

IPv6國際最新發展現況以及 IPv6通訊協定與特性介紹

CHT-TL IPv6測試實驗室



CHT-TL IPv6 Testing Laboratory
All Copyright Reserved

Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



IP的角色

- 網路的門牌號碼：IP，位於網路堆疊的中心位置，兼容不同的網路介面，對Transport Protocol或Application提供統一的通訊方式。



IP位址分配的組織

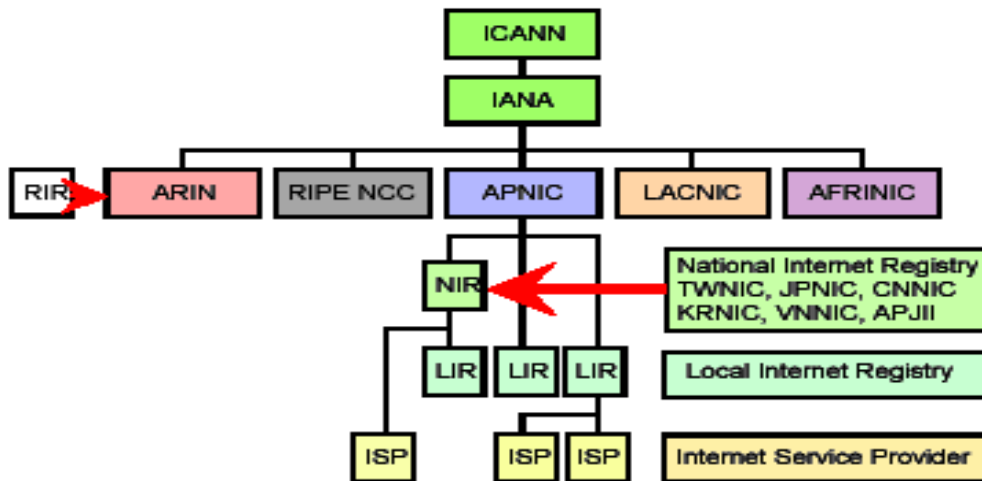
- 以紐約的IANA為中心（現委由ICANN管理），其下再依區域分成五個區域註冊中心(Regional Internet Registries)，
 - 歐洲地區：RIPE NCC
 - Réseaux IP Européens Network Coordination Centre
 - 北美地區：ARIN
 - American Registry for Internet Numbers
 - 亞太地區：APNIC
 - Asia Pacific Network Information Centre
 - 拉丁美洲：LACNIC
 - Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry
 - 非洲：AfrinIC
 - Africa Network Information Centre



全球網際網路號碼管理架構



位址指派機構之階層式架構圖



以亞太地區來說，RIR 可透過 NIR (National Internet Registry) 將資源發放給LIR (Local Internet Registry，一般皆為ISP)，LIR 再將資源指定分發給其客戶。如此階層式的組織不但使得資源分配及管理更有效率，也可避免資源過度集中，避免不公平的資源分配

IPv4 位址的分配類別

類別	網路位址	主機位址	最多主機數量	可分配的組織數
A	8位元	24位元	16,777, 214	128
B	16位元	16位元	65,534	16,384
C	24位元	8位元	254	2,097,152



主要國家IPv4位址配發狀況

國家	取得IP數佔已發放之%	人口數 (百萬)	IP數/人	2008Q1排名	2009Q1排名
US (美)	51.48%	305,757,706	4.74	1	1
CN (中)	6.67%	1,336,072,634	0.14	3	2
JP (日)	6.00%	127,160,929	1.33	2	3
FR (法)	3.02%	64,322,732	1.32	7	6
KR (韓)	2.55%	48,473,165	1.48	6	7
BR (巴西)	1.06%	198,079,896	0.15	12	12
TW (台)	0.88%	22,960,253	1.07	17	14
RU (俄)	0.86%	140,221,542	0.17	19	15
IN (印)	0.65%	1,161,048,900	0.02	20	21

- 美國雖擁有全球過半數之已配發IP位址數量，但美國聯邦政府IP骨幹基礎網路已於2008年6月前完成IP雙協定化
- 至2008年6月，大陸上網人口超越美國達2.98億人，普及率達到22.6%，年增長率為41.9%，目前持續成長中
- 中、印經濟成長強勁，但IP數/人卻僅分別為0.14及0.02



全球IPv4 Address發展預估

• ITU by JPNIC IP Department, July 31, 2006.

報告發表	發行日期	作者	預測條件	國際IP位址 pool (IANA*)預計用完時間
The ISP Column	July 2003	Geoff Huston	● 依據最近10年發展趨勢	2021
Internet Protocol Journal	Sep. 2005	Tony Hain (Cisco)	● 依據最近5年發展趨勢	2009-2016
IPv4 Address Report	Dec. 2005	Geoff Huston	● 依據最近10年發展趨勢	Jan 2013
IPv4 Address Report (daily update)	April 2008	Geoff Huston	● 依據最近1200 days發展趨勢 ● predictive model : quadratic equation	Aug. 2011

IANA : Internet Assigned Numbers Authority

全球IPv4位址配發現況與預估

國際IP位址管理機構 (IANA)
2008年12月僅剩 34個 Class A
2009年08月僅剩 28個 Class A
(註：1個 Class A = 2^{24} = 1600多萬)

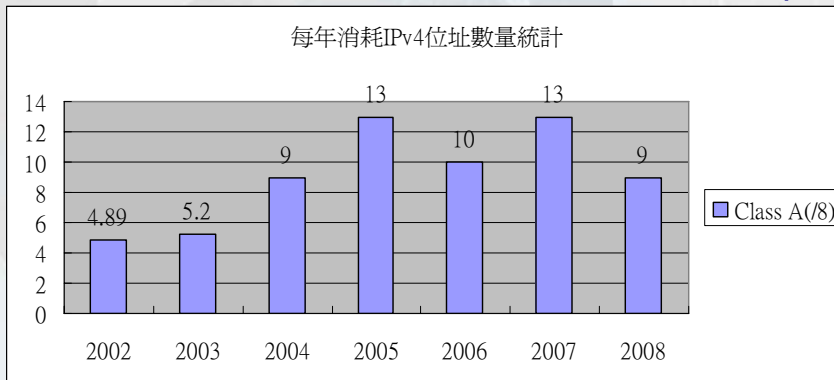
(2009/9/06更新)

<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>

IANA IPv4耗盡預估時間：2011/08/10
RIRs IPv4耗盡預估時間：2012/06/07
Update: 2009/09/06



http://www.ipv6forum.com/ipv4_exhaustion.php



國際IPv4倒數計時器



CHT-TL Copyright Reserved

11 / 91

財團法人台灣網路資訊中心 - IPv4位址枯竭聲明稿

- 依據國際組織亞太網路資訊中心(APNIC)統計研究發現目前IP網路仍以IPv4為主，但IPv4位址可能於西元2010年前後將面臨沒有IPv4位址可核發。
- 為降低IPv4轉移至IPv6造成的衝擊過大，建議目前提供純IPv4網路服務之ISP及相關產業可先轉移至同時支援IPv4及IPv6網路，來降低轉移時所造成的衝擊。
- 為避免在IPv4轉移至IPv6之過程中造成服務中斷，影響營收，建議請各ISP及相關產業提早規劃評估並測試網路運作，來進行IPv6服務的佈建。並且在佈建IPv6服務時，可以整理並開始解決各種IPv6網路的問題，以俾能在IPv4位址枯竭時，能順利將現今的IPv4網路服務順利轉移到IPv6網路，降低IPv4位址枯竭所造成的影響。

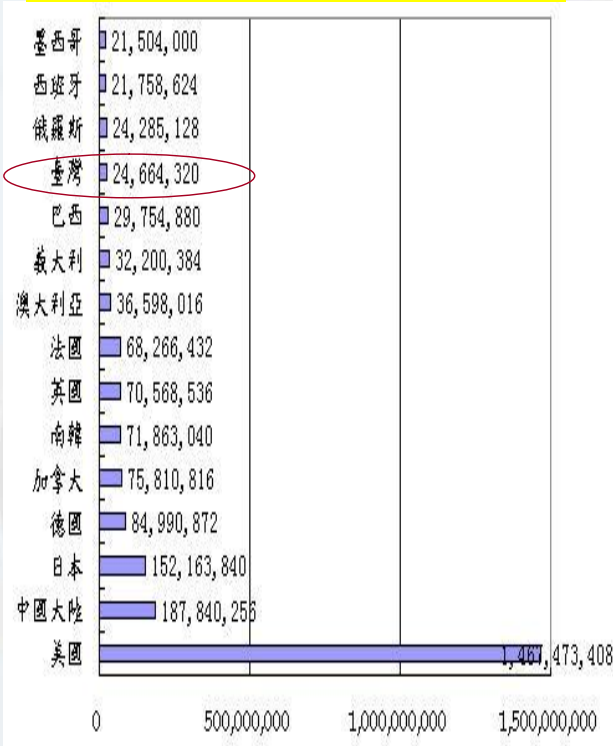
CHT-TL Copyright Reserved

資料來源：<http://www.apnic.net.tw/file/07801b.htm>

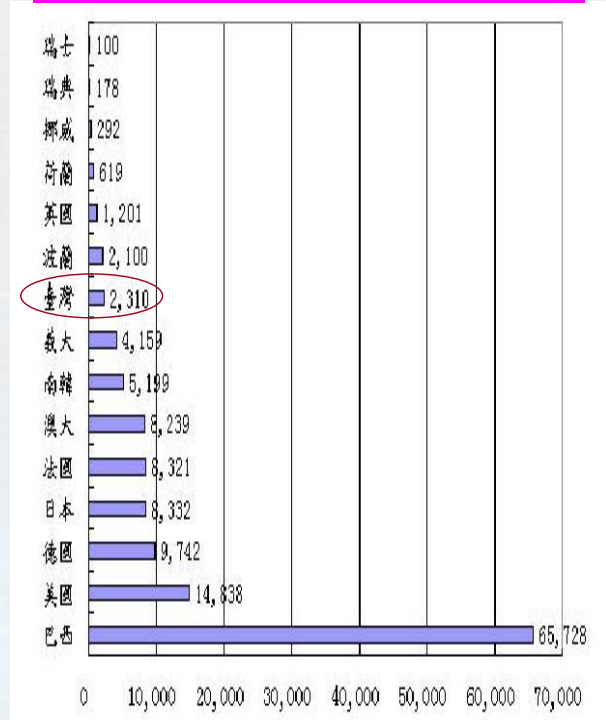


全球前15個國家IPv4/IPv6位址數量統計

IPv4位址數量統計(單位:個)



IPv6位址數量統計(單位:/32)



IPv4遭遇的問題

- IP位址有限 → 多人(戶)共用一個位址
- NAT雖可減緩位址之消耗 → 但是
 - 終究抵擋不住新興市場需求(如金磚四國)爆發性需求。
 - 2008年全球上網人口約14.6億 → 仍迅速增加中！
 - 全球上網人口從2000年(3.6億人)到2008年成長率超過300%
 - 2008年底全球行動用戶已超過30億 → 仍迅速增加中！
- 行動上網需要更多IP位址及行動能力(Mobility)支援
 - IPv4位址不足外，Mobility支援能力先天不足。
- 資源分配不均
 - 2008年底美國上網人口2.15億 → 擁有超過50%以上之IP位址！
 - 2008年底中國上網人口2.1億 → 僅擁有5%以上之IP位址！



IPv4 遭遇的問題

- **Scaling problems with Inter- domain routing**
 - CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
- **Manual configuration required**
 - DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- **Multicast, Security, Quality of Service and Mobility**
 - IP multicast, IPSec, DiffServ and IP mobility
- **Header and format limitations that limit future flexibility**



為何需要 IPv6 ?

- 解決 IPv4 的問題
 - 即將發生 IPv4 位址不足 (預計2011年)
 - NAT 的應用增加
 - 對等式 (Peer-to-Peer) 網路技術問題
 - 行動設備的支援性
- 下一代 Internet 的標準
 - IETF 已完成 IPv6 核心網路的標準
 - 全球將邁入 IPv6 新世紀 (例如：3G)
 - 行動裝置、P2P 軟體應用
 - IPv6 的安全性



IPv6的發展 (1/2)

- 1992年，IETF之IPv4的Address空間不足的問題開始被檢討。
- 1994年，下一代的網際網路協定開始被提案，CATNIP (Common Architecture for the Internet)、TUBA (TCP/IP with Bigger Addresses)、SIPP (Simple Internet Protocol Plus)三個提案中出線。
- 1995年，SIPP被更名為IPv6，IPv6的規範將被RFC1752(The Recommendation for the IP Next Generation Protocol)公開。



IPv6的發展 (2/2)

- 1998年，IPv6之位址架構與通訊協定之規範分別在RFC2373 (IP Version 6 Addressing Architecture)與RFC2460 (Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification)公開。
- 1999年，全球第一個業界團體(共有42個單位加盟)成立了「IPv6 Forum」。ARIN 將全球第一個之IPv6 Prefix：2001:400::/35授予給ESnet。
- 2002年，全球各區域性的Internet Registry RIR(Regional Internet Registries)實施新的「IPv6 Address Allocation and Assignment Global Policy」。



IPv6之優點與支援狀況

- **IPv6 發展之優勢(相對於IPv4)**
 - 足夠的位址空間
 - 彈性的聯網機制 (Plug & Play)
 - 安全機制
 - QoS功能增強
 - 強化的Mobility與Multicast能力等
- **標準已臻完備**
 - 2007年底止 IETF通過191項RFC標準，幾乎涵蓋所有IPv4既有標準。
 - 3GPP/3GPP2, IMS/NGN及WiMax等皆將IPv6列為必須採用之標準。
- **軟硬體設備支援已漸成熟**
 - Windows 7與Vista已內建IPv6且通過IPv6 Ready Logo認證
- **尚未蓬勃發展的主要因素**
 - IPv4位址尚未迫切短缺，業者普遍以不變應萬變
 - 發展期過長，致使專家不斷在IPv4技術上尋求位址不足之解決方法
 - 許多IPv4 applications均將NAT issue考慮在內
 - 尚無法找到有明確利基的IPv6 business model



IPv6全球發展摘要

- 1998 IPv6標準正式公佈
- 1999 IPv6商用位址開始發放
- 2000 e-Japan, 日本開始IPv6商業運轉
- 2001 CHT HiNet提供IPv6試用網路服務
- 2003 台灣eTaiwan計畫啟動IPv6推動計畫
- 2003 NTT完成全球網路IPv6化之建置
- 2005 NTT提供FTTH IPv6高頻寬、高品質、高安全服務
- 2006 美國最大Cable業者Comcast的網路開始佈建IPv6
- 2006/6/6 6Bone結束運作 → IPv6技術與運作機制已發展成熟
- 2007 Microsoft Vista正式對外販售，內建IPv6功能
- 2007/8 NTT West FTTH IPv6用戶已超過200萬
- 2008/1 全球6個root DNS已正式具備IPv6能力解析
- 2008/6 美國政府檢驗各機構第一階段IPv6準備狀況
- 2008/8 中國於北京奧運展示全球最大之IPv6寬頻網路
- 2009/5 Microsoft Windows 7公測版釋出，內建IPv6功能



全球IPv6發展觀察

● 區域發展狀況

- 日本在 IPv6 的商用及業務開展方面處於領先地位
- 台灣、韓、美和歐洲國家對 IPv6 的發展仍以試用為主
- 中國CNGI (China Next Generation Internet)計畫，2008年在北京奧運展現全球最大之IPv6網路。
- 國際業者認為中國是IPv6最有機會實現的地方，紛紛參與相關投資。

● 時程規劃

- 日本2008年全面IPv6化。
- 美國2008年6月完成第一階段之政府基礎網路IPv6化工作
- 其餘主要國家則大多將完成導入IPv6的時程定在2010~2013年之間
- 台灣2007年完成第一階段eTaiwan IPv6計畫後，IPv6計畫併入第三期電信國家型計畫(2009~2012)

● 主要業者發展狀況

- 日本已有NTT等多家業者提供IPv6商用服務
- 美國最大Cable業者Comcast以網路維運為主，其他主要業者如AT&A及Sprint等以提供政府網路服務為主。
- 本公司預計今年中提供光世代專案IPv6/v4雙協定上網試用服務。



全球IPv6發展觀察-政府

All IP網路世界來臨

政府開始投入IPv6的規劃
 發展IPv6相關技術與轉移機制
 開始使用IPv6 ready設備取代舊有設備
 IPv6逐漸取代IPv4成為主流網路協定

美國

先期優勢：網路發源地
 競爭能力：作業系統廠商、網路設備廠商所在地
 ← 6Bone Moonv6 GIG
 建置以研究或協調中心的IPv6網路
 以支援DoD Moonv6 Trial作為引進設備依據
 美國聯邦政府要求網路設備必須全面具備IPv6功能
 逐步實現IPv4到IPv6的完全過渡

歐洲

先期優勢：行動通訊技術發展重心
 競爭能力：3G行動通訊與網路的融合發展
 6INIT Euro6IX UK6X
 使用IPv6 ready設備取代舊有設備
 逐步轉移過渡到IPv6網路
 6NET 歐委會建議歐洲國家應盡早採用IPv6
 實現3G行動通訊網路和網際網路IPv6應用的融合

台灣

先期優勢：起步較早，搶得先機
 競爭能力：通過Ready Logo 數全球第三，技術領先
 Hinet提出IPv6試用服務
 開始五年 e-Taiwan計畫
 開始 u-Taiwan計畫
 逐步實現IPv4到IPv6的完全過渡
 成立IPv6 Ready Logo標準測試實驗室
 完成國內五家ISP的IPv6互連網路
 七家ISP提供IPv6上網服務

韓國

先期優勢：無線通訊技術的發展經驗
 競爭能力：具備國際電子產品廠商的加持
 KOREN TEIN e-Korea
 u-Korea u-city
 提供有線與無線的IPv6應用服務
 建立IPv6測試網路平台
 IT 839策略
 開發基於IPv6的應用服務
 進行IPv6商用服務的準備與試驗

日本

先期優勢：起步較早，搶得先機
 競爭能力：全球IPv6發展的重要指標
 e-Japan 展開全日本IPv6商用服務
 u-Japan
 建立JGN千兆元網路
 推動IPv6網頁認證服務
 將IPv6作為國家超高速網路和競爭政策的基本目標
 開發與推廣IPv6應用服務
 全面IPv6化

中國

先期優勢：網路用戶的市場廣大，商機無限
 競爭能力：政府政策的支援與國家型計畫的加持
 建置全球最大IPv6互連網路
 發展IPv6應用服務技術
 逐步實現IPv4到IPv6的完全過渡
 CNGI國家型IPv6重點發展計畫結合主要營運商共同構建中國下一代網路的核心骨幹
 北京奧運展示IPv6照明監控應用

2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012~
 NOW 2011.08預計IPv4位址配發用盡



全球IPv6發展觀察-ISP業者

All IP網路世界來臨

ISP業者開始發展IPv6
少數支援IPv6的設備

開始使用IPv6 ready設備取代舊有設備

IPv6逐漸取代IPv4成為主流網路協定

美國

營運商AT&T與Verizon藉由參與或合作計畫的方式來獲取IPv6的經驗

美國最大Cable業者Comcast的網路開始佈建IPv6
AT&T提供tunnel與native的IPv6試用服務

實現IPv4到IPv6的完全過渡

歐洲

法國電信展開WLAN MIPv6測試計畫
法國電信開始超高速網路上的IPv6研發計畫
英國電信選商時將IPv6提供能力列為優規項目
英國電信主導UK6X非商用測試計畫

法國GWind展開在亞洲的佈局

BT與FT等主要營運商將逐步實現IPv6網路的過渡

台灣

Hinet提出IPv6試用服務
Hinet建置IPv6網路交換中心(TWIXv6)

成立IPv6 Ready Logo標準測試實驗室
中華電信以1 Gbps頻寬銜接八個IPv6骨幹網路節點
中華電信提供IPv6 over FTTH上網及IP Cam服務

七家ISP提供IPv6上網服務
IPv6應用服務逐漸普及

韓國

發展IPv6相關技術與轉移機制
建立大型IPv6測試網路平台

開始以KT為首的KOREAv6測試計畫
KT與Dacom獲選為南韓的IPv6示範營運商
Dacom提供IPv6 Voip服務
ISP展開IPv6商業應用服務之測試

推廣IPv6應用服務
預計IPv6用戶數可超過1000萬

日本

NTT開發與展開商用服務
開發不同類型的IPv6應用平台

NTT完成全球網路IPv6化之建置
NTT Comm. 推出OCN IPv6 Moblie服務
NTT East 提供FLET'S.NET的IPv6商用服務
NTT West 提供FLET'S Hikari Premium的IPv6商用服務

推廣IPv6應用服務

中國

中國電信完成CNGI設備測試
中國網通參與CNGI IPv6測試業務

CNGI國家型IPv6重點發展計畫
中國聯通於北京奧運展示IPv6的試用項目
CERNET2成為世上規模最大的純IPv6網路
中國移動開始CNGI的商用測試

2000

2002

2004

2006

2008

2010

2012~

NOW

2011.08預計IPv4位址配發用盡



CHT-TL Copyright Reserved

23 / 91

Olympic Surveillance - Demo

中國網通IPv4/IPv6視頻監控系統

- 数字北京大厦B座11层
 - TOC1
 - TOC2
 - TOC3
 - TOC4
- 数字北京大厦B座10层机房
 - MDR1
 - MDR2
- 数字北京大厦B座10层过道
 - ais1e1
 - ais1e2
- 数字北京大厦A座11层
 - Hall1
 - Hall2
- 数字北京大厦A座10层
 - cam1
 - cam2
 - cam3
 - cam4
- 黄村TER
 - HCTER1
 - HCTER2
 - HCTER3
- 朝阳公园沙滩排球场
 - CBVTER

MDR1 帶寬: 128 kbps

TOC4 帶寬: 171 kbps

TOC3 帶寬: 175 kbps

cam3 帶寬: 143 kbps

ais1e1 帶寬: 495 kbps

TOC2 帶寬: 207 kbps

Hall2 帶寬: 266 kbps

cam1 帶寬: 130 kbps

TOC1 帶寬: 139 kbps

引用資料: IPv6 in China by Juan Huan at BII

中華電信 電信研究所

Olympic IPv6 Lighting System

IPv6

Lighting System- Main Stadium District Control by IPv6 Facility Manage & Control



Lightening Management & Control

- Using IPv6 based Facility Networking
- Area Management System, i.e., not single facility but multiple facilities
- 417np {517np z lk 4; /333 djkw 04/333 ISy90edvhg frqwuroqrghv 043 (Hqhu| vdy|kj

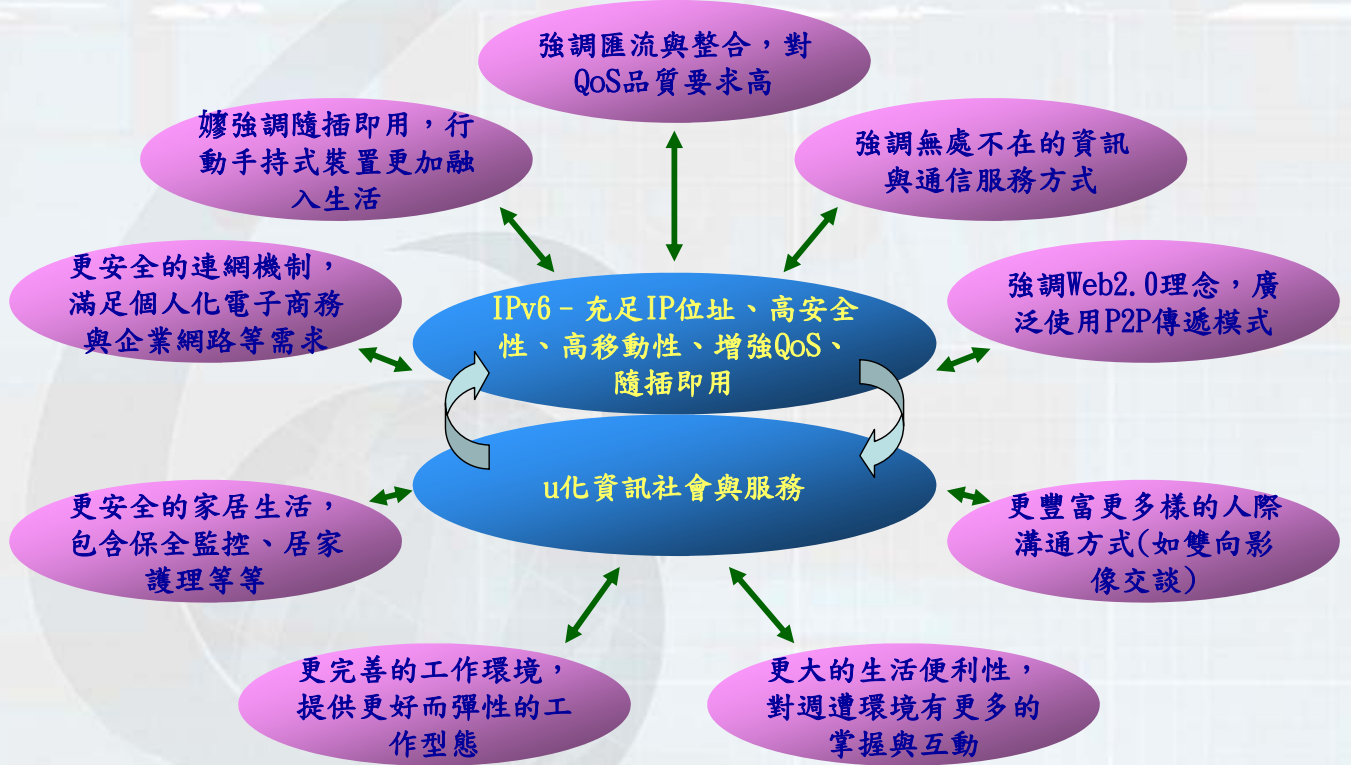
CHT-TL Copyright Reserved

引用資料：IPv6 in China by Juan Huan at BII



IPv6所引導的未來服務發展趨勢

IPv6



CHT-TL Copyright Reserved





Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



IPv6 位址表示法 (native)

- IPv6使用128Bit的位址空間，也就是最高可有 2^{128} 的位址空間，以16進位(2^4)表示，可寫成32組十六進位數字
- 如二進位0010在十六進位中即為2
- 0010 0000 0000 0011 即為2003
- 用以下位址為例
- 2003000000000000B30000000000001234 (太長容易記錯)
- >2003:0000:0000:00B3:0000:0000:0000:1234(分為八段，以冒號分隔)
- >2003:0:0:B3::1234(簡寫)
- 簡寫規則：
 - 每16Bits如開頭之4bit表示為0，即可省略
 - 若16Bits全為0，則可簡寫為0
 - 若連續完整之16Bits段落皆為0000，則可全省略，簡寫為::，但以一次為限



IPv6位址表示法(IPv4 Embedded)

- IPv6 Address 可使用IPv4位址作為其位址的末32bit

例如：

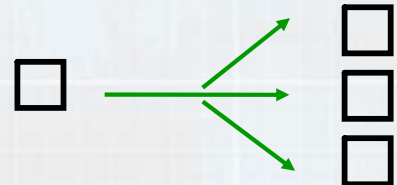
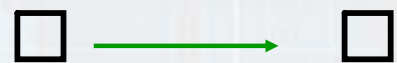
1. 2003:0:0:B3::192.168.0.1=2003:0:0:B3::C0A8:1
2. 2003:0:0:B3:0:fff:172.16.0.1
3. 2003:0:0:B3:0:5efe:10.10.0.1

注意，IPv4部份用句點分隔，以十進位表示，
IPv6部份用冒號分隔，以十六進位表示。



Basic Address Types

- Unicast (點對點傳輸)
 - Address of a single interface
 - Delivery to single interface
 - for one-to-one communication
- Multicast (群播傳輸)
 - Address of a set of interfaces
 - Delivery to all interfaces in the set
 - for one-to-many communication
- Anycast (多點備援傳輸，運作機制尚在制定中)
 - Address of a set of interfaces
 - Delivery to a single interface in the set
 - for one-to-nearest communication
 - Nearest is defined as being closest in term of routing distance

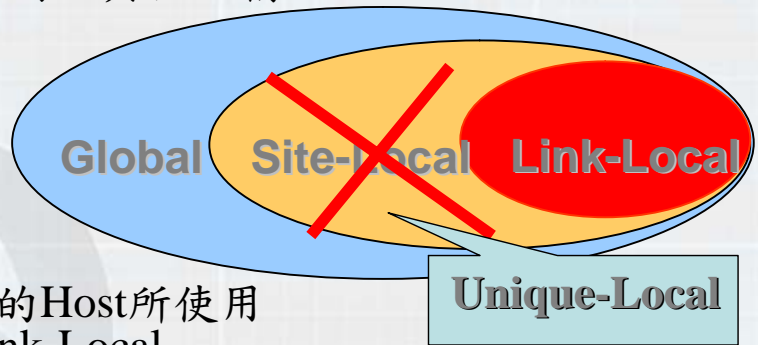




Unicast Address Scoping

●Global Scope:

可在Internet上互連之位址空間，其位址稱為Global Unicast Addresses



●Link Local Scope:

所有在同一個Layer2網路下的Host所使用的位址空間，其位址稱為Link-Local Addresses

●Unique-Local Scope (類似IPv4的Private Address):

所有在一個網路管理機制下之私用網路位址空間，其位址稱為 Unique-Local Addresses



Unicast Address Structure

2003:0:0:B3::1234/64

網路位址部份 2003:0:0:B3

Interface 位址部份: 非簡寫樣式 :0:0:0:1234

簡寫樣式 ::1234

Network位址基本上由網路設備發送

Interface位址基本上由Host端決定

n bits	64-n bits	64 bits
global routing prefix	subnet ID	interface ID



Network ID 設定與配送機制

1. 採用Neighbor Discovery (ND)，播放Router Advertisement
2. DHCPv6 – Prefix-Delegation
3. 手動設定
4. Tunnel Server 系統自動產生或指定 (IPv4下)
5. VPN Server (IPv4 and/or IPv6)



IPv6 Prefix 表示法

- CIDR-Like notation used to specify prefix length

IPv6完全使用 /X 取代IPv4 Subnet mask之表示方式 X 可由0至127
例如：

1. 2003:1234:3344::34ff:2314/64 代表了Network ID部份為 64bit
2. 2003:1234:3344::34ff:2314/60 代表了Network ID的部份為60bit
3. 2003:1234:3344::34ff:2314/127 代表了Network ID的部份為127bit

於2003:1234:3344::34ff:2314/127中有更多的意義：

其中Network ID 部份為2003:1234:3344::34ff:2314

此網段僅包含了兩個Host，與IPv4不同的是這兩個Host皆可使用，如
2003:1234:3344::34ff:2314/127 與2003:1234:3344::34ff:2315/127



Interface ID

- Unique to the link
- Identifies interface on a specific link
- Can be automatically derived
 - IEEE addresses use MAC-to-EUI-64 conversion
 - Other addresses use other automatic means
- Can be used to form link-local address
- Can be used to form global address with stateless autoconfiguration

引用自RING LINE Corporation IPv6 Addressing 講義by Leo.T.Chiang



Interface ID 產生方式

1. 採用modified EUI-64 演算法，經由MAC Address 計算出Interface 位址
2. 作業系統自動產生隨機位址
3. 手動設定
4. Tunnel Server系統自動產生或指定
5. 經由加密機制產生之虛擬位址(IPv6 IPsec)
6. DHCPv6伺服器指定(Stateful)



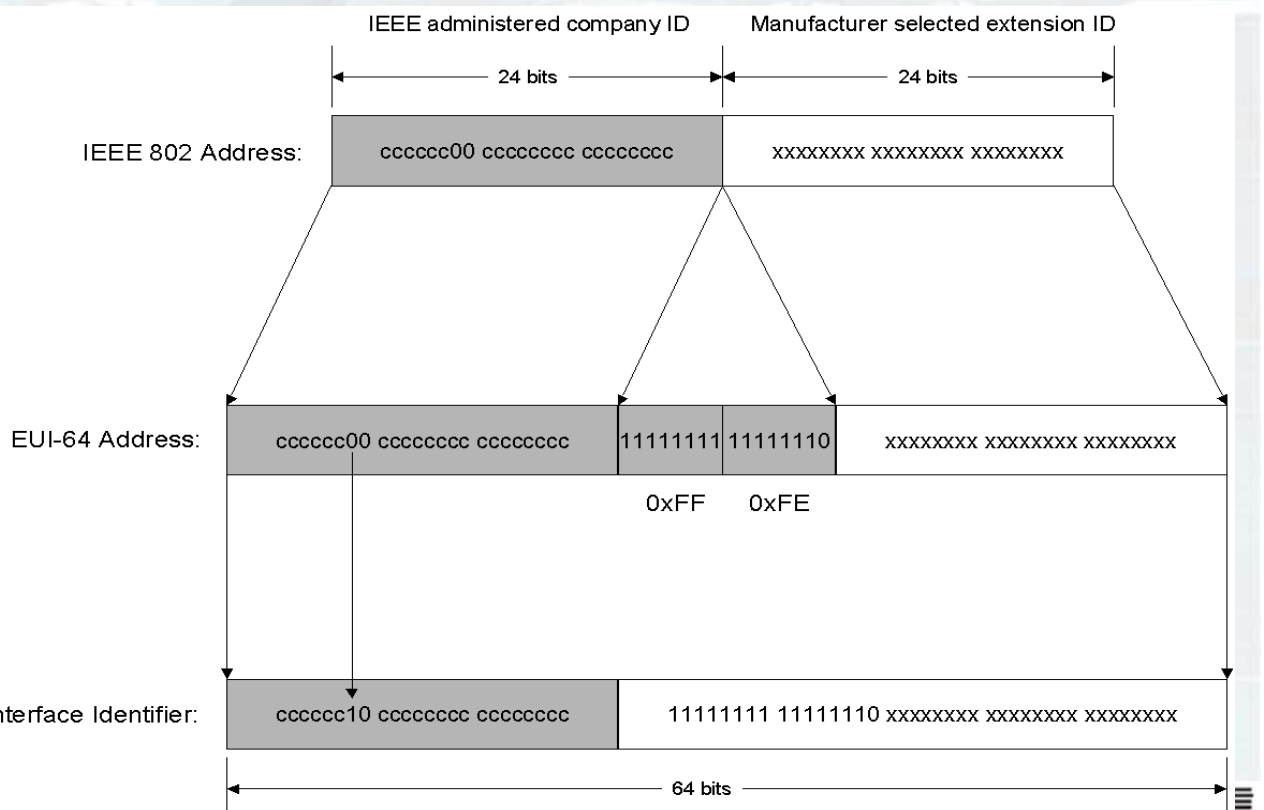
由MAC Address 產生Interface ID

1. First three octets of MAC is Company-ID
2. Last three octets of MAC is Node-ID
3. 將 FFFE 置入Company ID與Node-ID間
4. Company ID 2進位表示法之第7碼為Univeral/Local-Bit，設為1表示Global Scope

如: MAC Address為 00-C0-3F-BB-93-91，則

1. Company ID 為00-C0-3F, Node ID為BB-93-91
2. 00-C0-3F-FF-FE-BB-93-91
3. Company ID 2進位表示法為00000000 11000000 00111111
4. 將第7bit改為1，為00000010 11000000 00111111
5. 重組為02-C0-3F
6. Interface ID為 **2C0:3FFF:FEBB:9391**

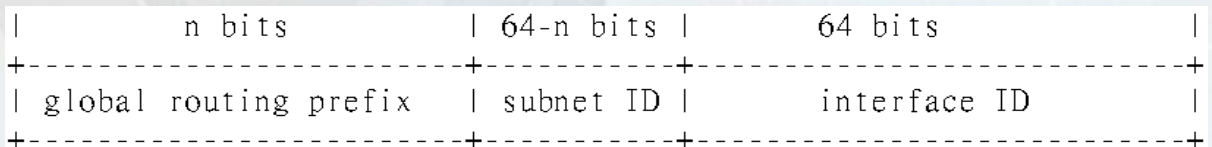
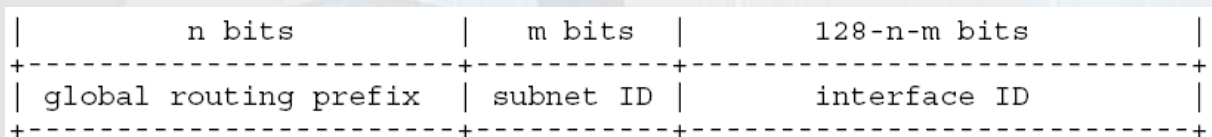
The conversion of a universally administered, unicast IEEE 802 address to an IPv6 interface identifier





Global Unicast Address

- Global routing prefix: The global routing prefix is designed to be structured hierarchically by the RIRs and ISPs.
- Subnet ID: An identifier of a link within the site. The subnet field is designed to be structured hierarchically by site administrators.
- Interface ID: Identify interfaces on a link. They are required to be unique within a subnet.



Global Unicast Address 分配表(部份)

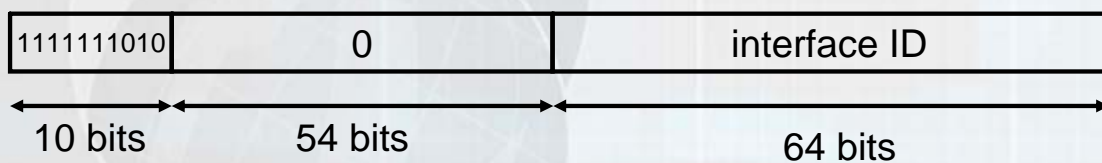
Prefix	說明
2001::/16	IPv6 Internet, ARIN, RIPE NCC, LACNIC
2002::/16	6to4 Tunnel 專用
2003::/16	IPv6 Internet RIPE NCC
2400:0000/19	IPv6 Internet APNIC
2400:2000::/19	
2400:4000::/21	

詳細內容請至 <http://www.ripe.net/rs/ipv6/stats/index.html>



Link-Local Address

- Meaningful only in a single link zone, and may be re-used on other links
- Link-local addresses for use during auto-configuration and when no routers are present
- Required for Neighbor Discovery process, always automatically configuration
- An IPv6 router never forwards link-local traffic beyond the link
- Prefix= **FE80::/64**

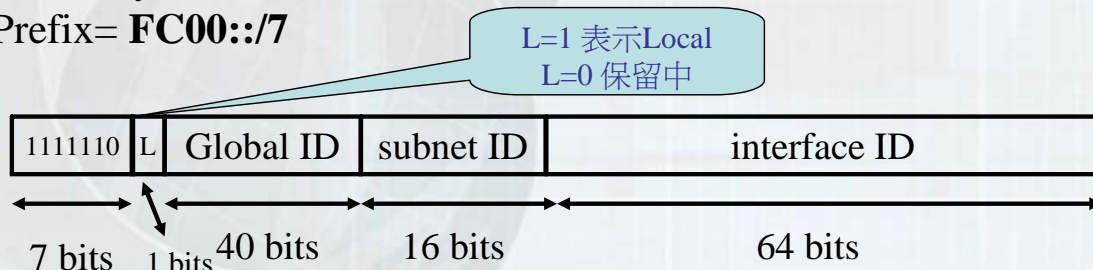


引用自TWNIC IPv6技術理論與實務研習班講義



Unique-Local Address

- meaningful only in a single site zone, and can not be re-used in other sites
- Equivalent to the IPv4 **private address** space
- Replace Site-Local Addresses
- L identifies the assignment policy. Only value 1 (FD00::/8) is currently in use designating a local assignment*
- Global ID is a 40-bit identifier that ensures the global uniqueness of the address. It is generated pseudo-randomly and must not be sequential. Because ULAs should not be globally routed, they do not need to be aggregated, so sequential global IDs are not necessary *
- Prefix= **FC00::/7**



*引用自Deploying IPv6 Network, Cisco Press, 2006





IPv6 Multicast Addresses

- Multicast address can not be used as source or as intermediate destination in a Routing header
- Flag field ORPT 4bits
 - The low-order Transient(T) flag indicates permanent (T=0) / transient(T=1) group
 - The P bit is defined in RFC 3306, and it indicates whether the multicast address is built based on a unicast prefix (set to 1) or not (set to 0).
 - The R bit defined in RFC 3956, if set to 1, indicates that the multicast group address contains the unicast address of the RP servicing that group.
- Scope field
 - 0: reserved
 - 1: Interface-Local
 - 2: Link-Local
 - 3: reserved
 - 4: Admin-Local Scope
 - 5: Site-Local
 - 8: Organization-Local
 - E: Global
 - Others: reserved

FF02::/16 表示為Multicast 位址區段，Flag標示此為永久group ID，不使用unicast prefix也不包含RP資訊，其Scope為link-local



IPv6 Well-known multicast addresses

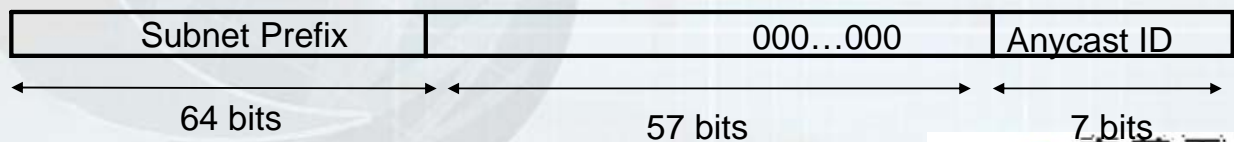
IPv6 Well-known multicast address	IPv4 Well-known multicast address	Multicast Group
<i>Node-local scope</i>		
FF01:0:0:0:0:0:0:1	224.0.0.1	All-nodes address
FF01:0:0:0:0:0:0:2	224.0.0.2	All-routers address
<i>Link-local scope</i>		
FF02:0:0:0:0:0:0:1	224.0.0.1	All-nodes address
FF02:0:0:0:0:0:0:2	224.0.0.2	All-routers address
FF02:0:0:0:0:0:0:5	224.0.0.5	OSPFGRP
FF02:0:0:0:0:0:0:6	224.0.0.6	OSPFGRP-DR's
FF02:0:0:0:0:0:0:9	224.0.0.9	RIP routers
FF02:0:0:0:0:0:0:D	224.0.0.13	All PIM routers
<i>Site-local scope</i>		
FF05:0:0:0:0:0:0:2	224.0.0.2	All-routers address
<i>Any valid scope</i>		
FF0X:0:0:0:0:0:0:101	224.0.1.1	Network time protocol NTP



IPv6 Anycast Address

- Assigned to multiple interface
- Only used as destination address
- Only assigned to router
- anycast addresses are indistinguishable from unicast
- Subnet-router anycast address is predefined and required
- IPv6 reserved anycast address for future use
- Anycast ID: 0-125, 127(00-7D, 7F)為保留數值
- Anycast ID:126 (7E) , 目前訂為Mobile IPv6 home agent's anycast addresses

Unicast Address with EUI-64 Interface ID (保留給未來全球公認之Anycast服務使用)



RFC 5156 SPECIAL-USE Addresses

- **Unspecified address(0:0:0:0:0:0:0:0 or ::)**
 - Indicate the absence of an address
 - Equivalent to IPv4 0.0.0.0
 - Never assigned to an interface or used as a destination address
- **Loopback address (0:0:0:0:0:0:0:1 or ::1) 相當於 IPv4 127.0.0.1**
 - Identify a loopback interface
- **IPv4-compatible address (0:0:0:0:0:0:w.c.x.z or ::w.c.x.z) (不再使用)**
 - Used by dual-stack nodes
 - IPv6 traffic is automatically encapsulated with an IPv4 header and send to the destination using the IPv4 infrastructure
- **IPv4 mapped address (0:0:0:0:0:FFFF:w.c.x.z or ::FFFF:w.c.x.z)**
 - Represent an IPv4-only node to an IPv6 node
 - Never used as a source or destination address of IPv6 packet



IPv6 Interface必須支援的位址

- 為確保IPv6通訊協定能夠正常運作，每個Interface均必須擁有以下位址
 1. Loopback address (自動)
 2. Link-Local address (自動)
 3. Unicast or anycast address if configured (半自動，手動)
 4. Subscribe to the all-nodes multicast address (自動)
 5. Multicast address of all the groups it subscribes to (自動)
 6. Subscribe to its own solicited-node multicast address (第三步完成後自動)
- Router必須再support以下三種位址 (以下位址，Router均會自動產生)
 1. Subnet-router anycast address
 2. All configured anycast addresses
 3. The all routers multicast address



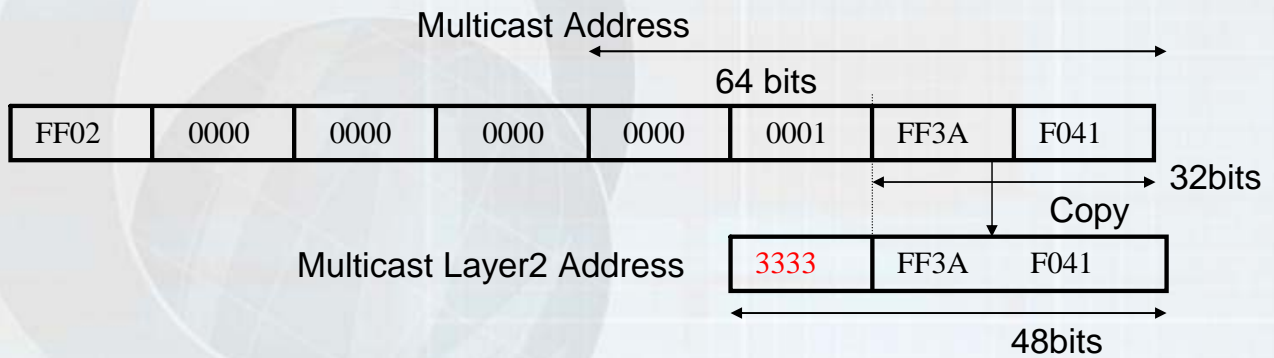
IPv6與Layer 2位址的關係

- IPv6可使用Layer 2位址產生Layer 3 Interface ID (IPv6 Only)
- IPv6可以將Layer 3 Multicast位址mapping至Layer 2 multicast位址 (與IPv4相同)



IPv6 Multicast 位址對應

- MAC Address 的前16 bit標示為**3333**時，指Layer 3 為 Multicast IPv6之封包
- 將IPv6 multicast address 的末32 bit Copy至剩餘的32bit MAC Address，就行成了IPv6 Multicast 位址對應之Layer 2 MAC address



新版IPv6位址分配政策摘要

- RIR所配發的最小位址空間為/32。
- (3) Utilization Metric

$$\text{HD-Ratio} = \frac{\text{Log (number of allocated objects)}}{\text{Log (maximum number of allocable objects)}}$$

- 其中objects指的是長度為/56的IPv6位址空間。當HD-Ratio 大於0.94時，即可提出增加位址配發的需求。
- LIR/ISP配發IPv6位址空間給end user的基本原則
 - 最小：/64，最大：/48 (允許多個/48，視實際需求而定)
 - /64：申請單位只需要使用唯一一個 (one and only one) subnet時，可給予申請單位::/64位址空間。
 - /48：一般情形下給予申請單位::/48位址空間。



Agenda

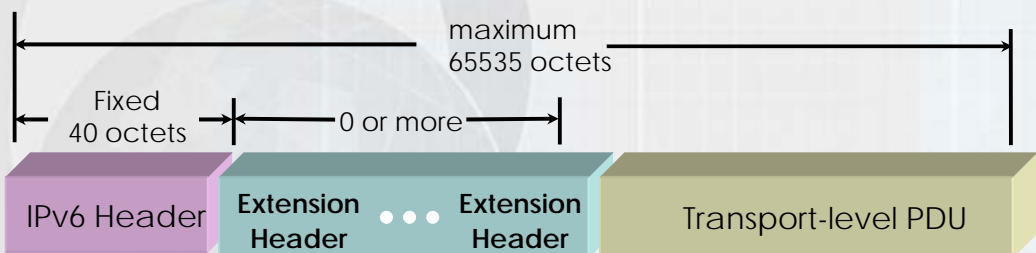
- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



IPv6 vs. IPv4 Packet Data Unit



IPv4 PDU

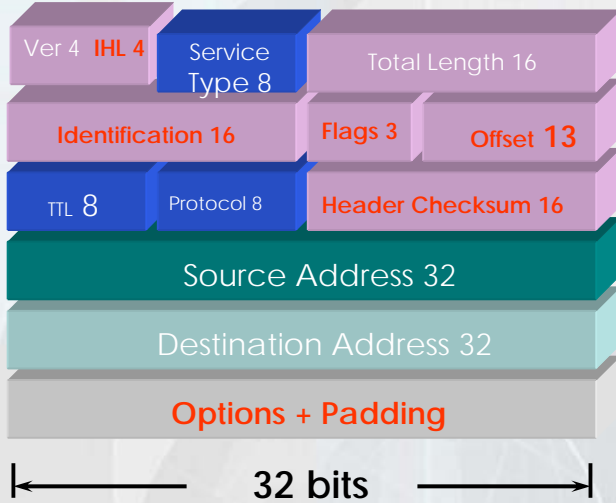


IPv6 PDU

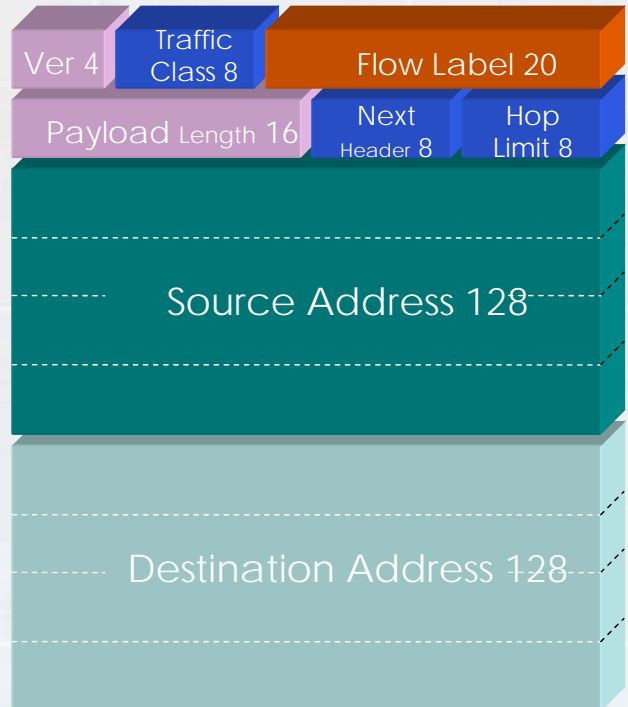


IPv6 Header與IPv4 Header 比較

IPv4 Packet Header



IPv6 Packet Header



引用自TWNIC IPv6技術理論與實務研習班講義
 CHT-TL Copyright Reserved

53 / 91



Summary of Header Changed

- Streamlined (六個欄位被移除)
 - Fragmentation fields moved out of base header
 - IP options moved out of base header
 - Header Checksum eliminated
 - Header Length field eliminated
 - Length field excludes IPv6 header
 - Alignment changed from 32 to 64 bits
- Revised (三個欄位被重新命名)
 - Time to Live → Hop Limit
 - Protocol → Next Header
 - Precedence & TOS → Traffic Class
 - Addresses increased 32 bits → 128 bits
- Extended (新增一個欄位)
 - Flow Label field added

0 bits		4		8		16		24		31	
Ver	IHL	Service Type		Total Length							
Identifier		Flags		Fragment Offset							
Time to Live		Protocol		Header Checksum							
				32 bit Source Address							
				32 bit Destination Address							
				Options and Padding							

*引用自Introduction to IPv6, Cisco 2001





IPv4 vs. IPv6 header

● 相同的部分

IPv4 header	IPv6 header	功能
Version	Version	IP的版本
Traffic class	Type of service	區別具有不同優先權的封包
Payload length	Payload length	header後面成載資料的長度
Protocol type	Next header	下一個header的協定號碼
Time to live	Hop limit	封包可以存活在網路上的時間



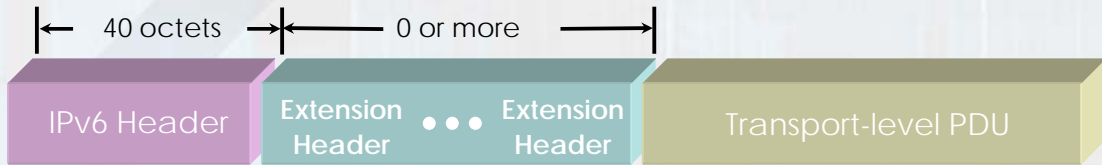
IPv4 vs. IPv6 header

● 增減的部分

IPv4 header	IPv6 header	增減的原因
IHL		有Payload length就足夠了，因為IPv6 header長度固定
Identifier, flags, offsets		Fragment extension header處理分割封包的動作
checksum		減少計算所花的時間和系統資源
	Flow label	用來標示flow需同處理連續的封包，更有效率



IPv6 extension header



IPv6 PDU general form

- Hop-by-hop options header
- Routing header
- Fragment header
- Authentication header
- Encapsulating security payload header
- Destination options header



Extension Header Order

Order	Header Type	Next Header Code
1	Basic IPv6 Header	
2	Hop-by-Hop Options	0
3	Destination Options (with Routing Options)	60
4	Routing header	43
5	Fragment header	44
6	Authentication header	51
7	Encapsulation Security Payload header	50
8	Destination Options	60
9	Mobility header	135
	No Next header	59
Upper layer	TCP	6
Upper layer	UDP	17
Upper layer	ICMP	58



IPv6 extension header



※括號裡的數值是next header

攜帶的資訊會被途中所有的router檢查 (0)

紀錄到達目的地之前會造訪的所有節點 (43)

用來辨識被分割的封包 (44)

對封包中所有end-to-end的資料傳輸提供完整的認證 (51)

對封包中的payload進行加密 (50)

攜帶在目的地才會檢查的資訊 (60)

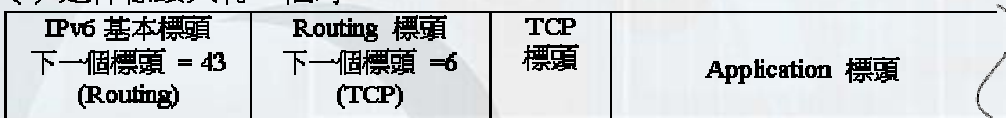


IPv6 封包延伸標頭的例子

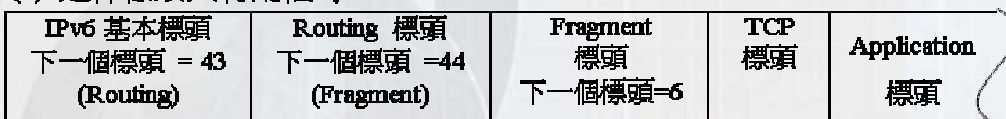
(1) 沒有延伸標頭時



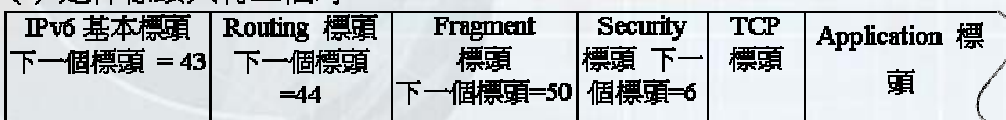
(2) 延伸標頭只有一個時



(3) 延伸標頭只有兩個時



(4) 延伸標頭只有三個時



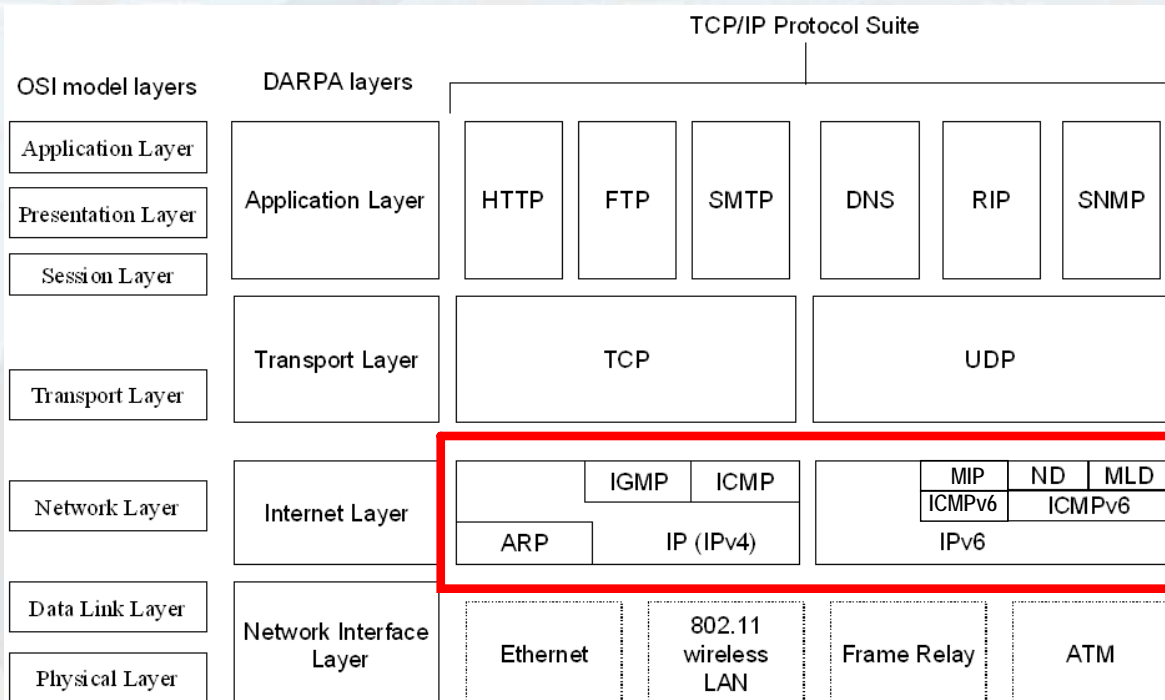


Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



Dualstack TCP/IP Protocol Suite



引用自TCP/IP Fundamentals for Microsoft Windows Chapter 2



IPv6 Core Protocols

- 為核心之通訊協定，缺少一項機制，IPv6就無法運作

Core Protocols		說明
IPv6	於IPv4的類似機制	雖然可在IPv4找出類似的機制，但IPv6 Core Protocols的功能強大許多
IPv6	IPv4	IPv6 is a routable protocol that addresses, routes, fragments, and reassembles packets
ICMPv6	ICMP	ICMPv6 provides diagnostic functions and reports errors when IPv6 packets cannot be delivered.
ND	ARP	ND manages interaction between neighboring nodes, including automatically configuring addresses and resolving next-hop IPv6 addresses to MAC addresses.
MLD	IGMP	MLD manages IPv6 multicast group membership.



ICMPv6

- An integral part of IPv6 and **MUST** be fully implement by every IPv6 node (RFC 2463 → **RFC 4443**)
- Internet Control Message Protocol For IPv6
- Next Header value= 58
- Report delivery or forwarding errors
- Provide simple echo service for troubleshooting
- Multicast Listener Discovery (MLD) – 3 ICMP messages
- Neighbor Discovery (ND) – 5 ICMP messages



ICMPv6 message format

Type [8]	Code [8]	Checksum [16]
Message Body [N*32]		

Field Name	Bit Length	Description
Checksum	16	The checksum is a 16 bit CRC check calculated over the entire ICMPv6 message, including an IPv6 "Pseudo Header" as defined in Section 8.1 of [IPv6].
Code	8	The code field further defines the message content
Type	8	The Type field identifies the message contents. ICMPv6 messages are divided into two classes; Error messages and Informational messages. The Type values of Error messages go from 0 to 127. Informational messages have type values from 128 to 255.
Message Body	N*32	The message body depends on the message type. Every ICMPv6 error message includes as much of the offending packet as can be accommodated without exceeding the minimum IPv6 MTU (1280 bytes).



ICMPv6 message type

ICMP v6	
TYPE	Meaning
128	Echo Request
129	Echo Reply
130	Multicast Listener Query
131	Multicast Listener Report
132	Multicast Done
133	Router Solicitation
134	Router Advertisement
135	Neighbor Solicitation
136	Neighbor Advertisement
137	Redirect Message
138	Router Renumbering
139	Node Information Query
140	Node Information Response
141	Inverse ND Solicitation
142	Inverse ND Advertisement Message
150	Home Agent Address Discovery Request Message
151	Home Agent Address Discovery Reply Message
152	Mobile Prefix Solicitation Message Format
153	Mobile Prefix Advertisement Message Format



Neighbor Discovery (ND)

- RFC 2461(→RFC 4861) (Updated by RFC4311)
- Nodes (Hosts and Routers) use ND to determinate the link-layer addresses for neighbors known to reside on attached links and quick purge cached valued that become invalid
- Hosts also use ND to find neighboring router that willing to forward packets on their behalf
- Nodes use the protocol to actively keep track of which neighbors are reachable and which are not, and to detect changed link-layer addresses
- Replace ARP, ICMP Router Discovery, and ICMP Redirect used in IPv4



Neighbor Discovery (ND)

ICMP message types:

- Router Solicitation (詢問Link上有無路由器存在)
- Router Advertisement (群播Network Prefix與相關參數)
- Neighbor Solicitation (ARP Request)
- Neighbor Advertisement (ARP Reply)
- Redirect

Functions performed:

- Router Discovery
- Prefix Discovery
- autoconfiguration of address & other parameters
- Duplicate Address Detection (DAD)
- Neighbor Unreachability Detection (NUD)
- Link-Layer address resolution
- first-hop redirect



ND Autoconfiguration, Prefix & Parameter Discovery



1. RS:

ICMP Type = 133

Src = ::

Dst = All-Routers multicast Address (FF02::2)

query= please send RA

2. RA:

ICMP Type = 134

Src = Router Link-local Address

Dst = All-nodes multicast address (FF02::1)

Data= MTU, options, **prefix**, lifetime, autoconfig flag

- Router solicitation are sent by booting nodes to request RAs for configuring the interfaces.



ND Address Resolution & Neighbor Unreachability Detection



ICMP type = 135 (NS)

Src = A

Dst = Solicited-node multicast of B

Data = link-layer address of A

Query = what is your link address?

ICMP type = 136 (NA)

Src = B

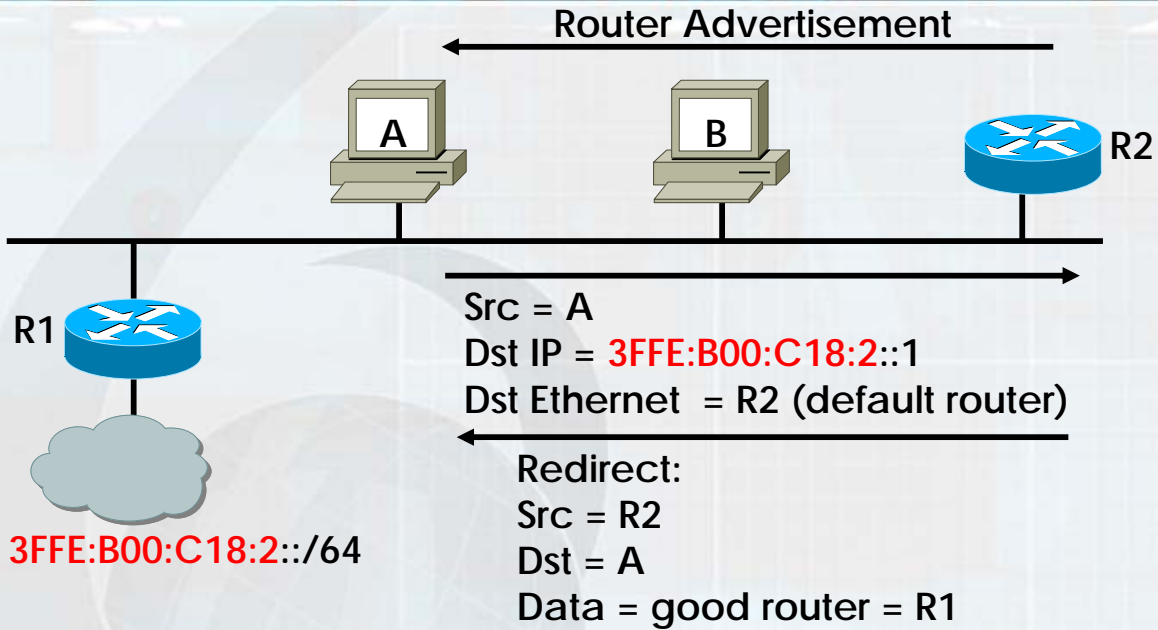
Dst = A

Data = link-layer address of B



A and B can now exchange packets on this link

ND Redirect



- Redirect is used by a router to signal the reroute of a packet to an onlink host to a better router or to another host on the link

Minimum MTU

- Link MTU
 - A link's maximum transmission unit (ex: the max IP packet size that can be transmitted over the link)
- Path MTU
 - The minimum MTU of all the links in a path between a source and a destination
- Minimum link MTU for IPv6 is 1280 octets vs 68 octets for IPv4
- On links with MTU < 1280, link-specific fragmentation and reassembly must be used
- On links that have a configurable MTU, it's recommended a MTU of 1500 bytes



Multicast Listener Discovery (MLD)

- **MLDv1**
 - RFC 2710, RFC3590
- **MLDv2**
 - **RFC 3376, RFC 3810, RFC4604**
- **ICMP Messages Types**
 - Multicast Listener Query
 - Multicast Listener Report
 - Multicast Listener Done
 - MLDv2 Multicast Listener Report
- **功能:**
 - Enabling routers to discover the set of IPv6 multicast addresses for which there are listening nodes for each attached interface.
 - Like IGMPv2, MLD discovers only those multicast addresses that include at least one listener, not the list of individual multicast listeners for each multicast address.

MLD 訊息為ICMPv6
訊息類型130、131和132



Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



Routing in IPv6 (1/3)

- As in IPv4, IPv6 supports IGP and EGP routing protocols:
 - IGP for within an autonomous system are
 - RIPng (RFC 2080)
 - OSPFv3 (RFC 2740 change to RFC 5340)
 - Integrated IS-ISv6 (RFC 5380)(2008/10)
 - EGP for peering between autonomous systems
 - MP-BGP4 (RFC 4271, RFC 4760 and RFC 2545)
- IPv6 still uses the longest-prefix match routing algorithm



Routing in IPv6 (2/3)

- RIPng
 - RIPv2, supports split-horizon with poisoned reverse
 - RFC2080
- IS-ISv6
 - Shared IGP for IPv4 & IPv6
 - Route from A to B same for IPv4 & IPv6
 - Separate SPF may provide SIN routing
- OSPFv3
 - Based on OSPFv2, with enhancements
 - Route from A to B may differ for IPv4 & IPv6



Routing in IPv6 (3/3)

- BGP4+
 - Added IPv6 address-family
 - Added IPv6 transport
 - Runs within the same process - only one AS supported
 - All generic BGP functionality works as for IPv4
 - Added functionality to route-maps and prefix-lists

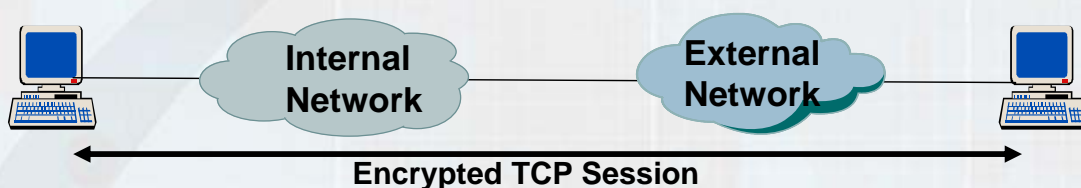


Agenda

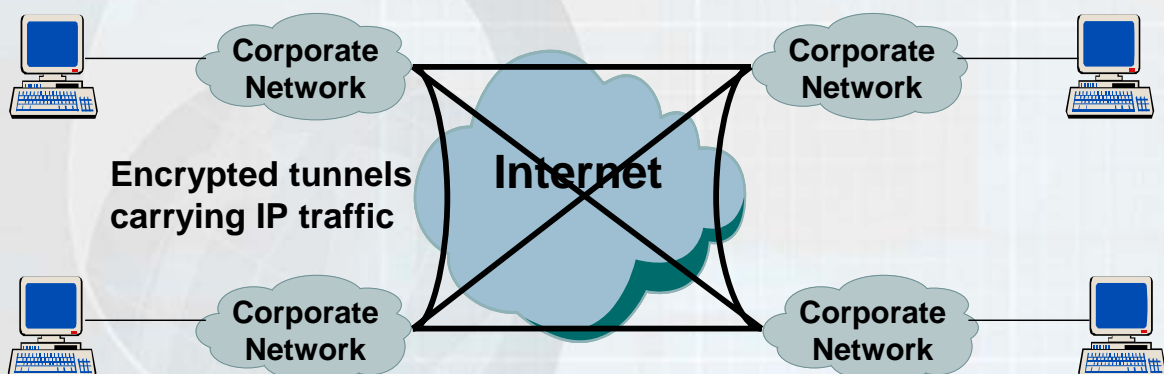
- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源

- All implementations required to support authentication and encryption headers (“IPsec”)
- Authentication separate from encryption for use in situations where encryption is prohibited or prohibitively expensive
- Key distribution protocols are under development (independent of IPv4/v6)
- Support for manual key configuration required

Transport-Mode vs. Tunnel-Mode Encryption



(a) Transport-level security



(b) A virtual private network via Tunnel Mode



安全性之強化

- 主要採用兩種Header：
 - 認證用之Authentication Header
 - 資料加密用之Encapsulating Security Payload Header，簡稱ESP Header
- IPv6內建IPSec加密機制



QoS 機制之強化

- IPv6之QoS運作機制主要為接受上層Application所下的指示而運作，在第三層內網路設備原則上不會主動進行QoS Policy之設定，但目前IPv6 QoS機制尚未被啟用，未來是否能被廣泛運用仍待觀察
- IETF提出兩種QoS機制分別為
 1. “Integrated Service” (int-serv)
 - fine-grain (per-flow), quantitative promises (e.g., x bits per second), uses RSVP signaling
 2. “Differentiated Service” (diff-serv)
 - coarse-grain (per-class), qualitative promises (e.g., higher priority), no explicit signaling

*引用自Introduction to IPv6, Cisco 2001



在IPv6 Header 中的QoS 參數

- Inter-Serv
 - 20-bit Flow Label field to identify specific flows needing special QoS
- Diff-Serv
 - 與IPv4相同機制
 - 8-bit Traffic Class field to identify specific classes of packets needing special QoS



Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



IPv4與IPv6比較(1/2)

Feature	IPv4	IPv6
Source and destination address	32 bits	128 bits
IPSec	Optional	required
Payload identification for QoS in the header	No identification	Using Flow label field
Fragmentation	Both router and the sending hosts	Only supported at the sending hosts
Checksum of header	included	Not included
Resolve address to a link layer address	broadcast ARP request	Multicast Neighbor Solicitation message



IPv4與IPv6比較(1/2)

Feature	IPv4	IPv6
Determine the address of the best default gateway	ICMP Router Discovery (optional)	ICMPv6 Router Solicitation and Router Advertisement (required)
Send traffic to all nodes on a subnet	Broadcast	Link-Local scope all-nodes multicast address
Configure address	Manually or DHCP	Autoconfiguration/DHCPv6
Map hosts name to addresses	A	AAAA
Manage local subnet group membership	IGMP	Multicast Listener Discovery (MLD)



IPv4 neighbor functions and IPv6 equivalents

IPv4 Neighbor Function	IPv6 Neighbor Function
ARP Request message	Neighbor Solicitation message
ARP Reply message	Neighbor Advertisement message
ARP Cache	Neighbor cache
Gratuitous ARP	Duplicate Address Detection
Router Solicitation message (optional)	Router Solicitation message (required)
Router Advertisement message (optional)	Router Advertisement message (required)
Redirect message	Redirect message



IPv4/IPv6位址比較

IPv4 Address	IPv6 Address
Internet address classes	Not applicable
Multicast addresses (224.0.0.0/4)	IPv6 multicast addresses (FF00::/8)
Broadcast addresses	Not applicable
Unspecified address is 0.0.0.0	Unspecified address is ::
Loopback address is 127.0.0.1	Loopback address is ::1
Public IP addresses	Global addresses
Private IP addresses	Site-local addresses (FEC0::/10)
APIPA addresses (169.254.0.0/16)	Link-local addresses (FE80::/64)
Syntax: Dotted decimal notation	Colon hexadecimal notation
Masks: Dotted decimal or prefix length	Prefix length notation only
DNS forward: A resource record	AAAA resource records
DNS reverse: IN-ADDR.ARPA domain	IP6.ARPA domain



Agenda

- IPv6國際最新發展現況
 - IPv6的發展與簡介
 - 全球IPv4/IPv6技術發展現況
- IPv6通訊協定與特性介紹
 - IPv6 Addressing
 - IPv6 Header Format
 - IPv6 Core Protocols
 - ICMPv6
 - Neighbor Discovery (ND)
 - Multicast Listener Discovery (MLD)
 - IPv6 Routing
 - IPv6 IPsec and QoS
 - IPv6與IPv4的比較
 - IPv6 相關網路學習資源



IPv6 Resources On Internet

- Microsoft IPv6 <http://www.microsoft.com/technet/itsolutions/network/ipv6/default.aspx>
- Cisco IPv6 http://www.cisco.com/en/US/products/ps6553/products_ios_technology_home.html
- Cisco IOS IPv6 Configuration Library http://www.cisco.com/en/US/products/sw/iosswrel/ps5187/products_configuration_guide_book09186a00801d65f9.html
- HP IPv6 http://h71000.www7.hp.com/doc/732final/6645/6645pro.html#bottom_main
- The IPv6 Portal <http://www.ipv6tf.org/>
- IPv6 Style <http://www.ipv6style.jp/jp/statistics/ipv6win/index.shtml>
- The Join Project http://www.join.uni-muenster.de/Join/index_join.php?lang=en
- IPv6 Forum Taiwan <http://www.ipv6.org.tw/>
- Deep Space 6 <http://www.deepspace6.net/>
- Hexago <http://www.hexago.com/>

謝謝大家



CHT-TL IPv6 Testing Laboratory
All Copyright Reserved