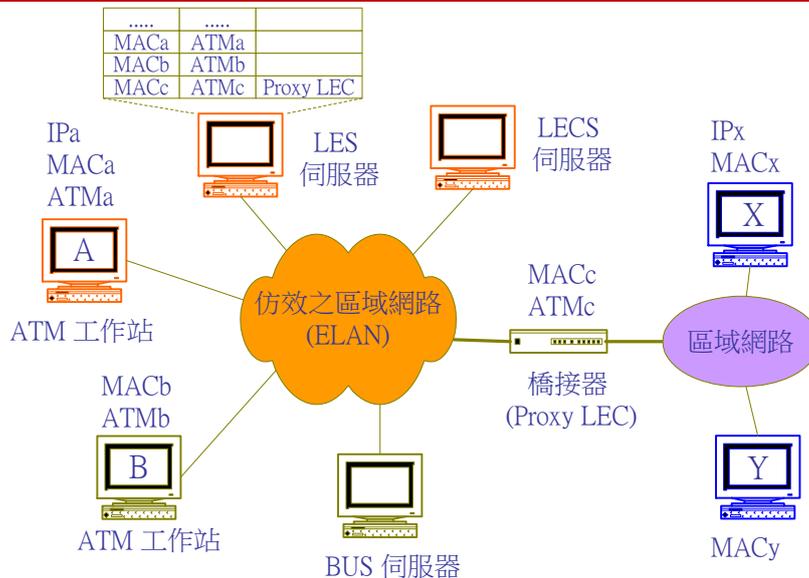


圖 12-8 區域網路仿效範例

**(A) 啟動與註冊 ( Initialization and Registration )**

LEC 啟動後必須經過註冊的程序，才會屬於某一『仿效區域網路』( **Emulated LAN, ELAN** ) 的成員，其運作程序如圖 12-9 所示，我們以下列幾個程序步驟來說明：

- (1) LEC 啟動後，可向眾所皆知的 LECS 伺服器 ( VPI/VCI = 0/17 ) 查詢 LES 的位址。在 LECS 上可登錄各種 ELAN 的型態 ( 如仿效成 Token-Ring 或 Ethernet 網路 )，以及每一 ELAN 的 LES 位址。LEC 是利用 Configuration Direct VCC 連線和 LECS 通訊，每次啟動時，所要求到的 LES 並不一定相同。因此，在一個 ATM 網路上可仿效多個 ELAN，而每一 ELAN 的成員和其所在的位址也沒有任何關係。LECS 會回應 LEC 一些 LES 的相關資料，例如，ELAN 型態、最大訊框長度、ELAN 名稱、以及 LES 的 ATM 位址。一般較小系統上，並沒有 LECS 伺服器，而直接在 LEC 上設定 LES 的位址。
- (2) LEC 得到 LES 位址後便向 LES 登錄 ( 建立 Control Direct VCC 連線 )，並將 LECS 所給予的訊息，和自己的 MAC 位址及 ATM 位址傳送給 LES。LES 將 LEC 的位址登錄在『MAC 及 ATM 位址對照表』上，並回應一個 LEC-ID 識別碼給 LEC，表示該 LEC 已成為 LES 所管轄之 ELAN 的成員。
- (3) LEC 必須登錄廣播位址，啟動時並不知道 BUS 伺服器之位址，因此利用 Control Direct VCC 連線向 LES 查詢 BUS 的位址 ( LE-ARP-Request )，LES 也以該連線回應 BUS 位址給 LEC ( LE-ARP-Response )。

(4) LEC 知道 BUS 的位址 ( ATM 位址 ) 後，便建立 Multicast Send VCC 和 BUS 連接，並將自己的 MAC 和 ATM 位址傳送給 BUS，BUS 再將其登錄在『多點廣播連線』

( Multicast Forward VCC ) 的目錄之中。以後 BUS 發送廣播訊號時，該 LEC 才可以收到訊息。如圖 12-9 中的 ELAN 成員 ( ATMa、ATMb 和 ATMc ) 都註冊完畢，LES 上便有記載它們的 ATM 和 MAC 位址轉換表。但 ATMc 是橋接器，也是屬於它所連接傳統網路之工作站的代理 LEC ( Proxy LEC )。因此，Proxy LEC 也許會在 LES 上登錄一連串的 MAC 位址 ( 一個 ATM 位址對應若干個 MAC 位址 )，這些位址表示它已學習到的，而並不表示是所有傳統網路的工作站位址。

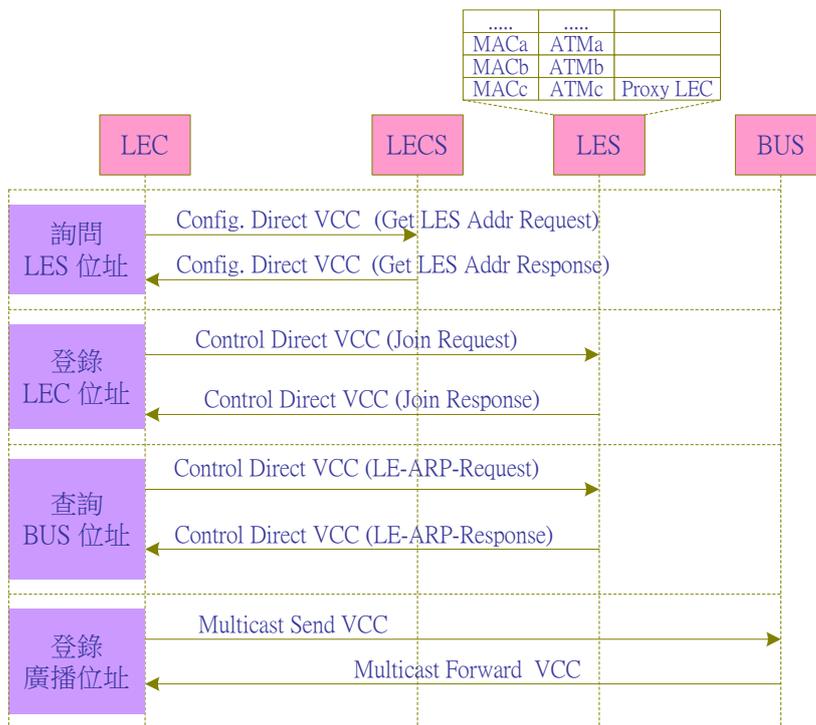


圖 12-9 區域網路仿效之啟動與註冊的運作程序

### (B) 位址解析 ( Address Resolution )

LEC 註冊完畢後，就可以和 ELAN ( Emulated LAN ) 下的成員通訊，雖然在 ELAN 環境下，雙方是以 MAC 位址通訊，但實際上是以 ATM 位址相互連結( 建立 Data Direct VCC )，因此稱之為『區域網路仿效』。所以連線當中，也許需要經過『位址解析』來得到對方的 ATM 位址。圖 12-10 表示幾種可能發生的現象，以下分別介紹：

- ATM 工作站 (LECa) 知道 ATM 伺服器的 MAC 位址 (MACb) 和 ATM 位址 (ATMb) 的情況下：ATM 工作站便可直接用自己的位址 (ATMa) 和對方的 ATM 位址 (ATMb) 建立 Data Direct VCC 連線，並用該連線互相傳送訊框。
- ATM 工作站 (LECa) 只知道 ATM 伺服器 (LECb) 的 MAC 位址 (一般傳統應用程式都以 MAC 為基礎)，而沒有它的 ATM 位址的情況下：ATM 工作站便以 Control Direct VCC 連線向 LES 查詢 (LE-ARP-Request，訊號 1)，並攜帶 LECb 的 MAC 位址。LES 也是用相同連線回應 LECb 的 ATM 位址給 LECa (LE-ARP-Response，訊號 2)。因此 LECa 就可以和 LECb 建立連線 (Data Direct VCC)。
- 如果 ATM 工作站 (LECa) 欲和傳統工作站 X (MACx) 通訊 (如 Ethernet 網路) 的情況下：首先，LECa 向 LES 查詢 MACx 的 ATMx 對照表 (訊號 1)，如果已登錄在 LES 上，則 LES 將回應 ATMc (Proxy LEC 的位址) 給 LECa；否則，表示橋接器並未事先將 MACx 登錄於 LES 上，LES 便向橋接器查詢 (訊號 2)。如果橋接器的學習紀錄上有 MACx 位址，可直接回應自己的 ATMc 位址 (Proxy LEC) 給 LES，否則便廣播查詢訊號到傳統網路上 (訊號 3)。如果傳統網路上確實有 MACx 工作站，便回應訊息給橋接器 (訊號 4)，橋接器再回應 ATMc (Proxy LEC) 給 LES，LES 再回應給 LECa。此時，LECa 已知道 MACx 相對應的 ATM 位址 (ATMc)，就利用 ATMa 為來源位址和 ATMc 為目的位址建立 Data Direct VCC 連線，也利用該連線傳送訊框給工作站 X。但訊框中的目的位址為 MACx (DA = MACx)，而來源位址為 MACa (SA = MACa)，當橋接器收到這訊框後，也判斷該訊框是傳送給它所連接的工作站 (傳統網路)，便將其傳送給工作站 X。在整個連結過程之中，橋接器學習到 MACx (工作站 X)、ATMa 和 MACa (ATM 工作站) 的相關位址。LES 也增加登錄 MACx 到 ATMc 的對照表內。如果 MACx 要連線到 LECa，就比較容易了。

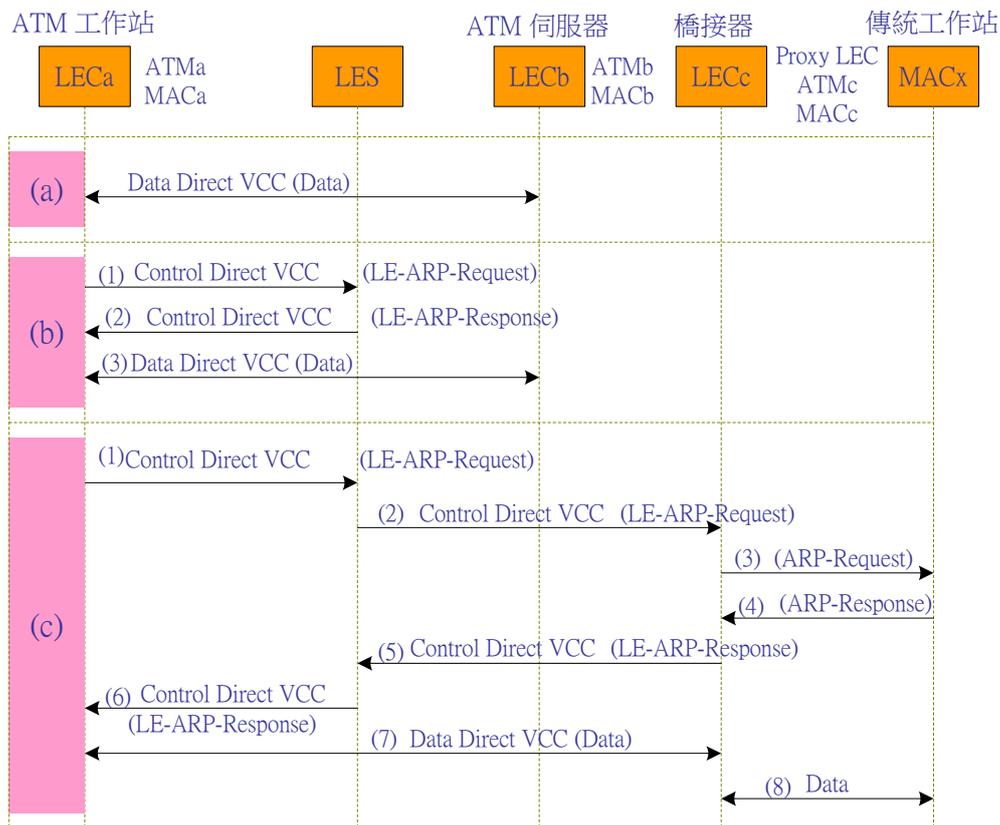


圖 12-10 區域網路仿效之位址解析的運作程序

### (C) BUS 群播 ( Multicast ) 與沖洗協定 ( Flush Protocol )

LANE 中為了達到一般區域網路廣播的功能，而設定一個 BUS 伺服器，專門來處理廣播的工作。其實 BUS 的運作非常簡單，如圖 12-11 之 (a) 所示。任何一部 LEC 啟動時，便將它的位址登錄在 BUS 的多點廣播的目錄上。當工作站欲將訊框廣播給所有在 ELAN 上的成員時，只要將該訊框傳送給 BUS ( 透過 Multicast Send VCC，訊號 1 )，BUS 再依照多點廣播目錄所紀錄的位址，將該訊框依序發送給所有工作站 ( 使用 Multicast Forward VCC，訊號 2 )。

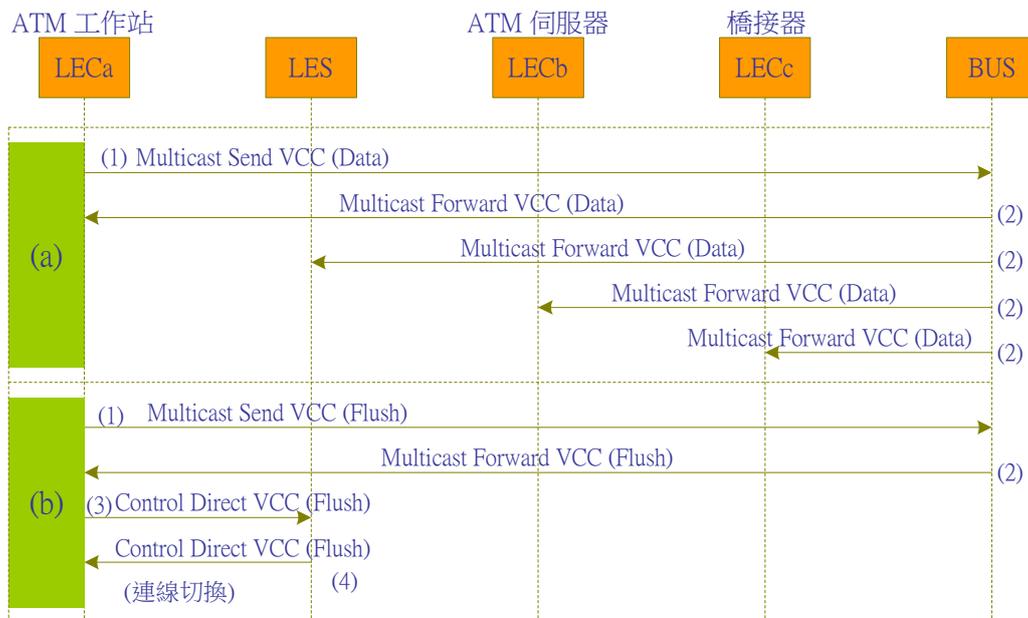


圖 12-11 區域網路仿效之群播和沖洗協定的運作程序

BUS 的另一種使用機會，是當工作站欲快速傳送訊框給另一工作站，但不知道對方的位址 (ATM 位址) (來不及向 LES 查問)，便由 BUS 廣播給所有工作站，工作站接收到訊框後，再判斷是否傳送給自己，當雙方建立 Data Direct VCC 連線後，所有訊框的傳送就不用再經由 BUS 廣播。這時候就牽涉到切換的問題，不可以貿然切換到 Data Direct VCC 上，否則有些已經傳送給 BUS，但尚未被接收端收到的訊框，就會出現訊框先後次序的問題。因此必須利用『沖洗協定』(Flush Protocol)來協議切換的時機(類似上沖下洗動作)，如圖 12-11 之 (b) 所示。

首先，由 LEC 發送 Flush 訊號給 BUS (利用 Multicast Send VCC，訊號 1)，BUS 將之前該 LEC 所要求的廣播訊號發送完畢後，再回應 Flush 訊號給該 LEC (訊號 2)。LEC 再發送 Flush 訊號給 LES (Control Direct VCC，訊號 3)，當 LEC 接收到 LES 回應之 Flush 訊號後 (訊號 4)，便將訊框傳送路徑切換到 Data Direct VCC 連線上。

### (D) LANE 之 IP over ATM 運作程序

一般 ATM 區域網路仿效功能，乃希望將 ATM 網路模仿成傳統網路 (如 Ethernet 或 Token-Ring 網路)，所以都屬於 OSI 中第二層 (MAC) 位址的轉換。ATM Forum 也期望在已被仿效之區域網路 (Emulated LAN, ELAN) 上，可以達到第三層之 IP 的連結。因此，就有所謂 LANE 之 IP over ATM (不同於 IP over ATM 連結) 運作程序的設計。我們還是用圖 12-8 區域網路仿效範例來說明，假設 ATM 工作站 (IP<sub>a</sub>) 欲連線到工作站 X (IP<sub>x</sub>)，之間

還經過橋接器 ( Proxy LEC )( 沒有經過路由器 )，其運作程序如圖 12-12 所示。我們以下列步驟說明之：( 以圖中訊號編號為說明步驟 )

- (1) LECa 欲將資料傳送給 IPx，只知道 IPx 是本地網路的成員，而不知它的 MAC 位址( 一般應用程式皆只指定 IP 位址 )。首先 LECa 必須知道 IPx 的相對應 MACx 位址( IP 協定運作程序 )，LECa 便發送 IP-ARP-Request 給 BUS，請求 BUS 廣播 ( 訊框中攜帶自己的 MACa 位址 )。
- (2) BUS 收到 LECa 的請求，就將 IP-ARP-Request 廣播給所有 ELAN 的成員 ( Multicast Forward VCC )。
- (3) 橋接器收到後，將該訊號廣播到傳統網路 ( 如 Ethernet ) 上。
- (4) 工作站 X 收到 IP-ARP-Request，知道是查詢自己的 MAC 位址，便以 IP-ARP-Response ( MACx ) 回應給橋接器。
- (5) 橋接器收到回應後，發現訊框內 DA = MACa，SA = MACx，表示這訊框是要發還給 LECa 的，但橋接器並不知道 LECa 的 ATMa 位址，也無法和 LECa 建立連線。因此，發送 LE-ARP-Request 給 LES，查詢 LECa 的 ATMa 位址 ( Control Direct VCC )。
- (6) LES 回應 LECa 的 ATMa 位址給橋接器。
- (7) 橋接器就利用 ATMa 建立連線，回應 IP-ARP-Response 給 LECa，LECa 也終於得到 IPx 的相對應 MACx 位址。
- (8) 這時候 LECa 雖然知悉 IPx 的 MACx 位址，但仍不知道其 ATM 位址，還是無法建立連線 ( VCC 是以 ATM 位址建立的 )。因此，LECa 發送 LE-ARP-Request 向 LES 查詢 MACx 的相對應 ATM 位址。
- (9) 假設 LES 上並沒 MACx 的紀錄，LES 再發送 LE-ARP-Request 向橋接器查詢。
- (10) 橋接器經過上次的運作，知悉 MACx 在自己網路上，便回應自己的 ATMc 位址給 LES ( 橋接器是 Proxy LEC )。
- (11) LES 回應 ATMc 位址給 LECa ( LE-ARP-Response )。

- (12) LECa 已得知 IPx 的相關對應位址 ( MACx、ATMc )。便以 ATMc 建立和橋接器的連線 ( Data Direct VCC )，並將訊框傳送給橋接器，其中 DA = MACx、SA = MACa。
- (13) 橋接器收到訊框後，依照訊框內訊息 ( DA = MACx、SA = MACa )，再將該訊框轉送給工作站 X。

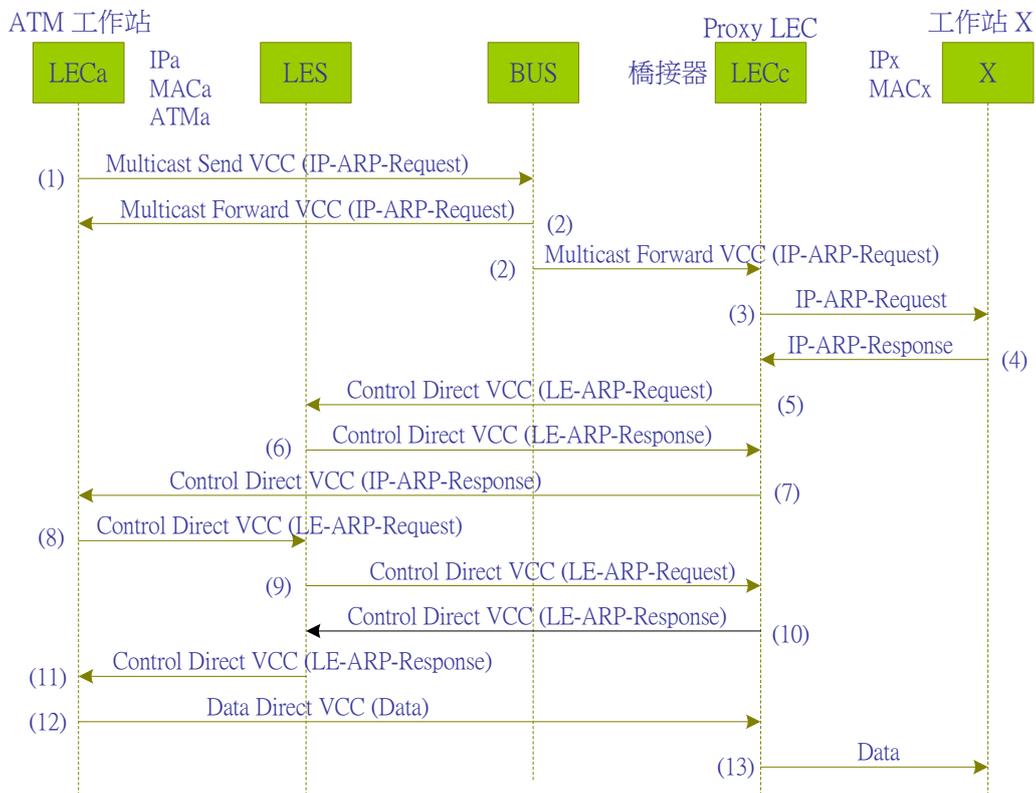


圖 12-12 區域網路仿效之 IP over ATM 的運作程序

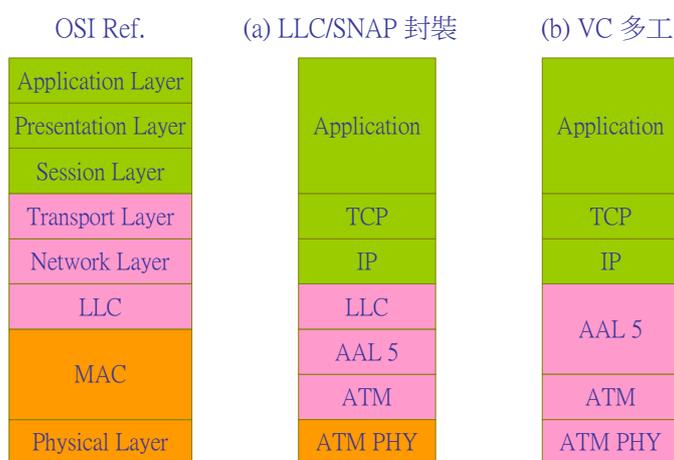
### 12-3 IP over ATM 連結

既然 ATM 主要應用於架設網路骨幹，而目前網路中的應用程式還是以 TCP/IP 為主要架構。因此 ATM 如何連結上現有的 IP 網路，乃是 ATM 網路最主要的課題，於是 IETF 便制定 RFC 1483 和 RFC 1577 來規範 IP over ATM 的製作標準。RFC 1483 ( Multiprotocol Encapsulation over AAL 5 ) 主要是規範封包格式；而 RFC 1577( Classical IP and ARP over ATM ) 是制定分級 IP，和 ARP 在 ATM 網路上如何轉換的運作程序。以下分別說明之：

#### 12-3-1 IP over ATM 通訊協定堆疊

以 OSI 參考模式而言，ATM 網路是介於第一、二層次的通訊功能，因此區域網路仿效軟體之中，必須處理 MAC 和 ATM 位址之間的轉換問題。如果以 IP over ATM 架構而言，

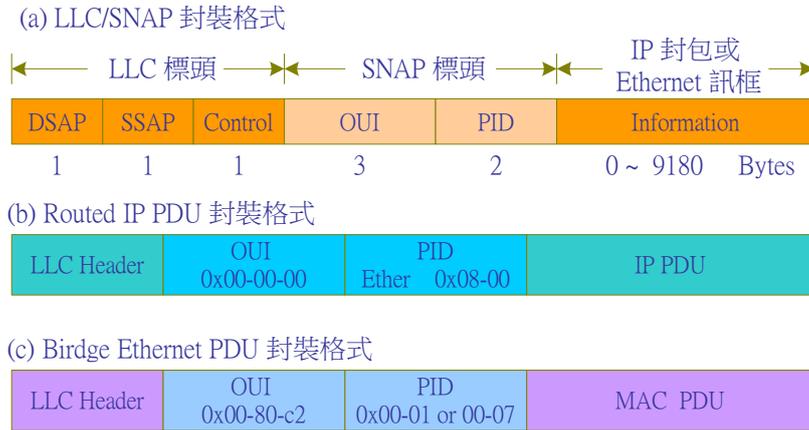
那就牽涉到三種位址：IP 位址、MAC 位址和 ATM 位址之間的轉換問題。因此 RFC 1483 建議兩種連接方式：一種是架設在 LLC 之上，稱之為 LLC/SNAP 封裝 ( Logical Link Control/Sub-Network Attachment Point Encapsulation )；另一種是直接連結到 AAL 5，稱之為 VC 多工 ( Multiplexing Virtual Channel )，如圖 12-13 所示。兩者最大的區別是可否插入 LLC 層的连接，因 LLC/SNAP 封裝有經過 LLC 層的连接，則可以連接多種通訊協定 ( Multiprotocol over ATM )，也稱之為『多重協定封裝』( Multiprotocol Encapsulation )；又 VC 多工沒有經過 LLC 層连接，因此只能適用於 IP 協定 ( IP over ATM )。目前 VC 多工已甚少使用，本節以介紹 LLC/SNAP 為主 ( SNAP 為 IEEE 802.1 標準 )。



**圖 12-13 IP over ATM 通訊協定堆疊**

基本上，IP over ATM 都是架設在 AAL 5 之上，因 AAL 5 的 CS-PDU 所能承載的資料單元較大，而且額外承擔 ( Overhead ) 也較少。為了要讓 IP over ATM 之 LLC 封包能夠和 IP 網路相容，因此，在 LLC-PDU ( Protocol Data Unit ) 上必須有一定的標準包裝格式，也稱之為『**LLC/SNAP 封裝格式**』，如圖 12-14 (a) 所示。各欄位功能如下：

- LLC 標頭 ( LLC Header )：包含有 DASP ( Destination Access Service Point )、SSAP ( Source SAP ) 和控制 ( Control ) 欄位。其運作方式也如同一般 LLC 連線方式，可分為非連接導向、連接導向和非連接負確認等三種服務。
- SNAP 標頭：包含組織標示號碼 ( Organizationally Unique Identifier, OUI ) 和協定標示號碼 ( Protocol Identifier, PID )。OUI 和 PID 表示後面訊息欄位所承載封包之通訊協定的型態。
- 訊息 ( Information )：上層通訊協定單元 ( Protocol Data Unit )。



**圖 12-14 LLC/SNAP 封包格式**

### 12-3-2 IP over ATM 網路特性

在 IP over ATM 環境裡，我們希望將一個 ATM 網路區分為若干個子網路( Sub-network )，並且能結合多個傳統之次網路 ( 即是 IP 次網路 ) 的功能。因此，在每部工作站除了需要有一個 IP 位址外，還需要一個 ATM 位址。

當同一網路上工作站之間連線時，需要從 IP 位址得到 ATM 位址，但跨越不同次網路之間連線，就需要路由器來連接，這就是 IP 的基本組態( Classical IP )的功能。我們將 IP over ATM 的特性歸類如下：

- (1) IP over ATM 之『邏輯 IP 子網路』( Logical IP Subnet, LIS ) 保持原來 IP 網路的模型。
- (2) 邏輯 IP 子網路 ( LIS ) 內的工作站之間限定『點對點』連線方式。
- (3) 在 LIS 內所有 VC 的最大傳輸量( Maximum Transmission Unit, MTU )為 9180 位元組，再加上 8 位元組的 LLC/SNAP 標頭為 9188 位元組。( RFC 1626 規範可達 65536 位元組 )
- (4) IP 封包經 LLC/SNAP 封裝後成為 AAL 5 的 CS-PDU。
- (5) 在 LIS 內有關 IP/ATM 位址的解析是由 ATMARP ( ATM Address Resolution Protocol ) 伺服器負責。
- (6) 工作站之間通訊可透過 ATM PVC 或 SVC 連線。

### 12-3-3 IP over ATM 運作程序

任何一部工作站啟動時，都必須向 ATMARP ( ATM Address Resolution Protocol ) 伺服器登錄其 ATM 和 IP 位址。ATMARP 伺服器維護一個 IP/ATM 對照表，以供其它工作站查詢。因此，在每一個邏輯 IP 子網路 ( Logical IP Subnet, LIS ) 內都必須具備一部 ATMARP 伺服器，其運作程序如下：( 依圖 12-15 程序 )。

- (1) **位址登錄**：工作站 ( 如 A ) 啟動後，便以自己的 ATM 位址 ( 如 ABCD ) 向 ATMARP 建立 VCC 連線。ATMARP 循所建立之連線，發送 InATMARP req 訊號詢問工作站 A 之 IP 位址，其訊號內攜帶本身 ATM 位址、IP 位址和對方的 ATM 位址。工作站 A 以 InATMARP replay 回應自己的 ATM 和 IP 位址。( 以 ILMI 協定之運作程序 )
- (2) **位址解析**：工作站 A 欲知道 163.15.2.3 的 ATM 位址，便發送 ATMARP req 訊號給 ATMARP 伺服器。ATMARP 伺服器以 ATMARP replay 回應 163.15.2.3 之工作站的 ATM 位址給工作站 A。
- (3) **連線**：工作站 A 到 163.15.2.3 的 ATM 位址後，便可以直接和工作站 B 連線。

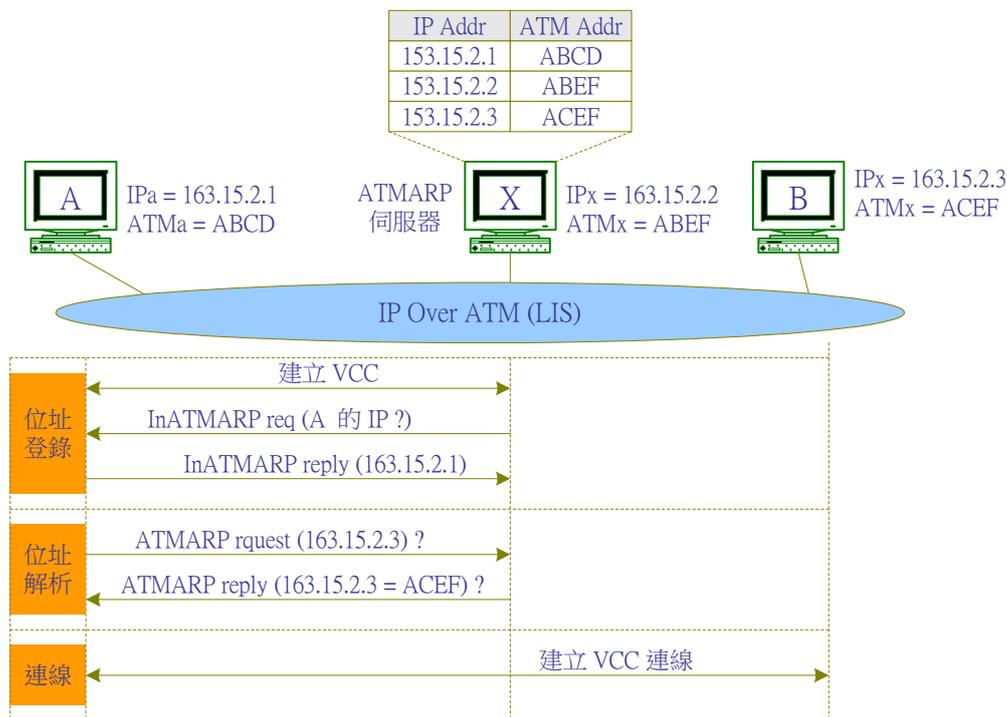


圖 12-15 IP over ATM 運作程序

如果在單一個 IP over ATM 之次網路 ( LIS ) 下，每部工作站啟動時，便向 ATMARP 伺服器登錄 IP 和 ATM 位址的對照表，整個運作程序也算單純。但如果由一個 LIS 網路連結多個傳統 IP 子網路 ( IP Subnet )，在傳統 IP 子網路下的工作站，就無法向 ATMARP 伺服

器登錄，因為它們沒有 ATM 位址，因此該 IP 子網路所跨接的路由器，便要負起『代理者』(Proxy)的責任。如圖 12-16 中，IP over ATM 的 LIS 網路(163.15.1.X)連結 3 個 IP subnet，ATMARP 伺服器只登錄 LIS 網路下工作站的 IP/ATM 位址對照表，所有路由器除了必須維護『路徑選擇表 (Routing Table)』外，還必須建立 IP/ATM 位址的對照表(又稱 Cache Table)。例如，163.15.2.3 之工作站欲連接 163.15.4.4 工作站，當該封包進入路由器(163.15.2.1)時，路由器由路徑選擇表上，得知必須將封包轉送到 163.15.1.2 之路由器，再由它本身之 Cache Table 上查詢出，163.15.2.1 工作站的 ATM 位址 (ABF)，再利用 ABF 之位址連結到 163.15.1.1，並將封包轉送給它。以下再由 163.15.1.1 將封包轉送給 163.15.4.4 之工作站。

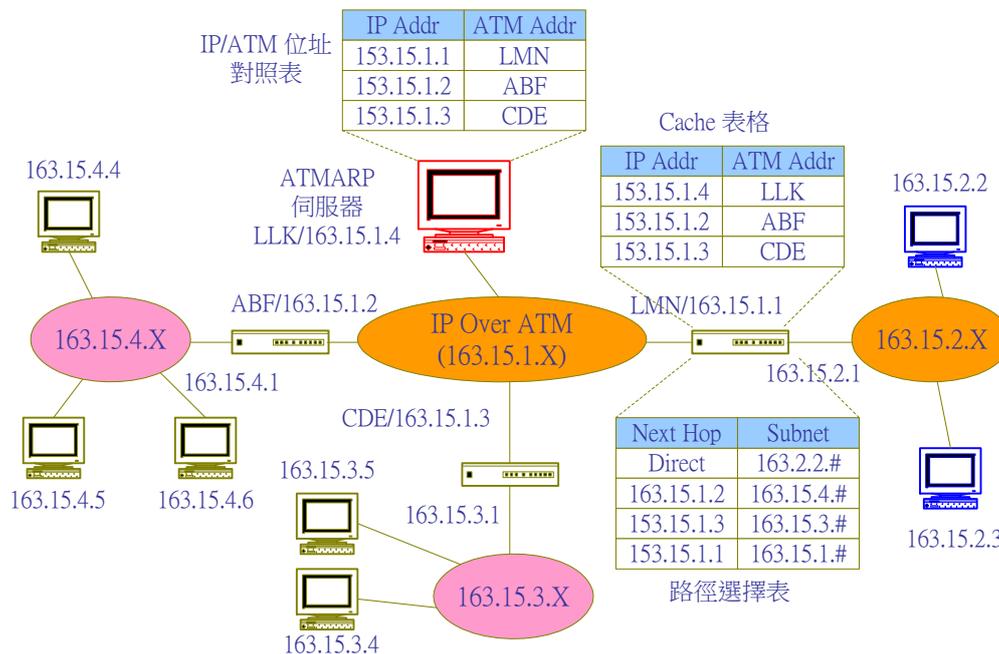


圖 12-16 IP over ATM 範例

### 12-3-4 IP over ATM 跨接網路

在圖 12-16 中，只有一個 LIS 網路，如果跨越多個 LIS 網路之間通訊，就牽涉到 LIS 之間路徑選擇的問題。基本上，每一個 LIS 網路有一部 ATMARP 伺服器紀錄有關本網路內 IP/ATM 位址對照表，但在跨越不同網路之間，也許需要透過其他網路上的 ATMARP 伺服器來查詢 IP/ATM 的對照位址。然而，不同 LIS 網路之間的工作站欲相互通訊時，大多是必須透過路由器連接，因此路由器很容易成為 ATM 網路終點對終點連接的瓶頸。『下一跳躍解析協定』(Next Hop Resolution Protocol, NHRP) 是用來讓這些路由器之間互相通訊，來達到位址解析的目的，NHRP 並不是路徑選擇功能，而是希望在訊問者和被詢問者之間，跨接

多個 LIS 網路之間，建立一條直接的捷徑連線，以作為查詢位址之用。有關於路徑選擇功能，還是必須仰賴原來 IP 之路徑選擇功能。

在一個 LIS 網路下，處理 NHRP 協定之伺服器，稱之為『**下一跳躍伺服器**』( **Next Hop Server, NHS** )。NHS 伺服器同樣保有 IP/ATM 對照表的維護能力，工作站啟動時，也必須向 NHS 伺服器登錄，以做查詢之用。如圖 12-17 中，工作站 A 欲連接到 LIS 3 網路上的工作站 B。

首先工作站 A 向 NHS 查詢工作站 B 的 ATM 位址 ( 攜帶工作站 B 的 IP 位址和自己的 IP 及 ATM 位址 )，NHS 1 透過路由器連結到 NHS 2，NHS 2 也透過路由器連結到 NHS 3，並得到工作站 B 的 ATM 位址。再依照原來路徑回應給工作站 A。工作站 A 得到工作站 B 的 ATM 位址後，便可以直接和它建立連線。我們可以發現 NHS 伺服器比 ATMARP 伺服器增加了伺服器之間的通訊協定 ( 即是 NHRP 協定 )，因此可以將 NHS 和 ATMARP 整合成一個完整的伺服器，功能就非常完整了。

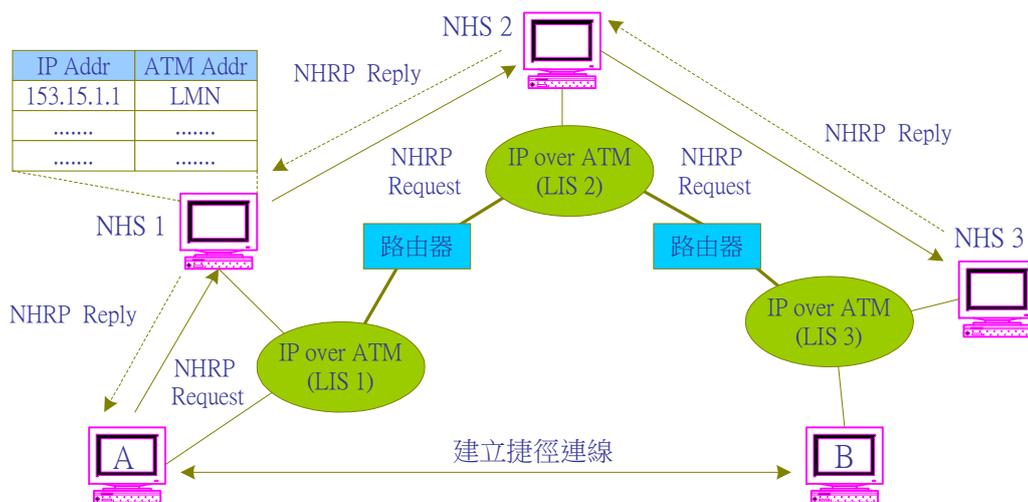


圖 12-17 IP over ATM 跨接網路

## 12-4 IP over ATM over ADSL 連結

IP over ATM over ADSL 是規範在 RFC 1483 中，連線架構如圖 12-18 所示。圖中 ADSL 是指 ATU-C ( Center Office ADSL Terminating Unit ) 和 ATU-R ( Remote ADSL Terminating Unit ) 之間的裝置，ATU-C 放置於局端 ( 電信公司機房 )，ATU-R 是指客戶端設備，一般都是 ADSL Modem。DSLAM ( DSL Access Multiplex ) ( DSL 存取多工器 ) 上安裝有多個 ATU-C，每一個 ATU-C 對應一部 ATU-R。另一方面，在 DSLAM 上可連接不同的網路介面，如果

是路由器 ( Ethernet 網路 ) 來連接網路，則必須負責將 ADSL 之訊框轉換為 Ethernet 訊框，此種架構稱之為『IP over Ethernet over ADSL』；如果 DSLAM 的另一端是連接 ATM 網路，則稱之為『ATM over ADSL』，但 ATM 網路是屬於點對點，希望與客戶之間以點對點協定 ( Point-to-Point Protocol, PPP )，因此，又稱之為『PPP over ATM over ADSL』連線。

所以，我們可以發現 DSLAM 在 ADSL 網路之中，扮演決定性的角色，也相對有各種型態之 DSLAM 的產生。

我們可以將整個網路架構區分為三個部分：客戶設備網路 ( Customer Premise Network, CPN )、網路存取提供者 ( Network Access Provider, NAP ) 和網路服務提供者 ( Network Service Provider, NSP )。依照 ATM Forum 所制定 CPN 和 NAP 之間的 ADSL 訊框可分為兩種：一為傳統存取網路 ( 如，Frame Relay ) 的訊框，其傳輸模式採用位元同步 ( bit synch ) 技術，稱之為『同步傳輸模式』 ( Synchronous Transfer Mode, STM )；另一為 ATM 網路細胞格式的傳送，稱之為『非同步傳輸模式』 ( Asynchronous Transfer Mode, ATM )。因此，在 ATM over ADSL 架構裡，是以 53 位元組的細胞格式包裝在 ADSL 訊框之內傳送。

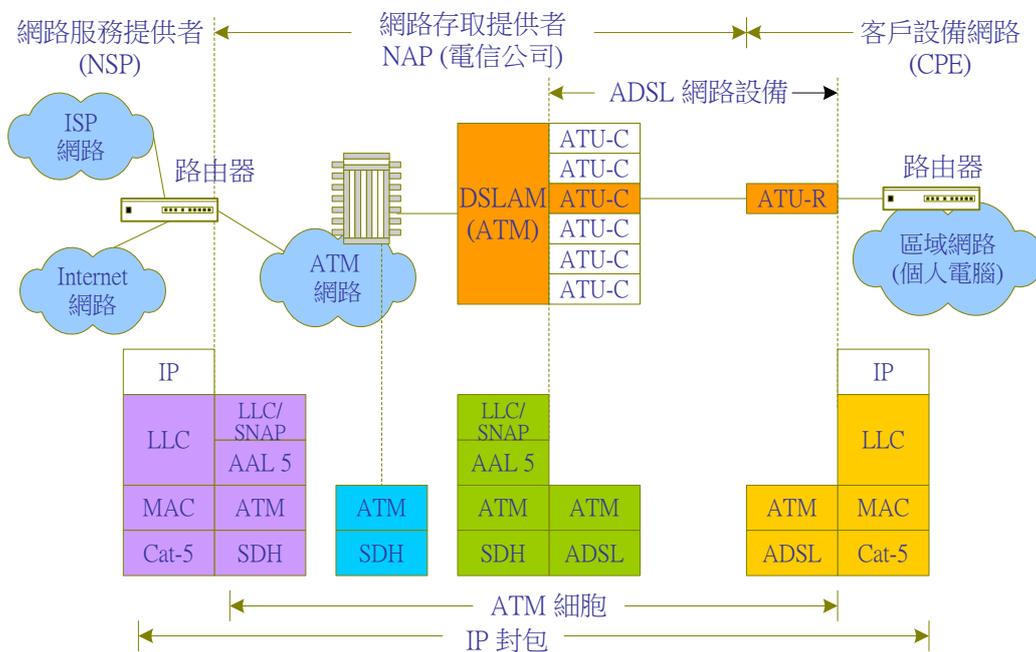


圖 12-18 IP over ATM over ADSL 網路架構

網路存取提供者 ( NAP ) 為大型電信公司 ( 如中華電信公司 )，提供 ADSL 網路給一般客戶租用，電信網路普遍以 ATM 網路做為傳輸骨幹。網路服務提供者 ( NSP ) ( 如 HiNet ) 提供的各種電子商務網站，也是透過 NAP 網路讓客戶存取。

如以圖 12-18 架構而言，ATM 網路只有負責訊框的傳輸 ( ATM DXI 功能 )，並不處理客戶服務連接功能 ( IP 連接 )，該工作是由 CPN 和 NAP 之間的路由器負責，換言之，ATM 網路並不處理 IP over ATM 之功能 ( 如，12-3 節介紹 )。

ATM 網路是一種連接方式，通訊雙方必須建立『**虛擬通道連線**』( **Virtual Channel Connection, VCC** ) 後，才可傳輸資料。因此，在這種架構底下，沒有建立連線的功能 ( ILMI 通訊協定 )，只能使用『**永久式虛擬電路**』( **PVC** )，對 NAP 而言，必須給予每一客戶一個 PVC 連線號碼 ( PVI/PCI )，如圖 12-19 所示。

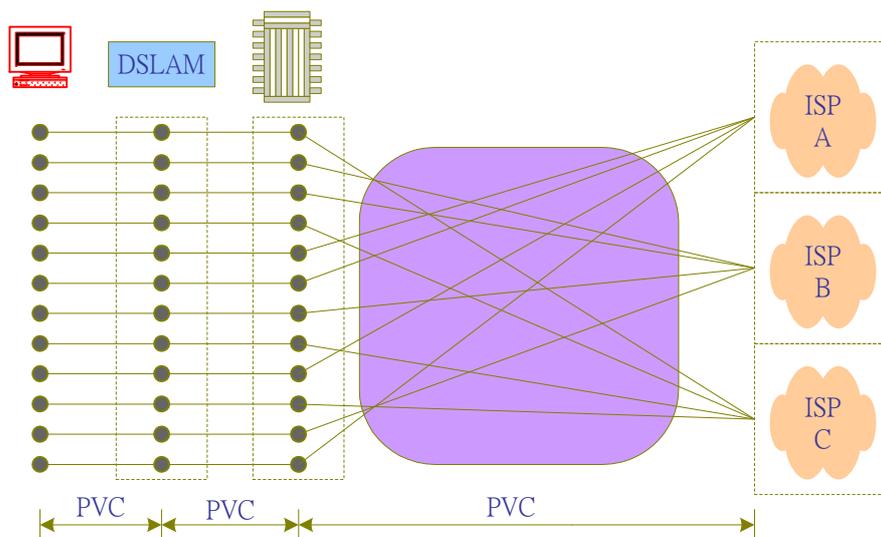


圖 12-19 ATM over ADSL 之點對點的 PVC 連線

圖 12-19 中，客戶和 ISP 愈多的話，預留的 PVC 連線就會愈多，形成許多連線浪費的現象，ATM 的連線功能也沒有完全發揮出來。如果將 DSLAM 及 ATM 網路加入 IP over ATM 功能，使具有連接功能 ( ILMI 通訊協定，如 11-14-3 節介紹 ) 和 IP/ATM 位址轉換能力 ( 如，12-3 節介紹 )，或具有 ATM 區域網路仿效的連接能力 ( 如，12-2 節介紹 )，ATM 交換機就能依照 IP 位址選擇路徑，以及建立交換式虛擬電路 ( SVC )，也就能建立一個完整的 IP over ATM over ADSL 之連結架構，如圖 12-20 所示。

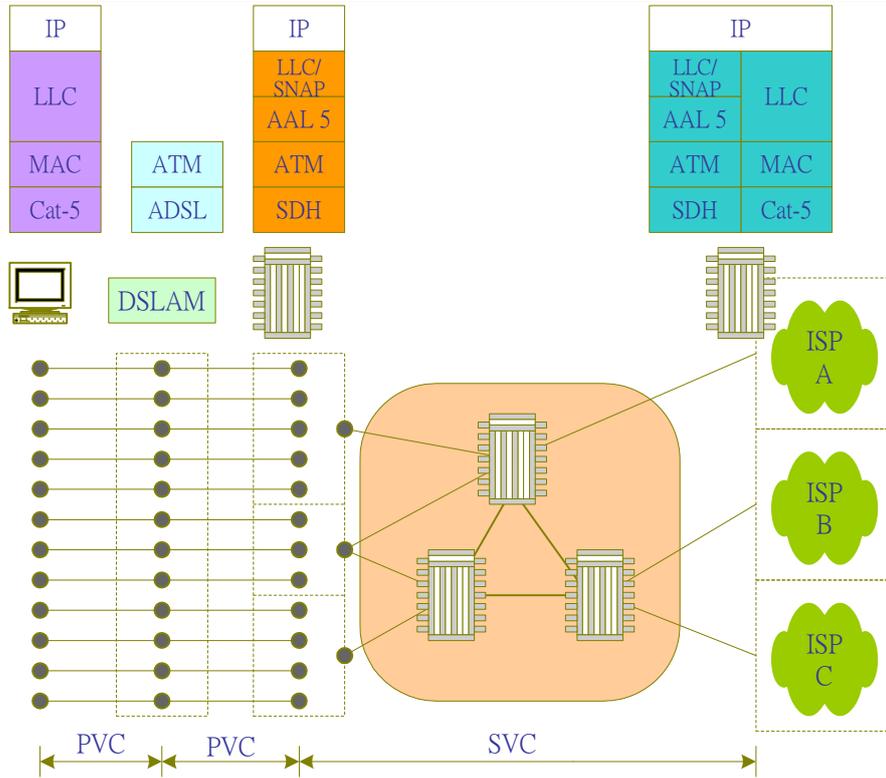


圖 12-20 IP over ATM over ADSL 的 SVC 連線

## 12-5 Multiprotocol over ATM 連結

RFC 1483 ( Multiprotocol Encapsulation over AAL 5 ) 和 RFC 1577 ( Classical IP and ARP over ATM ) 規範如何在 ATM 網路上架設 IP 通訊協定 ( IP over ATM )。而 ATM Forum 希望更進一步將其結合『區域網路仿效』( LAN Emulation ) 功能，使能連結被仿效之區域網路 ( Emulated LAN, ELAN ) 內之工作站。於是 ATM Forum 於 1997 年發表 MPOA ( Multiprotocol over ATM ) 標準，來整合 RFC 1577、RFC 1483 和 LANE Version 2。

MPOA 主要提供端點對端點在網路層的连接服務，也就是，允許第三層的通訊協定( 如 IP 或 IPX ) 連結到 ATM 骨幹網路上，並可整合其他網路 ( 如 Ethernet )。在 MPOA 環境下的設備可區分如下：

- **MPOA 工作站**：連結在 ATM 網路的工作站，如 ELAN 下的 LEC。
- **邊緣裝置 ( Edge Device )**：連接 ATM 網路與傳統網路 ( Legacy LAN ) 的設備，如，路由器或橋接器等等。此設備可依 IP 或 MAC 位址轉送封包。

● **路徑伺服器 ( Router Server )**：為 MPOA 工作站或邊緣裝置提供位址解析功能，此伺服器也具有網路拓樸圖資訊 ( 路徑選擇資訊 )。

一般路由器都具有路徑選擇和封包轉送之功能，在 MPOA 環境下，將這兩種功能分攤於 MPOA 客戶端 ( MPOA Client, MPC ) 和 MPOA 伺服器 ( MPOA Server, MPS ) 之上。MPC 負責封包的交換和轉送 ( 多重協定封包的轉送 )，而 MPS 負責建立路徑選擇表格；MPC 是指 MPOA 工作站和邊緣裝置，而 MPS 是指路徑伺服器。MPS 上除了建立路徑選擇表外，還必須建立 IP/ATM/MAC 之間的位對照表，因此 MPC 向 MPS 伺服器查詢位址解析可有三種格式：ATM-ARP ( ATM 位址對應 IP 位址 )、LE-ARP ( ATM 位址對應 MAC 位址 ) 和 IP-ARP ( IP 位址對應 MAC 位址 )。為合乎跨越不同網路之間的位址查詢，MPS 伺服器之間也可以利用 NHRP ( Next Hop Resolution Protocol ) 來互相通訊。

圖 12-21 為 MPOA 網路範例，MPC A 欲連接到傳統網路上的工作站 B。首先，MPC 以 MPOA request 向 MPS1 查詢工作站 B 的 ATM 位址。MPS 1 以 NHRP request 向 MPS 2 查詢，同樣的，MPS 2 也是用 NHRP 向 MPS 3 查詢，MPS 3 以 IP-ARP 向工作站 B 查詢得到它的 MAC 位址。訊號依查詢連線回應到 MPC A，便可以建立連線通訊 ( 其中可能需要經過路由器，將封包轉送到傳統網路內 )。

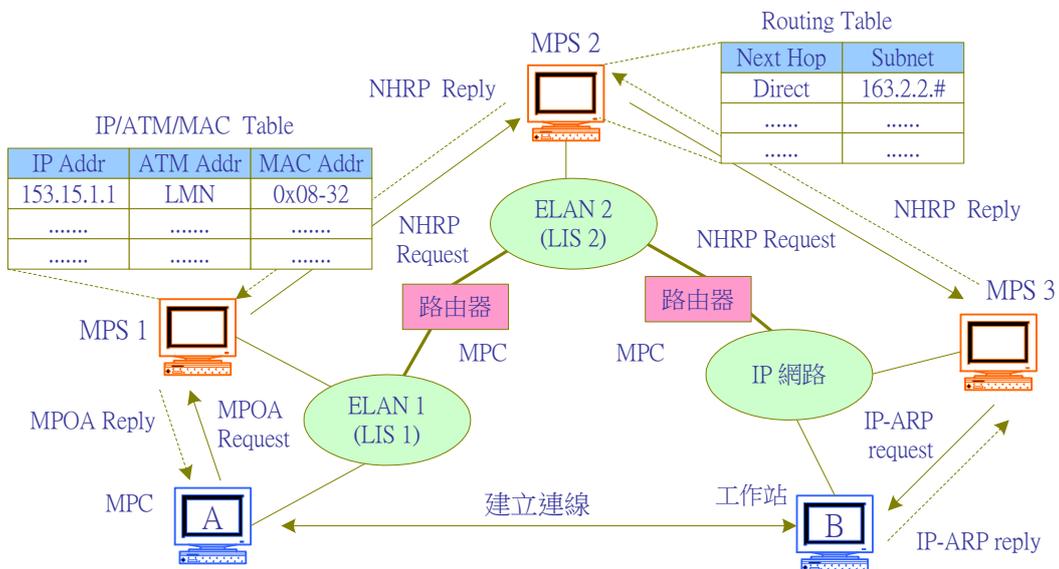


圖 12-21 Multiprotocol over ATM 網路範例

## 12-6 ATM 廣域網路連結

傳統廣域網路的連接方式，大多是透過 Frame Relay 之交換網路，如圖 12-1 所示。但 ATM 網路為了讓現有之 Frame Relay 的網路設備（如，路由器）能即時連上 ATM 網路，卻不須作太大的設備變更，而提出兩種介面標準：ATM DXI 和 ATM FUNI 連結方式，以下分別介紹之：

### 12-6-1 ATM DXI 連結

傳統廣域網路大多是透過『訊框中繼轉送』( Frame Relay ) 來連接，它是將各種協定的訊框( MAC 訊框 )，包裝在 Frame Relay 的訊框上，再由 Frame Relay 的交換機( Frame Relay 網路 ) 轉送到目的地。因此，一般網路設備（如路由器）如已連接上廣域網路，都有該處理設備。ATM Forum 為了讓這些設備，不須作任何修改，就能由 Frame Relay 網路轉換到 ATM 網路上傳輸，而制定了『ATM 數據交換介面』( ATM Data Exchange Interface, ATM DXI )，連線架構和協定堆疊如圖 12-22 所示（圖中只顯示傳送或接收單一邊）。

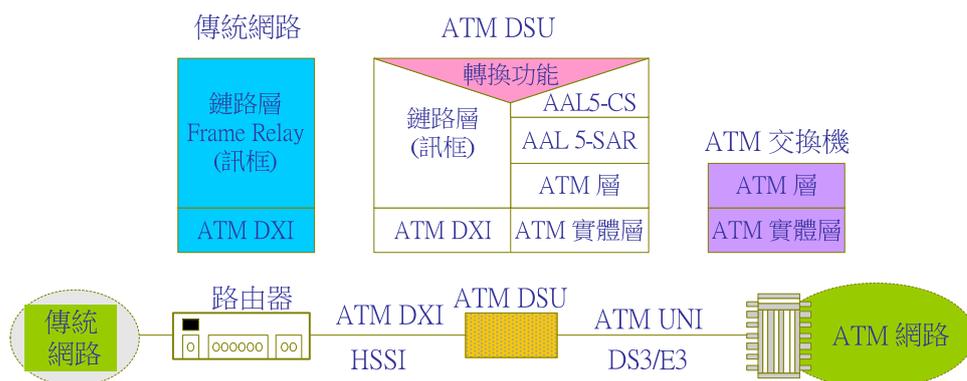


圖 12-22 ATM DXI 通訊協定堆疊

ATM DXI 的運作原理是，首先路由器（傳統網路）將原來 Frame Relay 的訊框包裝成 DXI 訊框格式，透過『高速串列介面』( High-Speed Serial Interface, HSSI ) 的傳輸線（近距離）傳送到『ATM 數據服務單元』( ATM Data Service Unit, ATM DSU )。ATM DSU 將 ATM DXI 的訊框轉換成 ATM 細胞，也包裝成為 ATM UNI( User-Network Interface ) 封裝格式，透過 DS3/E3（或其它數據傳輸線路）傳送給 ATM 網路上的 ATM 交換機。

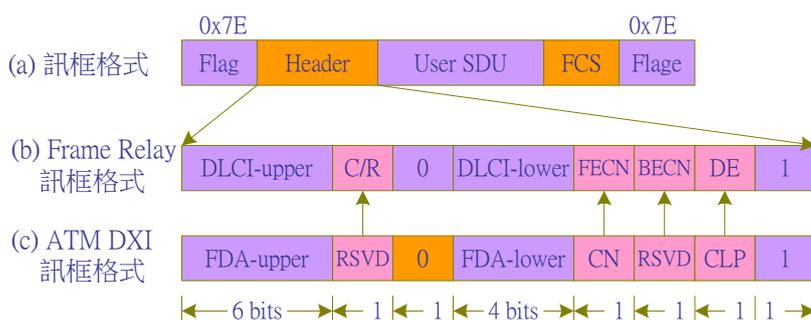
接收端以反方向處理，而達到遠端路由器之間的通訊目的。透過 ATM DXI 的轉送，主要是利用 ATM 的高速傳輸速率，和穩定的連結傳輸線路，但並不具有類似 ATM 區域網路仿效之路徑選擇功能。

ATM Forum 制定三種 ATM DXI 的標準模式：

- (1) Mode 1a: 只提供 AAL 5 連接方式，訊框最長 9232 位元組，16 位元之 FCS，並提供 1023 條虛擬鏈路 ( Virtual Circuit )
- (2) Mode 1b：提供 AAL 3/4 和 AAL 5 連接方式，最長 9224 位元組，16 位元之 FCS。如使用於 AAL 5 可有 1023 條虛擬鏈路；而使用於 AAL 3/4 只有一條。
- (3) Mode 2：提供 AAL 3/4 和 AAL 5 連接方式，最長 65535 位元組，32 位元之 FCS，虛擬鏈路可達 16777215 條連線。

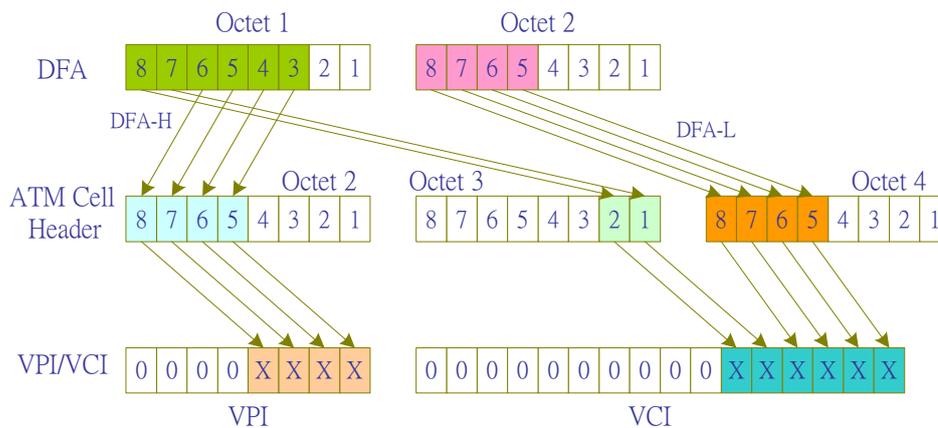
ATM DXI 和 Frame Relay 之間的訊框轉換關係，如圖 12-23 所示。12-23 (a) 為一般訊框標準格式，訊框前後的旗號( Flag )都以 0x7E( 01111110 )表示訊框的開始和結束。User SDU 為上層通訊定之訊框 ( 如，CSMA/CD 訊框 )，轉換之中並未改變。FCS 欄位會依照不同連線方式而不同 ( Mode 1 或 Mode 2 )，可能是 16 位元或 32 位元。其它欄位之轉換運作方式如下：

- 將 Frame Relay 訊框內之『資料鏈路連結指示』( **Data Link Connection Indicator, DLCI** ) 位址轉換為 ATM DXI 訊框位址 ( DXI Frame Address, DFA )。
- 將 ATM DXI 之壅塞指示 ( Congestion Notification, CN ) 填入 Frame Relay 之 FECN ( Forward Explicit Congestion Notification, FECN ) 位址。
- 將 ATM DXI 之 CLP ( Cell Loss Priority ) 填入 Frame Relay 之 DE ( Discard Eligibility ) 欄位。
- Frame Relay 上的 C/R 和 BECN( Backward Explicit Congestion Notification )在 ATM DXI 中未使用到，作為保留欄位 ( RSVD )。



**圖 12-23 ATM DXI 和 Frame Relay 訊框轉換關係**

當 ATM DSU 收到 ATM DXI 訊框後，便將訊框內之 User-SDU 和 FCS 欄位內的資料依照 AAL-5 (或 AAL-3/4) 之匯集次層 (CS) 和切割及組合次層 (SAR) 的分割方式，以 48 位元組為單位，分割成若干個細胞 (請參考本書第 11-4-3 和 11-4-4 節)，再傳送給 ATM 層。ATM 層的細胞標頭 (UNI 格式) 之 VPI 和 VCI 的內容，是依照 ATM DXI 上的 DFA 位址對應而來，也才能使每一個細胞在同一條虛擬通道連線 (VCC) 上傳輸，其對應關係如圖 12-24 所示。

**圖 12-24 ATM UNI 位址與 ATM DXI 位址之對應關係**

## 12-6-2 ATM FUNI 連結

『ATM 訊框使用者網路介面』(ATM Frame User Network Interface, ATM FUNI) 也是由 ATM Forum 所制定的標準。ATM FUNI 的功能和運作模式幾乎和 ATM DXI 相同，但是它增加了 ATM 訊號方式、VPI/VCI 多工處理、網路管理 (LIMI) 和流量控制 (Traffic Control) 等功能，使傳統之 Frame Relay 的網路設備 (如路由器) 也具有 ATM 的管理方式。但 ATM FUNI 主要訴求的目的，也是希望傳統的網路設備可透過 ATM 網路的傳輸，亦沒有類似 ATM 區域網路仿效之路徑選擇功能。

既然，ATM FUNI 擁有 ATM 大部分的功能，而且 FUNI 和訊框傳輸非常相似，因此許多網路製造商將 FUNI 結合在路由器上，就不需要類似 ATM DSU 的設備，如圖 12-25 所示 (只顯示單一方向)。結合後的 FUNI，除了訊框不同外，其實就是 ATM 網路，甚至 ATM 網路的 VBR 服務類別，也可以直接應用到 FUNI 網路上，至於 FUNI 的訊框和運作方式，也如同 ATM DXI，作者不再贅言。

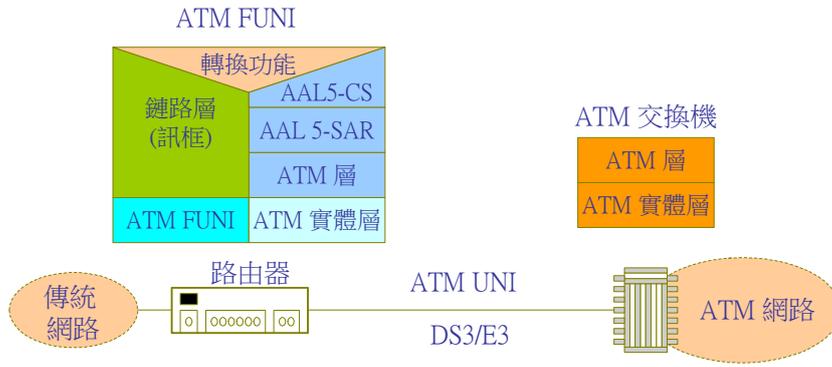


圖 12-25 ATM FUNI 網路架構圖

## 習題

1. 請敘述 ATM 網路和傳統網路 ( 如 , FDDI 、 Ethernet ) 在通訊行為上有何不同 ?
2. 請說明 ATM 區域網路仿效的主要任務為何 ?
3. ATM 網路與傳統區域網路的連接 , 有哪兩種方式 ? 並說明其功能。
4. 為何被仿效之區域網路必須設定為一個邏輯區域網路 ( Logical LAN ) ? 如何分辨邏輯區域網路 ?
5. 請說明下列 ATM 區域網路仿效之元件的功能 :
  - LAN Emulation Client ( LEC )
  - LAN Emulation Server ( LES )
  - Broadcast and Unknown Server ( BUS )
  - LAN Emulation Configuration Server ( LECS )
6. 請說明 ATM 區域網路仿效之中 , 下列四項工作的主要的功能 :
  - (1) Initialization
  - (2) Registration
  - (3) Address Resolution
  - (4) Data Forwarding
7. 請分別說明 : LE-ARP ( LAN Emulation-ARP ) 、 ATM-ARP 和 IP-ARP 的功能 , 有何不同 ?
8. 在 ATM 區域網路仿效之中 , 有下列虛擬通道連線 ( Virtual Channel Connection, VCC ) 型態 , 請分別敘述其功能 :
  - (1) Configuration Direct VCC
  - (2) Control Direct VCC
  - (3) Control Distribute VCC
  - (4) Data Direct VCC
  - (5) Multicast Send VCC
  - (6) Multicast Forward VCC
9. 何謂 『代理 LEC』 ( Proxy LEC ) ? 功能為何 ?
10. 何謂 『沖洗協定』 ( Flush Protocol ) ? 功能為何 ?
11. 請舉例說明區域網路仿效之啟動與註冊的運作程序。
12. 請舉例說明區域網路仿效之廣播的運作程序。
13. 請簡略說明區域網路仿效之 IP over ATM 的運作程序。

14. 何謂『IP over ATM』？並請說明其基本原理。
15. 何謂『下一跳躍解析協定』( Next Hop Resolution Protocol )？其功能為何？
16. 何謂『Multiprotocol over ATM』？並請說明其基本原理。
17. 何謂『ATM 數據交換介面』( ATM DXI )？並請說明其基本原理。
18. 何謂『ATM 訊框使用者網路介面』( ATM FUNI )？並請說明其基本原理。
19. 請說明 ATM 的廣域網路連結和傳統之廣域網路連結之間有何不同，有何優異點？
20. 為何一般 ADSL 連接線路只能用 PVC 連接？
21. 如欲達到 IP over ATM over ADSL 之交換式虛擬電路 ( SVC ) 連接，網路應具有哪些連結功能？
22. 請繪圖說明 PPP over ATM over ADSL 的連結架構。