

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別: 實習)

## 「實習 IPv6 技術及網路規劃」報告

服務機關：中華電信股份有限公司  
數據通信分公司

出國人：職 稱 姓 名  
助理工程師 羅宏任

出國地點：美國舊金山

出國期間：91 年 11 月 03 日至 91 年 11 月 16 日

報告日期：92 年 4 月 30 日

H6/  
C09104793

系統識別號:C09104793

公務出國報告提要

頁數: 38 含附件: 否

報告名稱:

實習IPv6技術及網路規劃

主辦機關:

中華電信數據通信分公司

聯絡人/電話:

/

出國人員:

羅宏任 中華電信數據通信分公司 網際網路處 助理工程師

出國類別: 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 11 月 03 日 - 民國 91 年 11 月 16 日

報告日期: 民國 91 年 04 月 30 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: IPv6

內容摘要: 在寬頻網路的持續發燒下，加上無線通訊技術及3G行動通訊產業之推動，不但行動電話、個人數位助理(PDA)等設備將有行動上網的需求、另外舉凡電冰箱、冷氣機、電鍋等各式家電產品都可能藉由連網方式加以遠端遙控，而這些上網連線的裝置，將藉由IP位址加以辨識和控制，IP位址需求量因而大為增加。如何提供充足的IP位址空間，以及如何提供上網連線的服務品質(QoS)、移動性(Mobility)、網路安全(Security)、頻寬保證、分級服務(Differentiated Service)等機制，對於未來網路應用及推展而言顯得格外重要，傳統IPv4已無法滿足需求，推動新一代協定IPv6乃成為當務之急。本報告書為赴美國「實習IPv6技術及網路規劃」心得報告，本報告書共分四大單元，第一單元說明本次實習的目的，第二單元說明本次實習行程及課程，第三單元說明IPv6技術及網路規劃相關資訊，第四單元為實習心得與結論。其中第三單元內容包括：IP概述、各國IPv6發展現況、IPv6設備發展現況、IPv4/IPv6的轉移機制、及總結。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

# 出國報告

中華電信數據通信分公司

92年4月15日版

## 摘 要

在寬頻網路的持續發燒下，加上無線通訊技術及 3G 行動通訊產業之推動，不但行動電話、個人數位助理(PDA)等設備將有行動上網的需求、另外舉凡電冰箱、冷氣機、電鍋等各式家電產品都可能藉由連網方式加以遠端遙控，而這些上網連線的裝置，將藉由 IP 位址加以辨識和控制，IP 位址需求量因而大為增加。如何提供充足的 IP 位址空間，以及如何提供上網連線的服務品質(QoS)、移動性(Mobility)、網路安全(Security)、頻寬保證、分級服務(Differentiated Service)等機制，對於未來網路應用及推展而言顯得格外重要，傳統 IPv4 已無法滿足需求，推動新一代協定 IPv6 乃成為當務之急。

本報告書為赴美國「實習 IPv6 技術及網路規劃」心得報告，本報告書共分四大單元，第一單元說明本次實習的目的，第二單元說明本次實習行程及課程，第三單元說明 IPv6 技術及網路規劃相關資訊，第四單元為實習心得與結論。其中第三單元內容包括：IP 概述、各國 IPv6 發展現況、IPv6 設備發展現況、IPv4/IPv6 的轉移機制、及總結。

# 目 錄

1. 實習目的 .....	3
2. 實習行程及課程 .....	4
3. IPv6 技術及網路規劃 .....	5
3.1 IP 概述 .....	5
3.1.1 IPv4 的發展及現況 .....	5
3.1.2 IPv4 與 IPv6 封包格式之比較 .....	6
(1) IPv4 表頭格式 .....	6
(2) IPv6 表頭格式 .....	7
3.1.3 IPv4 及 IPv6 位址表示方式 .....	8
3.1.4 IPv4 及 IPv6 位址分級架構 .....	9
3.1.5 IPv6 的特性 .....	12
(1) 具有較大的位址空間 .....	12
(2) 整合認證及安全的機制 .....	12
(3) 具有較高的路由效率及最佳化 .....	13
(4) 具有服務品質的保證 .....	13
(5) 具有自動設定及行動性的功能 .....	13
(6) 簡化網路管理程序 .....	15
(7) 簡化檔頭設計 .....	15
(8) 可擴充性設計 .....	15
3.2 各國 IPv6 發展現況 .....	15
3.2.1 日本 .....	15
3.2.2 韓國 .....	16
3.2.3 中國大陸 .....	16
3.2.4 美國 .....	17
3.2.5 歐洲 .....	17
3.2.6 台灣 .....	17
3.3 IPv6 設備發展現況 .....	18
3.3.1 Cisco IPv6 .....	18
3.3.2 Juniper IPv6 .....	22
3.3.3 6WIND IPv6 .....	25
3.4 IPv4/IPv6 的轉移機制 .....	25
3.4.1 Dual Stack .....	26
3.4.2 Tunnel .....	26
(1) Configured Tunnel .....	27

## 2. 實習行程及課程

研習目的：實習 IPv6 技術及網路規劃

研習國家：美國

研習時間：91 年 11 月 3 日至 91 年 11 月 16 日

研習行程：

研習日期	研習地點	研習課程
91/11/3	去程	
91/11/4~ 91/11/6	Cisco	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 實習 Introduction to IPv6 Technology and IPv6 Transition Methods。</li><li>▪ 實習 Introduction to Cisco Gigabit Switch Router Technology。</li></ul>
91/11/7~ 91/11/8	Juniper	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 實習 Introduction to IPv6 Technology and IPv6 Transition Methods。</li><li>▪ 實習 Introduction to Juniper Network Router Technology。</li></ul>
91/11/11~ 91/11/14	AT&T	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 實習 Implementation of IPv6 Technology。</li></ul>
91/11/15~ 91/11/16	回程	

### 3. IPv6 技術及網路規劃

#### 3.1 IP 概述

在網際網路蓬勃發展的潮流裏，人們的生活已無法與網路脫離，以 IP(Internet Protocol)技術為基礎的網際網路服務，已是全球的共同趨勢，尤其近年來寬頻非對稱式數位迴路(ADSL)、纜線數據機(Cable Modem)及乙太網路(Ethernet)網際網路用戶持續快速成長，再加上無線通信超乎預期的蓬勃發展，促成大家對網際網路充滿的熱切期待，即便這兩年來的開發中的第三代行動通信(3G)網路，最終之目標也就是構建全 IP 化的核心網路，同時提供語音、數據與影像等多媒體整合服務，再加上寬頻駐網(Always-on)的連網型式日漸普遍，建立一個多樣性存取(Access-independent)的 IP 網路絕對是必然的趨勢。

現行所使用的 IP 協定為 IP version 4 (簡稱為 IPv4)，開發至今已逾數十年，而在其蓬勃發展的同時，如何解決現有面臨的問題及因應未來更多樣化的的網路需求，遂成為要維持 IP 網路發展的最重要課題。未來的世界不僅是人人上網，各種家電及休閒影音娛樂設備等都會連上 Internet。如此多采多姿的網際網路資訊世界，將導致現今使用之網際網路通信協定-32 位元的 IP 網路定址方式，已加速面臨位址即將耗盡的問題。此外，未來的網路應用服務對於各種服務品質的要求亦不斷的提高，舉凡網路安全、行動數據、頻寬保障、及分級服務等，傳統 IPv4 所定的相關協定已漸無法滿足未來網際網路需求。

網際網路策劃委員會(Internet Engineering Task Force；IETF)與下一代網際網路通信協定工作群組(Ipng 及 Ngtrans)於 1995 年起，開始討論所謂的新一代網際網路通信協定 IPv6 (IP Version 6)之後，經過這幾年的努力，IPv6 相關標準已漸趨完備。

##### 3.1.1 IPv4 的發展及現況

Internet 起源於 1968 年開始研究的 ARPANET，當時的研究者們為了給 ARPANET 建立一個標準的網路通信協議而開發了 IP 協議。開發者當時認為 ARPANET 的網路數量不會超過數十個，因此他們將 IP 協議的位址長度設定為 32 位元，其中前 8 個位元用以標識網路，其餘 24 個位元用以標識主機。然而隨著 ARPANET 日益膨脹，IP 協議開發者認識到原先設想的標識網路的方式已經無法滿足實際需求，相對的因應技術也隨之誕生，其中包括非分類之領域間路徑選擇 (Classless InterDomain Routing, CIDR) 及網路位址轉譯 (Network Address Translation, NAT) 等技術。

- (1) 非分類之領域間路徑選擇 (Classless InterDomain Routing, CIDR)：此技術是節省傳統 IP 分類(Classical)位址配發的一個措施。CIDR 的原理是為那些擁有數千個網路主機的使用者分配一組連續的「類別 C (Class C)位址」，而非分配一整個「類別 B (Class B)位址」。例如，假設某個企業網路有 1,500 個主機，那麼可為該使用者分配 8 個連續的「類

別 C 位址」，例如：192.56.0.0 至 192.56.7.0，並將子網遮罩設定為 255.255.248.0，即位址的前 21 位元標識網路，其餘的 11 位元標識主機。儘管使用 CIDR 技術可以保護類別 B 位址免遭無謂的消耗，但是依然無法從根本上解決 IPv4 面臨的位址耗盡問題。

- (2) 網路位址轉譯 (Network Address Translation, NAT)：它是一種將無法在 Internet 上使用的「私有 IP 位址 (Private IP)」轉譯成可以在 Internet 上使用的「公共 IP 位址 (Public IP)」的機制。NAT 技術使得企業不必再為無法得到足夠的合法 IP 位址而發愁了，它們只要為內部網路主機分配 Private IP 位址，然後在內部網路與 Internet 介接點設置支援 NAT 的路由器，此路由器僅需具備由少量 Public IP 位址組成的 IP 位址池，就可以解決大量內部主機連線 Internet 的需求了。由於目前要想得到一個類別 A 或類別 B 位址十分困難，因此許多企業紛紛採用 NAT 的機制。然而，NAT 也有其無法克服的弊端。首先，NAT 會使網路傳輸效能降低，其次 NAT 必須對所有來往 Internet 的 IP 資料進行位址轉譯，但是大多數 NAT 無法完整保留 IP 表頭的訊息，這個缺陷將導致某些必須將位址信息嵌在 IP 數據報負載中的高層應用，如 FTP 和 WINS 註冊的失敗。

### 3.1.2 IPv4 與 IPv6 封包格式之比較

IPv6 是 IETF 為了滿足現今的需求而發展出來的，IPv6 保留了 IPv4 成功之處，所以 IPv6 的原則與 IPv4 是相類似的，只不過 IPv6 做了一些修正。例如 IPv6 保留了大部分「選擇 (options)」的觀念，但是它比 IPv4 有更大的位址空間，及增加了其他新的特性，更重要的是它完全改正了 IPv4 一連串固定格式的表頭，而改用可變動長度的選擇的欄位。

#### (1) IPv4 表頭格式

IP 表頭 (IP Header) 包括版本、表頭長度、服務型態、封包長度、識別號碼、旗號、區段位移、存活時間、協定、表頭檢查碼、起始位址、目的位址等，接著才是 IP 資料。IPv4 表頭各欄位如圖 1 所示，其定義說明如下：

- 版本 (Version)：標示 IP 的版本。
- 表頭長度 (IP Header Length)：IP Header 包含固定部份和選項部份。一般只有固定部份時，其長度為 20 bytes，選項部份則長度不固定。
- 服務型態 (Type of Service)：標示此封包所期望的服務品質。
- 封包長度 (Total Length)：標示整個 IP 封包的長度、包括表頭 (Header) 及負載 (Payload)，其數值以 byte 為單位。
- 識別 (Identification)：標示封包編號 (Sequence Number)。
- 旗號 (Flag)：用來標示封包的切割與組合。
- 區段位移 (Fragment Offset)：標示此區段在原來的封包中的起始位置。
- 存活時間 (Time to Live)：標示封包所能允許經過的節點數。



- 協定 (Protocol)：標示上一層協定的種類。
- 表頭檢查碼 (Header Checksum)：標示表頭之錯誤檢查碼。
- 來源位址 (Source Adress)：標示 IP 資料的來源位址。
- 目的位址 (Destination Address)：標示 IP 資料目的位址。
- 選項 (Option)：IP 有不同的選項。
- 封包組合及拆解 (Padding)：此欄位用以填塞 IP 表頭為 32 位元的整數倍。

## (2) IPv6 表頭格式

IPv6 基本表頭長度是 IPv4 基本表頭長度的兩倍，它卻含有較少資料欄位。圖 1 顯示了 IPv6 基本表頭格式。其中大部分的空間都分配給兩個欄位，即來源位址(Source Address) 欄位與目的位址(Destination Address) 欄位，這兩個欄位各佔 16 個位元組，是 IPv4 相對欄位長度的四倍。除此之外，IPv6 基本表頭還有另外五個欄位。版本欄位說明這個協定是第六版；訊務等級 (Traffic Class)欄位；資料流標記 (Flow Label)欄位；負載長度(Payload Length) 欄位則標示資料的長度，但並不計算表頭的長度；下一表頭 (Next Header)欄位；跳躍點限制 (Hop Limit)欄位相當於 IPv4 的 Time-to-Live 欄位。

為徹底解決位址不足，IPv6 封包表頭中的來源位址欄(Source Address)及目的位址欄 (Destination Address)由原 32 位元擴增為 128 位元。此外，為改善網際網路服務品質，其他欄位也做了增減及修訂。

首先，取消以下 6 個在 IPv4 之欄位：

- 表頭長度(Header Length)：由於 IPv6 係採固定表頭長度，故不再需要。
- 服務型態(Type of Service)：此欄位由其它機制取代。
- 識別 (Identification)：由於 IPv6 只支援端點對端點(end-to-end)分割，故不再需要這些欄位。
- 旗號(Flags)：同上。
- 區段位移(Fragment Offset)：同上。
- 表頭檢查碼(Header Checksum)：靠著媒介存取(Media Access)控制程序中的檢查和，不需要再重複檢查，如此可以減少表頭處理的負擔。

其次，有三個欄位重新定義：

- 長度(Length)：由於 IPv6 表頭長度固定，IPv4 的「封包長度」欄位由 IPv6 的「封包負載長度 (Payload Length)」所取代。
- 協定 (Protocol Type)：「協定」欄位重新命名成「下一表頭 (Next Header)」，用以反映 IP 封包新的封裝架構。此外，除了原先的 UDP 協定和 TCP 協定型式外，亦可增加延伸表頭(Extension Header)。
- 存活時間 (Time To Live)：此欄位變更成「跳躍點限制 (Hop Limit)」，以跳躍節點數取代時間為單位，防止封包在網路上行成迴圈。

最後，增加二個新的欄位，用以支援即時(Real Time)訊務之需求：

- 訊務等級 (Traffic Class)。
- 資料流標記 (Flow Label)。

雖然表頭的整體長度是增加的，欄位的數目卻相對減少了。此外，選項機制(Option)是完全地被修正，選項欄位是由延伸表頭來取代且置放於 IPv6 表頭和轉送層(Transport Layer) PDU 之間，目前已經定義下列的延伸表頭。

- Hop-by-Hop 延伸表頭：定義需要 Hop-by-Hop 處理的特別選項。
- 目的選項表頭(Destination Option Header)：包含由封包最後目的地處理的透通資訊。
- 路由表頭(Routing Header)：提供延伸路由選擇，其功能與 IPv4 來源路由選項功能相同。
- 區段表頭(Fragment Header)：包含端點與端點分割與重組資訊，幾乎與 IPv4 區段控制參數是相同的。
- 認證表頭(Authentication Header)：提供封包整合與認證。
- 封裝安全負載(Encapsulating Security Payload)：提供安全保密功能。

## IPv4 & IPv6 Header

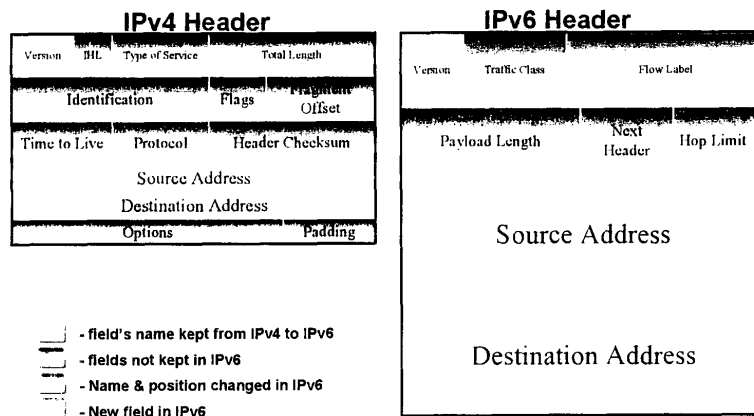


圖 1：IPv4 與 IPv6 表頭格式

### 3.1.3 IPv4 及 IPv6 位址表示方式

IPv4 的位址長度為 32 位元，IPv4 位址表示方式是將 8 個位元畫分成一個區塊，每一區塊的數值以 10 進位格式表示，各區塊間再以「.」區隔，IPv4 位址表示方式如圖 2 所示：

## IPv4 Address Format

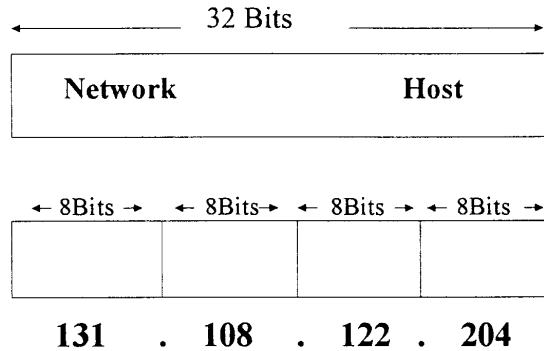


圖 2：IPv4 位址表示方式

IPv6 的位址長度為 128 位元，IPv6 位址表示方式是將 16 個位元畫分成一個區塊，每一區塊的數值以 16 進位格式表示，各區塊間再以「：」區隔，例如：

3FFE:3600:0000:2F00:02AA:00FF:FE31:5A9C；

透過移除各區塊中連續前置的「零」，可簡化 IPv6 位址的表示法，如上例可簡化為：

3FFE:3600:0:2F00:2AA:FF:FE31:5A9C。

而透過移除中置連續為「零」的 16 位元區塊，可進一步簡化 IPv6 位址的表示法，如上例可簡化為：

3FFE:3600::2F00:2AA:FF:FE31:5A9C。

### 3.1.4 IPv4 及 IPv6 位址分級架構

IPv4 位址類別，最常用大致分有三類，即「類別 A (Class A)位址」、「類別 B (Class B)位址」、「類別 C (Class C)位址」，如圖 3 所示。每一類別有其各自定義的網路識別欄位長度及主機識別欄位長度，網路識別部分位址由各國家或地區的網路資訊中心(Network Information Center, NIC)配發給網際網路服務提供者(Internet Service Provider, ISP)，通常為一組「類別 B (Class B)位址」或連續幾組「類別 C (Class C)位址」，再由各國家或地區的 ISP 業者配發給使用者。

## IPv4 Address Classes

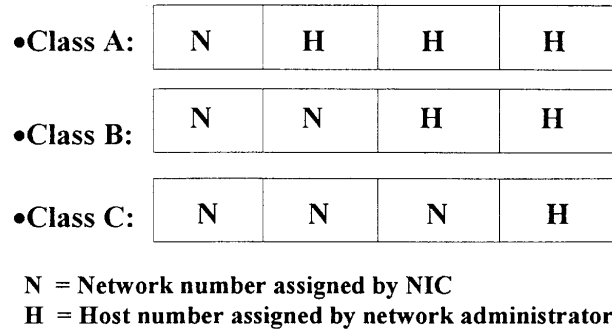


圖 3：IPv4 位址分級架構

IPv6 則為點對點通信設計了一種具有分級結構的位址，這種位址被稱為可聚合全球單點播送位址（Aggregatable Global Unicast Address），其分級結構劃分如圖 4 所示。包括起始 3 個位元的「位址類型」，13 個位元的「Top-Level Aggregator Identification (TLA ID)」、13 個位元的「Sub-TLA Identification (Sub-TLA ID)」、16 個位元的「Next-Level Aggregator Identification (NLA ID)」、16 個位元的「Site-Level Aggregator Identification (SLA ID)」、64 個位元的「Interface ID」。TLA 是與長途服務供應商和電話公司相互連接的公共網路接入點，它從國際 Internet 註冊機構如 IANA 處獲得位址。NLA 通常是大型 ISP，它從 TLA 處申請獲得位址，並為 SLA 分配位址。SLA 也可稱為用戶（Subscriber），它可以是一個機構或一個小型 ISP。SLA 負責為屬於它的訂戶分配位址。SLA 通常為其訂戶分配由連續位址組成的位址塊，以便這些機構可以建立自己的位址分級結構以識別不同的子網。分級結構的最底級是網路主機。

## Global Address Structure

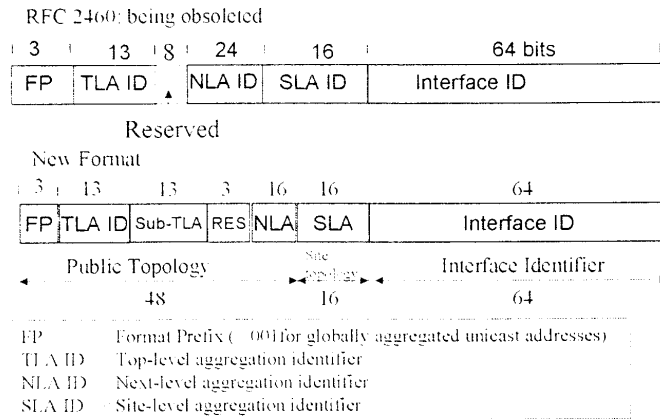


圖 4：IPv6 位址分級架構

IPv6 的位址定義三種類型為：單一播送(Unicast)位址、任一播送(Anycast)位址、及多點播送(Multicast)位址。

- (1) 單一播送位址：對單一介面的識別位址，當封包要傳送到單一播送的位址上時，此即表示封包將傳送到此單一播送位址所代表的單一介面上，由目的地位址標示接收端的主機或路由器，而封包會沿著最短路徑路由到目的地。
- (2) 任一播送位址：對一組介面的識別位址，當封包要傳送到一個任一播送位址時，即表示傳送到以此位址作為識別之多個介面中的一個。這是一種 IPv6 所提供的新位址。任一播送提供一個位址指給多個介面，通常是不同的網路主機。其目的地位址是一組共享單一地址的網路主機。其封包會沿著最短路由推進到那一組有此位址的網路主機，然後再將封包傳送給群組中的最近的一台網路主機，其最短路由根據距離衡量的路由協定決定。
- (3) 多點播送位址：對一組介面的識別位址，當封包要傳送到一個多點播送位址時，即表示傳送到以這組位址作為識別之所有介面。多點播送的目的地位址是一群網路主機，且可能散布在不同的地區。這種格式允許大量的群組編碼，每個成員可以有兩個或以上的封包接受者。透過多點播送，其封包會被傳送到群組中的每一成員。使用 IPv6，多點播送定址的應用將會更廣泛。IPv6 所帶來的多點播送定址允許更多的播送群組編碼，其中每一個群組碼可以標明兩個以上的訊息封包。除此之外，一個特定的廣播範圍可以指定給一個特定的網站中的電腦系統，或是一個網路連結，甚至可以分佈到全世界。

### 3.1.5 IPv6 的特性

IPv6 具有長達 128 位元的定址空間，可以徹底解決 IPv4 位址不足的問題；IPv6 具有良好的路由選擇能力，因 IPv6 位址空間之設計，可以調節區隔成為有彈性且有效率的全球性路由選擇階層；IPv6 新的設計可以幫助改善路由器的效能，如 IPv6 封包表頭的欄位數目固定而且縮減；IPv6 多了改良的選項機制的功能；IPv6 的封包路徑中，路由器省去了封包檢查的動作；IPv6 的路由器也不會執行封包切割(Fragmentation)而只有終端主機才能進行切割動作，以迎合不同媒介的不同 MTU 限制。以上各項改革的共同特色是都具有簡化且加速路由器的處理能力。

在 QoS 機制功能部份，IPv6 採用了由來源定址(Source Address)和資料流標籤(Flow Label)所定義的訊流(Flow)，以提供譬如 RSVP 等不同種類的服務機制。此外，在自動架構設定(Auto-configuration)方面，IPv6 除了有動態主機架構設定協定(Dynamic Host Configuration Protocol, DHCPv6) 之外，亦增加了 Stateless Auto-configuration 等新功能，除此之外，IPv6 還採用分級位址模式、支援認證和加密等許多技術，茲說明如下。

#### (1) 具有較大的位址空間

IPv4 使用 32 個位元定址，定址能力為  $2^{32}$ ，這樣的定址能力在 20 年前目的只是提供學校，研究單位用途來說，十分充裕，但面對現今與未來，家用與商用電腦甚至於一般設備皆使用網際網路的情況來說，網際網路位址明顯不足，因此 IPv6 使用 128 個位元加以定址網際網路節點，定址空間達  $2^{128}$ ，從 32 bits 擴充為 128 bits，預估地球上的每個人可分到一百萬個 IP 位址，所以未來從 PDA 到手機，甚至 CD 隨身聽、手錶等電子商品都將會有一個獨一無二的 IP 位址，可以透過網路取得更新資訊或進行遠端遙控等。

#### (2) 整合認證及安全的機制

IPv4 原為提供學校研究單位之用，使用者單純且環境也較為封閉，所以 IPv4 在設計之初並未考慮安全性問題，資料在網路上並未使用安全機制傳送，因而在早期的 Internet 時常發生企業或機構網路遭到攻擊、機密數據被竊取等網路安全事件。相較於 20 年前，現今的網際網路極為普遍，同時伴隨著大量具安全需求資訊之交換，安全性成為任何一個網路的技術都必須面對的問題，雖然 IPv4 可以夠過網際網路安全協定(IP Security, IPSec)提供安全保護，但架設及管理上都是額外的負擔，有鑑於此，IPv6 內建網路安全功能，提供點對點的安全保護能力，提供未來網際網路一個更安全的資料交換方式。IPv6 利用 Next Header 中的 Authentication Header 及 Encrypted Security Payload Header，可以對傳輸的資料進行認證及加密，未來使用者將不需透過額外的設備或軟體就可以達到 VPN 的功效。

### (3) 具有較高的路由效率及最佳化

IPv6 將位址空間使用階層式的方式劃分為 Top Level Aggregator Identifier、Next Level Aggregator Identifier、Site Level Aggregator Identifier 三層，各層負責授權 IP 網段給其下層的機構，此種管理方式使得交換的路由資訊可以經由彙整變得非常精簡。此外，IPv6 亦支援 anycast 的功能，藉由從路由器的路由表中挑選出一台最佳(最短距離或最小花費等)的主機，從而縮短回應時間並將流量負載分散及節省頻寬。

### (4) 具有服務品質的保證

IPv6 的表頭中，保留了 Flow Label 的欄位，可和 Multiple Protocol Label Switch (MPLS)的技術相配合，不同的資料流對應到不同的 Flow Label，可做為服務品質控制的依據。網際網路在早期僅提供資料交換之用，對於資料傳送品質的要求以正確性為第一優先，然而隨著多媒體，網際網路電信服務等在網際網路上遞送，IP 封包提供服務品質的特性成為其一大考驗，IPv6 在檔頭加入兩項參數，包括資料流種類(Traffic Class)與資料流標記(Flow Label)將有助於服務品質控制機制的設計。

### (5) 具有自動設定及行動性的功能

早期電腦無移動性的考量，然而隨著電腦技術的日新月異，手提式電腦，手持式設備幾乎隨手可得，人們對於網際網路支援行動功能的需求日益殷切，因此 IPv6 也在設計上加入行動 IP 的功能，以利未來支援行動網際網路。相較於 IPv4 還需加裝行動 IPv4，IPv6 內建行動支援的特性對於未來提供行動上網的服務更佳方便。

藉由網路芳鄰找尋(Neighbor Discovery)與自動定址(Auto-configuration)機制，簡化了使用者 IP 位址的設定，IPv6 網路上的主機可自動取得 IP，不需再像以往需透過手動設定。對於行動用戶來說，IPv6 的推出也是一大福音。其利用特殊的 Next Header，將路由機制最佳化，因而解決了三角路由的問題。

自動定址(Auto-configuration)機制包括全狀態自動配置 (Stateful Auto-configuration) 及無狀態自動配置 (Stateless Auto-configuration)。

- 全狀態自動配置：眾所周知，手工配置主機 IP 位址是一件費時的事情，而管理分配給主機的靜態 IP 位址更是一項艱難的任務，尤其當主機 IP 位址需要經常改動的時候。在 IPv4 中，動態主機配置協議 (Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP) 實現了主機 IP 位址及其相關配置的自動設置。一個 DHCP 服務器擁有一個 IP 位址池，主機由 DHCP 伺服器賦予 IP 位址並獲得有關的配置信息 (例如：Gateway 及 DNS)，由此達到自動設置主機 IP 位址的目的。IPv6 繼承了 IPv4 的這種自動配置服務，並將其稱

為全狀態自動配置 (Stateful Auto-configuration)。

無狀態自動配置：除了全狀態自動配置，IPv6 還採用了一種被稱為無狀態自動配置 (Stateless Auto-configuration) 的自動配置服務，如圖 5 所示。在無狀態自動配置過程中，主機首先通過將它的網卡 MAC 位址附加在鏈接本地位址之後，產生一個鏈接本地單點播送位址 (IEEE 已經將網卡 MAC 位址由 48 位改為了 64 位。如果主機採用的網卡的 MAC 位址依然是 48 位，那麼 IPv6 網卡驅動程序會根據 IEEE 的一個公式將 48 位 MAC 位址轉換為 64 位 MAC 位址)。接著主機向該位址發出一個被稱為芳鄰找尋 (Neighbor Discovery) 的請求，以驗證位址的唯一性。如果請求沒有得到響應，則表明主機自我設置的鏈接本地單點播送位址是唯一的。否則，主機將使用一個隨機產生的介面 ID 組成一個新的鏈接本地單點播送位址。然後，以該位址為源位址，主機向本地鏈接中所有路由器多點播送一個被稱為路由器請求 (Router Solicitation) 的配置信息請求，路由器以一個包含一個可聚合全球單點播送位址和其它相關配置信息的路由器公告響應該請求。主機用它從路由器得到的全局位址字首加上自己的 Interface ID，自動配置 IPv6 位址，然後就可以與 Internet 中的其它主機通信了。使用無狀態自動配置，無需手動干預就能夠改變網路中所有主機的 IP 位址。例如，當企業更換了聯入 Internet 的 ISP 時，將從新 ISP 處得到一個新的可聚合全球位址字首。ISP 把這個位址字首從它的路由器上傳送到企業路由器上。由於企業路由器將周期性地向本地鏈接中的所有主機多點播送路由器公告，因此企業網路中所有主機都將通過路由器公告收到新的位址字首，此後它們就會自動產生新的 IP 位址並覆蓋舊的 IP 位址。

## Stateless Auto-configuration

- Procedure
  - Node starts by appending its interface ID (EUI-64) to the link-local network prefix, fe80::/64
  - Sends router solicitation
  - Receives prefix from router advertisement

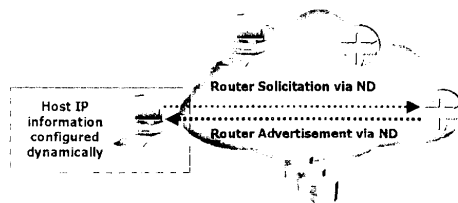


圖 5：IPv6 Stateless Auto-configuration



### (6) 簡化網路管理程序

IPv4 的網路管理隨著網際網路節點的增加而變的複雜許多，許多企業，學校，組織都需編制一定額度的網管人員從事網路路徑的設定，網路斷線後的恢復，位址的發放與管理等機制，有鑑於 IPv4 在管理上的複雜，IPv6 設計諸如自動設定(Auto-configuration)，多重專線(Multi-Homing) 等機制，可大幅降低網路管理成本。

### (7) 簡化檔頭設計

IPv6 簡化原先 IPv4 的檔頭設計，雖然 IP 位址從原來的 32 位元加長四倍成為 128 位元，但表頭長度僅成長兩倍。IPv6 將可選擇性擴充部分與 IP 切割的功能刪除成為固定檔頭長度，除此之外亦同時刪除檢查碼(Checksum)並盡可能將每個欄位對齊在位元組上，這樣固定長度與對齊的設計讓檔頭簡化許多，更方面未來直接使用硬體處理 IP 檔頭資料。

### (8) 可擴充性設計

刪除了原先 IPv4 可選擇性擴充部分，IPv6 設計以「下一表頭(Next Header)」的方式來增加表頭的可擴充性。使用者可以透過「下一表頭(Next Header)」的方式自行在表頭中指示下一個表頭的內容以利網路端或是接收端完成特定的工作，為 IPv6 可擴充性設計的實施範例，這樣的設計讓 IPv6 檔頭具更高的擴充性。

## 3.2 各國 IPv6 發展現況

放眼全球，各國皆已相繼投入 IPv6 技術之研發與推動。亞太地區以日本與韓國為首，陸續投入大筆經費，並在政府資金挹注下逐見成效，日本更有數家 ISP 已於 2001 年中開始提供跨國之 IPv6 商用服務，中國大陸亦急起直追。在歐洲方面，歐盟委員會已正式呼籲歐洲各國政府及工業界傾全力支持 IPv6，更於歐盟行政系統下成立 IPv6 工作小組 (EC IPv6 Task Force)，為歐洲地區勾勒出 IPv6 整體之發展藍圖。近年來 IPv6 發展已由學術界的研究，邁入許多國家之科技發展重要政策階段。IPv6 在國內也有許多突破性的發展，本公司已於 2001 年 7 月提供 HiNet IPv6 試用服務，另外 TAnet 及國家寬頻實驗網路(NBEN)亦分別著手建置 IPv6 相關學術及研究網路。

### 3.2.1 日本

日本可說是投入 IPv6 最積極的國家，目前是世界上申請取得 IPv6 位址最多的國家。這應該都得歸功於日本政府於西元 2000 年成立 IPv6 Council，由首相發佈全力推動 IPv6 之政策，明訂西元 2005 年日本將達成網路由 IPv4 轉換成 IPv6 的目標，且大筆投入 80 億日圓之發展經費。此舉大大的促成日本 IPv6 產業全面性的起飛，除 NTT 與 Hitachi 自行研發 IPv6

路由器外，亦有許多 ISP 免費提供客戶試用，其中 NTT Communications 及 IJ 兩家更於去年率先推出商用 IPv6 服務。

除了採用 IPv6-over-IPv4 Tunnel 方式外，NTT Communications 及 IJ 亦提供 Native IPv6 連線，另外也提供 IPv4-IPv6 translator，使 IPv4 主機可與 IPv6 主機連繫。至於服務對象，目前仍限於專線用戶，IPv6 ADSL 上網亦即將推出。至於在應用服務方面，仍著重在 WWW、DNS、FTP 及 TELNET 等基本項目，NTT 曾於 IPv6 Forum 會議中展示其 TV conference 及 Music Distribution with IPSec 等功能，非常吸引人。日本已於西元 1999 年八月在位於東京的 KDDI Otemachi 建立 IPv6 網路交換中心 NSPIX6，目前已有超過二十五家 ISPs 與它互連，是世界最大的 IPv6 IX 之一。

### 3.2.2 韓國

韓國亦十分關注 IPv6 之發展，不但成立測試平台(6Bone-KR)及 Korea IPv6 Forum 以促進 IPv6 之發展，並且建置 6NGIX IPv6 網路交換中心，目前是僅次於日本之第二大取得 IPv6 位址配置單位的國家，已有數家 ISP 提供試用服務。另外許多全球性之 IPv6 研究計劃在進行，致力於轉移機制及應用軟體之研發，同時提供測試平台並制定推廣策略。其國家策略亦參考日本，預計在 2006 至 2010 年間，IPv6 網路規模會逐漸超越 IPv4 網路，2011 年後完成網路全面 IPv6 化之建置。

韓國約在 1994 年開始了他們 IPv6 實驗網路的測試工作。初期的發展，正如同台灣現在的 IPv6 進程一樣，是緩慢的在進行，一直到 2001 年左右，整個 IPv6 環境開始有了重大的發展。大約是在 2000 年起開始受到 ISP 業者的重視，在 KRNIC 及各大 ISP 業者的努力之下，從 2000 年 9 月迄今不到兩年的時間裡，他們的 IPv6 商用網段由 2 組劇增到 13 組，也由於各大 ISP 的相繼推展，更進而帶動了韓國下一代 IPv6 產業的起飛，像是 LG 與日本 Hitachi 結盟發展大型骨幹網路設備、Opicom 自創周邊的網路開道器、i2Soft 發展的 IPv6 網路軟體等等。

### 3.2.3 中國大陸

中國大陸之 IPv6 仍在起步階段，但是中國大陸原有的電信公司已依分為二，北方由 China Netcom 所主管，南方由原有的 China Telecom 所主管，由於兩家公司將形成彼此競爭與比較，因此在 IPv6 的推廣及發展方面，雖然尚無商業運作之 ISP 提供試用或正式服務，將來勢必也將會有相當積極的作為。

在學術方面，其最大之教育研究網路 CERNET 已逐步建置全國性之 IPv6 網路，設立測試平台進行 IPv6 研究發展，目前並已申請一個 IPv6 位址區段。

IPv6 在中國大陸的發展，是由政府單位所支持，將持續推展與國際間的合作、推廣更多的試用網路、並發展各多本土化 IPv6 的產品。

### 3.2.4 美國

美國在 IPv6 的推展上較不積極，最重要的原因是美國並未面臨 IPv4 位址不足的問題，但是美國的網路設備廠商已經生產 IPv6 的產品了，軟體業者也已將新的作業系統提供 IPv6 功能，但是網路服務業者仍只是停留在試用階段，他們所持的理由大多是尚未有客戶提出此需求，也即尚未見到商機所在，但是各家網路服務業者都相信，他們都具備能夠立即啟動這項服務的能力。

### 3.2.5 歐洲

歐洲是無線通信及 3G 發展之重鎮，很早即投入 IPv6 之發展。最近較重要之活動為去年底籌畫成立的 Euro6IX 計劃，是一整合歐洲重要電信業者、ISP、設備廠商及學研界所合作推動的為期三年的計劃。希望建置橫跨全歐洲並與世界各重要 IPv6 網路交換中心連接之 Native IPv6 網路，亦尚未有真正商用運轉之服務。

### 3.2.6 台灣

國內方面，行政院國家資訊通信基本建設推動小組 (NICI) 於去年底成立「IPv6 推動工作小組」，以整合產、官、學、研界的資源與力量，積極推動 IPv6 網路建設及產業應用發展計畫。IPv6 推動工作小組輔導工研院與台灣網路資料中心正式成立「台灣 IPv6 論壇」，致力 IPv6 的推廣服務、技術及應用的開發，同時扮演產業界與政府機關間溝通的橋樑。目前已獲得近 20 家資訊通訊廠商及 ISP 應允加入，包括 HiNet、亞旭、星通、智捷、友訊、智邦、東森寬頻、上元等。此外，行政院已經宣示 IPv6 為我國重要網路建設工作項目，預計 92 年度學術網路骨幹可全面支援 IPv6，94 年度建置完成國內 IPv4 和 IPv6 轉換機制，95 年度完成符合標準的 IPv6 測試驗證中心，96 年度所有 ISP 及各項網路軟硬體就可完成支援 IPv6。

台灣是亞太地區僅次於日、韓兩國之第三大 IPv6 發展國。本公司於 2000 年 2 月向 APNIC 申請取得我國第一個 IPv6 位址配置，同年 10 月 TWNIC 亦協助 TANet 申請到第二個 IPv6 位址分配。在網路服務方面，ISP 方面，最早申請到 IPv6 位址配置的中華電信(IPv6 Address Block 為 2001:238::/35)，並自至 2002 年 7 月起提供試用服務，服務項目包括 IPv6 Native Service、IPv6 Tunnel Service 及 IPv6 TWIX Service 等三種，目前 TANet(IPv6 Address Block 為 2001:288::/35)亦籌畫建置學術用途之 IPv6 網路。

我國 IPv6 之發展，早期都屬於研究與學術性質，包括有清華大學 IPv6 Router 研發及各大

學相關研究計劃等；大型試驗網路方面，本公司電信研究所於 1997 年開始 IPv6 測試平台之建置，除在其上建置 IPv6 測試用主機、伺服器及路由器外，同時亦加入國際 IPv6 試驗網路 6Bone，於 1999 年 2 月建置完成我國連接至 6Bone 之主幹匯接站(Backbone Site)，目前已與世界各國十多個骨幹匯接站建置連線，提供我國相關各界轉接至國際測試網路之服務。

本公司電信研究所也已規劃建置 IPv6 Conformance Test 實驗室，以協助未來國內 IPv6 相關技術與產品之驗證測試。另外本公司亦積極與電信國家型計劃高速電腦中心合作完成國家寬頻實驗網路 NBEN IPv6 專屬網路各階段之建置與測試外，未來亦將與國際相關 IPv6 學術網路連接，如 6Ren、APAN 等，完成跨國 IPv6 學術研究網路之建置，與國際 IPv6 研究發展接軌。

在 IPv6 活動推廣方面，台灣網路資訊中心(TWNIC)在國內舉辦多次 IPv6 研討會進行 IPv6 的教育推廣與宣傳外，更於 TWNIC 成立 IPv6 工作小組積極進行 IPv6 推動工作，並加入國際 IPv6 Forum 成為會員，協助傳遞許多國際 IPv6 發展寶貴的訊息給國內 IPv6 領域之學者專家參考。

### 3.3 IPv6 設備發展現況

#### 3.3.1 Cisco IPv6

Cisco 世界著名的路由設備的製造商，在現有網際網路的設備中佔有相當大的比例，因此其 IPv6 產品的開發，更是備受各界所矚目，Cisco 是 IETF IPv6 Working Group 及 Ngtrans Working Group 的 Co-chair，在 6-bone 中 Cisco Router 也廣泛為參與者所使用，Cisco 公司本身也為 6bone 的成員之一，它與其它成員間共建置了 70 多路的通道，同時 Cisco 公司也為 IPv6 Forum 的創始會員之一，Cisco 正式的 CCO IPv6 網頁建置在 [www.cisoc.com/ipv6](http://www.cisoc.com/ipv6)，Cisco IOS EFT 免費提供使用已達三年之久，大約在全球 500 個左右節點中使用。

有關 Cisco 在 IOS 的開發上大約分為三個階段：第一階段為 Early Adopter Deployment Phase，第二階段為 Production Backbone Deployment Phase，第三階段為 Enhanced IPv6 Services Phase，如圖 6 所示。



下。

### IPv6 over IPv4 Tunnel

本機制之架構如圖 7 所示，其建置原則如下：

- 在 Core Router 間建置 Configured Tunnel
- 在 Edge Router 與 IPv6 用戶間建置 Configured Tunnel
- 建置 MP-BGP4 Peering 關係
- 連接至 IPv6 的交換點
- 6to4 通道至 IPv6 用戶
- 提供 IPv6 Relay Service

## IPv6 over IPv4 Tunnels

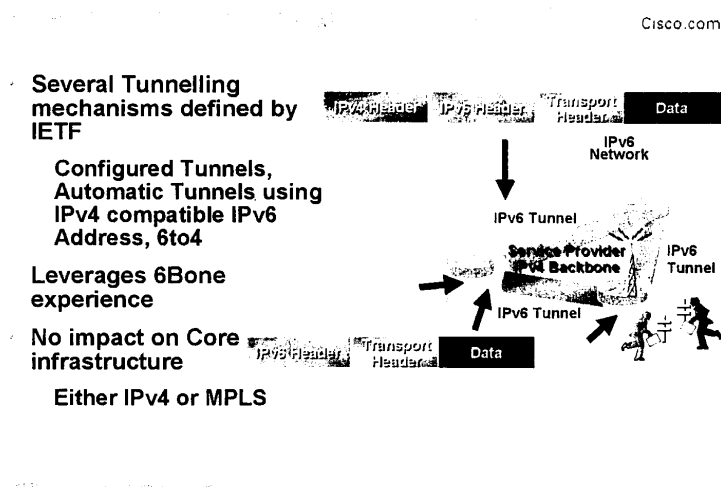


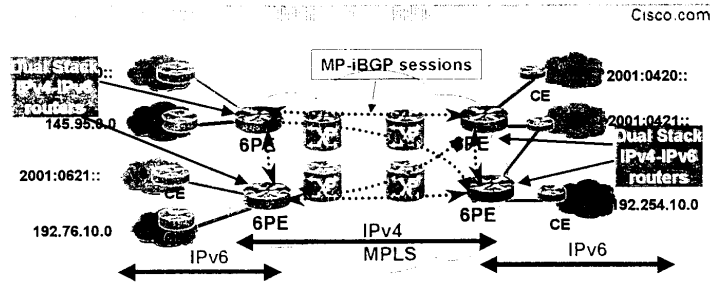
圖 7：IPv6 over IPv4 Tunnel

### IPv6 over MPLS 6PE

本機制之架構如圖 8 所示，其建置原則如下：

- IPv6 Tunnels configured on CE (no impact on MPLS)
- IPv6 over Circuit\_over\_MPLS (no impact on IPv6)
- IPv6 Provider Edge Router (6PE) over MPLS (no impact on MPLS core)
- Native IPv6 MPLS (require full network upgrade)

## IPv6 Provider Edge Router (6PE) over MPLS



- IPv4 or MPLS Core Infrastructure is IPv6-unaware
- PEs are updated to support Dual Stack/6PE
- IPv6 reachability exchanged among 6PEs via iBGP (MP-BGP)
- IPv6 packets transported from 6PE to 6PE inside MPLS

圖 8 : IPv6 over MPLS 6PE

### Dual Stack Networks (IPv6 over MPLS or IPv4-IPv6 Dual Stack Router)

本機制之架構如圖 9 所示，其建置原則如下：

- Access technologies may have IPv4 dependencies, eg. Cable for network management
- Transparent IPv4-IPv6 access services
- Core may not go dual-stack before sometimes to avoid a full upgrade

## Dual Stack IPv4-IPv6 Case Study

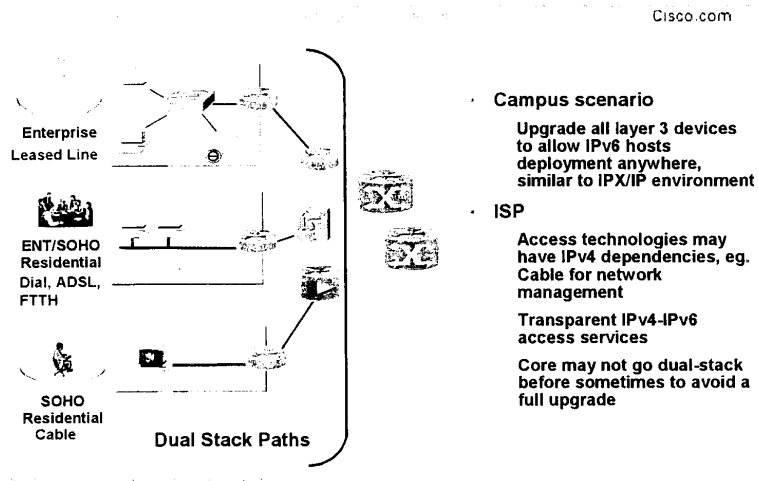


圖 9 : Dual Stack IPv4-IPv6

### 3.3.2 Juniper IPv6

Juniper Networks 宣布推出 IPv6 的解決方案，同時旗下所有 T 系列及 M 系列網際網路存取及核心路由器之平台及介面，都可支援 IPv6 的功能，IPv6 將增加可供使用的 IP 位址數量，將可提供協助應用開發者、網路管理者將 IPv6 整合到現有的網路架構。

Juniper Networks 表示，這套 IPv6 解決方案是架構在 Internet Processor II ASIC 與 5.5 版的 JUNOS 網路軟體上，新的 IPv6 的解決方案將可使服務供應商及電信系統業者在不影響效能的狀況下，同時提供大規模的 IPv6 及 IPv4 網路服務，解決企業進行網路升級的困難。IPv6 可以提供更多的 IP 位址與防護措施，藉此提高網路管理者對於網路設備的應用的管理能力。

M 系列平台透過軟體及以 ASIC 為架構的封包處理功能，同時 Juniper Networks 以 XML 開發的 JUNOScript API 也可協助客戶迅速地將 IPv6 功能整合到現有的支援系統中。

Juniper Networks 指出，目前法國國家技術研究教育電信網路正在進行 IPv6 連接服務實驗，完成實驗後便可進入以 IPv6 進行實際運作，現階段的測試中，便是採用 Juniper Networks M 系列的網路路由器，以測試 IPv6 在真實網路上運作的狀況。

Juniper 所支援 IPv6 相關功能如圖 10 所示，包括：

- 封包轉送：支援以硬體作封包轉送功能。
- 定址方式：支援 Global、Link/Site local address、Stateless Auto-configuration、Neighbor Discovery 功能。
- 路由協定：支援 IS-IS、BGPv6、RIPng、Static。
- 管理機制：支援 Ping、telnet
- 轉移機制：支援 Configured Tunnel/Dual Stack



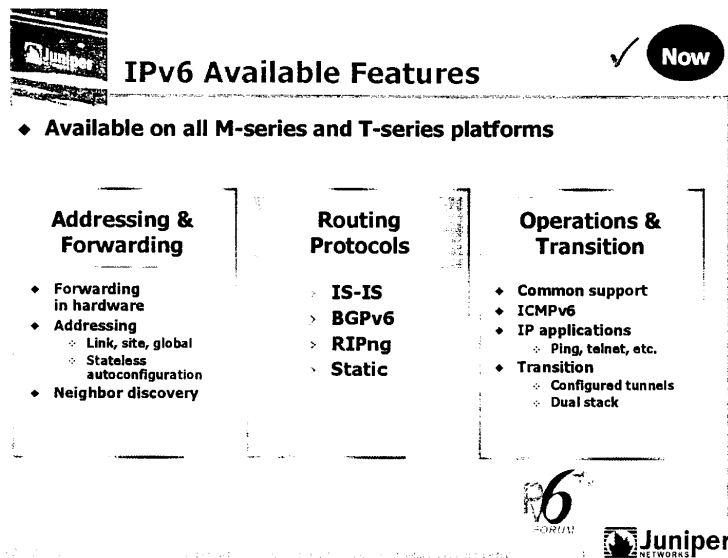



圖 10：Juniper IPv6 Available Features

Juniper 也規劃一些 IPv6 功能，可提供我們作為建置及規劃 IPv6 網路的參考，其中包括 IPv6 over MPLS、IPv6 Multicast、及 IPv6 Class-based Forwarding 等技術。

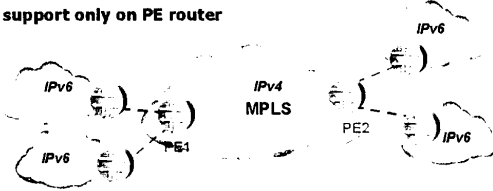
IPv6 over MPLS：IPv6 over MPLS 架構如圖 11 所示，MPLS VPN 技術可提供獨立的 IPv6 Domain 或稱 IPv6 Island 透過 IPv4 網路的進行互連，網路端之路由器透過 BGP 路由通信協定交換 IPv6 路由資訊，網路端與用戶端的路由器則透過 Static 路由通信協定或 BGP 路由通信協定交換 IPv6 路由資訊，IPv6 的資料及路由資訊就可以在彼此間交換，如此可以很輕易擴充 IPv6 網路的規模，也就是說，只要是 IPv4 網路服務可涵蓋的地區，再透過 MPLS 技術的應用，就可以提供 IPv6 網路的連線服務，透過 MPLS 技術的特性建置如同通道的概念，使得 IPv6 能夠透過 MPLS 通道進行連線，而不會對其他的網路服務造成影響。



## IPv6 over MPLS

Now

- ◆ IETF Draft as defined in draft-ietf-ngtrans-bgp-tunnel-04.txt
  - ❖ Connecting IPv6 Islands across IPv4 Clouds with BGP
  - ❖ Also known as "6PE"
- ◆ PEs run Dual Stack MP-BGP over IPv4
  - ❖ PE and CE exchanges IPv6 routes
  - ❖ MPLS LDP/RSVP LSPs are set up using IPv4
- ◆ Benefits
  - ❖ Leverages existing MPLS infrastructure
  - ❖ Requires IPv6 support only on PE router







圖 11：Juniper IPv6 over MPLS

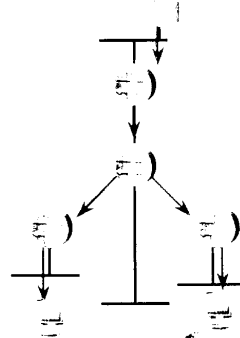
IPv6 Multicast：IPv6 Multicast 架構如圖 12 所示。透過 Multicast Listener Discovery (MLD) 的功能，可以找出與路由器介接的某網段上有 Multicast 需求的網路主機，此功能源自 IGMP 運作模式，所不同的是，MLD 透過 ICMPv6 Message Type 取代 IGMP Message Type 來做加入 Muticast Group 的操作。



## IPv6 Multicast Forwarding, MLD, PIMv2-SM

5.6

- ◆ Multicast Listener Discovery
  - ❖ Discovers multicast listeners on a directly connected link
  - ❖ Discover multicast addresses of interest
  - ❖ Derived from IGMP v2
  - ❖ Uses ICMPv6 message type instead of IGMP message types
- ◆ PIMv2 (RFC 2362) addresses IPv6 routing
  - ❖ Requires vendors to support IPv6 addresses
  - ❖ Not all PIMv2 implementations support IPv6
- ◆ Benefits
  - ❖ Multicast applications over IPv6






圖 12：Juniper IPv6 Multicast

IPv6 Class-based Forwarding : IPv6 Class-based Forwarding 架構如圖 13 所示。其原理基本上延續 IPv4 Class-based Forwarding 的概念，可依據 IPv6 欄位做 Policy-based Routing，或依據 Traffic Class 及 Flow Label 所定義的服務等級來處理封包。

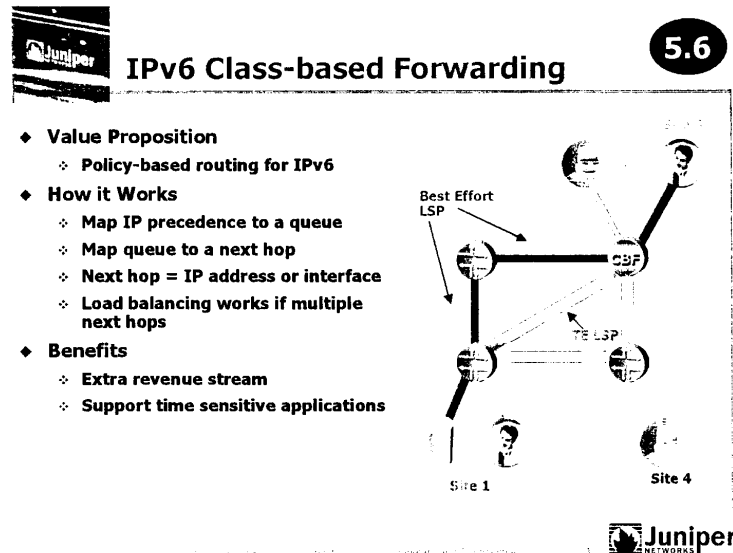


圖 13 : Juniper IPv6 Class-based Forwarding

### 3.3.3 6WIND IPv6

6WIND 公司推出 IPv6 寬頻接取方案。該公司是專門研制新一代網路平台的公司，其產品能夠擴充並管理高附加價值的 IP 服務。寬頻接取技術，尤其是 xDSL 技術，在亞洲極受歡迎，並設立了許多寬頻的基地台，寬頻網際網路服務的需求日益成長。IPv6 在亞洲地區佔有優先的地位，因為該種方案具有足夠的 IP 位址，以順應這些技術的迅速發展。新的網際網路協定除了能應付所有現存的網際網路服務，還能擴充 IPv6 所允許的新服務，如行動 IP、peer to peer 等。為了滿足這兩方面的需求，6WIND 公司為網路營運者和網際網路接取服務的供應商開發了一套整合的解決方案，使他們可以從現行位置(POP)一直到用戶的接取點，在 xDSL 上面逐步地擴充 IPv6 服務。這種方案以 6WINDEdge 為基礎，是一種寬頻集合設備(ATM、L2TP)，家庭用戶只要藉由一台數據機就可以接取寬頻服務，專業用戶藉由 6WINDGate 接取設備，便可以擴充 IPv6 高階服務(VPN、Ipsec、Qos、行動 IP、IPv4/IPv6 遷移、即插即用)。6WIND 公司的方案功能多樣，可以在 xDSL 上面擴充 IPv6 服務，可以是單獨的 IPv6，也可以是 IPv4/IPv6。6WIND 公司的 IPv6 寬頻接取方案現在可供用戶試用，並將在 2003 年初正式開始銷售。

### 3.4 IPv4/IPv6 的轉移機制

儘管 IPv6 比 IPv4 具有明顯的先進性，但是 IETF 認識到，要想在短時間內將 Internet 和各個企業網路中的所有系統全部從 IPv4 升級到 IPv6 是不可能的，換言之，IPv6 與 IPv4 系統在 Internet 中長期共存是不可避免的現實。為此，做為 IPv6 研究工作的一個部分，IETF 制定了推動 IPv4 向 IPv6 過渡的方案，其中包括三個機制：

- (1) IPv4/IPv6 雙堆疊(Dual Stack)
- (2) 基於 IPv4 通道的 IPv6 (Tunnel)
- (3) IPv4 與 IPv6 位址轉譯(Translation)。

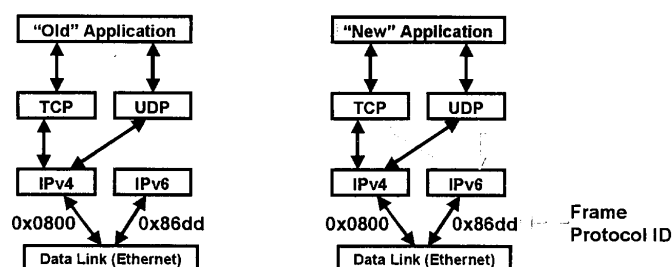
↑

### 3.4.1 Dual Stack

IPv4 和 IPv6 最簡單的並存方式就是雙重架構 Dual Stack，Dual Stack 是 IPv4/IPv6 雙堆疊或稱雙 IP 協議，如圖 14 所示，也就是 IPv4/IPv6 雙堆疊節點，亦即是此節點同時具備 IPv4 和 IPv6 的 Protocol Stack。當與 IPv4 節點(IPv4-only)連接時，使用 IPv4 通訊協定；當與 IPv6 節點(IPv6-only)連接時，使用 IPv6 通訊協定，達到互通的目的。

「雙堆疊」是在一個系統（如一個主機或一個路由器）中同時使用 IPv4 和 IPv6 兩個協議。這類系統既擁有 IPv4 位址，也擁有 IPv6 位址，因而可以收發 IPv4 和 IPv6 兩種 IP 數據報，也就是 IPv4 以及 IPv6 Stacks 同時在系統上運行，而這個系統能夠同時與 IPv6 和 IPv4 作溝通。

## Dual Stack



- Dual stack node means:
  - Both IPv4 and IPv6 stacks enabled and applications talk to both
  - Choice of the IP version is based upon name lookup and application preference

圖 14：Dual Stack 示意圖

### 3.4.2 Tunnel

與雙 IP 協議相比，「基於 IPv4 通道的 IPv6」是一種更為複雜的技術，它是將整個 IPv6 數

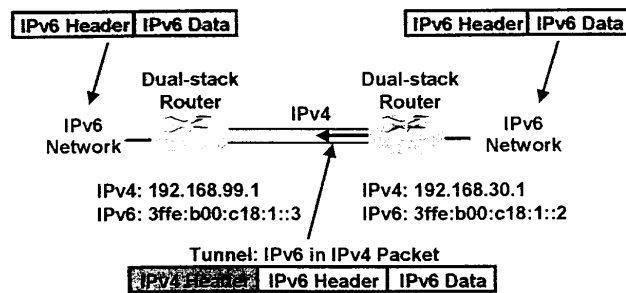
據封裝在 IPv4 數據中，由此實現在當前的 IPv4 網路（如 Internet）中 IPv6 節點與 IPv4 節點之間的 IP 通信。「基於 IPv4 通道的 IPv6」實現過程分為三個步驟：封裝、解封裝和通道管理。封裝，是指由通道起始點創建一個 IPv4 表頭，將 IPv6 數據裝入一個新的 IPv4 數據中。解封裝，是指由通道終結點移去 IPv4 包頭，還原原始的 IPv6 數據。通道管理是指由通道起始點維護通道的配置信息，如通道支持的最大傳輸單元(MTU)的尺寸等。則將 IPv6 封包壓縮至 IPv4 網路，反之亦然。

通道提供了一種利用 IPv4 路由基礎上傳輸 IPv6 包的方法。IPv4 通道有四種方案：路由器對路由器、主機對路由器、主機對主機、路由器對主機。當終端間基礎結構為 IPv4 網路時，IPv6 會將 IPv4 網路視為連結層。IPv6 封包會使用 IPv4 表頭加以壓縮並從可以連接的 IPv4 來源傳送至可以連接的 IPv4 目的地。有幾種轉換技術設計用來幫助 IPv6/IPv4 節點跨越 IPv4 基礎結構時的通訊，通道模式可分為以下二種，即 Configured Tunnel 與 Automatic Tunnel。

### (1) Configured Tunnel

在已設定通道中，通道的終點是由存在於通道的封裝節點的設定資訊來決定，當通道起始點（路由器）建立通道時，必須確定通道終結點並從配置信息中找到通道終結點的位址，因此這種類型的通道被稱為配置通道（Configured Tunnel），如圖 15 所示。路由器和主機到路由器通道技術都是將 IPv6 包傳到路由器，通道的終點是中間路由器，必須將 IPv6 包解出，並且轉發到它的目的地。通道終點的位址必須由配置通道節點的配置信息獲得，這種類型的通道稱作人工配置通道。

## Configured Tunnel



- Configured tunnels require:
  - Dual stack end points;
  - Both IPv4 and IPv6 addresses configured at each end

圖 15：Configured Tunnel 示意圖

## (2) Automatic Tunnel

自動通道(Automatic Tunnel)使用特殊的 IPv4 相容 IPv6 位址，運用其預設的位址對應關係取得通道的終點，當進行通信的兩個主機都有兼容 IPv4 的 IPv6 位址時，數據發送方主機將建立一個主機對主機通道。通道起始點（數據發送方主機）確定數據接收方主機就是通道終結點，並自動從其兼容 IPv4 的 IPv6 位址中抽取 32 個位元位址以確定通道終結點的 IPv4 位址，這種類型的通道被稱為自動通道（Automated Tunnel）。自動通道也可以應用於路由器對主機的通道方案。當利用通道到達 IPv6 的主幹網時，如果一個在 IPv4 網路和 IPv6 網路邊界的 IPv4/IPv6 路由器的 IPv4 位址已知時，那通道的端點可以配置為這個路由器。

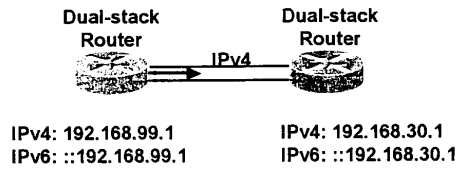
主機到主機和路由器到主機通道技術都是將封包傳到主機的，可以用 IPv6 包的信息獲得終點位址。通道入口創建一個 IPv4 封裝頭並傳送包，通道出口解包，去掉 IPv4 頭，更新 IPv6 頭，處理 IPv6 包。通道入口節點需要保存通道信息如 MTU 等。如果用目的節點的 IPv6 位址是與 IPv4 兼容的位址，通道的 IPv4 位址可以自動從 IPv6 位址繼承下來，因此也就不需要人工配置，這種通道就稱為自動通道，而 Automatic Tunnel 又可分為以下幾種：

- IPv4 Compatible Tunnel
- 6 over 4 Tunnel
- 6 to 4 Tunnel
- Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol (ISATAP)。

IPv4 Compatible Tunnel：

兼容 IPv4 的 IPv6 位址是一種特殊的 IPv6 單點播送位址，一個 IPv6 節點與一個 IPv4 節點可以使用這種位址在 IPv4 網路中通信。這種位址是由 96 個位元的「0」加上 32 個位元長度的 IPv4 位址所組成，例如，假設某節點的 IPv4 位址是 192.56.1.1，那麼兼容 IPv4 的 IPv6 位址就是 0:0:0:0:0:0:C038:101。IPv4 Compatible Tunnel 網路架構如圖 16 所示。

# IPv4 Compatible



- IPv4-compatible addressing is an easy way to auto-tunnel, but it:
  - Doesn't scale;
  - Is deprecated

圖 16：IPv4 Compatible Tunnel 示意圖

6 over 4 Tunnel：

用於聯絡在 Site 中獨立的 IPv6 主機，並適用於主機上，這個程序透過在 IPv4 封裝中的 IPv6 而得以實現，使用組織的本地範圍的 IPv4 多重播送群組來產生的虛擬連結，IPv6 多重播送位址會映射到 IPv4 多重播送位址以允許芳鄰尋找，6 over 4 Tunnel 位址格式如圖 17 所示。

## IPv6 Over IPv4 Tunneling

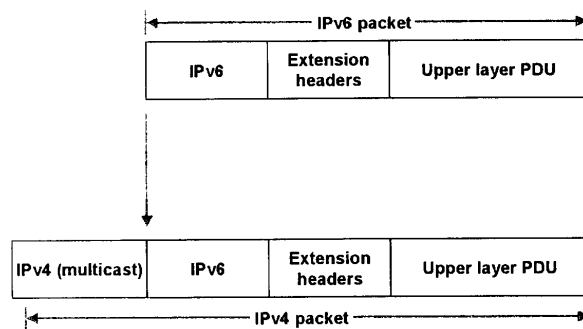
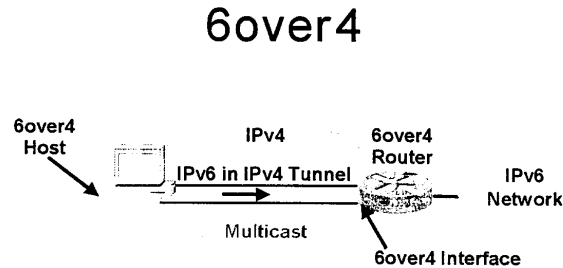


圖 17：6 over 4 Address Format

6 over 4 Tunnel 網路架構如圖 18 所示。



- 6over4:
  - Is an automatic tunnel method;
  - Maps IPv6 multicast addresses into IPv4 multicast addresses;
  - IPv4 becomes a "virtual Ethernet" for IPv6
  - Needs an IPv4 Multicast-enabled network

圖 18：6 over 4 Tunnel

6 to 4 Tunnel：

6to4 使用公共的 IPv4 位址來建立 IPv6 位址的 64 位元子網路識別碼部份，內嵌於 IPv6 位址部份的 IPv4 位址提供了壓縮 IPv4 表頭（當 IPv6 封包經由 IPv4 基礎結構傳送時）時決定來源和目的地位址所需的資訊。

6to4 是 RFC 3056 中說明的壓縮和定址技術，6to4 主機不需要任何手動設定而是經由標準的 IPv6 位址自動設定機制建立 6to4 位址，6to4 會從公共的 IPv4 位址建立全域 IPv6 位址，IPv6 全域位址格式如下：

001[TLA ID]:[NLA ID]:[SLA ID]:[Interface ID]

其中 001 是這種位址類型的格式字首，6to4 使用的全域位址字首為

2002:WWXX:YYZZ::/48，其中 0x002 是保留給 6to4 位址的 TLA ID，而 WWXX:YYZZ 是 NLA ID，亦即對應至指派給主機或網站之公共 IPv4 位址(w.x.y.z)的 16 進位表示法。6to4 節點的完整位址是 2002:WWXX:YYZZ:[SLA ID]:[Interface ID]，6 to 4 Tunnel 位址格式如圖 19 所示。。

IPv6 內部網路內，區域 IPv6 路由器會通告 2002:WWXX:YYZZ:[SLA ID]::/64 字首使主機可以建立自動設定的 6to4 位址。IPv6 內部網路之內的 64 位元字首路由用於將 6to4



主機間的傳輸傳送至個別的子網路。此外，2002::/16 路由用於將 IPv6 傳輸通至其他內部網路之外的 6to4 主機。不屬於網站內的所有 6to4 傳輸會被路由基礎結構轉寄至 IPv6 內部網路邊緣的 6to4 路由器。

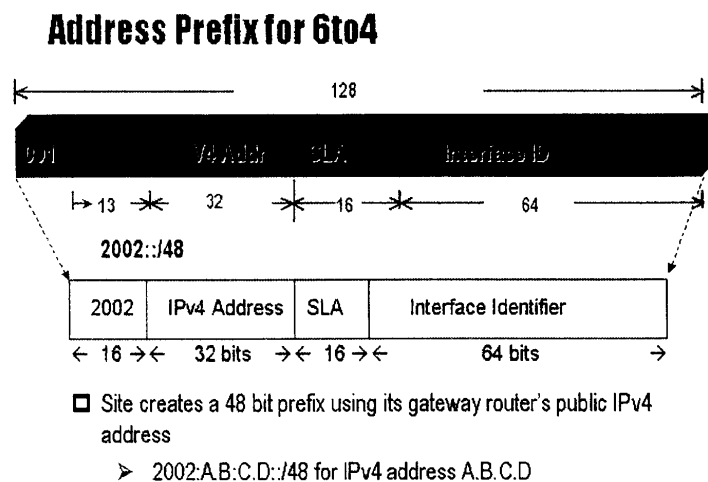
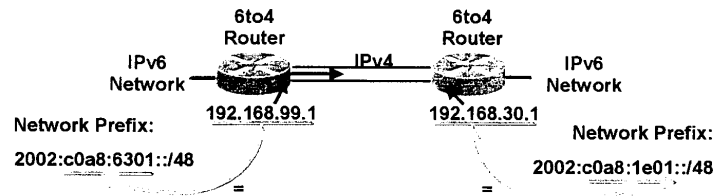


圖 19：6 to 4 Address Format

由 6to4 路由器接收而傳送至其他網站的 6to4 傳輸會以 IPv4 表頭壓縮並傳送至目的地 IPv4 位址 (對應至址內嵌於目的地 IPv6 位址之 NLA ID 部份的公用 IPv4 位址)。IPv4 目的地 (6to4 路由器) 接收到 6to4 傳輸之後，目的地 IPv6 內部網路的路由基礎結構就會加以解壓縮並轉寄。這些通訊類型都使用 IPv6 傳輸而不需要取得與 6bone 的直接連線或從 ISP 取得 IPv6 全域位址字首，6 to 4 Tunnel 網路架構如圖 20 所示。

# 6to4 Tunnel



- 6to4:
  - Is an automatic tunnel method;
  - Gives a prefix to the attached IPv6 network

圖 20：6 to 4 Tunnel 示意圖

ISATAP (Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol)：

ISATAP 是 Internet draft 中所說明的位址指派技術，ISATAP 主機不需要手動設定而是經由標準位址自動設定機制來建立 ISATAP 位址。ISATAP 可以用於 IPv4 網路上 IPv6/IPv4 節點間之通訊。ISATAP 位址使用區域管理的介面識別碼 `::0:5EFE:w.x.y.z`，其中 `:0:5EFE` 部份是從指派給 Internet Assigned Numbers Authority (IANA) (00-00-5E) 之 Organizational Unit Identifier (OUI)，和指出內嵌 IPv4 位址 (FE) 的組合組成的。`w.x.y.z` 部份是任何單點傳送 IPv4 位址，包括公共與私用位址。ISATAP 介面識別碼可以和任何 Pv6 單點傳送位址的 64 位元字首 (包括 6to4 字首) 合併。

依照預設，IPv6 主機會在指派給節點之每一 IPv4 位址的自動的通道虛擬介面自動設定 ISATAP 位址為 `FE80::5EFE:w.x.y.z`。此 ISATAP 位址是以連結區域字首 `FE80::/64` 為基礎，可以讓二個主機使用自己的連結區域 ISATAP 位址在 IPv4 網路通訊。使用連結區域 ISATAP 位址可以讓 IPv4 內部網路的 IPv6/IPv4 主機互相通訊，但無法和網站外的其他 IPv6 主機通訊。若要與網站外的 IPv6 主機通訊，需要下列額外設定：

- 主機必須從路由器 (通常是包含全域位址字首的網站邊界路由器) 接收路由器通告。
- 主機必須有指向 ISATAP 位址 (對應至網站邊界路由器的內部網路介面) 的預設路由。

網站邊界路由器是介於內部網路和網際網路或 6bone 之間的路由器。網站邊界路由器通常是連線至網際網路的 6to4 路由器。從網站邊界路由器接收到路由器通告後，以全域字首為基礎的其他 ISATAP 位址就會自動設定。

例如，如果網站連線至 6bone 且主機 (設定 IPv4 位址為 10.40.1.29) 接收到全域字首為 3000::/64 的路由器通告，ISATAP 位址：3000::5EFE:10.40.1.29 就會自動設定。如果沒有全域位址字首和 6bone 連線，網站可以使用 6to4 型的全域位址字首，經由 IPv4 網際網路連線至其他 6to4 網站、6to4 主機和 6bone。如果網站使用 6to4 位址字首為 2002:836B:1:5::/64 (根據 131.107.0.1 公用位址和 SLA ID 5)，ISATAP 位址：2002:836B:1:5:0:5EFE:10.40.1.29 就會自動設定。ISATAP 位址格式如圖 21 所示。

## ISATAP

### ◆ Uses IPv4 compatible IPv6 address

- ✧ **Format:** ::5efe:W.X.Y.Z
- ✧ **W.X.Y.Z = IPv4 address mapped to last 32 bits**
- ✧ **5efe = IANA-reserved identifier**

**Example:**

<b>IPv4 address:</b>	<b>65.114.168.91</b>
<b>Global IPv6 prefix:</b>	<b>2001:468:1100:1/64</b>
<b>Link-local address:</b>	<b>fe80::5efe:65.114.168.91</b>
<b>Global IPv6 address:</b>	<b>2001:468:1100:1::5efe:65.114.168.91</b>

圖 21：ISATAP Address Format

### 3.4.3 Translation 技術

Translation 技術則實際將一個通訊協定轉譯成另一協定，以便於兩個網路之間的溝通，所有整合策略主要是提供端點到端點的 IPv6 連結，而 IPv4 到 IPv6 的溝通則要求在主機、路由器或雙協議的主機在了解應用層所使用的協定後，進行某種程度的兩種位址轉換。

NAT-PT (Network Address Translation Protocol Protocol Translation)：

NAT-PT(Network Address Translation-Protocol Translation)，適用於 IPv4-only 節點與 IPv6-only 節點之間的通訊，同時此方法並未藉助雙重架構或是 Tunneling 的機制來完成。NAT-PT 必須將封包的相關欄位做相對應的轉換(即 IPv4 轉為 IPv6、或是 IPv6 轉為 IPv4)，如 IP 位址、傳輸代碼(如 TCP/UDP port no、ICMP query id 等)、Header Checksum 等，Payload 部份也應配合需要進行修改，由於 IPv4 和 IPv6 的封包欄位在與格式上有些差距，因此 NAT-PT 轉換有其局限性。

這是在 IPv6-Only 與 IPv4-Only 主機之間引導溝通，並適用於 Site 中。這是一個專注在 IPv4

與 IPv6 位址之間轉換的設備，並在連結中用以保持狀態，NAT-PT 設備包括 Application Layer 閘道器以轉換在 IPv4 與 IPv6 DNS 之間可能的要求與回答，NAT-PT 網路架構如圖 22 所示。

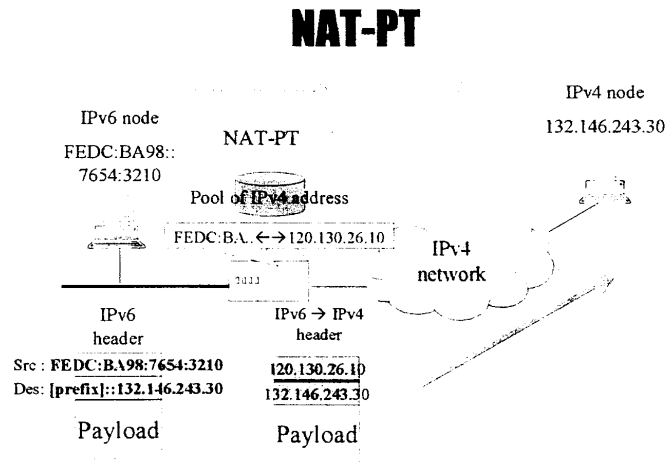


圖 22：NAT-PT 示意圖

### 3.5 總結

#### 3.5.1 台灣 IPv6 發展迫切

隨著 Internet 網路規模及連線頻寬的快速成長，各項 Internet 上的應用服務也不斷推陳出新，將會有越來越多的 ISP 業者加入競爭的行列，而競爭的模式也有日趨國際化的趨勢，誰能提供最好的服務品質及最吻合用戶的要求，誰就能從眾多的競爭者中脫穎而出，為期與先進國家技術同步發展，甚至創造競爭的優勢，加速國內 IPv6 發展也是台灣在網際網路世界佔有一席之地的重要建設。

由於美國是網際網路的發源地，掌握了 IPv4 位址絕大部分的資源。因此對 IPv6 的發展未見急迫之需求，但是美國的網路設備廠商已經生產 IPv6 的產品了，舉凡網路設備大廠如 Cisco、Juniper 等公司均已開發日益成熟之商業產品，以因應亞洲地區日益殷切的需求，軟體業者也已將新的作業系統提供 IPv6 功能，因此各家網路服務業者都相信，他們都具備能夠立即啟動這項服務的能力。

而亞洲由於人口眾多，掌握 IPv4 位址的資源卻是相對最不足。因此，在最近 IPv6 國際會

議上，大家一致認為 IPv6 的發展順序一定會是亞太地區最先，再來是歐洲，最後才是美洲。這也就無怪乎人口眾多且科技較發達的日、韓會如此倚重及期待 IPv6 之發展。我國雖暫居亞洲 IPv6 發展之第三位，其實在起跑點上已落後日、韓甚多。

政府及產業界當思，人口最多、市場也最大的中國大陸，將是 IPv6 未來最迫切需求與最有發展的地方。日、韓等國早已虎視眈眈，積極覬覦中國大陸 IPv6 這塊市場；台灣值此科技轉型之時，更當好好把握我國多年來在 IT 產業所打下的基礎，繼續發揮以往對產業脈動掌握的高度洞察力與機動性，及早為迎接下一波網際網路產業競爭建立穩固之基礎，才能立於不敗之地，創造另一新的契機。

值得欣慰的是，在相關學者專家的推動與奔走之下，我國行政院「NICI IPv6 推動小組」與「台灣 IPv6 聯盟」，將扮演推動我國 IPv6 產業的兩大動力，積極整合國內產、官、學、研各界之資源來發展 IPv6，引導我國能在下一波網際網路高峰來臨時，仍得以繼續保持於世界領先群之行列。

### 3.5.2 IPv6 建置策略

依據 Cisco 所提供的建議，IPv4 到 IPv6 轉換策略是從網路的邊緣端到核心端。這個策略允許你去控制建置的成本及著眼在應用上的需求而非立即置換成 IPv6 的網路。Cisco IPv6 路由器產品提供不同策略的整合功能。

針對服務供應商，可以將 IPv6 建置分為以下主要三個階段：

- (1) 提供客戶處理層級的 IPv6 服務開始提供客戶處理層級的 IPv6 服務，不需要更新核心架構而衝擊現在 IPv4 服務。在建置全部的 IPv6 網路之前，不需要在早期評估階段做實體的投資。
- (2) 在核心架構執行 IPv6 在評估階段的結束，當路由器支援 IPv6 處理改善(特別是快速轉送封包)，及當網管系統完全包含 IPv6，則整個網路架構可以升級到支援 IPv6。升級的過程可以包括使用雙堆疊(dual-stack)路由器(在同一個路由器上支援 IPv4 及 IPv6)，或最終當 IPv6 普及時，只使用 IPv6 支援的路由器。
- (3) 跟其他 IPv6 服務供應商的連結跟其他 IPv6 服務供應商的連結，另外全球性 IPv6 測試平臺—6bone 提供來做 IPv6 的測試評，讓更進一步瞭解 IPv6 的需求。

針對企業，因為在不久的未來就可能使用 IPv6 上的各項應用程式。雖然在初期不會有太多在 IPv6 上的應用程式，然而隨著 Mobile IP 的引進入，在直接路徑的特色上，IPv6 的架構比 IPv4 更加合適。在終點到終點的定址、整合性的自動組態、服務品質(QoS)及對行動

網路安全上的需求，或者你想在新服務上能夠擴充可用的網路位址空間，如 IP 為基礎的電話系統，這些都是期望去評估 IPv6 的主因。兩個主要評估 IPv6 產品及服務的方法有：

- (1) 設定 IPv6 的領域及連結一個存在的遠端 IPv6 網路，如全球性 IPv6 測試平臺- 6bone 網路。
- (2) 設定兩個或更多個領域，透過原先 IPv4 的架構相互連結。目前 Cisco IO 軟體支援 IPv6 的轉換技術，允許在獨立不衝擊現有的企業運作下，評估及測試 IPv6 的產品及各項應用。

建置策略最主要是在不影響及使用現有 IPv4 的網路上以漸進方式架構 IPv6，有四個主要建置策略：

- (1) 在 IPv4 網路上以通道(tunnel)方式使用 IPv6：利用通道技術在 IPv4 封包上來封裝 IPv6 的交通，主要是透過 IPv4 骨幹網路來讓兩個 IPv6 的端點連結溝通。
- (2) 以專屬資料連結方式使用 IPv6：使用 IPv4 上同樣的第二層架構，透過獨立的 Frame Relay 或 ATM 永久虛擬電路(PVC)，分開的光學連結或高密度多工分波技術(DWDM)來溝通。
- (3) 在 MPLS 骨幹網上建置 IPv6：在 MPLS IPv4 的骨幹上，讓獨立的 IPv6 領域來相互溝通。許多技術應用在網路上不同的地方，因為 MPLS 的轉送是靠標記(label)而非 IP 表頭，所以每個技術都要求骨幹架構的有些需改變或核心路由器重新組態。
- (4) 使用雙堆疊(dual-stack)骨幹建置 IPv6：這個技巧容許 IPv4 及 IPv6 的應用同時存在於雙重 IP 層路由骨幹；所有網路的路由器都需要升級成雙堆疊，使用 IPv4 協定堆疊來與 IPv4 溝通，使用 IPv6 協定堆疊來與 IPv6 溝通。

除了以上在 IPv4 環境下建置 IPv6 的策略外，也需要協定轉換機制，例如，一個 NAT-PT 的設備連結僅有 IPv6 的瀏覽器到僅有 IPv4 的網站伺服器；或雙堆疊的伺服器，例如，郵件伺服器可以處理 IPv4 及 IPv6 的客戶端，來讓 IPv4 及 IPv6 的應用程式彼此溝通。當 IPv6 的建置從測試到實際使用的階段，這個機制變得更加重要，而當程式發展者要繼續在 IPv4 上發展就顯得無成本效益。最後，當 IPv6 變成選定的協定，這個機制就允許既存的 IPv4 系統變成整體 IPv6 網路的一部份。在終端系統、專屬性伺服器、IPv6 的路由器及支援雙堆疊的主機轉換 IPv4 及 IPv6 協定，提供漸進式 IPv6 建置的整套工作而不需中斷 IPv4 的交通。

#### 4. 實習心得與結論

很榮幸有此機會赴美研習 IPv6 相關技術，此行更進一步了解 IPv6 網路設備發展情形，也大致應證美國一些大型網路業對 IPv6 服務的觀點，除此之外，個人的心得感想可分為下列幾點：

##### (1) IPv4 已面臨問題

Internet 的成功，多少也讓當初開發此項技術的人，任何人也很難想像 IPv4 之 32-bit 的定址範圍將無法滿足不久將來的需求，許多人都預言，可用的 IPv4 位址只能在持續若干年而已。長期解決 IPv4 位址短缺的方法，就是創造新版本的 IP 協定，定義更多的 IP 位址範圍，短期的解決方式則是採用 NAT 的技術，NAT 讓數量龐大的主機得以共用單一的 IP 位址。大約 70% 的大企業曾被迫使用 NAT 的機制，NAT 的確成功地減緩了 IPv4 位址短缺的問題，也因此有人開始質疑 IPv6 的需求性，但是如此的結論的人卻忽略了一項事實，也即避開問題並沒有真正解決問題，NAT 衍生了一些新的問題，NAT 破壞了 Always-on、Equally-Connected、Peer-to-Peer 的功能，NAT 也限制在網路上提供 QoS、VoIP 及 Real-Time 服務。

##### (2) IPv6 勢在必行

接觸 IPv6 的人不免都會有一個疑問，究竟 IPv6 是一時的流行趨勢或是一種策略，但是一些著名的公司，像是 Cisco、Nokia、Ericsson、Sony、HP、NEC、NTT、British Telecom、Matsushita、Microsoft 等廠商都已投入相當的人力及資金，以將 IPv6 的協定整合至他們的產品之中，很顯然的，IPv6 經過長期的發展與驗證，其不只是一時流行的技術，而是一種實際可用的技術。

IPv6 的存在不只是為了它能夠增加可用的 IP 位址範圍，事實上，IPv6 的發展正是針對 IPv4 的一些功能或協定加以改進，例如簡化的 Header 結構、內建式的安全機制等，不過也許 IPv6 最顯著的突破就在於它的 IP Address Auto-configuration 的特性，IPv6 提供移動的裝置能夠迅速取得或轉換 IP 位址，而不需要 Foreign Agent 的機制，Auto-configuration 也代表了即插即用 (Plug-and-Play) 的網路連線方式，任何電腦、印表機、數位相機、網路電話等需要 IP 的電器，均能很便利的連上家庭網路免去使用操作手冊的麻煩。

##### (3) 全面推動 IPv6 仍有待努力

雖然許多國家已在積極推展 IPv6 的相關技術，但是不可諱言的，許多人心中不免還是有個疑問，也就是如何「IPv6」，我們相信必須有一種「Killer Application」來驅動全球化 IPv6 的運用及發展。隨著行動用戶的日益增加，行動上網的需求也日益殷切，但明顯的，IPv4

無法解決持續的需求，例如更佳的 Flow Control、Mobility Support、Improved Management、Large Address Space 都曾經被提出作為候選的應用服務。另外，包含在多媒體串流、語音、影像或網路遊戲等方面的服務模式及規模，也成為 IPv6 發展的關鍵。如何藉由 IPv6 提供以上服務是值得我們努力的目標。

為了吸引用戶進入 IPv6 的世界，ISP 業者初期可將一些原本在 IPv4 網路上要收費的內容，免費提供給透過 IPv6 網路連上的使用者，使用者將從上網的過程中了解到 IPv6 的特性，而業者也可藉此吸收客源並從中累積營運經驗，找出目前所無法確定的殺手級應用。此外，目前大部分的系統及應用程式大多是構建在 IPv4 網路上，如何找出 IPv6 的關鍵應用程式(Killer Application)，使得 IPv6 網路應用活絡起來也是目前我們可以努力的方向。

#### (4) 我們應該有所準備

我們應對此未來的技術有所準備，中華電信 HiNet IPv6 網路未來除積極配合行政院 NICI IPv6 推動小組之計劃執行外，並將陸續擴大國內 IPv6 接取點、擴增國內外骨幹頻寬、增加與國際各 ISP 的 IPv6 網路互連，以供國內 IPv6 網路發展使用。另一方面，IPv4 及 IPv6 的網路之間並無所謂的標記日(flag-day)當作轉換日，而今日的 IPv4 應用要全轉換成 IPv6 仍有相當大的困難，因此建立 IPv4 與 IPv6 網路之間的互通轉換機制，如 NAT-PT，使 IPv6 網路與 IPv4 網路之間可互相存取，是我們目前正在嘗試及努力的方向。中華電信希望能成為國內新一代 IPv6 網路之先驅以及使 HiNet IPv6 網路技術亦可同步於全球，在此同時，並且希望能夠持續協助推動國內 IPv6 網路的發展，迎接國內 IPv6 商業化網路的來臨與世界接軌。