

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：實習)

赴加拿大實習

「Managed IP 網路訊務管理」報告

出國人

服務機關

北區分公司網管處

職稱

助理工程師

姓名

魏王培

行政院研考會/省(市)研考會

編號欄

出國地點：加拿大

出國期間：自 92 年 09 月 07 日至 09 月 20 日

報告日期：92 年 12 月 18 日

公務出國報告提要

頁數: 35 含附件: 否

報告名稱:

實習Managed IP 網路訊務管理

主辦機關:

中華電信台灣北區電信分公司

聯絡人/電話:

盧婉屏/2344-3261

出國人員:

魏王培 中華電信台灣北區電信分公司 網路管理處 助理工程師

出國類別: 實習

出國地區: 加拿大

出國期間: 民國 92 年 09 月 07 日 -民國 92 年 09 月 20 日

報告日期: 民國 92 年 12 月 18 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: mpls, mpls-te, qos, traffic protection

內容摘要: 所謂 Managed IP 寬頻網路是一個能被有效控管、並提供各式各樣寬頻 IP 服務之寬頻網路。由於網際網路的使用蔚為風潮，IP 應用之各種服務應運而生，然而現今之網際網路在服務品質及安全機制仍不夠完善，往往無法滿足客戶對於通訊品質的要求，因此建構一個 Managed IP 寬頻網路，提供客戶更具有服務品質(QoS)保證之寬頻 IP 服務，已成為當前的電信業者在面對市場競爭時所不可避免的需求及挑戰。MPLS 技術是建構 Managed IP 寬頻網路的方式之一，其技術目標是期使網路層通信協定能與下層所使用之載具分別獨立，以簡化網路通信協定之複雜性、提供各種服務品質之所需，並且藉由 MPLS 訊務工程(Traffic Engineering)來解決網路頻寬的不足等問題。基於上述原因，各大電信業者均希望能藉由 MPLS 技術來建構 Managed IP 寬頻網路，MPLS 技術之重要性不言而喻。本次出國實習的目的，主要便是以學習 Managed IP 網路訊務管理及其相關技術為主。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目 錄

0.摘要.....	3
1. 行程及實習內容紀要.....	3
2. 前言.....	5
3. Managed IP 寬頻網路.....	6
4. MPLS 簡介.....	7
4.1 MPLS 架構簡介.....	7
4.2 MPLS 基本運作.....	11
5. MPLS 訊務工程簡介.....	12
5.1 MPLS TE 基本步驟.....	14
5.2 Routing Protocol.....	16
5.3 MPLS-TE 訊號協定.....	17
5.4 Traffic Protection.....	22
5.5 訊務工程的實現.....	26
5.6 Traffic Management and QoS.....	28
6. 實習心得與建議.....	35

0.摘要

所謂 Managed IP 寬頻網路是一個能被有效控管、並提供各式各樣寬頻 IP 服務之寬頻網路。由於網際網路的使用蔚為風潮，IP 應用之各種服務應運而生，然而現今之網際網路在服務品質及安全機制仍不夠完善，往往無法滿足客戶對於通訊品質的要求，因此建構一個 Managed IP 寬頻網路，提供客戶更具有服務品質(QoS)保證之寬頻 IP 服務，已成為當前的電信業者在面對市場競爭時所不可避免的需求及挑戰。

MPLS技術是建構Managed IP寬頻網路的方式之一，其技術目標是期使網路層通信協定能與下層所使用之載具分別獨立，以簡化網路通信協定之複雜性、提供各種服務品質之所需，並且藉由MPLS 訊務工程(Traffic Engineering)來解決網路頻寬的不足等問題。基於上述原因，各大電信業者均希望能藉由MPLS技術來建構Managed IP寬頻網路，MPLS技術之重要性不言可喻。本次出國實習的目的，主要便是以學習Managed IP網路訊務管理及其相關技術為主。

本報告內容包括：

- 前言
- 行程及實習內容紀要
- Managed IP寬頻網路
- MPLS簡介
- MPLS訊務工程簡介
- Traffic Management and QoS
- 實習心得與建議

1.行程及實習內容紀要

為配合本公司建置寬頻IP網路及增進寬頻IP網路訊務管理能力之策略方針，奉總公司九十二年八月二十六日信人二字第92A3501429號函核准職等前往加拿大實習「Managed IP網路訊務管理」，實習期間(含行程)自民國九十二年九月七日至九十二年九月二十日為期十四天。本次實習課程計有：

Managed IP Network Traffic Management	(4 天)
VoIP Product Introduction	(2 天)
Managed IP Network Architecture	(2 天)
Nortel Lab. Visit	(1 天)

2.前言

中華電信近年來為了迎接寬頻多媒體通信時代之來臨，並面對電信市場開放競爭之挑戰，早已對寬頻IP網路做好完整規劃並逐步建設。

近年來Internet的使用率呈倍數成長，以IP網路為基礎發展出來的應用日益增多，企業採用IP網路來建置Intranet的需求更是與日俱增，但在傳統的IP封包傳送過程中，每一個節點設備必須重複檢查封包的表頭，並解析下一個路徑，直到抵達目的地為止，因此資料越龐大，傳輸的效能將越差。MPLS的出現，滿足了目前對於傳輸效率與訊務工程的需求。MPLS技術是建構Managed IP寬頻網路方式之一，它克服了Internet盡力式服務(best efforts)的限制，使得IP服務可以兼顧訊務設計以及服務品質的保證，且相容於現在的網路技術。

本文首先談到managed IP，接著簡介MPLS技術，最後談到MPLS訊務工程及QoS等相關技術。

3. Managed IP寬頻網路

所謂的 Managed IP 寬頻網路，是一種以寬頻 IP 技術為基礎，具有服務品質(QoS)且能有效控管理 IP 訊務傳送，並提供各式各樣多媒體服務之寬頻骨幹網路 (如圖 2.1 所示)。

Managed IP 寬頻網路和網際網路均採 TCP/IP 通信協定為基礎，且其上均承載與 TCP/IP 相關服務應用之訊務。兩者之不同在於 Managed IP 寬頻網路是由效能極高之寬頻 ATM 交換系統或 IP 路由器所構成，具有服務分類及確保服務品質之機制，因此能針對不同類型之服務，提供不同類型的使用品質保證，而一般大眾使用的網際網路則只能提供 Best Effort 之服務。此外，Managed IP 寬頻網路提供客戶個別需求之服務(Service Level Agreement SLA)，一般大眾並不能任意接取使用此網路服務。

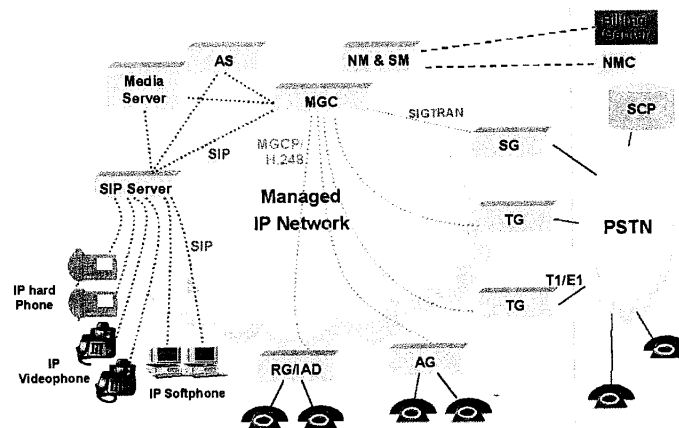


圖 2.1 Managed IP 網路示意圖

4. MPLS 簡介

MPLS (MultiProtocol Label Switching) 是一種利用標籤引導，使得網路上資料的傳輸效率大幅提升的新技術。它的價值在於簡化了網路系統的複雜性並具有訊務工程能力，既能夠在無連接的網路中引入連接模式的特性，又相容於現有各種主流網路技術，而且在提供 IP 訊務時能確保極佳的 QoS，是以 MPLS 技術堪稱是下一代最具競爭力的通信網路技術。

4.1 MPLS 架構簡介

MPLS 網路由核心部分的標籤交換路由器 (LSR)、以及邊緣部分的標籤邊緣路由器 (LER) 所組成。(如圖 4.1 所示)。LSR 可以看作是 ATM 交換機與傳統路由器的結合；LER 的作用是分析 IP 封包，根據 IP 訊務來決定相對應的 FEC 和 LSP(如圖 4.2 所示)。它的實現並不依賴於特定的資料連結層協定，並且可以支援多種物理和鏈路層的技術。MPLS 使用控制驅動模型初始化標籤捆綁的分配及分發，用於建立標籤交換路徑 (LSP)，通過連接幾個標籤交換點來建立一條 LSP。一條 LSP 是單向的，全雙工訊務需要兩條 LSP。

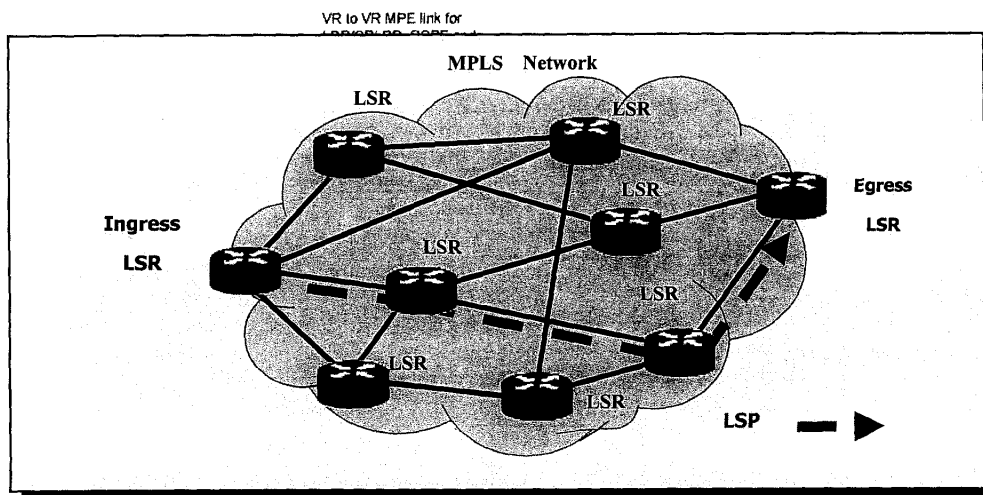


圖 4.1 MPLS 網路架構示意圖

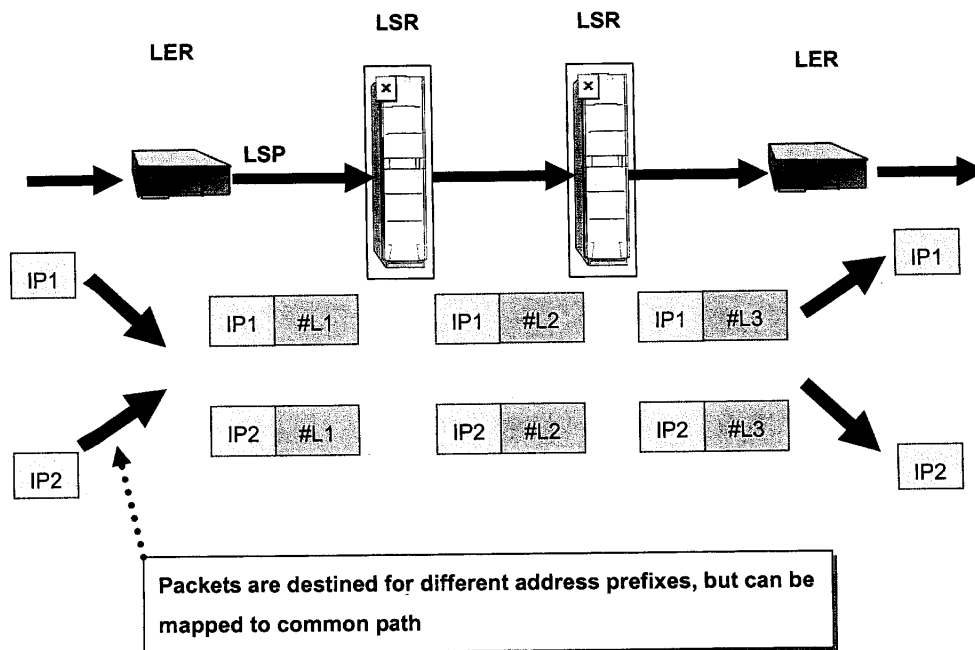


圖 4.2 Forwarding Equivalence Classes 示意圖

Passport MPLS 使用傳統的 IP L3 IGP 通訊協定 OSPF 來傳送 IP 網路資訊。IGP 定義並映射 FEC 和下一節點位址，MPLS 則從 IGP 學習路由資訊，OSPF 是較常使用的 IGP 通信協定，當然 Passport 同時也支援 RIP、RIPv2、iBGP 和靜態路由。

IP 路由包含下列幾項重點：

1. OSPF 負責維護一個 link 狀態資料庫並確保其能正確運作，這個 link 狀態資料庫包含每一個節點、每一個鏈路、和一串可達到的位址。
2. 負責路由表的建立。
3. 使用下列資源來建立路由表，如靜態路由和從其他協定(如 ISIS、OSPF、BGP)學習的路由。
4. 如果有幾個路由存在一個網路，IP 將會用符合最長的字首(longest

prefix match)為下一個跳點。

5. 如果有幾個路由存在於同一個網路(長度和字首均相同)，IP 將會依據優先權來選擇路由協定(如表一所示)。

Protocol	Route Preference
Local Static	0
MPLS	10
OSPF Internal	30
BGP External	70
Static remote	72
OSPF external type 1	80
RIP	82
OSPF external type 2	120
BGP internal	122

表一 Passport IP Route Preference

MPLS 術語的縮寫

- Label: 標籤是一個包含在每個封包中具有固定長度的數值，主要讓 LSR 查詢下個傳送介面以及定義 Type of Service(TOS)。
- LDP (Label Distribution Protocol) : 標籤分配協定

LDP 提供一套標準的訊號機制，以有效地實現標籤的分配與轉發功能，並基於原有的網路層路由協定如 OSPF、IS-IS 等，來構建標籤資訊庫，並根據網路拓撲結構，在 MPLS 網域邊緣節點(即 Ingress node 與 Egress node)之間建立 LSP。

- LSP (Label Switched Path) : 標籤交換路徑

標籤的分配實際上就是一個建立連接的過程，也即建立了一條 LSP。

- FEC (Forwarding Equivalence Class) :轉送等效類別。
FEC 是在轉發過程中，以等效的方式處理的一組資料封包，例如目的地地址首碼相同的資料封包。
- LSR (Label Switching Router) :標籤交換路由器
LSR 是 MPLS 網路的核心設備，提供標籤交換以及標籤分發的功能。
- LER (Label Edge Router) :標籤邊緣路由器
LER 是 MPLS 網路和其他網路相連的邊緣設備，它提供訊務分類和標籤映射的功能。
- CR-LDP (Constraint Route Label Distribution Protocol) :限制路由的標籤分配協定，沿用 LDP 訊息格式只增加一些實現訊務工程參數。

4.2 MPLS 基本運作

如圖 4.1 所示，先由標籤分發協議(LDP)和傳統路由協定(OSPF、ISIS 等) 在 LSR 中建立路由表和標籤映射表，當 IP 訊務到達 MPLS 網路時，首先 LER 要分析 IP 封包的資訊，依照它的目的地址和訊務等級，貼上相對應的 FEC(Forward Equivalence Class)之標籤(Label Push)。路由器會以相似的方法處理所有屬於同樣傳送等效分類(FEC)的封包。每個封包都可以貼上數個標籤，這可以讓多重協定標籤交換(MPLS)支援像是 tunneling 或 stacked tunnel 功能。

對於每一個 FEC，LER 都建立一條獨立的 LSP(Label Switch Path) 穿過網路連接到目的地。資料封包分配到一個 FEC 後，標籤資訊庫將每一個 FEC 都映射到 LSP 下一跳(Next Hop)的標籤上。

當一個帶有標籤的封包到達 LSR 時，LSR 會在找到相關資訊後，取出出局的標籤，並由出局標籤代替入局標籤(Label Swap)，從標籤資訊庫中所描述的下一跳介面送出資料封包。

最後，資料封包到達了 MPLS 網域的另一端，在此，LER 會去掉封裝的標籤(Label POP)，並依照 IP 封包的路由方式將資料封包且繼續傳送到目的地。

5. MPLS 訊務工程

隨著網路資源需求的快速增長、IP 應用需求的擴大以及市場競爭日趨激烈，訊務工程成為 MPLS 主要應用的領域。訊務工程是指為訊務流選擇路徑的處理過程，以及在網路中，不同的鏈路和路由器之間平衡訊務流的負載量。訊務工程的主要目的是提供有效且可靠的網路操作，同時讓網路資源的利用和訊務性能得到最佳化。傳統 IP 網路一旦為一個 IP 封包選擇了一條路徑，則不管這條鏈路是否擁塞，IP 封包都會沿著這條路徑傳送，這樣容易造成整個網路在某處資源過度利用，而某些網路資源閒置，MPLS 訊務工程能夠將訊務由 IGP 計算得到的最短路徑導引到網路中無阻塞的路徑，避免訊務流向已經擁塞的節點，讓網路資源得到最佳利用(如圖 5.1 所示)。

MPLS 訊務管理機制的功能有兩個，一是要保證網路資源得到合理利用；二是要保證客戶申請的 QoS 得到滿足。MPLS 的訊務管理機制主要包括路徑選擇、負載均衡、路徑備份、故障恢復、路徑優先等。

MPLS 採用明確路由的方式為 IP 封包選一條從源端到目的地的路徑，網路中的中間節點不需要再為 IP 封包選擇路由，只需根據 CR-LDP 攜帶的路由信息轉發到下一個節點。這種明確路由(Explicit Routing)的選擇是在 MPLS 入口節點 LER 上完成的。這種明確路由的優點就是，網路管理者可以根據網路資源合理地引導訊務的流向。

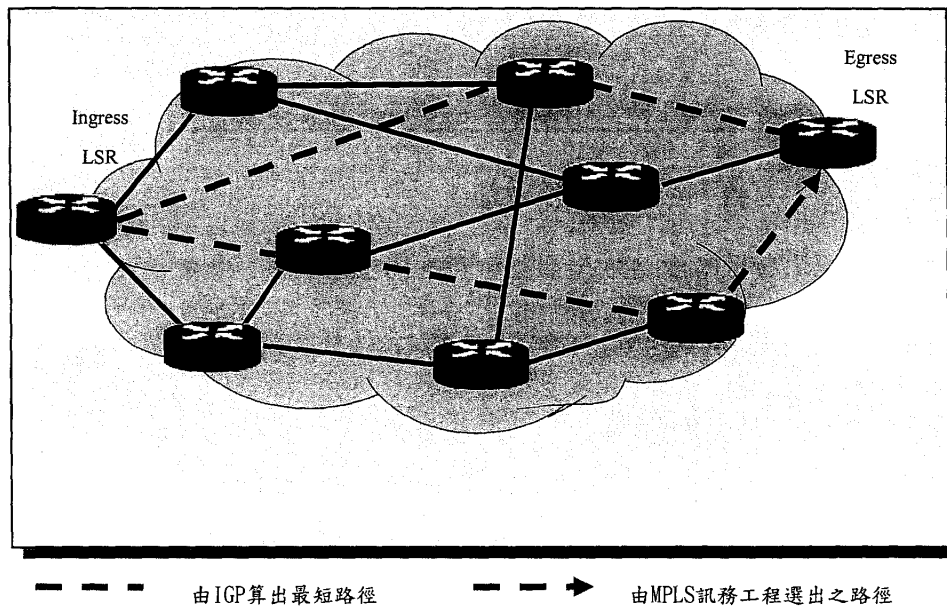


圖 5.1 MPLS-TE 所計算出的最佳路徑

MPLS 的最初設計目標是將第二層的交換速度引入到第三層，然而隨著第三層交換速度的大幅提升，此一初衷目標即失去了它的存在意義，現在 MPLS 的最主要功能就在於訊務工程的運作上，即是在多條可能的轉發路徑中進行負載平衡。

MPLS 非常適合為大型網路中的訊務工程提供基礎，原因如下：

- (1) 支援確定路徑，可為每條 LSP 定義一條確定的路徑。
- (2) LSP 統計參數可用於網路規劃和分析，以確定瓶頸，掌握網路的使用情況。
- (3) 基於限制的路由使 LSP 能滿足特定的需求。
- (4) 不依賴於特定的資料連結層協定，可支援多種鏈路層技術。

5.1 MPLS TE 基本步驟

要達到 MPLS-TE 網路有如下幾個基本步驟:

- 1:定義 Traffic Trunk 屬性。
- 2:利用路由協定如 OSPF-TE, IS-IS-TE 等,來傳遞或交換路由狀態。
- 3:利用 Constraint SPF 來計算 IP 路由並建立路由表。
- 4:透過信號協定 CR-LDP, RSVP-TE 來建立 ER-LSP。

Traffic Trunk 的屬性

Traffic Trunk 是 MPLS 訊務工程中一個重要的概念。它可以從一個 LSP 轉移到另一個 LSP 中,和 MPLS 中的 LSP 是相互獨立的。MPLS 訊務工程規定 Traffic Trunk 是單向的。MPLS 訊務工程草案為它規定了若干屬性,這些屬性為網路管理人員參與 Traffic Trunk 的配置管理提供了工具。如何將分組映射到 FEC、如何將 FEC 映射至 Traffic Trunk 以及它本身的重路由等問題的決策都由它的 Ingress Node 完成。

Traffic Trunk 的基本屬性包括:

- ◇ 訊務量參數屬性:訊務量參數是用來量測通過 Traffic Trunk 傳輸訊務流的特性。
- ◇ 一般性路由選擇和管理屬性:一般性路由選擇和管理屬性定義了 Traffic Trunk 選擇路由的規則和已建立的路徑的維護規則。
- ◇ 優先順序屬性:可以為 Traffic Trunk 設置一組相關路徑,並為每條路徑設置優先順序, Traffic Trunk 首先映射到最高優先順序的路徑中,如果出現多條相同優先順序的路徑,則可在這些路徑間進行負載平均分配。

- ◇ 強佔屬性: 資源強佔屬性是在資源缺乏時，決定該 Traffic Trunk 是否有強佔其他 Traffic Trunk 資源的權限，或者是否允許其他 Traffic Trunk 強佔自己的資源。
- ◇ 恢復屬性: 是指在鏈路出現障礙時，網路通過重路由等手段使訊務恢復正常傳輸的機制。
- ◇ 策略屬性: 策略屬性用來定義當 Traffic Trunk 與契約(SLA)有不一致時，所應採取的行動，。

這些屬性是根據訊務的需要而量身設計的。因為屬性的定義只在 Traffic Trunk 的源端做處理，所以它並不要求其他節點在屬性的定義上保持一致。管理者可以根據自己的需求來設計其屬性。

5.2 Routing Protocol

由 Ingress LSR 使用 CSPF 演算法來決定每條 LSP 的路徑。CSPF 是一種經過改進的最短路徑優先演算法，它是一種在計算通過網路的最短路徑時，將特定的限制（例如頻寬需求、跳轉數以及管理策略等需求）也考慮進去。當 CSPF 考慮一條新 LSP 的每個備選節點和鏈路時，它將會根據資源的可用性或所選部分是否違反客戶契約的限制，而接受或拒絕特定的路徑。

儘管網路已經在線上(Online)利用 CSPF 演算法確定了 LSP，但為了將整個訊務工程最佳化，仍需離線(Off line)的計畫和分析。由於線上計算必須考慮到資源限制的因素，故每次只能計算出一條 LSP。LSP 計算的次序會影響 LSP 路徑的配置，較早計算出的 LSP 將會比較晚計算出的 LSP 擁有更多的有效資源。

離線的計畫和分析可以同時檢驗每條鏈路對於資源限制以及每條 LSP 輸入或輸出的需求，然後為網路選出一個最佳方案。

5.3 MPLS-TE 訊號協定

因為儲存在起始 LSR 內有關於網路狀態的資訊是處在隨時變動的狀態下，因此 CSPF 計算出的路徑只是被認為是可接受的。只有當 LSP 經過訊號協定真正建立之後，才能確知這條路徑是否可以正常運作。

負責建立 LSP 狀態和標籤分配的訊號部分依賴於資源預定協定 RSVP 的擴展。RSVP 是一個標準的 Internet 資源預定協議，它能夠在 MPLS 環境中建立和維護 LSP，並且 RSVP 允許將網路資源明確地分配給一條特定的 LSP。

通常使用來建立 MPLS 標籤交換路徑的訊號有 LDP/CR-LDP RSVP-TE 等，而能支援 MPLS-TE 訊務工程(Traffic Engineering)主要有兩種訊號協定，一為 CR-LDP，另一為 RSVP-TE，如圖 5.2 所示。

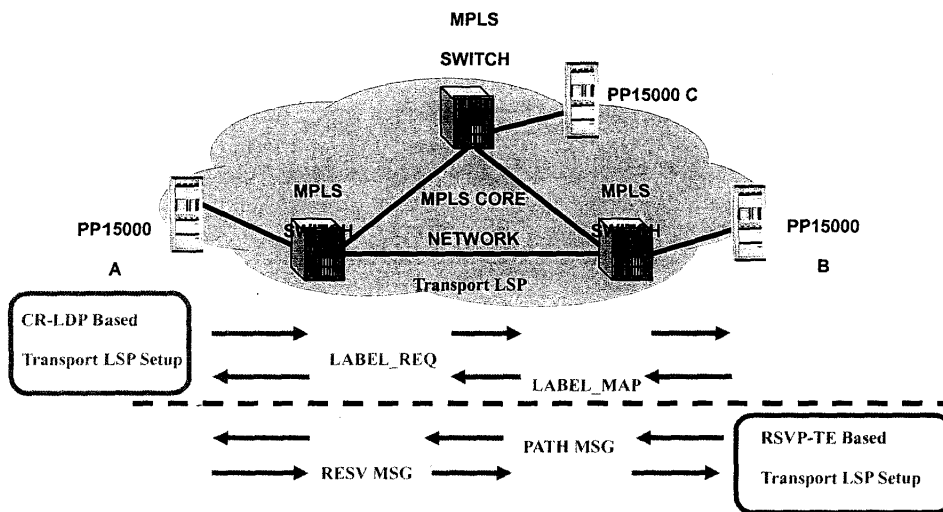


圖 5.2 ER-LSP 之建立

CR-LDP 信號協定

CR-LDP 是 MPLS 標籤發送協定 LDP 的擴充，由北電網路公司向網路工程任務機構(IETF)提出。和 LDP 不同的是，CR-LDP 支援明確的選徑參數，如：頻寬、速率上限、服務品質的保證、建立 LSP 時之優先權 (Preemption)、封包訊務參數(Traffic Parameters)等，都有做適當的擴充。

CR-LDP 的基本運作如圖 5.3 所示，Ingress LSR A 決定建立一條連結至 LSR C 的 LSP 時，會傳送一個標籤要求訊息(Label Request Message)來建立 ER-LSP 帶有所需要的訊務參數，沿著 B、C 間的一條明確路由傳遞這個請求，包括新路由所要求的訊務參數的詳細資料。LSR A 儲存新標籤交換路徑所需的資源，然後通過 TCP 交談，向 LSR B 轉發這個標籤請求。

LSR B 收到這個標籤請求訊息，確認自己並不是這條標籤交換路徑的出口，於是更改標籤請求訊息中的明確路由，然後沿著訊息指定的路由轉發這個請求。向 LSR C 發送這個訊息。

LSR C 測定它是這條標籤交換路徑的出口，為此標籤交換路徑安排資源保留並為此標籤交換路徑分配一個標籤，於 Label Mapping 訊息中，向 LSR B 發送這個標籤，這訊息包括為此 LSP 訊務參數的詳細資料。

LSR B 收到此 Label Mapping，把 Label Mapping 與最初的 Label Request 進行比較。把關於資源保留的方案最後定下來，為標籤交換路徑分配一個標籤，然後把這個新標籤通過 Label Mapping 射請求發送給 LSR A，當 LSR A 收到標籤對應訊息時 ER-LSP，於是被建立。

在 LSR A 不用再分配一個標籤向上游 LSR 轉發，因為它是新標籤交換路徑的 Ingress LSP。

CR-LDP 為 Hard state 的連線協定，此方式表示連線訊息只須傳送一次此後就不須在做更新(Refresh)。

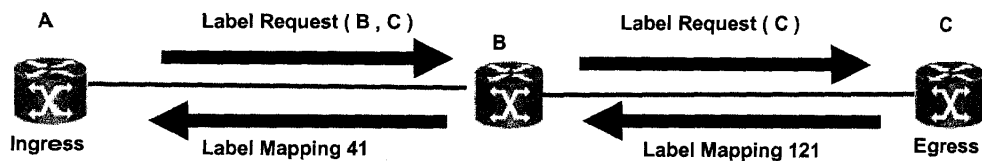


圖 5.3 以 CR-LDP 建立 ER-LSP

RSVP-TE 信號協定

RSVP 原來被設計為 Internet 資源預留協議，MPLS 選擇 RSVP 的擴充成為信號系統以支持 LSP 的建立，使其能自動地避開網路故障及阻塞。RSVP-TE 是 MPLS 標籤發送協定 RSVP 的擴充，RSVP-TE 的基本運作如圖 4.7 所示，當 Ingress LSR A 需要建立一條到 LSR C 的新的 LSP 時。由交談所需的訊務參數或網路管理策略使 LSR A 決定這條新的標籤交換路徑應該通過 LSR B，建立交談的資訊至 PATH 訊息內而目的地端則以 RESV 訊息回應。

RSVP-TE 的基本運作如圖 5.4 所示，LSR B 收到路徑請求，測定它並不是這條標籤交換路徑的出口，然後按照請求提出的路由轉發這個請求。它修改這條路徑訊息中的明確路由，再把這條訊息發給 LSR C。

LSR C 測定它就是這條新標籤交換路徑的出口，由所請求的訊務參數決定需要保留多少頻寬，並且分配所需的資源。他選定一個為這條新標籤交換路徑的標籤，然後在一條 Resv 訊息中，向 LSR B 分發這個標籤。這條訊息中還包含標籤交換路徑所需預留資源的實際細節。

LSR B 收到這條 Resv 訊息，並使用同時包含在路徑和 Resv 訊息中的 LSP ID 與最初的請求比較。然後由 Resv 訊息中的細節來決定需要預留哪些資源，為標籤交換路徑分配一個標籤，設置轉發路由表，在一條 Resv 訊息中向 LSR A 傳送這個新標籤。

在 LSR A 不用再分配一個標籤向上游 LSR 轉發，因為它是新標籤交換路徑的 Ingress LSP，較詳細的運作流程如圖 5.5，5.6 所示。

RSVP-TE 為 Soft state 的連線協定，此方式表示連線訊息須週期地更新 PATH 與 RESV 訊息。

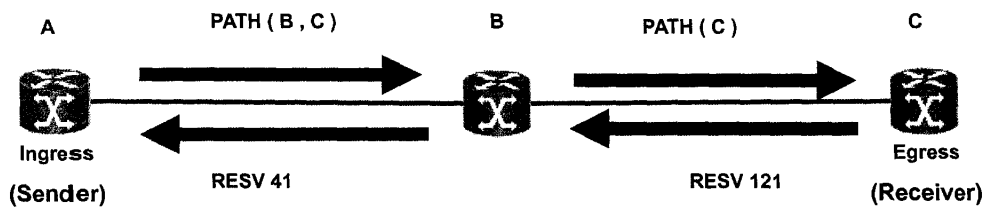


圖 5.4 以 RSVP-TE 建立 ER-LSP

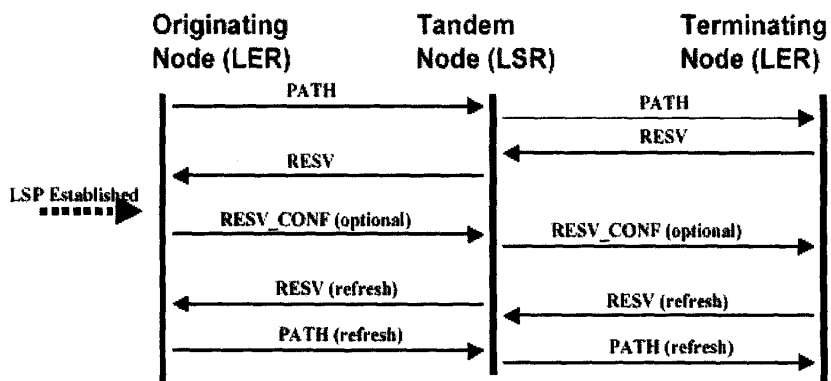


圖 5.5 ER-LSP 建立

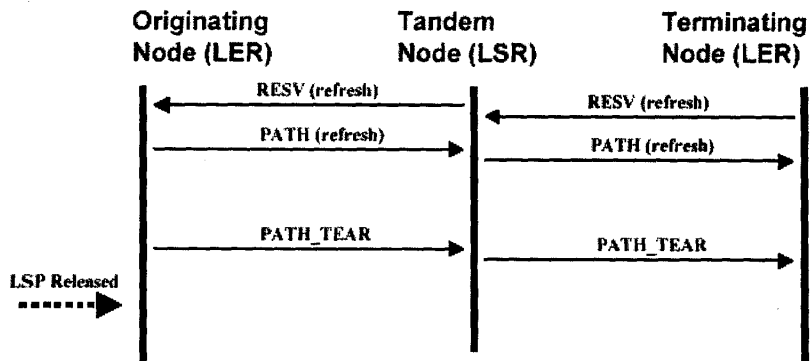


圖 5.6 ER-LSP 釋放

5.4 Traffic Protection

MPLS 訊務工程中的快速重路由技術 (Fast Reroute) 可以達到毫秒級的鏈路保護功能，此技術是通過一條為防止主要路徑故障而設置的備用 LSP，為每個鏈路和節點提供迂迴的路由來進行保護。一旦主要鏈路發生故障，將會立即由其上游節點檢測到，然後快速啟用此備用 LSP，將訊務立即切換至此 LSP，並且在最後由路由協議和相應的標籤分發協議來確立 LSP 的正常運作。傳統的 SDH 恢復時間量級在 50ms，而傳統 IP 路由的恢復時間量級在幾十秒，目前 MPLS Fast Reroute 所必須花費的時間大致介於 IP 路由恢復和 SDH 恢復之間。

快速重路由的優點是切換速度快，然而它需要很多備份資源。在實際應用中我們可以對關鍵路徑實現保護，減少對網路的影響。目前，MPLS 訊務工程主要用在訊務比較重要和繁忙的核心部分。

目前，網路應用日漸普遍，網路必須能夠在故障發生時，保證其連續性以及服務品質。而隨著光纖技術的發展，鏈路傳輸速率已達數十 Gb/s。就算只有一條鏈路損壞，也將會產生大量的損失，目前 IP 路由協定的恢復機制必須花費幾秒到幾分鐘的時間，這將導致大量訊務的流失，進而造成網路效能以及服務品質的低落。

MPLS 網路訊務保護機制的基本原理，是在節點檢測到故障發生之後，立即通知相關的 LSR (Label Switch Path) 進行路由的重新選擇，將受影響的訊務轉移到備用的迂迴路由以完成故障恢復。完成故障恢復的成功與否有賴於下列兩大因素：一是能夠建立用來傳送受故障影響的訊務量的備用路徑；另一是該備用路徑要能夠滿足受影響訊務對 QoS 的要求。這兩個問題的解決需要結合網路設計規劃以及故障恢復演算法。

為了避免 MPLS 網路因故障而影響到訊務的正常傳輸，比較重要和繁忙的核心訊務之 LSP 都應受保護。LSP 有兩類：承載正常訊務的主要路徑和發生故障時使用的備用路徑。當網路發生故障時，MPLS 把主要路徑切換到備用路徑上，從而提供快速的恢復。

主要 LSP 和備用 LSP 是同時建立的，當主要 LSP 上的某一 LSR 檢測到故障發生時，它將會向入口 LSR 發送故障通知，並且由 LSR 把訊務切換到備用的迂迴路由上。為了提高資源的使用效能，在網路正常時，備用 LSP 上將承載低優先順序的訊務，如 Best Effort 訊務。一旦故障發生，頻寬將會被高優先順序的訊務優先使用，或者將備用 LSP 上預留的頻寬全供重要訊務使用。如果不預留頻寬的話，一旦故障發生，備用 LSP 的傳輸效能將不保證能夠滿足對 QoS 的期待需求。另外，為了提高故障恢復的成功率，備用路徑最好能夠根據網路狀態的變化及時更新。

保護主要有分下列幾種類型

- ◆ Path protection
- ◆ Local protection

而 Local protection 又分成如下兩種類型

- Link protection
- Node protection

◆ Path protection

所謂的 Path protection 是額外增加一條 LSP 以供受保護路徑失效時使用，此 LSP 有時候稱為備用、第二或者待命 LSP，這個備用的 LSP 平時並不傳輸訊務，只有在原 LSP 發生失效的狀況時，才會發生效用。每一條主要的 LSP 都受到一條待命 LSP 的保護。主要和備用兩條 LSP 都是由路口端路由器所規劃，並均有同樣的限制。舉例而言，主要 LSP 保留 100 Mbps 頻寬，則備用的 LSP 也必須保留 100 Mbps，如此一來，端對端的特性實質上將能維持不變。另言之，如果您希望主要和備用 LSP 分享同樣的頻寬特性，那麼他們便須保留同樣的頻寬，如圖 5.7 所示：

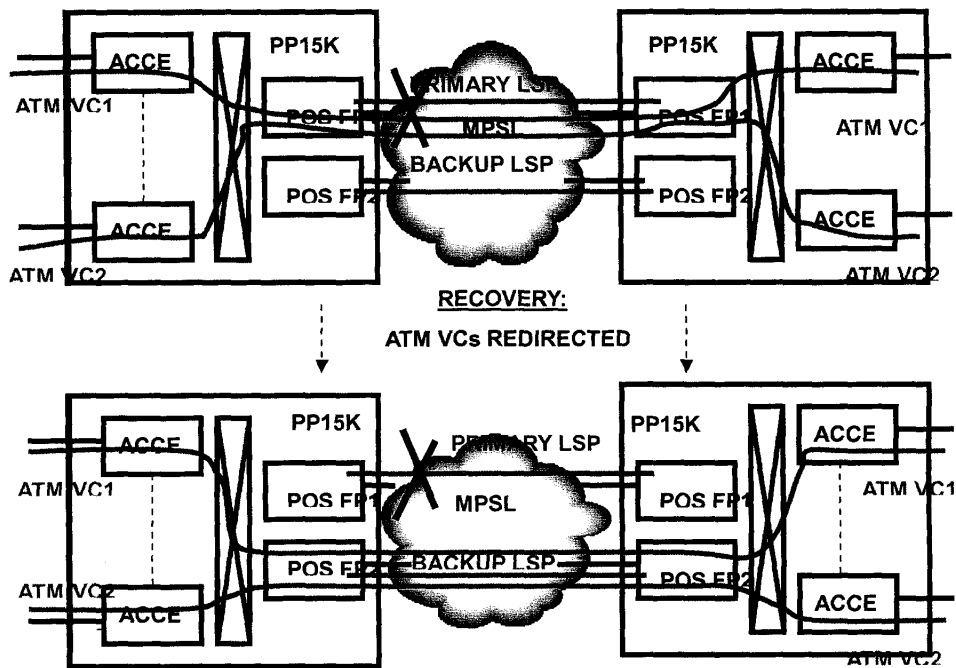


圖 5.7 Path protection 示意圖

◆ Local protection

Local protection 是為了確保部分主要 LSP 的正常運作而架設的備分隧道，而且就如同 Path protection 一樣必須預先設置。此保護方式的用途是在部分鏈路或節點失效時，用來代替失效的路徑傳送訊務。Local protection 有幾項優越於 Path protection 的特性—更快的失效回復能力以及更有效地節省網路資源。

◆ Link protection

現今的許多網路部署之中，我們常見到重要與不重要的訊務同時在高頻寬鏈路中傳輸。如果 MPLS TE 部署在此中網路，它將能幫助優先與低優先訊務的分流。在有助於提升效率的前提下，MPLS TE 將會提供重要訊務較完善的保護，並同時忽視較不具重要性的訊務，在此種鏈路保護機制的作用下，您將可確保在鏈路中傳送的重要訊務不至流失，如圖 5.8 所示：

◆ Node Protection

如果受保護鏈路的下游節點故障而造成受保護鏈路失效，訊務的傳輸也會同時中斷，此時您或許必須利用另外一條路徑來傳送訊務，以避免受節點故障所造成的損失，此即為 Node protection，如圖 5.8 所示。如果節點保護機制啟動，您將同時避免連接至該節點之鏈路的故障。

Link 和 node protection 擁有各自的保衛功能以及各自的使用限制。由於您不需要時時保護網絡中的每一個單元，所以上述二類防衛機制有效地保護較重要訊務的功能就發揮了相當大的效益。

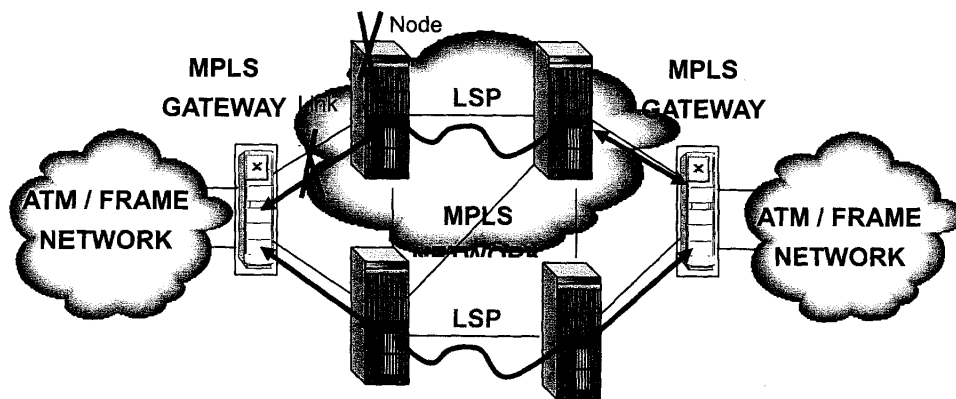


圖 5.8 Link 及 Node Protection 示意圖

5.5 訊務工程的實現

MPLS 訊務工程可以控制訊務在網路所走的路徑，避免訊務流向擁塞的節點，可充分利用網路資源，主要是要保證客戶之服務品質得到滿足，MPLS 訊務管理機制包含路徑的選擇、負載均衡、路徑備份、故障恢復、路徑優先順序及碰撞。

1. 路徑的選擇

MPLS 為 IP 封包選擇一條從源頭位址到目的地址的路徑，網路的中間節點不需要再為 IP 封包選擇路由，僅需根據 CR-LDP 或 RSVP-TE 訊號中攜帶的明確路由資訊即可以將 IP 轉發到下一跳。這種明確路由的選擇是在 MPLS 入口節點 LSR 上完成的。這種明確路由的優點就是，網路管理者可以根據網路資源合理地引導訊務的流向，可以避免網路訊務流向已經擁塞的節點。

2. 負載均衡

MPLS 可以使用兩條或多條 LSP 來承載同一個客戶的 IP 訊務流，合理地將客戶訊務流分攤在這些 LSP 之間，這樣可以均衡網路鏈路的負載，避免鏈路擁塞。

3. 路徑備份

MPLS 訊務工程可以提供 LSP 的備份，我們可以配置兩條 LSP：一條處於啟動狀態，另外一條處於備份狀態在網路正常運行的情況下不佔用鏈路的資源，網路鏈路的資源可以用於其他資訊的傳送，而當主 LSP 故障時訊務流立刻自動切換到預留的備份 LSP 上。直到主 LSP 從故障中恢復，訊務再從備份的 LSP 切回到主 LSP。

4. 故障恢復

當一條已經建立的 LSP 在某一點出現故障時，故障點的 MPLS 會向上游發送 Notification 告警消息，通知上游的入口 LSR 重新建立一條 LSP，來替代這條出現故障的 LSP。上游的入口 LSR 就會重新發出 Request 請求消息，建立另外一條 LSP，來保證客戶訊務的連續性。

5. 路徑優先順序及碰撞

在網路資源匱乏的時候，我們應保證優先順序高的訊務優先使用網路資源，即使已經建立的 LSP 也應斷開，留出資源給高優先順序的訊務使用。這就是通過設置 LSP 的建立優先順序和保持優先順序來實現的。每條 LSP 有 8 個建立優先順序和 8 個保持優先順序。建立優先順序高的 LSP 首先建立，並且如果某條 LSP 建立優先順序高於另外一條已經建立的 LSP 的保持優先順序，那麼它可以將已經建立的 LSP 撞開，盜用網路資源使用。

5.6 Traffic Management and QoS

網際網路的盛行，網路技術的應用也愈趨多元化，除了傳統的數據資料之外，多媒體資料如影像及語音都在網路上大量地傳遞著，多媒體遠距教學以及線上遊戲即為今日網路多元應用的最佳例證，為了能同時傳遞這些不同特性的資料，網路必須有能確保服務品質以及傳輸頻寬的機制。訊務管理的目的是為了達到 QoS 最佳化，並且平衡網路傳輸品質與網路資源最大使用量的衝突。

ATM 定義四種服務等級：CBR、VER、ABR 和 UBR。VBR 又分為 VBR-RT 和 VBR-NRT。

- CBR 固定位元速率(constant bit rate, CBR)使用時為固定頻寬適合即時語音和視訊服務的客戶，保證有一定的服務品質，類似專線服務。
- VBR 變動位元速率(variable bit rate, VBR)等級又分為即時(VBR-RT)和非即時(VBR-NRT)。VBR-RT 適用於需要即時服務的客戶所設計，例如視訊會議。VBR-NRT 為那些不需要即時服務的客戶所使用。
- ABR 可用位元速率(available bit rate, ABR)等級以最低的速率傳遞細胞。ABR 並未預留頻寬，如果有更多可用的頻寬時，則可以超出最低速率。ABR 最適合於突發性傳輸的應用。
- UBR 未指定位元速率(unspecified bit rate, UBR)等級是「盡最大努力服務」式的傳遞服務，無 QoS 能力。只要 ATM 網路有壅塞，UBR 細胞是最先被丟棄。它並不做任何保證。

各種 ATM 服務類型的特性如表三

服務特性	CBR	RT-VBR	NRT-VBR	ABR	UBR
頻寬保證	是	是	有	可選擇	否
即時服務	是	是	否	否	否
突發通信	否	否	是	是	是

表三 ATM 服務類型

服務品質(quality of service, QoS)定義一組與連線效益有關的屬性。使用者可對每一條連線要求某一特定屬性，每一個服務等級都有一組相關的屬性。我們可針對網路和使用者相關的屬性分類。

使用者相關屬性

使用者導向定義的是使用者需要多快的傳輸速率之屬性，這是使用者與網路協商時所定的協議。以下是使用者的一些屬性：

- SCR 持續細胞速率(sustained cell rate, SCR)是經過一段長時間的細胞速率平均值，網路保證傳送且不會讓細胞漏失的的最大傳輸量。
- PCR 尖峰細胞速率(peak cell rate, PCR)代表一條鏈路可以傳送的最高速率。只要使用者能保有 SCR，其細胞速率可達到這個值。
- MCR 最小細胞速率(minimum cell rate, MCR)是訂定網路傳送的最低速率，以確保用戶的網路使用效能。
- CVDT 細胞變動延遲容許範圍(cell variation delay tolerance, CVDT)是細胞傳輸時間上變化的量測，亦即相鄰兩細胞抵達的時間間隔的變化程度。
- MBS 大突發量(Maximum Burst Size in cells)在以 PCR 速率傳送時，在符合契約下突發性細胞能被傳送之最大數量

網路相關屬性

網路相關屬性定義的是網路的特性。以下為一些網路相關的屬性：

- CLR 細胞遺失比(CLR)定義傳輸中細胞遺失的比率。
- CTD 細胞傳送延遲(cell transfer delay, CTD)是細胞從來源到目的地所需的平均時間。
- CDV 細胞延遲差異(cell delay variation, CDV)是最大的 CTD 與最小 CTD 之差。
- CER 細胞錯誤比(cell error ratio, CER)定義細胞傳輸錯誤的比例。

MPLS 和 ATM 可分享 ATM 的訊務管理能力，一旦 QoS 映射完成，所有 MPLS 訊務將視同 ATM 訊務，某些 ATM 訊務控制機制，如排隊、排程和允入控制(頻寬保留)也適用於 MPLS 訊務。其他如訊務整形、訊務策略和封包拋棄機制於 Passport PCR3.1 尚未適用，於未來新版本更新時應會加入。

必須特別注意的是，MPLS 是單向性的通訊協定，這代表頻寬將只保留給資料傳送的方向，接受的方向則沒有保留頻寬。

頻寬管理 “Ships in the Night”

Passport 允許服務供應者執行 ATM 和 MPLS 控制面於同一種交換機以及運行於相同 ATM 環境的鏈路，這就是所謂的” Ships in the Night” (如圖 5.9 所示)。在此模式下，Passport 允許 ATM 和 MPLS 在同一條鏈路上分享頻寬。在一個分享模式下，ATM 和 MPLS 最多可以同時分享四個頻寬池(Bandwith pools)(如圖5.10)。必須注意的是 Protocol partitioned 此模式不適用於目前 Passport PCR 的版本。

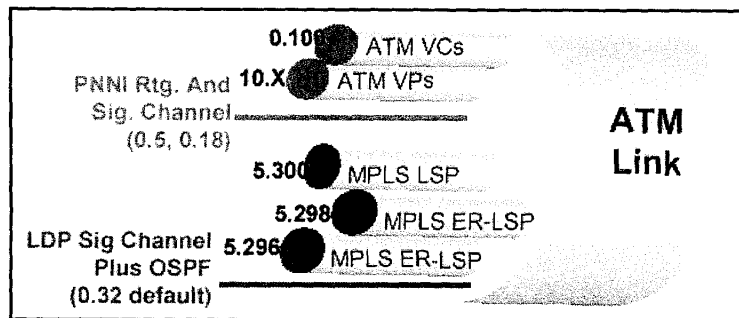


圖 5.9 MPLS and ATM ships in the night

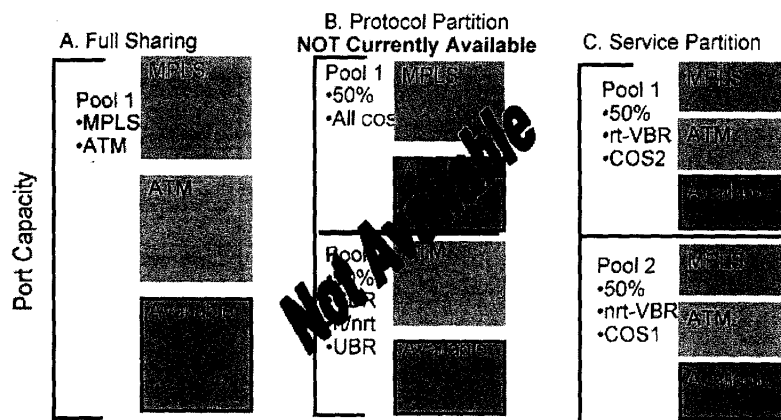


圖 5.10 ATM 和 MPLS 頻寬池例

鏈路允入控制(Link Admission Control)

所謂的鏈路允入控制，即為在不影響現有用戶使用效能的前提下，依據本身網路的支援條件來決定是否接受訊務，以保護網路不至於過載。MPLS 訊務工程實現鏈路允入控制於 LSP 路徑上的每一個節點，當路徑上的一個節點接收到 LSP 建立的訊號，此節點(或為 Passport)隨即建立鏈路允入控制。鏈路允入控制將會依照 LSP 對於路由的限制來決定節點是否可接受此 LSP。如果節點可以接受這個 LSP 的要求，它便會保留適當的資源供此 LSP 使用，否則此 LSP 將會把資源不足的信號回報至源頭。

CR-LDP 的 QoS

Passport 能讓 CR-LDP 之 frequency parameter 對應 Passport 的 emission priority，當 LSP 建立時，服務供應商即會設定此 LSP 的限制條件。Frequency 將會指示一條 LSP 將被給予多頻繁的 committed rate，LSP 所對應的服務品質(QoS)有三種等級，分別為 very frequent、frequent 以及 unspecified。舉例來說，一條等級為 very frequent 且擁有最高 emission priority 的 LSP，它將被提供最小延遲傳訊的服務。

MPLS 訊務參數對應 ATM 的服務目錄可定義出 QoS 的服務等級，如表二所示。

Service Category	PDR	PBS	CDR	CBS	EBS	Frequency	Conditioning Action
CBR 1	PCR (CLP0+1)	CDVT	=PCR (CLP 0+1)	CDVT	0	Very Frequent	Tagging =No
VBR.3 (rt)	PCR (CLP0+1)	CDVT	SCR (CLP 0)	MBS (CLP 0)	0	Frequent	Tagging =Yes
VBR.3 (nrt)	PCR (CLP0+1)	CDVT	SCR (CLP 0)	MBS (CLP 0)	0	Unspecified	Tagging =Yes
UBR	PCR (CLP0+1)	CDVT			0	Unspecified	Tagging =No

表二

MBS 和 CDVT 的轉換的轉換公式如下：

$$PBS = 1 + \frac{CDVT}{[1 \div PCR] - [1 \div link\ rate]}$$

當 ER-LSP 設立於 ATM 環境，MPLS 訊務如同 ATM 訊務，ER-LSP 的頻寬保留和訊務管理將等同於 ATM 服務目錄依照訊務參數所做的指示。

當一條 LSR 決定是否接受特定的 LSP 從 Data rates 轉換到 cell rates 時(請注意 CR-LDP 訊務參數是以 bytes per second 來描述，但是 ATM 於 passport 是以 cells per second 來表示)，轉換公式如下：

Formula PCR(c/s)=PDR(bytes/sec) / 48 (bytes/cell)
 SCR(c/s)=CDR(bytes/sec) / 48 (bytes/cell)
 MBS(cells)=CBS(bytes) / 48 (bytes/cell)

RSVP-TE QoS 的相關資訊

Passport PCR 4.2 目前尚未支援 RSVP-TE 於 ATM 環境中作為 LSR 的功能。所以在 RSVP-TE 方面，可能必須等待版本的更新後，功能才能完整。

IETF 提出了 IntServ 和 DiffServ 兩種基本模型來解決 IP QoS 的保證問題。IntServ 是依照應用程式對於服務品質的需求來規劃網路的資源。DiffServ 則依據事先規劃好的分類規則，將訊務封包分類，並依照分類後的優先等級順序來處理訊務封包。由於 IntServ 擴展性不易，故以 DiffServ 較獲得業界普遍的支持。

IETF 在制定 MPLS 標準時，並未限定 MPLS 必須提供何種 QoS/CoS (Quality of Service/Class of Service)的機制，因為 DiffServ 的架構是在 Ingress 端，將封包分類並貼上 DSCP 碼，在其後的所有傳送過程中，每一路由器排程(Scheduling)封包皆依據此 DSCP 碼，如此便能提供差別等級的服務。此與 MPLS 在 Ingress 把封包貼上 Label，並將所有路由器依此 Label 來傳送封包的架構非常類似，因此 DiffServ 非常適合與 MPLS 來搭配，使 MPLS 具備 QoS/CoS 的能力。

DiffServ 的主要特點為，將訊務種類分流為不同的 Level，不同 Level 的訊務將會得到不同的網路傳輸品質。利用 IP 的 TOS 欄位來作為不同 Level 的區分，此欄位在 DiffServ 中則稱為 DSCP。根據 DSCP 值，Router 會依據 level 而給予不同品質的轉送服務。在 DiffServ 的架構中，Router 主要分為兩種，Edge Router 與 Core Router。Edge Router 是與使用者或其他 Domain 連接的 Router，主要的功能在於封包的分類、監督每一條流量的使用情形，並為封包標示等級，以確保傳輸時得到其應有的品質。

封包轉送機制的複雜度比 IntServ 簡易許多，並可以較高的 QoS 要求。使用者將可依據自己的需求來選擇網路的服務品質。

由於 DiffServ 將會是解決 IP QoS 保證問題的有效途徑。各家電信業者目前都正在致力於研究結合 MPLS 及 DiffServ 的有效技術，以追求當前 IP 網路的服務品質。

目前對應於支援 MPLS DiffServ 的 LSP 有兩種類型：單一類別 LSP 和多類別 LSP。假若特定 LSP 中轉發的所有 MPLS 封包均屬於同一種 DiffServ 轉發類別，則此 LSP 稱為單一類別 LSP，否則便稱為多類別 LSP。

在單一類別 LSP 中待轉發的封包共同使用節點內部對應此特定轉發類別的綜合資源，這些經標籤封裝後的封包不必利用其標籤內的 EXP 對特定轉發類別進行標識，但可以在 EXP 欄位內標識該封包的丟棄優先順序。

對於多類別的 LSP，封包攜帶的標籤內部 EXP 欄位不僅可以標識該封包的丟棄優先順序，還可以指明此封包所屬的 DiffServ 類別，傳輸封包將利用 MPLS Label 標識的 DiffServ 類別資訊獲取節點內相應的資源。

6. 實習心得與建議

電信市場開放之後，各家業者競相投入市場，電信網絡的市場環境正因應不同等級與類型的客戶需求而不斷地變化，對於服務要求品質的標準也越來越嚴格，來自各家業者的激烈競爭已是無可避免的趨勢。因此網路寬頻化、IP 化、服務多樣化、品質高效化必定是公司未來必須著墨較深的方針，業者若是想要脫穎而出，就必須不斷地提供更有創意且更具備附加價值的服務。建設寬頻 Managed IP 網路即是滿足此一目標的良好解決方案，也是我們現階段最值得努力的方向。若要有效整合訊務工程(Traffic Engineering)及 QoS 等問題，發展 MPLS 技術工程似乎是當前最佳的解決之道。

隨著通信與資訊科技的飛速發展，客戶對於下一代網路所能帶來的效益以及 QoS 充滿了期待以及更高的審核標準，因此提供更快速、穩定且多樣性的服務將是我們未來努力的目標。追求服務品質的完美是永無止境的，希望公司相關單位能致力於創造更完善的系統環境，提供客戶更優質的服務。

在現今的網路中，數據傳輸的訊務量已有凌駕傳統語音訊務量的趨勢，IP 的應用將逐漸躍升為市場的主流。在過去的窄頻網路時代，有一套很完整的查測及網管機制，以提供設計、網管以及查測人員參考，而目前的寬頻訊務中，此機制仍未夠完善，建請公司相關單位儘速建立此機制，相信必能提升客戶的滿意度以及公司的競爭力。